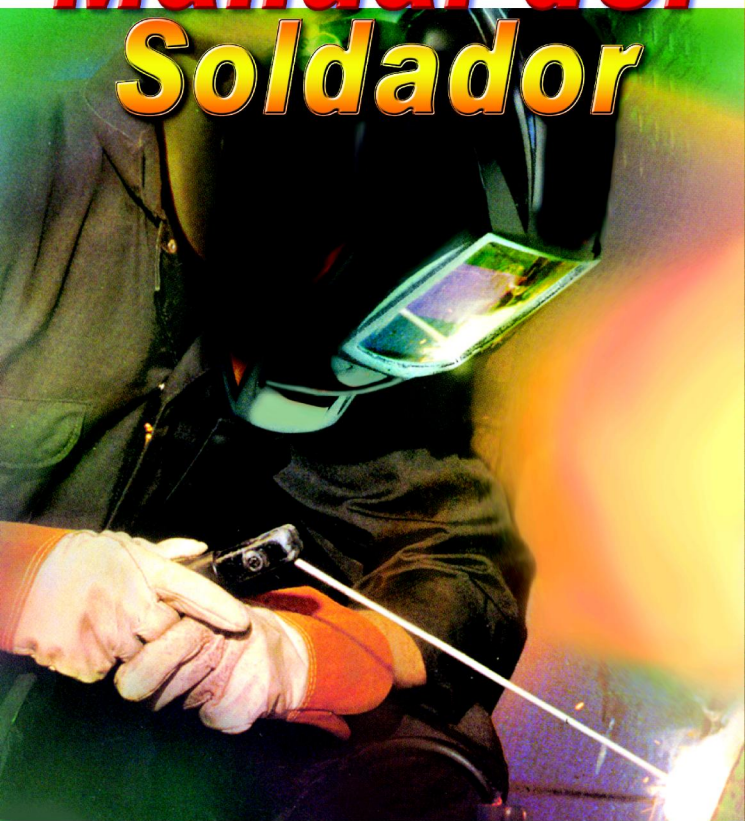


# Manual del Soldador



OXGASA



# MANUAL DEL SOLDADOR

## INDICE

	PAG
Introducción	1
Identificación del Material a Soldar	2
Pruebas para Identificar Metales	4
Propiedades de los Metales y Aleaciones	5
Tipos de Uniones y Posiciones	7
<b>SISTEMAS DE SOLDADURA POR ARCO MANUAL</b>	8
Puntos Importantes para obtener una buena soldadura	11
Medida y Amperaje de un Electrodo	12
Especificaciones y Clasificación de Electrodos	14
Clasificación de Electrodos según AWS-ASTM	14
Tabla No. 1	
Sistema AWS para clasificación de Electrodos	15
Tabla No. 2	
Interpretación de la última cifra en la clasificación AWS, para electrodos	16
Electrodo de Acero Aleado	17
Tabla No. 3	
Electrodo de aleación en los aceros aleados	18
Electrodos de Acero Inoxidable	18
Defectos más comunes en la soldadura de Arco, causas y Soluciones	19
Procedimientos para soldar con electrodo de Acero Dulce	23
Procedimientos para soldar Acero Inoxidables	25
Procedimientos para soldar Hierro Fundido	28
Algunos consejos para obtener mejores uniones	33
<b>SOLDADURA DE REVESTIMIENTO DUROS Y RECUPERACION DE PIEZAS</b>	35
Soldadura de Arco con Atmósfera Protectora de Gas Inerte	41
<b>PROCESOS TIG</b>	43
Soldadura de aceros Inoxidables en el Proceso TIG	46
Soldadura de Aluminios TIG	47
Electrodo de Tungsteno	47
Tabla No. 5	
Recomendaciones generales de soldadura TIG	48

<b>SISTEMA MIG</b>	49
Descripción del Proceso	49
Tipos de Transferencia de metal en el Proceso MIG	51
Ventajas del Proceso MIG	52
Problemas más frecuentes y como solucionarlos	53
Table No. 6	
Recomendaciones generales, soldadura MIG	55
<b>SOLDADURA ELECTRICA DE ARCO SUMERGIDO</b>	56
<b>VARIOS *</b>	
* Cálculo de Consumo de Electrodo	58
* Fuente de Poder	61
Interpretación de las especificaciones de las máquinas soldadoras	62
* Recomendaciones para almacenar electrodos	63
* Tabla No. 7	
Condiciones generales de Almacenamiento	64
<b>SOLDADURA A GAS</b>	65
Descripción del Proceso	65
Ventajas y Aplicaciones del Proceso	65
Procedimientos Básicos de soldadura	66
Métodos de Soldadura a Gas	67
Tabla No. 8	
Selección de boquilla para soldar con oxiacetileno	69
Tabla No. 9	
Selección de boquilla para cortar con oxiacetileno	69
Normas de Seguridad en el manejo de Gases	70
<b>CORTE POR PLASMA</b>	72
Descripción del Proceso	72
Ventajas del corte por plasma	73
Comparación de Velocidad de Corte (Plasma-oxacetileno)	75
<b>TABLAS</b>	
Tabla No. 10	
Guía para selección de calibre del cable para soldadura eléctrica	76
Tabla No. 11	
Punto de fusión aproximado de metales	76
Tabla No. 12	
Guía para selección del tono del lente de protección	77
Tabla de equivalencias	78
Equivalentes decimales y métricos de fracciones de Pulg.	83

## INTRODUCCION

**OXGASA** consciente de la necesidad de capacitarnos más y mejor en la interesante área de la soldadura, edita el presente Manual, con el propósito de constituirse en una guía básica de consulta, para las personas que se dedican a esta actividad.

La soldadura es uno de los procedimientos de unión de piezas metálicas más utilizados por todas las ventajas que ofrece. La importancia de la soldadura alcanza todas las ramas de la industria, desde puertas, balcones, pupitres hasta la construcción de puentes, torres, etc.

El objetivo de soldar es unir dos o más piezas metálicas de igual o de distinta naturaleza de una manera perfecta, por medio de la aplicación, por lo general, calor de tal manera que los metales soldados conservan las propiedades mecánicas (resistencia, resiliencia, dureza, etc.) y las propiedades químicas del metal base (resistencia a la corrosión, etc.).

Para lograr soldaduras de calidad, el soldador debe conocer las propiedades y comportamiento de los metales y aleaciones desde el punto de vista de la soldabilidad.

Por lo que recomendamos que cualquier consulta que tenga sobre este fascinante tema, no dude en hacerla a cualquiera de nuestros representantes de ventas quien tendrá el agrado de responder o canalizar adecuadamente.

En **OXGASA**, nos hemos especializado en esta área y estamos **CON DESEOS DE SERVIRLE** en cualquiera de nuestras oficinas, proporcionando soluciones eficientes, oportunas y una atención personalizada.

## ***IDENTIFICACION DEL MATERIAL A SOLDAR***

Para producir una buena soldadura, es necesario conocer la composición del metal que será soldado. A continuación se presentan algunos ensayos prácticos que se pueden hacer en el taller para identificar el tipo de metal.

### ***ENSAYO DE APARIENCIA***

Este ensayo incluye características tales como: el color y la apariencia del maquinado, así como de las superficies no maquinadas. El color puede distinguir muchos metales tales como: cobre, aluminio y magnesio. El perfil, la forma y el uso del metal son también útiles para identificarlos.

### ***ENSAYO DE DUREZA***

Se busca determinar que tanto es la resistencia que opone un material al ser trabajado, la prueba más común es el de la lima o broca, identificando el grado aproximado de dureza o el tipo de material. Es muy importante para identificar los aceros de las fundiciones o hierro fundido.

El acero cuando es taladrado la viruta (el material desprendido del corte) es en forma de rizos cuando es un acero suave, en pequeños trozos cuando es duro y poca o nada penetración cuando es un acero alto en carbono.

Por el contrario el hierro fundido la viruta es en forma de polvo por el carbono en forma de grafito que esta presente.

### ***ENSAYO MAGNETICO***

Un pequeño imán de bolsillo puede usarse para esto, es una prueba adecuada cuando los materiales tienen pintura u óxido. Por lo general los metales ferrosos son magnéticos, exceptuando los aceros al magnesio y los materiales no ferrosos (aluminio, bronce, latón, etc.) no son magnéticos.

### ***ENSAYO DEL CINCEL***

Para este ensayo se requiere un cincel y un martillo, estos se usan en el borde del material que esta siendo examinado, ya sea que el material se rompa fácilmente, continuamente o se quiebre, todas son indicaciones del tipo de material.

### **ENSAYO DE FRACTURA**

Se usa un pequeño pedazo de metal. La facilidad con la que se rompe es una indicación de la ductibilidad de los materiales. La apariencia de la fractura es una indicación de su estructura.

### **ENSAYO DE LA LLAMA O ANTORCHA**









Para este ensayo se requiere de viruta del metal a probar. Se usa una alta temperatura para verificar la tasa de fusión, la apariencia del metal fundido y de la escoria, y la acción del metal fundido bajo la llama.

### **ENSAYO DE LAS CHISPAS**

Es muy popular y confiable. Para la identificación de los distintos aceros. Lo que se requiere es de una esmeriladora y que esté colocada bajo una debida luz pues lo importante es el color de la chispa.

Los materiales no ferrosos no exhiben trazos de chispa de alguna significancia. Este ensayo es bastante preciso, si el ensayador es experimentado.

# PRUEBAS PARA IDENTIFICAR METALES

METAL PRUEBA	ACERO BAJO EN CARBONO < 0.20%	ACERO MEDIO EN CARBONO 0.20% - 0.45%	ACERO ALTO EN CARBONO > 0.45%	ACERO ALTO EN AZUFRE
ASPECTO	GRIS OSCURO	GRIS OSCURO	GRIS OSCURO	GRIS OSCURO
MAGNETISMO	FUERTE	FUERTE	FUERTE	FUERTE
DESBASTE CINCEL	VIRUTA FACIL Y CONTINUA BORDE SUAVE	VIRUTA FACIL Y CONTINUA BORDE SUAVE	VIRUTA DIFICIL, PUEDE SER CONTINUA	VIRUTA FACIL Y CONTINUA, BORDE SUAVE
ROTURA	GRIS BRILLANTE	GRIS MUY LIGERO	GRIS MUY LIGERO	GRIS BRILLANTE, GRANO FINO
CHISPA AL ESMERIL	 LINEAS LARGAS Y AMARILLAS	 LINEAS AMARILLAS CON ESPIGAS SENCILLAS	 LINEAS AMARILLAS Y BRILLANTES CON NUMEROSAS ESTRELLAS CLARAS	 LINEAS CON PARTES ABULTADAS
METAL PRUEBA	ACERO AL MANGANESO	ACERO INOXIDABLE	HIERRO FUNDIDO	HIERRO FORJADO
ASPECTO	SUPERFICIE MATE	PLATEADA BRILLANTE Y LISA	GRIS MATE MOSTRANDO EL MOLDE DE ARENA	GRIS CLARO Y LISO
MAGNETISMO	NO TIENE	VARIABLE	FUERTE	FUERTE
DESBASTE CINCEL	MUY DIFICIL DE CINCELAR	VIRUTA CONTINUA, SUAVE Y BRILLANTE DEPENDIENDO DEL TIPO,	VIRUTA PEQUEÑA COMO DE 1/8" DIFICIL Y FRAGIL	VIRUTA CONTINUA DE BORDE SUAVE, BLANDA Y DE CORTE FACIL
ROTURA	GRANO GRUESO	BRILLANTE	FRAGIL	GRIS BRILLANTE CON ASPECTO FIBROSO
CHISPA AL ESMERIL	 ESTRELLAS GRANDES Y BLANCAS BRILLANTES	 1. NIQUEL: PERFIL NEGRO JUNTO A LA PIEDRA  2. MOLIB: LENGUA EN FLECHA VANADIO: LENGUA EN PUNTA DE LANZA LARGA	 LINEAS ROJAS CON DESPRENDIMIENTO (POCO CARBONO)	 LINEAS LARGAS COLOR CLARO (PRACTICAMENTE LIBRES DE ESPIGAS O EXPLORACIONES)

## **PROPIEDADES DE LOS METALES Y ALEACIONES QUE INFLUYEN EN EL RESULTADO DE LAS SOLDADURAS**

### **PROPIEDADES FISICAS**

#### **1- TEMPERATURA DE FUSION DE METALES Y ALEACIONES**

Es la temperatura que produce el cambio del estado sólido al líquido.

El interés de esta propiedad se fundamenta en la cantidad de calor necesaria para pasar los cuerpos al estado líquido (al final del manual se encuentran puntos de fusión de algunos metales)

#### **2- CALOR NECESARIO PARA FUNDIR UNA MASA DETERMINADA**

Esta propiedad depende de la temperatura de fusión y de las condiciones de trabajo.

#### **3- CONDUCTIBILIDAD CALORIFICA DE LOS MATERIALES**

**QUE SE SUELDAN.** Es la propiedad que tienen los cuerpos de dispersar el calor a través de su masa. Esta propiedad es muy importante ya que por ejemplo en la soldadura de cobre y acero aunque el cobre tenga una temperatura de fusión de ( $1,083^{\circ}\text{C}$ ), baja que el acero ( $1,450^{\circ}\text{C}$ ), se necesita más calor para soldar el cobre.

#### **4- DILATACION Y CONTRACCIÓN.**

Todos los metales y aleaciones tienen la propiedad de aumentar su volumen al calentarlo. Este aumento de volumen es función directa de la temperatura. Pero como al enfriar, la contracción es superior a la dilatación, este fenómeno causa deformaciones muy grandes en las piezas si no se toma en cuenta el comportamiento del metal al calentarse.

**5- DENSIDAD.** La densidad de los materiales influye en la manera de dominar el baño fundido. Pero la verdadera importancia de esta propiedad está en comparar su valor con el óxido que tienda a formarse durante la soldadura. Según sea la densidad del óxido formado durante la soldadura con respecto al metal base, así surgirá



## **PROPIEDADES QUIMICAS**

**1- OXIDACION.** La oxidación de los materiales que se sueldan, pueden producirse a causa del oxígeno del aire o por exceso de oxígeno al regular las llamas del soplete. La oxidación es tanto más fácil cuanto mayor sea la temperatura de los metales. Sin embargo, no todos los metales se oxidan en la misma proporción.

**2- CARBURACION DE LOS ACEROS.** Es la facilidad que tienen los aceros de aumentar el contenido de carbono cuando la llama es carburante. Esto ocasiona soldaduras duras y frágiles.

**3- SOPLADURAS.** Este fenómeno se presenta en el interior de los cordones de soldadura a causa de inclusiones gaseosas. Se debe, principalmente, a las causas siguientes:

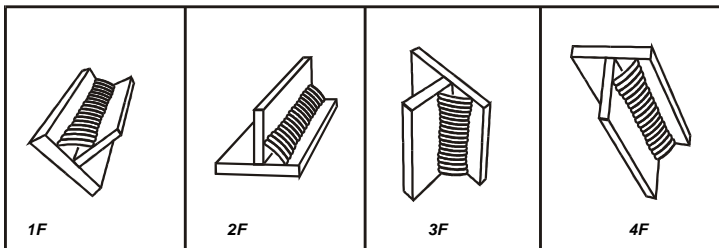
- Presión excesiva de los gases en el soplete
- Mala reanudación del cordón interrumpido por no dominar el remolino que se forma en estas circunstancias.

**4- SEGREGACIONES.** Como sucede al soldar el bronce. Si no se adoptan precauciones, se separa el estaño del cobre.

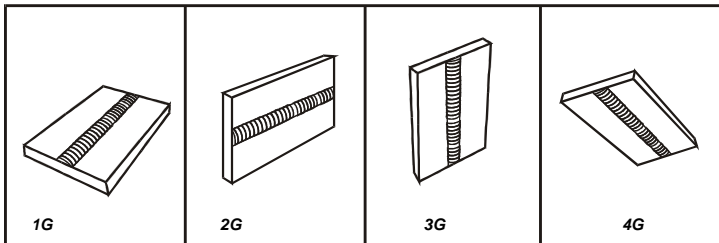
**5- VOLATILIZACION.** Como sucede al soldar el latón. El zinc que tiene la aleación tiende a gasificar y volatilizarse.

# TIPOS DE UNIONES Y POSICIONES

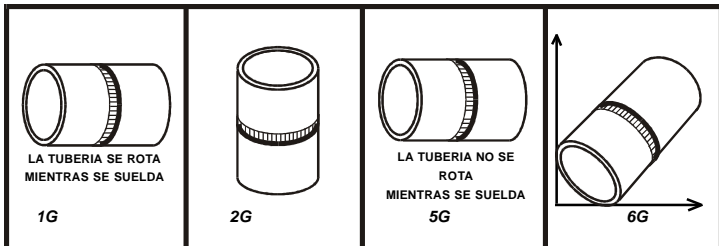
## UNIONES DE FILETES



## UNIONES BISELADAS



## UNIONES DE TUBERIAS



## **SISTEMA DE SOLDADURA POR ARCO MANUAL**

Es un proceso de arco eléctrico que produce la coalescencia de los metales por calentamiento de ellos con un arco, entre un electrodo de metal revestido y las piezas de trabajo.

Es el más simple y popular de los procesos de soldadura se usa para soldar materiales ferrosos y no ferrosos en espesores por lo general mayores de 1 mm. en toda posición.

## **SOLDADURA ELECTRICA**

### **DESCRIPCION**

Casi todos los metales conocidos pueden soldarse por varios métodos. Sin embargo, la soldadura de arco eléctrico utilizando electrodos recubiertos es principalmente aplicable a los aceros. Los Aceros tienen muchas propiedades diferentes dependiendo de la cantidad de aleación que contengan.

Los electrodos para soldadura deben seleccionarse de acuerdo con la composición del metal que se desea soldar. Los Aceros se fabrican y especifican de muchas formas distintas. En general, los aceros se clasifican de acuerdo con el carbono que contengan, o sea, bajo en carbono, medio en carbono o alto en carbono. Además, también se clasifican de acuerdo en el tipo de aleación empleada, tales como: Molibdeno, Manganeso, etc.

### **TERMINOS DE SOLDADURA**

**ACERO ALTO EN CARBONO:** Acero conteniendo 0.45% de Carbono o más.

**ACERO BAJO EN CARBONO:** Acero contenido 0.20% de Carbono o menos. También se llama Acero Dulce.

**ELECTRODO DESNUDO:** Un electrodo para soldadura eléctrica, consiste en un alambre metálico sin recubrimiento.

**ELECTRODO RECUBIERTO:** Es un electrodo para soldadura eléctrica consiste en un alambre metálico con recubrimiento que protege el metal fundido del aire, mejora las propiedades del metal

**ELECTRODO DE TUNGSTENO:** Un electrodo de alambre de Tungsteno, no consumible, utilizado en soldadura por arco eléctrico.

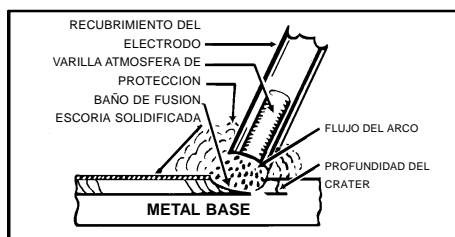
**FUNDENTE:** Material usado para disolver y evitar la formación de óxido y otras inclusiones indeseables que se forman al soldar.

**LONGITUD DEL ARCO:** La distancia entre el extremo del electrodo y el punto donde el arco hace contacto con la superficie del trabajo.

**METAL APORTADO:** La porción del electrodo fundida con el metal base al soldar.

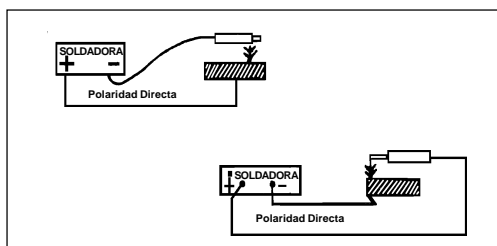
**METAL BASE:** El metal que se va a soldar.

**PENETRACION:** La distancia en que la zona de fundición se extiende por debajo de la superficie de la parte que se ha soldado.



**POLARIDAD DIRECTA:** La disposición de los terminales de soldar, de manera que el trabajo tenga el polo positivo y el electrodo el polo negativo.

**POLARIDAD INVERTIDA:** La conexión de los terminales de soldar de manera que, en el circuito del arco, el trabajo es el polo negativo y el electrodo es el polo positivo.



**POSICION VERTICAL:** La posición de soldar donde el eje de la soldadura es una línea vertical.

**POSICION BAJO TECHO:** La posición de soldadura que se hace desde la parte inferior de la junta.

**POSICION HORIZONTAL:** Soldadura de ángulo: La posición en que la soldadura se hace en la parte superior de una superficie horizontal y contra otra superficie más vertical.

**SOLDADURA DE BISEL:** La posición de soldadura en que el eje de la misma descansa en un plano horizontal y la cara de la soldadura está en posición vertical.

**POSICION PLANA:** La posición de soldadura que se realiza desde el lado superior de la junta y la cara de la soldadura.

**VOLTAJE EN CIRCUITO ABIERTO:** El voltaje entre los terminales de una máquina soldadora cuando no está suministrando corriente.

**CICLO DE TRABAJO:** El porcentaje de tiempo durante un período arbitrario de pruebas (usualmente 10 minutos), durante el cual una fuente de poder puede operarse a su salida nominal sin sobrecalentarse.

**FUNDENTE:** Material usado para prevenir, disolver o facilitar la remoción de óxidos u otras sustancias indeseables en la superficie.

## **PUNTOS IMPORTANTES PARA OBTENER UNA BUENA SOLDADURA**

### **1. SELECCION DEL ELECTRODO ADECUADO**

Escoger el electrodo adecuado es materia de analizar las condiciones del trabajo en particular, y luego determinar el tipo y diámetro del electrodo que más se adapte a estas condiciones.

Este análisis es relativamente simple si el operador se habitúa a considerar primero los siguientes factores:

**A. Naturaleza del metal base**

La mayor parte de los metales base pueden identificarse por medio de pruebas basadas en apariencia, reacción al magnetismo, rotura, cincel, llama, prueba de la chispa, etc.

**B. Dimensiones de la sección a soldar**

**C. Tipo de corriente que entrega su máquina soldadora AC (Corriente Alterna) o (Corriente Directa)**

**D. Posición a soldar.**

**E. Tipo de unión y fijación de la pieza.** Cuando los bordes no estén biselados y se encuentren muy juntos, es necesario utilizar electrodos de mucha penetración (6010) de raíz y electrodo (7018) para los pases posteriores. Cuando la distancia entre los bordes sea amplia utilice electrodos de mediana penetración.

**F. Características especiales que requiere la soldadura como:** Resistencia a la corrosión, resistencia a la tracción, etc.

**G. Especificación de algunas normas que se debe cumplir la soldadura:** el organismo que dicta las especificaciones o requerimientos que debe cumplir las uniones soldadas, por lo general se usan las normas de A.W.S. (American Welding Society), Sociedad Americana de Soldadura.

Después de considerar cuidadosamente los factores antes indicados, el operador no debe tener dificultad en elegir el electrodo adecuado que le proporcione un arco estable, depósitos parejos, escoria fácil de secar y un mínimo de salpicaduras, condiciones esenciales para obtener un trabajo óptimo.

## 2. ELIJA EL DIAMETRO DEL ELECTRODO DE ACUERDO AL TRABAJO A REALIZAR

### MEDIDAS Y AMPERAJE DE UN ELECTRODO

La medida de un electrodo que va a usarse dependerá de varios factores

- A. Espesor del metal a soldar
- B. Que tan separados queden los filos de la unión
- C. Posición de la unión
- D. Destreza para el soldador

La siguiente tabla puede usarse como una guía, cuando se seleccione la medida y amperaje para un trabajo particular y será necesario subirlo o bajarlo según la posición de la obra, su espesor y la medida de como trabaja cada operario.

Posición Plana Espesor del Metal	Medida del Electrodo	Amperaje Aproximado
Calibre 18	3/32"	50 - 80
Calibre 16	3/32"	
Calibre 14	1/8"	90 - 135
Calibre 12	1/8"	
Calibre 10	5/32" ó 1/8"	120 - 175
3/16"	5/32" ó 1/8"	
1/4"	3/16" ó 5/32"	140 - 200
5/16"	3/16" ó 5/32"	200 - 275
3/8"	1/4" ó 3/16"	
1/2"	1/4" ó 3/16"	250 - 350
3/4"	1/4"	
1"	1/4"	325 - 400

**OXGASA**, le recomienda usar el electrodo de mayor diámetro posible pues este cuesta menos y se puede aportar mayor cantidad de metal por unidad de tiempo.

### **3. SELECCION DEL AMPERAJE DE SOLDADURA**

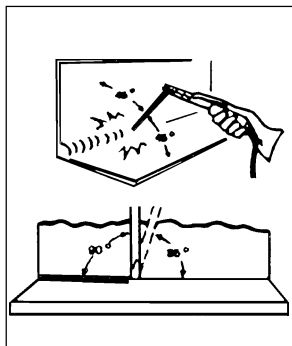
Si el amperaje es muy alto el electrodo se fundirá rápidamente y el baño de fusión será extenso o irregular, por el contrario si el amperaje es muy bajo no habrá calor suficiente para fundir el metal base y el baño será pequeño, abultado y de aspecto irregular.

**4. VELOCIDAD DE SOLDADURA.** Cuando la velocidad es excesiva, el baño no se mantiene el tiempo necesario, dando lugar a que las impurezas y gases queden aprisionados al enfriarse, el cordón es angosto. Cuando la velocidad es muy lenta el cordón se acumula haciendo un cordón alto.

**5. LONGITUD DEL ARCO.** Si el arco es muy largo el metal se fundirá en la punta del electrodo, produciendo un cordón ancho, salpicado y muy irregular, con fusión pobre entre el metal y el depósito. Si el arco es muy corto, no hay calor suficiente para fundir el metal base apropiadamente, el electrodo se pegará frecuentemente a la pieza, produciendo cordones altos con ondulaciones irregulares, produciéndose escoria y porosidades.

### **6. ANGULO DEL ELECTRODO.**

Este es de vital importancia, particularmente en soldadura de ángulos y en juntas con biseles profundos. En general y cuando se hagan soldaduras de ángulos, el electrodo se debe mantener en el centro de este y perpendicular a la línea de soldadura. Cuando se produzcan socavaciones en el miembro vertical, se recomienda reducir el ángulo.





## **ESPECIFICACION Y CLASIFICACION DE ELECTRODOS**

Las principales normas de especificaciones y clasificación de electrodos son emitidas por los siguientes organismos:

**Sociedad Americana de Soldadura (American Welding Society).  
Sociedad Americana de Prueba de Materiales (American Society for Testing Materials).**

Estas dos organizaciones han publicado una serie de especificaciones para uniones para ser aplicados en los electrodos. Muchos otros organismos utilizan estas especificaciones como guía para sus requerimientos de aprobación.

**Sociedad American de Ingenieros Mecánicos (American Society of Mechanical Engineers).**

El Código de calderas ASME, Sección IX establece la calificación de los procesos de soldadura, ayuda a usar la soldadura responsable de lo que se está haciendo.

**Lloyd's Register of Shipping.**

Esta norma exige su aprobación a los electrodos que se usan en la construcción o reparación de buques que van ha ser asegurados en su registro. Para los cuales especifica las pruebas a que se deben someter y verificar que los métodos y controles usados en su fabricación estén de acuerdo a sus especificaciones.

### **GUIA PARA INTERPRETAR LA NUMERACION DE LOS ELECTRODOS SEGUN LA CLASIFICACION A. W. S.**

Las diferentes características de operación de varios electrodos son atribuidas al revestimiento. El alambre es generalmente del mismo tipo; acero al carbón A.I.S.I. 1010 que tiene un porcentaje de carbono a 0.80 - 0.12% máximo para la serie de electrodos más comunes.

En la especificación tentativa de electrodos para soldar hierro dulce, la A.W.S. ha adoptado una serie de 4 ó 5 números siguiendo a la letra E. Esta letra E significa que el electrodo es para soldadura por arco (electrodo revestido).

Las 2 primeras cifras de un número de 4, ó las 3 primeras de un número de 5 significa la resistencia mínima a la tracción en miles de libras por pulgada cuadrada (esfuerzo relevados) del metal depositado. La penúltima cifra significa la oposición en que se debe de aplicar (plana, horizontal, vertical y sobre cabeza). La última cifra significa el tipo de corriente (alterna o corriente continua), el tipo de escoria, tipo de arco, penetración y presencia de elementos químicos.

La tabla No. 1, da amplia información sobre la interpretación de los números:

**TABLA No. 1 SISTEMA A.W.S. PARA  
CLASIFICACION DE ELECTRODOS**

CIFRA	SIGNIFICADO	EJEMPLO
Las 2 ó 3 primeras	Mínima resistencia a la tracción  (Esfuerzos relevados)	E 60 XX = 60000 lbs/pulg2 (Mínimo) E 110 XX = 110000 lbs/pulg2 (Mínimo)
Penúltima	Posición de Soldadura	E XX1X = Toda posición E XX2X = Plana Horizontal E XX3X = Plana
Ultima	Tipo de Corriente Tipo de escoria Tipo de arco Penetración Presencia de elementos químicos en el revestimiento.	Ver Tabla 2

**NOTA:** Para las posiciones vertical y sobre cabeza exige una limitación de diámetro hasta 3/16" comúnmente, y de 5/32" para electrodos de Bajo Hidrógeno.

El prefijo "E" significa electrodo para soldadura por arco.

**TABLA No. 2. INTERPRETACION DE LA ULTIMA CIFRA  
EN LA CLASIFICACION A.W.S. DE ELECTRODOS**

ULTIMA CIFRA	E-XXX0	E-XXX1	E-XXX2	E-XXX3	E-XXX4	E-XXX-5	E-XXX6	E-XXX-7	E-XXX-8
Tipo de Corriente	a	CA o CD +  Polaridad Invertida	CA o CD --  Polaridad Directa Preferente	CA o CD --  Polaridad Directa Preferente	CA o CD +  Polaridad Invertida	CD +  Polaridad Invertida	CA o CD +  Polaridad Invertida	CD +  Polaridad Invertida	CA o CD +  Polaridad Invertida
Revesti- miento Escoria	b	Celulosa- Potasio Orgánico	Titanio Sodio Rutilo	Titanio Potasio Rutilo	Titanio Polvo de Hierro Rutilo	Titanio Sodio BH Rutilo	Titanio Potasio BH Rutilo	Polvo de Hierro Mineral	Titanio Potasio Polvo de Hierro BH Rutilo
Tipo de Arco	Penetrante	Penetrante	Mediano	Suave	Suave	Mediano	Mediano	Suave	Mediano
Penetra- ción	c	Profunda	Mediana	Ligera	Ligera	Mediana	Mediana	Mediana	Mediana
Polvo de Hierro en el revesti- miento	0 - 10%	NO	0-10%	0-10%	30-50%	NO	NO	50%	30-50%

- NOTAS:**
- (a) E - 6010 - Corriente directa polaridad invertida  
E - 6020 - AC o DC
  - (b) E - 6010 - Orgánica ( Celulosa Sodio ); E - 6020 -  
mineral (óxido de Hierro)
  - (c) E - 6010 - Penetración profunda, E - 6020 -  
mediana penetración
- BH - Bajo Hidrógeno  
Rutilo - Oxido natural de Titanio

## ***ELECTRODO DE ACERO ALEADO***

El extenso uso de aceros aleados ha obligado al desarrollo de electrodos revestidos, capaces de producir depósitos de soldadura que tienen resistencia a la tracción que rebasa la 100,000 lbs/pulg.

Propiedades mecánicas de tal magnitud son obtenidas usando ferroaleaciones en el revestimiento.

En la mayoría de estos electrodos el revestimiento contiene carbonato de calcio, típico de los electrodos de bajo hidrógeno y frecuentemente contienen además polvo de hierro. Por ello estos electrodos de alta resistencia a la tracción tienen la clasificación EXX15, EXX16 ó EXX18.

Estos electrodos que son los de bajo hidrógeno, la A.W.S. los clasifica desde E-7018, E-8018, E-9018, etc. y su resistencia a la tracción va desde 70,000 lbs/pulg2 hasta 130,000 ó más.

### ***DESIGNACION A.W.S. DE LOS PRINCIPALES ELEMENTOS DE ALEACION EN LOS ELECTRODOS PARA SOLDADURA AL ARCO***

En los electrodos de acero aleado, las 4 ó 5 cifras de la clasificación, van seguidas generalmente de una letra símbolo, como: A1, B1, B2, etc. Estos sufijos standard de la A.W.S., son añadidos para indicar adiciones específicas de elementos de aleación, como se indica en la Tabla No.3. Por ejemplo, un electrodo revestido para soldadura al arco que tenga una clasificación E - 7015 A1, es de bajo hidrógeno para todas las posiciones, corriente directa polaridad invertida electrodo con

**TABLA No. 3**

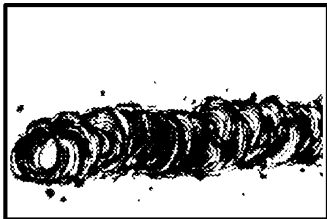
Sufijo para los electrodos AWS No.	<b>Elemento de Aleación en %</b>				
	Mo (Molibdeno)	Cr (Cromo)	Ni (Níquel)	Mn (Manganeso)	Va (Vanadio)
A1	0.50				
B1	0.50	0.50			
B2	0.50	1.25			
B3	1.00	2.25			
C1			2.50		
C2			3.50		
C3	0.35	0.15	1.00		
D1	0.30			1.50	
D2	0.30			1.75	
D"	0.20	0.30	0.50	1.00	0.10

Las cantidades marcadas en las columnas son promedios. El número de electrodo seguido del sufijo "G" deberá contener un mínimo de uno sólo de los elementos señalados.

### ***ELECTRODO DE ACERO INOXIDABLE***

En las especificaciones para los aceros inoxidable, ASTM A298 - 62 T, AWS A5. 4 - 78T se usa un sistema diferente. Ya que la composición del depósito de acero inoxidable es de capital importancia, y la AISI clasificó estos aceros por números, estos mismos se usan para la designación de los electrodos. Por lo tanto, la clasificación para los electrodos de acero inoxidable consiste en una letra "E", electrodo revestido, y tres dígitos, el número AISI para aceros inoxidables como 308, 316, 347, etc. y luego dos dígitos más que indican sus características de empleo, fuente de poder, tipo de revestimiento, etc. Ej. E - 308 - 15, E - 316 - 16.

# **DEFECTOS MAS COMUNES EN LA SOLDADURA DE ARCO, SUS CAUSAS Y SOLUCIONES**



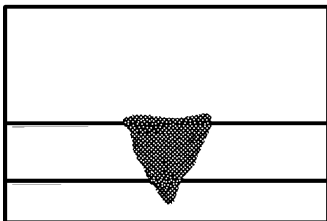
## **CAUSAS PROBABLES**

1. Conexiones defectuosas
2. Recalentamiento
3. Electrodo inadecuado
4. Arco y tensión de corriente inadecuada.

## **RECOMENDACIONES**

1. Usar la longitud de arco, el ángulo (posición) del electrodo y la velocidad elevada de avances adecuados

2. Evitar el recalentamiento
3. Usar un vaivén uniforme
4. Evitar usar corriente demasiado elevada

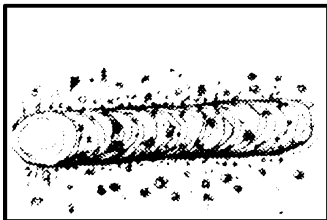


## **CAUSAS PROBABLES**

1. Corriente muy elevada
2. Posición inadecuada del electrodo
3. Desplazamiento muy rápido

## **RECOMENDACIONES**

1. Disminuir la intensidad de la corriente.
2. Mantener el electrodo a un ángulo que facilite el llenado del bisel
3. Soldar más lento

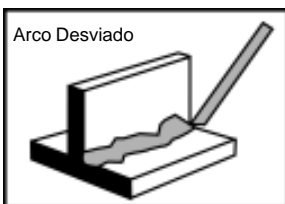


## **CAUSAS PROBABLES**

1. Corriente muy elevada
2. Arco muy largo
3. Soplo magnético excesivo

## **RECOMENDACIONES**

1. Disminuir la intensidad de la corriente.
2. Acortar el arco
3. Ver lo indicado para "arco desviado o soplado"

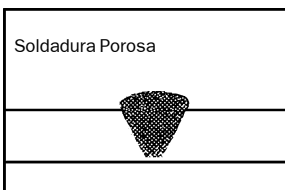


#### **CAUSAS PROBABLES**

1. El campo magnético generado por la CC. produce la desviación del arco (soplo magnético)

#### **RECOMENDACIONES**

1. Usar C.A.
2. Contrarrestar la desviación del arco con la posición del electrodo, manteniéndolo a un ángulo apropiado.
3. Cambiar de lugar la tenaza de tierra
4. Usar un banco de trabajo no magnético
5. Usar barras



#### **CAUSAS PROBABLES**

1. Arco corto
2. Corriente inadecuada
3. Electrodo defectuoso y humedecido

#### **RECOMENDACIONES**

1. Averiguar si hay impurezas en el metal base
2. Usar corriente adecuada
3. Utilizar el vaivén para evitar las sopladuras
4. Usar un electrodo adecuado al trabajo
5. Mantener el arco más largo
6. Usar electrodo de bajo contenido de hidrógeno



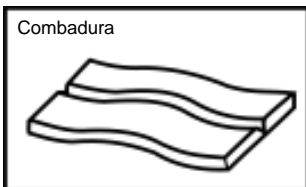
#### **CAUSAS PROBABLES**

1. Electrodo inadecuado
2. Falta de relación entre el tamaño de la soldadura y las piezas que une
3. Soldadura defectuosas
4. Mala preparación
5. Unión muy rígida

#### **RECOMENDACIONES**

1. Eliminar la rigidez de la unión con un buen proyecto de la estructura y un procedimiento de soldadura adecuado
2. Precalentar las piezas
3. Evitar las soldaduras de un sólo cordón
4. Soldar desde el centro hacia los extremos o borde
5. Ejecutar soldaduras sólidas con buena fusión en la raíz
6. Adaptar el tamaño de la soldadura al de las piezas
7. Dejar en las uniones una separación adecuada y uniforme

Combadura



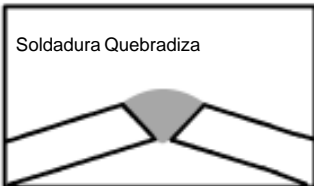
#### **CAUSAS PROBABLES**

1. Diseño inadecuado
2. Contracción del metal de aporte
3. Sujeción defectuosa de las piezas
4. Preparación deficiente
5. Recalentamiento en la unión

#### **RECOMENDACIONES**

1. Corregir el diseño
2. Martillar (con martillo de bola los bordes de la unión antes de soldar)
3. Aumentar la velocidad de trabajo (avance)
4. Evitar la separación excesiva entre piezas
5. Fijar las piezas adecuadamente usar un respaldo enfriador
6. Adoptar una secuencia de trabajo
7. Usar electrodos de alta velocidad y moderada penetración

Soldadura Quebradiza



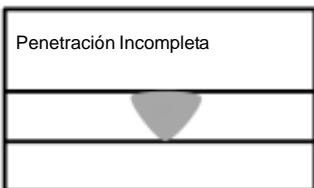
#### **CAUSAS PROBABLES**

1. Electrodo inadecuado
2. Tratamiento térmico deficiente
3. Soldadura endurecida al aire
4. Metal base se funde y se mezcla con el de aporte

#### **RECOMENDACIONES**

1. Usar un electrodo con bajo contenido de hidrógeno o del tipo austenítico
2. Calentar antes o después de soldar en ambos lados
3. Procurar poca penetración dirigiendo el arco hacia al cráter

Penetración Incompleta



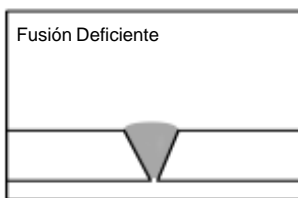
#### **CAUSAS PROBABLES**

1. Velocidad excesiva
2. Electrodo de  $\phi$  excesivo
3. Corriente muy baja
4. Preparación deficiente
5. Electrodo de  $\phi$  pequeño

#### **RECOMENDACIONES**

1. Usar la corriente adecuada, soldar con lentitud necesaria para lograr buena penetración
2. Calcular correctamente la penetración del electrodo
3. Elegir un electrodo de acuerdo con el tamaño del bisel
4. Dejar suficiente separación en el fondo del bisel



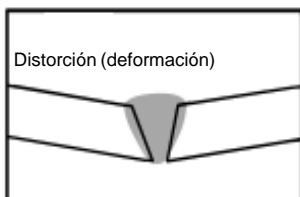


### **CAUSAS PROBABLES**

1. Velocidad indebida
2. Corriente mal graduada
3. Preparación deficiente
4. Tamaño del electrodo inadecuado

### **RECOMENDACIONES**

1. Adaptar el  $\varnothing$  del electrodo al ancho del bisel
2. La oscilación debe ser lo suficiente amplia como fundir los costados de la unión
3. Graduar la corriente para lograr aporte y penetración adecuados
4. Evitar que el metal de aporte se encrespe, separándose de las planchas



### **CAUSAS PROBABLES**

1. Calentamiento desigual o irregular
2. Orden (secuencia) inadecuado de operaciones
3. Contracción del metal de aporte

### **RECOMENDACIONES**

1. Puntear la unión o sujetar las piezas con prensas
2. Conformar las piezas antes de soldarlas
3. Eliminar las tensiones resultantes de la laminación o conformación antes de soldar
4. Distribuir la soldadura para que el calentamiento sea uniforme
5. Inspeccionar la estructura y disponer una secuencia (orden) lógica de trabajo



### **CAUSAS PROBABLES**

1. Manejo defectuoso del electrodo
2. Selección inadecuada del tipo de electrodo
3. Corriente muy elevada

### **RECOMENDACIONES**

1. Usar vaivén uniforme en las soldaduras de tope
2. Evitar el uso de un electrodo exageradamente grande
3. Evitar un vaivén exagerado
4. Usar corriente moderada y soldar lentamente
5. Sostener el electrodo a una distancia prudente del plano vertical al soldar filetes horizontales

## ***PROCEDIMIENTOS PARA SOLDAR CON ELECTRODOS DE ACERO DULCE***

Los mejores resultados se obtienen manteniendo un arco mediano, manteniéndose una fusión adecuada que permite el escape de gases, además de controlar la forma y apariencia del cordón. Para filetes planos y horizontales conviene mantener el electrodo en un ángulo de 45° respecto a las planchas y efectuar un pequeño avance y retroceso del electrodo en el sentido de avance. Con ello se logra una fusión correcta, se controla la socavación y la forma del cordón.

Para filetes verticales ascendentes se mantiene el electrodo perpendicular a la plancha moviéndose en el sentido de avance. El movimiento debe ser suficientemente rápido y la corriente adecuada para permitir alargar el arco y no depositar cuando se va hacia arriba para luego bajar al cráter y depositar el metal fundido, controlando en esta forma la socavación y ancho del cordón.

La soldadura sobrecabeza se hace en forma similar a la horizontal, pero la oscilación en el sentido del avance debe ser mayor para permitir que el metal depositado en el cráter se solidifique.

Cuando se suelda vertical descendente, el cordón de raíz se hace con un avance continuo, sin oscilar, y la fuerza del arco se dirige de tal manera que sujeta el baño de fusión. Para los cordones sucesivos se puede usar una oscilación lateral.

## ***PROCEDIMIENTOS PARA SOLDAR CON ELECTRODOS DE BAJO CONTENIDO DE HIDROGENO***

El procedimiento para soldar con los varios electrodos de bajo hidrógeno es básicamente el mismo. La aleaciones incorporadas a sus revestimientos no afectan sus características de operación. Para los que tienen polvo de hierro se debe usar una corriente ligeramente mayor (EXX18), que para aquellos que no lo contengan (EXX16).

El arco se debe mantener lo más corto posible en todo momento, pudiéndose usar una oscilación muy suave para controlar la forma y ancho del cordón. En soldaduras de varios pases, toda la escoria debe ser removida y la limpieza del cordón muy bien hecha.

### **SOLDADURA EN PLANO:**

Esta soldadura debe ser hecha con el mayor amperaje permitido por diámetro, para asegurar una buena fusión en los costados. Se puede usar una oscilación de hasta 2.½ veces el diámetro del electrodo, aunque se recomienda hacer varios cordones estrechos en las soldaduras anchas.

### **SOLDADURA VERTICAL:**

El cordón de raíz debe hacerse ascendente, con un arco corto y muy poco movimiento en sentido de avance. El electrodo no debe ser removido bruscamente hacia arriba y por ningún motivo alargarse el arco. Es preferible para este cordón usar un movimiento en forma "V", el electrodo se mantiene un instante en el vértice de la "V" para lograr penetración y remoción de escoria. El largo de la V no debe ser mayor de 1/8". El segundo cordón y los sucesivos pueden hacerse con un movimiento oscilatorio de lado a lado, deteniéndose en los costados para permitir que la escoria atrapada en el primer cordón pueda salir a la superficie.

### **SOLDADURA SOBRECABEZA:**

Se recomienda hacerlo con cordones estrechos y mantener el electrodo en un ángulo de 30 respecto a la cara vertical.

### **SOLDADURA HORIZONTAL:**

Los filetes horizontales deben hacerse con un cordón estrecho, con el electrodo dirigido dentro de la junta en un ángulo de 45°. El cordón estrecho debe hacerse también en los pares subsiguientes.

# **PROCEDIMIENTOS PARA SOLDAR ACEROS INOXIDABLES**

## **GENERALIDADES:**

Los aceros inoxidable han sido clasificados, desde el punto de vista metalúrgico en tres tipos básicos, a saber: Martensítico, Ferrítico y Austenítico; estas clasificaciones se refieren principalmente a la estructura granular de los aceros. La estructura martensítica es dura y quebradiza, la ferrítica es blanda y dúctil, en cambio la austenítica es resistente a los esfuerzos e impactos y al mismo tiempo dúctil.

Debido a la gran variedad de aceros inoxidable existentes y lo delicado y de alto costo que tienen normalmente estos trabajos de soldadura se debe tener especial cuidado en la selección de los electrodos. A continuación se dan algunos factores que deben considerarse para la correcta selección.

1. Análisis de metal base (composición o clasificación)
2. Resistencia a la corrosión del metal base
3. Dimensiones de la sección a soldar
4. Corriente disponible, DC o AC
5. Posición a soldar

Los puntos 1 y 2 deben ser considerados con el objeto de no usar un electrodo cuyos depósitos tengan propiedades mecánicas o de resistencia a la corrosión inferiores al metal base.

El punto 3 tiene por objeto determinar el diámetro más adecuado de electrodo.

La adición de molibdeno aumenta enormemente la resistencia a la corrosión, especialmente aumenta su resistencia a altas temperaturas.

Se recomienda un arco corto. La corriente debe ser ligeramente superior cuando se suelda con AC que con DC, polaridad invertida.

Debido a que el acero inoxidable se expande un 50% más que los aceros dulces y siendo su disipación del calor por conducción 50% más lenta, la pieza tiende a torcerse al ser soldada.

Para evitar esto se debe emplear la corriente más baja posible a soldar con la máxima velocidad. El uso de un respaldo de cobre ayudará enormemente a disipar el calor, evitando así las distorsiones y disminuyendo la segregación de carburos.

### ***PREPARACION:***

Al soldar de tope planchas de espesor inferior a 3/16" no se requiere más preparación que el corte de guillotina. Una separación igual a la mitad de su espesor se debe dejar entre las planchas a soldar. En espesores mayores de 3/16" se deben achaflanar los bordes a soldar.

### ***SOLDADURA EN POSICION PLANA:***

En uniones de tope se debe elegir una corriente suficientemente alta para asegurar una buena penetración. Cuando se requieren varios pases para una soldadura hacer un mayor número de pases con cordones pequeños para evitar las deformaciones producidas por exceso de temperatura.

Mantener un arco relativamente corto y limitar las oscilaciones a 2.½ veces el diámetro del electrodo. Es recomendable mantener el electrodo vertical. Una ligera inclinación en el sentido del avance se recomienda en diámetros pequeños. Para mejores resultados, la oscilación que se emplee debe ser en forma de "U".

### ***SOLDADURA EN POSICION VERTICAL:***

En esta posición se debe preferir un avance ascendente, con un amperaje lo más cercano posible al límite indicado por la tabla para el diámetro correspondiente de electrodo. No se recomienda oscilar el electrodo, sino con un movimiento en forma de "V", cuyo vértice estará en la raíz de la unión. Se le debe mantener un instante en este punto para asegurar una penetración adecuada y llevar la escoria a la superficie. El arco se lleva entonces aproximadamente 1/8" hacia un lado, volviendo inmediatamente a la raíz y después de la detención momentánea, se repite la operación hacia el otro lado.

En la soldadura de filete vertical el electrodo se debe inclinar hacia abajo, en forma de mantener el extremo del arco ligeramente más alto y el movimiento oscilatorio debe pasar rápido por el centro del depósito.

### ***SOLDADURA SOBRECABEZA:***

En esta posición se recomienda soldar con cordones sencillos sin oscilación, ya que si se pretende mantener una cantidad de metal fundido muy grande, resultará un cordón irregular convexo. Para obtener los mejores resultados se recomienda un arco corto y ajustar cuidadosamente la corriente para obtener una correcta penetración.

### ***SOLDADURA DE FILETE HORIZONTAL:***

Esta soldadura requiere un amperaje lo suficientemente alto para asegurar una buena penetración en la raíz y un depósito bien formado. Una corriente baja se reconoce fácilmente por la dificultad en controlar la concentración del arco en la junta y por el cordón muy convexo y de mala apariencia.

Cuando se sueldan partes de igual espesor, el electrodo se debe mantener en la dirección del avance. Si una parte es de mayor espesor, el electrodo se debe apuntar hacia esa cara.

## **PROCEDIMIENTOS PARA SOLDAR HIERRO FUNDIDO**

### **INTRODUCCIÓN**

En la actualidad la mayoría de electrodos para hierro fundido son a base de Níquel.

La especificación AWS 5.15 - 69T, reconoce cuatro tipos de electrodos para hierro fundido.

<b>TIPO AWS</b>	<b>CARBON</b>	<b>MANG.</b>	<b>SILICIO</b>	<b>HIERRO</b>	<b>NIQUEL</b>	<b>COBRE</b>	<b>OTROS</b>
ENi-CI	2.00	1.00	4.00	8.00	85.00 Min.	2.50	1.00
EN-Fe-CI	2.00	1.00	4.00	9.5/44.	5 45/60	2.00	1.00
ENCu-A	0.35/0.55	2.55	0.75	3.0/6.0	50/60	35/45	1.00
ENiCu-B	0.35/0.55	2.55	0.75	3.0/6.0	60/70	25/35	1.00

**NOTA:** Los valores indicados son máximos excepto donde se indica lo contrario.

En el primero el alambIÓN central es de níquel puro y el metal depositado es más fácil de maquinar que de Níquel-hierro.

El electrodo de Níquel-hierro es un poco más económico, posee buena resistencia al agrietamiento, también es maquinable.

Los dos tipos de electrodo son utilizados para reparar, unir o recubrir piezas de hierro fundido, el de Níquel-hierro por su superior resistencia al agrietamiento es preferido para uso en fabricación y relleno de grandes cavidades.

### **PROCEDIMIENTOS**

El hierro fundido es una aleación de hierro quebradiza y porosa, con un contenido de carbono de 2.5 - 3.5%, 0.5 - 3.0% de sílice y menores cantidades de azufre, manganeso y fósforo. Su gran fluidez en el estado líquido lo hace muy útil en la fabricación de piezas de fundición de los más complicados diseños. Cuando se vierte en los moldes al enfriarse el carbono se distribuye en forma de escamas de gráfita en toda la masa del metal. La pieza fundida resultante es labrable con máquina herramienta y el contenido de gráfita hace de lubricante al trabajar el metal.

El excesivo contenido de carbono imparte al hierro fundido las raras características físico-químicas que son causa de las dificultades que se presentan en su soldadura.

***El problema es de tres Tipos:***

1. Al soldar el calor funde parte del gráfito libre haciendo que entre en solución con el hierro, al enfriarse rápidamente éstas partículas se cristalizan especialmente en los bordes de la soldadura formando una estructura llamada Martensita la cual es muy dura y difícil de trabajar.

2. La naturaleza porosa del Hierro Fundido permite la absorción de contaminantes de aceite y grasas los cuales con el calor de la soldadura se gasifican, creando porosidades en el metal depositado lo que debilita la unión.

3. La baja resistencia a la tensión y naturaleza quebradiza del Hierro Fundido, hacen que el metal base se fracture con relativa facilidad durante el enfriamiento y contracción de la soldadura.

Las siguientes recomendaciones son generales y sirven de buena guía para procedimientos más detallados, según sea el tipo de hierro fundido a soldar.

***PREPARACION DEL TRABAJO***

Remover todo revestimiento de colada que exista en los puntos a soldar. En caso de reparaciones todo el metal defectuoso debe ser removido para dar una buena base a la soldadura. Los métodos más aceptables para preparar los filos a soldar son:

a) Corte por medio de electrodo, seguido de un esmerilado de la superficie a soldar. Es rápido y económico para soldadura de mucho espesor.

b) Esmerilado. Es muy efectivo en piezas grandes. Cuando se requieren soldaduras muy resistentes y ajustadas, se recomienda que después de esmerilado se limen las superficies para eliminar los residuos de la piedra esmeril. En piezas muy delgadas (menos de 1/8") se recomienda una suave esmerilada sobre la rajadura a soldar.



c) Cincelado. En piezas pequeñas a donde se requiera soldaduras resistentes y ajustadas el cincelado de las caras es muy recomendado.

Independientemente de cualquier método usado, los filos de las piezas a unir deben ser achaflanadas siguiendo aproximadamente el contorno a soldar. Hacer la ranura de preferencia en U, sobre todo en las secciones gruesas donde se recomienda un fondo de aproximadamente 1/4" de ancho.

Si se debe ranurar en V se recomienda un ángulo de 60-80 grados. El aceite, grasa u otros contaminantes deben ser removidos con algún solvente o con calor. Una temperatura de 400° C bastará generalmente para volatilizar todos los contaminantes. Si la pieza está muy impregnada o es muy porosa será necesario un calentamiento rápido hasta los 550° C.

## **PRECALENTAMIENTO**

Aunque innecesario en muchos casos puede ser útil para quitar las tensiones residuales y reducir las distorsiones. Se puede obtener máxima labrabilidad del metal adyacente a la unión, precalentando las piezas para controlar el enfriamiento de la zona afectada por el calor.

La temperatura de precalentamiento depende del diseño y tamaño de la pieza.

Las necesidades pueden variar desde nada hasta unos 400°C. Si la temperatura ambiente es inferior a 20°C será conveniente precalentar suavemente las piezas a uno 60 - 90°C para disminuir la velocidad de enfriamiento. Cuando se deba agregar bastante soldadura, se recomienda precalentar el hierro fundido a un color rojo oscuro.

En ausencia de precalentamiento el electrodo níquel-hierro da menor problema de agrietamiento.

## **SOLDADURA**

Los cordones longitudinales sin oscilación transversal son preferidos. Cuando sea necesario soldar en oscilación el ancho del cordón no se debe exceder tres veces el diámetro nominal del electrodo usado.

Cuando se llenen grandes cavidades comenzar por las orillas, rellenando gradualmente hacia el centro. Convendrá dar un recubrimiento previo de poco espesor a toda el área a soldar, usando electrodo de poco diámetro. Si el metal base está muy contaminado se denotará porosidad en este recubrimiento delgado. En tal caso se recomienda quitar con cincel esta primera capa y repetir el procedimiento. Para obtener uniones sin fugas, será necesario que la soldadura no tenga porosidades, cuidando de limpiar bien toda la escoria después de cada pasada.

Hacer cordones intermitentes para evitar excesivo calor localizado.

Mantener una distancia de arco entre 1/8" y 3/16". Mantener el arco sobre el charco de metal fundido, no permitiendo que este vaya adelante del mismo.

Para piezas delgadas de formas complejas aplicar la técnica de hacer cordones intermitentes y salteados, partiendo del centro hacia los extremos.

Para espesores de metal menores de 1/4" hacer cordones de 1" de largo; de 1/4" a 1/2" hacer cordones de 2" de largo; mayores de 1/2" hacer cordones de 3" a 4" de largo.

Usar el diámetro de electrodo menor posible que permita hacer una unión de no menos de dos cordones.

Reiniciar el arco haciendo siempre contacto en la soldadura previamente depositada.

## **MARTILLADO**

No es necesario para la mayoría de las aplicaciones. Si preocupan las tensiones residuales golpear suavemente con un martillo de bola, después de depositar el cordón.

## **TRATAMIENTO TERMICO POST SOLDADURA**

No es esencial pero puede ser usado para obtener mejor maquinabilidad del metal adyacente a la zona de soldadura. La dureza en esta zona es función de la composición del metal y de la velocidad de enfriamiento. Para reducir la velocidad de enfriamiento y evitar agritamiento se puede precalentar según indicado antes o retardar el enfriamiento cubriendo la pieza a soldar con algún material aislante. Procurar que la velocidad de enfriamiento no sea mayor de unos 50°C/hora.

## **ALGUNOS CONSEJOS PARA OBTENER MEJORES UNIONES**

### **"U" SENCILLA**



**Usar una "U" sencilla  
para piezas de hasta  
1/2" de espesor**

### **" U" DOBLE**



**Usar una "U" doble  
para piezas de  
espesor mayor de 1/2"**

Procedimiento Recubrimiento Delgado previo (Para piezas grandes o de mucho espesor).

Si el metal base se ha contaminado mucho de aceite o grasa, el recubrimiento previo saldrá con porosidades. En tales casos se recomienda quitar con cincel éste y repetir el procedimiento. Para obtener uniones sin fugas es necesario que la soldadura no tenga porosidades cuidando de limpiar bien toda escoria después de cada pasada.

#### **Paso 1:**

Use un electrodo de diámetro pequeño para aplicar una capa previa delgada sobre toda el área a rellenar.



#### **Paso 2:**

Aplique las pasadas de relleno con un electrodo de mayor diámetro.



## **Unión con Plancha de Refuerzo de Acero**

### **LINEA**

#### **PASO 1:**



Ponga la plancha de refuerzo sobre el agujero o rajadura y dibuje una línea siguiendo el contorno.

#### **PASO 2:**

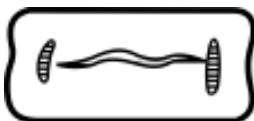


Remueva la plancha y deposite un cordón de soldadura alrededor del extremo exterior de la línea de contorno. Use electrodo de diámetro pequeño.

#### **PASO 3**



Ponga la plancha de posición y suéldela al cordón previamente depositado.



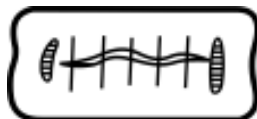
### **Reparación de rajaduras en Piezas de Espesor delgado.**

Deposite un pequeño cordón transversal a cada extremo de la rajadura.

#### **Paso 1:**

#### **Paso 2:**

Suelde cordones cortos a lo largo de la rajadura alternadamente partiendo del centro hacia los extremos.



### **Unión de Cordones Laterales**

#### **Paso 1:**



Con electrodo de diámetro pequeño deposite un cordón a cada lado de la rajadura.

#### **Paso2:**



Con el siguiente tamaño mayor de electrodo una los dos cordones.

## **SOLDADURA DE REVESTIMIENTOS DUROS Y RECUPERACION DE PIEZAS**

El recubrimiento y recuperación de piezas consiste en la aplicación de un material de aleación especial sobre una pieza metálica mediante diversos procesos de soldadura, con el fin de mejorar la resistencia al desgaste y/o recuperar las dimensiones apropiadas.

La propiedad que generalmente se quiere mejorar es la resistencia al desgaste producto de la abrasión, impacto, adhesión (desgaste metal-metal), calor, corrosión o una combinación de cualquiera de estos factores.

Existe una amplia gama de aleaciones de recubrimiento aplicadas para casi cualquier pieza metálica. Algunas aleaciones son muy duras, otras son más suaves con partículas dispersas de alta resistencia a la abrasión. Algunas aleaciones están diseñadas para llevar una pieza hasta una dimensión determinada (Build-up), mientras que otras están diseñadas para obtener una capa antidesgaste que proteja la superficie de trabajo.

El recubrimiento y la recuperación de piezas se utilizan básicamente en dos áreas.

### ***1. La recuperación de piezas devolviéndoles sus dimensiones originales.***

Esto se logra mediante la aplicación sólo de capas de relleno o bien de relleno (Build-Up) y de recubrimiento antidesgaste (Overlay). En ambos casos, las propiedades de la pieza reacondicionada, son generalmente superiores a las de la pieza original. Por otro lado las piezas metálicas que permanecen en buen estado pueden volver a ser recuperadas una y otra vez, si se siguen los procedimientos adecuados.

### ***2. La protección contra el desgaste de piezas metálicas nuevas.***

La capa de recubrimiento antidesgaste (Overlay), se utiliza tanto en piezas nuevas como también en usadas, en aquellas zonas donde las piezas son más susceptibles de desgaste. La capa final de alta aleación ofrece una resistencia superior al desgaste en comparación con la resistencia del material base original. Esto a menudo duplica o triplica la vida útil del componente en relación a una pieza que no ha sido recubierta. En algunos casos el recubrimiento puede aumentar el valor del equipo, pero esto se compensa empleando materiales base a menor costo.

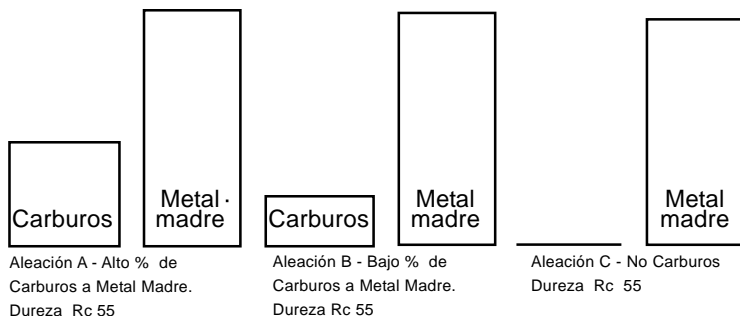
## **PRINCIPALES FACTORES DE DESGASTE:**

### **Abrasión, Calor, Corrosión**

Antes de discutir los tres factores principales de desgaste debemos aclarar la interpretación errónea que comúnmente existe respecto a la dureza en relación con el desgaste.

### **DUREZA Y SU RELACION CON EL DESGASTE**

La dureza no es un indicador directo de la resistencia a la abrasión, tal como lo demuestran las siguiente graficas:



O sea la dureza de A, B y C puede ser igual, pero su resistencia a la abrasión es distinta.

Los carburos de Titanio, Tungsteno, Cromo, Molibdeno, Hierro, etc., aumentan la resistencia a la abrasión.

#### **ALEACION "A"**

Mayor proporción de carburos en el Metal Madre = Mayor resistencia a la abrasión. Ejemplo: Electrodo Hardalloy 55 TiC.

#### **ALEACION "B"**

Menor proporción de carburos en el Metal Madre = Menor resistencia a la abrasión que aleación A. Ejemplo: Electrodo Hardalloy 58 TiC.

#### **ALEACION "C"**

Metal Madre de Martensita dura (No carburos) = aún menor resistencia a la abrasión que aleación A. Ejemplo: Electrodo Hardalloy 58.

Aleaciones con alta proporción de carburos a metal madre resisten muy poco los impactos. Al disminuir esta proporción, aumenta la resistencia al impacto.

## TIPOS DE ABRASION

La abrasión de los metales ha sido clasificada de tres tipos: Tipo Rasguño, Tipo Molido y Tipo excavado. En la mayoría de los casos se encuentran los tres tipos mezclados.

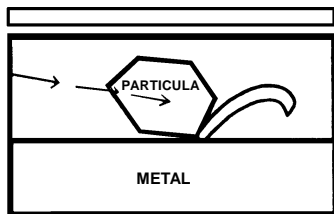
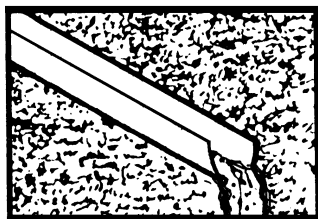
### ABRASION TIPO RASGUÑO

Es la menos severa, la provocan partículas duras y de esquinas vivas.

La principal fuente de esfuerzo es la velocidad de las partículas, no existe generalmente esfuerzo suficiente para romper los granos del material abrasivo, por ello se le conoce como "Abrasión de Bajo Esfuerzo de Rotura" o Erosión. En este tipo de abrasión son importantes la dureza y agudez de filos de las partículas.

Mayor dureza de los mismos y más filos vivos aumentan la severidad de los rasguños. La acción abrasiva se aumenta con la velocidad de las partículas y partículas en chorro de aire o en flujo turbulento de líquido. Generalmente no existe esfuerzo de impacto. Ejemplo típico de esta abrasión se da en los impulsores de las bombas de dragado y en bombas para cemento.

### BAJO ESFUERZO DE ROTURA (Abrasión Tipo Rasguño)



Fuerza compresiva no es suficientemente grande para romper las partículas abrasivas. No se crean nuevos filos cortantes.

Ejemplo típicos: Ventiladores, arados de reja, canal de descarga de coque, tambores de frenos, etc.

Para abrasión de bajo esfuerzo de rotura use aleaciones de soldadura que tengan metal madre dura y/o de alta proporción de carburos - metal madre.

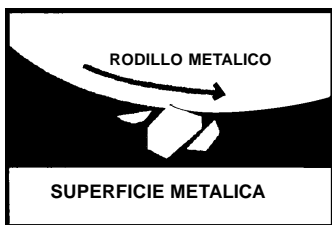
Ejemplo: Electrodo Mc Kay: Hardalloy 55 TiC, Hardalloy 140, Hardalloy 55



## **ABRASION TIPO MOLIDO:**

Se caracteriza por la rotura de los granos duros y abrasivos del material que la provoca. Generalmente la rotura ocurre entre superficies de metal. Los granos abrasivos rotos son de filos vivos y pueden causar surcos profundos en el metal. Los esfuerzos concentrados en la superficie del metal, provocados por los filos vivos de las partículas abrasivas, pueden provocar fractura local y remoción de los microcristales del mismo. Por esta razón a este tipo de abrasión se le conoce como "Abrasión de Alto esfuerzo de Rotura". El deterioro de la superficie del metal es provocado por un mecanismo de surcado, deformación plástica local y micro-roturas de los granos del metal. Ejemplos de esta abrasión ocurren en los molinos de bolas y partes de maquinaria que rozan entre sí en un medio que tiene partículas abrasivas.

### **ALTO ESFUERZO DE ROTURA - SIN IMPACTO** **(Abrasión Tipo Molido)**



Fuerza compresiva suficientemente grande para romper las partículas abrasivas y crear nuevos filos vivos.

**EJEMPLOS TIPICOS:** Barrenos, aspas de concretas, cuchillas de cucharón de almejas o pala de arrastre, aspas de transportadores de tornillo, ruedas de mueller, etc.

Para abrasión de Alto Esfuerzo de Rotura sin impacto utilice aleaciones de soldadura que tengan metal madre duro y media a alta proporción de carburos a metal madre.

Ejemplo: Electrodo Mc Kay, Hardalloy 40 TiC, Hardalloy 55, Hardalloy 140.

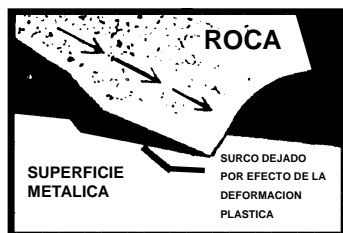
## **ABRASION TIPO EXCAVADO:**

Se caracteriza por alto esfuerzo de rotura en gran escala, asociado con impacto.

Algunas veces las fuerzas son aplicadas a una velocidad muy baja, Ej.: El cucharón de una pala excavadora que arranca la roca de una cantera. En otros caso puede existir alta velocidad como en los martillo y las barras de la trituradoras de impacto.

El mecanismo de remoción del metal es similar al producido por el maquinado de una herramienta de corte o buril, o en que produce una rueda abrasiva de alta velocidad. prominentes excavados son cortados o arrancados de la superficie de desgaste. Los ejemplos mencionados anteriormente (que se dan en la operación de palas mecánicas y trituración de rocas) son típicas de abrasión tipo Excavado.

### **ALTO ESFUERZO DE ROTURA CON IMPACTO. (Abrasión Tipo Excavado)**



Gran esfuerzo de triturado de las partículas abrasivas con impacto severo, creándose nuevos filos cortantes.

**EJEMPLOS TIPICOS:** Trituradoras de mandíbulas, de impacto, de rodillos y giratorias.

Para alto esfuerzo de rotura con impacto use aleaciones de soldadura con metal madre medianamente duro y/o media a alta proporción de carburo a metal madre.

Ejemplo: Electrodo Mc Kay

para base o relleno: Hardalloy 118, Chrome-Mang

Para capa dura final: Hardalloy 40 TiC, Hardalloy 140, Hardalloy 55.

# ELECTRODOS McKAY

## RESISTENCIA RELATIVA A LA ABRASION Y AL IMPACTO

Electrodos para relleno y capa superior de Revestimiento Duro

Aplicación	Tipo	Relativa resistencia a la Abrasión del Depósito de Soldadura	Relativa resistencia al impacto del Depósito de Soldadura
Aleaciones Base Hierro para restituir al tamaño original antes de aplicar la capa de Revestimiento Duro. También usado como capa final	Hardalloy 32	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>
	Hardalloy 118 Niquel-Manganeso	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>
	Hardalloy 120	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>
	Frogalloy C	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>
	Chrome-Mang	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>
Aleación Base Hierro para capa Dura Superior. Soporta abrasión moderada a severa acompañada o no impacto severo.	Hardalloy 48*	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>
	Hardalloy 52	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>
	Hardalloy 61*	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>
	Hardalloy 58	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>
	Hardalloy 44	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>
	Hardalloy 55*	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>
	Hardalloy 58 Tic*	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>
	Hardalloy 40 Tic*	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>
	Hardalloy 55 Tic*	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>
Aleación no Ferrosa. Para resistir abrasión acompañada de calor o corrosión	Hardalloy 6*	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>
	Hardalloy 1*	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>

Aumenta resistencia a la Abrasión

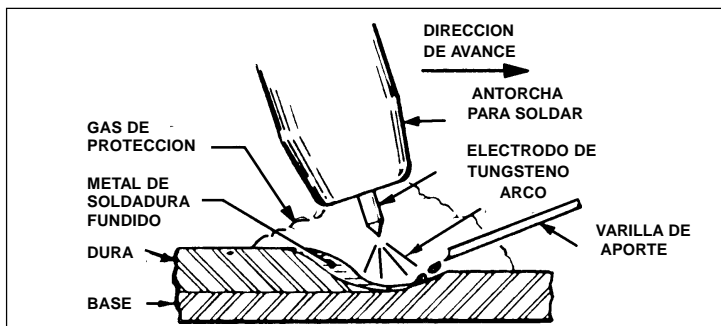
OXGASA



Aumenta resistencia al Impacto

>

## SOLDADURA DE ARCO CON ATMOSFERA PROTECTORA DE GAS INERTE (TIG)



Desde 1948 los procesos de soldadura han variado radicalmente, incorporándose a ellas diversas técnicas y modernos equipos, lográndose mayor eficiencia, rapidez y bajos costos de producción.

El principal propósito es el de proteger el arco eléctrico y el metal fundido de la oxidación con una atmósfera de gas inerte o semi-inerte, desarrollándose originalmente este proceso por las dificultades que existían para soldar el magnesio. El uso de gas inerte para producir una soldadura libre de escoria, perfeccionó esta técnica tan conveniente para aplicarla a muchos metales incluyendo los aceros al carbono y sus aleaciones.

La unión se produce por fusión, mediante un arco eléctrico mantenido entre un electrodo metálico, tanto consumible como no consumible, y pieza por soldar, protegido con un gas inerte o semi-inerte alrededor del arco y baño de metal fundido. En un principio se usaban como gases protectores al argón y el helio, ya que estos gases son químicamente inertes; dando una protección efectiva contra el nitrógeno, que tiene tendencia a formar nitruros con otros elementos aleados al acero, los que pueden ser responsables de deformaciones por envejecimiento y fragilidad. Además el fenómeno es acompañado por aumento de dureza y pérdida de resistencia al impacto.

Recientemente se han experimentado con éxito mezclas con otros gases que no son necesariamente inertes o protectores, como mezclas de Argón y Helio con pequeñas cantidades de Hidrógeno,

Nitrógeno, Oxígeno y Anhídrido Carbónico. Por ejemplo, el agregado de 0.05% de Hidrógeno al Helio, mejora la estabilidad del arco y aumenta la penetración de la soldadura.

El uso del metal de aporte es optativo en uno de los procesos como se verá más adelante, ya que hay dos tipos diferentes de soldadura al arco con gas inerte. Uno de ellos es el llamado **"SOLDADURA AL ARCO CON GAS INERTE, ELECTRODO NO CONSUMIBLE" (TIG)**, que emplea un electrodo de Tungsteno de alto punto de fusión, que no se funde ni se vaporiza tan rápidamente en presencia del intenso calor del arco.

El otro tipo llamado **"SOLDADURA AL ARCO CON GAS INERTE, ELECTRODO CONSUMIBLE" (MIG)**, emplea un electrodo metálico de bajo punto de fusión, que se funde en presencia del intenso calor del arco, depositándose como soldadura casi de la misma manera que un electrodo convencional revestido, alimentándose el baño de metal fundido mediante un carrete de electrodo continuo cuyo avance es regulado por controles automáticos. El Anhídrido Carbónico (CO<sub>2</sub>) y el Argón (Ar) son los gases inertes de mayor uso de este proceso.

El primer proceso recibe generalmente el nombre de "TIG" (Tungsten Inert Gas) o GTWA (Gas Tungsteno Welding Arc), mientras que el segundo el de "MIG" (Metal Inert Gas) o GMWA (Gas Metal Welding Arc).

# PROCESO "TIG"

## FUNDAMENTOS

El calor necesario para soldar TIG, se produce mediante un arco eléctrico manteniendo entre el electrodo no consumible y la pieza por soldar. El electrodo usado para llevar la corriente es una varilla de tungsteno, o una aleación del mismo, así como también puede ser grafito, lo que no es usual.

El metal fundido y el electrodo están protegidos contra el efecto pernicioso del oxígeno y nitrógeno por una atmósfera de gas inerte alimentado a través del porta electrodo. La soldadura se practica aplicando el calor del arco hasta que los bordes de las juntas por soldar estén fundidos. El baño de metal, antes de solidificarse, juntas las partes entre sí. Este proceso puede ser aplicado en forma manual o automática, usando o no metal de aporte.

Para establecer el arco generalmente se acerca la punta del electrodo al trabajo sin tocar este y luego se retira dejando una corta distancia.

Para soldar manualmente, una vez que el arco esté establecido, el porta electrodo debe mantenerse a 75° con respecto al baño de metal fundido. Para comenzar a soldar es conveniente mover el porta electrodo en un pequeño círculo hasta tener un baño de metal fundido de un diámetro conveniente. Una vez que se ha logrado una fusión adecuada en un punto, la soldadura se hace moviendo el electrodo a lo largo de las juntas a medida que éstas se vayan fundiendo. La solidificación del metal fundido sigue progresivamente al arco a lo largo de la junta, completando la soldadura.

## TIPOS DE CORRIENTES Y SUS APLICACIONES

La selección del tipo de corriente para soldar y la fuente de poder depende del espesor del material a soldar y la velocidad de depósito, como se verá más adelante.

## **CORRIENTE DIRECTA POLARIDAD INVERTIDA**

Al ser el electrodo positivo, los electrones negativos golpean el electrodo produciendo un sobrecalentamiento. Esto hace necesario el uso de un electrodo de tungsteno de 1/4" de diámetro para transportar 125 Amp. y soldar solamente aluminio de 1/8" de espesor. Debido a que los electrones calientan el electrodo y no el trabajo, el baño metal es superficial y ancho. De esto se desprende que DC-PI no es recomendable por que el calentamiento del electrodo es excesivo.

## **CORRIENTE DIRECTA POLARIDAD DIRECTA**

En este caso los electrones negativos se dirigen a la plancha positiva a gran velocidad. Los iones positivos del gas van hacia el electrodo negativo a baja velocidad. Cuando los electrones golpean la plancha se libera un calor considerable y entonces la plancha se calienta más que el electrodo.

La DC - PD se recomienda para todos los metales, ya que el depósito es más profundo y estrecho que con DC - PI o CA, los esfuerzos de contracción son menos severos y en algunos metales se encuentran menos problemas de grietas en caliente. Además se producen menos distorsiones en el metal base, porque la velocidad de absorción de calor es más rápida que con DC-PI y el depósito permanece fundido por un corto tiempo debido a la mayor rapidez con que absorbe calor.

## **CORRIENTE ALTERNA**

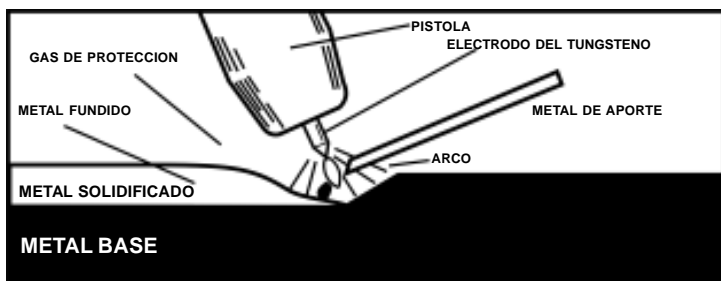
Cuando se usa corriente alterna, el flujo eléctrico cambia de una dirección a otra. Este cambio y su vuelta a la original se llama ciclo. En consecuencia, con una corriente alterna de 60 ciclos hay 120 cambios de dirección en un segundo.

La diferencia del flujo de corriente es considerable en metales como aluminio, magnesio y cobre y mucho mayor en presencia de películas de óxidos, que en metales químicamente limpios. Esta resistencia al flujo en una dirección produce una tendencia hacia la rectificación que elimina el flujo en esa dirección. La reignición del arco y la mantención de la corriente contraria es

difícil en una mitad de ciclo, pero fácil y segura en otra, cuando el electrodo es negativo.

Las máquinas comunes de soldar, tienen un voltaje en vacío de 50-80 voltios como máximo. Este voltaje es suficiente para establecer el arco cuando el electrodo es negativo, pero no así cuando es un arco inestable y errático, a menos que se use algún sistema para producir un alto voltaje en el circuito al comienzo de cada ciclo y así establecer las condiciones ionizantes en la zona del arco.

Uno de los métodos comerciales para obtener el voltaje necesario y producir una ignición completa en el medio ciclo de polaridad invertida es el de acoplar a la fuente de poder un transformador de voltaje y oscilador de alta frecuencia 1,000 - 1,500 voltios - 2,000 Hz.



## **APLICACIONES**

El arco formado por un electrodo de tungsteno en una atmósfera de gas inerte provee una intensa fuente de calor, muy limpia y rápida.

Por esta razón el proceso TIG es muy conveniente para soldar en amplio margen de materiales. Este incluye todos los metales o aleaciones que pueden ser fundidos por el arco eléctrico, no se vaporizan por el calor y podrán ser soldados sin grietas.



Los materiales que pueden ser soldados mediante este proceso son la mayoría de aceros al carbón, aleaciones o aceros inoxidables, aluminio y casi todas sus aleaciones, magnesio y sus aleaciones, cobre, cobre-níquel (aleaciones Monel), níquel-cromo-hierro (aleaciones Inconel) de alta temperatura en varios tipos, virtualmente todas las aleaciones de recubrimientos duros, zirconio, oro, plata y muchos otros.

El proceso está especialmente adaptado para soldar trabajos livianos como cajas de transistores, instrumentos de diafragma, debido al preciso control de calor y la facilidad para soldar con o sin metal de aporte. Este es uno de los pocos procesos que permiten una rápida y satisfactoria soldadura en objetos delgados y livianos.

### **SOLDADURA DE ACEROS INOXIDABLES CON EL PROCESO TIG**

En la soldadura TIG manual el argón es el gas protector más importante hasta 2 mm. de espesor. Para mayores espesores se prefiere una mezcla argón-hidrógeno, especialmente si se desea la máxima velocidad de soldar. Además esta mezcla permite un menor consumo de gas, puesto que el hidrógeno arde al encontrarse con el arco y forma con ello una capa protectora adicional.

Se recomienda DC ( - ) pero se puede soldar con AC y alta frecuencia.

Tal como se ha dicho el proceso TIG es el más apropiado para soldar acero inoxidable ya que no existe combustión de elementos de aleación ni pequeñas segregaciones de carbono en la zona influida por el calor. Sin embargo, antes de soldar conviene quitar todo vestigio de suciedad. Debido al óxido superficial, los cordones aparecen coloreados, lo que puede ser quitado con soluciones de ácido nítrico o fluorhídrico.

La soldadura TIG es la más adecuada para solucionar problemas en la soldadura de acero inoxidable, en núcleos tubulares de paredes delgadas, como son los radiadores térmicos cuyos problemas son evitar la quemadura interior, y la contaminación del metal de aporte ya sea por el fundente o por el aire circundante.

El equipo para la elaboración y almacenamiento de comestibles debe ser limpiado fácil y perfectamente. Por esto las picaduras, porosidad, las inclusiones o las superficies toscas en el interior o exterior de los depósitos y tuberías son inaceptables. La soldadura TIG es quizás el procedimiento de soldadura más nítido y satisface admirablemente estas necesidades.

## **SOLDADURA DE ALUMINIOS (TIG)**

Para soldar el aluminio se ha preferido el uso de corriente AC ya que combina la mayor cantidad de calor en el trabajo generado por la componente DC PD (70%) que tiene más capacidad, para romper la película de óxido de la pieza, resultando en una mejor soldadura.

Tanto rendimiento de las máquinas soldadoras como las variables del proceso, afectan la estabilidad de arco y con ello la calidad de la soldadura. Estas variables son: densidad de corriente, flujo de gas, longitud de arco, tipo de electrodo y metal de aporte. Gas Argón es generalmente usado para soldar este metal.

## **ELECTRODOS DE TUNGSTENO**

Existen cuatro tipos:

- **Tungsteno Puro** - Color Verde. Para uso general en aplicaciones menos críticas. Recomendado para DC - PD y AC onda balanceada y para soldadura de Hidrógeno Atómico. El más económico.

- **Tungsteno Toriado al 1%** - color amarillo. Da mejor estabilidad en el inicio del arco, mayor capacidad de corriente, mayor duración y no se contamina tan fácilmente cuando hace contacto con la soldadura o el metal de aporte.

- **Tungsteno Toriado al 2%** - Color Rojo. Mayores y similares ventajas al toriado al 1%.

- **Tungsteno Circoneado** - color Café. El Circonio provee mejor operación y mayor vida cuando se suelda en AC. Particularmente recomendado para soldar Aluminio y sus aleaciones. Se contamina poco.

- Para soldar Aluminio, Magnesio y sus aleaciones se recomienda CA de Alta Frecuencia y electrodo de Tungsteno Puro o Circoneado.

- Para soldar Aceros, Cobre, Níquel o sus aleaciones se recomienda DC. polaridad Directa y electrodo de Tungsteno Toriado (La Polaridad Inversa fundirá el tungsteno a gran velocidad).

**TABLA No. 5. RECOMENDACIONES GENERALES SOLDADURA TIG**

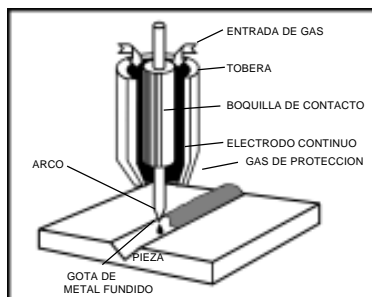
Espesor Metal	Diámetro Electrodo Tungsteno	Diámetro Varilla Aporte (*)	Amperaje (-)	Gas Tipo	Protector Flujo p.c./hr.
<b>ALUMINIO .... SOLDADURA MANUAL CORRIENTE ALTERNA -- ALTA FRECUENCIA</b>					
1/16"	1/16"	1/16"	60 - 100	Argón	15
1/8"	3/32" - 1/8"	3/32"	120 - 160	Argón	20
3/16"	1/8" - 5/32"	1/8"	180 - 240	Argón	20
1/4"	5/32" - 3/16"	3/16"	240 - 320	Argón	25
<b>ACERO INOXIDABLE .... SOLDADURA MANUAL - CORRIENTE DIRECTA -- ALTA FRECUENCIA</b>					
1/16"	1/16"	1/16"	40 - 70	Argón	15
1/8"	3/32"	3/32"	65 - 110	Argón	15
3/16"	3/32"	1/8"	100 - 150	Argón	20
1/4"	1/8"	5/32"	135 - 180	Argón	20
<b>ACERO DULCE .... SOLDADURA MANUAL CORRIENTE DIRECTA -- POLARIDAD DIRECTA</b>					
1/16"	1/16"	1/16"	60 - 90	Argón	15
1/8"	1/16" - 3/32"	3/32"	80 - 115	Argón	15
3/16"	3/32"	1/8"	115 - 170	Argón	20
1/4"	1/8"	5/32"	160 - 210	Argón	20

**NOTA:** Otros gases principalmente Helio o mezclas de ellos, también se usan como gas protector. El Helio tiene mayor conductividad térmica que el Argón, lo que permite mayor amperaje en el electrodo y da distintas características en el cordón de la soldadura. Para su empleo buscar recomendaciones especiales según cada caso.

(\*) Cuando es empleada

(---) Puede variar un poco dependiendo del tipo de unión  
pc/hr.: pies cúbicos por hora

## SISTEMA MIG



### **Descripción del Proceso**

El sistema MIG, fue introducido a fines del año 1940. El proceso es definido por la AWS como un proceso de soldadura al arco, donde la fusión se produce por calentamiento con un arco entre un electrodo de metal de aporte continuo y la pieza, donde la protección del arco se obtiene de un gas suministrado en forma externa, el cual protege el metal líquido de la contaminación atmosférica y ayuda a estabilizar el arco.

### **Aplicaciones**

El proceso (MIG) tiene un rango de aplicaciones muy amplio por las ventajas indicadas; en soldaduras de todo tipo de acero, aluminio, cobre, aceros inoxidables, etc. Por ejemplo en soldaduras de acero se le emplea en la fabricación de estructuras, vigas, carrocerías, tuberías, etc.

En el sistema MIG, un sistema de alimentación impulsa en forma automática y a velocidad predeterminada el alambre-electrodo hacia el trabajo o baño de fusión, mientras la pistola de soldadura se posiciona a un ángulo adecuado y se mantiene una distancia tobera-pieza, generalmente de 10 mm.

El Sistema MIG posee cualidades importantes al soldar aceros, entre las que sobresalen:

1. El arco siempre es visible para el operador.
2. La pistola y los cables de soldadura son ligeros, haciendo muy fácil su manipulación.

3. Es uno de los más versátiles entre todos los sistemas de soldadura.
4. Rapidez de deposición.
5. Alto rendimiento.
6. Posibilidad de automatización.

Esta forma de soldar, por sus múltiples ventajas, ha tenido gran aceptación en la soldadura de metales y aleaciones no ferrosas, tales como el aluminio, cobre, acero inoxidable, aceros de baja aleación, titanio, etc. Estas ventajas también son extensivas a las soldaduras de aceros corrientes donde sus posibilidades de aplicación son prácticamente ilimitadas. En muchas aplicaciones ha sustituido a la soldadura con proceso TIG o a la soldadura con electrodo revestido.

Este procedimiento automático o semiautomático de soldar requiere disponer del equipo especializado, compuesto básicamente de una fuente de poder, un mecanismo impulsor del electrodo de alambre, una pistola para dirigir el trabajo, un control, una fuente de atmósfera protectora y un carrete con la soldadura a emplear en forma de alambre.

Al oprimirse el gatillo de la pistola, el electrodo continuo es impulsado a través de la pistola donde se produce un contacto eléctrico deslizante que energiza al electrodo como terminal positivo de un generador o rectificador de corriente continua. La pieza a soldar ha sido conectada al terminal negativo, con la cual producido el contacto, se establece el arco.

Junto con hacer avanzar el electrodo, al oprimir el gatillo se acciona una válvula que abre la salida del gas protector, el cual fluye por una boquilla que es concéntrica con el electrodo continuo, evitando la acción de los gases de la atmósfera sobre el metal en transferencia o recién depositados. Como atmósfera protectora se puede utilizar un gas inerte, como Argón o Helio, mezclas de éstos entre si o con pequeñas cantidades de oxígeno o bien anhídrido carbónico puro o en mezclas con gases inertes.

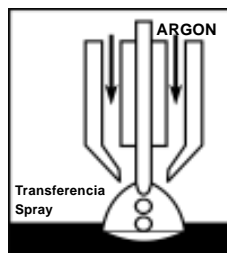
Una vez establecido el arco, el electrodo continuo avanza a la velocidad que se ha fijado previamente y es consumido precisamente a la misma velocidad con que es alimentado, sin requerir la intervención del operador para ello. No se utilizan fundentes por lo que prácticamente no hay formación de escoria.

Se emplea corriente continua polaridad invertida, (DC-PI) sobre electrodos continuos de diversos diámetros, en tal forma de obtener altas densidades, lo que produce altas velocidades de depósitos, penetración profunda y una muy eficiente transferencia del metal.

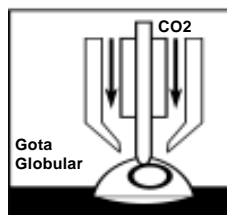
El proceso MIG ha demostrado ser muy útil para soldaduras de punto en láminas delgadas siendo este de más fácil aplicación que la soldadura de punto por resistencia eléctrica produciendo puntos de mayor penetración.

## TIPOS DE TRANSFERENCIA DE METAL EN EL PROCESO MIG

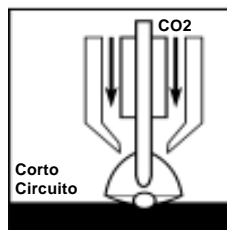
**1. Transferencia en Spray.** Se utiliza corriente Directa Polaridad Invertida. El metal fundido pasa en forma de pequeñas gotitas a alta velocidad, desde el electrodo hasta la pieza. Se recomienda para soldadura de alta velocidad y calidad, en secciones gruesas. Espesores mínimos recomendados para este proceso 3/16" en Aluminio y 1/8" en Acero Argón, Helio o mezclas de estos se utilizan mayormente como gas inerte.



**2. Transferencia Globular.** El metal fundido pasa en forma de gotas gruesas de diámetro mayor que el del electrodo. Esto ocurre cuando las densidades de corriente son bajas. CO<sub>2</sub> se utiliza primordialmente como gas.



**3. Transferencia en Cortocircuito.** El electrodo avanza hasta tocar el metal produciéndose un cortocircuito, fundiéndose la punta, siendo la velocidad de fusión mayor que la de alimentación del alambre, se produce un corte en el mismo. Al continuar siendo alimentado el alambre se produce otro cortocircuito repitiéndose sucesivamente el proceso a alta velocidad. CO<sub>2</sub> y Argón o mezclas de estos se utilizan principalmente como gas inerte. El proceso se recomienda para soldaduras de espesores delgados, menores de 1/4" y corrientes menores de 250 amperios.



## **VENTAJAS DEL PROCESO MIG**

**1. VELOCIDAD:** La gran rapidez del depósito permite alcanzar velocidades excepcionales en el trabajo, ya sea por las velocidades de avance que se obtienen o por reducción en el número de pases que se necesitan.

**2. EFICIENCIA:** Como el electrodo continuo es alimentado automáticamente y no hay interrupciones para colocar el electrodo o remover la escoria, se puede mantener un factor de prácticamente 100% en el arco, obteniéndose eficiencia máxima al usar las altas velocidades del proceso, lo que se traduce en importantes economías de tiempo de soldadura.

**3. ARCO DE AUTO-REGULACION:** Como el electrodo continuo se funde automáticamente a la misma velocidad con que es alimentado, el arco no requiere mayor atención de soldador, el que entonces puede dedicarlo constantemente al metal que está depositando, lo que significa un trabajo de mayor calidad con un operador menos especializado.

**4. LIMPIEZA:** Al utilizar electrodos continuos sin fundentes, no se producen escorias, lo que permite efectuar soldaduras de pases múltiples sin interrupciones para limpiar; si se trata de soldaduras de un pase, éstos quedan inmediatamente terminados y limpios, todo lo cual significa importantes economías de tiempo.

**5. DEFORMACIONES:** Por las altas velocidades de avance que se pueden obtener, si bien las densidades de corriente son altas, la zona que afecta es reducida y no se producen concentraciones de calor en el trabajo, por lo que los efectos desagradables del calor, tales como distorsiones o deformaciones, pueden reducirse al mínimo. Lo anterior es especialmente válido al soldar láminas delgadas.

# ***PROBLEMAS MAS FRECUENTES Y COMO SOLUCIONARLOS***

## ***PROBLEMAS EN EL AVANCE DEL ALAMBRE***

- Guía del alambre obstruida o desgastada
- Boquilla de contacto dañada
- Maneral sobre calentado
- Proyecciones de material sobre el alambre
- Freno excesivamente apretado
- Tensión-amperaje incorrectamente regulado

## ***ARCO INESTABLE***

- Boquilla de contacto desgastada
- Impurezas en el material base
- Mal contacto del cable tierra
- Distancia boquilla-metal base excesiva
- Velocidad de maneral demasiado rápida
- Tensión-amperaje demasiado altos
- Arco demasiado largo

## ***SOCAVACIONES***

- Vaivén demasiado estrecho o rápido
- Impurezas en el material base
- Movimiento del maneral
- Pieza sobrecalentada
- Material fundido rebosa por delante

## ***DEFECTOS DE SOLDADURA QUE CAUSAN:***

### ***POROSIDAD***

- Corrientes de aire, viento, ventiladores, etc.
- Impurezas en el material base
- Salpicaduras de material fundido en las boquillas
- Flujo de gas demasiado alto o demasiado bajo
- Excesiva distancia maneral - pieza



- La boquilla de gas está dañada o tiene una configuración inadecuada
- El alambre de soldadura sobresale excesivamente
- Maneral de soldadura orientado incorrectamente
- Ancho de soldadura excesivo
- Velocidad demasiado alta
- Fugas de gas en el maneral o conexiones
- Anomalías en el medidor de flujo
- Alambre y sus guías sucios
- Gas húmedo

### **CHISPORROTEO**

- Avance de alambre incorrecto respecto al voltaje
- Avance irregular por problemas en la alimentación
- Impurezas en el material base
- Mal contacto del cable de tierra
- Distancia excesiva de la boquilla al metal base
- Longitud de arco excesiva (arco largo)
- Boquilla de contacto dañada
- Dispositivo de estrangulación incorrecto
- Maneral demasiado inclinado
- Comienzo incorrecto
- El rodillo de alimentación resbala

**TABLA No. 6. RECOMENDACIONES GENERALES  
SOLDADURA MIG**

<b>Metal Base</b>	<b>Gas Inerte</b>	<b>Diámetro Alambre</b>	<b>Amperaje DC - PI</b>
Aluminio y Aleaciones	Argón Helio - Argón	0.030"	50 - 150
		0.035"	55 - 200
		0.045"	90 - 250
		1/16"	160 - 350
Acero Dulce	CO2 Argón - CO2	0.030"	50 - 150
		0.035"	60 - 180
		0.045"	90 - 200
		1/16"	300 - 450
Acero de Baja Aleación	Argón - Oxígeno Argón CO2	0.030"	50 - 150
		0.035"	75 - 230
		0.045"	100 - 350
		1/16"	300 - 450
Acero Inoxi- dable	Argón - Oxígeno Helio-Argón- CO2	0.30"	75 - 150
		0.035"	100 - 160
		0.045"	140 - 310
		1/16"	280 - 350
Níquel Aleaciones	Argón Helio - Argón	0.035"	100 - 150
		0.045"	150 - 260
		1/16"	200 - 400
Bronces	Argón Helio - Argón	1/16"	225 - 300
		5/64"	275 - 350
Cobre	Argón Helio - Argón	1/16"	300 - 470
Cobre - Níquel	Argón	1/16"	250 - 300
Magnesio Aleaciones	Argón Helio - Argón	0.045"	220 - 280
		1/16"	240 - 390

**NOTA:** Los valores de amperajes en esta tabla son aproximados

Existen diámetros mayores de alambre de aporte que no aparecen en esta tabla.

El alambre de aporte debe ser generalmente de una composición igual o similar al metal base.

DC-PI: Corriente directa - Polaridad Inversa.

Las mezclas de gases Inertes pueden ser de varias composiciones.

## **SOLDADURA ELECTRICA DE ARCO SUMERGIDO**

En la soldadura eléctrica de arco sumergido la unión de las piezas se produce por el calentamiento originado por un arco eléctrico entre el electrodo de metal desnudo y las piezas a soldar. El área de soldadura se protege por una capa de material granulado fundible, que la cubre totalmente. No se usa presión y el metal de aporte se obtiene del propio electrodo o por una varilla suplementaria. El material fundible, de protección, es conocido como "Fundente", aunque desempeña funciones adicionales a las de fundir.

En la soldadura de arco sumergido no hay evidencia visible del paso de corriente entre el electrodo y las piezas que se sueldan. El electrodo, no está en contacto con las piezas, la corriente pasa a través de los minerales de que se compone el fundente. Es un producto especialmente fabricado, que aún cuando se lleva a altas temperaturas en la zona de soldadura, no emana cantidad apreciable de gas. Este material, se aplica manual o automáticamente a lo largo de la separación de las uniones a soldar.

Tanto la punta del electrodo como el baño de soldadura quedan completamente cubiertos del material fundente durante la operación eliminándose chispas, salpicaduras, humo y llamas. No se necesita careta de protección, máscara ni sistema de ventilación, con excepción de anteojos de seguridad para protección de los ojos.

El calor producido por este proceso funde el material del fundente alrededor del arco, mientras que la parte superior, visible del fundente, se mantiene inalterable en apariencia y propiedades, pudiéndose usar nuevamente. El fundente, al fusionarse, produce condiciones muy favorables para obtener altas intensidades de corriente.

Las cualidades de aislamiento del fundente permiten concentrar el calor intenso en una zona de soldadura relativamente pequeña, en donde se fusionan rápidamente el electrodo y las piezas. Es posible hacer soldaduras a altas velocidades, obteniéndose gran penetración debido al calor concentrado, pudiendo hacer soldaduras en ranuras relativamente pequeñas con poca cantidad de metal de aportación.

Este proceso es adaptable a una gran variedad de materiales y aplicaciones, tanto en trabajos de producción como de reparación y es útil en trabajos tales como la reconstrucción de superficies gastadas y separación de acero fundido. Pueden hacerse soldaduras de uno o dos pases en cualquier grueso de aceros desde el calibre 16 hasta 3" o más, a velocidades entre 3 y 80 pulgadas por minuto.

Gran variedad de industrias usan este proceso, tales como los fabricantes de calderas, carros y tanques de ferrocarril, barcos, hornos rotativos, estructura de maquinaria pesada, etc.

## VARIOS

### CALCULO DE CONSUMO DE ELECTRODOS

Las tablas que se indican a continuación proporcionan el peso aproximado de los diferentes tipos de electrodos requeridos para soldar los tipos de uniones más usados.

Cuando haya diferencia en las condiciones dadas o preparación de las uniones, deberán ajustarse los valores tabulados para compensar tales diferencias

#### **BASES DE CALCULO:**

Las cantidades de electrodos que aparecen en las tablas se han calculado como sigue:

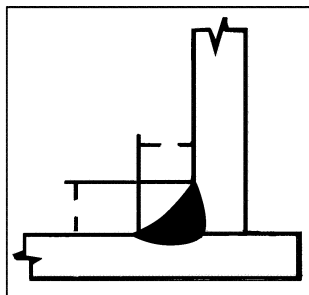
$$P = \frac{S}{1 - L}$$

P - Peso de electrodo requerido  
L - Pérdidas totales del electrodo  
S - Peso de acero depositado

Para obtener el peso del acero depositado, es necesario calcular primero el volumen del metal depositado (sección del bisel multiplicado por el largo) y transformarlo en peso por medio del factor 0.283 libras por pulgada cúbica para acero.

Cuando se consideran soldaduras con refuerzos deberá agregarse un porcentaje al valor de soldadura sin refuerzo.

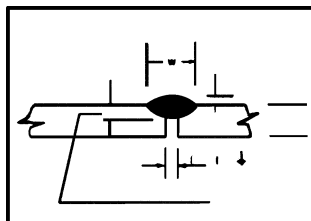
#### **SOLDADURA DE FILETE HORIZONTAL**



Tamaño del Filete (En Pulgadas)	Kilos de electrodos Soldaduras* (Aprox.) Por metro lineal	Kilos de Acero depositados por metro lineal
1/8	0.071	0.040
3/16	0.168	0.094
5/16	0.441	0.247
3/8	0.633	0.355
1/2	1.128	0.632
5/8	1.760	0.986
3/4	2.537	1.421
1	4.510	2.526
1.1/4	7.071	3.960

\* Incluye colilla y pérdida por salpicaduras

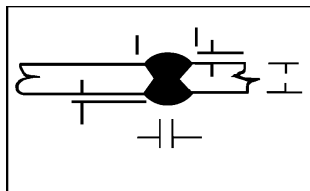
**UNIONES DE TOPE SIN BISEL  
SOLDADURAS A UN SOLO LADO**



DIMENSIONES DE LA UNION (En Pulgadas)			KILOS DE ELECTROS POR METRO LINEAL DESOLDADURA * (Aprox.)		KILOS de ACERO DEPOSITADOS POR METRO LINEAL	
t	W	s	Sin Refuerzo	Con Refuerzo **	Sin Refuerzo	Con Refuerzo **
3/16	3/8	0		0,240		0,131
		1/16	0,060	2,298	0,029	0,162
1/4	7/16	1/16	0,075	0,343	0,042	0,192
		3/32	0,104	0,387	0,058	0,213
5/16	1/2	1/16	0,089	0,402	0,049	0,228
		3/32	0,133	0,447	0,074	0,253

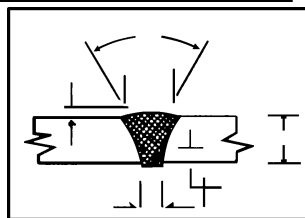
## SOLDADOS POR LOS DOS LADOS

Si el cordón de raíz fuera torchado  
agregar 0,032 Kgs. el acero depositado  
(equivalente aproximadamente a 0,059  
Kgs. de electrodos)



DIMENSIONES DE LA UNION (En Pulgadas)			KILOS DE ELECTRODOS POR METRO LINEAL DE SOLDADURA * (Aprox.)		KILOS DE ACERO DEPOSITADO POR METRO LINEAL	
t	W	s	Sin Refuerzo	Con Refuerzo **	Sin Refuerzo	Con Refuerzo **
1/4	1/4	0		0,313		0,177
		1/32	0,044	0,354	0,019	0,197
3/16	3/8	1/32	0,059	0,536	0,029	0,296
		1/16	0,104	0,581	0,059	0,324
1/4	1/4	1/16	0,149	0,700	0,079	0,388
			0,208	0,789	0,119	0,429

## SOLDADURA DE TOPE CON BISEL EN "V"



DIMENSIONES DE LA UNION (En Pulgadas)			KILOS DE ELECTRODOS POR METRO LINEAL DE SOLDADURA (Aprox.)		KILOS DE ACERO DEPOSITADOS POR METRO LINEAL	
t	W	s	Sin Refuerzo	Con Refuerzo **	Sin Refuerzo	Con Refuerzo **
1/4	0,207	1/16	0,224	0,373	0,126	0,213
5/16	0,311	3/32	0,462	0,685	0,285	0,384
3/8	0,414	1/8	0,745	1,040	0,420	0,587
1/2	0,558	1/8	1,129	1,714	0,728	0,955
5/8	0,702	1/8	2,011	2,500	1,122	1,403
7/8	0,847	1/8	2,890	3,501	1,600	1,966
1	1,138	1/8	5,141	5,960	2,876	3,376

\*Incluyen colillas y pérdidas por salpicaduras \*\* R = Altura del refuerzo

## **FUENTES DE PODER**

La energía eléctrica para los procesos de soldadura al arco es proporcionada por una **FUENTE DE PODER**. En el caso particular de la soldadura con electrodo manual, Fuente de Poder y Máquina soldadora representan lo mismo, mientras que en otros procesos, especialmente automáticos (Arco Sumergido, soldadura TIG, etc.), la “Máquina Soldadora” comprende otros elementos además de la Fuente de Poder.

Las fuentes de Poder pueden clasificarse de distintas maneras, de acuerdo a las características tenemos:

1. Máquinas con características Volt-Ampere descendente (Amperajes constantes).
2. Máquinas tipo voltaje constante

Las máquinas con características descendentes tienen corrientes de cortocircuito sólo fraccionalmente superiores a las del trabajo. Este tipo es universalmente usado en soldadura de electrodo manual.

Las fuentes de poder de tipo voltaje constante tienen corrientes de cortocircuito muchas veces superiores a sus corrientes nominales y son típicamente usadas en procesos automáticos.

De acuerdo con el TIPO DE CORRIENTE que entregan, las fuentes de poder pueden clasificarse en:

1. Corriente Alterna (AC)
2. Corriente Directa (DC)

Cada una de estas Clasificaciones individualiza un tipo determinado de máquina.

De acuerdo al tipo de CONTROL DE CORRIENTE tenemos:

1. Control Mecánico:
  - a) Clavijera (Control por etapas)
  - b) Bobina Móvil (Control Infinito)
2. Control Eléctrico:
  - a) Ractor saturable (Amplificador magnético)



En general las fuentes de poder AC tienen control mecánico y las DC control eléctrico.

Además podemos decir que las máquinas AC son monofásicas o bifásicas, mientras que las DC son trifásicas.

## **INTERPRETACION DE LAS ESPECIFICACIONES DE LAS MAQUINAS SOLDADORAS**

Desde el punto de vista de su capacidad de soldadura, lo más importantes es la corriente secundaria referida al CICLO DE TRABAJO, por ejemplo, 400 Amp. 36 Voltios, 60% ciclo de trabajo.

Es bien sabido que en soldadura con electrodo manual la fuente de poder no trabaja en forma continua. Ciclo de trabajo es el porcentaje de un período arbitrario de **10 MINUTOS** en que la fuente de poder entrega la corriente nominal (norma americana N.E.M.A.). En el caso anterior, eso significa que esa fuente de poder puede funcionar soldando 6 minutos de cada 10, entregando 400 Amp., los otros cuatro minutos ella está simplemente conectada. El fabricante garantiza que con ese servicio ninguna temperatura excederá los valores fijados por las normas N.E.M.A., para los distintos componentes de la máquina, y que por lo tanto la vida de ellos será casi ilimitada. Es importante notar que el ciclo de trabajo se refiere a períodos de 10 minutos y que el uso de otros períodos daría diferentes resultados.

Asimismo, la corriente secundaria debe ser medida con una tensión determinada por medio de una escala ascendente: 200 Amperios, 28 voltios, 300 Amperios, 32 Voltios, 400 Amperios, 36 voltios, etc.

Otra característica importante de una fuente de poder en su voltaje en vacío. Es conocido que para soldar determinados tipos de electrodo se requiere mayores voltajes en vacío, sin embargo, éste no puede aumentarse arbitrariamente por razones de seguridad. Se ha fijado como tope máximo 80 voltios para electrodo manual (Normas N.E.M.A.) Valores superiores no sólo infringen normas sino que son peligrosos para el operario.

Los materiales empleados en las fuentes de poder determinan en buena parte su calidad y vida útil. Los conductores suelen ser de Cobre o Aluminio, deben ser de secciones y tipos adecuados para transformadores y las bobinas barnizadas por inmersión y secadas al horno. Los elementos auxiliares como interruptores, conectores, terminales etc., deben estar dimensionados para amperaje nominales.

En cuanto a la caja, ésta debe ser de resistencia suficiente para el trabajo en talleres y terreno, y de diseño tal que la fuente de poder ocupe el mínimo espacio posible y tenga movilidad adecuada si ésta es necesaria.

### **RECOMENDACIONES PARA ALMACENAR ELECTRODOS**

Todos los tipos de electrodos son afectados por la humedad, en algunos casos (E6010 - 6011 - 6012, etc.), la absorción de humedad produce sólo cambios en las características de soldabilidad (Estabilidad de Arco) y apariencia del recubrimiento; en otros, como los electrodos de bajo contenido de Hidrógeno, además de los cambios antes mencionados, se producen pérdidas en las características mecánicas del metal depositado y pueden presentar porosidades u otros defectos que los dejen fuera de la aprobación de las normas de inspección, ya sean éstas visuales, mecánicas o radiográficas.

En todos aquellos casos en que los depósitos sean sometidos a una inspección radiográfica, se considera que un electrodo corriente (E6010 - 6011, etc.) está húmedo cuando haya sido expuesto a una humedad relativa ambiente superior al 70% durante 24 horas.

En los electrodos de bajo contenido de Hidrógeno esas condiciones se reducen a 3 ó 4 horas.

Antes de reacondicionar electrodos húmedos, éstos deberán mantenerse a 80°C durante una hora, a fin de evitar rajamiento en los revestimientos debido a cambios súbitos de temperatura.

Para aquellos casos en que los humedecimientos sean excesivos se deberá efectuar el reacondicionamiento y luego será conveniente someter los electrodos a pruebas de soldabilidad y pruebas mecánica, a fin de comprobar los resultados obtenidos.

**TABLA No. 7. CONDICIONES GENERALES DE  
ALMACENAMIENTO Y REACONDICIONAMIENTO  
PARA ELECTRODOS DE ACERO DULCE  
RECUBIERTOS**

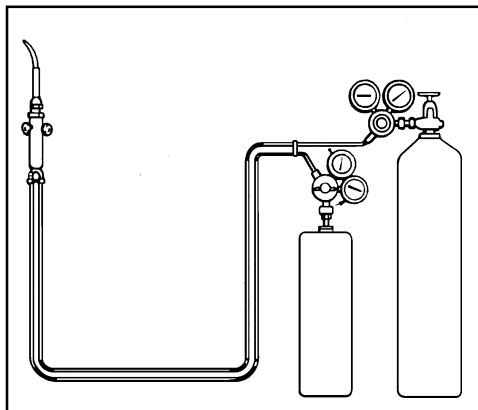
Tipo A W S	Almacenamiento		Reacondicionamiento(2)
	Normal	Con calefacción(1)	
E6010 E6011	30 °C $\pm$ 10 °C Humedad Rel. 50 % Max.	Consultar al Fabricante	Consultar al Fabricante
E6012, E6013 E6020, E6027 E7014, E7024	30 °C $\pm$ 10 °C Humedad Rel. 50 % Max.	20 a 30 sobre Temp. Ambiente	125 °C $\pm$ 10 °C por 1 hora
E7018 E7028	30 °C $\pm$ 10 °C Humedad Rel. 50 % Max.	30 a 130 °C Sobre Temp. Ambiente	400 °C $\pm$ 30 °C por 1 hora
E7015 E7016	30 °C $\pm$ 10 °C Humedad Rel. 50 % Max.	30 a 140 °C Sobre Temp. Ambiente	400 °C $\pm$ 30 °C por 1 hora

- (1) Necesaria cuando la humedad Relativa Ambiente sea superior a 50%
- (2) Por diferencias en la manufactura, se deberá consultar al fabricante de electrodos para conocer las normas exactas de Reacondicionamiento.

**NOTA: ELECTRODOS DE BAJO CONTENIDO DE  
HIDROGENO.**

Si éstos electrodos se han humedecido y están en posibilidad de ser reacondicionados, deberán mantenerse por una hora a 80° C antes de llevarse a la temperatura de Reacondicionamiento. En caso que el humedecimiento sea excesivo, los electrodos no deberán ser reacondicionados.

# **SOLDADURA A GAS (Oxiacetileno)**



## **Descripción del Proceso**

El proceso de soldadura oxigas mostrado en la figura, consiste en una llama dirigida por un soplete, obtenida por medio de la combustión de los gases oxígeno-acetileno. El intenso calor de la llama funde la superficie del metal base para formar una poza fundida.

Con este proceso se puede soldar con o sin material de aporte. El metal de aporte es agregado para cubrir biselos y orificios.

A medida que la llama se mueve a lo largo de la unión, el metal base, y el metal de aporte se solidifican para producir el cordón.

Al soldar cualquier metal se debe escoger el metal de aporte adecuado, que normalmente posee elementos desoxidantes para producir soldaduras de buena calidad.

En algunos casos se requiere el uso de fundente para soldar ciertos tipos de metales.

## **VENTAJAS Y APLICACIONES DEL PROCESO**

El proceso oxigas posee las siguientes ventajas: el equipo es portátil, económico y puede ser utilizado en toda posición.

El proceso oxigas es normalmente usado para soldar metales de hasta 1/4" de espesor. Se puede utilizar también para soldar metales de mayor espesor, pero ello no es recomendable.

Su mayor aplicación en la industrias se encuentra en el campo de mantención, reparación, soldadura de cañerías de diámetro pequeño y manufacturas livianas. También puede ser usado como fuente de energía calorífica para calentar, doblar, forjar, endurecer, etc.

## **PROCEDIMIENTOS BASICOS DE SOLDADURA**

### ***Ajuste de llama***

En soldadura oxiacetilénica se utiliza una llama neutra ( $3.160^{\circ}\text{C}$ ), o sea, se suministra suficiente oxígeno para realizar la combustión de todo el acetileno presente. Aunque esta situación corresponde a una relación teórica oxígeno/acetileno de 2,5:1, en la práctica parte de la combustión se realiza con oxígeno del aire de modo que:

- Se consume iguales cantidades de oxígeno y acetileno (relación 1:1)
- Se produce un efecto de auto-protección, que minimiza la oxidación del metal base

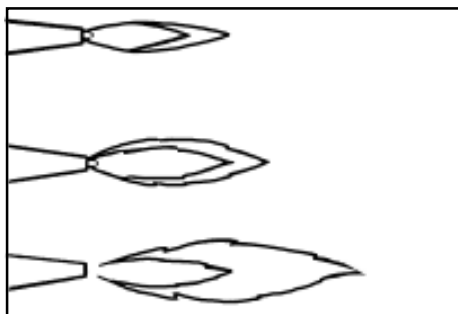
La llama carburante con excesos de acetileno se reconoce por una zona intermedia reductora que aparece entre el dardo y el penacho: se utiliza sólo en casos especiales.

La llama oxidante, con exceso de oxígeno se reconoce por su dardo y penacho más cortos y sonido más agudo.

### ***Llama carburante***

### ***Llama neutra***

### ***Llama oxidante***



### ***Selección de la boquilla***

En la selección de la boquilla influyen los siguientes factores:

1. Tipo de material a soldar
2. Espesor del material
3. Tipo de unión (tope, filete, biselada, etc.)
4. Posición en que se soldará
5. Habilidad del operador

***Como norma de seguridad siempre debe utilizarse la boquilla a la presión recomendada por el fabricante.***

## ***METODOS DE SOLDADURA A GAS:***

### ***SOLDADURA A GAS EN ACERO (GAS WELDING)***

Método para unir piezas de acero calentando las superficies a punto de fusión con una llama de oxiacetileno, permitiendo que ambas partes se fundan. Metal de aporte o relleno se requiere para piezas con un espesor de 3/16" o más y la soldadura resultante es tan fuerte como el metal original.

### ***SOLDADURA FUERTE (BRAZE WELDING O BRAZING)***

Defiere de la soldadura de acero en que las piezas de metal no se funden juntas. La varilla de aporte se derrite a una temperatura inferior al punto de fusión del metal de las piezas a soldar. La resistencia de la unión proviene de la capa de metal de aporte superpuestas en las piezas. Este es el mejor método para unir metales distintos y hacer reparaciones en hierro fundido.

***La Soldadura Fuerte, puede ser de dos tipos:***

#### ***a) SOLDADURA FUERTE CON VARILLA DE LATON***

Se usa cuando la juntura no es bien ajustada o las piezas a unir son de espesor grande, en los que no se necesita mucha penetración o se requiere material de relleno.

Las piezas a unir deben limpiarse previamente, luego se les aplica la llama hasta que adquieren un color rojo opaco. Ambas deben ser calentadas a la misma temperatura, de lo contrario el metal de la varilla de aporte fluirá hacia la pieza más caliente.

La varilla se calienta colocándola bajo la llama por un instante, luego se hunde en la lata del fundente; el calor hace que este se adhiera a la varilla. Si la varilla viene previamente revestida se elimina este paso.

Una vez cubierta la varilla con fundente y llevadas las piezas a la temperatura correcta, toque la unión con la varilla y ponga la llama en ella. La varilla se derrite y el metal fluye encima del área calentada ligando a los metales. Usar abundante fundente, de lo contrario costará que el metal de la varilla se adhiera al metal de las piezas a unir.

### ***b) SOLDADURA FUERTE CON VARILLA DE PLATA***

La plata funde a una temperatura menor que el latón y fluye mucho mejor. Se utiliza en uniones de caras ajustadas y para sellar uniones roscadas.

El fundente se aplica en la unión y no en la varilla.

Aplicar la llama a la unión, cuando el fundente burbujee, los metales están a la temperatura correcta para aplicar la plata. La plata se derrite a medida que toca la unión y fluye libremente en el área cubierta con el fundente.

La pieza debe limpiarse bien antes de ser soldada. El aceite, la grasa, óxido, etc., afectan la calidad de la soldadura y su resistencia a la tensión.

La tabla de picos de soldar muestra los tamaños apropiados de picos y las presiones de oxígeno y acetileno relacionadas con el tamaño del material a soldarse.

Si se usa un pico demasiado grande, y la llama suavizada, el pico se recalienta innecesariamente y a veces va acompañado de un ruido de estallido que salpica el charco de la soldadura.

Una llama demasiado caliente quema el acero, y una llama demasiado pequeña no es suficientemente grande para hacer el trabajo.

**TABLA No. 8. SELECCION DEL PICO PARA SOLDAR CON OXIACETILENO**

Espesor del Metal		Tamaño del *	Tamaño de la Varilla*		Presión del	Presión del
		Pico	Soldadura		Oxígeno	Acetileno
Pulg.	mm.	HARRIS	Pul.	mm.	Lbs/Pulg.2 (P. S.I.)	Lb/Pulg.2 (P.S.I.)
3/64	1,2	2	1/16	1,6	2	2
1/16	1,6	3	1/16	1,6	3	3
3/32	2,4	4	3/32	2,4	4	4
1/8	3,2	5	1/8	3,2	5	5
3/16	4,8	6	5/32	4,0	6	6
1/4 - 3/8	6,3 - 9,5	7 - 9	3/16 - 1/4	4,8 - 6,3	7 - 8	7 - 9

\* Los tamaños del pico y de la varilla soldadora pueden variar de acuerdo con la preferencia del operador. Esta tabla debe como guía o referencia.

**TABLA No. 9 SELECCION DEL PICO PARA CORTAR CON OXIACETILENO**

Espesor del Metal Pulg.	Tamaño del Pico HARRIS	Presión del Oxígeno PSI	Presión del Acetileno PSI
Hasta 3/16	000	15 - 30	
3/16 - 3/8	00	20 - 30	5 - 15
3/8 - 5/8	0	30 - 40	5 - 15
5/8 - 1	1	35 - 50	5 - 15
1 - 2	2	40 - 50	5 - 15
2 - 3	3	45 - 60	5 - 15
3 - 6	4	50 - 75	5 - 15
			5 - 15



## ***NORMAS DE SEGURIDAD EN EL MANEJO, ALMACENAMIENTO Y USO DE GASES Y CILINDROS DE GASES COMPRIMIDOS***

### ***NORMAS DE LIMPIEZA***

- No permita el contacto del cilindro con aceites, grasas u otras sustancias combustibles, para evitar mezclas que puedan producir peligrosas explosiones
- No lubrique las válvulas de los cilindros, reguladores y manómetros con aceite u otras sustancias combustibles.
- No repinte el cilindro ni pinte marcas en ellos.

### ***NORMAS DE TRANSPORTE***

- Los cilindros deben ser transportados y almacenados con la tapadera protectora.
- Utilice carretilla para transportar los cilindros.
- Los cilindros de acetileno deben ser transportados y almacenados en posición vertical.
- No transporte cilindros dentro de la cabina del vehículo, si por emergencia tiene que hacerlo, hagalo con las ventanas abiertas y **NO FUME.**
- No suspenda los cilindros colgándolos de la tapa protectora.

### ***NORMAS EN EL USO***

- Para conectar el regulador u otro accesorio, utilice llaves fijas de la medida exacta no utilice llaves regulables que puedan resbalar y provocar chispas.
- Retorne los cilindros vacíos con **25 PSIG** de presión para evitar contaminaciones.
- No apriete con excesiva fuerza las conexiones de los cilindros, el bronce es blando y se ajusta con mucha facilidad.

- No fume ni provoque chispas donde se esta usando oxígeno o cualquier gas inflamable, como el acetileno.

### ***NORMAS DE ALMACENAMIENTO***

- Nunca deje los cilindros bajo el sol a la intemperie, estos deben ser almacenados en un lugar fresco, seco y bien ventilado.

- No almacene los cilindros en sitios donde puedan convertirse en parte de un circuito eléctrico.

- Asegure los cilindros a una estructura sólida para evitar que se caigan.

No almacene cilindros de oxígeno junto a otros cilindros que contenga gases combustibles (por ejemplo propano, Acetileno).

### ***NORMAS GENERALES***

- Para detectar fugas de gas, utilice soluciones como agua jabonosa, nunca pruebe fugas acercando una llama.

- No sopletee piezas con oxígeno, no es sustituto del aire.

- Cada cilindro está diseñado para un gas específico, no haga trasiegos de un cilindro a otro.

## **CORTE POR PLASMA**

### **DESCRIPCION DEL PROCESO**

El corte por plasma emplea una temperatura extremadamente alta, un arco constricto de alta velocidad que se establece entre el electrodo ubicado en la pistola y la pieza a cortar.

El arco se contrae haciéndolo pasar a través de una boquilla de orificio pequeño.

El arco entonces se localiza de tal forma que su energía se concentra en una pequeña área de la plancha que se cortará, donde su intenso calor funde el metal.

El gas que es precalentado por el arco, se expande y se acelera ya que es forzado a fluir a través del orificio constrictor. El metal fundido es expulsado continuamente por la acción del chorro del gas inyectado a través del orificio constrictor.

Cuando se usan gases inertes, el proceso de corte depende de una acción térmica solamente. Al cortar aceros al carbono, la velocidad de corte puede ser aumentada usando oxígeno. En este caso la combinación del oxígeno con el metal, se suma al calor del arco y permite así, aumentar la velocidad de corte. Este método se puede utilizar para cortar cualquier metal. El circuito es básicamente el mismo usado en el proceso TIG, salvo algunas excepciones: Una resistencia es colocada entre la tierra y la tobera de la pistola. Se usa una unidad de alta frecuencia que se instala entre el electrodo y la tobera para producir un arco piloto. El arco piloto es usado sólo para establecer el arco de corte generado entre el electrodo y la plancha.

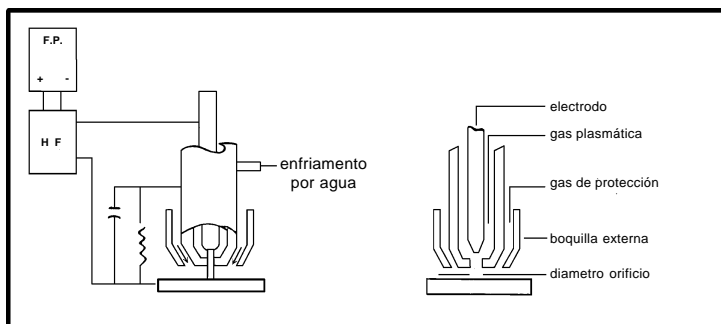
### **EFECTOS EN MATERIALES CORTADOS**

La profundidad de la zona térmicamente afectada resultante del corte, depende de la velocidad del corte, en otras palabras, el tiempo que permanecerá una porción de corte bajo la acción de la temperatura producida por el arco eléctrico. La zona térmicamente afectada en una plancha de acero inoxidable de 1" espesor es solamente 0.003 a 0.005" de profundidad al efectuar un corte. Estos valores se han determinado por la micografía de la estructura del grano en los bordes del corte. Aunque los lados del corte alcanzan temperaturas críticas del 1.200° F (649° C) violentamente, la velocidad del corte es rápida y virtualmente no existen precipitaciones de carburos de cromo que puedan alojarse a lo largo del grano y reducir la resistencia a la corrosión.

## SISTEMA DE CORTE POR PLASMA

El corte por plasma es un proceso en que un arco establecido entre un electrodo de tungsteno y la boquilla forma una columna gaseosa altamente ionizada (GAS DE PLASMA) que es forzada a pasar a través de un pequeño orificio, produciendo temperaturas superiores a  $17.000\text{ C}^{\circ}$ .

Cuando este plasma a gran velocidad y alta temperatura choca con la pieza, el calor funde rápidamente el metal y lo expulsa lejos.



### VENTAJAS DEL CORTE POR PLASMA

1. Cortes de alta calidad y más bajo costo que el corte oxiacetilénico
2. Los cortes por plasma están generalmente libres de escoria si las condiciones de corte son apropiadas.
3. Velocidades de cortes elevadas, superiores en 10 o más veces a las velocidades de corte oxiacetilénico.
4. Cortes limpios, precisos, pérdida de material ínfima y mínima zona afectada por el calor (0.08 a 0.15 mm).
5. Reinicio automático del arco piloto para cortes interrumpidos en el material. Ej. perforaciones, etc.
6. El corte por plasma requiere sólo de dos gases de bajo costo. Nitrógeno ( $\text{N}_2$ ) y Dióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ ), gas plasmático y de protección respectivamente.

## **MAQUINABILIDAD**

En metales duros se ha comprobado que la zona termicamente afectada se endurece considerablemente, luego se necesitará esmerilar los bordes para asegurar una óptima condición de maquinado.

## **CALIDAD DE CORTE Y CONDICION DE SUPERFICIE**

Un análisis de la calidad del corte, implica un examen minucioso al corte mismo:

- a) Verificar si las caras son paralelas.
- b) Verificar el ancho del corte (Kerf).

Un corte perfecto se podría describir como aquel en que las dos caras del corte son paralelas entre sí, que los bordes superiores del corte sean un ángulo recto, que las caras del corte sean suaves y que el ancho del corte sea el mínimo posible, de tal forma que el metal perdido sea poco.

El arco plasmático tiende a remover más metal de la parte superior del corte.

Esto hace que el corte sea más ancho en la parte superior que en la parte inferior.

El ángulo de cruce típico que se forma en una plancha de acero dulce de 1" de espesor es de 4 a 6 grados.

## **GASES DE CORTE**

Generalmente se usan mezclas de argón e hidrógeno o nitrógeno e hidrógeno para cortar acero inoxidable, aluminio y otros metales no ferrosos. Para cortar acero dulce o al carbono se recomienda usar nitrógeno y oxígeno, suministrados separadamente a la pistola, pero que se mezclen en la tobera.

Como la vida del electrodo expuesto a la acción del oxígeno, acompañada con temperatura es muy corta, el oxígeno deberá ser inyectado en el arco plasmático sin pasar por donde se encuentra el electrodo.

**COMPARACION DE VELOCIDADES DE CORTE:  
ENTRE CORTE POR PLASMA Y OXIACETILENO**

METAL	Espesor m (Pulg.)	Arco Plasma Mt/Min. (Pulg/Min)	Oxiacetileno Mt/Min. (Pulg)
Acero al Carbono	6.3 (1/4)	6.3 (250)	0.6 ( 2 )
	12.7 (1/2)	2.5 (100)	0.6 ( 2 )
	25.4 ( 1 )	1.3 ( 50)	0.6 ( 2 )
Acero Inoxidable	6.3 (1/4)	5.0 (200)	0.5 ( 2 )
	12.7 (1/2)	3.0 (120)	0.4 ( 1 )
	25.4 ( 1 )	1.5 ( 60)	0.3 ( 1 )
Aluminio	6.3 (1/4)	7.6 (300)	-
	12.7 (1/2)	5.0 (200)	-
	25.4 ( 1 )	2.3 ( 90)	-

\* Con adición de polvo metálico.

## **APLICACIONES**

1. Este sistema de corte por plasma puede ser aplicado a cualquier tipo de metal y aleaciones: aluminio, aceros al carbono, aceros inoxidables, aceros aleados, níquel, hierro fundido, cobre, bronce, etc.
2. Corte de metales en espesores gruesos, hasta 5 pulgadas (12,7 mm) con equipos de alto amperaje y 1 pulgada (25.4 mm) con equipos de bajo amperaje.
3. Si una aplicación requiere operación manual y a máquina, puede cambiarse rápida y fácilmente, sin alterar la calidad del corte.
4. Aplicación de corte en toda posición.
5. Es adecuado para usar en una amplia variedad de operaciones de corte incluyendo, líneas rectas, círculos, moldes, biseles y cortes en planchas sucesivas.

**TABLA No. 10 GUIA PARA LA SELECCION DE CALIBRE  
DEL CABLE PARA SOLDADURA ELECTRICA**

<b>DISTANCIA DESDE LA SOLDADURA AL PUNTO DE TRABAJO</b>											
<b>AMPERES</b>	50	75	100	125	150	175	200	225	250	300	350
100	4	4	2	2	1	1/0	1/0	2/0	2/0	3/0	4/0
150	3	2	1	1/0	2/0	3/0	3/0	3/0	4/0	4/0	
200	2	1	1/0	2/0	3/0	4/0	4/0				
250	1	1/0	2/0	3/0	4/0						
300	1	2/0	3/0	4/0							
350	1/0	3/0	4/0								
400	2/0	3/0	4/0								
450	2/0	4/0									
500	3/0	4/0									
550	4/0										
600	4/0										

BASADO EN UNA CAIDA DE 4 VOLTIOS

**= DIAMETRO DE ELECTRODOS - EQUIVALENCIAS**

3/32" = 2.3 mm.

1/8" = 3.2 mm.

5/32" = 3.9 mm.

3/16" = 4.8 mm.

1/4" = 6.3 mm.

**TABLA No. 11 PUNTO DE FUSION APROXIMADO DE METALES**

<b><u>M E T A L</u></b>	<b><u>P U N T O D E F U S I O N</u></b>
Estaño	240 °C (450 °F)
Plomo	340 °C (650 °F)
Zinc	420 °C (787 °F)
Aluminio	620 °C -- 650 °C (1150 °F - 1200 °F)
Bronce	880 °C -- 920 °C (1620 °F - 1680 °F)
Latón	930 °C -- 980 °C (1700 °F - 1800 °F)
Plata	960 °C (1760 °F)
Cobre	1050 °C (1980 °F)
Hierro Fundido	1220 °C (2250 °F)
Metal Monel	1340 °C (2450 °F)
Acero de alto carbono	1370 °C (2500 °F)
Acero de medio Carbono	1430 °C (2600 °F)
Acero Inoxidable	1430 °C (2600 °F)
Níquel	1450 °C (2640 °F)
Acero de bajo carbono	1510 °C (2750 °F)
Hierro forjado	1593 °C (2900 °F)
Tungsteno	3396 °C (6170 °F)

**TABLA No. 12 GUÍA PARA LA SELECCIÓN DEL TONO  
DEL LENTE DE PROTECCIÓN**

<b>Operación</b>	<b>TONO NUMERO</b>
Soldadura Blanda	2
Soldadura Fuerte con soplete	3 ó 4
Corte con Oxígeno Hasta 1" Hasta 6"	3 ó 4 4 ó 5
Soldadura Autógena Hasta 1/8" 1/8" a 1/2" 1/2" a más	4 ó 5 5 ó 6 6 u 8
Soldadura Eléctrica - Electrodo con revestimiento Electrodos de 1/16", 3/32", 1/8" y 5/32"	10
Soldadura Eléctrica Gas - Tungsteno (no ferroso) TIG Soldadura Eléctrica Gas - Alambre (no ferroso) MIG 1/16", 3/32", 1/8", 5/32"	11
Soldadura Eléctrica Gas - Tungsteno (ferroso) TIG Soldadura Eléctrica Gas - Alambre (ferroso) MIG 1/16", 3/32", 1/8", 5/32"	12
Soldadura Eléctrica - Electrodo con Revestimiento 3/16", 7/32", 1/4" 5/16" y 3/8"	12 14
Soldadura con Hidrógeno atómico	10 ó 14
Soldadura con arco de carbón	14

Use gafas de protección al picar la escoria. Aleje su cara cuando pique.

Use guantes de cuero y proteja sus ropas con delantal, mangas, etc. para cubrirse de los rayos del arco y chispas.

Asegúrese de que haya ventilación adecuada en el área donde se trabaja.



# TABLA DE EQUIVALENCIAS

<b>MULTIPLIQUE</b>	<b>POR</b>	<b>PARA OBTENER</b>
<b>A</b>		
Area .....	100	Metros cuadrados
Area .....	0.02471	Acre
Acre .....	4.047	Metros Cuadrados
Atmósfera .....	76	Cm. de Mercurio
Atmósfera .....	33.90	Pies de Agua
Atmósfera .....	10.333	Kg. por Mt. cuadr.
Atmósfera .....	14.70	Lbs/pulg cuadr.(psi)
<b>B</b>		
British Thermal Unit (BTU)	252	Calorías - gramo
BTU .....	778.3	Libras - pies
BTU.....	107.5	Kg. - metro
BTU por minuto .....	0.02356	H.P.
BTU por minuto .....	0.01757	Kilovatios
Bushel .....	1.2445	Pies cúbicos
Barril (petróleo) .....	42.0	galones (petróleo)
Baria .....	0.9869	Atmósfera
Baria .....	14.5	Lbs/pulg.cuadr.(psi)
<b>C</b>		
Calorías (x 1000) .....	3.968	B.T.U.
Calorías (x 1000) .....	426.98	Kg. - metros
Calorías (x 1000) .....	3088.3	Libras - pies
Calorías por Kg .....	1.8	B.T.U. por lb.
Calorías por minuto .....	0.0935	H.P.
Calorías por minuto .....	0.0697	Kilowatts
Centímetros .....	0.3937	Pulgadas
Centímetros cuadrados .	0.1550	Pulgada cuadrada
Centímetros cúbicos ....	0.0610	Pulgada cúbica
Caballos (caldera) .....	33,480	B.T.U. por hora
Caballos (caldera) .....	0.804	Kilovatios
Circular Mils .....	0.00051	Milímetros
Circunferencia .....	0.283	Radianes
Cuarto (gal) .....	0.9463	Litros

<b>D</b>		
Dinas .....	0.00102	Gramos
Dinas/cm. cuadrado ....	0.000001	Baria
<b>E</b>		
Ergios .....	1.0	dina-centímetros
Ergios .....	0.00102	gramos-centímetros
<b>F</b>		
Faradays .....	26.8	Amperios - hora
<b>G</b>		
Galones .....	3.785	Litros
Galones por minuto ....	0.06308	Litros por segundo
Gramos .....	0.0353	Onzas
Gramos .....	0.0322	Onzas (troy)
Gramo por cm. cúbico .	62.43	Libras por pie cúbico
Gramo por cm. cúbico .	0.036	Libras por pulg.cúb.
<b>H</b>		
Hectárea .....	2.471	Acres
Horse-Power (HP.caballo)	33,000	Libras-Pie por min.
Horse-Power (HP.caballo)	550	Libras-pie por seg.
H.P. ....	76	Kg. m., por segundo
H.P.....	1.014	Caballos (métricos)
H.P. ....	0.746	Kilowatts
H.P. - hora .....	2547	B.T.U.
H.P. - hora .....	641.19	Caloría - Kg
H.P. - hora .....	273.745	Kg. - metros
<b>J</b>		
Joules .....	$9.480 \times 10^4$	B.T.U
Joules .....	0.7376	Libras-pie
Joules .....	0.1020	kilogrametros
Joules/cm.....	10.2	Kilogramos
Joules/cm.....	22.48	Libras
<b>K</b>		
Kilogramos .....	2.205	Libras
Kg. - metros.....	0.0023	Calorías (x1000)
Kg. - metros .....	0.0093	B.T.U.

Kg. - metros .....	7.233	Libras - pie
Kg. - por metro .....	0.672	Libras por pie
Kg. - por metro cuadr. ....	0.2048	Libras por pie cuadr.
Kg. - por metro cúbico....	0.0624	Libras por pie cúbico
Kg. - por cm.cuadrado ...	14.22	Lbs. por pulg.cuad.
Kg. - por cm.cuadrado ...	10	mt.columna de agua
Kg. - por cm. cuadrado...	32.81	Pie column.de agua
Kg. - por cm. cuadrado...	735	mm. de mercurio
Kg. - por cm. cúbico .....	36.147	Libras por pulg.cúb.
Kilómetros .....	3281	Pies
Kilómetros .....	1094	Yardas
Kilómetros .....	0.6214	Millas
Kilómetros cuadrado.....	0.3861	Millas cuad.
Kilómetros cuadrado.....	247.1	Acres
Kilowatts .....	56.92	B.T.U. por min.
Kilowatts .....	14.34	Kilo calorías por min
Kilowatts .....	1.341	H.P.
Kilowatts .....	860.5	Kilo Calorías
Kilowatts-horas .....	3413	B.T.U.

## L

Libras-pie .....	0.001286	B.T.U.
Libras-pie .....	0.000324	Kilocalorías
Libras-pie .....	1.356	Joules
Libras .....	7,000	Granos
Libras .....	453.6	Gramos
Libras .....	16	Onzas
Libras por pulg. ....	178.6	Gramos por cm.
Libras por pie .....	1.488	Kg. por mt.
Libras por pulg. cuad....	0.0703	Kg. por cm. cuad.
Libras por pulg. cuad....	0.703	Mt. columna/agua
Libras por pulg. cuad....	2.307	Pies columna/agua
Libras por pulg. cuad....	51.7	mm. de mercurio
Libras por pie cuad.....	4.882	Kg. por mt. cuad.
Libras por pulg. cúb.....	27.68	Kg. por dm. cúb.
Libras por pie cúbico....	16.02	Kg. por mt. cúbico
Litros .....	0.03531	Pies cúbicos
Litros .....	61.02	Pulgada cúbica
Litros .....	0.2642	Galones
Litros .....	1000	Centímetros cúbicos
Litros .....	1.0	Decímetros cúbicos

Litros/min .....	$5.886 \times 10^{-4}$	Pies cúbicos/seg.
Litros .....	$4.403 \times 10^{-3}$	galones/seg.
Lux .....	0.0929	Candelas - pie
Lumen/pie cuadr.....	1.0	Candela - pie

## M

Metros .....	3.281	Pies
Metros .....	39.37	pulgadas
Metros .....	1.094	Yardas
Metros cuadrados .....	10.76	Pies cuadr.
Metros cúbicos .....	35.31	Pies cúbicos
Millas (terrestre) .....	1.609	Kilómetros
Millas (náuticas) .....	1.853	Kilómetros

## N

Nudos (millas náuticas/h)	1.853	Km. por hora
Newton .....	100,000	Dinas
Nepers .....	8.686	Decibeles

## O

Onzas .....	28.35	Gramos
Onzas .....	0.0625	Libras
Onzas (troy) .....	31.10	Gramos
Onzas .....	437.5	Granos

## P

Pulgadas .....	2.540	Centímetros
Pulgadas cuadradas .....	6.452	Cm. cuadr.
Pulgadas cúbicas .....	16.39	Cm. cúbicos
pulgadas de mercurio ...	0.03453	Kg. por cm. cuadr.
Pies .....	30.48	Centímetros
Pies cuadrados .....	929.0	Cm. cuadr.
Pies cúbicos .....	28.32	Litros
libras Pies .....	0.1383	Kg. metros

## R

Radianes .....	57.30	Grados (Angulo)
Radianes por segundo .	9.549	Revoluciones por minuto

## T

Temperatura en (Grados °C)+273	1	Temperatura absol. en Grados Kelvin
Temperatura en (Grados °C)+17.78	1.8	Temperatura en Gr. Ferenheit (°F)
Temperatura en (Grados °F)-32	0.5555	Temperatura en Gr. Centígrados
Toneladas métricas .....	2205	Libras
toneladas (larga) .....	2240	Libras
Toneladas (larga) .....	1016	Kg.
Toneladas (corta) .....	2000	Libras
Toneladas (corta) .....	907.2	Kg.

## V

Vatios .....	3.413	B.T.U. por hora
Vatios .....	44.27	Libras - pie por min.
Vatios .....	0.01433	Kilocalorías por min.
Vatioshoras .....	3.413	B.T.U.
Vara .....	0.836	Metros

## Y

Yardas .....	0.9144	Metros
--------------	--------	--------

## **EQUIVALENTES DECIMALES Y METRICOS DE FRACCIONES DE PULGADA**

FRACCIONES DE PULGADAS	DECIMALES DE PULGADAS	MILIMETROS	FRACCIONES DE PULGADAS	DECIMALES DE PULGADAS	MILIMETROS
1/64	0.01562	0.397	33/64	0.51562	13.097
1/32	0.03125	0.794	17/32	0.53125	13.494
3/64	0.04687	1.191	35/64	0.54687	13.891
1/16	0.0625	1.583	9/16	0.5625	14.288
5/64	0.07812	1.984	37/64	0.57812	14.684
3/32	0.09375	2.391	19/32	0.59375	15.081
7/64	0.10937	2.778	39/64	0.60937	15.478
1/8	0.1250	3.175	5/8	0.625	15.875
9/64	0.14062	3.572	41/64	0.64062	16.272
5/32	0.15625	3.969	21/32	0.65625	16.669
11/64	0.17187	4.366	43/64	0.67187	17.065
3/16	0.1875	4.763	11/16	0.6875	17.463
13/64	0.20312	5.159	45/64	0.70312	17.850
7/32	0.21875	5.556	23/32	0.71875	18.256
15/64	0.23437	5.953	47/64	0.73437	18.653
1/4	0.2500	6.350	3/4	0.75	19.050
17/64	0.26562	6.747	49/64	0.76562	19.447
9/32	0.28125	7.144	25/32	0.78125	19.844
19/64	0.29687	7.541	51/64	0.79687	20.241
5/16	0.3125	7.933	13/16	0.8125	20.638
21/64	0.32812	8.334	53/64	0.82812	21.034
11/32	0.34375	8.731	27/32	0.84375	21.431
23/64	0.35937	9.128	55/64	0.85937	21.828
3/8	0.3750	9.525	7/8	0.875	22.225
25/64	0.39062	9.927	57/64	0.89062	22.622
13/32	0.40625	10.319	29/32	0.90625	23.012
27/64	0.42168	10.716	59/64	0.92187	23.416
7/16	0.4375	11.113	15/16	0.9375	23.813
29/64	0.45312	11.509	61/64	0.953	24.209
15/32	0.46875	11.906	31/32	0.96875	24.606
31/64	0.48437	12.303	63/64	0.98437	25.003
1/2	0.5	12.700	1	1.000	25.400

**PRODUCTOS DE CALIDAD DISTRIBUIDOS POR**



**SOLDADURA ELECTRICA**

MILLER, Equipos para soldadura:  
Equipos convencionales, Sistema  
MIG y TIG, Soldadores de punto.

MT 12, MULTA, HOBART, McKAY,  
Electrodos para acero dulce, acero de  
baja aleación, acero inoxidable, hierro  
fundido, revestimiento duros especiales  
para mantenimiento.

**SOLDADURA AUTOGENA**

HARRIS, Equipos para soldadura y  
corte oxciacetileno: antorchas,  
reguladores de gas, boquillas para  
soldar y cortar.

**HERRAMIENTAS DE MANO**

USAG, STANLEY, Juegos de cubos,  
llaves fijas destornilladores, extractores,  
Llaves Corona, llaves Allen,  
Torcómetros

**HERRAMIENTAS ELECTRICAS** DEWALT, BOSCH.

**EQUIPOS PARA TALLER  
E INDUSTRIA**

CHAMPION, ABAC, SULLAIR,  
Compresores desde 1/2 hasta  
25HP y equipos más grandes por  
importancia directa.

ARO, Equipos neumáticos y de  
lubricación; engrasadoras, aceiteras,  
reguladores, filtros.

ENERPAC, Equipos hidráulicos,  
extractores, bombas de mano,  
cilindros, accesorios y repuestos



EQUIPOS PARA  
CONSTRUCCION

STOW, Vibradores, Compactadoras,  
reglas vibratorias, accesorios  
y repuestos.

EQUIPOS DE SEGURIDAD

NORTH, Equipos de seguridad,  
mascarillas y accesorios, protectores  
de oidos, guantes, cascos, anteojos,  
caretas y accesorios.

KIDDE, Extinguidores y repuestos  
SERVICIO DE RECARGA DE  
EXTIGUIDORES DE TODA MARCA.

EQUIPO DE BOMBEO

RED JAKET, Bombas sumergibles,  
centrifugas, Jet Sweep, accesorios y  
repuestos.

ABRASIVOS

SAIT, Discos para cortar metales,  
concreto, discos para esmerilar, lijas  
en discos, banda en rollos, pliegos,  
discos de laminilla.

REFRACTORIOS

HW y AP

GASES

Oxigeno, Aire comprimido, Nitrógeno,  
Acetileno, Hidrógeno, Dióxido de  
Carbono, Argón, Helio, Oxido Nitroso,  
Freón, Mezclas de Gases

***DISTRIBUIDOS POR INFRA DE EL SALVADOR S.A. DE C.V.***

***CON RESPALDO DE NUESTRO TALLER DE SERVICIO***

