



PROCESO de
SOLDADURA por
ARCO ELECTRICO
con PROTECCION
GASEOSA
(GMAW)

SOLDADURA SEMIAUTOMATICA
MIG-MAG



FUNDACION LATINOAMERICANA DE SOLDADURA



Asta, Eduardo
Proceso de soldadura por arco eléctrico con protección gaseosa (GMAW).
Fundamentos, materiales de aporte y técnica.
1ª ed. - Buenos Aires : Fundación Latinoamericana de Soldadura, 2007.
32 p. ; 28 x 20 cm.

ISBN

1. Electricidad-Soldadura. I. Título
CDD 671.521 2

Edición: 3.000 ejemplares
Fecha de impresión: Diciembre de 2007

Proceso de soldadura por arco eléctrico con protección gaseosa (GMAW). Fundamentos, materiales de aporte y técnica.

Eduardo Asta

1ª. Edición

Fundación Latinoamericana de Soldadura
Calle 18 N° 4113
Villa Lynch, Buenos Aires

ISBN:
ISBN:

(c), 2007 Fundación Latinoamericana de Soldadura

Queda hecho el depósito que establece la Ley 11.723.

Se terminó de imprimir en: Talleres Gráficos Universal S.R.L.
Fragata Presidente Sarmiento 1551
C1416 CBI Ciudad Autónoma de Buenos Aires
4582-0396 / 4585-5220
Diciembre de 2007.
Tirada de esta edición: 3.000 ejemplares

Libro de edición Argentina

No se permite la reproducción parcial o total, el almacenamiento, el alquiler, la transmisión o la transformación de este libro, en cualquier forma o por cualquier medio, sea electrónico o mecánico, mediante fotocopias, digitalización u otros métodos, sin el permiso previo y escrito del editor. Su infracción está penada por leyes 11723 y 25446.-

Proceso de soldadura por arco eléctrico con protección gaseosa (GMAW)

Fundamentos, materiales de aporte y técnica

Por: Ing. Eduardo Asta, ESAB- CONARCO

Contenido

	Prefacio	4
4	Soldadura por arco eléctrico con protección gaseosa MIG/MAG	5
5	Definición	5
	Fuentes de poder para soldadura MIG-MAG	6
	Mecanismos de tracción y conducción del alambre-electrodo	8
	Sistemas de alimentación del alambre-electrodo	9
	Regulación de la presión e indicación del caudal del gas	10
	Torcha para soldadura por el proceso MIG-MAG	10
	Regulación de la presión e indicación del caudal de gas	10
	Indicaciones generales para la regulación de un equipo MIG-MAG	11
11	Efectos de la variación de la velocidad de alimentación del alambre	11
	Regulación de la tensión de soldadura y la alimentación del alambre	11
	Influencia de la regulación de la inductancia	12
	Influencia en el posicionamiento de la torcha	13
	Influencia de la distancia entre el tubo de contacto y la pieza	14
	Modos de transferencia	14
14	Transferencia del metal por corto-circuito, con arco corto	14
	Transferencia globular con arco largo	15
	Transferencia del metal por arco pulsado	15
	Características de la transferencia del metal con arco pulsado	17
17	Ventajas y desventajas en la utilización de arco pulsado .	16
	Selección y clasificación de los materiales de aporte	18
18	Alambres para Aceros al Carbono y de Baja Aleación	18
	Clasificación para aceros inoxidables, para aluminio y aleaciones de aluminio	
	Alambres para Cobre y Aleaciones de Cobre, para Níquel y Aleaciones de Níquel	19
	Los gases de protección para el proceso MIG-MAG	20
20	Regulación del caudal del gas de protección	23
	Fórmula empírica para determinar el caudal necesario para la protección	23
24	Apéndice A .	
	Causas y soluciones de algunos problemas típicos del proceso MIG-MAG	24
	Porosidad causada por protección gaseosa insuficiente	23
	Falta de fusión por preparación inadecuada de la junta, por falla en la enmienda del cordón por exceso de fluidez en la pileta líquida, por incorrecto posicionamiento de la torcha	24
	Funcionamiento inadecuado de los equipos de soldadura	26
	Equipo de soldadura	27
28	Apéndice B .	
	Clasificación de gases	28

Prefacio |

La soldadura constituye uno de los recursos tecnológicos de vital importancia para el desarrollo industrial a nivel global. Las industrias de diferentes ramas de la técnica tales como: construcciones, petroquímicas, de generación de energía, de transporte, alimenticias, agrícolas, aeroespacial, electrónica, automotriz, etc., no podrían haber alcanzado su desarrollo actual si no hubiera estado disponible la tecnología de soldadura.

Hoy, prácticamente no existe emprendimiento tecnológico alguno en el cual la soldadura no intervenga en alguna de sus etapas. Sin dudas, el desarrollo nos ha llevado a definir un concepto más general y abarcativo que es el de tecnologías de unión.

Como proceso de unión, de protección y de recuperación de materiales, la soldadura se destaca por su versatilidad tanto en el aspecto tecnológico como en el económico. Durante las últimas décadas esta tecnología ha recibido importantes esfuerzos en recursos humanos y económicos destinados a promover su investigación y desarrollo.

Como resultado directo de dichos aportes, se han generado innovaciones tanto en el campo de los procesos y equipos como en el de los consumibles, que han transformado a una actividad en sus orígenes técnico-artesanal en una disciplina científico-tecnológica de alta complejidad.

La activa incorporación de la soldadura como tecnología de fabricación en el campo de unión de

metales para dar eficaz respuesta a la gran diversidad de requerimientos que impone el servicio, muchos de ellos de alto compromiso, hace necesario un riguroso conocimiento de los alcances y limitaciones de esta técnica.

La soldadura por arco eléctrico con protección gaseosa, también denominada semiautomática con alambre macizo, o comunmente conocida bajo la sigla acronímica MIG-MAG ha tenido su origen y desarrollo hacia mediados del siglo XX. Su aplicación se extendió ampliamente en diferentes industrias debido a su mayor facilidad de uso y a las excelentes características de productividad. Con el advenimiento de la mecanización, automatización y robotización de los procesos de la industria metalúrgica en general la soldadura MIG-MAG se convirtió en una herramienta fundamental para este tipo de técnicas aplicadas a la soldadura.

En los últimas décadas el proceso MIG-MAG se ha convertido en el de mayor utilización del campo de la soldadura por arco eléctrico, sustituyendo en forma masiva a la soldadura manual con electrodo revestido, particularmente en los países altamente industrializados. Siguiendo esta lógica de avance tecnológico en soldadura, utilizando el mismo tipo de equipamiento y principio de funcionamiento, se ha desarrollado de manera muy importante una variante de la soldadura MIG-MAG: el proceso de soldadura semiautomático con alambre tubular.

Definición |

En el proceso de soldadura por arco eléctrico con protección gaseosa, también denominada soldadura semiautomática o MIG-MAG, la unión es producida por la fusión de un alambre-electrodo (sólido o tubular) bajo una atmósfera de gas protector, suministrado en forma continua desde un cabezal alimentador hasta la pistola de soldar o torcha. El proceso puede ser semiautomático (si la torcha es operada manualmente por un soldador) o automática (si la torcha es fijada u operada a través de algún mecanismo de automatización o robotización).

El tipo de gas a utilizar es el que determina la correcta denominación del proceso, si se emplea un gas inerte (ej: argón o helio) recibe el nombre de MIG (metal inert gas), este tipo de combinación es la ideal para la soldadura de metales no ferrosos como por ejemplo el aluminio y sus aleaciones, en cambio si se utiliza un gas activo (ej: dióxido de carbono - CO_2) se lo denomina MAG (metal active gas), combinación es la indicada para la soldadura de los aceros al carbono.

Otra denominación muy difundida para este proceso es la establecida por la Sociedad Americana de Soldadura AWS (American Welding Society) bajo la sigla GMAW (Gas Metal Arc Welding).

Soldadura MIG-MAG (GMAW) |

El arco eléctrico se genera entre un alambre desnudo alimentado en forma continua y la pieza a soldar. La protección del arco se efectúa por medio de un gas que puede ser inerte (argón o helio) o activo (dióxido de carbono, CO_2), figura 1.

Al fundir el alambre se aporta al baño de fusión, por lo tanto debe tener una composición química tal que permita obtener las propiedades deseadas del cordón de soldadura y proveer, además, elementos desoxidantes que garanticen la calidad de dicho cordón.

El equipo utilizado en soldadura MIG-MAG o GMAW, tal como se muestra en la figura 2, requiere de varios elementos, según el siguiente detalle:

- Una fuente de energía eléctrica de corriente continua, de tensión constante.
- Un devanador que alimente el alambre en forma continua. Consta de un mecanismo de tracción, compuesto por uno o dos pares de rodillos comandados por un motor eléctrico.

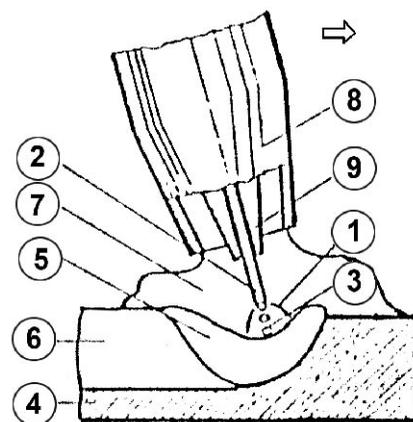
- Una torcha en forma de pistola, que recibe alambre a través de un manguera flexible. En el extremo inferior posee un tubo de contacto, donde el alambre es energizado con la corriente de soldadura proveniente de la fuente. Rodeando el tubo de contacto, una tobera de cobre encauza y dirige el gas protector. Un contactor permite gobernar la salida del alambre y el gas.

- Tubo de gas, con reductor de presión, precalentador (en caso de usar CO_2) y medidor de caudal.

En la figura 3 se indican los parámetros típicos entre la tobera o boquilla de la torcha MIG-MAG y la pieza a soldar. Estos parámetros tienen una gran influencia en el comportamiento operativo del proceso y su regulación.

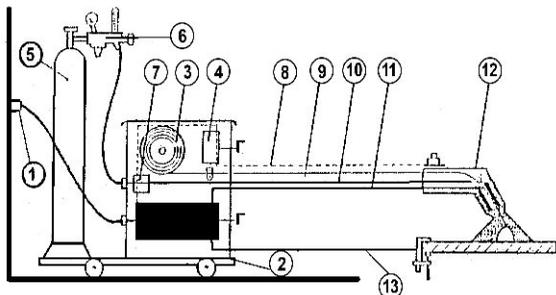
Utilizando el mismo tipo de equipamiento y principio de funcionamiento se ha desarrollado de manera importante una variante a la soldadura MIG-MAG: el proceso de soldadura semiautomática con alambre tubular (FCAW). El alambre tubular consiste en un tubo metálico que es relleno con un fundente (flux) o polvo metálico. Muchos alambres tubulares son utilizados con protección gaseosa del tipo activa, tanto con dióxido de carbono puro como mezcla de argón con 15 a 20 % de CO_2 .

También puede utilizarse un alambre con un relleno que permita generar una adecuada protección de la pileta líquida respecto de la atmósfera, en este caso el alambre o la variante del proceso FCAW se denomina autoprotegido o de arco abierto.



- | | |
|-------------------------------|--|
| 1- Arco eléctrico | 6- Cordón de soldadura |
| 2- Alambre-electrodo | 7- Atmósfera del gas protector |
| 3- Transferencia de las gotas | 8- Tobera para el gas |
| 4- Metal de base | 9- Pico o tubo de contacto del alambre |
| 5- Pileta líquida | |

Figura 1 | Esquema del proceso MIG-MAG (GMAW)



Fuente de poder para soldadura

- 1- Conexión a la red eléctrica
- 2- Rectificador de corriente para soldadura

Alambre-electrodo

- 3- Bobina o carretel del alambre
- 4- Sistema de alimentación del alambre

Gas de protección

- 5- Cilindro del gas de protección
- 6- Válvula reductora de presión del gas de protección con indicador de presión de salida.
- 7- Válvula de apertura o cierre del gas de protección.

Cables y torcha

- 8- Cable de comando de la torcha
- 9- Alambre-electrodo
- 10- Conduco del gas de protección
- 11- Cable alimentador de la corriente para soldar
- 12- Torcha con pulsador
- 13- Cable con pinza de maza

Figura 2 | Proceso MIG-MAG (GMAW), equipamiento.

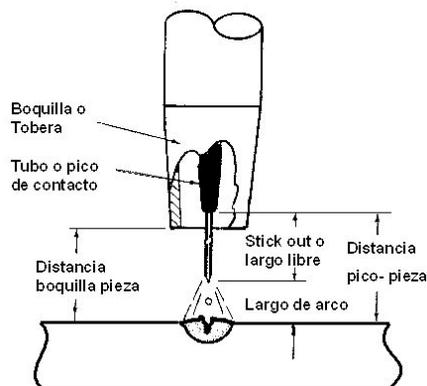


Figura 3 | Parámetros característicos boquilla - pieza.

Fuentes de poder para soldadura MIG-MAG

Las fuentes de poder para soldadura MIG-MAG son de corriente continua (CC). Una característica importante en los equipos de soldadura es la tensión de vacío (E_0) o tensión de circuito abierto. Esta tensión se define como aquella medida en los terminales de pinza y masa de la máquina sin carga aplicada (sin soldar), los transformadores pequeños y no profesionales registran valores de E_0 de 50 V o ligeramente inferiores, en tanto los equipos industriales tendrán valores mayores (ej: 55 ó 60 V).

Para su aplicación en soldadura MIG-MAG las fuentes de poder serán de tensión constante, esto significa que tendrán una curva característica tensión corriente como la que se puede ver en la figura 4. En consecuencia un cambio en la corriente del arco producirá cambios menores en la tensión del arco debido a la característica de pendiente negativa que presenta la curva para una fuente de tensión constante.

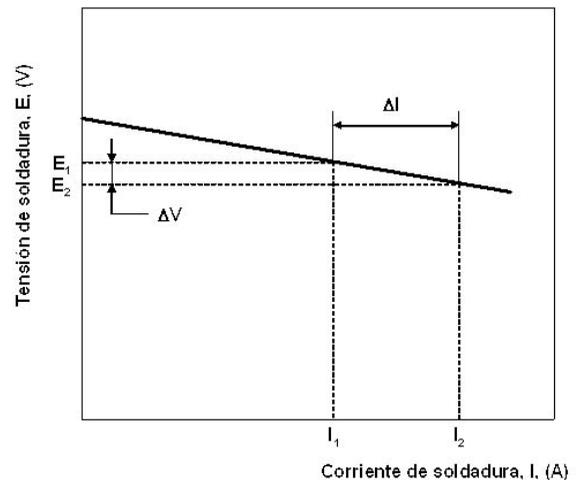


Figura 4 | Curva característica de una fuente de poder de tensión constante.

Otro aspecto muy importante a tener en cuenta para una fuente de poder es el denominado ciclo de trabajo, que se encuentra vinculado con la capacidad de disipación de calor, por parte de los circuitos y bobinados del equipo en relación con el nivel de corriente de soldadura, tiempo de funcionamiento y frecuencia de uso.

En consecuencia, una fuente utilizada para soldadura MIG-MAG, que trabaja en forma intermitente, con tiempos de arco encendido cortos, puede operar con corrientes de soldadura mayores que aplicada a un proceso automático de uso

continuo. El ciclo de trabajo expresa, en porcentaje (%), el tiempo máximo que un equipo puede entregar su corriente más elevada de soldadura.

Una norma de referencia para el ciclo de trabajo es la NEMA (Estados Unidos), que define al ciclo de trabajo para intervalos de prueba de diez minutos. Por ejemplo, si una fuente indica en su placa de características un ciclo de trabajo del 60 % a 300 A, significa que la misma puede suministrar esa corriente de soldadura durante 6 de cada 10 minutos sin sufrir una sobrecarga o calentamiento excesivo.

Las fuentes de poder agregan una inductancia en serie en el circuito de salida, dicho elemento permite adecuar o controlar el transitorio de corriente cuando se inicia el arco, permitiendo que la corriente se incremente en forma progresiva evitando un encendido explosivo del arco y un funcionamiento más suave del mismo.

En la figura 5 se puede observar el efecto de la inductancia en la corriente de soldadura.

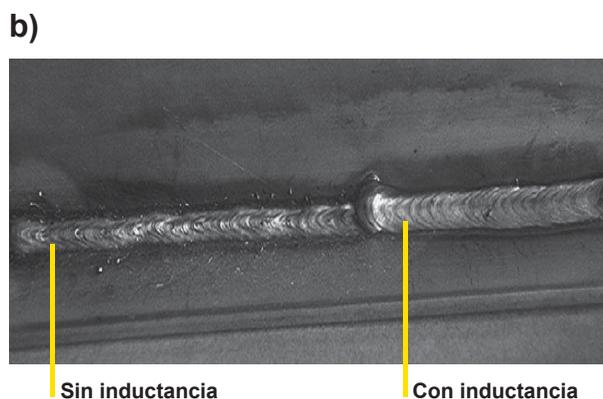
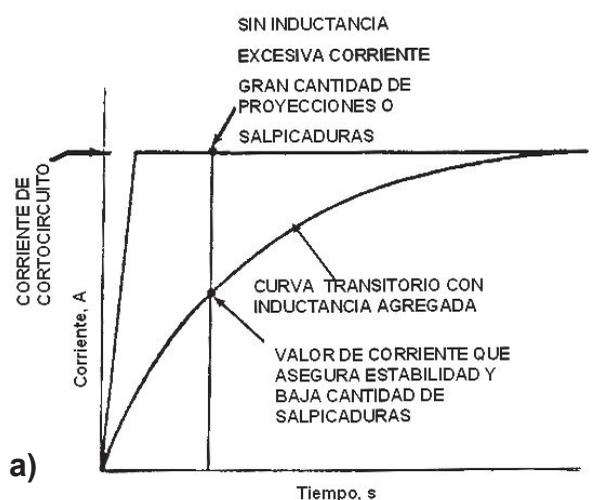


Figura 5 | Efecto de la inductancia en la soldadura MIG-MAG

Fuentes de corriente continua

Existen tres tipos principales de fuentes o equipos de CC:

Transformador rectificador, estos equipos están constituidos por un transformador, un dispositivo de control de la corriente de salida y un circuito de rectificación de la corriente de salida. En estos equipos la etapa de rectificación se realiza por medio de un puente de diodos de potencia con un circuito adicional de filtro para mejorar la salida de CC.

La figura 6 muestra un circuito rectificador monofásico y una foto ilustrativa de este tipo de equipos.

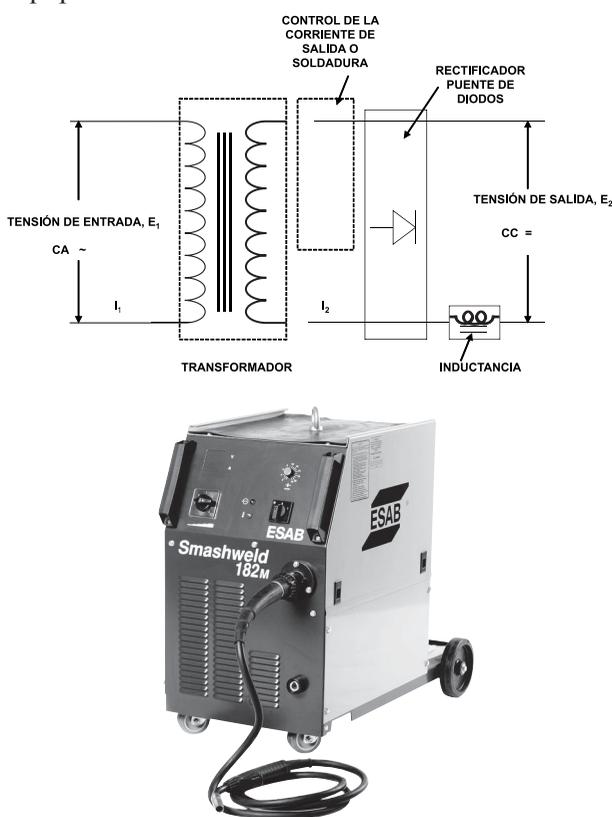


Figura 6 | Circuito básico de una fuente de CC, transformador y rectificador.

- Fuentes utilizando tiristores, estos equipos tienen un transformador y un dispositivo de rectificación conectado al circuito secundario del transformador. La particularidad de dichos equipos es la sustitución de los dispositivos típicos de control de la corriente de soldadura por un circuito de estado sólido constituido por diodos de compuerta o tiristores identificados como SCR (rectificador controlado de silicio, en español o silicon controlled rectifier,

en inglés). Estos diodos tienen la particularidad de rectificar la CA y control a su vez la corriente de soldadura por medio del manejo de la señal de compuerta. La figura 7 muestra un circuito con SCR correspondiente a un fuente monofásica y una foto ilustrativa de este tipo de equipos.

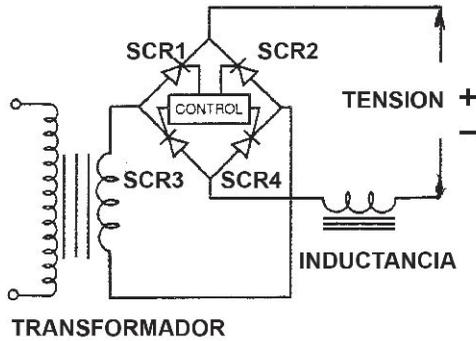


Figura 7 | Cicuito básico de una fuente de CC, con rectificación y control por diodos SCR.

○ Fuentes inversoras, en estos equipos la CA de línea o entrada es rectificadada, pasando luego a un circuito inversor que produce alta frecuencia en CA (1kHz a 50 kHz) la cual es transformada a una salida de baja tensión o tensión de soldadura y alta frecuencia; finalmente pasa por un circuito de rectificación que permite obtener y controlar una salida de CC para soldadura.

Esta tecnología, particularmente la transformación en alta frecuencia, reduce notablemente el tamaño y peso del transformador y consecuentemente del equipo.

Por ello estas fuentes son fácilmente transportables o, en muchos casos, de tipo portátil. La figura 8 muestra un circuito esquemático de una fuente CC inversora y una foto ilustrativa de estos equipos.

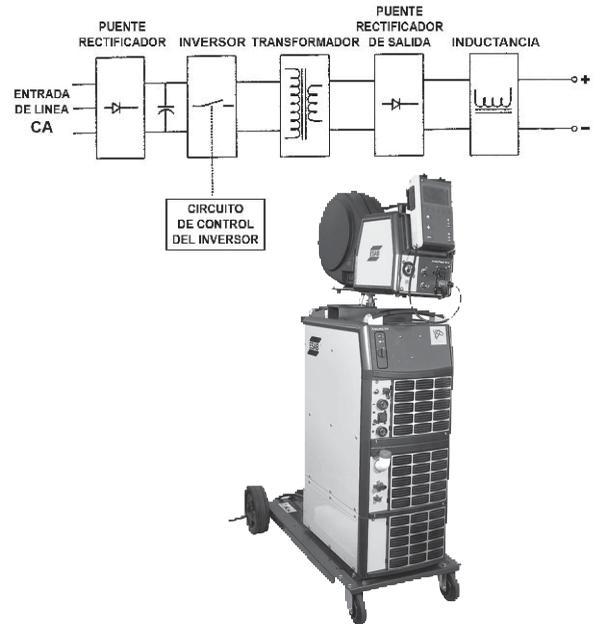
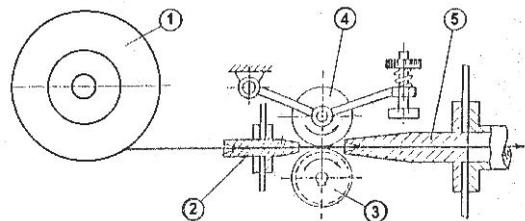


Figura 8 | Circuito básico de una fuente inversora de CC.

Mecanismos de tracción y conducción del alambre-electrodo

Accionamiento por dos rodillos

Tal como se observa y describe en la figura 9, uno de los rodillos es el propulsor o conductor y el otro es de presión.

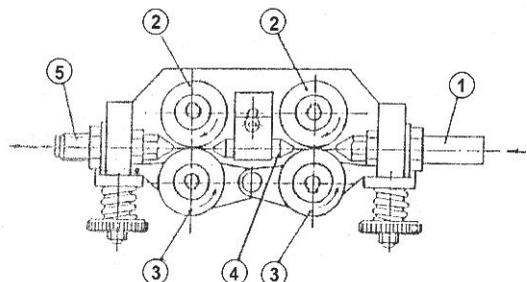


- 1- Bobina o carretel del alambre-electrodo
- 2- Guía de entrada del alambre a los rodillos
- 3- Rodillo alimentador del alambre (propulsor)
- 4- Rodillo de presión
- 5- Boquilla de salida del alambre de los rodillos y entrada en la guía flexible.

Figura 9 | Accionamiento por dos rodillos

Accionamiento por cuatro rodillos

La figura 10 muestra y describe un mecanismo de cuatro rodillos, con dos rodillos propulsores.



- 1- Guía de entrada del alambre en los rodillos
- 2- Rodillos de alimentación del alambre (propulsores)
- 3- Rodillos de presión
- 4- Guía intermediario
- 5- Boquilla de salida del alambre en los rodillos y de entrada en la guía flexible

Figura 10 | Accionamiento con cuatro rodillos

Rodillos de alimentación del alambre-electrodo

En la figura 11 se muestran típicos rodillos para alambre macizo de acero y aluminio respectivamente.

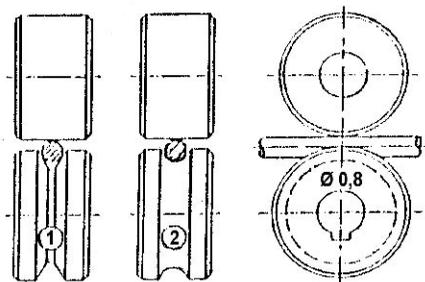


Figura 11 | Rodillos alimentadores

- 1- Rodillos de alimentación con ranura en forma de V para alambres-electrodos de acero.
- 2- Rodillos de alimentación con acanalado circular para alambres-electrodos de aluminio.

NOTA: Los rodillos alimentadores deben ser seleccionados de acuerdo con el diámetro del alambre-electrodo a ser utilizado, y la presión ejercida sobre el mismo debe ser la adecuada a fin de prevenir deformaciones (como ovalización), lo que dificultaría el paso a través del conducto espiralado o del pico de contacto.

Sistemas de alimentación del alambre-electrodo

Sistema universal

En este sistema de alimentación el alimentador y la fuente de poder están separados, unidades independientes. El esquema de este sistema se muestra en la figura 12.

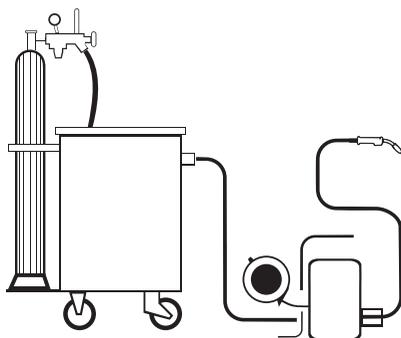


Figura 12 | Sistema MIG-MAG universal.

Sistema de alimentación en el interior de la fuente de poder.

Muchos equipos MIG-MAG son de tipo compacto, donde el alimentador se encuentra integrado con la fuente de poder. La figura 13 muestra este sistema de configuración que, en general, corresponde a equipos MIG-MAG para servicio liviano.

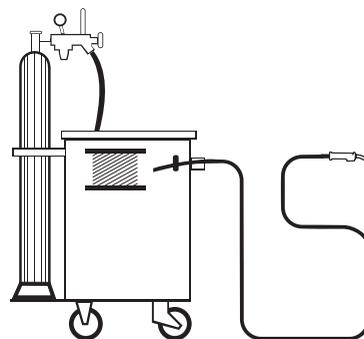


Figura 13 | Sistema MIG-MAG con alimentador integrado.

Sistema de bobina pequeña

Este mecanismo de alimentación consiste en utilizar una torcha especial que incluye un alimentador para bobinas de alambre pequeñas, en la terminología técnica se la conoce también por la denominación en inglés “spool gun”. La figura 14 muestra este sistema, el mismo puede aplicarse particularmente para la soldadura con diámetro de alambre menor que 0,8 mm y cuando se tienen grandes distancias entre la soldadura y la fuente.

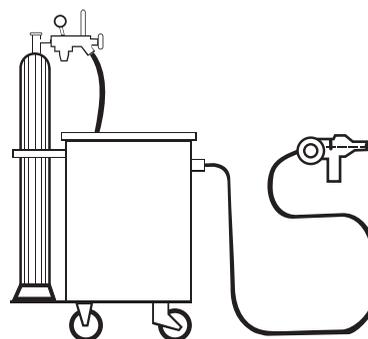


Figura 14 | Sistema de bobina en la torcha.

Sistema “Push-Pull”

Este tipo de accionamiento consiste en un alimentador, separado o integrado que conduce el alambre desde la bobina y un mecanismo de tracción en la torcha, de esta forma el alambre es

conducido desde dos extremos. La figura 15 ilustra el esquema descripto.

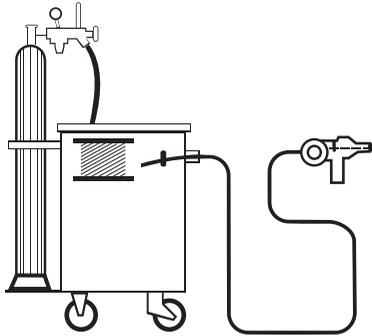


Figura 15 | Sistema "Push-Pull".

Torcha para soldadura por el proceso MIG-MAG

En la figura 16 podemos observar una típica torcha utilizada en el proceso MIG-MAG.

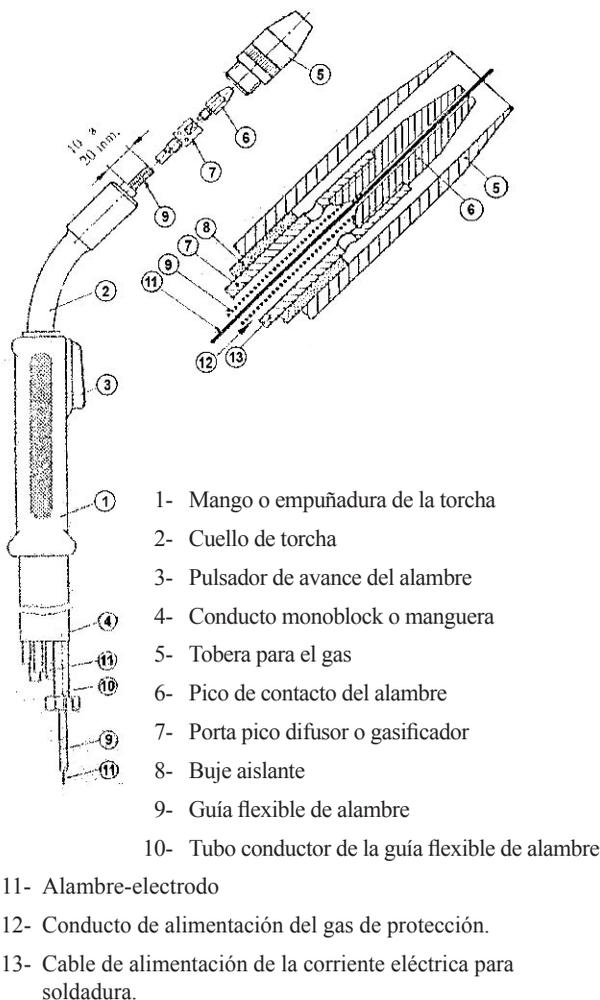


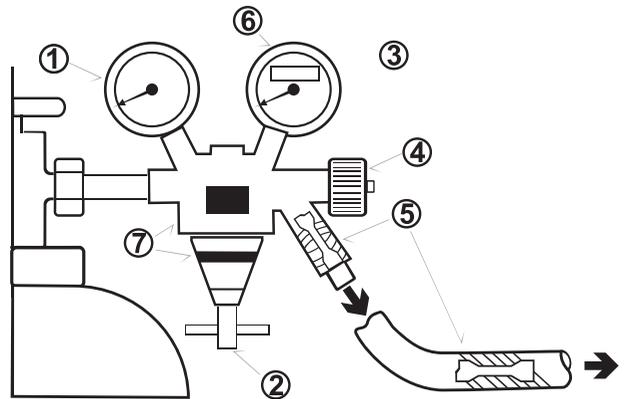
Figura 16 | Típica torcha utilizada en el proceso MIG-MAG.

Regulación de la presión e indicación del caudal de gas

Sistema con dos indicadores

Tal como se observa en la figura 17 el tubo regulador del caudal de gas (5) incorporado en el reductor de presión, limita el orificio de salida por el cual pasa la corriente de gas; en consecuencia, el caudal dependerá de la presión de gas.

Con el tornillo regulador de la presión de gas (2) esa presión será fijada y el indicador de caudal de gas (3) indicará la salida de gas correspondiente a aquella presión (en Litros/minuto) .

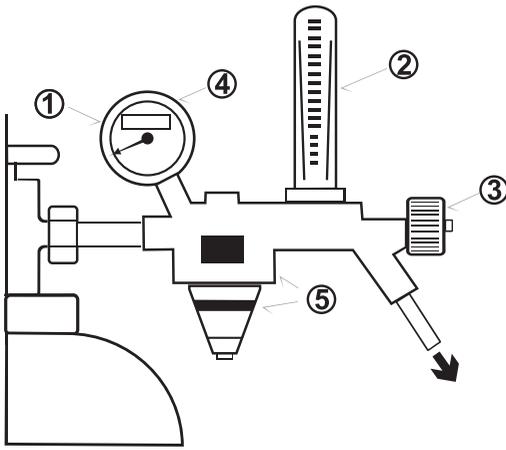


- 1- Manómetro de presión del cilindro de gas.
- 2- Tornillo regulador de la presión del gas.
- 3- Indicador del caudal de gas (caudalímetro).
- 4- Válvula reguladora del caudal de gas.
- 5- Tubo regulador del caudal de gas. encender el arco.
- 6- Indicación de apto para un tipo de gas.
- 7- Color identificatorio del tipo de gas.

Figura 17 | Regulación con dos indicadores

Sistema con caudalímetro

Tal como se puede observar en la figura 18 la reducción de presión es de ajuste constante, y el pasaje del gas sufrirá alteraciones por acción de la válvula reguladora del caudal de gas (3). La presión de salida del gas elevará el flotador dentro del caudalímetro (2), indicando el caudal de salida correspondiente.



- 1- Manómetro de presión del cilindro de gas.
- 2- Caudalímetro (indicador de la presión de salida).
- 3- Válvula reguladora del caudal de gas.
- 4- Indicación de apto para un tipo de gas.
- 5- Color identificador del tipo de gas.

Figura 18 | Regulación con caudalímetro

Indicaciones generales para la regulación de un equipo MIG-MAG

Influencia de los parámetros de soldadura

A través de la regulación del equipo para la soldadura por el proceso MIG-MAG, así como por el manejo de la torcha, el soldador determina esencialmente:

- a) La forma de transferencia del metal de aporte
- b) La característica y calidad del cordón de soldadura.

Regulación de la fuente de poder

- a) Tensión (V)
- b) Velocidad de alimentación del alambre, en los equipos MIG-MAG está directamente relacionada con la corriente de soldadura.
- c) Regulación de la inductancia, (no todas las fuentes de poder la poseen)

Manejo de la torcha

- a) Posición de la torcha en relación al avance de la soldadura (soldadura a izquierda o a derecha), por arrastre o empuje respectivamente.
- b) Distancia del tubo de contacto a la pieza a ser soldada.
- c) Velocidad de soldadura.

Regulación de la tensión de soldadura y la alimentación del alambre

Efectos de la variación de la tensión o voltaje (V), con la velocidad de alimentación del alambre constante

Dada la curva característica de las fuentes de poder para la soldadura por el proceso MIG-MAG, al variar la tensión (V) manteniendo la velocidad de alimentación del alambre (V_a) o la corriente de soldadura (I) constante, se produce una alteración en el largo del arco y en el perfil del cordón de soldadura. Este efecto se ilustra en la figura 19.

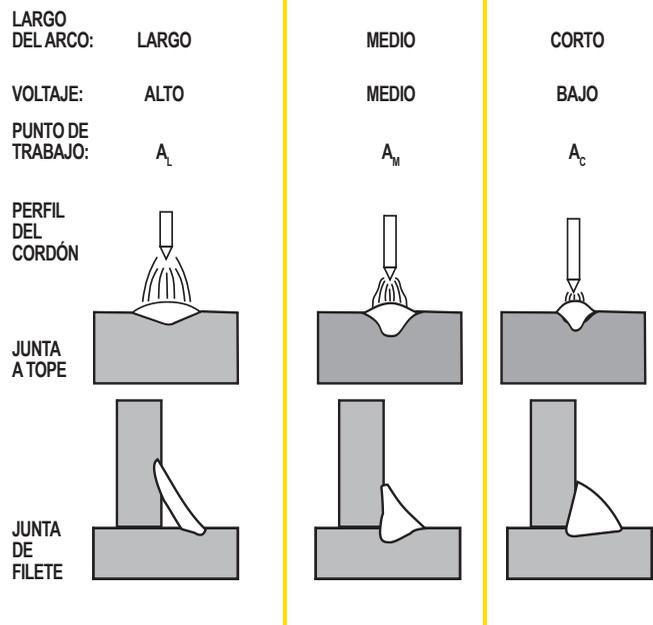
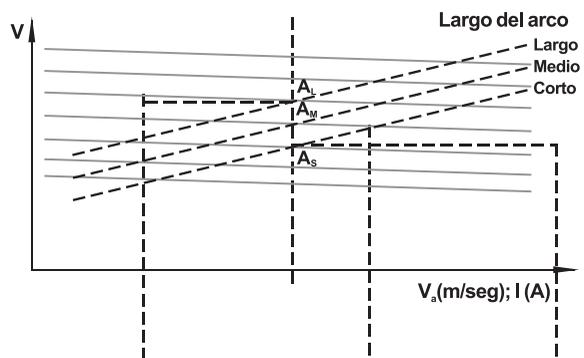


Figura 19 | Variación de la tensión con corriente constante

Efectos de la variación de la velocidad de alimentación del alambre, conservando la tensión o voltaje (V) constante

Una variación en la velocidad de alimentación del alambre, conservando la tensión (V) constante provoca una alteración en el largo del arco, en la intensidad de la corriente (I), en la capacidad de fusión y en el perfil del cordón de soldadura. La figura 20 ilustra este efecto.

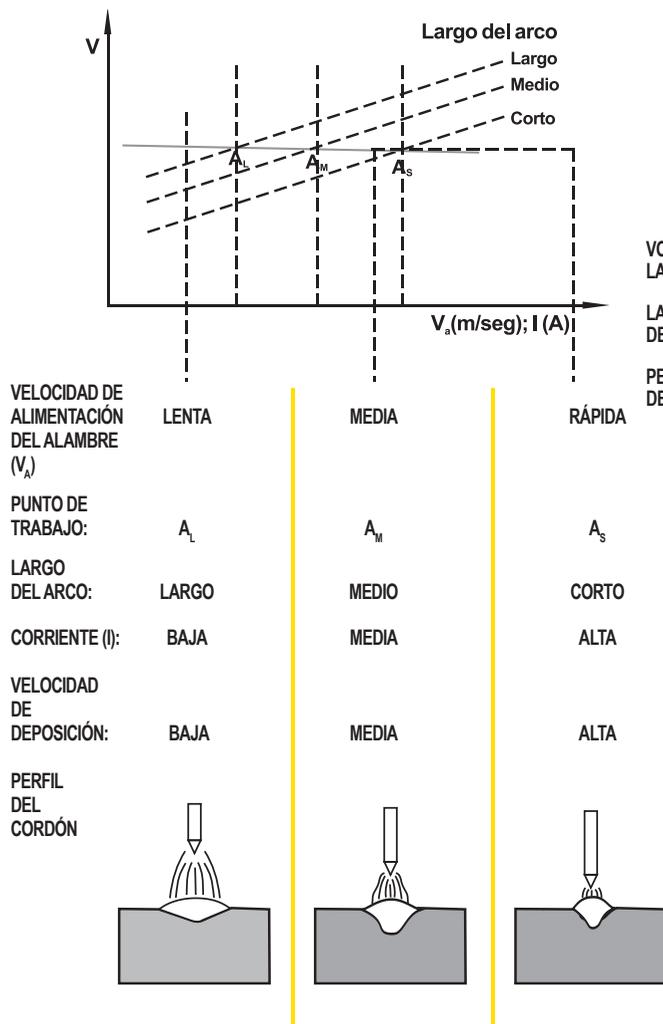


Figura 20 | Variación de la corriente con tensión constante

Efectos de la variación de la tensión (V), con la velocidad de alimentación del alambre (V_a),

En la figura 21 se pueden observar los efectos de regulación de la tensión (manteniendo un largo de arco medio) y de la velocidad de alimentación del alambre

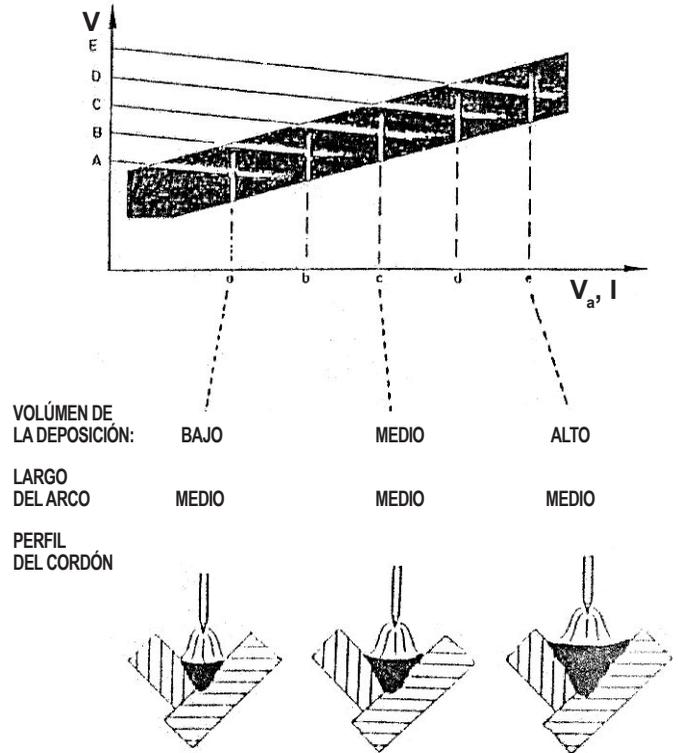


Figura 21 | Velocidad de la tensión y la alimentación del alambre

Influencia de la regulación de la inductancia

Una de las formas de transferencia más utilizada, en el proceso del soldadura MIG-MAG, es cortocircuito, tanto con arco corto como largo.

Durante la soldadura y en los momentos en que se produce los cortocircuitos, aparecen picos de corriente eléctrica, que son controlables por medio de la inductancia (bobina de inducción)

La regulación adecuada de esa inductancia depende del procedimientos de soldadura (tarea, tipo de gas de protección, tipo de transferencia, posición de soldadura, etc).

Regulación de la inductancia con pequeño efecto

Los efectos de esta regulación son:

- a) Intensifica la formación de salpicaduras
- b) Aspecto grosero del cordón de soldadura
- c) Encendido inmediato y estable del arco eléctrico
- d) Aumento de la frecuencia de los corto circuitos

La figura 22 ilustra este efecto.

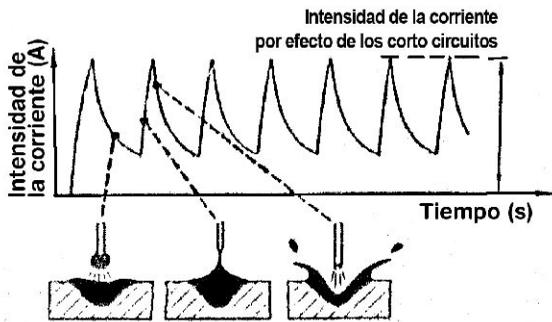


Figura 22 | Efecto con baja inductancia

Regulación de la inductancia con amplio efecto.

Los efectos de esta regulación son:

- a) Escasa formación de salpicaduras
- b) Buen aspecto del cordón de soldadura
- c) Dificultad en el encendido y transferencia irregular del metal aportado.
- d) Menor cantidad de corto circuitos

La figura 23 ilustra este efecto.

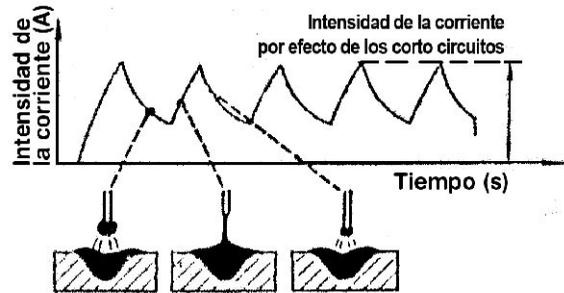


Figura 23 | Efecto con alta inductancia

Influencia en el posicionamiento de la torcha sin alteraciones en la regulación del equipo

En la figura 24 se pueden apreciar los efectos por la posición de la torcha.

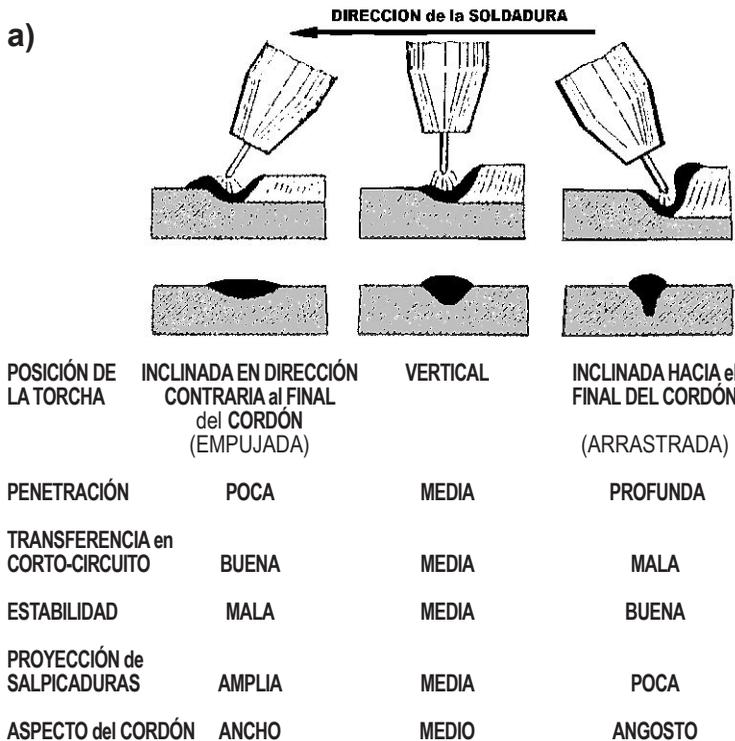


Figura 24a | Efecto por el posicionamiento de la torcha

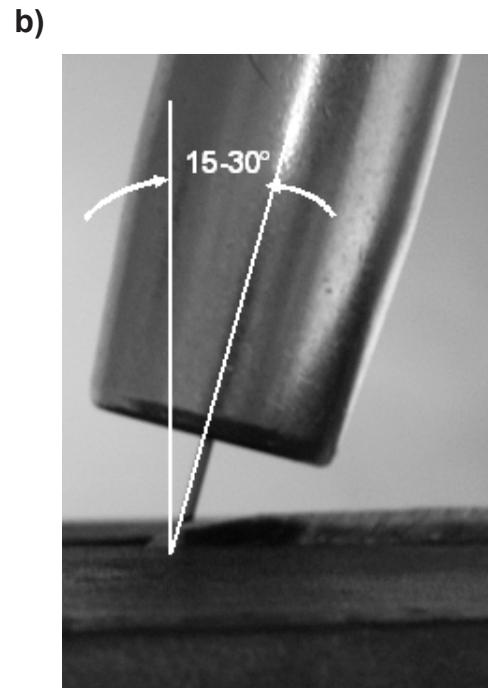


Figura 24b | Ángulo de avance de la torcha cuando se utiliza inclinación

Influencia de la distancia entre el tubo de contacto y la pieza sin alteracion en la regulacion de la fuente de poder

En la figura 25 se pueden apreciar los efectos de la variación de distancia entre el tubo de contacto y la pieza.

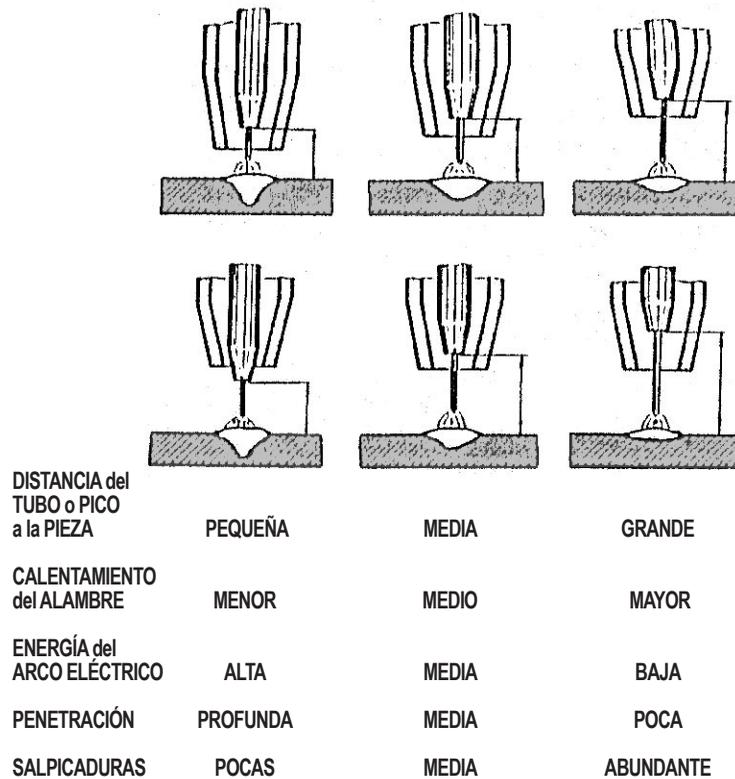


Figura 25 | Efecto de la distancia del tubo de contacto

Modos de transferencia

El proceso MIG-MAG presenta una particularidad frente a los otros procesos de soldadura por arco que consiste en la posibilidad de establecer el modo de transferencia de la gota entre la punta del extremo libre del electrodo o alambre y la pileta líquida en el metal base.

Previo a definir los modos básicos de transferencia se describe en forma breve y conceptual el mecanismo de desprendimiento de la gota. El efecto de estrangulamiento de la gota de metal fundido en la punta del electrodo es lo que permite el desprendimiento (figura), este efecto también se lo conoce en la literatura técnica como “pinch effect”. Ocurre como resultado de los efectos electromagnéticos debido a la circulación de corriente en el extremo libre del alambre, dicha corriente o corriente de soldadura al cuadrado (I^2) es proporcional a la fuerza del efecto de estrangulamiento (P).

Además de la fuerza P otras fuerzas intervienen adicionalmente en el desprendimiento de la gota, estas son:

- Fuerza de gravedad
- Tensión superficial
- Fuerza de reacción
- Plasma jet y bombardeo de partículas
- Fuerza de inercia

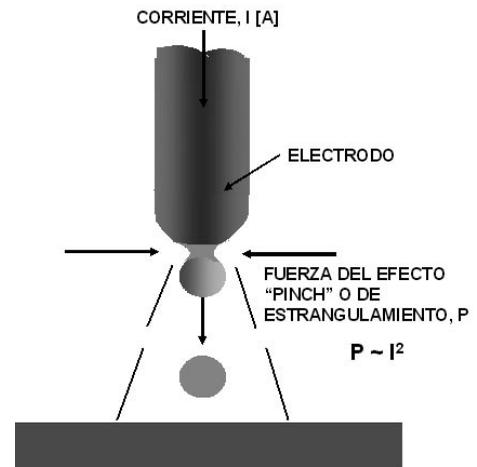


Figura 26 | Efecto de estrangulamiento en el desprendimiento de la gota

Los modos de transferencia básicos para el proceso MIG-MAG son:

- Cortocircuito (short circuit en la nomenclatura técnica en inglés)
- Globular
- Rocio (spray en la nomenclatura técnica en inglés)

Por su parte aparecen variantes de estos modos básicos que son el resultado de los avances en el control electrónico de los parámetros eléctricos del arco (tensión y corriente) en función del tiempo, algunas de esas variantes son:

- Arco pulsado en transferencia rocío
- Transferencia por tensión superficial
- Cortocircuito controlado

Transferencia cortocircuito

La fuerza de estrangulamiento por efecto electromagnético es el factor clave de este modo de transferencia. La misma ocurre cuando en el electrodo se pone en contacto directo con la pileta líquida del material base, generando en términos eléctricos el cortocircuito donde la corriente alcanzará su valor máximo. En la figura se puede observar una típica secuencia de la transferencia cortocircuito en conjunto con el correspondiente oscilograma de corriente y tensión en función del tiempo.

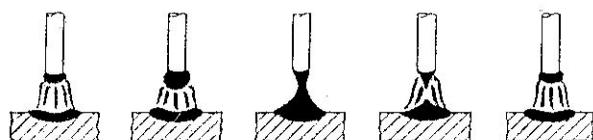


Figura 27 | Transferencia cortocircuito

Transferencia globular

La transferencia del metal fundido en la punta del electrodo es por medio de glóbulos irregulares que de manera aleatoria son dirigidos a través del arco. El efecto predominante para el desprendimiento es la fuerza de la gravedad.

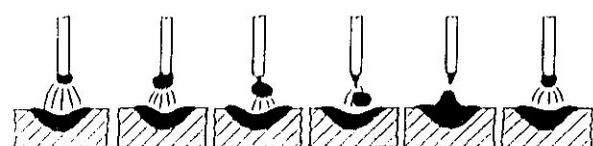


Figura 28 | Transferencia globular

Transferencia rocío

La transferencia se produce con gotas de pequeño tamaño de diámetro igual o menor que el diámetro del electrodo o alambre. Las gotas se proyectan axialmente siguiendo una línea recta desde la punta del electrodo a la pileta líquida, siendo la fuerza P de estrangulamiento por efecto electromagnético el factor clave de este modo de transferencia.

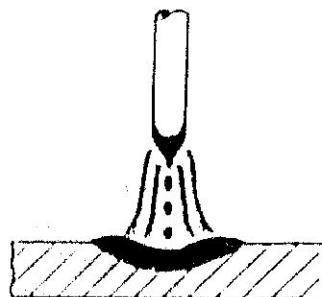


Figura 29 | Transferencia rocío

La figura 30 resume los rangos típicos de corriente y tensión de soldadura para cada modo de transferencia

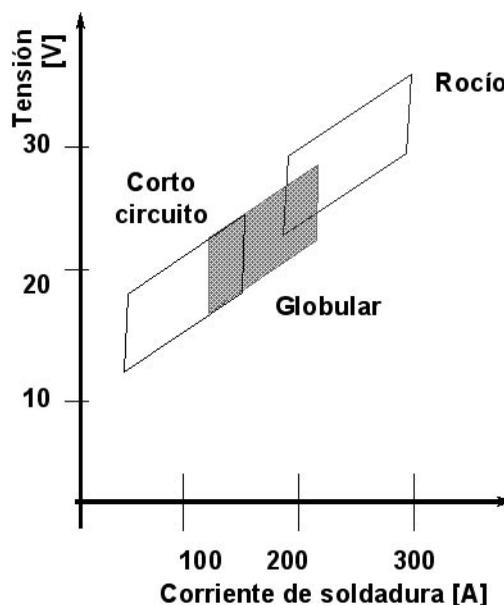


Figura 30 | Rangos típicos de tensión y corriente para los modos básicos de transferencia

Transferencia del metal por cortocircuito, con largo de arco corto |

Las características de la operación (figura 31) son:

- a) La transferencia del metal de aporte es realizada por cortocircuito
- b) Facilidad del control del baño de fusión
- c) La cantidad de gotas que se transfieren por segundo varía de 30 a 100, en función de la

regulación de los parámetros de soldadura.

- d) Baja tensión (V) de trabajo, ej; para un alambre de 0,9 mm de diámetro se debe usar una tensión < 20V.
- e) Apta para soldar en toda posición
- f) Dada la propiedad de controlar el aporte de calor, facilita la soldadura de espesores finos.
- g) Presenta mejores resultados utilizando como gas de protección una mezcla de, por ejemplo, CO₂ al 25% y Argón al 75%.

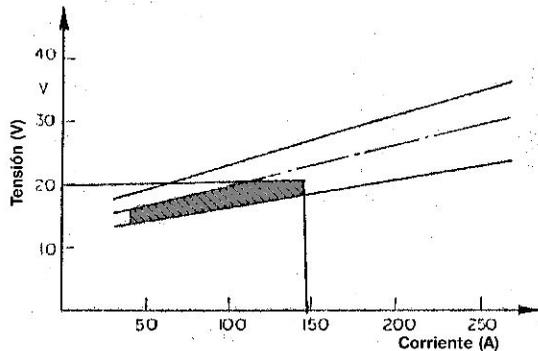


Figura 31 | Regulación típica para transferencia cortocircuito

Transferencia globular con arco largo

Las características de la operación (figura32) son:

- a) La transferencia del metal de aporte es realizada a través de gotas grandes o gruesas
- b) El baño de fusión es bien fluido
- c) La transferencia de gotas por segundo es de 100, aproximadamente
- d) La tensión (V) de trabajo debe ser superior a 20 V para un alambre de diámetro 0,9 mm
- e) Preferentemente posición plana
- f) Sus propiedades promedian las de transferencias por cortocircuito y la de rocío ("spray")
- g) Los mejores resultados se presentan cuando se usa Dióxido de Carbono puro como gas de protección (CO₂)
- h) Mayor cantidad de salpicaduras

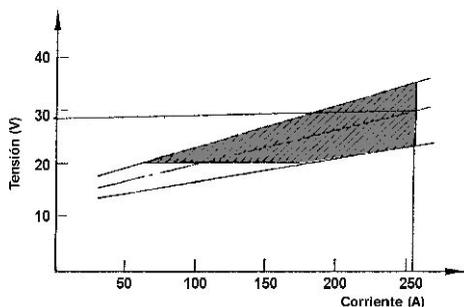


Figura 32 | Regulación típica para transferencia globular

Transferencia del metal por rocío ("spray")

Las características de la operación (figura33) son:

- a) La transferencia del metal de aporte es realizada libre de cortocircuitos
- b) El baño de fusión es muy fluido
- c) Se transfieren aproximadamente 300 gotas por segundo
- d) La tensión (V) de trabajo debe ser alta, ej; para un alambre de 0,9 mm de diámetro se debe usar una tensión < 25V.
- e) Apta para soldar en toda posición
- f) Dada la propiedad de controlar el aporte de calor, facilita la soldadura de espesores grueso.
- g) Para obtener buenos resultados en este tipo de transferencia es necesario utilizar mezclas por ejemplo Ar-CO₂.

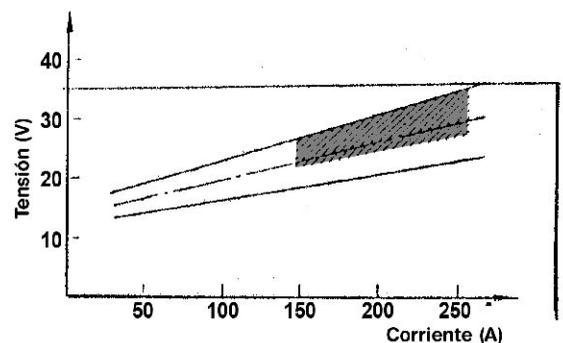


Figura 33 | Regulación típica para transferencia rocío

Transferencia del metal por arco pulsado

La transferencia por arco pulsado es un tipo de transferencia globular más uniforme y estable, que se consigue por la pulsación de la corriente de soldadura entre dos niveles, uno inferior a la corriente efectiva y otro superior a ella, de modo que durante el período en que la corriente es baja la gota se forma y crece en la punta del alambre y será transferida cuando el valor de la corriente es alto.

Este sistema de transferencia puede ser graficado conforme se muestra en la figura 34.

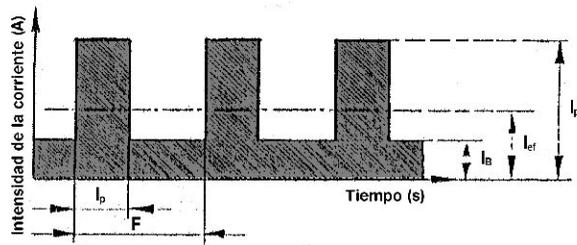


Figura 34 | Esquema de arco pulsado

I_B = intensidad de la corriente de base (A)
 I_p = intensidad de la corriente de pico (A)
 I_{ef} = intensidad de la corriente efectiva (A)
 t = tiempo de duración del pulso en milisegundos (ms)
 F = frecuencia de los pulsos (pulsos por segundo) en Hertz (Hz)

Intensidad de la corriente de base (I_B)

La intensidad de la corriente de base deberá ser seleccionada, en el mínimo, en un valor que no permita que el arco eléctrico se extinga entre los sucesivos pulsos o ciclos.

Las intensidades de base demasiado altas deben ser evitadas, para prevenir la transferencia adicional de metal entre los sucesivos pulsos.

Intensidad de la corriente de pico (I_p)

La intensidad de la corriente de pico deberá sobrepasar, levemente un determinado valor crítico para que la transferencia del metal ocurra libre de cortocircuitos y se mantenga durante un tiempo suficientemente largo. Las intensidades demasiado elevadas pueden resultar en una rápida formación de gotas, provocando salpicaduras, mordeduras y sobrecalentamiento.

Frecuencia de los pulsos (F)

Un aumento de la frecuencia de los pulsos acrecienta la transferencia de metal, y la eficiencia del arco eléctrico.

En cambio si se trabaja con frecuencias de pulsos menores, del orden de 20 a 50 Hz, el destello del arco puede perjudicar la visión.

Características de la transferencia del metal con arco pulsado

Las características fundamentales de esta transferencia (figura 35) son

- El arco eléctrico con la intensidad de la corriente de base comienza a fundir el alambre (1)
- A medida que la corriente aumenta, aumenta el volumen de la gota en la punta del alambre hasta alcanzar la corriente de pico (2)

c) Una vez alcanzada la corriente de pico, se produce el estrangulamiento de la gota en consecuencia de efecto “pinch” contribuyendo de esta forma al desprendimiento de la misma (3)

d) Al desprenderse la gota, esta se transfiere a la pileta líquida sin provocar corto circuito o salpicaduras (4)

e) Una vez efectuado el aporte, la intensidad de corriente disminuye al nivel de la corriente de base, iniciándose un nuevo pulso o ciclo (5).

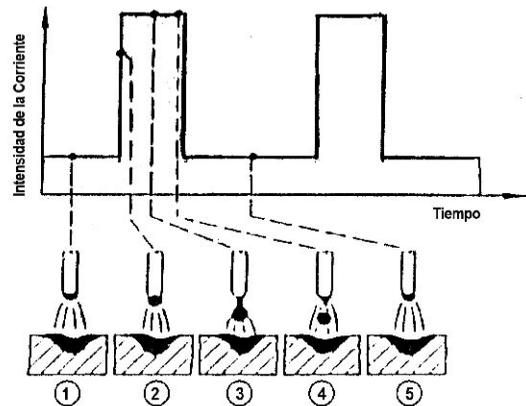


Figura 35 | Esquema de transferencia del arco pulsado

Ventajas y desventajas en la utilización de arco pulsado

Ventajas:

- La transferencia del metal de aporte se realiza sin cortocircuitos y libre de salpicaduras aun con un arco eléctrico de poca intensidad.
- Permite la utilización de alambres de mayor diámetro proporcionando economía y también más facilidad de alimentación del mismo para el proceso de soldadura.
- Cordones de soldadura más parejos, mejor acabados, con un arco eléctrico de poca intensidad.
- Control del aporte térmico.

Desventajas:

- Las fuentes de corriente eléctrica para la soldadura por arco pulsado tienen costos más elevados, comparadas a las del proceso convencional.
- Requiere un mayor cuidado para seleccionar los parámetros de soldadura, por lo que se hace necesario un entrenamiento específico del personal.
- Trabaja únicamente con mezclas de gases, ricas en argón (Ar), con un máximo del 20 % de CO₂ (dióxido de carbono) en la mezcla.

Selección y clasificación de los materiales de aporte para la soldadura MIG-MAG

La selección del material de aporte para una determinada unión soldada se basa fundamentalmente en dos criterios: la igualación de la resistencia con el material base o la igualación de la resistencia y similitud de la composición química.

La igualación de la resistencia es frecuentemente aplicada en la soldadura de aceros estructurales en general, mientras que la igualación por resistencia y composición química se aplica en aceros que contienen elementos característicos de aleación para conferir propiedades específicas relacionadas con el comportamiento en servicio. Este es el caso de los aceros destinados a aplicaciones tales como: altas temperaturas, bajas temperaturas o régimen criogénico, resistencia a la corrosión (aceros inoxidables), etc.

Una vez definido el material de aporte, será especificado en un procedimiento de soldadura o para una solicitud de compra de acuerdo con la clasificación de las normas para materiales de aporte en soldadura MIG-MAG o GMAW. Existen normas para aportes de soldadura MIG con origen en diferentes países, tales como: AWS (USA), DIN (Alemania), AFNOR (Francia), IRAM (Argentina), GOST (Rusia), JIS (Japón), entre otras e internacionales como Euronorm o ISO.

Las normas de materiales de aporte de uso extendido internacionalmente son las correspondientes a la Sociedad Americana de Soldadura, AWS (American Welding Society).

Las normas aplicables para alambres de soldadura MIG-MAG son:

- **AWS A5.18** Alambres y varillas para la soldadura por arco con gas de protección de los aceros al carbono.
- **AWS A5.28** Alambres y varillas para la soldadura por arco con gas de protección de los aceros de baja aleación.
- **AWS A5.9** Alambres y varillas para la soldadura por arco de los aceros inoxidables.
- **AWS A5.10** Alambres y varillas para la soldadura del aluminio y sus aleaciones.

- **AWS A5.7** Alambres y varillas para la soldadura del cobre y sus aleaciones.

- **AWS A5.14** Alambres y varillas para la soldadura del níquel y sus aleaciones.

Alambres para Aceros al Carbono y de Baja Aleación

La clasificación de las varillas de las especificaciones AWS A5.18 y AWS A5.28, tienen las siguientes características:

ER
XX
X
X
1
2
3
4

Siendo:

1- las letras **ER**, cuando son utilizadas juntas, se refieren al consumible en la forma de alambre o varilla.

2- estos dígitos, que también podrían llegar a ser tres, indican la resistencia a la tracción mínima del metal depositado en miles de libras por pulgada cuadrada (psi).

Algunos ejemplos se dan en la siguiente tabla 1:

Tabla 1 | Nivel de resistencia para soldadura MIG-MAG

Alambre ó Varilla	Límite de resistencia a la tracción (mínimo) ⁽¹⁾		
		psi	MPa
ER 70 X-X	70.000	480	
ER 80 X-X	80.000	550	
ER 90 X-X	90.000	620	
ER 100 X-X	100.000	690	
ER 110 X-X	110.000	760	
ER 120 X-X	120.000	830	

3- este dígito, en forma de letra, señala lo siguiente:

S: indica que se trata de un alambre o varilla sólida

C: significa que se trata de un material compuesto (alambre tubular “metal cored”), con relleno de polvo metálico.

4- este último dígito indica la composición química del alambre - en porcentaje (%) - para el caso de la soldadura de aceros al carbono la norma A5.18 establece la clasificación en función del rango de Mn y Si tal como se indica en la tabla 2.

Tabla 2 | Clasificación de alambres según AWS A5.18

Clasificación C ⁽¹⁾	Mn ⁽¹⁾	Si ⁽¹⁾	P ⁽¹⁾	S ⁽¹⁾	Cu ⁽¹⁾	
ER 70S-2	0,07	0,90 a 1,40	0,40 a 0,70	0,025	0,035	0,50
ER 70S-3	0,06 a 0,15	0,90 a 1,40	0,45 a 0,75	0,025	0,035	0,50
ER 70S-4	0,06 a 0,15	1,00 a 1,50	0,65 a 0,85	0,025	0,035	0,50
ER 70S-6	0,06 a 0,15	1,40 a 1,85	0,80 a 1,15	0,025	0,035	0,50
ER 70S-7	0,07 a 0,15	1,50 a 2,00	0,50 a 0,80	0,025	0,035	0,50
ER 70S-G	NE ⁽²⁾	NE	NE	NE	NE	NE

NOTA ⁽¹⁾ Todos los valores son dados en % en peso.

⁽²⁾ NE = no especificado

Los valores individuales corresponden al máximo.

En cambio para la soldadura de aceros de baja aleación se utiliza una identificación de letras y números, según AWS A5.28 que corresponden al grupo de aleación al que pertenece el alambre y al % en peso de composición, tal como se observa en forma abreviada en la tabla 3.

Tabla 3 | Clasificación de alambres según AWS A5.28

Digito	Alambres y Varillas aleados al
B 2 al B 9	Cromo (Cr) -molibdeno (Mo)
Ni 1 al Ni 3	Níquel (Ni)
D2	Manganeso (Mn) - molibdeno (Mo)
S-1 y S-G	Cualquier elemento

Clasificación para aceros inoxidables

La clasificación de los materiales de aporte, alambres y varillas para la soldadura de los aceros inoxidables, o también denominados resistentes a la corrosión, es realizada teniendo como base la composición química de los mismos, similar a la clasificación adoptada por la AISI (American Iron and Steel Institute o Instituto Americano del Hierro y del Acero) para los aceros de esas mismas propiedades. Esta clasificación de los alambres y varillas según la norma AWS A5.9 tiene las siguientes características:

ER **XXX**
1 **2**

Siendo:

1- Las letras ER se refiere al consumible en la forma de alambre o varilla.

2- Estos dígitos normalmente en número de tres, señalan la composición química del alambre de acuerdo con lo definido en la clasificación AISI para los aceros del mismo tipo y también puede venir seguidos de letras que indican una composición específica.

El agregado del símbolo de algún elemento (por ejemplo Mo) después de la clasificación, significa que el contenido de este elemento fue alterado en relación a la composición química original.

Ejemplos:

ER308: Corresponde a la misma característica de un acero de clasificación AISI (308=18Cr-8Ni)

ER308L: La misma composición química del ER308, pero con menor contenido de carbono (bajo carbono).

ER308MoL: La misma composición química del ER308L, pero con un contenido de molibdeno (Mo) de 2 a 3 %.

Alambres para aluminio y aleaciones de aluminio

De acuerdo con la norma AWS A5.10 la clasificación se realiza de la siguiente forma:

ER **XXXX**
1 **2**

Siendo:

1- Las letras ER, se refieren al consumible en la forma de alambre o varilla.

2- Estos dígitos en número de cuatro indican la composición del alambre de acuerdo con las aleaciones clasificadas por AA (Aluminium Association o Asociación del Aluminio de los Estados Unidos), en la tabla 4 se detallan las aleaciones más comunes.

Tabla 4 | Alambres para soldadura de Aluminio

Clasificación A.W.S.	Composición química (en %)
ER 1100	Aluminio (Al) 99,0 mín.
ER 4043	Aluminio + 4,5 a 6,0 de Silicio (Si)
ER 5356	Aluminio + 4,5 a 5,5 de Magnesio (Mg) + 0,05 a 0,20 de Manganeso (Mn) + 0,05 a 0,20 de Cromo (Cr)
ER 5654	Aluminio + 3,1 a 3,9 de Magnesio (Mg)

La selección del material de aporte para una determinada unión soldada se basa fundamentalmente en dos criterios: la igualación de la resistencia con el material base o la igualación de la resistencia y similitud de la composición química.

Los gases de protección para el proceso MIG-MAG

En los procedimientos de soldadura con proceso MIG-MAG el gas de protección tiene una influencia notable en:

- las propiedades mecánicas del metal depositado,
- la estabilidad del arco,
- presencia de discontinuidades
- calidad superficial de la soldadura.

El proceso MIG-MAG requiere de una atmósfera controlada en la vecindad del arco eléctrico, la cual es proporcionada por el gas de protección que fluye a través de la tobera de la tocha. El aire de la zona de soldadura es desplazado por la corriente de gas protector, de esta manera el arco se mantiene en el interior de esa atmósfera protectora evitando que el metal fundido entre en contacto con el aire.

De los gases que componen el aire los más perjudiciales para la soldadura son: hidrógeno (H_2), nitrógeno (N_2), y oxígeno (O). Las consecuencias típicas posibles de la combinación de estos gases en el metal de soldadura son: el hidrógeno puede provocar tanto problemas de porosidad como de fisuración, no solo en el metal de soldadura, sino también en la zona afectada por el calor (ZAC); el nitrógeno puede formar nitruros que precipitan en el metal de soldadura, produciendo endurecimiento y consecuente pérdida de tenacidad o fragilización en el mismo; el oxígeno, además de problemas de porosidad, forma óxidos que afectan las propiedades mecánicas del metal depositado.

Para el proceso MIG-MAG los gases de protección se dividen en dos grupos: inertes y activos.

Los primeros son gases muy estables que no reaccionan con otros elementos, los más utilizados son Argón y Helio. La sigla MIG referencia a la utilización del proceso de soldadura con gas inerte (del inglés: metal inert gas). Los gases activos son el dióxido de carbono (CO_2) y cualquiera de las mezclas de gases (inerte + activo), la sigla MAG significa proceso bajo la protección de un gas activo (del inglés: metal active gas).

A continuación describimos brevemente los

gases y mezclas de gases más utilizados. En el Apéndice B se describe la clasificación de los gases para soldadura según la norma AWS A5.32 y EAN 439, así como una guía de selección para proceso MIG-MAG.

Argón

El Argón puro es utilizado como gas de protección en las soldaduras aluminio (Al), cobre (Cu), níquel (Ni) y titanio (Ti); en cambio si se lo emplea en la soldadura de los aceros al carbono, tiene tendencia a producir mordeduras y cordones con bordes muy irregulares.

Helio

Al igual que el Argón es un gas inerte, y se lo obtiene a partir de un proceso de destilación fraccionada del gas natural, similar al que se aplica en la obtención del argón.

Su principal aplicación se circunscribe a la soldadura de los metales no ferrosos, como por ejemplo: el Aluminio (Al), Cobre (Cu) y el Magnesio (Mg).

Dioxido de carbono (CO_2)

La mayor utilización del CO_2 como gas de protección, se encuentra en la soldadura de los aceros al carbono.

La característica principal de este gas es la de proporcionar soldaduras con una mayor penetración, sumándole a esto el hecho de ser mucho más económico que el Argón y otros gases protectores.

Mezcla de Argón y Oxígeno

Al soldar los aceros al carbono y con el objetivo de mejorar los bordes del cordón y la forma de penetración que se obtiene con argón puro, se pueden utilizar mezclas de Argón + Oxígeno al 1, 2 ó 5 %.

El Oxígeno aumenta la penetración, mejora el aspecto de la junta y disminuye la tendencia a formar mordeduras.

Las mezclas de Argón + Oxígeno son muy utilizadas en la soldadura de los aceros al carbono de baja aleación.

Mezcla de Argón y CO₂

Soldar aceros al carbono con la protección de CO₂ puro no permite alcanzar las mejores características del arco. Este problema suele aparecer en las uniones en las que debe cuidarse especialmente un buen aspecto superficial y reducir al mínimo las salpicaduras; en este caso se recurre a las mezclas de argón + CO₂.

Las mezclas de argón + CO₂ pueden ser utilizadas en las soldaduras de los aceros al carbono de baja aleación.

Regulación del caudal del gas de protección |

En el proceso de soldadura por arco con protección gaseosa MIG/MAG, la zona de fusión

debe ser protegida contra el contacto del aire atmosférico, para evitar su contaminación; de lo contrario podrían aparecer poros u otros defectos.

Para prevenir que aparezcan estas deficiencias es indispensable mantener el caudal de gas necesario para lograr una buena protección.

Una fórmula empírica para determinar el caudal necesario para la protección:

$$\text{Caudal de gas (en litros/min)} = 10 \times \text{diámetro del alambre - electrodo (en mm)}$$

A continuación, la figura 36 muestra un diagrama que permite verificar el caudal de gas considerando la corriente de soldadura y el diámetro de la tobera.

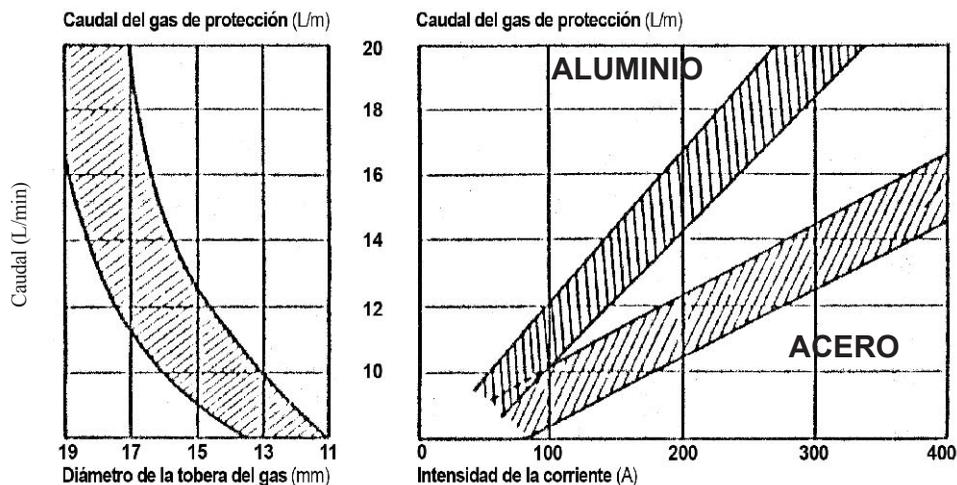


Fig 36 | Diagrama para comprobar el exacto caudal de gas de protección, considerando la intensidad de la corriente eléctrica para la soldadura

Bibliografía |

ASM Handbook vol 6 : Welding, brazing and soldering, American Society of Metals, 1994.

AWS Welding Handbook, vol 1, 9th edition, American Welding Society

AWS Specification for carbon steel filler metals for gas shielded arc welding, AWS 5.18, American Welding Society.

AWS Specification for low alloy steel filler metals for gas arc welding, AWS 5.28, American Welding Society.

AWS Specification for corrosion-resisting Chromium - Nickel steel bare and composite metal - cored and stranded welding electrodes and rods, AWS 5.9, American Welding Society.

AWS Welding Handbook, Vol 2, 7th edition, American Welding Society.

Balley, N. Weldability of ferritic steels, Abington Publishing, England, 1992.

Conarco Alambres y Soldaduras, Manual de Soldadura, Buenos Aires, 1988.

FLS, Apuntes sobre enseñanza de la soldadura eléctrica, Fundación Latinoamericana de Soldadura.

Houldcroft, P and John, R. Welding and cutting, Woodhead- Faulkner, England, 1988.

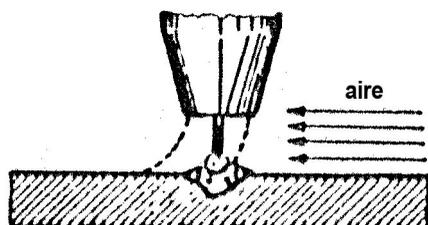
Stout, R. D. Weldability of steels, WRC editor, fourth edition, N.Y., 1987.

Solucionando problemas en el proceso de soldadura semiautomática, Soldar-Conarco, N° 125, p 5-11, 2006.

Apéndice A |

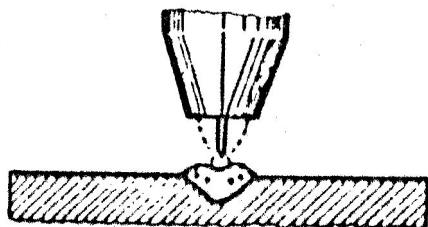
Causas y soluciones de algunos problemas típicos del proceso MIG-MAG

Porosidad causada por protección gaseosa insuficiente |



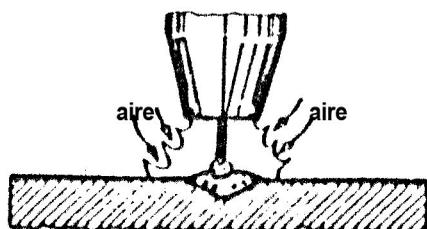
CAUSA | La corriente de aire impide una correcta protección del baño de fusión.

SOLUCIÓN | Aumentar adecuadamente el caudal de gas de protección.



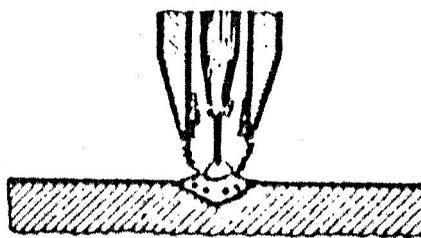
CAUSA | caudal insuficiente del gas de protección.

SOLUCIÓN | regular convenientemente el caudal del gas de protección.



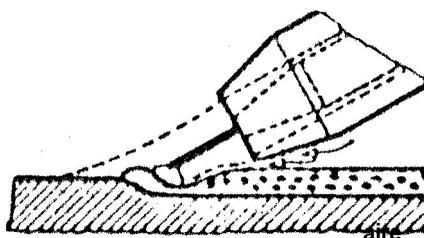
CAUSA | caudal excesivo del gas de protección.

SOLUCIÓN | disminuir el caudal del gas para valores adecuados.



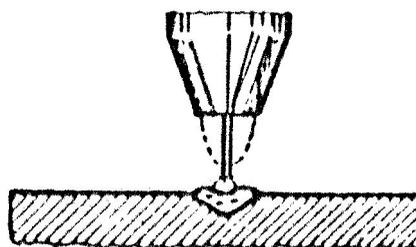
CAUSA | obstrucción entre la tobera y el pico de contacto, por acumulación excesiva de salpicaduras, provocando turbulencia.

SOLUCIÓN | mantener el pico y la tobera siempre libres de salpicaduras, aplicando líquidos anti-adherentes adecuados.



CAUSA | torcha muy inclinada.

SOLUCIÓN | posesionar la torcha correctamente.



CAUSA | demasiada separación entre la torcha y la pieza.

SOLUCIÓN | trabajar con la distancia correcta entre la torcha y la pieza.

Falta de fusión por preparación inadecuada de la junta |



CAUSA | Ángulo del bisel muy pequeño.

SOLUCIÓN | Utilizar ángulos de 40° a 60°.



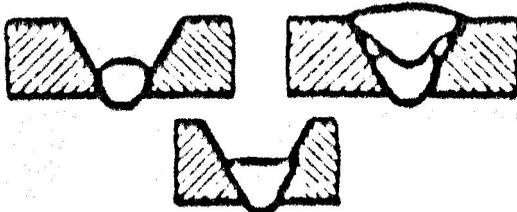
CAUSA | Abertura de la raíz excesiva.

SOLUCIÓN | Disminuir la abertura de la raíz.



CAUSA | Desalineamiento.

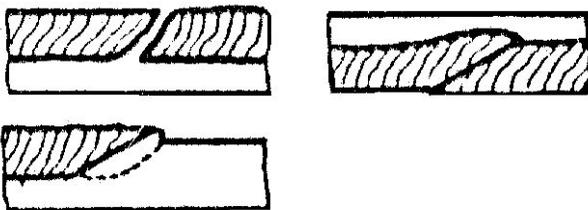
SOLUCIÓN | Alinear correctamente.



CAUSA | Cordón de raíz con convexidad excesiva.

SOLUCIÓN | Amolar el cordón de raíz hasta obtener una superficie cóncava y solo después ejecutar un nuevo cordón.

Falta de fusión por falla en el empalme del cordón

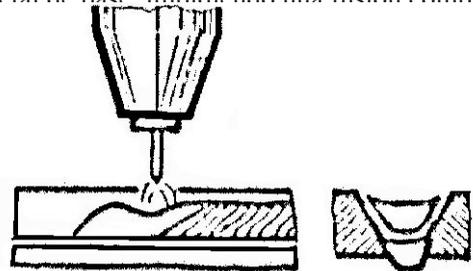


CAUSA | Poca superposición de los cordones.

SOLUCIÓN | Esmerilar el final del cordón de soldadura e iniciar el siguiente cordón antes de la finalización del cordón anterior y después eliminar el exceso del refuerzo en el empalme.

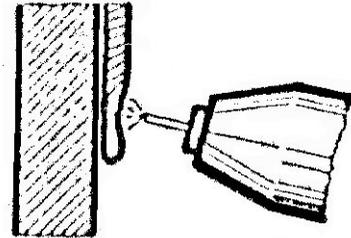
Falta de fusión por exceso de fluidez en la pileta líquida

Este defecto es ocasionado porque el arco eléctrico no alcanza las superficies de los biselos por excesiva fluidez de la pileta líquida y tampoco llega a la superficie del metal de base impidiendo una fusión completa.



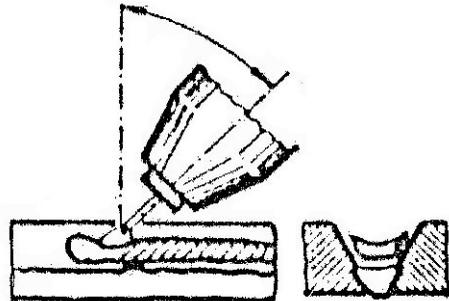
CAUSA | Velocidad de soldadura muy baja o volumen de deposición elevado.

SOLUCIÓN | Aumentar la velocidad de avance o disminuir el volumen del depósito, evitando cordones gruesos.



CAUSA | en la soldadura en la posición vertical descendente el metal de adición fundido ultrapasa el baño de fusión.

SOLUCIÓN | aumentar la velocidad de avance o disminuir el volumen del depósito.

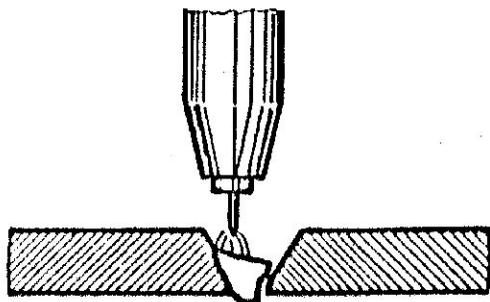


CAUSA | inclinación excesiva de la torcha, empujando el metal de adición fundido hacia adelante del baño de fusión.

SOLUCIÓN | disminuir la inclinación de la torcha.

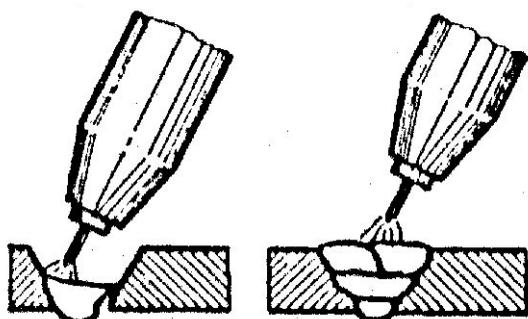
Falta de fusión por incorrecto posicionamiento de la torcha

El arco eléctrico funde solamente uno de los lados de la junta; a través del arco eléctrico se obtiene la fusión del metal depositado con el metal base. Si el arco no estuviese dirigido hacia el centro del bisel, ocurrirá la falta de fusión.



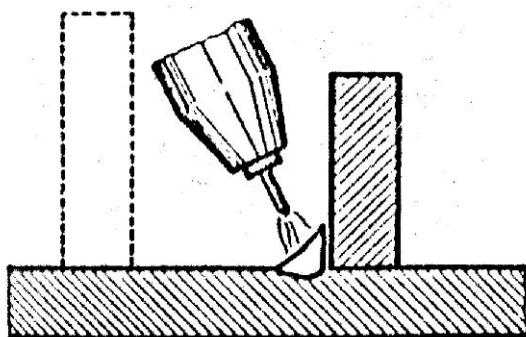
CAUSA | posición de la torcha fuera del centro del bisel.

SOLUCIÓN | mantener la torcha en el centro del bisel.



CAUSA | torcha muy inclinada hacia uno de los lados del bisel.

SOLUCIÓN | corregir el ángulo de trabajo de la torcha.

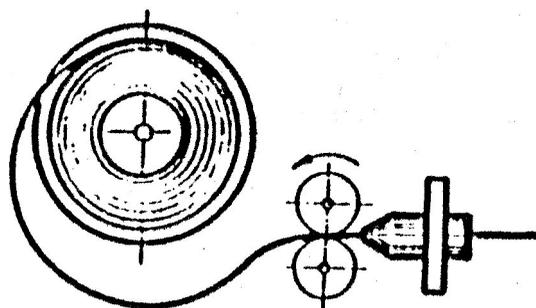


CAUSA | espacio insuficiente para colocar la torcha en la posición correcta.

SOLUCIÓN | de no ser posible alterar la geometría de la junta, adaptar la torcha, utilizar otro proceso.

Funcionamiento inadecuado de los equipos de soldadura

Carretel o bobina del alambre



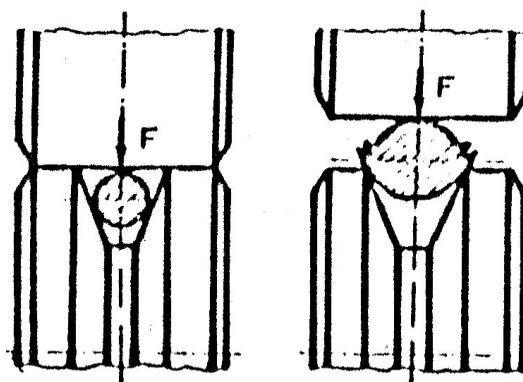
CAUSA | Frenado muy flojo o débil.

EFFECTO | El alambre escapa del carretel; alimentación insatisfactoria.

CAUSA | Frenado muy fuerte o duro.

EFFECTO | Alimentación irregular, arco inestable, desgaste del alambre y sobrecarga del motor del alimentador.

Perfil del rodillo alimentador



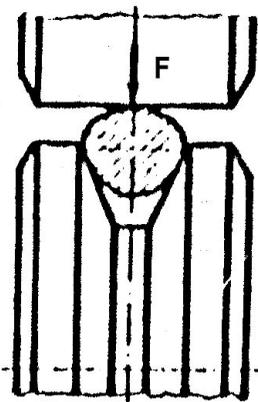
CAUSA | canaleta muy grande o desgastada.

EFFECTO | alimentación irregular del alambre, por deslizamiento de este en los rodillos.

CAUSA | canaleta muy pequeña.

EFFECTO | deformación del alambre, dificultad de alimentación.

Presión del rodillo sobre el alambre



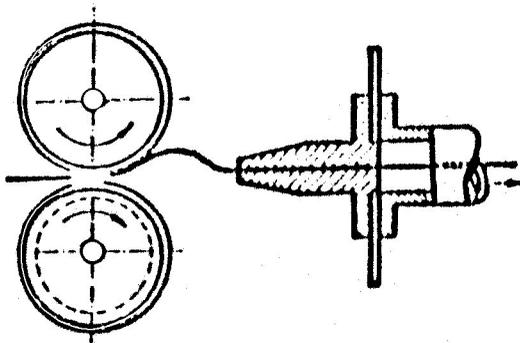
CAUSA | Poca presión.

EFFECTO | Deslizamiento del alambre, alimentación irregular.

CAUSA | Mucha presión.

EFFECTO | Alambre deformado, la alimentación es dificultada.

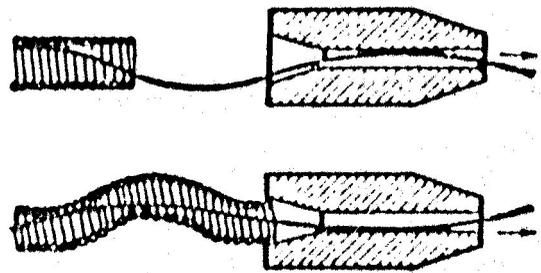
Guía de entrada del alambre



CAUSA | Distancia entre los rodillos y la guía muy grande o el orificio de la guía es pequeño.

EFFECTO | Atascamiento del alambre o dificultad en la alimentación.

Guía flexible del alambre



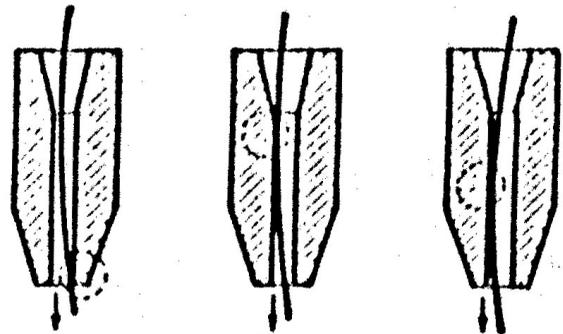
CAUSA | Orificio muy grande, guía corta o inexistente.

EFFECTO | Atascamiento del alambre.

CAUSA | Orificio pequeño o guía larga.

EFFECTO | Resistencia a la alimentación del alambre por roce excesivo.

Pico de contacto.



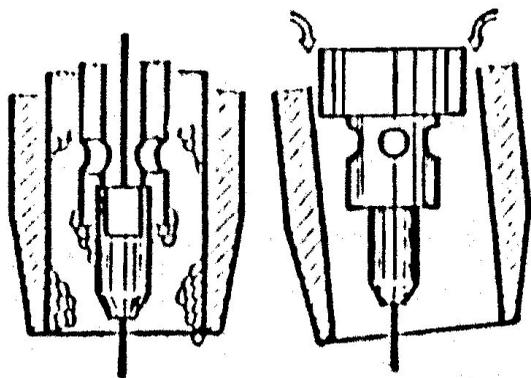
CAUSA | Orificio grande por elección errada o por desgaste.

EFFECTO | Puntos de contacto alternados, arco inestable.

CAUSA | Orificio pequeño.

EFFECTO | Resistencia excesiva provocando sobrecalentamiento, arco inestable.

Tobera del gas



CAUSA | Interior con salpicaduras.

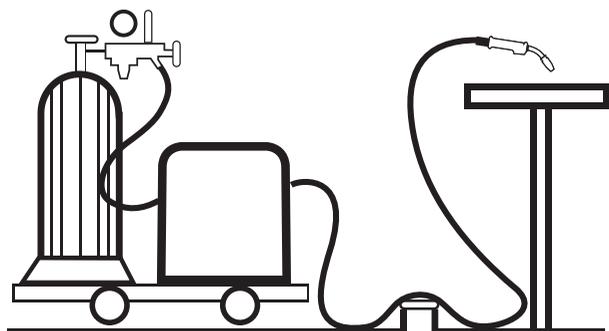
EFFECTO | Salida del gas obstruida, provocando turbulencia y en consecuencia poros.

CAUSA | Encaje flojo

EFFECTO | Absorción de aire provocando insuficiente protección y en consecuencia poros.

Equipo de soldadura

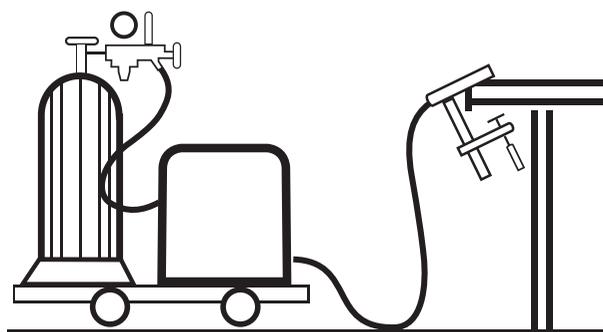
Conducto monoblock o manguera



CAUSA | Curvas muy cerradas.

EFFECTO | Ofrece resistencia al paso del alambre provocando el estrangulamiento de los conductores y dificultando la alimentación del alambre.

Conexión a masa



CAUSA | Mala fijación de la pinza de masa a la pieza.

EFFECTO | Pasaje de corriente irregular, sobrecalentamiento y arco inestable.

Apéndice B |

Clasificación de gases |

Los gases de protección se clasifican según las normas AWS A5.32 y la norma europea EN439¹.

El propósito de estas normas es clasificar los gases de protección, de acuerdo con sus propiedades químicas, como base para la aprobación de las combinaciones del gas de protección y material de aporte.

La norma comprende gases y mezclas de gases utilizadas en la soldadura y en el corte de arco plasma MIG/MAG, TIG y de Respaldo.

Las mezclas de gases desarrolladas en base a los gases puros mencionados tienen la siguiente clasificación AWS:

SG-XX-X SG significa “Shielding Gas”, el primer dígito siguiente indica el tipo de gas balance, el segundo dígito denota el gas aditivado y el tercer dígito el porcentaje de dicho gas aditivado.

Ejemplos:

- Mezcla 80 % Ar – 20 % CO₂ SG-AC-20
- Mezcla 90 % Ar – 5 % CO₂ - 5 % O₂ SG-ACO-5/5
- Mezcla 95 % Ar – 5 % H₂ SG-AH-5

Norma europea EN439:

La Tabla B2 muestra la clasificación de los gases de protección en grupos y por aplicaciones típicas. La clasificación está basada en la conducta de reacción de los gases de protección en la soldadura y en el corte, como se establece a continuación:

- R** Mezclas de gases reductores
- I** Gases inertes y mezclas de gases inertes
- C** Gas altamente oxidante y mezclas altamente oxidantes
- F** Gas no reactivo o mezclas de gases reductores

Según la EN439 los gases de protección se designan con número de esta norma, el grupo y el número de identificación conforme a la Tabla B2.

Ejemplos:

- Mezcla 92 % Ar – 8% CO₂ EN439-M21
- Mezcla 98 % Ar – 2% O₂ EN439-M13
- Mezcla 95 % Ar – 5% H₂ EN439-R1
- Argón EN439-I1
- Dióxido de Carbono EN439-C1
- C** Gas altamente oxidante y mezclas **C**

Tabla B1 | Clasificación AWS A5.32

Gas	Clasificación AWS	Estado del Producto	Pureza Mínima (%)	Humedad Máxima (ppm)	Punto de Rocío Humedad Máxima a 1 atm		CGA Clase
					°F	°C	
Argón	SG-A	Gas	99.997	10.5	-76	-80	Tipo I G-11.1 Grado C
		Liquid	99.997	10.5	-76	-80	Tipo II G-11.1 Grado C
Dióxido de Carbono	SG-C	Gas	99.8	32	-60	-51	G-6.2 Grado H
		Liquid	99.8	32	-60	-51	G-6.2 Grado H
Helio	SG-He	Gas	99.995	15	-71	-57	Tipo I G-9.1 Grado L
		Liquid	99.995	15	-71	-57	Tipo II G-9.1 Grado L
Hidrógeno	SG-H	Gas	99.995	32	-60	-51	Tipo I G-5.3 Grado B
		Liquid	99.995	32	-60	-51	Tipo II G-5.3 Grado B
Nitrógeno	SG-N	Gas	99.9	32	-60	-51	Tipo I G-10.1 Grado F
		Liquid	99.998	4	-90	-68	Tipo II G-10.1 Grado L
Oxígeno	SG-O	Gas	99.5	No Aplicable	-54	-48	Tipo I G-4.3 Grado B
		Liquid	99.5	No Aplicable	-82	-63	Tipo II G-4.3 Grado B

¹ A. Fernández, Revista Soldar - Conarco, N° 128, p5-11, septiembre 2007

Tabla B2 | Clasificación EN439

Grupo	Nº de Identificación	Símbolo, Componentes en volumen porcentual						Aplicaciones Típicas	Aclaraciones
		Oxidante		Inerte		Reductor	No Reactivo		
		CO ₂	O ₂	Ar	He	H ₂	N ₂		
R	1			Balance ²			> 0 - 15	TIG, Soldadura y Corte Plasma	Reductor
	2			Balance ²			> 15 - 35		
I	1			100				MIG, TIG, Soldadura Plasma	Inerte
	2				100				
	3			Balance ²			> 0 - 95		
M1	1	> 0 - 5		Balance ²			> 0 - 5	Soldadura MAG	Levemente Oxidante
	2	> 0 - 5		Balance ²					
	3		> 0 - 3	Balance ²					
	4	> 0 - 5	> 0 - 3	Balance ²					
M2	1	> 5 - 25		Balance ²				Soldadura MAG	
	2		> 3 - 10	Balance ²					
	3	> 0 - 5	> 3 - 10	Balance ²					
	4	> 5 - 25	> 0 - 8	Balance ²					
M3	1	> 25 - 50		Balance ²				Soldadura MAG	
	2		> 10 - 15	Balance ²					
	3	> 5 - 50	> 8 - 15	Balance ²					
C	1	100						Soldadura MAG	Gran Oxidación
	2	Balance	> 0 - 30						
F	1						100	Corte Plasma	
	2						> 0 - 50		

1- Cuando se agregan componentes no mencionados en uno de los grupos de esta tabla, la mezcla de gas está designada como una mezcla especial de gas y lleva el prefijo S. Para detalles de la designación ver cláusula 4 en EN439.
 2- El argón puede ser reemplazado hasta por un 95 % de helio. El contenido de helio está designado por un número de identificación adicional. Ver cláusula 4 en EN439.

C Gas altamente oxidante y mezclas altamente oxidantes

F Gas no reactivo o mezclas de gases reductores

Según la EN439 los gases de protección se designan con número de esta norma, el grupo y el número de identificación conforme a la Tabla B2.

Ejemplos:

Mezcla 92 % Ar – 8% CO₂ EN439-M21

Mezcla 98 % Ar – 2% O₂ EN439-M13

Mezcla 95 % Ar – 5% H₂ EN439-R1

Argón EN439-I1

Dióxido de Carbono EN439-C1

Tabla B3 | Proceso de soldadura MIG-MAG. Transferencia cortocircuito

Material	Ar	Ar +20%He	Ar +70%He	Ar +He +CO ₂	Ar +2%CO ₂	Ar +8%CO ₂	Ar +20%CO ₂	Ar +5%CO ₂ +5%O ₂	Ar +2%O ₂	Ar +5%O ₂	CO ₂
Aluminio	●	▲									
Acero al Carbono						▲	▲▲				●
Acero de baja aleación				▲		●					
Cobre	●	▲	▲▲								
Acero Inoxidable					▲				●		
Titanio	●		▲								
Aleaciones base Ni	●		▲								

Tabla B4 | Proceso de soldadura MIG-MAG. Transferencia Spray o Arco pulsado

Material	Ar	Ar +20%He	Ar +70%He	Ar +He +CO ₂	Ar +2%CO ₂	Ar +8%CO ₂	Ar +20%CO ₂	Ar +5%CO ₂ +5%O ₂	Ar +2%O ₂	Ar +5%O ₂	CO ₂
Aluminio	●	▲									
Acero al Carbono						▲▲		▲			●
Acero de baja aleación				▲		●		●			
Cobre	●	▲	▲▲								
Acero Inoxidable				▲▲	●				▲		
Titanio	●		▲								
Aleaciones base Ni	●		▲								

▲ Que puede obtenerse un mayor rendimiento

● Que es comúnmente utilizado

ATENCIÓN | Los contenidos de esta publicación están basados en información de diferentes fuentes, algunas de las cuales han sido incluidas en la lista de referencias.

ESAB- CONARCO, FLS y el autor no se responsabilizan por la precisión de la información o por cualquier daño, imprevisto o indirecto, perjuicio comercial o incidentes similares que pudieran ser causados por la implementación de medidas o acciones descritas en esta publicación.

SEGURIDAD EN SOLDADURA | la aplicación de una técnica industrial como la soldadura por arco eléctrico obliga a la aplicación de prácticas de protección adecuadas, para tal fin ESAB- CONARCO y FLS recomiendan la lectura de su publicación titulada: **Riesgos & Precauciones en Soldadura y Corte.**

La información consignada la presente publicación es precisa y confiable. Aún así, es presentada sin garantía ni responsabilidad explícita o implícita de nuestra parte. La empresa se reserva el derecho de introducir modificaciones sin previo aviso.

SUCURSALES

SUCURSAL BUENOS AIRES

SUCURSAL CENTRO

SUCURSAL CUYO

SUCURSAL LITORAL

SUCURSAL N.O.A.



CASA CENTRAL: Calle 18 N° 4079
(B1672AWG) Villa Lynch - Pcia. de Buenos Aires
Tel.: (54 11) 4754-7000 | Fax: (54 11) 4753-6313
www.esab.com.ar - 0800-888 SOLDAR (7653)