



Universidad Nacional Autónoma de  
México

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Manual de prácticas de soldadura Eléctrica, Proceso Mig, Tig y  
Operación y uso del Proceso automatizado de soldadura o  
Deposición de metal (Impresión 3D de metal).**

**División de Ingeniería Mecánica e Industrial**

Departamento de Ingeniería de Diseño y Manufactura

**COORDINADORES:**

DR. JAVIER CERVANTES CABELLO

M.I. ARMANDO SÁNCHEZ GUZMÁN

**2025**

## **PARTICIPANTES:**

Ing. José Luis Espinoza Ramírez

M.I. Eduardo Valentin Talavera Moctezuma

## **AGRADECIMIENTO**

**A LA**

**Dirección de Apoyo a la Docencia**

**A través del Programa de Apoyo a Proyectos para Innovar y Mejorar la Educación “ PAPIME ”, con el proyecto PE101323 Desarrollo de un modulo automatizado para la enseñanza de procesos de soldadura.**

## **Índice**

<b>Soldadura de de arco eléctrico.....</b>	<b>1</b>
<b>Soldadura con proceso MIG.....</b>	<b>2</b>
<b>Soldadura con proceso TIG.....</b>	<b>3</b>
<b>Operación del Proceso automatizado de soldadura o Deposición de metal (Impresión 3D de metal).....</b>	<b>4</b>

# Práctica 1 : Soldadura eléctrica

Duración 2 hrs.

## OBJETIVO

El alumno conocerá los elementos que integran un equipo de soldadura eléctrica, manejo del equipo, materiales que se pueden trabajar y aplicaciones industriales, así como desarrollar la habilidad para aplicar adecuadamente el proceso de soldadura, dependiendo de las variables del proceso.

## INTRODUCCIÓN

Soldadura es la unión de piezas metálicas, con o sin material de aporte, utilizando cualquiera de los procedimientos generales.

La soldadura está relacionada con casi todas las actividades industriales, además de ser una importante industria en sí misma. Gracias al desarrollo de nuevas técnicas durante la primera mitad del siglo XX, la soldadura sustituyó al atornillado y al remachado en la construcción de variadas estructuras, como puentes, edificios y barcos. Es una técnica fundamental en la industria automotriz, en la aeroespacial, en la fabricación de maquinaria y en la de cualquier tipo de producto hecho con metales.

### **Soldadura eléctrica**

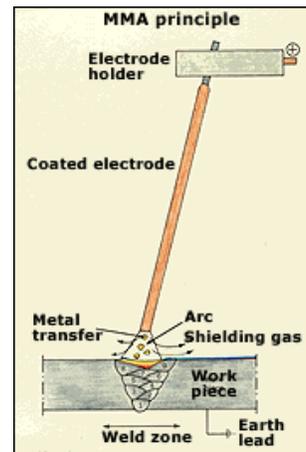
Es el proceso en el que su energía se obtiene por medio del calor producido por un arco eléctrico que se forma en el espacio comprendido entre la pieza a soldar y una varilla que sirve como electrodo. Por lo general el electrodo también provee el

material de aporte, el que con el arco eléctrico se funde, depositándose entre las piezas a unir. La temperatura que se genera en este proceso es superior a los 5500 °C. (Figura 1)

El arco se crea al aproximar el electrodo con la pieza a soldar. En esa situación, en el punto de contacto el calentamiento es tan intenso que se empieza a fundir el extremo del electrodo, se produce ionización térmica y se establece el arco.



a)



b)

Figura 1. a) Proceso de soldadura por arco eléctrico. b) Representación esquemática de la transferencia de material de aporte a la unión.

[https://www.researchgate.net/figure/Figura-21-Proceso-de-Soldadura-de-Electrodo-Cubierto\\_fig1\\_28792228](https://www.researchgate.net/figure/Figura-21-Proceso-de-Soldadura-de-Electrodo-Cubierto_fig1_28792228)

## Máquinas para Soldar

Para realizar el proceso de soldadura de arco eléctrico, existen tres tipos principales de máquinas:

1. Máquina de CA (corriente alterna) - son llamadas transformadores. El tipo de corriente que manejan estas máquinas, permite efectuar operaciones de soldadura con el objeto de trabajo en posición horizontal y preferentemente en materiales ferrosos. Produce menos salpicadura que la de corriente continua y requiere menos energía eléctrica y mantenimiento.

Es ideal para soldar placas gruesas usando grandes electrodos.

2. Máquina de CC (corriente continua) – se utilizan en los mejores trabajos debido a que la energía es más constante, con lo que se puede generar un arco más estable. Generalmente se usa para trabajos en posición incómoda, soldadura de placas de metal, de tuberías, para formar superficies resistentes y para soldar acero inoxidable.

Hay dos tipos básicos: Generadores y rectificadores. En estas máquinas la corriente continua se puede utilizar en dos polaridades:

- a. *Polaridad directa* - la disposición de las terminales de soldar se encuentran de tal manera que el trabajo tenga el polo positivo y el electrodo el polo negativo (figura 2).

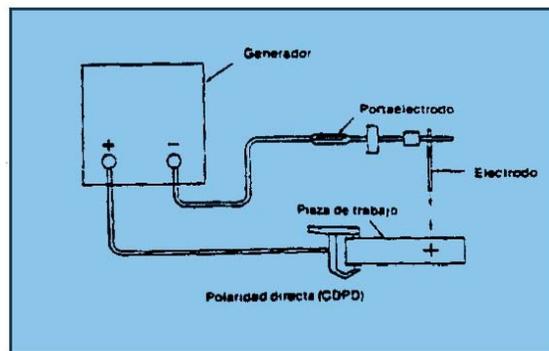
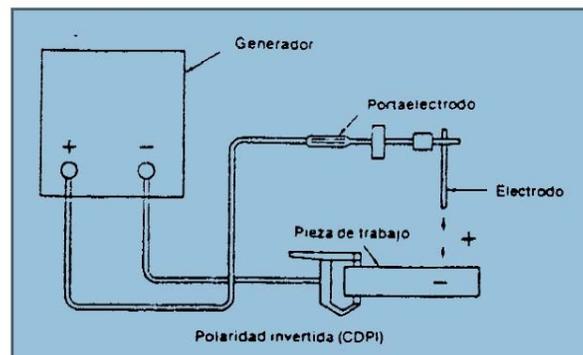


Figura 2. Conexión directa

fuelle: jimcontent.com

- b. *Polaridad invertida* - la conexión de los terminales de soldar es de tal manera que, en el circuito del arco, el trabajo es el polo negativo y el electrodo es el polo positivo (figura 4).



*Figura 4. Conexión inversa*

*fuentes: jimcontent.com*

3. Máquinas de CA/CC (corriente alterna/corriente continua) - son básicamente, transformadores de CA a los cuales se agrega un rectificador (figura 5).



*Figura 5. Máquina de CA/CC*

*Fuente: Infra.com*

### **Características de las máquinas para soldador.**

- Amperaje - la potencia de una máquina de soldar se mide en amperios. Cuando se suelda con electrodos de diámetro pequeño se requiere menos amperios que cuando se suelda con electrodos de diámetro mayor.
- Capacidad de máquina - se refiere al amperaje máximo a que podrá trabajar la máquina. Puede variar entre los 100 y 1200 amperios, dependiendo del tamaño de la máquina.
- Ciclo de trabajo - una máquina ajustada a ciclos de trabajo de 20% está diseñada para operar al amperaje máximo durante dos minutos de cada diez. En la industria, el ciclo de trabajo más usual es de 60%, o seis minutos de cada diez, al usar una máquina por arriba de la capacidad establecida se le hace fallar; hoy en día, con la ayuda de ventiladores, las máquinas pueden operar continuamente.

### **Electrodos y sus características**

El propósito del núcleo del alambre es conducir energía eléctrica para el arco y proporcionar el metal adecuado en el depósito. El recubrimiento tiene muchas funciones

(Figura 6). Debido a la afinidad del metal fundido con el oxígeno y el nitrógeno, es necesario proteger al metal fundido por la soldadura, un arco puede protegerse envolviéndolo con un gas inerte, así este gas no se combinara químicamente con el metal fundido; el recubrimiento del electrodo da esa protección, y al proceso se le llama arco protegido. El recubrimiento se quema en el arco a menor velocidad que el alambre del núcleo, formando escoria sobre el metal fundido, ésta protege al metal fundido mientras se enfría. El recubrimiento hace mínima la contaminación de la atmósfera dando protección y al formar una taza que concentra el calor del arco en la punta del electrodo, el recubrimiento da forma a la soldadura.



*Figura 6. Electrodos para arco eléctrico.*

*fuelle: jimcontent.com*

### **Modo de elegir los electrodos.**

Un electrodo para todos los fines, para todas las aplicaciones y que de resultados iguales, es imposible encontrarlo; en otras palabras el electrodo universal no existe. La elección correcta de un electrodo se basa en el análisis de las condiciones y circunstancias que influyen sobre un trabajo en particular, para poder determinar el tipo y tamaño del electrodo a usar, es necesario comprobar los siguientes factores:

1. ¿Cuál es el metal base que ha de ser soldado?
2. ¿Cuál es la dimensión de la sección a soldar?
3. ¿De qué clase de corriente eléctrica se dispone en el arco?
4. ¿Qué posición o posiciones de soldadura han de usarse?

5. El metal depositado debe poseer ciertas propiedades especiales como cualidades anticorrosivas, ductilidad, alta resistencia a la tracción y maquinabilidad.

La A.W.S. Sociedad Americana de Soldadura (por sus siglas en inglés), estableció un sistema numérico aceptado y usado en toda la industria de la soldadura para identificar los diferentes tipos de electrodos que existen en el mercado.

### **Guía para la interpretación de la numeración de los electrodos según su clasificación.**

Las diferentes características de operación de varios electrodos son atribuidas al revestimiento, donde el alambre es generalmente del mismo tipo; acero al carbón AISI C 1010 que tiene un porcentaje de carbono a 0.08-0.12% 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 o 5 números siguiendo a la letra E (Ver figura 7). La letra "E" significa que el electrodo es para soldadura por arco eléctrico, las dos primeras cifras de un número de cuatro, o las tres primeras cifras de un número de cinco, significan la resistencia mínima a la tracción en miles de libras por pulgada cuadrada del metal depositado. La penúltima cifra significa la posición en que se debe de aplicar (plana, horizontal, vertical y sobre cabeza). La última cifra significa el tipo de corriente (alterna o continua) el tipo de escoria, tipo de arco, penetración y presencia de elementos químicos. La tabla 1 da amplia información sobre la interpretación de la posición, penetración tipo de corriente y fundente.



**Clasificación AWS para los metales de aporte de la especificación A5.1**

Electrodo cubierto de Acero "Dulce"

**E - XXXX**  
(1) (2) (3) (4) (5)

(1) Lo identifica como electrodo.

(2) y (3) Dos primeros dígitos indican su fuerza tensil x 1000 PSI.

(4) Indica la posición que se debe usar para optimizar la operación de este electrodo.

(5) Indica la usabilidad del electrodo. Ej.: tipo de corriente y tipo de fundente, en algunos casos, tercer y cuarto dígito son muy significativos.

**Ejemplo: E 6010**

**E** = Electrodo  
**60** = 60 x 1000 PSI = 60.000 PSI de fuerza tensil  
**1** = Cualquier posición, (de piso, horizontal, vertical y sobre cabeza) \*\*  
**0** = DCEP (direct current electrode positivo) Corriente Directa "DC" electrodo positivo "+- \*"

Figura 7. Nomenclatura de los electrodos.

Clasf.	Corriente	Arco	Penetración	Fundente y Escoria
EXX10	DCEP	Penetrante	Profunda	Celuloso - Sodio (0 - 10% de polvo de Hierro)
EXX11	AC o DCEP	Penetrante	Profunda	Celuloso - Potasio (0% de Polvo de Hierro)
EXX12	AC o DCEN	Mediano	Mediana	Titanio - Sodio (0 - 10 % de Polvo de Hierro)
EXX13	AC o DCEN o DCEP	Suave	Ligera	Titanio - Potasio (0 - 10% de Polvo de Hierro)
EXX14	AC o DCEN o DCEP	Suave	Ligera	Titanio - Polvo de Hierro (25 - 40% de Polvo de Hierro)
EXX15	DCEP	Mediano	Mediana	Bajo Hidrogeno - Sodio (0% de Polvo de Hierro)
EXX16	AC o DCEP	Mediano	Mediana	Bajo Hidrogeno - Potasio (0% de Polvo de Hierro)
			Mediana	Bajo Hidrogeno - Polvo de Hierro (25 - 40% de Polvo de Hierro)
EXX18	AC o DCEP	Mediano	Mediana	Oxido de Hierro - Sodio (0% de Povo de Hierro)
EXX20	AC o DCEN	Mediano	Mediana	Oxido de Hierro - Sodio (0% de Polvo de Hierro)
EXX22	AC o DCEN o DCEP	Mediano	Mediana	Titanio - Polvo de Hierro (50% de Polvo de Hierro)
EXX24	AC o DCEN o DCEP	Suave	Ligera	Oxido de Hierro - Polvo de Hierro (50% de polvo de Hierro)
EXX27	AC o DCEN o DCEP	Mediano	Mediana	Bajo Hidrogeno - Polvo de Hierro (50% de polvo de Hierro)
EXX28	AC o DCEP	Mediano	Mediana	Bajo Hidrogeno - Polvo de Hierro (25 - 40% de Polvo de Hierro)
EXX48	AC o DCEP	Mediano	Mediana	Bajo Hidrogeno - Polvo de Hierro (25 - 40% de Polvo de Hierro)

DCEP - Corriente Directa Electrodo Positivo    DCEN - Corriente Directa Electrodo Negativo

Nota: El porcentaje del polvo de Hierro esta calculado en base al peso del fundente

**E XX1X** = Cualquier Posicion (De piso, horizontal, sobre cabeza y vertical)

**E XX2X** = Horizontal y de piso solamente

**E XX3X** = De piso solamente

**E XX4X** = De piso, sobre cabeza, horizontal y vertical hacia abajo.

Tabla 1. Clasificación de las dos últimas cifras.

### Electrodos de baja aleación.

El extenso uso de aceros aleados ha obligado al desarrollo de electrodos revestidos, capaces de producir depósitos de soldadura que tengan resistencia a la tracción que rebase las 100,000 lbs/pulg<sup>2</sup>; propiedades mecánicas de tal magnitud son obtenidas usando ferroaleaciones a través del forro. En la mayoría de los electrodos señalados, el revestimiento es de carbonato de calcio, típico de los electrodos de bajo hidrógeno y frecuentemente contienen polvo de hierro. Los electrodos de alta resistencia a la tracción, tiene la clasificación: EXX15, EXX16.

Los electrodos metálicos con recubrimientos mejoran las características de la soldadura, son los más utilizados en la actualidad. Las funciones de los recubrimientos son las siguientes:

- Proveen una atmósfera de trabajo o protectora.
- Generan escoria para proteger al metal fundido.
- Estabilizan el arco.
- Aumentan la eficiencia de deposición.
- Eliminan impurezas y óxidos.
- Disminuyen la velocidad de enfriamiento de la soldadura.

### **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 del soldador.

La tabla 2 puede usarse como una guía; cuando se seleccione la medida y amperaje para un trabajo particular será necesario aumentarlo o disminuirlo según la posición de la obra, su espesor y la medida de cómo trabaja cada operario

<b>Posición Plana Espesor del Metal</b>	<b>Medida del Electrodo</b>	<b>Amperaje Aproximado</b>
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

Tabla 2. Guía de medidas de electrodos y amperajes a utilizar.

Por otra parte, para fines prácticos y de forma empírica, se recomienda utilizar 1 amperio por cada milésima de pulgada (0.001), por ejemplo para un electrodo de 1/8 (0.125 pulgada) se requieren 125 amperes como máximo e ir disminuyendo este valor conforme vaya bajando el espesor del material a soldar.

### Tipo de uniones

Dentro de los trabajos de soldadura se realizan diferentes tipos de uniones para formar estructuras metálicas. En la figura 8 se muestran los diferentes tipos de uniones más utilizadas en la industria.

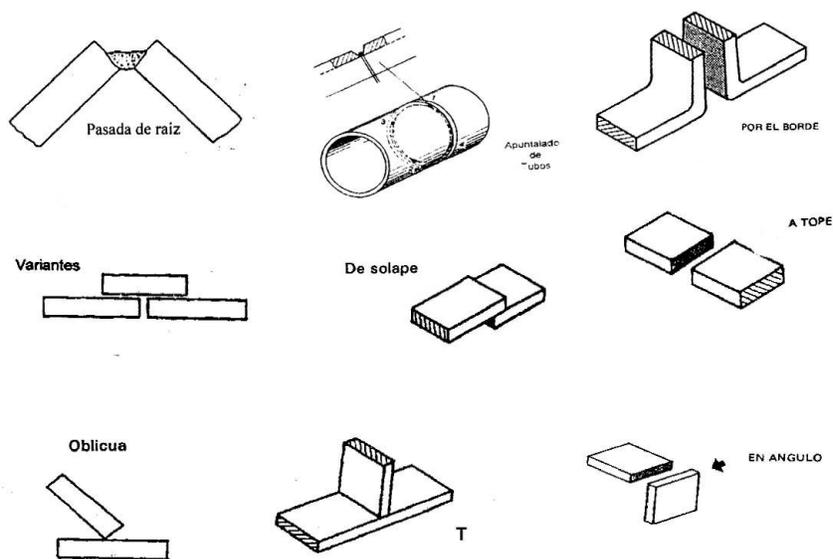


Figura 8. Representación de las tipos de uniones utilizadas en la soldadura eléctrica.

## MATERIAL Y/O EQUIPO NECESARIO

Material:

- ✓ Solera de acero 1018 en tramos de 4 pulgadas de largo por 2 de ancho y 1/4 de espesor.
- ✓ Electrodo E6013.
- ✓ Electrodo E7018.

Equipo

- ✓ Careta con filtros
- ✓ Peto
- ✓ Guantes
- ✓ Polainas
- ✓ Goggles
- ✓ Pica
- ✓ Cepillo de alambre
- ✓ Pinzas mecánicas



Figura 9. Equipo de protección para soldadura eléctrica

## DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

### **Reglas de seguridad para soldadura eléctrica.**

Existen ciertas precauciones que deben tomarse para protección de uno mismo y de los demás; entre éstas tenemos:

1. Usar siempre la careta con filtro del grado correcto.
2. Usar peto, guantes, casco y polainas.
3. Asegurarse de que los demás están protegidos de los rayos de luz antes de empezar a soldar.
4. Nunca trabajar en un área húmeda o mojada.
5. Usar lentes de seguridad cuando se quite la escoria de una soldadura.
6. Asegurarse que la pieza que se vaya a soldar o el banco sobre el que se trabaja estén conectados correctamente a tierra.
7. Usar guantes de carnaza todo el tiempo.

### **EJERCICIO 1. Estabilización de arco a través de puntos de soldadura**

- a. Realizar la aplicación de puntos en una placa de acero, mediante los siguientes pasos, con la finalidad de estabilizar el arco:
  1. Colocar el electrodo en el maneral de la máquina eléctrica.
  2. Encender la máquina y cubrirse con la careta.
  3. Acercar el electrodo a la placa y en el momento que salte el arco, proceder a realizar movimientos circulares sin avanzar, esto en el lapso de 3 a 4 segundos. Levantar el electrodo y aplicar otro punto hasta llenar la placa como se indica en la figura 10.

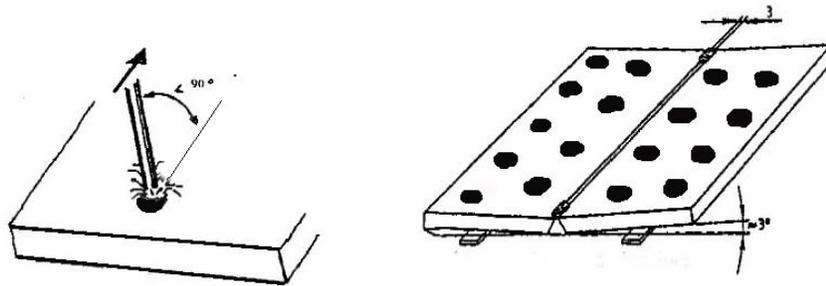


Figura 10. Aplicación de puntos para estabilizar el arco.

## EJERCICIO 2. Aplicación de cordones de soldadura

b. Realizar la aplicación de los diferentes cordones utilizados en la soldadura eléctrica con la finalidad de adquirir la habilidad de su aplicación, para ello realizar los siguientes pasos:

1. Colocar el electrodo en el maneral de la máquina eléctrica.
2. Encender la máquina y cubrirse con la careta.
3. Acercar el electrodo a la placa y en el momento que salte el arco, proceder a realizar movimientos circulares u otro, a lo largo de la placa a una velocidad y altura constante, como se muestra en la figura 11.

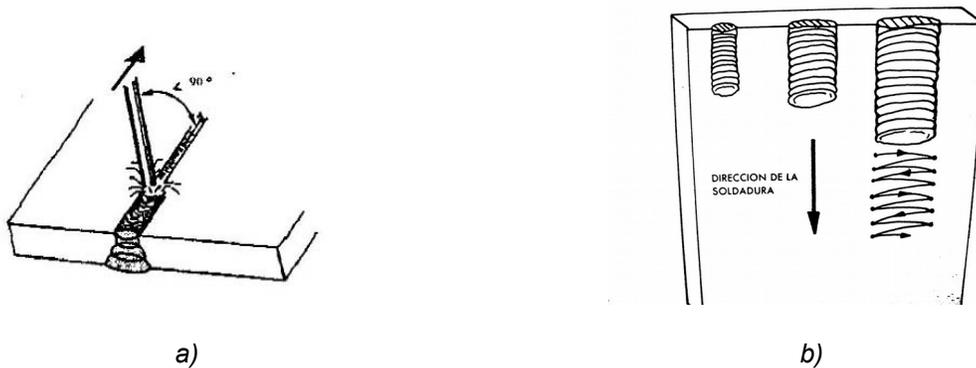


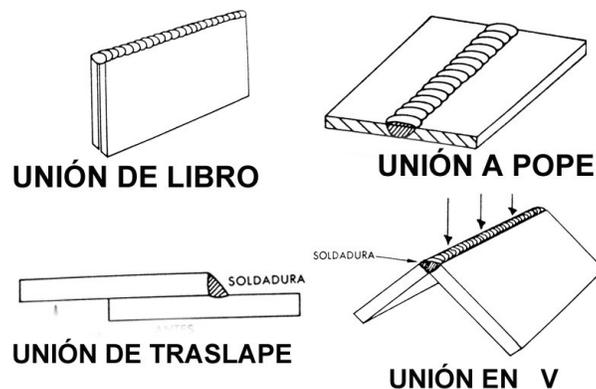
Figura 11. a) Posición del electrodo. b) Tipo de cordón que se genera, el ancho depende de que tan

*grande se realice el movimiento.*

### **EJERCICIO 3. Realización de uniones de soldadura**

c. Realizar la aplicación de diferentes uniones (como lo considere el profesor):

1. Colocar el electrodo en el maneral de la máquina eléctrica.
2. Encender la máquina y cubrirse con la careta.
3. Colocar dos piezas de placa en cualquiera de las uniones indicadas en la figura 13.
4. Proceder a aplicar un punto en cada extremo de la unión para evitar su separación, enseguida aplicar el cordón a lo largo de la unión. Recordar que siempre se debe utilizar una velocidad y altura constante para obtener una buena soldadura.



*Figura 12. Diferentes tipos de unión a realizar con la soldadura eléctrica.*

**Ejercicio 4. Desarrollar un proyecto de tipo arquitectónico o escultural.**

## **RESULTADOS**

---

1. El alumno presentará una tabla con los valores de ajuste empleados en el proceso de soldadura, explicando la razón del por qué de cada uno de ellos.
2. Realizar la evaluación de las piezas unidas por uno y ambos lados.
3. Presentar imágenes de los puntos, cordones y uniones realizados.
4. Con base a la experiencia adquirida en la práctica respecto a la unión de materiales, el alumno deberá realizar un proyecto en el que se aprecien diferentes tipos de uniones y de materiales o piezas.
5. Al término de la práctica, el alumno presentará el proyecto perfectamente acabado y presentable.

## **ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS**

---

1. Evaluar los cordones realizados y determinar si tienen un mismo ancho y espesor durante todo el recorrido, además de si presentan la forma de monedas apiladas, si no es el caso, y la soldadura quedó de una forma irregular o con poros, indicar las condiciones que lo originaron.
2. Realizar la evaluación de las uniones realizadas, para determinar la resistencia de las mismas (utilizar para esta actividad la prensa hidráulica disponible).
3. Realizar un análisis comparativo en la resistencia de las piezas soldadas por un lado y por dos lados y compararlos con los valores esperados de acuerdo al electrodo empleado.
4. Realizar pruebas destructivas (figura 13) con la finalidad de fracturar la unión.

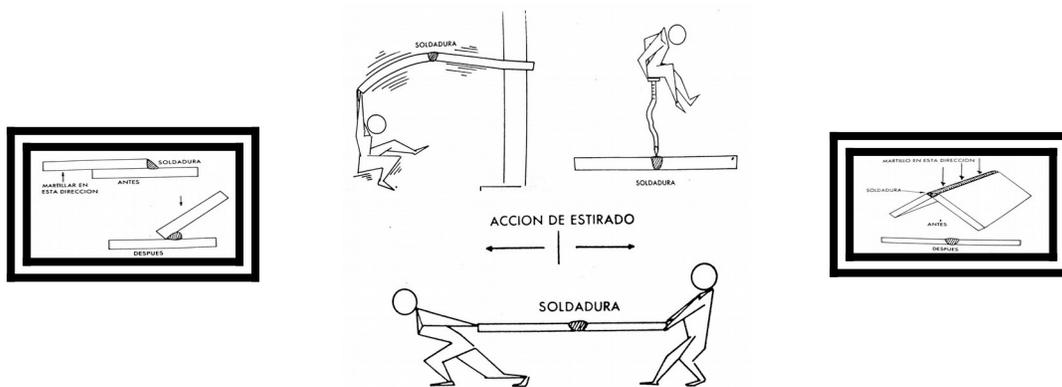


Figura 13. Muestra de diferentes pruebas destructivas; de izquierda a derecha se tiene una prueba en la que se martilla hasta lograr un doblar de 180 grados, en la figura central se presenta una prueba de flexión y tracción, por último a una unión en "V" se le martilla hasta dejarla en un plano horizontal.

Responda a las siguientes preguntas:

1. ¿Qué importancia tiene la velocidad y la altura constante en la aplicación del cordón?
2. ¿Cuántas uniones sufrieron ruptura y cuántas se doblaron sin romperse en el análisis de prueba destructiva?
3. ¿Qué otras pruebas no destructivas existen para verificar si la soldadura fue bien aplicada?
4. ¿Cómo se comporta una lamina de calibre 18 al aplicarle un amperaje de 120 y utilizando un electrodo E6013 de 1/8?
5. ¿Cómo se puede controlar la deformación de un material cuando le es aplicado el proceso de soldadura eléctrica?
6. Se requiere fabricar un soporte metálico con perfil cuadrado de 1 x 1 pulgada en acero 1020, de tal forma que deberá soportar una masa de 150,000 lb. ¿Qué tipo de electrodo seleccionaría de los siguientes E7018, E6010, E6013 y por qué?

**CONCLUSIONES Y/O COMENTARIOS**

Realizar las conclusiones pertinentes de acuerdo con el análisis realizado y los resultados obtenidos.

## **CUESTIONARIO PREVIO**

1. Explicar en términos generales las medidas de seguridad que se deben tener al trabajar en la aplicación de soldadura por el proceso de arco eléctrico.
2. ¿Qué es el proceso de arco eléctrico?
3. ¿Qué variantes presenta el proceso?
4. ¿Qué aplicaciones industriales tiene el proceso de arco eléctrico?
5. ¿Qué ventajas y limitaciones presenta la soldadura de arco eléctrico?

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Massimo Vladimiro Piredda, *Soldadura con Arco Sumergido*, México, Editorial Limusa, 1991.
- Iván H. Griffin, *Técnicas para Soldar Tubería*, México, Editorial Diana, 1982.
- Manual de soldadura, tomos 1,2,3, México, Prentice Hall.
- Horwitz, *Soldadura, Aplicaciones y práctica*, México, Alfaomega, 2007.
- Oxgasa, *Manual del soldador*, México, distribuido por Infra de el Salvador S.A de C.V.

## **Práctica 2: Soldadura con proceso MIG**

**Duración 2 hrs.**

---

### **OBJETIVO**

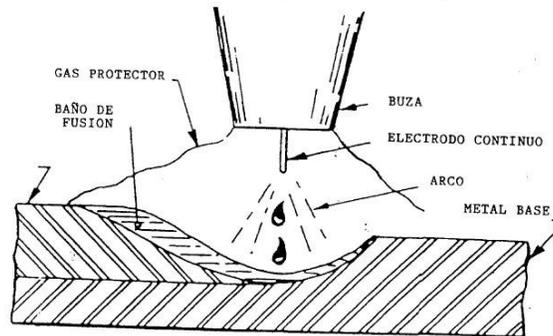
El alumno identificará las características, elementos, ventajas y aplicaciones del proceso de soldadura con Micro alambre en una atmosfera de gas inerte.

---

### **INTRODUCCIÓN**

**Soldadura MIG**

La soldadura denominada GMAW (gas metal arc welding) o Soldadura MIG (Metal, inert gas), es un proceso de soldadura por arco eléctrico que emplea gas protector con electrodo consumible, en este proceso el arco se establece entre un electrodo de hilo continuo y la pieza a soldar (Figura 1).



*Figura 1. Diagrama esquemático del proceso MIG.*

Fuente: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/gas-metal-arc-welding>

El proceso MIG opera en DC (corriente directa) usualmente con el alambre como electrodo positivo, conocido como "Polaridad Negativa". La "Polaridad Positiva" es raramente usada por su poca transferencia de metal de aporte desde el alambre hacia la pieza de trabajo.

El proceso puede ser:

- \* **SEMIAUTOMÁTICO:** la tensión de arco, la velocidad de alimentación del hilo, la intensidad de soldadura y el caudal de gas se regulan previamente. El avance de la antorcha de soldadura se realiza manualmente.
- \* **AUTOMÁTICO:** todos los parámetros, incluso la velocidad de soldadura, se regulan previamente y su aplicación en el proceso es de forma automática.
- \* **ROBOTIZADO:** todos los parámetros de soldeo, así como las coordenadas de localización de la junta a soldar, se programan mediante una unidad específica para este fin; la soldadura la efectúa un robot al ejecutar esta programación.

El proceso básico MIG incluye tres técnicas muy distintas: transferencia por "Corto Circuito", transferencia "Globular" y la transferencia de "Arco Rociado (Spray Arc)". Estas técnicas describen la manera en la cual el metal es transferido desde el alambre hasta la soldadura fundida (Figura 2).

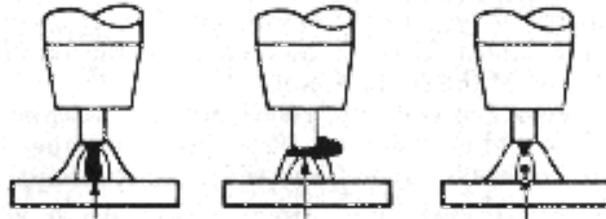


Figura 2. De izquierda a derecha tenemos : Corto circuito, Globular, Spray Arc.  
(Fuente -FORTES 2004)

En la transferencia por corto circuito, también conocido como "Arco Corto", "Transferencia espesa", la transferencia del metal ocurre cuando un corto circuito eléctrico es establecido, esto ocurre cuando el metal en la punta del alambre hace contacto con la soldadura fundida.

En la transferencia por rociado (spray arc) diminutas gotas de metal fundido llamadas "Moltens" son arrancadas de la punta del alambre y proyectadas por la fuerza electromagnética hacia la soldadura fundida.

En la transferencia globular el proceso ocurre cuando las gotas del metal fundido son lo suficientemente grandes para caer por la influencia de la fuerza de gravedad.

Los factores que determinan la manera en que los metales son transferidos son la corriente de soldadura, el diámetro del alambre, la distancia del arco, las características de la fuente de poder y el gas utilizado en el proceso.

Es muy simple escoger el equipo, el alambre o electrodo, el gas de la aplicación y las condiciones óptimas para producir soldaduras de alta calidad a muy bajo costo.

El proceso produce soldaduras de gran calidad en artículos para la industria del automóvil, calderería y recipientes a presión o estructura metálica en general, construcción de buques y un gran número de aplicaciones, que van día a día en aumento. Continuos desarrollos al proceso de soldadura MIG lo han convertido en un proceso aplicable a todos los metales comercialmente importantes como el acero, aluminio, acero inoxidable y cobre. Materiales por encima de 0.76 mm (.030-in) de espesor pueden ser soldados en cualquier posición, incluyendo "de piso", vertical y sobre cabeza.

La soldadura MIG es inherentemente más productiva que la soldadura de electrodo revestido, donde las pérdidas de productividad ocurren cada vez que el soldador se detiene para reemplazar el electrodo consumido. También es notable la pérdida cuando el restante del electrodo que es sujetado por el porta electrodo es tirado a la basura, en algunos casos es reciclado. Por cada kilogramo de varilla de electrodo cubierto comprado, solamente alrededor del 65% es aprovechado como parte de la soldadura, el resto es tirado a la basura o sólo en algunos casos reciclado. El uso de alambre sólido y el alambre tubular ha incrementado la eficiencia entre 80-95 % a los procesos de soldadura.

Desde su aparición en el mundo de la soldadura, todas las agencias de regulación y clasificación de los metales de aporte tomaron muy en serio este proceso y la creación de su propio código de clasificación fue indispensable. En el caso de la Sociedad Americana de Soldadura AWS, se crearon dos códigos por separado, uno para las aleaciones de bajo contenido de carbón o también conocido como acero dulce y uno para las aleaciones de alto contenido de carbón o donde la composición química final del material aportado fuera cambiada de forma dramática.

#### **Características que determinan la ejecución correcta del proceso MIG:**

- \* La fluidez de la soldadura fundida.
- \* La forma del cordón de la soldadura y sus bordes.

- \* La chispa o salpicaduras que genera.
- \* La naturaleza del gas.

Un buen procedimiento de soldadura está caracterizado por la poca presencia de porosidad, buena fusión, y una terminación libre de grietas o fracturas.

La porosidad, es una de las causas más frecuentemente citadas de una soldadura pobremente ejecutada, es causada por el exceso de oxígeno de la atmósfera, creada por el gas usado en el proceso y cualquier contaminación en el metal base, que, combinado con el carbón en el metal soldado, forma diminutas burbujas de monóxido de carbono (CO). Algunas de estas burbujas de CO pueden quedar atrapadas en la soldadura fundida después que se enfría y se convierten en poros mejor conocidos como porosidad.

Típicamente el proceso MIG es reconocido como un proceso de muy poca deposición de hidrógeno. Factores como la humedad en el gas protector, condiciones atmosféricas y las condiciones del metal a ser soldado podrían tener una variación en el grado de efecto adverso sobre el hidrógeno difusible en el material depositado.

Una suficiente desoxidación del cordón de soldadura es necesaria para minimizar la formación de monóxido de carbono CO y, por consiguiente, la porosidad. Para lograr esto, algunos fabricantes han desarrollado alambres que contienen elementos con los cuales el oxígeno se combina preferentemente al carbón para formar escorias inofensivas. Estos elementos, llamados desoxidantes, son manganeso (Mn), silicio (Si), titanio (Ti), aluminio (Al), y zirconio (Zr).

La fluidez de la soldadura fundida en el cordón de soldadura es muy importante por varias razones. Cuando la soldadura fundida es suficientemente fluente, mientras está en su estado líquido, tiende a moverse sola llenando los espacios hasta los bordes produciendo una forma rasa, con formas más gentiles

especialmente en las soldaduras de filetes. *Precaución: Excesiva fluidez podría generar problemas en la ejecución de la soldadura en ciertas posiciones o haciendo soldaduras sobre filetes cóncavos horizontales.*

El GAS presenta una notable influencia sobre la forma de transferencia del metal, penetración, aspecto del cordón, proyecciones, etc. En la siguiente figura 3, se muestran las formas de las penetraciones típicas de este proceso, en función del tipo de gas:

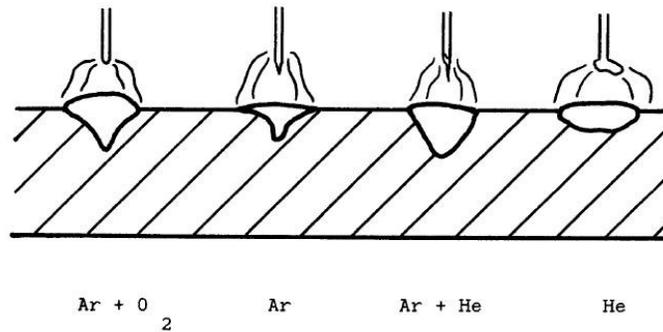


Figura 3. Penetración en función del gas.

<https://soldaduraymas.wordpress.com/2015/06/13/informacion-general-sobre-tig/>

## Máquinas y antorchas utilizadas para el proceso MIG

Características de Conjuntos para soldar, de corriente directa (CD) potencial constante (MIG), Figura 4. Penetración en función del gas.

**MIG (GMAW)  
MM-250 SP**

- Trabajo Industrial -



**Aplicaciones:**

- \* Soldadura con electrodo micro alambre (GMAW) en diámetros de 0.6 a 0.9 mm. (0.023" a 0.035") transferencia a corto circuito.
- \* Soldadura tubular con núcleo de fundete (FCAW) en diámetros de 0.8 a 1.2 mm (0.030" a 0.045")

**Características:**

- \* Control selector de cinco niveles.
- \* Recomendada para trabajo industrial ligero.

**Accesorios:**

- \* Antorcha para MIG 180. • Rodillo motriz de doble ranura de 0.8 y 0.9 mm (0.030" y 0.035").
- \* Cable alimentador calibre 3# 12AWG de 2.50 mts con clavija.
- \* Cable calibre #4 AWG de 2.50 mts con pinza de tierra.
- \* Manguera para gas de 1.20 mts. de longitud

**Usos:**

- \* Enseñaza en institutos técnicos.
- \* Talleres de reparación de carrocerías automotrices.
- \* Fabricación de muebles metálicos.

**Ventajas:**

- \* Alimentador de electrodo, integrado a la fuente de poder.
- \* Sistema de enfriamiento de ventilación forzada.
- \* Excelente estabilidad del arco al soldar.
- \* Con remolque, manubrio y portacilindro.
- \* Sistema de punteo integrado.
- \* Rangos de voltaje: alto/bajo

Salida Nominal 40 % ciclo de trabajo	Gama de Voltaje	Max V.C.A *	Alimentación 1 fase, 60 Hz	Potencia Real	Dimensiones	Peso
250 A a 27 V CD	12 a 30 V CD	42 V CD	220 V - 52 A 440 V - 26 A	10.3 KW	Alto 793 mm (31-3/16")  Ancho 360 mm (14-3/16")  Largo 965 mm (38")	Neto 103.0 Kg. (227.0 Lbs)  Emb 107.3 kg (236.3 Lbs)

*Tabla 1. Características de máquina MIG.*



*Figura 5. Mecanismo interior de una maquina MIG.*

<https://www.youtube.com/watch?v=LFUxJwSMH2o>

Antorchas para soldadura MIG



Figura 6. Antorchas para proceso MIG.

<https://www.infopages.net.my/product-categories/welding-torch-and-parts>

Existen una variedad de antorchas para el proceso MIG, desde antorchas para aplicar aceros, como antorchas para la aplicación de materiales no ferrosos como el aluminio, el tipo de antorcha también dependerá del trabajo a realizar, si éste será manual o automático en una línea de producción.

### **Antorcha MIG con sistema PUSH-PULL**

Sistema que permite utilizar antorchas con conductos muy largos, evitando el problema del enredo del alambre en el interior de la antorcha.



Figura 7. Penetración en función del gas

<https://www.infopages.net.my/product-categories/welding-torch-and-parts>

### **Influencia del Gas y el Arco de la Soldadura**

El uso de Anhídrido Carbónico (CO<sub>2</sub>) causa más turbulencias en la transferencia del metal del alambre al metal base con la tendencia a crear cordones de soldadura más abultados y un alto incremento de las salpicaduras.

Las mezclas de gases con bases de Argeón (Ar) proveen transferencias de metales más estables y uniformes, buena forma del cordón de soldadura y las salpicaduras son reducidas al mínimo, además de un rango mas bajo en la generación de humo.

El incremento en el voltaje del arco tiende a incrementar la fluidez, haciendo las soldaduras mas rasas, afectando la penetración de los bordes y generando más salpicaduras. Los voltajes más altos reducen considerablemente la penetración y podrían causar la perdida de elementos que forman parte de la aleación.

### Tipo de uniones

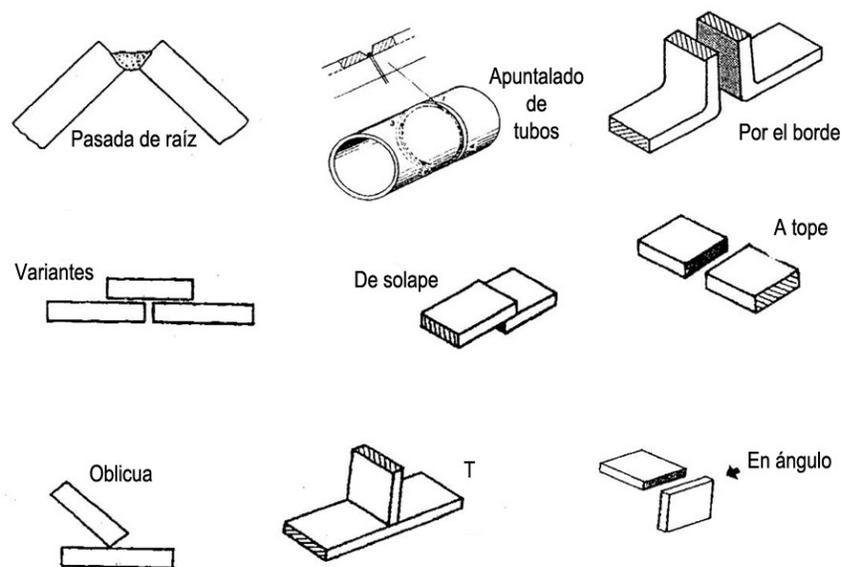


Figura 9. Representación de las tipos de uniones utilizadas en la soldadura eléctrica

### MATERIAL Y/O EQUIPO NECESARIO

#### Equipo

- ✓ Careta con filtros
- ✓ Peto.

- ✓ Guantes
- ✓ Polainas
- ✓ Goggles
- ✓ Cepillo de alambre
- ✓ Pinzas mecánicas



*Figura 10. Equipo de protección para soldadura*

### **Material**

- ✓ Solera de acero 1018 en tramos de 4 pulgadas de largo por 2 de ancho y 1/4 de espesor.
- ✓ Gas inerte (Argón).
- ✓ Micro alambre en acero de diámetro 0.035".

### **Reglas de seguridad para soldadura eléctrica**

Como en cualquier otro trabajo existen ciertas precauciones que deben tomarse para protección de uno mismo y de los demás, por lo que entre las protecciones personales tenemos:

1. Usar siempre la careta con filtros del grado correcto
2. Usar peto, guantes y polainas.
3. Asegurarse de que los demás estén protegidos de los rayos de luz antes de empezar a soldar.

4. Nunca trabajar en un área húmeda o mojada.
5. Asegurarse que la pieza que vaya a soldar o el banco sobre el que trabaja estén conectados correctamente a tierra.
6. Usar guantes de carnaza todo el tiempo.
7. Es preferible usar ropa de lana en vez de algodón, porque se quema con más dificultad y ayuda a proteger la piel de altas temperaturas.
8. Usar peto de plomo cuando la exposición al proceso MIG, sea prolongado.

## **DESARROLLO DE LA PRÁCTICA**

### **EJERCICIO 1.** Estabilización de arco a través de puntos de soldadura.

En este primer ejercicio se realizará la aplicación de puntos de soldadura en una placa de acero con la finalidad de estabilizar el arco, para ello realizar los siguientes pasos:

1. Posicionar la antorcha del micro alambre en la pieza como se indica en la figura 11, previamente abrir la llave del tanque de gas inerte.
2. Encender la máquina y cubrirse con la careta.
3. Estando la antorcha en posición, oprimir el gatillo, en este momento se producirá el arco eléctrico entre el micro alambre y la placa, en todo momento de la aplicación de la soldadura mantener oprimido el gatillo y mantener siempre una distancia constante, ahora proceder a hacer movimiento circular sin avanzar, esto en el lapso de 3 a 4 segundos. Levantar la antorcha y aplicar otro punto hasta llenar la placa como se indica en la figura.

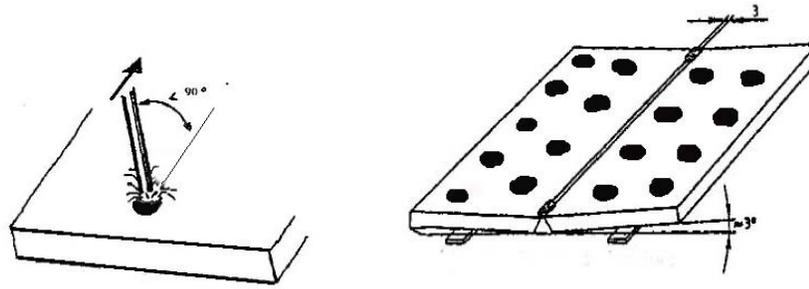


Figura 11. Aplicación de puntos para estabilizar el arco.

## EJERCICIO 2. Aplicación de cordones de soldadura.

En este segundo ejercicio se realizará la aplicación de los diferentes cordones utilizados en la soldadura eléctrica con la finalidad de adquirir la habilidad de su aplicación, para ello realizar los siguientes pasos:

1. Posicionar la antorcha del micro alambre en la pieza como se indica en la figura 12.
2. Encender la máquina y cubrirse con la careta.
3. Estando la antorcha en posición, oprimir el gatillo, en este momento se producirá el arco eléctrico, en todo momento de la aplicación de la soldadura mantener oprimido el gatillo y mantener siempre una velocidad y altura constante, proceder a hacer movimiento circular u otro, a lo largo de la placa, como se muestra en la figura 12.

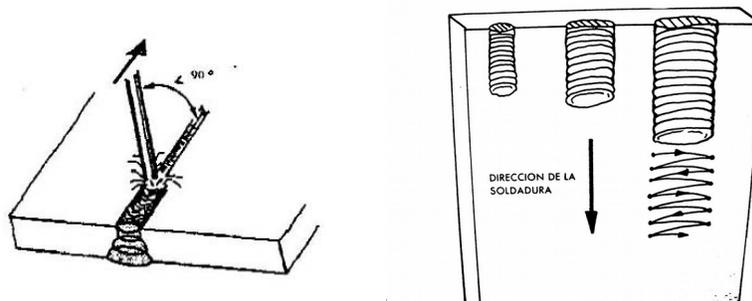
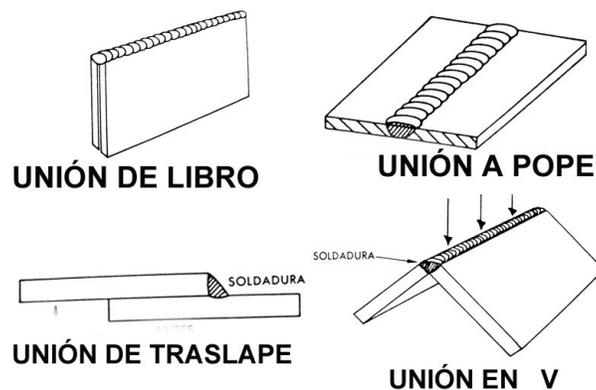


Figura 12. A la izquierda se muestra cómo se debe de mantener la colocación del electrodo. A la derecha se puede ver el tipo de cordón que se genera, el ancho depende mucho de qué tan grande se realice el movimiento.

### **EJERCICIO 3.** Realización de uniones de soldadura.

En este tercer ejercicio se realizará la aplicación de diferentes uniones (como lo considere el profesor) para ello realizar los siguientes pasos:

1. Posicionar la antorcha del micro alambre en la pieza como se indica en la figura 11.
2. Encender la máquina y cubrirse con la careta.
3. Colocar dos piezas de placa en cualquiera de las forma de unión indicadas en la figura 13.
4. Proceder a aplicar un punto en cada extremo de la unión para evitar su separación, posteriormente aplicar el cordón a lo largo de la unión. Recuerdar que siempre se deberá aplicar a una velocidad y altura constante para obtener una buena soldadura.



*Figura 13. Diferentes tipos de unión a realizar con la soldadura MIG.*

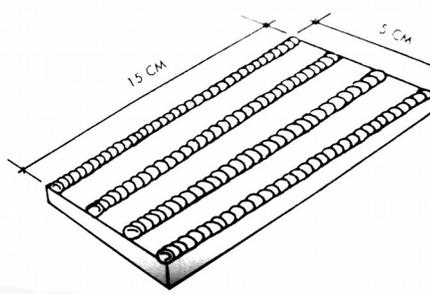
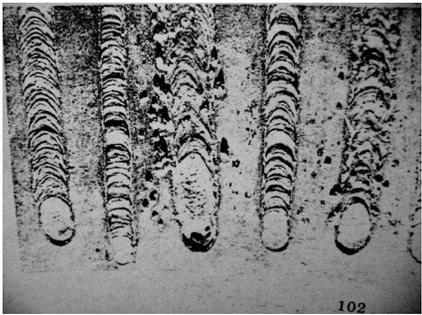
---

## **RESULTADOS**

Colocar fotografías de los diferentes ejercicios realizados.

## ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Para saber si se obtuvo una buena soldadura, primero se debieron aplicar los pasos como se indicó en cada ejercicio para obtener una soldadura con un mismo ancho y espesor durante todo el recorrido, además la soldadura debe de presentar una forma de monedas apiladas, ver la siguiente figura 14.

	
<p><i>Figura 14. Se observa el cordón en forma de moneditas apiladas, presentando un espesor, penetración y ancho uniforme.</i></p>	<p><i>Figura 15. De izquierda a derecha se puede observar que el primer cordón es una buena aplicación con ancho y espesor correctos los otros cordones muestran deficiencias de anchura, penetración y discontinuidades.</i></p>

1. A través de una verificación visual de los ejercicios realizados observar si la soldadura tiene un mismo ancho y espesor durante todo el recorrido, además la soldadura debe de presentar una forma de monedas apiladas, si no es el caso, y la soldadura quedó de una forma irregular o con poros, indicar las condiciones a que se debió (ver figura 15).
2. Otro tipo de análisis que se puede llevar a cabo es una prueba destructiva como se observa en la figura 16. En esta prueba se doblarán o desdoblarán las diferentes uniones que se realizaron con anterioridad, con la finalidad de tratar de fracturar la unión. Si no sufre fractura en la unión, quiere decir que la soldadura fue correctamente aplicada.

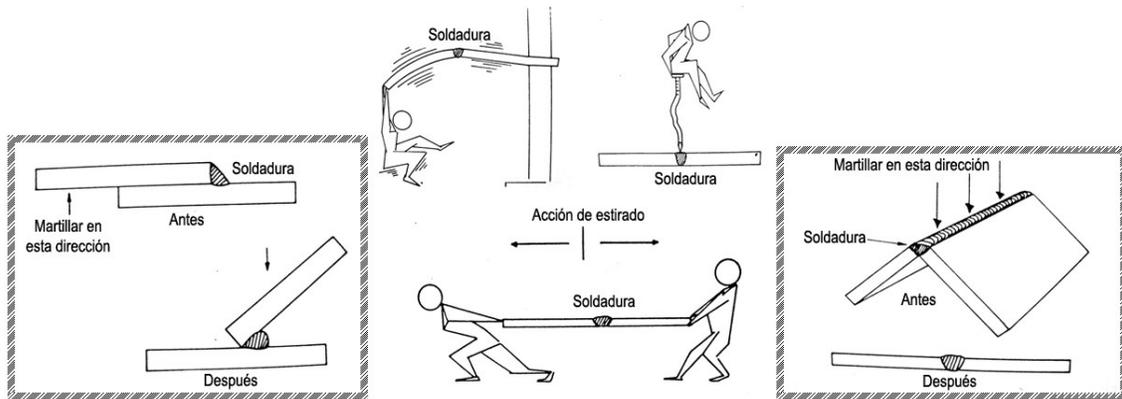


Figura 16. Se muestran las diferentes pruebas destructivas que pueden llevarse a cabo para saber si se realizó una buena aplicación en la soldadura. De izquierda a derecha tenemos en primer lugar una prueba en la que se martilla hasta lograr un doblado de 180 grados, en la figura central se presenta una prueba de flexión y tracción, por último a una unión en "V" se le martilla hasta dejarla en un plano horizontal.

Responda a las siguientes preguntas:

1. ¿Qué fue lo que se le dificultó durante la aplicación del proceso MIG?
2. Los puntos en el primer ejercicio ¿cómo quedaron? uniformes o con aspecto de cacahuete, ¿crees que este ejercicio de estabilización de arco ayuda para realizar el segundo ejercicio?
3. ¿Qué importancia tiene mantener la velocidad y la altura constante en la aplicación del cordón con el proceso MIG?
4. ¿Cuántas uniones sufrieron ruptura y cuántas se doblaron sin romperse en el análisis de prueba destructiva?
5. Indicar que otras pruebas no destructivas existen para verificar si la soldadura fue bien aplicada y explicar en qué consisten.
6. ¿Cómo se puede controlar la deformación de un material cuando es aplicado el proceso de soldadura MIG?

## **CONCLUSIONES Y/O COMENTARIOS**

Realizar las conclusiones correspondientes, sobre lo que se observó en las uniones y en las pruebas que se realizaron a dichas uniones.

## **CUESTIONARIO PREVIO**

1. ¿Qué es el proceso de soldadura MIG e indicar con un esquema qué elementos intervienen en el proceso?
2. ¿Cuántos tipos de soldadura existen y utilizan energía eléctrica?
3. ¿Qué tipo de gases se pueden utilizar en el proceso MIG?
4. ¿Cuáles son las reglas de seguridad que se deben seguir para evitar un percance por la acción del proceso de soldadura eléctrica?
5. Indicar qué elementos se deben considerar para soldar acero inoxidable con el proceso MIG?

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Manual de soldadura, tomos 1, 2, 3. Prentice Hall, 1991.
- Horwitz. *SOLDADURA, Aplicaciones y Práctica*. Editorial Alfaomega, 2007.
- Oxgasa. *Manual del soldador*. Infra de El Salvador S.A de C.V.
- Technology for The Welder`s world. Recuperado de <http://www.binzel.de/MX/spa/productos/antorchas-mig/push-pull/pp-24-dcopy.html>

## Práctica 3 : Soldadura con proceso TIG

Duración 2 hrs.

---

### OBJETIVO

El alumno identificará las características, elementos, ventajas y aplicaciones del proceso de soldadura con electrodo de tungsteno en una atmosfera de gas inerte.

---

### INTRODUCCIÓN

#### **PROCESO DE GAS TUNGSTEN ARC WELDING (GTAW) O TUNGSTEN INERT GAS (TIG)**

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 de este, así como también puede ser grafito, lo que no es usual. Ver figura 3.1

El metal fundido y el electrodo están protegidos contra el efecto perjudicial 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, junta 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.

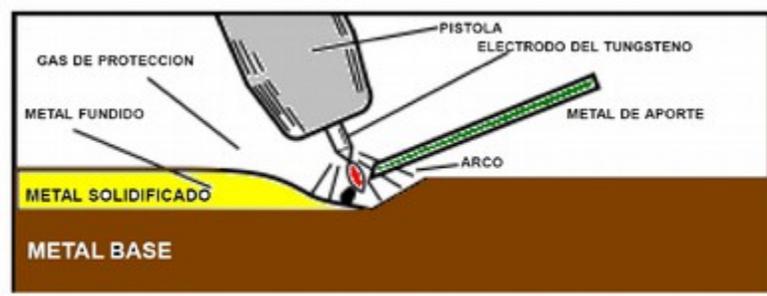


FIGURA 3.1 Proceso TIG (Tungsteno en atmósfera de gas inerte).

Fuente: OXGASA (Infra del Salvador S.A. DE C.V)

Para soldar manualmente, una vez que el arco esté establecido, el porta electrodo debe mantenerse a 75 grados 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. Ver figura 3.2, Cordones de soldadura TIG.



FIGURA 3.2 Cordones de soldadura TIG.

Fuente: Soldadura Industrial Facebook y Warren Martin

## EQUIPOS Y ACCESORIOS PARA REALIZAR EL PROCESO TIG

Los principales componentes del equipo requerido para el proceso TIG son:  
Ver figura 3.3.

- La máquina de soldar (fuente de poder).
- La antorcha o maneral
- Electrodo de tungsteno.
- Las varillas para metal de relleno.
- El gas protector
- Controles (pedales para encendido de arco)
- Sistema de refrigeración (agua)
- Cable de tenaza de trabajo

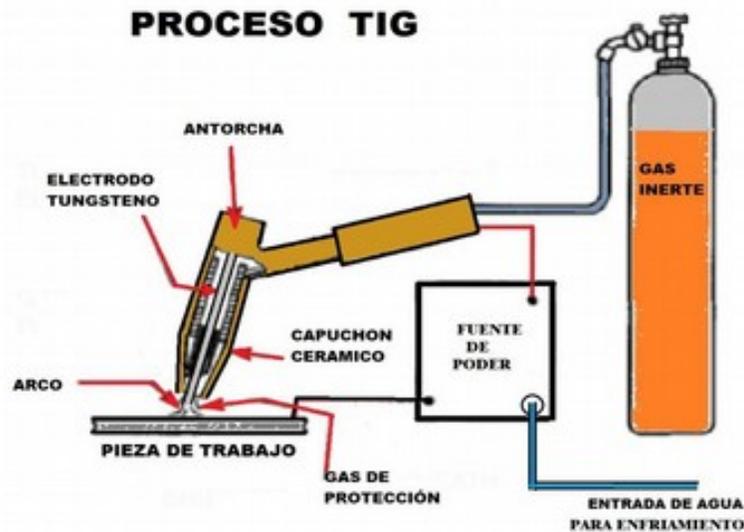


FIGURA 3.3 Componentes del proceso TIG.

*Fuente: blogs RSF maquinaria*

Para el proceso TIG se emplea una máquina de soldar (fuente de poder) de diseño especial. Puede ser un rectificador con CA/CC o un generador de corriente continua (CC) con una unidad de alta frecuencia, son equipos que proporcionan corriente directa y corriente alterna para satisfacer todas las aplicaciones de soldadura, con un simple switch el operador puede elegir la corriente que requiera el proceso. Vienen diseñadas para el proceso de soldadura TIG pero también con

un switch el operador puede cambiar para que las máquinas funcionen como máquinas de soldadura eléctricas con electrodo revestido. El operador puede controlar el tipo de enfriamiento de la antorcha de soldadura, la profundidad y el ancho de la franja de soldadura, la duración de la corriente de pico y de fondo y los niveles de pico y de fondo. Además, cuenta con un sistema de suministro de gas, el cual es utilizado para proteger el arco y el charco de soldadura de los contaminantes atmosféricos. A continuación, se muestra un modelo de máquina para realizar el proceso TIG. Figura 3.4.



TRABAJO INDUSTRIAL LIGERO

**ARCTRON 285 HF**

**CD CC 3 FASES 1 FASE** 

**Ficha técnica**

Fases	Salida nominal	Salida continua 100% ciclo de trabajo	Rango de corriente (+-10%) Amperes	Voltaje máximo de circuito abierto	Corriente de entrada a salida nominal 60 Hz. 220 V KVA Kw	Peso	Dimensiones
1	280 A @ 31 V. 40 % C.T.	200 A @ 28 V.	30 - 286	75	41 A 15.6 11.5	Neto: 17.5 kg. Emb: 21.5 kg.	Alto: 340 mm. Sin asa 400 mm Con asa Ancho: 235 mm. Largo: 480 mm.
2	200 A @ 28 V. 60 % C.T.	150 A @ 26 V.	30-200		52 A 11.4 7.2		

**Procesos:**

- Soldadura con electrodo revestido (SMAW) de CD en diámetros desde 1.6 hasta 6.4 mm (1/16" a 1/4") en todo tipo de electrodo.
- TIG (GTAW) en CD, con inicio por alta frecuencia (HF).
- TIG pulsado (GTAW-P) en CD, con inicio por alta frecuencia (HF).
- Ideal para aplicaciones de soldadura en proceso TIG en CD. su diseño especial con funciones de gatillo y pulsador integrado, permite realizar trabajos de la más alta calidad en materiales de espesor muy delgado y fuera de posición.

- Unidad de alta frecuencia integrada, permite iniciar el arco en proceso TIG sin tocar la pieza de trabajo evitando la contaminación del tungsteno.
- Selector de proceso (con funciones controladas por gatillo sólo para proceso TIG): TIG 2T: Función básica o simple del gatillo. (PRESIONAR para iniciar, SOLTAR para terminar). TIG 4T: Accionamiento Permite realizar cordones largos de soldadura, sin mantener presionado el gatillo, evitando el cansancio del operador. (PRESIONAR-SOLTAR para iniciar, PRESIONAR-SOLTAR para terminar). TIG 4T-BiNivel: Función especial del gatillo que permite cambiar la corriente de soldadura entre dos valores de corriente: uno fijo de 40 A (Corriente 1) y otro preestablecido

**Se surte con:**

- Control remoto manual RHS-2 para el arranque de la alta frecuencia.
- Manguera para gas con conexiones.
- Juego de cables para soldar, con conector rápido.
- Manual de usuario que incluye: guía de operación, guía de mantenimiento, lista de partes y póliza de garantía.

**Accesorios opcionales:**

- Antorcha TIG-170, TIG 200 y TIG 300.

**Ventajas:**

- Control electrónico de corriente, que permite un ajuste preciso de la corriente de soldadura.



FIGURA 3.4 Máquina para el proceso TIG.

Fuente: Catalogo [https://grupoinfra.com/pagina/categoria/102/TIG-\(GTAW\)](https://grupoinfra.com/pagina/categoria/102/TIG-(GTAW))

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. Ver figura 3.5 Muestra los diferentes tipos de corrientes.

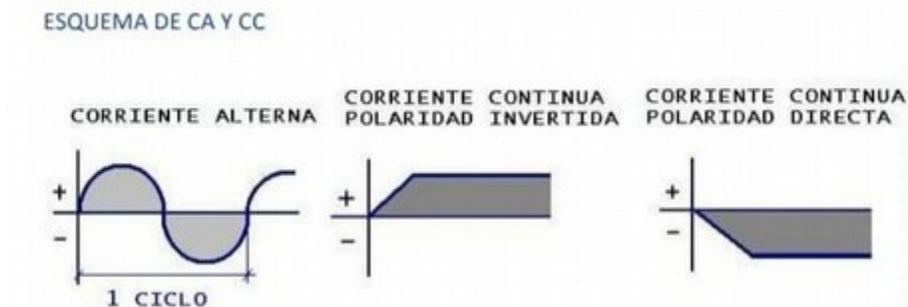


FIGURA 3.5 Tipos de corrientes TIG.

Fuente: OXGASA (Infra del Salvador S.A. DE C.V)

### 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 del 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 conservación 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

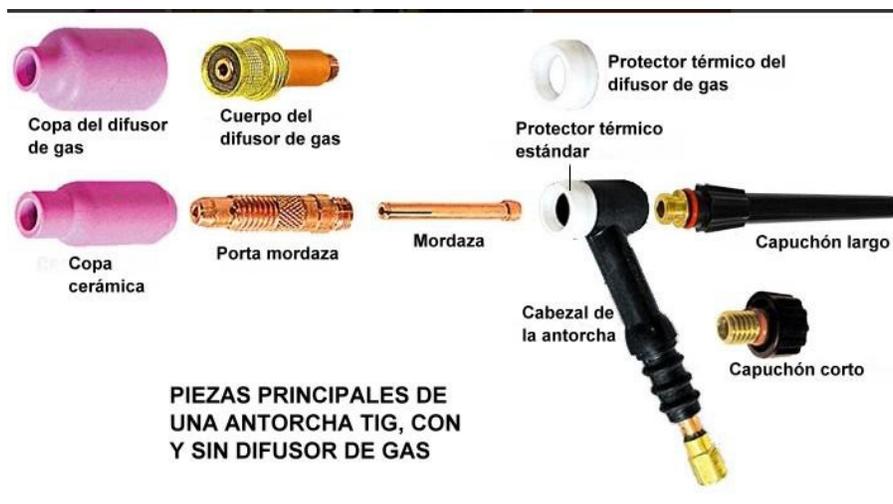


FIGURA 3.7 Accesorios, para el proceso TIG

Fuente: Catalogo <https://www.maquisol.com/> y [https://serviceweldingsupply.com/product/aspect-](https://serviceweldingsupply.com/product/aspect-230-ac-dc-air-cooled-one-pak/)

230-ac-dc-air-cooled-one-pak/

## ELECTRODOS DE TUNGSTENO

A continuación, se mostrará una tabla que describe las diferentes aleaciones, clasificaciones AWS e ISO, sus códigos y colores, y la cantidad de óxido en su composición. Ver figura 3.8

Aleación	AWS	ISO	Cantidad de Óxido
2% Torio	EWTh-2	WT20	1,7-2,2% ThO <sub>2</sub>
2% Cerio	EWCe-2	WC20	1,8-2,2% CeO <sub>2</sub>
1,5% Lantano	EWLa-1,5	WL20	1,3-1,7% La <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
1% Lantano	EWLa-1	WL10	0,8-1,2 La <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
Zirconio	EWZr-1	WZ3	0,15-0,40% ZrO <sub>2</sub>
Puro	EWP	W	Ninguno



FIGURA 3.8. Electrodo para el proceso TIG

Fuente: Catalogo <https://gasex.cl/argon/electrodo-de-tungsteno-en-la-soldadura-tig/> y <http://soldaduracursos.blogspot.com/>

- 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 Torio 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 Torio al 2% - Color Rojo. Mayores y similares ventajas al torio al 1%.
- Tungsteno Circonio - 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 Circonio.
- Para soldar Aceros, Cobre, Níquel o sus aleaciones se recomienda DC. polaridad Directa y electrodo de Tungsteno Torio (La Polaridad Inversa fundirá el tungsteno a gran velocidad)

## ¿QUÉ GAS USAR EN LA SOLDADURA TIG?

El argón y el helio o una mezcla de ambos son los tipos de gas inertes más comunes que se utilizan como cubierta protectora para los electrodos de tungsteno. También existen algunas mezclas para mejorar la condición de depósito de material. Ver figura 3.9

Los gases pueden ser suministrados en cilindros de acero o en tanques de almacenamiento aislados.

Asimismo, el argón grado soldadura se refina hasta una pureza mínima del 99.95% esto es aceptable para soldar con GTAW. De esta manera, el argón se utiliza más ampliamente que el helio porque tiene las siguientes ventajas:

- Acción de ardo más uniforme y silenciosa.
- Menor penetración.
- Acción de limpieza al soldar materiales como el aluminio y el magnesio.
- Menor costo y mayor disponibilidad para el soldador.
- Buena protección con tasas de flujo más bajas.
- Mayor resistencia a ráfagas transversales.
- Más facilidad de flujo de arco.
- Electrodo de tungsteno y su uso.



FIGURA 2.4.8. Gases utilizados para el proceso TIG.

Fuente: Catalogo <https://gasex.cl/argon/electrodo-de-tungsteno-en-la-soldadura-tig/>

## MATERIAL Y/O EQUIPO NECESARIO

### Equipo

- ✓ Careta con filtros
- ✓ Peto.
- ✓ Guantes
- ✓ Polainas
- ✓ Cepillo de alambre
- ✓ Pinzas mecánicas



Figura 10. Equipo de protección para soldadura

Fuente: Imagen propia

### Material

- ✓ Solera de acero 1018 en tramos de 4 pulgadas de largo por 2 de ancho y 1/4 de espesor.
- ✓ Gas inerte (Argón).
- ✓ Electrodo de tungsteno para acero dulce de diámetro 1/8".

### Reglas de seguridad para proceso de soldadura TIG

Como en cualquier otro trabajo existen ciertas precauciones que deben tomarse para protección de uno mismo y de los demás, por lo que entre las protecciones personales tenemos:

1. Usar siempre la careta con filtros del grado correcto
2. Usar guantes de carnaza todo el tiempo y peto.
3. Asegurarse de que los demás estén protegidos de los rayos de luz antes de empezar a soldar.
4. Nunca trabajar en un área húmeda o mojada.
5. Asegurarse que la pieza que vaya a soldar o el banco sobre el que trabaja estén conectados correctamente a tierra.
6. Es preferible usar ropa de lana en vez de algodón, porque se quema con más dificultad y ayuda a proteger la piel de altas temperaturas.
7. Usar peto de plomo cuando la exposición al proceso TIG, sea prolongado.

## DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

**EJERCICIO 1.** Estabilización de arco a través de puntos de soldadura.

En este primer ejercicio se realizará la aplicación de puntos de soldadura en una placa de acero con la finalidad de estabilizar el arco, para ello realizar los siguientes pasos:

1. Posicionar la antorcha del tungsteno en la pieza como se indica en la figura 11, previamente abrir la llave del tanque de gas inerte.
2. Encender la máquina y cubrirse con la careta.
3. Estando la antorcha en posición, oprimir el gatillo, en este momento se producirá el arco eléctrico entre el electrodo de tungsteno y la placa, y mantener siempre una distancia constante, ahora proceder a hacer movimiento circular sin avanzar, esto en el lapso de 3 a 4 segundos.

Levantarse la antorcha y aplicar otro punto hasta llenar la placa como se indica en la figura.

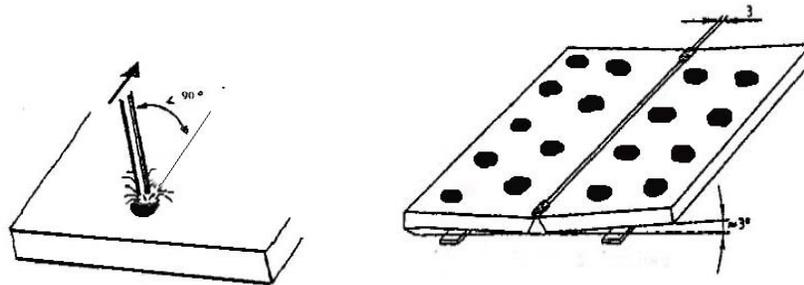


Figura 11. Aplicación de puntos para estabilizar el arco.

## EJERCICIO 2. Aplicación de cordones de soldadura.

En este segundo ejercicio se realizará la aplicación de los diferentes cordones utilizados en la soldadura eléctrica con la finalidad de adquirir la habilidad de su aplicación, para ello realizar los siguientes pasos:

1. Posicionar la antorcha del tungsteno en la pieza como se indica en la figura 12.
2. Encender la máquina y cubrirse con la careta.
3. Estando la antorcha en posición, oprimir el gatillo, en este momento se producirá el arco eléctrico, y mantener siempre una velocidad y altura constante, proceder a hacer movimiento circular u otro, a lo largo de la placa, como se muestra en la figura 12.

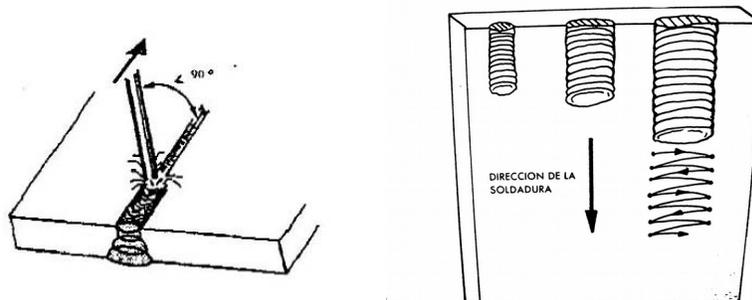
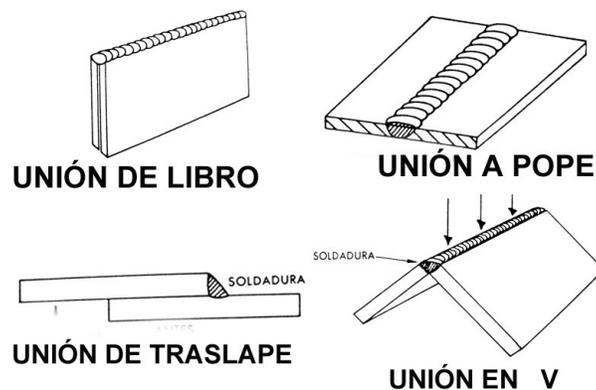


Figura 12. A la izquierda se muestra cómo se debe de mantener la colocación del electrodo. A la derecha se puede ver el tipo de cordón que se genera, el ancho depende mucho de qué tan grande se realice el movimiento.

### **EJERCICIO 3.** Realización de uniones de soldadura.

En este tercer ejercicio se realizará la aplicación de diferentes uniones (como lo considere el profesor) para ello realizar los siguientes pasos:

1. Posicionar la antorcha del tungsteno en la pieza como se indica en la figura 11.
2. Encender la máquina y cubrirse con la careta.
3. Colocar dos piezas de placa en cualquiera de las forma de unión indicadas en la figura 13.
4. Proceder a aplicar un punto en cada extremo de la unión para evitar su separación, posteriormente aplicar el cordón a lo largo de la unión. Recuerdar que siempre se deberá aplicar a una velocidad y altura constante para obtener una buena soldadura.



*Figura 13. Diferentes tipos de unión a realizar con la soldadura TIG.*

---

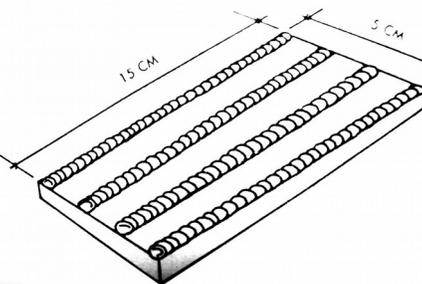
## **RESULTADOS**

Colocar fotografías de los diferentes ejercicios realizados.

---

## **ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS**

Para saber si se obtuvo una buena soldadura, primero se debieron aplicar los pasos como se indicó en cada ejercicio para obtener una soldadura con un mismo ancho y espesor durante todo el recorrido, además la soldadura debe de presentar una forma de monedas apiladas, ver la siguiente figura 14.

	
<p><i>Figura 14. Se observa el cordón en forma de moneditas apiladas, presentando un espesor, penetración y ancho uniforme.</i></p>	<p><i>Figura 15. De izquierda a derecha se puede observar que el primer cordón es una buena aplicación con ancho y espesor correctos los otros cordones muestran deficiencias de anchura, penetración y discontinuidades.</i></p>

3. A través de una verificación visual de los ejercicios realizados observar si la soldadura tiene un mismo ancho y espesor durante todo el recorrido, además la soldadura debe de presentar una forma de monedas apiladas, si no es el caso, y la soldadura quedó de una forma irregular o con poros, indicar las condiciones a que se debió (ver figura 15).
4. Otro tipo de análisis que se puede llevar a cabo es una prueba destructiva como se observa en la figura 16. En esta prueba se doblarán o desdoblarán las diferentes uniones que se realizaron con anterioridad, con la finalidad de tratar de fracturar la unión. Si no sufre fractura en la unión, quiere decir que la soldadura fue correctamente aplicada.

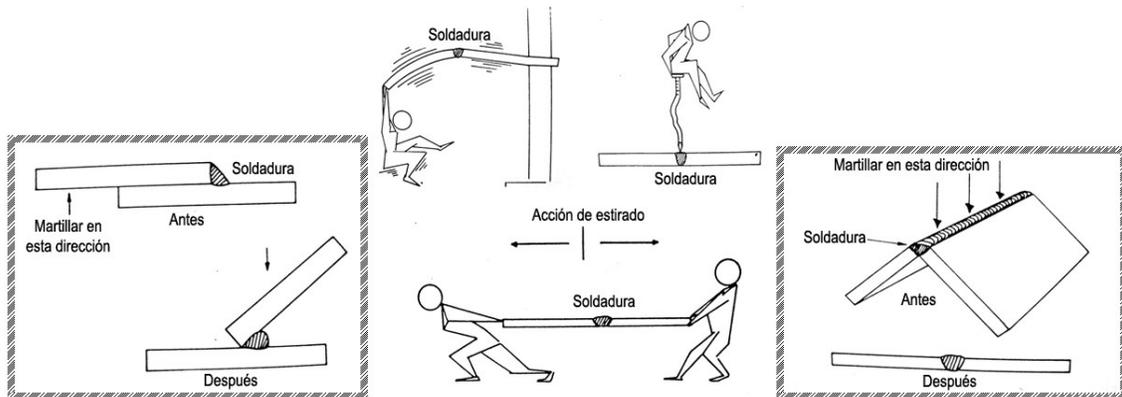


Figura 16. Se muestran las diferentes pruebas destructivas que pueden llevarse a cabo para saber si se realizó una buena aplicación en la soldadura. De izquierda a derecha tenemos en primer lugar una prueba en la que se martilla hasta lograr un doblado de 180 grados, en la figura central se presenta una prueba de flexión y tracción, por último a una unión en "V" se le martilla hasta dejarla en un plano horizontal.

Responda a las siguientes preguntas:

7. ¿Qué fue lo que se le dificultó durante la aplicación del proceso TIG?
8. Los puntos en el primer ejercicio ¿cómo quedaron? uniformes o con aspecto de cacahuete, ¿cree que este ejercicio de estabilización de arco ayuda para realizar el segundo ejercicio?
9. ¿Qué importancia tiene mantener la velocidad y la altura constante en la aplicación del cordón con el proceso TIG?
10. ¿Cuántas uniones sufrieron ruptura y cuántas se doblaron sin romperse en el análisis de prueba destructiva?
11. Indicar que otras pruebas no destructivas existen para verificar si la soldadura fue bien aplicada y explicar en qué consisten.
12. ¿Cómo se puede controlar la deformación de un material cuando es aplicado el proceso de soldadura TIG?

## CONCLUSIONES Y/O COMENTARIOS

Realizar las conclusiones correspondientes, sobre lo que se observó en las uniones y en las pruebas que se realizaron a dichas uniones.

## **CUESTIONARIO PREVIO**

---

6. ¿Qué es el proceso de soldadura TIG e indicar con un esquema qué elementos intervienen en el proceso?
7. ¿Cuántos tipos de soldadura existen y utilizan energía eléctrica?
8. ¿Qué tipo de gases se pueden utilizar en el proceso TIG?
9. ¿Cuáles son las reglas de seguridad que se deben seguir para evitar un percance por la acción del proceso de soldadura eléctrica?
10. Indicar qué elementos se deben considerar para soldar acero inoxidable con el proceso TIG?

## **BIBLIOGRAFÍA**

---

- Manual de soldadura, tomos 1, 2, 3. Prentice Hall, 1991.
- Horwitz. *SOLDADURA, Aplicaciones y Práctica*. Editorial Alfaomega, 2007.
- Oxgasa. *Manual del soldador*. Infra de El Salvador S.A de C.V.
  - **Technology for The Welder`s world. Recuperado de <http://www.binzel.de/MX/spa/productos/antorchas-mig/push-pull/pp-24-dcopy.html>**

## **Práctica 4 : Operación del Proceso automatizado de soldadura o Deposición de metal (Impresión 3D de metal).**

**Duración 2 hrs.**

### **OBJETIVO**

---

Después de realizar esta práctica: El alumno adquirirá conocimientos teóricos y prácticos sobre la un proceso automatizado de soldadura aplicando la técnica de deposición de metal o impresión 3d metal.

### **INTRODUCCIÓN**

---

## **MANUFACTURA ADITIVA CNC CON DEPOSICIÓN DE ALAMBRE DE ELECTRODO (PROCESO MIG/MAG).**

Mediante el proceso de deposición MIG/MAG se establece un arco eléctrico entre el electrodo, que tiene forma de hilo continuo, y la pieza a generar. En este proceso la protección del arco como del depósito de metal se lleva a cabo mediante un gas, que puede ser activo (MAG) o inerte (MIG).

El proceso MIG-MAG ofrece ventajas respecto al procedimiento de electrodo revestido. Entre ellas cabe destacar la mayor productividad que se obtiene, debido a que se eliminan los tiempos muertos empleados en reponer los electrodos consumidos. Se estima que para el procedimiento usando electrodo revestido, el hecho de desechar la última parte del electrodo antes de reponerlo por otro, más el consiguiente proceso de establecimiento (cebado) del arco, hace que sólo el 65% del material sea depositado, el resto son pérdidas. Sin embargo, el empleo de hilo continuo en forma de bobina, tanto del tipo sólidos como tubulares, como material de aportación para el procedimiento MIG-MAG aumenta el porcentaje de eficiencia hasta el 80-90%. Además, al disminuir el número de paradas se reduce las veces del corte y posterior cebado del arco, por lo que se generan menos discontinuidades en el depósito como son los famosos "cráteres", logrando así piezas de mayor calidad en proceso de MA.

### **1.4.1. Descripción del procedimiento (MIG-MAG).**

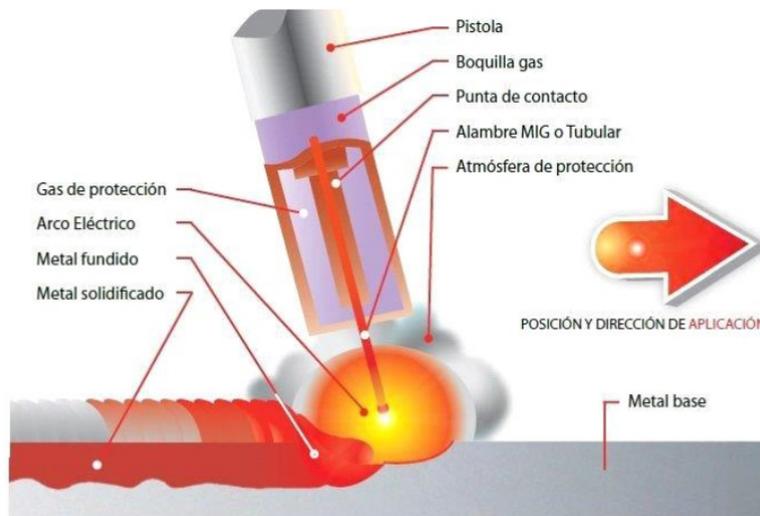
En este procedimiento se establece el arco eléctrico entre el electrodo consumible protegido y la pieza a generar. La protección del proceso recae sobre un gas, que puede ser inerte, o sea que no participa en la reacción de la del depósito, dando lugar

al llamado procedimiento de deposición MIG (Metal Inert Gas); o por el contrario el gas utilizado es activo, que participa de forma activa en la deposición, dando lugar al llamado procedimiento MAG (Metal Active Gas).

El empleo del procedimiento MIG-MAG se hace cada vez más frecuente en el sector industrial, debido a su alta productividad y facilidad de automatización, como es el caso de la MA. La flexibilidad es otro aspecto importante que hace que este procedimiento sea muy empleado, dado que permite realizar la deposición de aceros de baja aleación, acero inoxidable, aluminio y cobre, en espesores a partir de los 0,5 mm y en todas las posiciones. La protección por gas garantiza un depósito continuo y uniforme, además de libre de impurezas y escorias. En adición que el proceso MIG / MAG es un método limpio y compatible con todas las medidas de protección para el medio ambiente.

A continuación, se define los parámetros que caracterizan a este tipo de procedimiento: 32

- Fuente de calor: por arco eléctrico.
- Tipo de electrodo: consumible.
- Tipo de protección: por gas inerte (MIG); por gas activo (MAG).
- Material de aportación: externa mediante el mismo electrodo que se va consumiendo.
- Aplicaciones: el procedimiento MAG se aplica a los aceros, mientras que el procedimiento MIG para el resto de los metales.



**Figura 1.22 Elementos en el depósito del proceso MIG.**  
(<https://es.pinterest.com/pin/645140715343123802/>)

La deposición mediante el procedimiento MIG-MAG ofrece la ventaja que no tiene que cambiar de electrodo, por lo que se elimina la formación de cráteres a lo largo del cordón.

Por otro lado, como inconveniente está que son más los parámetros que regular mediante el procedimiento MIG-MAG, que son, entre otros, la velocidad.

### 1.4.2. Equipamiento.

Para llevar a cabo la soldadura mediante el procedimiento MIG-MAG es necesario el siguiente equipo básico:

1. Generador de corriente CC.
2. Unidad de alimentación de hilo.
3. Antorcha de conducción.
4. Cilindro de gas o gases.
5. Circuito de refrigeración (algunos casos).

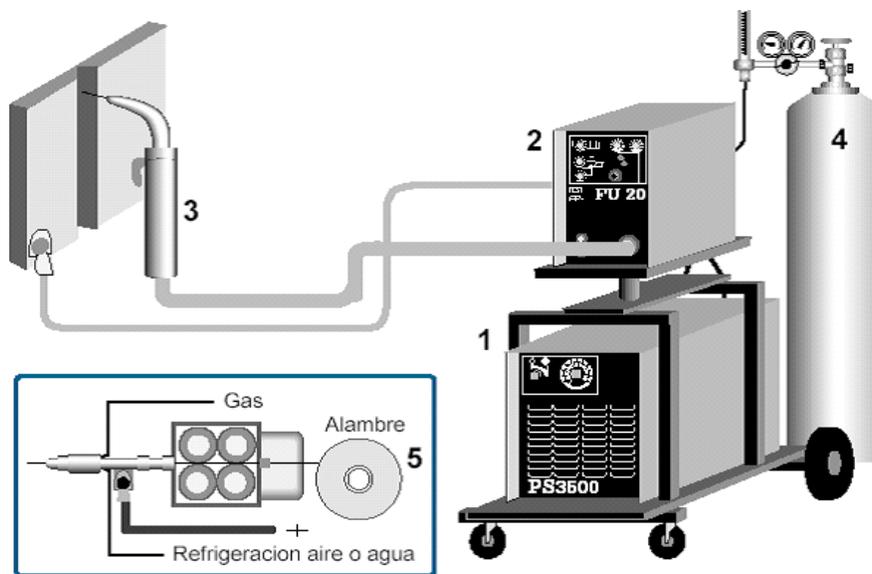


Figura 1.23 Componentes del proceso MIG. (<https://procesosmanufacturau4.weebly.com/>)

### 1.4.3. Material de aporte.

Como material de aporte, este procedimiento utiliza hilos que son tubulares. Estos se suministran enrollados en bobinas y recubiertos de cobre:



Con solape

A tope

El hecho de recubrir los hilos de electrodos con cobre se realiza para conseguir los siguientes objetivos:

- Favorecer el contacto eléctrico.
- Disminuir el rozamiento.
- Obtener protección contra la corrosión.

En cuanto a su composición química, va a depender del tipo de gas de protección. Por ejemplo, con argón en MIG se usa un hilo macizo, mientras que si se usa CO<sub>2</sub> en MAG se emplea hilo tubular.

Para el caso de hilos tubulares, el material de relleno o FLUX puede ser básico (T5) o de rutilo (T1).

#### **1.4.4. Gases de protección.**

El empleo de un tipo de gas u otro va a influir en aspectos tales como:

- Energía aportada.
- Tipo de transferencia del material al baño.
- Penetración del cordón.
- velocidad de deposición.
- Proyecciones y salpicaduras.

A continuación, se va a revisar brevemente las propiedades de cada gas de protección utilizado, según el tipo de procedimiento.

#### **1.4.5. Procedimiento MIG.**

##### **a) Argón (Ar)**

El empleo de este gas bajo procedimiento MIG repercute en crear una buena estabilidad del arco, debido al bajo potencial de ionización que genera.

Es idóneo para soldar piezas de espesores pequeños. 35

Este gas no se usa para soldar aceros dado que el baño que origina tiene poca fluidez y con tendencia a formar poros, a la vez que mordeduras a ambos lados del cordón.

En cuanto a la forma de llevar a cabo la transferencia del material de aporte, es mediante cortocircuito o en "espray".

##### **b) Mezcla de argón y oxígeno (Ar al 98% + O<sub>2</sub> al 2%)**

Si se utiliza esta mezcla mejora la fluidez del baño, a la vez que la penetración de la soldadura.

Esta solución sí es apta para la soldadura de aceros inoxidable, aunque hay que prestar especial atención a la porosidad que pudiera generarse.

##### **c) Helio (He)**

Es un tipo de gas de elevada conductividad, a la vez que genera poca penetración y cordones anchos.

Es un tipo de gas poco utilizado en Europa.

### **Tipo de corriente eléctrica.**

Para la soldadura MIG-MAG siempre habrá que emplear la corriente continua (CC). No se recomienda emplear la polaridad directa, debido a que origina un arco poco estable que favorece el rechazo de la gota fundida.

Las fuentes de corriente que se empleen deben presentar una característica estática ligeramente descendente. En estos equipos el voltaje (V) que se establece en el arco es prácticamente constante, gracias al proceso de autorregulación con el que cuentan los equipados.

### **Toberas.**

Normalmente estas toberas tienen un diámetro de 15 mm, y se prolongan una distancia de unos 6 mm más allá del tubo de contacto.

No obstante, resulta conveniente disponer de toberas de diferentes longitudes, según el tipo de trabajo a realizar.



**Figura 1.24** Tobera y boquillas del proceso MIG. (<https://www.lacorformacion.com/blog/soldadura-mig-mag-la-antorcha>)

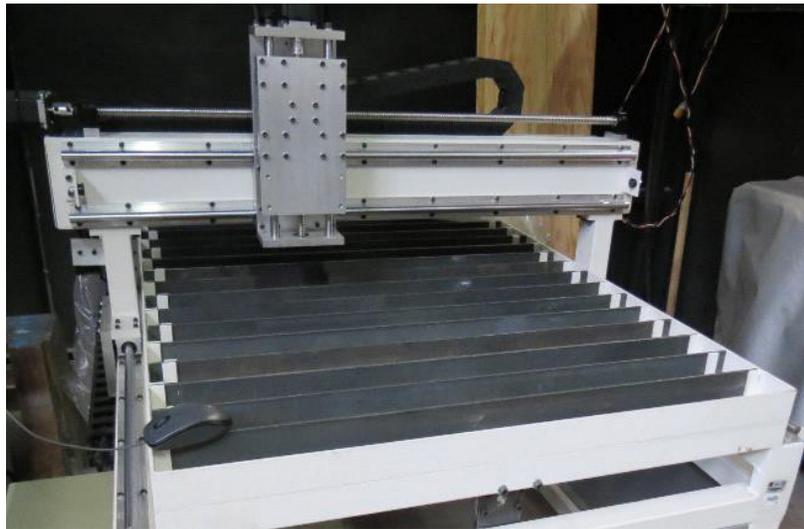
## MATERIAL Y EQUIPO

---

### ***Componentes Del Sistema MIG/ROUTER CNC.***

A continuación, se muestran las características que posee el Router CNC elegido para llevar a cabo el proceso de la impresión 3D con metal.

- **Mesa de trabajo**



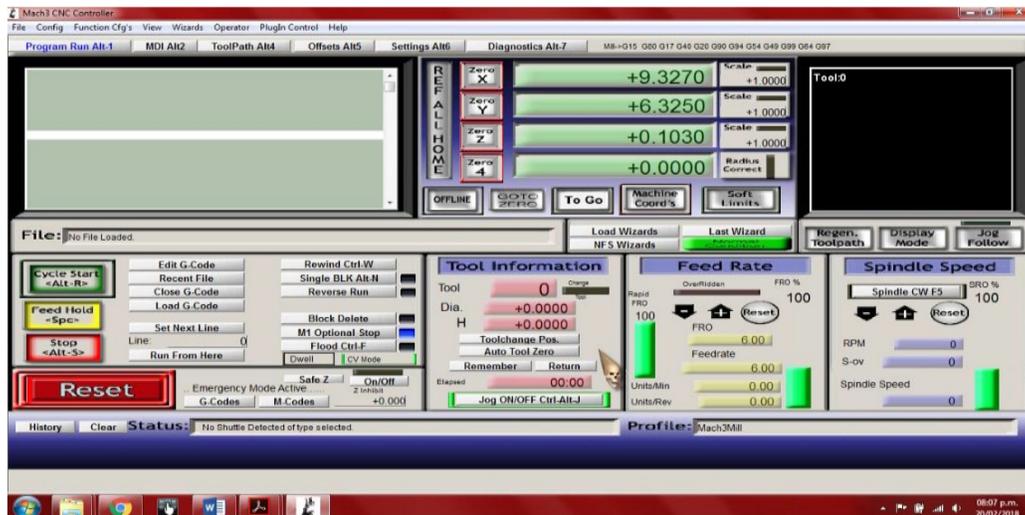
***Figura 2.1 Mesa de trabajo MIG/Router CNC. ( Imagen propia)***

### **Gabinete**

posee tres drivers independientes (uno por cada eje), una tarjeta, una fuente de poder, *switch* de encendido y paro de emergencia, un foco indicador de encendido, cable de comunicación LPT1 y cable USB para alimentación.

Para la conexión entre la PC y la máquina de coordenadas tenemos que conectar el cable USB que sale del gabinete a cualquier puerto de la PC, además de conectar el cable LPT1 del gabinete al puerto paralelo que se encuentra en la PC. Software de control.

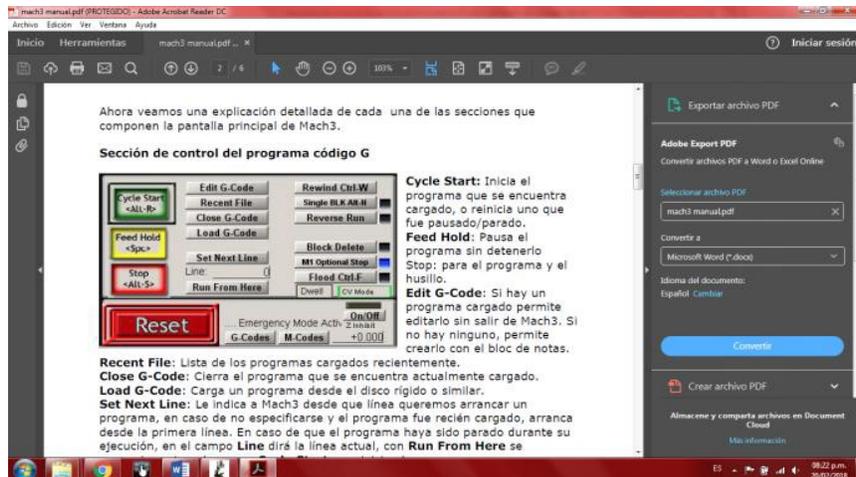
Para el uso del Router CNC se ocupará el software Mach 3. Este es el programa donde se importan los archivos realizados en código G, Permite el enlace de comunicación con la computadora, el programa y el Router CNC, además ayuda en el control de velocidad, posición inicial, etc.



**Figura 2.4** Interfaz del software Mach3. ( Referencia Software Mach3 )

Al iniciar el software, el botón “Reset” se encuentra parpadeando, esto indica que el software no moverá el Router CNC hasta que se presione este botón y se ilumine con color verde. Dentro de la interfaz se encuentra la sección de control del programa en código G. En esta parte podemos encontrar las siguientes funciones:

- **Cycle Start:** Inicia el programa que se encuentra cargado o reinicia uno que haya sido pausado.
- **Stop:** Para el programa por completo motores y herramienta que se esté ocupando.
- **Edit G-Code:** Con esta opción se puede editar un programa sin salir del software Mach 3.
- **Recent File:** Lista de programas cargados recientemente.
- **Close G-Code:** Cierra el programa que se encuentre abierto en ese momento.
- **Load G-Code:** Carga un programa desde cualquier ubicación de la PC.
- **Set Next Line:** Indica al software desde que línea del programa se quiere iniciar.
- **Rewind:** Rebobina el programa al igual que si se cargara desde ceros.
- **Single BLK:** Nos permite ejecutar línea por línea del programa. Al seleccionar esta opción se tiene que presionar “Cycle Start” para pasar a la siguiente línea. Si se desea dejar de utilizar esta función se vuelve a presionar el botón “Single BLK”, se observará como la casilla en color azul cambia color negro.
- **Reverse Run:** Con esta función en lugar de que el programa se ejecute de manera “normal”, realiza la línea de programación anterior de dónde se encuentra.



**Figura 2.5 Control del programa código G. ( Referencia Software Mach3 )**

Equipo de soldadura MIG MM 252 INFRA.

Para el desarrollo del proceso de manufactura aditiva para metales no solo necesitamos una máquina que brinde movimiento, se hará uso de un equipo de soldadura MIG. En este caso se decidió ocupar el equipo de soldadura MIG MM 252 de la marca INFRA, debido a que este equipo cumple con las características que necesitamos para llevar a cabo la implementación del proceso.

Los componentes de la soldadora son:

- Cable calibre #4 AWG de 3 metros con zapata y pinza de tierra.
- Manguera para gas de 6 [mm] de diámetro y 2.5 [m] de longitud.
- Antorcha MIG PF 250 y guía de teflón.

Este equipo se puede ocupar para tres tipos de soldadura: soldadura MIG en diámetros de 0.6 mm hasta 1.2 mm, soldadura tubular con núcleo de fundente en diámetros de 0.9 mm hasta 1.2 mm y soldadura MIG en aluminio en diámetro de 0.9 [mm].



**Figura 2.6 Equipo MIG INFRA. ( Imagen propia )**

Dar seguimiento a la metodología que se presenta en el diagrama. el profesor asignará la pieza a manufacturar.

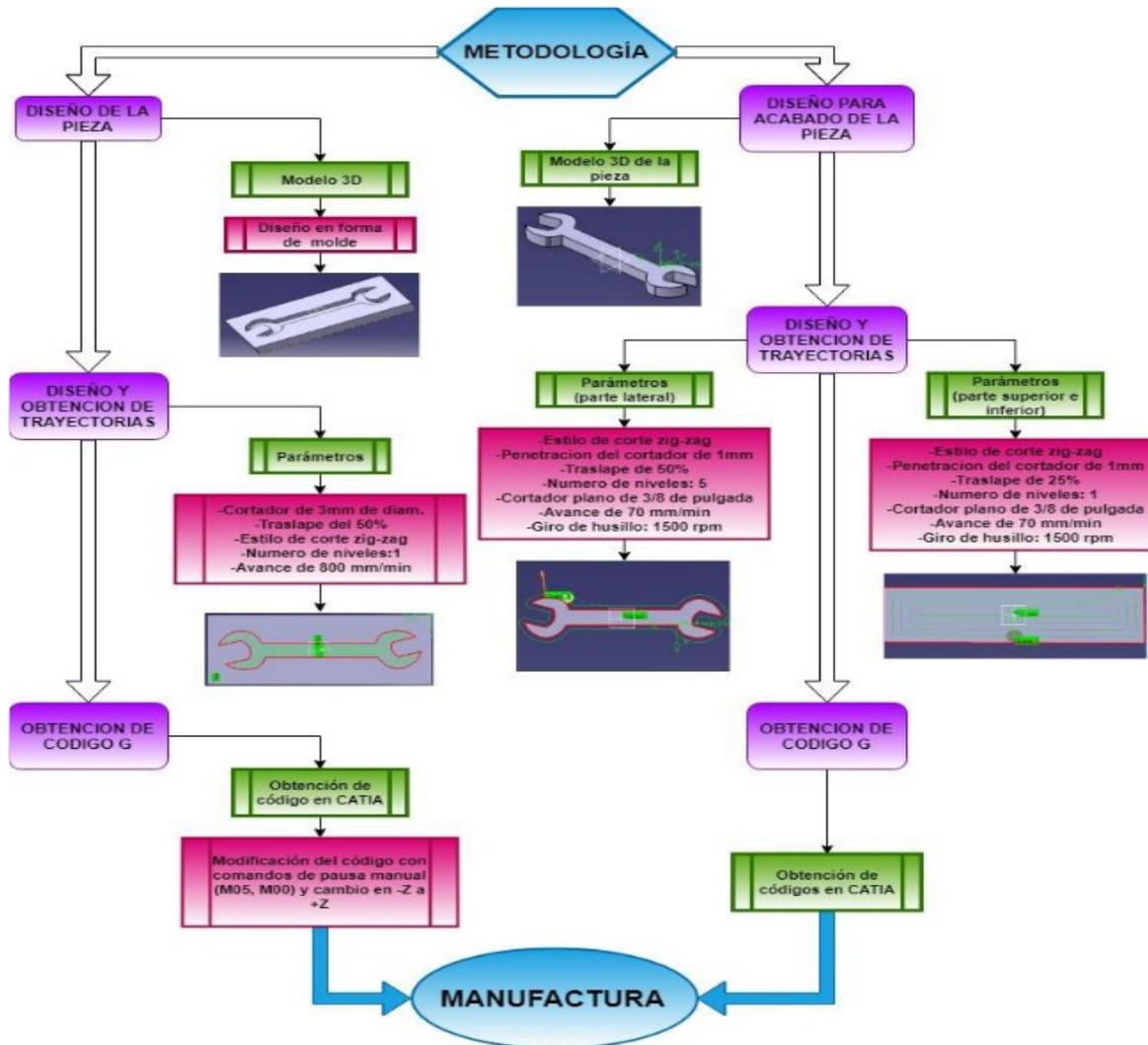


Diagrama del proceso para manufacturar una pieza de metal (Imagen propia )

Teniendo la figura a imprimir, previamente realizada en un software de CAD. Se procede a subirse en el programa en el software Mach 3 para generar la trayectorias por donde se procederá a depositar el material de aporte.

Así mismo, se deberán seguir los siguientes parámetros de preparación del proceso Micro alambre en una atmósfera de gas inerte.

## Parámetros Del Proceso.

Para generar cordones de soldadura se mantiene constantes los parámetros y solo se realiza la variación de uno de ellos.

Los parámetros de importancia en el proceso y que fueron variando uno a la vez, son los siguientes:

Aa = Vel. de alimentación del alambre electrodo.

V = Voltaje.

F = Avance (movimiento de la antorcha porta electrodo).

**H = Altura de la boquilla.**

G = flujo de gas.

En la tabla 3, se muestra los rangos de variación

Aa (m/ min)	H (mm)	V (volts) -A (amp)	F (m/min )	G (ft3/ hr)
12.5	4.0	17.5 – 40.0	400 = 0.55	10.0
15.0	6.0	26.5 – 60.0	600 = 0.82	20.0
17.5	8.0	35.0 – 80.0	800 = 1.10	30.0
20.0	15.0	42.0 – 100.0	1000 = 1.25	40.0
	22.5		20.0	

Una vez realizada la preparación, procedemos a ejecutar el programa con la tecla STAR. Enseguida el Ruter CNC proceda en automático a desplazarse según las trayectorias y al mismo tiempo se iniciará el depósito de material ver la figura 2.7.



**Figura 2.7 Muestra de algunas pruebas preliminares. ( Imagen propia)**

## **RESULTADOS**

---

El alumno imprimirá varios cordones aplicando los parámetros indicados, así mismo analizara dichas piezas e identificara los distintos defectos que presenten. Figura 2.7

## **ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS**

---

Redacta los resultados obtenidos después de analizar los defectos de la impresión tridimensional en metal.

## **CONCLUSIONES Y/O COMENTARIOS**

---

Después de realizar las actividades correspondientes a esta práctica, indique sus conclusiones y/o comentarios correspondientes a la misma.

## BIBLIOGRAFÍA

---

- \* “Manufactura, ingeniería y tecnología”. Serope Kalpakjian y Steven R. Schmid. Cuarta edición. Pearson Educación.
- \* “Rapid Prototyping. Principles and Applications (Third edition)”. C K Chua, K F Leong, C S Lim. Word Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2010.
- \* “Metodología para el desarrollo de dispositivos médicos basados en el empleo de polímeros activos como sensores y actuadores. Tesis doctoral de D. Andrés Díaz Lantada. 2009. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Superior de Ingenieros Industriales. Departamento de Ingeniería Mecánica y Fabricación.
- \* “Técnicas de prototipado rápido”. XVI Congreso internacional de ingeniería gráfica. Fco J. Sánchez Jiménez, A. Fernández de la Puente, J. Llorente Geniz. Escuela Politécnica Universitaria. Universidad de Sevilla.
- \* “Integración tecnológica de prototipado rápido dentro del laboratorio de manufactura integrada por computador”. Alfonso Ignacio Toro Aguirre. Memoria para optar al título de ingeniero civil industrial. Facultad de Ingeniería. Universidad Diego Portales. Santiago de Chile.
- \* “Técnicas de prototipado rápido”. D<sup>a</sup> Claudia Perales Narros. Trabajo fin de máster “Ciencia y tecnología de polímeros”. UNED. Dpto. de Ingeniería de Construcción y Fabricación.