



Procesos Especiales

---

# Manufactura

---

ALONSO PIRELA AÑEZ  
NELIA GONZÁLEZ GONZÁLEZ  
FAUSTO CALDERÓN PINEDA  
WILSON TORO ÁLAVA



**UPSE**

UNIVERSIDAD ESTATAL  
PENÍNSULA DE SANTA ELENA



# **Procesos Especiales**

## Manufactura



# Procesos Especiales

## Manufactura

ALONSO PIRELA AÑEZ, PH.D.  
NELIA GONZÁLEZ GONZÁLEZ, PH.D.  
FAUSTO CALDERÓN PINEDA, MBA.  
WILSON TORO ÁLAVA, M.SC.

**Corrección y Estilo**  
NEIDA GONZÁLEZ GONZÁLEZ, M.SC.

2021



**UPSE** **UNIVERSIDAD ESTATAL**  
**PENÍNSULA DE SANTA ELENA**



Copyright © Editorial UPSE - INCYT  
Universidad Estatal Península de Santa Elena  
Instituto de Investigación Científica y Desarrollo de Tecnologías  
Campus principal, Avenida Eleodoro Solórzano  
La Libertad - Ecuador  
[www.upse.edu.ec](http://www.upse.edu.ec)

Diagramación: Daniel Rosales R., carrera de Tecnologías de la Información.

Proceso Especiales de Manufactura  
1era. Edición en español, 2021  
© Editorial UPSE  
Formato: 17 x 24 cm, con 129 páginas  
[www.incyt.upse.edu.ec/libros](http://www.incyt.upse.edu.ec/libros)  
ISBN digital: **978-9942-776-19-8**

Este libro ha sido evaluado bajo el sistema de pares académicos y mediante la modalidad de doble ciego



#### RESERVADOS TODOS LOS DERECHOS

No está permitida la reproducción total o parcial de este libro, ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito a los titulares del Copyright.

El permiso de copia queda abierto para los materiales de uso en seminarios, talleres y cursos, siempre y cuando la reproducción de la página sea completa y se mantenga el copyright que figura en cada una de las páginas.



# Índice general

<b>Dedicatoria</b>	<b>IX</b>
<b>Presentación</b>	<b>XI</b>
<b>Introducción</b>	<b>XIII</b>
<b>1. Consideraciones preliminares</b>	<b>1</b>
1.1. La materia: Conceptos . . . . .	1
1.2. Tipos de metales empleados en las industrias manufactureras . . . . .	2
1.2.1. Metal . . . . .	2
1.3. Propiedades de los materiales . . . . .	11
1.3.1. La estructura atómica y los elementos . . . . .	11
1.3.2. Enlace entre átomos y moléculas . . . . .	13
1.3.3. Estructura cristalina . . . . .	16
1.3.4. Propiedades mecánicas . . . . .	18
1.3.5. Propiedades físicas . . . . .	19
1.4. Tipos de ensayos utilizados en la industria manufacturera . . . . .	20
1.4.1. Ensayos no destructivos . . . . .	21
1.4.2. Ensayos destructivos . . . . .	25
1.5. Tratamiento térmico . . . . .	28
1.5.1. Tipos de tratamientos térmicos fundamentales . . . . .	28
Actividades de autoevaluación . . . . .	32
<b>2. Fundamentos básicos de manufactura</b>	<b>33</b>
2.1. Formas de manufactura . . . . .	33
2.1.1. Manufactura tecnológica . . . . .	34
2.1.2. Manufactura económica . . . . .	34
2.2. Tipos de industrias manufactureras . . . . .	35
2.2.1. Industrias primarias . . . . .	36
2.2.2. Industrias secundarias . . . . .	37
2.2.3. Industrias terciarias . . . . .	38
2.3. Desarrollo histórico de la manufactura . . . . .	38
2.3.1. Evolución de la manufactura . . . . .	39
2.3.2. La primera revolución industrial y su influencia en los primeros procesos de manufactura. . . . .	40
2.3.3. La segunda revolución industrial y su influencia en el desarrollo de la industria manufacturera. . . . .	42

2.4. Función económica de manufactura en el desarrollo de una calidad de vida.	44
2.5. Importancia de la manufactura en la economía actual . . . . .	46
2.6. Tipo de personal utilizado para el proceso de manufactura . . . . .	47
Actividades de autoevaluación . . . . .	49
<b>3. Procesos de cambio de forma</b>	<b>51</b>
3.1. Proceso de fundición . . . . .	51
3.1.1. Clasificación de las fundiciones . . . . .	53
3.1.2. Procesos especiales de fundición . . . . .	55
3.1.3. Defectos en una fundición . . . . .	57
3.2. Proceso de trabajo en caliente utilizado en la industria . . . . .	59
3.2.1. Ventajas del trabajo en caliente . . . . .	61
3.2.2. Desventajas del trabajo en caliente . . . . .	61
3.3. Proceso de trabajo en frío empleado en la industria . . . . .	61
3.3.1. Ventajas y desventajas obtenidas en los metales por trabajo en frío	62
3.4. Deformación volumétrica utilizada para el trabajo de los metales . . . . .	63
3.4.1. Tipos de deformación volumétrica . . . . .	63
3.5. Proceso de maquinado por desprendimiento de viruta utilizado en la industria metalmeccanica . . . . .	70
3.5.1. Torneado . . . . .	71
3.5.2. Cepillado . . . . .	73
3.5.3. Taladrado . . . . .	73
3.5.4. Escariado . . . . .	74
3.5.5. Fresado . . . . .	75
3.5.6. Máquinas abrasivas . . . . .	77
Actividades de autoevaluación . . . . .	79
<b>4. Operaciones de ensamble</b>	<b>83</b>
4.1. Soldadura con oxígeno y combustible gaseoso . . . . .	83
4.1.1. Tipos de llama . . . . .	84
4.2. Procesos de soldadura con arco . . . . .	86
4.2.1. Tipos de soldadura con arco . . . . .	87
4.3. Tipos de soldadura utilizados en la industria metalmeccanica . . . . .	91
4.3.1. Soldadura fuerte . . . . .	91
4.3.2. Soldadura blanda . . . . .	92
4.3.3. Soldadura por resistencia . . . . .	93
4.3.4. Soldadura de Puntos Por Resistencia . . . . .	94
4.4. Tipos de sujetadores roscados empleados en la industria metalmeccanica. . . . .	95
4.4.1. Tornillos . . . . .	96
4.4.2. Pernos . . . . .	97
4.4.3. Tuercas . . . . .	97
4.4.4. Arandela . . . . .	98
4.4.5. Sujetador de Pivote . . . . .	99
4.5. Métodos de ensamble basados en ajustes por interferencia . . . . .	99
4.5.1. Ajuste por contracción y expansión . . . . .	100
4.5.2. Ajuste de agarre automático . . . . .	100
4.5.3. Anillo de retención . . . . .	101
Actividades de autoevaluación . . . . .	102

<b>5. Procesos de automatización</b>	<b>105</b>
5.1. Proceso de automatización en la industria de la manufactura . . . . .	105
5.1.1. Métodos que se emplean para lograr la automatización . . . . .	106
5.1.2. Objetivos de la automatización . . . . .	107
5.2. Proceso de control numérico empleado en la industria manufacturera . . .	108
5.2.1. Programación de Control Numérico . . . . .	110
5.2.2. Tipos de programas en control numérico . . . . .	110
5.2.3. Sistema de coordenadas . . . . .	111
5.2.4. Tipos de Sistemas de Control Numérico . . . . .	112
5.2.5. Ventajas del control numérico . . . . .	114
5.2.6. Desventajas del Control Numérico . . . . .	115
5.3. Robots . . . . .	116
5.3.1. Componentes básicos de un robot . . . . .	117
5.3.2. Clasificación de los robots . . . . .	121
5.3.3. Aplicaciones de los robots . . . . .	123
Actividades de autoevaluación . . . . .	125
<b>Referencias</b>	<b>127</b>



# Dedicatoria

A la memoria de nuestros padres, tenerlos fue y es un privilegio.  
A nuestros maravillosos hijos e hijas y a nuestra familia en general.



# Presentación

El objetivo de este libro es sencillo: servir como libro de texto académico o texto complementario para estudiar los procesos especiales de la manufactura de una manera eficiente y lo más sencilla posible. En aras de la sencillez, se han omitido aspectos matemáticos complejos que aparecen en otros libros de mayor nivel. Por el contrario, en este material de texto el estudiante encontrará los conceptos y las ideas transmitidas de forma sencilla y práctica.

Se ha buscado incorporar abundantes figuras que ilustren y hagan más fácil la lectura y comprensión. Además, los diferentes capítulos incluyen algunos ejercicios para la autoevaluación del estudiante.

Por último, para verificar conceptos o términos nuevos puede llevarlo a cabo con solo consultar el glosario que aparece al final de la obra, en el cual figuran todos los términos en orden alfabético.

*Alonso, Nelia, Fausto y Wilson*



# Introducción

Los Procesos Especiales de Manufactura siempre han ocupado un lugar privilegiado en los programas de Ingeniería a nivel de Educación Superior, influyendo explícita e implícitamente en la formación e información del estudiante con distinto énfasis a lo largo del tiempo. Sin embargo, hoy a estas dimensiones formativas e informativas dirigidas hacia el individuo como agente de cambio, se suma lo social, por cuanto los procesos de manufactura, desde su lenguaje, se han constituido en un medio de comprensión y mejoramiento para el mundo científico, industrial y tecnológico en el cual se vive. Es desde esta perspectiva, que los Procesos Especiales de Manufactura pueden contribuir en forma privilegiada al logro de los objetivos que las Instituciones de Educación Superior puntualiza para esta modalidad, ya que colabora con el desarrollo industrial y social de los alumnos formados en esta área del saber profesional, incentivando en ellos la búsqueda continua de la verdad.

Por otro lado, desde el contexto científico, el texto significa un aporte para los estudiantes de la especialidad de Ingeniería Industrial, puesto que representa una valiosa contribución de conocimientos que les permitirá formar las competencias adecuadas para responder a los nuevos retos planteados por la transformación económica, social y tecnológica que experimentan actualmente el país y el mundo. Desde el punto de vista metodológico, implica la utilización de herramientas y técnicas que promoverán la formulación de nuevos esquemas con el propósito de resolver situaciones planteadas dentro del campo de ingeniería.

Ante los planteamientos presentados es necesario resaltar que los Procesos Especiales de Manufactura constituyen la forma de transformación de los metales en bruto utilizada por el hombre para darle un uso práctico en la sociedad, y así disfrutar la vida con mayor comodidad. Por tanto, ellos incluyen el diseño del producto, la selección de la materia prima y la frecuencia de procesos a través de los cuales será manufacturado el producto. Por esta razón, y teniendo clara la intención que tienen los Procesos Especiales de Manufactura, es significativa mencionar los temas de estudio que abarca este texto.

Con el presente texto se presenta una propuesta didáctica cuyo objetivo primordial es ofrecer herramientas adecuadas que contribuyan a consolidar los conocimientos del estudiante de Ingeniería Industrial, de manera que se fortalezcan las bases sobre las cuales se edificará el saber universitario. Atendiendo a estos argumentos, el siguiente libro está estructurado en las siguientes unidades, la primera de ella está orientada a describir los aspectos correspondientes a las bases fundamentales de los Procesos Especiales de manufacturas, la segunda unidad hace referencia a los fundamentos básicos de manufactura,

la tercera unidad está sustentada en el desarrollo de los procesos de formas, la unidad cuatro está constituida por las operaciones de ensamble, y finalmente la quinta unidad describe el proceso de automatiza.

# Capítulo 1

## Consideraciones preliminares

### 1.1. La materia: Conceptos

Paz (2015) relata que: la materia es el nombre que se le da a cualquier cosa que existe en el universo, es todo lo que está a nuestro alrededor, y no puede ser creada y destruida. Puede presentarse como cuerpo físico, sustancia material; la materia tiene masa, volumen y energía, es una energía que esta dispersada.

Asimismo, Castro (2014) afirma que: la materia es todo lo que ocupa un lugar en el espacio y está compuesto por partículas elementales que tienen peso, volumen y forma, es decir, cualquier sustancia que pueda medirse y pesarse es materia. Por otro lado, Zugasti (2014) establece que: la materia es la realidad primaria de la que están hechas las cosas. La materia se organiza jerárquicamente en varios horizontes, como son agrupaciones de átomos, dentro de este marco referencial, argumenta el citado actor, éstos últimos están constituidos por los siguientes elementos:

- Protones: Son las partículas cargadas de electricidad positiva.
- Electrones: son las partículas cargadas de electricidad negativa.
- Neutrones: son las partículas sin carga eléctrica. Es así, que a partir de aquí hay todo un conjunto de partículas subatómicas que acaban finalmente en los constituyentes últimos de la materia.

Se deduce que la materia es una sustancia que tiene forma, peso y volumen. Por ejemplo, el acero es un material en bruto que entra al proceso de producción de una empresa, siendo los procesos de manufactura la forma de transformar la materia prima en un producto de acuerdo a las dimensiones indicadas en un plano de fabricación, para darle un uso práctico en nuestra sociedad. Así pues, la materia es una realidad constituyente de los cuerpos, dotada de propiedades físicas y características determinadas.

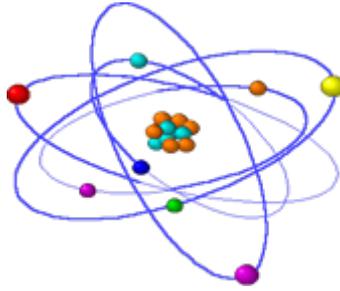


Figura 1.1: La Materia.  
Fuente: Química II (2016)

## 1.2. Tipos de metales empleados en las industrias manufactureras

Los metales empleados en la industria manufacturera pueden dividirse en dos grupos: los materiales ferrosos y los materiales no ferrosos. Los materiales ferrosos son aquellos que contienen hierro como el acero y las fundiciones, los materiales no ferrosos son aquellos que no contienen hierro como son el aluminio, el cobre, el zinc, el plomo, el estaño, entre otros.

Según una definición de ABC (2015) establece que: los metales son materiales puros como son el oro, la plata, el cobre, pero también son aquellas aleaciones con características metálicas como el acero y el bronce. Entre las propiedades más reconocibles que presentan los metales nos encontramos que la mayoría son grisáceos, tienen densidad, son brillantes, maleables, dúctiles, tienen tenacidad, y son buenos conductores del calor y la electricidad.

El metal es uno de los elementos más utilizado y requerido por la industria, ya que por su resistencia y estabilidad son ideales para proteger estructuras metálicas contra la corrosión, para estabilizar materiales plásticos, y también se pueden utilizar en el campo de la medicina y la química.

### 1.2.1. Metal

Al respecto, Shackelford (2008), señala que: “un metal es un sólido conductor de la electricidad y que posee un enlace metálico característico. El metal se refiere tanto a elementos puros como el oro, plata, así como aleaciones con características metálicas, como el acero y el bronce. Los metales comprenden la mayor parte de la tabla periódica”. (p. 647).

De igual forma, Groover (2009) asegura que: “el metal es el material más importante en la ingeniería, el cual tiene propiedades que satisfacen una amplia variedad de requerimientos de diseño y es transformado por los procesos de manufactura en productos útiles que van a satisfacer las necesidades de la producción”. (p.109).

Siguiendo el mismo orden de ideas, se denomina metal a los materiales sólidos a temperatura ambiente, que son buenos conductores del calor y la electricidad, tienen elementos químicos, poseen una estructura cristalina bien definida, alta densidad, buena ductilidad, son brillantes, tenaces y capaces de resistir fuerzas de tracción y compresión.

### Metal amorfo

Al consultar la teoría de Shackelford (2008), este autor plantea que “un material amorfo es aquel que no tiene una estructura cristalina de largo alcance. Por ejemplo, entre las propiedades físicas de este tipo de metal, su banda energética, sus propiedades eléctricas y magnéticas son características únicas de ellos, éstas a su vez son claras en los sólidos cristalinos”. (p. 647). Por otro lado, Kalpakjian y S. (2009), señala que: “los materiales amorfos no tienen fronteras de grano y los átomos están empacados de manera apretada y al azar. Asimismo, el mismo autor afirma que la estructura amorfa se obtiene mediante una solidificación rápida de una aleación fundida” (p.172)



Figura 1.2: Metal Amorfo.  
Fuente: Wikis paces (2014)

### Metal Precioso

Red (2015) señala que: los metales preciosos son aquellos que se encuentran en estado libre en la naturaleza, es decir, no se encuentran combinados con otros elementos formando compuestos. Por ejemplo, el oro es bastante frecuente encontrarlo en forma de pepitas en los depósitos aluviales originados por la disgregación de las rocas donde se encuentra incluido.

Por su parte, Shackelford (2008) señala: “los metales preciosos son un metal o aleación resistente a la corrosión debido a que no se oxidan, entre este tipo de metales encontramos: el oro, el platino y sus aleaciones, el cobre, el aluminio, entre otros”. (p. 647). Por ejemplo, el oro es bastante frecuente encontrarlo en forma de pepitas en los depósitos aluviales originados por la disgregación de las rocas donde se encuentra incluido, al ser expuesto a los procesos de tratamiento éste es moldeado según la creatividad del hombre la cual está orientada hacia la elaboración de joyas de alto valor o formas que mantienen este último, tal como se observa en la figura 1.3.

Asimismo, Kalpakjian y S. (2009) los menciona como: “Metales preciosos son el oro, la plata y el platino, los cuales tienen ductilidad y una elevada tenacidad a la corrosión a

cualquier temperatura. Por consiguiente, el oro, tiene aplicaciones propias que incluyen la joyería, acuñado, trabajos dentales, hoja de oro para fines decorativos. También la plata tiene aplicación en artículos de mesa, en la soldadura, en recubrimientos de cojinetes, equipos para alimentos y finalmente, el platino se utiliza como contactos eléctricos, para los electrodos de bujías y como catalítico en dispositivos de control de contaminación automotriz, en filamentos y en la industria electroquímica” (p.171).

Sobre las bases de las ideas expuestas, los metales preciosos son aquellos materiales que tienen buena ductilidad, son resistente a la corrosión, poseen baja tenacidad, baja resistencia a la tracción y tienen un alto valor comercial y tienen aplicaciones en la joyería.



Figura 1.3: Metal Precioso.  
Fuente: IG Digital (2015)

## Acero

Definición ABC (2015) señala que: el acero es una aleación (hierro) y un metaloide (carbono) que puede aparecer en diferentes proporciones, pero nunca superior al dos por ciento del total del peso del producto final. El acero, debido a sus propiedades, es una de las aleaciones más utilizadas por el hombre tanto en la construcción como en la industria automotriz. No obstante, los materiales que lo componen son muy abundantes en el planeta a diferencia de otros metales que son mucho más escasos y más difíciles de conseguir. En virtud de esto, la generación de acero es mucho más accesible en términos de costos que otros metales o aleaciones.

Shackelford (2008) define al acero como: “una aleación resistente de hierro y carbón, con un porcentaje en peso de carbono, aproximadamente hasta el 2 por ciento. Se sabe, que la superficie recién cortada del acero muestra un brillo metálico característico y es un buen conductor de la corriente eléctrica” (p. 637). Ejemplo de ello lo tenemos en la elaboración de partes para el ensamblaje de automóviles, en este caso los cigüeñales utilizados para motores, tal como se puede observar de manera clara en la figura 1.4.

Se concluye que el acero es una aleación que se obtiene mediante la integración del mineral de hierro, carbón, cromo, vanadio, tungsteno, molibdeno, en los procesos siderúrgicos, con el cual se obtiene un acero resistente a la fricción y a la tracción para ser utilizado en la industria de la construcción, automotriz, motores, armas, blindaje, mecánicas, entre otros.



Figura 1.4: Material Acerado.  
Fuente: Galvano ambiente (2016)

## Hierro

El hierro constituye uno de los elementos más importantes para el desarrollo de Venezuela desde los tiempos de 1950 a 1975 en sus inicios, hasta la actualidad, teniendo esta mucha importancia en su ámbito de trabajo.

En referencia a su definición, Vásquez (2010) establece que: “el hierro es el segundo mineral de Venezuela. Su gran surgimiento es en 1975 con el descubrimiento del mineral en el Cerro Laprida o Cerro Bolívar en Guayana. Este mineral contiene impurezas tales como alúmina, cal, magnesio, sílice, azufre, titanio, arsénico, cobre y fósforo. Estas impurezas le quitan fuerza al metal, lo que quiere decir que mientras más impuro sea el mineral de hierro menos se podrá utilizar y llevar a cabo la extracción de este. Sin embargo, algunas de estas impurezas son muy útiles en la elaboración de algunos productos” (p. 27).

De acuerdo con el Diccionario de la Lengua Española (2016) el hierro es: “un elemento químico metálico dúctil, maleable y muy tenaz, de color gris azulado, magnético y oxidable, muy usado en la Industria. Su símbolo es Fe y su número atómico es 26”. Figura 1.5.

Por otra parte, Kalpakjian y S. (2009) señala que: “el hierro es uno de los elementos de mayor abundancia en el mundo, formando aproximadamente 5% de la corteza terrestre bajo la forma de varios minerales como: la Taconita, que es una roca negra del tipo pedernal; y la Limonita, es un mineral de óxido de hierro que contiene agua. Asimismo, el hierro es usado como materia prima en la industria, por ejemplo, para la construcción de ferrocarriles, barcos, maquinaria, en la industria militar y principalmente para la obtención del acero” (p. 138).

En virtud de los aspectos presentados, podemos alegar que el hierro puro es un metal magnético a temperatura ambiente, blando, dúctil, maleable, de color gris plateado, que es buen conductor de la electricidad que se usa como materia prima para la elaboración del acero y tiene una variedad de aplicaciones como, por ejemplo, en la industria ferrocarril.



Figura 1.5: Mineral de Hierro.  
Fuente: Gipuzkoakultura (2016)

## Materiales poliméricos

Los materiales poliméricos según Sperling (2006), son “aquellos materiales que están formados por moléculas muy grandes como masas molares en un intervalo desde unos pocos miles a millones de gramos por mol, razón por la cual se utiliza el término macromolécula para definirlos” (p. 12).

Por otra parte, Brown (2009), los define como “materiales orgánicos, es decir, contienen carbono e hidrógeno y comúnmente otros átomos no metálicos, especialmente oxígeno y nitrógeno. Adicionalmente, algunos polímeros son naturales; en esta categoría se incluyen sustancias como la celulosa, el almidón, las proteínas y el ADN. También, el caucho natural, la seda y el algodón” (p. 499).

Asimismo, Sperling (2006), afirma que “desde 1910 la baquelita se empezó a utilizar en un amplio rango de estudios que incluía dispositivos eléctricos y discos fonográficos, manufacturándose una gran variedad de polímeros combinando unidades moleculares pequeñas como los monómeros, mediante un proceso conocido como polimerización” (p. 20). Por otro lado, debido a la gran cantidad de monómeros disponibles, se pueden variar las propiedades de los polímeros en un amplio rango, por lo tanto, la resistencia y la ductilidad de los polímeros varían mucho haciendo de estas sustancias posiblemente el grupo más versátil de los materiales de ingeniería.

Entre las características de estos materiales tenemos:

- Baja densidad.
- Bajo coeficiente de fricción.
- Baja resistencia a la corrosión.
- Baja conductividad térmica y eléctrica.
- Buena capacidad de moldeo o conformado.
- Son económicos.
- Amplio rango de resistencia a la tracción.
- Buenas propiedades mecánicas.
- Tienen la capacidad de ser pigmentados.

Igualmente, los polímeros sintéticos están formados por macromoléculas de estructura similar, pero de diferentes tamaños y por lo tanto, se dice que son poli dispersos, es decir, tienen una distribución de masa molar. Como resultado, las fórmulas químicas de estos materiales se muestran con la unidad repetitiva entre paréntesis con una  $n$ , indicando el número promedio de estas unidades en la cadena de polímeros. Entre los polímeros sintéticos tenemos los elastómeros y los plásticos.

### Elastómeros

Los elastómeros o cauchos son materiales poliméricos que poseen propiedades de elasticidad superior a los plásticos. Son aquellos materiales que muestran un comportamiento elástico y son capaces de alargarse hasta 10 veces su longitud cuando son sometidos a esfuerzos. Ver figura 1.6.

### Ventajas de los elastómeros

- Alta dureza y resistencia a la temperatura.
- Bajo peso y buenas propiedades aislantes.
- Baja tenacidad y ductilidad.
- Baja fragilidad mecánica.
- Alta temperatura de fusión y alta estabilidad química.
- Bajo coeficiente de expansión térmica.
- Resistencia al desgaste.
- Pueden ser cristalinos, amorfos o semicristalinos.



Figura 1.6: Elastómero.  
Fuente: Sladeshare (2016)

### Plásticos

Los materiales plásticos de acuerdo con Brown (2009), son “polímeros generalmente sintéticos, que pueden ser moldeados en diferentes formas utilizando presión o calor” (p. 499). La palabra plástico o plasticidad en ciencias de Materiales, determina la capacidad que tiene una sustancia para cambiar su forma y tenerla permanentemente. En este sentido, los plásticos pueden subdividirse en a. polímeros termoplásticos y b. polímeros termoestables. Ver figura 1.7.

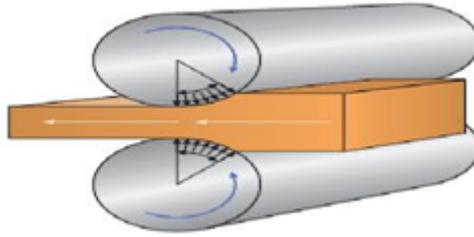


Figura 1.7: Proceso de Conformado Plástico.  
Fuente: utp.edu (2016)

### Polímeros termoplásticos

Los polímeros termoplásticos constituyen un grupo de sustancias muy versátiles y como consecuencia son el grupo comercial más importante. En particular, las poliolefinas o polímeros derivados de las olefinas o alquenos, como el polietileno, el polipropileno y el policloruro de vinilo son de los materiales con mayor volumen de producción y utilización en la actualidad.

De acuerdo con Askeland y Phulé (2010), los “polímeros termoplásticos están constituidos por largas cadenas de carbón que pueden o no tener ramificaciones, producidas al unir monómeros entre sí, que no están conectados con enlaces primarios entre ellos sino enlaces de van der Waals relativamente débiles” (p. 497).

De la misma forma, estos materiales pueden ser moldeados en diferentes formas, generalmente aplicando calor, presión o ambas. Estos materiales pueden ser recalentados y reformados en nuevas formas varias veces, sin sufrir cambios significativos en sus propiedades. Los rangos de fusión de estos materiales están comprendidos des 105 °C para el polietileno de baja densidad, hasta 327 °C para el politetrafluoroetileno o teflón. En forma general estos materiales son moldeados en los procesos de molde por inyección, molde por extrusión y termoformado. Sus características son las siguientes:

- Alta estabilidad térmica.
- Alta rigidez.
- Alta estabilidad dimensional.
- Buena resistencia a la fluencia y a la deformación bajo carga superior a los termoplásticos.
- Resistencia a la corrosión.
- Baja ductilidad y resistencia al impacto.

### Moldeo por inyección

Según Askeland y Phulé (2010), este “proceso es uno de los procedimientos más importantes en la fabricación de artículos plásticos. La figura 1.8, muestra el proceso” (p. 498). El termoplástico en gránulos es alimentado a través de la tolva a un cilindro de inyección.

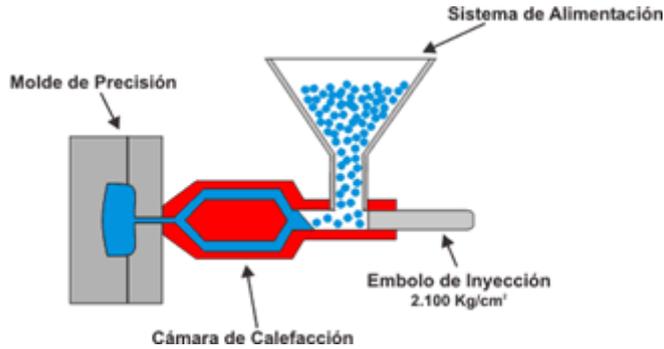


Figura 1.8: Moldeo por Inyección.

Fuente: WordPress (2018)

Como resultado, los gránulos se funden y el tornillo rotatorio fuerza el plástico fundido a un molde que está refrigerado con agua, lo cual permite la fabricación de piezas con una alta velocidad de forma automatizada y es similar al proceso de fundición a presión utilizado en la fabricación de aluminio, que según Kalpakjian y S. (2009), “las máquinas modernas usan un tornillo recíprocante, el cual, al aumentar la presión dentro del molde, comienza a moverse hacia atrás hasta una distancia predeterminada para controlar la cantidad de material por inyectar” (p. 485).

Es importante resaltar que entre las piezas que se pueden elaborar con este proceso incluyen, tapas de botellas, engranes y tapas de maquinarias, contenedores, sillas, y mesas, paneles automotrices como, por ejemplo, tableros, entre otros.

### Moldeo por extrusión

En el proceso por extrusión el cilindro y el tornillo son similares al de inyección. En este sentido, Askeland y Phulé (2010) señala que el “plástico fundido se hace pasar a través de la abertura de un dado extrusor para producir formas sólidas: películas, hojas, tubos, tuberías e incluso bolsas de plástico” (p. 708). Tal como se ilustra en la figura 1.9.

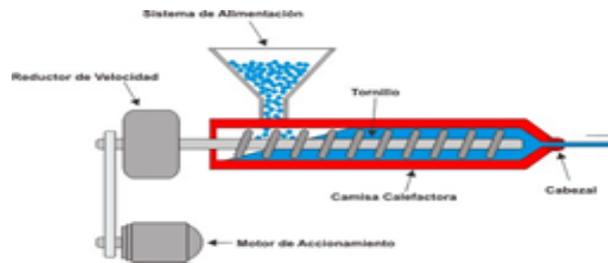


Figura 1.9: Moldeo por Inyección.

Fuente: Aristegui (2018)

En relación a este caso de moldeo por extrusión soplado de películas plásticas, se extruye primero un tubo plástico de bajo espesor que se sujeta de forma vertical y se transfiere a través de rodillos a un sistema de bobinas que almacena el tubo, por ejemplo, en forma de película plástica.

## Termoformado

El termoformado o formado en caliente, consiste en conformar hojas o láminas de plástico calentado hasta un punto donde se ablanda y luego se coloca y luego se coloca sobre un molde empujándolo, por aplicación de vacío, para generar productos como vasos desechables, tapas, bandejas, gaveras de huevo, vasos de yogur, paneles interiores de automóviles, como, por ejemplo, el tablero e interior de las puertas, partes electrodomésticas. Los moldes termoformados suelen ser de aluminio por qué no se necesita que tengan tanta resistencia.

Sobre la base de las ideas expuestas, el polietileno el polímero sintético de mayor consumo en el mundo, es un plástico versátil que puede ser moldeado por estos tres procesos, es utilizado en aplicaciones como: película para bolsas de todos tipos, película termo encogible, techos de invernaderos, ensilaje, recubrimiento de cables, botellas, juguetes, tuberías, entre otras; su estructura tridimensional se ilustra en la figura 1.10.

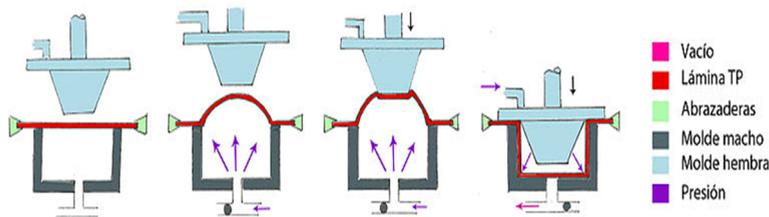


Figura 1.10: Proceso de Termoformado.

Fuente: marbeasrl. (2018)

## Materiales compuestos

Kalpakjian y S. (2009), define a los “materiales compuestos de ingeniería como un sistema de materiales compuestos por una combinación de dos o más materiales que difieren en forma y composición química y son especialmente insolubles entre sí” (p. 55). Entre los materiales compuestos más importantes tenemos: los plásticos reforzados con fibras, hormigón, el asfalto, la madera. Entre sus propiedades tenemos las siguientes:

- Son de bajo peso.
- Alta resistencia al impacto.
- Poseen buena tenacidad.
- Poseen mejores propiedades mecánicas que los materiales cerámicos.
- Están formados por dos o más componentes distinguibles físicamente y separables mecánicamente.
- Presentan varias fases químicamente distintas insolubles entre sí.

## Materiales electrónicos

Entre los materiales electrónicos tenemos un semiconductor, que es un material que tiene un valor de conductividad eléctrica entre un conductor y un aislante. El semiconductor más importante es el silicio. Entre las ventajas que tiene este material tenemos:

- Facilidad de formar una capa de óxido protectora en la superficie.
- Bajo costo.
- Alta dureza.
- Alta estabilidad térmica.

### 1.3. Propiedades de los materiales

Las propiedades de un material revelan el comportamiento elástico e inelástico de un material cuando se le aplica una carga, indicando de este modo su adaptabilidad para las aplicaciones mecánicas.

En relación con los aportes de Kalpakjian y S. (2009): “En las operaciones de manufactura se forman muchas partes a varias configuraciones al aplicarles fuerzas externas a las piezas de trabajo mediante herramientas y dados. Debido a que en estos procesos la deformación se efectúa mediante medios mecánicos, es importante comprender el comportamiento de los materiales en respuesta a las fuerzas aplicadas externamente. Del mismo modo, los materiales están constituidos por una estructura atómica y elementos, enlaces entre átomos, moléculas y una estructura cristalina, así mismo, poseen propiedades mecánicas y físicas que los hacen útiles para cualquier tipo de producción” (p. 55).

Si bien es cierto, que cuando se determinan las propiedades mecánicas de los materiales a través de los diferentes ensayos, se pueden conocer la calidad de la pieza que está siendo sometida a prueba, lo cual permitirá mejorar el proceso de manufactura de una determinada empresa, reduciendo de esta manera el desperdicio y elaborar los productos en un tiempo más rápido y entregárselos a los clientes en los tiempos establecidos.

#### 1.3.1. La estructura atómica y los elementos

Tal como lo plantea Askeland y Phulé (2010): “Un átomo está formado por un núcleo rodeado por electrones. El núcleo contiene neutrones y protones, estos últimos con carga positiva, y tiene una carga neta positiva. Los electrones tienen carga negativa y se mantienen cerca de su núcleo por atracción electrostática. La carga eléctrica que lleva cada electrón y cada protón es  $1.60 \times 10^{-19}$  elevado a la menos diecinueve (-19) coulomb (C)” (p. 31).

Por otro lado, como las cantidades de electrones y protones en un núcleo son iguales, el átomo como un todo es eléctricamente neutro. El número atómico de un elemento es igual a la cantidad de electrones o protones en cada átomo. Así, por ejemplo, un átomo de hierro, que contiene 26 electrones y 26 protones, tiene número atómico 26.

De igual manera, existen poco más de 100 elementos, que son los constituyentes químicos de toda la materia. Elementos que se encuentran organizados según sus diferencias y similitudes. Los elementos pueden agruparse en familias y establecer relaciones entre ellas. Para tal efecto, éstos pueden mostrarse en la Tabla Periódica. Existen ciertas repeticiones o periodicidades en dirección horizontal del arreglo de los elementos de la tabla.

Así se tiene que, los elementos metálicos ocupan la posición izquierda y central, los no metálicos se sitúan hacia la derecha. Por otra parte, entre los dos grupos existen una



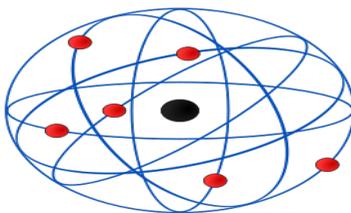


Figura 1.12: Modelo Planetario de la estructura atómica.

Fuente: Blog spot (2016)

de ellos.

La estructura de los metales influye de manera importante en su Asimismo, el conocimiento de las estructuras nos guía en el control y la predicción del comportamiento y desempeño de los metales en diversos procesos de manufactura. Comprender la estructura atómica de los metales también nos permite predecir y evaluar sus propiedades. Esto nos ayuda a hacer selecciones apropiadas para aplicaciones específicas bajo condiciones externas y de entornos particulares, como fuerzas y temperatura.

Por otra parte, además de la estructura atómica, varios factores también influyen en las propiedades y el comportamiento de los metales. Entre ellos está la composición del metal, las impurezas y vacantes en la estructura atómica, el tamaño de grano, las fronteras del grano, el entorno, el tamaño y estado superficial del metal y los métodos mediante los cuales los metales y las aleaciones se han convertido en productos útiles.

### 1.3.2. Enlace entre átomos y moléculas

Cabe señalar que según Groover (2009): “los átomos se mantienen juntos en las moléculas mediante varios tipos de enlaces que dependen de los electrones de valencia” (p. 30). Tal como se observa en la figura 1.13. En comparación, las moléculas se atraen unas a otras mediante enlaces más débiles que son resultado de la configuración de los electrones dentro de las moléculas individuales.

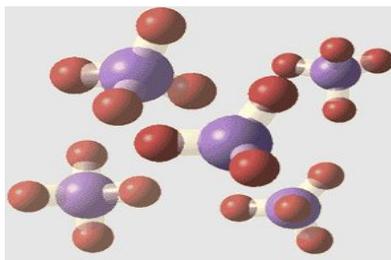


Figura 1.13: Enlaces entre átomos.

Fuente: Científicamente Correcto (2016)

De esta manera, tomando en consideración lo expuesto por el autor citado, se presentan dos tipos de enlaces: primarios y secundarios.

## Enlaces primarios

Al respecto Groover (2009) destaca que: “los enlaces primarios se caracterizan por atracciones fuertes entre los átomos provocados por el intercambio de electrones de valencia, es decir, un enlace es primario cuando dos átomos intercambian o comparten sus electrones externos” (p. 30). Un ejemplo de ello lo tenemos en el modelo del átomo de carbono presentado en la figura 1.14. Estos enlaces pueden darse en las siguientes formas: a) iónica, b) covalente y c) metálica. Los enlaces iónicos y covalentes son llamados enlaces intermoleculares porque implican fuerza de atracción entre los átomos dentro de la molécula.

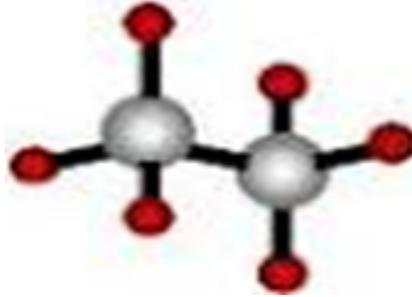


Figura 1.14: Etano. Enlace de Carbón. Enlace Primario.  
Fuente: Visión Learning (2017)

En el enlace iónico, los átomos de un elemento ceden sus electrones exteriores, los cuales son a su vez atraídos por los átomos de algún otro elemento para completar la cuenta de electrones en su capa exterior. Ocho electrones en la capa exterior constituyen por lo general la configuración atómica más estable (excepto para átomos muy ligeros), la naturaleza une fuertemente a los átomos que alcanzan esta configuración. Los iones de sodio y flúor, sodio o cloro se forman debido a la transferencia de electrones, de ahí deriva su nombre los enlaces iónicos. Las propiedades de los materiales sólidos con enlaces iónicos incluyen baja conductividad eléctrica y ductilidad pobre. Son ejemplo de materiales sólidos, el acero, el hierro, el carbón, el aluminio, entre otros.

## Enlace covalente

En el Enlace Covalente no se transfieren los electrones, sino que se comparten en las capas externas entre los átomos, para lograr un conjunto estable de ocho. El flúor y el diamante proporcionan dos ejemplos de enlace covalentes. En el flúor, un electrón de cada dos átomos se comparte para formar el gas  $F_2$ . En el caso del diamante, que es carbono con número atómico 6, cada átomo tiene cuatro vecinos con los cuales comparte electrones. Esto produce una estructura tridimensional muy rígida, que es la causa de la alta dureza de este material. Figura 1.15.



Figura 1.15: El diamante.  
Fuente: Filo Coaching (2017)

### Enlace metálico

Groover (2009) establece que: “el enlace metálico es el mecanismo de enlace atómico en los metales puros y en las aleaciones. Los átomos de los elementos metálicos poseen muy pocos electrones en sus órbitas externas para completar las capas externas de la totalidad de átomos en un bloque de metal. Por consiguiente, en los enlaces metálicos se comparten los electrones de todos los átomos, formando una nube general de electrones que permea al bloque entero. Esta nube proporciona la fuerza de atracción para mantener juntos a los átomos y ayuda a formar una fuerte estructura rígida” (p. 31).

Argumenta el autor consultado que, debido a la distribución de electrones y a la libertad de éstos para moverse dentro del metal, los enlaces metálicos proporcionan una buena conductividad eléctrica. Mientras que, en los otros tipos de enlaces primarios, los átomos comparten sus electrones solamente entre átomos vecinos; por consiguiente, estos materiales son conductores pobres de electricidad. Otras propiedades típicas de los materiales que poseen enlaces metálicos son: buena conducción del calor y buena ductilidad. En la figura 1.16 podemos observar el átomo de hidrógeno, el cual en condiciones habituales es un gas incoloro, inodoro e insípido, tiene una densidad de 76 kilogramos por metros cuadrados, buena conductividad térmica, un punto de fusión de 14025 grados kelvin y un punto de ebullición de 20226 grados kelvin.

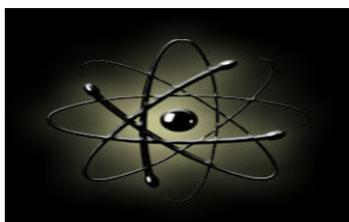


Figura 1.16: Átomo de hidrógeno.  
Fuente: Tiempos Futuros (2017)

Shackelford (2008) señala que: “en este tipo de enlace atómico existe una energía de enlace menor que en la del enlace metálico sin que exista la transferencia o compartición de electrones. Asimismo, a este enlace se le da el nombre de enlace de Van de Wall, en donde la atracción de los electrones depende de la distribución asimétrica de carga positiva y negativa dentro de cada átomo o molécula que interviene en el enlace” (p. 643).

Por otro lado, Groover (2009) afirma que: “en los enlaces secundarios intervienen fuerzas de atracción entre moléculas o fuerzas intermoleculares. Asimismo, como no hay transferencia de electrones compartidos en los enlaces secundarios, éstos son más débiles que los enlaces primarios. De igual manera, hay tres formas de enlaces secundarios: Fuerzas Bipolares, Fuerzas de London y Enlaces de Hidrógeno. En lo que corresponde a los tipos de enlaces Bipolares y de London, éstos se denominan frecuentemente fuerzas de Van de Wall en honor al científico que primero las estudio y cuantificó” (p. 31).

Se puede afirmar, que las fuerzas dipolares surgen en una molécula compuesta de dos átomos que tienen cargas eléctricas iguales y opuestas, como es el caso del cloruro de hidrógeno. Aunque el material es eléctricamente neutro en su forma agregada, a escala molecular los dipolos individuales se atraen mutuamente a causa de la orientación en los extremos positivos y negativos de las moléculas. El dipolo son las cargas puntuales compuestas por el hidrógeno con signo positivo y el cloro con signo negativo.

Por otro lado, las fuerzas de London comprenden fuerzas atractivas entre moléculas no polares, es decir, los átomos en las moléculas no forman dipolos en el sentido del párrafo anterior, sin embargo, debido al rápido movimiento de los electrones en órbita alrededor de la molécula se forman dipolos temporales cuando se concentran más electrones de un lado que del otro.

Finalmente, Groover (2009) alega que: “los enlaces de hidrógeno se establecen en moléculas que contienen átomos de hidrógeno unidos mediante un enlace covalente a otro átomo (al oxígeno, por ejemplo, en H<sub>2</sub>O). Como los electrones necesarios para completar la capa exterior del átomo de hidrógeno quedan alineados a un lado de su núcleo, el lado opuesto adquiere una carga positiva neta que atrae a los átomos de las moléculas vecinas” (p. 33). Los enlaces de hidrógeno son para el agua y son generalmente una forma más fuerte de enlace secundario que las otras dos.

Un enlace de hidrógeno o puente de hidrógeno se forma cuando un átomo de hidrógeno se encuentra entre dos átomos más electronegativos como el nitrógeno, el oxígeno y el flúor, estableciendo un vínculo entre ellos. Por otro lado, el átomo de hidrógeno tiene una carga parcial positiva por lo que atrae a la densidad electrónica de un átomo cercano en el espacio. Los enlaces de hidrógeno se encuentran en toda la naturaleza y proveen al agua de sus propiedades particulares, las cuales permiten el desarrollo de la vida en la tierra.

### 1.3.3. Estructura cristalina

La estructura cristalina de un metal hace referencia a su parte interna, en donde los constituyentes, átomos, moléculas o iones están empaquetados de forma ordenada con patrones repetitivos ocupando todo su espacio.

Groover (2009) afirma que: “los átomos y las moléculas son los elementos de construcción de la materia. Cuando los materiales en estado líquido se solidifican, estos tienden a cerrar filas y a compactarse estrechamente, adoptando en muchos casos una estructura muy ordenada, y en otras no tan ordenadas” (p. 34). Se pueden distinguir dos estructuras fundamentales de la materia: cristalina y no cristalina.

## La cristalina

Groover (2009) señala que: “un material pasa del estado líquido o fundido al estado sólido, muchas sustancias forman cristales; siendo esta una característica de todos los metales, así como de muchos materiales cerámicos o polímeros. En una estructura cristalina, los átomos toman posiciones regulares recurrentes en tres dimensiones. El patrón puede repetirse millones de veces dentro de un cristal dado. La estructura puede visualizarse como una celda unitaria, la cual constituye el agrupamiento geométrico básico de los átomos que se repite indefinidamente” (p. 34). Un ejemplo; lo constituye el cristal cúbico centrado en el cuerpo (BCC, por Body centered cubic), esta es una de las estructuras comunes que adoptan los metales. El modelo más simple de esta estructura la podemos observar de manera muy específica en la figura 1.17.

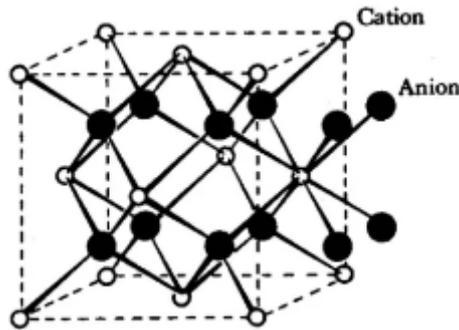


Figura 1.17: La Estructura Cristalina.  
Fuente: Tele formación (2017)

## No cristalina

Cabe significar, que muchos materiales importantes como por ejemplo los líquidos y los gases no son cristalinos. El agua y el aire no tienen una estructura cristalina, los metales pierden su estructura cristalina al fundirse; el mercurio es un metal líquido a la temperatura ambiente con un punto de fusión de  $-37^{\circ}\text{F}$ . Así mismo, algunas clases importantes de materiales de ingeniería tienen en su estado sólido formas no cristalinas. El término amorfo se usa frecuentemente para describir estos materiales; el vidrio, muchos plásticos y el hule son algunos ejemplos dentro de esta categoría.

Groover (2009) resalta que: “muchos plásticos importantes son una mezcla de formas cristalinas y no cristalinas. Aún los metales pueden ser más amorfos que cristalinos, si la velocidad de enfriamiento durante su transformación de líquido a sólido es lo suficiente rápida como para inhibir el arreglo de los átomos por si solos en sus patrones cristalinos” (p. 35). Esto puede suceder si por ejemplo, se vacía un metal fundido en medio de dos rodillo fríos que giran juntos a muy poca distancia. Dos características estrechamente relacionadas diferencian los materiales no cristalinos de los cristalinos: 1) ausencia de un orden de largo alcance en la estructura molecular del material no cristalino y 2) diferencias en las características de fusión y de expansión térmica ver figura 1.18.

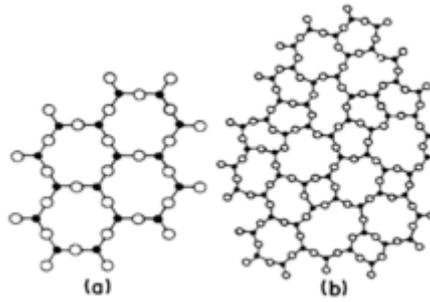


Figura 1.18: Retícula no cristalina.

Fuente: Neo fronteras (2017)

### 1.3.4. Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas son las características que suministran información sobre la resistencia máxima, resistencia de fluencia, la capacidad de alargamiento y reducción de área que presenta un material después que se le aplica un ensayo de tracción.

Askeland y Phulé (2010) afirma que: “las propiedades mecánicas de los materiales dependen de su composición, micro estructura, la naturaleza de los enlaces, estructura cristalina y defectos, como las dislocaciones, tamaño de grano, entre otros, de un material tienen una influencia profunda sobre la resistencia y ductilidad de los materiales metálicos” (p. 231).

Por otro lado, un factor que afectan las propiedades mecánicas de los materiales, es la baja temperatura. Las bajas temperaturas hacen que muchos metales y plásticos se vuelvan frágiles. Las temperaturas bajas contribuyeron a la fragilidad del plástico que se usó en uno sellos en “O”, causando el accidente del Challenger en 1986.

### Módulo de elasticidad

Hace referencia a la primera parte del ensayo de tracción, el material se deforma elásticamente, y si se le elimina la carga sobre la muestra, volverá a su longitud inicial. Para metales, la máxima deformación elástica es usualmente menor al 5 por ciento. Un ejemplo sería cuando se va a medir el módulo de elasticidad de un hilo de un metro de longitud, de sección circular cuyo radio en mm podemos modificar sometiendo dicho hilo a un esfuerzo de tracción, el cual sufre una deformación que consiste en un aumento de su longitud y en una contracción de su sección.

### Límite elástico a 0,2%

Es la tensión a la cual un material muestra deformación plástica significativa. Esto es debido a que no hay un punto definido en la curva de tracción – deformación donde termine la deformación elástica y se presente la deformación plástica. Se elige el límite elástico cuando tiene lugar un 0,2% de deformación plástica. Un ejemplo de límite elástico es cuando un material es sometido a un ensayo de tracción. Así tenemos, que en ingeniería

se adopta un criterio convencional y se considera como límite elástico la tensión a la cual el material tiene una deformación plástica del 0,2 %.

### Resistencia máxima a la tracción

Es la tensión máxima alcanzada en la curva tracción – deformación. Si la muestra desarrolla un alargamiento limitado en su sección, la tensión decrecerá al aumentar la deformación hasta que ocurra la fractura ya que la tensión se determina usando la sección inicial de la muestra. Mientras más dúctil sea el metal, mayor será el decrecimiento en la tensión de la curva tracción – deformación después de la tensión máxima. Un ejemplo de resistencia a la tracción, es el valor máximo que un material como el acero puede soportar, cuando éste es sometido a un ensayo de tracción y luego rompe.

### Porcentaje de elongación

La cantidad de elongación que presenta una muestra bajo tensión durante un ensayo proporciona un valor de la ductilidad de un material. La ductilidad de los materiales comúnmente se expresa como porcentaje de la elongación, comenzando con una longitud de calibración usualmente de 2 pulgada. En general, a mayor ductilidad, mayor será el porcentaje de la elongación, la cual se puede calcular a través de la siguiente ecuación:

$$\% \text{ elongación} = l - l_0 / l_0 \times 100 \%$$

### Porcentaje en reducción de área

Este parámetro también da una idea acerca de la ductilidad del material. Esta cantidad se obtiene del ensayo de tracción utilizando una muestra de 0,5 pulgada (12,7 milímetros) de diámetro. Después de la prueba, se mide el diámetro de la sección al fracturar. Utilizando las medidas de los diámetros inicial y final, se determina el porcentaje de reducción de área a partir de la siguiente ecuación:

$$\% \text{ reducción del área} = A_0 - A_f / A_0 \times 100 \%$$

Las propiedades mecánicas son importantes en el diseño, porque el funcionamiento y desempeño de los productos dependen de su capacidad para resistir deformaciones bajo los esfuerzos que enfrentan en el servicio. Así tenemos que, en el diseño, el objetivo general para el producto es resistir esos esfuerzos sin un cambio significativo en su geometría, y esta capacidad depende de propiedades como el módulo de elasticidad y la resistencia a la fluencia.

En el mismo sentido, en los procesos de manufactura, esto diametralmente opuesto; aquí se necesita aplicar esfuerzos que excedan la resistencia a la fluencia del material con el fin de alterar su forma. Por otro lado, los procesos mecánicos como el conformado y maquinado logran su cometido porque desarrollan fuerzas que exceden a la resistencia del material a la deformación.

#### 1.3.5. Propiedades físicas

Para Kalpakjian y S. (2009) estas son: “las propiedades de un material que hace referencia principalmente a la densidad, el punto de fusión, al calor específico, la resistencia

a la oxidación y la dilatación térmica” (p. 90).

Asimismo, un ejemplo de propiedad física, es el volumen que ocupan los cuerpos en un determinado recipiente. Por otro lado, Groover (2009) establece que: “las propiedades físicas son aquellas que definen el comportamiento de los materiales en respuestas a otras fuerzas físicas, además de las mecánicas. Asimismo, afirma que las propiedades físicas definen el comportamiento de los materiales en respuestas a otras fuerzas físicas. Es así, éstas incluyen propiedades volumétricas, eléctricas y electroquímicas” (p. 73).

En ese orden de ideas, los productos deben conducir la electricidad, permitir que escape el calor, transmitir la luz, además, las propiedades físicas son importantes en la manufactura porque frecuentemente tienen influencia sobre la realización de los procesos. Por ejemplo, las propiedades térmicas de los materiales de trabajo en maquinado determinan la temperatura de corte, la cual afecta la vida útil de la herramienta antes de fallar.

Al confrontar los puntos de vista de los autores, podemos deducir que estos conciben las propiedades físicas de los metales como aquellos que poseen ciertas características, entre las cuales se destacan que, los cuerpos sólidos en condiciones ambientales normales, son del color gris a excepción del oro y del cobre, pueden ser opacos o con un resplandor metálico, tienen alta densidad, son dúctiles y flexibles, tienen un punto de fusión alto, son rígidos, y son buenos conductores del calor y la electricidad.



Figura 1.19: Proceso de Soldadura por Arco eléctrico.  
Fuente: Inge mecánica (2017)

## 1.4. Tipos de ensayos utilizados en la industria manufacturera

Un ensayo es la prueba que se le practica a un material en cualquier forma, que puede afectar o no, la utilidad futura del material sometido a prueba. Frente a los hechos señalados, en la mayoría de los casos, los ensayos practicados a los materiales, si son destructivos nos dan una información directa e las propiedades mecánicas del material, pero si son no destructivos, son muy valiosos para localizar defectos en los materiales que podrían afectar el funcionamiento de una pieza de una máquina cuando ésta entra en servicio.

Entre los tipos de ensayos más utilizados en las industrias manufactureras tenemos los siguientes:

### 1.4.1. Ensayos no destructivos

Según Shackelford (2008): “este tipo de ensayo se corresponde con una evaluación realizada a los materiales de ingeniería a través de ensayos como el de dureza, sin que se vean afectadas sus propiedades físicas, químicas, mecánicas, dimensionales, entre otras” (p. 643). De la misma forma, los diferentes métodos de ensayos no destructivos se basan en la aplicación de fenómenos físicos tales como señales electromagnéticas, elásticas, emisión de partículas subatómicas, capilaridad, absorción y cualquier tipo de ensayo que no involucre un deterioro considerable a la muestra inspeccionada.

Sobre este contexto, Echevarría (2014) asevera que: “los ensayos no destructivos son métodos de ensayos tecnológicos usados en control de calidad los cuales se aplican a los materiales para evaluar sus propiedades sin romper la pieza sometida al ensayo”.

Todo lo planteado deja claro que, un ensayo no destructivo tiene como propósito detectar discontinuidades superficiales e internas en los materiales, soldaduras y en los productos elaborados.

Por ejemplo, a través de estos ensayos podemos evaluar las características químicas, estructurales, mecánicas y tecnológicas de los materiales, control de espesores, medidas de espesores por un solo lado, medidas de espesores por recubrimientos, entre otros.

#### **Tipos de ensayos no destructivos**

De acuerdo con Schey (2010): “en los componentes críticos de los productos manufacturados, la presencia de grietas y otros defectos se verifican por medio de varias técnicas de ensayos no destructivos” (p. 108).

Asimismo, muchas de ellas se pueden enlazar a una computadora para la rápida adquisición y procesamientos de datos y se pueden usar para la inspección del 100 % de las partes durante su proceso. Entre los cuales podemos mencionar los siguientes:

#### **Inspección por líquido penetrante**

Schey (2010), señala que: “a través de este tipo de inspección se exponen los defectos superficiales de los productos elaborados en la manufactura. De esta manera, los tintes penetrantes se aplican en forma de rocío o por inmersión a una superficie totalmente limpia y seca” (p. 109).

Después de retirar el exceso, el penetrante atrapado en los defectos se extrae y se hace visible por medio de un revelador absorbente. Algunos tintes con fluorescentes y hacen el defecto altamente visible en luz ultravioleta.

Una gran ventaja es que el proceso se puede aplicar a todos los materiales. La inspección por líquidos penetrantes es empleada para detectar e indicar discontinuidades que afloran a la superficie de los materiales examinados.

Así, por ejemplo, si se requiere detectar discontinuidades en la superficie de un metal, con un tamaño de aproximadamente medio milímetro (0.012" aproximadamente), debe emplearse un penetrante fluorescente, removible por postemulsificación y un revelador seco.

Por otra parte, si lo que se necesita es detectar discontinuidades mayores a 2.5 mm (0,100" aproximadamente), conviene emplear un penetrante contrastante, lavable con agua y un revelador en suspensión acuosa

### **Inspección por partículas magnéticas**

Este tipo de inspección, de acuerdo con Schey (2010), se "limita a piezas de trabajo ferromagnéticas. En este sentido, cuando la pieza de trabajo se magnetiza, las grietas que yacen más o menos perpendiculares al campo magnético lo interrumpen y se hacen visibles cuando se espolvorean partículas ferromagnéticas finas sobre la superficie" (p. 109).

Este método se aplica a materiales ferromagnéticos tales como piezas de fundición, piezas forjadas, cordones de soldadura, ganchos y engranes de grúa, estructuras de plataforma, tal como se puede observar en la figura 1.20, donde podemos visualizar de manera clara los ejemplos expuestos. De la misma forma, se hace este tipo de inspección en servicio de algunas partes de avión, ferrocarriles, recipientes sujetos a presión, entre otros.



Figura 1.20: Ensayo de Partículas Magnéticas.  
Fuente: Blog S.A. (2017)

### **Inspección por corriente parásita**

Para Schey (2010), "este método se puede llevar a cabo en cualquier material conductor. Una sonda abastecida con una corriente de alta frecuencia induce un campo eléctrico en la parte. Se puede verificar, que el campo magnético cambia a lo que se encuentra con la presencia de defectos en la superficie o cerca de ella. Estos cambios se ponen de manifiesto en los instrumentos" (p. 110).

En síntesis, podemos afirmar que la técnica empleada es de no contacto y resulta adecuada para la inspección en línea, en la medición del espesor de los recubrimientos superficiales de los materiales utilizados por la manufactura y en la de los cambios en la condición metalúrgica.



Figura 1.21: Equipo para Inspección por Corriente parásita.  
Fuente: Elind (2017)

### Inspección ultrasónica

Schey (2010) “resalta que este procedimiento se basa en observar cuando un haz de energía ultrasónica pasa a través de una estructura sólida con poca pérdida, pero se refleja parcialmente des las superficies internas. Por lo tanto, las grietas cavidades se ponen de manifiesto en una terminal de presentación de videos” (p. 110).

Al mover el transductor o la probeta en un patrón  $x = -$  y se permite la representación, de esta manera, el retraso del tiempo de la onda reflejada proporciona la dimensión de la profundidad. Conviene destacar, que un buen acoplamiento entre el transductor y la pieza de trabajo se asegura por un fluido de acoplamiento. Por otro lado, esta técnica es el método más importante para la inspección de materiales compuestos de matriz polimérica.



Figura 1.22: Inspección de Ultrasonido.  
Fuente: Interpresas (2017)

### Inspección radiográfica con rayos x y rayos gamma

Schey (2010) “afirma que, este método de inspección es capaz de revelar defectos internos de los metales, así como grietas superficiales que reducen la absorción de la radiación penetrante, los cuales se muestran como áreas más oscuras. De igual forma, la absorción de los rayos x y rayos gamma aumenta al elevarse el número atómico y densidad, de aquí que se vean las estructuras internas” (p. 111).

Por otro lado, los neutrones son absorbidos por algunos elementos ligeros, incluyendo el hidrógeno, haciendo la técnica adecuada también para los plásticos.



Figura 1.23: Equipo para Rayos X.

Fuente: Cirugía (2017)



Figura 1.24: Equipos para Rayos Gamma.

Fuente: Medical Expo (2017)

Mientras que en la radiografía convencional se crea una imagen bidimensional sobre una película, por lo que la localización de los defectos y las características dentro de la profundidad del campo no se conoce, esta desventaja se elimina por medio de la tomografía computarizada, desarrollada originalmente para propósitos médicos. En este proceso, un haz de rayos x en forma de ventilador, muy colimado, se pasa a través de la pieza y se mide su absorción por medio de un arreglo lineal de foto detectores.

También ha de entenderse, que las mediciones se repiten mientras la parte se gira y mueve. Así, por medio de algoritmos de computadoras se construye una imagen tridimensional de la pieza a ensayar, con todos los detalles del interior; la técnica es adecuada para la ingeniería inversa de componentes que tienen formas complejas y cavidades internas. La salida se puede convertir de manera directa en un modelo sólido. Por otro lado, la inspección por rayos X se utiliza para controlar y optimizar los procesos de llenado de los envases en las industrias de alimentos.

## **Ordenamiento electromagnético**

Schey (2010) “en referencia destaca que, el ordenamiento electromagnético se usa para separar componentes ferromagnéticos de acuerdo con su dureza, composición o cambio de composición en las capas superficiales como ocurre en el endurecimiento superficial. El ordenamiento se basa en los efectos de estas variables en las propiedades magnéticas” (p.111)

Por ejemplo, las sustancias ferromagnéticas son las que como el hierro, mantienen un momento magnético, lo cual hace que se produzca una interacción entre los momentos magnéticos de los átomos o electrones individuales de las sustancias magnéticas que los hace alinearse en forma paralela entre sí.

## **Importancia de los ensayos no destructivos**

De acuerdo con López (2014): los ensayos no destructivos se utilizan para la detección y evaluación de discontinuidades, defectos, así como, para la caracterización de materiales; de esta manera resultan indispensables para determinar el nivel de calidad alcanzado en los productos. A la vez, son de fundamental importancia en la inspección de los componentes en servicio y necesarios para prevenir accidentes. Ya que a través de ellos se pueden localizar defectos en los materiales que podrían afectar el funcionamiento de la pieza de una máquina cuando entra en servicio.

De la misma forma, estas pruebas se emplean para detectar materiales defectuosos antes de que las partes componentes de cualquier maquinaria sean formados o maquinadas; asimismo, son utilizados los ensayos no destructivos, para detectar componentes defectuosos antes de ensamblar, para medir el espesor de un metal u otros materiales, para determinar el nivel de líquido o el contenido de sólido en recipientes opacos; para identificar y clasificar materiales; así como, para descubrir defectos que pudieran desarrollarse durante el procesamiento o el uso. Igualmente, las partes también pueden examinarse cuando están en servicio, lo que permitirá su remoción previa a la ocurrencia de una falla.

Finalmente, los ensayos no destructivos se utilizan para hacer productos más confiables, seguros y económicos. De esta manera, se aumenta la confiabilidad y se mejora la imagen pública de los fabricantes, lo que conduce a mayores ventas, ganancias y para mejorar y controlar los procesos de fabricación.

### **1.4.2. Ensayos destructivos**

Shackelford (2008) define: “los ensayos destructivos como la evaluación que se le hace a los materiales de ingeniería, que afecta su capacidad de utilización, como ejemplo tenemos, cuando se le aplica un análisis de metalografía a un acero para observar el tamaño de grano de la estructura cristalina de un acero templado en aceite” (p. 643).

De la misma forma, Kefren (2015) afirma que: los ensayos destructivos son aquellas pruebas que se le realizan a un material mediante el uso de herramientas o máquinas, las cuales producen una alteración irreversible de su geometría dimensional.

Los ensayos destructivos permiten obtener información de piezas o partes de una estructura metálica o no metálica, alterando sus condiciones de uso o capacidad de servicio, es decir, inducen daños en el material, afectando el uso próximo de las piezas o partes inspeccionadas.

### Tipos de ensayos destructivos

En lo que corresponde a este tipo de ensayo, Askeland y Phulé (2010) afirma que: “entre los diferentes tipos de ensayos destructivos se encuentran los siguientes”:

#### Ensayo de tensión

Describe la resistencia de un material contra un esfuerzo aplicado lentamente. Entre las propiedades importantes están la resistencia de cadencia, que es el esfuerzo al cual el material comienza a deformarse permanente; la resistencia a la tensión, que es el esfuerzo correspondiente a la carga máxima aplicada; y el % de alargamiento (o elongación) y el % de reducción de área, ambos constituyen la medida de la ductilidad del material.

Comúnmente, el espécimen tiene una longitud calibrada original,  $l_0$ , por lo general de 50 milímetros (2 pulgadas), y un área transversal  $A_0$ , con un diámetro de 21,5 milímetros. El ejemplar se monta entre las mordazas de una máquina de ensayo de tensión. Estas máquinas están equipadas con varios controles, de manera que la muestra puede ser ensayada a velocidades diferentes de deformación y temperatura. Ver figura 1.25.



Figura 1.25: Máquina para el Ensayo de Tensión.

Fuente: Eastgroup (2017)

#### Ensayo de flexión

Se usa para determinar las propiedades de los materiales frágiles en tensión. Se pueden obtener un módulo de elasticidad y una resistencia a la flexión (similar a la resistencia a la tensión). Por lo general involucra a un espécimen que tiene una sección transversal rectangular y está soportado en sus extremos.

De este modo, la carga es aplicada verticalmente, ya sea en un punto o en dos; como resultado, estos ensayos se conocen como flexión en tres puntos o en cuatro puntos, respectivamente. Los esfuerzos longitudinales en estos especímenes son a tensión en sus superficies inferiores y a la compresión en sus superficies superiores, tal como se observa en la figura 1.26.



Figura 1.26: Máquina para el Ensayo de Flexión.  
Fuente: Solo stocks (2017)

### Ensayo de fatiga

El ensayo de fatiga permite comprender como se desempeña un material cuando se le aplica un esfuerzo cíclico. El conocimiento de la velocidad de crecimiento de grietas puede ayudar a determinar la vida de fatiga. Ver figura 1.27.



Figura 1.27: Máquina para el Ensayo de Fatiga.  
Fuente: Testersupply (2017)

Por otra parte, diversas estructuras y componentes de las operaciones de manufacturas, como las herramientas, dados, engranes, levas, resortes, están sujetos a cargas en rápida fluctuación (cíclicas o periódicas), además de cargas estáticas. Los esfuerzos cíclicos pueden ser causados sobre los dientes de los engranes o por esfuerzos térmicos, como en un dado frío en repetido contacto con piezas de trabajo calientes. Bajo estas condiciones la pieza falla a un nivel de esfuerzo por debajo del cual fallaría bajo una carga estática. Este fenómeno se conoce como falla por fatiga y es responsable de la mayor parte de las fallas de los componentes mecánicos.

### Prueba de impacto

El ensayo de impacto describe la respuesta de un material a una carga aplicada rápidamente o dinámica. Se usan los ensayos de Charpy e Izó. Se mide la energía que se requiere para fracturar el espécimen y se puede usar como base de comparación de diversos materiales ensayados bajo las mismas condiciones. Además, se puede determinar una temperatura de transición arriba de la cual el material falla en forma dúctil y no frágil.

La tenacidad indica la capacidad que tienen los materiales de absorber energía antes de romperse. La tenacidad a la tensión es igual al área bajo la curva esfuerzo-deformación reales o ingenieriles. La tenacidad al impacto se mide con el ensayo de impacto. Esta podría ser muy distinta de la tenacidad a la tensión. La tenacidad a la fractura describe la facilidad con que se propaga una grieta o imperfección en un material.

## 1.5. Tratamiento térmico

El tratamiento térmico involucra varios procesos de calentamiento y enfriamiento para efectuar cambios estructurales en un metal, los cuales modifican sus propiedades mecánicas. Por otra parte, se pueden ejecutar operaciones de tratamientos térmicos sobre una parte del trabajo mecánico en varios pasos de la secuencia de manufactura. En algunos casos, el tratamiento térmico se aplica antes del proceso de formado, por ejemplo, para ablandar el metal y ayudar a formarlo más fácilmente mientras se encuentra caliente. Y finalmente, el tratamiento térmico puede realizarse durante o casi finalizando la secuencia de manufactura para lograr la resistencia y dureza requerida en el producto terminado.

En este sentido, Bawa (2009) establece que: “el tratamiento térmico es una combinación de operaciones que comprenden el calentamiento de los metales en el estado sólido a temperaturas definidas, manteniéndolas a esas temperaturas por suficiente tiempo, seguido de un enfriamiento a las velocidades adecuadas para obtener ciertas propiedades físicas y mecánicas deseadas de los materiales sometidos a ese proceso” (p. 401).

Por otra parte, Groover (2009) ratifica que: “el tratamiento térmico del acero involucra varios procesos de calentamiento y enfriamiento para efectuar cambios estructurales en un metal o aleación, los cuales modifican sus propiedades mecánicas. Al comparar las teorías de los autores, se establece que el tratamiento térmico implica el proceso de calentamiento y enfriamiento al cual son sometidos los metales con el fin de hacerlos más dúctiles al momento de transformarlos en productos de uso humano” (p. 149).

Se ratifica que los tratamientos térmicos son ciclos de calentamiento y enfriamiento, así como de duración precisa a la que se someten los metales para obtener las propiedades mecánicas requeridas como son: la dureza, la ductilidad, la tenacidad, la estructura cristalina de los metales, entre otros.

### 1.5.1. Tipos de tratamientos térmicos fundamentales

Al consultar la teoría de Bawa (2009) este autor afirma que: “entre los diferentes procesos de tratamientos térmicos aplicados a los aceros se presentan los siguientes” (p. 409):

#### Recocido

Este tratamiento se aplica a fundiciones, forjas, hojas y alambres trabajados en frío. En este sentido, la operación consiste en calentar el acero a cierta temperatura predeterminada, mantener la temperatura constante por un tiempo suficiente para permitir que ocurran los cambios necesarios y enfriar a una velocidad predeterminada muy baja.

En otras palabras, con los hornos de tratamiento térmico se pueden realizar procesos de temple, revenido, recocido, normalizados, lo que hay que tener en cuenta, es que para cada tipo de tratamiento térmico hay que trabajar con las especificaciones de los materiales y las recomendaciones del fabricante, en este caso del metal al que se le aplicará el tratamiento térmico correspondiente.



Figura 1.28: Horno para Tratamiento Térmico.  
Fuente: Arqhys (2017)

Por otro lado, la operación de recocido se lleva a cabo principalmente para obtener las siguientes propiedades:

- Suavizar los aceros.
- Mejorar la maquinabilidad.
- Liberar esfuerzos internos inducidos por algún tratamiento previo de forja, extrusión, entre otros.
- Reducir el grosor de los granos.
- Producir una estructura completamente estable.
- Refinar la estructura y hacerla homogénea.
- Mejorar las propiedades eléctricas, físicas y magnéticas.
- Producir la estructura deseada.

La operación de recocido se le aplica a los metales cuando se quiere corregir algún defecto que tenga un metal como por ejemplo el acero, el cual se debe calentar hasta la temperatura de austenización y realizar enfriamientos escalonados del material dentro del horno, trabajando siempre con las especificaciones del mismo.

### **Normalizado**

Este proceso se utiliza para refinar la estructura de las fundiciones y forjas de acero, mejorar la maquinabilidad, la resistencia a la tensión y eliminar los esfuerzos causados por el trabajo en frío, como: el rolado, forjado, estirado, martillado, doblado, entre otros. Por otro lado, después del trabajo en frío, el acero se endurece y fragiliza y no es confiable para trabajar en él. También se hace para eliminar dislocaciones provocadas en los componentes de acero durante las operaciones de trabajo en caliente. Las dislocaciones son defectos que se presentan en la estructura cristalina de los aceros.

Desde este punto de vista, el normalizado proporciona una estructura homogénea a los aceros de bajo contenido de carbono y se utiliza sobre todo para mejorar la maquinabilidad de este tipo de acero, relevar los esfuerzos internos y refinar la estructura del grano. También otorga un mayor punto de fluencia y mayor resistencia a la tensión y al impacto. La ductilidad y la maleabilidad de los aceros normalizados es menor que la de los aceros recocidos. Mientras que el punto de fluencia (yield point), es el punto de transición entre los límites elásticos y plásticos de un metal sometido al ensayo de tensión. En este sentido, la resistencia máxima a la tensión es la carga máxima que puede soportar un metal sometido al ensayo de tensión antes de romperse.

Por otra parte, la resistencia al impacto es la tenacidad que presentan los materiales a la rotura cuando son sometidos a una prueba de impacto. En tanto que, la ductilidad es la propiedad que presentan algunos metales y aleaciones cuando, bajo la acción de una fuerza, pueden estirarse sin romperse y finalmente, la maleabilidad es la propiedad que tiene un metal que junto a la ductilidad presentan los cuerpos a ser trabajados por deformación.

### **Endurecido o temple**

El endurecimiento o temple se define como el proceso de tratamiento térmico donde el acero se calienta a una temperatura dentro de, o arriba de su rango crítico, se mantiene en ella por un tiempo considerable para asegurar su penetración completa de la temperatura y después se le permite enfriar mediante enfriamiento rápido en agua, aceite y otro medio utilizado. Si se conoce el porcentaje de carbono en el acero, la temperatura apropiada a la cual debe calentarse un acero, se puede obtener del diagrama de equilibrio hierro-carbono. El rango crítico es el intervalo donde ocurre un cambio de estructura cristalina del metal o aleación sometido a temple.

Al respecto, la dureza del acero depende principalmente de la velocidad de enfriamiento, el contenido de carbono y el tamaño de la pieza de trabajo. Por lo general, el proceso de endurecimiento se lleva a cabo en aceros de alto contenido de carbono, ya que el contenido de este elemento juega un papel importante en el endurecimiento de los aceros. El acero de bajo contenido de carbono no responde a los tratamientos de endurecimiento. Debido a que el contenido de carbono del acero se incrementa hasta aproximadamente 0,6 %, la dureza aumenta con rapidez, después la velocidad de aumento de la dureza disminuye hasta 0,7 % de carbono, y arriba de este porcentaje de carbono es casi constante.

En el mismo orden de ideas, el acero que contiene 0,8 % de carbono adquiere una estructura totalmente martensítica cuando se enfría. La Martensita se obtiene cuando el acero se enfría rápidamente desde el estado austenítico a la temperatura ambiente. Se forma por la operación de endurecimiento del acero. Se puede decir que es una solución sobresaturada de carbono en hierro, o que le da una estructura semejante a agujas, es magnética y quebradiza. Del mismo modo, la austenita es una solución sólida de carbono en hierro, que tiene una estructura cúbica centrada en las caras y es estable por arriba del rango crítico. Consiste en granos poliédricos, es tenaz, no magnética maleable y dúctil.

Por otro lado, cuando a los aceros se le practica un endurecimiento o temple, su estructura cristalina queda sometida a tensiones, las cuales se tienen que eliminar a través

de un revenido. El revenido es un tratamiento térmico que sigue al de endurecimiento o templado del acero, tiene como finalidad reducir las tensiones internas de la pieza sometida al proceso de endurecimiento.

Finalmente, el endurecimiento o temple se efectúa para uno o más de los siguientes propósitos:

- Aumenta la dureza del acero.
- Mejora la resistencia del acero al desgaste.
- Incrementar la dureza de algunas partes de máquinas para mejorar su resistencia a la fluencia para templado posterior.
- Mejora las propiedades magnetizantes para fabricar magnetos permanentes.

## Actividades de autoevaluación

1. Investigar y conceptualizar los siguientes términos
  - a. Acero
  - b. Estructura cristalina
  - c. Módulo de elasticidad
  - d. Enlaces primarios
  - e. Enlaces secundarios
  
2. Realice una investigación sobre los tipos de ensayos aplicados en las industrias del acero en Venezuela y elabore una síntesis sobre ello.
  
3. Realizar ensayos de tratamientos térmicos como: temple, revenido, recocido y normalizado de un acero ordinario y elaborar un informe sobre los cambios de estructura y propiedades mecánicas en los mismos.
  
4. Explique la diferencia más resaltante que existe entre el normalizado y el recocido de un acero.
  
5. Relacione las afirmaciones de la columna izquierda con su correspondiente pareja de la columna derecha, tomando en cuenta el contenido correspondiente al Tema 1 y 2 de la presente unidad.
 

1. Es un sólido conductor de la electricidad y que posee un enlace metálico característico.	a. Ensayos no destructivos
2. Combinación de materiales individuales como un metal, cerámicos, vidrio y polímeros.	b. Ensayos ultrasónicos
3. Son métodos usados en control de calidad los cuales se aplican a los materiales para evaluar sus romper la pieza sometida al ensayo.	c. Propiedad
4. los defectos son detectados utilizando ondas acústicas propiedades sin de alta frecuencia.	d. Metal.
5. Son las características originales que presentan los materiales.	e. Materiales compuestos
  
6. Elabore un cuadro entre los tipos de ensayos destructivos y los no destructivos.
  
7. Elabore una lista con los tipos de tratamientos térmicos más utilizados en la industria metalmeccánica, señalando las ventajas que ellos aportan a la industria.

# Capítulo 2

## Fundamentos básicos de manufactura

### 2.1. Formas de manufactura

Borisov (2015) sostiene que: “la manufactura surgió a finales del siglo XVI y predomina en ella hasta el último tercio del siglo XVIII. Lo característico de la primera forma de manufactura, es que los trabajadores, que trabajaban en sus casas, eran explotados por el capital comercial”.

Por otro lado, la fase siguiente de la producción manufacturera es la manufactura centralizada; con ella los obreros asalariados explotados por el capital se concentran en un lugar. La manufactura surge por dos caminos: 1) en el taller donde están concentrados obreros de especialidades diferentes, los cuales ejecutan hasta el fin todo el proceso de producción necesario para crear un determinado producto y 2) en el taller donde se concentran artesanos de la misma especialidad. La labor homogénea se descompone en diversas operaciones que se convierten en función especial de cada obrero por separado.

La manufactura capitalista creó las premisas para la gran producción industrial, construyó posteriormente la división del trabajo, simplificó en gran manera muchas operaciones laborales, perfeccionó los instrumentos de trabajo y preparó obreros especialistas para pasar a la producción maquinizada.

Según Rosario (2014) la manufactura: es ante todo la forma de transformar en el mundo toda la materia prima que encontramos por extensos rumbos, sean estos procesos de unión, fundición, remoción de material, deformación de metal, verificando en cada etapa de producción los resultados con los procesos de inspección.

Asimismo, el Diccionario de la Lengua Española (2016) define la manufactura como: “el establecimiento o fábrica donde se llevan a cabo los procesos industriales para transformar la materia prima en productos”.

Al discernir sobre este aspecto, podemos inferir que la manufactura es el conjunto de actividades que son necesarias para modificar las características de las materias primas.

Por ejemplo, cuando una materia prima en bruto como el acero entra al proceso de producción de una fábrica (tornos), pasa por una serie de operaciones y es transformado en un producto de acuerdo a las dimensiones indicadas en un plano de fabricación.

### 2.1.1. Manufactura tecnológica

Tecnológicamente, según Pineda (2014) la manufactura es el uso de procesos físicos y químicos que alteran la geometría, las propiedades, o la apariencia de un material con la finalidad de elaborar partes o productos necesarios en las diversas actividades realizadas por el hombre.

En este sentido, como ejemplo tenemos, cuando se usan tornos de control numérico para la fabricación de grandes cantidades de piezas. Un torno de control numérico es un equipo de tecnología avanzada donde los movimientos que realiza son automatizados y requiere de personal especializado para su operación.



Figura 2.1: Empresa de Manufactura. Torno de Control Numérico.  
Fuente: FAMA (2016)

Asimismo, Pineda (2014) expone: que tecnológicamente, la manufactura es la aplicación de procesos tanto químicos como físicos que cambian las propiedades o el aspecto de un determinado material para elaborar partes o productos terminados en los cuales se involucran una combinación de máquinas, herramientas, energía y trabajo.

Desde esta visión tecnológica, podemos decir que la manufactura es el uso de máquinas de tecnología avanzada que requieren ser operadas por un personal especializado para fabricar piezas y productos. Es decir, el conjunto de conocimientos aplicados y procedimientos de la ciencia con intenciones prácticas como el de la manufactura, con la finalidad de alcanzar, producir y distribuir un bien o servicio.

### 2.1.2. Manufactura económica

En este sentido, Groover (2009) plantea que: “económicamente, la manufactura es la transformación de materiales en artículos de mayor valor, a través de una o más operaciones o procesos de ensamble” (p. 3). Por ejemplo, cuando se diseña un sujetapapeles, este debe llenar el requerimiento funcional básico: Sujetar juntas de papel, con suficiente fuerza para evitar que se desprenda. Debe diseñarse apropiadamente en cuanto a forma y tamaño. El proceso de diseño se basa parcialmente en el conocimiento de la resistencia de los materiales y la mecánica de los sólidos.

El material seleccionado para fabricar el sujetapapeles debe tener cierta rigidez y resistencia para que éste pueda ejercer suficiente presión sobre las hojas de papel. Si por otra parte, la rigidez es demasiado baja, el sujetapapeles no ejercerá suficiente presión sobre las hojas de papel. Y lo que es más, si el esfuerzo a la cadencia del material es demasiado bajo, durante el uso normal el sujetapapeles se doblará de manera permanente y será difícil volverlo a utilizar.

Por otro lado, Kalpakjian y S. (2009) señala que: “la manufactura es la columna vertebral de cualquier nación industrializada. Su importancia queda enfatizada por el hecho que, como una actividad económica, comprende aproximadamente de 20 a 30 por ciento del valor de todos los bienes y servicios producidos” (p. 2).

En virtud de lo expuesto por los autores citados, podemos enfatizar que la manufactura económica es un conjunto de operaciones que se dan dentro del proceso de fabricación de una empresa, y a través del cual debe pasar una materia prima, sea ésta: metal, plástico o madera; hasta darle la forma final así como se observa en la figura 2.2, donde se presentan varios engranajes producto de los procesos de manufactura, los cuales pueden ser elaborados a mano por una persona, como por ejemplo, el trabajo realizado por los artesanos o en una industria mediante la utilización de máquina.



Figura 2.2: Manufactura Económica.

Fuente: Introducción y Panorama de la Manufactura (2016)

## 2.2. Tipos de industrias manufactureras

Uno de los factores más importantes para la economía de un país es la capacidad de producción que éste pueda desarrollar; en tal sentido, las industrias y en especial las industrias manufactureras, contribuyen a satisfacer las necesidades y requerimientos de la sociedad; es necesario resaltar que, éstas involucran todas aquellas actividades que tienen como objetivo transformar una gran diversidad de materias primas en diferentes artículos destinados al consumo de la población.

Al respecto, Groover (2009) establece que: “son empresas y organizaciones que abastecen bienes y servicios, las cuales pueden clasificarse como primarias, secundarias o

terciarias” (p. 5).

Cabe destacar que, Rosario (2014) las define como: “compañías o sociedades que elaboran productos y asistencias; éstas se pueden clasificar como industrias primarias, secundarias y terciarias”.

Desde este punto de discusión, se infiere entonces que las industrias manufactureras son organizaciones que realizan actividades que convierten una gran variedad de materiales en diferentes artículos para el consumo. Por otra parte, están constituidas por empresas muy pequeñas como tortillerías (empresas que fabrican tortas), panificaciones (panaderías), molinos, entre otras, hasta conformar grandes conglomerados como ensambladoras de automóviles, embotelladoras de refrescos, embaladoras de alimentos, industrias de juguetes, farmacias, entre otros.

Por otro lado, las industrias manufactureras suelen dividirse según las actividades realizadas; es por ello que a continuación se mencionan los tres tipos de industrias más importantes en el ámbito económico:

### 2.2.1. Industrias primarias

Las industrias primarias, también conocidas como sector primario de la producción, están caracterizadas porque el tipo de actividad realizada se centra en obtener directamente de la naturaleza la materia prima que se transformará en producto final; en otras palabras, son las actividades destinadas a la explotación directa de los recursos naturales.

En relación a este tipo de industrias, Thompson (2014) afirma que: Son llamadas también primarias, ya que el elemento básico de la actividad se obtiene directamente de la naturaleza como son: la agricultura, la forestal, ganadería, caza, pesca, agua, minerales, energía, entre otros, tal es el caso de la industria petrolera. Ejemplo de ello, se presenta en la imagen 2.3, donde se puede observar una plataforma para la extracción de petróleo.



Figura 2.3: Industria Primaria.  
Fuente: Venezuela agropecuaria (2012)

De igual manera, Hinestroza (2014), señala que: “las empresas primarias son aquellas que explotan los recursos naturales renovables como los no renovables, dentro de este tipo de empresas tenemos las extractivas, mineras, pesqueras y agropecuarias”.

Se deduce, que estas empresas se denominan primarias debido a que se dedican exclusivamente a la explotación de la materia prima, elemento esencial en todo proceso de fabricación. Como ejemplo podemos citar, la extracción del petróleo de nuestro subsuelo, la minería, la pesca, la agricultura, la ganadería, entre otros.

### 2.2.2. Industrias secundarias

Estas industrias también denominadas de manufactura, son las encargadas de procesar las materias primas y transformarlas en productos finales, para tal fin, éstas se encuentran constituidas por un gran número de empresas de diversos tamaños, las cuales se clasifican de acuerdo con el tipo de materia prima que utilizan, es por ello que este sector de la producción se localizan desde pequeños talleres dedicados a actividades artesanales hasta empresas dueñas de una gran tecnología, así el interés de estas industrias es generar una gran variedad de productos con un alto valor agregado.

Estas empresas de acuerdo con Groover (2009): “Adquieren los productos de las industrias primarias y los convierten en bienes de consumo o de capital. La actividad principal de las industrias en esta categoría es la manufactura, incluyendo también la construcción y las instalaciones para la producción de energía” (p. 6).

En este sentido, Thompson (2014) opina que: “dentro de las empresas se realizan procesos de transformación de la materia prima, abarcando actividades tan diversas como la construcción, la óptica, la maderera, la textil, entre otros...”

Desde esta visión, las industrias secundarias son aquellas que tienen como objetivo convertir la materia prima en productos terminados a través de una serie de procedimientos que se dan en el proceso de fabricación de una empresa. Entre este tipo de empresa tenemos: la refinación del petróleo, la elaboración de los materiales para la construcción, el procesamiento de los alimentos, las instalaciones de generación de energías, los productos farmacéuticos, las industrias de ensamblaje de automóviles, entre otros.



Figura 2.4: Industria Secundaria.  
Fuente: Economía (2017)

### 2.2.3. Industrias terciarias

En el marco de la producción, las industrias terciarias se catalogan como aquellas destinadas a ofrecer a la población una serie de servicios que permiten satisfacer de manera inmediata sus necesidades, por tanto, éstas engloban todo lo correspondiente al comercio, el transporte, la administración pública, entre otros.

Dentro de este contexto, Groover (2009) considera que: “las industrias terciarias constituyen el sector de servicios de la economía, entre los cuales tenemos: banca, comunicaciones, educación, entretenimiento, servicios financieros, salud, hotelería, entre otros” (p. 6). Del mismo modo, Larrondo (2007) considera que: “estas empresas son aquellas que realizan una actividad comercial, productiva y prestadora de servicios con fines de lucro”.

Resulta evidente entonces que, las empresas terciarias incluyen como elemento principal la capacidad humana, con la finalidad de realizar trabajos intelectuales para prestar así una asistencia especializada a sus clientes, dentro de este sector tenemos: la banca, las comunicaciones, la educación, reparación y mantenimiento, transporte, turismo, asesorías, restaurantes, salud y servicios médicos, bienes raíces, entre otros.



Figura 2.5: Industria Terciaria.  
Fuente: Montenegro (2017)

## 2.3. Desarrollo histórico de la manufactura

La manufactura es una actividad humana que se difunde en todas las fases de nuestra vida. En este sentido, Schey (2010) señala que: “los productos de la manufactura los encontramos en todas partes. Todo lo que vestimos, donde vivimos, en lo que viajamos, incluso la mayor parte de nuestros alimentos, ha pasado a través de un proceso de manufactura” (p. 3). La palabra manufactura se deriva del latín (manus: mano, factus: hecho) y en los diccionarios se define como la fabricación de bienes y artículos a mano o especialmente por maquinaria.

Al respecto, Kalpakjian y S. (2009) considera que: “los primeros materiales utilizados por la manufactura de utensilios domésticos y objetos ornamentales incluían metales

como el oro, el cobre, el hierro, seguidos por la plata, el plomo, el estaño, el bronce y el latón. La producción de acero para los años 600 – 800 después de Cristo, fue un desarrollo importante. Desde entonces, se han desarrollado una amplia variedad de metales ferrosos y no ferrosos” (p. 5). Los materiales utilizados en productos avanzados como computadoras y aeronaves supersónicas tienen materiales de ingeniería o hechos a la medida con propiedades únicas como cerámicas, plásticos reforzados, materiales compuestos y metales de aleación especial.

La Revolución Industrial se inició en Inglaterra en los años de 1750, en esa época, los artículos habían sido producidos en lotes, apoyándose mucho en la mano de obra en todos los aspectos de la producción. La mecanización moderna se inició en Inglaterra y en Europa con el desarrollo de la maquinaria textil y de las máquinas herramientas para el corte de metales. Esta tecnología fue trasladada rápidamente a Estados Unidos, donde fue desarrollada aún más, incluyendo adelantos importantes en el diseño, manufactura y uso de piezas intercambiables.

### 2.3.1. Evolución de la manufactura

La historia de la manufactura está sellada por mejoras graduales como el cambio de una economía basada en la agricultura y la artesanía a otra apoyada en la industria, pero los efectos de esta transformación económica originaron consecuencias sociales, que se tradujeron en una abundancia de bienes materiales para las minorías, dueños de las industrias y el capital, así como miseria para las mayorías, poseedoras de su fuerza de trabajo. Sin embargo, la aparición de nuevas actividades económicas condujo a una mejora en cierta forma, la calidad de vida de los trabajadores, es por ello que tales cambios han sido considerados a través de los años revolucionarias.

Según Schey (2010): “la manufactura se ha practicado durante miles de años, comenzando con la producción de artículos de piedras, cerámica y metal. Cabe destacar que los romanos ya tenían fábricas para la producción en masa de artículos de vidrio, así como en otras actividades, incluyendo la minería, la metalurgia y la industria textil, empleándose en ellas desde hacía ya mucho tiempo el principio de la división del trabajo” (p. 3).

Por siglos gran parte de la manufactura permaneció como una actividad esencialmente individual, practicada por artesanos y sus aprendices. El ingenio de generaciones sucesivas de artesanos condujo al desarrollo de muchos procesos y a una gran variedad de productos, pero la escala de producción estaba necesariamente limitada por la potencia disponible. La energía utilizada en ese entonces era la fuerza física del hombre; por ello se hizo necesario emplear nuevas formas de energía, es así como la potencia del agua sustituyó a la muscular durante la Edad Media, pero sólo hasta el punto permitido por la disponibilidad de agua en movimiento; ello limitó la localización de las industrias y la tasa de crecimiento de la producción industrial.

Dentro de este contexto, Groover (2009) señala que: “la historia de la manufactura puede dividirse en dos fases: El descubrimiento e invención de los materiales para producir bienes, en segundo lugar el desarrollo de los sistemas de manufactura; aunque los materiales y procedimientos para la producción anteceden a la manufactura por varios milenios, los métodos como la fundición, el martillado (forja) y la molienda se remontan

a más de 6000 mil años a. C., mientras que la incipiente manufactura de armas e implementos se practicaba más como una artesanía que bajo el concepto de manufactura que se conoce hoy en día” (p. 4).

Los antiguos romanos tenían lo que podríamos llamar fábricas para producir armas, alfarerías, objetos de vidrio y otros artículos de la época, pero los procedimientos utilizados se basaban principalmente en la habilidad manual, por consiguiente, es importante destacar que los sistemas de manufactura se refieren a la forma de organizar personas y equipos (maquinaria) para que la producción pueda llevarse a cabo con mayor eficiencia y efectividad.

### 2.3.2. La primera revolución industrial y su influencia en los primeros procesos de manufactura.

Según Schey (2010): “esta tuvo lugar al final del siglo XVIII. Empieza con el desarrollo de la máquina de vapor, lo cual hizo posible disponer de potencia en grandes cantidades, situación que agilizó los avances de los procesos de manufactura, facilitando el crecimiento de la producción y proporcionando una abundancia de bienes, esto trajo una profunda transformación en la sociedad de la época. Este hecho se ha conocido a través de la historia como la Revolución Industrial, la cual se caracterizó porque la potencia mecánica reemplazó el trabajo físico del trabajador” (p. 4).



Figura 2.6: Primera Revolución Industrial.  
Fuente: MaryTT25 (2017)

Es importante destacar que hacia mediados del siglo XIX, en las incipientes fábricas de la época algunas funciones del trabajador se reemplazaron por máquinas, en los cuales los componentes mecánicos, tales como levas y palancas, estaban ingeniosamente configurados para realizar tareas simples y repetitivas, a este respecto, refiere el mencionado autor que tal mecanización o “automatización dura”, eliminó algunos empleos, pero los trabajadores desplazados de esta forma, junto con aquellos que no eran estratégicos para la agricultura, generalmente encontraron trabajos en la creciente área de la manufactura y en otros sectores de la economía.

A principios del siglo XX, el desarrollo se impulsó aún más por la introducción de la potencia eléctrica: las máquinas ahora podían ser accionadas individualmente y los controles con base en circuitos eléctricos permitieron un alto grado de complejidad.

Un ideal de la máquina eléctrica, es el caso cuando se pone en movimiento un anillo inducido de una máquina electrodinámica grama la cual permite transformar la energía mecánica en energía eléctrica, dicho proceso puede ser reversible; está provista de un colector, se implanta el circuito, y se establece inmediatamente la corriente eléctrica, cuya intensidad y tensión solo dependen de la potencia de la máquina y de la velocidad con que se la hace girar.



Figura 2.7: Máquina de Corriente Continua.  
Fuente: Tuveras (2017)

Al respecto Groover (2009) precisa que: “la primera revolución industrial tuvo un impacto importante sobre la producción en varios sentidos: Marco el cambio en una economía basada en la agricultura y las artesanías a otra apoyada en la industria y la manufactura. El cambio se inició en Inglaterra donde tuvo lugar la invención de una serie de máquinas que reemplazaron la fuerza del agua, del viento y de los animales de tiro por la fuerza de vapor. Estos adelantos dieron a la industria británica ventajas importantes sobre otras naciones” (p. 4).

La revolución industrial se extiende eventualmente a otros países europeos y a Estados Unidos. Este hecho histórico contribuyó al desarrollo de la manufactura con las siguientes aportaciones:

1. La máquina de vapor de Watt, una nueva tecnología generadora de la fuerza motriz para la industria.
2. El desarrollo de máquinas herramientas, que se inicia con la máquina de taladrar de John Dickinson alrededor de 1755.
3. La invención de la máquina de hilar, el telar a motor y otros equipos para la industria textil que permitieron aumentos importantes de productividad.
4. El sistema de fabricación, una nueva manera de organizar grandes grupos de trabajadores basados en el principio de la división del trabajo. Bajo este contexto, en Estados Unidos se introducía un nuevo aporte.

La manufactura de partes intercambiables. Todo el crédito de esta idea se le atribuyó a Elí Whitney en el año de 1765. Además, Whitney consiguió un contrato para producir 10.000 mosquetes para el gobierno de Estados Unidos. La manera tradicional de hacer rifles en esa época consistía en fabricar a la medida cada parte del rifle particular, haciéndose el ensamble a mano y el ajuste mediante limado. Cada mosquete era único, y el tiempo para fabricarlo era considerable.

También, Whitney pensó que los componentes podrían hacerse con la precisión suficiente para permitir ensamblar las partes sin necesidad de ajustes. Es así, que después de varios años de desarrollo en su fábrica de Connecticut, viajó a Washington en 1801 para demostrar el principio, colocando ante funcionarios del gobierno, incluyendo a Thomas Jefferson, los componentes para 10 mosquetes, y procedió a seleccionar al azar las partes para armarlos. No requirió ningún limado ni ajuste especial y los mosquetes funcionaron perfectamente.

El secreto de su éxito era el conjunto de máquinas especiales, accesorios y calibradores que había desarrollado en su fábrica. Por otro lado, la manufactura de partes intercambiables requirió muchos años de desarrollo antes de llegar a ser una realidad práctica, sin embargo, revolucionó los métodos de manufactura al grado de convertirse en un prerrequisito para la producción masiva. Debido a que se originó en Estados Unidos, la producción de partes intercambiables fue reconocida como el Sistema Americano de Manufactura.

Se puede decir que los años que van de 1790 a 1860, fueron decisivos para el establecimiento de la manufactura en América. Estos años vieron la creación de industrias textiles, metalúrgicas y del calzado en los Estados Unidos. Durante todo este período la industria se mecanizó cada vez más, se estableció el sistema fabril que fue reemplazado gradualmente a las manufacturas domésticas propias del período colonial. La primera revolución industrial mejoró los sistemas de producción de las empresas, permitiendo un aumento de la producción, lo que condujo a una abundancia de posesión de bienes materiales.

### **2.3.3. La segunda revolución industrial y su influencia en el desarrollo de la industria manufacturera.**

A partir del año 1875 del siglo XIX se produce en Europa un proceso conocido como la segunda Revolución Industrial. Pugna (2010) afirma que fue un período marcado por cambios sociales y económicos, donde se aceleró el proceso industrial y aparece el maquinismo, la gran industria, el aumento de la producción, avances tecnológicos, adelantos científicos y la expansión del mercado mundial del producto, entre otros aspectos culturales.

Asimismo, en la segunda revolución industrial se expande hacia otros países, de donde surgen otras potencias mundiales como Alemania y Estados Unidos. Por otro lado, se promueve la producción sistemática o en serie, lo que acelera los tiempos personales y la producción se hace más competitiva. Además, se produce un aumento del desempleo industrial, pero se impulsan grandes e importantes descubrimientos tales como la invención del telégrafo, el automóvil, el aeroplano, la luz eléctrica y se da la sustitución del

hierro por el acero como nueva fuente de energía.

Igualmente, tras este modelo nació el moderno capitalismo financiero y la nueva organización industrial bajo el modelo de Taylor. Pugna (2010) alega que con el método de Taylor las máquinas aceleraban el ritmo de producción lo que redujo los costos de producción y dejaban sin trabajo a muchos obreros ya que lo que antes hacían diez trabajadores lo podía hacer una máquina, aumentando la productividad.

En este sentido, una de las fábricas que adoptó el sistema Taylorista fue la Ford Motors Company de Ohio. En su fábrica de Detroit se armaron en la cadena de montaje los primeros Ford T. El dueño de la fábrica Henry Ford, incorporó al taylorismo un aspecto social. Ford pensaba que, al pagarles buenos sueldos a los obreros, estos se alejarían de las ideas revolucionarias.

Afirma el mismo autor, que los grandes “motores” de esta revolución fueron los ferrocarriles. La instalación de largas vías férreas proporcionó trabajo a miles de personas, al igual que la construcción de vagones y locomotoras, que además demandaron el aumento de producción de los materiales con los que estaban contruidos. Inglaterra se especializó en esta industria y exportó trenes a todo el mundo, quedando los países compradores ligados a los fabricantes ingleses para la provisión de repuestos y personal técnico.

Del mismo modo, con el aumento de la explotación y la desocupación se da la movilización obrera y las huelgas, que fueron dirigidas por los sindicatos socialistas y anarquistas. En el año de 1875, los socialistas, basados en las ideas de Karl Marx y Federico Engels, proponían el mejoramiento parcial del nivel de vida de los trabajadores a través de la acción partidaria y sindical, hasta llegar a una revolución que permitiría la formación de un estado dirigido por los trabajadores.

Por otra parte, en Chicago, el 1 de mayo de 1886, una huelga fue ferozmente reprimida y varios de sus protagonistas condenados a muerte. La huelga tuvo como objetivo pedir que los obreros no trabajaran más de ocho horas. En 1889, la Segunda Internacional decidió establecer el primero de mayo como una caminata de lucha para inmortalizar la memoria de los trabajadores que murieron peleando por una jornada de ocho horas. En el país la primera conmemoración tuvo lugar el 1 de mayo del año 1890. Hoy, en casi todo el mundo, menos en Estados Unidos, el 1 de mayo se festeja el día del trabajador.

Además de lo anterior, Rosas (2014) afirma que: durante la Segunda Revolución Industrial, aparecen los cárteles y trust, que son las principales formas de asociación de capitales y empresas. Los cárteles son asociaciones entre empresas que fabrican el mismo producto con el fin de igualar el precio de venta en el mercado y eliminar las competencias, mientras que el trust se forma a partir de la fusión de empresas dedicadas a una misma actividad (fusión horizontal) o a un mismo proceso productivo conocido con el nombre de fusión vertical.

Rockefeller, quien nació en Rockford, Estados Unidos en el año de 1839, quien en vida fue el empresario y filántropo estadounidense, quien con el pasar de los años se adueñó por completo del mercado estadounidense del petróleo, quien fundó la Standard Oil Company iniciando su empresa con el 4 % de la producción de petróleo del país y con

el 90% 10 años después.

Se ha observado en este proceso de cambios ocurridos en el ámbito productivo, el empleo de nuevos materiales y nuevas energías lo cual ha provocado una transformación radical en la industria. Del mismo modo, en la industria mecánica el éxito alcanzado con la fabricación de automóviles impulsados por petróleo, orientó la fabricación de un modelo de forma masiva que fuera más accesible a la población, por lo cual surge el popular modelo “T” de Ford que revolucionó la industria del automóvil.

El descubrimiento de la electricidad, que venía gestándose por diferentes investigadores ayudó a que Tomas Édison quién inventó la lámpara incandescente e inventó las primeras bombillas con filamento de carbono en 1879, transformó la forma de vida y de trabajar de la sociedad de la época, y Bel (1876) conseguía transmitir la voz a distancia mediante el teléfono.

En la actualidad se observa el aumento de la expansión capitalista de Estados Unidos, China, Europa y Japón, que explica una gran parte de la historia que aún estamos viviendo la inmensa mayoría de los países de Latinoamérica, África, una gran parte de Asia y Oceanía.



Figura 2.8: Segunda Revolución Industrial.  
Fuente: Cuna del petróleo en Venezuela (2017)

## 2.4. Función económica de manufactura en el desarrollo de una calidad de vida.

En términos del contexto económico, Schey (2010) expone que: “la manufactura ha sido tildada muchas veces como “villana” en el devenir del desarrollo humano. La primera revolución industrial comenzó con poca preocupación por parte de la misma gente que la hizo posible. La fábrica fue la alternativa escogida voluntariamente por las masas, que estaban en busca de una salida de la infelicidad producto de la vida rural cargada de hambres y enfermedades. Por ello se trasladaban hacia las ciudades en busca de trabajo; éstas últimas comenzaron a llenarse de industrias en las cuales la cantidad de puestos de trabajo era menor que la masa de obreros sin empleo, situación que se tradujo en mayores penurias para esta población” (p. 7).

Los estudios demográficos modernos demuestran que la miseria de la vida rural impulsó a la gente a establecerse en las ciudades originando nuevas necesidades y una mayor demanda de productos. Los excesos se han contenido y el crecimiento de la manufactura ha conducido a avances innegables, no sólo al proporcionar una abundancia de posesiones materiales, sino también al crear la base económica para mejoras innegables en la calidad de vida.

No existen medidas universales para expresar la calidad de vida, pero, en ausencia de otra mejor, el producto interno bruto (PIB), es la suma del valor de todos los bienes y servicios que se producen en una economía nacional y puede tomarse como la tasa de bienestar material de una sociedad, incluso muchas veces hasta resulta una medida imperfecta, ya que excluye el valor del trabajo realizado en casa, organizaciones voluntarias, entre otros. De esta forma, se presenta un punto de vista distorsionado a favor de las naciones industrialmente desarrolladas.

Aunado a la situación planteada, Rosas (2014) “afirma que: la primera revolución industrial se definió por un cambio en los instrumentos de trabajo manuales de tipo artesanal por los impulsados por la máquina a vapor, hecho que se tradujo en un constante desplazamiento de población del campo a la ciudad en busca de su incorporación a las nuevas actividades productivas y obtener así mejoras en sus condiciones de vida”.

Si bien es cierto, las máquinas exigían individuos calificados, situación que originó una reducción en el número de personas empleadas debido a la falta de conocimiento en cuanto al manejo de estas, arrojando de manera permanente masas de obreros de un ramo de la producción a otra.

Esta situación obligó a fomentar la especialización del conocimiento de los trabajadores en cuanto al uso de la máquina y su desempeño en el ámbito laboral, de esta forma se mejoró la organización de la producción, el trabajo en las fábricas representó un crecimiento, lo cual facilitó la producción y distribución de los productos terminados generándose así un ensanchamiento de los mercados nacionales y extranjeros y, por tanto, una nueva división internacional del trabajo.

Queda claro que la competencia productiva involucra la necesidad de un desarrollo tanto humano como tecnológico, de manera que se promueva la creación de productos realmente de clase mundial, para alcanzar esa meta es imperativo capacitar a los futuros ingenieros y técnicos de forma que logren un óptimo desempeño en la industria manufacturera, obteniendo como producto final un alto nivel en la calidad de vida de las personas.

Gracias a la manufactura las sociedades adquirieron un nivel de vida y bienestar elevado, puesto que se logró cubrir en cierto grado la mayoría de sus necesidades, asimismo, la riqueza que se generó a partir de la producción industrial y su distribución entre la población propició el crecimiento de otros sectores de la economía, lo cual condujo al aumento del ingreso per-cápita y a la diversificación del consumo, y, por ende, del mercado.



Figura 2.9: Producción de las Fábricas.  
Fuente: Diario de Navarra (2017)

## 2.5. Importancia de la manufactura en la economía actual

Atendiendo a las exigencias del proceso económico, Groover (2009) señala que: “la manufactura es una actividad importante desde el punto de vista tecnológico, económico e histórico. En el caso de la tecnología, la aplicación de la manufactura ha proporcionado a la sociedad y a sus miembros diversidad de bienes que son necesarios o deseados. Existen muchos ejemplos de tecnologías que afectan directamente o indirectamente nuestra vida diaria. Así tenemos el caso del teléfono celular, lentes de contacto, calculadora electrónica manual, robot industrial, circuito integrado, televisor a color de pantalla grande, computadora personal, entre otros; que son el resultado de la conjugación de las actividades de manufactura con las diversas tecnologías que ayudan a nuestra sociedad y a sus miembros a vivir mejor” (p. 6).

Económicamente la manufactura es un instrumento importante que permite a una nación crear riqueza material. Por ejemplo, las industrias manufactureras representan cerca del 20% del producto interno bruto, los recursos naturales de un país, tales como tierras de cultivo, depósitos de minerales y reservas de petróleo también crean riquezas. La agricultura, minería e industrias similares representan en Estados Unidos menos del 5%. Y el resto construcción y obras públicas constituyen algo más del 5%. Y el resto son industrias de servicios que incluyen comercio al menudeo, transporte, banca, comunicaciones, educación y gobierno y el sector de los servicios representa el 10% del producto nacional bruto de Estados Unidos.

En el desarrollo de las civilizaciones; las culturas humanas que han sabido hacer mejor las cosas a lo largo de la historia, han sido las más exitosas, haciendo mejores herramientas, se perfeccionan las artesanías y las armas; la artesanía les permitió un mejor nivel de vida, las armas les permitieron conquistar a las culturas vecinas en tiempos de conflictos. Una de las grandes ventajas del Norte sobre el Sur en la guerra civil estadounidense, fue su fortaleza industrial y su habilidad para la fabricación. En la segunda guerra mundial

Estados Unidos sobrepasó a Alemania y Japón en producción, lo cual fue una ventaja decisiva para ganar la guerra.

La manufactura es importante porque a través de ella el hombre puede mejorar los sistemas de producción, los cuales aumentan cada año en función de los requerimientos de la población, circunstancias que conducen a las industrias a transformar la materia prima para darle un uso práctico en la sociedad y así disfrutar la vida con mayor agrado.

En este sentido, refiere Escalona (2014) que: el desarrollo de nuevos materiales y su aplicación en los procesos hacen que éstos sean cada vez más complejos, naciendo así la necesidad de conocer su diversidad y aquellos que son requeridos al momento de elaborar los materiales, lo cual es de vital importancia para el fomento de la industria.

Se plantea que todos los productos que consumimos, donde viajamos, donde descansamos, entre otros, forman parte de nuestra cotidianidad, sin ellos no podemos disponer de una buena calidad de vida, de ahí la importancia de la manufactura para nuestra supervivencia y para el crecimiento económico de las sociedades contemporáneas.

El comportamiento del sector manufacturero ha sido y será estratégico para la economía de los pueblos, pues este tipo de actividad es un medio factible para la generación de riqueza, contribuyendo al mejoramiento de la gestión y efectividad de la producción, lo cual se traduce en una mejora de la calidad de vida, seguridad de empleo y finalmente, el enriquecimiento y potenciación de todos los factores económicos de cualquier sociedad.



Figura 2.10: La industria Manufacturera  
Fuente: El Gran Canal a China (2014)

## 2.6. Tipo de personal utilizado para el proceso de manufactura

En correspondencias con las exigencias del proceso de manufactura, Pirela (2014) señala que: “se necesitan varias clases de trabajadores en cualquier operación a realizar, algunos trabajan directamente con el producto, otros intervienen sólo indirectamente en su elaboración, en tanto que el resto se encuentra más relacionado con la organización

que produce los artículos; entre los trabajadores que tienen relación directa con el producto se incluyen: a) el diseñador, que es un ingeniero, b) los ingenieros responsables de escoger los procesos de manufactura, c) los ingenieros que establecen el control de la operación, d) los técnicos superiores universitarios supervisores de la manufactura, e) el técnico medio que son los operadores de máquinas y equipos que realizan el trabajo real de convertir la materia prima en objetos útiles” (p. 40).

Cada uno de ellos, para que funcione efectivamente el proceso de manufactura, deben tener diferentes grados de conocimientos y competencias relacionados con los requisitos del producto, las propiedades del material y las limitaciones del equipo.

A este respecto, Dessler (2006) afirma que: “el desarrollo gerencial de las personas es cualquier intento de mejorar el desempeño actual o futuro de los gerentes mediante la difusión de conocimientos, el cambio de actitudes o el mejoramiento de las habilidades, es por ello que el autor lo concibe como experiencias de aprendizaje proporcionadas por una organización con el propósito de mejorar las habilidades y el conocimiento requerido en posiciones actuales y futuras” (p. 235).

Es fundamental señalar que en el área de la ingeniería es indispensable que el ingeniero industrial tenga conocimientos amplios en los procesos de manufactura no exclusivamente teóricos, también debe poseer nociones científicas, técnicas, administrativas y prácticas, porque es uno de los elementos con los que se enfrentará en su futuro profesional debido a la interrelación que tiene con las demás áreas de las empresas productoras de bienes ya que en el departamento de producción es donde se genera la utilidad y por eso la calidad en el desempeño de su trabajo es muy importante.

## Actividades de autoevaluación

1. Tomando como base los fundamentos teóricos correspondientes a los puntos 1 y 2 en la presente unidad, señale con una (V) si es verdadero o con una (F) si es falso, las siguientes afirmaciones:

- a. La manufactura es el conjunto de actividades que son necesarias para modificar las características de las materias primas. ( )
- b. La manufactura tecnológica es la transformación de material en artículos de mayor valor, a través de una o más operaciones o procesos de ensamble. ( )
- c. Las empresas primarias son llamadas también extractivo, ya que el elemento básico de la actividad no se obtiene directamente de la naturaleza. ( )
- d. Las empresas secundarias transforman la materia prima en productos acabados, estos productos son tangibles y manufacturados. ( )
- e. Las empresas terciarias son aquellas que realizan una actividad comercial, productiva y prestadora de servicios con fines de lucro. ( )

2. A continuación responda cada uno de los siguientes enunciados escogiendo y señalando con un círculo la letra que corresponda a la respuesta correcta:

- La evolución de los procesos de manufactura se identificó por:
  - a. Por presentar mejoras graduales en la calidad de vida.
  - b. El descubrimiento de la máquina eléctrica.
  - c. La inexistencia de consecuencias sociales.
  - d. Todas las anteriores.
- La primera revolución industrial se caracterizó por:
  - a. Comenzar en la segunda mitad del siglo XIX.
  - b. Legitimó la expansión de los ferrocarriles.
  - c. Se inicia con el desarrollo de la máquina a vapor.
  - d. Todas las anteriores.
- La segunda revolución industrial se identifica con:
  - a. La falta de capitales para la expansión de los ferrocarriles y los buques de vapor.
  - b. A finales del siglo XVII se desarrolló en Estados Unidos el movimiento de la administración científica.
  - c. En el año de 1881 se empiezan a utilizar en Nueva York los motores eléctricos como fuente de poder para operar las máquinas en las fábricas.
  - d. Todas las anteriores.

3. Tomando como base los planteamientos teóricos de los puntos 4, 5 y 6 de esta unidad, complete las siguientes afirmaciones.

- a. La fábrica fue la alternativa escogida voluntariamente ..... que estaban en busca de ..... de la desdicha de la vida rural cargada de .....
- b. La ..... se definió por un cambio en los movimientos de trabajo manuales de ..... por los impulsados por la .....
- c. La manufactura es ..... porque a través de ella el hombre puede mejorar los ..... los cuales aumentan cada año en función de sus requerimientos, circunstancias que lo llevan a transformar ..... para darle un uso más práctico en la sociedad y así disfrutar la vida con mayor agrado.
- d. Entre ..... que tienen relación directa con el producto se incluyen, el diseñador, los responsables de escoger los procesos, los que establecen ..... aquellos que supervisan la manufactura, y por último, los operadores de máquinas y equipos que realizan el trabajo real de convertir ..... en objetos útiles.

4. Mencione la importancia que tiene el conocer los procesos de manufactura para la formación profesional de un Ingeniero Industrial.

5. Relacione las afirmaciones de la columna izquierda con su correspondiente pareja de la columna derecha, tomando en cuenta el contenido correspondiente al Tema 1 y 2 de la presente unidad.

- |  |                            |
|--|----------------------------|
| 1. Es el proceso de aplicación de procesos químicos y físicos cuyo fin es alterar la geometría de los materiales.                              | a. Manufactura económica   |
| 2. Es el proceso de transformación de materiales en artículos de mayor valor, a través de varias operaciones.                                  | b. Manufactura tecnológica |
| 3. Son las encargadas de la explotación de los recursos naturales.   | c. Industrias terciarias   |
| 4. Su objetivo es transformar la materia prima en productos en bienes de consumo y de capital con el fin de satisfacer la demanda del mercado. | d. Industrias secundarias. |
| 5. Son aquellas referidas al sector de servicios de la economía, prestando servicios especializados al cliente.                                | e. Industrias primarias.   |

6. Elabore un cuadro comparativo de los hechos industriales originados en la primera y segunda revolución industrial.

7. Realice un esquema donde se observe la jerarquía del personal utilizado en los procesos de manufactura, señalando sus principales funciones.

# Capítulo 3

## Procesos de cambio de forma

La deformación es únicamente uno de los diversos procesos que pueden usarse para obtener formas intermedias o finales en el metal. Asimismo, el estudio de la plasticidad está relacionado entre el flujo de metal y el esfuerzo aplicado. Así puede establecerse que las formas más requeridas pueden realizarse por la aplicación de fuerzas calculadas en orientaciones definidas y a velocidades registradas.

En este sentido, el formado de metales encierra diversos procesos de manufactura, en los cuales se usan la deformación plástica para cambiar la forma de las piezas metálicas. Igualmente, la deformación resulta del uso de un utensilio que frecuentemente es un dado para formar metales, el cual aplica energías que exceden la resistencia a la fluencia del metal. De este modo, el metal se modifica para tomar la forma que establece la geometría del dado.

Adicionalmente, se aplica el esfuerzo de compresión para cambiar plásticamente el metal. Sin embargo, ciertos procesos de formados extienden el metal, mientras que otros lo doblan y otros más lo cortan. De este modo, para formar un metal, éste debe poseer ciertas propiedades. Las propiedades favorables para el formado de metales son una baja resistencia a la fluencia y alta ductilidad, las cuales son afectadas cuando el metal es sometido a un calentamiento. De esta manera, la ductilidad se incrementa y la resistencia a la fluencia se reduce.

### 3.1. Proceso de fundición

La fundición en arena es uno de los procesos más frecuente, por ser ésta un material refractario muy abundante en la naturaleza y que, combinada con arcilla, adquiere cohesión y moldeabilidad sin perder la permeabilidad que posibilita evacuar los gases del molde al tiempo que se vierte el metal fundido; permitiendo así, obtener su forma definitiva por colada, aprobando la manufactura de piezas de grandes dimensiones. Son más económicas que los aceros y de fabricación más sencilla, por emplearse instalaciones menos costosas y realizarse la fundición a temperaturas más bajas, además son posibles de mecanizar con mayor facilidad que el acero.

En ese sentido, Groover (2009) afirma que: “el proceso de fundición empieza con el

molde. El molde contiene una cavidad cuya forma geométrica determina la forma de la parte a fundir, en lo que respecta a la cavidad, ésta debe diseñarse de forma y tamaño ligeramente sobredimensionado, lo cual permitirá la contracción del metal durante la solidificación y el enfriamiento. Argumenta el autor citado, que cada metal sufre diferente porcentaje de contracción, por lo tanto, si la precisión dimensional es crítica, la cavidad debe diseñarse para el metal particular que se va a fundir. Los moldes se hacen de varios materiales que incluyen arena, yeso, cerámica y metal” (p. 242).

El molde es una cavidad previamente elaborada en la cual se vierte el metal fundido y así, al solidificarse, produce una forma determinada de la pieza que se obtendrá por fundición. De allí que, podemos afirmar que, la contracción es cuando el metal líquido penetra en el molde y comienza a enfriarse solidificándose, debido a que el aumento de temperatura dilata los cuerpos, el enfriamiento los contrae. Por lo tanto, el metal al reproducir la forma del molde tendrá una dimensión menor.

Por otro lado, Kalpakjian y S. (2009) establece que: “en el proceso de fundición básicamente se trata de a) vaciar el metal fundido en un molde construido siguiendo la forma de la pieza a manufacturarse, b) dejar que se enfríe y c) extraer el metal del molde. Al igual que en todos los demás procesos de manufactura, es esencial comprender los fundamentos, tanto para la producción de fundiciones de buena calidad y económicos, como para establecer las técnicas adecuadas para el diseño del molde y la práctica de la fundición” (p. 241).

Una fundición es un proceso de fabricación de piezas frecuentemente metálicas y plásticas, en el que los materiales se funden y se introducen en una cavidad llamada molde, donde se solidifican para romper después el molde y remover así la fundición. Posteriormente, la fundición pasa por un proceso de limpieza e inspección. Por ejemplo, mediante el proceso de fundiciones manufacturan muchas piezas y componentes, entre los que podemos incluir: cámaras, carburadores, motores, cigüeñales, partes automotrices, equipo agrícola y para ferrocarriles, tubería y acoplamientos de plomería, herramientas eléctricas, cañones de rifle, componentes de gran tamaño para tuberías hidráulicas, entre otros.



Figura 3.1: Proceso de Fundición.  
Fuente: El Gran Canal a China (2014)

Hoy día existen dos tendencias, las cuales están teniendo un impacto de importancia en la industria de la fundición. La primera es la constante mecanización y automatización del proceso de fundición, que ha conducido a cambios significativos en el uso del equipo y de la mano de obra. De esta forma, maquinaria y sistemas de control de procesos automáticos han reemplazado los métodos tradicionales de fundición. Asimismo, la segunda tendencia de importancia es la creciente demanda de piezas fundidas de alta calidad, con tolerancias dimensionales cerradas y sin defectos.

### 3.1.1. Clasificación de las fundiciones

Al respecto, Schey (2010) “establece que: entre los diferentes tipos de fundiciones se presentan las siguientes” (p. 201):

#### Hierros fundidos blancos

Los hierros fundidos blancos contienen más de 2% de carbono. La forma en la que el carbono solidifica depende de las velocidades de enfriamiento, así como la composición. De este modo, el control se ejerce principalmente por medio del contenido total de carbono y silicio, también de fósforo y su efecto combinado puede ser expresado por el equivalente de carbono (C.E):

$$\text{C.E. (\%)} = \text{C \%} + \text{Si \%} + \text{P \%} / 3$$

Cuando el equivalente de carbono es  $\geq 3$  y con enfriamiento rápido (cuando el espesor de la sección es menor de milímetros en fundición de arena) toda la sección transversal se solidifica con una microestructura blanca, es decir, con todo el carbono en forma de cementita ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ); incluso se debe mantener un equivalente de carbono, menor para paredes más gruesas.

El cementita primario es, lo que hace a estos hierros blancos duros y frágiles, de aquí que su uso se limite a partes resistentes al desgaste, tales como bolas de molienda, recubrimientos para molinos de trituración en menas, y en algunas partes de maquinaria agrícola. El cementita es el carbono de hierro ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ) que contiene 6,67% de carbono, es quebradizo y muestra micro constituyente blancos brillantes cuando se observa con un microscopio.

#### Hierro maleable

El carburo de hierro ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ) componente del hierro blanco se puede convertir en grafito estable mediante tratamiento térmico de recocido, en el que el cementita se descompone en grafito (carbono templado) y ferrita. De la misma forma, el carbono aparece en la forma de agregados irregulares embebidos en una matriz ferrita; de esta forma, la resistencia y la ductilidad son similares a la del acero, pero con un punto de fusión menor y mayor fluidez con el objetivo de lograr una mejor fundición.

Debido a que la fundición debe ser blanca al inicio, sólo se pueden fundir productos de pared delgada (máximo 40 milímetros). De esta manera, el reemplazo por el hierro nodular ha reducido en el mercado el uso de componentes eléctricos pequeños y accesorios generales. Finalmente, la presencia de grafitos imparte buena maquinabilidad, el grafito es carbono combinado en forma de esfera que está presente en la estructura cristalina de las fundiciones.

## Hierro gris

El hierro gris posee un carbón equivalente (C.E) relativamente elevado y su velocidad de enfriamiento es lenta, asimismo, el hierro se solidifica en forma estable, mientras que el carbono se separa en forma de escama de grafito (grafito en forma de lámina), de esta manera se hace la fractura de superficie de color gris opaco, de allí el nombre de hierro gris. En esta dirección, la formación del grafito equilibra gran parte de la contracción por solidificación, asegurando la solidez y la libertad relativa de la porosidad en este proceso. Las porosidades son defectos que se forman en la superficie de las piezas cuando éstas se solidifican después de la colada en fundición.

La escama de grafito reduce la ductilidad hasta hacerla prácticamente nula. El tamaño, la forma y la distribución de las escamas se puede controlar para dar una resistencia de baja a media; las propiedades siempre son mejores en compresión, porque las escamas de grafito actúan como sitios incipientes de grietas en tensión.

De esta manera, su bajo costo hace del hierro gris la elección preferida en todos los campos donde la ductilidad y la resistencia elevada son necesarias (pesos, marcos, armazones para motores, engranes y bombas; accesorios de tuberías). Igualmente, su capacidad de amortiguamiento elevada es una ventaja para las bases de máquinas herramientas. Finalmente, una fluidez alta y sus buenas propiedades de trivio lógicas lo ha hecho el material tradicional de los bloques de motor para automóviles.

Siguiendo tales criterios, Kalpakjian y S. (2009), “afirma que: las aleaciones ferrosas comúnmente fundidas son” (p. 114):

## Hierro nodular

Este tipo de hierro es utilizado para piezas de maquinaria, tubería y cigüeñales, los hierros nodulares se especifican mediante un juego de dos dígitos. Por ejemplo, la clase o grado 80-55-06 indica que el material tiene una resistencia a la tensión mínima de 89 Psi, una resistencia a la cedencia de 55 Psi y un 6 % de elongación en 2 pulgadas.

Podemos decir que la fundición blanca es dura y frágil, donde su resistencia a la tracción es de 5000 libras por pulgada cuadrada y que en el proceso de recocido se calienta a una temperatura comprendida entre los 840 y 980 °C. Asimismo, la fundición maleable tiene por objeto transformar todo el carbono que en forma combinada contiene la fundición blanca en nódulos irregulares de carbono revenido obtenidos a través de tratamiento térmico. Finalmente, el hierro nodular es una aleación de hierro carbono donde el carbón está presente en la forma de esferas obtenidas directamente desde el proceso de solidificación.

Las aleaciones ferrosas tienen al hierro como su principal metal de aleación. Por otro lado, los aceros que son aleaciones ferrosas son las más importantes, principalmente por su costo relativamente bajo y la variedad de aplicaciones por sus propiedades mecánicas. Las propiedades mecánicas de los aceros al carbono pueden variar considerablemente por trabajo en frío y recocido.

Cuando el contenido de carbono de los aceros se incrementa por encima de 0.3%,

pueden ser tratados térmicamente por temple y revenido para conseguir resistencia con una razonable ductilidad. Los elementos de aleación tales como el níquel, cromo y molibdeno se añaden a los aceros y al carbono para producir aceros de baja aleación. Los aceros de baja aleación presentan una buena combinación de alta resistencia y tenacidad y son de aplicación común en la industria de automóviles para usos como engranajes y ejes.

### 3.1.2. Procesos especiales de fundición

La fundición en arena tiene amplias aplicaciones y más del 70 % de las piezas se producen en moldes permanentes o mediante procesos especiales de fundición. Durante los últimos 50 años, han ocurrido grandes desarrollos en las técnicas de moldeo y de fundición para obtener componentes de formas y diseños complicados. Estos avances han ayudado a incrementar la capacidad de producción y mejorado la calidad de las fundiciones. Estos métodos también han permitido minimizar o eliminar el maquinado, con lo cual se ha logrado mayor precisión dimensional y mejor acabado superficial.

De acuerdo con Bawa (2009) “los tipos de fundiciones especiales son los siguientes” (p. 331):

#### **Fundición en molde permanente**

La fundición en molde permanente se utiliza desde la edad media, cuando se empleaban extensamente molde de hierro para fabricar artículos de “pewter”, como copas, jarras, y otros utensilios. Dichos moldes se utilizan ampliamente para trabajar metales no ferrosos y hierros fundidos. Así tenemos que la principal desventaja del proceso de fundición en molde de arena, es que cada vez que se produce una arena fundición, el molde se destruye. Por otro lado, la de la fundición en un molde metálico, por su parte, es el alto costo y la producción de componentes limitado.

Finalmente, debido a la ventaja anterior, este método se utiliza La fundición en molde permanente posee ventajas sobre las fundiciones en arena, es especial, una mejor estructura de grano. Las partes fundidas en moldes metálicos poseen 20 % más de resistencia a la tensión, así como a la elongación.

Estos métodos tienen una alta capacidad de producción y buen acabado superficial, requieren menor cantidad de maquinado. Extensamente en la manufactura de matrices de forja, pistones de aluminio y cuando se va a producir cantidades mayores de componentes similares. Su costo de fabricación es muy elevado.

#### **Fundición a presión**

Este tipo de fundición es una técnica de trabajo que se lleva a cabo en molde permanente en el que se fuerza el metal fundido dentro de la cavidad del molde bajo una presión de 700 a 2500 kilogramos por centímetros cuadrados.

La temperatura del metal baja rápidamente porque la matriz se enfría con agua. Después de la solidificación, se abre la matriz y se fuerza a salir el componente por medio

de una varilla. Se puede utilizar una matriz de cavidades múltiple para manufacturar componentes pequeños.

### **Fundición centrífuga**

El proceso de esta fundición consiste en hacer girar el molde a altas velocidades al tiempo que se vacía el metal fundido dentro de él. Debido a la alta velocidad de rotación, la fuerza centrífuga presiona el metal desde el centro hacia la parte interior del molde.

De acuerdo a la presión ejercida sobre las paredes del metal, se deposita un espesor uniforme del metal a lo largo de toda la superficie interior del molde, donde se solidifica. Las impurezas que son más ligeras que el metal base, permanecen cerca del eje de rotación; este proceso produce fundiciones con mayor precisión y mejores propiedades físicas debido a la solidificación direccional en comparación con las fundiciones en arena.

Por otro lado, el metal frío se fuerza automáticamente hacia afuera y el metal fundido permanece en la superficie interior, proporcionando la alimentación requerida durante la solidificación. Aunque se puede fundir numerosas piezas de diferentes formas mediante este proceso, el cual está catalogado como el mejor para componentes de forma simétrica.

### **Fundición continúa**

Este proceso consiste en vaciar el metal fundido en la abertura superior de un molde metálico vertical, que está abierto en ambos extremos. El metal se enfría rápidamente, pues se hace circular agua por la camisa de enfriamiento y el producto sólido se retira en longitudes continuas de la parte inferior del molde. Este proceso se utiliza para producir desbastes cuadrados, palanquillas, lingotes y tubos directamente a partir del metal fundido. Se aplica de manera extensa a bronce, latón, cobre y aluminio y en forma limitada a productos de hierro fundido y de acero, por medio de él se pueden fundir muchos perfiles populares, como redondo, cuadrado, rectangular, hexagonal, entre otros.

Finalmente, las fundiciones continuas pueden producir longitudes continuas más largas que las generadas por cualquier otro proceso, además, elimina parte de las operaciones de rolado en caliente y en frío que requieren los métodos convencionales de producción. Las matrices de grafito que se utilizan son comparativamente baratas. Debido al rápido mecanismo de enfriamiento del metal las propiedades de los componentes son mucho mejores que en la fundición en arena.

En el proceso de fundición, el metal fundido fluye por gravedad u otra fuerza dentro de un molde donde solidifica y toma la forma de la cavidad del molde. Asimismo, este proceso incluye la fundición de lingotes y la fundición de formas. El término lingote se asocia usualmente con las industrias de metales primarios; describe una fundición grande de forma simple, diseñada para volver a formarse en procesos subsiguientes como laminado y forjado. Por otro lado, la fundición de formas involucra la fundición de formas complejas que se aproximan más a la forma final deseada del producto.

En el mismo sentido, la fundición se puede usar para crear partes de compleja geometría, incluyendo formas internas y externas, se pueden producir partes de formas netas que no requieren operaciones subsiguientes para llenar los requisitos de la geometría y

dimensiones de la pieza, el proceso de fundición se puede realizar en cualquier metal que pueda calentarse y pasar al estado líquido.

### 3.1.3. Defectos en una fundición

Al respecto Bawa (2009) “menciona a continuación los defectos más comunes en una fundición” (p. 347):

#### Desajuste o movimiento del molde

Es el defecto provocado por el modelo y el equipo de la caja de moldeo. De la misma forma, este defecto se produce principalmente debido a las clavijas flojas, registro defectuoso entre la parte superior y la inferior de los modelos, así como, por desgaste o cuando estén flojos los pernos de sujeción. Por otra parte, un modelo es el positivo de la pieza representado en un plano de ingeniería de donde se obtiene toda la información correspondiente para su fabricación. Asimismo, las cajas de moldeo se pueden definir como los recipientes en los cuales queda apisonada la arena y que contiene por lo tanto al molde. Las cajas están compuestas por un bastidor de paredes verticales, previstas de bordes para sostener la arena, poseen diferentes formas y tamaño para ajustarse a los modelos que se desean fabricar.

#### Sopladuras

En una fundición, una sopladura ocurre debido a la liberación de gases durante la solidificación. Los gases que se escapan a través del metal cuando se encuentra en estado fundido causan cavidades o sopladuras. De esta manera, a los defectos que son visibles en la superficie se les llama agujeros abiertos; a los que se localizan debajo de la superficie y no son visibles se les llama sopladuras. Estas se producen en una fundición debido a la humedad excesiva, baja permeabilidad de la arena, excesiva finura de los granos de arena, soportes de machos e insertos oxidados y húmedos. Las sopladuras son causadas por gas liberado de la fusión o como resultado de reacciones metal-molde.



Figura 3.2: Sopladuras en Fundición.

Fuente: Aportal (2017).

#### Picaduras

Las picaduras son numerosos agujeros muy pequeños que aparecen en la superficie después de la limpieza con chorro de granalla, que pueden ser ocasionados por un alto

contenido de humedad, metal defectuoso, ausencia de solidificación direccional, resistencia pobre del macho, entre otros. Las formas de manifestación de las picaduras, van desde pequeñas burbujas esféricas de metal limpio o cubiertas por una película de grafito, hasta grandes e irregulares cavidades acompañadas de escorias o una oxidación.

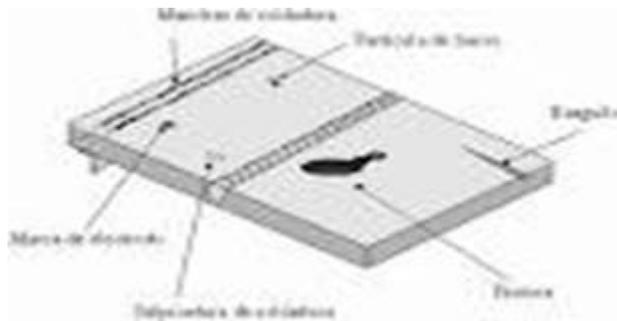


Figura 3.3: Metal con picaduras.  
Fuente: El rincón del Metal (2017)

### Agujeros de gas

A los orificios que aparecen después del maquinado de la fundición se le conoce como agujeros de gas. Los gases que se generan durante el enfriamiento de la fundición escapan fácilmente y producen los mencionados agujeros. Otras causas de los agujeros de gas son calidad pobre y deficiente del metal, solidificación no direccional o contenido excesivo de humedad en el molde.



Figura 3.4: Defecto de agujero de gas.  
Fuente: Honda elite (2017).

### Porosidades

A una gran cantidad de agujeros presentes en la superficie de las piezas obtenidas por el proceso de fundición se le conoce como porosidad. En las fundiciones éstas son causadas cuando los gases quedan atrapados en el molde, cuando la temperatura de vaciado es excesiva, baja rapidez de solidificación o a un contenido excesivo de humedad en el molde.



Figura 3.5: Porosidades en la fundición.  
Fuente: Raullybarra (2017).

A menudo, las fundiciones contienen varios desperfectos que muchas veces ayudan a que la calidad normal presente diferenciaciones. Estos defectos no solo dan una mala apariencia a las piezas, sino que también disminuyen su resistencia y utilidad práctica. Por otra parte, los defectos de fundición ocurren debidamente a un control inapropiado de la duración del proceso de manufactura y a diferentes causas, por lo que es muy difícil establecer una relación entre defectos y causas.

## 3.2. Proceso de trabajo en caliente utilizado en la industria

Bawa (2009), alega que el trabajo en caliente incluye tareas que genera chispas, temperaturas elevadas tales como esmerilado, soldadura eléctrica, soldadura de estaño corte térmico o con oxígeno” (p. 360). La planificación anticipada y los procedimientos de trabajos seguros ayudan a prevenir incendios en el sitio de trabajo causados por las actividades de trabajos en calientes.

El personal que labora en la empresa debe estar capacitado sobre las herramientas y procesos para trabajos en caliente: Se debe conocer como evaluar los riesgos de incendios, la prevención de incendios, la extinción de incendios y cómo activar respuestas de emergencias. Se debe usar el equipo de protección personal apropiados para los trabajos en caliente, incluyendo protección ocular con vidrios ahumados, caretas, chalecos, guantes para soldadura que puedan protegerle contra el calor y las chispas.

Según Schey (2010), “este término se refiere al trabajo de un material precalentado, donde la temperatura utilizada para el calentamiento de los materiales está por encima de la temperatura ambiente. Ejemplo de trabajo en caliente son: el laminado, la forja, entre otros” (p. 314).

El laminado de las piezas de acero o de metal, es un proceso realizado mediante rodillos, que produce una reducción en el espesor de la palanquilla y a la vez un aumento

de su longitud. Asimismo, el proceso se realiza estando el material semisólido (pastoso), lo que produce menos esfuerzos sobre el material. Ver figura 3.6.

Tenemos perfiles, barras de metal, láminas, hojas de metal, entre otros, las palanquillas son las piezas de acero o de metal que se obtienen directamente del horno.

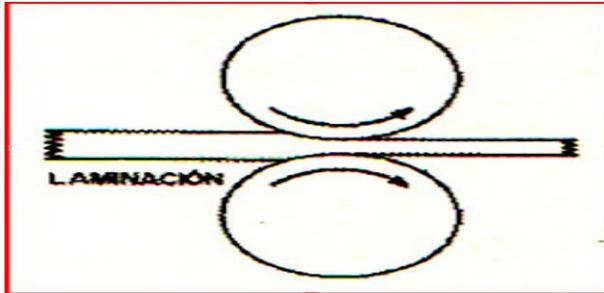


Figura 3.6: Trabajo en caliente.

Fuente: Procesos de Manufactura (2017)

Siguiendo este orden de ideas, el forjado es un proceso de conformado de metal, donde la pieza de trabajo se apisona entre dos matrices aplicando fuerzas de compresión mediante una presión establecida, donde el material debe estar previamente calentando en una condición pastosa.

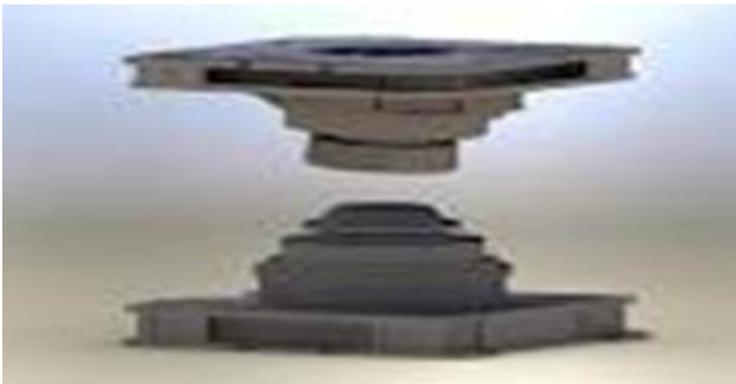


Figura 3.7: Forja.

Fuente: Afm (2017)

De acuerdo con Aporszeg (2014) el trabajo en caliente se define como una deformación en condiciones tales de temperatura y velocidad de deformación que producen simultáneamente la restauración y la deformación de los metales. Por otro lado, en el trabajo en caliente se elimina el endurecimiento por deformación y la estructura granular dislocada, por la formación de nuevos granos libres de deformación, recrystalizando la estructura de los metales.

El trabajo en caliente, se asume que es aquel donde el material se calienta a temperaturas adecuadas para que alcance una posición flexible y fácil de trabajar para luego

modificarlo y darle una forma determinada.

### 3.2.1. Ventajas del trabajo en caliente

Groover (2009), “establece que, entre las ventajas del trabajo en caliente, están las siguientes” (p. 441):

- La forma de las piezas obtenidas se puede alterar significativamente.
- Se requiere menor potencia para deformar el metal.
- Los metales que usualmente se fracturan en el trabajo en frío, pueden deformarse mediante el trabajo en caliente.
- Las propiedades de resistencia son generalmente isotrópicas debido a la ausencia de una estructura de granos creada en el trabajo en frío.
- El trabajo en caliente no produce fortalecimiento de la parte.

### 3.2.2. Desventajas del trabajo en caliente

A este respecto, Aporszeg (2014): “establece que, entre las desventajas del trabajo en caliente, se encuentran las siguientes”:

- El trabajo en caliente se realiza al aire y se pierde una considerable cantidad de metal por oxidación.
- Provoca descarburación del acero y es necesario un mecanizado extenso para eliminar las capas decarbonizadas.
- La incrustación del óxido impide obtener buenas terminaciones superficiales.
- La deformación es más intensa en la superficie por lo que allí el grano es más fino.
- Hay dilatación y contracciones a las que hay que poner tolerancias, lo cual impide obtener una producción homogénea. Las tolerancias, cuando no son muy precisas, es debido a una contracción térmica y a una deformación de enfriamiento desigual del proceso.

## 3.3. Proceso de trabajo en frío empleado en la industria

En términos del contexto del proceso de manufactura, Groover (2009) afirma que: “el trabajo en frío, también conocido como formado en frío es aquel formado de metal que se realiza a temperatura ambiente, el cual debe ser lo adecuadamente dúctil” (p. 440). Por otra parte, entre los procesos de trabajo en frío más comunes tenemos: el remachado, roscado, estampado, entre otros, en este sentido, el remachado es un proceso de trabajo en frío en el cual el metal se acumula por impacto.

Esta operación se usa para formar las cabezas de tornillos y remaches, así como se evidencia en la Figura 3.8. Por otro lado, el roscado por laminación es un proceso para obtener una rosca o filete por compresión y finalmente, el estampado es el término que se emplea para describir operaciones de troquelado como calzado, conformado y estirado poco profundo.

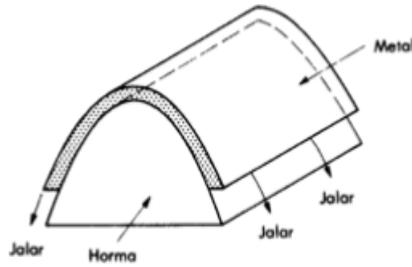


Figura 3.8: Acero para trabajo en frío.  
Fuente: Acepesac (2017)

Sobre este proceso, Aporszeg (2014) argumenta que el trabajo en frío promueve un aumento en la resistencia mecánica de los metales y una disminución de su ductilidad y al provocarse grandes deformaciones, el metal puede romperse antes de alcanzar la forma deseada. Por esta razón, debe realizarse en varias etapas, intercalando tratamientos térmicos intermedio, como por ejemplo el recocido, que restaura la ductilidad y disminuye la resistencia.

Podemos afirmar que el trabajo en frío significa la conformación de un metal a temperatura ambiente. De la misma forma, se puede afirmar que las piezas que se trabajan en frío tienen un acabado brillante, son más exactas y requieren menos maquinado que las piezas trabajadas en caliente. Por lo general, este proceso se usa para formar las cabezas de los tornillos y remaches, seguetas, en la fabricación de hojas dentadas para operaciones de máquinas con movimientos vaivén, entre otras.

### 3.3.1. Ventajas y desventajas obtenidas en los metales por trabajo en frío

Al respecto, Groover (2009) “establece las siguientes ventajas del trabajo en frío” (p. 440):

- Este proceso proporciona mejor precisión, lo que significa tolerancias más estrechas. Una tolerancia, es un rango de aceptación entre dos valores uno máximo y otro mínimo, que está indicado en un plano de fabricación con respecto a una dimensión, ejemplo, 1100 milésimas + o - 0,010 milésimas.
- Mejora el acabado de la superficie.
- El endurecimiento por deformación aumenta la resistencia y dureza de la parte.
- El flujo de granos durante la deformación brinda la oportunidad de obtener propiedades direccionales convenientes en el producto resultante.
- Al no requerir calentamiento del trabajo se ahorran costos de hornos y combustible permitiendo lograr mayores velocidades de producción.

En lo correspondiente a las desventajas producidas por el trabajo en frío, el autor citado establece las siguientes:

- No se requiere mayor potencia para desempeñar la operación.

- Se debe tener cuidado para asegurar que las superficies de las piezas de trabajo inicial estén libres de incrustaciones y suciedad.
- La ductilidad y el endurecimiento por deformación del metal de trabajo limitan la cantidad de formado que se puede hacer sobre la parte.

### 3.4. Deformación volumétrica utilizada para el trabajo de los metales

Los procesos de deformación consisten en someter a los metales a un esfuerzo lo suficientemente grande para hacer que éste fluya plásticamente y tome la forma deseada. Por otro lado, las formas iniciales incluyen barras, tochos cilíndricos, tochos rectangulares, planchas, así como otras formas elementales, En el mismo sentido, los procesos de deformación volumétrica que refinan las formas originales, añaden con frecuencia formas geométricas y algunas veces mejoran las propiedades mecánicas de los metales.

#### 3.4.1. Tipos de deformación volumétrica

Según Groover (2009) “los diferentes tipos de deformación volumétricas para el trabajo de los metales son los siguientes” (p. 448):

##### Laminado

El laminado es un proceso de deformación en el cual el espesor del material de trabajo se reduce mediante fuerzas de compresión ejercidas por dos rodillos opuestos. Ver figura 47, donde se produce el laminado manual a través del uso de esta fuerza. La mayoría de los procesos de laminado involucran una alta inversión de capital, requieren piezas de equipo pesado llamadas molinos laminadores o de laminación. El alto costo de inversión requiere que los molinos se usen para producción en grandes cantidades de artículos estándar como láminas y placas. La mayoría del laminado se realiza en caliente debido a la gran cantidad de deformación requerida, y se le llama laminado en caliente.

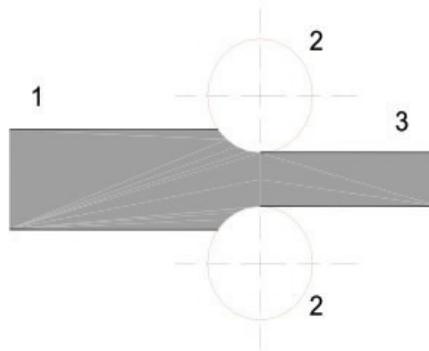


Figura 3.9: Esquema de un Sistema de Laminado.  
Fuente: Textos Científicos (2017)

Los productos laminados, en especial el acero, son la placa plana y la hoja. Asimismo, las placas tienen un espesor superior a 6 mm (1/4 de pulg.) se utilizan para aplicaciones estructurales, como son las estructuras de maquinaria, los cascos de buques, las calderas, los puentes, los recipientes nucleares, entre otros.



Figura 3.10: Acero laminado en frío.  
Fuente: Acceso (2017)

Las placas pueden llegar a tener hasta un espesor de 0,3 m (12 pulg.) para los apoyos de las grandes calderas, 150 mm (6 pulg.) de espesor para los recipientes de reactores y 100 – 125 mm (4 - 5 pulg) para los buques y tanques de guerra.

Las hojas comúnmente tienen menos de 6 mm de espesor; se fabrican para manufacturar materias primas intermedias como piezas planas o como cintas en rollos para procesamiento posterior en varios productos, los cuales suelen ser utilizados en las carrocerías de automóvil y fuselajes de avión, en enseres domésticos, en recipientes para alimentos y bebidas, y en equipos, para cocinas y oficinas.

Los fuselajes de las aeronaves comerciales se fabrican de una hoja de aleación de aluminio de 1 mm (0.040 pulg.) de espesor. Por ejemplo, la cubierta exterior de un Boeing 747 tiene 1,8 mm (0.071 pulg.). De la misma forma, las latas de refrescos de aluminio se fabrican ahora de hojas de 0,28 mm (0.011 pulg.) de espesor.

Igualmente, Kalpakjian y S. (2009) define el laminado como: “un proceso que tiene por objeto reducir el espesor o modificar la sección transversal de una pieza larga mediante la aplicación de fuerzas de compresión a través de un juego de rodillos” (p. 320).

Se concluye que el laminado es la operación de someter un producto a una deformación por compresión entre dos cilindros, para cambiar su constitución interna y, por otra su forma, alargándolo, con la finalidad de darle otras dimensiones a las de su forma final de utilización.

En este sentido, Kalpakjian y S. (2009) “establece los siguientes tipos de laminado” (p. 320):

### Laminado plano

Involucra el laminado de planchas, tiras, láminas y placas, es decir, partes de trabajo de sección transversal rectangular con un ancho mayor que el espesor.

En el laminado plano, se presiona el trabajo entre dos rodillos de manera que su espesor se reduce a una cantidad especificada, las planchas laminadas es un material importante en la construcción de barcos, en la construcción de edificios de muchos pisos, entre otros.

### Laminado de perfiles

En el laminado de perfiles, el material de trabajo se deforma para generar un contorno en la sección transversal. Los productos hechos por este procedimiento incluyen perfiles de construcción como vigas en I, en L y canales en U, rieles para vías de ferrocarril y barras redondas y cuadradas, así como varillas. El proceso se realiza pasando el material de trabajo a través de rodillos que tienen impreso el reverso de la forma deseada.

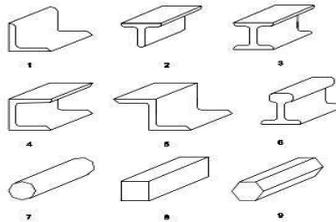


Figura 3.11: Laminado de perfiles.  
Fuente: Textos Científicos (2017)

### Laminado de Anillos

Es un proceso de deformación que lamina las paredes gruesas de un anillo para obtener anillos de paredes más delgadas, pero de un diámetro mayor. El laminado de anillos se aplica usualmente en procesos de trabajo en caliente para anillos grandes y en procesos de trabajo en frío para anillos pequeños.

Las aplicaciones de laminado de anillos incluyen collares para rodamientos de bolas y rodillos, llantas de acero para ruedas de ferrocarril y cinchos para tubos, recipientes a presión y máquinas rotatorias. Las ventajas del laminado de anillos sobre otros métodos para fabricar las mismas partes son: el ahorro de materia prima, la orientación ideal de los granos para la aplicación y el endurecimiento de trabajo en frío.

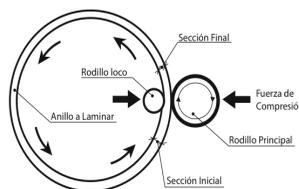


Figura 3.12: Laminado de anillo.  
Fuente: Textos Científicos (2017)

## Forjado

En la actualidad el forjado es un proceso industrial importante mediante el cual se hacen una variedad de componentes de alta resistencia para automóviles, vehículos aeroespaciales y otras aplicaciones. Estos componentes incluyen flechas y barras de conexión para motores de combustión interna, engranes, componentes estructurales para la aviación, partes para turbinas y motores a propulsión. Las industrias del acero y de otros metálicos básicos usan el forjado para fijar la forma básica de grandes componentes que luego se maquinan para lograr su forma final y dimensiones definitivas.

El forjado se lleva a cabo de diferentes maneras. Una manera de clasificar las operaciones de forja es mediante la temperatura de trabajo, la mayoría de las operaciones de forja se realizan en caliente (por arriba y por debajo de la temperatura de recristalización), dada la deformación que demanda el proceso y la necesidad de reducir la resistencia e incrementar la ductilidad del metal de trabajo. El forjado en frío también es muy común para ciertos productos y su ventaja radica en la mayor resistencia del componente que resulta del endurecimiento por deformación.

Groover (2009) “define el forjado como un proceso de deformación en el cual se comprime el material de trabajo entre dos dados, usando impacto o presión gradual para formar la parte” (p. 458).

Dentro del mismo tópico, Kalpakjian y S. (2009), “señala que el forjado es un proceso en el que la pieza se conforma mediante fuerzas de compresión, aplicadas a través de diversos dados o matrices y herramientas. Es una de las operaciones más antiguas de trabajo de metales; se practicaba cuando menos desde 4000 a.C. Se usó primero para fabricar joyería, monedas y diversos implementos, martillando el metal con herramientas de piedra. Entre los productos característicos del forjado están tornillos y remaches, bielas, ejes de turbinas engranajes, herramientas de mano y piezas estructurales para maquinaria, aviones, ferrocarriles y una diversidad de equipos de transporte” (p. 340).

La forja es un procedimiento usado para darle forma al hierro o cualquier otro metal, aplicándole fuerzas de compresión o por impacto a través de dos matrices, después de calentado previamente.



Figura 3.13: Forjado y Vigas.  
Fuente: Gilva (2012)

## Extrusión

Según el diccionario etimológico (2015): “la palabra extrusión viene del latín, extrudere que significa expulsar. La extrusión es un procedimiento industrial, que permite obtener barras y perfiles de diferentes formas, generalmente complejas. El proceso consiste en una matriz, cuya salida tiene la forma de la barra que se desea realizar. Por la parte de la boca de carga, se coloca la materia prima, que, por medio de una prensa hidráulica, se forzará a hacer pasar el material a través de la matriz, donde saldrá la barra o perfil a obtener en forma continua”.

La carga puede ser con el material en frío o caliente. Por ejemplo, con el plomo se hace enfriar directamente, la gran presión que se ejerce sobre la materia prima, hace que ésta absorba la energía y se funda sin necesidad de calentarla previamente, eso también depende de la masa puesta en juego en el proceso.

Groover (2009) “señala que la extrusión es un proceso de formado por compresión en el cual el metal de trabajo es forzado a fluir a través de la abertura de un dado para darle forma a su sección transversal” (p. 475).

Asimismo, Kalpakjian y S. (2009) “establece que, en el proceso de extrusión, una palanquilla redonda se coloca en una cámara (recipiente) y es impulsado a través de la abertura de una matriz mediante un pistón hidráulico o ariete de prensa. La abertura del dado puede ser redonda o tener otras formas” (p. 371).

Se puede producir cualquier perfil transversal sólido o hueco con el proceso de extrusión, obteniéndose piezas semiacabadas. Como la geometría de la matriz no cambia durante la operación, los productos extruidos tienen sección transversal constante.

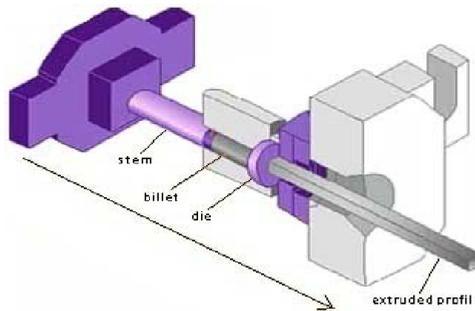


Figura 3.14: Máquina de Extrusión.

Fuente: Commons (2017)

Entre los productos característicos de la extrusión están los rieles para puertas corredizas, tubos de distintos perfiles transversales, perfiles estructurales y arquitectónicos, así como, marcos para puertas y ventanas. Además, los productos extruidos se pueden cortar en tramos, con lo que se transforman en piezas discretas como soportes, engranajes y perchas, de esta manera, los materiales que se extruyen con frecuencia son el aluminio, cobre, acero, magnesio, plomo, entre otros.

La extrusión es un proceso de conformado por compresión en el que el material de la pieza es forzado a fluir a través de la abertura de una matriz con la forma de su sección transversal. Esta porción extra, conocida como tope o cabeza se separa de la pieza cortándola, inmediatamente después de que se retira la matriz, luego los productos extruidos van a tener una gran utilidad en la industria de la manufactura, en los cuales podemos incluir de manera general: los tubos para pastas de dientes, perfiles estructurales, marcos para puertas y ventanas, cajas de baterías, clavos para techar en todos los tipos, entre otros. El punzón de extrusión tiene como función presionar al material que se coloca en el fondo de la matriz para que fluya entre las paredes de la matriz.



Figura 3.15: Punzón de Extrusión.  
Fuente: Lazpiur (2017)

### Estirado de alambres

Las características generales del proceso son similares a la extrusión, la diferencia es que en el estirado el material de trabajo se jala a través del dado, mientras que en la extrusión se empuja a través del dado. El estirado es un término que se usa también en el trabajo de lámina metálica.

Además de las aplicaciones directas, como en la conducción de electricidad, el alambre es el material de partida para muchos productos, incluyendo las estructuras de marcos de alambre, desde ganchos para ropa hasta carros de supermercados, clavos, tornillos, pernos, remaches, cerca de alambres, entre otros.

Por otra parte, los tubos sin costura se hacen por medio de una variedad de técnicas de trabajo en caliente, pero por debajo de un tamaño mínimo se deben reducir aún más en frío. Una de las opciones es estirarlos, de modo que estos tubos estirados en frío realizan funciones importantes en sistemas hidráulicos de vehículos, aviones, barcos, maquinaria industrial, sistemas de distribución de agua y en aplicaciones como agujas

hipodérmicas.

Groover (2009) “establece que, en el contexto de los procesos de deformación volumétrica, el estirado es una operación donde la sección transversal de una barra, varilla o alambre se reduce al tirar del material a través de la abertura de un dado” (p. 487).

Por otra parte, Schey (2010) “afirma que en el estirado el material se deforma en compresión, pero la fuerza de deformación se suministra jalando el extremo deformado del alambre” (p. 369). Por lo tanto, es común decir que el modo de deformación es el de compresión indirecta.

Las máquinas utilizadas para realizar este proceso se llaman trefiladoras, en ella se hace pasar el alambre a través de las hileras o dados, logrando que el alambre se enrolle en unos tambores o bobinas de tracción que fuerzan el paso del alambre por las hileras.



Figura 3.16: Máquina para el estirado de alambre.

Fuente: APT (2018)

En una operación de estirado, la modificación en el tamaño de trabajo se da generalmente por la reducción del área a través de la siguiente fórmula:

$$r = A_o - A_f / A_o$$

Donde:

$r$  = reducción del área en el estirado

$A_o$  = Área original del trabajo en pulgadas cuadradas

$A_f$  = Área final del trabajo en pulgadas cuadradas

En el estirado de barras, estirado de varillas y en el estirado de alambre de diámetro grande se usa el término draft para denotar la diferencia de tamaño antes y después de procesar el trabajo. El draft es simplemente la diferencia entre el diámetro original y final del material:

$$d = D_o - D_f$$

Donde:

$d$  = draft

$D_o$  = Diámetro original del trabajo en pulgadas

$D_f$  = diámetro final del trabajo en pulgada

Finalmente, Ginjaume (2014) disponible, señala que el estirado de barras se realiza en un banco de estirado que consiste en una mesa de entrada, un bastidor de matrices, la corredera y el armazón de salida. La corredera se utiliza para estirar el material a través de la matriz, el cual está accionado por cilindros hidráulicos o cadenas movidas por reductores que reciben el movimiento de un motor.

El estirado de alambre es la operación de conformación en frío que reside en la disminución de sección de un alambre o varilla, haciéndolo pasar a través de una abertura cónica ejercida a través de un instrumento llamado hilera o dado.

El alambre y sus productos tienen un valor muy importante en la industria manufacturera, como, por ejemplo, en el cableado eléctrico y electrónico, cables, miembros estructurales sometidos a la tensión, electrodos de soldar, resortes, broches de papel, rayos para ruedas de bicicletas e instrumentos musicales de cuerdas.

### **3.5. Proceso de maquinado por desprendimiento de viruta utilizado en la industria metalmeccanica**

Para lograr el desprendimiento por viruta se deben implementar una serie de herramientas, éstas se definen como los instrumentos de corte que poseen una parte cortante y un cuerpo, utilizados comúnmente por un torno, cepillos y mandrinadoras. Asimismo, existen las herramientas multifilo, que se usan en operaciones de fresado, aserrado, entre otros.

Según Kalpakjian y S. (2009): “los procesos de maquinado se utilizan para producir partes que tengan forma básicamente redonda. Entre los productos característicos se incluyen partes tan pequeñas como tornillos en miniatura para armazones de anteojos, y tan grandes como rodillos para laminadores, cilindros, cañones y ejes de turbina para plantas hidroeléctricas. Estos procesos se suelen hacer torneando la pieza en un torno” (p. 594).

Por otra parte, Groover (2009) afirma que: “el maquinado es un proceso de manufactura en el cual se usa una herramienta de corte para remover el exceso de material de la pieza que se está elaborando, de tal manera que el material remanente sea la forma de la parte deseada” (p. 543).

Así, la acción dominante del corte involucra la deformación cortante del material de trabajo ‘para formar una viruta; al removerse la viruta, queda expuesta una nueva superficie. La viruta es el material que se le quita a la pieza de trabajo cuando ésta es

sometida al proceso de maquinado, que puede ser en una operación de torneado, fresado, perforado, entre otros.

El maquinado es un proceso de remoción de viruta que tiene como finalidad generar la forma de la pieza de trabajo partiendo de un cuerpo sólido. Igualmente, a través de este proceso se puede crear arreglos geométricos, tolerancias y acabados superficiales que no se pueden lograr por cualquier otra práctica.

La importancia de este proceso en la industria metalmecánica, es que se puede aplicar a una amplia variedad de materiales sólidos como el acero, aluminio, plásticos, los cerámicos. Asimismo, el maquinado se puede usar para generar cualquier forma geométrica regular, como superficies planas, agujeros redondos y cilíndricos, debido a sus características, el maquinado se realiza generalmente después de otros procesos de manufactura como fundición o deformación volumétrica.

Atendiendo a estos planteamientos, se presentan las herramientas básicas utilizadas en los siguientes procesos:

### 3.5.1. Torneado

El diccionario motorgiga (2015) establece que: el torneado es una operación de mecanizado que tiene por finalidad la obtención de superficies cilíndricas, cónicas, o, en cualquier caso, en forma de sólido de revolución. La máquina herramienta empleada para esta operación es el torno y consta de una armazón muy rígida donde se fija la pieza y de una herramienta que, arrancando material en forma de viruta, le da la forma deseada. La herramienta se aproxima radialmente a la pieza, la cual, al girar, se encuentra dotada del movimiento de corte. El movimiento de avance con el que arranca el material se extiende a toda la superficie dotada y lo efectúa la herramienta.

Al respecto, Schey (2010) afirma que: “la máquina herramienta que se utiliza más ampliamente es el torno mecánico, el cual proporciona un movimiento rotatorio primario mientras a la herramienta se le imparte movimientos apropiados de avance” (p. 688).

Por su parte, Bawa (2009) alega que: “el torno es el precursor de todas las máquinas herramientas. Del mismo modo, establece que es la máquina más importante utilizada en cualquier taller. En este sentido el autor argumenta, que el torno retira el material girando la pieza de trabajo contra una herramienta de trabajo de un solo punto y las partes a maquinar se pueden sujetar entre dos soportes rígidos llamados puntos o centros, o mediante algún otro dispositivo como un plato o mandril universal” (p. 28).

El torneado es un proceso de remoción de metal de una pieza que está en rotación a través de una herramienta de corte, mediante un conjunto de operaciones de mecanizado que pueden efectuarse en una máquina denominada torno. Son ejemplo de torneado el maquinado de superficies cilíndricas exteriores, el maquinado de superficies cónicas exteriores, el maquinado de superficies internas, el chafinado y refrentado, el ranurado y tronzado, el taladrado, el roscado interno, el roscado externo, el moleteado, entre otros.

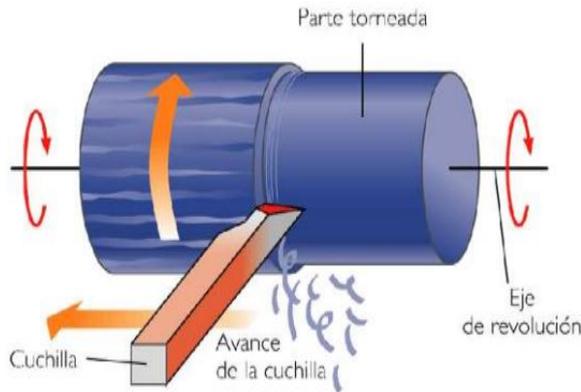


Figura 3.17: Proceso de torneado.  
Fuente: Blog Manuel Villalina (2018)

Atendiendo a las exigencias del proceso de manufactura, Kalpakjian y S. (2009), “identifica los siguientes componentes básicos de un torno común” (p. 606):

### Bancada

La bancada sostiene todos los componentes principales del torno. Las bancadas tienen masas grandes y son de construcción rígida, por lo general de hierro colado gris o nodular. La parte superior de la bancada tiene dos guías o correderas con diversas secciones transversales, endurecidas y maquinadas para que tengan resistencias al desgaste y exactitud dimensional entre su uso.

### Carro

El carro longitudinal o conjunto del carro, se desliza por las correderas y está formado por el portaherramientas y el tablero. La herramienta de corte se monta en el portaherramientas, normalmente con un apoyo compuesto que gira para posicionar y ajustar la herramienta. El carro transversal se mueve hacia adentro y afuera, radialmente, controlando la posición radial de la herramienta en operaciones como el refrentado. El tablero tiene mecanismos para movimientos, tanto manual como mecanizado del carro longitudinal y del transversal, mediante los tornillos de avance.

### Cabezal

El cabezal está fijo en la bancada y tiene motores, poleas y bandas que suministran potencia al husillo a varias velocidades de giro. Las velocidades se pueden establecer mediante selectores de control manual. La mayor parte de los cabezales tienen un conjunto de engranajes, y algunos tienen varios reductores para permitir una variación continua de velocidades en el husillo.

### Carro de contrapunto

El carro de contrapunto puede deslizarse por las correderas y se puede sujetar en cualquier posición. Sostiene el otro extremo de la pieza. Tiene un contrapunto que se

puede fijar o se puede girar junto con la pieza. En la boquilla del contrapunto se pueden montar brocas y rimas para taladrar orificios axiales en la pieza.

### **Barra de avance y tornillo fijo**

La barra de avance es accionada por un conjunto de engranes en el cabezal. Gira durante el funcionamiento del torno y pasa el movimiento al carro longitudinal y al carro transversal mediante engranes, un embrague de fricción y un cuñero que lo recorre en su longitud. Al cerrar una tuerca dividida que rodea al tornillo guía, lo acopla con el carro longitudinal, también se usa para cortar roscas con exactitud. En un torno automático, todo su proceso de trabajo está automatizado, incluso la alimentación de la pieza que se puede ir obteniendo de una barra larga que se inserta por un agujero que tiene el cabezal y se sujeta mediante pinzas de apriete hidráulico.

En lo correspondiente a la caja de engranes, esta contiene varios acoples de tamaños diferentes, que hacen posible dar a la barra alimentadora y al tornillo principal de avance varias velocidades para las operaciones de torneado y de roscado. La barra alimentadora y el tornillo de avance forman la transmisión para el carro principal al conectar la palanca de avance automático.

### **3.5.2. Cepillado**

En cuanto a este proceso, Kalpakjian y S. (2009) enfatiza que: “el cepillado es una operación sencilla de corte, mediante la cual se producen superficies planas y diversas formas transversales, con canales y muescas a lo largo de la pieza” (p. 663). De igual manera, Bawa (2009, p. 61). Afirma que: “este proceso se utiliza para producir superficies planas horizontales, verticales o inclinadas”.

También se producen superficies irregulares o curvas. Para cepillar se le imprime movimientos alternativos a una herramienta con la ayuda de un mecanismo provisto en la máquina, que cambia el movimiento de circular a movimiento alternativo.

En una máquina cepilladora, la pieza se sujeta en un dispositivo adecuado, en general un tornillo de banco que está montado en la mesa de la máquina, donde el instrumento de corte se sujeta en el portaherramientas montado en la corredera del cepillo. El brazo oscila hacia adelante y hacia atrás, al hacerlo corta el material que está sujeto en el tornillo de banco durante la carrera de corte.

### **3.5.3. Taladrado**

Al respecto Groover (2009) manifiesta que: “este tipo de proceso es una operación de maquinado que se usa para crear agujeros redondos en una parte de trabajo. El taladrado se realiza por lo general con una herramienta cilíndrica rotatoria, llamada broca, que tiene dos bordes cortantes en su extremo” (p. 605).

La mecha avanza dentro de la parte de trabajo estacionaria para formar un agujero cuyo diámetro está determinado por el diámetro de la broca, la operación se realiza en un taladro prensa, aunque otras máquinas pueden ejecutar esta operación.

Al respecto Kalpakjian y S. (2009) establece que: “las brocas y las herramientas para hacer orificios se suelen sujetar en mordazas para hacer brocas que se pueden apretar con o sin llaves. Se consiguen boquillas especiales, con diversas funciones de cambio rápido, que no requieren para el husillo, para usarlos en máquinas de producción” (p. 633).

En lo concerniente a la utilidad de este proceso en la industria manufacturera afirmamos que, el taladrado es una operación de maquinado por medio del cual se construyen agujeros de diversos tamaños gracias a una herramienta de filos múltiples denominada Broca. Son ejemplo de taladrado, las operaciones realizadas con la broca en la pieza de metal, en donde los dos filos de corte de la broca trabajan continuamente para retirar el metal de la pieza, lo cual es indispensable realizar en un taller con máquinas herramientas.



Figura 3.18: Proceso de taladrado.  
Fuente: Científicos Aficionados (2018)

#### 3.5.4. Escariado

Kalpakjian y S. (2009) señala que: “el escariado o rimado es una operación para hacer un orificio con dimensiones más exactas que uno existente, que lo que se puede hacer solo con taladro, el rimado sirve también para mejorar el acabado superficial en la pieza de trabajo” (p. 637).

Por otro lado, Bawa (2009) también alega que: “el escariado es la operación de terminar los agujeros redondos con medidas precisas mediante la ayuda de escariadores. Para completar, el escariado procede con un movimiento lineal de la herramienta y se debe fabricar un escariador separado para cada forma y tamaño; esta operación es un método de producción en masa donde la pieza de trabajo se sujeta rígidamente y el escariador se guía firmemente” (p. 114).



Figura 3.19: Proceso de Escariado.  
Fuente: Metal afición (2018)

La rigidez de la máquina herramienta es especialmente importante cuando una superficie se escaria con un escariador plano, puesto que el escariador se levantaría de la pieza de trabajo por las fuerzas de corte.

### 3.5.5. Fresado

Urriego (2015) sostiene que: el maquinado es una familia de procesos cuya característica en común es el uso de una herramienta de corte que forma una viruta, la cual se remueve de la parte de trabajo. Para lograr esto es necesario un movimiento relativo entre la herramienta y el material de trabajo. Este movimiento relativo se logra en la mayoría de las operaciones de maquinado por medio de un movimiento primario llamado velocidad y un movimiento secundario llamado avance. La forma de la herramienta y su penetración en la superficie de trabajo, combinada con estos movimientos, produce la forma deseada de la superficie resultante del trabajo.

El fresado es una de estas operaciones de maquinado, en este tipo de operación se utiliza una herramienta rotatoria con múltiples filos cortantes que se mueven lentamente sobre el material para generar una superficie recta. El movimiento de avance es perpendicular al eje de rotación y la velocidad la proporciona la fresa rotatoria.

Al referirnos al proceso de fresado utilizado en la industria manufacturera, Kalpakjian y S. (2009) establece que: “en el fresado se incluyen varias operaciones de maquinado muy versátiles, capaces de producir una diversidad de configuraciones usando una fresa (cortador de la máquina fresadora), que es una herramienta de varios dientes que produce varias virutas en una revolución” (p. 647).

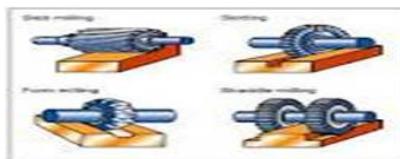


Figura 3.20: Proceso de Fresado.  
Fuente: Relojes Especiales (2018)

Por su parte, Schey (2010) señala que: “el fresado es uno de los procesos de corte más versátiles, el cual es indispensable para la manufactura de partes de simetría no rotacional, los cuales son orientados por los filos de corte de la herramienta y del eje de rotación” (p. 701).

La importancia que este proceso posee dentro de la industria, podemos aseverar que el fresado es una operación de maquinado con una herramienta giratoria llamada fresa, la cual mecaniza superficie de piezas con movimiento rectilíneo uniforme debajo de la herramienta, por ejemplo, el fresado es utilizado para fabricar piezas de geometría complejas mediante el desbaste de material; se realiza el fresado cilíndrico y el fresado frontal, los dos son muy utilizados en la empresa para fabricar dientes helicoidales, piñones, engranes, cremalleras, árbol de leva, ranuras, en metales como el acero y las fundiciones.

De acuerdo con la naturaleza del proceso de fresado, Kalpakjian y S. (2009) argumenta que: “las partes básicas de las máquinas utilizadas para este son las siguientes” (p. 661):

### **Mesa**

Una mesa, donde se sujeta la pieza con ranuras en T. La mesa se mueve en dirección longitudinal con respecto a la silla o el carro.

### **Carro**

El carro (soporte de la mesa), sostiene la mesa y se mueve en dirección transversal.

**Consola** La consola o rodilla que soporta el carro, comunica el movimiento vertical a la mesa para poder ajustar la profundidad de corte.

**Contra soporte** Un contra soporte en las máquinas horizontales, es graduable para adaptarse a las diferentes longitudes de árbol.

### **Cabezal**

Un cabezal contiene el husillo y los sujetadores de fresas. En las máquinas verticales, el cabezal puede ser fijo o se puede ajustar verticalmente e inclinarse en un plano vertical, en la columna, para cortar superficies oblicuas.

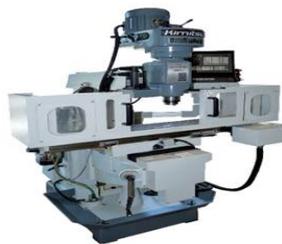


Figura 3.21: Fresadora.  
Fuente: Herramientas (2018)

### 3.5.6. Máquinas abrasivas

Este tipo de máquina, de acuerdo con Kalpakjian y S. (2009): “utiliza un abrasivo que es una partícula dura, pequeña y no metálica que tiene aristas agudas y forma irregular, que son capaces de quitar pequeñas cantidades de material de una superficie, mediante un proceso de corte que produce virutas diminutas” (p.704).

Un abrasivo o esmeril, es cualquier instrumento que se usa para el desgaste de la superficie de una pieza de trabajo. Los procesos abrasivos se usan frecuentemente para producir la forma final de una parte y mejorar el acabado de la superficie de una pieza sometida a un proceso de rectificado, son ejemplos de máquinas abrasivas, el amolado, bruñido y el lapeado.

Al respecto, refiere el mencionado autor que: “las diferencias principales entre las acciones de grano y de herramienta de una punta son las siguientes”:

- Los granos abrasivos individuales tienen formas irregulares y están a distancias aleatorias en la periferia de la piedra.
- El ángulo promedio de ataque de los granos es muy negativo, como, por ejemplo,  $-60^{\circ}$  o aún menos. En consecuencia, las virutas del rectificado sufren una deformación mucho mayor que las de otros procesos de corte.
- Las velocidades de corte son muy altas, normalmente de 30 m/s.

Asimismo, Groover (2009) afirma que: “el maquinado abrasivo incluye rectificado, pulimentado, superacabado, pulido y abrillantado, y se usan exclusivamente como operaciones de acabado. La forma inicial de la parte se crea por algún otro proceso y se termina por medio de alguna de estas operaciones para obtener un acabado superficial superior” (p. 674).

El maquinado abrasivo es la supresión de material en la superficie de la trabajada en pequeñas cantidades. Este proceso se realiza por la acción de una herramienta característica, llamada muela abrasiva, la cual está formada por partículas de material abrasivo muy duro unidas por un aglutinante, lo que se conoce también como proceso de rectificado.

El rectificado es una operación que se efectúa en general con piezas ya trabajadas anteriormente por otras máquinas herramientas hasta dejar un pequeño exceso de metal respecto a la dimensión definitiva. Asimismo, el rectificado tiene por objeto alcanzar en las dimensiones tolerancias muy estrictas y una elevada calidad de acabado superficial; se hace indispensable en el trabajo de los materiales duros o de las superficies endurecidas por tratamientos térmicos. Las herramientas empleadas son muelas giratorias, las cuales están compuestas por granos abrasivos aglomerados en dispersión en un cemento que define la forma de la herramienta.



Figura 3.22: Maquina para Pulido y Desbarbado con pasta abrasiva.  
Fuente: Directindustry (2018)

## Actividades de autoevaluación

1. Tomando como base los planteamientos teóricos de los temas 1, 2 y 3 de esta unidad, marcar con una X, si es verdadero (V) o falso (F).

- a. El laminado de las piezas de acero o de metal, es un proceso realizado mediante rodillos que produce una reducción en el espesor de la palanquilla y a la vez un aumento en su longitud. ( )
- b. Los metales que usualmente no se fracturan en el trabajo en frío, pueden deformarse en el trabajo en caliente. ( )
- c. El trabajo en caliente provoca la descarburación del acero y es necesario un mecanizado extenso para eliminar las capas descarburadas. ( )
- d. El trabajo en frío es aquel formado de metal que se realiza productos acabados, estos productos son tangibles y a una temperatura elevada, donde el metal debe ser dúctil. ( )
- e. En los metales trabajados en frío, el endurecimiento por deformación aumenta la resistencia y dureza de los metales. ( )
- f. El laminado es un proceso de deformación en el cual el espesor del material de trabajo se reduce mediante fuerzas de compresión ejercidas por dos rodillos opuestos. ( )
- g. En el laminado plano, se presiona el material entre varios rodillos de manera que su espesor se reduce a una cantidad específica. ( )
- h. En el laminado de perfiles, el material de trabajo se deforma para generar un contorno en la sección horizontal. ( )
- i. El laminado de anillos se aplica usualmente en procesos de trabajo en caliente para anillos grandes y en procesos de trabajo en frío para anillos pequeños. ( )
- j. El forjado es un proceso de deformación en el cual se comprime el material de trabajo entre dos dados, usando impacto o presión graduada para formar la parte. ( )
- k. La extrusión es un proceso de formado por tensión en el cual el metal de trabajo es forzado a fluir a través de la abertura de un dado para darle forma a su sección transversal. ( )
- l. El estirado es un proceso de deformación volumétrica que se usa también en el trabajo de lámina metálica. ( )

2. Defina cada uno de los siguientes enunciados escogiendo y señalando con un círculo la letra que corresponda a la respuesta correcta, tomando como base los planteamientos teóricos del tema 4 de esta unidad.

■ El torneado es:

- a. Un proceso de remoción de viruta de una pieza que no está en rotación.
- b. La operación de maquinado donde se retira el material girando la pieza de trabajo contra una herramienta de corte de varios puntos.
- c. Una operación de desprendimiento de viruta donde las partes a maquinar se pueden sujetar entre dos soportes rígidos llamados puntos o centros.
- d. Ninguna de las anteriores.

- El taladrado es:
  - a. Un proceso de desprendimiento de viruta que utiliza una herramienta cilíndrica rotatoria, llamada broca, que tiene un borde cortante en su extremo.
  - b. Una operación de maquinado por medio del cual se construyen agujeros de un solo tamaño gracias a una herramienta de filos múltiples denominada broca.
  - c. El maquinado de orificios es una de las operaciones más importante en la manufactura.
  - d. Todas las anteriores.
- El fresado es:
  - a. Una operación de maquinado, en el que un cortador giratorio de dos dientes remueve material.
  - b. Utilizado para fabricar piezas de geometría complejas mediante el desbaste de material.
  - c. Uno de los procesos de corte más versátiles, el cual es indispensable para la manufactura de partes de simetría rotacional, los cuales son orientados por los filos de corte de la herramienta y del eje de rotación.
  - d. Un proceso de maquinado donde no se pueden fabricar dientes helicoidales, piñones, engranes, cremalleras, árbol de leva, ranuras en metales como el acero y otros.
- El maquinado abrasivo:
  - a. Implica la eliminación de material por la acción de partículas abrasivas duras que están por lo general pegadas a una rueda.
  - b. Se usan frecuentemente para producir la forma final de una parte y mejorar el acabado de la superficie de una pieza sometida a un proceso de esmerilado.
  - c. Es la supresión de material en la superficie de la pieza trabajada en grandes cantidades.
  - d. Es una operación de corte donde la herramienta de corte es una hoja con una serie de dientes pequeños tipo segueta.

3. Elabore un diagrama donde se observen los defectos más importantes presentes en las fundiciones.

4. Realice un cuadro comparativo con las ventajas y desventajas que ofrece el Trabajo en Caliente y el Trabajo en Frío para la industria manufacturar.

5. Relacione las afirmaciones de la columna izquierda con su correspondiente pareja de la columna derecha, tomando en cuenta el contenido correspondiente al Tema 3 de la presente unidad.

- |  |                                    |
|--|------------------------------------|
| 1. Es un proceso de deformación en el cual el espesor del material de trabajo se reduce mediante fuerzas de compresión ejercidas por dos rodillos opuestos.                | a. Estirado de alambre y de barra. |
| 2. Es un proceso de deformación en el cual se comprime el material de trabajo entre dos dados, usando impacto o presión gradual para formar la parte.                      | b. Laminado de perfiles.           |
| 3. Es un proceso de formado por compresión en el cual el metal de trabajo es forzado a fluir a través de la abertura de un dado para darle forma a su sección transversal. | c. Laminado.                       |
| 4. Es una operación donde la sección transversal de una barra, varilla o alambre se reduce al tirar del material a través de la abertura de un dado.                       | d. Extrusión.                      |
| 5. El material de trabajo se deforma para generar un contorno en la sección transversal.   | e. Forjado.                        |

6. Tomando como base los planteamientos teóricos del tema 4 de esta unidad, complete las siguientes afirmaciones.

- Él ..... es una operación sencilla de corte, mediante la cual se producen superficies ..... y diversas formas transversales, con canales y muescas a .....
- Él ..... es una operación de maquinado que se usa para crear ..... se realiza por lo general con una herramienta cilíndrica rotatoria, llamada ....., que tiene dos bordes ..... en su extremo.
- Él ..... es una operación de maquinado, en el que un cortador ..... de varios ..... remueve material mientras se mueve a lo largo de varios ..... con respecto a la pieza.
- El ..... es una operación de corte donde la herramienta de corte es ..... con una serie de ..... pequeños tipo segueta, cada diente quita una pequeña ..... de material, este proceso se usa en todos los materiales ..... y no ..... que sean maquinales por otros procesos de ..... y puede producir diversas formas.
- La ..... la remoción de material mediante el uso de un ..... individual utilizado como ..... de corte.



# Capítulo 4

## Operaciones de ensamble

### 4.1. Soldadura con oxígeno y combustible gaseoso

Es importante destacar que, el acetileno es un gas incoloro, venenoso, soluble en alcohol, en acetona y en agua, el cual se emplea para soldar, en el alumbrado, para fabricar productos derivados y plásticos. Su fórmula química es  $\text{HC}=\text{CH}$ . Igualmente, el oxígeno es un elemento químico, un gas incoloro, se encuentra en grandes cantidades en el aire, agua y en el dióxido de carbono, posee un calor de combustión bastante elevado, por eso, cuando se oxida es capaz de movilizar gran cantidad de energía.

La soldadura con oxígeno y combustible gaseoso, para Kalpakjian y S. (2009): “es un término general para describir cualquier proceso de soldadura que use un gas combustible con oxígeno para producir una llama. El proceso más común de soldadura con gas emplea combustible llamado acetileno, el cual se conoce como soldadura con oxígeno y acetileno y se utiliza para fabricación de lámina metálica estructural, carrocerías de automóviles y diversos trabajos de reparación, entre otros” (p. 775).

En este sentido, Groover (2009) manifiesta que: “la soldadura oxiacetilénica es un proceso de soldadura por fusión realizado mediante una flama de alta temperatura a partir de la combustión del oxígeno y el acetileno. La flama se dirige mediante un soplete de soldadura al metal de aportación con la finalidad de unir las superficies de las partes que hacen contacto” (p. 747).

La soldadura oxiacetilénica es aquella soldadura que funde el metal de aportación y el metal base, gracias a la combustión del acetileno con oxígeno. Por ejemplo, para la formación de una llama se necesitan dos materiales, el combustible y el comburente. El comburente es el oxígeno y el combustible es el acetileno. Este tipo de soldadura presenta las siguientes ventajas y desventajas, que a continuación se mencionan:

#### Ventajas de las soldaduras oxiacetilénicas

- Suministra una unión durable y las porciones soldadas se tornan en una sola unidad.
- La unión soldada será más fuerte que los materiales ideales si se usa un material de relleno que posea propiedades de resistencia mayores a la de los metales originales si se emplean las técnicas correctas de soldadura.

- Este tipo de soldadura es la forma más económica de unir componentes.
- La soldadura oxiacetilénica se puede realizar en el campo.

Desventaja de las soldaduras oxiacetilénicas

- La totalidad de las operaciones de soldadura se hacen manualmente, lo cual involucra un alto costo de la mano de obra.
- La soldadura implica el uso de energía, lo cual es comprometido.
- Por ser una unión durable, no admite un desensamble adecuado.
- La unión soldada puede obtener defectos de calidad que son difíciles de mostrar.

Utiliza una unión oxígeno-acetileno. Por ello, mediante la combustión de estos dos gases se consiguen temperaturas que se aproximan a los 3.300 °C, que es la temperatura a la que se funden la mayoría de los metales. También ha de entenderse, que esta soldadura se utiliza para soldar acero, aleaciones ferrosas, aluminio, entre otros.

La soldadura oxiacetilénica es la representación más difundida de soldadura autógena. Por otro lado, entre estos tipos de soldaduras, que no es necesario el aporte de material, podemos nombrar las siguientes:

#### 4.1.1. Tipos de llama

Según Kalpakjian y S. (2009): “existe una diversidad de tipos de llama que se dan en el proceso de soldadura con oxígeno y combustible gaseoso, entre ellas se encuentran las siguientes” (p. 777):

##### Llama neutra

Un factor importante en la soldadura con oxiacetilénico es las proporciones del acetileno y el oxígeno en la mezcla del gas, a una reacción 1:1, esto es, cuando no hay exceso de oxígeno, se considera que se produce una llama neutra. Hay que saber identificar el tipo de llama y aprenderla a graduar en el equipo de soldadura, esta es una mezcla de oxígeno y acetileno, donde el acetileno es el gas que da la llama y el oxígeno es el que da la fuerza para fundir.

Así tenemos que la llama neutra, es la que obtenemos por medio de la mezcla de volúmenes iguales de oxígeno y acetileno. Esta llama es de color azul brillante, es reductora, adecuada para soldar aceros al carbono, hierro y cobre, ya que no precisa desoxidante, porque el oxígeno del aire se utiliza para completar la combustión.



Figura 4.1: Llama Neutra.  
Fuente: La soldadura Oxi-acetilénica (2017)

### Llama oxidante

Cuando existe un mayor suministro de oxígeno ésta se transforma en una llama oxidante. Esta llama es perjudicial, en especial para los aceros, debido a que los oxida, puesto que es el oxígeno está presente en mayor proporción que el combustible gaseoso. Sólo es preferible la llama oxidante en la soldadura de cobre y sus aleaciones, porque en estos casos forma una capa protectora delgada de escoria sobre el metal fundido.



Figura 4.2: Llama Oxidante.  
Fuente: Sherwin William (2017)

### Llama carburante

Se produce aumentando la proporción de acetileno, abriendo para eso la llave correspondiente del soplete. Esta llama se caracteriza por tener un dardo más largo que la llama neutra y se muestra como una lengüeta al final del cono. El tamaño de la lengüeta indica el exceso de acetileno en la llama, este exceso de acetileno a su vez produce aumento de carbono en la llama y de ahí el nombre de llama carburante. De igual manera, añade carbono al depósito y al metal que lo rodea.



Figura 4.3: Llama Carburante.  
Fuente: Wikimedia Commons (2017)

La clasificación establecida por el autor consultado deja claro que la soldadura con gas combustible o soldadura a la llama, ha sido el proceso de soldadura moderna que

más que más se ha desarrollado en los últimos años, pues en este proceso se funden las piezas de trabajo con el calor de una llama sin electricidad, la llama se produce por la combustión de un gas combustible con aire u oxígeno.

El corte con llama es un procedimiento de gran aplicación en numerosos campos de la industria como, por ejemplo, en la industria metalmecánica, aeronáutica, ferroviaria, de la construcción, naval, entre otros.

## 4.2. Procesos de soldadura con arco

Ingemecánica (2015) firma que: a soldadura por arco, tal como se entiende, se inició en Suecia, cuando Kjellber inventó el electrodo revestido. Hasta entonces los electrodos se fabricaban con varillas de acero extrasuave. En estas condiciones, el metal fundido, sin protección alguna, reacciona libremente con el oxígeno y el nitrógeno del aire, convirtiéndose al enfriar en un metal frágil.

La idea de Kjellber consistió en recubrir los electrodos con una pasta de polvo y aglomerante, de forma que al fundir se forme una escoria protectora, que impida el acceso del aire al baño de metal fundido. Se inicia así el proceso de dotar de un recubrimiento a los electrodos que proporcione mejores características y aspecto final al cordón de soldadura. El recubrimiento de los electrodos está constituido por óxidos minerales, carbonatos, silicatos y diversos compuestos orgánicos.

El protector del material fundido, proporciona otras ventajas como ser menos fusible que el metal del electrodo, forma una especie de vaina o capa protectora alrededor del arco que facilita su dirección y evita la formación de arcos secundarios y ioniza mejor el aire que rodea la zona a soldar.

Al respecto Kalpakjian y S. (2009) señala que: “en la soldadura con arco, el calor que se requiere se obtiene de la energía eléctrica. El proceso puede implicar un electrodo consumible o uno no consumible (varilla o alambre). Se produce un arco entre la punta del electrodo y de la pieza que se va a soldar, mediante una fuente de poder de corriente alterna o de corriente directa. Este arco produce temperaturas de unos 30,000 grados centígrados, mucho mayores que las desarrolladas en la soldadura con oxígeno y combustible gaseoso” (p. 779).

Por otro lado, Groover (2009) establece que: “la soldadura por arco, es un proceso de soldadura por fusión en el cual la unificación de los metales se obtiene mediante el calor de un arco eléctrico entre un electrodo y el trabajo. Sus implicaciones incluyen la construcción, instalaciones de tuberías, estructuras de maquinaria, construcción de embarcaciones, tiendas de manufactura y trabajos de reparación. Del mismo modo, la soldadura por arco se usa para soldar dos o más metales, sean estos aceros, hierros fundidos y ciertas aleaciones no ferrosas. No se usa en las aleaciones de cobre y titanio” (p. 729).

Podemos establecer entonces que la soldadura por arco es aquella donde se induce una diferencia de potencial entre el electrodo y la pieza a soldar, con lo cual se ioniza el aire entre ellos y pasa a ser conductor, de modo que se cierra el circuito y se crea el arco eléctrico. El calor del arco derrite parcialmente el material de base y el material de

aporte, el cual se deposita y crea el cordón de soldadura, por ejemplo, el arco eléctrico se forma manteniendo una separación de 3 milímetros entre el metal base y el material de aportación.

#### 4.2.1. Tipos de soldadura con arco

Kalpakjian y S. (2009), “afirma que los tipos de soldadura con arco son los siguientes” (p. 779):

##### Soldadura con arco y metal protegido:

La soldadura con arco y metal protegido (SMAW, Shielded Metal – Arc Welding) es uno de los procesos de unión más antiguos, sencillos y versátiles. Se le dice con metal protegido porque la varilla de soldadura está recubierta con un fundente, el cual tiene una importancia decisiva en la calidad de la soldadura, por otro lado, desde el punto de vista metalúrgico, el recubrimiento de los electrodos sirve para proteger el metal de la oxidación.

El arco eléctrico se genera tocando la pieza con la punta de un electrodo recubierto y retirándola con rapidez a la distancia suficiente para mantener el arco. Los electrodos tienen la forma de una varilla delgada y larga, por lo que este proceso se conoce también como soldadura con varilla. De la misma forma, este tipo de soldadura es utilizada comúnmente debido a la facilidad de transportación y a la economía de dicho proceso, tal como se observa en la figura 4.4.



Figura 4.4: Soldadura con Arco.  
Fuente: Du Pont (2018)

Este tipo de soldaduras poseen ciertas ventajas y desventajas para el proceso de manufactura, entre ellas tenemos las siguientes:

Ventajas de la soldadura con arco:

- El equipo de soldadura es portátil.
- Este tipo de soldadura es de bajo costo.
- Es el proceso más versátil y de mayor uso entre los procesos de AW.

Desventajas de la soldadura con arco:

- Los niveles de corriente deben mantenerse dentro de un rango seguro o el recubrimiento se recalientará y fundirá prematuramente cuando se empiece a usar una nueva varilla de soldadura.
- Otra de las desventajas de la soldadura como operación de producción proviene del uso de varillas de electrodos consumibles, porque estos deben cambiarse en forma periódica a causa del desgaste. Esto reduce el tiempo de arco eléctrico en este proceso de soldadura.

### **Soldadura con arco sumergido**

En la soldadura con arco sumergido (SAW, Submerged Arc Welding), el arco es protegido con un fundente granular formado por cal, sílice, óxido de manganeso, fluoruro de calcio y otros compuestos. El fundente granular es el que cubre el cordón de soldadura. Asimismo, en la soldadura por arco sumergido, el arco se establece entre la pieza a soldar y el electrodo, estando ambos cubiertos por una capa de flux granular (de ahí su denominación “arco sumergido”). Por esta razón el arco está oculto.

Este fundente se alimenta por gravedad a la zona de soldadura a través de una boquilla. La capa gruesa de fundente cubre totalmente el metal fundido, evita salpicaduras y las chispas, suprime la intensa radiación ultravioleta y los humos característicos del proceso de arco y metal protegido, también el fundente actúa como aislante térmico, facilitando la penetración profunda del calor en la pieza.

Esta soldadura es utilizada en vigas y perfiles estructurales, estanques, cilindros de gas, bases de máquinas, fabricación de barcos. De la misma manera, puede ser aplicado en el relleno de ejes, ruedas de ferrocarriles, entre otros, de allí que se presentan las siguientes ventajas para este proceso:

- Este proceso permite obtener depósitos de propiedades comparables o superiores a las del metal base.
- Rendimiento: 100
- Soldaduras homogéneas.
- Soldaduras 100 % radiográficas.
- Soldaduras de buen aspecto y penetración uniforme.
- No se requieren protecciones especiales.

### **Soldadura de arco, metal y gas**

En la soldadura de arco, metal y gas (GMAW, Gas Metal – Arc Welding), llamada antes soldadura de metal en gas inerte (MIG), se protege el área de soldadura con una atmósfera inerte de argón, helio, dióxido de carbono o varias otras mezclas de gases. El alambre desnudo consumible se alimenta al arco en forma automática a través de una boquilla. Además de usar gases inertes de protección, en el metal del electrodo suele haber desoxidantes para evitar la oxidación del régulo del metal fundido. En la unión se pueden depositar varias capas de soldadura.

Este proceso es aplicable a todos los metales comercialmente importantes como el acero, aluminio, acero inoxidable, cobre y sus aleaciones, titanio, magnesio y algunos otros. Materiales por encima de 0.076 mm (0.030 in) de espesor pueden ser soldados en cualquier posición, incluyendo “de piso”, vertical y sobre cabeza. Por ello se establecen como ventajas de esta soldadura las siguientes:

- Proporciona buenos valores de resistencias.
- Es de fácil aplicación en todas las zonas y posiciones con una velocidad relativamente alta.
- No necesita tener acceso por ambos lados de las piezas a soldar, por lo que encuentra un gran campo de aplicaciones en la reparación de carrocerías.
- El arco siempre es visible para el operador.
- La pistola y los cables de soldadura son ligeros, haciendo muy fácil su manipulación.
- Es uno de los más versátiles entre todos los sistemas de soldadura.

### **Soldadura con arco y núcleo de fundente:**

El proceso de soldadura con arco y núcleo de fundente (FCAW, Flux – Coreé Arc Welding), se parece al de la soldadura con arco y metal en gas, con la excepción que el electrodo tiene forma tubular y está relleno con fundente (de aquí lo de núcleo de fundente). Los electrodos con núcleo producen un arco más estable, mejoran el contorno del cordón y producen mejores propiedades mecánicas del metal de soldadura.

Del mismo modo, el proceso se emplea para soldar aceros al carbono y de baja aleación, aceros inoxidables y hierros colados. También sirve para soldar por puntos uniones traslapadas en láminas y placas, así como para revestimiento y deposición de superficies duras. Igualmente, tiene amplia aplicación en trabajos de fabricación en taller, mantenimiento y construcción en el campo. Se ha usado para soldar en el ensamble de calderas y recipientes de presión. Entre las ventajas de este tipo de soldadura se encuentran:

- Depósito de metal de soldadura de alta calidad.
- El aspecto de la soldadura es recta y uniforme.
- Excelente perfil de las soldaduras de filetes horizontales.
- Es posible soldar muchos aceros dentro de un intervalo de espesores amplio.
- La soldadura es fácil de mecanizar.
- La eficiencia de depósito del electrodo es relativamente alta.
- Es fácil de usar.
- No requiere tanta limpieza previa.

Sumado a lo expuesto, Groover (2009) “señala que entre los procesos más importantes de soldadura con arco se encuentran los siguientes” (p. 730):

### **Soldadura metálica con arco protegido**

La soldadura metálica con arco protegido, (Shielded Metal Arc Welding, SMAW), es un proceso de soldadura con arco eléctrico que usa un electrodo consumible y consiste en una varilla de metal de aporte recubierta con materiales químicos que proporcionan un fundente y protección. La varilla de soldadura normalmente tiene una longitud entre 9 y 18 pulgadas y un diámetro de 3/32 a 3/8 de pulgada. El metal de aporte usado en la varilla debe ser compatible con el metal que se va a soldar, y por lo tanto la composición debe ser muy parecida a la del metal base.

### **Soldadura con arco sumergido**

La soldadura con arco sumergido, (Submerged Arc Welding, SAW), es un proceso que usa un electrodo de alambre desnudo consumible continuo, el arco eléctrico se protege mediante una cobertura de fundente granular. El alambre del electrodo se alimenta automáticamente desde un rollo hacia dentro del arco eléctrico. El fundente se introduce a la unión ligeramente adelante del arco de soldadura, mediante gravedad.

### **Soldadura metálica con arco eléctrico y gas**

La soldadura metálica con arco eléctrico y gas, (Gas Metal Arc Welding, GMAW), es un proceso en el cual el electrodo es un alambre metálico desnudo consumible y la protección se proporciona inundando el arco eléctrico con un gas. El alambre desnudo se alimenta en forma continua y automática desde una bobina a través de la pistola de soldadura.

### **Soldadura con núcleo de fundente**

La soldadura con núcleo de fundente, (Flux – Cored Arc Welding, FCAW), es un proceso en el cual el electrodo es un tubo consumible continuo que contiene fundente y otros ingredientes en su núcleo. Entre tales ingredientes se incluyen los desoxidantes y otros elementos de aleación. El alambre tubular con núcleo de fundente es flexible, y por lo tanto, se proporciona en forma de rollos que se alimenta continuamente a través de la pistola para soldadura con arco eléctrico.

En la soldadura metálica con arco protegido, el arco eléctrico se mantiene entre el final de la varilla recubierta y la pieza a soldar. Cuando el metal se funde, las gotas del electrodo se transportan a través del arco al baño del metal fundido, preservándose de la atmósfera por los gases producidos en la disgregación del revestimiento.

Por su parte, en la soldadura por arco sumergido, el arco de soldadura se forma entre la pieza a soldar y el electrodo, estando ambos cubiertos por una capa de flux granular, de ahí su nombre de soldadura con arco sumergido.

La soldadura metálica con arco eléctrico y gas ésta es conocida también con el nombre de gas, arco y metal, donde el arco eléctrico es mantenido entre un alambre consistente que actúa como un electrodo continuo junto a la pieza de trabajo. En este proceso, el arco y la soldadura fundida son protegidos por un chorro de gas inerte.

En lo que corresponde a la soldadura con núcleo de fundente el electrodo continuo no es sólido si no que está formado por un tubo resistente hueco que rodea al núcleo, relleno de flux.

El electrodo se forma, a partir de una banda metálica que es conformada en forma de U en una primera fase, en cuyo interior se deposita el flux y los componentes aleantes, cerrándose después mediante una serie de piezas de conformado.

### 4.3. Tipos de soldadura utilizados en la industria metalmecánica

La soldadura es un proceso de fabricación en donde se efectúa la unión de dos materiales, conseguido a través de la fusión en el cual las piezas son soldadas. Por lo demás, en los procesos industriales, la soldadura puede ser hecha en muchos ambientes diferentes, incluyendo el aire libre, debajo del agua y en el espacio.

Sin importar la localización, la soldadura es peligrosa, y se deben tomar las previsiones para evadir quemaduras, la descarga eléctrica, humaredas nocivas y la sobre exposición a la luz ultravioleta. Entre los tipos de soldadura utilizados en la industria tenemos:

#### 4.3.1. Soldadura fuerte

En este tipo de soldadura no ocurre la fusión de los metales base, solo se derrite el metal de aportación, en el proceso, el metal de aporte, también llamado el metal para soldadura fuerte, tiene una temperatura de fusión (líquida) superior a los 840<sup>o</sup> F pero menor que el punto de fusión (sólido) de los metales que se van a unir.

De allí que, Aga (2015) establece: “en la soldadura fuerte las varillas de material de aporte poseen un punto de fusión superior a los 450 °C y una vez en estado líquido, el material de aporte fluye a lo largo de las superficies a soldar por capilaridad”. Figura 4.5.

En este aspecto, Groover (2009) expresa que: “a soldadura fuerte es un proceso de unión en el cual se funde un metal de aporte y se distribuye mediante acción capilar entre las superficies empalmantes que se van a unir” (p. 771).

No obstante, para Vega (2014): “la soldadura fuerte se refiere a la unión de dos metales mediante un metal de aportación de menor punto de fusión de los metales base, pero mayor a los 450<sup>o</sup> C”.

Siendo este el caso de las aleaciones de plata para el soldeo fuerte, pues el punto de fusión de las aleaciones de plata oscila entre unos 600-750 °C, aunque existen aleaciones que pueden tener mayor o menor temperatura de fusión para diferentes casos de aplicación. La soldadura fuerte se utiliza tanto en joyería como en uniones que requieren mayor resistencia mecánica o resistencia a temperaturas de trabajo mayores que las que soporta la soldadura blanda.

La soldadura fuerte es la unión de los metales mediante el calor y la aportación de una varilla metálica, la cual debe tener un punto de fusión sobre los  $450^{\circ}\text{C}$ , pero menor que el punto de fusión de los metales que se han de unir. Asimismo, la soldadura fuerte se aplica en hornos, en la unión de aceros inoxidables austenítico, en aleaciones de aluminio. En el mismo sentido, en la soldadura fuerte, entre los principales usuarios de este proceso se encuentran los plomeros y electricistas, entre otros.

La soldadura fuerte es idónea en procesos donde no está permitida la fusión. Por ejemplo, la soldadura de pequeños soportes y abrazaderas a tuberías de motores, o en la unión de piezas de pequeño espesor y tamaño, donde las técnicas de fusión podrían destruir el material base. Asimismo, esta técnica es ampliamente usada en instalaciones de tuberías de líquidos y gases debido al impedimento que ofrece a la presencia de fugas.



Figura 4.5: Soldadura Fuerte.  
Fuente: Fotos Imágenes (2017)

### 4.3.2. Soldadura blanda

Aga (2015) alega que: en el proceso de soldadura blanda, los metales se sueldan con ayuda de varillas de metal de aporte de bajo punto de fusión por debajo de los  $450^{\circ}\text{C}$  y por debajo del punto de fusión de los metales a soldar. Este proceso se utiliza en la industria electrónica, en la joyería, entre otros.

Por su parte, Groover (2009) afirma que: “la soldadura blanda se define como un proceso de unión en el cual se funde un metal de aporte con un punto de fusión (líquido) que no excede los  $450^{\circ}\text{C}$  y se distribuye mediante acción capilar entre las superficies empalmantes de los metales que se van a unir. Los detalles de la soldadura blanda son similares a los de la soldadura fuerte y muchos de los métodos de calentamiento son iguales. Es importante señalar que, las superficies a soldar deben limpiarse con anticipación para que estén libres de óxidos, grasas, entre otros. Asimismo, debe aplicarse un fundente apropiado a las superficies empalmantes y calentarse, añadiendo a la unión un metal de aporte, denominado soldadura (soldante), y distribuyéndolo entre las partes que se ajustan estrechamente” (p. 777).

Cabe destacar que, Vega (2014) argumenta que: este tipo de soldadura nunca excederá los  $450^{\circ}\text{C}$ , como lo es el caso de la soldadura de estaño, cuyas aleaciones pueden tener puntos de fusión de  $180^{\circ}\text{C}$ - $210^{\circ}\text{C}$ . La soldadura blanda es muy útil en fontanería o

plomaría, pues se emplea en las uniones de tubos de cobre, también en electrónica y en la unión de accesorios en los circuitos eléctricos, de hecho, los circuitos impresos son un ejemplo de este tipo de aplicación de la soldadura blanda. Figura 4.6.

Podemos apreciar que la soldadura blanda es un tipo de soldadura que reside en unir dos pedazos de metal, que suele ser con frecuencia de cobre, hierro o latón, por medio de un metal de aporte de bajo punto de fusión (menor a los 450 °C) y por debajo del punto de fusión de los metales a soldar, regularmente se usa una aleación mezclada en su mayoría de estaño.



Figura 4.6: Soldadura Blanda.

Fuente: Yting (2017)

### 4.3.3. Soldadura por resistencia

Al respecto Kalpakjian y S. (2009) señala que: “la categoría de soldadura por resistencia abarca varios procesos en los que el calor requerido para soldar se produce mediante resistencia eléctrica a través de los componentes que se unen. Estos procesos tienen grandes ventajas, como, por ejemplo, no requerir electrodos combustibles, gases de protección, o fundentes, por lo que el calor generado en la soldadura por resistencia según el autor, se calcula a través de la siguiente ecuación” (p. 803).

$$H = I^2 R t$$

Donde:

H = calor generado en joule Watt – segundos

I = corriente en amperes

R = resistencia en ohm

T = tiempo de paso de corriente en segundos

En lo que corresponde a Groover (2009), este autor afirma que: “la soldadura por resistencia (en inglés Resistance Welding, RW), es un grupo de procesos de soldadura por fusión que utiliza una combinación de calor y presión para obtener una coalescencia, el calor se genera mediante una resistencia eléctrica dirigida hacia el flujo de corriente en

la unión a soldar” (p. 739).

Se establece que la soldadura por puntos es un procedimiento de soldaduras que se utiliza en láminas metálicas con espesores comprendidos entre los 0,3 – 3 milímetros de espesor, el cual se consigue calentando una pequeña área cuando se hace circular a través de ella una determinada cantidad de corriente eléctrica.

Esta soldadura se emplea para soldar roturas y cortes en piezas pesadas de hierro y acero, se utiliza el calor y la presión para unir las piezas metálicas. Por otro lado, podemos decir que una de las importancias más significativas de la soldadura por resistencia, es que es aplicable a casi todos los metales excepto el estaño.

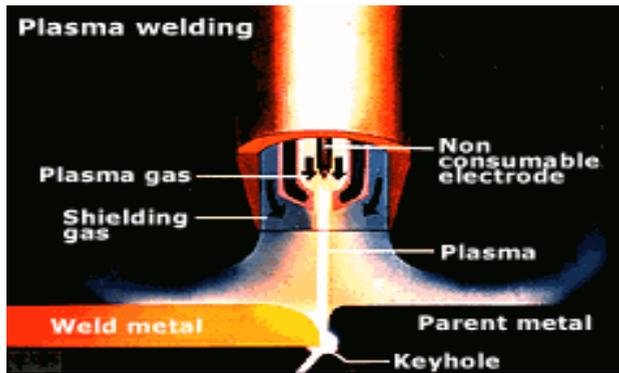


Figura 4.7: Soldadura por Resistencia.

Fuente: Esabna (2017)

#### 4.3.4. Soldadura de Puntos Por Resistencia

El diccionario motorgiga (2015) afirma que: “la soldadura por resistencia es una soldadura tipo autógena por presión en la cual la unión de las piezas se realiza sin la ayuda de materiales de aportación. Por sus características de rapidez de ejecución y economía, es el sistema más empleado en las grandes producciones de series”.

Este procedimiento fue patentado desde 1886, pero su aplicación a escala industrial comenzó en 1915, simultáneamente con el desarrollo de la red de distribución de la energía eléctrica con capacidades y potencias de carácter industrial. En aquellos años, la sociedad norteamericana Bud introdujo la soldadura por resistencia en las mayores fábricas estadounidenses, mientras que en Europa la Citroën fue la primera en este sistema en los años 20.

El calor necesario para unir las piezas se obtiene por efecto Joule haciendo que por la zona de unión circule una corriente eléctrica de intensidad elevada y a baja tensión. En el caso más simple y extendido, este efecto se obtiene poniendo en contacto con las piezas que se pretende soldar dos electrodos de cobre situados en los extremos de un circuito secundario de un transformador de corriente.

A este respecto, Kalpakjian y S. (2009) manifiesta que: “en la soldadura de puntos por resistencia, las puntas de dos electrodos opuestos, cilíndricos y sólidos tocan una unión de traslape (cubra) en dos láminas metálicas, y el calentamiento por resistencia produce un punto de soldadura. Para obtener una buena liga en el punto o botón de soldadura, se aplica presión hasta que se elimina la corriente. En la soldadura de puntos por resistencia son esenciales el control exacto y la sincronización de la corriente eléctrica, así como de la presión” (p. 805).

Siguiendo el mismo orden de ideas, Groover (2009) señala que: “la soldadura por puntos de resistencia se usa ampliamente en la producción masiva de automóviles, aparatos domésticos, muebles metálicos y otros productos hechos a partir de láminas metálicas. Asimismo, este tipo de soldadura es un proceso en el cual se obtiene la fusión en una posición de las superficies empalmantes de una unión superpuesta, mediante electrodos opuestos, se utiliza en láminas metálicas con un grosor de 3 milímetros” (p. 741).

El funcionamiento de este proceso reside en hacer pasar una corriente eléctrica de gran energía a través de los metales que se van a unir, siendo la resistencia mayor que en el resto de sus cuerpos, se establecerá el aumento de temperatura en la junta lográndose de esta manera la unión.

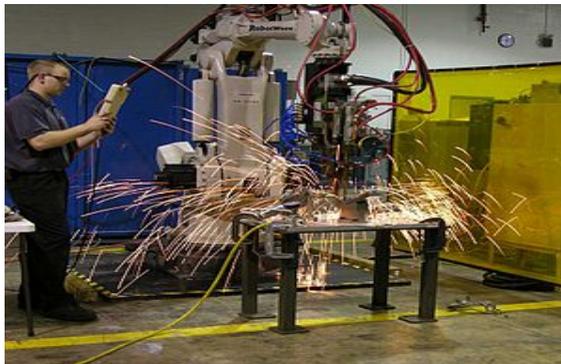


Figura 4.8: Soldadura por Puntos.  
Fuente: Robotworx (2018)

#### 4.4. Tipos de sujetadores roscados empleados en la industria metalmecánica.

Los sujetadores roscados son dispositivos que ayudan a sujetar dos o más miembros de un sistema mecánico. Esta utilidad depende de la función para lo que fueron hechos y no de cómo son empleados en casos específicos del ensamblado. En este sentido, si un elemento está diseñado de tal modo que su función primaria sea quedar instalado dentro de un agujero roscado, recibe el nombre de tornillo. Del mismo modo, si un elemento está diseñado para ser instalado con una tuerca, se denomina perno. Un espárrago o perno con doble rosca, es una varilla con rosca en sus dos extremos; uno entra un agujero roscado y el otro recibe una tuerca.

En referencia a este tema, Groover (2009) señala que; “los sujetados roscados son componentes separados del equipo que tienen roscas externas o internas para el ensamble de partes. En casi todos los casos permiten el desensamble” (p. 790). Al respecto, Kalpakjian y S. (2009) sostiene que: “los tornillos y tuercas son los sujetadores roscados de uso más frecuente y para fabricarlos se deben seguir una serie de normas y especificaciones, que incluyen las dimensiones de rosca, tolerancias, paso, resistencia y calidad de estos sujetadores” (p. 857). Ver figura 4.9.

Tomando en consideración los conceptos expuestos podemos establecer que, los sujetadores roscados son dispositivos mecánicos que sirven para impedir el movimiento entre piezas que acoplan. Este tipo de artefactos se utilizan ampliamente en la elaboración de casi todos los diseños de ingeniería. En cuanto a los tornillos éstos suministran un método respectivamente rápido y fácil para mantener unidas dos partes y para ejercer una fuerza que se pueda utilizar para ajustar partes móviles.

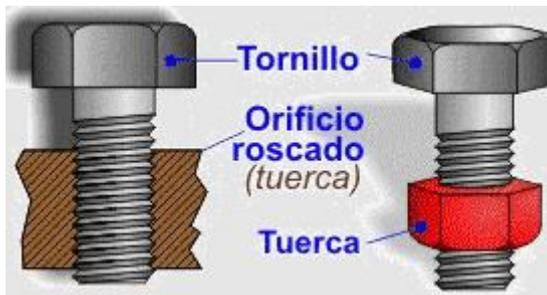


Figura 4.9: Tornillo con Tuerca.  
Fuente: Cnice (2017)

#### 4.4.1. Tornillos

Groover (2009) establece que: Un tornillo es un sujetador con rosca externa que, por lo general, se ensambla en un orificio roscado ciego. Algunos tipos, denominados tornillos autor roscados, poseen geometría que les permiten formar o cortar las roscas correspondientes en el orificio. De hecho, los tornillos se utilizan para el trabajo en madera, paredes, chapas metálicas, uniones metálicas, entre otros” (p. 790).

Bawa (2009), establece que: “los sujetadores de tornillos son particularmente útiles cuando se desea fijar un componente por sus extremos, facilitando este arreglo un fácil maquinado de la superficie superior de la pieza de trabajo” (p. 442). Siguiendo el orden de ideas, se llama tornillo a un elemento mecánico cilíndrico dotado de cabeza, normalmente metálico, el cual es utilizado en la unión de piezas con otras, el cual está conferido con una rosca triangular, que mediante una fuerza de torsión realizada en su cabeza con un destornillador se puede implantar en un orificio roscado y acoplarse a una tuerca.

Los sujetadores roscados son dispositivos mecánicos que en general, sirven para impedir el movimiento entre piezas que acoplan. Los sujetadores roscados se usan ampliamente en la elaboración de casi todos los diseños de ingeniería. Los tornillos suministran

un método respectivamente rápido y fácil para mantener unidas dos partes y para ejercer una fuerza que se pueda utilizar para ajustar partes móviles.



Figura 4.10: Tornillo.  
Fuente: Todo Maderas (2017)

#### 4.4.2. Pernos

Groover (2009) establece que: “Un perno es un sujetador con rosca externa que se inserta a través de orificios en las partes y se asegura con una tuerca en el lado opuesto. Por otra parte, los pernos se usan para ensamblar dos partes mediante una tuerca y están disponibles con rosca en un extremo o en ambos. Por otro lado, los insertos con tornillo de rosca son pernos sin cabeza con rosca interna hechos para insertarse en un orificio sin rosca y para aceptar un sujetador con rosca externa. Se ensamblan en materiales más débiles como por ejemplo, plástico, madera y metales ligeros tales como el magnesio” (p. 790).



Figura 4.11: Perno.  
Fuente: Directindustry (2018)

#### 4.4.3. Tuercas

Groover (2009): “Es un sujetador con rosca interna que coincide con la del perno del mismo diámetro, paso y forma de rosca. Se sabe a sí mismo, que las tuercas son utilizadas

en los montajes industriales para el apriete rápido de herramientas neumáticas. Es muy común utilizarlas también en el anclaje de ejes de transmisión, entre otros” (p. 790).



Figura 4.12: Tuerca.  
Fuente: Druzhkovka (2018)

#### 4.4.4. Arandela

Una arandela es un componente de equipo que se usa con frecuencia en los sujetadores roscados para asegurar la firmeza de la unión mecánica, en forma más simple, es un anillo delgado plano de chapa de metal.

Las arandelas tienen varias funciones, entre las cuales están las de distribuir las tensiones que de otra forma se concentrarían en la cabeza del perno o tornillo o en la tuerca, asimismo, proporcionan apoyo para orificios de separación grandes en las partes ensambladas, aumentar la presión, proteger las superficies de las partes, sellar la unión y resistir el aflojamiento inadvertido.

De acuerdo con el Diccionario de la Lengua Española (2015): “una arandela es una pieza en forma de anillo que se usa para asegurar el cierre hermético de una junta o para evitar el roce entre dos piezas: cuando se coloca la arandela entre la tuerca y el tornillo”.

Por ello, una arandela es un aro delgado con un orificio, por lo normal en el centro, que es utilizada para soportar una carga de apriete. Entre los tipos de arandela tenemos:

- Arandelas planas Zincadas o de Presión.



Figura 4.13: Arandela Plana Zincadas.  
Fuente: Buloneracentral (2017)



Figura 4.14: Arandela de Cuña de Acero.  
Fuente: Washers (2017)

- Arandelas de Cuñas de Acero al Carbón.
- Arandelas de Cuñas de Acero al Carbón.



Figura 4.15: Arandelas Planas de Aceros Inoxidables  
Fuente: Megastorerc (2017)

#### 4.4.5. Sujetador de Pivote

Bawa (2009) establece que: “el sujetador de pivote consiste en una tira y un tornillo, el cual elimina el uso de llaves para sujetar la pieza de trabajo, la cual se sujeta rápidamente haciendo girar el tornillo, el que, a su vez, actúa como pivote para sujetar y liberar” (p. 442).

### 4.5. Métodos de ensamble basados en ajustes por interferencia

Hay varios métodos de ensamble que se basan en la interferencia mecánica entre dos partes coincidentes que se van a unir. Lo que sostiene juntas las partes en la interferencia, ya sea durante el ensamble o después de que se unen.

En este sentido, tenemos que los ajustes de agarre automático son la unión de dos partes, en las cuales los componentes que concuerdan tienen una interferencia temporal mientras se oprimen juntos, pero una vez que se conectan se acoplan para conservar el ensamble.

A este respecto refiere Groover (2009) que: “estos métodos incluyen el ajuste por contracción y expansión, dispositivos de agarre automático y anillos de retención” (p. 799).

### 4.5.1. Ajuste por contracción y expansión

Estos términos hacen referencia al ensamble de dos partes que tienen un ajuste por interferencia a temperatura ambiente. El caso común es una chaveta o eje cilíndrico ensamblado dentro de un collarín. Durante el ensamblado de ajuste por contracción, se calienta la parte externa para agrandarla mediante expansión térmica.

Posteriormente se ensamblan las partes y se devuelven a la temperatura ambiente para que la parte externa se encoja, previo enfriamiento, y la parte interna se expande para formar un sólido de ajuste por interferencia.

El ajuste por expansión ocurre cuando sólo la parte interna se enfría y se contrae para un ensamble, una vez que se inserta en el componente correspondiente, se calienta a temperatura ambiente, expandiéndola para crear el ensamble por interferencia. Estos métodos de ensamble se usan para ajustar piñones, poleas, mangas y otros componentes dentro de ejes sólidos y huecos.



Figura 4.16: Contracción y Expansión.  
Fuente: Wordpress (2017)

### 4.5.2. Ajuste de agarre automático

Este tipo de agarre automático es una modificación de los ajustes por interferencia. Un ajuste de agarre automático implica la unión de dos partes, en los cuales los elementos que coinciden poseen una interferencia temporal mientras se oprimen juntos, pero una vez que se ensamblan se entrelazan para conservar el ensamble.

Las ventajas del ensamble de agarre automático incluyen que las partes pueden diseñarse con características de auto alineación, no se requieren herramientas especiales y el ensamble se consigue con mucha rapidez.

Básicamente, el ajuste por agarre automático se concibió como un método que sería conveniente para aplicaciones robóticas industriales; sin embargo, no es sorprendente que las técnicas de ensamble que resultan más fáciles para los robots también lo sean para las personas que trabajan en el ensamblado.

### 4.5.3. Anillo de retención

Se conoce también como anillo de mordaza, es un sujetador que se agarra a presión dentro de un surco que forma una circunferencia sobre un eje o un tubo para establecer un hombro. El ensamble se usa para ubicar o limitar el movimiento de partes montadas en el eje.

Por otro lado, los anillos de retención son utilizados como dispositivos de seguridad y de sujeción en multitud de componentes, como, por ejemplo, en automóviles, en la construcción de maquinarias pesadas y máquinas de precisión, en la industria eléctrica y electrónica.

Finalmente, la utilización de estos mecanismos de fijación conlleva a una confianza en el trabajo, al ahorro de material y al tiempo en comparación con otros tópicos de fijación.



Figura 4.17: Anillos de Retención.

Fuente: Hego (2018)

## Actividades de autoevaluación

1. Tomando como base los planteamientos teóricos de los temas 1 y 2 de esta unidad, complete las siguientes afirmaciones.

- a. La soldadura ..... gaseoso es un término general para describir cualquier proceso de soldadura que use un gas combustible con oxígeno para producir una .....
- b. La soldadura ..... un proceso de soldadura por fusión realizado mediante una ..... de alta temperatura a partir de la combustión del ..... y el acetileno.
- c. La soldadura ..... es aquella donde se introduce una diferencia de potencial entre el ..... y la pieza a ....., con lo cual se ioniza el aire entre ellos y pasa a ser conductor, de modo que se cierre el circuito y se crea el ..... eléctrico.
- d. En la soldadura con ..... sumergido el fundente se alimenta por gravedad a la zona de ....., a través de una boquilla.
- e. La soldadura de arco, ....., y gas, fue llamada antes soldadura de metal en ..... inerte (MIG).

2. De acuerdo a los planteamientos teóricos del punto 3, investigar y conceptualizar los siguientes términos:

- a. Acero  
.....
- b. Soldadura fuerte  
.....
- c. Soldadura blanda  
.....
- d. Soldadura por resistencia  
.....
- e. Soldadura por puntos de resistencia  
.....

3. Tomando como base los fundamentos teóricos correspondiente al punto 4 y 5 en la presente unidad, señale con una (V) si es verdadero o con una (F) si es falso, las siguientes afirmaciones:

- a. Los tornillos autorroscados, poseen geometría que les permiten formar o cortar las roscas correspondientes en el orificio. ( )
- b. Los pernos se usan para ensamblar dos partes mediante una tuerca y no están disponibles con rosca en un extremo o en ambos. ( )
- c. La arandela es un anillo delgado plano de chapa de metal. ( )
- d. Los ajustes por contracción y expansión son métodos de ensamble que se usan para ajustar piñones, poleas, mangas y otros componentes dentro de ejes sólidos y huecos. ( )
- e. Entre las ventajas del ensamble de agarre automático se incluyen que las partes pueden diseñarse con características de auto alineación y no se requieren herramientas especiales y el ensamble se consigue con mucha rapidez. ( )
- f. El anillo de retención es un sujetador que se agarra a presión dentro de un surco que forma una circunferencia sobre un eje o un tubo para establecer un hombro. ( )

4. En función del contenido estudiado en el punto 1, elabore un cuadro comparativo de las diferencias existentes entre los tipos de llama que se utilizan en el proceso de soldadura, tomando en cuenta sus características.

Proceso de soldadura	
Tipos de llamas	Características

5. Relacione las afirmaciones de la columna izquierda con su correspondiente pareja de la columna derecha, tomando en cuenta el contenido correspondiente al punto 2 de la presente unidad.

- |   |   |
|---|---|
| 1. Es un proceso de soldadura por fusión en la cual la unificación de los metales se obtiene mediante el calor de un arco eléctrico entre un electrodo y el trabajo   | a. Soldadura metálica con arco protegido.       |
| 2. Es un proceso de soldadura con arco eléctrico que usa un electrodo consumible y consiste en una varilla de metal de aporte recubierta con materiales químicos que proporcionan un fundente y protección. | b. Soldadura con Núcleo de Fundente.            |
| 3. Es un proceso en el cual el electrodo es un tubo consumible continuo que contiene fundente y otros ingredientes en su núcleo.  | c. Soldadura con arco.                          |
| 4. Este tipo de soldadura es utilizada en vigas y perfiles estructurales, estanques, cilindros de gas, bases de máquinas, fabricación de barcos.  | d. Soldadura metálica con arco eléctrico y gas. |
| 5. Es un proceso en el cual el electrodo es un alambre metálico desnudo consumible y la protección se proporciona inundando el arco eléctrico con un gas.   | e. Soldadura con Arco Sumergido.                |



## Capítulo 5

# Procesos de automatización

### 5.1. Proceso de automatización en la industria de la manufactura

La industria de la automatización es un espacio muy amplio, habitualmente se refiere a los productos de máquina automatizada usados en los sectores manufacturero, comercial, arquitectónico, agrícola y del transporte. Por otro lado, la maquinaria automatizada desempeña un papel trascendental en la provisión de hardware para todos los procesos de automatización industrial.

Groover (2009) “asegura que la automatización consiste en estaciones de trabajo automatizadas conectadas a un sistema de transferencias de partes que las coordina. En una situación ideal, no hay trabajadores en la línea, excepto para realizar funciones auxiliares tales como cambiar herramientas, cargar y descargar partes, reparación y mantenimiento. Las líneas automatizadas modernas son sistemas integrados que operan bajo el control de una computadora” (p. 915).

Por otra parte, Bawa (2009) alega que: “a las máquinas capaces de manejar la pieza de trabajo, así como realizar las operaciones de corte de metales sin la intervención del operario, se les conoce con el nombre de máquinas automáticas. Estas juegan un papel vital en el incremento de la capacidad de producción y se utilizan desde hace mucho tiempo en la producción de componentes. En la actualidad, la tecnología de las máquinas herramientas automáticas está tan avanzada que todas las operaciones, desde la alimentación de materia prima para sujeción, maquinado, inspección de la pieza de trabajo, se pueden llevar a cabo sin intervención de los operarios” (p. 478).

En este sentido, la secuencia de operaciones se efectúa en base a los requisitos de la pieza de trabajo. De esta manera, para controlar la operación, se utilizan diversos dispositivos como levas, topes, ajustadores, mecanismos transportadores, entre otros. En resumen, la función de un operador es renovar la barra de material cuando esta se agota e inspeccionar las piezas de trabajo a intervalos regulares durante la operación.

La automatización es un sistema donde se transfiere labores de producción, realizadas frecuentemente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos,

de hecho, este proceso consta de dos partes principales: la fase operativa, es aquella que actúa directamente sobre la máquina, en otras palabras, son los elementos que permiten el movimiento de la máquina, y que ésta realice la operación deseada; la fase de mando, caracterizada por ser un androide programable.

En un sistema de producción automatizado, tal es el caso de las industrias para el ensamblaje de vehículos, el autómatas programable se encuentra en el centro del sistema y es capaz de comunicarse con todos los componentes del sistema automatizado.



Figura 5.1: Automatización Industrial.  
Fuente: Automatización Industrial (2018)

### 5.1.1. Métodos que se emplean para lograr la automatización

Bawa (2009) afirma que: “los métodos que se emplean para lograr la automatización en las máquinas herramientas son los siguientes” (p. 478):

- Arreglos de alimentación, como tolvas alimentadoras y rollos de alimentación de cinta. Una tolva es un dispositivo destinado al depósito de viruta de la barra de material que es maquinado en los tornos de control numérico.
- Incorporación de levas y movimientos mecánicos: los tornos se pueden automatizar mediante estos dispositivos para producir piezas de acuerdo con la capacidad del torno.
- Máquinas de propósitos especiales, diseñadas específicamente para realizar operaciones de mecanizados, como formadores y generadores de engranajes, brochadoras, entre otros.
- Sistemas de máquinas de transferencias: en este sistema, las máquinas se fabrican mediante una colección de unidades de maquinado ensambladas, que se diseñan para realizar una secuencia de operaciones deseadas.
- Últimamente, los autómatas han cambiado hacia la tecnología de máquinas herramientas mediante el uso de circuitos de control de retroalimentación y computadoras.

Estos métodos de la ingeniería automática se basan en el uso de modelos metódicos del proceso que se desea estudiar logrados de forma teórica o experimental. Por otro lado, a partir de estos modelos se logran usar procedimientos probados para obtener sistemas de control para los mismos.

La automatización tiene gran importancia, con los siguientes métodos: en la identificación y estimación de parámetros, en el control de fallas, en el control adaptativo, los cuales pueden tomar decisiones en función de la información que obtienen a través de sus sensores.

Los mismos son de gran importancia en mecatrónica, ya que son usados en el control digital de robots, máquinas herramientas, motores, vehículos, sistemas hidráulicos y neumáticos, entre otros.



Figura 5.2: Automatización Robótica.  
Fuente: Áreas de la Robótica (2019)

### 5.1.2. Objetivos de la automatización

Según Kalpakjian y S. (2009), “la automatización tiene los siguientes objetivos” (p. 1024).

- Integrar diversos aspectos de las operaciones de manufactura con el fin de mejorar la calidad y la uniformidad del producto, por otra parte, minimizar los tiempos de ciclo y esfuerzos, y finalmente reducir los costos de mano de obra.
- Mejorar la productividad, reduciendo los costos de manufactura a través del mejor control de la producción. Las piezas se cargan, alimentan y descargan de las máquinas con más eficiencia, las máquinas se usan con mayor eficacia y la producción se organiza con más eficiencia.
- Mejorar la calidad del producto empleando procesos más repetibles.
- Reducir la intervención humana, el aburrimiento y la posibilidad de error humano.
- Reducir daños a las piezas, causados por el manejo manual de las partes.
- Aumentar el nivel de seguridad para el personal, en especial bajo condiciones de trabajo peligrosas.
- Encontrar espacio en la planta de manufactura, máquinas, el movimiento de materiales y el equipo auxiliar.

## 5.2. Proceso de control numérico empleado en la industria manufacturera

García (2015) afirma que: el CNC tuvo su origen a principios de los años cincuenta en el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT), en donde se automatizó por primera vez una gran fresadora. En esta época las computadoras estaban en sus inicios y eran tan grandes que el espacio ocupado por la computadora era mayor que el de la máquina.

“Control Numérico Computarizado”. Es una máquina que usa una computadora con la cual controla la posición y velocidad de los motores que accionan los ejes de la máquina. Gracias a esto, puede hacer movimientos que no se pueden lograr manualmente como círculos, líneas diagonales y figuras complejas tridimensionales.

Una máquina CNC, es una computadora que controla el movimiento de la mesa, el carro y el husillo. Una vez programada la máquina, ésta ejecuta todas las operaciones por sí sola, sin necesidad de que el operador esté manejándola. Esto permite aprovechar mejor el tiempo del personal para que sea más productivo.

De acuerdo con Kalpakjian y S. (2009), “el Control Numérico (CNC), es un método para controlar los movimientos de las partes de las máquinas, insertando en forma directa al sistema, instrucciones codificadas en forma de números y letras. El sistema interpreta, en forma automática, esos datos y los convierte en señales de salida” (p. 1029).

Las señales controlan varios componentes de la máquina, por ejemplo, encendiendo y apagando el giro del husillo, cambiando herramientas, desplazando la pieza o las herramientas en trayectorias específicas, o encendiendo o cortando las salidas de los fluidos de corte.

Igualmente, Bawa (2009) establece que: “el control numérico de las máquinas herramientas es el proceso de controlar a ésta y sus operaciones por medio de programas preparados” (p. 489).

Es un sistema en el que las acciones se controlan mediante la inserción de datos numéricos. De este modo, en las máquinas herramientas de control numérico, la información de entrada para controlar los movimientos de la máquina herramienta se proporcionan mediante una cinta de papel perforado, o una cinta magnética, en un lenguaje codificado.

Podemos afirmar que el CNC, es un tipo de torno operado mediante una computadora, el cual ofrece una gran capacidad de producción y precisión en el mecanizado por su estructura funcional y porque los valores tecnológicos del mecanizado están regidos por el ordenador que lleva incorporado, este tipo de máquina procesa las instrucciones en secuencia contenidas en un software que previamente han sido confeccionadas por un programador conocedor de la tecnología de mecanizado en torno.



Figura 5.3: Torno de Control Numérico.  
Fuente: FAMA. (2018)

Para obtener estas funciones se encuentran los operadores, quienes van a ser los encargados de manejar este tipo de torno, pues estos empleados deben cumplir con ciertos requisitos o poseer las siguientes competencias, lo cual permitirá un buen funcionamiento del CNC; primeramente deben tener conocimientos sobre álgebra, geometría, trigonometría, diseño y selección de la herramienta de corte, en segundo lugar poseer un buen manejo de instrumentos de medición, interpretación de planos de fabricación, conocimientos sobre programación, mantenimiento y operación de equipos de control numérico, entre otros.



Figura 5.4: Sistema de Control en CNC.  
Fuente: Interempresas (2017)

### 5.2.1. Programación de Control Numérico

Kalpakjian y S. (2009) señala que: “el término programa es derivado del latín programa, que, a su vez, tiene un origen del vocablo griego, posee muchos significados. Es un elemento imprescindible para el normal funcionamiento de una computadora, puede ser tanto un programa ejecutable como un código fuente que es escrito por los programadores. En el ámbito tecnológico se puede hablar de multitud de programas que tienen como objetivo el que podamos realizar una tarea concreta de una manera sencilla en una computadora, como, por ejemplo, elaborar una pieza de acero según las dimensiones indicadas en un plano de fabricación” (p. 1036).

Asimismo, el autor antes mencionado afirma: “Un programa de control numérico consiste en una secuencia de instrucciones dadas a una máquina de control numérico, para que ésta efectúe cierta operación, el proceso más común es el maquinado. La programación del control numérico se puede hacer en un departamento interno de programación, en el taller”.

En el mismo sentido Bawa (2009) afirma que: “la programación de partes mediante control numérico es el procedimiento que comprende una secuencia de pasos que se realizan en las máquinas de control numérico en la forma requerida por una computadora. Del mismo modo, este proceso incluye todos los pasos necesarios de las operaciones para producir una pieza de trabajo con la forma y el tamaño requerido. Siguiendo el mismo orden de ideas, la programación de control numérico es un proceso a través del cual se escribe un enunciado de codificación, el cual es sometido a ensayo, se perfecciona y se conserva el símbolo de un programa” (p. 519).



Figura 5.5: Programación de Control Numérico.  
Fuente: Emagister (2017)

### 5.2.2. Tipos de programas en control numérico

Según Kalpakjian y S. (2009), “para el control numérico existen diversos programas que facilitan sus operaciones, tenemos así la programación manual de la pieza, la cual consiste en calcular primero las relaciones dimensionales de la herramienta, la pieza y la mesa, con base en planos técnicos de la parte, incluyendo el diseño asistido por compu-

tadora (CAD), las operaciones de manufactura que se harán y su orden, se prepara entonces una hoja de programa, donde se detalla la información necesaria para efectuar la operación particular y a continuación se ordena el programa de la pieza, con base en esta información” (p. 1036).

De igual manera, Groover (2009) destaca que: “el uso de sistemas, diseño asistido por computadora y manufactura asistido por computadora (CAD/CAM) lleva a la programación de partes asistida por computadora un paso adelante, usando un sistema gráfico computarizado CAD/CAM que interactúa con el programador conforme se prepara el programa de partes. Cuando se usa un sistema CAD/CAM, el programador recibe una verificación visual inmediata conforme introduce cada enunciado para determinar si es correcto. Cuando el programador introduce la geometría de partes, el elemento se despliega gráficamente en el monitor, cuando diseña la trayectoria de una herramienta, ve exactamente cómo se desplazarán los comandos de movimiento a la herramienta, en relación con la parte. Los errores se corrigen de inmediato y no después de escribir el programa completo” (p. 937).

En el marco de lo señalado, podemos establecer que el Diseño Asistido por Computadora (CAD) es la herramienta principal para la creación de piezas exactas e isométricas versátiles encargadas internamente en los procesos de gestión del ciclo de vida de productos que involucran software y hardware especiales. Por otro lado, a través del CAD, se diseña la pieza que se desea fabricar, haciendo uso de una computadora y herramientas de dibujo y moldeado sólido. También ha de entenderse, que la manufactura asistida por computadora (CAM), involucra el uso de computadores y tecnología de procesamiento de datos para ayudar en todas las etapas de elaboración de un producto, incluyendo la planeación del proceso y la producción, maquinado, gestión y control de calidad.



Figura 5.6: Programación de Control Numérico.

Fuente: webquest (2018)

### 5.2.3. Sistema de coordenadas

Para especificar las posiciones en el CN se usa un sistema de ejes de coordenadas estándar, este sistema consiste en los tres ejes lineales, (x, y, z) del sistema de coordenadas cartesianas, además de tres ejes rotatorios (a, b, c), éstos últimos se usan para que

la parte de trabajo gire y presente diferentes superficies durante el maquinado, o para orientar la herramienta o cabezal de sujeción en algún ángulo en relación con la parte. Casi todos los sistemas de control numérico no requieren que funcionen los seis ejes.

Sobre el asunto, Groover (2009) argumenta que: “los sistemas de control numérico más sencillo de posicionamiento, cuyas ubicaciones se definen en un plano  $x - y$ . La programación de estas máquinas implica especificar una secuencia de coordenadas  $x - y$ , en contraste, algunas máquinas herramienta tienen un control de 5 ejes para dar forma a geometrías de partes de trabajo complejas. Por lo común, estos sistemas incluyen tres ejes lineales y dos rotatorios” (p. 927).

Mientras Bawa (2009) establece que: “para planear la secuencia de las posiciones y los movimientos de una herramienta de corte con relación a la pieza de trabajo, es necesario establecer un sistema estándar de ejes mediante el cual se puedan clasificar las posiciones relativas. Así tenemos, en un taladro de husillo NC, el husillo se encuentra en una posición vertical y la mesa se mueve y se controla con relación al husillo” (p. 521).

Se puede suponer que la pieza de trabajo es estacionaria, mientras que la broca se mueve con relación a ella. Constantemente, el sistema de ejes de coordenadas se puede establecer con respecto a la mesa de la máquina, como se muestra en la imagen 5.3. Dos ejes  $X$  y  $Y$ , se definen en el plano de la mesa. El eje  $Z$  es perpendicular a este plano. De esta manera, de acuerdo con su capacidad, los taladros de husillo NC se clasifican como máquinas de dos y tres ejes.

Un sistema de coordenadas describe la ubicación de un objeto expresando numéricamente su distancia desde una posición fija a lo largo de tres ejes lineales imaginarios  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ .

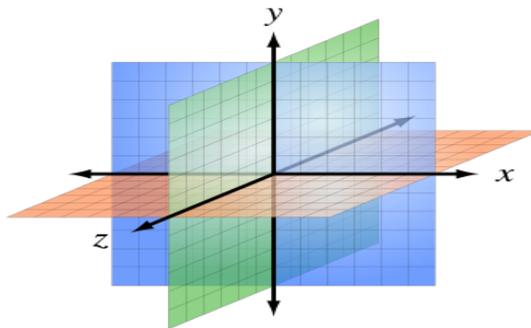


Figura 5.7: Sistema de Coordenadas.  
Fuente: Ingres (2017)

#### 5.2.4. Tipos de Sistemas de Control Numérico

En este sentido Kalpakjian y S. (2009) “argumenta que el control numérico posee dos tipos básicos de sistemas de control: punto a punto y de contorno” (p. 1034).

### **Sistema punto a punto**

En un sistema de punto a punto, cada eje de la máquina se impulsa por separado con sinfines, y dependiendo del tipo de operación, a distintas velocidades. La máquina se mueve al principio con velocidad máxima, para reducir el tiempo improductivo, pero desacelera cuando la herramienta se acerca a su posición definida numéricamente.

En una operación como taladrado, el posicionamiento y el corte se hacen en forma secuencial. Después de perforar el orificio, la herramienta se retrae hacia arriba y se mueve con rapidez a otra posición, y la operación es repetida. La trayectoria de una posición a otra sólo es importante desde un punto de vista: se debe elegir para minimizar el tiempo de recorrido, con el fin de aumentar la eficiencia. Los sistemas punto a punto son usados principalmente en el taladrado, punzonado y en la operación de fresado recto.

### **Sistema de contorno**

En un sistema de contorno o de trayectoria continua, el posicionamiento y las operaciones son realizados a lo largo de trayectorias controladas, pero a distintas velocidades. Como la herramienta funciona al mismo tiempo que se desplaza a lo largo de una trayectoria predefinida, son importantes el control exacto y la sincronización de las velocidades y los movimientos. El sistema de contorno es típicamente usado en tornos, fresadoras, rectificadoras, soldadoras y centros de maquinado.

De igual manera, Bawa (2009), plantea que: “las máquinas de control numérico presentan los siguientes tipos de control” (p. 494):

### **Sistema punto a punto**

En este sistema, la máquina herramienta realiza operaciones de maquinado en las posiciones seleccionadas y no afecta la pieza de trabajo mientras se mueve de un punto al siguiente. La operación de un taladro con coordenadas de posicionamiento es un ejemplo de este sistema.

### **Sistemas de trayectoria continua**

Este es un sistema en el que se controla continua y simultáneamente el movimiento en más de un eje, lo cual permite maquinar perfiles, contornos y superficies curvas.

El sistema requiere control simultáneo para que sus posiciones relativas y velocidades se ajusten en puntos determinados a lo largo de la operación. También, este sistema se utiliza en fresado, torneado, máquinas rectificadoras, entre otras.

Posteriormente se realiza dicho posicionamiento, sin afectar en absoluto el recorrido realizado, puesto que lo único que importa es alcanzar con precisión y rapidez el punto establecido, por otra parte, en el sistema punto a punto no hay corte de material en la pieza de trabajo durante el movimiento de la herramienta de una posición a la otra.

Mientras que, en el sistema de trayectoria continua, la máquina es capaz de desplazarse a una velocidad controlada siguiendo cualquier figura geométrica para devastar

material.

Entre los beneficios que ofrecen los sistemas de control numérico a la industria metalmecánica tenemos: el aumento de la productividad, con gran precisión, rapidez y flexibilidad de las máquinas herramientas. Asimismo, su uso ha permitido la mecanización de piezas muy complejas, especialmente en la industria aeronáutica, que difícilmente se hubieran podido fabricar de forma manual.

Por otro lado, tenemos que a través de estos sistemas se obtiene una reducción del tiempo de desarrollo y un incremento de la flexibilidad en la adaptación de los controles de las demandas especiales de las máquinas herramientas. Finalmente se reducen los costos de desarrollo.

### 5.2.5. Ventajas del control numérico

En relación con las implicaciones del CN en el proceso de manufactura, Kalpakjian y S. (2009) “afirma que éste posee las siguientes ventajas” (p. 1036):

- Mejora la flexibilidad de operación, así como, la capacidad de producir formas complicadas con buena precisión dimensional, repetibilidad, menor pérdida por defectos, grandes normas de producción, alta productividad y alta calidad de los productos.
- Se reducen los costos de herramientas debido a que no se requieren plantillas ni diversidad de soportes.
- Son fáciles de hacer los ajustes de la máquina, mediante el empleo de microcomputadoras e indicaciones digitales.
- Es posible efectuar más operaciones con cada preparación, siendo el tiempo de inicio para preparación y maquinado menor, en comparación con los métodos convencionales, además, se facilitan los cambios de diseño y se reduce el inventario.
- Los programas pueden ser preparados rápidamente, y pueden ser llamados en cualquier momento por los microprocesadores. Una menor cantidad de trabajo en papel puede ser involucrada.
- Es posible una producción más rápida de prototipos.

Por otro lado, Bawa (2009) “expresa que las máquinas herramientas controladas por control numérico poseen las siguientes ventajas” (p. 497):

- La precisión de los componentes y la capacidad de producción es alta.
- La máquina se puede ajustar a velocidades o avances óptimos, es decir, la productividad es mayor.
- La confiabilidad de las máquinas es excelente.
- Se pueden realizar más operaciones en cada configuración de la pieza de trabajo.
- Los cambios de diseño se pueden incorporar fácilmente.
- Con estas máquinas se reduce sustancialmente el error del operario.

Tomando en consideración lo expuesto por los autores nos atrevemos a plantear las siguientes ventajas de los tornos de Control Numérico:

- Se elaboran piezas con gran exactitud.
- Un operario puede operar varias máquinas a la vez.
- Se logra un aumento de la fabricación al no estar fatigado el trabajador.
- Disminución de los tiempos de fabricación.
- Mecanización de piezas difícil de realizar.
- Ahorro de tiempo.



Figura 5.8: Tornos de Control Numérico.  
Fuente: Cemetal (2017)

### 5.2.6. Desventajas del Control Numérico

De acuerdo con Kalpakjian y S. (2009), “Las principales desventajas del Control Numérico son las siguientes” (p. 1036):

- El costo inicial del equipo es relativamente alto.
- Las necesidades y costo de programación, así como el tiempo de computadora son también muy altos.
- El mantenimiento especial del equipo de control numérico requiere de un personal capacitado.
- Las máquinas de control numérico son sistemas muy complejos, y sus descuidos son muy costosas, así que es necesario su mantenimiento preventivo.

Mientras que García (2015) establece que: los tornos de Control Numérico presentan las siguientes desventajas:

- El control numérico no elimina la necesidad de herramientas costosas. Hay siempre un gran costo inicial.
- Se requiere la selección de personal para la realización del trabajo.
- Se necesita el entrenamiento y la preparación de programadores.
- El personal de mantenimiento debe estar entrenado y capacitado.

Respecto a las características expuestas por los autores consultados, y según nuestra experiencia en el campo industrial, nos atrevemos a plantear las siguientes desventajas para estos equipos:

- Se debe programar en forma correcta la elección de las herramientas de corte y el orden de operaciones para un eficaz trabajo de la máquina.
- Es inevitable conservar un gran volumen de fabricación con el fin de obtener una mayor eficacia de la capacidad instalada.
- Falta de opciones o alternativas en caso de fallas de los equipos.
- Los costos de mantenimiento crecen, ya que el procedimiento de inspección es más complejo y surge la necesidad de adiestrar al personal de mantenimiento.

En síntesis, un torno de control numérico, es un tipo de máquina herramienta de la familia de los tornos que actúa guiado por una computadora que ejecuta programas controlados por medio de datos alfa-numéricos, teniendo en cuenta los ejes cartesianos X, Y, Z, y a través del cual se pueden elaborar piezas con gran precisión sin que produzca fatiga en los operadores de las máquinas de control numérico.

### 5.3. Robots

Platea (2015) establece que: el término popular de robot hace referencia a un dispositivo humanoide con cierto grado de inteligencia, que sustituye a las personas en la realización de tareas útiles. La palabra robot fue utilizada por primera vez en el año de 1921, cuando el escritor checo Karel Capet estrena en el teatro nacional de Praga su obra *Rossum's Universal Robot*. Su origen es de la palabra eslava robota, que se refiere al trabajo realizado de manera forzada.

Por otro lado, Kalpakjian y S. (2009) explica que: “la palabra robot se deriva de la palabra checa robota, que significa “trabajador”, y que en la actualidad un robot o autómatas industrial se ha definido como un manipulador multifuncional reprogramable, diseñado para mover materiales, piezas, herramientas u otros dispositivos mediante movimientos programados variables, así como, para ejecutar tareas diversas. En un contexto más amplio, el término robot también incluye a los manipuladores que un operador activa en forma directa” (p. 1043).

Asimismo, Bawa (2009) argumenta que: “en checo, robot significa mano de obra; atendiendo a este hecho el autor citado manifiesta que, en relación con las aplicaciones en el campo de la ingeniería, se puede definir un robot como un manipulador programable de funciones múltiples, diseñado para transportar materiales, partes, herramientas o dispositivos especializados mediante movimientos variables programados para realizar una variedad de tareas” (p. 541).

Concluimos que un robot es un dispositivo totalmente mecánico, que desempeña tareas automáticas, ya sea de acuerdo a verificación humana directa, a través de un programa establecido o siguiendo un conjunto de reglas generales, entre otros. Por ejemplo, la palabra robot es utilizada para referirse a humanos mecánicos, el término androide puede referirse a cualquiera de éstos, mientras que un cyborg (“organismo cibernético”

u “hombre biónico”) puede ser una combinación de partes orgánicas y mecánicas.

El uso de robots en la industria manufacturera es aplicado a operaciones muy simples y tareas repetitivas como: autómatas de inspección, entrega de materiales, pintura automatizada, soldadura, entre otras. La aplicación de sistemas robóticos ha permitido a los países desarrollados alcanzar niveles de producción y calidad nunca antes visto. Actualmente, en el mundo hay aproximadamente 1,5 millones de robots utilizándose en la industria, según la International Federation of Robotics



Figura 5.9: Aplicación del Robots en la Industria.  
Fuente: IEC (2017)

### 5.3.1. Componentes básicos de un robot

A continuación, Kalpakjian y S. (2009), “establece los componentes básicos de un robot” (p. 1044):

#### Manipulador

Se le llama así al brazo y muñeca. El manipulador es una unidad mecánica que permite movimientos (trayectorias) semejantes a los de un brazo y una mano humana. El extremo de la muñeca puede llegar a un punto en el espacio que tenga un conjunto específico de coordenadas, en una orientación específica. La mayor parte de los robots tienen seis articulaciones rotacionales. También existen robots con cuatro grados de libertad y otros con cinco, pero por definición, estas clases no son muy diestras, porque para serlo se necesitan seis grados de libertad. Los grados de libertad son los movimientos que puede hacer un robot en el hombro, codo y muñeca de su brazo

Se consiguen robots con siete grados de libertad (redundantes). Existen robots con articulaciones de movimiento lineal. La manipulación se efectúa con dispositivos mecánicos, como varillas, engranajes y varias articulaciones. El robot tiene frenos mecánicos en todos sus ejes, que están directamente acoplados.



Figura 5.10: Robot Manipulador.  
Fuente: Machinees (2017)

### Efector final

La muñeca de un robot tiene un efector final, llamado también herramienta de extremo de brazo. Según el tipo de operación, los efectores finales pueden estar equipados con lo siguiente:

- Sujetadores, ganchos, palas, electroimanes, campanas de vacío y dedos adhesivos, para manejar materiales.
- Pistolas de aspersión para pintar.
- Accesorios para soldar por puntos y con arco, y para corte con arco.
- Herramientas motorizadas, como taladros, llaves de tuerca, entre otros.
- Instrumentos de medición, como indicadores de carátula.

Los efectores finales se suelen fabricar a la medida de necesidades especiales de manejo. Los sujetadores mecánicos son los que más se usan y tienen dos o más dedos. La selección del efector final adecuado para determinada aplicación depende de factores tales como la capacidad de peso, el ambiente, la confiabilidad.

Los efectores finales dóciles se usan para el manejo de materiales frágiles o para facilitar el ensamble. Estos efectores pueden usar mecanismos elásticos para limitar la fuerza que aplican a la pieza, o se pueden diseñar con una rigidez especial.

### Fuente de poder

Cada movimiento del manipulador, en los ejes finales y de rotación, se controla y regula mediante actuadores independientes que usan una fuente de poder eléctrica, neumática o hidráulica. Cada fuente de energía y cada tipo de motor tiene sus propias características, ventajas y limitaciones.

### Sistema de control

El sistema de control se conoce también con el nombre de controlador, éste se caracteriza por ser sistema de comunicación y de procesamiento de información que emite

los comandos de movimientos del robot. Es el cerebro del robot, almacena datos para iniciar y finalizar los movimientos del manipulador. También son los nervios del robot, se interconecta con computadoras y otros equipos, como celda de manufactura o sistema de ensamble. Los manipuladores y los efectores son los brazos y las manos del robot.

### **Dispositivo de retroalimentación**

Estos son parte importante del sistema de control. Los robots son un conjunto fijo de movimientos que tienen control de lazo abierto. En este sistema, se dan los comandos y el brazo del robot hace sus movimientos, a diferencia de la retroalimentación en los sistemas de lazo cerrado, no se comprueba la precisión de los movimientos. En consecuencia, el circuito abierto no tiene capacidad de autocorregirse.

En resumen, así como en las máquinas de control numérico, los tipos de control en los robots industriales son de punto a punto y de trayectoria continua. Dependiendo de una tarea en particular, la repetibilidad de posicionamiento necesaria puede ser sólo de 0,050 milímetros. Los robots especializados pueden alcanzar tal precisión, aunque la mayor parte no lo hacen. La precisión y repetibilidad varían mucho con la carga y la posición dentro de la envolvente de trabajo, y en consecuencia son muy difíciles de cuantificar en la mayor parte de los robots.

De igual manera, Groover (2009) “establece los siguientes componentes de un robot” (p. 940):

### **Manipulador**

Un robot consta de un manipulador mecánico y un controlador para moverlo y realizar otras funciones relacionadas. El manipulador mecánico posee uniones que colocan y orientan el extremo del manipulador respecto a su base. En este sentido, su unidad controladora está formada por el hardware y el software electrónico para operar las uniones en forma coordinada, cuyo propósito es ejecutar el ciclo de trabajo programado.

### **Articulaciones y uniones**

Las articulaciones en un robot son similares a las del cuerpo humano, proporcionan un movimiento relativo entre dos partes del cuerpo. A cada articulación se conecta una unión de entrada y una de salida, cada articulación mueve su unión de entrada en relación con su unión de salida. Así el robot manipulador consiste en una serie de combinaciones unión-articulación-unión. La unión de salida de una articulación es la unión de entrada para la siguiente.

Por otra parte, los robots industriales comunes tienen 5 o 6 articulaciones, y el movimiento coordinado le proporciona al robot la capacidad de mover, colocar y orientar objetos y herramientas para desarrollar un trabajo útil. El número total de grados de libertad, se obtiene mediante la suma de los grados de libertad de cada una de sus articulaciones. Las articulaciones de rotación y prismática poseen un grado de libertad cada una.

## Actuadores ejecutores

Un actuador final es la habilitación especial de herramientas que se conecta al extremo de la muñeca del robot para realizar una tarea específica. Asimismo, existen dos tipos de actuadores finales: herramientas y sujetadores. La herramienta se utiliza cuando el robot debe realizar una operación de procesamiento. Las herramientas especiales incluyen pistolas para soldadura de puntos, herramientas para soldadura con arco, boquillas para pintar, ejes rotatorios, sopletes para el calentamiento y herramientas de ensamble.

Los sujetadores están diseñados para mover los objetos durante el ciclo de trabajo. En el mismo orden de ideas, los objetos son partes del trabajo y el actuador final debe diseñarse específicamente para la parte. Los sujetadores se usan para aplicaciones de colocación de partes, carga y descarga de máquinas, entre otros.

El término manipulador hace referencia al brazo de un robot industrial. El manipulador del robot junto con un controlador de alto nivel, permite que un robot industrial realice varias tareas, tales como cargar y descargar máquinas herramientas, aplicar soldadura de punto a carrocerías de autos, pintar, entre otros. Conviene destacar, que al efector final se le conoce generalmente con el nombre de sujetador de las partes que conforman el cuerpo, brazo y muñeca de un robot industrial.

La fuente de poder es la que suministra y regula la cantidad de energía que necesitan los dispositivos y circuitos eléctricos de un robot. En el mismo sentido, un sistema de control es una técnica que manifiesta una condición del entorno donde se encuentra un robot como son: la temperatura, luz, presión, entre otros, y en función de sus valores ejecuta una acción determinada y finalmente, los dispositivos de retroalimentación son los dispositivos que envían la información de vuelta al controlador del robot en el sistema de ciclo cerrado.



Figura 5.11: Robot Industrial.  
Fuente: LINK SIC (2018)

### 5.3.2. Clasificación de los robots

Kalpakjian y S. (2009) “realiza una clasificación de los diferentes tipos de robots por sus prototipos básicos” (p. 1047):

#### **Robots de secuencia fija y variable**

El robot de secuencia fija, llamado también de tomar y poner, está programado con una secuencia específica de operaciones. Sus movimientos son de punto a punto y el ciclo se repite en forma continua. Estos robots son sencillos y relativamente poco costosos.

#### **Robot reproductor de movimientos**

Un operador conduce o hace caminar un robot reproductor de movimientos con su efector final a través de la ruta deseada, en otras palabras, el operador enseña al robot qué debe hacer. El robot memoriza, registrando la trayectoria y la secuencia de operaciones, después las puede repetir en forma continua, sin acción alguna o guía del operador.

#### **Robot de control numérico**

Este robot se programa y se opera en forma muy parecida a una máquina de control numérico. Está servo controlado por datos digitales, y se puede cambiar con relativa facilidad su secuencia de movimientos. Como en las máquinas de control numérico, hay dos tipos básicos de controles: de punto a punto y de trayectoria continua.

#### **Robot inteligente**

El robot inteligente es capaz de efectuar algunas de las funciones y tareas que hacen los humanos. Tiene una diversidad de sensores con posibilidades visuales (visión computarizada) y táctiles (de toque). En forma parecida a los humanos, el robot observa y evalúa el entorno próximo y su cercanía a otros objetos, en especial la maquinaria, mediante percepción y reconocimiento de figuras. Asimismo, toma las decisiones adecuadas para el siguiente movimiento y proceso en consecuencia. Como su funcionamiento es muy complejo, se requieren computadoras poderosas para controlar este tipo de robots.

La robótica inteligente es un enorme campo de estudio multidisciplinario, que se apoya esencialmente sobre la Ingeniería Mecánica, Eléctrica, Electrónica, e Informática y las ciencias: Física, Anatomía, Psicología, Biología, Zoología, Etología, entre otros. Se refiere a sistemas automáticos de alta complejidad que presentan una estructura mecánica articulada, gobernada por un sistema de control electrónico y características de autonomía, fiabilidad, versatilidad y movilidad.



Figura 5.12: Robot Inteligente.  
Fuente: Fortunecity (2017)

Bajo esta misma perspectiva, Bawa (2009) establece que: “de acuerdo con el grado de complejidad de los robots, éstos se pueden clasificar en” (p. 545):

### **Robot de secuencia limitada**

Este es el tipo de robot más elemental y sólo se puede utilizar para realizar ciclos de movimientos simples, como operaciones de sujeción y posición. Usualmente se implementa mediante la imposición de límites o topes mecánicos. Asimismo, algunas veces se emplean lazos de retroalimentación para iniciar su acción en particular de una articulación para que se pueda iniciar el siguiente paso de la secuencia.

### **Robot de reproducción con control punto a punto**

Estos robots, que son más avanzados que los de secuencia limitada, cuentan con un controlador con memoria que sirve para registrar no solo la secuencia de movimientos en un ciclo dado de trabajo, sino también las ubicaciones asociadas con cada elemento de dicho ciclo. Estas ubicaciones y su secuencia se programan en la memoria y posteriormente se reproducen. Por ello, también se les conoce como robots punto a punto.

### **Robot de reproducción con control de trayectoria continua**

Estos robots tienen la misma capacidad de reproducción que los de la categoría anterior. Sin embargo, el número de ubicaciones individuales que puede registrar en la memoria es mucho mayor. De la misma forma, en estos robots, los puntos que constituyen el ciclo de movimiento se pueden espaciar muy cerca el uno del otro, lo que permite que el aparato logre un movimiento suave continuo.

### **Robots inteligentes**

Estos robots muestran comportamientos que los hacen parecer inteligentes. De este modo, estos comportamientos son, entre otros, la capacidad de interactuar con el medio ambiente, tomar decisiones cuando las cosas fallan durante el ciclo de trabajo, comunicarse con seres humanos, hacer cálculos durante el ciclo de movimiento y funcionar en

respuesta a entradas de detectores avanzados, como visión mecánica. Además, poseen capacidad de reproducción para el control punto a punto o trayectoria continua. Estas características requieren de un grado relativamente alto de control computarizado y de lenguaje avanzado de programación.

Un robot es de secuencia fija, cuando este repite de forma invariable, el proceso de trabajo experimentado preliminarmente. Igualmente, se considera de secuencia variable, cuando se pueden modificar ciertas características de los tiempos de trabajo. Por otro lado, los robots reproductores de movimientos, se limitan a repetir una secuencia de movimientos, previamente ejecutada por un operador humano, haciendo uso de un controlador manual.

Los robots de control numérico, son controlados por un computador, que normalmente suele ser un microprocesador. En este tipo de robots, el programador no necesita mover realmente el elemento de la máquina, cuando la prepara para realizar un trabajo, dispone de un lenguaje específico, mezclado por varias instrucciones adaptadas al robot, con las que se puede confeccionar un programa de aplicación, y finalmente los robots inteligentes son capaces de relacionarse con el mundo que les rodea a través de sensores y tomar decisiones en tiempo real, y son auto programables.

### 5.3.3. Aplicaciones de los robots

Kalpakjian y S. (2009), “afirma que las principales aplicaciones de un robot son las siguientes” (p. 1048):

- El manejo de materiales, que consiste en la carga, descarga y transferencia de las piezas en las instalaciones manufactureras. Estas operaciones las pueden hacer los robots en forma confiable y repetible, mejorando así la calidad y reduciendo las pérdidas por desperdicio, algunos ejemplos son operaciones de fundición y moldeo en las que se manejan metal fundido, materias primas, lubricantes y partes en varias etapas de terminación, sin interferencia con el operador.
- En soldadura por puntos de carrocerías de automóvil y camión, produciendo soldadura de buena calidad. También los robots pueden hacer soldadura con arco, corte con arco y remachado.
- Operaciones como desbarbado, rectificado y pulido, con las herramientas adecuadas fijas a los efectores finales.
- Aplicación de adhesivos y selladores, tiene gran utilidad como por ejemplo, en las carrocerías de automóviles.
- En pintura por aspersion (en especial de formas complejas), y operaciones de limpieza. Son aplicaciones frecuentes, porque las operaciones en una pieza se repiten con mucha precisión.
- Ensamble automático, que también es muy repetitivo.
- Inspección y calibración en diversas etapas de la manufactura, y alcanzan velocidades mayores que un ser humano.

Los robots hoy en día poseen muchas ventajas competitivas en las líneas de producción en las empresas manufactureras, ya que tienen una invariable comunicación con conectores que están a su alrededor. Por otro lado, tienen un monitoreo fijo de lo que

hace el robot las 24 horas del día, lo que los hace muy positivos y confiables.

Algunos logran descubrir errores del mismo robot o de otros dispositivos, deteniendo en caso de problemas con mucha seguridad, las líneas de producción. Además, los robots son muy versátiles, ya que cada robot puede tener otros afanes dentro de una misma línea de producción como paletizar partes, ensamblar las mismas, pintar, hacer monitoreos con fines de calidad, colocar etiquetas en algunas piezas sin la intervención de la mano de obra humana.

Las rapidezces que en este momento desarrollan los robots son asombrosas, pueden laborear en un ciclo completo en menos de 3 segundos hablando de piezas de pared delgada, o si tenemos un proceso de decoración de piezas como un tablero de automóvil donde es necesario un sistema IMIL, (etiquetado dentro del molde) podemos lograr todo el ciclo en menos de 30 segundos; y lo impresionante, es que sale la pieza íntegramente concluida salvando trabajos adicionales y duplicidad de almacenes.

Existen robots con técnicas de visión que alcanzan revelar si la pieza cumple o no con las características precisas, facilitando ampliamente el control de calidad.

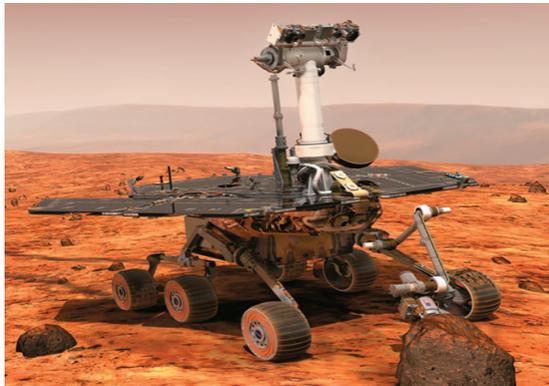


Figura 5.13: Aplicaciones de los robots.

Fuente: Robotscamixo (2017)

## Actividades de autoevaluación

1. Elabora un cuadro resumen con las ventajas y desventajas más resaltantes que posee el Control Numérico Computarizado para la industria.
2. Dibujar un Robot común y señalar con él sus partes correspondientes básicas.
3. Realizar una investigación sobre los objetivos de la automatización utilizados en la industria metalmecánica en Venezuela y elaborar una síntesis sobre ello.
4. Tomando como base los fundamentos teóricos correspondientes al tema 2 en la presente unidad, señale con una (V) si es verdadero o con una (F) si es falso, las siguientes afirmaciones:
  - a. El control numérico ofrece una gran capacidad de producción y precisión en el mecanizado por su estructura funcional. ( )
  - b. El uso de sistema CAD/CAM lleva a la programación de parte asistida por computadora un paso adelante, usando un sistema gráfico computarizado CAD/CAM que no interactúa con el programador conforme se prepara el programa de partes. ( )
  - c. Para planear la secuencia de las posiciones y los movimientos de una herramienta de corte con relación a la pieza de trabajo, es necesario establecer un sistema variado de ejes mediante el cual se pueden clasificar las posiciones relativas. ( )
  - d. El sistema de trayectoria continua requiere de un control simultáneo para que sus posiciones relativas y velocidades se ajusten en puntos determinados a lo largo de la operación. ( )
  - e. Una de las ventajas de los tornos de Control Numérico es mejorar la flexibilidad de operación, así como, la capacidad de producir formas complicadas con buena precisión dimensional. ( )
5. Explique la clasificación de los robots.
6. Analice los conceptos correspondientes al término Automatización, para luego elaborar un concepto propio sobre este proceso y su importancia para la industria manufacturera.
7. Mencione los objetivos del proceso de automatización dentro del ámbito industrial.

8. Relaciona las afirmaciones de la columna izquierda con su correspondiente pareja de la columna derecha, tomando en cuenta el contenido correspondiente al Tema 2 de la presente unidad.

- |   |                                     |
|---|-------------------------------------|
| 1. Es un método para controlar los movimientos de las partes de las máquinas, insertando en forma directa al sistema, instrucciones codificadas en forma de números y letras. | a. Sistema Punto a Punto.           |
| 2. Consiste en una secuencia de instrucciones dadas a una máquina, para que ésta efectúe cierta operación, el proceso más común es el maquinado.                              | b. Sistema de Trayectoria Continua. |
| 3. La máquina herramienta realiza operaciones de maquinado en las posiciones seleccionadas y no afecta la pieza de trabajo mientras se mueve de un punto al siguiente.        | c. Control numérico.                |
| 4. El sistema requiere control simultáneo para que sus posiciones relativas y velocidades se ajusten en puntos determinados a lo largo de la operación.                       | d. Circuito de Lazo Abierto.        |
| 5. El controlador manda señales al servomotor, pero no se comprueba la precisión de los movimientos y las posiciones finales de la mesa.                                      | e. Programa.                        |

# Referencias

- ABC, D. (2015). *Diccionario Hecho Fácil* [Disponible en: <http://www.definicionabc.com>. Consultada: 27/08/2015].
- Aga. (2015). *Soldadura Fuerte y Soldadura Blanda* [Disponible en: [http://www.aga.com.ve/International/Web/LG/VE/Likelgagave.nsf/DocByAlias/app-cw\\_flame-soldfyd/](http://www.aga.com.ve/International/Web/LG/VE/Likelgagave.nsf/DocByAlias/app-cw_flame-soldfyd/) Consultada: 31/08/2015].
- Aporszeg, A. (2014). *Conformación Plástica de los Metales* [Disponible en: <http://www.fi.uba.ar/materias/6727/conformacinplstica.pdf>. Consultada: 05/06/2014].
- Askeland, D., & Phulé, P. (2010). *Ciencia e Ingeniería de los Materiales*. [México: Editorial Latinoamérica].
- Bawa, H. (2009). *Procesos de Manufactura*. [México: Editorial Mc Graw Hill Interamericana].
- Borisov, Z. (2015). *Diccionario Economía Política* [Disponible en: <http://www.eumed.net>. Consultada: 29/08/2015].
- Brown, T. (2009). *Química: La Ciencia Central. Decimoprimer Edición. Naucalpan de Juárez* [México: Pearson Educación].
- Castro, R. (2014). *Ciencias Naturales* [Disponible en: [http://www.masalto.com/tareas/articulos.Phtml?consecutivo=285&ficha\\_id0053&seccin=0038subsecc=002&subcat=194&subj0475&pais](http://www.masalto.com/tareas/articulos.Phtml?consecutivo=285&ficha_id0053&seccin=0038subsecc=002&subcat=194&subj0475&pais). Consultada: 10/05/2014].
- Dessler, G. (2006). *Administración de Personal* [México: Editorial Pearson Prentice Hall Hispanoamericana.].
- Diccionario de la Lengua Española, E.-a. S. A. M. (2016). *Disponible en: <http://www.wordreference.com/definicin/manufactura>. Consultada: 04/05/2016*.
- diccionario etimológico. (2015). Disponible en: <http://etimologias.dechile.net/?extrusion>. Consultada: 30/08/2015.
- diccionario motorgiga. (2015). *Disponible en: [http:// diccionario.motorgiga.com](http://diccionario.motorgiga.com). Consultada: 31/08/2015*.
- Echevarría, R. (2014). *Laboratorios de Ensayos No Destructivos* [Disponible en: [http://fain.uncoma.edu.ar/materia/ensayos\\_no\\_destructivos/Catedra-END/2-END-%20Generalidades/END.pdf](http://fain.uncoma.edu.ar/materia/ensayos_no_destructivos/Catedra-END/2-END-%20Generalidades/END.pdf). Consultada: 10/05/2014].
- Escalona, I. (2014). *Trabajo de Manufactura Industrial* [Disponible en: <http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger1/thnman2.htm>. Consultada: 06/05/2014].
- García, A. (2015). *Sistema de Automatización y Control de Máquinas* [Disponible en: [www.uhu.es/.../Trabajos%20IM%202009.../Antonio%20Garcia%20Alani](http://www.uhu.es/.../Trabajos%20IM%202009.../Antonio%20Garcia%20Alani). Consultada: 31/08/2015].

- Ginjaume, A. (2014). *Procesos de Mecanizado, Conformado y Montaje* [Disponible en: [www.google.co.ve/search?hl=En+que+consiste+el+estirado+de+alambre+y+barra&meta](http://www.google.co.ve/search?hl=En+que+consiste+el+estirado+de+alambre+y+barra&meta). Consultada: 05/06/2014].
- Groover, M. (2009). *Fundamentos de Manufactura Moderna* [México: Editorial Mc Graw Hill Interamericana. S. A.].
- Hinestroza, L. (2014). *Clasificación y tipos de Empresas* [Disponible en: <http://www.google.com.co.ve/search?hl=es&q=Empresas+Primarias&meta=Wlarrondo@Kadus.cl>. Consultada: 06/05/2014].
- Ingemecánica. (2015). *Fundamentos de Soldadura por Arco Eléctrico* [Disponible en: [Ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn40.html](http://Ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn40.html). Consultada: 05/06/2014].
- Kalpakjian, S., & S., S. (2009). *Manufactura, Ingeniería y Tecnología* [México: Editorial Prentice Hall].
- Kefren, A. (2015). *Ensayos Destructivos* [Disponible en: <http://www.losadhesivos.com/ensayos-destructivos.html>. Consultada: 04/01/15].
- López, M. (2014). *Especialización en Ensayos No Destructivo* [Disponible en: <http://www.aendurancap.com.uy/eventos/Divulgacin/EnNoDe.htm>. Consultada: 05/06/2014].
- Paz, C. (2015). *Todo sobre la Química Orgánica e Inorgánica* [Disponible en: <http://www.fullquimica.com/2010/08/introduccion-lmateria.htm>. Consultada: 26/08/2015].
- Pineda, G. (2014). *Centro de alta dirección en Ingeniería y Tecnología* [Disponible en: <http://cadit.anahuac.mx/sac/download/47/MAN5005/p/Unidad%201%20Manufactura%20y%20sistemas%20de%20produccion%20%2021AG07.pptNo.278,6,Diapositiva6>. Consultada: 04/05/2014].
- Pirela, A. (2014). *Procesos de Manufactura* [Maracaibo - Venezuela: Fondo Editorial URBE].
- Platea, E. (2015). *Qué es un robot* [Disponible en: [http://platea.pntic.mec.es/vgonzalez/cyr\\_0708/archivos/\\_15/Tema\\_5.1.htm](http://platea.pntic.mec.es/vgonzalez/cyr_0708/archivos/_15/Tema_5.1.htm). Consultada: 31/08/2015].
- Red, E. (2015). *Conocimientos con todos y para todos* [Disponible en: <http://www.ecured.com>. Consultada: 28/08/2015].
- Rosario, L. (2014). *Materiales de Ingeniería* [Disponible en: [Hhttp://academic.Uprm.edu/lrosario/page/4055\\_clases/introduccion.htm](http://academic.Uprm.edu/lrosario/page/4055_clases/introduccion.htm). Consultada: 10/05/2012].
- Rosas, R. (2014). *Primera y Segunda Revolución Industrial* [Disponible en: <http://foros.fox.presidencia.gob.mx>. Consultada: 06/05/2014].
- Schey, J. (2010). *Procesos de Manufactura* [México: Editorial Mc Graw Hill Interamericana].
- Shackelford, J. (2008). *Introducción a la Ciencias de los Materiales para Ingenieros* [Madrid. España: Editorial Prentice Hall.].
- Sperling, L. (2006). *Introduction to Physical Polymer Science. Four Edition* [New Jersey. USA: Jhon Wiley & Sons, Inc.].
- Thompson, I. (2014). *Promonegocios* [Disponible en: <http://www.promonegocios.net/empresa/tiposempresa.html>. Consultada: 04/05/2014].
- Urriego, N. (2015). *Teoría del Proceso de Fresado* [Disponible en: <http://www.slideshare.net/nurrego/fresado>. Consultada: 30/08/2015].
- Vásquez, J. (2010). *El Mineral de Hierro en Venezuela* [Caracas - Venezuela: Historia contemporánea de Venezuela.].
- Vega, C. (2014). *Soldadura Blanda y Soldadura Fuerte* [Disponible en: <http://www.cesol.es>. Consultada: 09/06/2014].

Zugasti, E. (2014). Disponible en: <http://www.nodulo.org/ec/2002/n007p01.htm>.  
Consultada: 10/05/2014.