

84  
27



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN**

**"EL PROCESO M.I.G. COMO ALTERNATIVA PARA  
LA INDUSTRIA METAL-MECANICA EN MEXICO"**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

**P R E S E N T A :**

**BENJAMIN NAVARRO MAGANA**

ASESOR: ING. JESUS GARCIA LIRA

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1996

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
SISTEMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JAIME KELLER TORRES  
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN  
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el trabajo de tesis : " El proceso M.I.G. como alternativa para la industria Metal-Mecánica en México. "

que presenta el pasante: Navarro Magaña Benjamín  
con número de cuenta: 8036335-0 para obtener el TITULO de:  
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 29 de junio de 1995

PRESIDENTE	<u>Ing. Enrique Cortés González</u>	<u>[Firma]</u>
VOCAL	<u>Ing. Jesús García Lira</u>	<u>[Firma]</u>
SECRETARIO	<u>Ing. Felipe Díaz del Castillo R.</u>	<u>[Firma]</u>
1er. SUPLENTE	<u>Ing. Ma. del Pilar Zepeda Moreno</u>	<u>[Firma]</u>
2do. SUPLENTE	<u>Ing. Socorro Carmona Estrada</u>	<u>[Firma]</u>

DEDICATORIAS

## DEDICATORIAS

***A Dios, por darme la vida, mi familia, amigos y profesores. Gracias por darme la oportunidad de desarrollarme en todos los aspectos fundamentales para el ser humano; pero sobretodo, gracias por estar conmigo y acompañarme en todo momento y lugar, demostrando ser el mejor de los apoyos.***

***A esta Institución por proporcionarme los recursos materiales y académicos para alcanzar este importante objetivo en mi vida.***

***A mis Profesores por haber compartido conmigo su tiempo y valiosos conocimientos, contribuyendo así en la formación de un profesionalista que desea ser útil a su país.***

***A mis Padres por darme las herramientas para estudiar y prepararme; ello con la finalidad de poder enfrentar las adversidades que la vida nos pone como una prueba de la cual hay que salir victoriosos.***

***A tí Ety; mi futura esposa. Gracias por tu amor, ayuda, apoyo y paciencia durante la realización de esta tesis ya que sin tu motivación constante, hubiera demorado más.***

**ALTERNATIVAS QUE OFRECE EL PROCESO DE SOLDADURA M.I.G.  
PARA LA INDUSTRIA METAL-MECANICA EN MEXICO**

OBJETIVOS		i
INTRODUCCION		ii
<b>CAPITULO 1</b>	<b><u>INTRODUCCION A LOS ACEROS</u></b>	
1.1	Generalidades sobre los aceros	1
1.2	Tipos de aceros	5
1.3	Distorsión en aceros	7
<b>CAPITULO 2</b>	<b><u>EL PROCESO DE SOLDADURA DE ARCO ELECTRICO</u></b>	
2.1	Proceso Eléctrico de Electrodo Manual	11
2.1.1	Teoría Básica	15
2.2	Proceso de Soldadura TIG	24
2.2.1	Teoría Básica	26
2.3	Proceso de Soldadura por Arco Sumergido	36
2.3.1	Teoría Básica	37
2.4	Medidas Generales de seguridad	53
<b>CAPITULO 3</b>	<b><u>EL PROCESO DE SOLDADURA MIG</u></b>	
3.1	Antecedentes históricos	57
3.2	Teoría Básica	60
3.3	Gases Utilizados	68
3.4	Tipos de Transferencias de Metal	73
3.5	Equipo utilizado y sus características	79
3.6	Defectos más frecuentes en la Soldadura y cómo solucionarlos	92
<b>CAPITULO 4</b>	<b><u>LA INDUSTRIA METAL-MECANICA EN MEXICO</u></b>	
4.1	Situación actual de la Industria en México	94
4.2	Clasificación de la Industria	
4.3	Alternativas que ofrece el proceso de Soldadura MIG para la industria Metal-Mecánica en nuestro país	
CONCLUSION		iv
TABLAS		viii
BIBLIOGRAFIA		xvii

## **OBJETIVOS**

- A- Establecer las diferencias principales entre el proceso MIG y los otros procesos de soldadura utilizados en la industria Metal-Mecánica; como lo son el proceso de Soldadura por Electrodo Manual, TIG y Arco Sumergido.
  
- B- Señalar las ventajas y limitaciones que presenta el Proceso de Soldadura MIG para la industria Metal-Mecánica nacional.

## **INTRODUCCION**

La soldadura representa en la actualidad, uno de los sistemas más empleados para la unión de piezas metálicas que ha desplazado en muchos casos, a otros sistemas de unión o fabricación.

La industria Metal-Mecánica en México se encuentra en una etapa de transición hacia la utilización de nuevas tecnologías y procesos de fabricación, acordes con las exigencias de la industria.

En los años siguientes la implantación de sistemas de producción más modernos obligará en la mayoría de los casos a buscar el proceso de soldadura que le permita estar al nivel de las exigencias de productividad, por un lado y por el otro, cumplir con las exigencias que el gobierno está proponiendo y llevando a cabo dentro de este proceso en la industria en general.

La preocupación del gobierno en este momento se centra en el impacto ambiental así como no olvidar su compromiso de elevar la productividad; debido al inminente aumento de competitividad en todos los niveles.

Los diferentes procesos de soldadura que existen ofrecen diferentes alternativas de aplicación y el industrial debe tener la información y sobre todo conocer las ventajas que ofrece un proceso en específico en determinada aplicación.

Todo esto se debe tomar en cuenta para que de ocurrir un cambio de proceso, por determinadas circunstancias, se puedan tener los elementos suficientes para



tomar la mejor decisión, sin perder de vista la idea de obtener un aumento en la productividad, mejorar la calidad y por consiguiente a nivel laboral, un aumento en la preparación y capacitación de los operadores.

Por supuesto ello dependerá del tipo de industria, de las características que tenga el producto a fabricar, del costo económico que implicará la inversión y sobre todo los alcances a corto, mediano y largo plazo que se esperan obtener.

Esta asimilación de tecnología debe absorberse por los técnicos y profesionales mexicanos para posteriormente poder adaptarse al tipo de industria que se tiene en México.

## **CAPITULO 1 INTRODUCCION A LOS ACEROS**

### **1.1 GENERALIDADES SOBRE LOS ACEROS**

La fabricación del acero no es fácil ni sencilla. De la mina de hierro o del patio de chatarra, hasta el producto final son necesarias una serie muy variable, de transformaciones y procedimientos de trabajo. La particularidad de cada procedimiento o transformación depende tanto de las materias primas como de las propiedades requeridas en el producto final, puesto que ellos afectan directa o indirectamente la calidad del acero.

Por otra parte, la producción del acero se realiza generalmente en grandes volúmenes, los cuales son determinados de acuerdo a las capacidades económicas de los hornos.

Difícilmente cualquier fabricación podría ser perfectamente uniforme puesto que una variación es de esperarse y conviene establecer los límites de esta variación que se establezcan dentro de cada calidad.

La industria del acero con su enorme producción mundial, ha demostrado la economía del procedimiento del alto horno, para transformar el mineral en arrabio y el empleo de hornos de hogar abierto (Siemens-Martin) para obtener el acero a partir de hierro líquido (arrabio) y chatarra.

Mientras que el procedimiento del Alto Horno es esencialmente un proceso de reducción, la fabricación del acero en Horno Siemens-Martin es un proceso de oxidación; a menos que el Oxígeno remanente del proceso sea combinado con un desoxidante antes que el acero sea introducido en los moldes para su solidificación.

Los grados de acero se diferencian en su composición química, y comprenden desde el hierro casi puro hasta aleaciones complejas que pueden ser hechos en un horno Siemens-Martin. A estos diferentes grados de acero les pueden ser impartidas cualidades distintas, a través de los diferentes modos de fundirlos, laminarlos y tratarlos térmicamente.

Los elementos, Carbono, Manganeso, Fósforo, Azufre, Silicio y Cobre imparten propiedades particulares al acero; ellos influyen tanto al método de fabricación como a las propiedades finales.

**CARBONO.-** La dureza del acero es impartida principalmente por el carbono; a mayor cantidad en concentración de carbono mayor dureza.

La resistencia a la tensión también crece hasta que el porcentaje de carbono alcanza aproximadamente 0.85%.

La ductilidad y la facilidad de soldarse decrece a medida que el contenido de carbono aumenta.

- ⇒ Aumenta el grado máximo de dureza alcanzable.
- ⇒ Facilidad para formar carburos con otros elementos
- ⇒ Gran influencia en las propiedades de toda clase de aceros.
- ⇒ Muy abundante en la naturaleza.

**MANGANESO.-** Contribuye a la resistencia y dureza del acero, el incremento de estas propiedades depende del contenido de carbono y por lo general la importancia de este incremento disminuye conforme aumenta el contenido de carbono. El manganeso incrementa también el grado de penetración del carbono durante la carburación. Aunque en una proporción menor que el carbono, la ductilidad y la facilidad de soldarse de un acero disminuye cuando el contenido de manganeso aumenta.

- ⇒ Elemento de aleación abundante en la naturaleza
- ⇒ Importante desoxidante durante el proceso de fabricación del acero.
- ⇒ Neutraliza el efecto perjudicial del azufre.
- ⇒ Aumenta la templabilidad.

**FOSFORO.-** Generalmente, al incrementar el fósforo se aumenta la resistencia y la dureza del acero pero decrece la ductilidad; esto es particularmente importante en los aceros de alto carbono que son templados. El fósforo también mejora la resistencia a la corrosión atmosférica.

- ⇒ Se considera impureza por su influencia negativa.
- ⇒ Mejora la maquinabilidad de los aceros al carbón.
- ⇒ Mejora un poco la templabilidad.

**AZUFRE.-** En general, un aumento de contenido de azufre lleva como resultado una disminución de la ductilidad, soldabilidad y tenacidad pero tiene solo un ligero efecto en las propiedades mecánicas y en la dureza. Por lo contrario, un incremento mejora notablemente la maquinabilidad y esta es la única razón para su adición al acero.

- ⇒ Se considera impureza por su influencia negativa.
- ⇒ Se encuentra en la materia prima el mineral de hierro.
- ⇒ Utilizado como elemento de aleación para la fabricación de piezas de tornos automáticos.

**SILICIO.**- Es uno de los principales desoxidantes empleados en la fabricación del acero y por lo tanto la cantidad presente en el análisis final está relacionada con el tipo de acero. Su acción es menos efectiva que la del manganeso en lo que se refiere al incremento de la resistencia y dureza del acero.

**COBRE.**- En las pequeñas cantidades usadas en los aceros al carbono, el cobre no afecta de manera significativa sus propiedades mecánicas. Sin embargo, mejora la resistencia a la corrosión atmosférica cuando está presente en proporciones adecuadas.

En apreciables cantidades también perjudica el trabajo en caliente del acero, pero si bien afecta al soldador por forjado, no modifica la soldabilidad mediante el empleo de los procedimientos de arco eléctrico u oxiacetileno.

- ⇒ Elemento de aleación en Aceros y Aleaciones para imanes.
- ⇒ Elemento de aleación para Aceros Inoxidables.
- ⇒ Mejora la resistencia a la corrosión de los aceros con 0.15 - 0.30% C.

## **1.2 TIPOS DE ACEROS**

### **Clasificación del Acero según su Composición Química.**

Desde el punto de vista de su composición química, los aceros se clasifican en dos grandes grupos:

- A- Aceros al Carbono
- B- Aceros Especiales o Aceros de Aleación

#### **-A- ACEROS AL CARBONO**

Se clasifican así los aceros cuando:

- ⇒ No está especificado o requerido un mínimo de Aluminio, Boro, Cromo, Cobalto, Columbion, Molibdeno, Níquel, Titanio, Tungsteno, Vanadio o cualquier otro elemento adicionado para obtener un efecto deseado.
- ⇒ Cuando el mínimo de cobre especificado es menor de .40%.
- ⇒ Cuando el máximo especificado de los elementos que siguen, no excede de: Manganeso 1.65%, Silicio 0.60%, Cobre 0.60%.

Si bien en todos los aceros al carbono, se encuentran pequeñas cantidades de elementos tales como Cobre, Níquel, Molibdeno, Cromo, etc. estos son residuales provenientes de las materias primas y son inevitables.

Se puede considerar por el porcentaje aproximado de aleación la siguiente clasificación:

	<b>% Carbono</b>	<b>AISI-SAE-ASTM</b>
Aceros de bajo Carbono	0.08% - 0.29%	(1010,1011,1018,1020)
Medio Carbono	0.3% - 0.6%	(1040,1041)
Alto Carbono	0.6% < 1%	(1060,1070)

**-B- ACEROS ESPECIALES O ACEROS DE ALEACION**

Se consideran aceros especiales aquellos en los cuales el contenido de los elementos químicos de aleación exceden uno o más de los siguientes límites: Manganeso 1.65%, Silicio 0.60%, Cobre 0.60%, o aquellos en los cuales se especifica un rango definido o una mínima cantidad definida de los elementos siguientes: Aluminio, Boro, Cromo hasta 3.39%, Cobalto, Columbion, Molibdeno, Niquel, Titanio, Tungsteno, Vanadio, Zirconio, o cualquier otro elemento adicionado para obtener un efecto deseado.

Por su utilización se pueden considerar:

- Para Maquinaria 4140,8650,8620, etc.
- Para Herramienta Trabajo en caliente D-2, D-3, D-4, etc.  
Trabajo en frío H-11, H-12, H-13, etc.
- Corte Rápido al Tungsteno T-L, M-2(W-Mo), M-7(Mo),  
M-33(CoMo), T-5(W-Co)

### **1.3 DISTORSION EN ACEROS**

Los metales se dilatan cuando se calientan y contraen cuando se enfrían. En el proceso de la soldadura por arco eléctrico, éste calienta el metal y lo dilata. Al retirar el calor, el metal y el aire que rodean la zona recalentada la enfrían y el metal se contrae.

Esta expansión y contracción si no se regula puede causar una deformación excesiva del metal. Por otra parte, si se restringe rígidamente la expansión y contracción pueden producir tensiones, ocasionando flexiones severas que debilitan la soldadura.

A cada grado de elevación o disminución de temperatura corresponde un cambio en las dimensiones del metal. Nada podemos hacer para cambiar las leyes que gobiernan la expansión y la contracción. Sin embargo, es posible saber que estos cambios tendrán efecto y determinar en qué forma afectarán a la pieza que se está soldando y prepararse para ello.

A continuación se hace mención de tres reglas que se pueden aplicar para controlar la deformación:

- 1- Reducir las fuerzas causantes de la contracción.**
- 2- Utilizar las fuerzas que causan la contracción para reducir la deformación.**
- 3- Equilibrar las fuerzas de la contracción por medio de otras fuerzas.**



En muchos casos, la aplicación de una sola regla puede ser suficiente. En otras será necesario aplicar una combinación de reglas.

**-1- Reducir las fuerzas causantes de la contracción.**

- A- Evite un depósito excesivo de metal. El depósito de un exceso de soldadura que no es necesario para los requerimientos del servicio a que será sometida la junta, se llama "Soldar con exceso". Esto causa deformaciones y no contribuye en absoluto a la resistencia y comportamiento de la junta.
- B- Prepare y presente adecuadamente la junta. Es también posible reducir la intensidad de las fuerzas de contracción preparando adecuadamente la junta.
- C- Utilice el menor número de pasadas posible. La deformación se produce en sentido longitudinal debido a que un cordón pequeño se estira longitudinalmente con mayor facilidad, comparado con un grueso. El número de pasadas debe ser aumentado en vez de reducirse.
- D- La deformación transversal a la soldadura es un problema serio, una o dos pasadas con electrodos gruesos reducirá la deformación en ese sentido. Por regla general la deformación es de un grado (1°) por pasada.
- E- Use soldadura salteada. Para reducir aún más las fuerzas de contracción por reducción de la cantidad de metal de soldadura, puede usarse la soldadura salteada en vez de un cordón continuo.

-F- Utilizar la soldadura por retroceso. Si un proceso requiere un cordón continuo es posible reducir la contracción soldando por retroceso. Con este método, el sentido general de avance de la soldadura puede ser hacia la derecha pero cada cordón parcial es depositado de derecha a izquierda.

**-2- Utilizar las fuerzas que causan la contracción para reducir la deformación**

-A- Presentar las piezas fuera de posición. Un método sencillo de usar con ventaja las fuerzas de contracción del metal de aportación es el de presentar las piezas en forma adecuada antes de soldar.

-B- Separar las piezas para equilibrar la contracción. Separando las piezas antes de soldarlas. La experiencia indica cuanto espacio debe dejarse para un trabajo determinado para que las piezas estén correctamente alineadas después de soldarlas.

-C- Curvado previo. Las fuerzas de contracción pueden también utilizarse curvando previamente o flexionando las partes a soldar.

**-3- Equilibrar las fuerzas de contracción por medio de otras fuerzas**

*A VECES LA NATURALEZA ESTRUCTURAL DE LAS PIEZAS A SOLDAR ES TAL QUE PUEDE OFRECER SUFICIENTE RIGIDEZ PARA EQUILIBRAR LOS ESFUERZOS DE CONTRACCION.*

- A- Equilibrar una fuerza de contracción con otra fuerza igual. Un orden adecuado en la aplicación de cordones de soldadura equilibrará las fuerzas de contracción, como ocurre con los cordones alternados.
  
- B- Martillado. Este es un trabajo mecánico del metal; estira el cordón anulando la tendencia a contraerse cuando se enfría. El martillado debe aplicarse con mucho cuidado ya que el exceso puede dañar al metal de la soldadura, endurecerlo excesivamente por trabajo o dañar el metal base.
  
- C- Uso de armaduras de montaje, manipuladores y sujetadores. El método más eficiente de evitar la deformación es el uso de grapas, armaduras o sujetadores para mantener el trabajo en una posición rígida durante la soldadura. Se equilibra en esa forma la contracción de la soldadura en forma suficiente como para evitar la deformación.

**CAPITULO 2 EL PROCESO DE SOLDADURA DE ARCO**  
**ELECTRICO**

**2.1 PROCESO DE SOLDADURA ELECTRODO MANUAL**

**INTRODUCCION.**

Durante siglos el único método que tuvo el hombre para unir metalúrgicamente los metales, fue el de la soldadura por forja, en la cual los metales después de calentados eran golpeados y/o martillados simultáneamente hasta que se unían. Después, unos pocos años antes de 1900 tres nuevos procesos fueron utilizados. La "Soldadura por Arco", la "Soldadura por Resistencia" y la "Soldadura por Oxiacetileno".

La soldadura por arco y la soldadura por resistencia se desarrollaron a fines de la década de 1880-1890 y fueron utilizadas a escala industrial pocos años más tarde.

El trabajo y endurecimiento del acero fueron comunmente usados tiempo atrás en Grecia, pero las tribus primitivas de los diferentes continentes desarrollaron los mismos métodos básicos para fundición, formado y tratamiento del hierro, de esta manera es muy posible que los principios de soldadura fueran descubiertos, perdidos y nuevamente redescubiertos por nuestros antepasados.

En los trabajos iniciales con la soldadura por arco metálico se notó que el factor limitante era el electrodo. Los primeros electrodos fueron de alambre desnudo, de hierro, sueco o noruego, los cuales producían soldaduras frágiles y débiles. El arco a menudo sobrecalentaba el metal de aporte, y el metal depositado por el electrodo se fragilizaba al reaccionar con el aire. Para superar estas dificultades los investigadores desarrollaron algunos electrodos ligeramente recubiertos con materiales orgánicos y minerales. Los recubrimientos desarrollados durante esta época, tenían como su propiedad principal la de estabilizar el arco y además para proteger o purificar el metal aportado.

No fue sino hasta 1912 cuando Strohnenger obtuvo una patente en los Estados Unidos para un electrodo de recubrimiento grueso y de esta manera la industria utilizó un electrodo capaz de producir metal de aporte con buenas propiedades mecánicas.

Los primeros electrodos recubiertos, sin embargo, deben su alto costo al complejo proceso de recubrimiento del electrodo en el cual involucran la aplicación de cubiertas de asbesto, alambre de aluminio y otros materiales.

El principal incremento en la soldadura ocurrió en Estados Unidos, durante la Primera Guerra Mundial, gracias a un aumento en la fabricación de barcos transportadores, los cuales se habían venido fabricando mediante un lento proceso de remachado.

En Europa, por la misma época, una embarcación tipo crucero totalmente soldada fue puesta en servicio. En 1920 los británicos fabricaron el "Fulagar", de esta manera la soldadura por arco llegó a ser un proceso aceptado en la construcción de barcos.

La primera aplicación de la soldadura por arco en la aviación se llevó a cabo también durante la 1a. Guerra Mundial. Anthony Fokker es considerado como el 1er. fabricante del Aeroplano Alemán, donde utilizó precisamente este proceso para unir el fuselaje de estos aviones de combate.

Las aplicaciones de la soldadura por arco se incrementaron rápidamente después de 1929. Al principio de la Segunda Guerra Mundial se consideró el método de soldadura dominante.

Alrededor de 1935 se utilizaron en mayor escala las soldaduras de corriente alterna, las cuales ofrecían algunas ventajas pero a menudo el arco de corriente alterna presentaba dificultades para ser estable. Los productores de electrodos salvaron esta dificultad con recubrimientos que ionizaban más rápidamente, logrando así una mejor estabilidad del arco.

Durante esta misma época se comenzó a expandir el uso de los aceros inoxidables en la industria metálica. Estos materiales eran relativamente difíciles de soldar debido a que el Hidrógeno generado del recubrimiento de los electrodos a menudo causaba porosidad en la soldadura, lo que llevó a la investigación, desarrollo y fabricación de los electrodos de bajo hidrógeno. En 1940 se descubrió que los electrodos de bajo hidrógeno proporcionaban buenas soldaduras en las corazas de

blindaje. Para mejorar la calidad de las juntas de dichas corazas se aplicaron recubrimientos de acero inoxidable a varillas de acero de baja aleación.

Un importante avance en los electrodos recubiertos se generó posteriormente a la Segunda Guerra Mundial. Dicho avance consistió en la utilización de polvo de hierro en el recubrimiento de los electrodos, obteniéndose así un incremento en la relación de depósito de metal. Otra ventaja fue la facilidad de aplicación sin necesidad de mantener la distancia fija entre la punta del electrodo y la pieza por una técnica de arrastre sobre la junta.

La desventaja del polvo de hierro en el recubrimiento era el alto costo de manufactura; sin embargo, por el año de 1953 el desarrollo de la tecnología y un mejor diseño del electrodo dio por resultado una reducción en el costo de fabricación logrando que este electrodo se empleara a mayor escala en la industria.

La llamarada, el humo y el chisporroteo que brotaron de los primeros laboratorios Europeos produjo, con el paso del tiempo y con la aportación de científicos de todo el mundo, uno de los procesos más importantes que ha tenido la industria.

### 2.1.1 TEORIA BASICA

#### NATURALEZA DEL ARCO.

Un arco es el flujo de corriente eléctrica que se establece entre el electrodo y el metal base a través de una columna de gas ionizado.

Ese espacio que existe entre el electrodo y el metal base se divide en 3 de acuerdo a la generación de calor: el cátodo, el ánodo y el arco.

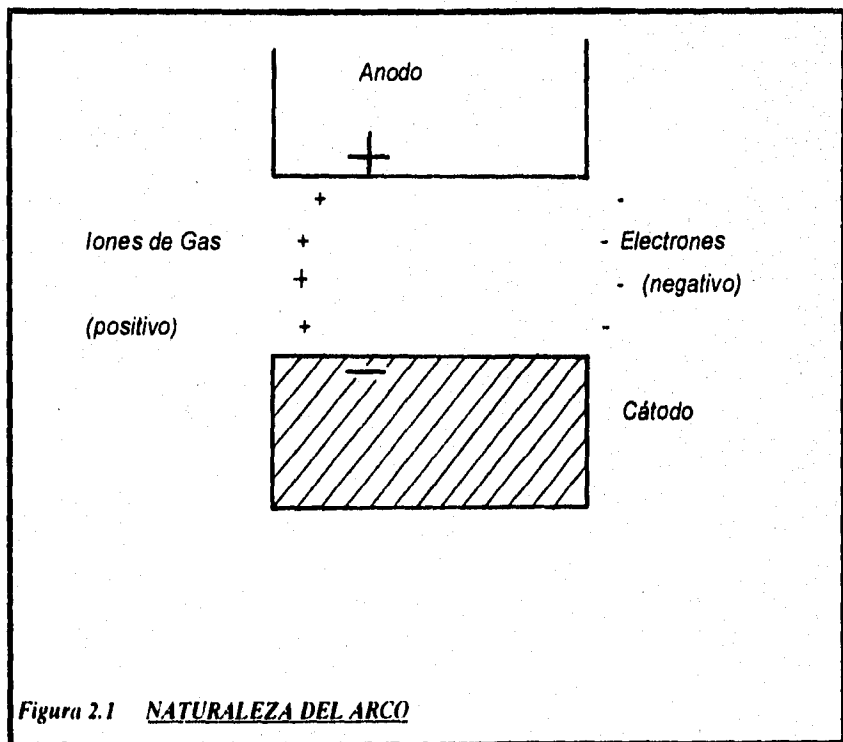


Figura 2.1 NATURALEZA DEL ARCO



El arco de soldadura requiere una alta concentración de electrones para acarrear la corriente por lo que es caracterizado como un arco de alta corriente-bajo voltaje. Los electrones (negativos) son emitidos del cátodo y fluyen hacia el ánodo (positivo). De la misma manera iones positivos fluyen en sentido contrario.

Un ion negativo es un átomo que ha capturado uno o más electrones adicionales al número de ellos necesario para mantener un balance con respecto a la carga del núcleo (positiva). De aquí se deriva la carga negativa.

Un ion positivo es un átomo que ha perdido uno o más electrones derivándose de aquí la carga positiva.

El calor se genera en el cátodo como resultado de recibir un constante impacto de iones positivos. El calor en el ánodo es generado básicamente por el impacto de electrones los cuales a su paso por el arco adquieren determinada aceleración.

La distribución de calor (o voltaje) generada en las tres zonas mencionadas puede sufrir alteraciones.

Por ejemplo: la modificación de la longitud del arco (espacio entre el electrodo y el metal base) produce efectos importantes en la actividad del arco; cambiando de un tipo de gas protector a otro. También se obtienen diferencias en el balance del calor existente entre el cátodo y el ánodo.

El arco, no solamente provee el calor necesario para fundir el electrodo y el metal base sino que bajo ciertas condiciones, provee los medios necesarios para transferir metal fundido del electrodo hacia el metal base. Estos mecanismos de transferencia de metal fundido son los que permiten por ejemplo la soldadura "sobre cabeza".

### **FORMACIÓN DEL ARCO.**

Para la formación del arco debe existir un acto de ionización para poder conducir electricidad a través del espacio entre el electrodo y el metal base.

Esto no sucederá solamente con hacer pasar corriente al electrodo y posarlo en el metal base, el arco debe ser "encendido", para lo cual es necesario proveer al electrodo de un voltaje inicial lo suficientemente alto para crear una descarga con la operación de tocar y separar dicho electrodo del metal base.

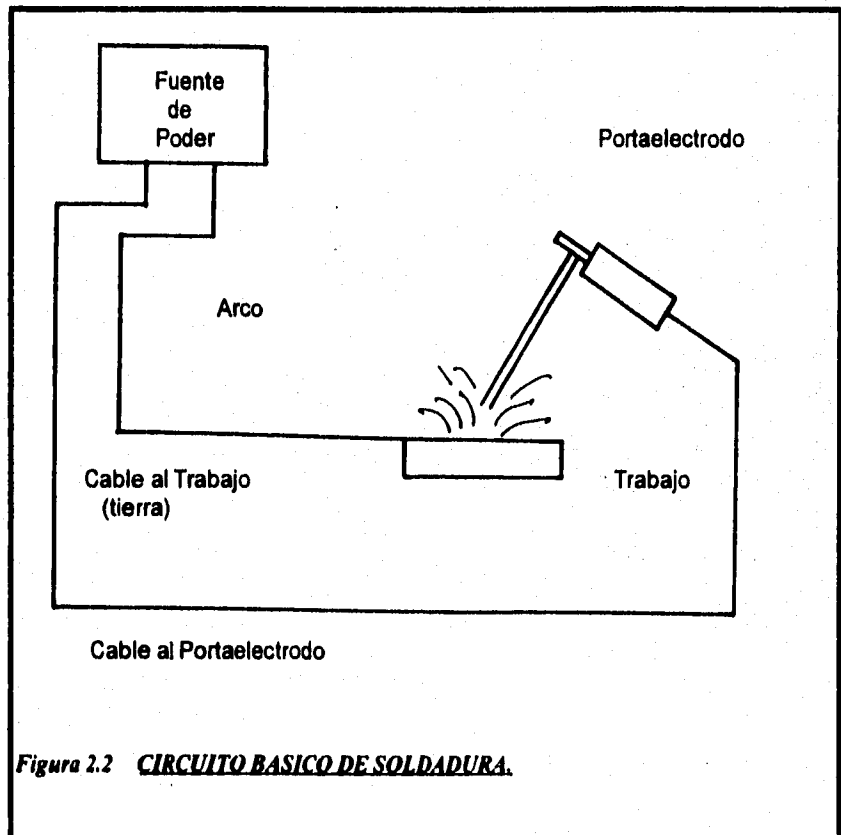
El arco puede ser producido con corriente alterna o corriente directa y con un electrodo positivo o negativo. La selección de polaridad y tipo de corriente depende tanto del proceso a utilizar como del metal base que va a ser soldado. Cualquiera que sea la corriente utilizada, ésta primeramente, debe ser controlada en las variables de voltaje y amperaje ya que de ellas dependerá la acción del arco requerido de acuerdo a determinado proceso de soldadura.

### **CIRCUITO BASICO DE SOLDADURA POR ELECTRODO MANUAL**

Una fuente de poder de corriente alterna o corriente directa se conecta a la pieza de trabajo por medio de un cable de tierra, otro cable es conectado a una pinza (porta electrodo) la cual tendrá contacto eléctrico con el electrodo.

**(Ver Figura 2.2)**

Cuando el circuito es energizado y la punta del electrodo toca la pieza de trabajo aterrizada se cierra el circuito y surge una "chispa" de contacto que hace que se origine el arco eléctrico. El arco en esos momentos alcanza una temperatura de aprox. 3580°C (6500°F) en la punta del electrodo. Ese intenso calor funde tanto el electrodo como el metal base dando como resultado en este último, un "cráter" de metal fundido. El cráter se irá solidificando a medida que el electrodo va avanzando sobre la pieza de trabajo. El resultado final será una unión por fusión de las piezas a soldar.

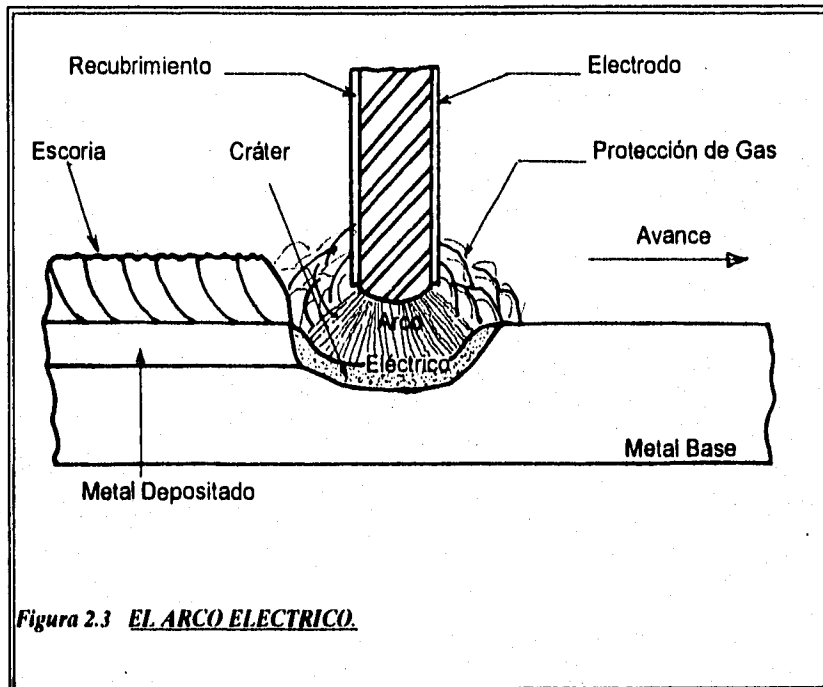


**Figura 2.2** **CIRCUITO BASICO DE SOLDADURA.**

### **ACCION DEL ARCO SOBRE EL METAL BASE**

La siguiente figura muestra lo que sucede en el arco. El flujo del arco se observa en el centro de la figura. Este es el arco eléctrico creado por la corriente que salta el espacio de aire entre la punta del electrodo y el trabajo. El arco es muy brillante y no debe mirársele sin protección en los ojos.

El arco funde la plancha o metal base y la excava tal como un chorro de agua saliendo de una manguera penetra la tierra del jardín. El metal derretido forma una laguna o CRATER.



**Figura 2.3 EL ARCO ELECTRICO.**

Observe cómo el arco y el cráter son protegidos por una cubierta de gas generada por la vaporización y descomposición química de algunos componentes del recubrimiento del electrodo.

Materiales del recubrimiento se funden y mezclan con el metal base, arrastrando impurezas que las hacen flotar hacia la superficie del metal fundido, formando la escoria. Esta capa al solidificarse protege al metal caliente de la acción del aire.

### **FUNCIONES DEL RECUBRIMIENTO**

El recubrimiento del electrodo tiene varias funciones y los compuestos químicos que se emplean en su fabricación son diversos, dependiendo del tipo de depósito que se desea obtener. El recubrimiento determina en gran parte, las características operativas del electrodo, de tal manera que un mismo núcleo de alambre puede ser usado para la fabricación de diferentes tipos de electrodos, siendo las adiciones de aleantes en el recubrimiento lo que marca la diferencia en las propiedades físicas del metal depositado.

- A- **Atmósfera protectora.-** Parte del recubrimiento se funde y vaporiza por efecto del calor del arco formando una cortina de humo o cubierta de gas que protege del contacto con el aire tanto a las finas gotas de metal proyectadas por el arco, como al mismo metal base fundido. Dado que el aire contiene Oxígeno y Nitrógeno, que al combinarse con el acero forman óxidos y nitruros, éstos son perjudiciales para la soldadura ya que la vuelven frágil y porosa, además de una disminución de su resistencia a la tracción y al impacto.
  
- B- **Escorificación y purificación.-** Otros materiales del recubrimiento se funden y se mezclan con el metal de la soldadura, arrastran las impurezas y las hacen flotar hacia la superficie del metal líquido para formar la escoria.

Esta protege al metal caliente de la acción del aire y retarda su solidificación para que los gases atrapados salgan hacia la atmósfera, además de contribuir en gran parte a la forma al cordón.

**-C- Estabilización del Arco.-** Durante la operación de soldar el recubrimiento se proyecta más allá del extranjero del alambre o núcleo y contribuye tanto en la acción del arco como en la del cañón de una escopeta que dirige las municiones; es decir estabiliza y dirige la fuerza del arco y las gotas de metal de aporte fundido.

Los recubrimientos están compuestos por una mezcla de varias sustancias. Las condiciones que deben reunir dichos recubrimientos son de naturaleza física, química y físico-química, los cuales varían considerablemente. El efecto principal que se busca es el de evitar que penetren a la soldadura el Oxígeno y Nitrógeno del aire.

Los componentes utilizados en los recubrimientos actúan como generadores de gases protectores, fundentes, escorificantes, estabilizadores del arco o ionizantes, materiales que incrementan la velocidad de depósito, desoxidantes y aglutinantes. A continuación se mencionan algunos componentes típicos:

- ⇒ Celulosa
- ⇒ Carbonato de Calcio
- ⇒ Fluorita
- ⇒ Dolomita
- ⇒ Rutilo
- ⇒ Titanato de Potasio
- ⇒ Feldespato

- ⇒ Mica
- ⇒ Caolin
- ⇒ Sílice
- ⇒ Asbesto
- ⇒ Oxido de Manganeso
- ⇒ Oxido de hierro
- ⇒ Polvo de hierro
- ⇒ Ferrosilicio
- ⇒ Ferromanganeso
- ⇒ Silicato de Sodio
- ⇒ Silicato de Potasio

**SISTEMA DE NUMERACION DE LA AWS (SOCIEDAD AMERICANA SOLDADURA) PARA ELECTRODOS**

El prefijo E significa electrodo para soldadura de Arco:

- A- Los dos primeros dígitos de cuatro o los tres primeros dígitos de cinco designan la resistencia mínima a la tracción en KLBS/PULG2 ó LBS/PULG2.

Ejemplo:

E60XX

E100XX

E70XX

E120XX

**-B-** La antepenúltima cifra indica la posición en que se recomienda cada electrodo.

Ejemplo:

EXX1X	Toda posición
EXX2X	Posición plana y horizontal
EXX3X	Posición plana únicamente.

**-C-** Los dos últimos dígitos en conjunto indican la clase de corriente, la polaridad y el tipo de recubrimiento.

Ejemplo:

	EXX10	EXX11	EXX12	EXX13	EXX14	EXX17	EXX18
<b>Revesti- miento</b>	Celuló- sico Sodio	Celuló- sico Potasio	Rutilo Sodio	Rutilo Potasio	Rutilo Polvo de Hierro	Polvo de Hierro Oxido de Hierro	Bajo Hidró- geno Polvo de Hierro Potasio
<b>Corrien- te</b>	CD+	CA CD+	CA CD-	CA CD±	CA CD±	CD-	CA CD+



## **2.2 PROCESO DE SOLDADURA TIG.**

### **INTRODUCCION**

**GTAW - (GAS TUNGSTENO ARC WELDING)  
SOLDADURA DE ARCO QUE UTILIZA GAS Y ELECTRODO DE  
TUNGSTENO.**

**TIG - TUNGSTENO INERT GAS.**

Este proceso toma su nombre precisamente del gas que utiliza para ionizar los electrones que recorren el electrodo de tungsteno que utiliza como consumible. Aunque en realidad este electrodo no se aporta al metal base sino que únicamente excita los electrones con la ayuda del gas Argón para inicial el arco y ayudar a la estabilidad del mismo.

El proceso TIG permite realizar soldaduras de las más alta calidad en prácticamente todos los metales existentes que se utilizan en la industria, como son los materiales ferrosos y los materiales no ferrosos como Aluminio, acero inoxidable, Magnesio, etc.

En la aplicación manual la soldadura se puede lograr una fusión metal con metal sin necesidad de material de aporte y donde la soldadura obtenida tiene las mismas características del metal base. Únicamente con el inconveniente de requerir un tiempo mayor para efectuar cualquier soldadura. Se puede utilizar con la ayuda de material de aporte para aumentar la velocidad de soldadura y sobre todo para reforzar la unión soldada.

Actualmente, se puede utilizar este proceso en combinación con dispositivos que automatizan la aplicación, como por ejemplo los sistemas de alimentación del material de aporte en forma continua o bien, con la ayuda de fuentes de poder sofisticadas.

En general, se utiliza en aquellas industrias donde los productos que manejan son de consumo humano como en la Industria Alimenticia, Industria Petrolera y Petroquímica, donde utilizan materiales y tuberías denominadas sanitarias.

## **2.2.1 TEORIA BASICA**

### **HISTORIA Y DESARROLLO DEL PROCESO**

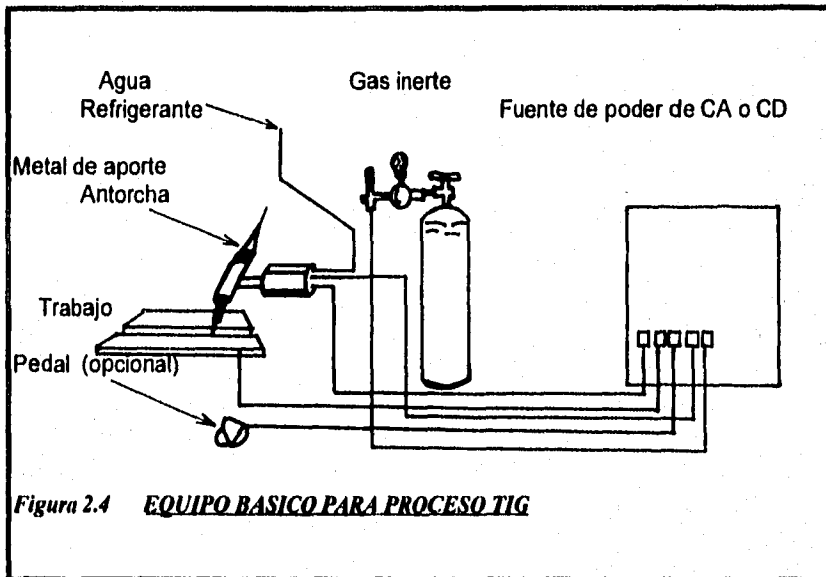
Hobart y Devers fueron los primeros en soldar con un arco eléctrico generado entre un electrodo de tungsteno no consumible y el metal base con la ayuda de un gas inerte. Ellos patentaron el nuevo proceso en 1930.

Experimentos realizados con Argón y Helio como gases protectores y el uso en ese entonces no fue aceptado comercialmente debido al alto costo de estos gases.

En 1941 Russel, Meredith y Vhpaulecka desarrollaron la primera antorcha práctica que sujetaba el electrodo y además podría conducir en su interior, el gas utilizado para protección del metal caliente y para enfriamiento del electrodo, derivando el calor para soldar proveniente del establecimiento del arco eléctrico entre un electrodo de Tungsteno y la parte que va a ser soldada. La zona del arco está cubierta con un gas inerte que protege al electrodo y al metal fundido en el arco de la oxidación además de ofrecer una acción refrigerante para el electrodo y favorecer la conductividad del arco.

Fue patentada por Meredith en 1942 y el proceso tomó el nombre de Soldadura HELY - ARC. (Ver Figura 2.4)

Este proceso fue pensado para solucionar los problemas existentes en materiales como el Magnesio y el Aluminio que en ese entonces el electrodo manual no remediaba. Este proceso sufrió muchas modificaciones hasta poderse aplicar a todos los materiales tanto ferrosos como no ferrosos.



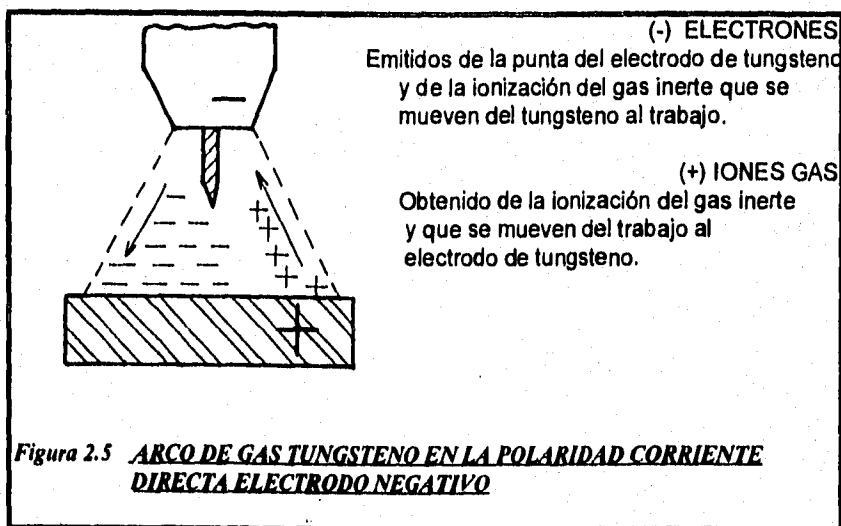
### **PRINCIPIOS DE OPERACION**

En el proceso TIG el arco eléctrico se establece dentro de una atmósfera de gas inerte entre un electrodo de Tungsteno y el metal que va a ser soldado. El arco es rodeado por un gas que puede ser Argón o Helio y en algunos casos el uso de mezclas de estos gases. (Ver Figura 2.5)

El calor desarrollado dentro del arco es el producto de la corriente de arco y el voltaje donde aproximadamente el 70% del calor es generado en la terminal positiva.

La corriente de arco se transporta a través de los electrones que son generados en la terminal negativa (Cátodo) y que son obtenidos por la ionización de los átomos del gas. Estos electrones son atraídos hacia la terminal positiva (Anodo) donde se genera la mayor cantidad de calor.

En resumen, la mayor cantidad de calor es generada en el ánodo y normalmente el proceso TIG se opera con el electrodo de Tungsteno llamado cátodo y el trabajo llamado Anodo.



#### **POLARIDAD**

El proceso TIG puede ser operado en tres diferentes formas:

- A- Electrodo negativo (polaridad directa),
- B- Electrodo positivo (polaridad inversa) y
- C- Corriente alterna.

En el primer caso, el calor se desarrolla en mayor cantidad en el trabajo y por esta razón el electrodo negativo es usado para la mayoría de los metales. Cabe mencionar que en esta polaridad no se tiene una acción de limpieza sobre la superficie de trabajo. Este es un problema que se presenta en algunos metales donde la descomposición de las capas de óxido no se lleva a cabo al momento que se inicia el arco para fundir el material, el cual puede ser observado en la apariencia del cordón de soldadura.

En el caso de los óxidos de Aluminio y Magnesio que son muy estables y tienen un punto de fusión mayor que el mismo metal base, éstos óxidos no son removidos por el calor del arco y pueden permanecer sobre la superficie del metal y limitar tanto la formación del charco de metal fundido como la estabilidad del arco.

En el segundo caso cuando se tiene electrodo positivo, entra en acción la actividad de limpieza sobre la superficie de trabajo debido al impacto de los iones de gas. Estos remueven la delgada película de óxido que cubre la superficie y con la ayuda del gas inerte, se logra una campana protectora para el metal fundido que se va desplazando con el arco a lo largo de la pieza de trabajo, impidiendo que se formen nuevamente estos óxidos. En relación al calor se puede decir que éste se genera en mayor proporción en el electrodo que en nuestra pieza de trabajo.

Usualmente los electrodos para electrodo positivo (polaridad inversa) son aproximadamente cuatro veces mayores en diámetro que un electrodo usado para polaridad negativa.

Por último, para la utilización con corriente alterna se considera una combinación de las dos anteriores, donde se consigue por un lado acción de limpieza y por el otro la de mayor penetración o mayor calor.

### **GASES PROTECTORES**

Todos los gases inertes pueden ser usados para la soldadura TIG, pero únicamente el Argón y el Helio son usados comercialmente. La razón es que estos dos gases se encuentran en forma abundante en la atmósfera y los métodos de obtención son mucho más económicos.

El Argón constituye aproximadamente el 1% de la atmósfera de la Tierra, se obtiene en forma líquida del aire y debido a esto se tiene una fuente ilimitada. Este gas es procesado para refinarse y purificarse, en forma comercial se maneja con una pureza de un 99.99% para el proceso TIG. El uso de este gas se emplea por las siguientes razones:

- 1- Produce un arco más suave y estable, además de facilitar el inicio del arco.
- 2- Permite trabajar con voltajes y corrientes muy bajas.
- 3- Mejora la acción de limpieza en el caso de soldadura de Aluminio y Magnesio con operación en corriente alterna.
- 4- Permite buena protección con bajos flujos de gas como consecuencia de su peso atómico.
- 5- Con la utilización de Argón se logra una mayor resistencia a la contaminación en la zona del arco, por la utilización de gases para el trazado sobre la pieza.
- 6- En aplicaciones de soldadura fuera de posición ofrece un mejor control sobre el metal base.

El Helio, como gas protector, se considera el segundo en importancia comercialmente para el proceso TIG. Es mucho más ligero que el aire, tiende a levantarse con facilidad y presenta turbulencia cuando el aire de la atmósfera penetra en la zona del arco.

Su costo es de cerca de 3 veces mayor que la del Argón y de igual forma la cantidad de flujo que se requiere para soldar también de 2 a 3 veces mayor que con el Argón.

### **ELECTRODOS**

Los electrodos para TIG se clasifican en:

- A- Tungsteno Puro
- B- Tungsteno conteniendo 1 - 2% de Torio.
- C- Tungsteno conteniendo 0.15-0.40% de Zirconio.

Todos los electrodos son fabricados en diámetros de 0.10 pulg. hasta 0.250 pulg. y longitudes desde 3 pulg. hasta 24 pulg.



Los Tungstenos considerados puros tienen un 99.5% de pureza, son más caros que los que tienen Torio y se utilizan en aplicaciones que requieren bajos niveles de corriente y voltaje; ofrecen muy poca resistencia a la contaminación, se utilizan principalmente en corriente alterna usualmente para soldar Aluminio, Magnesio y metales no ferrosos.

Los electrodos que contienen Torio poseen una mayor facilidad para conducir los electrones que los electrodos puros y debido a esta cualidad tiene una mayor vida útil. Ofrecen una mayor facilidad del inicio del arco, una mayor estabilidad en el mismo y presentan una mayor resistencia a la contaminación por tocar el metal base. Se utiliza generalmente con la mayoría de los aceros.

Los electrodos que contienen Zirconio poseen características de los dos anteriores y debido a esto son recomendados para soldaduras con corriente alterna en Aluminio y además ofrecen una mayor duración y resistencia en su afilado, que los dos anteriores.

La selección adecuada del electrodo depende básicamente de la aplicación que se requiere, del tipo de metal base, tipo de junta y la cantidad de piezas a soldar.

## **APLICACION**

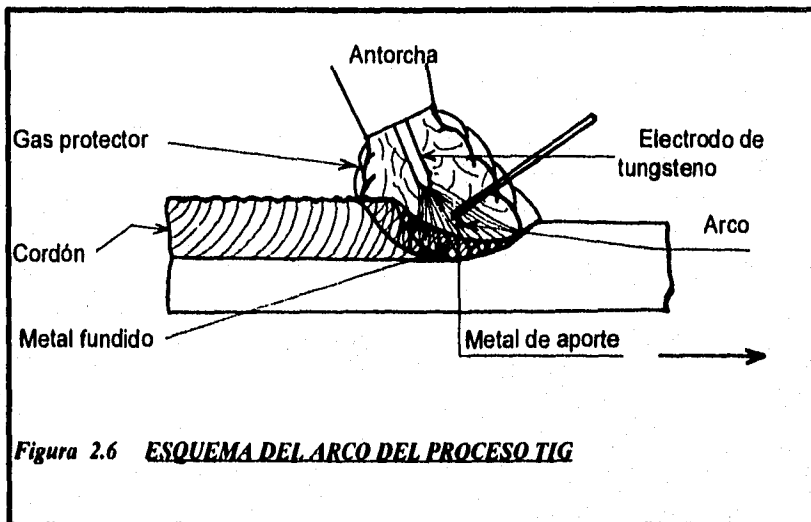
El proceso TIG es capaz de producir soldaduras de muy alta calidad prácticamente en todos los metales y aleaciones. Por otro lado también produce el menor rango de depósito de metal de todos los procesos de soldadura de arco y por esta razón no es recomendado en aquellos materiales donde se requiere un depósito de metal alto o elevado. (Ver Figura 2.6)

Este proceso puede utilizarse en el paso de raíz en tuberías de acero al carbono o de baja aleación con la ayuda de insertos consumibles y con varilla de aporte. Los siguientes pasos de soldadura pueden realizarse mediante proceso semiautomático con alambre sólido o tubular.

Puede utilizarse en aquellas aleaciones donde la soldadura debe ser de calidad excepcional. Eso es debido a la acción que pueden ejercer los contaminantes atmosférico. Ejemplos de metales reactivos y refractarios son: el Titanio, Zirconio y el Columbo donde una pequeña cantidad de Oxígeno, Nitrógeno e Hidrógeno pueden causar una disminución en la ductilidad y en la resistencia a la corrosión.

El proceso de soldadura TIG puede ser utilizado también en aceros inoxidable y en superaleaciones a base de Níquel, donde los problemas que pueden presentarse en la soldadura son de porosidad y fisuras.

Es recomendable la aplicación del proceso TIG sobre materiales delgados ya que se tiene un mayor control sobre el amperaje a niveles bajos (2 a 5 Amperes). Por el contrario, no es recomendable para hierros colados y aleaciones a base de Estaño y Zinc.



### **VENTAJAS Y DESVENTAJAS**

La mayor ventaja del proceso TIG es la alta calidad en sus soldaduras la cual se obtiene en todos los metales soldables y aleaciones, excepto en Hierros Colados.

Otra ventaja es que permite aportar material sobre la junta a soldar independientemente de la corriente de arco.

Ofrece poco chisporroteo y el manejo del soldador es muy fácil y portátil.

Otra ventaja es que este proceso se puede semiautomatizar o automatizar, dependiendo el tipo de trabajo que se requiera y sobre todo de la cantidad de

piezas que deben ser soldadas. Por ejemplo, la soldadura de tubería que conduce materiales corrosivos y para soldar los tubos de intercambiadores de calor, etc.

En algunas plantas de PEMEX se utiliza un sistema automático de soldadura TIG, considerado un equipo para soldadura orbital.

También mantiene un mejor control del arco y de la temperatura tan importante, en materiales delgados.

La mayor desventaja de este proceso es el bajo rango de metal que se puede depositar.

Otra desventaja es el costo elevado del equipo en comparación con los otros procesos de soldadura de arco.

Este proceso requiere de mucha habilidad por parte del soldador ya que es un proceso muy estricto en cuanto a las condiciones de operación. Los soldadores que manejan este proceso son los mejor pagados y se les llama argoneros.

En resumen las soldaduras obtenidas con este proceso son más fuertes, más dúctiles y más resistentes a la corrosión que las soldaduras hechas con los procesos ordinarios de soldadura por arco.

No se presentan salpicaduras, chispas ni emanaciones y se puede utilizar en la mayoría de los metales usados industrialmente.

## **2.3 PROCESO ARCO SUMERGIDO**

### **INTRODUCCION.**

Este proceso recibe su nombre por las características que le ofrece el uso de un fundente suministrado precisamente sobre el área donde se lleva a cabo el arco eléctrico y donde realiza funciones similares a las del recubrimiento del electrodo manual, del gas utilizado en el proceso MIG y TIG; además de impedir que los rayos ultravioleta del arco sean visibles durante todo el proceso de soldadura. De ahí toma el nombre de arco sumergido.

Su aplicación puede ser con equipo semiautomático y/o con equipo totalmente automático.

Este proceso ofrece la mayor eficiencia en cuanto al aprovechamiento del electrodo, la cual oscila entre un 95% y un 98% en comparación del electrodo del proceso MIG que es de un 90% y del electrodo manual que es del 60%.

Sus primeras utilizaciones fueron en Europa durante la Primera y Segunda Guerra Mundial.

Posteriormente, aparecieron en Estados Unidos compañías tales como Lincoln, Hobart, etc. que empezaron a desarrollar equipos semiautomáticos y automáticos además del desarrollo científico de los fundentes y los alambres.

Actualmente en México existen una gran cantidad de equipos de procedencia norteamericana que han desplazado a los europeos. La razón ha sido la falta de un buen soporte técnico y de refacciones.

No hay que olvidar que la mayor ventaja de este proceso es la de permitir trabajar con espesores de 1 pulg. y mayores donde por su gran velocidad de operación y su excelente calidad en el cordón, desplaza a los procesos convencionales utilizados anteriormente.

### **2.3.1 TEORIA BASICA**

#### **SAW (Sumerged Arc Welding) Soldadura Arco Sumergido**

Este proceso se llama así debido a que el arco de metal se encuentra cubierto por una campana de fundente granular fusible durante la operación de soldadura. Su funcionamiento está relacionado con otros sistemas automáticos que se utilizan en la soldadura de arco.

En la operación, se alimenta un electrodo desnudo a través del cabezal soldador donde se encuentra el material granular (fundente). Este material se extiende a lo largo de la costura y por la acción del arco se funde y deposita sobre la unión a soldar sin que el operador observe luz alguna del arco. En otras palabras, el arco se comienza ya sea por golpeteo abajo del fundente sobre el trabajo o inicialmente colocando algún conductor tal como lana de acero abajo del electrodo.

El intenso calor del arco produce inmediatamente un charco de metal fundido en la junta, al mismo tiempo que consume una parte del fundente granular. Este material flota sobre el metal fundido, formando una cubierta que elimina las pérdidas por salpicaduras y protege la junta soldada contra la oxidación. Al enfriar la escoria fundida se solidifica y se remueve fácilmente; el fundente que no se utiliza en la soldadura se recupera y se utiliza nuevamente.

El proceso está limitado a soldaduras planas y en algunos casos sobre superficies con una ligera inclinación. Cuando la unión a soldar tiene alguna preparación especial es conveniente utilizar respaldo de Cobre, acero o de algún material refractario, para evitar la pérdida de metal fundido.

Este proceso utiliza corrientes altas que oscilan entre los 300 hasta los 1400 Amperes dependiendo del tipo de acero a soldarse, el espesor del mismo, el diámetro de alambre desnudo que se va a utilizar y en cierto modo al tipo de fundente a utilizar.

Se obtiene tanto una penetración profunda como una velocidad de depósito elevada; con lo que la mayor parte de los espesores comerciales de metal en placas se pueden soldar de un solo paso. Como resultado pueden soldarse placas delgadas sin preparación; en tanto que con una preparación en "V" pueden ser soldados la mayor parte de espesores.

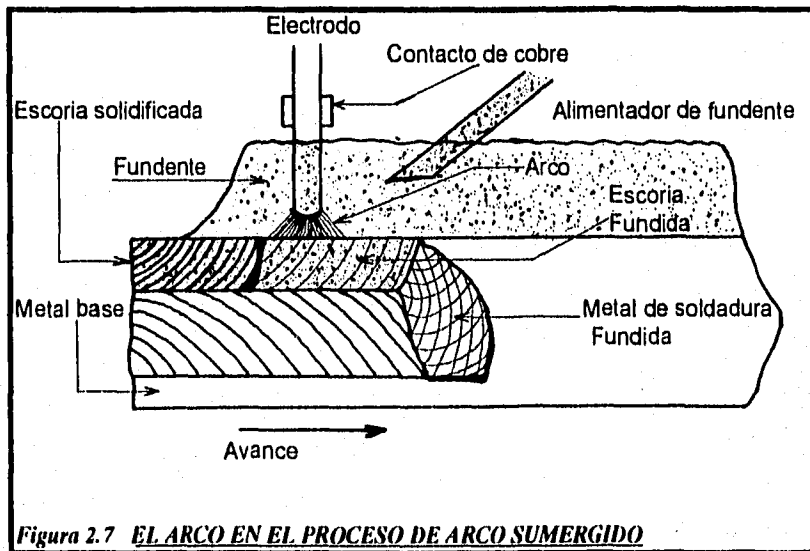
Este proceso generalmente se realiza sobre aceros de baja aleación, acero al carbono y muy recientemente para recubrimientos duros de materiales aleados.

La soldadura por arco sumergido se emplea cuando se requiere una gran velocidad de aportación. En general para todos los métodos de soldadura de gran velocidad de aportación el cordón de soldadura se espera de mala ductilidad y una baja resiliencia, como es frecuente en la fundición. Esto no es exacto; sin embargo las soldaduras por arco sumergido tienen una ductilidad y resiliencia excelentes, por lo menos iguales a la del metal base. Esta alta calidad de soldaduras se debe principalmente a la protección y colaboración del fundente.

La mayor parte de las soldaduras por arco sumergido se realizan en instalaciones automáticas en las que posicionadores y portapiezas colocan y mantienen la pieza en posición así como regulan la distorsión, logrando de esta manera condiciones ideales para soldaduras continuas con un mejor control del arco totalmente bajo control automático.

La soldadura siempre se hace en posición plana y en algunas ocasiones se requiere una pequeña inclinación para soldaduras circulares sobre tubos o recipientes de presión, recargues sobre piezas cilíndricas, etc. La siguiente figura nos indica qué ocurre debajo de la capa de fundente:





**Figura 2.7 EL ARCO EN EL PROCESO DE ARCO SUMERGIDO**

**EQUIPO UTILIZADO**

El equipo requerido para este proceso no es muy diferente a los otros procesos de soldadura, ya que consta:

- 1- Fuente de Poder.
- 2- Sistema de alimentación de alambre y control de fundente.
- 3- Portacarrete y accesorios.

Recordemos que este proceso puede trabajarse semiautomáticamente modificando algunos componentes del equipo como: Uso de una pistola que se conecta al alimentador de alambre y además, según sea el equipo, puede tener un tanque que suministre el fundente por medio de aire a presión y con la ayuda de la gravedad; o un pequeño recipiente que contenga poco fundente conectado a la pistola.

Esta operación en forma semiautomática está limitada a utilizar un diámetro máximo de 1/16 y por lo general es utilizado en operaciones de reparación de pequeñas secciones o en la fabricación de estructuras, vigas, etc.

**-1- La fuente de poder:**

En relación a las máquinas utilizadas para este proceso pueden ser tipo *transformador, transformador-rectificador y generadores*, puesto que dependiendo el tipo de trabajo ser el tipo de máquina.

Actualmente las más empleadas son las de tipo transformador-rectificador básicamente por ser las de menor consumo en vacío y a plena carga en comparación de los generadores, que fueron los más solicitados en el pasado. El empleo de transformadores está limitado a trabajos donde se requieran corrientes arriba de 1000 Amperes donde normalmente se utilizan dos alambres, el primero trabajando con CD (Corriente directa) y el segundo con CA (Corriente Alterna).

**-2- Sistema de alimentación de alambre y control de fundente:**

En el caso del sistema semiautomático el alimentador de alambre posee un sistema de engranes que impulsan un par de rodillos y mediante un sistema de control se regula la velocidad de alimentación. La antorcha está conectada al alimentador y por la acción de un contactor accionado por el gatillo el operador inicia el ciclo de operación accionando el motor alimentador y requiriendo de la fuente de poder una corriente que será proporcional a la velocidad regulada en el alimentador al hacer el arco. Al soltar el gatillo el motor se detiene y el arco se corta.

El suministro de fundente puede ser externo mediante el uso de un solenoide o empleando un cono conectado a la pistola.

En el caso de un sistema automático el sistema de alimentación del alambre estará fijo en un lugar designado por el tipo de trabajo y muy cerca de él deberá estar el sistema de control, cables para ambos equipos y otros adicionales para conectar la fuente de poder con el sistema de control.

Este tipo de equipos permiten un mejor control de las variables de soldadura como: voltaje, amperaje, velocidad de alimentación, la distancia del alambre a la pieza de trabajo y la inclinación ya que permiten controlar de una manera más confiable aquellas variantes que puede tener un soldador.

El sistema de control permite ajustar el voltaje, la velocidad de alimentación de alambre; en ocasiones el amperaje, el inicio del arco y la terminación, sin olvidar el suministro del fundente.

Hoy en día existen alimentadores con sistemas digitales que permiten tener un mejor control sobre los parámetros de soldadura a la vez que combinan los adelantos de la electrónica.

### **-3- Portacarrete y accesorios:**

En este punto sólo se menciona que el portacarrete en un equipo semiautomático mantiene el electrodo consumible cerca del alimentador de alambre y por otro lado evita que el electrodo se enrede.

Existen portacarretes para bobinas de 50 libras (22.68kgs), de 60 libras (27 kg) o de 30 libras.

En los equipos automáticos este portacarrete puede utilizarse en un lugar bien determinado por el fabricante y únicamente el cliente decidirá si lo utiliza para las presentaciones comerciales de 50 libras, 60 libras o en su defecto puede utilizar un sistema de suministro de alambre que sea entregado por tambores de 600 libras o carretes de 300 libras. Esto, dependiendo de la cantidad de piezas a fabricar.

Los accesorios que comúnmente se utilizan son aquellos que permiten al equipo automático más movimiento vertical, transversal, así como controladores de tiempo (Timer) para soldadura, separadores magnéticos, recuperadores de fundente, etc.

### **TIPOS DE FUNDENTES**

Como se mencionó anteriormente la función del fundente es la de proteger el arco y evitar que el metal fundido tenga contacto con el aire, además de evitar que el arco sea visible a los ojos del operador. Además tiene una participación más importante ya que proporciona algunas características en el metal base.

Se conocen tres grupos principales de fundentes que son:

- 1- **Fundentes básicos o neutros.**
- 2- **Fundentes activos.**
- 3- **Fundentes aleados.**

De estos grupos también por su forma de fabricación son llamados *aglomerados y vitrificados*.

**-1- Fundentes básicos:** Tienen la característica de no aportar componentes al metal base. Normalmente estos fundentes se utilizan para pasos múltiples y entre paso y paso es importante limpiar perfectamente la escoria ya que son muy sensibles a porosidad por falta de limpieza del metal base, de óxido, grasa, etc.

Por lo regular la combinación de fundente y alambre nos da las características del cordón de soldadura que deben igualar o mejorar las del metal base y en el caso del fundente neutro lo realiza el alambre seleccionado.

**-2- Fundentes activos:** Se caracterizan por aportar elementos al metal base, normalmente se trabajan en operaciones de un solo paso y en combinación con el alambre adecuado, pueden tener mejores propiedades mecánicas.

Son más resistentes a la porosidad causada por placas sucias con cascarilla de óxido, pintura, grasa, etc., por ser más alto su contenido de manganeso.

**-3- Fundentes aleados:** Son utilizados principalmente para operaciones de recuperación de piezas donde el material base puede ser acero al carbono con un recubrimiento especial resistente a la abrasión, al impacto, de gran dureza, etc. También es posible emplearlos en materiales aleados donde sus características de trabajo las desgastan y por medio de la combinación de fundente y alambre adecuado se rehabilita la pieza.

La recomendación adecuada de esta combinación que se necesita puede ser proporcionada por cualquier fabricante de estos productos. En México existen varios como UTP, Lincoln Electric, Miller o Grupo Infra, Aga, etc.

Existen fundentes que poseen características de cada uno de los grupos y son fabricados para necesidades específicas de materiales. En ocasiones el fabricante elabora fundentes para uso exclusivamente de un usuario, con formulaciones especiales y con todo el soporte técnico necesario para analizar el problema y sugerir la combinación ideal de alambre y fundente.

### **ELECTRODOS**

Este proceso de soldadura se puede utilizar en los siguientes materiales:

- 1- Acero al carbono (Principalmente en aquellos que su contenido de carbono es mayor de 0.29% y < 1.0%).
- 2- Aceros de baja aleación.
- 3- Aceros al Cromo-Molibdeno.
- 4- Aceros Inoxidables.
- 5- Aleaciones a base Níquel.

Las características y propiedades físicas de estos materiales son consideradas para la formulación de electrodos y fundentes.

Los electrodos de arco sumergido producen depósitos de soldadura para aceros al carbono maquinables, aceros de baja aleación, aceros de alto carbono, aceros de aleaciones especiales, aceros inoxidables, aleaciones de Níquel y aleaciones especiales para recubrimientos duros.

Estos electrodos son fabricados en forma de alambre sólido y también de alambre tubular normalmente para trabajos de recubrimiento duro. Son suministrados en varias presentaciones, que van desde bobinas de 25 LBS hasta tambores de 1,000 LBS. (11.35-454-Kg). La presentación más grande es más económica y puede incrementar la eficiencia de operación al eliminar el tiempo fuera o muerto ocasionado por el cambio de bobina.

Los electrodos de acero normalmente tienen un recubrimiento de cobre que los protege de la oxidación y los ayuda a mejorar la conductividad eléctrica.

Aquellos utilizados para materiales resistentes a la corrosión o para aplicaciones en plantas nucleares no tienen recubrimiento de cobre.

La Sociedad Americana de Soldadura (A.W.S.) regula la fabricación de los electrodos bajo ciertas normas y a la vez que proporciona información al fabricante y al usuario de las combinaciones de fundente y alambre apoyándola con datos técnicos de las pruebas realizadas a probetas.

A continuación se indican los valores de operación de los electrodos de acuerdo a su diámetro:

<b>DIAMETRO ALAMBRE</b>		<b>RANGO CORRIENTE</b>
<b>PULG</b>	<b>MM</b>	<b>AMPERES</b>
5/64	2.3	200- 500
3/32	2.4	300- 600
1/8	3.2	300- 800
5/32	4.0	400- 900
3/16	4.8	500-1,200
7/32	5.6	600-1,300
1/4	6.4	600,1,600

#### **SISTEMA DE CLASIFICACION DE COMBINACION FUNDENTE - ALAMBRE.**

La combinación de fundente y alambre depende en gran medida del tipo de metal que se va a soldar, de sus propiedades mecánicas y de las condiciones de trabajo a que va a estar sujeto.

Existen normas americanas para los fabricantes, establecidas por la A.W.S., para los electrodos y para las combinaciones fundente-electrodo para determinadas aplicaciones y condiciones.

Sistema de Clasificación AWS - ASME para Arco Sumergido



## **F7 A 2 - EM 12 K**

**F** = Fundente para Arco Sumergido

**7** = Propiedades mecánicas:

70 - 95,000 LBS/PULG.2 a la tensión

58,000 LBS/PULG.2 mínima a la tracción con 22% elongación en 2 PULG.

**A** = Condiciones de tratamiento térmico a la soldadura

**A** - al soldar (no necesita tratamiento térmico)

**P** - tratamiento térmico después de soldar

**2** = Resistencia mínima al impacto a 20 FT-LBS a:

0 - 0° F

2 - -20° F

4 - -40° F

-

-

10 - -100° F

**Z** - No requiere

**EM 12 K** = Tipo de electrodo que se debe utilizar de acuerdo a las condiciones que se espera obtener en las propiedades mecánicas de la soldadura.

Indica que es un electrodo de bajo carbono considerado de medio Manganeso y medio Silicio.

Ejemplo:

## **F7 A 6 - EM 12 K**

Se refiere a una combinación donde la unión de soldadura no requerirá tratamiento térmico posterior a la soldadura y que a su vez ofrece una resistencia a la tensión de 70,000 LBS/IN<sup>2</sup> mínima, (480 MPA) y donde se tiene una resistencia al impacto a baja temperatura de 20 FT-LB (27 J) a -51°C (-60°F). Con la utilización de un electrodo de medio manganeso como el EM 12K de acero al carbono.

### **VARIABLES DE OPERACION**

Como en todos los procesos de soldadura por arco, éste proceso también tiene variables que intervienen para el control del arco, la forma y apariencia del cordón. Esas variables son:

- 1- **Velocidad de alimentación de alambre y amperaje.**
- 2- **Voltaje.**
- 3- **Inclinación o ángulo de ataque del electrodo.**
- 4- **Velocidad de avance.**

No olvidemos que la relación que guardan estas variables es estrecha y para obtener los mejores resultados es necesario encontrar los valores óptimos de operación dependiendo de:

- ⇒ El metal base utilizado y su espesor.
- ⇒ El tipo de junta.

La forma en que nos ayuda y nos afecta que una de las variables del proceso no se atienda, se puede entender por lo siguiente:

### **-1- Velocidad de alimentación de alambre y amperaje:**

Estas dos variables están relacionadas directamente y si la velocidad de alimentación es alta, la corriente que se necesitará para fundir el electrodo será alta y viceversa. Existen equipos automáticos donde se controlan independientemente estas variables y que en un momento dado permiten aumentar la velocidad de alimentación sin aumentar la corriente dentro de cierto rango. Lo anterior también está relacionado con la penetración, es decir, a mayor velocidad mayor corriente y por lo tanto se obtiene mayor penetración.

### **-2- Voltaje:**

Esta variable está relacionada con la forma del cordón es decir, a mayor voltaje el cordón se extiende más y de acuerdo a la velocidad de avance el cordón puede ser más ancho. Por el contrario, un voltaje muy bajo implicará problemas para iniciar el arco; algunos de ellos pueden ser golpeteo y cordones más delgados y abultados.

El voltaje está identificado como la variable que aporta más calor para fundir mejor el electrodo.

### **-3- Inclinación o ángulo de ataque del electrodo:**

Como ya se mencionó, este proceso está limitado a posiciones horizontales y planas. El tipo de junta puede variar dependiendo del tipo de aplicación que va a tener la pieza a soldar y el espesor también.

En las soldaduras a tope, el electrodo ataca perpendicularmente la unión y para el caso de soldaduras circunferenciales la cabeza de soldar tiene una inclinación de aprox. 15 grados y la unión de soldadura en ocasiones es a traslape o a tope.

#### **-4- Velocidad de avance:**

Esta variable está relacionada de forma importante con las anteriores ya que directamente el tamaño del cordón se puede controlar con la velocidad de avance.

En el caso de soldaduras continuas a una velocidad determinada y con las otras variables fijas si la velocidad es alta, el cordón será delgado y posiblemente habrá problemas de penetración. Por el contrario, una velocidad muy lenta puede originar un cordón muy ancho e inclusive perforar el material.

Esta velocidad de avance está relacionada también con la velocidad de soldadura que cada electrodo puede necesitar de acuerdo a los parámetros de soldadura para el diámetro seleccionado y la polaridad utilizada.

#### **VENTAJAS Y DESVENTAJAS**

Las ventajas que ofrece este proceso son muy importantes principalmente para las industrias que fabrican bienes de capital, las industrias que fabrican recipientes a presión como tanques estacionarios, calderas, intercambiadores de calor, etc., donde los espesores utilizados son normalmente mayores de 3/4" y en muchos casos puede unir placas a tope sin necesidad de biselar y preparar el material, en otras aplicaciones es necesario que la junta tenga una preparación donde la raíz es cubierta con electrodo manual E6010 o con algún electrodo para proceso MIG.

Este proceso ofrece la mayor velocidad de depósito con una excelente penetración. Por ejemplo para rellenar una junta con electrodo manual puede necesitar 10 pasos mientras que con electrodo sólido y fundente para arco sumergido posiblemente esa junta requiera solo 2 pasos.

La mayoría de las aplicaciones son con equipo automático donde el operador solo interviene para labores de ajuste de parámetros dependiendo el tipo de trabajo y el espesor. Esto nos indica que su mayor aplicación es en trabajos de producción.

La mayor desventaja está principalmente en el costo del equipo, que en comparación de una máquina para electrodo manual y una de proceso MIG o TIG es muy elevado; aproximadamente 3 ó 4 veces más caro.

Por otro lado implica el manejo de fundente que debe ser de forma que no se contamine y que esté en un lugar sin humedad.

Finalmente en el aspecto operativo del equipo, éste sólo podrá dominarlo aquella persona que tenga experiencia en soldadura ya que obviamente le tomará menos tiempo conocer y dominar el equipo, que una persona sin experiencia.

En resumen este proceso tiene un campo de aplicación muy extenso, se utiliza para prácticamente todos los materiales y espesores. Es recomendable contra otros procesos más lentos que requieren mayor tiempo y material.

## **2.4 MEDIDAS GENERALES DE SEGURIDAD**

Estas medidas de seguridad tienen el objetivo de informar a operadores y gente que tenga relación con los equipos de soldadura en general.

Con esto se intenta evitar al máximo los problemas y accidentes que se pueden presentar, y por otro lado, formar un hábito de trabajo donde la seguridad forme parte importante.

### **Sobre los operadores:**

- A- Utilización de ropa adecuada de algodón, para evitar quemaduras en el cuerpo por chispas o escoria.
  
- B- Utilización del equipo de seguridad complementario como es:
  - Zapatos.
  - Guantes.
  - Protección de oídos.
  - Petos y Polainas de Gamuza.
  - Careta con cristales adecuados al trabajo e intensidad de luz del arco, para protección de ojos y cuello.

**Sobre los equipos:**

- A- Colocar los equipos de soldadura en lugares ventilados y de preferencia donde su instalación sea firme y segura, lejos de lugares donde se mojen o donde exista riesgo que se golpéen.
  
- B- Revisar y leer las recomendaciones del fabricante para el uso y mantenimiento, con la idea de conocer el equipo y familiarizarse con la operación del mismo.
  
- C- Antes de iniciar actividades es conveniente revisar el equipo e instalación para reportar cualquier desperfecto al Departamento de Mantenimiento. Se recomienda al terminar un día de labor limpiar el equipo y dejarlo listo para el día siguiente.
  
- D- Se recomienda la solicitud de algunas refacciones de desgaste más frecuente y crítico que en un momento dado pudieran detener la operación del equipo.
  
- E- Es de suma importancia que la instalación y revisión de los equipos sea realizado por el personal adecuado para evitar posibles accidentes con la acometida hacia el equipo por descuido o curiosidad.
  
- F- Procurar que los tanques de gas sean almacenados en un lugar adecuado cubierto, y que el manejo del tanque sea como lo recomienda el fabricante. Importante es no transportar los cilindros en forma horizontal ya que existe riesgo que la válvula tenga daño y se escape.

- G- Revise los reguladores y flujómetros utilizados y cambiarlos si es necesario.  
En este sentido no abra el cilindro colocándose frente al regulador, hágalo de costado con una sola mano. En el proceso MIG y TIG es de suma importancia el flujo de gas que se requiere en el área de soldar. No los limpie con grasa o aceite.
  
- H- Revise el portaelectrodo y la pistola de soldar, todas las conexiones deben estar en buen estado, los cables no deben estar en mal estado ya que esto puede ocasionar falsos contactos y el riesgo de choque eléctrico.

**Sobre el trabajo:**

- A- El área de trabajo debe ser un lugar cómodo para el operador donde se tenga espacio para el manejo de materiales y donde se desplace con libertad alrededor de su mesa de trabajo.
  
- B- No tocar las partes eléctricamente calientes ya que hay riesgo de choque eléctrico.
  
- C- Remover toda la escoria, escama u oxidación de cada capa de soldadura, antes de aplicar las siguientes.
  
- D- No permitir que alguno de los cables de la soldadura sea arrollada por vehículos o montacargas. Cuando no se utilice enróllese y guárdese en un lugar adecuado.



- E- Tener cuidado al remover la escoria ya que una rebaba puede dañar severamente los ojos. No realice esta operación sin lentes de seguridad.
  
- F- Es importante identificar los recipientes que contengan gas o combustibles que deban ser soldados ya que pueden contener vapores o gases inflamables. No soldar sin antes extraerles, por medio de presión de vapor, completamente dichos vapores para limpiarlos. Llenar de agua dichos recipientes antes de introducirles vapor y se recomienda procurar una buena ventilación durante la operación de soldar.
  
- G- No se haga arco en lugares cerrados donde se concentren olores de acetileno y otros vapores inflamables, puesto que al mezclarse con el aire algunos de estos explotan con violencia, al contacto con chispas o flamas.
  
- H- Procure una ventilación adecuada para que no exista acumulación de humo o de algún gas como CO<sub>2</sub> o ARGON, ya que pueden ser nocivos para la salud del operador.
  
- I- Por otro lado procure una posición de soldar lo más cómoda posible y cuando suelde sobre cabeza utilice una capucha o gorra para evitar que las chispas le caigan sobre la cabeza.

## **CAPÍTULO 3 EL PROCESO DE SOLDADURA MIG**

### **3.1 ANTECEDENTES HISTORICOS**

La soldadura de arco metálico con gas no es algo nuevo. También se le conoce como soldadura MIG o soldadura con Microalambre.

A partir de los años 1920 se trató de aislar la atmósfera del arco eléctrico para así mejorar las propiedades de la soldadura. La introducción del electrodo recubierto eliminó el interés de este proceso en esa época. De hecho, el electrodo recubierto utilizaba el gas producido por la evaporación y desintegración del revestimiento, actuando de esta manera como soldadura protegida por gas.

El proceso de soldadura eléctrica con arco producido por electrodo de tungsteno con protección de gas o TIG, como se le conoce hoy día, fue introducido al final de la década de 1930-1940, y fue el precursor de los procesos con protección de gas que actualmente se conocen. Sin embargo el gran problema que presentaba era su gran lentitud para el trabajo y a raíz de esto se desarrolló el proceso de soldadura con arco metálico y protección gaseosa al final de la década de 1940-1950.

En este proceso, se sustituyó el electrodo de tungsteno por un alambre electrodo que es alimentado en forma constante a través del interior de una pistola, utilizando también un gas inerte cubriendo al alambre al momento de hacer el arco para evitar contaminación de la atmósfera.

Este proceso se hizo popular inmediatamente y se le dio mayor utilización para soldaduras de materiales no ferrosos. Con esto se determinó que ofrecía grandes ventajas al utilizarse en soldaduras de acero dulce y de baja aleación. Sin embargo, el costo del gas inerte de protección limitaba a este nuevo proceso, llamado MIG a que compitiera con la mayoría de las aplicaciones en que se utilizaban electrodos recubiertos.

Los trabajos de investigación realizados en los electrodos recubiertos para soldar llevaron a la conclusión que los gases producidos por la desintegración del recubrimiento era  $\text{CO}_2$  o dióxido de carbono; por lo que se realizaron pruebas utilizando  $\text{CO}_2$  como gas de protección en materiales de acero al carbono y como resultado se obtuvo su utilización durante la década de 1950-1960. Sus aplicaciones más satisfactorias fueron obtenidas en la industria del automóvil con sistemas de soldadura totalmente automático. Observándose principalmente:

El alto grado de depósito.

La gran rapidez del recorrido de soldadura.

Con la limitante de que únicamente se podía aplicar en posición plana y horizontal; presentando problemas de chisporroteo. Su aplicación manual requería de mucha habilidad.

Continuaron las investigaciones y un factor importante fue la mejoría de las características eléctricas de la máquina de soldar utilizada para soldadura con CO<sub>2</sub>. Esto consistió en la adición de reactancia al secundario del circuito eléctrico. De esta manera se limitaron los cortos circuitos y las salpicaduras se redujeron considerablemente.

Por otro lado, se lograron mejoras al determinar que un diámetro más reducido disminuye considerablemente el calor del arco; sin embargo, la densidad de corriente mantenida en el alambre-electrodo aumentó considerablemente. La reducción del calor produjo un arco pequeño y concentrado y un charco de soldadura pequeño. La alta densidad de la corriente en el arco permitió un control más fácil de la dirección del arco, obteniendo así una mayor aplicación de este proceso en todas posiciones.

Hoy en día este proceso se utiliza en gran parte de la industria, utilizando CO<sub>2</sub> como gas de protección y bobinas de alambre para una alimentación continua a través de la pistola, donde por supuesto los equipos actuales presentan algunas variantes del diseño original. Inclusive en algunas aplicaciones el tanque de CO<sub>2</sub> es sustituido por un tanque con una mezcla de CO<sub>2</sub> y ARGON en una proporción 75% CO<sub>2</sub>, 25% AR (que es el más comercial) con la finalidad de obtener un arco más estable y reducir el chisporroteo.

### **3.2 TEORIA BASICA**

**GMAW** (Gas Metal Arc Welding)

**MIG** (Metal Inert Gas)

El proceso de soldadura MIG utiliza un electrodo o alambre consumible del diámetro pequeño, normalmente desde 0.025, 0.030, 0.035, 0.045 y 1/16 de pulg. que se mueve constantemente hacia adentro del arco. El área de soldadura y el metal alrededor están protegidos de la atmósfera por un flujo de gas que es guiado por la pistola de soldar de un equipo semiautomático o por un portaelectrodo o antorcha fija de un equipo automático.

Hablando técnicamente, el proceso MIG de soldadura eléctrica con el arco y el metal fundido protegido por gas permite soldaduras en todas posiciones y principalmente se utiliza para aplicaciones en acero al carbono y en muchas ocasiones para soldadura de Aluminio.

Otra área importante del desarrollo de este proceso fue la utilización del electrodo de diámetro más pequeño. Utilizando alambre más delgado se redujo el calor del arco por un lado y por el otro la densidad de corriente aumento grandemente.

Actualmente el gas de protección utilizado para este proceso es el bióxido de carbono  $CO_2$  para la mayoría de los materiales ferrosos. Con la práctica y el desarrollo de la industria se ha confirmado que para suavizar el arco en ciertas aplicaciones, se ha introducido el uso del gas inerte ARGON mezclado con el  $CO_2$  en diferentes proporciones, algunas de ellas ya comerciales, como la de 75%

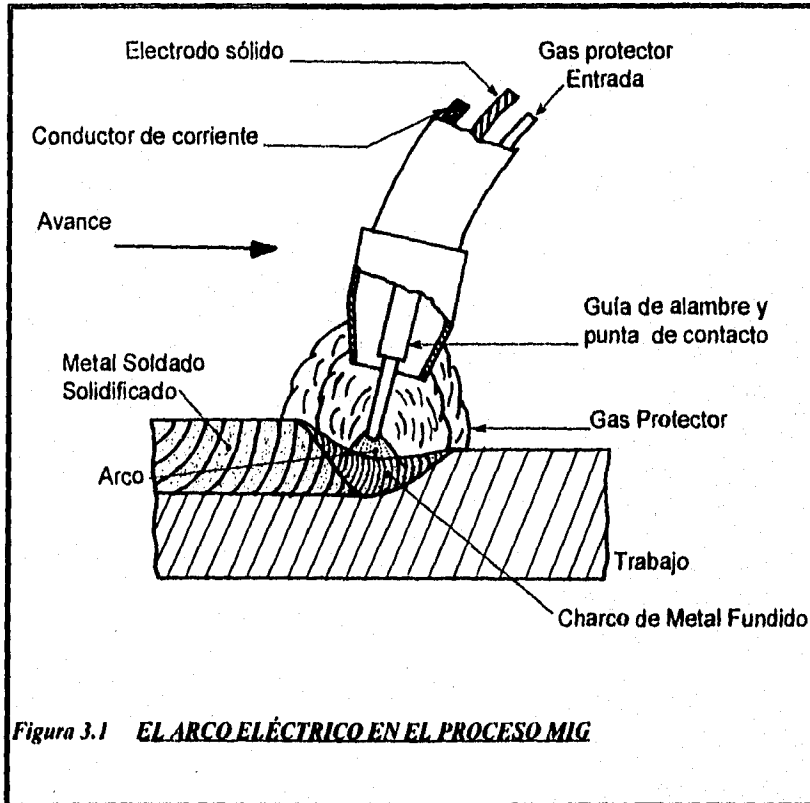
ARGON - 25% CO<sub>2</sub> y en algunas aplicaciones el empleo de otras mezclas implica una mejor calidad en la soldadura, como en el caso de ARGON - CO<sub>2</sub> - O<sub>2</sub>.

La protección del arco y del metal con la ayuda del gas protector se logra suministrando el gas a través de la pistola de soldar y dirigida en forma uniforme sobre la superficie a soldar, evitando de esta manera que elementos como el Oxígeno y el Nitrógeno se introduzcan y mezclen con el metal fundido afectando notablemente la resistencia del cordón y originando porosidad y una soldadura frágil.

En el proceso de soldadura MIG la estabilidad del arco está supeditada por un lado, por el tipo de equipo utilizado que debe ser de potencial constante o voltaje constante y por el otro, por el tipo de gas de protección empleado. El gas Argón es un excelente ionizador en comparación del bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

Por otro lado, por el tipo de electrodo consumible empleado que al igual que la soldadura manual tiene electrodos específicos para determinados materiales.

En la siguiente **figura 3.1** se explica el funcionamiento del arco en el proceso MIG.



**Figura 3.1 EL ARCO ELÉCTRICO EN EL PROCESO MIG**

Las variables que se controlan en el proceso MIG para realizar soldaduras de excelente calidad son:

- 1- Velocidad de alimentación y amperaje.
- 2- Voltaje.
- 3- Velocidad de avance.
- 4- Ángulo de ataque y de avance.
- 5- Distancia de la hoquilla a la pieza de trabajo.

A continuación se explicará brevemente cada uno de ellos para conocer cómo intervienen y de qué manera afectan la operación de soldadura.

### **-1- Velocidad de alimentación y amperaje**

En el principio de operación del proceso MIG se tiene esta característica particular donde existe una interrelación entre la velocidad de alimentación del alambre y la corriente que suministra la fuente de poder. Se puede establecer una relación también con la penetración que obtiene la soldadura; a mayor velocidad de alimentación mayor corriente y en consecuencia mayor es la penetración en el metal base y viceversa.

### **-2- Voltaje**

Esta variable es muy importante ya que está ligada directamente con la apariencia del cordón, es decir; que a un voltaje bajo el cordón será abultado y a un voltaje alto el cordón será plano y extendido.

Es común escuchar decir a los soldadores "súbele calor a la máquina", sin saber realmente qué es lo que está corrigiendo. El voltaje también nos ayuda a reducir el chisporroteo dependiendo el gas de protección empleado.

### **-3- Velocidad de avance**

Esta variable depende de las dos anteriores ya que por ejemplo, a una velocidad de alimentación alta y a un voltaje determinado la cantidad de alambre suministrado es tal que obliga al soldador a correr la mano a cierta velocidad para obtener el ancho de cordón necesario y evitar una velocidad lenta que en un momento dado puede perforar el metal base.



#### **-4- Ángulo de ataque y ángulo de avance**

Estas condiciones son necesarias para obtener los mejores resultados.

Por un lado es importante considerar el tipo de posición en que se va a soldar y por el otro, el tipo de junta utilizada para la unión de las piezas a soldar.

El ángulo de ataque es la inclinación con la que el electrodo continuo se coloca con respecto a la junta de soldar.

El ángulo de avance, es la inclinación necesaria para iniciar el movimiento de avance, normalmente es una posición que permite al soldador una buena visión del charco de soldadura. Por ejemplo:

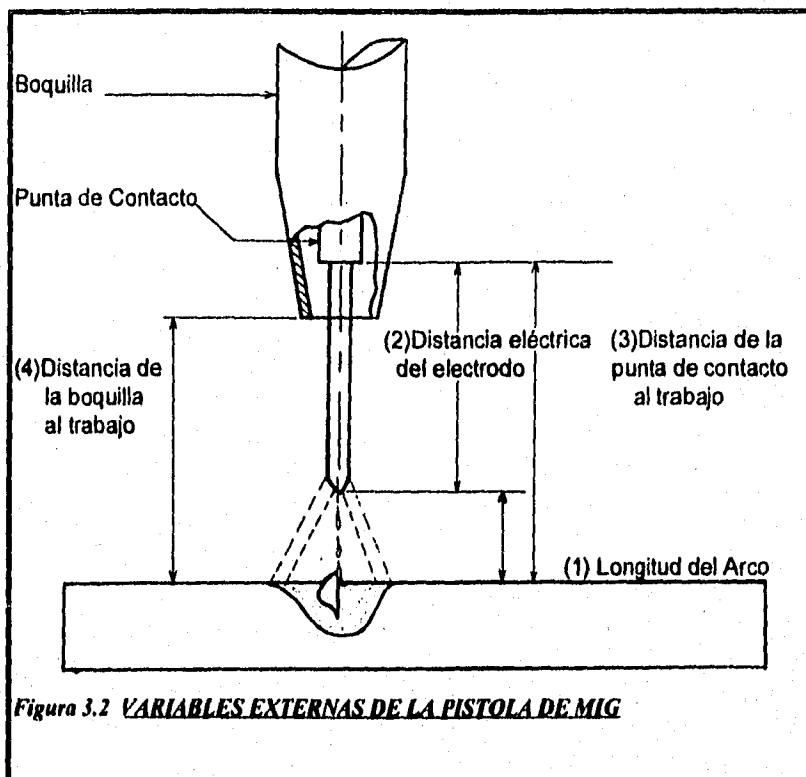
- Para un movimiento horizontal el ángulo de avance oscila entre 15° y 20° de la vertical.
- Para un movimiento vertical descendente el ángulo de avance oscila entre 15° y 20° de la horizontal.
- Para un movimiento vertical ascendente el ángulo de avance está entre 0° y 5° de la horizontal.

#### **-5- Distancia de la boquilla y la pieza de trabajo**

Normalmente se le conoce como el "stick out" o distancia visible y se refiere a la separación entre el alambre, al momento de salir de la boquilla, y la pieza de trabajo.

Esta distancia varía dependiendo el tipo de transferencia que se va a utilizar en un determinado material. (Ver figura 3.2)

Es importante tomar en cuenta que, como ocurre con los otros procesos, para obtener excelentes resultados deben encontrar el punto óptimo de operación de las variables que intervienen. El proceso MIG no es la excepción, la única manera de que se ajuste un equipo adecuadamente es conociendo a fondo de qué manera afecta al proceso así como el trabajo que se va a realizar. En base a lo anterior es que se ajustará el equipo al espesor, al tipo de junta, al diámetro del alambre, etc.



Las variables externas que se deben cuidar son:

- 1- Longitud del arco.
- 2- Distancia eléctrica del electrodo. (Stick out).
- 3- Distancia de la boquilla (Contact tip) al trabajo.
- 4- Distancia del cono de gas (Nozzle) al trabajo.

De tal manera que el control de estas variables nos dará como resultado una soldadura de calidad.

### **DIFERENCIAS SOBRESALIENTES**

El proceso MIG presenta algunas diferencias importantes en comparación con otros procesos, entre las cuales tenemos:

- 1- El arco es siempre visible para el soldador.
- 2- El gas de protección utilizado es CO<sub>2</sub>; que es sustancialmente más económico que cualquier otro gas de protección usado para materiales erosos.
- 3- La pistola y los cables del equipo de soldadura semiautomática son ligeros, ofreciendo comodidad y fácil manejo del operador, reduciendo la fatiga del mismo.
- 4- Este proceso es considerado como uno de los más versátiles.
- 5- La experiencia no es un factor crítico para la selección de operadores ya que su funcionamiento es sencillo y el trabajo continuo con este equipo forma soldados capacitados en un tiempo mucho menor que los otros procesos de soldadura por arco.

### **3.3 GASES UTILIZADOS**

La mayoría de los metales presentan una gran tendencia a la combinación con el Oxígeno, es decir a formar óxidos y en mucho menor grado al contacto con el Nitrógeno. Como se sabe estos elementos que se encuentran en la atmósfera son en cierta forma, los más dañinos para la operación de soldadura ya que afectan directamente al metal fundido al formar óxidos, ocasionando problemas en el cordón de soldadura como falta de fusión, porosidad y una disminución en la resistencia del cordón y en algunas ocasiones el Nitrógeno puede también afectar la soldadura tornándola frágil y quebradiza.

La función principal del gas es la de crear una atmósfera protectora donde los componentes que se encuentran en el aire no puedan entrar a la superficie que se va a soldar, específicamente al charco de metal fundido y con esto lograr una campana protectora. Esta es una de las funciones del gas utilizado en el proceso MIG además de colaborar en la función de enfriamiento de la pistola utilizada para alimentar el electrodo.

Dependiendo del gas seleccionado se consideran los siguientes aspectos ligados directamente a dicha selección:

- 1- Influye en las características del arco.
- 2- Determina el tipo de transferencia de metal.
- 3- Influye directamente en la apariencia del cordón y en la penetración del mismo.
- 4- Interviene en la velocidad de soldadura.
- 5- Influye en la tendencia de cortarse el arco.
- 6- Definen la intensidad de acción de limpieza.

Para este proceso MIG se pueden utilizar dos tipos de gases que por sus características se denominan:

**-A- Gases inertes**

**-B- Gases activos.**

En las **tablas 1, 2 y 3** se resumen las aplicaciones dependiendo el metal base a trabajar para una adecuada selección.

**-A- Gases inertes**

Argón y Helio son los gases más usados en el proceso MIG, utilizándose en forma aislada o en mezclas que se utilizan en la soldadura de aceros inoxidable, aceros de baja aleación y en materiales no ferrosos (como Aluminio, Magnesio, Cobre, etc.).

Existen dos diferencias básicas entre el ARGON y el HELIO que son:

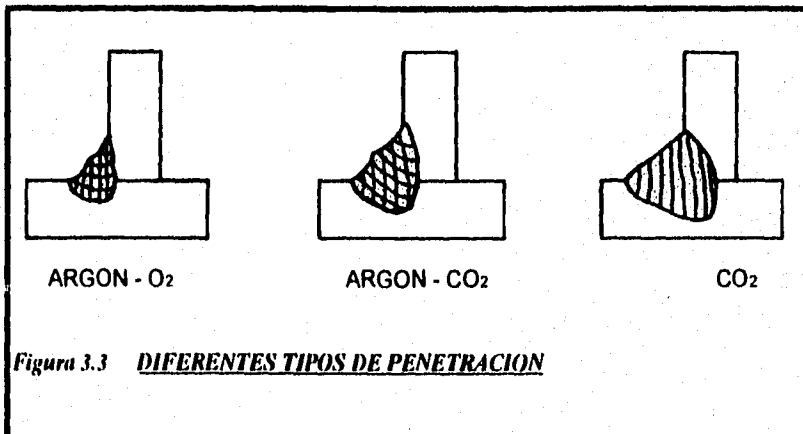
⇒ **Densidad:** La densidad del ARGON es aproximadamente 1.4 veces que la del aire por lo que es más pesado, mientras que la densidad del HELIO es 0.14 veces la del aire (es decir más ligero). Normalmente el Argón es el que se utiliza con más frecuencia en este tipo de proceso ya que su mayor densidad proporciona una mejor protección al área que se va a soldar con un determinado flujo en el regulador c/fluómetro.

En el caso del HELIO debido a su menor densidad, tiende a elevarse con mucho más velocidad que el ARGON y si en un momento dado se tiene solamente HELIO, se puede obtener un resultado similar al obtenido con el

ARGON únicamente aumentando la cantidad de gas entre dos y tres veces la que se requirió en el caso anterior.

**Conductividad Térmica:** Es otra de las características que diferencian estos dos gases. El HELIO posee una conductividad térmica mucho mayor que el ARGON y esta diferencia se observa notablemente en el plasma del arco. Con HELIO este arco es mucho más caliente y la distribución del arco es uniformemente dispersada como se observa en la **figura 3.3** y además contribuye directamente en la forma del cordón y la penetración del mismo.

En el caso del ARGON el arco es mucho más estable y más frío que el del HELIO y la apariencia del cordón es más uniforme y con una mayor penetración que la obtenida con el HELIO.



Comparado con el  $\text{CO}_2$ , el Argón tiene un potencial de ionización relativamente bajo, por lo que el arco de soldadura tiende a estabilizarse mejor cuando se utiliza Argón como gas de protección y reduciendo así las salpicaduras.

Para reducir la mala apariencia del contorno del cordón de soldadura así como la poca penetración que se obtiene al soldar acero dulce con Argón puro como protección, se puede agregar Oxígeno y en algunas ocasiones  $\text{CO}_2$  en una proporción que puede ser de un 3% de Oxígeno o un 9% en  $\text{CO}_2$ , dependiendo de las condiciones de la superficie a soldar (casarillas de óxido), el metal base del que se trate, la geometría de la junta, la posición de soldadura y la técnica empleada.



### **-B-Gases activos**

El bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) es el gas que más se utiliza en la soldadura por proceso MIG.

El bióxido de carbono se obtiene en la mayoría de las plantas de gases de petróleo al quemar el gas natural, petróleo o carbón de piedra. También se obtiene como un subproducto de las operaciones de los hornos de Calcio, de la fabricación de amoníaco y de la fermentación de alcohol.

Los cilindros con bióxido de carbono de calidad para soldadura, contiene aproximadamente 435 pies cúbicos de gas a una presión de 1,000 LBS/Pulg.<sup>2</sup>

Con el bióxido de carbono se obtiene una penetración firme y profunda, haciendo posible al operador la eliminación de algunos defectos en la soldadura, tales como falta de fusión. El contorno del cordón es bueno y no hay tendencia a la socavación en la soldadura.

**(Ver figura 3.3).**

### **3.4 TIPOS DE TRANSFERENCIAS DE METAL**

Las características del proceso MIG también conocido como **Gas Metal Arc Welding (GMAW)** se pueden describir mejor por los tres modos básicos de transferencia de metal que se obtienen en este proceso y que se presentan a continuación:

- A- Transferencia Axial en Spray.**
- B- Transferencia Globular.**
- C- Transferencia Corto Circuito.**

En los procesos de soldadura de arco eléctrico como el proceso MIG (proceso de arco metálico protegido por gas), el TIG (proceso de arco con electrodo de Tungsteno protegido con gas) y con electrodos recubiertos son esencialmente iguales en las características del arco.

El tipo particular de transferencia que se obtendrá, dependerá en gran medida de los siguientes factores:

- Diámetro del Alambre Electrodo.
- Gas de Protección Seleccionado.
- Corriente de Soldadura.
- Voltaje del Arco.

La Transferencia en Spray y la Globular están básicamente asociadas con una relativa alta energía del arco y ambas están limitadas a posiciones de soldadura plana y horizontal y a materiales no menores de 1/8 pulg. (3.2 mm) de espesor.

La Transferencia por Corto Circuito es considerada de baja energía en el arco y esto permite trabajar en soldaduras en todas posiciones y en espesores no mayores de 1/8 pulg. (3.2 mm).

#### **-A-Transferencia Axial en Spray**

Utiliza un gas de protección con un mínimo de 80% de ARGON. En este tipo de transferencia el traslado del metal a través del arco es por medio de pequeñas gotas de un tamaño igual o menor al diámetro del electrodo que siguen una dirección axial sobre la línea recta definida por el electrodo y el charco de metal fundido.

El arco es silencioso y estable; en consecuencia prácticamente no hay chisporroteo y la apariencia del cordón es muy buena.

Por lo que se refiere a la penetración, se obtiene una similar a la del proceso de electrodo manual (SMAW) pero es menor a la obtenida por la transferencia globular. y está limitada a soldaduras en posición plana y horizontal.

**(Ver figura 3.4)**

Este modo de Transferencia Axial por Spray es establecida en un nivel mínimo de corriente y está muy ligado al diámetro del electrodo que determina su densidad de corriente. Para poder obtener este tipo de Transferencia por Spray y alcanzar el nivel mínimo de corriente es necesario rebasar la corriente de transición donde es necesario observar estas condiciones:

- Utilización de gas de protección con un mínimo de 80% de ARGON.
- Se requiere corriente elevada.
- Se requiere voltaje elevado.

De este tipo de transferencia podemos obtener las siguientes ventajas:

- a) Permite un alto depósito.
- b) Se obtiene excelente penetración y buena apariencia.
- c) Permite trabajar en espesores de  $1/8$  (3.2mm) para arriba.

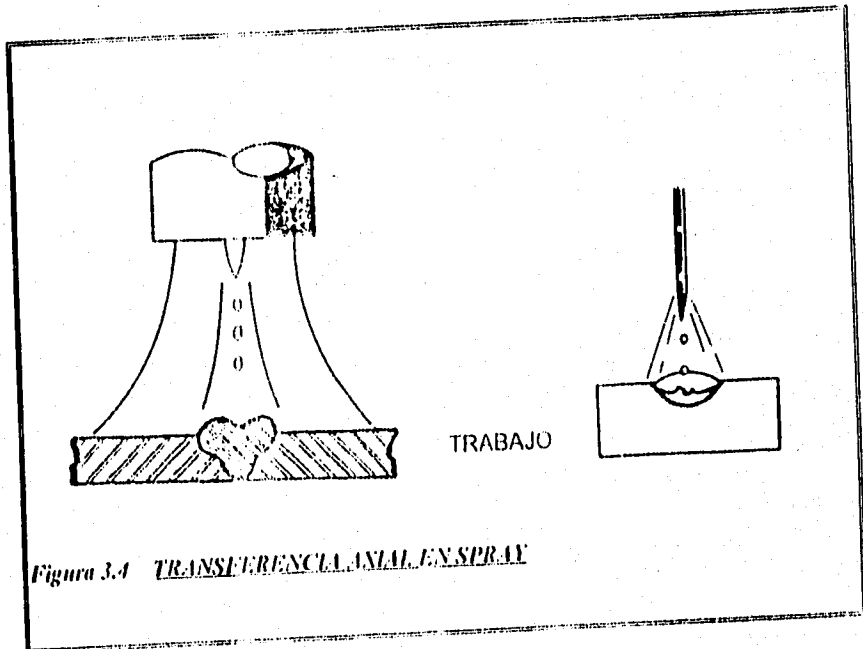


Figura 3.4 TRANSFERENCIA AXIAL EN SPRAY

### **-B-Transferencia Globular**

Utiliza CO<sub>2</sub> como gas de protección. En este modo, la transferencia de metal cruza el arco en la forma de glóbulos irregulares y que no siguen una trayectoria uniforme, resultando un considerable chisporroteo y un sonido estruendoso. Este chisporroteo disminuye un poco cuando se ajustan los parámetros de soldadura y la pistola es acercada un poco más al charco de soldadura.

(Ver figura 3.5).

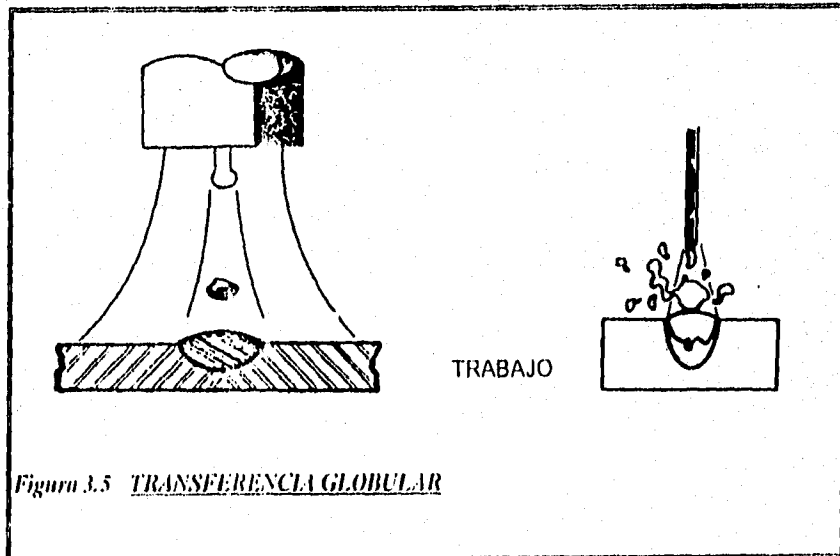
El gas CO<sub>2</sub> es un gas activo e inestable por lo que es característico el sonido de golpeteo. Con él se obtiene una mayor penetración en el cordón de soldadura debido a la mayor cantidad de calor concentrado en el arco. No obstante, la apariencia no es tan buena como la obtenida con el ARGON en combinación con CO<sub>2</sub> o O<sub>2</sub>.

Este tipo de transferencia únicamente se puede obtener con el uso de CO<sub>2</sub> como gas de protección y con las siguientes condiciones:

- Altas corrientes.
- Altos voltajes.

A corrientes más bajas la punta del electrodo se funde para formar un globillo mayor. Con frecuencia este glóbulo fundido es proyectado y por el efecto de corto circuito es lanzado para entrar a gran velocidad en el depósito de soldadura. Estas condiciones deberán evitarse debido a que ocasionan una estabilidad de arco pobre, penetración superficial y salpicaduras.

Este tipo de transferencia puede ser considerada como la parte transitoria entre la Transferencia por Corto Circuito y la Transferencia Axial en Spray ya que permite utilizar un gas más económico como el CO<sub>2</sub> en aplicaciones de espesores mayores de 1/8 pulg. (3.2mm), obteniendo las ventajas de altos depósitos y velocidades de soldadura elevadas con excelente penetración. La única desventaja es una apariencia no muy buena por el chisporroteo, lo que exigirá un trabajo adicional de limpieza.



### **-C-Transferencia Corto Circuito**

Se obtiene utilizando CO<sub>2</sub> como gas de protección. El principio de la Transferencia por Corto Circuito se puede describir como una operación donde el electrodo al tocar la pieza de trabajo realiza un corto circuito y durante el cual un efecto físico llamado "Efecto Pellizco Electromagnético" o efecto "Pinch" comprime hacia afuera una pequeña gota desde el final del electrodo y al desprenderse el arco se restablece y comienza nuevamente el corto circuito. La figura siguiente mostrará los pasos que ocurren en esta operación de corto circuito. Este tipo de transferencia es frecuentemente utilizado en materiales delgados ya que ayuda a evitar salpicaduras, quemado y distorsión.

**(Ver figura 3.6).**

La Transferencia Corto Circuito se puede obtener siempre y cuando:

- Se manejen bajas corrientes.
- Se manejen bajos voltajes.
- Se utilice CO<sub>2</sub> como gas protector.

Considerando estas condiciones se puede obtener una transferencia que nos permitirá un mejor control sobre la distorsión en materiales delgados y soldaduras en todas posiciones. A lo anterior es posible agregar una mayor velocidad tanto de soldadura como de depósito.

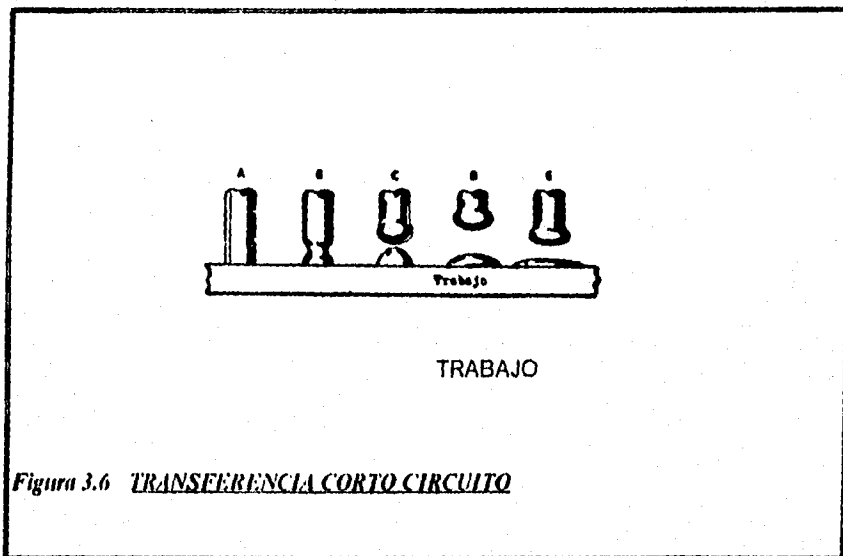


Figura 3.6 TRANSFERENCIA CORTO CIRCUITO

### 3.5 EQUIPO UTILIZADO Y SUS CARACTERISTICAS

El proceso de soldadura eléctrica MIG depende del sistema de voltaje constante que controla automáticamente el arco. Es conveniente señalar que este sistema de voltaje constante es relativamente nuevo en la industria de la soldadura y sin embargo siempre se ha utilizado en la industria que suministra la energía eléctrica. Cabe hacer mención que el control de voltaje dentro del equipo requerido para trabajar, concretamente en la fuente de poder, le da al equipo MIG una característica especial. El equipo requerido para trabajar es el siguiente:

- 1- Fuente de poder.
- 2- Unidad de alimentación de alambre.
- 3- Antorcha o pistola de soldadura.
- 4- Gas de protección y Sistema regulador c/flujoímetro.
- 5- Alambre electrodo.



La siguiente figura muestra un equipo típico de soldadura MIG. (Ver figura 3.7)

#### **-1- Fuente de poder**

Las máquinas de soldar utilizadas para el proceso MIG pueden ser:

a) Transformador - rectificador.

b) Tipo generador.

Motor Eléctrico.

Motor Combustión Interna.

Durante muchos años las nicas utilizadas, fueron las de tipo generador principalmente las de motor de combustión interna, en trabajos de campo donde no se tenía energía eléctrica. Posteriormente se desarrollaron las de tipo transformador-rectificador que desplazaron rápidamente a los generadores con motor eléctrico por varias causas, entre las más importantes estaban: ahorro de energía eléctrica ya que el consumo en vacío del generador es muy alto, el fácil mantenimiento del transformador-rectificador y en este punto, el costo mayor de las refacciones para dar mantenimiento al generador. Otra cuestión a considerar es que la eficiencia del generador, que oscila entre 60-65% contra 80-85% de eficiencia del transformador-rectificador.

En la soldadura MIG pueden usarse diferentes capacidades de máquinas de soldar dependiendo del tipo de trabajo que se va a realizar en combinación con el diámetro de alambre que se va a utilizar.

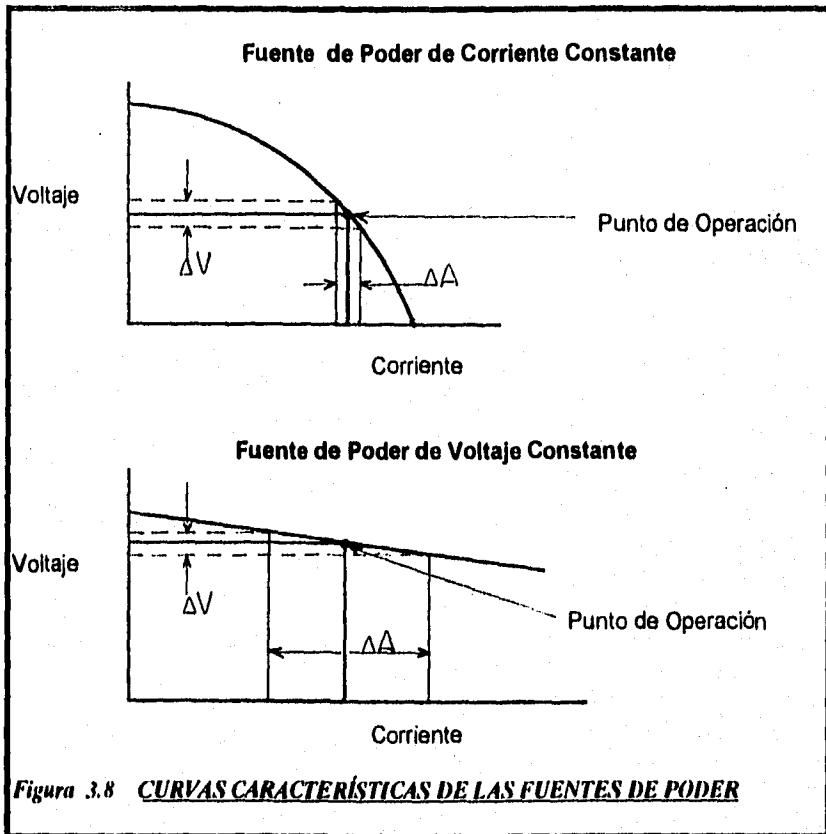
En el caso del tipo de trabajo, es conveniente considerar si éste es ligero o es de producción (continuo) y también los diferentes ciclos de trabajo.

El ciclo de trabajo se refiere a la capacidad que tiene la máquina para trabajar de manera continua sin períodos de descanso, por ejemplo: Una máquina con un ciclo de trabajo del 60% nos indica que la máquina, tomando una referencia de 10 minutos, puede trabajar 6 minutos continuos con 4 de descanso. Si este ciclo de trabajo no se respeta hay posibilidades de que la máquina sufra daños desde ligeros hasta muy serios.

Por lo general una máquina para soldadura MIG puede trabajar al 100% de ciclo de trabajo para soldaduras de producción con excelente calidad.

Las curvas características de las máquinas para soldadura MIG conocidas como máquinas de potencial constante y de voltaje variable, sirven para explicar el comportamiento del proceso.

**(Ver figura 3.8).**



En la figura es donde se observa que a una pequeña variación en el voltaje le corresponde una variación importante en el amperaje.

Es importante señalar que estos equipos controlan el voltaje a la salida, de tal manera que al preajustar un cierto valor éste no se altera y cuando existe alguna variación en el voltaje de arco la compensa bajando o subiendo la corriente y de esa manera mantiene el valor más cercano al voltaje ajustado. Esto ofrece ventajas

el sentido de que las variaciones causadas por un principiante pueden ser absorbidas y no se reflejarán tanto en el trabajo.

## **-2- Unidad de alimentación de alambre**

El mecanismo alimentador de alambre consta de un sistema de impulsión que permite diferentes velocidades de alimentación por medio de rodillos de diferentes diámetros dependiendo del electrodo utilizado.

Esta unidad de alimentación de alambre está conectada a la fuente de poder que le suministra una alimentación la cual puede variar dependiendo de la marca y el modelo, generalmente se suministran 115 VCA. A este conector se le conoce como cable de control que además tienen otra función que es la de cerrar el circuito del contactor de salida de la fuente de poder.

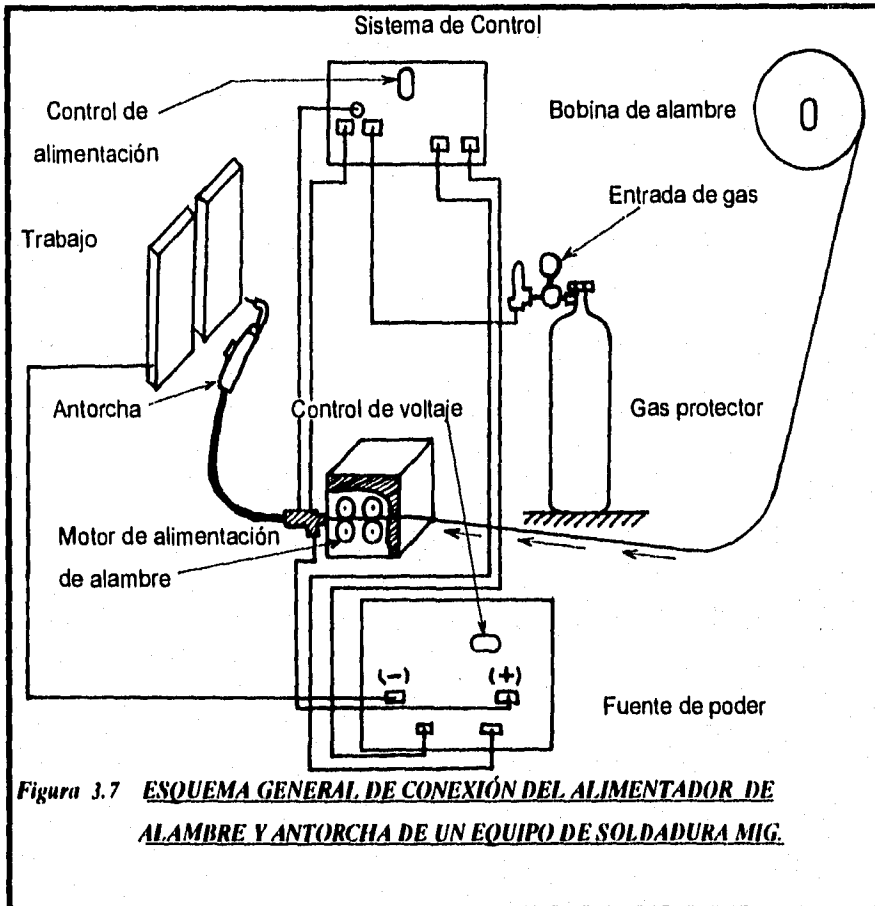
Este alimentador debe proporcionar control sobre diferentes rangos de velocidad de alimentación de alambre ya que existe una relación directa entre dicha velocidad de alimentación y la salida de corriente de la fuente de poder; es decir a mayor velocidad de alimentación mayor será la corriente que entregue la máquina y por el contrario, a velocidades de alimentación bajas la corriente suministrada por la máquina será baja.

No hay que olvidar que en el caso del proceso MIG, la máquina de soldar es de voltaje constante. El control de voltaje se encuentra en la misma máquina y unido al control de velocidad de alimentación que tiene el alimentador.

Este principio de operación del alimentador es el más reciente ya que los equipos más rudimentarios poseían un control independiente de la corriente, además de que el alimentador era mucho más grande y estorboso.

Muy cerca del alimentador debe estar el portacarrete o bobina del electrodo que se va a utilizar. Cabe hacer mención que siempre se ha buscado que el conjunto del alimentador y el sistema de alimentación del alambre sea del menor peso posible y de un tamaño que permita su traslado hacia áreas de difícil acceso y operación, donde la operación de soldadura requiere de una considerable inversión de tiempo.

Este sistema de alimentación debe contar además con un dispositivo para controlar la cantidad de gas que se va a utilizar al soldar. Esto se logra mediante la utilización de una válvula de paso eléctrica o solenoide que el alimentador de alambre controlará con la ayuda del gatillo de la pistola de soldar y un contactor para la operación del solenoide. ( Ver figura 3.7).



Los equipos más modernos ya requieren de menos mantenimiento puesto que son cada vez más confiables, tienen componentes electrónicos y circuitos que reducen el tamaño del alimentador y aumentan la eficiencia de operación. Constan de elementos de seguridad que protegen el alimentador de sobrecargas en el motor impulsor de los rodillos y otros que protegen al sistema de fallas eléctricas en la conexión.

### **-3- Antorcha o pistola de soldadura**

La pistola utilizada para el proceso MIG es la conexión necesaria para cerrar el ciclo. Por una parte están todos los cables de interconexión y el cable de tierra y por el otro lado la pistola con su terminal eléctrica conectada al positivo de la máquina y al alimentador, haciendo la función del porta electrodo o maneral. (Ver figura 3.7)

El objetivo principal de esta pistola es el de ser una herramienta de fácil manejo, ligera y con la capacidad suficiente para realizar el trabajo que soldador requiere. Además de dicha capacidad, la pistola cuenta con un ciclo de trabajo que se puede clasificar en ligero, pesado y extrapesado.

Existen diseños ligeros para trabajos en posiciones difíciles y para trabajar con niveles de corriente bajos, así como también existen pistolas para servicio pesado en trabajos de alta producción.

Las más utilizadas tienen enfriamiento por aire independientemente del trabajo del gas protector que también tiene una función de enfriamiento en la pistola. Para trabajos muy específicos y donde las condiciones lo ameriten se pueden emplear pistolas con enfriamiento de agua.

El funcionamiento básico es el siguiente: Guiar por un conducto interno el alambre electrodo desde el alimentador de alambre hasta la punta de la boquilla que es la parte final de la pistola, además debe conducir el gas de protección que pasa a través del alimentador y que previamente es regulado en el flujómetro y regulador montado en el cilindro de gas. Finalmente debe ser el medio de transmisión de la corriente de soldadura al hacer el arco y cerrar el circuito.

También se le conoce como Antorcha cuando es utilizada en equipos automáticos donde la función del soldador es meramente de supervisión y de alimentación en el cambio del electrodo.

En un extremo de la pistola existe el gatillo que sabemos es el accionador de todo el mecanismo y en la operación del proceso de soldadura tienen la siguiente operación:

- a) Al ser accionado, primeramente funciona el sistema impulsor de alimentación de alambre y una vez seleccionada la velocidad, ésta aparecerá en los indicadores con una escala en pulg/min. o en metros/min. de alambre.
- b) Con el gatillo accionado la válvula solenoide del gas entra en operación permitiendo el paso de este gas de protección a la pieza de trabajo a través de la pistola.
- c) Finalmente al ser accionado el gatillo el contactor de salida de la máquina es cerrado y la fuente entrega una corriente que está en función de la velocidad de alambre indicada en el alimentador.

Al soltar el gatillo estas tres funciones dejan de operar.

Existe una característica muy peculiar de estos equipos y es que en unión con el alimentador ofrecen una mayor seguridad al operador debido a que no existirá arco eléctrico, si no es operado el gatillo de la pistola.



#### **-4- Gas de protección y Sistema regulador c/flujoómetro (Sistema de regulación del gas)**

El punto de gases protectores ya se trató anteriormente y únicamente se analizará el principio de operación del regulador de gas utilizado en los procesos con soldadura con algún gas.

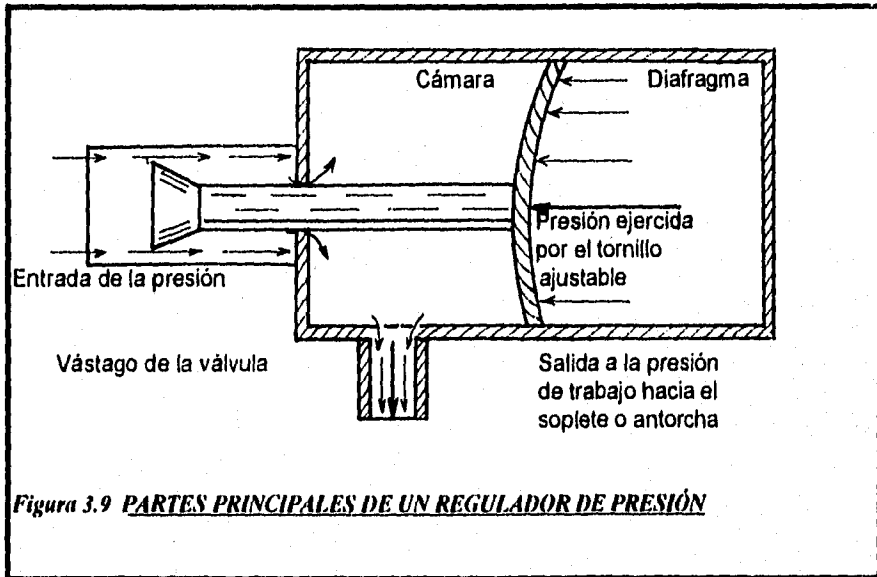
#### **REGULADORES DE PRESION**

La función principal de los reguladores es reducir la presión existente en los cilindros a una presión baja y segura, ya que siempre implica riesgo trabajar con presiones tan altas como las que manejan los cilindros. Estos reguladores permiten un flujo constante y uniforme del gas en función de la presión de salida regulada.

El principio bajo el cual operan los reguladores de presión se indica en la **figura 3.9**

Como se ilustra, el gas a alta presión entra al cuerpo del regulador a través de una tobera controlada por una válvula y se introduce a la cámara del regulador. La presión en la cámara se eleva hasta vencer la tensión del resorte (Diafragma), cuando esto sucede se flexiona a la derecha y la válvula que está unida a él se cierra evitando que entre más gas a la cámara.

A medida que el gas escapa de la cámara por la abertura de las válvulas en el soplete, la tensión del resorte flexiona al diafragma hacia la izquierda reabriendo la válvula.



**Figura 3.9 PARTES PRINCIPALES DE UN REGULADOR DE PRESIÓN**

Las presiones que entran a la cámara de gas son muy altas y si el tornillo de ajuste está roscado hacia adentro dañará el diafragma, por lo tanto, es necesario que el tornillo que mueve el diafragma esté totalmente fuera antes de abrir la válvula del cilindro.

Existen dos tipos de reguladores de presión para trabajos medianos y pesados, según sea el caso. Ellos son:

#### **Reguladores de paso y reguladores de doble paso.**

Ellos se emplean generalmente en las operaciones de corte y soldadura y pueden ser de uno o dos pasos y siempre para trabajo pesado.

Para el uso de procesos de soldadura TIG o MIG donde la cantidad de gas a utilizarse se maneja por volumen de gas el regulador convencional es modificado agregándole un flujómetro para medir la cantidad de gas suministrado en M<sup>3</sup>/hr. o Litros/hr. y únicamente tiene un regulador para medir la presión del cilindro.

El metal utilizado en su construcción varía de acuerdo al gas que se va a utilizar y normalmente la industria de esta rama tiene bien definidas las características y ofrecen una gran variedad de modelos; sin olvidar que se consideran las características que el fabricante de gas que tiene sus diseños propios para sus tanques, en el tipo de tuerca, etc.

#### **-5- Alambre electrodo**

En la selección del electrodo adecuado para cada aplicación se busca que cumpla estos objetivos:

- El depósito se acerque lo más posible a las propiedades mecánicas y características físicas del metal base.
  
- El depósito de soldadura esté libre de discontinuidades, es decir que no exista variación en la composición química del electrodo.

Es importante señalar que de la adecuada selección dependerá el buen desempeño de la soldadura aplicada ya que un material de aporte de las mismas características físicas y metalúrgicas nos permitirá uniones de excelente calidad así como brindará la seguridad de que no tendrá problemas como corrosión, etc. a corto plazo.

La composición del electrodo depende en gran medida de las características del metal base, como son principalmente:

- a) Química.
- b) Resistencia.
- c) Ductilidad

Otras consideraciones adicionales pueden ser: la resistencia a la corrosión, respuesta a tratamientos térmicos, etc. Todas estas son características secundarias de la compatibilidad metalúrgica del metal base con el metal de aporte o electrodo.

La Sociedad Americana de Soldadura (A.W.S.) ha establecido especificaciones sobre el metal de aporte o electrodo a fin de facilitar una selección dependiendo del metal base utilizado.

En la **tabla 4** se indica una recomendación típica de un fabricante.

### 3.6 DEFECTOS MAS FRECUENTES DE LA SOLDADURA Y CÓMO SOLUCIONARLOS.

Falla o defecto	Causa y/o Acción Correctiva
<p><b>Porosidad</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-A- Aceite, mucha oxidación, incrustaciones, etc., en la placa.</li> <li>-B- Alambre, puede necesitar un alambre con más contenido de Mn y Si.</li> <li>-C- Problema en la protección: viento boquilla obstruida o pequeña, manguera de gas dañada, flujo de gas excesivo, etc.</li> <li>-D- No se removió el vidrio entre los pasos de soldadura.</li> <li>-E- Soldadura sobre escoria del electrodo cubierto.</li> </ul>
<p><b>Falta de penetración</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-A- Unión de soldadura demasiado estrecha.</li> <li>-B- Corriente de soldadura demasiado baja; mucho "stick out" del electrodo.</li> <li>-C- Sedimento de soldadura laminado en frente del arco.</li> </ul>
<p><b>Falta de fusión</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-A- Voltaje de soldadura y/o corriente demasiado baja.</li> <li>-B- Polaridad equivocada, debe ser DCRP (Corriente Directa, Polaridad Inversa).</li> <li>-C- Velocidad de recorrido demasiado baja.</li> <li>-D- Soldadura sobre un reborde convexo.</li> <li>-E- Oscilación del soplete muy ancha o muy estrecha.</li> <li>-F- Exceso de óxido en la placa.</li> </ul>
<p><b>Socavamiento</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-A- Velocidad de recorrido demasiado alta.</li> <li>-B- Voltaje de soldadura muy alto.</li> <li>-C- Corriente de soldadura excesiva.</li> <li>-D- Mucha detención en el borde del reborde de soldadura.</li> </ul>

<b>Agrietamiento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-A- Química incorrecta del alambre.</li> <li>-B- Reborde de soldadura demasiado pequeño.</li> <li>-C- Baja calidad del materia que se está soldando.</li> </ul>
<b>Arco inestable</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-A- Química incorrecta del alambre.</li> <li>-B- Verificar sistema de alimentación del alambre.</li> </ul>
<b>Arranque de soldadura deficiente o fragmentación del alambre</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-A- Voltaje de soldadura demasiado bajo.</li> <li>-B- Inductancia o inclinación demasiado alta.</li> <li>-C- Extensión del alambre demasiado larga.</li> <li>-D- Limpiar vidrio u óxido de la placa.</li> </ul>
<b>Exceso de salpicadura</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-A- Use Ar-CO2 o Ar-O2 en lugar de CO2.</li> <li>-B- Disminuya el porcentaje de He.</li> <li>-C- Voltaje del arco demasiado bajo.</li> <li>-D- Eleve la inductancia y/o la inclinación.</li> </ul>
<b>Quemado a través</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-A- Corriente de soldadura demasiado alta.</li> <li>-B- Velocidad de recorrido demasiado baja.</li> <li>-C- Disminuya el ancho de la abertura de fondo.</li> <li>-D- Use Ar-CO2 o Ar-O2 en lugar de CO2.</li> </ul>
<b>Reborde convexo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-A- Voltaje de soldadura y/o corriente demasiado bajos.</li> <li>-B- Extensión excesiva del electrodo.</li> <li>-C- Aumentar la inductancia.</li> <li>-D- Unión de soldadura demasiado estrecha.</li> </ul>

## **CAPITULO 4 LA INDUSTRIA METAL-MECÁNICA EN MÉXICO**

### **4.1 SITUACION ACTUAL DE LA INDUSTRIA EN MEXICO**

Durante muchos años la industria en México estuvo limitada a un crecimiento muy lento y además el avance en la utilización de nuevas tecnologías era mínimo. El apoyo de parte del gobierno para invertir y ayudar a generar tecnología propia no existía.

Todo esto a consecuencia de algunos convenios que nuestro país realizó con Estados Unidos principalmente y que se fueron gestando a partir de que se descubrió el gran potencial petrolero de México en la época de Porfirio Díaz y que se les conoce como Los Tratados de Bucareli.

De aquí que durante muchos años sólo se nos permitió la utilización de tecnologías americanas y europeas ya obsoletas en su país de origen y que representaron para nosotros un rezago tecnológico de 15 ó 20 años, en relación a las potencias comerciales de entonces.

Afortunadamente esta situación ha cambiado en los últimos años y gracias a la apertura que ha experimentado nuestro país, actualmente la gran mayoría de industrias que hay en México ha recobrado importancia para el gobierno mexicano.

Ello ha llevado a pensar en mejorar la planta productiva, incrementando la productividad de todas las empresas; primeramente aceptando el atraso y buscando soluciones a su sistema productivo. También modificando y renovando el equipo con la idea de implantar sistemas eficientes que mejoren la calidad de los productos y mejoren

el rendimiento de las personas a la vez que buscan utilizar tecnologías más modernas que aumenten la productividad.

La industria Metal-Mecánica es aquella que utiliza como materia prima los productos y subproductos de las industrias mineras y que con la ayuda de maquinaria y diferentes procesos es capaz de transformar los metales en artículos para el mercado interno de las demás industrias de ensamble como la automotriz, industrias fabricantes de estructuras metálicas, fabricantes de recipientes a presión, etc.

La mayoría de estas industrias utiliza también durante su proceso de producción alguna etapa de unión de metales usando varios procesos para enlazarlos donde el más utilizado es normalmente algún proceso de soldadura.

Este tipo de proceso de unión de metales en muchas industrias de nuestro país es todavía el más rudimentario; el proceso de soldadura por arco con electrodo manual es el más utilizado desde hace muchísimos años y desgraciadamente por la situación del país en años anteriores, la industria no tenía la posibilidad de conocer otras tecnologías y sistemas más modernos que permitieran mayores beneficios.

Por otro lado están las industrias que utilizan el proceso TIG para sus operaciones de ensamble y unión. Su aplicación está más extendida en industrias que manejan aceros inoxidables, aluminio y algunas de aceros al carbono. En ellas se sigue utilizando el sistema tradicional sin tener en cuenta que hoy en día existen equipos automáticos que podrían facilitar su trabajo.

El otro proceso de soldadura también utilizado desde hace mucho tiempo es el de arco sumergido y aunque el número de industrias que lo utilizan es más reducido y en



muchos casos tienen equipo ya obsoletos donde sufren para conseguir refacciones y mantenerlos en operación, hoy en día existen equipos más sofisticados que permiten aumentar el rendimiento de su planta industrial.

El grave período de incertidumbre que se ha presentado en varias ocasiones en los últimos años es un obstáculo muy grande que sumado a las condiciones tan difíciles por las que ha pasado el país, obliga a los empresarios a analizar qué dificultades por las que ha pasado el país, obliga a los empresarios a analizar qué beneficios se pueden obtener invirtiendo sus capitales en las diferentes industrias nacionales.

En la medida en que el gobierno mexicano brinde apoyo a los empresarios y éstos gocen de seguridad y estabilidad económica, las inversiones aumentarán. Como consecuencia se incrementará la creación de nuevas industrias y por ende, las fuentes de trabajo.

Sólo de esta forma nacerá el interés por crear una nueva forma de pensar en el empresario y se vivirá un cambio de mentalidad hacia lo bien hecho, hacia la calidad total en todos los niveles y todas las áreas.

## **ANTECEDENTES HISTORICOS**

### **Periodo prehispánico.**

En esta etapa la actividad básica y más importante de su economía fué la agricultura.

Por otro lado, los aztecas tenían diferentes tipos de artesanos con oficios especializados como lo eran los orfebres, joyeros, pintores, etc. La producción la llevaban a cabo en pequeños talleres.

### **Periodo Virreinal (1535-1810)**

La actividad productiva de mayor relevancia fue la minería, la cual fue la principal fuente de financiamiento, existiendo 2 formas sobresalientes de la industria de la transformación: el pequeño taller artesanal y el obraje.

El obraje constituye un eslabón intermedio entre la producción artesanal y la manufactura basada en uso de la máquina.

### **Periodo Independiente (1821-1876)**

A pesar de que en esta época existe muy poca información estadística sobre la industria, cabe hacer mención que las industrias de mayor relevancia fueron

las de calzado, aceites, la papelera, del hierro, destilerías de aguardiente, del vidrio, etc.

### **El Porfiriato (1877-1911)**

En este periodo la industria de transformación logró un crecimiento modesto, se hicieron importantes cambios que influyeron significativamente sobre el desenvolvimiento del sector industrial. Entre ellos puede citarse la expansión de los mercados internos.

El desarrollo de la industria siderúrgica se inicia con la creación de la Cía. Fundidora de Fierro y Acero de Monterrey. Anteriormente funcionaban en México pequeñas unidades productoras de hierro alimentadas con chatarra y algunos depósitos de mineral de hierro fáciles de exportar.

### **La lucha armada y la consolidación de las instituciones**

Entre 1921 y 1930 se fundan 29 nuevas grandes empresas privadas nacionales en ramas como la alimentaria, de madera y corcho, productos químicos, minerales no metálicos y productos metálicos.

A partir de 1940 se inicia una etapa de intensa industrialización, durante la cual la economía se transforma en una estructura productiva urbano-industrial, se agregan a las grandes empresas industriales ya existentes, 445 nuevas grandes plantas privadas nacionales, siendo significativo su número en las ramas de alimentos, productos químicos básicos, productos metálicos y equipo eléctrico.

En cada rama industrial, la manufacturera muestra diversos grados de heterogeneidad, esto significa que la estructura productiva posee varios estratos superpuestos que operan a diferentes escalas involucrando diferentes avances tecnológicos, productividad, organización, funcionamiento, etc.

México se vio favorecido con la Segunda Guerra Mundial (1939-1949) porque a través de una estrategia de sustitución de importaciones (principalmente de bienes de consumo) se pudo acelerar la industrialización del país.

Las características de la política de comercio exterior fueron:

- ⇒ Proteccionismo arancelario.
- ⇒ Establecimiento de precios oficiales.
- ⇒ Permisos previos de importación.
- ⇒ Controles a las importaciones.
- ⇒ Fomento a las exportaciones.

El proceso de expansión y crecimiento trajo graves desequilibrios y una deficiente adecuación del aparato industrial a las necesidades del desarrollo nacional y al rezago de la producción de bienes y servicios, como por ejemplo hubo crisis en la agricultura, rezagos económicos y sociales, se acentuó la dependencia financiera, tecnológica y alimentaria con el exterior.

Se puede decir que es a partir de 1960 cuando México ya cuenta con una estructura industrial típica de los países en desarrollo.

En años posteriores a 1970 la estrategia cambió, lo que se buscaba era acelerar la economía y corregir los desequilibrios. Desgraciadamente debido a medidas de emergencia, no siempre adecuadas, lo que se produjo fueron menores tasas de crecimiento.

En el año de 1982 el país se encontraba en una grave crisis reflejada en una economía cerrada y la industria se vio afectada ya que existían bajos niveles de competitividad, deficiente calidad de los productos, rezago tecnológico, etc.

Lo que busca es romper con el desequilibrio estructural entre el sector industrial y el comercio externo, formando una mayor integración industrial de sus cadenas productivas y articulación intersectorial. Todo esto a través de la inversión y el desarrollo tecnológico, la elevación de la calidad y productividad, así como de sus niveles de competitividad en general.

De seguir con esta política de apertura comercial se podrá:

- ⇒ Lograr un desarrollo industrial a nivel nacional, eliminando la desconcentración geográfica.
- ⇒ Incrementar la productividad del sector industrial.
- ⇒ Introducir una nueva cultura de calidad total.
- ⇒ Especialización de la planta productiva.

#### **4.2. CLASIFICACION DE LA INDUSTRIA**

El Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (I.N.E.G.I) establece una clasificación de la industria nacional, la cual está comprendida por las divisiones que a continuación se mencionan:

<b>División I</b>	Productos Alimenticios, Bebidas y Tabaco.
<b>División II</b>	Textiles, Prendas de Vestir e Industria del Cuero.
<b>División III</b>	Industria de la Madera y Productos de la Madera.
<b>División IV</b>	Papel, Productos y Papel, Imprentas y Editorial.
<b>División V</b>	Sustancias Químicas derivadas del Petróleo, productos del caucho y plástico.
<b>División VI</b>	Productos Minerales No Metálicos, exceptuando derivados del Petróleo y Carbón.
<b>División VII</b>	Industrias Metálicas Básicas.
<b>División VIII</b>	Productos Metálicos, Maquinaria y Equipo.
<b>División IX</b>	Otras Industrias Manufactureras.

La industria Metal-Mecánica está considerada en la División VII y la División VIII.

A continuación se describe la situación en que se encuentran estas divisiones actualmente.

## **INDUSTRIAS METÁLICAS BÁSICAS**

Las industrias metálicas básicas son consideradas como uno de los antecedentes inmediatos más importantes de la industria actual y uno de los sectores clave para medir el grado de desarrollo y avance de nuestra industria desde sus primeras etapas, ello es por la utilización de tecnología de punta.

Por lo general el análisis de este sector ayuda enormemente para conocer y comprender la situación que vive la industria en nuestro país.

La componen dos ramas que son:

- A- Industrias básicas del Hierro y el Acero
- B- Industrias básicas de Metales no Ferrosos.

Dichas ramas tienen una producción orientada fundamentalmente al consumo intermedio de sectores como construcción y la división de productos metálicos, maquinaria y equipo (donde aporta más de la mitad de su oferta), así como también y en menor medida a otras actividades como el comercio y autoconsumo.

La división de industrias metálicas básicas ha experimentado un crecimiento superior al de la industria manufacturera a lo largo de las tres últimas décadas. Durante este periodo el comportamiento se puede explicar por el desempeño de dos de los principales demandantes de este tipo de productos: Construcción y productos metálicos, maquinaria y equipo, ya que mientras el primero atravesó por una fuerte contracción a lo largo de la década de 1980-1990, el segundo inició un proceso de

reorientación de mercado que le ha permitido consolidar un nuevo esquema de desarrollo, basado principalmente en la mayor presencia externa del sector automotriz.

De la suma de industrias que integran esta división el 63.8% son empresas micro 27.7% empresas pequeñas y el restante 8.5% empresas medianas y grandes.

La localización geográfica de esta actividad se concentra fundamentalmente en los estados de Puebla con un 39.6%, Estado de México con un 22.7%; Distrito Federal con un 13.9% y en menor medida en Nuevo León y Jalisco. En conjunto estos cinco estados concentran más del 97% de las Industrias Metálicas Básicas.

Los bajos niveles de sustitución de importaciones registradas durante los cuatro primeros años de la década de 1980-1990 responden a uno de los periodos más críticos del sector. Durante esos años, mientras las importaciones registran una tendencia ascendente, la oferta experimenta un comportamiento descendente lo que indica que parte de la demanda interna fue cubierta con productos del exterior.

### **PRODUCTOS METÁLICOS, MAQUINARIA Y EQUIPO**

Esta división es una de las nueve que conforman el sector manufacturero y se distingue por ejercer un efecto de arrastre determinante sobre el comportamiento de la producción fabril en su conjunto, debido a que:

- ⇒ Absorbe más de la tercera parte del personal ocupado en la industria.
- ⇒ Representa el 50% del total de establecimientos productivos.
- ⇒ Se coloca como el principal generador de fuentes de trabajo y constituye un área estratégica para el desenvolvimiento de otras actividades al ser proveedora de



insumos fundamentales y estar en función directa de la dinámica o concentración de la inversión.

Si bien esta industria se caracteriza por ser la de mayor peso en el número de empresas totales de la planta productiva, a lo largo del periodo de 1982-1990, se ubicó como la segunda división (después de alimentos, bebidas y tabaco), que experimentó el mayor crecimiento en sus unidades fabriles; de tal forma que el 78.3% son micro, el 16.3% son pequeños y el 5.4% restante se distribuye equitativamente entre medianos y grandes.

Al estar en función directa del comportamiento de la inversión, esta industria refleja de manera inmediata los cambios que se producen en el ciclo económico, de tal forma que cuando crece, lo hace a tasas superiores a las que registran el resto de los componentes del sector manufacturero y cuando se contrae, sus variaciones no tienen paralelo con ningún otro segmento del aparato productivo nacional.

Dentro de esta división el sector automotriz y el de bienes de capital constituyen, entre otros, los principales importadores. En el primer caso puesto que es una de las principales promotoras de las exportaciones del país, se obliga a modernizarse continuamente para lograr mayor competitividad en el extranjero y de esta manera ofrecer buen precio y máxima calidad, ventajas que ofrecen sin duda ciertos productos provenientes del exterior.

Como es evidente, el acceso a los mercados internacionales donde se compite con toda clase de productores, está sujeto a dos características esenciales como son:

### **Calidad y precio**

Los niveles óptimos se alcanzan únicamente a través de eficiencia y modernización en los procesos que involucran la elaboración y fabricación.

Esto se puede considerar como un problema existente en la industria de este sector y que en consecuencia representa el gran obstáculo a vencer para alcanzar esa calidad y productividad que se necesita.

Para tener una idea del problema a continuación se mencionan algunos de esos aspectos que se consideran como parte integrante de ese gran obstáculo, ellos son:

⇒ Existencia de capacidad ociosa, pese a la reactivación del sector y el repunte de la inversión.

⇒ Mayor competencia externa.

⇒ La necesidad de utilizar la capacidad ociosa limita las posibilidades de subcontratación de pequeñas y medianas empresas y la transferencia de tecnología hacia las mismas. Un ejemplo es la reunión en una sola planta de procesos totalmente distintos, así como la producción de partes en pequeños volúmenes o bien, intensivas en mano de obra por parte de las grandes plantas.

⇒ Bajo desarrollo de las ingenierías básicas de diseño y proceso. En especial se observan importantes limitaciones en maquinaria pesada y tratamientos térmicos especializados. Estos obstáculos son debido a la compra de tecnología del exterior, frecuentemente atada a la compra de refacciones, así como a la obtención de paquetes de financiamiento externo.

⇒ Calidad insuficiente para cubrir las normas de fabricación en la elaboración de productos y subproductos de maquinaria y equipo pesado.

⇒ Escasez de insumos estratégicos, especialmente en las industrias de menor tamaño.

⇒ Insuficiente desarrollo de los sistemas de distribución de insumos y materias primas, falta de control de calidad.

En síntesis, las perspectivas de esta división dependen en buena medida de la atención que se dé a los problemas antes descritos y especialmente de la actitud de las grandes empresas, que deben desarrollar un sentimiento de responsabilidad y un compromiso para brindar el mejor esfuerzo con miras a mejorar la calidad y el nivel de competencia frente al exterior; por todo ello se hace necesaria la instrumentación de programas de apoyo y fomento específico que propicien el desarrollo y permanencia de estas actividades industriales. Asimismo, en lo que corresponde al sector automotriz, es necesario impulsar un efectivo programa de promoción industrial al sector de autopartes, que permita aumentar su presencia en el extranjero con mayores niveles de integración nacional, pensando en la apertura del Tratado Trilateral de Libre Comercio con Estados Unidos y Canadá.

Si bien Modernización, Productividad y Calidad constituyen la trilogía que enmarca en buena medida el futuro desempeño de la actividad productiva, sus alcances estarán sujetos no sólo a la actuación del empresario, sino además a la participación de todos y cada uno de los sectores que intervienen en la actividad económica nacional y también a los propios lineamientos de la política económica en general.

#### **4.3. ALTERNATIVAS QUE OFRECE EL PROCESO MIG PARA LA INDUSTRIA METAL-MECANICA.**

El proceso MIG también llamado Proceso Microalambre ofrece muchas ventajas para la mayoría de trabajos de soldadura, que van desde los más pequeños hasta los trabajos de producción.

El proceso muestra ventajas y mayor veracidad con otros procesos similares; como es el caso de la soldadura oxiacetilénica con latón, con plata, o con la soldadura por resistencia; así como en el caso de comparación con los procesos de arco eléctrico, como son el de electrodo manual, soldadura de arco sumergido y la soldadura TIG.

A continuación detallamos las ventajas más significativas del proceso MIG.

- ⇒ Se puede considerar, con determinadas condiciones en los parámetros de soldadura, ***la aplicación en todas posiciones.***
- ⇒ Hay un ahorro en el tiempo que se dedica a la limpieza del cordón ya que prácticamente ***no hay escoria.***
- ⇒ Prácticamente no hay salpicaduras cuando se utiliza Argón en la mezcla con el CO<sub>2</sub>. ***Se consideran mínimas las salpicaduras.***

- ⇒ Existe una **mínima generación de gases** en comparación con el proceso de soldadura manual; por lo que ofrece beneficios tanto para el soldador como para la zona donde se ubica la empresa por la emisión de contaminantes al ambiente.
- ⇒ Ofrece una **mayor velocidad de depósito** en la operación de soldadura por la alimentación continua del electrodo a través del mecanismo de alimentación; aumentando considerablemente el rendimiento del soldador y en consecuencia el aumento en la productividad con excelente calidad.
- ⇒ A diferencia de los otros procesos que se mencionan en este trabajo, el tiempo que requiere una persona para familiarizarse con el equipo y el proceso, al grado de ejecutar soldaduras de calidad, es muy variable ya que depende de la habilidad de la persona. El tiempo promedio mínimo es de 3 a 6 meses. Para el proceso MIG ocurre que por la sencillez del equipo y por la facilidad de manejo, **los operadores** de este proceso **prácticamente no requieren experiencia previa** y el periodo de adaptación es mucho más corto que con los otros procesos.
- ⇒ Ofrece una **mayor velocidad de soldadura** y en consecuencia un **mejor control sobre la distorsión**. Tiene aplicaciones muy específicas en materiales delgados como calentadores de gas, carrocerías, herrerías, etc.
- ⇒ **Proporciona un alto coeficiente de depósito**. El 95% del alambre-electrodo es depositado en la unión de soldadura.
- ⇒ **Ofrece un ahorro** considerable en comparación con el electrodo manual donde se desperdicia aproximadamente entre un 20-30% del electrodo.

- ⇒ **El factor de trabajo del soldador** utilizando micro-alambre es prácticamente del doble en comparación de un soldador con electrodo manual.
- ⇒ Los pases de soldadura sencillos y múltiples proporcionan depósitos de excelente **calidad a prueba de rayos X**.
- ⇒ El depósito de metal de soldadura es de **calidad de bajo hidrógeno**, equivalente a un electrodo de la serie E-70XX.
- ⇒ El equipo es muy versátil y puede utilizarse para trabajar con la mayoría de los metales, con solo seleccionar el electrodo adecuado y el gas de protección.

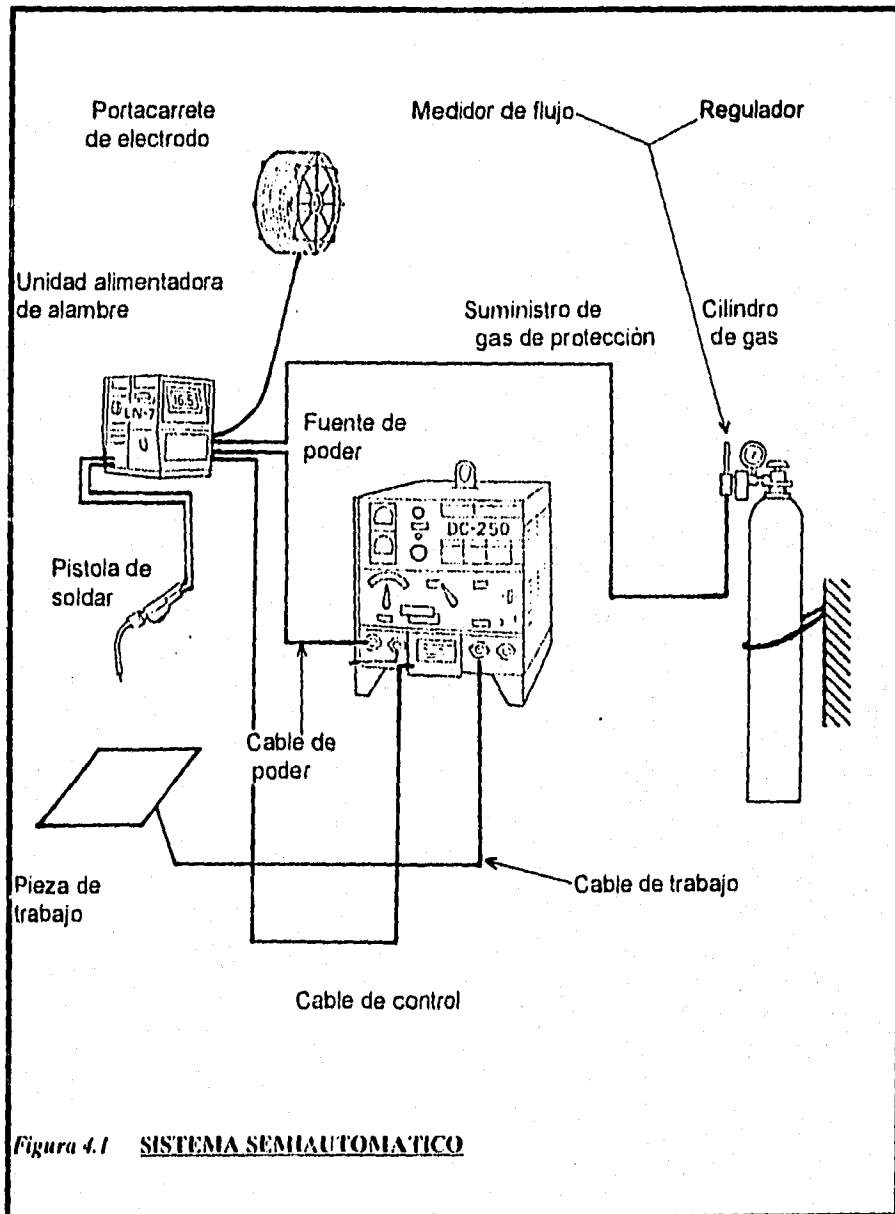
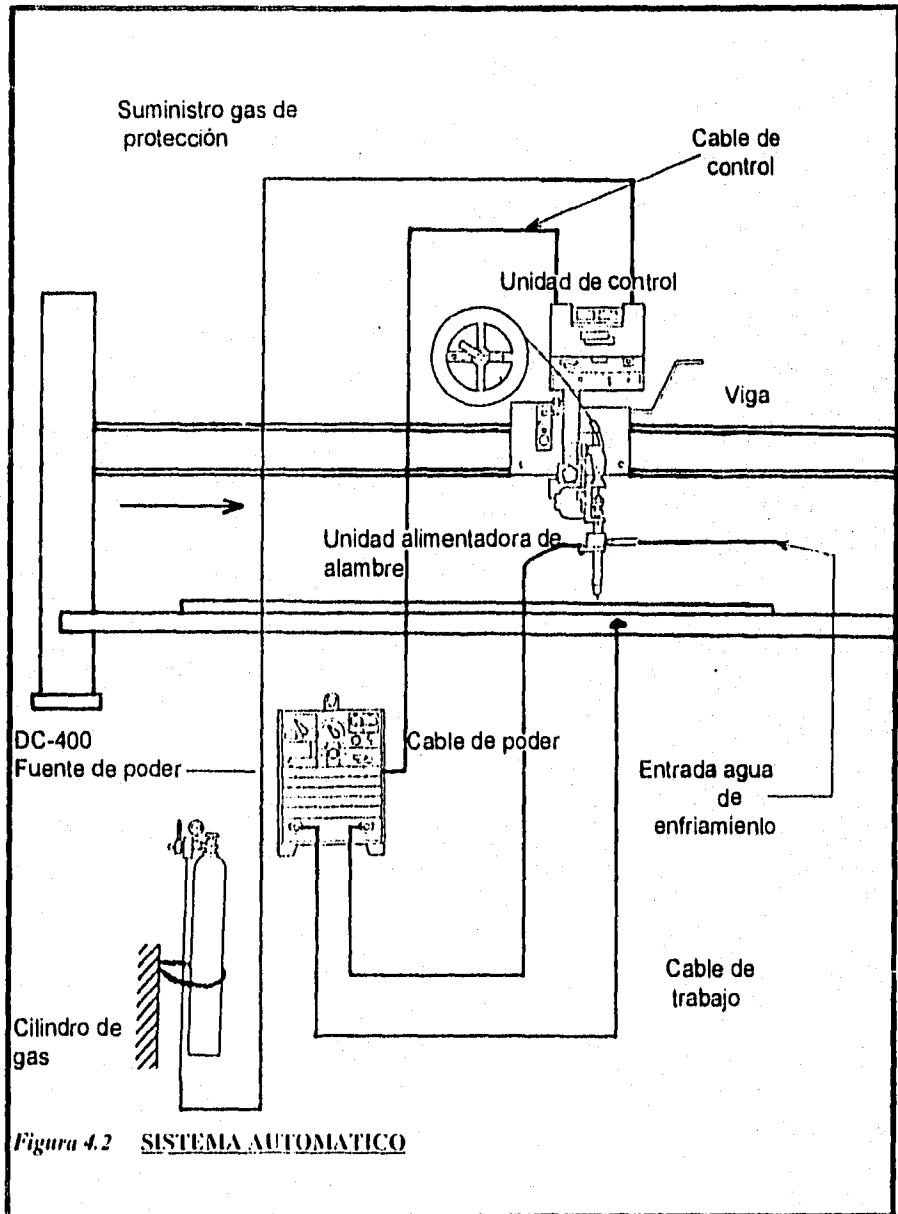


Figura 4.1 **SISTEMA SEMIAUTOMÁTICO**





## CONCLUSION

La situación de la industria Metal-Mecánica en México es un tema de interés para todos los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica, ya que a corto plazo el objetivo es participar en alguna de las empresas de ese ramo y como crecer profesionalmente.

Por otro lado el tema de soldadura por sí solo es muy extenso por lo cual sólo cuatro procesos de soldadura por Arco Eléctrico fueron seleccionados, ellos son:

- ⇒ Soldadura por Electrodo Manual.
- ⇒ Soldadura por Micro Alambre (MIG).
- ⇒ Soldadura por TIG.
- ⇒ Soldadura por Arco Sumergido.

Tomando en cuenta la descripción general de cada uno de ellos, se pretende dar a conocer su forma de operación, ventajas y desventajas y de esta manera proponer la utilización del proceso de Soldadura MIG como una alternativa que puede ofrecer grandes beneficios a una gran mayoría de industrias que hoy en día utilizan algún otro proceso de soldadura.

Cabe hacer mención que a lo largo de la historia de nuestro país, la industria ha atravesado por situaciones diversas y muy difíciles, desde muy críticas de recesión hasta etapas de crecimiento y estabilidad. En sus inicios, concretamente en la época del porfiriato, se presentó el repunte más significativo en la actividad industrial ya que se dieron las condiciones para que una gran cantidad de

industrias se desarrollara; de hecho hoy en día , algunas de ellas siguen trabajando.

Es importante mencionar que este incremento en la actividad industrial depende en gran medida del apoyo que el gobierno preste a este importante sector de la economía nacional; por ejemplo es importante analizar lo sucedido durante el período Salinista (1988-1994) donde se tomaron decisiones importantes enfocadas a impulsar el desarrollo industrial de nuestro país, partiendo de la idea de un Tratado de Libre Comercio con Estados Unidos y Canadá. Con esto buscaba una mayor apertura hacia el primer mundo y donde en forma general planteaba lo siguiente:

- Aumentar la inversión de capital extranjero y la formación de más industrias, fomentando el aumento de empleo mejor remunerado.
- Promover mejoras en los productos, buscando una mayor calidad para competir con nuestros vecinos del norte.
- Invertir en tecnologías más modernas acordes a las necesidades de cada industria, buscando una nueva forma de trabajar con calidad.
- Disminuir la inflación y mantener control sobre los precios de los artículos básicos.
- Disminuir el gasto público y aumentar la recaudación por pago de impuestos de las personas físicas.
- Venta de empresas paraestatales a la iniciativa privada.

Todo esto resultaba muy alentador y aparentaba ofrecer muchos beneficios, pero lamentablemente no se consideraron las necesidades de otros núcleos de nuestra economía, derivando así en un aumento de los costos financieros de las empresas; ello debido a los altos intereses de los créditos.

Abriendo la frontera se propició que entrarán infinidad de artículos más baratos que los producidos en nuestro país y con esto una competencia desleal, dando como resultado cierre de muchas empresas, pérdida de empleos, inseguridad y un clima de desconfianza.

Le correspondió al presidente Zedillo (1994-2000) iniciar su mandato con una devaluación, con problemas políticos muy serios, con una planta laboral muy castigada en su poder adquisitivo, una cartera vencida impresionante, una tasa de desempleo muy alta y además según los especialistas financieros se pronosticaba un crecimiento de nuestro país prácticamente nulo durante los dos primeros años de su mandato.

Después de este breve análisis hay que añadir que el compromiso de los futuros profesionistas, maestros, doctores, ingenieros, arquitectos, obreros, padres de familia, etc. será muy grande en los próximos años y que depende de la aplicación en las actividades que se realizamos todos los días para que nuestra situación cambie, pensando en llevar a cabo nuestras tareas bien a la primera y aprovechando al máximo el tiempo. Solamente así ayudaremos a superar esta crisis y a cumplir con los compromisos que tiene nuestro país con el extranjero.

Dichos compromisos adquiridos han obligado a la nación a renovar y modernizar todos sus sectores, principalmente el industrial donde es de vital importancia un cambio de mentalidad en todo el nivel jerárquico de esas empresas. También se hace necesaria la inversión de nuevas tecnologías, acordes con las necesidades específicas de cada una de las industrias. Con ello se obliga a preparar programas de capacitación para toda la planta laboral y contar con personal capacitado, adiestrado e informado acerca de la dimensión e importancia de cumplir eficientemente con sus funciones. El resultado final que se obtendrá será un bien o servicio que cuente con la calidad requerida para competir dentro de los mercados internacionales.

**El haber realizado un análisis de la situación por la cual está atravesando la Industria Metal-Mecánica en México, ha permitido constatar que todavía en muchas de ellas actualmente, se utilizan viejos y obsoletos procesos de soldadura.**

**Finalmente es importante señalar la gran responsabilidad que tienen las personas que deben seleccionar los equipos involucrados en la producción ya que deben procurar recopilar la mayor cantidad de información antes de tomar una decisión.**

**TABLAS****TABLA 1 CONSUMIBLES PARA ACEROS AL CARBONO Y BAJA ALEACION**

AWS	PRODUCTO	DESCRIPCION
ER70S-3	Lincolnweld L-50/50B	Electrodos de alambre de alta calidad para soldaduras de uno o varios pasos en aceros al carbono
ER70S-4	Lincolnweld L-54/54B	Para usarse cuando se requiera más desoxidantes que los disponibles con el L-50 y L-50B. Permiten soldar sobre pequeñas cantidades de óxido y suciedad. Con operación mejorada sobre los L-50 y L50B.
ER70S-6	Lincolnweld L-56/56B	Recomendado para usarse cuando el acero a soldar está sucio o contaminado o cuando se requieren mayores niveles de manganeso o silicio.
ER80S-D2 y ER90S-G	Lincolnweld LA-90	Electrodos de alta resistencia (con 1/2% de Molibdeno) diseñado para producir soldaduras con resistencia a la tensión mayor a 80-90 ksi (552-620 Mpa). Este electrodo es usado cuando se requiere alta resistencia después del alivio de esfuerzos.
ER80S-Ni1	Lincolnweld LA-75	Electrodo de baja aleación (aprox. 1% Nickel) para excelentes impactos a bajas temperaturas y para usar en aceros intemperizados que requieren correspondencia en color en aplicaciones sin pintura.
ER100S-G, y ER110S-G	Lincolnweld LA-100	Diseñado para producir depósitos de soldadura con un mínimo de 82 ksi (505 Mpa) de resistencia a la fluencia y excelentes propiedades de impacto en aceros de baja aleación tal como el acero HY-80.
ER308LSI	Blue Max MIG 308LSI	Para unir los grados de acero inoxidable austeníticos más comunes tales como los aceros "18-8".

ER309LSI	Blue Max MIG 309si	Para unir los aceros inoxidable austeníticos con mayor contenido de aleación. Puede también ser usado con los aceros "18-8" debido a que sobrepasa la resistencia a la corrosión, si la soldadura no va a estar expuesta a la temperatura de 1000 to 17000°C).
ER316LSI	Blue Max MIG 316si	El metal de soldadura sin dilución está diseñado para contener considerable ferrita para alta resistencia al fisuramiento para unión y revestimiento en los aceros 316L. No debe ser usado para uniones o revestimientos en el 316L presta servicios en la fabricación de una urea, debido a que este ambiente atacará la ferrita. puede ser usado también en los aceros "18-8".

Fuente: Productos y Servicios en todo el mundo The Lincoln Electric Co.

**TABLA 2 GASES PROTECTORES Y MEZCLAS PARA MIG**

GAS PROTECTOR	COMPORTAMIENTO QUÍMICO	APLICACION TIPICA
ARGON	Inerte	Virtualmente en todos los materiales excepto acero.
HELIO	Inerte	Aluminio, Magnesio y Cobre para aumentar el calor de entrada y minimizar la porosidad, mejora la acción del arco que con 100% He.
AR + 20-80% HE	Inerte	Aluminio, Magnesio y aleaciones de Cobre, para aumentar el calor de entrada y minimizar la porosidad, mejora la acción del arco que con 100% He.
NITROGENO		Aumenta el calor de entrada en el Cobre (utilizado en Europa)
AR + 25-30% N2		Aumenta el calor de entrada en el Cobre (Europa), mejora la acción del arco que con 100% Nitrógeno.
AR + 1-2% O2	Ligeramente Oxidante	Acero inox. y aleaciones, oxidante de acero, algunas aleaciones.
AR + 1-5% O2	Oxidante	Acero al carbono y algunos de baja aleación.
CO2	Oxidante	Acero al carbono y algunos de baja aleación.

AR + 20-50% CO2	Oxidante	Varios aceros, principalmente transf. corto circuito
AR + 10% CO2 + 5% O2	Oxidante	Varios aceros ( Europa)
CO2 + 20% O2	Oxidante	Varios aceros (Japón)
90% HE+ 7.5% AR + 2.5% CO2	Ligeramente oxidante	Acero inox. de buena resistencia a la corrosión, modo corto circuito.
60-70% HE + 25-35% AR + 4-5% CO2	Oxidante	Aceros de baja abacción, modo corto circuito.

Fuente: The Procedure Handbook of Arc Welding. The Lincoln Electric Co.





Acero de Baja Aleación	60-70% HELIO + 25-35% ARGON + 4-5% CO2  75% ARGON + 25% CO2	<p>Reactividad mínima excelente estabilidad de arco, mínimo chisporroteo, buena apariencia del cordón.</p> <p>Excelente estabilidad de arco, chisporroteo mínimo, buena apariencia del cordón, buenas características del cordón.</p>
Aluminio, Cobre, Magnesio, Niquel y otras aleaciones	ARGON & ARGON + HELIO	Para espesores delgados se utiliza Argón. Para espesores mayores de 1/8 pulg. (3.2mm).

Fuente: The Procedure Handbook of Arc Welding. The Lincoln Electric, Co.

**TABLA 4 SELECCION DE GASES PARA MIG CON TRANSFERENCIA SPRAY**

METAL	GAS PROTECTOR	VENTAJAS
Aluminio	Argón	Para espesores 0-1 pulg. (0-25mm) excelente transf. de metal y estabilidad de arco, chisporroteo mínimo.
	35% Argón + 65% Helio	Espesores de 1-3 pulg. (25-76mm) mayor calor de entrada, mejora las características de fusión en aleaciones de AL-MG de la serie 5XXX.
	25% Argón + 75% Helio	Espesores mayores de 3 pulg. (76 mm) elevado calor de entrada, minimiza problemas de porosidad.
Magnesio	Argón	Excelente acción de limpieza.
Acero al Carbono	Argón + 1-5% O <sub>2</sub>	Mejora la estabilidad del arco, produce un charco de soldadura más controlable y fluido, buena coalescencia, minimiza los cortes de arco permitiendo altas velocidades.
	Argón + 3-10% CO <sub>2</sub>	Excelente apariencia, chisporroteo mínimo, no ofrece facilidades para soldaduras fuera de posición.

Aceros de baja aleación	Argón + 2% O <sub>2</sub>	Minimiza los cortes de arco, proporciona buena apariencia a la soldadura
Acero inoxidable	Argón + 1% O <sub>2</sub>	Excelente estabilidad de arco, produce un charco de soldadura fluido y controlable, buena coalescencia y buena apariencia, minimiza el corte de arco en aceros inoxidables difíciles de soldar.
	Argón + 2% O <sub>2</sub>	Proporciona mejoras en la estabilidad del arco, coalescencia y velocidad de soldadura que con 1% O <sub>2</sub> para materiales de acero inoxidable más delgados.
Cobros, Niquel y otras aleaciones	Argón	Proporciona excelente resistencia a la humedad, disminuye la fluidez del metal soldado para espesores arriba de 1/8 pulg. (3.2 mm).
	Argón + Helio	Proporciona elevado calor de entrada de 50 y 75% de la mezcla y por otro lado aumenta el calor disipado de hojas soldadas difíciles de trabajar.

Titanio	Argón	Buena estabilidad de arco, mínima contaminación de soldadura, es necesario en la aplicación una campana de gas para prevenir contaminación del área a soldar por el aire ambiente.
---------	-------	--

Fuente: The Procedure Handbook of Arc Welding. The Lincoln Electric, Co.

## **BIBLIOGRAFIA**

1. AUSTEAD/Ostwald/ Begeman, Procesos de Manufactura, Editorial CECSA
2. DAVIES, A.C. The Science and Practice of Welding, Cambridge
3. FERNANDEZ, Guillermo, Soldadura, Normas para su Evaluación y Graduación, Editorial Continental
4. GIANCHINO/ Weeks/Johnson, Welding Technology, American Technical Society.
5. HIGGINS, Raymond A., Ingeniería Metalúrgica. Editorial CECSA.
6. HORWITZ, Henry, Soldadura, Aplicaciones y Práctica, Editorial Alfa Omega,
7. LAWRENCE, Doyue, Procesos y Materiales de Manufactura para Ingeniería, Editorial Prentice Hall.
8. LOVE, L. Carl, Procedimientos de Soldadura y Aplicaciones, Editorial Diana.
9. PATTON, Ciencia y Técnica de la Soldadura, Editorial Urno.

10. SEFERIAN, D., Las Soldaduras, Editorial Urno.
11. Apuntes del Curso Tecnología de la Soldadura.
12. The Procedure Handbook of Arc Welding, The Lincoln Electric Company.
13. Censo Industrial, Agosto 1993. INEGI
14. Macro Análisis de la Economía Hoy, CANACINTRA, Mayo 1991,
15. Clasificación Mexicana de Actividades y Productos, 1986, INEGI