



---

## SISTEMAS MECÁNICOS de 6° Año

### Trabajo práctico N° 7

- Explicar con tus palabras las diferencias fundamentales entre la soldadura TIG y la soldadura MIG



## CAPITULO 3

### SOLDADURA TIG o GTAW

#### **Introducción histórica**

La soldadura de arco de tungsteno protegida por gas (siglas del inglés de *Tungsten Inert Gas*), también denominada *soldadura por heliarco* (por usarse el gas *Helio* como protector) o bien la denominación más moderna *GTAW* (siglas del inglés de *Gas Tungsten Arc Welding*), data de mucho tiempo atrás. En el año 1900 se otorgó una patente relacionada con un sistema de electrodo rodeado por un gas inerte. Las experiencias con este tipo de soldadura continuaron durante las décadas de 1920 y 1930. Sin embargo, hasta 1940 no se produjo una gran evolución del proceso *TIG* o *GTAW*. Hasta antes que la 2ª. Guerra Mundial comenzara, no se había realizado mucha experimentación porque los gases inertes eran demasiado costosos. Ya una vez iniciada la Guerra, la industria aeronáutica necesitaba un método más sencillo y rápido para realizar la soldadura del *aluminio* y del *magnesio*, metales estos empleados en la fabricación de aviones. Por los incrementos en producción logrados con este sistema de soldadura, se justificó el incremento en costo por el empleo de este gas. Aunque la producción de este gas es ahora más económica y rápida, aún hoy representa un gasto adicional a considerar, pero ampliamente justificado por los resultados obtenidos.

#### **Descripción preliminar**

El proceso *GTAW*, *TIG* ó *Heliarco* es por fusión, en el cual se genera calor al establecerse un arco eléctrico entre un *electrodo de tungsteno* no consumible y el metal de base o pieza a soldar. Como en este proceso el electrodo no aporta metal ni se consume, de ser necesario realizar aportes metálicos se harán desde una varilla o alambre a la zona de soldadura utilizando la misma técnica que en la soldadura oxiacetilénica. La zona de soldadura estará protegida por un gas inerte, evitando la formación de



escoria o el uso de fundentes o "flux" protectores.

El *Helio* fue el primer gas inerte utilizado en estos procesos. Su función era crear una protección sobre el metal fundido y así evitar el efecto contaminante de la atmósfera (*Oxígeno* y *Nitrógeno*). La característica de un gas inerte desde el punto de vista químico es que no reacciona en el proceso de soldadura. De los cinco gases inertes existentes (*Helio*, *Argón*, *Neón*, *Kriptón* y *Xenón*), solo resultan aptos para ser utilizados en esta aplicación el *Argón* y el *Helio*. Para una misma longitud de arco y corriente, el *Helio* necesita un voltaje superior que el *Argón* para producir el arco. El *Helio* produce mayor temperatura que el *Argón*, por lo que resulta mas efectivo en la soldadura de materiales de gran espesor, en particular metales como el cobre, el aluminio y sus aleaciones. El *Argón* se adapta mejor a la soldadura de metales de menor conductividad térmica y de poco espesor, en particular para posiciones de soldadura distintas a la *plana*. En la Tabla 3.1 se describen los gases apropiados para cada tipo de material a soldar.

<b>Metal a soldar</b>	<b>Gas</b>
Aluminio y sus aleaciones	Argón
Latón y sus aleaciones	Helio o Argón
Cobre y sus aleaciones (menor de 3 mm)	Argón
Cobre y sus aleaciones (mayor de 3 mm)	Helio
Acero al carbono	Argón
Acero Inoxidable	Argón

Cuanto más denso sea el gas, mejor será su resultado en las aplicaciones de soldadura con arco protegido por gas. El *Argón* es aproximadamente 10 veces más denso que el *Helio*, y un 30% mas denso que el aire. Cuando el *Argón* se descarga sobre la soldadura, este forma una densa nube protectora, mientras que la acción del *Helio* es mucho más liviana y vaporosa, dispersándose rápidamente. Por este motivo, en caso de usar *Helio*, serán necesarias mayores cantidades de gas (puro o mezclas que contengan mayoritariamente *Helio*) que si se utilizara *Argón*.

En la actualidad y desde hace bastante tiempo, el *Helio* ha sido reemplazado por el *Argón*, o por mezclas de *Argón-Hidrógeno* o *Argón-Helio*. Ellos ayudan a mejorar la generación del arco eléctrico y las características de transferencia de metal durante la soldadura; favorecen la pene-



tración, incrementan la temperatura producida, el ancho de la fusión, la velocidad de formación de soldadura reduciendo la tendencia al socavado. Además, estos gases proveen condiciones satisfactorias para la soldadura de la gran mayoría de los metales reactivos tales como *aluminio, magnesio, berilio, columbio, tantalio, titanio y zirconio*. Las mezclas de *Argón-Hidrógeno* o *Helio-Hidrógeno* sólo pueden ser usadas para la soldadura de unos pocos metales como por ejemplo algunos aceros inoxidables y aleaciones de níquel.

En las uniones realizadas aplicando el sistema TIG, el metal se puede depositar de dos formas: 1. por *transferencia en forma de "spray"* y 2. por *transferencia globular*. La *transferencia de metal en forma de spray* es la más indicada y deseada. Esta produce una deposición con gran penetración en el centro de la unión y decreciendo hacia los bordes. La *transferencia globular* produce una deposición más ancha y de menor penetración a lo largo de toda la soldadura.

Por lo general, el *Argón* promueve a una mayor *transferencia en spray* que el *Helio* con valores de corriente menores. A su vez, posee la ventaja de generar fácilmente el arco, una mejor acción de limpieza en la soldadura sobre aluminio y magnesio (trabajando con CA) con una resistencia mayor a la tracción.

### ***Equipo básico para TIG ó GTAW***

El equipamiento básico necesario para ejecutar este tipo de soldadura está conformado por:

1. *Un equipo para soldadura por arco con sus cables respectivos.*
2. *Provisión de un gas inerte, mediante un sistema de mangueras y reguladores de presión.*
3. *Provisión de agua (solo para algunos tipos de sopletes).*
4. *Soplete para soldadura TIG. Puede poseer un interruptor de control desde el cual se comanda el suministro de gas inerte, el de agua y el de energía eléctrica.*

En la fig. 3.1, se observa un esquema de un equipo básico de GTAW, en el cual se ilustra la alimentación y salida de suministro de agua. Este esquema, en algunos casos, puede darse sin el suministro de agua correspondiente. El mismo es utilizado como método de refrigeración.

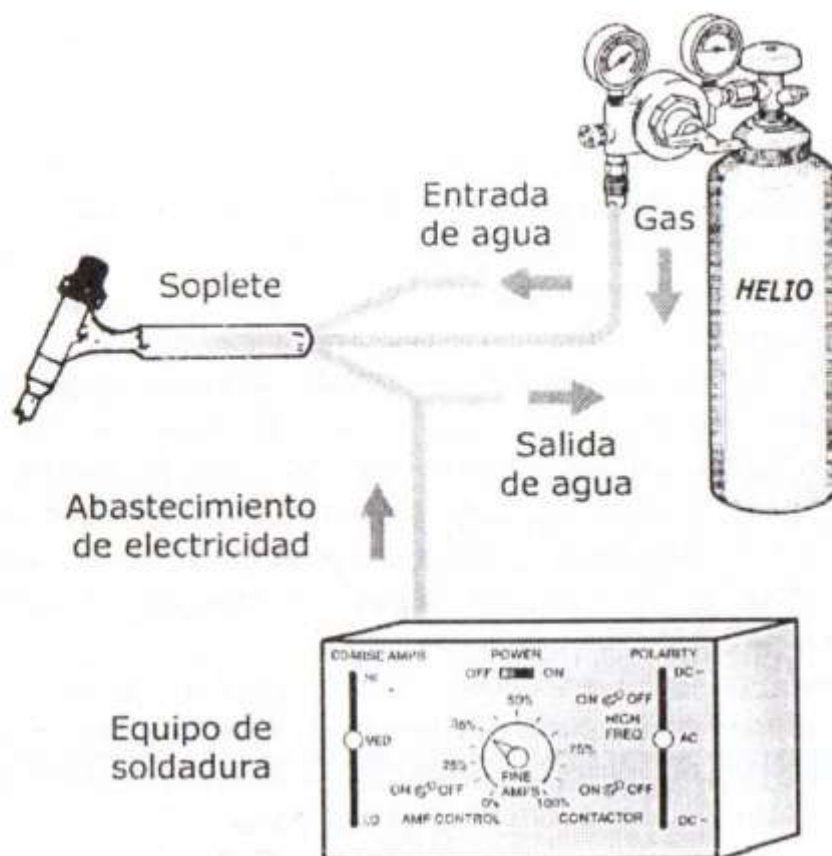


Fig. 3.1 Esquema de un sistema para soldadura de arco TIG

Para soldar con SMAW, el tipo de corriente o polaridad que se utilicen dependerá del recubrimiento que posea el electrodo, en cambio en GTAW (TIG), la corriente o su polaridad se determina en función del metal a soldar. Es posible utilizar CA y CC (inversa o directa). Los equipos para soldar con GTAW poseen características particulares, pero admiten ser utilizadas también con SMAW. Los equipos para soldadura GTAW poseen:

- ✓ Una unidad generadora de alta frecuencia (oscilador de AF) que hace que se forme el arco entre el electrodo al metal a soldar. Con este sistema, no es necesario tocar la pieza con el electrodo.
- ✓ El equipo posee un sistema de electroválvulas de control, las cuales le permite controlar el accionamiento en forma conjunta del agua y el gas.
- ✓ Sólo algunos equipos poseen un control mediante pedal o gatillo en el soplete.



Al efectuar la soldadura con CC, se observa que en el terminal **positivo** (+) se desarrolla el 70% del calor y en el **negativo** (-) el 30% restante. Esto significa que según la polaridad asignada, directa o inversa, los resultados obtenidos serán muy diferentes.

Con *polarización inversa*, el 70% del calor se concentra en el electrodo de tungsteno. De lo antedicho se deduce que con el mismo valor de corriente (amperaje), pero cambiando la polarización a *directa*, se puede utilizar un electrodo de tungsteno de menor tamaño, favoreciendo ello a lograr un arco más estable y una mayor penetración en la soldadura efectuada.

Sin embargo, la *corriente continua directa* no posee la capacidad de penetrar la capa de óxido que se forma habitualmente sobre algunos metales (ej. aluminio). La corriente alterna (CA) tiene capacidad para penetrar la película de óxido superficialmente sobre algunos metales, pero el arco se extingue cada vez que la forma sinusoidal pasa por el valor cero de tensión o corriente, por lo que lo consideramos inadecuado. Se encontró una solución a dicho problema superponiendo una corriente alterna de alta frecuencia (AF), la cual mantiene el arco encendido aún con tensión cero.

A continuación, en la Tabla 3.2, se detallan las características de corriente necesarias para la soldadura TIG de diversos metales, a saber:

<b>TABLA 3.2</b>		
<b>Metal a soldar</b>	<b>Fuente de potencia</b>	
	<b>Preferida</b>	<b>Opcional</b>
<i>Aluminio</i>	CA (alta frecuencia)	CC inversa
<i>Latón y aleaciones</i>	CC directa	CA (alta frecuencia)
<i>Cobre y aleaciones</i>	CC directa	-
<i>Acero al carbono</i>	CC directa	CA (alta frecuencia)
<i>Acero inoxidable</i>	CC directa	CA (alta frecuencia)

Como el proceso de GTAW es por arco eléctrico, los primeros sopletes que se utilizaron resultaban de una adaptación de las pinzas portaelectrodo de la soldadura de arco convencional (SMAW) con un electrodo de tungsteno y un tubo de cobre suministrando el gas inerte sobre la zona de soldadura. El soplete actual consta de un *mango*, un sistema de *collar* para la sujeción del electrodo de tungsteno y una sistema de *tobertura* a través del cual se eyecta el gas inerte (fig. 3.2). Pueden poseer sis-



tema de enfriamiento por *aire* o por *agua*. Cuando se utilizan corrientes por debajo de 150 Ampere, se emplea la refrigeración por aire. En cambio, cuando se utilizan corrientes superiores a 150 Ampere, se emplea refrigeración por agua. El agua puede ser recirculada mediante un sistema cerrado con un tanque de reserva, una bomba y un enfriador.

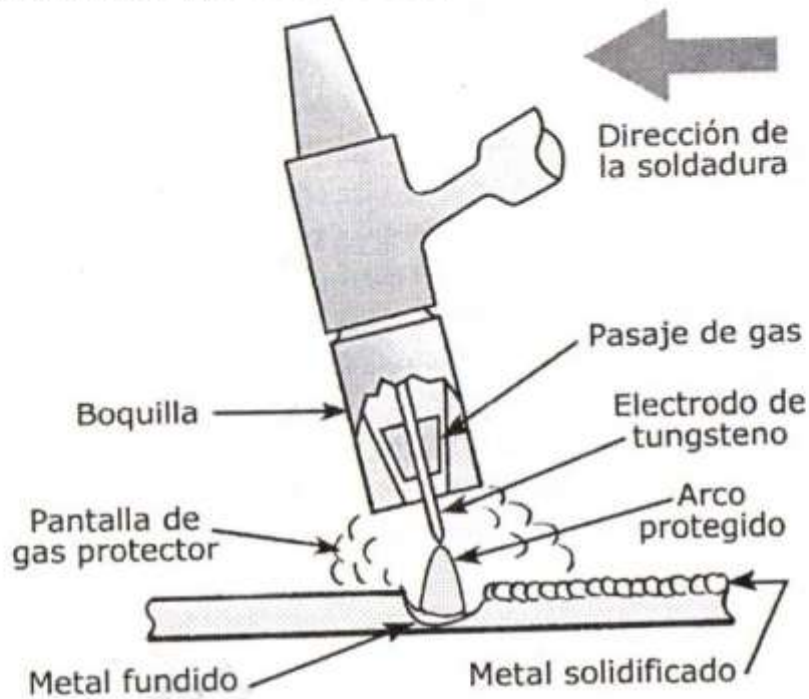
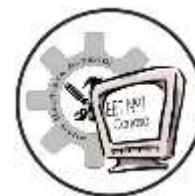


Fig. 3.2 Esquema de un soplete para soldadura TIG

El *collar* cumple la finalidad de sujetar el electrodo de tungsteno y transmitirle la corriente eléctrica. Los hay de diferentes tamaños, y se usará el más apropiado al tamaño de electrodo seleccionado. Estos se encuentran clasificados según el sistema AWS, en el que poseen un código según la aleación con que se encuentran confeccionados (Tabla 3.3).

TABLA 3.3				
Código AWS	Composición [%]			
	Tungsteno	Thorio	Zirconio	Otros
EWP	99,50	-	-	0,50
EWTh-1	98,50	0,80-1,20	-	0,50
EWTh-2	97,50	1,70-2,20	-	0,50
EWTh-3	98,95	0,35-0,55	-	0,50
EWZr	99,20	-	0,15-0,40	0,50



Los electrodos originalmente no poseen forma. Antes de ser usados se les debe dar forma mediante mecanizado, desbaste o fundido. Los formatos pueden ser tres: en punta, media caña y bola (fig. 3.3).

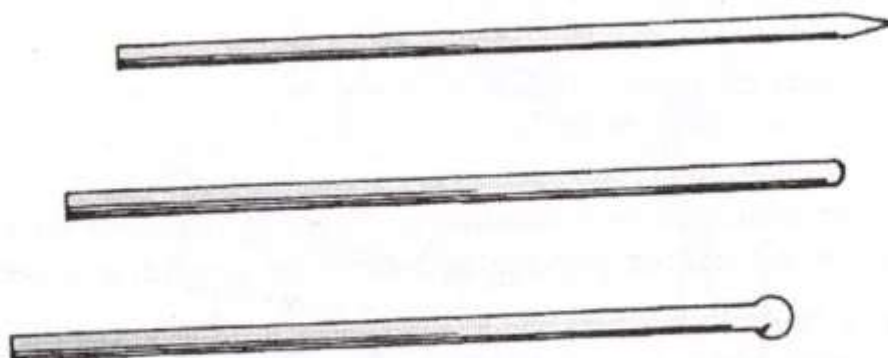


Fig. 3.3 Formas posibles para electrodos de tungsteno

Los diámetros de los electrodos de tungsteno se seleccionan en función de la corriente empleada para la realización de la soldadura. En la Tabla 3.4 se dan los rangos de corriente admisibles para cada diámetro de electrodo.

Corriente [Ampere]	Diámetro del electrodo	
	Ø Pulgadas	Ø Milímetros
Hasta 15 A	0,010	0,25
5 a 20 A	0,020	0,51
15 a 80 A	0,040	1,02
70 a 150 A	1/16	1,59
150 a 250 A	3/32	2,38
250 a 400 A	1/8	3,17
350 a 500 A	5/32	3,97
500 a 750 A	3/16	4,76
750 a 1.000 A	1/4	6,35

Las boquillas o toberas cumplen con dos funciones: la de dirigir el gas inerte sobre la zona de la soldadura, y la de proteger al electrodo. Las boquillas o toberas pueden ser de dos materiales diferentes: de cerámica y de metal.

Las boquillas de cerámica son utilizadas en los sopletes con enfria-





miento por *aire*, mientras que las *metálicas* son las utilizadas en los sopletes con enfriamiento por *agua*.

### **Comenzando a usar un Sistema TIG ó GTAW**

Este sistema de soldadura (arco de tungsteno protegido por gas) no posee diferencias significativas con lo visto hasta ahora respecto a lo que ocurre en el punto de soldadura con los sistemas por arco, aunque posee mucho de los sistemas de soldadura por gas. Igualmente daremos una descripción de los puntos principales a tener en cuenta, a saber:

- ✓ Previo a la realización de cualquier operación de soldadura con TIG, la superficie deberá estar perfectamente limpia. Esto es muy importante ya que en este sistema no se utilizan fundentes o "fluxes" que realicen dicho trabajo y separen las impurezas como escoria.
- ✓ Cortar la varilla de aporte en tramos de no más de 450 mm. Resultan más cómodas para maniobrar. Previamente a su utilización, se deberán limpiar trapeando con alcohol o algún solvente volátil. Aún el polvillo contamina la soldadura.
- ✓ Si se es diestro, deberá sostener el *soplete* o *torcha* con la mano derecha y la varilla de aporte con la mano izquierda. Si es zurdo, se deberán intercambiar los elementos de mano.
- ✓ Tratar de adoptar una posición cómoda para soldar, sentado, con los brazos afirmados sobre el banco o mesa de trabajo. Se debe aprovechar que este sistema no produce chispas que vuelen a su alrededor. Utilizar los elementos de protección necesarios (casco, lentes, guantes, etc.). A pesar de que la luz producida por la soldadura TIG no parezca peligrosa, en realidad lo es. Ella posee una gran cantidad de peligrosa radiación ultravioleta.
- ✓ Se deberá estimar el diámetro del electrodo de tungsteno a utilizar en aproximadamente la mitad del espesor del metal a soldar.
- ✓ El diámetro de la tobera deberá ser lo mayor posible para evitar que restrinja el pasaje de gas inerte a la zona de soldadura.
- ✓ Deben evitarse corrientes de aire en el lugar de soldadura. La más mínima brisa hará que las soldadura realizada con TIG se quiebre o

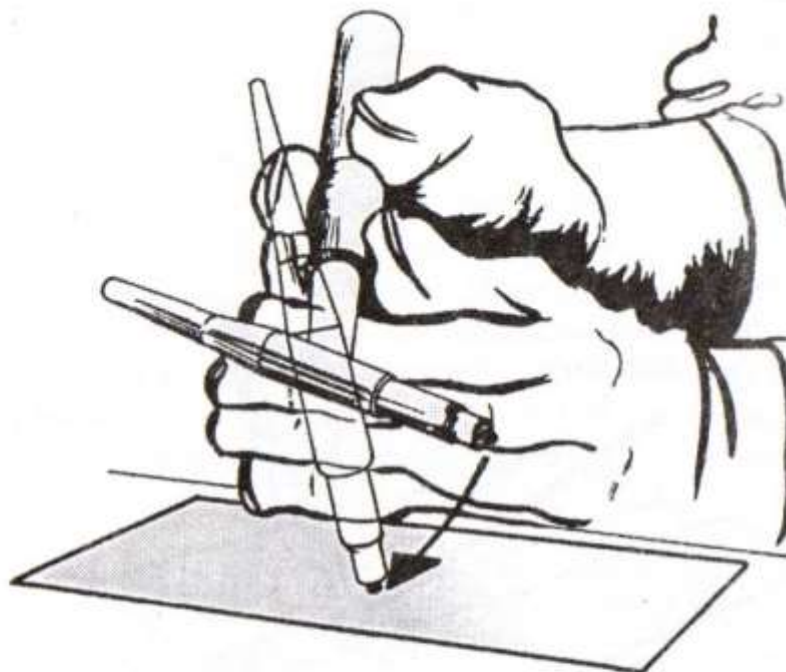


Fig. 3.4 Forma correcta de comenzar el arco con un sistema TIG

figure. Además, puede ser que por efecto del viento, se sople o desvanezca el gas inerte de protección.

- ✓ Para comenzar la soldadura, el soplete deberá estar a un ángulo de  $45^\circ$  respecto al plano de soldadura. Se acercará el electrodo de tungsteno a la pieza mediante un giro de muñeca (fig. 3.4). Se deberá mantener una distancia entre el electrodo y la pieza a soldar de 3 a 6 mm ( $1/8''$  a  $1/4''$ ). *Nunca se debe tocar el electrodo de tungsteno con la pieza a soldar.* El arco se generará sin necesidad de ello.
- ✓ Calentar con el soplete hasta generar un punto incandescente. Mantener alejada la varilla de aporte hasta tanto no se haya alcanzado la temperatura de trabajo correcta. Una vez logrado el punto incandescente sobre el material a soldar, adicionar aporte con la varilla metálica (fig. 3.5), realizando movimientos hacia adentro y hacia fuera de la zona de soldadura (llamado *picado*). No se debe tratar de fundir el metal de aporte con el arco. Se debe dejar que el metal fundido de la pieza lo absorba. Al sumergir el metal de aporte en la zona de metal fundido, ésta tenderá a perder temperatura, por lo que se debe mantener una cadencia en la intermitencia empleada en la vari-



lla de aporte. Si a pesar de aumentar la frecuencia de "picado" la zona fundida pierde demasiada temperatura, se deberá incrementar el calentamiento.



Fig. 3.5 Esquema ilustrando la ubicación de la varilla de aporte

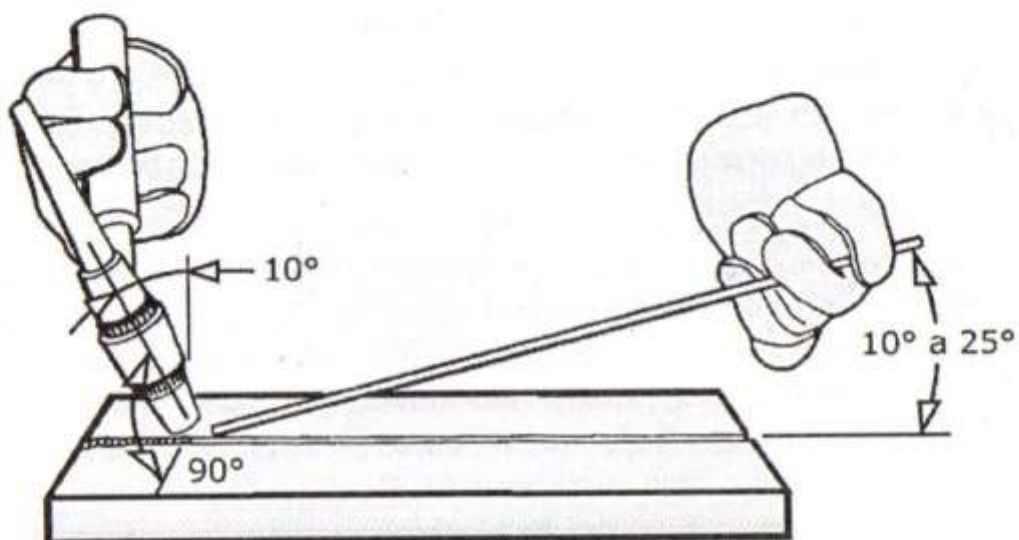


Fig. 3.6 Angulos de la varilla de aporte y del soplete



- ✓ Previo a la realización de la costura definitiva, es aconsejable hacer puntos de soldadura en varios sectores de las piezas a soldar. De esta forma se evitarán desplazamientos en la unión por dilatación.
- ✓ El material de aporte deberá ser alimentado en forma anticipada al arco (fig. 3.6), respetando un ángulo de  $10^\circ$  a  $25^\circ$  respecto al plano de soldadura, mientras el soplete deberá tener un ángulo de  $90^\circ$  respecto al eje perpendicular al sentido de la soldadura y ligeramente caído en el eje vertical (aproximadamente  $10^\circ$ ). Es muy importante que el ángulo de alimentación del aporte sea lo menor posible. Esto asegura una buena protección del gas inerte sobre el metal fundido y reduce el riesgo de tocar la varilla con el electrodo de tungsteno.

Antes de pasar a otro tema, describiremos en forma esquemática las distintas corrientes que se pueden emplear con este tipo de soldadura.

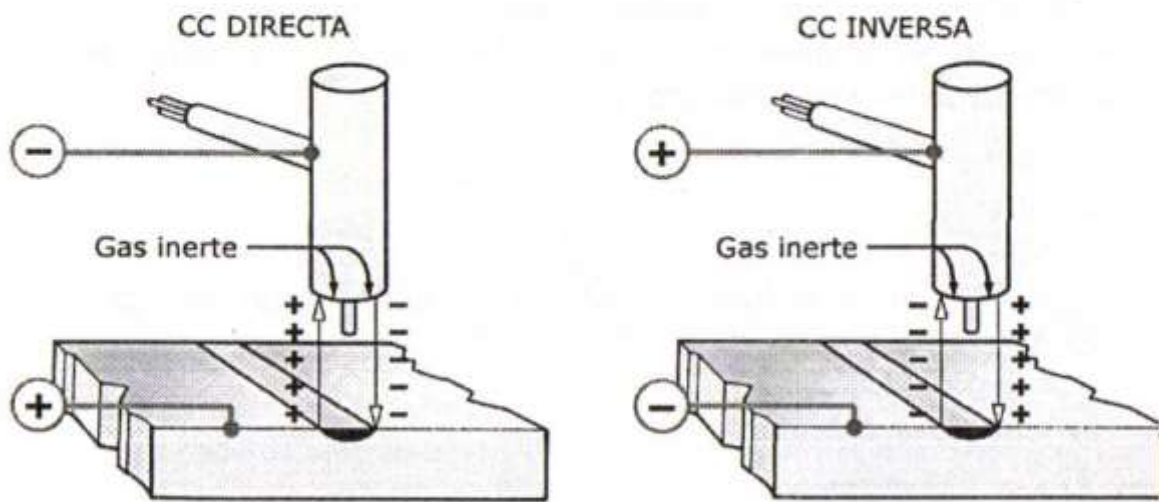


Fig. 3.7 Esquemas ilustrando las dos polaridades posibles de CC

En la figura 3.7 se pueden observar las dos polaridades posibles de corriente continua: la *directa* y la *inversa*. En la misma se distinguen la dirección de los iones desde y hacia la pieza.

En la figura 3.8 se puede observar la misma circunstancia ilustrada en el esquema anterior, pero con una tensión alterna aplicada. En dichas condiciones, se cumplirá en el semiciclo positivo y en el negativo lo ya explicado para corriente continua, reiterándose en forma alternativa.

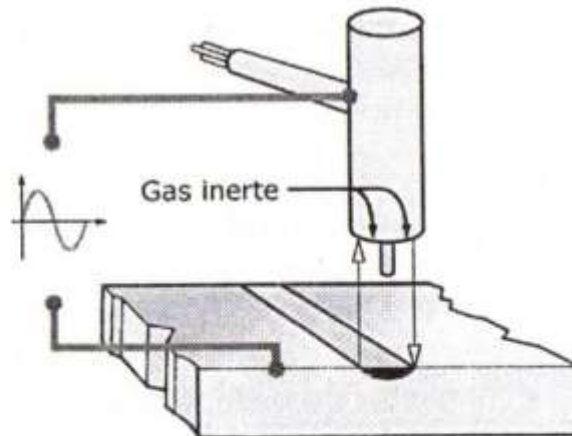


Fig. 3.8 Esquema ilustrando un sistema TIG con CA

Ahora, detallaremos la información específica necesaria para efectuar soldaduras del tipo TIG en diversos metales, a saber:

▼ **Hierro y Acero al Carbono:**

Como ambos pueden ser soldados con TIG utilizando el mismo procedimiento, se detallan en una sola especificación. El procedimiento a seguir deberá ser el detallado:

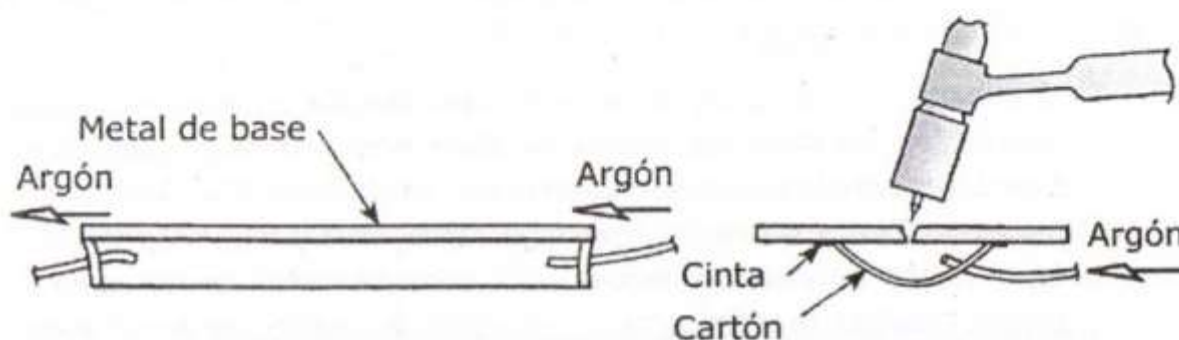
- 1) Utilizar una varilla de aporte apropiada.
- 2) Utilizar CC directa.
- 3) Utilizar, si se dispone, el equipo de alta frecuencia.
- 4) Utilizar, si se dispone, el sistema de refrigeración por agua.
- 5) Ajustar el control de corriente a 75 Ampere para espesores de acero de 1,6 mm.
- 6) Comenzar a soldar.

▼ **Acero Inoxidable:**

El procedimiento TIG utilizado para la soldadura de aceros inoxidable es similar al detallado para hierro y acero al carbono. La única diferencia radica en la necesidad de realizar una purga de oxígeno del lado trasero del material a soldar. Ello es indispensable para evitar que el metal fundido se cristalice en contacto con la atmósfera. Este efecto debilita considerablemente la soldadura y el metal de base cercano a la unión. Para lograr desplazar al oxígeno de la parte trasera de la soldadura, se pueden utilizar dos sistemas. Uno consiste en utilizar un *flux especial* para este tipo de situaciones. El otro sistema



consiste en desplazar el oxígeno mediante el uso de gas inerte. Para ello, se deberá acondicionar la pieza a soldar según lo ilustrado en la fig. 3.9. La cámara trasera para purga de oxígeno puede ser realizada con cartón y cinta de enmascarar. Se deberá alejar esta construcción auxiliar de las zonas de alta temperatura.



*Fig. 3.9 Construcción auxiliar para purga de gases atmosféricos*

#### ▼ **Titanio:**

Para lograr hacer soldaduras con TIG sobre titanio, se deberá utilizar el mismo procedimiento descrito para hierros y aceros. A pesar de ello, no todas las aleaciones conteniendo titanio pueden ser soldadas con este sistema. Ello se debe a la gran susceptibilidad que el titanio posee ante posibles contaminantes. A su vez, el titanio caliente reacciona con la atmósfera causándo fragilidad en su estructura cristalina. Si las cantidades de carbón, oxígeno y nitrógeno presentes en el metal son altas, el grado de contaminación será el causante de que no se pueda realizar la unión deseada sobre el titanio.

El punto fundamental a tener en cuenta es que el titanio desde una temperatura ambiente normal (25 °C) hasta los 650 °C, reacciona absorbiendo nitrógeno y oxígeno del aire. Para lograr fundir el titanio a unir, se deberá alcanzar una temperatura cercana a los 1.800 °C. Con lo explicado, es evidente que el metal adquirirá suficientes agentes contaminantes como para que la soldadura falle sin lugar a dudas. El sistema a aplicar para desplazar los gases de la atmósfera deberá ser similar al del acero inoxidable, pero será importante el ciclo de enfriamiento. Se deberá aguardar, antes de suprimir el flujo de gas inerte, que la temperatura del metal haya descendido naturalmente por debajo de los 400 °C.



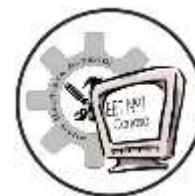
### ▼ **Aluminio:**

La metodología para la soldadura con TIG del aluminio resulta ligeramente distinta a la del acero. Los ajustes del equipo son diferentes, y la característica más difícil de controlar es que el aluminio no cambia de coloración cuando llega a su temperatura de fusión. Los pasos a seguir para lograr soldar sobre aluminio son:

- 1) *El área a soldar deberá estar lo más limpia posible, y deberá estar libre de óxido de aluminio. Esta limpieza se deberá efectuar un momento antes de efectuar la soldadura. El óxido de aluminio se forma sobre la superficie del aluminio muy rápidamente, y no se percibe su existencia a simple vista. La limpieza se puede realizar mecánicamente (cepillo de cerdas de acero inoxidable, tela esmeril o fibra abrasiva) o químicamente (inmersión en soda cáustica al 5% durante 5 minutos). Luego lavar con agua jabonosa y enjuagar con abundante agua. Secar el área a soldar con alcohol, acetona o algún solvente volátil.*
- 2) *Para la unión de piezas de aluminio forjado o fundido, realizar una unión con borde achaflanado con forma de V, para lograr una mejor penetración. Si se suelda chapa laminada de más de 1,5 mm, también se recomienda realizar el mismo tipo de unión.*
- 3) *Antes de tratar de soldar cualquier tipo de aleación de aluminio, asegurarse que la aleación en cuestión permite dicha operación.*
- 4) *Se deberá trabajar con CA, con alta frecuencia.*
- 5) *De disponerse, se deberá habilitar la refrigeración por agua.*
- 6) *Ajustar la corriente a 60 Ampere.*
- 7) *Se deberá utilizar electrodo de Tungsteno Puro, o con un 2% como máximo de Thorio. El Thorio contamina la costura en las soldaduras de aluminio.*
- 8) *Se deberá utilizar varilla de aporte 4043 (material de aporte desnudo, sin flux, para soldadura TIG de aluminio).*
- 9) *En casos de piezas de gran tamaño, se recomienda el precalentamiento ya que facilita la realización de la soldadura. Esto no resulta indispensable ya que el calor que se produce en la zona de la soldadura es suficiente para mantener la pieza caliente.*

### ▼ **Magnesio:**

El magnesio arde y puede soportar su propia combustión. El agua o



los matafuegos de polvo no extinguen el incendio provocado por magnesio. En términos prácticos, la única forma en que se puede extinguir el fuego es dejar que se consuma todo el metal. Por lo expuesto, cuando se requiera soldar magnesio, realizarlo en un lugar abierto, lejos de todo material inflamable. Si por cualquier circunstancia este se incendia, aléjese y dejelo consumir, ya que es probable que no se pueda suprimir su combustión.

Como con otros metales, el magnesio se deberá limpiar para eliminar todo resto de suciedad y corrosión en la zona a soldar con TIG. Utilizar para remover el óxido blanquecino característico un cepillo de acero inoxidable o bien una viruta de aluminio o de acero. Si esto resultara insuficiente, se usarán productos químicos para su decapado. Habitualmente se utiliza la siguiente proporción (Tabla 3.5), a saber:

<b>TABLA 3.5</b>	
<b>Productos y Condiciones</b>	<b>Cantidades y Datos</b>
Acido Crómico	200 gramos
Nitrato Férrico	38 gramos
Fluoruro de Potasio	0,45 gramos
Agua	1.000 cm <sup>3</sup>
Temperatura	20 a 30°C
Tiempo	3 minutos

Se deberá sumergir en la solución de decapado y luego lavar por inmersión en agua caliente. Dejar que la pieza se seque al aire previo al trabajo de soldadura. No sopletear con aire comprimido, puesto que puede llegar a contaminarse con suciedad, agua o aceite.

En los casos en que el *magnesio* se encuentre aleado con *aluminio*, se produce un fenómeno de fisurado y de corrosión en forma espontánea. Para evitar este inconveniente, las aleaciones luego de soldadas deberán ser tratadas térmicamente para eliminar el "stress" generado por efecto de la soldadura. De no realizar este procedimiento, se sucederán irremediablemente los efectos de la corrosión y del fisurado. En la Tabla 3.6 se dan algunas indicaciones sobre los valores óptimos para la soldadura TIG del magnesio, mientras que en la Tabla 3.7 se dan indicaciones sobre los tratamientos térmicos a realizar sobre piezas de laminación y fundidas confeccionadas con magnesio aleado. En dicha tabla se especifican los códigos de los materiales citados.





<b>TABLA 3.6</b>			
<b>Espesor</b> [mm]	<b>Corriente</b> [Ampere]	<b>Ø Electrodo</b> [mm]	<b>Ø Aporte</b> [mm]
1,00	35	1,6	1,6
1,60	50	1,6	1,6
2,00	75	2,4	2,4
2,50	100	2,4	2,4
3,20	125	3,2	2,4
6,35	175	3,2	3,2

Los valores detallados son aproximados.

<b>TABLA 3.7</b>		
<b>Magnesio laminado</b>		
<b>Aleación</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Tiempo (minutos)</b>
AZ31B-0	130	15
AZ31B-H24	65	60
HK31A-H24	160	30
HM21A-T8	190	30
HM21A-T81	205	30
ZE10A	110	30
ZE10A-H24	40	60

Los valores detallados son aproximados

<b>Magnesio fundido</b>		
<b>Aleación</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Tiempo (minutos)</b>
AM100A	130	60
AZ63A	130	60
AZ81C	130	60
AZ91C	130	60
AZ92A	130	60

Los valores detallados son aproximados

Las condiciones de tratamiento especificadas en la Tabla 3.7 se pueden realizar mediante cualquier sistema de calentamiento, preferentemente en un horno o mufla.



## CAPITULO 4

# SOLDADURA MIG Ó GMAW

### **Descripción histórica**

En la década de 1940 se otorgó una patente a un proceso que alimentaba electrodo de alambre en forma continua para realizar soldadura con arco protegido por gas. Este resultó el principio del proceso *MIG* (siglas del inglés de *Metal Inert Gas*), que ahora posee la nomenclatura *AWS* y *CSA* de *soldadura con gas y arco metálico GMAW* (siglas del inglés de *Gas Metal Arc Welding*). Este tipo de soldadura se ha perfeccionado desde sus comienzos. En algunos casos se utilizan electrodos desnudos y protección por gas, y en otros casos se utilizan electrodos recubiertos con fundentes, similares a los utilizados en los procesos de arco protegido convencionales. Existe como otra alternativa, electrodos huecos con núcleo de fundente. Para algunos procesos particulares, se pueden combinar el uso de electrodos con fundente (recubiertos o huecos) juntamente con gas protector. En este sistema se reemplaza el *Argón* (utilizado en el proceso *TIG*) por *Dióxido de Carbono* ( $\text{CO}_2$ ). El electrodo es alimentado en forma continua desde el centro de la pistola para soldadura. En este momento, este proceso de soldadura, a nivel industrial, es uno de los más importantes.

### **Equipo básico**

El equipamiento básico para GMAW consta de (fig. 4.1):

- ✓ Equipo para soldadura por arco con sus cables.
- ✓ Suministro de gas inerte para la protección de la soldadura con sus respectivas mangueras.
- ✓ Mecanismo de alimentación automática de electrodo continuo.
- ✓ Electrodo continuo.
- ✓ Pistola o torcha para soldadura, con sus mangueras y cables.

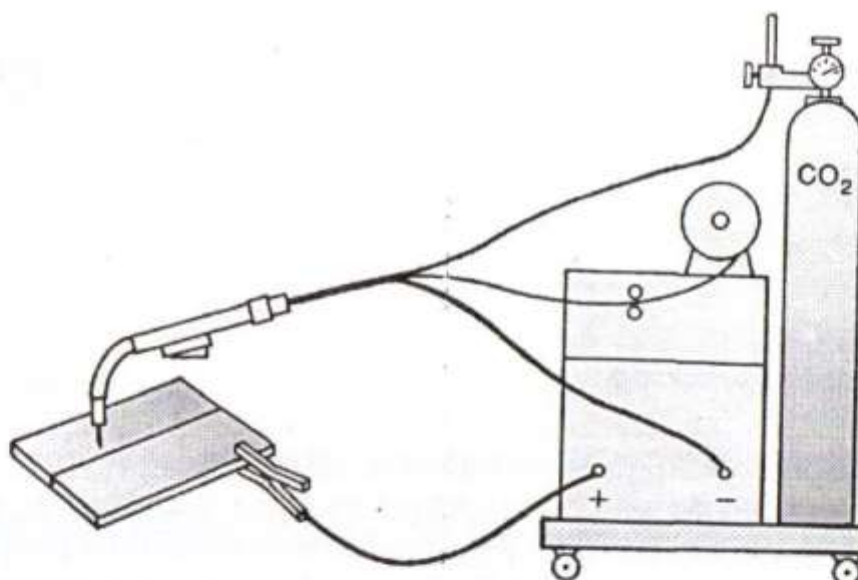


Fig. 4.1 Esquema básico de un equipo para soldadura MIG

La principal ventaja de este sistema radica en la rapidez. Raramente, con el sistema MIG, sea necesario detener el proceso de soldadura como ocurre con el sistema de arco protegido y TIG.

Otras de las ventajas son: la limpieza lograda en la soldadura (la mayor de todos los sistemas de soldadura por arco), la gran velocidad y, en caso de trabajar con electrodo desnudo, la ausencia total de escoria.

### **Funcionamiento en la zona del arco**

Cuando los investigadores estudiaron en que forma se transferiría el metal sobre la pieza a través de un arco eléctrico en un proceso MIG o GMAW, descubrieron tres formas en que la misma se realizaba. Estas son la transferencia por *inmersión* o *cortocircuito*, la *globular*, y en determinadas circunstancias la transferencia por *aspersión*.

La transferencia por *inmersión* o *cortocircuito* se produce cuando sin haberse producido arco, al tocar el electrodo con la pieza, se queda pegado produciéndose un cortocircuito. Por dicho motivo, la corriente se incrementará lo suficiente para fundir el electrodo, quedando una pequeña porción del mismo en el material a soldar.

En la transferencia *globular*, las gotas de metal fundido se transfieren a través del arco por efecto de su propio peso. Es decir que el electrodo



se funde y las pequeñas gotas caen a la zona de soldadura. Por lo detallado, es de suponer que esta forma de depósito no nos resultará muy útil cuando se desee realizar soldaduras en posiciones diferentes a la plana y horizontal.

La diferencia que existe entre la deposición *globular* y la transferencia por *aspersión* radica en el tamaño de las partículas metálicas fundidas que se depositan. Cuando se incrementa la corriente, la forma de transferencia de metal cambia de *globular* a *aspersión*. Esto se debe a que los glóbulos son mucho más pequeños y frecuentes, y en la práctica permite guiarlos e impulsarlos con el arco eléctrico.

En la transferencia por *aspersión*, se utiliza como gas protector un gas inerte puro o con una mínima proporción de oxígeno. Esto favorecerá a la conducción de la corriente eléctrica utilizada en el proceso.

Debido a las altas corrientes necesarias para lograr la transferencia, en particular con los depósitos *globulares* y por *aspersión*, el metal de aporte se vuelve muy líquido, resultando difícil controlar el correcto depósito en soldaduras fuera de posición.

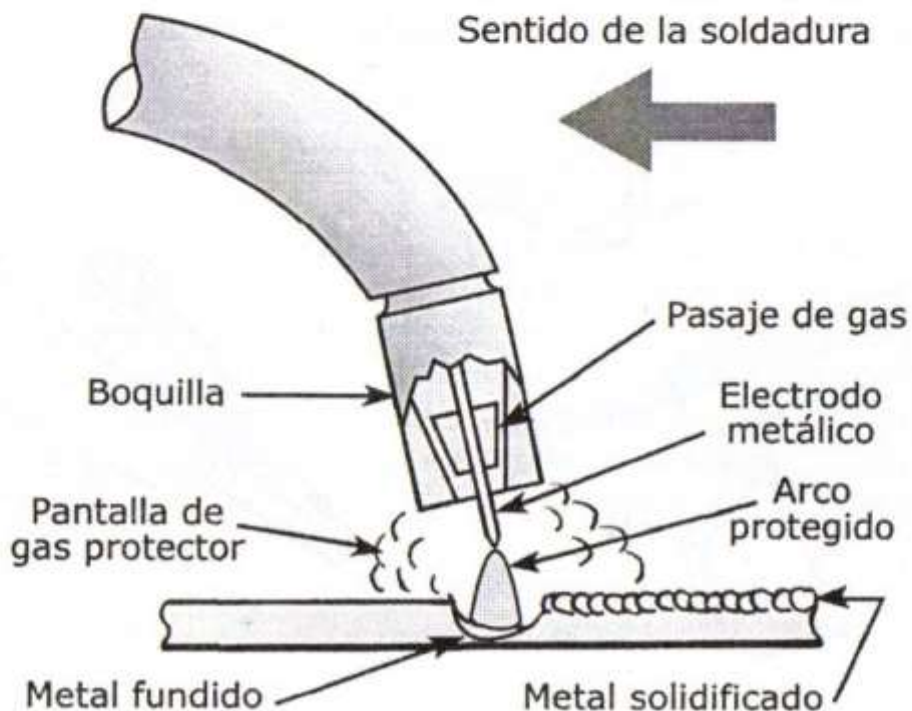


Fig. 4.2 Ilustración de los efectos producidos en una soldadura MIG



La pistola se posicionará sobre la zona a soldar con un ángulo similar al que se emplearía con un electrodo revestido de soldadura por arco protegido (fig. 4.2). La distancia a la que deberá quedar la pistola de la superficie a soldar deberá ser la misma que la del diámetro de la boquilla de la pistola. El electrodo deberá sobresalir de la boquilla aproximadamente unos 6 milímetros. Este se alimentará en forma continua desde un rollo externo, o bien desde uno ubicado en la misma pistola .

En las pistolas con alimentación externa, están las de *empuje* y las de *tracción* (fig. 4.3 B y C). En las de *empuje*, el electrodo es empujado desde el alimentador y la pistola solo posiciona al mismo a través de sus sistemas de guiado interno, dentro de la misma. En las de *tracción*, varían respecto a las anteriores en que el avance del electrodo se logra por el traccionamiento de un mecanismo interno en la pistola.

En las pistolas con alimentación interna, el principio de funcionamiento es similar al de las pistolas por tracción, con la salvedad de que el electrodo continuo se encuentra dentro de la misma carcasa de la pistola. Este tipo de mecanismo resulta de utilidad para soldar en lugares reducidos en los que no se puede trasladar todo el equipo (fig. 4.3 A).

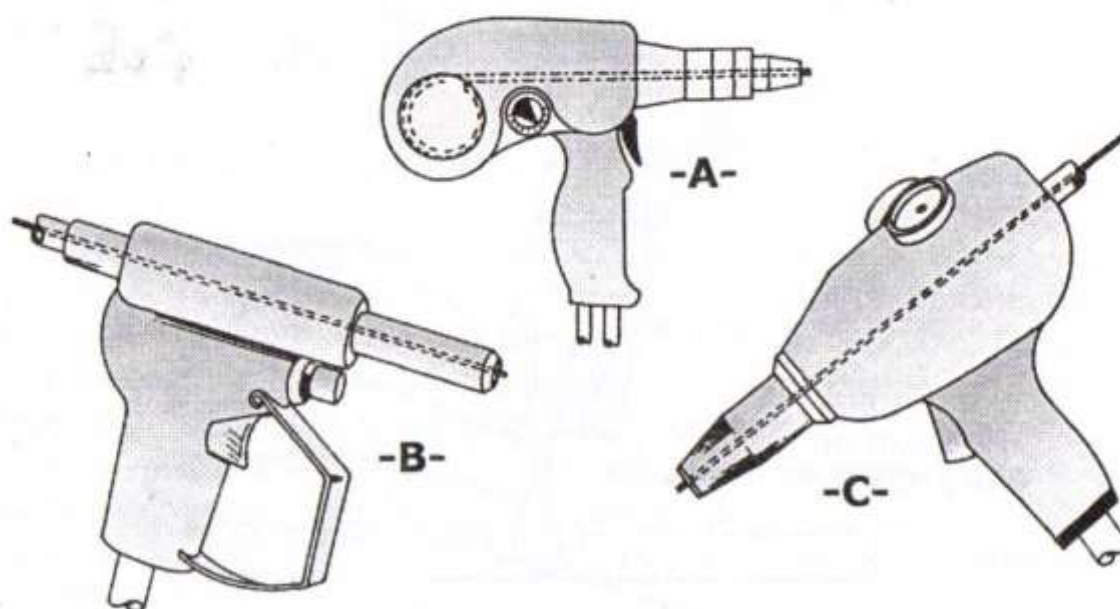


Fig. 4.3 Ilustraciones de los tipos de pistolas para soldadura MIG

Además de lo hasta aquí detallado respecto a las pistolas, se deberá proveer a las mismas de gas protector, de corriente eléctrica y de agua



para refrigeración (en el caso en que el sistema posea dicha posibilidad).

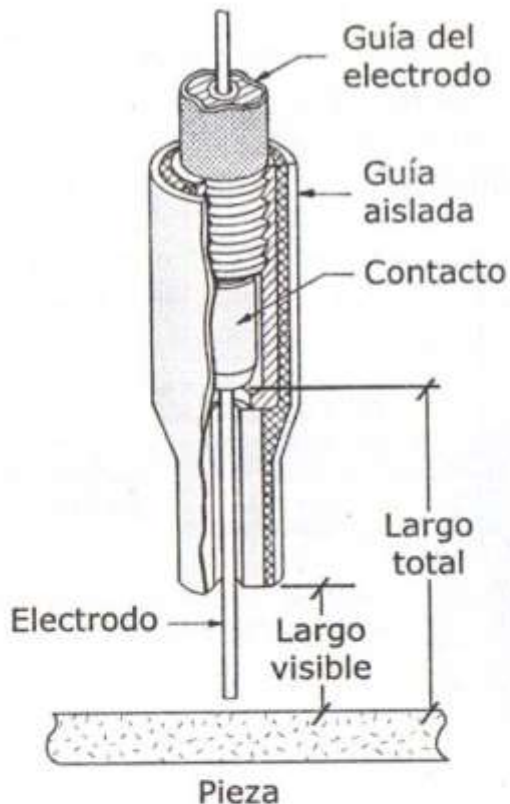


Fig. 4.4

Independientemente del sistema de transporte de electrodo (empuje o tracción), el mismo pasa por la parte interna de la pistola. El sistema de guiado se observa en la fig. 4.4.

Este consta de un sistema de guía aislada seguida de un contacto metálico que además de funcionar de guía, le proporcionará corriente continua al electrodo.

El gas de protección, en caso que se utilice, fluirá por fuera del sistema de guía ilustrado (fig. 4.4). Este, como en todos los otros casos descritos en que se ha utilizado, cumple la función de evitar la contaminación del metal interviniente en la soldadura, ya sea el de aporte o el de base. De él dependerá en gran medida la calidad obtenida en la soldadura. Por lo general, el gas utilizado es el *Dióxido de Carbono* ( $CO_2$ ), aunque se pueden

utilizar el *Argón*, el *Helio* o una mezcla de ellos para aplicaciones específicas o particulares. Se debe poseer para la provisión de gas con flujo continuo un sistema llamado "fluxómetro", el cual administra el caudal de gas provisto a la pistola según un valor fijado por el operador en forma previa, y lo mantiene constante durante el transcurso de la operación. Este "fluxómetro" es el mismo que se utiliza en los sistemas TIG ó SMAW.

Ahora pasaremos a analizar la soldadura desde el punto de vista físico-químico. Para ello, recurriremos a la ayuda de la fig. 4.5. En ella observamos en acción un sistema de soldadura MIG. El esquema muestra un electrodo generalizado, el que puede ser macizo desnudo o recubierto, o hueco con fundente. Se ha obviado graficar el sistema de boquilla o tobera de salida de gas protector, el cual estaría por fuera del sistema de guía del electrodo esquematizado. En el sector ilustrado pertene-



ciente a la soldadura propiamente dicha, se observan distintos sectores que a continuación analizaremos. Al generarse el arco, se eleva la temperatura y funde el material de aporte (electrodo consumible) conjuntamente con el metal base. Esto se transforma en una masa incandescente (descrita en la fig. 4.5 como metal fundido). Dicha masa está compuesta por partículas desprendidas del mismo electrodo, las cuales son transferidas al metal a soldar en las tres formas posibles analizadas anteriormente (inmersión o cortocircuito, globular y aspersion). Dicha inclu-

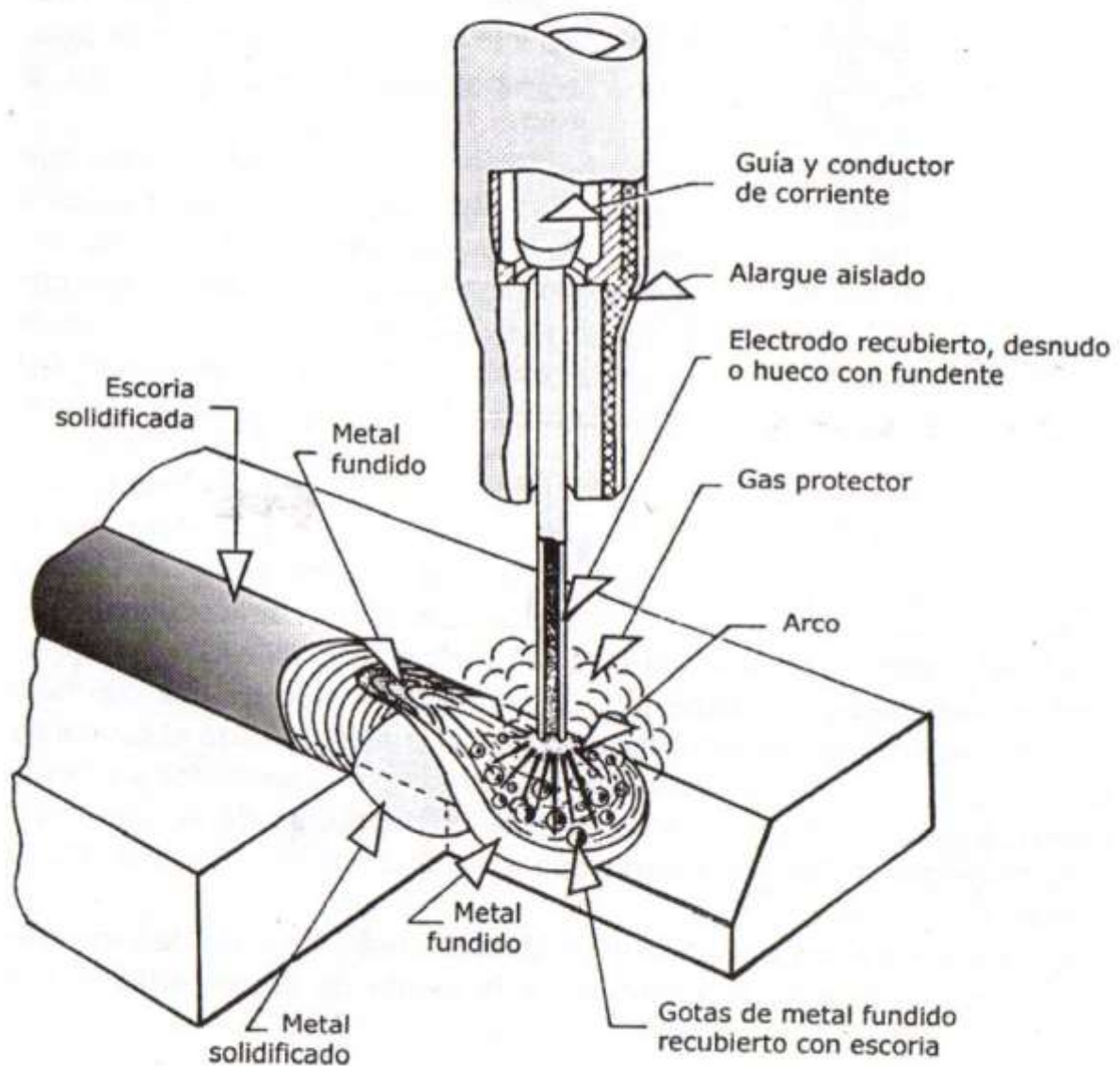


Fig. 4.5 Ilustración del proceso de fusión en la soldadura MIG



sión o transferencia se hará bajo un gas protector, el cual puede ser por la combustión del recubrimiento (en caso de utilizar electrodo recubierto), o por la insuflación de gas protector ( $\text{CO}_2$ ). En la medida que la masa pierde temperatura, la masa metálica se va solidificando. Si se utilizó electrodo recubierto, además del metal, se formará un residuo sólido de escoria sobre la costura realizada, el cual cumple la función de proteger la soldadura hasta que la misma se enfríe. Luego de ello, este residuo deberá ser retirado mecánica o químicamente.

En la Tabla 4.1 se detallan los contenidos metálicos de los electrodos según la clasificación de la *American Welding Society* (AWS). Los contenidos detallados corresponden a un análisis efectuado sobre el material

<b>Código AWS</b>	<b>Elementos Químicos Composición máxima [%]</b>						
	<b>Mn</b>	<b>Si</b>	<b>Ni</b>	<b>Cr</b>	<b>Mo</b>	<b>V</b>	<b>Al</b>
E60T-7	1,50	0,90	0,50	0,20	0,30	0,08	1,80
E60T-8	1,50	0,90	0,50	0,20	0,30	0,08	1,00
E70T-1	1,75	0,90	0,30	0,20	0,30	0,08	–
E70T-4	1,50	0,90	0,50	0,20	0,30	0,08	1,80
E70T-5	1,50	0,90	0,30	0,20	0,30	0,08	–
E70T-6	1,50	0,90	0,80	0,20	0,30	0,08	–

aportado en la soldadura.

La letra *T* de los códigos AWS (Tabla 4.1) indica *electrodo recubierto*. Si en lugar de la *T* hubiese una letra *S*, nos estaría indicando que se trata de *electrodo desnudo*.

La cantidad y tipo de escoria producida dependerá en mayor medida de la clasificación o codificación del electrodo. La generación de poca cantidad de escoria estará asociada a electrodos ideados para realizar soldaduras verticales o sobre la cabeza, como también para producir costuras o cordones a muy alta velocidad.

### **Comenzando a soldar**

Una vez detallados los aspectos fundamentales del proceso MIG, trataremos de producir buenas soldaduras. Ante todo, se deberán poseer los elementos de seguridad necesarios, tanto para la seguridad del operario como para extinguir cualquier posible foco de incendio en el local de tra-





bajo. Este sistema genera muchas chispas y humo, por lo que será indispensable contar con buena ventilación y mantener alejado todo tipo de material combustible de la zona de trabajo. El operario, además de usar el casco con lentes de protección, deberá tener el cuerpo cubierto y protegido con ropas apropiadas abotonadas hasta el cuello.

Los equipos para soldadura MIG poseen regulaciones de velocidad de avance de electrodo, de temperatura (mediante ajuste de tensión y corriente) y de fluido de gas protector. Dichas variables deberán ser ensayadas y tenidas en cuenta para realizar el ajuste del equipo, previo al trabajo de soldadura. Esos ajustes variarán sustancialmente según el tipo de labor a realizar (material, espesor, aporte, posición, etc.). A continuación, se da un detalle de los pasos a seguir para soldar con MIG.

1. *Encender el sistema de refrigeración (si se dispone).*
2. *Regular la velocidad de avance del electrodo.*
3. *Oprimir el gatillo de la pistola hasta que sobresalgan 6 mm de electrodo de la boquilla. En caso de sobrepasar dicha medida, cortar el excedente con un alicate.*
4. *Abrir el cilindro de gas protector.*
5. *Oprimir el gatillo de la pistola para purgar el aire de las mangueras y ajustar el fluxómetro al valor deseado.*
6. *Graduar el voltaje del equipo, corriente, etc. según el tipo y espesor de metal a unir.*
7. *Utilizar el método de rayado o raspado para iniciar el arco.*
8. *Para extinguir el arco, separar la pistola del metal o bien soltar y volver a pulsar el gatillo.*
9. *Si el electrodo se pega al metal, soltar el gatillo y cortar el electrodo con alicate.*
10. *Si se desea realizar un cordón o una costura, se deberá calentar el metal formando una zona incandescente, y luego mover la pistola a lo largo de la unión a una velocidad uniforme para producir una soldadura lisa y pareja.*
11. *Mantener el electrodo en el borde delantero de la zona de metal fundido, conforme al avance de la soldadura (fig. 4.5).*
12. *El ángulo que forme la pistola con la vertical es muy importante. Este deberá ser de no más de 5° a 10°. De no ser así, el gas no protegerá la zona de metal fundido.*