

# CURSO DE SOLDADOR TIG/MIG AWS- ASTM



OTEC ELYON  
BECAS CHILE



**MÓDULO 2: SOLDADURA DE  
REVESTIMIENTOS DUROS Y  
RECUPERACIÓN DE PIEZAS,  
PROCESOS TIG Y SISTEMA MIG**

## 2.1 Soldadura de Revestimientos Duros y Recuperación 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.**

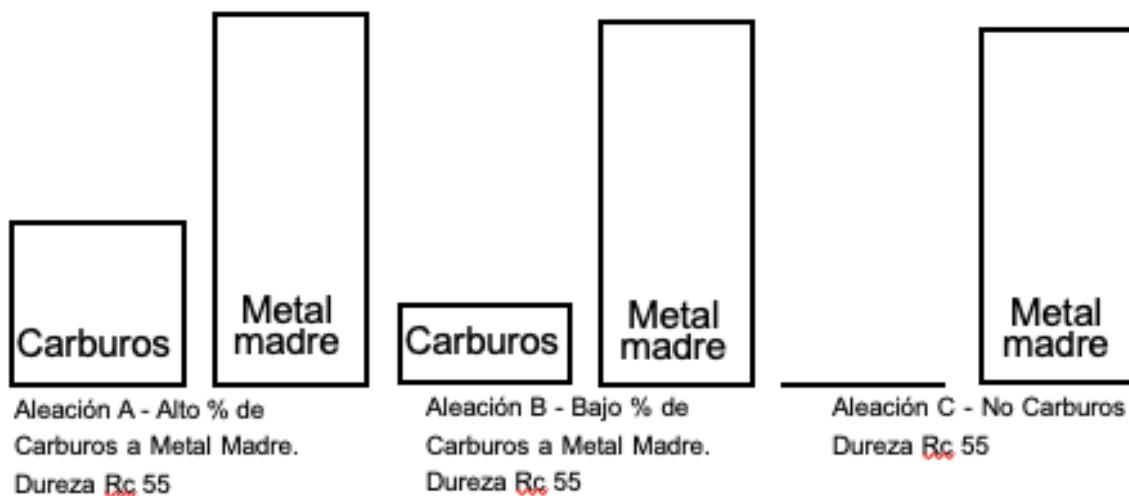
La capa de recubrimiento antidesgaste (Overlay), se utiliza tanto en piezas nuevas como también en usadas, en aquellas zonas donde las piezas son más susceptibles de desgaste. La capa final de alta aleación ofrece una resistencia superior al desgaste en comparación con la resistencia del material base 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 RELACIÓN CON EL DESGASTE

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



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 Abrasión

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.

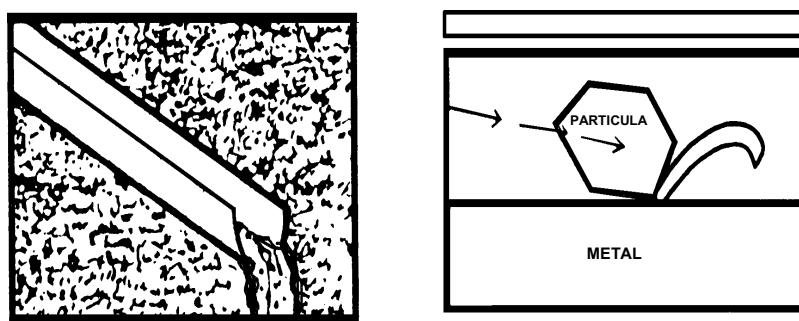
### • Abrasión Tipo Rasguño

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

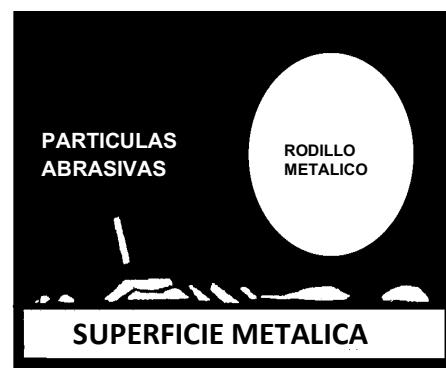
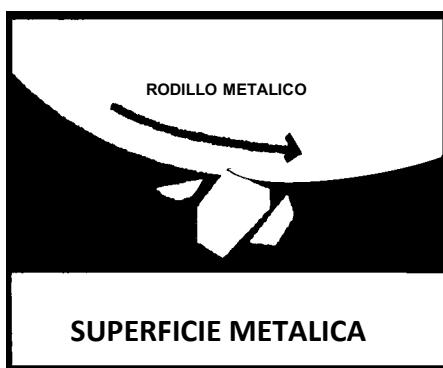
tengan metal madre dura y/o de alta proporción de carburos - metal madre.

**Ejemplo:** Electrodos Mc Kay: Hardalloy 55 TiC, Hardalloy 140, Hardalloy 55

- **Abrasión 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 comprensiva suficientemente grande para romper las partículas abrasivas y crear nuevos filos vivos.

**Ejemplos Típicos:** Barrenos, aspas de concreteras, 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:** Electrodos Mc Kay, Hardalloy 40 TiC, Hardalloy 55, Hardalloy 140.

## • Abrasión 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 Típicos:** 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.

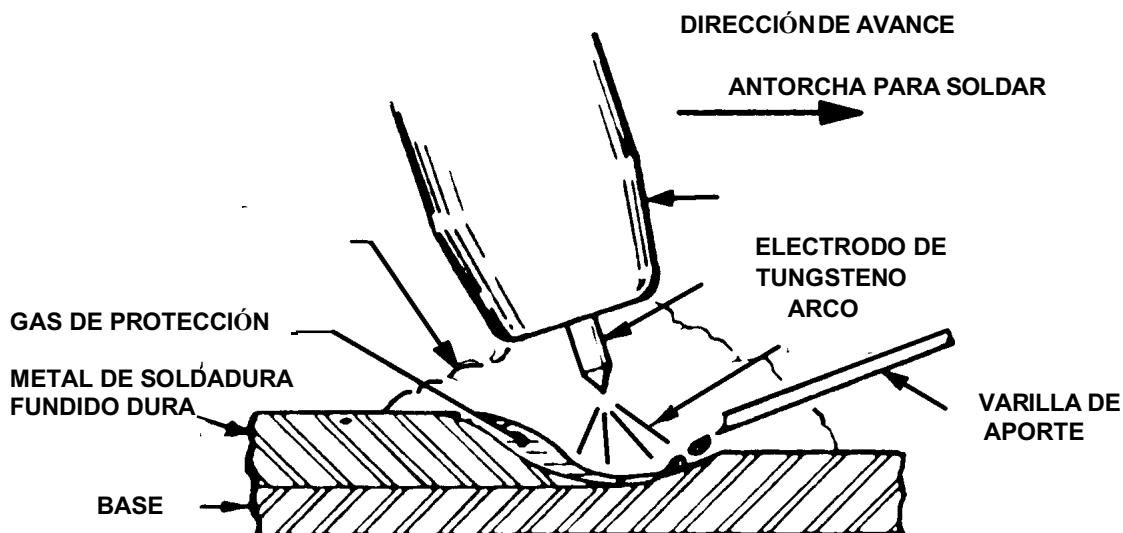
**ELECTRODOS McKAY**  
**RESISTENCIA RELATIVA A LA ABRASIÓN Y AL IMPACTO**  
 Electrodos para relleno y capa superior de Revestimiento Duro

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 Resvestimiento Duro. También usado como capa final	Hardalloy 32		
	Hardalloy 118		
	Niquel-Manganese		
	Hardalloy 120		
	Frogalloy C		
	Chrome-Mang		
Aleación Base Hierro para capa Dura Superior. Soporta abrasión moderada a severa acompañada o no impacto severo.	Hardalloy 48*		
	Hardalloy 52		
	Hardalloy 61*		
	Hardalloy 58		
	Hardalloy 44		
	Hardalloy 55*		
	Hardalloy 58 Tic*		
	Hardalloy 40 Tic*		
	Hardalloy 55 Tic*		
Aleación no Ferrosa. Para resistir abrasión acompañada de calor o corrosión	Hardalloy 6*		
	Hardalloy 1*		

Aumenta resistencia  
a la Abrasión

Aumenta resistencia  
al Impacto

## → Soldadura de Arco con Atmósfera 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 Tungsten Welding Arc), mientras que el segundo el de "MIG" (Metal Inert Gas) o GMWA (Gas Metal Welding Arc).**



## 2.2 Procesos TIG

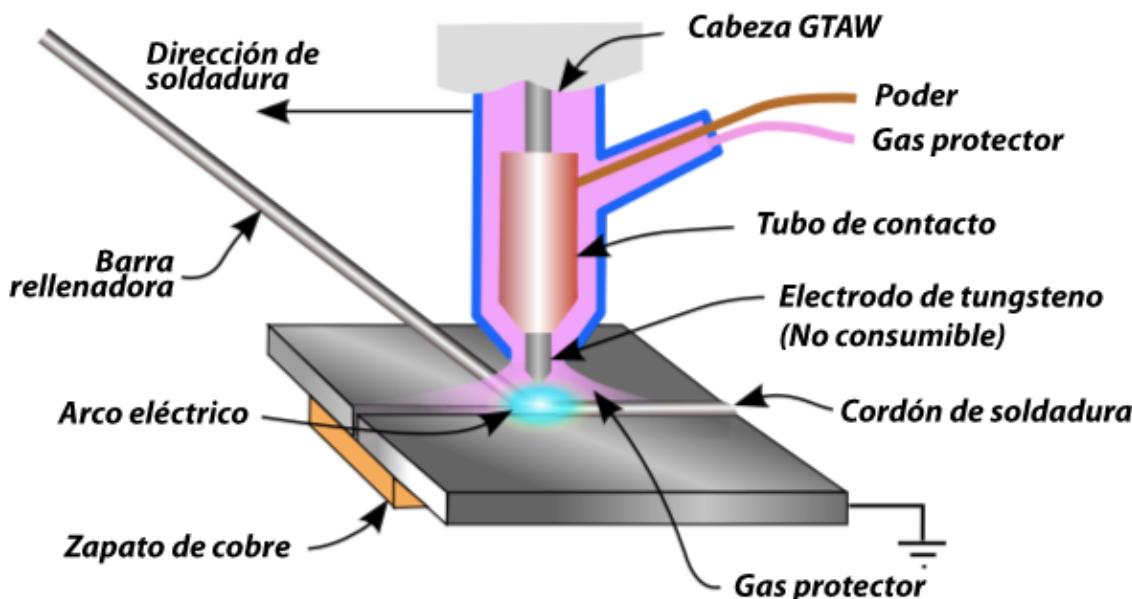
### →Fundamentos

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 práctica 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 750 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**

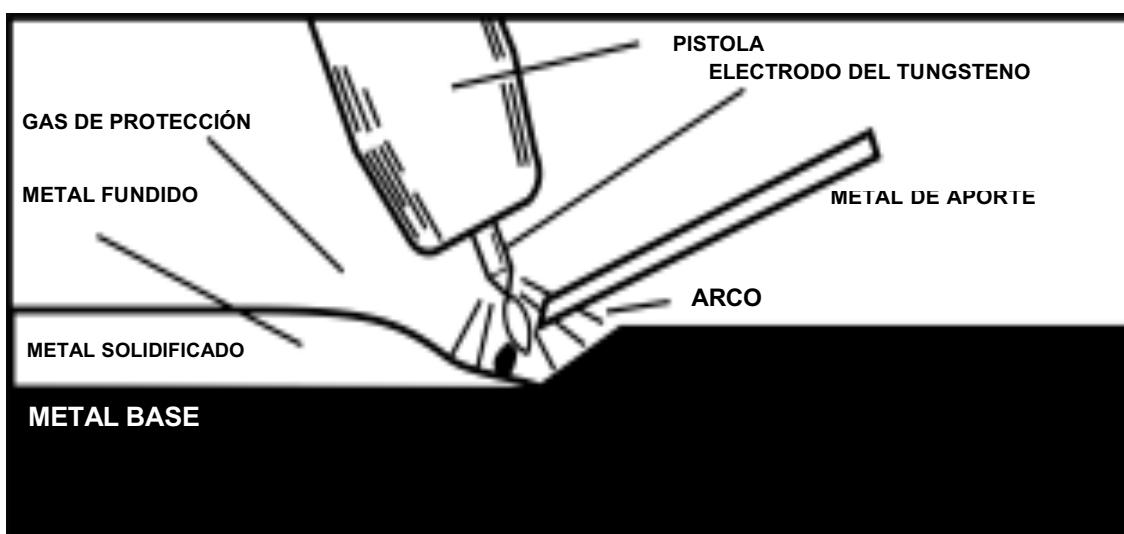
Cuando se usa corriente alterna, el flujo eléctrico cambia de una dirección a otra. Este cambio y su vuelta a la original se llama ciclo. En consecuencia, con una corriente alterna de 60 ciclos hay 120 cambios de dirección en un segundo.

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.

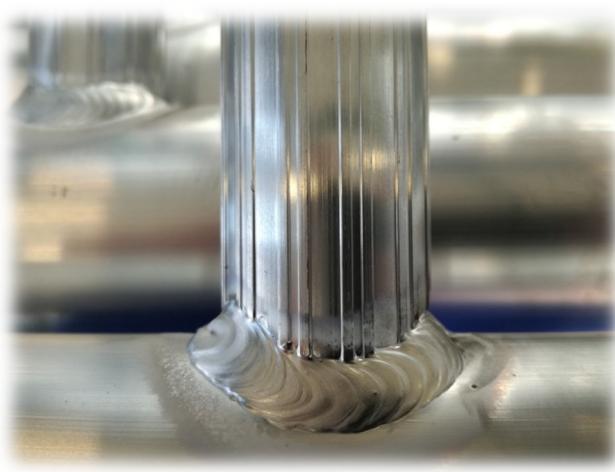
La soldadura TIG es la más adecuada para solucionar problemas en la soldadura de acero inoxidable, en núcleos tubulares de paredes delgadas, como son los radiadores térmicos cuyos problemas son evitar la quemadura interior, y la contaminación del metal de aporte ya sea por el fundente o por el aire circundante.

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 Nº5. RECOMENDACIONES GENERALES SOLDADURA TIG**

Espesor Metal	Diámetro Electrodo Tungsteno	Diámetro Varilla Aporte (*)	Amperaje (-)	Gas Tipo	Protector Flujo p.c./hr.
<b>ALUMINIO SOLDADURA MANUAL</b>					
<b>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 -</b>					
<b>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</b>					
<b>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

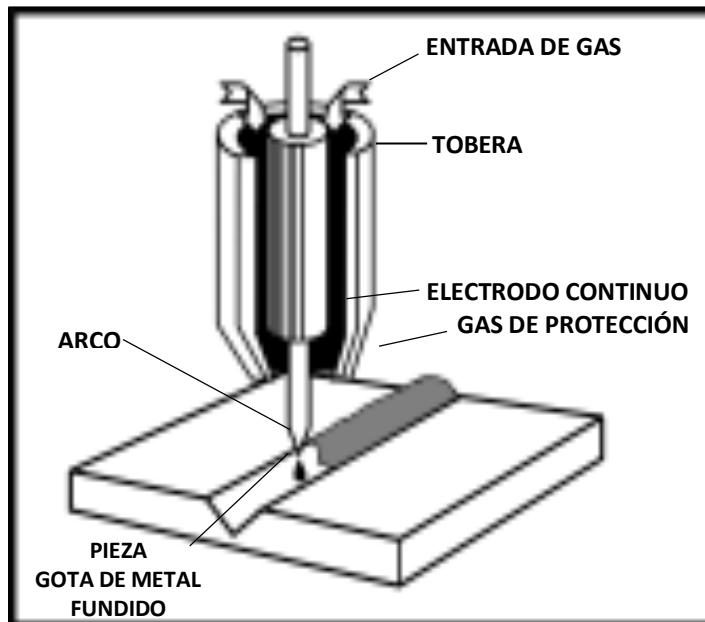
**NOTA:** Otros gases principalmente Helio o mezclas de ellos, también se usan como gas protector. El Helio tiene mayor conductividad térmica que el Argón, lo que permite mayor amperaje en el electrodo y da distintas características en el cordón de la soldadura. Para su empleo buscar recomendaciones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

**(\*) Cuando es empleada**

**(--) Puede variar un poco dependiendo del tipo de unión**

**pc/hr.: pies cúbicos por hora**

## 2.3 Sistemas 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.

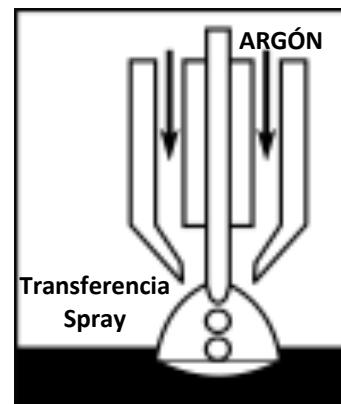
Se emplea corriente continua polaridad invertida, (DC-PI) sobre electrodos continuos de diversos diámetros, en tal forma de obtener altas densidades, lo que produce altas velocidades de depósitos, penetración profunda y una muy eficiente transferencia del metal.

**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**

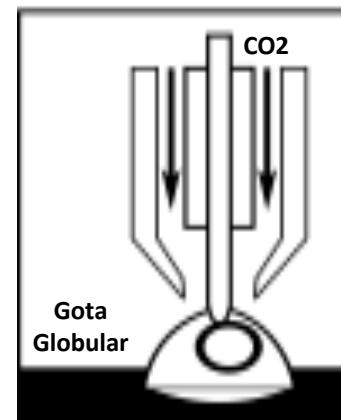
### **1. Transferencia en Spray.**

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.



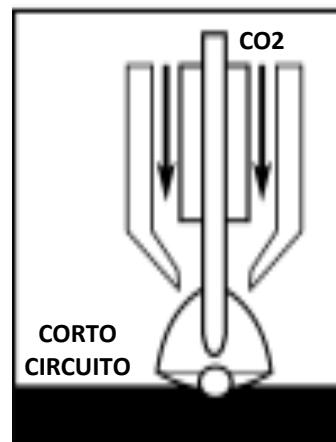
### **2. Transferencia Globular.**

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-REGULACIÓN:** 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 Más Frecuentes y Cómo 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 Nº6. RECOMENDACIONES GENERALES SOLDADURA MIG

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