



# MANUAL BÁSICO DE SOLDADURA

# SWEISS<sup>®</sup> SCHWEISSTECHNIK PURE WELDING





# 1

## ¿QUÉ ES LA SOLDADURA?

- 1.1 ¿CÓMO DEFINIR EL PROCESO DE SOLDADURA ADECUADO?
- 1.2 FACTORES A CONSIDERAR ANTES DE ELEGIR EL PROCESO DE SOLDADURA

# 2

## PROCESOS DE SOLDADURA MÁS COMUNES

- 2.1 PROCESO DE SOLDADURA SMAW
- 2.2 PROCESO DE SOLDADURA GMAW (MIG-MAG)
- 2.3 PROCESO DE SOLDADURA GTAW (TIG)
- 2.4 GASES DE PROTECCIÓN EN LOS PROCESOS DE SOLDADURA MIG-MAG Y TIG

# 3

## ENERGÍA ELÉCTRICA

- 3.1 TIPOS DE CORRIENTE
- 3.2 ¿QUÉ ES POLARIDAD?
- 3.3 CONDUCTORES, SEMICONDUCTORES Y AISLANTES

# 4

## EL ARCO ELÉCTRICO

- 4.1 PROPIEDADES DE LAS MÁQUINAS DE SOLDAR.
- 4.2 CLASES DE LAS MÁQUINAS DE SOLDAR.

# 5

## LOS ELÉCTRODOS

- 5.1 CLASIFICACIÓN DE LOS ELECTRODOS POR LA AWS.
- 5.2 CLASIFICACIÓN DE LOS ELECTRODOS SEGÚN LA AWS-A5.1.
- 5.3 PARTES DEL ELECTRODO REVESTIDO.
- 5.4 SELECCIÓN Y RECOMENDACIÓN DE ELECTRODOS, ALAMBRES Y APORTES SEGÚN EL PROCESO.

# 6

## GEOMETRÍA DE LAS UNIONES DE SOLDADURA

- 6.1 CATEGORÍAS DE SOLDADURA.
- 6.2 POSICIONES BÁSICAS DE SOLDEO.

# 7

## EJERCICIOS PRÁCTICOS PARA APRENDER A SOLDAR

# 8

## DEFECTOS EN SOLDADURA

# 9

## BIBLIOGRAFÍA



# 1 | ¿QUÉ ES LA SOLDADURA?

Soldadura es un proceso de unión de dos o más metales por medio del calentamiento que puede generar un arco eléctrico o una flama; se puede realizar con o sin material de aporte. El arco eléctrico puede llegar a una temperatura superior de los 5000°C.

## 1.1 CÓMO DEFINIR EL PROCESO DE SOLDADURA ADECUADO

Para definir el proceso de soldadura a utilizar, se debe conocer todas las variables esenciales que se utilizaran en el trabajo de unión de materiales para lo cual es importante comprender claramente qué tipo de material, qué espesor, qué posición a soldar y qué alcance tiene el proceso que se va a elegir.

Es fundamental conocer cuántos procesos existen y a cuáles se puede tener acceso. Para obtener una mejor selección se deben conocer las diferencias que hay entre las soldaduras de mantenimiento y soldaduras de producción.



## 1.2 FACTORES A CONSIDERAR ANTES DE ELEGIR EL PROCESO DE SOLDADURA

---

Existen en la actualidad tres factores que deben ser considerados al momento de elegir un proceso de soldadura:

- 1) La productividad.
- 2) La calidad.
- 3) La Seguridad y el Medio Ambiente.

Antes de dar una definición exacta de lo que es el proceso, veamos las diferencias entre las soldaduras de mantenimiento y las de producción.

### SOLDADURAS DE PRODUCCIÓN

Son todas aquellas soldaduras que se realizan en una planta de producción de manera continua donde la soldadura hace parte esencial del proceso de fabricación de los productos metálicos. Generalmente se realizan bajo condiciones óptimas de calidad. Siempre se debe realizar una calificación de procedimiento de soldadura (WPS) para obtener las variables esenciales y suplementarias del proceso, en este documento es donde quedan registradas todas las variables que interfieren en el proceso, por ejemplo: material a soldar, material de aporte, tipo de proceso etc. Otro documento que soporta la calificación es el registro de la calificación (PQR) el cual sirve para controlar fácilmente los parámetros utilizados en la soldadura.

### SOLDADURAS DE MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN

Estas presentan grandes variables en comparación con las soldaduras de producción. Las variables principales en este tipo de soldaduras son el análisis y las características del material a soldar. En este tipo de uniones es fundamental realizar estudios de falla y análisis de soldabilidad de material ya que este tipo de uniones se realiza en productos metálicos que han estado operando como máquinas que se han descompuesto y piezas que requieren aumentar la vida útil. Los problemas de operación incluyen una causa de desconocimiento, restricciones y limitaciones. Las aleaciones de soldadura deben poseer unas características especiales para tener éxito frente a los problemas que se presenten en las reparaciones.z



## 2 | PROCESOS DE SOLDADURA MÁS COMUNES

- **MMA /SMAW** = Soldadura por arco eléctrico con electrodo manual revestido.
- **GTAW** = Soldadura por arco electrodo con tungsteno y gas inerte.
- **GMAW** = Soldadura por arco eléctrico con metal y gas de protección.
- **FCAW** = Soldadura por arco eléctrico con alambre tubular.
- **SAW** = Soldadura por arco eléctrico con alambre y gas de protección.
- **PAC** = Proceso de corte por plasma.
- **OFW** = Soldadura oxi combustible.



MMA-SMAW

GMAW

PAC

GTAW

FCAW

### 2.1 PROCESO DE SOLDADURA SMAW

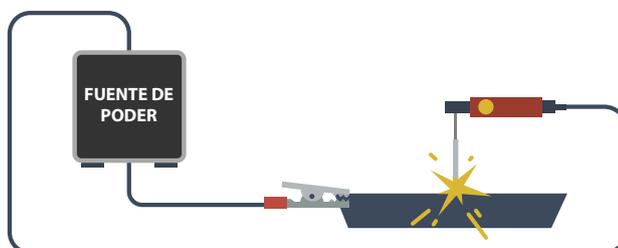
Este es un proceso de soldadura por arco eléctrico con electrodo manual revestido, en donde intervienen un arco eléctrico que se genera a través de un circuito eléctrico producido por medio de una fuente de poder llamado equipo de soldar, este puede ser un TRANSFORMADOR DE CORRIENTE AC, o un RECTIFICADOR de corriente continua DC o GENERADOR de corriente alterna o continua; la evolución tecnológica ha ayudado a desarrollar nuevos equipos de soldar estos son llamados inversores. Hoy en día son la mejor opción para realizar trabajos de soldadura de manera eficiente y el arco se genera a través de conductores como son cables porta electrodo y masa por donde fluye la corriente para derretir el electrodo y lograr la unión del metal.

El proceso de soldadura por arco eléctrico con electrodo manual revestido se emplea para unir dos o más metales ferrosos y no ferrosos.

En este proceso intervienen dos tipos de polaridad y esta se elige de acuerdo al tipo de electrodo que se vaya a utilizar. Hay Electroodos que trabajan con polaridad invertida, (DC-EP) como los que trabajan con polaridad directa. (DC +EP) Ya se explicará más adelante los tipos de polaridad y su uso.

### EQUIPO DE SOLDADURA SMAW

Son aquellos capaces de mantener un arco eléctrico entre dos terminales reduciendo el voltaje y aumentando el amperaje de entrada.

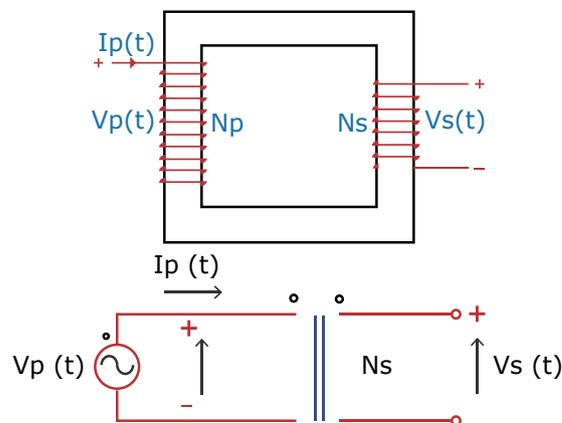


### TRANSFORMADORES

Un transformador es un equipo cuya función es disminuir el voltaje de entrada de la red eléctrica y aumentar el amperaje de salida, está formado por un núcleo de hierro (también denominado núcleo magnético) que posee dos cables conductores enrollados, formando dos bobinas. Este tipo de equipos no son recomendables ya que el consumo energético es muy alto, además son equipos muy pesados y solo suministran corriente alterna lo cual restringe la utilización de cualquier electrodo.

### RECTIFICADORES

Son equipos que dejan pasar la corriente en un solo sentido, en consecuencia, la corriente alterna la convierte en continua. El elemento que realiza esta labor de rectificar la corriente se llama diodo. Este tipo de equipos por su tamaño tienen un gran consumo de energía, lo cual los hace menos eficientes se pueden utilizar para fundir cualquier tipo de electrodo revestido.





## INVERSORES

Se denomina al grupo de equipos de última tecnología en donde el proceso de conversión de corriente alterna a continua es mucho más eficiente, este tipo de tecnología que utilizan los equipos inversores hacen que el arco eléctrico sea más estable; además el consumo energético de este tipo de fuentes es mucho más eficiente, se habla teóricamente que consumen un 30% menos que un equipo tradicional transformador o rectificador. En Sweiss la tecnología Ultra Power hace que los equipos que cuentan con esta tecnología reduzcan su consumo hasta un 40% menos que un equipo convencional.

## 2.2 PROCESO DE SOLDADURA GMAW (MIG-MAG)

El proceso de soldadura MIG/MAG es muy flexible y permite soldar todos los materiales normales de construcción, tales como aceros no aleados y aceros de baja aleación, aceros inoxidable, aluminio y cobre. materiales de 0,5 mm de espesor o mayores.

Se puede aplicar en todas las posiciones de soldadura, además genera una alta productividad, dado que no es necesario hacer interrupciones para cambiar los electrodos esto hace que su eficiencia sea superior al 90%, no se necesita casi ninguna operación de remoción de escoria y su velocidad de fusión es mayor que la del proceso MMA.

La soldadura MIG/MAG implica bajo aporte de calor a la pieza de trabajo, lo cual significa pocas o pequeñas deformaciones del material base, es decir, la chapa lámina no se arquea, produce un baño de fusión reducido y fácil de controlar. Es un proceso fácil de automatizar, además es catalogado como un proceso muy limpio y adecuado para el medio ambiente, por estas y otras ventajas muchas personas deciden cambiar de proceso de soldadura eligiendo el MIG/MAG.

### DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

En la soldadura MIG/MAG se alimenta un alambre metálico (electrodo) de forma continua a una pistola de soldar mediante un alimentador, la energía eléctrica es transferida desde una fuente de corriente al electrodo por medio de una boquilla de contacto, cuando el electrodo que pasa por la boquilla se pone en contacto con la pieza de trabajo se enciende un arco eléctrico entre ellos; el arco eléctrico produce calor fundiendo de esta manera el electrodo con el material base.

Para proteger el baño de fusión y el metal fundido del aire circundante se usa un gas de protección que puede ser activo o inerte.



## FUENTE DE PODER

La función de la fuente de corriente consiste en suministrar energía eléctrica al arco eléctrico y de convertir la corriente alterna de la red en corriente continua a un nivel adecuado para la soldadura. Hay muchos tipos distintos de fuentes de poder para este proceso, la elección de una fuente de poder para proceso GMAW debe tener en cuenta que tipo de trabajo se va a realizar con el fin de establecer el rango de amperaje adecuado además tener referencia en el ciclo de trabajo.

Las máquinas que se utilizan en este proceso son fuentes de voltaje constante, se denominan de esta manera porque en la parametrización el voltaje de arco se mantiene constante, no varía como sí ocurre en el proceso de electrodo revestido. Para que el proceso se opere de manera adecuada se requiere un sistema de alimentación continuo que puede estar de manera externa o interna en la máquina ; este mecanismo es denominado alimentador de alambre donde se encuentran dos o más rodillos alimentadores, que hacen avanzar el alambre por la guía o guaya. En ciertos casos, para la soldadura de aluminio es necesario cambiar la guaya por una de teflón. En la fijación de la bobina o rollo de alambre hay un freno, que permite regular la presión de frenado para que la bobina de alambre se pare tan pronto como se detenga la alimentación del alambre.

## COMPONENTES DE UN EQUIPO DE SOLDADURA MIG-MAG

- Una fuente de poder eléctrica de corriente continua que suministre voltaje constante.
- Un alimentador de alambre continuo.
- Antorcha o pistola con manguera flexible y guaya.
- Regulador flujometro.
- Cilindro de gas inerte o activo.
- Motor impulsor del alambre.



## CABEZAL EXTERNO

### EL EQUIPO DE SOLDADURA PROCESO GMAW MIG-MAG

En cuanto a la regulación de los parámetros del equipo el operador realiza los siguientes ajustes:

- Selección de la corriente.
- Velocidad de alambre.
- Selección de la tensión deseada.
- Velocidad flujo de gas.



### ANTORCHA DE SOLDADURA

Las partes más importantes de la pistola de soldar son la boquilla de contacto y la tobera de gas. La boquilla de contacto tiene la función de guiar el alambre con el fin que se genere la transferencia de la corriente de manera adecuada, esta boquilla de contacto es cambiable para poder adaptarla a distintos tipos de diámetros de alambre. La boquilla de contacto está rodeada por la tobera de gas, cuya misión consiste en proteger el alambre y el metal fundido contra los efectos nocivos del aire circundante. Para no reducir la protección del gas es necesario limpiar periódicamente la tobera de las salpicaduras de soldadura, este elemento es denominado un accesorio y por ende debe cambiarse periódicamente, además, existen distintos tamaños dependiendo el uso.

La pistola de soldar puede ser refrigerada por aire o por agua, la refrigeración por aire es la más común y significa que la pistola se mantiene refrigerada mediante el aire circundante del gas protector que fluye por la pistola. La refrigeración por agua es más eficaz y es necesaria cuando se utilizan amperajes muy altos, es decir, de 400 Amperios en adelante.

## ALAMBRE

El alambre para la soldadura MIG/MAG tiene dos misiones. Por una parte actúa como polo positivo en el circuito y por la otra como material de aporte cuando se le aplica corriente y se funde.

Hay alambres en dimensiones desde 0,6 hasta 2,4 mm; las dimensiones más delgadas se usan para soldar materiales delgados y para soldar en ciertas posiciones.

Es importante elegir el alambre adecuado al material que se va a soldar. Se pueden obtener recomendaciones más detalladas del fabricante correspondiente. Existen alambres sólidos y tubulares. Los sólidos son para proceso GMAW y los tubulares son para proceso FCAW.

## PARÁMETROS DE SOLDADURA

En la soldadura MIG/MAG hay una serie de parámetros que afectan el proceso de soldadura y su aplicación. Se diferencia entre parámetros predeterminados, parámetros dependientes del equipo y parámetros dependientes del operario.

### PARÁMETROS PREDETERMINADOS

Este tipo de parámetros son los que van inherentes al proceso de soldadura, son todas las variables esenciales que se deben analizar dependiendo el material a soldar.

- Tipo de electrodo. (Alambre)
- Diámetro del electrodo.
- Tipo de gas de protección.
- Flujo de gas de protección.

Parámetros dependientes del equipo. Estas son variables que se deben parametrizar en el equipo en el momento de realizar la soldadura.

- Velocidad de alimentación del alambre.
- Tensión o Voltaje.
- Inductancia.

Parámetros dependientes del operario. Estos parámetros hacen referencia a la habilidad del operario para aplicar de manera adecuada la soldadura.

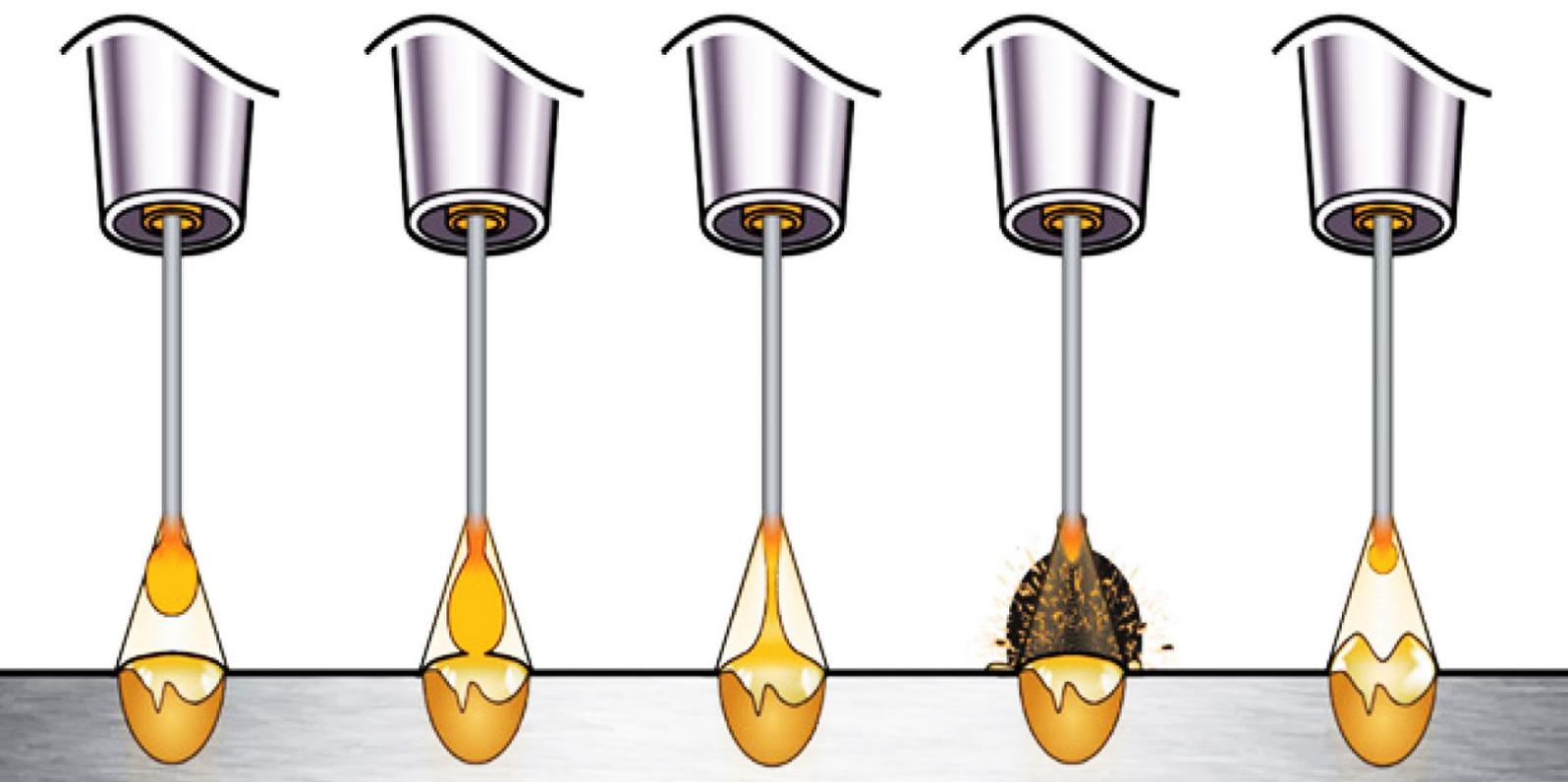
- Velocidad de soldadura.
- Distancia de la boquilla de contacto a la pieza.
- Inclinación de la pistola.

## TRANSFERENCIAS

En el arco eléctrico se transfiere material del electrodo al baño de fusión, en forma de gotas fundidas; dependiendo de cómo se efectúe esta transferencia se distingue entre arco corto o corto circuito y arco spray. El arco corto o el arco spray dependerán de cómo se hayan ajustado los parámetros de soldadura (voltaje y velocidad de alimentación del alambre) en relación con el diámetro del electrodo y con el tipo de gas de protección.

### ARCO CORTO O CORTO CIRCUITO

La transferencia por corto circuito se emplea para soldar material delgado, cordones de raíz o en posición. Esto significa que se elige voltaje bajo y baja velocidad de alimentación del alambre; de esa forma se aporta menos calor a la pieza de trabajo y se produce un baño de fusión pequeño que es fácil de controlar y se enfría rápidamente.



La denominación corto circuito se debe a que las gotas fundidas “cortocircuitan” el arco eléctrico en el momento de la transferencia, cuando el arco está ajustado correctamente se emite un sonido regular y zumbante.

## PARÁMETROS PARA GENERAR UNA TRANSFERENCIA POR CORTO CIRCUITO

- Voltaje entre 15-25 V.
- Corriente (amperaje) 40-200 A.
- Gas de protección mezclas de Ar o CO<sub>2</sub>.
- Los valores exactos dependen del diámetro del alambre y del gas de protección.

## ARCO SPRAY

Cuando se desea obtener alta productividad en la soldadura de materiales gruesos se utiliza el arco spray de esa manera se eligen un voltaje y una velocidad de alimentación de alambre más altas que con el corto circuito. El aporte de calor a la pieza de trabajo es mayor consiguiendo una mayor productividad; el baño de fusión es mayor por ello la soldadura con arco spray sólo es adecuada en la posición plana horizontal.



## TRANSFERENCIA DE ARCO SPRAY

El nombre arco spray se debe a que las gotas fundidas procedentes del electrodo son transferidas finamente pulverizadas. No se produce ningún corto circuito del arco eléctrico que por ello resulta muy estable. En la soldadura con arco spray no se puede usar dióxido de carbono puro como gas de protección.

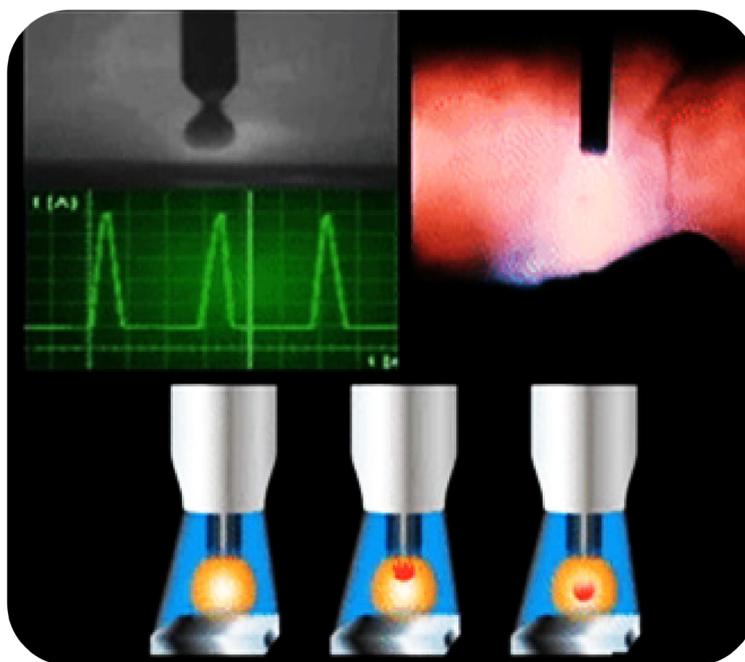
## PARÁMETROS PARA GENERAR UNA TRANSFERENCIA POR ARCO SPRAY

- Voltaje de arco. 20-40 V.
- Corriente (Amperaje) 200-600 A.
- Gas de protección mezclas de Ar.
- Los valores exactos dependen del diámetro de alambre y del gas de protección.

## ARCO PULSADO

Este tipo de transferencia es una mezcla de la transferencia por corto circuito y el arco spray, es decir el arco pulsado genera una muy buena penetración y se puede trabajar en cualquier posición, aquí la fuente de poder pulsa o varía el amperaje en un rango de corriente varios cientos de veces por segundo, a niveles de corriente altos se forma una pequeña gota de metal fundido que se transfiere a través del arco al charco.

Este tipo de transferencia emplea bajos amperajes en comparación con el de spray convencional, lo cual hace que prácticamente se emplee en cualquier posición y espesores de material evitando así las faltas de fusión que se pueden generar en la transferencia por corto circuito.



TRANSFERENCIA

## 2.3 PROCESO DE SOLDADURA GMAW (TIG)

---

Este proceso es llamado TIG ya que intervienen un electrodo no consumible de tungsteno y un gas Inerte de protección que en ingles se lee: (Tungsten Inert Gas). El proceso de soldadura TIG se puede realizar con o sin material de aporte. Este proceso de soldadura es ideal para la aplicación de uniones en aceros inoxidable, aceros al carbono y aluminios.

El proceso de soldadura TIG emplea corriente continua, polaridad directa, es decir, conexión en el borne negativo en el electrodo. Para el soldeo de láminas delgadas el proceso de soldadura Tig con arco pulsado, proporciona un control ideal de calor; esto es particularmente ventajoso en las uniones de aceros inoxidables.

Existe una regla para determinar el amperaje correcto y es el de calcular de 30 a 40 Amp. por mm de espesor de la lámina. En espesores de láminas superiores a 6 mm., solo se realiza el pase de raíz "o primer cordón" y se termina de soldar con otro proceso de soldadura ya que los costos se elevarían. En estos casos se emplea el electrodo revestido o el proceso GMAW O FCAW.

El Aluminio y el Magnesio se sueldan con corriente alterna, mientras que el acero Inoxidable, acero al carbono, cobre, titanio, níquel, inconel y mónel astelloy se emplea corriente continua y polaridad directa.

El equipo de soldar consta de los siguientes elementos:

### COMPONENTES DE UN EQUIPO DE SOLADURA - TIG

- Fuente de poder. Puede ser de corriente continua o corriente alterna.
- Antorcha Tig.
- Pinza masa.
- Pedal- (opcional).
- Gas de protección inerte (Argón Helio o Nitrógeno).
- Regulador de flujo.
- Sistema de refrigeración por agua (cuando se trabaja por encima de 200 amp).

## FUENTE DE PODER

El equipo de soldadura para proceso TIG debe contar con las siguientes características.

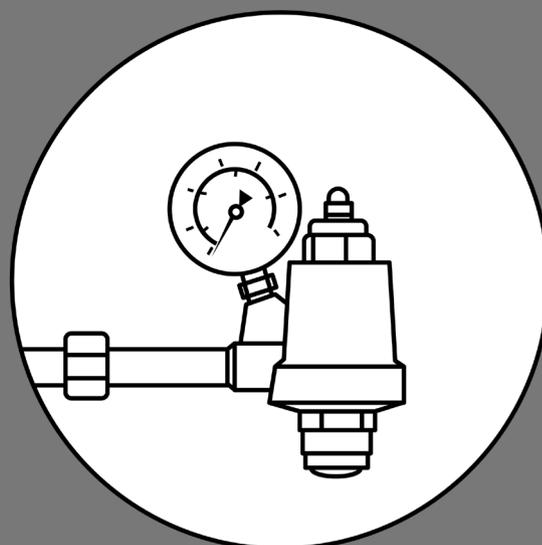
- Un rectificador a base de diodos que filtran la corriente alterna a continua.
- Sistema de alta frecuencia para activar el encendido del arco.
- Tarjetas de circuitos integrados para controlar el voltaje, amperaje, circuito de flujo de gas, alta frecuencia, sistema de refrigeración, motor de enfriamiento de las bobinas primarias y secundarias como también el control de las polaridades y el interruptor de encendido y apagado.
- Una unidad de refrigeración por agua o gas para el enfriamiento de la antorcha de soldadura cuando se trabaja por encima de 200 amperios.
- Una válvula solenoide para controlar el flujo del gas de protección.
- Un motor de refrigeración de bobinas.

## GAS DE PROTECCIÓN INERTE

Puede ser (argón, helio o nitrógeno). Existe una herramienta llamada Flujometro que se utiliza para graduar adecuadamente el flujo de gas.

## EL FLUJOMETRO ESTÁ COMPUESTO POR

- Manómetro de alta presión para medir el contenido del cilindro.
- Regulador de gas presión de trabajo en bares.
- Manguera.
- Conector de polaridad.



## ANTORCHA DE SOLDADURA

Está conformada por los siguientes accesorios:

- Boquilla porta tungsteno (Puntilla).
- Mordaza (Mandril).
- Difusor de Gas.
- Tobera Cerámica.
- Electrodo de Tungsteno.
- Cap. (tapa de ajuste).

## **2.4 GASES DE PROTECCIÓN EN LOS PROCESOS DE SOLDADURA MIG-MAG Y TIG**

---

### **GASES DE PROTECCIÓN EN EL PROCESO DE SOLDADURA GTAW (TIG)**

Los gases que se utilizan en este proceso son gases inertes y dependiendo del tipo de material a soldar los gases pueden ser: argón (Ar), helio (He), nitrógeno (N<sub>2</sub>) y mezclas de ellos. En las soldaduras de materiales de gran conductividad térmica como el cobre, se recomienda la utilización del helio o de nitrógeno.

### **GASES DE PROTECCIÓN EN EL PROCESO GMAW (MIG-MAG)**

Cuando se habla de proceso MIG hace referencia a la utilización de gas de protección inerte como el Argón o el Helio (Ar o He) o las mezclas de estos dos. La utilización de estos gases se hace teniendo en cuenta el material a soldar. En este caso estos gases se utilizan para soldar aluminios y aleaciones de aluminio, también para cobres y aleaciones de cobre.

El proceso de soldadura MAG hace referencia a la utilización de gases activos en este caso el gas de protección es el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) o las mezclas de argón con dióxido de carbono. Las aplicaciones más relevantes de este tipo de gases se hacen en acero al carbono y de baja aleación, se puede utilizar en CO<sub>2</sub> puro generando mayor entrada de calor al material y generando mayor salpicadura. Lo más recomendable en este tipo de aplicaciones es la utilización de la mezcla de gases en la siguiente proporción 75% Ar y un 25% de CO<sub>2</sub>.

### **GASES PARA ACEROS INOXIDABLES**

Para este tipo de materiales en proceso GMAW se utiliza mezclas de argón con un bajo porcentaje de dióxido de carbono o de oxígeno. Tipo 98% de argón 2 % de O<sub>2</sub> o CO<sub>2</sub>.



# 3 | ENERGÍA ELÉCTRICA

La energía eléctrica es denominada de esta manera por la diferencia potencial entre dos puntos, esto permite generar una corriente eléctrica entre los dos cuando se ponen en contacto por medio de un conductor eléctrico. La energía eléctrica se puede transformar en muchas otras formas de energía, como pueden ser la energía lumínica o luz, la energía mecánica y la energía térmica.

En soldadura eléctrica el arco se forma a través de un circuito eléctrico cerrado donde el electrodo hace las veces de resistencia, derritiéndose junto con la zona a soldar del metal base.

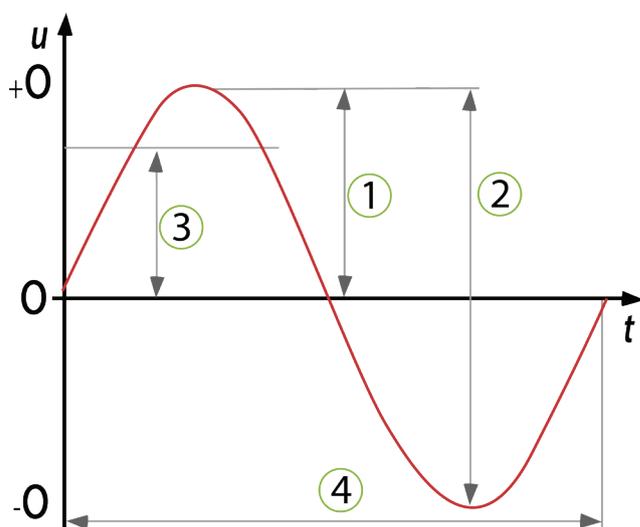
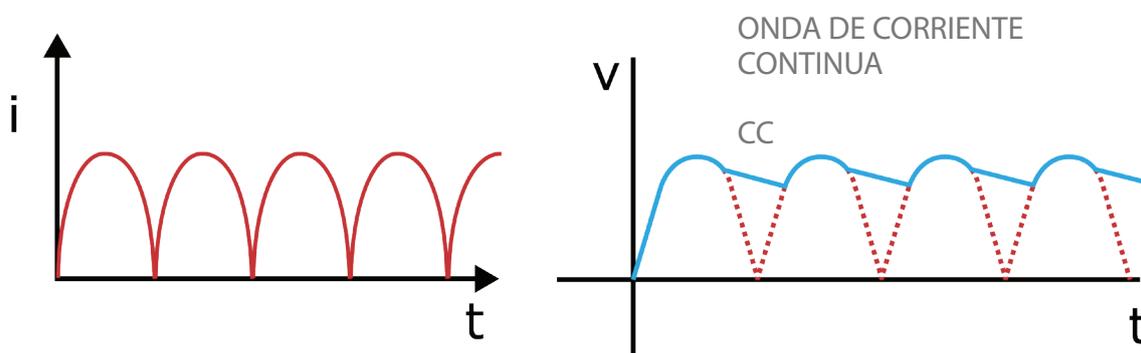
## CONDUCTORES DE ENERGÍA

Son cuerpos en cuyo interior hay cargas libres que se mueven por la fuerza ejercida sobre ellos por un campo eléctrico, este movimiento constituye una corriente.

Las cargas libres en un conductor metálico son denominados electrones y en un GAS o líquido en condiciones apropiadas las cargas libres son iones positivos, iones negativos y electrones libres.

Si el campo siempre tiene el mismo sentido (positivo – negativo) la corriente se denomina CORRIENTE CONTINUA(CC).

Si por el contrario el paso de la corriente se da de manera alternativa a este campo se le conoce con el nombre de CORRIENTE ALTERNA (AC).



Si el Campo se invierte periódicamente el flujo de carga se invierte también y la corriente es ALTERNA (CA).

ONDA DE CORRIENTE ALTERNA AC

CICLO DE CORRIENTE ALTERNA

## PROPIEDADES DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA.

Los tres factores de importancia en la electricidad son:

1.  $E$  - **VOLTAJE** = Fuerza Electromotriz
2.  $I$  - **AMPERAJE** = Intensidad de corriente
3.  $R$  - **WATIAJE** = Resistencia en (Vatios)

### VOLTAJE ( $E$ ).

Es la fuerza electromotriz que empuja una cantidad considerable de electrones a través de un conductor o medio de energía conocida como corriente eléctrica. El medio conductor debe poseer una resistencia al paso de electrones y fuerza impulsada por el voltaje.

El VOLTIO es la unidad de la Fuerza Electromotriz (F.E.M. = VOLTAJE)

**NOTA: si no hay voltaje no existe Fuerza Electromotriz y por tanto no habrá corriente**

### AMPERAJE ( $I$ )

Amperaje representa en la corriente eléctrica la cantidad de electrones que fluyen a través de un medio conductor o circuito eléctrico. Esta medida o cantidad de electrones se representa con el prefijo ( $I$ ), que a su vez quiere decir AMPERIOS. ( $I$ )

### VATIOS ( $R$ ).

El vatio representa en la energía eléctrica la resistencia que ofrece un medio conductor de electrones. Los vatios designan la capacidad en OHMIOS de un medio conductor de la energía.

### LEY DE OHM

$$W = R = \text{OHMIOS} \quad I = \frac{E}{R}$$

Esta ecuación conocida como ley de OHM, se ha convertido en una herramienta para los técnicos en electricidad y electrónica. La ley de OHM permite predecir lo que sucederá en un circuito eléctrico antes de construirlo, además con la ley de OHM se puede hallar las tres variables eléctricas como son:

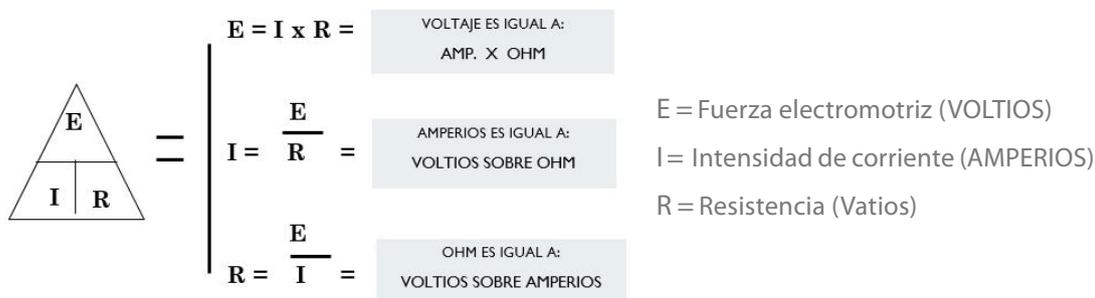
AMPERAJE, VOLTAJE Y VATIAJE.

## LA LEY DE OHM DICE LO SIGUIENTE

La cantidad de corriente de electrones (AMPERIOS) que fluye en un circuito eléctrico es directamente proporcional al VOLTAJE aplicado e inversamente proporcional a la RESISTENCIA del circuito. (INTENSIDAD =I, FUERZA = E, RESISTENCIA =R)Inte.

## TRIANGULO DE OHM

La ley de OHM establece que se requiere de una intensidad de electrones, de una fuerza electromotriz y de un medio conductor que resista el bombardeo de electrones, en donde los electrones son la corriente eléctrica representada por el AMPERAJE ( I ).



## 3.1 TIPOS DE CORRIENTE

Existen dos tipos de corriente:

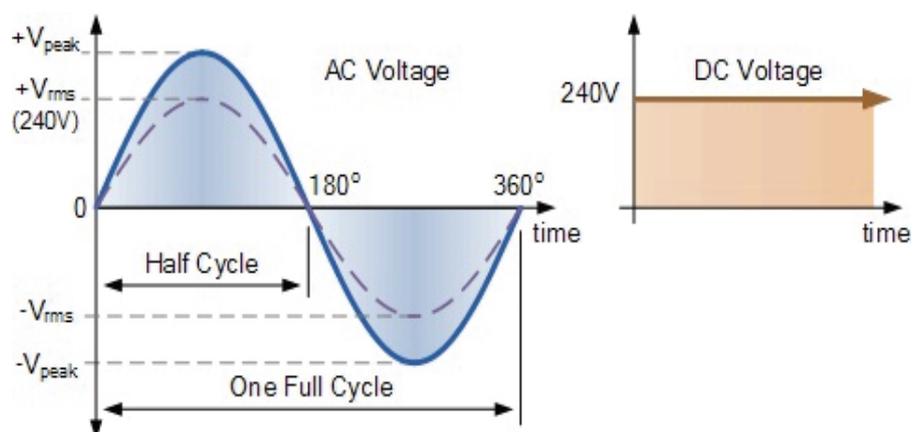
- Corriente alterna.
- Corriente continua.

### CORRIENTE ALTERNA (CA)

El fluido de los electrones varía de una dirección a la opuesta; el tiempo comprendido entre los cambios de dirección de positiva a negativa, se conocen con los nombres de ciclo o periodos y van de 50 a 60 ciclos.

La corriente tomada directamente de la acometida eléctrica es corriente alterna. La onda de la corriente alterna es SINUSOIDE y va del polo positivo al negativo a una velocidad de 100 a 120 veces por segundo.

### ONDA SINUSOIDAL DE CORRIENTE ALTERNA AC



La corriente alterna suministra algunas ventajas, comparada con la corriente directa o continua, las ventajas más representativas son:

- Permite aumentar o disminuir el voltaje o tensión por medio de transformadores.
- Se transporta a grandes distancias con poca pérdida de energía.
- Es posible convertirla en corriente directa con facilidad.
- Al incrementar su frecuencia por medios electrónicos en miles o millones de ciclos por segundo (frecuencias de radio) es posible transmitir voz, imagen, sonido y órdenes de control a grandes distancias de forma inalámbrica.
- Los motores y generadores de corriente alterna son estructuralmente más sencillos y fáciles de mantener que los de corriente directa.

En soldadura el arco de corriente alterna es menos susceptible al soplido magnético aun cuando el electrodo esté descentrado, pero este arco eléctrico es inestable y genera muchas salpicaduras.

## EL SOPLO MAGNÉTICO

Se refiere a un fenómeno frecuente en el arco eléctrico que tiende a cambiar la dirección del mismo de un lado a otro, lo que hace difícil el control del depósito. Esto se debe a fuerzas magnéticas alrededor del electrodo que fuerzan el arco eléctrico a ir en direcciones diferentes a las deseadas, atrasándose o adelantándose.

## CORRIENTE CONTINUA (CC)

Es el flujo de electricidad que se da por medio de un conductor entre dos puntos que poseen diferente potencial y en donde las cargas eléctricas circulan siempre en una misma dirección. En la corriente continua el fluido de los electrones conserva siempre la misma dirección y va del polo negativo al polo positivo.

En soldadura se usan dos tipos de conexiones que se denominan, polaridad normal o directa (el electrodo va conectado al polo negativo) y polaridad invertida (el electrodo va conectado al polo positivo).

## CARACTERÍSTICAS DE LA CORRIENTE CONTINUA (CC)

La corriente continua tiene mayor estabilidad de arco que la corriente alterna, debido a que el cambio de polaridad en la corriente alterna tiende a hacer cambiar la dirección del arco.

Cuando se suelda con corriente continua (CC) y polaridad negativa (directa), hay mayor penetración ya que los electrones fluyen del electrodo a la pieza de trabajo o generándose más calor en la pieza y cuando se suelda con corriente continua polaridad positiva o (invertida) hay menos penetración debido a que hay menos calor en la pieza de trabajo ya que los electrones fluyen del extremo del electrodo a la pieza de trabajo.

Por esta razón la corriente continua da un cordón más fluido y caliente, puesto que el electrodo se funde más rápidamente (alta velocidad de depósito) y el metal de aporte se solidifica con la misma.

## 3.2 ¿QUÉ ES POLARIDAD?

El término polaridad describe la conexión del porta-electrodo en relación con las terminales de la fuente de potencia de corriente continua (Máquina de soldar). Es sabido que los electrones al cerrarse el circuito fluyen a través del polo negativo y regresan a la máquina por el polo positivo, este fenómeno se conoce con el término de polaridad. Las máquinas de soldar tipo transformadores de corriente alterna no tienen polaridad definida, mientras que las fuentes de poder de corriente continua requieren que la ubicación de los cables se realice con base al material a soldar, es por esto que se invierten los cables porta electrodo y masa para poder soldar de manera adecuada.

### TIPOS DE POLARIDAD

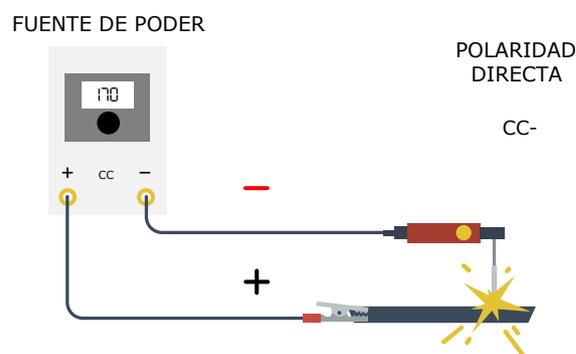
En el proceso de soldadura eléctrica con electrodo manual revestido se presentan dos tipos de polaridad y ésta se selecciona de acuerdo al tipo de electrodo a emplear. Dichas polaridades son:

- Polaridad directa.
- Polaridad invertida.

### POLARIDAD DIRECTA (EN)

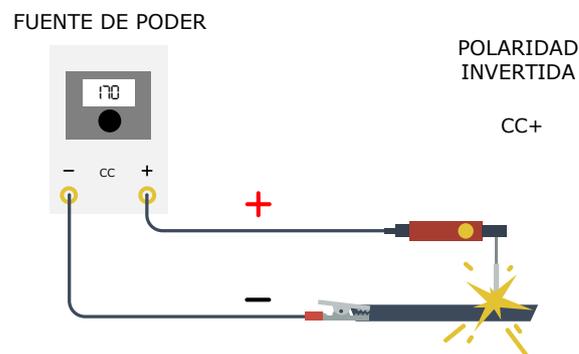
El cable porta electrodo va conectado al borne negativo de la máquina.

### CORRIENTE CONTINUA POLARIDAD DIRECTA (CC -)



### POLARIDAD INVERTIDA: (EP)

(EP) En este tipo de polaridad el cable porta-electrodo va conectado al borne del Polo positivo y el cable porta masa va conectado al polo negativo (menor penetración) (mayor calor en el electrodo).



**NOTA: los cambios de polaridad se deben realizar con el equipo apagado.**

## 3.3 CONDUCTORES, SEMICONDUCTORES Y AISLANTES

---

### CONDUCTORES

Todas las sustancias que conducen la electricidad con facilidad son llamadas conductoras. Entre los conductores de la electricidad se encuentran:

- Los metales.
  - El agua.
  - El cuerpo humano.
- 

### SEMI CONDUCTORES

Un semiconductor puro puede tener las características de un conductor o un aislante dependiendo de su temperatura y de la fuerza electromotriz aplicada.

El silicio puro es un semiconductor que a la temperatura normal no tiene electrones libres, todos están unidos a sus respectivos átomos.

- Carbono.
  - Germanio.
  - Silicio.
- 

El silicio puro a la temperatura ambiente es un aislante, si su temperatura se eleva hasta cierto valor crítico se vuelve conductor. Existen solo tres semiconductores puros:

### AISLANTES

Los materiales que ofrecen gran resistencia al flujo de electrones son llamados aislantes. Los aislantes son sustancias que no conducen la electricidad en condiciones normales, en este grupo se encuentran muchos compuestos no metálicos tales como:

- Porcelana.
  - Vidrio.
  - Madera seca.
  - Caucho.
  - Tela.
-



## 4 | EL ARCO ELÉCTRICO

El arco eléctrico es una corriente de electrones que fluye continuamente a través de un medio gaseoso. Este se forma al cerrarse el circuito eléctrico que se establece entre el extremo del electrodo y la pieza a soldar generando una luz y calor intenso, este calor hace que el electrodo y la zona a unir de la pieza se fundan homogéneamente.

El intenso calor generado en el arco eléctrico se debe a la gran energía cinética o a la altísima velocidad de los millones de electrones y al choque de los iones entre sí.

El poder calorífico desarrollado por el arco eléctrico es aproximadamente 5000 grados centígrados. El poder calorífico de un arco eléctrico se calcula teniendo en cuenta la siguiente formula.

VOLTAJE x AMPERAJE x TIEMPO DE ENCENDIDO

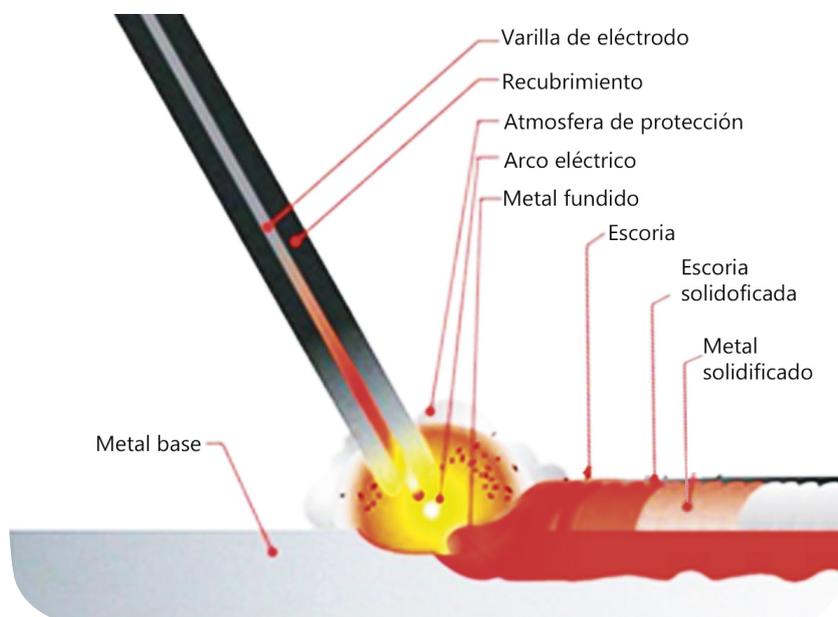
- El voltaje se expresa en kilovatios.
- La corriente en amperios.
- El tiempo en segundos.

## COMPONENTES DEL ARCO ELÉCTRICO

Para mantener un arco eléctrico se requiere el suministro continuo de los siguientes elementos:

- Una fuente de poder (Máquina de Soldar).
- Cables de Conexión (Positivo y Negativo).
- Pinza Porta Electrodo.
- Pinza Masa.
- Electrodo.
- Pieza de trabajo.

## CÓMO SE GENERA EL ARCO ELÉCTRICO



El circuito que se forma entre el polo positivo y el negativo del equipo de soldadura se cierra momentáneamente al hacer contacto la punta del electrodo con la pieza de trabajo y retirándolo inmediatamente a una altura igual a dos veces el diámetro del electrodo o menos, se forma de esta manera un arco eléctrico estable.

El calor que genera el arco eléctrico funde un área restringida del metal base y el extremo del electrodo formando pequeños glóbulos metálicos, los cuales son transferidos al metal base por fuerza electromagnética y no por gravedad, a este paso de corriente se le denomina transferencia de arco.

El resultado de la fusión de dichos metales y su solidificación es la formación de un cordón de soldadura metálico.

## ESTABILIDAD DEL ARCO

Para aplicaciones de soldadura se necesita un arco estable con una muy buena transferencia para que los cordones de soldadura sean de muy buena calidad. Cuando se trabaja con un arco inestable se generan defectos como son faltas de fusión, inclusiones de escorias, porosidad etc. La inestabilidad del arco se puede producir por alguno de los siguientes factores:

- Soplo magnético.
- Manipulación del electrodo incorrecto.
- Polaridad inadecuada.
- Tipo de corriente indebida.
- Biseles muy profundos.
- Electrodo descentrado.

## FACTORES QUE INFLUYEN EN LA ESTABILIDAD DEL ARCO

- El voltaje de circuito abierto (OCV) del equipo de soldadura.
- Variaciones de voltajes en el equipo de soldadura.
- El tamaño de las gotas de metal de aporte fundido y escoria en el arco.
- La ionización del trayecto del arco desde el electrodo hasta la pieza de trabajo.
- La manipulación del electrodo.

***NOTA: Los dos primeros factores tienen que ver con el diseño y las características de operación del equipo de soldadura. Los dos que siguen son funciones del electrodo y el último representa la habilidad del soldador.***

## 4.1 PROPIEDADES DE LAS MÁQUINAS DE SOLDAR

---

Una de las funciones de los equipos de soldar es disminuir el voltaje de la red eléctrica de (110, 220, 380, 440 Voltios) a 45 o 90 voltios; esta reducción de voltaje se denomina voltaje de circuito abierto (voltaje entre los dos terminales + y – de la máquina) que permita iniciar el arco.

El voltaje de arco es la reducción del voltaje automáticamente entre 15 y 45 voltios cuando se cierra el circuito entre el electrodo y la pieza a soldar dependiendo de la longitud del arco.

## CARACTERÍSTICAS DE LAS MÁQUINAS DE SOLDAR

Para poder realizar la aplicación de soldadura se requiere de un inversor de corriente continua o un transformador de corriente alterna, un rectificador de corriente continua o un motor-generador ya sea de corriente o de combustión interna de Gasolina o ACPM.

La salida de corriente de una fuente de poder es por lo general del orden de 30 a 1000 amperios y esta puede ser corriente alterna o continua o de las dos.

Los inversores proporcionan corriente continua, los transformadores solo proporcionan corriente alterna, mientras que los transformadores rectificadores generan corriente continua o de las dos y los motores-generadores proporcionan corriente continua. Los motores alternadores generan corriente alterna, pero cuando están acoplados a un rectificador la salida de corriente es continua.

Las máquinas que se emplean para soldar con el proceso TIG, incluyen ciertas características especiales tales como: control remoto, estabilizador de alta frecuencia, capacitor de pulsos de corriente, capacidad de balanceo de onda y compensador de voltaje, control de corriente, controles convencionales típico y un panel de controladores para regular los parámetros tales como: Amp., Vol., alta frecuencia, microprocesadores, semiconductores de control de inversores etc.

A diferencia de otros aparatos eléctricos, la mayoría de las máquinas de soldar no trabajan continuamente debido al calentamiento de sus elementos; esto se denomina ciclo de trabajo.

## CICLO DE TRABAJO NOMINAL

Es la relación entre el tiempo que la máquina puede trabajar en su máximo rango de amperaje y el tiempo que debe descansar.

Convencionalmente se expresa en porcentaje con base a 10 minutos de observación según la norma de fabricación.

La siguiente fórmula permite calcular los ciclos de trabajo en función de las intensidades de corriente.

$$C1 I1 = C2 I2$$

**C1** = Ciclo de trabajo nominal

**I1** = Intensidad nominal

**I2** = Intensidad referida

**C2** = Ciclo de trabajo desconocido

El ciclo de trabajo de una máquina de soldar da una idea del tiempo que puede trabajar la máquina en operación normal, si este se excede la máquina se calienta y el electrodo se apaga o no funciona correctamente lo que ocasiona sueldas defectuosas y de mala calidad.

## 4.2 MÁQUINAS DE SOLDAR

---

Existen varias clases de máquinas de soldar, se diferencian unas de otras por el tipo de corriente que estas suministran (ALTERNA o CONTINUA), y por la manera como ésta es obtenida.

Las máquinas de soldar se clasifican en dos grupos:

- Estática.
- Rotativas.

### MÁQUINAS ESTÁTICAS

Son las que no tienen ningún elemento con movimiento continuo interno; existen 4 grupos.

- Máquinas inversoras de corriente continua(CC) o alterna(AC).
- Máquinas transformadores de corriente alterna (CA).
- Máquinas rectificadoras de corriente continua (CC).
- Máquinas transformadoras rectificadoras de (CA y CC).

### MÁQUINAS INVERSORAS DE CORRIENTE CONTINUA (CC) O ALTERNA (AC)

Los equipos inversores son el grupo de equipos de última tecnología en donde el **proceso de conversión de corriente alterna a continua es más eficiente**, este tipo de tecnología que utilizan los equipos inversores hacen que el arco eléctrico sea más estable, además el consumo energético de este tipo de fuentes **es más eficiente, se habla teóricamente que consumen un 30% menos que un equipo tradicional transformador rectificado. En Sweiss la tecnología Ultra Power hace que los equipos reduzcan su consumo hasta un 40% menos que un equipo convencional.**

La ventaja de utilizar este tipo de equipos de soldar es que permiten el uso de todo tipo de electrodos; pueden ser monofásicos o trifásicos y emplearse en cualquiera de los diversos tipos de soldadura por arco, incluso la soldadura manual por arco (MMA).

Los equipos inversores para soldadura MMA /TIG CC (para acero y acero inoxidable), TIG CC/ cuentan con más funciones para controlar el arco, como inicio de arco, arco pulsado y encendidos por alta frecuencia. Los equipos que cuentan con corriente alterna TIG AC-DC la corriente alterna de salida es necesaria para soldar aluminio.

También existen fuentes inversoras con salida de corriente constante/voltaje constante (CC/CV). La salida de corriente constante se usa para MMA, TIG y ranurado, mientras que la salida de CV se usa para la soldadura MIG y soldadura por arco con núcleo de fundente (FCAW) y dependiendo del rango de amperaje para SAW.

Algunas características típicas de la calidad de soldadura que proveen las máquinas soldadoras inverter son:

#### CALIDAD DE LA SOLDADURA

Las máquinas que usan tecnología inversora garantizan una gran penetración y estabilidad del arco, incluso cuando el voltaje en la red eléctrica no es estable o la corriente es débil.

#### EXCELENTE CEBADO O INICIO DEL ARCO

Los defectos de soldadura a menudo se producen durante el cebado o inicio del arco, porque este no puede establecerse rápidamente. Los equipos inversores proporcionan un cebado más estable del arco, que puede ayudar a asegurar la calidad de la soldadura evitando faltas de fusión en el primer cordón o empalme. Una sola reparación de soldadura podría costar mucho dinero y es mejor evitarla.

#### CONTROL DEL ARCO PARA LA SOLDADURA MMA

El control evita que el electrodo se pegue cuando el arco se hace demasiado corto. Esto es útil para una pasada de raíz en uniones con raíz abierta y ayuda al cebado del arco. Esta tecnología en Swiss se conoce como Arc Force.

## AMPLIO RANGO DE CONTROL DE LA INDUCTANCIA PARA LA SOLDADURA MIG

Esto permite el inicio de un arco más “suave” (más inductancia) o un arco “rígido”. Se añade más inductancia para una mejor humectación de las caras a soldar (especialmente en acero) o para reducir las salpicaduras, lo que puede ahorrar horas de rectificado post-soldadura.

## MEJOR SALIDA MIG PULSADA O TIG PULSADA

Dependiendo de la aplicación, el pulsado puede reducir la entrada de calor para obtener menor distorsión o perforación por quemado, mejorar la estética del cordón, reducir las salpicaduras, proporcionar el control del charco fuera de posición y aumentar la velocidad de desplazamiento.

## AJUSTE DE LA FRECUENCIA DE SALIDA Y CONTROL DE BALANCE EXTENDIDO PARA LA SOLDADURA TIG AC

Estas funciones permiten adaptar el perfil del cordón de soldadura para que coincida con la aplicación, a fin de mejorar la calidad de la soldadura, minimizar el rectificado post-soldadura y aumentar sustancialmente la velocidad de desplazamiento.

## CONSUMO ENERGÉTICO

La tecnología inversora ha tenido un gran efecto en la reducción de la carga a nivel de medioambiente, por lo que se trata de una tecnología más limpia. El consumo de energía de las fuentes de potencia disminuye notablemente con los inversores; esto se debe a que aprovechan mucho mejor la energía que consumen y tienen aproximadamente un 95% de eficiencia contra un 55% de los transformadores.

## CICLO DE TRABAJO

Los inversores garantizan un ciclo de trabajo o período en el que la máquina está soldando mucho más eficiente porque logra mantener una cierta cantidad de corriente durante más tiempo.

## PESO Y TAMAÑO

Los equipos inverter son aproximadamente tres veces más livianos y más compactos que el transformador de soldadura lo que permite su utilización en lugares de difícil acceso y realizar aplicaciones en altura. Muchos modelos incluyen una correa de hombro para que el operario pueda trasladar fácilmente la máquina.

## MÁQUINAS TRANSFORMADORAS DE (CA)

Las máquinas estáticas de corriente alterna son básicamente transformadores que reducen el voltaje de la red principal y aumenta el amperaje a través de unos dispositivos que estabilizan el flujo de corriente a un voltaje que permita soldar y consiste en el montaje de dos bobinas una primaria y una secundaria en un núcleo metálico magnético construido en placas de silicio. La bobina primaria está construida en un filamento de cobre de mayor diámetro que el de la secundaria por este motivo lleva menos vueltas.

Las bobinas están enrolladas a lado y lado del núcleo; la función de la bobina primaria es reducir el voltaje que entra al transformador de la red primaria, enviarla a la bobina secundaria a través del núcleo. La función del núcleo es la de convertir la energía eléctrica en magnética y enviarla a la bobina secundaria. La bobina secundaria es más grande, su filamento es más delgado y tiene mayor número de vueltas que el de la primaria. La función de las bobinas tanto primaria como secundaria es reducir el voltaje de entrada a la máquina y aumentar el amperaje de salida a la porta electrodo, proporcionando mayor calor en el arco.

## TRANSFORMADOR RECTIFICADOR DE CA Y CC

Las máquinas transformadoras rectificadoras son fuente de poder que se diferencian del transformador básico por tener montado adicional a las dos bobinas primaria y secundaria y su núcleo, un dispositivo que rectifica la corriente alterna convirtiéndola en corriente continua.

Su principio de funcionamiento es el mismo del transformador básico, reducir el voltaje de la red principal y aumentar el amperaje a través de sus dos bobinas. En estas máquinas la corriente alterna es rectificadora a través de un circuito cerrado compuesto por unos diodos que controlan el paso de la corriente eléctrica, separando los electrones de carga negativa, de los protones que son de carga positiva y utilizando sólo la corriente que necesita. La corriente que sale a los bornes (porta electrodo y masa) es la misma corriente alterna, pero rectificadora.

Los diodos son componentes de dos terminales cátodo y ánodo que permiten la circulación de la corriente en un solo sentido. Están formados por materiales semi-conductores como el silicio y el germanio.

Los transformadores rectificadores además traen un banco de recuperación de potencia compuesto por los capacitores que van montados en un disipador de calor, accesorio de aluminio o silicio que sirve de base para el montaje de los diodos, capacitores y tiristores, que son los que rectifican la corriente alterna; un circuito de alta frecuencia que automatiza y eleva el amperaje para facilitar la operación de soldaduras en metales no ferrosos tales como el aluminio y sus aleaciones; una válvula solenoide que controla la salida del gas de protección en la soldadura Tig y Mig y un motor ventilador que refrigera el sistema de transformadores, núcleo, diodos y disipador de calor.

Estas máquinas rectificadoras de alta frecuencia son controladas por unas tarjetas electrónicas de circuitos integrados protegidas por fusibles contra sobrecargas eléctricas. En el grupo de las rectificadoras se encuentran las máquinas de soldar multipropósito Tig, Mig y Stick.

## MOTOR-GENERADOR DE COMBUSTIÓN

Consiste en un motor de combustión interna, bien sea de gasolina o de ACPM, acoplado a un generador de corriente alterna o continua. Estas máquinas de soldar se utilizan en donde no existen medios de proporcionar energía eléctrica. Por ejemplo, en la construcción de oleoductos, montajes de plantas hidroeléctricas, plantas petroquímicas, en donde aún no se ha realizado el montaje eléctrico.

Estas máquinas tienen el mismo principio de funcionamiento de las máquinas convertidoras, lo que las diferencia es el sistema de motor que les proporciona el movimiento de giro. La primera consta de un motor eléctrico de corriente alterna accionado por la energía de la red principal y la segunda por un motor de combustión interna accionado por combustible hidrocarburo.



## 5 | LOS ELÉCTRODOS

Los materiales de aporte son muy importantes en el proceso de unión de materiales metálicos. La sociedad americana de la soldadura A.W.S (American Welding Society,) establece las especificaciones de fabricación de alambres y electrodos.

Los electrodos son varillas recubiertas, los alambres tienen una presentación en rollos metálicos de composición físico-química similar a la estructura y propiedades del metal base a ser soldado. Sirven no solo de material de aporte o de relleno, sino que deben cumplir una serie de requisitos mecánicos, físicos y químicos.

Los electrodos se clasifican en:

- Electrodos no metálicos.
- Electrodos metálicos.

## ELECTRODOS NO METÁLICOS

Son electrodos o varillas cuya base es carbón de grafito y vienen recubiertos por una capa de cobre para darle una mejor estabilidad de arco y a su vez cuerpo evitando su fragilidad. Su campo de utilización es en aplicaciones de ranurado por arco y aire.

## ELECTRODOS METÁLICOS

Constan de una varilla metálica cilíndrica, de composición determinada (Acero al carbón, acero inoxidable, níquel, cromo, manganeso, molibdeno, aluminio, cobre, etc.) A su vez se clasifican en:

- Electrodos metálicos desnudos.
- Electrodos metálicos revestidos.

## ELECTRODOS METÁLICOS DESNUDOS

Son varillas o alambres cilíndricos de metal de composición definida y se clasifican en:

- Electrodos metálicos desnudos no consumibles.
- Electrodos metálicos desnudos consumibles.

## ELECTRODOS METÁLICOS DESNUDOS NO CONSUMIBLES

Estos son electrodos no consumibles que se utilizan en el proceso de soldadura GTAW (Tig) para soldar con gas inerte de protección. No aportan material en la junta a soldar, su función principal es la de generar el arco eléctrico ionizando a través de un gas inerte.

La gran mayoría de electrodos no consumibles se caracterizan por estar constituidos de metales duros tales como:

- Tungsteno puro (W).
- Zirconio (Zr).
- Torio (Th).

La gran mayoría de estos electrodos no consumibles son aleaciones de Tungsteno con zirconio, o con torio, o lantano. Estas aleaciones son ideales para soldar aceros al carbono e inoxidables.

Los electrodos de tungsteno puro trabajan con corriente alterna, se emplean para soldar aluminio y sus aleaciones.

Los electrodos de zirconio trabajan con corriente alterna y se emplean para soldar titanio, los de torio se emplean para soldar acero al carbón, aceros aleados al Cr, Ni, Mn, Mo, Si, y aceros inoxidable con microestructura de tipo ferrítica, austenítica y martensítica.

## ELECTRODOS METÁLICOS CONSUMIBLES

Este tipo de electrodos se clasifican con base a su composición química en ferrosos (contienen hierro) y no ferrosos (no contienen hierro) Y a su vez se clasifican en sólidos y tubulares.

La presentación de este tipo de electrodos es en varillas y en alambres cuya presentación es en rollos de peso de 1kg, 2kg, 5kg 15kg y se utilizan en los siguientes procesos de soldadura:

- OFW (OXICOMBUSTIBLE).
- GTAW (TIG).
- GMAW (MIG-MAG).
- FCAW (FLUX CORED WELDING).
- SAW (ARCO SUMERGIDO).

## EL PROCESO OFW: (OXI-COMBUSTIBLE)

Se utilizan electrodos desnudos sólidos ferrosos y no ferrosos, la presentación es de varillas de 90 centímetros de longitud de bajo contenido de carbono y en materiales no ferrosos tales como el aluminio y sus aleaciones, cobres y sus aleaciones, plata, latón, bronce etc. El diámetro comercial para estos aportes es de 1/16", 3/32", 1/8", 5/32", 3/16".

### EL PROCESO GTAW (**TIG**)

Se utilizan electrodos sólidos desnudos ferrosos y no ferrosos en forma de varillas conocido con el nombre de aporte con diámetros de 1/16", 3/32", 1/8", 5/32", y longitud de 90 centímetros. Las aleaciones más comerciales son de bajo, mediano y alto contenido de carbono, además de los aportes para aceros aleados al Cr, Ni, Mn, Mo, Si, también se utilizan con mucha frecuencia los aceros inoxidable tipo ferríticos, auténticos y martensíticos, que se deben trabajar siempre con gas inerte de protección.

### EL PROCESO GMAW (**MIG-MAG**)

Se utilizan alambres sólidos y tubulares con metal interno de tipo ferrosos y no ferrosos con gas de protección Inerte o activo. Entre los ferrosos se encuentran los de bajo contenido de carbono, los aleados y los inoxidables. El campo de utilización más amplio está en aceros de bajo carbono, aunque se ha desarrollado una mayor utilización de aplicación en el aluminio y sus aleaciones donde se emplea alambre de aluminio como metal no Ferroso.

### EL PROCESO FCAW (**FLUX-CORED**)

Se utilizan alambres desnudos tubulares con fundente en el núcleo, se comercializan para soldar acero de bajo y mediano contenido de carbono con y sin protección gaseosa, también existen para soldaduras de acero inoxidable y de recubrimientos duros.

## 5.1 CLASIFICACIÓN DE LOS ELÉCTRODOS POR LA AWS

---

La asociación americana de la soldadura AWS (American Welding Society) desarrolla proceso de clasificación de los electrodos, alambres y aportes en especificaciones con el fin de agrupar y clasificar los metales de aporte de manera clara y sistemática. Por ejemplo, la clasificación de los electrodos para soldaduras de aceros al carbón se encuentra agrupados en la especificación AWS A.5.1 en donde se les designa con una letra y cuatro dígitos para su respectiva clasificación de la siguiente manera:

E – XXXX

En donde el prefijo “E” significa: Electrodo Manual Revestido. Los dos primeros dígitos seguidos del prefijo “E” se refiere a la resistencia de la tracción de la soldadura en miles de libras por pulgada cuadrada del metal depositado. Eje: E-60XX, esto quiere decir que se trata de un electrodo manual revestido que genera un metal depositado del cual cada pulgada cuadrada de soldadura soporta 60.000 mil libras de tensión o tracción.

El tercer dígito, que puede ser: 1, 2 o 3 y 4 se refiere a las posiciones a soldar. Cuando el número es:

“1” Quiere decir que el electrodo opera en todas las posiciones (1F, 2F, 3F, 4F o 1G, 2G, 3G, 5G, 6G.)

“2” Trabaja en posición plana y horizontal (1F, 2F o 1G, 2G).

“3” Trabaja en posición plana (1F, 1G.)

“4” Trabaja en posición vertical descendente. VD.

El cuarto dígito acompañado del tercero indican el tipo de revestimiento, tipo de corriente y polaridad con que trabaja el electrodo.

El cuarto dígito que la AWS les designa a los electrodos revestidos es muy importante en los electrodos ya que indica el tipo de revestimiento, en los cuales se puede fácilmente identificar y poder hacer la elección correcta de acuerdo al tipo de trabajo a realizar.

- El "0" Indica que el revestimiento es de tipo Celulósico al sodio P.I. CC.
- El "1" Indica que es Celulósico al potasio P.I. CA. / CC.
- El "2" Indica que es de Rutilo P.D. CC.
- El "3" Indica que es de Rutilo PD. CA / CC.
- El "4" Indica que es de Rutilo Polvo de Hierro P.I. CA /CC.
- El "5" Indica que es de Bajo Hidrógeno P.I. CC.
- El "6" Indica que es Bajo Hidrógeno P.I. CA / CC.
- El "7" Indica que es Oxido Polvo de Hierro P.I. CA / CC.
- El "8" Indica que es Bajo Hidrógeno Polvo de Hierro P.I. CC.

## ¿CÓMO CALCULAR EL AMPERAJE EN LOS ELECTRODOS?

El tipo de revestimiento en los electrodos designa la intensidad de calor que requiere para poderse fundir de manera adecuada el electrodo.

Cada electrodo requiere un mínimo de amperaje para funcionar de manera adecuada, este se calcula de la siguiente manera:

Cada amperio es igual a una milésima de pulgada del diámetro del núcleo del electrodo.

Ejemplo:

Un electrodo de diámetro de 1/8" es igual a 0.125 milésimas de pulgada, esto quiere decir que el Amperaje requerido en este electrodo es de 125 Amperios, así:

-1 dividido entre 8 = 0.125

-0.125 es el valor de la fracción en milésimas de pulgada que a su vez se toma como amperaje recomendado.



Partiendo de esta fórmula, se puede calcular el amperaje de todo electrodo, teniendo en cuenta que los electrodos terminados en:

2, 3, y 4 son de revestimiento rutilico y el amperaje se calcula igual.

Para los electrodos terminados en: 0 y 1 los cuales su revestimiento es celulósico el amperaje se calcula igual, pero se les resta el 20% al amperaje requerido por la fórmula.

Ejemplo:

$$1/8'' = 0.125''$$

$$0.125'' = 125 \text{ Amp.}$$

$$125 - 20\% = 100 \text{ Amp.}$$

Para los electrodos terminados en: 5, 6, y 8 los cuales su revestimiento es de tipo bajo hidrógeno y funcionan con el 10% más de lo requerido por la fórmula.

Ejemplo:

$$1/8'' = 0.125''$$

$$0.125'' = 125 \text{ Amp.}$$

$$125 + 10\% = 135 \text{ Amp.}$$

**NOTA: Existe otra regla para determinar el amperaje correcto y es el de calcular de 30 a 40 amp, \*mm de espesor de la chapa a soldar.**

**Hay electrodos que además de los cuatro dígitos, tienen adicional una vocal o consonante y un número al final, esto indica el tipo de aleación del electrodo y su amperaje se calcula igual.**

**A continuación, tipos de electrodos diámetros y rangos de amperajes recomendados.**

### CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS RECOMENDADAS

ELECTRODO	DIÁMETRO	AMPERAJE
E6010	3/32"	60 - 90
E6010	1/8"	80 - 120
E6012	3/32"	40 - 90
E6012	ELECTRODO	80 - 120
E6013	3/32"	30 - 80
E6013	ELECTRODO	80 - 120
E7018	3/32"	70 - 120
E7018	1/8"	100 - 150
E7018	5/32"	120 - 200
E7024	1/8"	120 - 150
E7024	5/32"	180 - 230
E7024	3/16"	250 - 300

ELECTRODO	DIÁMETRO	AMPERAJE
E7018A1	3/32"	70 - 90
E7018A1	1/8"	100 - 150
E8018B2	3/32"	75 - 105
E8018B2	1/8"	100 - 150
E9018B3	3/32"	75 - 105
E9018B3	1/8"	100 - 150

## CLASIFICACIÓN Y ESPECIFICACIÓN DE LOS ELECTRODOS SEGÚN LA AWS

ESPECIFICACIÓN DE LA AWS	TITULO DE LAS ESPECIFICACIONES	OFW	SMAW	GTAW	GMAW	SAW	OTRO
<b>A5.1</b>	Electrodos revestidos de acero al carbón para soldadura por arco eléctrico.		X				
<b>A5.2</b>	Varillas de acero al carbón para soldadura con gas	X					
<b>A5.3</b>	Electrodo con aleación de aluminio para soldadura por arco eléctrico.		X				
<b>A5.4</b>	Electrodos de cromo y níquel resistentes a la corrosión y altas temperaturas		X				
<b>A5.5</b>	Electrodos de baja aleación para soldadura por arco eléctrico		X				
<b>A5.6</b>	Electrodos de cobre y aleaciones de cobre para soldadura por arco eléctrico		X				
<b>A5.7</b>	Varillas y alambres desnudos de cobre para aporte.	X		X			PAW
<b>A5.8</b>	Metal de aporte para soldadura fuerte						BZ
<b>A5.9</b>	Electrodos aleados al cromo y cromo níquel para la resistencia a la corrosión			X	X	X	PAW
<b>A5.10</b>	Electrodos desnudos de aluminio y sus aleaciones para soldadura con protección gaseosa	X		X	X		PAW
<b>A5.11</b>	Electrodos de níquel para fundición por arco eléctrico		X				
<b>A5.12</b>	Electrodos de tungsteno para soldaduras por arco eléctrico con protección gaseosa			X			PAW
<b>A5.13</b>	Varillas desnudas para soldaduras de recubrimiento	X		X			CAW
<b>A5.14</b>	Varillas desnudas y alambres sólidos de níquel y aleaciones de níquel	X		X	X	X	PAW
<b>A5.15</b>	Varillas desnudas y electrodos revestidos para soldaduras de hierro fundido	X	X				CAW

## CLASIFICACIÓN Y ESPECIFICACIÓN DE LOS ELECTRODOS SEGÚN LA AWS

ESPECIFICACIÓN DE LA AWS	TITULO DE LAS ESPECIFICACIONES	OFW	SMAW	GTAW	GMAW	SAW	OTRO
A5.16	Varillas y alambres electrodos desnudos para soldaduras de titanio y sus aleaciones		X				PAW
A5.17	Fundente para SAW	X					
A5.18	Aporte de acero al carbono para proceso GMAW		X				
A5.19	Varillas y electrodos desnudos para soldaduras de magnesio		X				PAW
A5.20	Electrodos tubulares de acero al carbón con fundente en el núcleo		X				FCA W
A5.21	Electrodos de cobre y aleaciones de cobre para soldadura por arco eléctrico		X				
A5.22	Electrodos tubulares con fundente en el núcleo aleados al cromo y cromo - níquel	X		X			FCA W
A5.23	Electrodos sólidos desnudos y fundentes granular para SAW						
A5.24	Electrodos desnudos de zirconio que no aportan metal para el proceso de soldadura TIG			X	X	X	PAW
A5.25	Elementos consumibles para soldadura por electro-escoria de aceros de alta resistencia	X		X	X		ESW
A5.26	Elementos consumibles para soldaduras por electro escoria para aceros de baja aleación		X				FCA W ESW
A5.27	Varillas para soldaduras de cobre con gas			X			
A5.28	Aportes para soldaduras de baja aleación con gas de protección	X		X			PAW
A5.29	Electrodos desnudos tubulares con fundente en el núcleo para aceros de baja aleación	X		X	X	X	FCA W
A5.30	Insertos consumibles para el proceso de soldadura GTAW	X	X				
A5.31	Fundentes para soldaduras fuertes	X	X				BR

## 5.2 CLASIFICACIÓN DE LOS ELÉCTRODOS SEGUN LA AWS-A .1

---

Dependiendo de la clase de revestimiento la AWS – A 5.1 clasifica los electrodos de acero al carbono en los siguientes grupos:

1. Alto oxido de titanio y potasio.
2. Alto óxido de hierro.
3. Polvo de hierro y óxido de hierro.
4. Polvo de hierro y oxido de titanio.
5. Bajo hidrógeno sodio.
6. Bajo hidrógeno potasio.
7. Bajo hidrógeno polvo de hierro.
8. Alta celulosa sodio.
9. Alta celulosa potasio.
10. Alto oxido de titanio y sodio.

## 5.3 PARTES DEL ELECTRODO REVESTIDO

---

### FUNCIONES DEL NÚCLEO

El núcleo cumple dos funciones muy importantes: Conducir la electricidad y aportar material de relleno.

### FUNCIONES DEL REVESTIMIENTO

El revestimiento de un electrodo tiene varias funciones. El 90% del trabajo lo ejerce el revestimiento y entre las funciones más importantes se tienen:

- Función mecánica.
- Función eléctrica.
- Función metalúrgica.
- Función protectora.
- Función térmica.

### FUNCIÓN ELÉCTRICA

Esta función permite mantener el arco estable y el elemento que ayuda a lograr esta función es el dióxido de titanio.

## FUNCIÓN MECÁNICA

Esta función es la encargada de guiar el arco en una determinada dirección y concentrarlo sobre la junta, además favorece la buena penetración del cordón de soldadura en el metal base.

El revestimiento cumple con una condición de velocidad de fusión más tardía que la del núcleo, a fin de que se forme un cráter en el extremo del electrodo de longitud adecuada, evitando así que el electrodo se pegue al material base cuando estamos soldando.

## FUNCIÓN METALÚRGICA

Esta función la cumple la escoria, afinando el cordón de soldadura, mejorando las propiedades mecánicas del metal depositado con la función de aporte de elementos de aleación en algunos electrodos, además sirve como método de limpieza del charco fundido de las impurezas tales como: Fósforo (P) y Azufre (S).

## FUNCIÓN PROTECTORA

Esta función cumple la propiedad de proteger el baño o charco de metal fundido contra los agentes contaminantes del aire tales como el Oxígeno (O<sub>2</sub>) y el Nitrógeno (N<sub>2</sub>), durante el proceso que sufre el metal fundido pasando de estado líquido a sólido cuando se está fundiendo el electrodo y la pieza a soldar. El elemento que hace esta función se llama carbonato de Calcio.

## FUNCIÓN TÉRMICA

Esta función la ejerce la escoria ya que es la encargada de retardar el enfriamiento del metal depositado dando así un tratamiento térmico correcto al cordón de soldadura.

Estas funciones facilitan el encendido y estabilizan el arco, reemplazan ciertos elementos del metal de aporte que se volatilizan debido a las altas temperaturas del arco, permiten el empleo de corriente alterna y continua en algunos electrodos, ayudan al control de la penetración balanceando la energía del arco, mejoran las propiedades de la zona de fusión, proveen elementos desoxidantes y desulfurantes y aportan elementos de aleación adicionales tales como: Cr, Mn, Ni,

## 5.4 SELECCIÓN Y RECOMENDACIÓN DE ELECTRODOS ALAMBRES Y APORTES SEGÚN EL PROCESO

---

Hay que tener en cuenta los siguientes 7 factores que son fundamentales en la selección de electrodos para la soldadura por arco eléctrico:

1. Identificar el metal base.
2. Establecer el proceso y tipo de conexión eléctrica.
3. Conocer la posición con la cual debe efectuarse la soldadura.
4. Conocer espesor y forma del metal base.
5. Conocer el diseño de la junta.
6. Conocer las especificaciones de servicios requeridas para la junta.
7. Verificar la eficiencia del proceso y rapidez en la operación.

Una vez escogido el proceso de soldadura teniendo en cuenta el material a soldar es necesario revisar la conexión eléctrica y la posición a soldar con el fin de analizar la habilidad del operario, revisar todas las especificaciones referentes a espesor de material y diseño de junta. Es fundamental el análisis de las condiciones de servicio de la unión soldada con el fin de garantizar una soldadura de calidad.

### ELECTRODOS Y ALAMBRES PARA SOLDAR

Los electrodos y alambres se clasifican según los materiales a soldar a continuación los más relevantes.

- Electrodos y alambres para soldar aceros al carbón.
- Electrodos y alambres para soldar aceros de baja aleación.
- Electrodos y alambres para soldar aceros inoxidables.
- Electrodos para hacer ranuras, chaflanes y perforaciones (Electrodos Herramientas).
- Electrodos y alambres para soldar HF (fundiciones grises maleables y Nodulares).
- Electrodos y alambres para reconstruir piezas sometidas al desgaste.
- Electrodos varillas y alambres para soldar cobres y aleaciones de cobre.
- Electrodos y varillas alambres para soldar aluminio y aleaciones de aluminio.
- Electrodo de Tungsteno no consumible para soldar por el proceso GTAW (TIG)

## ELECTRODOS Y ALAMBRES PARA SOLDAR ACEROS AL CARBÓN

Para las soldaduras de aceros al carbono podemos utilizar electrodos revestidos o alambres. La clasificación para este tipo de materiales está consignada en las especificaciones de AWS A5, 1 , AWS A 5.18 y la AWS. A.5.20.

Para los electrodos la clasificación se establece de la siguiente manera: E XX-X-X donde la letra E indica que es un electrodo revestido, los dos siguientes números hacen referencia a la resistencia a la atracción.

Por ejemplo, 70 es igual a 70.000 libras por pulgada cuadrada; el siguiente numero hace referencia a la posición a soldar, la más comercial es la 1 donde indica que se puede trabajar en todas las posiciones a soldar el último digito hace referencia al tipo de revestimiento los terminados en 0 y 1 son de tipo celulósico, los terminados en 2, 3, y 4 son tipo rutilico los terminados en 5, 6, 7 y 8 su revestimiento es básico de bajo hidrogeno.

Para los alambres y varillas de aporte la especificación AWS A5.18 establece la clasificación de la siguiente manera. ER 70S-6 donde el prefijo ER nos indica que es electrodo en forma de alambre, los 2 siguientes números hacen referencia a la resistencia a tracción ejemplo 70.000 libras por pulgada cuadrada, la letra S indica que este alambre y es de tipo sólido.

El último número hace referencia a elementos de aleación como porcentajes de Silicio y Manganeso que tiene el alambre, los cuales ayudan a evacuar las impurezas del acero a la superficie del metal de soldadura.

Para los alambres tubulares de aceros al carbono la especificación es la AWS A.5.20 y están clasificados de la siguiente manera ER 71T-1 igual que los alambres solidos las letras ER hacen referencia que es un electrodo en forma de alambre, el siguiente número 7 hace referencia a la resistencia a la tracción expresado en 70.000 libras por pulgada cuadrada, el siguiente numero en este caso el 1 indica la posición a soldar, la letra T indica que es un alambre de tipo tubular esto quiere decir que internamente tiene fundente y los últimos números referencian el tipo de corriente y si requieren gas o no lo requieren.

## ELECTRODOS Y ALAMBRES PARA SOLDAR ACEROS DE BAJA ALEACIÓN

Para este tipo de electrodos las especificaciones es AWS A.5.5, para alambres sólidos la AWS A.5.28, y para alambres con núcleo fundente AWS A.5.29 estos presentan la misma clasificación, pero se les agrega una letra y un número, el cual hace referencia a los elementos de aleación adicionales que se agregan en la formulación.

SUFIJO	COMPOSICIÓN QUÍMICA
A1	C-Mo (0.40 -0.60 Mo)
B1	Cr-Mo (0.40-0.65 Cr, 0.40-0.65 Mo)
B2	Cr-Mo (1.0-1.5 Cr-0.40-0.65 Mo)
B3	Cr-Mo (2.0-2.5 Cr-0.90-1.20 Mo)
B4	Cr-Mo (1.75-2.25 Cr-0.40-0.65 Mo)
B5	Cr-Mo (0.40-0.60 Cr-1.0-1.25 Mo)
C1	Ni (2.0-2.75 Ni)
C2	Ni (3.0-3.75 Ni)
C3	Ni (0.80-1.1 Ni- 0.15 Cr- 0.35 Mo)
D1	Mn- Mo (0.25-0.45 Mo - 1.25-1.75 Mn)
D2	Mn- Mo (0.25-0.45 Mo 1.65-2.2 Mn)
D3	Mn- Mo (0.40-0.65 Mo- 1.0- 1.75 Mn)

## ELECTRODOS Y ALAMBRES PARA SOLDAR ACEROS INOXIDABLES.

Los electrodos para aceros inoxidable la AWS establece la siguiente especificación AWS A5.4 para alambres sólidos, la AWS A.5.9 y para alambres tubulares AWS A.5.22. con base a la especificación A5.4 se les designa con un prefijo E y tres dígitos, una o dos consonantes que pueden ser: L, H o M y dos o tres dígitos más.

El prefijo: E significa Electrodo manual revestido. Los tres primeros dígitos: E – XXX son la clase de acero inoxidable y su composición química; en seguida de los 3 dígitos se establece una letra la cual indica el contenido de carbono del acero. L (LOW) indica bajo carbono M(MEDIUM) medio carbono y H (HIGH) alto porcentaje de carbono.

El dígito seguido de la letra indica la posición a soldar; si termina en No. 1 quiere decir que se puede soldar en todas las posiciones, si es terminado en No. 2 se puede soldar en posición horizontal, si termina en No. 3 la soldadura se puede aplicar en posición vertical. si termina en No. 5 quiere decir que trabaja con corriente continua polaridad invertida y si termina en No. 6 trabaja con ambas corrientes polaridad invertida.

El siguiente número que puede ser 5 o 6 hace referencia al tipo de revestimiento y tipo de corriente al que se puede trabajar el electrodo. Para el caso de los alambres la especificación indica lo siguiente: ER XXX L. Por ejemplo, ER 308L.

Las letras ER indica que es electrodo en forma de alambre, los siguientes 3 números hacen referencia a la composición química del alambre en el ejemplo del 308 indica que es un alambre de composición química tipo 18% Cr y 8 % Ni; también los alambres pueden ir acompañados de letras como L, M, H.

Los alambres tubulares para aceros inoxidables tienen una clasificación muy similar a la de los alambres sólidos ER308 LT1 en donde el prefijo ER hacen referencia que es un alambre el 308 referencia la composición química del acero al inoxidable, la letra L en este caso referencia al porcentaje de bajo carbono, la letra T indica que es un alambre de tubular y el último dígito hace referencia al tipo de corriente polaridad y tipo de gas de protección.

### ELECTRODOS PARA HACER RANURAS, CHAFLANES Y PERFORACIONES (ELECTRODOS HERRAMIENTAS)

Son electrodos especiales para realizar procesos de corte, ranurados en la gran mayoría de metales sin suministro de aire u oxígeno, para la preparación de chaflanes corte de chatarra y eliminar rebabas.

## ELECTRODOS Y ALAMBRES PARA SOLDAR HF. (FUNDICIONES GRISES, MALEABLES Y NODULARES)

Los electrodos para soldaduras de fundición o hierro colado están descritos en la especificación de AWS A.5.15 y los alambres están AWS.A 5.14. Los electrodos tienen un tipo de revestimiento básico que envuelven el núcleo de níquel, ideal para soldar fundiciones de hierro. Los alambres de níquel muy poco se utilizan por su alto costo de producción.

## ELECTRODOS Y ALAMBRES PARA RECONSTRUIR PIEZAS SOMETIDAS AL DESGASTE

En este grupo se clasifica una serie de electrodos y de alambres que se usan para reconstruir o revestir piezas que han estado o van a estar sometidas al desgaste. Las normas en las que están establecidas las características de estos electrodos y alambres ya no establecidos por la AWS sino por la norma europea, en el caso de los electrodos y alambres la norma de referencia es EN14700.

Las principales características que deben cumplir los electrodos pertenecientes a este grupo son las siguientes:

- Resistencia a la abrasión. Resistencia a la erosión.
- Resistencia a la corrosión.
- Resistencia a la fricción metal – metal.
- Resistencia al impacto.
- Resistencia a las altas temperaturas.

## ELECTRODOS VARILLAS Y ALAMBRES PARA SOLDAR COBRES Y ALEACIONES DE COBRE

Estos electrodos y alambres están consignados en la especificación de la AWS A5.6 en este estándar se consignan las variables de fabricación de los electrodos de cobre y aleaciones de cobre. En la AWS A.5.7 en esta norma esta consignados todas las variables de fabricación de alambres y aportes de cobre y aleaciones de cobre.

## ELECTRODOS Y VARILLAS ALAMBRES PARA SOLDAR ALUMINIO Y ALEACIONES DE ALUMINIO

Este grupo de electrodos y alambres están consignados en las especificaciones de AWS para los electrodos revestidos la especificación es AWS A 5.3 y para alambres y aportes se establece la AWS A 5.10.

El Aluminio de símbolo ( Al ), es el elemento metálico más abundante en la corteza terrestre, su número atómico es 13 y se encuentra en el grupo 13 de la tabla periódica. El aluminio se encuentra normalmente en forma de silicato de aluminio puro o mezclado con otros metales como el sodio, potasio, hierro, calcio y magnesio pero nunca como metal libre.

La designación del aluminio consta de un sistema de numeración de cuatro dígitos, en donde el primero indica el grupo de aleación; el segundo señala el cambio de la aleación original o límites de impureza; el cero se utiliza para la aleación original y los enteros del uno al nueve indican la modificación de la aleación. En el grupo 1XXX se indica el grado mínimo de pureza del 99%. Los dos últimos dígitos son los mismos que los dos a la derecha del punto decimal en el porcentaje mínimo de aluminio cuando se expresa a casi el 0.01% de este modo se expresa que el 1060 indica un material de 99.60% mínimo de pureza de aluminio y ningún control especial sobre las purzas individuales.

ELEMENTO DE ALEACIÓN	NÚMERO DE ALEACIÓN
Aluminio 99%	1XXX
Cobre	2XXX
Manganeso	3XXX
Silicio	4XXX
Magnesio	5XXX
Magnesio y Silicio	6XXX
Zinc	7XXX
Otro elemento	8XXX
Series no utilizadas	9XXX

## ELECTRODO DE TUNGSTENO NO CONSUMIBLE PARA SOLDAR POR EL PROCESO GTAW (TIG)

Los electrodos no consumibles también se encuentran clasificados en la norma de AWS A.5.12. Estos electrodos son de Tungsteno con elementos de aleación.

En la siguiente tabla se registran todas las aleaciones y la descripción por color.

ALEACIÓN	AWS	ISO	CANTIDA DE OXIDO
2% Thorio	<b>EWTH-2</b>	<b>WT20</b>	1.7-2.2% ThO <sub>2</sub>
2% Cerio	<b>EWCe-2</b>	<b>WC20</b>	1.8-2.2% CeO <sub>2</sub>
1½% Lanthanio	<b>EWLa-1.5</b>	<b>WL20</b>	1.3-1.7% La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
1% Lanthanio	<b>EWLa-1</b>	<b>WL10</b>	0.8-1.2% La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Zirconio	<b>EWZr-1</b>	<b>WZ3</b>	0.15-0.40% ZrO <sub>2</sub>
Puro	<b>EWP</b>	<b>W</b>	Ninguno



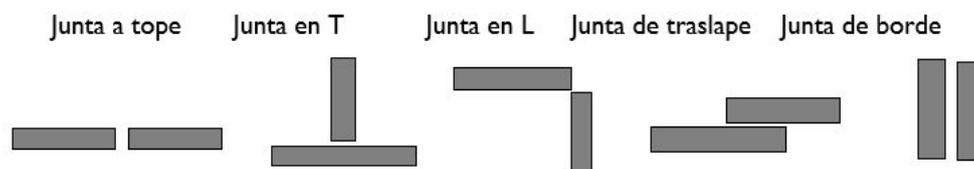


# 6 | GEOMETRÍA DE LAS UNIONES DE SOLDADURA

Existen cinco tipos básicos de junta de soldaduras que hacen referencia a su forma geométrica, son fundamentales para lograr una unión entre dos materiales metálicos y se diferencian entre sí por la forma como se ensamblan.

1. Junta a tope.
2. Junta en T.
3. Junta en L.
4. Junta de traslape o solape.
5. Junta de borde.

## CLASIFICACIÓN GENERAL DE JUNTAS



## CÓMO SELECCIONAR UN DISEÑO DE JUNTA SOLDADA

La mayoría de los diseñadores metal-mecánicos se basan en los cinco tipos básicos de carga sobre una construcción soldada para realizar un análisis de esfuerzos en las estructuras a construir. El diseñador debe determinar completa y exactamente las cargas que se encontrarán.

- Carga de tensión o contracción.
- Carga de compresión.
- Carga de flexión.
- Carga de torsión.
- Carga de cizallamiento o de corte.

## EL ANÁLISIS DE ESFUERZO DEBE COMPRENDER

Las cargas estáticas y dinámicas incluyendo el impacto y la fatiga que se puedan presentar.

## LA ESTRUCTURA DEBE SOPORTAR

Su propio peso, las cargas muertas, las cargas superpuestas y las fuerzas producidas por todas las condiciones de servicio, así como las cargas y fuerzas centrífugas, acciones frenantes, transmisión de carga y cargas en la construcción.

Al considerar cargas y esfuerzos en una construcción soldada, hay que recordar que dicha construcción es una estructura monolítica y que todas las piezas deben trabajar juntas.

Esto quiere decir que una carga impuesta en uno de sus miembros estructurales soldados se transmite a través de las uniones de soldadura. Los diseños de soldadura se clasifican en estos grupos.

- Diseño de soldadura estructural.
- Diseño de soldadura mecánica.

## DISEÑO DE SOLDADURA ESTRUCTURAL

Se refiere a estructuras grandes que generalmente están constituidas por secciones de aceros rolados en caliente como ángulos, barras, vigas, placas, etc., conectadas por soldaduras en sus puntos de intersección.

## DISEÑO DE SOLDADURA ESTRUCTURAL

Se refiere a estructuras grandes que generalmente están constituidas por secciones de aceros rolados en caliente como ángulos, barras, vigas, placas, etc., conectadas por soldaduras en sus puntos de intersección.

$$S = \frac{F}{A} \quad \text{O bien} \quad S = \frac{F}{t l}$$

**Donde:**

- S** = Carga de tensión
- F** = Fuerza de tracción axial
- A** = Área de la sección transversal
- t** = Espesor del material

Entonces la carga axial (F) que significa fuerza de tensión o tracción se divide por la carga paralela al eje que es el área de la sección transversal (A) que es el producto del espesor y la anchura del material (t, l).

**Nota: las técnicas de análisis de diseño son diferentes para cada uno de los procesos (Estructural y Mecánico).**

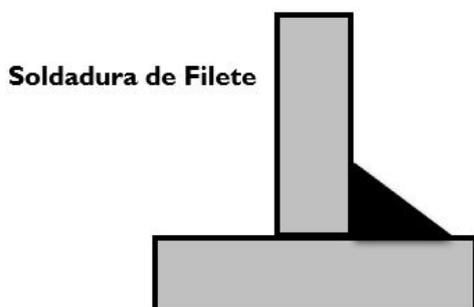
## 6.1 CATEGORÍAS DE SOLDADURA

Independiente del proceso de soldadura existen categorías de soldadura, que hacen referencia a la forma de la soldadura aplicada.

Las 2 más comunes son:

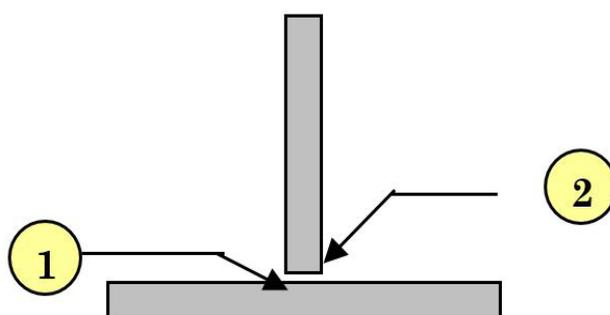
- Categoría de soldadura de filete.
- Categoría de soldadura de bisel.

## CATEGORÍAS DE SOLDADURA BÁSICAS



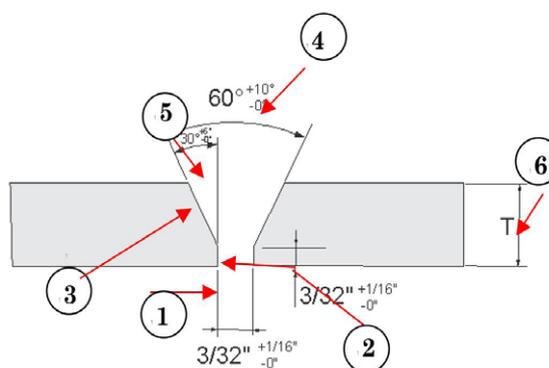
### PARTES BÁSICAS DE UNA JUNTA DE FILETE

Junta: sitio preparado técnicamente o no en donde se aplicará la soldadura.



### PARTES BÁSICAS DE UNA JUNTA DE BISEL

1. Abertura de la raíz.
2. Cara de la raíz (hombro).
3. Cara del bisel.
4. Angulo del chaflán.
5. Angulo de bisel.
6. Espesor de la lamina.



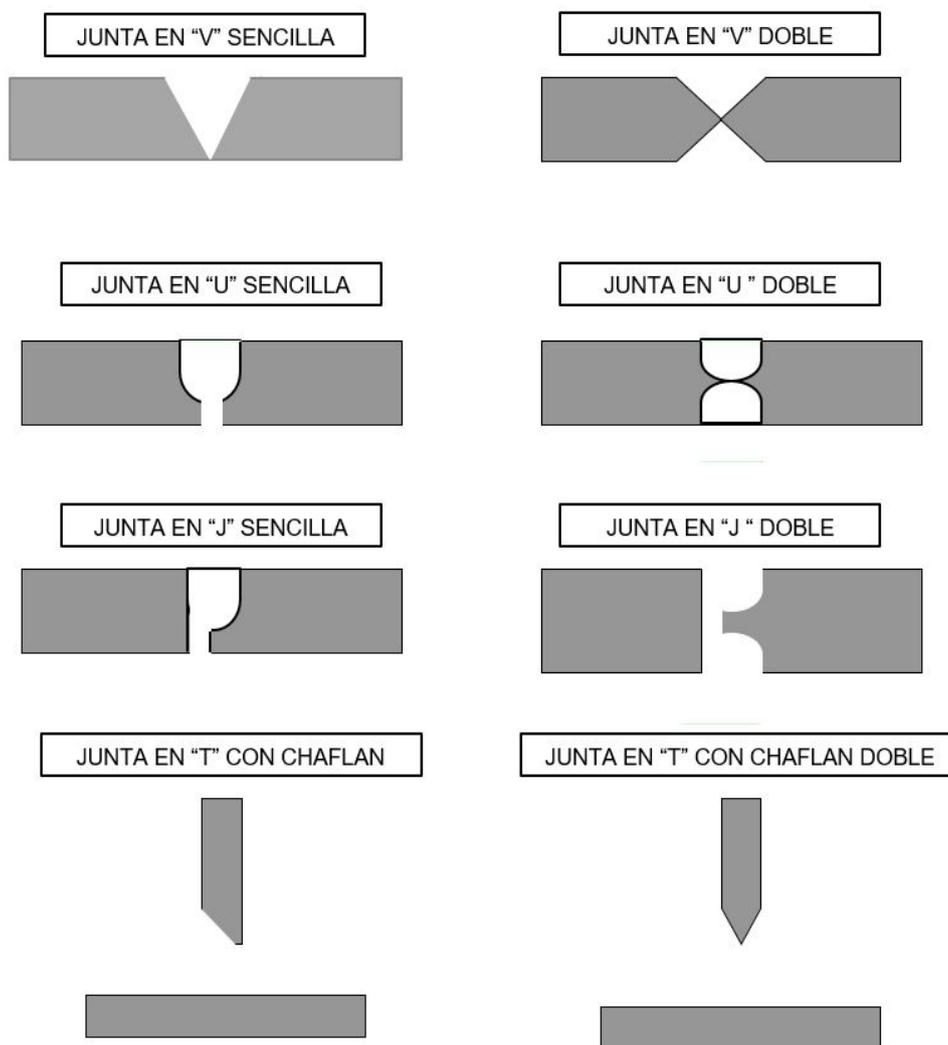
### SOLDADURAS DE FILETE

Las sueldas a Filete se identifican con la letra "F" y se ensambla con o sin chaflán de acuerdo al diseño de junta. Para identificar las posiciones de soldeo en juntas de filete se le antepone a la letra "F" el número correspondiente a la posición del soldeo. Ejemplo: 1F = Posición Plana etc.

## SOLDADURAS DE BISEL

Cualquier proceso de soldadura tiene como función el obtener una unión entre dos o más objetos. El punto donde se hace o ha de lograr la unión se denomina Junta y cuando se ha realizado la unión con soldadura, el punto se llama Ensamble o Junta Soldada.

A continuación, se brindan como ejemplo los tipos de bisel más comunes que se pueden presentar en los diseños de las estructuras soldadas.



## 6.2 POSICIONES BÁSICAS DE SOLDEO

En los procesos de soldadura por arco eléctrico como el MMA, GMAW, GTAW, FCAW la soldadura se puede aplicar en las siguientes posiciones:

- PLANA=(P).
- VERTICAL=(V).
- HORIZONTAL=(H).
- SOBRE CABEZA. =(SC).

### SOLDADURA DE FILETE

Las posiciones de soldeo se identifican de la siguiente manera:

- 1F=Posición Plana.
- 2F = Posición Horizontal.
- 3F = Posición Vertical.
- 4F = Sobre Cabeza.

### SOLDADURA DE BISEL

Las posiciones de soldeo se identifican de la siguiente manera:

- 1G=Posición Plana.
- 2G = Posición Horizontal.
- 3G = Posición Vertical.
- 4G = Sobre Cabeza.

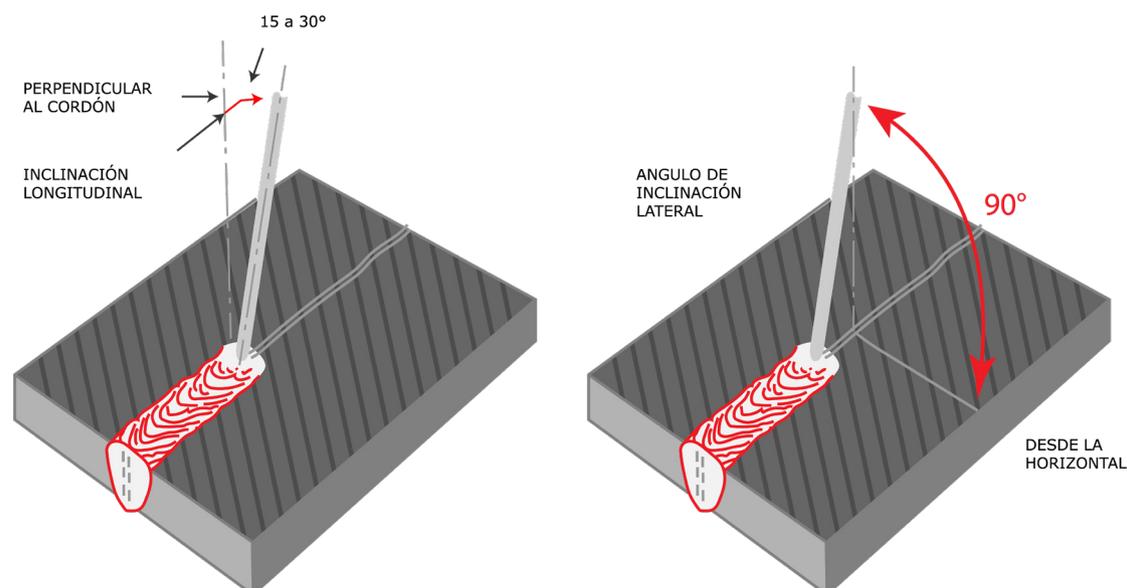
### SOLDADURAS DE TUBERÍA

las posiciones de soldeo se clasifican en:

- 2G = Horizontal.
- 5G = Vertical ascendente o descendente, 6G a 45°.

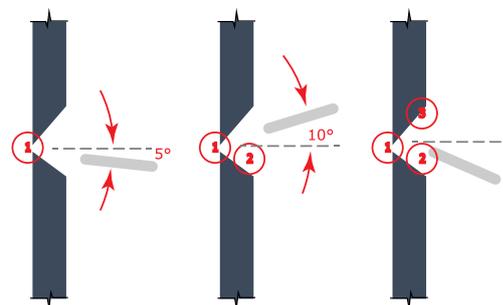
### POSICIÓN PLANA

Es aquella en la cual el soldeo se efectúa desde el lado superior de la unión, la pieza permanece en un plano horizontal a 180° grados debajo de la mano con respecto a la superficie de la mesa de trabajo y el metal se deposita en forma plana, dando como resultado un cordón de soldadura plano, homogéneo y de buena apariencia. Siempre que sea posible se debe utilizar esta posición ya que esta evita pérdidas tanto de tiempo como de material de aporte.



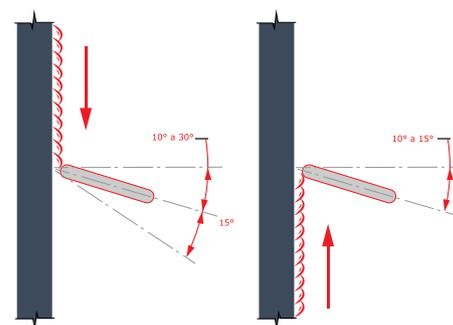
## POSICIÓN HORIZONTAL

Es aquella en la cual el soldeo se efectúa desde el lado superior de la unión, la pieza permanece en un plano horizontal a  $180^\circ$  grados debajo de la mano con respecto a la superficie de la mesa de trabajo y el metal se deposita en forma plana, dando como resultado un cordón de soldadura plano, homogéneo y de buena apariencia. Siempre que sea posible se debe utilizar esta posición ya que esta evita pérdidas tanto de tiempo como de material de aporte.



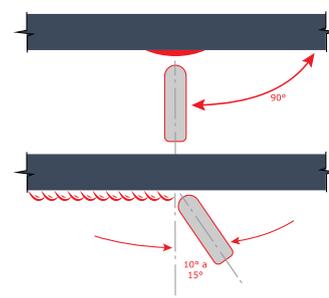
## POSICIÓN VERTICAL

Posición vertical la siguiente figura muestra esquemáticamente esta posición, los cordones se ejecutan siguiendo la dirección de un eje vertical. El electrodo se puede desplazar de dos maneras: subiendo o bajando.



## POSICIÓN SOBRE CABEZA

A diferencia de la posición plana la mano se coloca debajo del trabajo y la soldadura se ejecuta de la manera como se ilustra en la figura.



Las cuatro posiciones anteriores son las más usuales e importantes. En la práctica se pueden presentar trabajos donde se utilizan posiciones intermedias como lo puede ser en un plano inclinado. También se puede presentar el caso de trabajos donde la unión se completa utilizando dos o más posiciones en la soldadura de tuberías de oleoducto. Por ejemplo, la unión se logra utilizando básicamente la posición plana, la vertical y la sobre cabeza.

Dentro del grupo físico de funciones del revestimiento, se incluye aquella de dirigir la fuerza del arco eléctrico y orientar el metal fundido en la dirección deseada. El metal fundido del núcleo del electrodo tiende a caer al suelo cuando se suelda en posiciones.



## 7 | EJERCICIOS PRÁCTICOS PARA APRENDER A SOLDAR

En los capítulos anteriores se presentó en forma ordenada los tipos de procesos de soldadura más utilizados en la industria metalmeccánica, nociones de electricidad, fuentes de poder, los electrodos, tipos de juntas a soldar, clases de bisel, posiciones a soldar y ahora se explicará el principio de funcionamiento del arco eléctrico desde el punto vista práctico, para lo cual es importante tener un orden y secuencia para hacer un trabajo de soldadura de manera adecuada.

Una vez preparado el material a soldar (junta), se debe seleccionar y preparar los siguientes elementos dependiendo del tipo de trabajo a realizar.

1. Plano de construcción.
2. Organizar y adecuar el área de trabajo.
3. Preparar los implementos de seguridad y salubridad (extintores, cintas de seguridad, cinturones, botiquín, extractores de humos y polvos de soldadura, etc.).
4. Alistar los elementos de protección personal (gorra o capucha, careta de soldar, mono-gafas de seguridad, protectores auditivos, tapa-bocas contra humos y polvos de soldadura, overol de mangas largas, mangas de cuero, pechera o peto de cuero, polainas, botas de seguridad , etc ...).
5. Alistar herramientas manuales y eléctricas (para desbastar excesos de soldadura, pulir superficies externas e internas, cortar, tronzar, enderezar, medir, trazar nivelar, etc.,).
6. Alistar y preparar el equipo de soldadura (reportar fallas).
7. Seleccionar, clasificar y alistar electrodos revestidos.
8. Seleccionar el tipo de junta.
9. Preparar el material a soldar (biselar).
10. Seleccionar la posición a soldar.
11. Alistar los parámetros de soldadura (de acuerdo al espesor del material).
12. Revisar los cables de la máquina estén en buen estado.
13. Prepararse para soldar.

## **ENCENDIDO Y CONTROL DEL ARCO:**

Luego de revisar todas las variables del proceso para un buen funcionamiento y antes de iniciar el proceso de soldadura y proceder a realizar el arco eléctrico se debe tener precaución de no ir a instalar la máquina de soldar en la conexión de energía equivocada, examinar que no estén rotos los cables tanto de entrada de energía a la máquina como los de pinza masa y pinza porta electrodo, retirar del área de trabajo todo elemento y producto combustible e inflamable que ocasione incendios, tales como: papel, tela, madera, caucho, pintura, catalizadores, combustibles hidrocarburos, grasas y aceites etc.

## TÉCNICA DE ENCENDIDO DEL ARCO POR RASTRILLADO

Cuando se trabaja con una fuente de poder inversora, la técnica de encendido de rastrillado es la más adecuada; el movimiento es similar al encendido de un fósforo. Para dar inicio al arco eléctrico se debe colocar el electrodo por el extremo del núcleo que se encuentra desnudo en el porta-electrodo, en un ángulo aproximado de 20° a 25° en relación a la vertical, rastrille el extremo del electrodo contra la pieza de trabajo como si fuera un fósforo y automáticamente se obtiene un destello del arco, se debe retirar de inmediato el extremo del electrodo a una altura de 3 a 4 mm con respecto a la pieza de trabajo para luego acercarlo rápidamente a la pieza a una altura igual a dos veces el diámetro del electrodo mientras se controla el arco, luego se debe aproximar a una altura igual o menor que el diámetro del núcleo del electrodo, se debe mantener a esa distancia dándole un movimiento de oscilación en forma de zigzag recto hasta lograr depositar un metal de soldadura en forma de cordón trenzado.

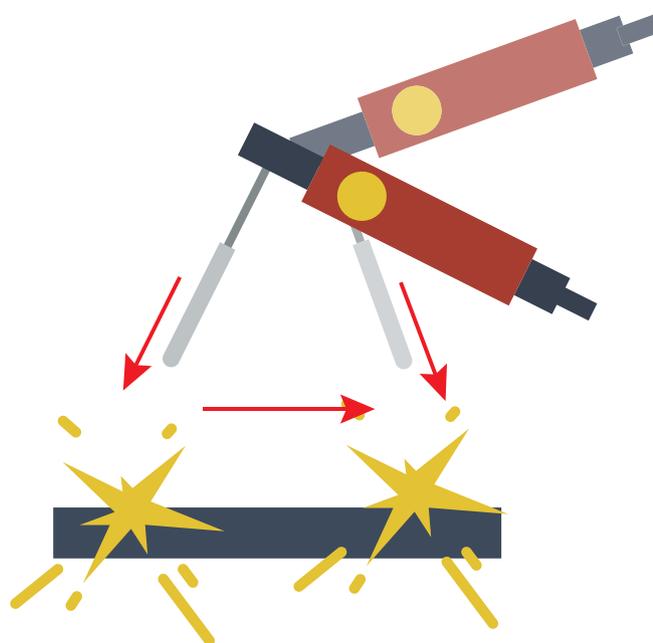
Los primeros intentos serán difíciles, se pegará el electrodo a la pieza por acercarlo demasiado, por bajo amperaje, por inestabilidad de pulso del operario etc.

Si esto sucede oprima la pinza de soldar y retírela del electrodo, para luego remover el electrodo de la platina de trabajo con unas pinzas. Aumente el rango del amperaje en la máquina y disminuya el diámetro del electrodo si no es el indicado.

## TÉCNICAS DE ENCENDIDO DEL ARCO

Existen dos técnicas básicas para encender el arco eléctrico con electrodo manual revestido:

- Por rastrillado.
- Por golpeteo.

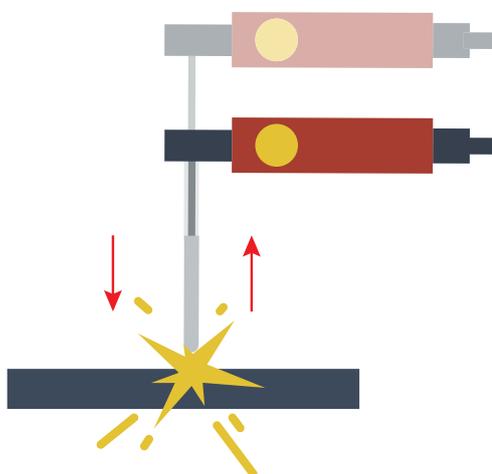


TÉCNICA DE ENCENDIDO POR RASTRILLO

## TÉCNICA DE ENCENDIDO DEL ARCO POR GOLPETEO

Cuando se trabaja con una fuente de poder inversora, la técnica de encendido de rastrillado es la más adecuada; el movimiento es similar al encendido de un fósforo. Para dar inicio al arco eléctrico se debe colocar el electrodo por el extremo del núcleo que se encuentra desnudo en el porta-electrodo, en un ángulo aproximado de 20° a 25° en relación a la vertical, rastrille el extremo del electrodo contra la pieza de trabajo como si fuera un fósforo y automáticamente se obtiene un destello del arco, se debe retirar.

### TÉCNICA DE ENCENDIDO POR RASTRILLO



## CORDÓN DE SOLDADURA

Un cordón de soldadura es un depósito continuo de metal fundido producido por un arco eléctrico que se deposita sobre la superficie del metal base. El cordón de soldadura está constituido por el metal base y el del electrodo formando un solo metal aleado con las mismas propiedades homogéneas.

## CÓMO DEPOSITAR UN BUEN CORDÓN DE SOLDADURA

Para depositar un buen cordón de soldadura se deben establecer las siguientes variables esenciales:

#### REGULAR EL AMPERAJE DE LA MÁQUINA DE ACUERDO A:

- Calibre o espesor del material base.
- Diámetro del electrodo.
- Posición a soldar.

#### SELECCIONAR LA POLARIDAD DE ACUERDO A:

- Tipo de Electrodo.
- Tipo de corriente.

#### SELECCIONAR EL DIÁMETRO DEL ELECTRODO DE ACUERDO A:

- Calibre del material base.
- Posición de la soldadura.

Para hacer un cordón de soldadura se debe iniciar el arco y desplazar el electrodo a lo largo del metal base con una velocidad aprox. de 60 mm por minuto, manteniendo el extremo del electrodo a una distancia de la pieza a soldar ligeramente menor o igual al diámetro del núcleo del electrodo, con un ángulo de 15° a 20°, en sentido del avance y a 90° con respecto a la pieza de soldar, realizando movimientos de oscilación en el electrodo que proporcionan un tejido uniforme en el metal fundido, dando como resultado un cordón de soldadura uniforme y de buena apariencia.

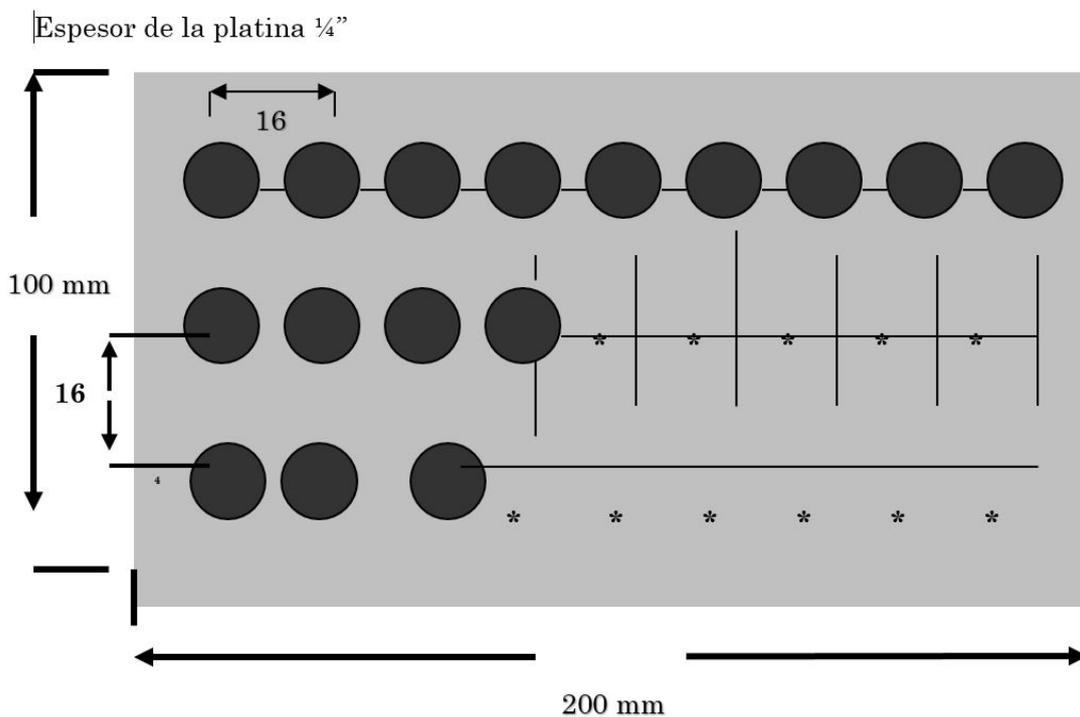
Si la velocidad de avance es excesiva el cordón quedará delgado y la soldadura no penetrará. Si por el contrario la velocidad es muy lenta el metal se desborda sobre la superficie del metal base, dando como resultado cordones gruesos y abultados; además ocasiona pérdidas en desperdicio de soldadura y tiempo.

## EJERCICIOS DE SOLDADURA PARA MANEJAR EL ARCO DE MANERA ADECUADA

El arco eléctrico tiene características operativas que dependen del tipo de electrodo que se esté utilizando. De las primeras prácticas que existen está la de punteado que sirve para aprender a mejorar el encendido y estabilidad del arco.

### PRÁCTICAS DE PUNTEADO:

Para realizar las prácticas de punteado se necesita de un material base en acero de bajo contenido de carbono. La chapa de acero a soldar es una lámina de  $\frac{1}{4}$ " a  $\frac{1}{2}$ " de espesor y con unas dimensiones de 100 mm de ancho por 200 mm de largo. Con una regla, un fluxómetro, un rayador, un centro-puntos se realiza trazos con separaciones entre sí de 16 mm en toda la superficie de la chapa y sobre estos centros, realizar depósitos de soldadura en forma de botones planos de  $\frac{3}{8}$ " de diámetro aproximadamente, hasta rellenar toda la superficie de la plancha con puntos.



## PRECAUCIÓN:

Antes de empezar a soldar no olvide colocarse todos los implementos de protección personal, examinar la careta de soldar, verificar que el filtro sea el adecuado y graduar el amperaje a trabajar. Los rayos ultravioleta lastiman los ojos generando graves lesiones a una persona que se exponga a prolongadas secciones de soldeo sin careta. Por lo tanto, se recomienda no soldar sin careta. Ejercicios de soldadura para manejar el arco de manera adecuada.

## TÉCNICA PARA APLICAR UN CORDÓN DE SOLDADURA

Una vez se adquiera práctica de encendido de arco y se puedan realizar ejercicios de punteado, los ejercicios a realizar son cordones de soldadura rectilíneos con la técnica de almohadillado.

Para iniciar el arco se puede utilizar la técnica de rastrillado o de golpeteo y luego mantener una longitud de arco estable, conservando la altura del extremo del electrodo con respecto a la pieza, a una altura de 2 a 3 mm, con un ángulo de trabajo de 45° y un ángulo de avance de 5° a 15° aplicando un movimiento al electrodo definido de acuerdo a la posición de soldadura. Recuerde que a medida que el electrodo se va consumiendo es necesario que vaya bajando la mano para mantener la longitud apropiada del arco. cuando llegue al final del recorrido, finalización del cordón o cuando termine la junta soldada retroceda un poco para rellenar bien el cráter que queda al final y para que el cordón quede parejo del tamaño y altura exigidos.

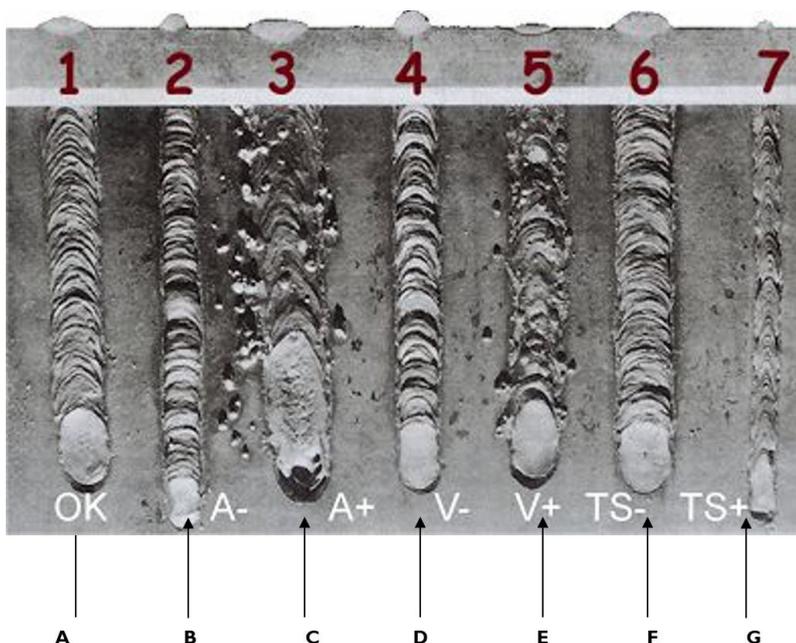
No remueva la escoria del cordón de soldadura hasta que este no haya solidificado, esta operación se realiza con gafas de seguridad o careta de pulir, guantes y pinzas para trabajo en caliente. Cuando no se conoce la forma de calibrar o regular el amperaje óptimo se recomienda graduar la máquina en el punto medio del rango estipulado por el fabricante del electrodo.

Un cordón de soldadura debe ser totalmente uniforme desde su comienzo hasta su fin, tener las mismas dimensiones tanto de ancho como de alto, liso sin altibajos, sin faltas de fusión, sin destrozamiento o socavaduras y con un acabado final de depósito sin cráter ni poros.



# 8 | DEFECTOS EN SOLDADURA

- A. Variables correctas.
- B. Amperaje bajo.
- C. Amperaje alto.
- D. Arco corto.
- E. Arco largo.
- F. Avance lento.
- G. Avance rápido.



### PROBLEMAS QUE PUEDEN PRESENTARSE CON SMAW

CARACTERISTICAS	CAUSAS	SOLUCION
Arco inestable y que se apaga con frecuencia. Muchas proyeccion	Arco largo	Acortar el arco para conseguir el grado de penetración adecuado
No se produce penetración y el arco se apaga con frecuencia	Corriente insuficiente	Aumentar la corriente o emplear un electrodo más pequeño
Arco muy ruidoso. El revestimiento se funde muy deprisa, cordón ancho con muchas y grandes proyecciones	Corriente excesiva, tambien puede ser debido a que el electrodo este húmedo	Disminuir la corriente. Usar electrodos de mayor diámetro
Soldadura de mal aspecto.	Electrodo inadecuado	Seleccionar otro electrodo
Soldadura defectuosa. Dificil encendido	Polaridad equivocada, corriente muy baja	Cambiar la polaridad o aumentar corriente
Soldadura defectuosa. Dificil encendido	Piezas sucias	Limpiar piezas de suciedad o escoria
Se producen chispas en la masa	Conexión defectuosa	Corregir conexión

## 9 | BIBLIOGRAFÍA

- Publicaciones AWS.
- Brazing Manual.
- Soldering Manual.
- Welding Handbook, Volumen I Octava Edición.
- Welding Handbook, Volumen 2 Octava Edición.
- Welding Handbook, Volumen 4 Séptima Edición.
- AWS A 2.4SP-94, Símbolos Normalizados para Soldadura.
- AWS A 3.0SP-96, Términos y Definiciones para Soldadura.
- AWS A 5.1-92, Especificación para la Fabricación de Electroodos de aceros al Carbono.
- AWS A 5.18-93, Especificación para la Fabricación de Alambres de aceros al Carbono para Proceso GMAW – GTAW.
- AWS C 5.6-89, Práctica Recomendada para Proceso GMAW.
- AWS Z 49.1-94, Norma de Seguridad Industrial en soldadura y Corte.
- UNE-EN 439:1995, Productos de Aportación para Soldadura, Gases de Protección para Soldadura y Corte.
- Documentos del Curso Especialista Europeo de Soldadura Módulos 1 y 2. CESOL. 1995.
- Gas Handbook. AGA. 1985.
- Manual del Soldador. Germán Hernandez Riesco, CESOL, 18ª Edición. 2007.

**SWEISS** SCHWEISSTECHNIK®

**PURE WELDING**

