

Tema  
**N.º 6**



**Curso de capacitación sobre el proceso  
de soldado**

# **Soldadura por arco metálico protegido**



# SEGURIDAD



Como en todos los trabajos, la seguridad es primordial. Debido a que existen varios códigos y normas de seguridad vigentes, le recomendamos que siempre lea cuidadosamente todas las etiquetas y el Manual del Usuario antes de instalar, operar o hacer el mantenimiento de la unidad. Lea la información de seguridad al comienzo del manual y en cada sección. Además, lea y cumpla todas las normas de seguridad vigentes, en especial la norma ANSI Z49.1 denominada Seguridad en soldadura, corte y procesos aliados.

La norma ANSI Z49.1:2005 denominada Seguridad en soldadura, corte y procesos aliados se puede descargar gratuitamente del sitio web de la Sociedad Estadounidense de Soldadura: <http://www.aws.org>

La lista que sigue a continuación muestra las normas de seguridad adicionales y cómo acceder a ellas.

*Prácticas seguras para la preparación de recipientes y tuberías para soldadura y corte*, Norma AWS F4.1, Sociedad Estadounidense de Soldadura, de Global Engineering Documents (Teléfono: 1-877-413-5184, sitio web: [www.global.ih.com](http://www.global.ih.com)).

*Código Eléctrico Nacional*, Norma NFPA 70, de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego, Quincy, MA 02269 (Teléfono: 1-800-344-3555, sitio web: [www.nfpa.org](http://www.nfpa.org) y [www.sparky.org](http://www.sparky.org)).

*Manejo seguro de cilindros con gases comprimidos*, Folleto CGA P-1, de la Asociación de Gases Comprimidos, 4221 Walney Road, 5th Floor, Chantilly, VA 20151 (Teléfono: 703-788-2700, sitio web: [www.cganet.com](http://www.cganet.com)).

Seguridad en la soldadura, el corte y los procesos aliados, Norma CSA W117.2, de la Asociación de Normas Canadienses, Venta de normas, 5060 Spectrum Way, Suite 100, Ontario, Canada L4W 5NS (Teléfono: 800-463-6727, sitio web: [www.csa-international.org](http://www.csa-international.org)).

*Práctica segura para la protección ocupacional y educativa de los ojos y el rostro*, Norma ANSI Z87.1, del Instituto Nacional de Normas de los Estados Unidos, 25 West 43rd Street, New York, NY 10036 (Teléfono: 212-642-4900, sitio web: [www.ansi.org](http://www.ansi.org)).

*Norma para la Prevención del Fuego durante la Soldadura, el Corte y Otros trabajos en caliente*, Norma NFPA 51B, de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego, Quincy, MA 02269 (Teléfono: 1-800-344-3555, sitio web: [www.nfpa.org](http://www.nfpa.org)).

Normas de Seguridad y Salud Ocupacional para la Industria en General, OSHA, Título 29, Código de Regulaciones Federales (Code of Federal Regulations, CFR), parte 1910, subparte Q, y parte 1926, subparte J, de la Oficina de Impresión del Gobierno de los EE. UU., Superintendencia de Documentos, P.O. Box 371954, Pittsburgh, PA 15250-7954 (Teléfono: 1-866-512-1800) (Existen 10 Oficinas Regionales de OSHA—el teléfono de la Región 5, Chicago, es 312-353-2220, sitio web: [www.osha.gov](http://www.osha.gov)).

Folleto, *Valores Umbrales Límites (Threshold Limit Values, TLV)*, de la Conferencia Estadounidense de Higienistas Industriales del Gobierno (American Conference of Governmental Industrial Hygienists, ACGIH), 1330 Kemper Meadow Drive, Cincinnati, OH 45240 (Teléfono: 513-742-3355, sitio web: [www.acgih.org](http://www.acgih.org)).

*Remolcar un tráiler – Equiparse para estar seguro*, Publicación del Departamento de Transporte de los EE. UU., Administración Nacional de Seguridad de Tráfico por Carretera, 400 Seventh Street, SW, Washington, D.C. 20590

Comisión de Seguridad para los Productos de Consumo (U.S. Consumer Product Safety Commission, CPSC), 4330 East West Highway, Bethesda, MD 20814 (Teléfono: 301-504-7923, sitio web: [www.cpsc.gov](http://www.cpsc.gov)).

*Manual de Aplicaciones para la Ecuación de Levantamiento de NIOSH Revisada*, Instituto Nacional para la Seguridad y la Salud Ocupacional (The National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH), 1600 Clifton Rd, Atlanta, GA 30333 (Teléfono: 1-800-232-4636, sitio web: [www.cdc.gov/NIOSH](http://www.cdc.gov/NIOSH)).

Preparado por el Departamento de Capacitación de Miller Electric Mfg. Co.

©2012 Miller Electric Mfg. Co.

Los contenidos de esta publicación no se podrán reproducir sin la autorización de Miller Electric Mfg. Co., Appleton Wisconsin, U.S.A.

## ADVERTENCIA

Este documento contiene información general sobre los temas que aquí se tratan. No es un manual de aplicaciones y no contiene una declaración completa de todos los factores relacionados con estos temas.

Solamente personas calificadas deberán llevar a cabo la instalación, operación y mantenimiento de los equipos de soldadura por arco y el uso de los procedimientos descritos en este documento de acuerdo con los códigos pertinentes, las prácticas seguras y las instrucciones del fabricante.

Siempre asegúrese de que las áreas de trabajo estén limpias y sean seguras, y de que exista la ventilación adecuada. La mala utilización de los equipos y el incumplimiento de los códigos pertinentes y las prácticas seguras pueden derivar en graves lesiones personales y daños a la propiedad.

# Soldadura por arco metálico protegido

## Curso de capacitación sobre el proceso de soldadura y los metales de aportación:

Bienvenido al curso de capacitación sobre el proceso de soldadura y los metales de aportación. Esta serie de capacitación se desarrolló con el objetivo de brindar un conjunto básico de materiales educativos que se pueden utilizar de manera individual o en el entorno del aula.

Los temas que se tratarán en el curso son los siguientes:

### Proceso de soldadura

- Tema 1. **Introducción a la soldadura**
- Tema 2. **La seguridad en la soldadura**
- Tema 3. **Electricidad básica para la soldadura**
- Tema 4. **Diseño de la fuente de alimentación para soldaduras**
- Tema 5. **Fuentes de alimentación accionadas por motor**
- Tema 6. **Soldadura por arco de metal protegido**
- Tema 7. **Soldadura por arco de tungsteno con gas**
- Tema 8. **Soldadura por arco metálico con gas**
- Tema 9. **Soldadura por arco con núcleo de fundente**
- Tema 10. **Corte y gubladura por arco de plasma**
- Tema 11. **Solución de problemas en los procesos de soldadura**

### Metales de aportación

- Tema A. **Introducción a los metales**
- Tema B. **Acero bajo en carbono**
- Tema C. **Acero de aleación baja**
- Tema D. **Acero inoxidable**
- Tema E. **Aluminio**
- Tema F. **Operaciones de endurecimiento superficial**

Tenga en cuenta que este curso no fue desarrollado con el objeto de enseñar la técnica de la soldadura o del corte sino para brindar una base de conocimiento general sobre los distintos procesos y los temas relacionados.

## Tabla de contenidos

### Contenido

<b>Definición y descripción general</b>	<b>1</b>
<b>Principios de operación</b>	<b>1</b>
<b>Equipos SMAW</b>	<b>1</b>
<b>Cómo seleccionar el tipo de corriente</b>	<b>2</b>
<b>Desviación del arco</b>	<b>3</b>
<b>Cómo configurar la corriente</b>	<b>3</b>
<b>Control del arco, fuerza del arco, control del arco hecho a medida y Hot Start</b>	<b>4</b>
<b>Accesorios de soldadura</b>	<b>8</b>
<b>Controles remotos</b>	<b>8</b>
<b>Sistema de clasificación de la AWS para electrodos SMAW bajos en carbono</b>	<b>10</b>
<b>Selección de electrodos:</b>	
<b>Consideraciones básicas</b>	<b>11</b>
<b>Almacenamiento y reacondicionamiento de electrodos</b>	<b>12</b>
<b>Puntos esenciales de una buena técnica de soldadura</b>	<b>14</b>
<b>Tipos de juntas de soldadura</b>	<b>16</b>
<b>Tipos y posiciones de soldadura</b>	<b>18</b>
<b>Símbolos de soldadura</b>	<b>19</b>
<b>Términos y definiciones</b>	<b>21</b>

## Definición y descripción general

La Sociedad Estadounidense de Soldadura (AWS) define la soldadura por arco de metal protegido (SMAW) como un proceso de soldadura con un arco entre un electrodo recubierto y el baño de fusión. El proceso utiliza un electrodo desechable con recubrimiento de fundente. A medida que se realiza la soldadura, el fundente se quema para proporcionar protección a la soldadura mientras que el electrodo proporciona el metal de aportación.

La soldadura por arco metálico protegido, también llamada soldadura de arco con electrodo revestido, es uno de los procesos más usados, particularmente para soldaduras cortas en trabajo de producción, mantenimiento y reparación, así como para la construcción de campo. El proceso tiene varias ventajas:



- El equipo es relativamente simple, económico y portátil.
- El metal de aportación, y los medios para proteger a dicho metal y al metal de soldadura de la oxidación perjudicial durante la soldadura, son proporcionados por el electrodo recubierto.
- No se necesita de protección de gas o fundente granular auxiliares.
- El proceso es menos sensible al viento y a las corrientes de aire que los procesos de soldadura por arco protegidos con gas.
- Puede usarse en áreas de acceso limitado.
- El proceso es recomendable para la mayoría de los metales y aleaciones usados comúnmente.

## Principios de operación

La soldadura por arco metálico protegido ocurre cuando una fuente de alimentación para soldaduras de corriente constante, alto amperaje y bajo voltaje genera un arco eléctrico entre un electrodo y la pieza de trabajo. Uso de una fuente de alimentación para soldaduras que genera un arco de soldaduras de corriente constante, alto amperaje y bajo voltaje. Figura 1 muestra los componentes básicos necesarios para el proceso de soldadura:

- fuente de alimentación para soldaduras de corriente constante;
- cables de soldar y de trabajo (conductores eléctricos y de electrodos);
- pinza de trabajo;
- portaelectrodo;
- electrodos de soldadura recubiertos.

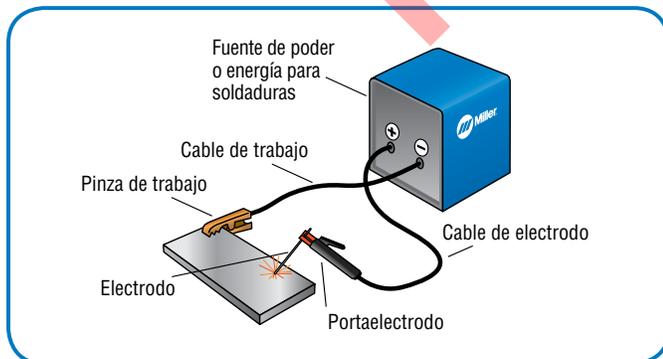


Figura 1 – Sistema SMAW

Como se ilustra en Figura 2, el arco se genera entre el metal base y el alambre de núcleo que forma el electrodo. Este arco eléctrico produce suficiente calor, aproximadamente 9000 °F (5000 °C), para derretir tanto el metal base como el electrodo y forma un baño de fusión. Pequeñas gotas del alambre de núcleo se funden y se transfieren al baño de fusión, proporcionando así metal adicional al baño de fusión. A medida que el recubrimiento del electrodo se calienta y se funde, produce gases que protegen el charco fundido de la contaminación atmosférica. El recubrimiento del electrodo también contiene elementos que ayudan a estabilizar el arco de la soldadura, limpiar el metal base y proporcionar una capa de escoria protectora que ayuda a formar el cordón de la soldadura, así como también a protegerlo de la atmósfera.



Figura 2 – Arco SMAW

## Equipos SMAW

### Fuente de alimentación

Existen dos tipos de fuentes de alimentación para soldaduras que se usan para los procesos de soldadura por arco eléctrico: corriente constante y voltaje constante. El proceso de soldadura por arco metálico protegido requiere de una fuente de alimentación para soldaduras de corriente constante. Este tipo de fuente de alimentación para soldaduras requiere que el operador configure el amperaje de la soldadura. La fuente puede ser de cualquiera de los siguientes tipos: transformador, rectificador-transformador, con inversor o accionada por motor.

Con los diversos tipos de fuentes de alimentación disponibles, algunos criterios son necesarios para seleccionar la fuente adecuada para el trabajo. Una consideración es el tipo de corriente: CA o CC. Las fuentes de alimentación de poca potencia que se encuentran en diversos talleres de reparaciones, granjas y alrededor del hogar son en general máquinas de CA. Son económicas de comprar, fáciles de operar, y con frecuencia pueden usarse con el servicio eléctrico de tipo residencial. Proporcionan la potencia necesaria para usarlos con electrodos diseñados para corriente alterna.

Las fuentes de alimentación de CA generalmente se usan para eliminar la desviación del arco. La desviación del arco ocurre con la corriente continua por campos magnéticos establecidos por un flujo de corriente estable en una dirección. La desviación del arco es más grave cuando se suelda en ángulos de filete estrechos o secciones tipo cajas. El arco se moverá de su trayectoria deseada y las gotas de metal fundido saldrán expulsadas como salpicaduras. La desviación del arco puede causar defectos de soldadura en forma de cráteres de la soldadura rebajados o sin rellenar, más salpicaduras excesivas. La desviación del arco es más grave cuando se usan electrodos grandes a altos amperajes.

# Soldadura por arco metálico protegido

Las máquinas de corriente continua se seleccionan cuando la aplicación requiere de un electrodo que opere a partir de corriente continua. La CC normalmente se prefiere para el trabajo fuera de la posición y para su uso con acero inoxidable o electrodos no ferrosos. La CC generalmente se prefiere para recipientes a presión, tubos y otros conjuntos críticos de piezas soldadas debido a las características del arco que proporciona con los electrodos de baja aleación que se suelen usar para estas aplicaciones. Las fuentes de alimentación para soldaduras de corriente continua ofrecen versatilidad extra debido a la selección de polaridad. Casi todos los electrodos se pueden usar con corriente continua.



En algunos talleres, es preferible tener tanto fuentes de alimentación de CA como de CC disponibles. Las fuentes de alimentación para soldaduras de tipo rectificador con transformador pueden proporcionar tanto potencia de CA como de CC. El operador puede seleccionar fácilmente corriente alterna o continua a partir de este tipo de fuente de alimentación.



El ciclo de trabajo de una fuente de alimentación para soldaduras es otro punto que debe considerarse.

Es importante analizar las necesidades de amperaje y seleccionar la fuente de alimentación que proporcionará la salida necesaria dentro del régimen del ciclo de trabajo. Una fuente de alimentación para soldaduras puede tener una sobrecarga durante un período corto de tiempo, pero las sobrecargas continuas dañarán la unidad.

El tamaño físico puede ser otro factor al seleccionar una fuente de alimentación para soldaduras. Las fuentes de alimentación con inversor ofrecen características de arco excepcionales en todos los procesos y son considerablemente más pequeñas en tamaño que las fuentes de alimentación convencionales. Las fuentes de alimentación con inversor también son más eficientes eléctricamente que las fuentes de alimentación para soldaduras convencionales.

Debe tenerse en cuenta la potencia principal disponible al seleccionar una fuente de alimentación para soldaduras. La potencia principal generalmente está disponible en 208 voltios, 230 voltios, 460 voltios o 575 voltios. Algunas fuentes de alimentación para soldaduras pueden funcionar a partir de sólo un voltaje primario, mientras que otras pueden conectarse para varios voltajes primarios. Las fuentes de alimentación de CA y de CA/CC requieren una potencia monofásica, mientras que las fuentes de alimentación de CC generalmente requieren una potencia principal trifásica. En las áreas rurales y residenciales, la potencia monofásica es común y la potencia trifásica requeriría de un cableado especial. La mayoría de los emplazamientos industriales tienen potencia trifásica disponible, ya que se requiere para muchos motores eléctricos y otros equipos eléctricos.

Las fuentes de alimentación accionadas por motor se usan en áreas en construcción, minas, tuberías a campo traviesa y en áreas remotas donde la movilidad es un factor importante y no se dispone de la potencia de suministro para soldaduras fácilmente. Los motores refrigerados por aire y por líquido están disponibles en versiones con gasolina y

gasoil para este tipo de fuente de alimentación.

Más allá del tipo de voltaje de entrada, ya sea CA o CC, equipo estático o accionado por motor, una fuente de alimentación para soldaduras tiene una función: proporcionar energía eléctrica al arco. Las demandas de amperaje para las soldaduras pueden variar de unos pocos amperios a más de 1000 amperios. Las fuentes de alimentación para soldaduras están disponibles en varios tamaños y tipos para cumplir con las necesidades de la aplicación.

## Cómo seleccionar el tipo de corriente

La corriente de soldadura que se usa para SMAW puede ser alterna o continua, dependiendo del electrodo que se use.

### Corriente continua

La corriente continua es la opción de corriente más común para las soldaduras de arco con electrodo revestido. La corriente fluye sólo en una dirección y tiene varias ventajas por sobre la corriente alterna para el proceso SMAW. Estas ventajas incluyen menores cortes del arco, menos salpicaduras, inicio del arco más fácil, menos adherencia y mejor control de las soldaduras fuera de posición.



La polaridad del arco de soldadura de corriente continua o la dirección del flujo de corriente eléctrica son muy importantes. Cuando el cable del electrodo se conecta a la conexión de salida positiva y el cable de trabajo se conecta a la conexión de salida negativa, esto es corriente continua con electrodo positivo (CCEP). Esta conexión también se denomina polaridad invertida (Figura 3). Cuando el cable del electrodo se conecta a la conexión de salida negativa y el cable de trabajo se conecta a la conexión de salida positiva, esto es corriente continua con electrodo negativo (CCEN). También se la denomina polaridad directa (Figura 4).

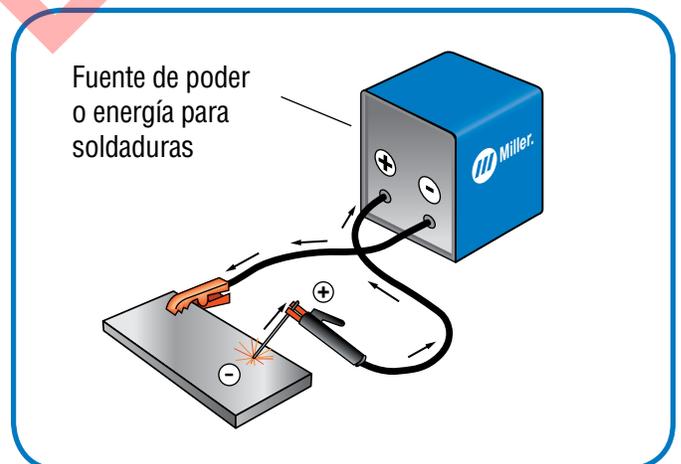


Figura 3 – Corriente continua con electrodo positivo (CCEP)

Para SMAW, se usa con mayor frecuencia la conexión de CCEP. Proporciona la mejor penetración y el mejor perfil de cordón. Por esta razón, la mayoría de los electrodos son hechos para soldar con CCEP.