



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de ingeniería  
Escuela de ingeniería mecánica

**MANUAL PARA EL DESARROLLO DEL LABORATORIO DEL  
CURSO DE PROCESOS DE MANUFACTURA DOS, PARA  
ESTUDIANTES DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**Raynner Rolando Pinto Lima**

Asesorado por el Ing. Carlos Enrique Chicol Cabrera

**Guatemala, septiembre de 2008**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**MANUAL PARA EL DESARROLLO DEL LABORATORIO DEL CURSO DE  
PROCESOS DE MANUFACTURA DOS, PARA ESTUDIANTES DE  
INGENIERÍA MECÁNICA**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA**

**POR:**

**RAYNNER ROLANDO PINTO LIMA**

**ASESORADO POR EL ING. CARLOS ENRIQUE CHICOL CABRERA**

**AL COFERIRSELE EL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO**

**GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2008**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

<b>DECANO</b>	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
<b>VOCAL I</b>	Inga. Glenda Patricia García Soria
<b>VOCAL II</b>	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
<b>VOCAL III</b>	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
<b>VOCAL IV</b>	Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
<b>VOCAL V</b>	
<b>SECRETARIA</b>	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

<b>DECANO</b>	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
<b>EXAMINADOR</b>	Ing. Fredy Mauricio Monroy Peralta
<b>EXAMINADOR</b>	Ing. José Francisco Arrivillaga Ramazzini
<b>EXAMINADOR</b>	Ing. Esdras Feliciano Miranda Orozco
<b>SECRETARIA</b>	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **MANUAL PARA EL DESARROLLO DEL LABORATORIO DEL CURSO DE PROCESOS DE MANUFACTURA DOS, PARA ESTUDIANTES DE INGENIERÍA MECÁNICA,**

tema que me fue asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Mecánica, el 16 de agosto de 2007.



Raynner Rolando Pinto Lima

Guatemala, 7 de Agosto de 2008

Ing. Julio Campos Paiz  
Director de Escuela de Ingeniería Mecánica  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Ingeniero Campos:

Adjunto envié a usted el informe final del trabajo de graduación: "**Manual para desarrollo del laboratorio de curso de procesos de manufactura dos, para estudiantes de ingeniería mecánica**", elaborado por el estudiante Raynner Rolando Pinto Lima, con carné 2002-13082, el cual he asesorado y por este medio doy como satisfactorio, por lo que me permito remitírselo para que prosiga con los trámites correspondientes para su aprobación.

Por la atención que la misma le merezca, me suscribo de usted,

Atentamente,



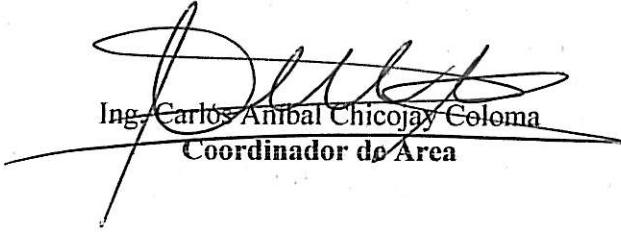
Ing.: Carlos Arribal Chicol Cabrera  
Colegiado No. 6965



FACULTAD DE INGENIERIA

El Coordinador del Área de Laboratorios de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado **MANUAL PARA DESARROLLO DEL LABORATORIO DEL CURSO DE PROCESOS DE MANUFACTURA DOS, PARA ESTUDIANTES DE INGENIERÍA MECÁNICA**, del estudiante Raynner Rolando Pinto Lima, recomienda su aprobación.

**ID Y ENSEÑAD A TODOS**

  
Ing. ~~Carlos Anibal Chicojaj Coloma~~  
**Coordinador de Area**

Guatemala, agosto de 2008.

/behdei



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con la aprobación del Coordinador del Área de Laboratorios, al Trabajo de Graduación titulado MANUAL PARA EL DESARROLLO DEL LABORATORIO DEL CURSO DE PROCESOS DE MANUFACTURA DOS, PARA ESTUDIANTES DE INGENIERÍA MECÁNICA, del estudiante **Raynner Rolando Pinto Lima**, procede a la autorización del mismo.

**ID Y ENSEÑAD A TODOS**

Ing. Julio César Campos Paiz  
**DIRECTOR**




Guatemala, septiembre de 2008

/behdei



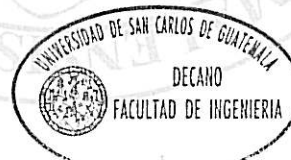
El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al trabajo de graduación titulado: **MANUAL PARA EL DESARROLLO DEL LABORATORIO DEL CURSO DE PROCESOS DE MANUFACTURA DOS, PARA ESTUDIANTES DE INGENIERÍA MECÁNICA** presentado por el estudiante universitario Raynner Rolando Pinto Lima procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
DECANO

Guatemala, Septiembre de 2008



/gdech



## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **Mis padres**

Oscar Rolando y Mirna Susana, por el inmenso apoyo, confianza, amor y sabios consejos que ayudan a ver siempre hacia adelante.

### **Mi esposa**

María del Pilar, mi gran amor, quien le da amor y sentido a mi vida.

### **Mi hijo**

Santiago, quien desde su llegada ilumina mi vida con amor, alegría, orgullo y ser el motivo de mi superación.

### **Mis abuelitos**

Armando y Aurora (D.E.P.), ángeles que me han enseñado con sus sabios consejos, el amor a Dios y ver la vida con sabiduría y honestidad.

### **Mis hermanos**

Nereyda, Eyleen y Kenneth, seres que siempre llevo en mi corazón, porque me han dado lo mejor de ellos.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Dios y la Santa Virgen María**

Por el don de la vida y su presencia amorosa en cada momento de la vida.

**Mis padres**

Por el apoyo en mis estudios y en cada una de mis decisiones.

**Mi esposa**

Por su amor y apoyo incondicional.

**La Universidad de  
San Carlos de Guatemala**

Gloriosa casa de estudios e invaluable enseñanza que reparte.

**Los ingenieros**

Julio Campos y Carlos Chicol, por brindarme su amistad y consejos.

## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b> .....	III
<b>GLOSARIO</b> .....	VII
<b>RESUMEN</b> .....	XIII
<b>OBJETIVOS</b> .....	XV
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	XVII
<b>1. SOLDADURA DE ARCO ELÉCTRICO</b> .....	1
1.1.    Equipo para soldadura eléctrica.....	1
1.2.    Equipo de protección para soldar.....	8
1.3.    Tipos de soldadura especiales.....	18
1.4.    Elementos básicos de la soldadura eléctrica.....	25
1.5.    Metalurgia de la soldadura.....	30
1.6.    Tipos de electrodos.....	32
1.7.    Cálculo de consumo de electrodos.....	36
1.8.    Recomendaciones generales.....	37
1.9.    Tipos de posiciones para soldar.....	39
1.10.   Prácticas para desarrollo del laboratorio.....	41
<b>2. SOLDADURA OXI-ACETILÉNICA</b> .....	47
2.1.    Equipo para soldadura oxi-acetilénica.....	48
2.2.    Tipos de llama para soldar.....	52
2.3.    Retroceso de llama.....	55
2.4.    Eliminación de tensiones.....	57
2.5.    Medidas de seguridad.....	58
2.6.    Prácticas para desarrollo del laboratorio.....	60

<b>3. CORTE OXI-ACETILÉNICO.....</b>	<b>65</b>
3.1. Equipo para oxi-corte.....	69
3.2. Tipos de llama para realizar el corte.....	71
3.3. Oxi-corte con máquina.....	73
3.4. Prácticas para desarrollo del laboratorio.....	83
<b>4. TIPOS DE SOLDADURAS ESPECIALES.....</b>	<b>85</b>
4.1. Soldadura TIG.....	85
4.2. Soldadura MIG.....	98
4.3. Corte con plasma.....	106
<b>5. ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS</b>	
5.1. Líquidos penetrantes.....	111
5.2. Partículas magnéticas.....	120
5.3. Rayos "X" .....	125
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>129</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>131</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>133</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>135</b>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### Figuras

1. Picador y cepillo de alambre.....	4
2. Circuito de una soldadura con arco.....	5
3. Polaridades.....	5
4. Tres tipos de fuentes de potencia con diferentes máquinas de soldar.....	8
5. Equipo de protección para soldar.....	9
6. Pantallas de soldadura-oxicorte.....	11
7. Guantes de protección para soldadura.....	13
8. Delantales de soldador.....	14
9. Chaquetas de soldador.....	15
10. Pantalones de soldador.....	16
11. Capuchas de soldador.....	16
12. Polainas.....	17
13. Manguitos de soldador.....	18
14. Diagrama de una máquina soldadora por puntos.....	21
15. Soldadura por resaltes.....	22
16. Soldadura por costura.....	22
17. Soldadura a tope.....	23
18. Ilustración de un proceso que emplea calor generado por fricción, para producir una soldadura.....	24
19. Proceso de unión explosiva mostrando la reacción a alta velocidad que emana del punto de colisión debido a la presión ascendente.....	25
20. Elementos básicos para la soldadura eléctrica.....	25
21. Estructura espacial cristalina de algunos materiales que se sueldan con frecuencia.....	31
22. Representación esquemática de un método de difracción de rayos X...31	
23. Soldadura en tuberías.....	40
24. Ilustración proceso de depósito de cordones.....	42
25. Soldadura a tope.....	44
26. Unión de piezas en ángulo interior.....	45

27. Pasos para soldadura en ángulo interior.....	46
28. Cordones escalonados.....	46
29. Botellas o cilindros.....	48
30. Soplete.....	50
31. Equipo para la aplicación con soplete de gas.....	52
32. Tipos de llama para soldar.....	54
33. Zonas de la llama oxiacetilénica.....	54
34. Retroceso de la llama oxiacetilénica.....	56
35. Retroceso de la llama con combustión interna.....	57
36. Proceso de ejecución de unión a tope.....	63
37. Pasos para perforación manual.....	67
38. Pasos para perforación automática.....	68
39. Defectos propios de la arista superior del perfil cortado (Messer).....	75
40. Defectos en la superficie de corte.....	77
41. Defectos en la superficie del corte: Marcado (Messer).....	79
42. Defectos en la superficie de corte: Cortes Incompletos (Messer).....	80
43. Defectos por adhesión de escoria (Messer).....	81
44. Defectos de agrietamiento (Messer).....	81
45. Esquema de la soldadura TIG.....	85
46. Soldando con arco de tungsteno.....	86
47. Accesorios para soldadura TIG.....	87
48. Soplete para GTAW.....	93
49. Collar.....	94
50. Boquillas (toberas).....	94
51. Cilindros con gas argón.....	97
52. Equipo de soldeo.....	101
53. Corte con plasma.....	106
54. Croquis de la pieza, ensayo por líquido penetrante.....	112
55. Proceso de práctica.....	119
56. Puntas de contacto.....	124

## TABLAS

I. Tono de cristal adecuado para cada caudal de acetileno.....	135
II. Diámetro del orificio.....	135
III. Relaciones entre tono de cristal e intensidad de corriente.....	136
IV. Pictogramas.....	13
V. Clasificación de electrodos.....	34
VI. Intensidad de corriente aproximada para diferentes diámetros de Electrodos.....	35
VII. Velocidad en función del tipo de corte.....	66
VIII. Boquillas de corte.....	137
IX. Corte en aceros inoxidables con el sistema de alta velocidad.....	137
X. Rayos X.....	138





## GLOSARIO

<b>Alternador</b>	Máquina destinada a transformar la energía mecánica en energía eléctrica, generando, mediante fenómenos de inducción electromecánica, una corriente alterna. Los alternadores están fundados en el principio que en un conductor eléctrico sometido a un campo magnético variable se crea un voltaje, inducida cuya polaridad depende del sentido del campo y su valor del flujo que lo atraviesa.
<b>Arco eléctrico</b>	En electricidad se denomina arco eléctrico o también arco voltaico a la descarga eléctrica que se forma entre dos electrodos sometidos a una diferencia de potencial y colocados en el seno de una atmósfera gaseosa enrarecida, normalmente a baja presión, o al aire libre. Fué descubierto y demostrado por primera vez por el químico británico <i>Humphry Davy</i> en 1800.
<b>AWS (<i>American Welding Society</i>)</b>	Organismo de referencia mundial en el ámbito de la soldadura.

**Campo magnético**

Es una propiedad de espacio, por la cual una carga eléctrica puntual de valor  $q$  que se desplaza a una velocidad alta, sufre los efectos de una fuerza que es perpendicular y proporcional, tanto a la velocidad como al campo, llamada inducción magnética (o según algunos autores, *Densidad de flujo magnético*). Así, dicha carga percibirá una fuerza descrita con la siguiente igualdad.

**Conmutador**

Es un dispositivo que permite modificar el camino que deben seguir los electrones. Hay tres tipos: Manual, Varias Placas y Electrónico.

**Cordón de soldadura**

Es el elemento que une las piezas en la junta de soldadura. Está formado por el material fundido de las piezas más el material de aportación, cuando lo hay. Al cordón de soldadura también se le llama costura.

**Corriente alterna**

(abreviada CA en español y AC en inglés, de Altern Current) a la corriente eléctrica en la que la magnitud y dirección varían cíclicamente. La forma de onda de la corriente alterna más comúnmente utilizada es la de una onda sinusoidal, puesto que se consigue una transmisión más eficiente de la energía.

Sin embargo, en ciertas aplicaciones se utilizan otras formas de onda de corriente periódica, tales como la triangular o la cuadrada.

### **Corriente continua**

(CC en idioma español, en inglés DC, de *Direct Current*) es el flujo continuo de electrones, a través de un conductor eléctrico entre dos puntos de distinto potencial eléctrico. A diferencia de la corriente alterna (CA en idioma español, AC en inglés), en la corriente continua las cargas eléctricas circulan siempre en la misma dirección (es decir, los terminales de mayor y de menor potencial son siempre los mismos).

### **Flujo de electrones**

Es el flujo de portadores de carga eléctrica, normalmente a través de un cable metálico o cualquier otro conductor eléctrico, debido a la diferencia de potencial creada por un generador de corriente.

### **Generador eléctrico**

Es todo dispositivo capaz de mantener una diferencia de potencial eléctrico entre dos de sus puntos, llamados polos, Terminal o borne. Los generadores eléctricos son máquinas destinadas a transformar la energía mecánica en energía eléctrica.

Esta transformación se consigue por la acción de un campo magnético sobre los conductores eléctricos dispuestos sobre una armadura (denominada también estator).

**GMAW (*Gas Metal Arc Welding*)**

Es un proceso semiautomático, automático o robotizado de soldadura que utiliza un electrodo consumible y continuo que es alimentado a la pistola junto con el gas inerte en soldadura MIG o gas activo en soldadura MAG que crea la atmósfera protectora.

**Manómetro**

Es un instrumento de medición que sirve para medir la presión de fluidos contenidos en recipientes cerrados. Existen, básicamente, dos tipos: los de líquidos y los metálicos.

**Metales ferrosos**

Son aquellos que están basados en el hierro entre los de mayor importancia son el hierro y el carbono. Estas aleaciones se dividen en dos grupos: los aceros y las fundiciones de hierro.

**Metales no ferrosos**

Son más resistentes a la corrosión o a la humedad, pueden utilizarse en exteriores sin pinturas o recubrimientos.

Sin embargo se debe tener especial cuidado con el manejo de los metales no ferrosos, ya que cada uno responde de manera particular a los efectos de la naturaleza; por ejemplo, el magnesio resiste muy bien la atmósfera ordinaria, pero se corroe rápidamente con el agua de mar.

### **Negatoscopio**

Consiste en un acomodo de tubos fluorescentes alimentados por un voltaje de alta frecuencia y una pantalla difusora de luz, que normalmente es de acrílico.

En conjunto proporcionan una iluminación estándar para la correcta observación de los estudios de imaginología y rayos X impresos en placas radiográficas.

### **Norma DIN**

*Deutsches Institut für Normung* ("Instituto Alemán de Normalización" en alemán), más conocido como DIN. Este estándar ha sido desarrollado por el ingeniero berlinés Dr. *Walter Forstmann*.

### **Polaridad**

Cualidad que permite distinguir cada uno de los terminales de una batería, u otras máquinas eléctricas de corriente continua. Cada uno de estos terminales llamados polos puede ser positivo o negativo.

<b>Radiación</b>	Consiste en la propagación de energía en forma de ondas electromagnéticas o partículas subatómicas, a través del vacío o de un medio material.
<b>Radiación UV</b>	Es la radiación electromagnética cuya longitud de onda está comprendida aproximadamente entre los 400 nm ( $4 \times 10^{-7}$ m) y los 15 nm ( $1,5 \times 10^{-8}$ m). Su nombre proviene que su rango empieza desde longitudes de onda más cortas que los humanos identificamos como el color violeta.
<b>Remanente</b>	Residuo o reserva de algún material.
<b>Socavación</b>	Se presenta en la superficie del material soldado y es debido a que por falla del soldador, exceso de corriente parte del material base se come.
<b>Solenoides</b>	Definido como una bobina de forma cilíndrica que cuenta con un hilo de material conductor enrollada sobre sí, para que con el paso de la corriente eléctrica, se genere un intenso campo eléctrico. Cuando este campo magnético aparece comienza a operar como un imán.
<b>Torones</b>	Es un arreglo helicoidal de alambres en torno de un alambre para obtener una sección simétrica.

## RESUMEN

La soldadura por arco eléctrico, es formada por una inducción de diferencia de potencial, en la cual se cierra un circuito y se calienta el material. En este tipo de soldadura se puede llegar a realizar por una diversidad de máquinas, entre su principal clasificación están los generadores y transformadores, como también pueden ser máquinas de corriente directa y corriente continua.

En la soldadura oxiacetilénica se utilizan una mezcla de gases, oxígeno y acetileno, que se utilizan para formar la llama, como fuente de calor, es conveniente resaltar que dicha llama puede llegar alcanzar temperaturas por encima de los 3100°C, estas llamas están clasificadas en tres tipos: Oxidantes, en la que existe un exceso de oxígeno; Neutra, se obtiene de una mezcla proporcional de ambos gases y por último, la llama Carburante, que tiene un exceso de gas acetileno. Dicha llama está compuesta por dos zonas principales que son: cono o dardo y el penacho.

Al momento de cortar materiales, se puede utilizar también gases. A este proceso de corte lleva el nombre de oxicorte, el cual se utiliza para cortar chapas de hierro delgado, boquillas escalonadas y chapas gruesas, se emplea boquillas ranuradas o de bloque. El proceso de corte está fundamentado en la oxidación del material, por medio de accionar un chorro de oxígeno puro.

En el proceso de soldadura, podemos encontrar también soldaduras especiales.

La soldadura TIG que significa por sus siglas en inglés Tungsteno Inerte Gas, la cual utiliza un electrodo de tungsteno permanente y los gases utilizados son Argón y Helio. La ventaja más notable es la obtención de cordones más resistentes y dúctiles.

Otra de las soldaduras es la MAG y MIG, que significa Metal Inerte Gas y Metal Activo Gas, utiliza como material de aporte un hilo de electrodo continuo y fusible. Dichos procesos puede llegar a ser automáticos o semiautomáticos.



## OBJETIVOS

- **GENERAL**

Desarrollar el laboratorio del curso, Procesos de Manufactura dos, de una manera adecuada, en orden y con una metodología más eficiente.

- **ESPECÍFICOS**

1. Elaborar reportes por cada práctica terminada por los estudiantes, a través de un buen control sobre el desarrollo y aprendizaje en el laboratorio.
2. Desarrollar un buen desenvolvimiento del estudiante en todas las prácticas desarrolladas en el laboratorio, para optimizar el tiempo y material utilizado.
3. Dar a conocer al estudiante de una forma más práctica y fácil de entender como se va desarrollando el laboratorio.



## INTRODUCCIÓN

El desarrollo del programa para el laboratorio del curso de Procesos de Manufactura II, es de gran amplitud en el campo de los diversos tipos de soldadura que podemos encontrar en la industria, el enfoque específico de este estudio es para incrementar la eficiencia de aprendizaje del estudiante, en la aplicación de las diferentes rutinas de trabajo a elaborar en dicho laboratorio, con esto se permite optimizar el tiempo en cada práctica, un método mas ordenado, práctico y eficiente, previniendo accidentes y un buen uso de los instrumentos de trabajo.

La evaluación del estudio se enfoca en el diseño de rutinas a practicar por medio del estudiante, teniendo una base teórica y práctica en el laboratorio, la cual está conformada por un departamento de soldadura eléctrica, que consta de 10 cabinas de trabajo y un departamento para soldadura oxi-acetilénica que está conformada por cinco bancos de trabajo y una máquina de soldadura especial MIG.

Se dan a conocer las principales herramientas para llevar a cabo una programación del desarrollo del laboratorio, exponiendo la forma de realizar la planificación, organización y dirección que un estudiante debe de seguir. Para la creación de un reporte por cada práctica desarrollada, el instructor debe de dar la muestra en general, al principio de cada práctica del laboratorio y el estudiante debe de desarrollarla en su puesto de trabajo, por medio de la guía del laboratorio.



## 1. SOLDADURA DE ARCO ELÉCTRICO

La idea de la soldadura por arco eléctrico fue propuesta a principios del siglo XIX, por el científico inglés *Humphrey Davy*, pero en 1885 dos investigadores rusos consiguieron soldar con electrodos de carbono.

Cuatro años más tarde fue patentado un proceso de soldadura con varilla metálica. Sin embargo, este procedimiento no tomó importancia en el ámbito industrial hasta que el sueco Oskar Kjelberg descubrió en 1904 el electrodo recubierto. Su uso masivo comenzó alrededor de los años 50.

- **Fundamentos**

Para realizar una soldadura por arco eléctrico se induce una diferencia de potencial entre el electrodo y la pieza a soldar, con lo cual se ioniza el aire entre ellos y pasa a ser conductor, de modo que se cierra el circuito y se crea el arco eléctrico. El calor del arco funde parcialmente el material base y el material de aporte, el cual se deposita y crea el cordón de soldadura. La soldadura por arco eléctrico es utilizada comúnmente debido a la facilidad de transportación del equipo utilizado y la economía de dicho proceso.

### 1.1. Equipo para soldadura eléctrica

La electricidad sólo la conocemos por sus efectos. Es una fuerza invisible de atracción que produce una carga eléctrica. Si se provee una trayectoria entre objetos cargados que se atraen entre sí, se tendrá corriente eléctrica.

Esta corriente en realidad es un flujo de electrones desde el objeto que tiene más de éstos hacia el que tiene menos, o sea, desde la terminal o extremo negativo de un conductor hacia la terminal positiva del mismo. Cuando los electrones de una corriente se mueven siempre en la misma dirección producen corriente continua (llamada a veces corriente directa). Cuando los electrones invierten su dirección a intervalos periódicos producen corriente alterna.

- **Calor**

Se ha descrito que la corriente eléctrica es un flujo de electrones y que el número de electrones que fluyen durante un minuto o un segundo se llama amperaje y la presión que mueve a los electrones se llama voltaje. Un generador o un alternador son el medio para poner en movimiento los electrones.

Una corriente eléctrica no sólo produce un campo magnético sino también calor; éste se produce por la resistencia que hay al paso de la corriente y es la combinación que se utiliza en la soldadura. En ella, este calor se produce cuando el soldador forma el arco, ya sea al tocar el metal con el electrodo o al superponer una corriente de arranque en él. Cuando se establece la separación entre el electrodo y la pieza de trabajo, se produce resistencia y se genera calor. La rapidez de la generación de calor depende de la resistencia y de la cantidad de corriente que pase por el electrodo.

- **Amperaje (A)**

Cantidad de electricidad que fluye. También significa la potencia o el calor de una máquina de soldar con arco.

Cuando se suelda con un electrodo de diámetro pequeño se requiere menos amperaje que con uno de diámetro grande. El amperímetro y el control de corriente suelen estar en el frente de la máquina de soldar. Capacidad (salida) de la máquina. Significa el amperaje máximo al cual podrá trabajar la máquina. Puede variar entre 100 y 1,200 amperios, según el tamaño de la máquina.

- **Cables para soldar**

Los cables utilizados para soldar son un conductor cubierto con un aislador. Deben conducir la corriente eléctrica desde y hasta el punto en que se suelda sin sobrecalentarse; deben ser lo más delgados y flexibles que sea posible. El conductor de los cables está hecho con muchos hilos de alambre delgado y trenzados entre sí, que pueden ser de aluminio o de cobre. El conductor de aluminio tiene mucha menor masa que el cobre, pero no puede conducir la misma cantidad de corriente que el cobre.

Cuanto mayor sea el número de torones en el cable, más flexible será. Los torones están envueltos en un papel tipo estraza muy grueso y, a su vez, colocados en un forro de neopreno o de caucho (hule). Por tanto, la distancia desde la máquina de soldar hasta la zona de trabajo debe ser lo más corta que se pueda. Los cables no deben estar enrollados sino que siempre se deben estirar para evitar la posibilidad de generar un campo magnético que tendría un efecto negativo en el comportamiento de la máquina. El calibre de los cables para soldar también es importante, si es demasiado pequeño para su amperaje se sobrecalentará.

- **Porta Electrodo**

Los porta electrodo se utilizan para sujetar el electrodo y para servir como mango aislado, estos son de diversas formas y tamaños.

El tamaño depende del amperaje máximo que se va a usar. El punto importante es que el porta electrodo debe ser ligero de peso y capaz de conducir suficiente corriente sin provocar sobrecalentamiento.

- **Grapas para tierra**

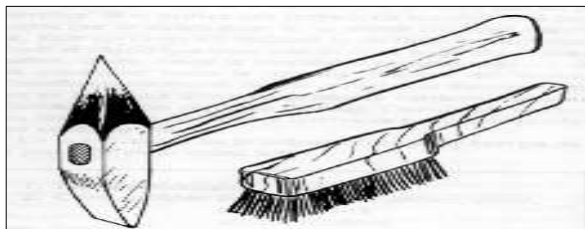
La grapa para tierra se sujeta en la pieza de metal que se va a soldar, con la cual se completa el circuito de soldadura cuando el electrodo toca el metal. Las grapas de tierra que tienen resorte son las más convenientes porque constituye el método más fácil y seguro de sujetarlas en el metal que se va a soldar.

Se debe tomar en cuenta que si el metal que se va a soldar no está conectado a tierra, no se completa el circuito y hay un serio peligro de una descarga eléctrica.

- **Picador y cepillo de alambre**

Se utilizan para limpieza del cordón de soldadura, cuando este se haya terminado, se espera que este enfríe y se empieza con el picador a descascarar la escoria del cordón y después se cepilla para eliminar los residuos más pequeños.

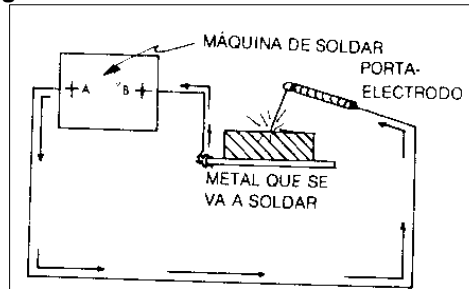
**Figura 1. Picador y cepillo de alambre**





- **Circuito de una soldadura**

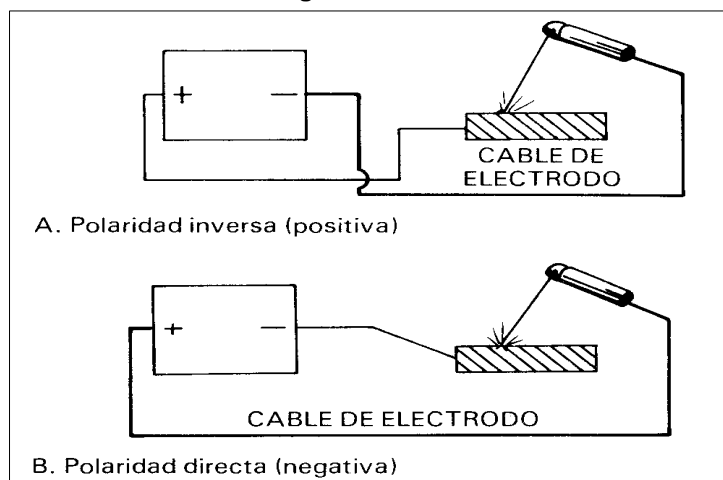
**Figura 2. Circuito de una soldadura con arco**



En la figura 2 se ilustra el circuito para soldadura con arco, el cual empieza en A donde el cable para el electrodo se conecta con una terminal de la máquina de soldar y termina en B en donde se conecta el cable de tierra (masa) a la otra terminal de la máquina. La corriente para soldar fluye por el cable del electrodo hasta el porta electrodo; desde éste fluye el electrodo y salta el espacio o entrehierro entre la punta del electrodo y el metal base para formar el arco. Desde el metal base retorna por el cable de tierra a la máquina de soldar como lo indican las flechas.

- **Polaridad**

**Figura 3. Polaridades**



Una corriente eléctrica produce una fuerza magnética alrededor de su conductor. Debido a que las líneas de fuerza magnética finalizan en las terminales negativa y positiva de la corriente eléctrica, se les llama polo negativo y polo positivo. De ahí se deriva la palabra polaridad, con la cual sabemos la dirección en que circula la corriente. La polaridad sólo se puede determinar en las máquinas de CC. No se obtiene en las máquinas de CA, porque hay inversión de la corriente.

Cuando el cable para el electrodo se conecta en la terminal positiva de la máquina de soldar, ésta se encuentra en polaridad positiva. Cuando el cable para el electrodo se conecta en la terminal negativa de la máquina de soldar, ésta se encuentra en polaridad negativa.

- **Denominación de nombre y signo**

Positiva Inversa + (positivo)

Negativa Directa - (negativo)

No es necesario cambiar los cables para cambiar la polaridad. En la mayor parte de las máquinas sólo hay que mover una palanca o un cuadrante en el frente de la máquina de soldar.

En algunos procesos de soldadura, la polaridad que se debe utilizar se determina con el metal que se va a soldar. Sin embargo, en el proceso de SMAW, la polaridad se determina por el recubrimiento del electrodo. Por ejemplo, cuando se utiliza un electrodo E41010 (E6010) trabaja mejor con CCPI (corriente continua con polaridad inversa), en cuyo caso el electrodo es positivo y el metal base es negativo. La CC puede tener polaridad directa o inversa, según se seleccione.

## • Máquinas de soldar con arco eléctrico

Para lograr buenas soldaduras con electricidad, se necesita una máquina que controle la intensidad de la electricidad, aumente o disminuya la potencia, según se requiera y que sea segura para manejarla. Hay tres tipos principales de máquina utilizadas en la soldadura con arco:

- a. Máquina de CA (corriente alterna).
- b. Máquina de CC (corriente continua).
- c. Máquina de CA y CC (una combinación de las dos).

### a. Máquina de corriente alterna

Las máquinas de corriente alterna (CA) se llaman transformadores. Transforman la corriente de la línea de alimentación (que es de alto voltaje y de bajo amperaje) en una corriente útil, pero segura para soldar (que es de bajo voltaje y alto amperaje). Esto se efectúa dentro de la máquina con un sistema de un devanado primario, uno secundario y un reactor móvil.

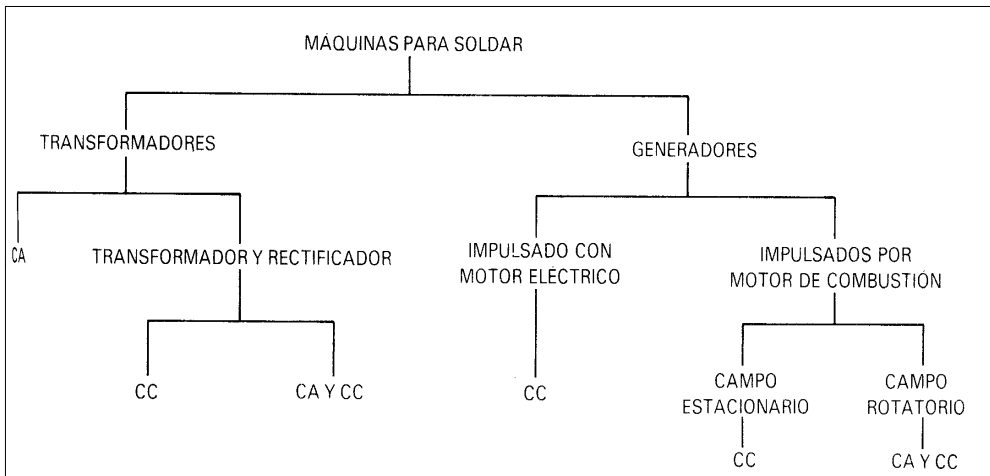
### b. Máquinas de corriente continua

Las máquinas de CC se clasifican en dos tipos básicos: generador y rectificador. En un generador de CC, la corriente se produce por la rotación de una armadura (inducido) dentro de un campo eléctrico, esta corriente alterna generada la captan una serie de escobillas de carbón y un conmutador o colector y la convierten en corriente continua. Los rectificadores básicos son transformadores de CA a los que se ha agregado un rectificador. La corriente alterna que suministra el transformador se envía al rectificador que la convierte o rectifica a corriente continua.

### c. Máquinas de CC y CA

Las máquinas de CA y CC suministran corriente alterna o continua.

**Figura 4. Tres tipos de fuentes de potencia con diferentes máquinas de soldar**



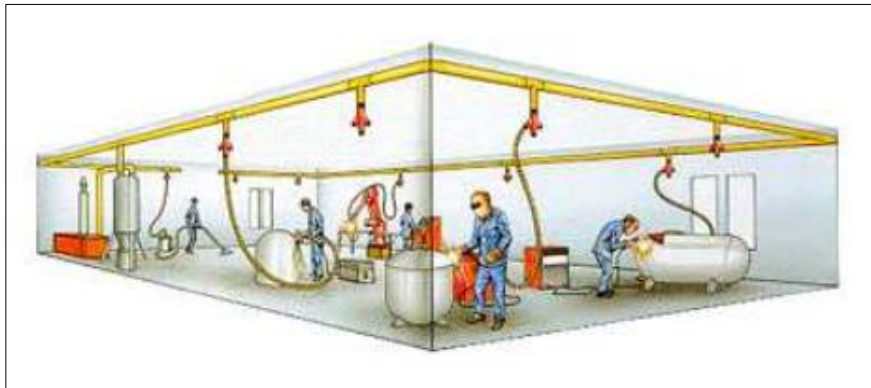
### 1.2. Equipo de protección para soldar

La radiación de un arco eléctrico es enormemente perjudicial para la retina y puede producir catarata, pérdida parcial de visión o incluso ceguera. Los ojos y la cara del soldador deben estar protegidos con una careta de soldar homologado equipado con un visor filtrante de grado apropiado.

La ropa apropiada para trabajar con soldadura por arco debe ser holgada y cómoda, resistente a la temperatura y al fuego, debe estar en buenas condiciones, sin agujeros ni remiendos, limpia de grasas y aceites. Las camisas deben tener mangas largas, y los pantalones deben ser de bota larga, acompañados con zapatos o botas aislantes que cubran.

Deben evitarse por encima de todo las descargas eléctricas, que pueden ser mortales. Para ello, el equipo deberá estar convenientemente aislado (cables, tenazas, porta electrodos deben ir recubiertos de aislante), así como seco y libre de grasas y aceite. Los cables de soldadura deben permanecer alejados de los cables eléctricos, y el soldador separado del suelo; bien mediante un tapete de caucho, madera seca o mediante cualquier otro aislante eléctrico. Los electrodos nunca deben ser cambiados con las manos descubiertas o mojadas o con guantes mojados.

**Figura 5. Equipo de protección para soldar**



- **Filtros de las pantallas de soldadura**

Los filtros de las pantallas de soldadura son elementos que sirven para proteger la vista de las radiaciones nocivas que producen los procesos de soldadura. Éstos deben proteger de los rayos UV producidos por el arco eléctrico y de las radiaciones visibles producidas por la fusión de metales en la soldadura a la llama y en el oxicorte. Deben estar certificados por la norma EN 169, y así debe constar mediante un grabado en el propio filtro junto con el marcado CE.

La calidad óptica y la coloración verdosa permiten una visión sin distorsiones e impiden el cansancio de la vista en todos los procesos de soldadura y corte.

Los cubre filtros colocados en la parte anterior del filtro están destinados a prolongar la vida útil del filtro. Pueden ser incoloros o con tratamiento específico anticalórico, pero en cualquier caso deben estar certificados bajo la Norma EN 166. Esta debe encontrarse grabada en el propio cubre filtro junto con el marcado CE.

Para obtener una adecuada protección se debe utilizar la tonalidad de cristal adecuada a cada proceso de soldadura y corte, según detallamos en la tabla siguiente.

- **Elección del cristal adecuado**

La elección del tono del cristal dependerá en este caso de la cantidad de acetileno que se utilice durante el proceso de soldadura. En la tabla siguiente se indica el tono de cristal adecuado para cada caudal de acetileno. (Anexo tabla I)

- **Oxicorte manual con seguimiento de un trazado**

En las operaciones de oxicorte el tono del cristal a elegir dependerá del diámetro del orificio o boquilla del soplete de corte. (Anexo tabla II)

- **Procesos de soldadura mediante arco eléctrico**

En la soldadura eléctrica, el tono del cristal dependerá de la intensidad de la corriente con la que se esté trabajando, y del tipo de soldadura y electrodo que se vaya a utilizar. La tabla siguiente sirve para orientar en la elección del cristal. (Anexo tabla III)

- **Pantallas de soldadura-oxicorte para protección facial**

Las pantallas de soldadura son el soporte físico en el que han de ir encajados los filtros y cubre filtros de soldadura, además de ofrecer una protección adicional a la cara y los ojos.

Existen diversos modelos a elegir, desde las pantallas de soldadura de mano pasando por las pantallas de soldadura de cabeza hasta las pantallas de soldadura con careta incorporada.

Las pantallas de soldadura deben estar certificadas bajo la norma EN 175, y ésta, junto con el marcado CE, debe encontrarse grabada en la propia pantalla.

**Figura 6. Pantallas de soldadura-oxicorte**



- **Guante de protección para soldadura**

Un guante de protección para soldadura es aquel que protege a la persona que está realizando la soldadura de padecer cualquier tipo de contacto térmico o agresión de tipo mecánica derivada de este tipo de actividad. Cuando hablamos de soldadura nos referimos tanto a soldadura al arco eléctrico como a soldadura oxiacetilénica.

- **Normas que deben cumplir los guantes de protección para soldadura.**

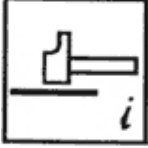

Aparte del obligatorio marcado CE conforme a lo dispuesto en el RD 1407/1992 y modificaciones posteriores, el guante debe ir marcado con los siguientes elementos, según lo exigido en la norma UNE- EN 420:

- a. Nombre, marca registrada u otro medio de identificación del fabricante o representante autorizado.
- b. Denominación del guante (nombre comercial o código, que permita al usuario identificar el producto con la gama del fabricante o su representante autorizado).
- c. Talla.
- d. Fecha de caducidad, si las prestaciones protectoras pueden verse afectadas significativamente por el envejecimiento.

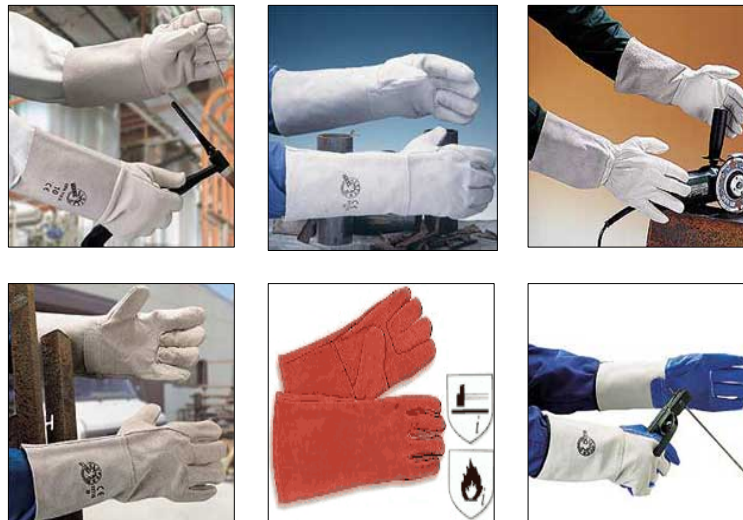
Además, se marcará con los correspondientes pictogramas, según las normas UNE EN 388 y UNE EN 407:



**Tabla IV. Pictogramas**

 A B C D	Mecánica según norma EN 388	 A B C D E F	Térmica según norma EN 407
<p><b>A:</b> resistencia a la ABRASIÓN 4650 ciclos. NIVEL 3.</p> <p><b>B:</b> resistencia al CORTE factor 4.0. NIVEL 2.</p> <p><b>C:</b> resistencia al DESGARRO 88 N. NIVEL 4.</p> <p><b>D:</b> resistencia a la PENETRACIÓN 186 N. NIVEL 4</p>	<p><b>A:</b> INFLAMABILIDAD: NIVEL 4.</p> <p><b>B:</b> calor por CONTACTO: 64 seg. (100°C). NIVEL 1.</p> <p><b>C:</b> calor CONVECTIVO: HT1 11 seg. NIVEL 3.</p> <p><b>D:</b> calor RADIANTE: 20 seg. NIVEL 1.</p> <p><b>E:</b> salpicaduras de METAL FUNDIDO: &gt; 35 gotas. NIVEL 4.</p> <p><b>F:</b> grandes proyecciones de metal fundido: no adecuado frente a este riesgo.</p>		

**Figura 7. Guantes de protección para soldadura**



- **Delantales de soldador**

Se pueden encontrar dos tipos diferentes de delantales de soldador:

- a. Delantales de piel serraje de vacuno, con o sin tratamiento anticalórico, con costuras de hilo *Kevlar*.
- b. Delantales de algodón *Kevlar*, cosidos también con hilo *Kevlar*.

**Figura 8. Delantales de soldador**



Delantal de serraje costuras de Kevlar de una sola pieza



Delantal de algodón Kevlar costuras de Kevlar



Delantal de cerraje corto costuras de Kevlar. De una sola Pieza



Delantal de serraje con tratamiento anticalórico. De una sola pieza

- **Chaquetas de soldador**

Se pueden encontrar en dos variantes:

- a. Chaqueta de serraje de vacuno con tratamiento anticalórico.
- b. Chaqueta en piel flor de vacuno curtido con la espalda de tela de algodón Proban.

Las características que deben reunir independientemente del material en que estén realizadas son:

- a. Mangas montadas.
- b. Cierres mediante presiones bajo solapa de protección de velcro.

- c. Los cierres de metal a presión, deben estar colocados en la chaqueta bajo paramento, para evitar la penetración de las proyecciones y el riesgo de choque eléctrico.
- d. Es preferible que cuenten con puños ajustables y costuras de *Kevlar*.

**Figura 9. Chaquetas de soldador**



Chaqueta de serraje  
Con tratamiento anticalórico



Chaqueta en piel flor  
curtida y algodón Proban

- **Pantalones de soldador**

Se pueden encontrar en dos variantes:

- a. Pantalones de serraje de vacuno.
- b. Pantalones en piel flor de vacuno curtido.

Las características que deben reunir independientemente del material en que estén realizadas son:

- a. Bolsillos laterales de paso.
- b. Bragueta con cierre mediante presión bajo solapa de protección.
- c. Costuras de Hilo *Kevlar*.

**Figura 10. Pantalones de soldador**



Pantalones de serraje



Pantalones de piel flor

- **Capuchas de soldador**

Se pueden encontrar en dos variantes:

- a. Capuchas de algodón Proban.
- b. Capuchas en piel flor de vacuno curtido.

En ambos casos deben contar con cordón de ajuste al nivel de la cara, reborde de recubrimiento de los hombros y costuras de hilo *Kevlar*.

**Figura 11. Capuchas de soldador**



Capucha de algodón Proban



Capucha de piel flor

- **Polainas**

Se pueden encontrar en dos variantes:

- a. Polainas en piel serraje de vacuno.
- b. Polainas en piel serraje de vacuno con tratamiento anticalórico.

En ambos casos deben contar con costuras de hilo *Kevlar*. El sistema de ajuste puede ser mediante hebilla debajo del pie o mediante elástico de ajuste en la abertura.

**Figura 12. Polainas**



Polainas con elástico de ajuste en abertura



Polainas de ajuste con hebilla debajo del pie

- **Manguitos de soldador**

Se pueden encontrar en tres variantes:

- a. Manguitos en piel serraje de vacuno con cierre elástico en los extremos.
- b. Manguitos de algodón Proban con puños elásticos y ajuste de velcro en las mangas.
- c. Manguitos en piel serraje de vacuno con tratamiento anticalórico con cierre elástico en los extremos.

En todos los casos deben contar con costuras de hilo *Kevlar*.

**Figura 13. Manguitos de soldador**



### **1.3. Tipos de soldadura especiales**

- **Soldadura blanda**

Es la unión de dos piezas de metal por medio de otro metal llamado de aporte, éste se aplica entre ellas en estado líquido. La temperatura de fusión de estos metales no es superior a los 430°C. En este proceso se produce una aleación entre los metales y con ello se logra una adherencia que genera la unión. En los metales de aporte por lo regular se utilizan aleaciones de plomo y estaño los que funden entre los 180 y 370°C.

Este tipo de soldadura es utilizado para la unión de piezas que no estarán sometidas a grandes cargas o fuerzas, una de sus principales aplicaciones es la unión de elementos a circuitos eléctricos, Por lo regular el metal de aporte se funde por medio de un caudín y fluye por capilaridad.

- **Soldadura fuerte**

En esta soldadura se aplica también metal de aporte en estado líquido, pero este metal, por lo regular no ferroso, tiene su punto de fusión superior a los 430°C. Y menor que la temperatura de fusión del metal base.

Regularmente, se requiere de fundentes especiales para remover los óxidos de las superficies a unir y aumentar la fluidez al metal de aporte. Algunos de los metales de aporte son aleaciones de cobre, aluminio o plata. A continuación se presentan algunos de los más utilizados para las soldaduras denominadas como fuertes:

- a. Cobre, su punto de fusión es de 1083°C.
- b. Bronces y latones con punto de fusión entre los 870 y 1100°C.
- c. Aleaciones de plata con temperaturas de fusión entre 630 y 845°C.
- d. Aleaciones de aluminio con temperatura de fusión entre 570 y 640°C.

La soldadura dura puede clasificarse por la forma de aplicar el metal de aporte. A continuación se describen algunos de estos métodos:

**Inmersión:** El metal de aporte previamente fundido se introduce entre las dos piezas que se van a unir, cuando este se solidifica las piezas quedan unidas.

**Horno:** El metal de aporte en estado sólido, se pone entre las piezas a unir, estas son calentadas en un horno de gas o eléctrico, para que con la temperatura se derrita al metal de aporte y se genere la unión al enfriarse.

**Soplete:** El calor se aplica con un soplete de manera local en las partes del metal a unir, el metal de aporte en forma de alambre se derrite en la junta. Los sopletes pueden funcionar con los siguientes comburentes: aire inyectado a presión (soplete de plomero), aire de la atmósfera (mechero Bunsen), oxígeno o aire almacenado a presión en un tanque. Los combustibles pueden ser: alcohol, gasolina blanca, metano, propano-butano, hidrógeno o acetileno.

**Electricidad:** La temperatura de las partes a unir y del metal de aporte se puede lograr por medio de resistencia a la corriente, por inducción o por arco, en los tres métodos el calentamiento se da por el paso de la corriente entre las piezas metálicas a unir.

- **Soldadura por forja**

Es el proceso de soldadura más antiguo. Consiste en el calentamiento de las piezas a unir en una fragua hasta su estado plástico y posteriormente por medio de presión o golpeteo se logra la unión de las piezas. En este procedimiento no se utiliza metal de aporte y la limitación del proceso es que sólo se puede aplicar en piezas pequeñas y en forma de lámina.

La clasificación de los procesos de soldadura mencionados hasta ahora, es la más sencilla y general, a continuación se hace una descripción de los procesos de soldadura más utilizados en los procesos industriales.

- **Soldadura por resistencia**

El principio del funcionamiento de este proceso consiste en hacer pasar una corriente eléctrica de gran intensidad a través de los metales a unir, como en la unión de los mismos la resistencia es mayor que en sus cuerpos se generará el aumento de temperatura, aprovechando esta energía y con un poco de presión se logra la unión. La corriente eléctrica pasa por un transformador en el que se reduce el voltaje de 120 ó 240 a 4 ó 12 V, y se eleva el amperaje considerablemente para aumentar la temperatura. La soldadura por resistencia es aplicable a casi todos los metales, excepto el estaño, zinc y plomo.

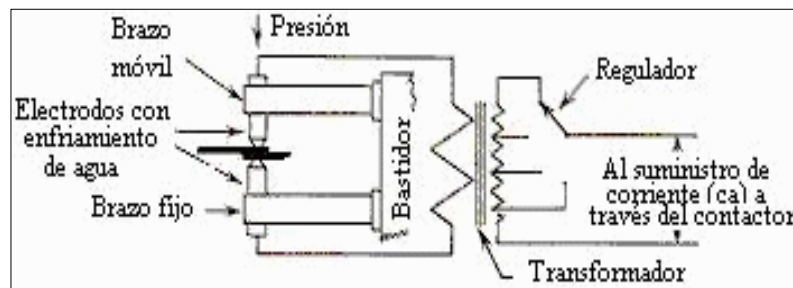


En los procesos de soldadura por resistencia se incluyen los de:

- a. Soldadura por puntos.
- b. Soldadura por resaltes.
- c. Soldadura por costura.
- d. Soldadura a tope.

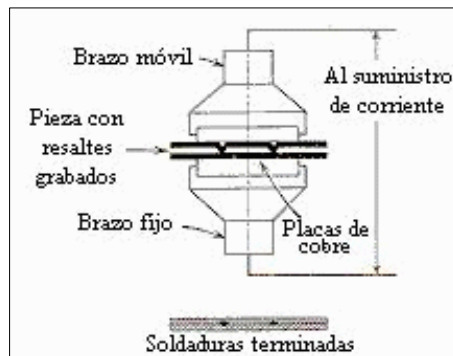
- a. Soldadura por puntos la corriente eléctrica pasa por dos electrodos con punta, debido a la resistencia del material a unir se logra el calentamiento y con la aplicación de presión sobre las piezas se genera un punto de soldadura. Las máquinas soldadoras de puntos pueden ser fijas o móviles o bien, estar acopladas a un robot o brazo mecánico.

**Figura 14. Diagrama de una máquina soldadora por puntos**



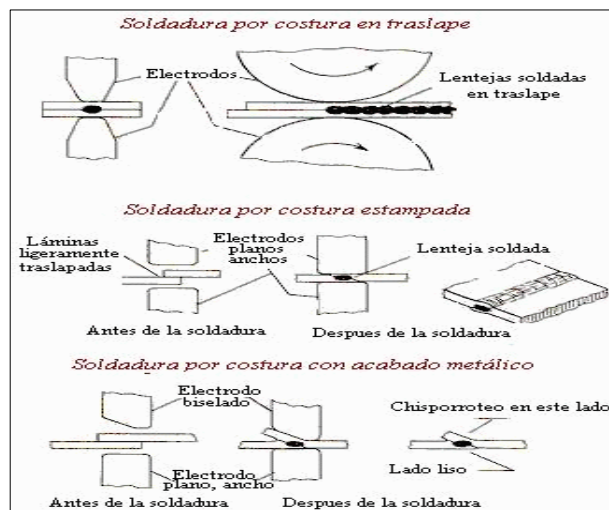
- b. La soldadura por resaltes es un proceso similar al de puntos, sólo que en esta se producen varios puntos a la vez en cada ocasión que se genera el proceso. Los puntos están determinados por la posición de un conjunto de puntas que hacen contacto al mismo tiempo. Este tipo de soldadura se puede observar en la fabricación de electro malla.

Figura 15. Soldadura por resaltes



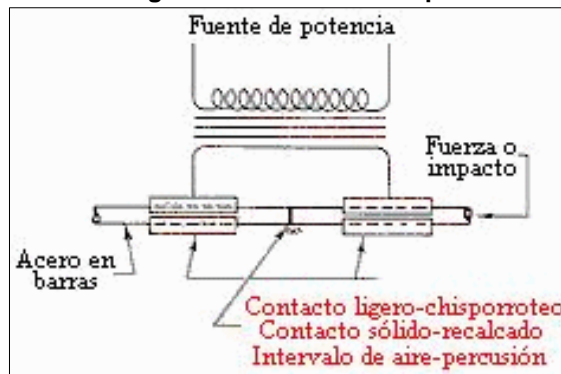
- c. La soldadura por costura consiste en el enlace continuo de dos piezas de lámina traslapadas. La unión se produce por el calentamiento obtenido por la resistencia al paso de la corriente y la presión constante que se ejerce por dos electrodos circulares. Este proceso de soldadura es continuo.

Figura 16. Soldadura por costura



- d. La soldadura a tope consiste en la unión de dos piezas con la misma sección, éstas se presionan cuando está pasando por ellas la corriente eléctrica, con lo que se genera calor en la superficie de contacto. Con la temperatura generada y la presión entre las dos piezas se logra la unión.

Figura 17. Soldadura a tope



- **Soldadura por inducción**

Esta soldadura se produce al aprovechar el calor generado por la resistencia que se tiene al flujo de la corriente eléctrica inducida en las piezas a unir, por lo regular esta soldadura se logra también con presión. Consiste en la conexión de una bobina a los metales a unir, debido a que en la unión de los metales se da más resistencia al paso de la corriente inducida en esa parte es en la que se genera el calor, lo que con presión genera la unión de las dos piezas. La soldadura por inducción de alta frecuencia utiliza corrientes con el rango de 200,000 a 500,000 Hz. de frecuencia, los sistemas de soldadura por inducción normales sólo utilizan frecuencias entre los 400 y 450 Hz.

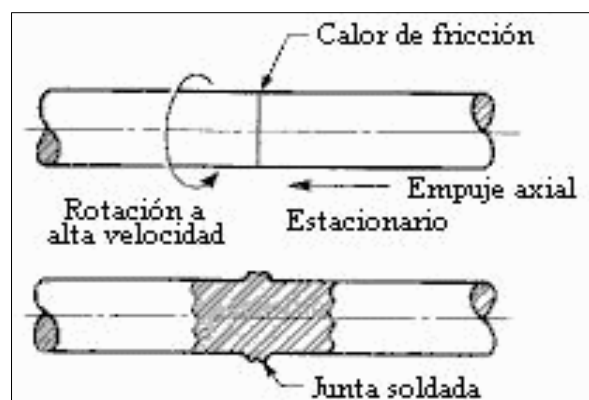
- **Soldadura por vaciado**

Con algunos materiales la unión no puede realizarse por los procedimientos antes descritos debido a que no tan fácilmente aceptan los metales de aporte como sus aleaciones. Para lograr la soldadura de estos metales en algunas ocasiones es necesario fundir del mismo metal que se va a unir y vaciarlo entre las partes a unir, con ello cuando solidifica las piezas quedan unidas. A este procedimiento se le conoce como fundición por vaciado.

- **Soldadura por fricción**

En este proceso la unión se logra por el calor que se genera al girar una de las piezas a unir en contra de la otra que se encuentra fija, una vez alcanzada la temperatura adecuada se ejerce presión en las dos piezas y con ello quedan unidas.

**Figura 18. Ilustración de un proceso que emplea calor generado por fricción para producir una soldadura**

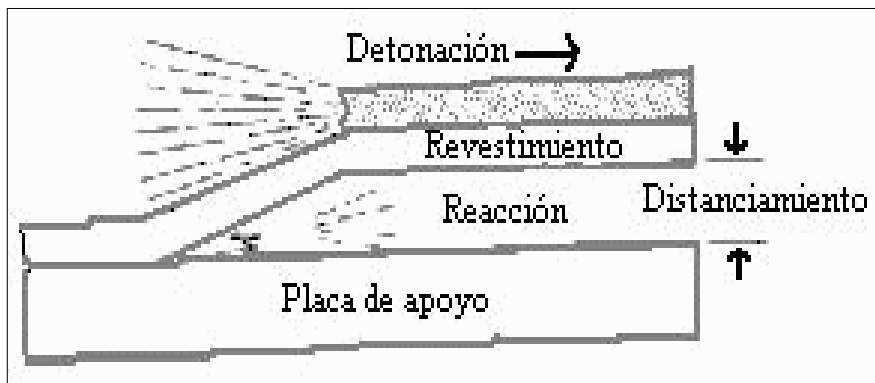


- **Soldadura por explosión**

Esta soldadura también se llama de recubrimiento, consiste en la unión de dos piezas metálicas, por la fuerza que genera el impacto y presión de una explosión sobre las proximidades a las piezas a unir.

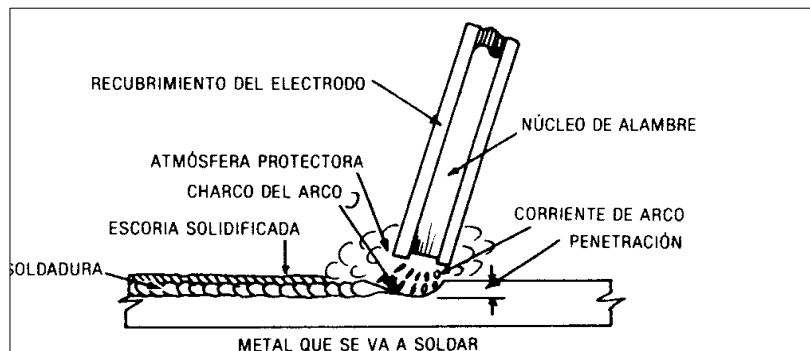
En algunas ocasiones, con el fin de proteger a las piezas a unir, se coloca goma entre una de las superficies a unir y el yunque que genera la presión.

**Figura 19. Proceso de unión explosiva mostrando la reacción a alta velocidad que emana del punto de colisión debido a la presión ascendente**



#### 1.4. Elementos básicos de la soldadura eléctrica

**Figura 20. Elementos básicos para la soldadura eléctrica**



- **El alambre del núcleo**

El alambre del núcleo de un electrodo, en casi todos los casos, se hace con el mismo metal que el de las piezas que se van a soldar. Por ejemplo, el acero dulce se soldaría con un electrodo con el alambre del núcleo hecho con acero dulce.

El alambre sería de aluminio para soldar un metal base de aluminio; para el cobre, se emplearía alambre de núcleo de cobre, etc. La combinación de los elementos utilizados para el recubrimiento produce las características especiales de cada tipo de electrodo.

La finalidad del alambre del núcleo es conducir la energía eléctrica al arco y suministrar el metal de relleno o aporte adecuado.

- **Recubrimiento**

El recubrimiento tiene muchas funciones. Si no lo hubiera, el metal fundido se combinaría con el oxígeno y el nitrógeno del aire. Por tanto, es necesario proteger tanto el metal de aporte del electrodo como el metal base fundido que se suelda; éste es la mezcla del metal base fundido y el metal fundido del electrodo que, cuando se solidifica forma la soldadura en sí. El arco se puede proteger con una envoltura de un gas inerte, el cual no producirá una reacción química con el metal fundido. El recubrimiento de los electrodos suministra el gas protector. Este es el proceso de soldadura con metal y arco protegido (SMAW).

Algunos de los elementos utilizados en los recubrimientos son magnesio, silicatos de aluminio y talco, todos ellos son formadores de escoria. Los fluoruros de calcio, carbonatos de calcio, ferromanganeso, ferró silicio y ferro titanio son agentes fundentes.

El silicato de sodio se utiliza como agente aglutinante. La celulosa, que forma un gas, protege la zona de la soldadura.

- **Funciones de los recubrimientos**

Las principales funciones de los recubrimientos de los electrodos son:

- a. Reducir al mínimo la contaminación del metal de soldadura con el oxígeno y el nitrógeno atmosféricos.
- b. Compensar las pérdidas de ciertos elementos durante la transferencia del metal a través del arco, porque el recubrimiento incluye aleaciones.
- c. Concentrar el arco en una zona específica porque forma una taza o copa en la punta del electrodo, que se debe a la fusión más lenta del recubrimiento.

- **Escoria**

El recubrimiento también forma escoria en la parte superior del metal fundido que se suelda, la cual protege al metal fundido durante el enfriamiento y también ayuda a configurar la soldadura. Se elimina después que se ha enfriado la soldadura. La escoria, además de formar una capa protectora sobre la soldadura, también debe poseer las siguientes características:

- a. Tener un punto de fusión más bajo que el del metal que se suelda. De lo contrario, hay el peligro de que la escoria se solidifique antes que el metal de aporte depositado.
- b. Tener una densidad, en su estado fundido, que sea menor que la del metal de soldadura, para que pueda flotar en la superficie.

- c. Debe tener suficiente viscosidad para que no fluya sobre una superficie muy grande. Sirve para evitar la contaminación del metal de la soldadura con el aire atmosférico.
- d. No debe contener elementos que produzcan reacciones indeseables con el metal de soldadura.
- e. Se dilatará, pero en forma distinta a la del metal de soldadura, para que se pueda desprender de éste cuando este frío.
- f. Tener una tensión de superficie que impida la formación de glóbulos grandes.

- **Tamaño y amperaje**

La medida del electrodo que se debe utilizar depende de diversos factores:

- a. El espesor de metal.
- b. Preparación de los bordes o filos de la unión.
- c. La posición de la unión (plana, vertical, horizontal y sobre cabeza).
- d. La pericia de soldador.

El amperaje que se utilice dependerá de:

- a. Tamaño del electrodo seleccionado.
- b. El tipo de recubrimiento del electrodo.
- c. La fuente de potencia (CA, CCPI, CCPD).

- **Electrodo**

Son varillas metálicas preparadas para servir como polo del circuito; en su extremo se genera el arco.



En algunos casos, sirven también como material fundente. La varilla metálica a menudo va recubierta de distintos materiales en función de la pieza a soldar y del procedimiento empleado.

- **Baño de fusión**

La acción calorífica del arco provoca la fusión del material, donde parte de éste se mezcla con el material de aportación del electrodo, provocando la soldadura de las piezas una vez solidificado.

- **Cráter**

Surco producido por el calentamiento del metal, su forma y profundidad vendrán dadas por el poder de penetración del electrodo.

- **Cordón de soldadura**

Está constituido por el metal base y el material de aportación del electrodo y se pueden diferenciar dos partes: la escoria, compuesta por impurezas que son segregadas durante la solidificación y que posteriormente son eliminadas, y el sobre espesor, formado por la parte útil del material de aportación y parte del metal base, que es lo que compone la soldadura en sí.

## **1.5. Metalurgia de la soldadura**

Los metales son indudablemente uno de los materiales de construcción mas conocidos. Las naves espaciales, las estructuras de los edificios industriales y comerciales, los puentes, las computadoras y los artefactos del hogar están todos compuestos, hasta un alto grado, de una o mas clases de metal. En vista de que los metales se unen frecuentemente mediante uno o mas de los procesos de soldadura, es importante que las personas relacionadas con el campo de la soldadura sepan qué es un metal, que conozcan sus propiedades y el efecto que produce el calor en algunas propiedades.

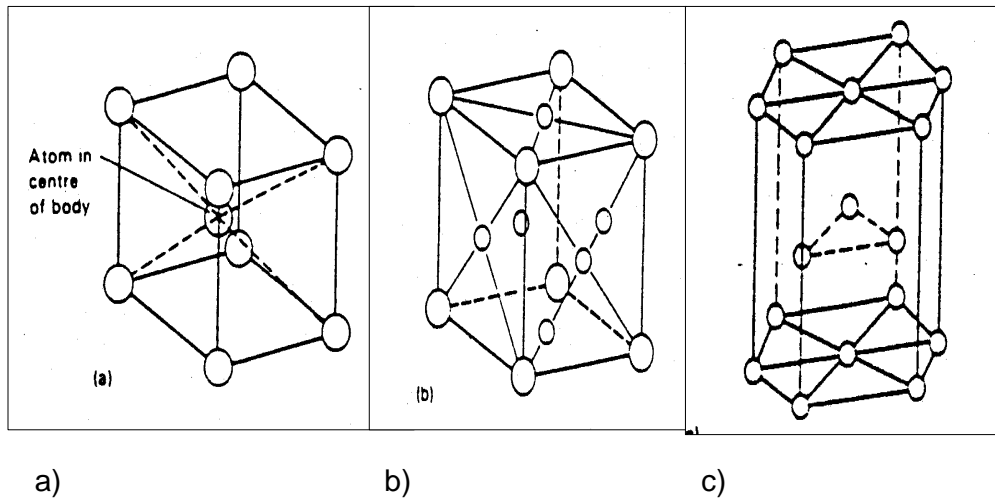
En este capítulo se examinará la estructura de los distintos metales y aleaciones, es decir, la metalurgia de la soldadura.

- **Microestructura de los metales y las aleaciones**

Aunque el punto lógico de partida en un examen de las propiedades de los metales y sus aleaciones sería el correspondiente a su estructura atómica, cae fuera del plan de este capítulo el intentar establecer una correlación entre las características de los átomos individuales y la soldadura, para los fines de esta obra, la estructura espacial de los cristales será la unidad más pequeña que se estudie acerca de los metales y las aleaciones.

Cada metal tiene una estructura cristalina definida, el hierro en estado frío por ejemplo, está formado por celdillas de estructura cúbica centrada en el cuerpo (BCC), figura 21a). El cobre tiene una estructura cúbica centrada en la cara (FCC), figura 21 b) y el zinc tiene una estructura espacial de cristales hexagonales estrechamente empacados (CPH), figura 21c).

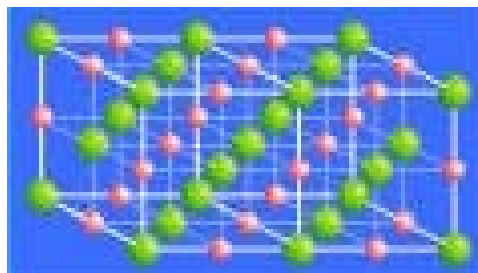
**Figura 21. Estructura espacial cristalina de algunos materiales que se sueldan con frecuencia**



Las formas de las estructuras espaciales cristalinas se determinan por un método de rayos X que se conoce como difracción por rayos X.

En uno de esos métodos (Figura 22), la pequeña partícula del metal o aleación que se desea estudiar se coloca en un contenedor situado en el centro de una rueda que soporta una tira de película de diseño especial y que gira en torno a su eje horizontal.

**Figura 22. Representación esquemática de un método de difracción de rayos X**



Cuando los rayos X que se están disparando hacia la partícula en rotación chocan contra un átomo (sólido), no pueden pasar a través del mismo, y por tanto, la película no da exposición en dichos lugares. Estas áreas no expuestas indican las posiciones de los sólidos (átomos). Aplicando una ecuación conocida como lo es la de Braggs puede calcularse la forma del cristal.

### **1.6. Tipos de electrodos**

Un electrodo es un conductor, el cual uno de sus extremos cambia a medio de transmisión. Si a un conductor se le aumenta el paso de corriente, se calienta y se funde, al fundirse se desprende en pequeñas gotas que una vez lejos del conductor se solidifican, si estas gotas las depositamos en otro metal se unirán a este formando una soldadura, en la soldadura casi siempre el material del electrodo es del mismo tipo del metal base, pero en otros casos son diferentes al metal base.

Los electrodos son una mezcla de diferentes elementos metálicos y no metálicos que darán características especiales a la aleación. Los principales elementos de aleación son:

- a. Cromo.
- b. Fósforo.
- c. Molibdeno.
- d. Hidrógeno.
- e. Níquel Silicio.
- f. Tungsteno Óxido.
- g. Manganeso.
- h. Hierro.
- i. Vanadio.
- j. Carbono.

- k. Titanio Azufre.
- l. Culumbio.
- m. Aluminio.
- n. Cobalto.

Para la selección de un electrodo es necesario tomar muchos aspectos en cuenta como la proporción a emplear, sus características, etc. Los fabricantes de electrodos ya desarrollaron este trabajo y reunieron todos estos datos para la creación del electrodo así que es mejor consultar los catálogos.

#### • Clasificación de electrodos

Los electrodos para este tipo de soldadura están sujetos a norma de calidad, resultados y tipos de uso. La nomenclatura es la siguiente:

*E-XX-Y-Z*

La E indica que se trata de un electrodo con recubrimiento.

Los dos primeros dígitos XX se utilizan para indicar la resistencia de la soldadura a la tensión, por ejemplo, cuando señalan 60 se refiere a que la resistencia a la tensión es de 60,000 lb. /in<sup>2</sup>.

El tercer dígito Y se refiere a la posición en la que se puede utilizar la soldadura, por ejemplo:

1. Cualquier posición.
2. Plana y horizontal.
3. Plana.

Por medio del cuarto dígito Z, se especifican características especiales de la soldadura como: si es para corrientes directas, alternas o ambas; si es de alta o baja penetración. En algunas ocasiones los electrodos tienen letras al final, esto depende de la empresa que los fabricó.

**Tabla V. Clasificación de electrodos**

ELEMENTO	SIGNIFICADO
E	Electrodo para arco eléctrico
XX	Resistencia a la tensión en lb./in <sup>2</sup>
Y	Posición de aplicación: 1 Cualquier posición 2 Plana y horizontal 3 Plana
Z	Características de la corriente 0 CC invertida 1 CC y CA sólo invertida CC (directa) y CA CC y CA (directa)
Letras	Depende de la marca de los electrodos establece las aleaciones y las características de penetración

Ejemplo: un electrodo E7013 implica que produce soldadura con 70,000 lb/in<sup>2</sup> de resistencia a la tensión, que se puede utilizar para soldar en cualquier posición (incluso sobre la cabeza) y que se recomienda la utilización de corriente continua o corriente alterna, ambas de manera directa.

- **Intensidad de corriente**

El amperaje que se debe aplicar para generar la soldadura es muy importante, de ello depende que no se pegue el electrodo, que la soldadura fluya entre las dos piezas o que no se perforen las piezas que se van a unir.

En la siguiente tabla se muestran los rangos de corriente en amperios que se deben utilizar de acuerdo al espesor de los electrodos.

**Tabla VI. Intensidad de corriente aproximada para diferentes diámetros de electrodos**

DIÁMETRO DEL ELECTRODO (IN)	AMPERIOS PARA SOLDADURA PLANA	AMPERIOS PARA SOLDADURA VERTICAL Y SOBRE LA CABEZA
1/16.	25-70	....
3/32.	60-100	....
1/8.	80-150	75-130
5/32.	125-225	115-160
3/16.	140-240	125-180
1/4.	200-350	170-220
5/16.	250-500	....
3/8.	325-650	....

Una recomendación práctica que se utiliza en los talleres para hacer la determinación de la corriente, sin tener que recurrir a la tabla es la siguiente:

Convierta el diámetro del electrodo de fracciones a decimales, elimine el punto y esa será la corriente aproximada que debe utilizar con ese electrodo. Por ejemplo, si tiene un electrodo de 1/8 su conversión a decimales será 0.125, al quitarle el punto se obtiene 125, lo que indica que se deben utilizar mas o menos 125 amperios para que el electrodo funcione bien.

### 1.7. Cálculo de consumo de electrodos

Por lo general, en electrodos corrientes, la longitud de ellos es de 14 pulgadas. (35cm) hasta un diámetro de 3/16 y 18 pulgadas (45cm) los que tienen un diámetro mayor. De estas longitudes se ha comprobado en la práctica que el rendimiento real equivale a su largo total menos 5 cm., o sea que los electrodos cuya longitud es 35cm., (14plg.) son aprovechables en ellos solamente 30cm. Asimismo los que tienen 45cm., de largo (18 plg.) se aprovechan sólo 40 cm.

Para calcular el consumo de electrodos que se ocuparán en un trabajo de soldadura se tomará entonces como largo útil está diferencia, que se deberá determinar el volumen del vaciado a rellenar y éste dividirlo por el volumen de un electrodo. El cociente entre estos dos valores determina la cantidad de electrodos necesarios para ejecutar el trabajo.

#### **Ejemplo:**

Calcular el número de electrodos necesarios para ejecutar una unión de soldadura en "V" en planchas de 16 mm., de espesor, sabiendo que el ancho del canal en "V" mide 20 mm., y el largo de la unión es de 35 cm. se usarán electrodos de 5/32 plg. de diámetro.

#### **Volumen del vaciado:**

$$V = \frac{B \cdot H \cdot L}{2}$$



Donde:

B = Base de la pieza.

H = Altura.

L = Largo de la unión

OBSERVACION: Las medidas son más convenientes manejarlas en centímetros.

#### **Volumen del electrodo:**

L = largo útil del electrodo

D = Diámetro = 5/32" = 44mm. R = 0.2 cm.

$$\pi * R^2 * L = \text{Vol.}, \text{ del electrodo}$$

$$\text{Consumo de electrodos} = \frac{\text{Volumen del vaciado}}{\text{Volumen del electrodo}}$$

RESPUESTA: Para ejecutar este trabajo de soldadura serán necesarios 15 electrodos 5/32 plg., de diámetro.

### **1.8. Recomendaciones generales**

Antes de empezar cualquier operación de soldadura de arco, se debe hacer una inspección completa del soldador y de la zona donde se va a usar. Todos los objetos susceptibles de arder deben ser retirados del área de trabajo, y debe haber un extintor apropiado de PQS o de CO2 a la mano, no sin antes recordar que en ocasiones se puede tener manguera de espuma mecánica.

Los interruptores de las máquinas necesarias para la soldadura deben poderse desconectar rápida y fácilmente. La alimentación estará desconectada siempre que no se esté soldando, y contará con una toma de tierra.

Los porta electrodos no deben usarse si tienen los cables sueltos y las tenazas o los aislantes dañados.

La operación de soldadura deberá llevarse a cabo en un lugar bien ventilado pero sin corrientes de aire que perjudiquen la estabilidad del arco. El techo del lugar donde se suelde tendrá que ser alto o disponer de un sistema de ventilación adecuado. Las naves o talleres grandes pueden tener corrientes no detectadas que deben bloquearse.

#### • Puntos a verificar para la calidad en soldadura

- a. Usar máquinas, electrodos y accesorios de calidad, Conozca el tipo y propiedades del metal base.
- b. Seleccionar el proceso adecuado para tener la más alta calidad al soldar el metal base.
- c. Seleccionar el procedimiento a emplear en base al uso final de la soldadura.
- d. Seleccionar el electrodo correctamente en base a la junta a emplear.
- e. Limpiar el material base de escorias, pintura, óxidos, grasas, etc.
- f. No soldar sobre fracturas o porosidad creadas por la soldadura anterior, primero remover.
- g. Cuando la abertura de raíz sea muy grande primero se debe reparar.
- h. Poner especial atención en el primer pase de penetración a raíz.

- i. Remover la escoria del cordón depositado anteriormente hasta realizar el paso siguiente
- j. Observar las dimensiones de la soldadura requerida y asegurar su realización.
- k. Inspeccionar el trabajo inmediatamente y remover los defectos si los hay, reparar inmediatamente.
- l. Asegurar que la apariencia de la soldadura sea la correcta, si no corregirla.

### **1.9. Tipos de posiciones para soldar**

La AWS ha definido posiciones básicas para soldar que son las siguientes:

**1. Plana:** posición que se usa para soldar en la parte superior de las placas, la cara de la soldadura es aproximadamente horizontal, con vista hacia arriba.

**2. Horizontal:** posición en que se suelda sobre la cara superior de una superficie horizontal, con vista hacia el frente del soldador.

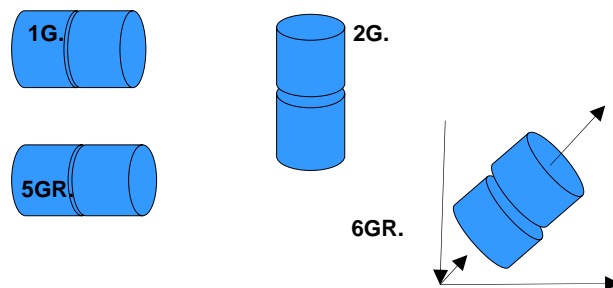
**3. Vertical:** posición de soldar en el cual la soldadura se aplica en dicha posición y se empieza de arriba hacia abajo.

**4. Sobre cabeza:** posición en la cual la soldadura es aplicada desde el lado inferior de la unión y las placas se encuentran lado arriba de la cabeza del soldador.

Las posiciones mencionadas corresponden a soldaduras en placa, para soldadura en tuberías se utilizan las siguientes:

- 1g. El tubo es colocado con su eje en posición horizontal, la soldadura es aplicada desde o cerca de la parte superior del tubo y este se encuentra girando o es girado a intervalos.
- 2g. La soldadura es aplicada en forma horizontal pero el eje del tubo se encuentra en posición vertical.
- 5g. Esta posición se conoce como posición horizontal fija, el eje del tubo se encuentra en posición horizontal, pero no es giratorio para la aplicación de soldadura, la cual puede iniciar en la parte superior o inferior del tubo.
- 6g. En esta posición el eje del tubo se encuentra a  $45^\circ$  y el tubo no se gira al momento de aplicar la soldadura, la cual puede iniciar en la parte superior o inferior del tubo.
- 6gr. Esta posición es similar a la posición 6g pero en esta posición se coloca un anillo de restricción, esta posición es utilizada para la calificación de soldadores en soldadura de conexiones "t", "k" o "y" en tuberías no existe la posición 3g y 4g.

**Figura 23. Soldadura en tuberías**



## **1.10. Prácticas para desarrollo del laboratorio**

### **Ejercicio 1**

#### **Depósito de cordones**

Esta operación consiste en formar el arco eléctrico entre el electrodo con el metal y mantenerlo sin que se apague, llevar la altura y velocidad de avance lo mas uniforme posible a fin de depositar un cordón parejo sobre el material.

#### **Proceso de ejecución**

**Primer paso:** Preparar el material, limpie la pieza completamente con lija o cepillo de alambre y colóquela sobre la parrilla de trabajo.

**Segundo paso:** Preparar el equipo, colocando el porta electrodo y la tierra en algún lado de la parrilla cómodo y libre del porta electrodo.

**Tercer paso:** Ajustar al amperaje, el amperaje lo vamos a poder ajustar dependiendo el espesor del electrodo y del material que vamos a soldar.

**Cuarto paso:** Colocar el electrodo en porta electrodo por el extremo sin recubrimiento y formado un ángulo entre 90 y 105 grados, figura 24 a.

**Quinto paso:** Poner en funcionamiento la máquina por medio del interruptor.

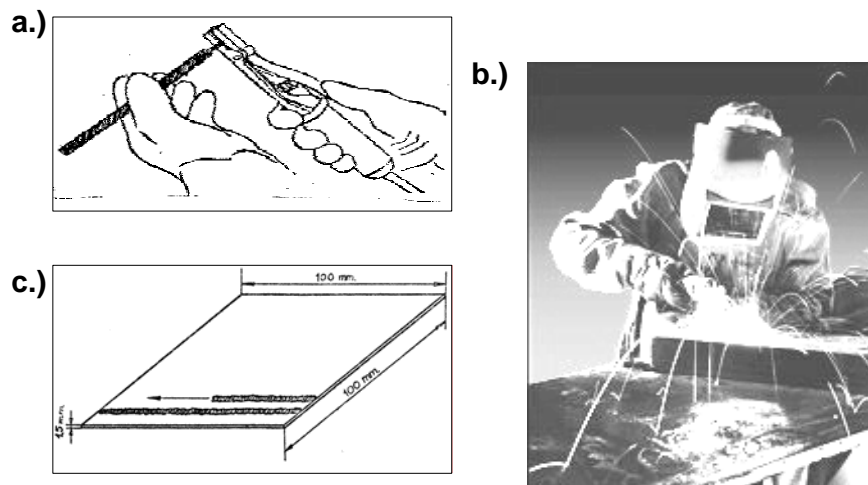
**Sexto paso:** Protegerse los ojos bajando la careta y forme el arco eléctrico, deslizando el electrodo sobre la superficie de la pieza y mantener una distancia entre el electrodo y las placas, igual al diámetro del núcleo del electrodo, por un tiempo aproximado de 3 segundos.

**Séptimo paso:** Soldar, tratar de mantener el arco y movilizarlo con una velocidad uniforme y adecuada, evitando que la punta del electrodo toque la superficie del metal fundido, figura 24 b.

**Octavo paso:** Suspender el arco eléctrico, levantando el electrodo en dirección contraria al movimiento de avance del cordón hasta que se corte el paso de la corriente.

**Noveno paso:** Limpiar el cordón, la limpieza se lleva a cabo picando el cordón con un picador con efecto de quitar la escoria y luego con un cepillo de alambre para terminar de pulir las orillas del cordón, figura 24c.

**Figura 24. Ilustración proceso de depósito de cordones**



### Observaciones

1. La velocidad de avance para soldar acero debe ser más lenta.
2. En caso de pegarse el electrodo, girar hacia arriba rápido.
3. Si el electrodo además de moverlo continua pegado, abrir el porta electrodo para que suelte el electrodo.
4. Tratar de mantener la inclinación correcta del electrodo, que debe de tener un ángulo aproximado de entre 70 y 80 grados.

## Ejercicio 2

### Soldadura a tope

Este ejemplo proporciona la habilidad de poder unir dos piezas y observar cómo se comporta el material depositado, en este caso, el electrodo, trataremos de formar un charco del material fundido y llevarlo por las aristas de las piezas, fundiendo también estas mismas.

**Primer paso:** Preparar el material, trazar dos rectas a lo ancho del material de aproximadamente 150mm. de uno de los extremos.

**Segundo paso:** Cizallar o cortar sobre el trazo hecho, enderece las piezas cortas y elimine las rebabas del corte.

**Tercer paso:** Preparar el equipo como en el ejercicio anterior.

**Cuarto paso:** Ajustar al amperaje, se puede ajustar dependiendo el espesor del electrodo y del material que vamos a soldar. Por ejemplo: electrodo diámetro 1/8". Se divide el numerador dentro el denominador (.125) y después se multiplica por 100, obtenemos un amperaje aproximado de 125 amperios.

**Quinto paso:** Posicionar las piezas, colocándolas a tope en posición plana horizontal, separadas a una distancia igual al grueso del núcleo del electrodo.

**Sexto paso:** Puntear las piezas colocando el primer punto al centro y luego uno en cada extremo de la pieza, limpie los puntos con el picador, protéjase bien la vista con anteojos de seguridad.

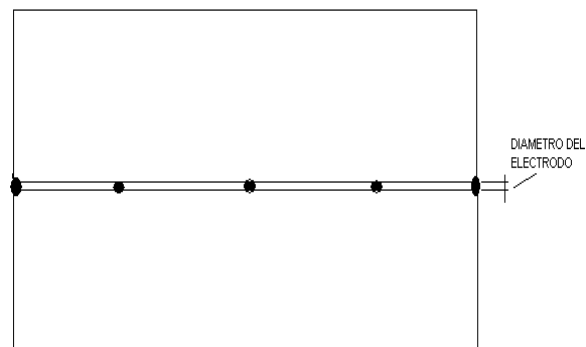
**Séptimo paso:** Iniciar el cordón, inclinar el electrodo en dirección al avance.

El avance se realiza oscilando el electrodo cubriendo los dos bordes de cada pieza hasta la parte inferior manteniendo la velocidad de avance constante. Si la penetración se observa deficiente interrumpa la operación para aumentar la intensidad del amperaje.

**Octavo paso:** Interrumpa el cordón antes de que el electrodo llegue a la parte sin revestimiento.

**Noveno paso:** Limpiar bien el cráter del cordón con una pica y reiniciar el cordón precalentando y rellenando bien el cráter antes de empezar con el avance.

**Figura 25. Soldadura a tope**



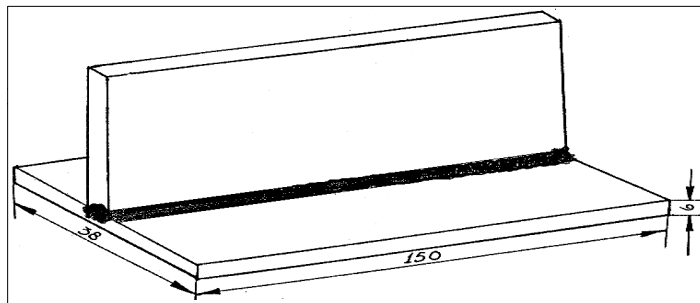


### Ejercicio 3

#### Soldadura en ángulo interior

Tiene por objeto unir dos piezas que forman un ángulo interior entre sí. Constituye una de las bases dentro del trabajo, ya que se aplica frecuentemente. Su uso es común en estructuras de edificios, puentes, vigas, etc.

Figura 26. Unión de piezas en ángulo interior



**Primer paso:** Preparar las piezas, trazar dos planchas rectangulares, cortarlas y limpiarlas.

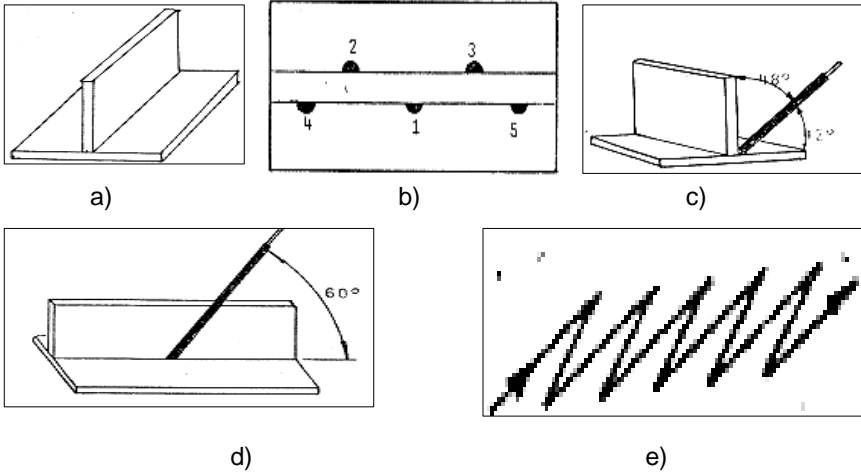
**Segundo paso:** Encender y regular la máquina. Colocar el electrodo en el porta electrodo y posicione la tierra en la parrilla.

**Tercer paso:** Posicionar las piezas, colocándolas en un ángulo de  $90^\circ$ , una sobre otra (figura 27.a) Puntar las piezas de una forma segura y alternada por los dos lados como en la figura 27.b.

**Cuarto paso:** Soldar, se debe inclinar el electrodo como lo indican las (figuras 27.c y 27.d). Avanzar y oscilando el electrodo con movimiento de zig-zag (figura 27.e).

**Quinto paso:** Finalice y limpie el cordón.

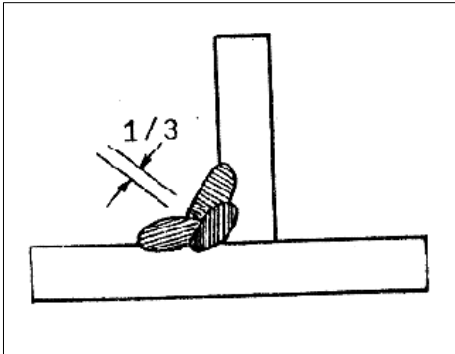
**Figura 27. Pasos para soldadura en ángulo interior**



**Observaciones**

- 1. Cuando el espesor del material es demasiado grande, se realizan varios cordones escalonados.
- 2. Cuando se depositan cordones escalonados se debe tomar 1/3 del cordón del anterior (figura 28).

**Figura 28. Cordones escalonados.**



## 2. SOLDADURA OXI-ACETILENICA

Los gases en estado comprimido son en la actualidad prácticamente indispensables para llevar a cabo la mayoría de los procesos de soldadura. Por su gran capacidad inflamable, el gas más utilizado es el acetileno que, combinado con el oxígeno, es la base de la soldadura oxiacetilénica y oxicorte, el tipo de soldadura por gas más utilizado.

Por otro lado, a pesar que los recipientes que contienen gases comprimidos se construyen de forma suficientemente segura, todavía se producen muchos accidentes, por no seguir las normas de seguridad relacionadas con las operaciones complementarias de manutención, transporte, almacenamiento y las distintas formas de utilización.

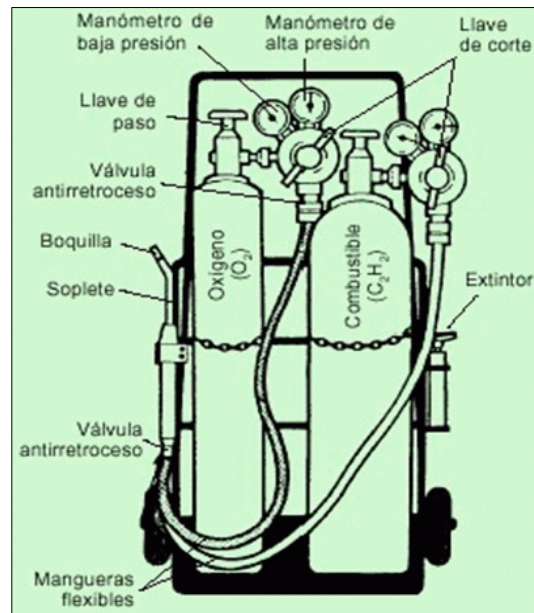
La soldadura oxiacetilénica por alta presión donde tanto el oxígeno como el gas combustible (acetileno, hidrógeno, etc.) que alimentan el soplete proceden de las botellas que los contienen a alta presión. Es conveniente resaltar que la llama de un soplete de acetileno/oxígeno puede llegar a alcanzar una temperatura por encima de los 3100 °C. Aumentando de esta forma la peligrosidad de este tipo de soldadura.

## 2.1. Equipo para soldadura oxi-acetilénica

- **Botellas o cilindros**

Además de las dos botellas móviles que contienen el combustible y el comburente, los elementos principales que intervienen en el proceso de soldadura oxiacetilénica son los manómetros, el soplete, las válvulas antirretroceso y las mangueras. (Ver figura 29)

**Figura 29. Botellas o cilindros**



- **Pasos a seguir para la instalación de manómetros.**

- a. Soplar las botellas antes de acoplarlos.
- b. Realizar la apertura de las botellas asegurándose de que los tornillos de regulación estén flojos.
- c. Soplado de mangueras.
- d. Para roscar el manómetro a la botella no se apoyarán nunca en los manómetros. Se hará en la válvula y en el tornillo regulador.

- **Precauciones a tener en cuenta**

- a. No abrir la botella con el manómetro abierto.
- b. Revisar manómetros cada seis meses como mínimo.
- c. Las reparaciones serán efectuadas sólo por personal experto autorizado.
- d. No se deberán engrasar los manómetros de oxígeno.
- e. Deshelar los manómetros congelados con agua caliente, nunca con llama.
- f. No golpearlos.
- g. Comprobar la estanqueidad mediante agua jabonosa.
- h. Antes de abrir la válvula de la botella, destornillar el tornillo regulador de la presión de trabajo hasta descargar el resorte.

- **Conducciones flexibles**

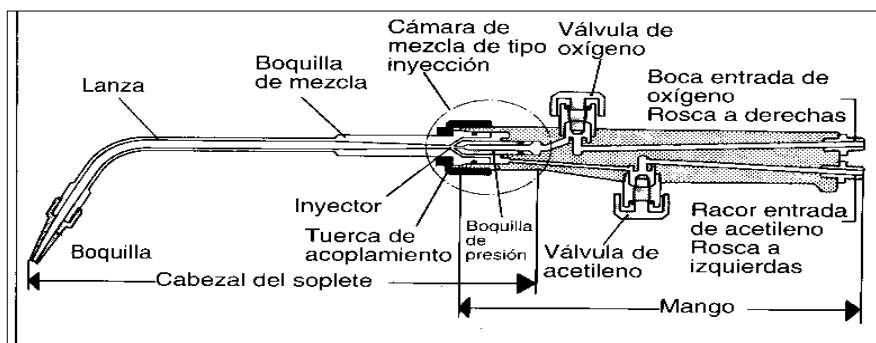
- a. Se utilizan para la unión entre los sopletes de soldar o de cortar y los manómetros de las conducciones fijas de gas (oxígeno y de acetileno).
- b. Deben ser de tubo flexible de caucho provisto de guarniciones interiores de cáñamo, y ser resistentes a las proyecciones.
- c. Nunca debe ser utilizado el tubo ordinario de gas.
- d. El espesor de las paredes y el diámetro interior dependen de la presión del gas y del diámetro del racor de conexión.
- e. Serán de distinto color, siendo rojo para el combustible y negro para el oxígeno.
- f. Deberán ser limpiadas antes de su empleo de polvo de talco y otras partículas.
- g. Se comprobará su estanqueidad introduciéndolas en un recipiente de agua, e introduciendo gas en las mismas.

- h. Se protegerán en los lugares de paso mediante planchas u otros medios.
- i. La estanqueidad de las mismas en sus conexiones a los restantes elementos se comprobará con agua jabonosa.

- **Soplete**

Es el elemento principal de la instalación de soldadura, en él se efectúa la mezcla de gases. El riesgo más importante es el de explosión e incendio que origina accidentes muy graves, como son quemaduras, reventones de mangueras, conductos del mismo soplete e incluso explosión de las botellas. La medida principal será seguir cuidadosamente las normas indicadas para el correcto uso del soplete.

**Figura 30. Soplete**



- **El encendido del soplete se realizará de la siguiente manera**

- a. Abrir lentamente el grifo del acetileno.
- b. Prender fuego con un chispero a la mezcla.
- c. Abrir lentamente el grifo del oxígeno.
- d. Regular la llama al valor deseado, empezando por el oxígeno.

- **El apagado se efectuará**
  - a. Cerrando totalmente el grifo del combustible.
  - b. Cerrar el grifo del oxígeno.
  
- **Si estando encendido el soplete tuviéramos un retroceso de llama, se procederá de la siguiente forma**
  - a. Cerrar el grifo del combustible.
  - b. Cerrar el grifo del oxígeno.
  - c. Cerrar la llave de la botella de combustible.
  - d. Cerrar la llave de la botella de oxígeno.
  
- **Válvulas anti retroceso**

Las características exigibles a las válvulas antirretroceso son:

- a. Seguridad contra el retroceso del gas.
- b. Seguridad contra el retroceso de la llama.
- c. Permitir el libre paso de los gases en el sentido del empleo.
- d. Tener válvula de seguridad de sobre presión.
- e. No necesitar cuidados de conservación.
- f. Ser ligeras.

- **Equipo para la aplicación con soplete de gas**

La utilización de un equipo bien diseñado y construido, así como un mantenimiento adecuado a éste es esencial para la aplicación segura y obtención de los máximos resultados.

- a. Botellas de gases: deben ser las especificadas y estar equipadas con las válvulas de seguridad apropiadas protegidas por un casco metálico.

- b.** Reguladores: deben ser los especificados para el uso con gases, con presión ajustable. Cuando se requiera su reemplazo, el contratista debe asegurar que el repuesto observe las mismas características del reemplazado.
- c.** Mangueras: deben comprobarse regularmente para verificar los daños por uso que puedan tener. La longitud de las mangueras no deben exceder de 15 metros.
- d.** Sopletes de gas: deben estar equipados con válvulas de cierre, gatillo liberador de presión y soporte o patas. El equipo debe ser compatible con los sistemas de extracción de gases y debe mantenerse en buenas condiciones de operación.

**Figura 31. Equipo para la aplicación con soplete de gas**



## **2.2. Tipos de llama para soldar**

La llama es fácilmente regulable, ya que pueden obtenerse llamas estables con diferentes proporciones de oxígeno y acetileno. En función de la proporción de acetileno y oxígeno se disponen de los siguientes tipos de llama:



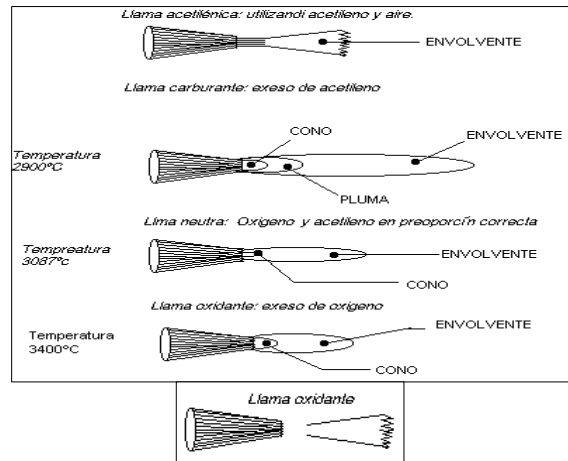
- a.** Llama de acetileno puro: Se produce cuando se quema este en el aire. Presenta una llama que va del amarillo al rojo naranja en su parte final y que produce partículas de hollín en el aire. No tiene utilidad en soldadura.
- b.** Llama reductora: Se genera cuando hay un exceso de acetileno. Partiendo de la llama de acetileno puro, al aumentarse el porcentaje de oxígeno se hace visible una zona brillante, dardo, seguida de un penacho de acetileno de color verde pálido, que desaparece al igualarse las proporciones.

Una forma de comparar la proporción de acetileno con respecto al oxígeno, es comparando la longitud del dardo con el penacho de acetileno medido desde la boquilla. Si este es el doble de grande, habrá por tanto el doble de acetileno.

- a.** Llama neutra: Misma proporción de acetileno que de oxígeno. No hay penacho de acetileno.
- b.** Llama oxidante: Hay un exceso de oxígeno que tiende a estrechar la llama a la salida de la boquilla. No debe utilizarse en el soldeo de aceros.

Tanto en este caso como en el anterior el penacho que se forma, produce la combustión del oxígeno con el aire de todos los productos que no se quemaron anteriormente.

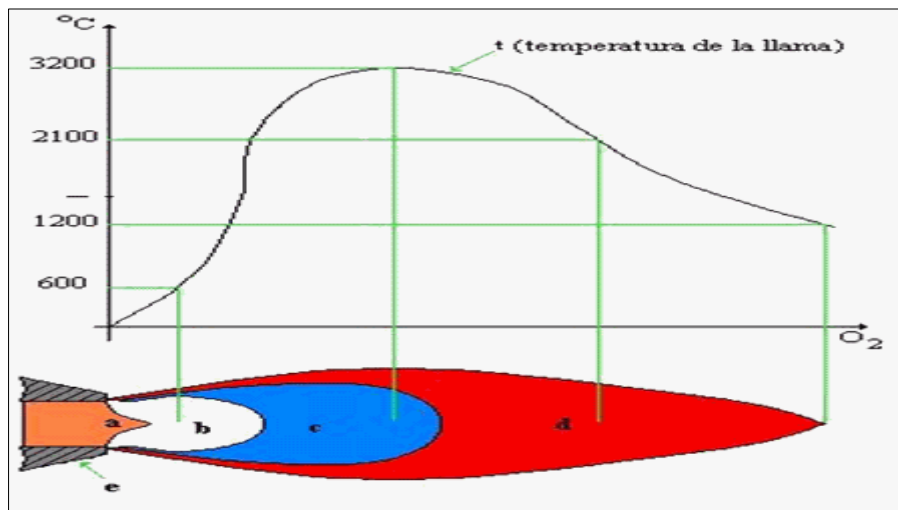
**Figura 32. Tipos de llama para soldar**



- **Zonas de la llama oxiacetilénica**

- a. Dardo: parte más brillante de la llama.
- b. Zona de combustión primaria: zona muy estrecha que envuelve el dardo.
- c. Zona reductora: zona con mayor temperatura de la llama, 3100°C.
- d. Penacho: última zona que envuelve la llama.

**Figura 33. Zonas de la llama oxiacetilénica**



La llama se caracteriza por tener dos zonas bien delimitadas, el cono o dardo, de color blanco deslumbrante y es donde se produce la combustión del oxígeno y acetileno y el penacho que es donde se produce la combustión con el oxígeno del aire de los productos no quemados.

La zona de mayor temperatura es aquella que esta inmediatamente delante del dardo y en el soldeo oxiacetilénico es la que se usa, ya que es la de mayor temperatura hasta 3200°C.

### **2.3. Retroceso de llama oxiacetilénica**

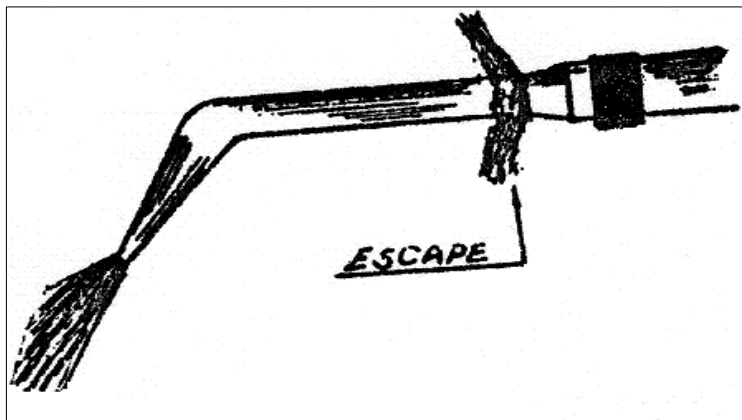
Para que no se produzca un retroceso de la llama desde la boquilla al interior del soplete, es preciso que la velocidad de salida de los gases por la boquilla sea superior a la velocidad de propagación de la combustión. El método correcto para encender los sopletes consiste en abrir primero el paso del acetileno y encenderlo, aumentando después su velocidad de salida lo suficiente para que al abrir la llave del oxígeno no se produzca retroceso de llama.

Si por algún motivo se produce un retroceso hacia los conductos del soplete, lo que produce una detonación y un silbido característico, se debe de inmediato cerrar la llave de paso del acetileno y después el oxígeno, en ningún caso el operario debe arrojar el soplete por un miedo infundado provocando pánico en los demás operarios que lo rodean. Una de las causas de retroceso de la llama puede ser el mal ajuste de las partes del soplete, el mal ajuste del tubo mezclador y la boquilla produce un escape de gas.

Los retrocesos de la llama pueden presentarse de tres maneras deferentes:

- a. Un chasquido seco, después del cual vuelve el soplete a adquirir su marcha normal.
- b. Detonaciones sucesivas y muy próximas, que obliga al operario ante todo, a cerrar inmediatamente el paso del acetileno, no en la válvula del cilindro, sino simplemente en la llave de paso del acetileno en el soplete.
- c. Retroceso de la llama con combustión interna, caracterizado por la supresión de la de la llama externa, generalmente sustituida por un chorro de humo negro; esto exige igualmente el corte inmediato del gas por la llave del soplete.

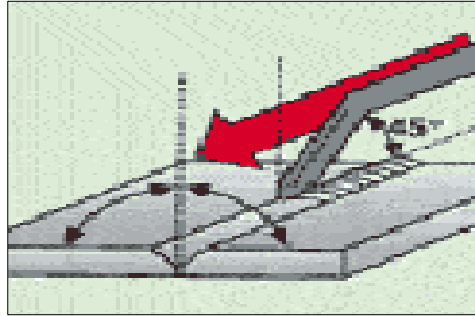
**Figura 34. Retroceso de la llama oxiacetilénica**



- **Retroceso de la llama con combustión interna**

Frecuentemente se produce retrocesos de llama provocados por un soplete mal montado, a veces también con consecuencia de una proyección en la boquilla de oxido incandescente o de la obstrucción parcial de su orificio por el óxido incandescente. El calentamiento excesivo de la boquilla dilata el orificio de salida de los gases en la mezcla que llega a la boquilla; si el volumen de oxígeno resulta insuficiente, hay desarreglo del soplete y a veces retroceso de llama.

**Figura 35. Retroceso de la llama con combustión interna**



Es preciso que el soldador vigile constantemente la llama por si se altera y cuando sea necesario se debe enfriar la boquilla sumergiéndola por algunos segundos en un recipiente o cubo lleno de agua fría dispuesto para tal efecto.

Durante este tiempo debe cerrarse el suministro de acetileno cortando el paso en la llave del soplete porque la llama, en caso de retroceso puede seguir ardiendo, no así el oxígeno que se deja salir para que no entre agua en el interior del soplete.

#### **2.4. Eliminación de tensiones**

En los espacios de tiempo de interrupción necesarios para la refrigeración se estira el material de soldadura martillando para reducir las Tensiones de Contracción.

En el caso de fundición que no se deja unir bien se atornillan unas espigas roscadas que quedan envueltas en la soldadura y toman a su cargo la transmisión de esfuerzo.

En la soldadura semicaliente no se calienta nada más que una parte de la pieza; hay que evitar aquí, tanto en el calentamiento como en el enfriamiento que se formen tensiones. La soldadura semicaliente se realiza tanto con la llama oxiacetilénica como con el arco voltaico de carbón con empleo de material de aportación de hierro fundido.

En el caso de la soldadura caliente, se calienta al rojo toda la pieza manteniéndola a esta temperatura durante la soldadura. La soldadura caliente puede realizarse con la llama oxiacetilénica o con la soldadura eléctrica. Grandes piezas de maquinaria pueden soldarse en caliente con soldadura eléctrica de electrodos de hierro fundido.

## **2.5. Medidas de seguridad**

Será responsabilidad del núm.3, o del núm.4 en su defecto, el que se tomen las siguientes medidas de seguridad:

- a. La detección de fugas debe realizarse con soluciones de agua y jabón, siempre siguiendo las recomendaciones de los fabricantes de los sopletes.
- b. Asegurar las botellas en forma vertical sobre una superficie nivelada. Éstas nunca deben acostarse. Deben permanecer alejadas del área donde se utilice la llama y no deben exponerse a llamas directas u otras fuentes de ignición.
- c. Nunca se debe intentar un aumento de la presión en el gas mediante la aplicación de una llama directa a las botellas.
- d. Nunca deben abandonarse los sopletes de gas encendido y deben disponer de un dispositivo con el que se puedan colocar con la llama hacia arriba cuando no se estén utilizando.
- e. Asegurarse que las áreas donde se utilizan los sopletes de gas están correctamente ventiladas. La acumulación de gases en un área

cerrada sin ventilación puede causar asfixia e incluso la muerte de las personas que permanezcan ahí, o bien una explosión en caso de ignición.

- f.** No utilizar sopletes de gases cerca de materiales base solvente, aun cuando ya hayan sido aplicados si no están totalmente secos.
- g.** Las válvulas deben estar protegidas por una cubierta adecuada. Nunca se han de levantar las botellas por la válvula.
- h.** Los manipuladores deben utilizar siempre guantes, mangas largas, pantalones largos, botas, pantallas protectoras de la vista y ropa adecuada, deben permanecer a 15 metros del soplete, deben ser capaces de observar el área o la superficie a la cual se le va a aplicar fuego.

## 2.6. Prácticas para desarrollo del laboratorio

### Ejercicio 1

#### Depósito de cordones

Esta la operación que lleva como fin obtener la habilidad necesaria para depositar adecuadamente cordones sobre una placa, ya que se necesita una estabilidad en el movimiento como en el avance del cordón. Esta operación tiene utilidad en las soldaduras de relleno.

- **Proceso de ejecución**

**Primer paso:** Preparar el equipo desenrollando las mangueras y verificando que estén cerradas las llaves, luego colocarse el equipo de protección personal.

**Segundo paso:** Preparar el material, limpiándolo completamente con cepillo de alambre para quitarle las impurezas al metal como óxido o grasa, luego colóquelo en la parrilla o mesa para soldar, recordar que la pieza debe estar bien sujeta.

**Tercer paso:** Encender el soplete y graduar la llama. Para encender el soplete primero se debe de abrir la llave de los cilindros (acetileno y oxígeno), luego se abre la llave del acetileno del soplete, aquí se enciende con el chispero y se va graduando poco a poco el oxígeno para lograr obtener una llama carburante.

**Cuarto paso:** Puntear la pieza, para que no se abra o deforme el espacio al momento de soldar.



**Quinto paso:** Depositar el cordón, se aplica fundente a parte donde se va a soldar y en la punta de la varilla para soldar, pasar la llama sobre la pieza hasta que el fundente se seque. Iniciar a soldar cuando el fundente este casi licuando con el material, y la varilla de aporte en un ángulo de 50° a 60° y el soplete con un ángulo de 5° a 10°. Avanzar llevando el soplete y la varilla con movimiento en zig-zag.

### **Observaciones**

- a. Nunca se debe abandonar el soplete encendido.
- b. No tocar el metal que se ha terminado de soldar porque esta caliente, si es necesario usar unas tenazas o alicates.

## **Ejercicio 2**

### **Unión a tope**

Tiene por objeto unir piezas de espesores gruesos, para lo cual se hace un biselado previo a la ejecución de la soldadura con la finalidad de conseguir mayor resistencia. Esta clase de soldadura se efectúa únicamente en los casos en que no se cuenta con soldadura eléctrica.

### **Proceso de ejecución**

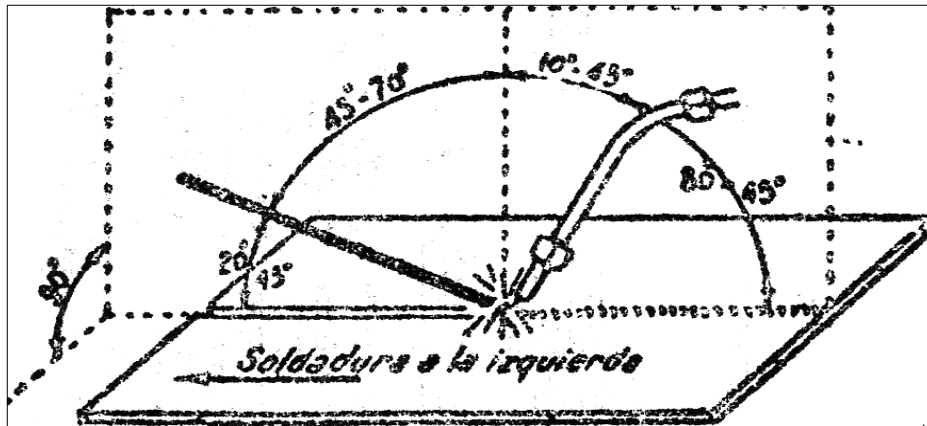
**Primer paso:** Preparar las piezas a utilizar, trazando y cizallando, luego enderezar las orillas por donde se va a soldar.

**Segundo paso:** Posicionar las piezas en posición plana, dejando un espacio de separación entre cada una de ellas de 3mm., o igual al diámetro del material de aporte.

**Tercer paso:** Encender y graduar el soplete, como se hizo en el ejercicio anterior.

**Cuarto paso:** Soldar, depositar el cordón llevando la inclinación de la varilla y el soplete según figura 36 y de derecha a izquierda.

Figura 36. Proceso de ejecución de unión a tope



### Observaciones

- Tratar de formar y llevar bien el cráter o charco de material fundido para obtener un buen cordón.
- No pegar demasiado la boquilla al cráter debido a poder ocasionar explosiones como lo indica la figura 37.
- En caso de una explosión de llama, cerrar las válvulas y limpiar la boquilla bien, luego encender de nuevo.

### **Ejercicio 3**

#### **Angulo interior**

Tiene por objeto soldar dos piezas que forman un ángulo interior entre si, por medio del deposito correcto del metal de aportación; su aplicación es frecuente en la fabricación de muebles y estructuras en general.

#### **Proceso de ejecución**

**Primer paso:** Preparar las piezas a utilizar, trazar y cizallar, luego se enderezan las orillas por donde se va a soldar.

**Segundo paso:** Unir las dos piezas formando un ángulo de 90° en si, luego puntear en las orillas y corregir si están todavía con el mismo ángulo, observe que no exista demasiada luz en el tope.

**Tercer paso:** Encender y graduar el soplete, como se hizo en el ejercicio anterior.

**Cuarto paso:** Soldar la unión, inclinar la boquilla de 20° a 40° con respecto a la pieza y fundir el metal base.

#### **Observaciones**

- a. Avanzar imprimiéndole a la boquilla un movimiento semicircular.
- b. Si el metal es delgado, el ángulo de la boquilla de ser menor a 45° respecto a la superficie de la pieza.
- c. Tomar en cuenta que lo más importante es el ángulo en que se sostienen el soplete y la velocidad de avance.

### 3. CORTE OXI-ACETILÉNICO

- **Oxicorte manual**

Se usan sopletes de aspiración equipados con una boquilla de presión. Para cortar chapas delgadas se usan “boquillas escalonadas”. Para grosores mayores se usan boquillas anulares ranuradas o de bloque. Se pueden recomendar también sopletes de oxicorte manual sin boquilla de presión con boquillas de corte que mezclan gases. Estas herramientas ofrecen gran seguridad respecto al retroceso de llamas. La presión del oxígeno para el corte suele ser de un orden de 6 bares como mínimo. La presión de trabajo correcta se puede consultar en la tabla de corte que viene troquelada en la boquilla. El diseño de la boquilla y la presión del oxígeno de corte se relacionan entre sí, por lo tanto, sólo tiene sentido establecer una presión mayor que la indicada en la tabla se produce una pérdida de presión en mangueras muy largas.

- **Manejo de las herramientas**

El núm. 3 del área de trabajo será responsable de que las herramientas se utilicen de manera segura, instruyendo en caso necesario a las personas que deban de utilizarlas. De manera general se deben seguir las siguientes recomendaciones:

- a. Consultar en la tabla de corte los parámetros de ajuste, que corresponden a la boquilla en cuestión.
- b. Ajustar las presiones de los gases con las válvulas abiertas.
- c. Usar el manómetro de comprobación.

- d. Ajuste de la llama de calentamiento.
- e. En primer lugar abrir del todo la válvula de oxígeno de combustión en el soplete.
- f. Abrir un poco la válvula de acetileno.
- g. Encender la mezcla.
- h. Ajustar en primer lugar el sobrante de acetileno.
- i. Después reducir el gas combustible hasta obtener una llama neutra.
- j. Abrir la válvula de oxígeno de corte; si es necesario, corregir la regulación de la llama neutra.

El chorro de oxígeno para el corte tiene que salir de la boquilla recto y cilíndrico y no debe fluctuar. La llama de calentamiento debe rodear el chorro de oxígeno de forma concéntrica.

La velocidad de corte depende de lo siguiente:

- a. Del tipo de corte: si es vertical u oblicuo, si es recto o curvilíneo; para cortes oblicuos y para cortes en curvas de radios pequeños, hay que reducir la velocidad según tabla siguiente.

**Tabla VII. Velocidad en función del tipo de corte**

TIPO DE CORTE	REDUCCIÓN DE VELOCIDAD (%)
Corte oblicuo de 30 <sup>0</sup>	25
Corte oblicuo de 45 <sup>0</sup>	45
Corte en curva	10

- b. De las exigencias para la superficie del corte, si se trata de un corte estructural o de separación.
- c. De la composición del material.

- d. De las características de la superficie del material, si está limpiada a chorro de arena, si tiene escorias, está oxidada o tiene una imprimación.
- e. De las características (suavidad de marcha) de la máquina.
- f. De la boquilla de corte elegida.

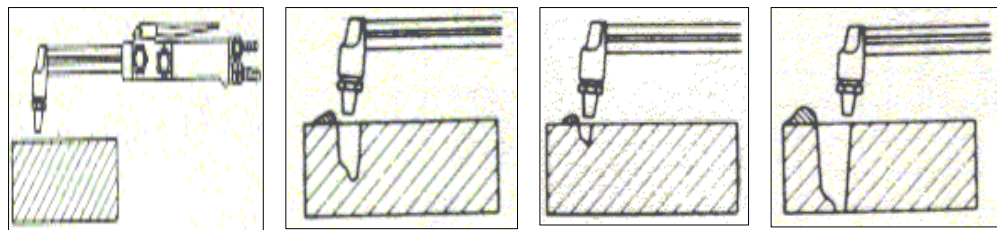
- **Técnicas de trabajo**

De modo general, el núm. 3 responsable del área de trabajo se encargará de que se sigan los siguientes pasos a la hora de iniciar los trabajos:

Iniciar el corte, practicando una perforación:

- a. Perforación manual:

**Figura 37. Pasos para perforación manual**



Precalear.

Para chapas gruesas, levantar un poco el soplete y moverlo lentamente hacia adelante.

Abrir paulatinamente la válvula de oxígeno de corte.

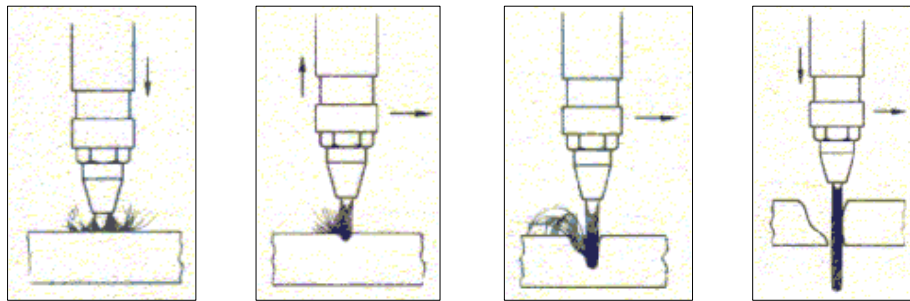
Perforación total.

- b. Perforar agujero con la máquina, guiando con la mano:

- Ajustar según la tabla de distancia de la boquilla de corte respecto a la chapa.

- Una vez alcanzada la temperatura de ignición (rojo claro, incandescencia ligeramente chispeante), conectar el avance de la máquina y abrir poco a poco la válvula de oxígeno de corte (válvula dosificador).
- Perforación automática: tomar los datos de ajuste de la tabla de perforación e introducirlos en el Control Automático.

**Figura 38. Pasos para perforación automática**



**c. Realización y secuencia de corte:**

Con la realización y la secuencia de cortes correctos puede evitarse en gran medida la deformación, que se produce por la aportación de calor de la llama. Se debe observar lo siguiente:

- Primero cortar los sectores interiores.
- Elegir el sentido de corte de tal forma que los recortes puedan separarse solos.
- Conviene que la pieza quede unida a la placa base el tiempo máximo posible.
- Cortar dentro del marco



### **3.1. Equipo para oxi-corte**

- **Cilindros**

- a. Las botellas de gases deben estar adecuadamente protegidas para evitar las caídas, ya sea mediante abrazaderas en la pared o fijadas a las carretillas en caso de quipos móviles.
- b. Comprobar la última fecha de prueba oficial que debe estar en el período de vigencia.
- c. Las válvulas de acetileno sin volante deben ir siempre provistas de la correspondiente llave para su manipulación en caso de emergencia.

- **Reductores de presión**

- a. El reductor de acetileno no deberá ajustarse nunca por encima de  $1.5\text{kg}/\text{cm}^2$  de presión de trabajo.
- b. El accionamiento del reductor de oxígeno deberá situarse siempre en posición vertical, dirigido hacia el suelo.
- c. Los reductores de presión deben estar provistos de dos manómetros, uno indica la presión del contenido de la botella, y el otro indica la presión de trabajo. Los manómetros deben encontrarse en correcto estado de funcionamiento.
- d. El manómetro que indica la presión de trabajo para el acetileno debe tener una marca roja en la línea de  $1.5\text{ Kg. }/\text{cm}^2$ .
- e. Las embocaduras de salida de los manómetros no deben estar orientados hacia otras botellas.

- **Elementos de seguridad**

Las salidas de los manómetros, tanto de acetileno como de oxígeno deben estar provistas de un dispositivo de seguridad que debe evitar el retroceso del gas, la propagación de la llama y el posterior vaciado de la botella.

- **Mangueras (conducción flexible de goma)**

Las mangueras deben encontrarse en perfecto estado de conservación para admitir la presión máxima de trabajo para las que han sido diseñadas.

Todas las uniones de mangueras, deben estar fijadas mediante abrazaderas de manera que impidan la desconexión accidental.

- **Conexiones**

Todas las conexiones deben ser completamente estancas. La comprobación se debe hacer mediante solución jabonosa neutra, nunca con llama

- **Soplete**

- a. El soplete debe trabajar correctamente a las presiones de trabajo y caudales indicados por el suministrador. La presión de trabajo de oxígeno viene indicada en la lanza, boquilla o instrucciones de manejo del soplete, así como los espesores de soldadura o corte.

La presión de acetileno no debe por lo general sobrepasar 0.8 kg/m<sup>2</sup>. La cantidad de acetileno a extraer de una sola botella es de 1000 l/h como máximo, para trabajos intermitentes 15/20 minutos, y de 500 l/h en trabajo continuado. Estos caudales no deben sobrepasarse ya que existe el riesgo de un retroceso de llama. Para caudales superiores a los indicados hay que consultar con el suministrador para instalar los elementos adecuados.

- b.** Las válvulas del soplete deben encontrarse en perfecto estado, permitiendo su fácil maniobra y ser completamente estancas.
- c.** Los pasos de las boquillas deben estar en perfecto estado. Para su limpieza utilizar los escariadores adecuados a fin de no dañar las boquillas.
- d.** Las boquillas deben guardarse en lugares protegidos de la suciedad y de los golpes.
- e.** Se debe comprobar periódicamente el efecto de aspiración del inyector del soplete, actuando del modo siguiente:
  - Cerrar la válvula de la botella de acetileno.
  - Desconectar la manguera de acetileno del soplete.
  - Ajustar la presión de oxígeno en el reductor.
- f.** Abrir las dos válvulas del soplete.
- g.** Comprobación del efecto de aspiración: en la conexión de acetileno del soplete se producirá una aspiración. Comprobación mediante el dedo o una hoja de papel fino.

### **3.2. Tipos de llama para realizar el corte**

La llama es un factor crítico para el correcto funcionamiento del soplete, la cantidad de calor producido por la llama depende de su tipo e intensidad. Se pueden obtener 3 tipos de llama: Oxidante, Carburante y Neutra, las que responderán según las proporciones de los gases utilizados.

- **Llama oxidante**

Posee mayor cantidad de Oxígeno. Utilizada normalmente para precalentamiento forzado, corte en chaflán y cortes de alta velocidad con baja calidad.

- **Llama neutra**

Caracterizada por su balanceada proporción de gas combustible y Oxígeno. Utilizada para la mayoría de las aplicaciones en Oxicorte.

- **Llama carburante**

Posee mayor cantidad de gas combustible. Esta posee un buen acabado, utilizada principalmente en el corte de chapas con espesores delgados y chapas apiladas.

- **La llama de precalentamiento**

Se produce por la mezcla de un gas combustible y O<sub>2</sub> y su función es calentar la pieza hasta su temperatura de ignición, limpiando además los óxidos y escoria superficiales. La alimentación de gases debe regularse hasta que esta sea neutra.

- **La llama de precalentamiento forzado**

Esta se utiliza con el fin de acelerar el proceso de precalentamiento, acortando así tiempos muertos.

### **3.3. Oxi-corte con máquina**

Los cortes a máquina se llevan a cabo de una manera muy similar a los cortes a mano.

Sin embargo, el avance del soplete es mucho más uniforme, lo que produce un corte más rápido y limpio pero al igual que en el oxicorte a mano para efectuar un buen corte se debe escoger la boquilla adecuada al grosor de la pieza que se corta, además la velocidad de avance se debe graduar correctamente a fin de evitar cortes defectuosos, el oxicorte a máquina se puede realizar en línea reta, en cilindros y círculos.

Hay que tomar en cuenta que el avance de corte de la máquina es hacia delante y hacia atrás el cual se puede cambiar mediante un interruptor.

También existen sopletes de aspiración para máquinas de oxicorte, que tienen una boquilla de presión con tubo de mezcla, donde se mezclan el acetileno y el oxígeno y son llevados hasta la boquilla de corte; o bien sopletes para boquillas mezcladoras de gases. (Anexo tabla VIII)

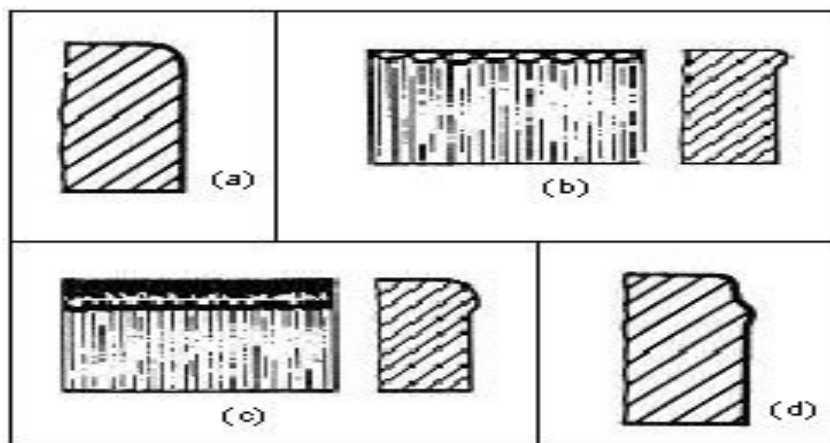
Es recomendable, y será responsabilidad del N3 del área de trabajo:

- a.** Cuidar las boquillas de corte.
- b.** Para su limpieza, usar el material suministrado por el fabricante. Nunca alambre o brocas.
- c.** Es importante que la boquilla de corte reciba el volumen de acetileno, oxígeno de combustión y oxígeno de corte, que es necesario para el espesor del corte en cuestión.
- d.** En la entrada del soplete tienen que existir las presiones de gases que figuran en las tablas de corte. Usar el manómetro de comprobación.

Es necesario tener en cuenta las pérdidas de presión ocasionadas por:

- a. Mangueras demasiado estrechas o largas.
  - b. Manómetros y órganos de cierre de dimensionado insuficiente.
  - c. Dispositivos de seguridad demasiado pequeños o innecesarios.
  - d. Cuidar las guías de desplazamiento de la máquina de oxicorte.  
Comprobar la velocidad de avance longitudinal y también transversal.
- **Defectos en el filo superior del corte**
    - a. Fusión de las esquinas. El filo del corte presenta un redondeo excesivo debido a la fusión del material en dicha zona, este defecto se debe principalmente a una velocidad de corte demasiado baja o a una llama de corte (presión de O<sub>2</sub>) demasiado fuerte. También puede ser por a una distancia boquilla-chapa demasiado grande ó pequeña o una mezcla con demasiado O<sub>2</sub> (figura 40a).
    - b. Formación de cadena de gotas fundidas. La cadena de gotas fundidas de la figura 40b, formadas sobre el filo de corte son debidas a suciedad, óxidos, etc. existentes en la superficie de la chapa. En segundo orden de magnitud pueden deberse a una distancia excesivamente pequeña entre boquilla-chapa.
    - c. Filo de corte colgante. La formación de un filo de corte colgante, con forma convexa sobre el filo ideal (a escuadra), se debe a una llama demasiado fuerte. Aún cuando la presión y mezcla de O<sub>2</sub> es correcta se puede producir este defecto si la distancia entre boquilla y chapa es pequeña o la velocidad de corte es excesivamente lenta (figura 40c).
    - d. Borde separado de la zona de corte con adherencia de escorias. En la figura 40d se puede observar este error causado generalmente por una distancia de la boquilla a la chapa demasiado grande. Cuando la distancia es la correcta, se puede producir por una presión del O<sub>2</sub> de corte demasiado alta.

Figura 39. Defectos propios de la arista superior del perfil cortado (Messer)



- **Defectos en la superficie del corte: Irregularidades**

Todas las desviaciones e irregularidades de la superficie ideal de corte se definen de acuerdo a la distancia entre dos planos paralelos, separados por la sangría y creados por contacto entre la llama y los puntos superior e inferior de la chapa sobre el perfil de corte. Teóricamente, el ángulo correcto de la chapa con la superficie cortada debe ser de  $90^\circ$ , de forma que la sangría debe permanecer constante a lo largo de todo el espesor de la chapa.

- a. Concavidad bajo el borde superior. La concavidad que se produce en la parte inmediatamente inferior al borde superior de la superficie de corte se debe a una presión de  $O_2$  demasiado alta, que produce un chorro turbulento inicialmente, volviéndose laminar al penetrar en la chapa.

Este tipo de daños revela también suciedades en la boquilla (figura 41a).

- b.** Estrechamiento del filo (sangría convergente). Este defecto se produce cuando ambas superficies de corte (derecha e izquierda), convergen hacia la parte inferior.

Claramente indica un chorro de corte débil que puede ser debido a una velocidad demasiado rápida, demasiada distancia de la boquilla con el material o una boquilla de diámetro demasiado pequeño para el espesor de la chapa que se quiere cortar (figura 41b).

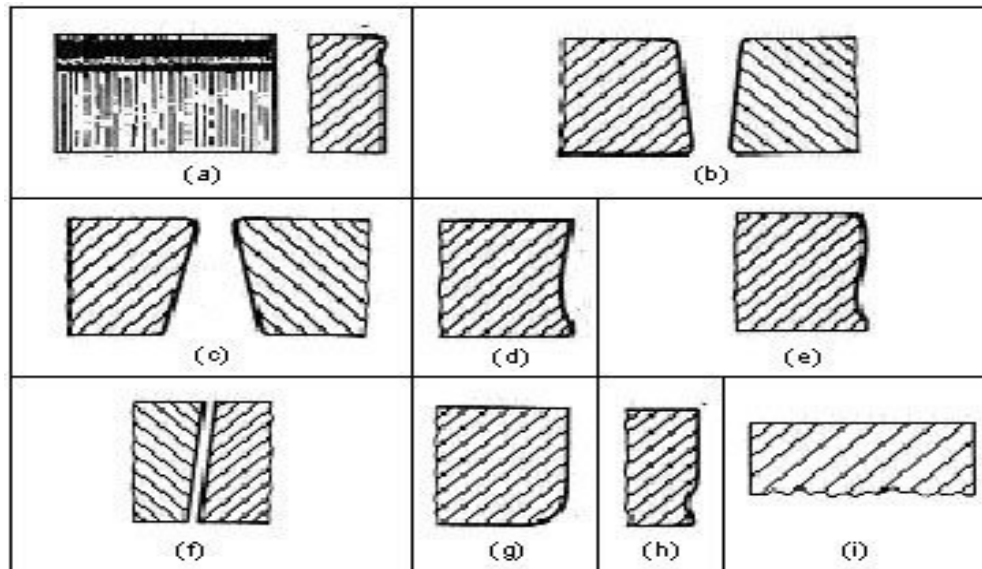
- c.** Ensanchamiento del filo (sangría divergente). Es el defecto contrario al anterior, se consideran también las causas opuestas (figura 41c).
- d.** Sección cóncava de la superficie del corte. La concavidad se produce a lo largo de toda la superficie, particularmente en la zona media (figura 41d). Se produce principalmente por una velocidad de corte demasiado rápida o por utilizar poca presión de O<sub>2</sub>. Otras causas secundarias se deben a la boquilla, diámetro pequeño para el espesor del material considerado, suciedad o deterioro, etc.
- e.** Sección ondulada de la superficie del corte. La sección transversal de corte presenta en este caso unas inflexiones cóncavas y convexas alternadas (figura 41e). Como en la mayoría de estos defectos, la alta velocidad de corte es la causa primordial. En este caso, el empleo de boquillas demasiado grandes o su vibración (causada por suciedad a lo largo de la guía, etc.) pueden también originar estas ondulaciones.
- f.** Superficie de corte desviada de la vertical. Si las superficies son paralelas, sin defectos en su interior, debemos presuponer que la presión, velocidad, y distancia de la boquilla son correctas. Por lo tanto, este defecto sólo puede ser debido a un incorrecto posicionamiento angular de la antorcha. Ocasionalmente puede producirse por defectos superficiales o suciedad en la chapa (figura 41f).
- g.** Borde inferior redondeado. En la figura 41g se observa este defecto, pudiendo ser más o menos severo en función de ciertos daños sufridos



por la boquilla. También puede producirse cuando la velocidad de corte es muy alta (flujo muy turbulento de la llama).

- h. Escalón en el borde inferior. Se trata de un defecto similar al anterior. Las causas son también las mismas aunque predominando el exceso de velocidad (figura 41h)
- i. Dirección defectuosa del corte y superficie transversal ondulada. La superficie de corte no sigue una línea recta, sino que presenta un contorno ondulado (figura 41i). Esta irregularidad en la dirección del corte se debe principalmente al exceso de velocidad o al elevado contenido de los aleantes. Causas secundarias pueden ser la suciedad o daños en la boquilla, contenido en Carbono elevado o llama con exceso de gas comburente. Si el control de la velocidad se hace de forma irregular también se manifiesta de esta forma.

**Figura 40. Defectos en la superficie de corte**



- **Defectos en la superficie del corte: marcado**

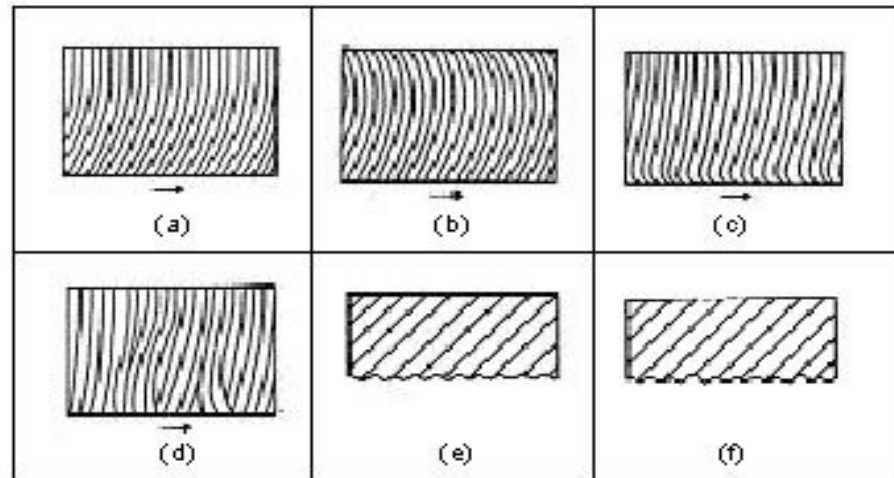
La separación y dirección de las líneas de marcado, forman un patrón que delata cómo se está realizando el proceso. Las normas DIN 2310 y EN

1090-1-993, detallan cual debe ser el patrón de marcado ideal y qué profundidad pueden tener las marcas. El patrón ideal debe tener las marcas formando ángulo recto con el borde superior del corte y una pequeña desviación hacia atrás en el sentido de la marcha, con el borde inferior. Cualquier desviación, tanto en la dirección de las líneas de marcado como en la profundidad, denotará un mal empleo de alguno de los parámetros.

- a.** Excesiva deflexión del marcado inferior. Es un defecto muy usual en este tipo de procesos y quizás el menos importante. La excesiva velocidad de corte es la causa principal. Cuando las exigencias de acabado no sean muy severas, es preferible utilizar una alta velocidad de corte aún cuando las marcas presenten dicha deflexión (figura 42a).
- b.** Marcado superior con deflexión. El patrón superior se encuentra trasladado hacia la parte de atrás. Se debe a un ángulo incorrecto de la antorcha en la dirección del corte. (figura 42b).
- c.** Excesiva deflexión del marcado inferior hacia adelante. Normalmente indica que hay un defecto en la boquilla que produce un flujo de la llama muy turbulento (figura 42c).
- d.** Deflexiones locales del patrón de marcado. Las irregularidades de las marcas del patrón que se manifiestan por deflexiones en uno u otro sentido (hacia adelante o hacia atrás) como las de la figura 42d, son causadas por líneas de segregación, inclusiones distribuidas (de zonas con distinta concentración de aleantes), inclusiones de escoria y otros defectos similares sobre la chapa.
- e.** Profundidad del marcado excesivo. Cuando en sentido transversal al corte, la profundidad de las marcas es excesiva, e independientemente del patrón de marcado que quede grabado sobre la superficie, esto indica que la velocidad de desplazamiento de la antorcha es demasiado alta o irregular. También puede deberse a una distancia demasiado corta entre boquilla-chapa (figura 42e). Irregularidades en la profundidad del marcado. Las diferencias en cuanto a las profundidades de marcado, pasando desde un marcado normal al del

caso anterior y viceversa (figura 43f), ponen de manifiesto que se ha producido irregularidad o exceso en la velocidad de corte.

**Figura 41. Defectos en la superficie del corte: Marcado (Messer)**



- **Defectos en la superficie del corte: Cortes incompletos**

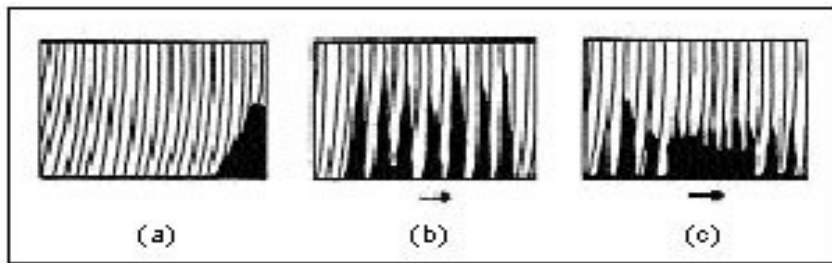
Son defectos caracterizados por la pérdida de continuidad del corte, produciendo defectos de separación, total o parcial, entre las superficies de corte.

- Zonas aisladas de corte interrumpido. En la figura 43a, se puede observar un defecto de este tipo, que se manifiesta por la aparición de un triángulo de material remanente, no cortado, en la parte inferior. Como es de esperar, se debe a una velocidad de corte excesiva o a una llama demasiado débil que no traspasa todo el espesor de la chapa.
- Grupos de zonas de corte interrumpido. Cuando se produce el mismo defecto anterior, pero esta vez en forma de grupos aislados e irregulares distribuidos a lo largo de una zona, significa no sólo que la velocidad es demasiado alta (llama demasiado débil) sino que además

hay zonas oxidadas, escoria, etc. en la superficie de la chapa (figura 43b).

- c. Zonas erosionadas en la parte inferior. Este fenómeno, caracterizado por grandes zonas erosionadas, durante intervalos irregulares, situados en la parte inferior (figura 43c), es una consecuencia usual del empleo de una velocidad de corte excesivamente lenta.

**Figura 42. Defectos en la superficie de corte: Cortes Incompletos (Messer)**



- **Defectos por adhesión de escoria**

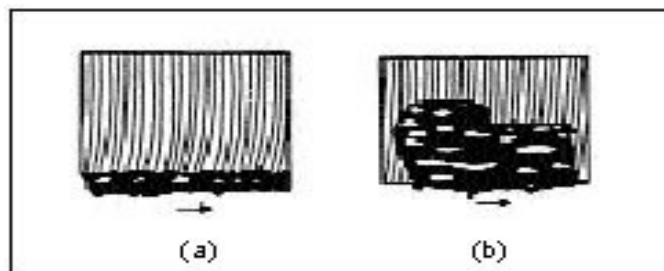
Los depósitos de escoria en la parte inferior o central de la superficie del corte son un defecto muy perjudicial para el proceso puesto que sólo pueden ser eliminados con dificultad.

- a. Barras de escoria adherida en la parte inferior. La formación de una "cadena" de escoria en el borde inferior de la superficie de corte (figura 44a) puede deberse a valores excesivamente bajos de la velocidad, aunque la causa más usual consiste en el empleo de boquillas demasiado pequeñas para el espesor. Otras causas secundarias son, una llama demasiado fuerte, o una llama con alto contenido de gas comburente.
- b. Zonas de escoria incrustada en la superficie de corte. El defecto que se observa en la figura 44b, se debe a un contenido en aleantes demasiado alto. 3.6.

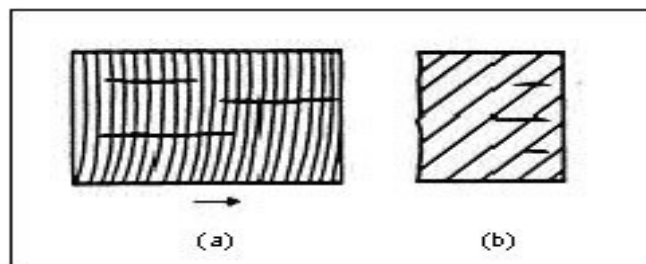
Defectos de agrietamiento, las grietas pueden aparecer dentro o sobre la superficie de corte y son atribuibles al material. Las grietas visibles (sobre la superficie) son más frecuentes que las internas.

- c. Grietas en la superficie de corte. Las grietas que se esquematizan en la figura 45a, siempre visibles externamente, se producen por contenido en carbono o en aleantes demasiado elevado, acero susceptible a rotura térmica, insuficiente tratamiento térmico de la pieza, enfriamiento demasiado rápido, etc.
- d. Grietas internas en las proximidades a la superficie de corte. Las grietas aparecen dentro de la chapa, en zonas cercanas a la superficie de corte, sólo son visibles en una sección transversal (figura 45b). Las causas son análogas a las del caso anterior.

**Figura 43. Defectos por adhesión de escoria (Messer)**



**Figura 44. Defectos de agrietamiento (Messer)**



Normalmente, los fabricantes de máquinas de corte, controles numéricos e incluso los suministradores de los gases, elaboran tablas que resumen las causas y los defectos más comunes. En ocasiones, estas tablas de "consejos prácticos" llegan a establecer causas de distinto orden de magnitud para un mismo tipo de fallo, transformándose en auténticos manuales de usuario.

Todos los problemas mencionados hasta el momento tienen que ver con parámetros tecnológicos en los que no interviene directamente la generación de trayectorias. Con controles numéricos que permiten programar la velocidad de corte, la presión de los gases, e incluso la distancia de la boquilla a la chapa (sistema de control de distancia con palpador), se solucionan fácilmente y no supondrán ninguna dificultad al momento de la programación automática utilizando un sistema CAD/CAM.

Sin embargo, los problemas que se presentan en el siguiente capítulo sí requieren una programación específica, y actualmente sólo se pueden abordar con éxito cuando se dispone de un sistema CAM muy especializado.

### 3.4. Prácticas para desarrollo del laboratorio

#### PROCESO DE EJECUCIÓN

Operación utilizada para seccionar aceros comunes de determinados perfiles valiéndose de una máquina con motor eléctrico en donde va acoplado un soplete cortador. Esta operación se utiliza en la construcción de barcos y estructuras en general.

**PRIMER PASO:** Preparación de la pieza, trazándola con un rayador donde se efectuará el corte y cuando sea necesario una mayor visibilidad hacer el trazo con un punzón.

**SEGUNDO PASO:** Preparación del equipo, colocando la pieza sobre una mesa de corte.

- Dependiendo de la forma de la pieza así será la guía, sin embargo la más común es la de la línea recta.
- La forma de la guía varía dependiendo de la marca de la máquina.
- Coloque la boquilla de corte adecuado al grosor de la pieza.
- Ajuste la altura de la boquilla de corte.
- Ajuste la distancia de corte, la altura más conveniente de la boquilla de corte es a 5mm. mas o menos de la pieza

**PRECAUCIÓN:** Antes de enchufar la espiga de la máquina verifique su voltaje para evitar quemarla.

**TERCER PASO:** Ajuste la velocidad de avance de corte.

- Ponga a funcionar la máquina accionando el interruptor.
- Verifique visualmente la velocidad.

- Ajuste la velocidad si es necesario, por lo regular es por medio de un selector dependiendo el modelo de la máquina.

**CUARTO PASO:** Encienda el soplete y gradúe la llama.

- Regule las presiones de trabajo de acuerdo al grosor del material.
- Encienda el soplete.
- Abra la válvula de oxígeno para regular la llama hasta conseguir la llama neutra.
- Abra la válvula de alta presión del oxígeno en el soplete cortador para comprobar la salida y presión de este gas.

**QUINTO PASO:** Cortar

- Acerque la boquilla del soplete, al extremo del trazo de corte.
- Precaliente el inicio del corte hasta alcanzar un color rojo blanco.
- Abra la válvula de alta presión de oxígeno.
- Avance accionamiento el interruptor de la máquina.
- Al finalizar el corte cierre la válvula de alta presión de oxígeno.

**OBSERVACIONES:**

- a. La máquina puede avanzar hacia delante o hacia atrás.
- b. Cuando el corte se interrumpa, cierre la válvula de alta presión del oxígeno, reinicie el precalentamiento y repita el quinto paso.

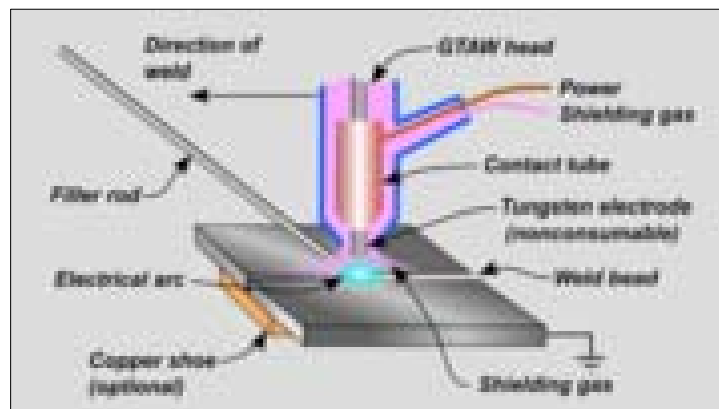


## 4. TIPOS DE SOLDADURAS ESPECIALES

### 4.1. Soldadura TIG

La soldadura TIG (*Tungsten Inert Gas*), por sus siglas en inglés, se caracteriza por el empleo de un electrodo permanente de tungsteno, aleado a veces con torio o zirconio en porcentajes no superiores a un 2%. Dada la elevada resistencia a la temperatura del tungsteno (funde a 3410°C), acompañada de la protección del gas, la punta del electrodo apenas se desgasta tras un uso prolongado. Los gases más utilizados para la protección del arco en esta soldadura son el argón y el helio, o mezclas de ambos.

Figura 45. Esquema de la soldadura TIG



La gran ventaja de este método de soldadura es, básicamente, la obtención de cordones más resistentes, más dúctiles y menos sensibles a la corrosión que en el resto de procedimientos, ya que el gas protector impide el contacto entre el oxígeno de la atmósfera y el baño de fusión.

Además, dicho gas simplifica notablemente el soldeo de metales ferrosos y no ferrosos, por no requerir el empleo de desoxidantes, con las deformaciones o inclusiones de escoria que pueden implicar. Otra ventaja de la soldadura por arco en atmósfera inerte es la que permite obtener soldaduras limpias y uniformes debido a la escasez de humos y proyecciones; la movilidad del gas que rodea al arco transparente permite al soldador ver claramente lo que está haciendo en todo momento, lo que repercute favorablemente en la calidad de la soldadura. El cordón obtenido es por tanto de un buen acabado superficial, que puede mejorarse con sencillas operaciones de acabado, lo que incide favorablemente en los costes de producción. Además, la deformación que se produce en las inmediaciones del cordón de soldadura es menor.

Como inconvenientes está la necesidad de proporcionar un flujo continuo de gas, con la subsiguiente instalación de tuberías, bombonas, etc., y el encarecimiento que supone. Además, este método de soldadura requiere una mano de obra muy especializada, lo que también aumenta los costes. Por tanto, no es uno de los métodos más utilizados sino que se reserva para uniones con necesidades especiales de acabado superficial y precisión.

**Figura 46. Soldando con arco de tungsteno**



### • Soldadura por electrodo no consumible protegido

El objetivo fundamental en cualquier operación de soldadura es el de conseguir una junta con la misma característica del metal base. Este resultado sólo puede obtenerse si el baño de fusión está completamente aislado de la atmósfera durante toda la operación de soldeo. De no ser así, tanto el oxígeno como el nitrógeno del aire serán absorbidos por el metal en estado de fusión y la soldadura quedará porosa y frágil. En este tipo de soldadura se utiliza como medio de protección un chorro de gas que impide la contaminación de la junta. Tanto este como el siguiente proceso de soldeo tienen en común la protección del electrodo por medio de dicho gas. La soldadura por electrodo no consumible, también llamada TIG, se caracteriza por el empleo de un electrodo permanente que normalmente, como indica el nombre, es de tungsteno.

**Figura 47. Accesorios para soldadura TIG**



Este método de soldadura se patentó en 1920, pero no se empezó a utilizar de manera generalizada hasta 1940, dado su coste y complejidad técnica.

A diferencia en las maquinas de soldaduras con electrodo consumible, en este caso el metal que formará el cordón de soldadura debe ser añadido externamente, a no ser que las piezas a soldar sean específicamente delgadas y no sea necesario. El metal de aportación debe ser de la misma composición o similar que el metal base; incluso, en algunos casos, puede utilizarse satisfactoriamente como material de aportación una tira obtenida de las propias chapas a soldar.

La inyección del gas a la zona de soldeo se consigue mediante una canalización que llega directamente a la punta del electrodo, rodeándolo. Dada la elevada resistencia a la temperatura del tungsteno (funde a 3410 °C), acompañada de la protección del gas, la punta del electrodo apenas se desgasta tras un uso prolongado. Es conveniente, eso sí, repasar la terminación en punta, ya que una geometría poco adecuada perjudicaría en gran medida la calidad del soldado. Respecto al gas, los más utilizados son el argón, el helio, y mezclas de ambos. El helio, gas noble (inerte, de ahí el nombre de soldadura por gas inerte) es más usado en los Estados Unidos, dado que allí se obtiene de forma económica en yacimientos de gas natural. Este gas deja un cordón de soldadura más achatado y menos profundo que el argón. Este último, más utilizado en Europa, por su bajo precio en comparación con el helio, deja un cordón más triangular y que se infiltra en la soldadura. Una mezcla de ambos gases proporcionará un cordón de soldadura con características intermedias entre los dos.

La soldadura TIG se trabaja con corrientes continua y alterna. En corriente continua y polaridad directa, las intensidades de corriente son del orden de 50 a 500 amperios. Con esta polarización se consigue mayor penetración y un aumento en la duración del electrodo. Con polarización inversa, el baño de fusión es mayor pero hay menor penetración; las intensidades oscilan entre 5 y 60amp. La corriente alterna combina las ventajas de las dos anteriores, pero en contra da un arco poco estable y difícil de cebar.

La gran ventaja de este método de soldadura es, básicamente, la obtención de cordones más resistentes, más dúctiles y menos sensibles a la corrosión que en el resto de procedimientos, ya que el gas protector impide el contacto entre la atmósfera y el baño de fusión. Además, dicho gas simplifica notablemente el soldeo de metales no ferrosos, por no requerir el empleo de desoxidantes, con las deformaciones o inclusiones de escoria que pueden implicar. Otra ventaja de la soldadura por arco con protección gaseosa es que permite obtener soldaduras limpias y uniformes debido a la escasez de humos y proyecciones; la movilidad del gas que rodea al arco transparente permite al soldador ver claramente lo que está haciendo en todo momento, lo que repercute favorablemente en la calidad de la soldadura. El cordón obtenido es de un buen acabado superficial, puede mejorarse con sencillas operaciones de acabado, lo que incide favorablemente en los costes de producción. Además, la deformación que se produce en las inmediaciones del cordón de soldadura es menor.

Como inconvenientes está la necesidad de proporcionar un flujo continuo de gas, con la subsiguiente instalación de tuberías, bombonas, etc., y el encarecimiento que supone. Además, este método de soldadura requiere una mano de obra muy especializada, lo que también aumenta los costes. Por tanto, no es uno de los métodos más utilizados sino que se reserva para uniones con necesidades especiales de acabado superficial y precisión.

- **Fundamentos y teoría de soldadura por arco eléctrico con electrodo de tungsteno y gas inerte.**

El desarrollo de la soldadura mediante el proceso "TIG" hace que sean las soldaduras más limpias y puras comparadas con otros métodos, consecuentemente el proceso "TIG" ha hecho una significativa contribución al desarrollo de la industria de la soldadura.

El proceso "TIG" es actualmente empleado por la industria en la fabricación de una amplia variedad de productos.

- **Equipo para soldar con el proceso "TIG".**

Se describirá brevemente las máquinas soldadoras que se emplean y sus razones especiales en cuanto a las distintas corrientes eléctricas que nos deben suministrar como fuentes de poder.

Se considera como una máquina soldadora para proceso "TIG" la que reúne en un sólo paquete o gabinete, un transformador de corriente alterna que esté tan bien construido que proporcione desde 5 amperios. Hasta 500 amperios, que son los rangos ideales para soldar desde laminilla hasta placa gruesa.

- **Corriente alterna**

Los términos positivos y negativos pierden su significado en la corriente alterna, así como las conexiones en soldadura son simplemente llamados electrodos y trabajo: las normas en transformadores de soldadura de corriente alterna, tienen una variación de voltaje entre 70 y 80 Voltios de circuito abierto en el Arco. Dichas soldaduras tienen una unidad de alta frecuencia de voltaje alto, que se necesita sobre puesto al voltaje de soldadura para la estabilización del Arco, sobre todo en el soldado del Aluminio. Este paquete también contiene un banco rectificador de la corriente alterna, para que proporcione esta máquina corriente continúa, a dicha corriente puede cambiársele su polaridad.

En polaridad directa los electrones mantienen la mayor parte de la conducción de la corriente y fluyen del cátodo a terminal negativa y el ánodo o terminal positiva. Los iones fluyen en la dirección opuesta de la terminal positiva a la terminal negativa; esas partículas iónicas están cargadas positivamente y son átomos que han perdido uno o más de sus electrones orbitales. La polaridad directa en el proceso de soldadura "TIG" prácticamente se utiliza en todos los metales, con la excepción de los que forman óxidos como el Aluminio.

La polaridad invertida consiste en cambiar el viaje de la corriente mediante las conexiones exactamente opuestas a las de la polaridad directa, quedando el electrodo conectado a la terminal positiva y el trabajo conectado a la terminal negativa.

El paquete también trae un juego de válvulas solenoides actuadas con un switch de control remoto que también conecta la alta frecuencia, pero al actuar los solenoides abren o cierran el paso del agua por el sistema de enfriamiento del equipo y del gas Argón o Helio.

Dicho switch de control remoto hace que al actuar conecta un control de tiempo para suministrar un post-flujo al criterio del soldador, en cuyo tiempo sigue fluyendo el agua y el gas, pues esta es necesario para enfriar el equipo y todo su sistema.

Ya que hemos descrito en una forma somera cómo debe ser la fuente de poder ideal para el proceso "TIG", cabe hacer la observación que si no se cuenta con ella, se puede adaptar cualquier otra soldadora aunque no sea tan completa, pueda dar la corriente que se ajuste a sus necesidades y para ello, solo acondicionará una válvula economizadora de gas y agua al sistema del equipo.

El Gas Helio es un gas monoatómico y tiene un peso atómico de 4 UMA, el voltaje del Arco del gas Argón es considerablemente menor que el del gas Helio, por ejemplo: si una longitud constante del Arco de 1/16" (16 mm) de pulgada es apropiado, el voltaje del Arco de gas Argón puede ser alrededor de 11 Voltios, donde el Arco de voltaje de Gas Helio puede ser de 17 Voltios a 300 amperios, esto motiva un arco de gas Argón de 3300 vatios y un arco de gas Helio de 5100 vatios, para usarse.

Para obtener 5100 vatios con gas Argón, puede requerir una alzada de 465 amperios, sin embargo esta corriente ha aumentado el poder de la fuerza del Arco y causa socavado.

El gas Argón produce un Arco más estable que el gas Helio. En la soldadura con el proceso "TIG", la estabilidad del Arco está críticamente a fin de la densidad del ambiente atmosférico, el gas Argón tiene mucha más alta densidad que el gas Helio, por un factor de casi 10 a 1. (Ver en la última página las tablas en relación con su peso, volumen, estado líquido y gaseoso).

Otro aditamento indispensable para soldar con este proceso es el maneral, cuyo papel es sujetar el electrodo de Tungsteno, conducir la corriente nominal y el flujo de gas Argón, para formar una pantalla protectora al momento de establecer el Arco Eléctrico; el sistema de enfriamiento del agua deberá ser muy adecuado ya que es exclusivamente para enfriar la cámara de distribución del maneral que estando en condiciones normales de trabajo, se encontrará en extremas condiciones de altas temperaturas, lo mismo que enfriará el cable de corriente eléctrica que esta llegando al Arco. En lugares donde la presión del agua es deficiente, considerando que ésta tarea deberá tener 1 kilogramo de presión en la conexión de salida, es decir donde termina de pasar por la manguera del cable de corriente o en trabajos de obra en el campo donde se encuentra casi siempre que están tratando de



soldar en las alturas, o donde el agua escasea; se impone el uso de un recirculador del agua, que a la vez cierre el circuito, la enfríe y mande al sistema, a la presión adecuada.

Se recomienda en estos equipos las boquillas metálicas refractarias, ya que las de cerámica no soportan el uso rudo, ni los cambios bruscos de temperatura.

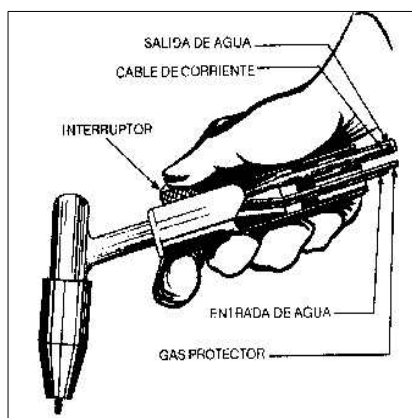
- **Equipo básico**

El equipo básico para la soldadura GTAW es:

1. Una máquina para soldar con arco y sus cables.
2. Un suministro de gas inerte con mangueras, reguladores, etc.
3. Un suministro de agua (para algunos tipos de sopletes).
4. Un soplete en el cual se conecta todo lo anterior y que sirve también como porta electrodo y mango. Puede tener también un interruptor para controlar todos los sistemas conectados en el mango del soplete.

- **El soplete para GTAW**

**Figura 48. Soplete para GTAW**

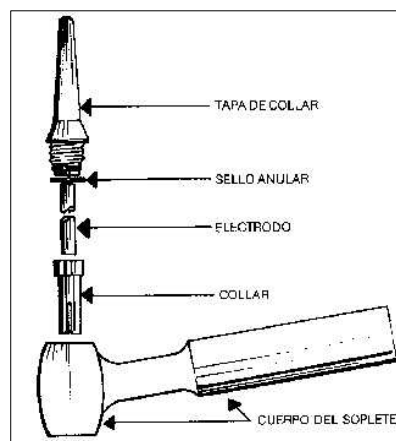


Como el proceso básico GTAW es de soldadura de arco, es interesante mencionar que el primer soplete para GTAW fue un porta electrodo normal,

que llevaba además un electrodo de tungsteno y un tubo de cobre para el suministro del gas inerte.

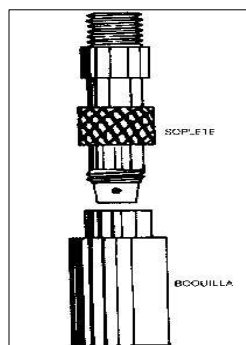
El soplete GTAW actual consta de un mango, un conjunto de collar para el electrodo y una boquilla o tobera

**Figura 49. Collar**



El collar está disponible en diámetros de acuerdo con los de los electrodos. Su finalidad principal es alojar, fijar el electrodo y permitir el paso de la corriente para soldar. La tapa del collar protege al electrodo contra daños o contaminación y se hace en tamaños adecuados a la longitud del electrodo.

**Figura 50. Boquillas (toberas)**



Las boquillas (toberas) para la soldadura GTAW son de dos tipos generales: cerámica y metal. Las boquillas de cerámica se utilizan con sopletes enfriados por aire; las de metal, con soplete enfriados por agua. El propósito principal de la boquilla es proteger el electrodo y dirigir el gas protector.

- **Gases protectores**

Los dos gases inertes con uso más extenso en la GTAW, son el argón y el helio. Inerte significa simplemente que un gas u otro elemento no reaccionan ni se combina con otros elementos. El propósito del gas es proteger la soldadura y el electrodo contra la contaminación por la atmósfera ambiente. Se recomienda el argón para la soldadura GTAW manual porque se necesitan 2.5 veces más de helio para producir los mismos efectos que el argón. Sin embargo, se prefiere el helio para la soldadura GTAW automática y semiautomática porque produce un arco más caliente y de mayor penetración.

Algunos fabricantes han experimentado con mezclas de argón y helio con excelentes resultados. Para la soldadura de aluminio y sus aleaciones, la mezcla de argón y helio permitirá mayores velocidades y más penetración de la soldadura que el argón por sí solo. De todos modos, se tienen las principales ventajas de éste, con mayor facilidad para formar el arco, mejor acción de limpieza y menor consumo de gas. En fechas recientes, se han obtenido buenos resultados con adiciones de hidrógeno y nitrógeno al argón para soldar los aceros inoxidable, pues evitan la decoloración del cordón en el metal. El argón, mucho más denso que el helio, da mejor protección cuando se suelda hacia abajo. El helio dará mejor protección para soldadura en posiciones incómodas (en especial sobre la cabeza) porque no es tan denso. Aunque con el helio se pueden lograr un arco más caliente y mejor penetración, es probable que se produzca deformación del metal base si se

utilizan secciones delgadas. Por tanto, en las industrias, se utiliza el argón para secciones de metal delgadas.

- **Técnica para el uso del proceso de soldadura "TIG"**

**Esfera de aplicación:** Debe tomarse nota que, aunque ciertas recomendaciones son aplicables a la soldadura automática con gas inerte y Arco de Tungsteno están propuestas para la soldadura manual de material hasta de 1/2 pulgada (12.7 mm.).

**Equipo:** Los manerales para soldar pueden ser enfriados con aire o con agua y estos pueden usar boquillas de cerámica o de metal. El tipo enfriado por aire normalmente se emplea para baja corriente, para calibres livianos con ciclos de trabajos cortos. Corrientes para soldar más de 130 amperios, debe usarse un maneral enfriado por agua para corrientes soldadores de más de 200 Amperios, o cuando se usa continuamente por largos periodos, debe usarse un maneral con boquilla metálica y enfriada por agua a presión.

Los electrodos de tungsteno pueden ser tipo sencillo o activado, a juicio del usuario, recordando que debe usarse de acuerdo con la teoría.

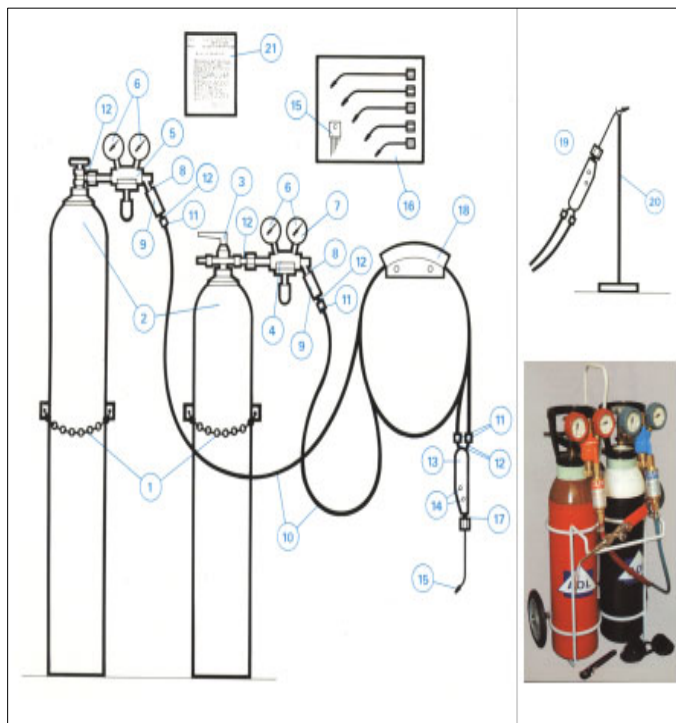
El equipo eléctrico requiere muy poco mantenimiento; pero el maneral, conexiones, reguladores de gas y *switchs* requieren una inspección metódica buscando deterioros. Se debe seguir las instrucciones de los fabricantes. Hay que tener cuidado que no haya en las tuberías de agua y gas averías debidas a quemaduras o causas mecánicas. Todas las conexiones en la línea de gas deben estar escrupulosamente limpias así como los tubos no deben tener humedad ni grasa.

Los electrodos de Tungsteno no deben tener contaminación en sus condiciones y no debe ser excesiva la salpicadura interna. El tamaño de la boquilla usada debe proporcionar una pantalla adecuada de gas a la soldadura.

Los electrodos de Tungsteno no deben tener contaminación en su superficie antes de empezar a soldar, si se contaminan al soldar deben pasarse por un momento sobre material de desperdicio para quitar la contaminación; si con esto no es suficiente debe sacarse el electrodo y esmerilar la punta.

Los cilindros con gas Argón no deben usarse cuando tengan una presión de menos de 1.5 Kg. /cm<sup>2</sup> porque hay peligro de contaminación atmosférica.

**Figura 51. Cilindros con gas argón**



## **Ventajas de la soldadura GTAW**

- Con GTAW, el metal fundido tiene máxima protección contra la contaminación por la atmósfera circundante.
- Debido a que no se utiliza fundente, no hay riesgo de inclusiones en la soldadura. Además, no hay necesidad de eliminar los residuos de fundente.
- La GTAW bien hecha permite soldaduras muy tersas, por lo cual este proceso es adecuado para recipientes de alimentos o medicamentos, donde los residuos de material orgánico en descomposición que se guardan en las irregularidades podrían tener serias consecuencias.
- Como no hay salpicaduras de soldadura, se reduce mucho el tiempo para la limpieza.
- En comparación con la soldadura de oxiacetileno, la GTAW se puede trabajar a velocidades más altas y con menos deformación.

### **4.2. Soldadura MIG**

Dependiendo del tipo de gas se utiliza la siguiente nomenclatura:

MIG: Si se emplea un gas inerte como protección.

MAG: Si se emplea un gas activo como protección.

## **Procedimiento MIG y MAG.**

La soldadura por arco con hilo electrodo fusible y protección gaseosa (procedimiento MIG y MAG) utiliza como material de aportación un hilo electrodo continuo y fusible, que se alimenta automáticamente, a través de la pistola de soldadura, a una velocidad continua pero regulable. El baño de fusión está completamente cubierto por un chorro de gas protector, que también se suministra a través de la pistola.

El procedimiento puede ser totalmente automático o semiautomático. Cuando la instalación es totalmente automática, la alimentación del alambre, la corriente de soldadura, el caudal de gas y la velocidad de desplazamiento a lo largo de la unión, se regulan previamente a los valores adecuados, y luego, todo funciona de forma automática.

En la soldadura semiautomática la alimentación del alambre, la corriente de soldadura y la circulación de gas, se regulan a los valores convenientes y funcionan automáticamente, pero la pistola hay que sostenerla y desplazarla manualmente. El soldador dirige la pistola a lo largo del cordón de soldadura, manteniendo la posición, longitud del arco y velocidad de avance adecuados.

- **Ventajas y limitaciones de la soldadura MIG/MAG.**

A continuación se citan algunas de las ventajas más importantes de este procedimiento.

Puesto que no hay escoria y las proyecciones suelen ser escasas, se simplifican las operaciones de limpieza, lo que reduce notablemente el costo total de la operación de la soldadura.

En algunos casos, la limpieza del cordón resulta más cara que la propia operación de soldeo, por lo que la reducción de tiempo de limpieza supone la sensible disminución de los costos.

Fácil especialización de la mano de obra. En general, un soldador especializado en otros procedimientos, puede adquirir fácilmente la técnica de la soldadura MIG/MAG en cuestión de horas. En resumidas cuentas todo lo que tiene que hacer el soldador se reduce a vigilar la posición de la pistola, mantener la velocidad de avance adecuada y comprobar la alimentación de alambre se verifica correctamente.

Gran velocidad de soldadura, especialmente si se compara con el soldeo por arco con electrodos revestidos. Puesto que la aportación se realiza mediante un hilo continuo, no es necesario interrumpir la soldadura para cambiar electrodo. Esto no solo supone una mejora en la productividad, sino también disminuye el riesgo de defectos. Hay que tener en cuenta las interrupciones, y los correspondientes empalmes, ya que son con frecuencia, origen de defectos tales como inclusiones de escoria, falta de fusión o fisuras en el cráter.

- Se puede realizar el soldeo en cualquier posición.
- La gran velocidad del procedimiento MIG/MAG también influye favorablemente en el aspecto metalúrgico de la soldadura. Al aumentar la velocidad de avance, disminuye la amplitud de la zona afectada de calor, hay menos tendencia de aumento del tamaño del grano, se aminoran las transformaciones de estructura en el metal base y se reducen considerablemente las deformaciones.



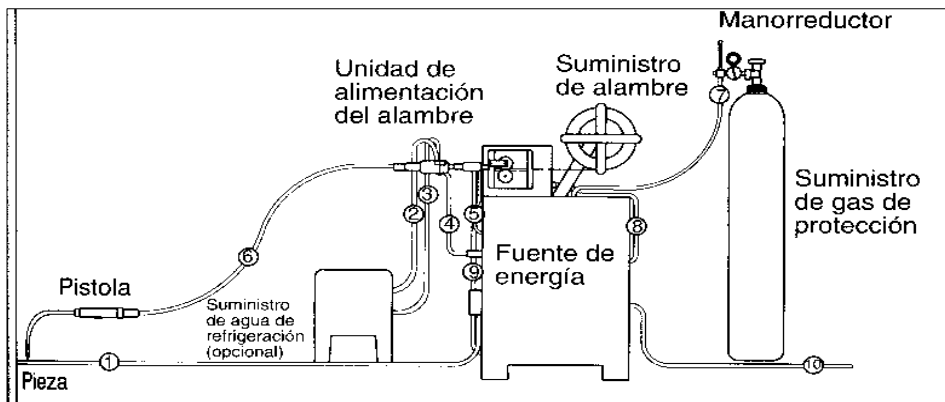
- Las buenas características de penetración del procedimiento MIG/MAG permiten la preparación con bordes más cerrados, con el consiguiente ahorro de material de aportación, tiempo de soldadura y deformación. En las uniones mediante cordones en ángulo también permite reducir el espesor del cordón en relación con otros procedimientos de soldeo.

- **Equipo de soldeo.**

El equipo de soldeo para la soldadura MIG/MAG está constituido fundamentalmente por:

- Cable de masa.
- Agua o aire hacia la pistola.
- Agua o aire desde la pistola.
- Conexión del interruptor de la pistola.
- Gas de protección hacia la pistola.
- Conjunto de cables.
- Gas de protección desde el cilindro o botella.
- Conexión de control.
- Cable de la pistola.
- Suministro de energía.

**Figura 52. Equipo de soldeo**



- **Corriente de soldadura.**

El tipo de corriente tiene una gran influencia sobre los resultados de la soldadura. La corriente continua con polaridad inversa, es la que permite obtener mejores resultados. En este caso, la mayor parte del calor se concentra sobre el baño de fusión, lo que mejora la penetración de la soldadura. Además, la corriente continua con polaridad inversa, ejerce una enérgica acción de limpieza sobre el baño de fusión, lo que tiene gran importancia en la soldadura de metales que den óxidos pesados y difíciles de reducir, como en el caso del aluminio y el magnesio.

La soldadura MIG con polaridad directa resulta impracticable por diversas razones:

- Da cordones muy anchos y de pequeña penetración.
- Produce excesivas proyecciones, y no presenta la acción de limpieza que se menciona en la polaridad inversa.
- La mayor parte de los inconvenientes de la soldadura de polaridad directa, se derivan de la forma en que se verifica el transporte del metal de aportación.

Mientras que en la polaridad inversa el transporte se realiza en forma de pequeñas gotas (transporte de pulverización o *spray transfer*). En polaridad directa, este transporte se verifica en forma globular y errática. En cuanto a la corriente alterna, no es recomendable por las grandes diferencias de todo tipo que se presentan en cada semiciclo.

Los equipos por proceso MIG, son ventajosos para aplicaciones de soldadura de aluminio o para cualquier soldadura que requiera buena presentación y resistencia. La soldadura MIG presenta ventajas con respecto a los sistemas de soldadura convencional gracias al sistema de enfriamiento y protección de arco ofrecido por distintos gases como Argón y CO<sub>2</sub>.

## **Modos de transferencia**

La transferencia del metal en el arco puede realizarse por spray, globular, cortocircuito y pulsado.

En la transferencia por arco-spray las gotas del material de aportación son iguales o menores que el diámetro del alambre y su transferencia se realiza desde el extremo del alambre al baño fundido en forma de una corriente axial de gotas finas. Este tipo de transferencia se obtiene con altas intensidades y altos voltajes. Mediante este modo de transferencia se consiguen grandes tasas de deposición y rentabilidad.

La transferencia globular se caracteriza por la formación de una gota relativamente grande de metal fundido en el extremo del alambre. La gota se va formando hasta que cae al baño fundido por su propio peso. Este método de transferencia suele provocar falta de penetración y sobre espesores elevados.

La transferencia por cortocircuito se produce por contacto del alambre con el metal depositado. Se obtiene este tipo de transferencia cuando la intensidad y la tensión de soldeo son bajas. Se utiliza este tipo de transferencia para el soldeo en posición vertical, bajo techo y para el soldeo de espesores delgados o cuando la separación en la raíz es excesiva.

La transferencia por arco pulsado se produce por pulsos a intervalos regularmente espaciados. Este tipo de transferencia se obtiene cuando se utiliza una corriente pulsada, que es la composición de una corriente de baja intensidad, que existe en todo momento ya que es constante, y se denomina corriente de fondo o de base, y un conjunto de pulsos de intensidad elevada denominada corriente de pico. La ventaja fundamental de este método es la importante reducción de calor aplicado.

- **Factores que intervienen en este procedimiento.**

En el proceso GMAW como todos los procesos de soldadura, la aplicación de un cordón de soldadura está sujeta a factores que se deben respetar, porque influyen en forma directa en la calidad de la soldadura. Los componentes de estas condiciones son:

- **Selección del gas de protección adecuado**

El uso de protección, o una mezcla, es un factor determinante en la soldadura, siendo que el uso de determinado gas o de una combinación de gases influyen en la penetración y geometría de un cordón de soldadura.

- **Corriente apropiada**

De acuerdo con el tipo de trabajo la corriente se disminuirá o se aumentará; es decir, para espesores de material delgado, menor amperaje, mientras para materiales de grueso espesor se usará amperajes más altos. Como en todos los procesos de soldadura, el amperaje se elige de acuerdo con:

- Tipo de unión.
- Espesor de metal base.
- Tipo de material base.
- Posición de junta.
- Diámetro del alambre electrodo.

- **Selección correcta del alambre**

El diámetro del electrodo y su composición determina el rango correcto del amperaje. La combinación de estos factores es muy importante, ya que junto con el tipo de unión, espesor de la misma y posición de soldadura, influye en la calidad y coste del metal depositado.

- **Extensión del alambre**

Se puede considerar que la extensión del alambre electrodo es la longitud existente durante la soldadura entre la terminal del tubo de contacto y la punta del alambre electrodo en derretimiento. En soldadura es muy importante tener una correcta extensión.

- **Voltaje de arco correcto**

La longitud del arco es directamente proporcional al voltaje. Los factores que afectan la operación del arco, en el proceso de soldadura eléctrica manual, también afecta el arco en el proceso de soldadura GMAW porque el voltaje es el potencial eléctrico existente entre la pieza de trabajo y la punta de alambre electrodo durante el proceso en el que se va fundiendo el material de aporte.

- **Ángulo de boquilla**

El ángulo correcto de la boquilla de soldadura GMAW, se refiere a la posición que debe mantener la pistola respecto a la unión. Estas posiciones constan de dos ángulos: El ángulo transversal, y el ángulo longitudinal.

- **Velocidad de avance**

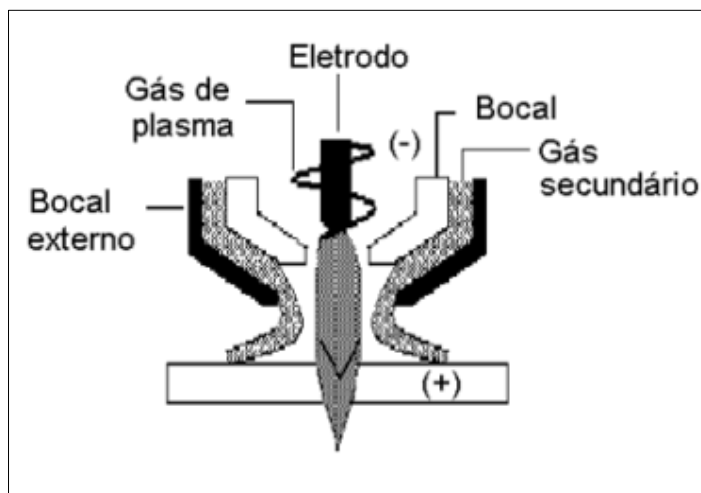
Es la velocidad de aportación de una soldadura a lo largo de una unión. Un aumento o disminución de la velocidad de avance, modifica el grado de penetración, ancho del cordón y su forma geométrica.

### 4.3. Corte con plasma

Proceso de corte basado en la creación de una columna de plasma, gracias a un arco eléctrico.

En el procedimiento Corte Plasma, se establece un arco eléctrico entre un electrodo y una cámara cilíndrica (boquilla) ionizándose el gas circundante entre las dos piezas. Este gas ionizado (plasma) se hace pasar a través de una tobera de pequeño diámetro, de forma que el plasma salga de la boquilla a una velocidad muy alta.

**Figura 53. Corte con plasma**



Se obtiene entonces un chorro de plasma a alta temperatura, del orden de 20,000°C, y gran velocidad que es capaz de fundir el material a cortar y retirar las escorias y óxidos formados en el proceso.

Este proceso permite obtener cortes de elevada calidad a alta velocidad. La zona afectada térmicamente por la temperatura del corte es mucho menor en comparación con otros procesos, lo cual es muy beneficioso desde el punto de vista metalúrgico.

Otra ventaja del corte plasma es la estabilidad direccional de la columna de plasma, lo que permite llevar a cabo un corte de mayor precisión.

Los principales gases utilizados como gases plasmágenos son: Argón, Nitrógeno, Aire, Hidrógeno o mezclas de estos gases.

Por último destacar que con este procedimiento se puede cortar todos aquellos materiales conductores de la electricidad.

En años recientes, nuevos equipos han hecho que el corte por plasma sea accesible y usual en la industria, el diseño de este nuevo equipo toma en cuenta las necesidades siguientes:

- La simplicidad y la facilidad de instalación, uso y mantenimiento.
- La movilidad de la planta para llevarla a diversos lugares para cortar el material y no el material a la máquina.
- La facilidad y rapidez de reemplazar partes componentes sin el uso de herramientas o llaves especiales.
- Efectuar cortes de buena calidad aun cuando el operador trabaje en condiciones difíciles.
- Tener un bajo costo para refacciones originales en equipo.

## **Sistemas de corte empleados**

El equipo plasma tiene cuatro sistemas básicos de corte, los cuales son:

1. Sistemas de flujo sencillo.
2. Sistemas de doble flujo, estándar o de alta velocidad.
3. Sistema de protección con agua.
4. Sistema de bajo amperajes o bajo amperios.

### **1. Sistemas de flujo sencillo**

Con este sistema se pueden cortar placas de acero inoxidable; Este sistema recibe el nombre de flujo sencillo porque utiliza únicamente un gas que es el primario o plasma el cual es una mezcla de argón e hidrógeno.

### **2. Sistema de doble flujo**

Este sistema utiliza como gas plasma al nitrógeno y como gas protector puede emplearse al bióxido de carbono o bien al oxígeno.

### **3. Sistemas de protección con agua**

Este proceso también utiliza como gas protector al nitrógeno pero como protector utiliza una capa de agua.



#### **4. Sistemas de bajo amperaje**

Este sistema utiliza los mismos gases que el sistema de doble flujo, como plasma utiliza el nitrógeno y como protector el bióxido de carbono o el oxígeno.

- **Tipos de antorchas que se pueden utilizar en los sistemas de corte.**

- **Antorcha de corte**

Este tipo de antorchas se pueden utilizar dos sistemas de corte los cuales son;

- a. Sistemas de corte de alta velocidad.
- b. Utilizando el sistema de corte a alta velocidad los modelos de antorcha 4<sup>a</sup> efectúan los cortes más limpios.
- c. Sistemas de corte a bajos amperajes.

Por este sistema se realizan cortes de buena calidad hasta espesores de una pulgada, lo que se refiere a la mayoría de los metales no ferrosos y espesores de ½ pulgada. Es importante hacer notar que este sistema de corte utiliza una corriente mínima de 100 amperios de aquí el porque de su nombre bajo amperajes. (Anexo tabla IX)



## 5. ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

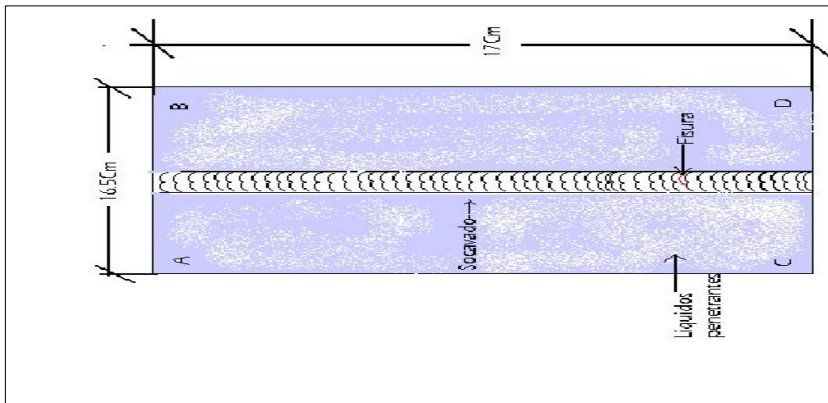
### 5.1. Líquidos penetrantes

El líquido penetrante tiene la propiedad de penetrar en cualquier abertura u orificio en la superficie del material. El penetrante ideal debe reunir lo siguiente:

- Habilidad para penetrar orificios y aberturas muy pequeñas y estrechas.
- Habilidad de permanecer en aberturas amplias.
- Habilidad de mantener color o la fluorescencia.
- Habilidad de extenderse en capas muy finas.
- Resistencia a la evaporación.
- Fácil remoción de la superficie.
- Difícil eliminación una vez dentro de la discontinuidad.
- Fácil absorción de la discontinuidad.
- Atóxico.
- Inoloro.
- No corrosivo.
- Anti inflamable.
- Estable bajo condiciones de almacenamiento.
- Costo razonable.

Cuando se solda nuevamente la zona reparada, esta deberá ser limpiada perfectamente.

**Figura 54. Croquis de la pieza, ensayo por líquido penetrante**



- **Métodos de reexaminación para líquidos penetrantes**

La satisfactoria aplicación de este método requiere habilidad especial en las técnicas e interpretación de resultados. Los requerimientos necesarios anteriormente por personal con experiencia.

La inspección con líquidos penetrantes deberá estar acorde con un escrito certificado por la manufacturera que este de acuerdo con el requerimiento de ISO.

**Certificación de competitividad en el personal de inspección destructiva.**

El fabricante deberá certificar que cada inspector con líquidos penetrantes tenga las características siguientes:

Que tenga buena visión, con corrección si es necesario, se aplicará un examen visual con la carta estándar *jaegar* No. 2 a una distancia no menor de 12 pulgadas y otro acerca de las diferencias entre varios colores. Estos puntos deberán chequearse como mínimo cada año.

Que sea competente en las técnicas de aplicación, así como examinado y evaluado los resultados, excepto donde la inspección consista en más de una operación donde no este capacitado, debe estar certificado y calificado como operador de una o más de estas técnicas.

- **Evaluación de indicaciones**

Una indicación o seña, es evidencia de una imperfección mecánica. Solo se aceptaran indicaciones con dimensiones no mayores de 1/16". Mayores a esta norma, serán consideradas relevantes.

- Una indicación lineal es cuando tiene una longitud 3 veces mayor o el grosor.
- Una indicación circular es cuando tiene una longitud igual o tres veces menor el grosor.

- **Estándares de aceptación**

Estos estándares serán aplicados a menos que el material que será usado tenga estándares restrictivos o estas certificaciones que no se mencionen aquí.

Las superficies a examinar deberán estar libres de:

- Indicaciones lineales relevantes.
- Indicaciones circulares relevantes mayores a 3/16".

- Una o más indicaciones circulares por cada 1/16" o menos de borde a borde.
- Una indicación de imperfección puede ser mas larga que la imperfección que la causa, de cualquier modo el tamaño de la indicación es fundamento para la aceptación en la evaluación.

- **Requerimientos de reparación**

Las imperfecciones que no sean aceptadas deberán ser reparadas y reexaminadas para estar seguros que se remueven o reduzcan a una medida aceptable. Cuando una imperfección es reparada por esmerilado y subsecuentemente se solda nuevamente (que no es requerido) el área excavada deberá ser compatible dentro de la superficie del rededor, así como evitar muescas afiladas, grietas o esquinas. Cuando se solda nuevamente la zona reparada, esta deberá ser limpiada perfectamente.

- **Tratamiento de indicaciones no relevantes.**

Cualquier indicación que sea considerada relevante deberá ser tomada como una imperfección, a menos que haya solo reexaminar por otro método no destructivo, condicionado que no hay ninguna imperfección no aceptable presente.

- **Reexaminación de áreas que han sido reparadas**

Antes de pensar remover un defecto y hacer reparaciones con soldadura, el área deberá ser examinada por métodos compatibles o

convenientes para asegurar que sea removida o reducida a un tamaño aceptable para una imperfección.

- **Reexaminación de áreas reparadas.**

Después que se han hecho las reparaciones, el área reparada deberá ser inspeccionada junto con la superficie del rededor solo para evitar muescas afiladas, grietas o esquinas y reexaminar con líquidos penetrantes y con todos que originalmente son usados para el área afectada, excepto cuando la profundidad es demasiado pequeña como la radiografía las identifique. Se acepta o se rechaza la pieza.

### **Método de aplicación de los líquidos penetrantes en Pruebas No Destructivas**

Se aplica el líquido penetrante a la superficie de la pieza a ser examinada, permitiendo que penetre en las aberturas del material, después el exceso del líquido es removido. Se aplica entonces el revelador, el cual es humedecido o afectado por el penetrante atrapado en las discontinuidades de esta manera se incrementa la evidencia de las discontinuidades, tal que puedan ser vistas ya sea directamente o por medio de una lámpara o luz negra.

Tipo I = Penetrante fluorescente.

Tipo II = Tintas permanentes o visibles.

Proceso A = Penetrante lavable en agua.

Proceso B = Penetrante postemulsificado.

Proceso C = Penetrante removido con solvente.

Revelador seco: Grano fino se aplica por espolvoreado, rociado o sumergido.

Revelador no acuoso: Es una suspensión absorbente, aplicado por rocío

Revelador húmedo: Es una suspensión absorbente de polvo en agua, se aplica por inmersión.

Portátil (atomizador)

Estacionario (inmersión)

### **Preparación y limpieza de la pieza.**

Limpiar cuidadosamente la superficie a inspeccionar de pintura, aceite, grasa y otros contaminantes. Será necesario eliminar los restos de óxidos, pinturas, grasas, aceites, etc. Y esto se hace por métodos químicos, ya que los mecánicos, están prohibidos por la posibilidad que tiene su aplicación de tapar defectos existentes.

Se pueden usar todos aquellos procesos que dejen a la superficie limpia y seca; que no dañen al espécimen y que no empleen productos que sean incompatibles con los componentes.

Soluciones detergentes en caliente por inmersión, desengrase en fase de vapor o desengrase mediante disolvente, son los principales métodos para eliminar grasas y aceites.

Los óxidos y las carbonillas térmicas se eliminarán con desoxidantes alcalinos o ácidos y a veces, principalmente en superficies rectificadas se hace un ataque ácido a fondo que abre las grietas durante la operación. Las pinturas se eliminan con productos cáusticos en caliente o basados en ellos.



### **Aplicación del penetrante.**

Los penetrantes se aplican por inmersión, rociado con un cepillo o brocha, vertiendo el líquido sobre la pieza o cualquier otro método, vertiendo el líquido sobre la pieza o cualquier otro método que cubra la zona que se inspecciona.

Será necesario obtener una película fina uniforme en toda la superficie y se deberá esperar un tiempo llamado tiempo de penetración para que el líquido penetre en grietas. Este tiempo oscila entre los 5 y 15 minutos dependiendo del material y la clase de grietas.

### **Eliminación del exceso de penetrante.**

Se debe retirar la capa superficial del penetrante de forma que lo único que permanezca sea el que se hubiera alojado en las discontinuidades.

Se entiende por exceso de penetrante todo líquido que no se ha introducido en los defectos y que permanece sobrante sobre la superficie de la pieza a inspeccionar.

Esta etapa es crítica y de su correcta realización dependerá el resultado final de la inspección, ya que es necesario eliminar y limpiar el exceso de penetrante de tal modo que no extraigamos el penetrante introducido en los defectos. Si no se ha eliminado perfectamente el líquido penetrante, en la inspección final aparecerán manchas de penetrante produciendo indicaciones falsas e incluso, el enmascaramiento de las grietas. Para saber si hemos eliminado bien el exceso de penetrante es necesario hacer una inspección visual. Es aconsejable quitar en primer lugar la mayor parte del penetrante con trapos o papel absorbente y después eliminar el resto utilizando trapos o papel ligeramente impregnados en disolvente.

### **Aplicación del revelador.**

El revelado es la operación que hace visible al ojo humano la posición del defecto. El revelador es básicamente un producto en polvo de compuestos químicos blancos, inertes y con una granulometría tal que dispone de un gran poder de absorción. Una vez aplicado el revelador, hay que esperar un tiempo para que absorba el penetrante, este tiempo oscila entre 5 y 15 minutos.

Durante la preparación de las piezas para la inspección es necesario secarlas después de la aplicación del revelador húmedo o eliminar el remanente antes del uso del polvo revelador seco.

### **Inspección final de la pieza.**

Una vez transcurrido el tiempo de revelado, se procede a la inspección de los posibles defectos de las piezas procesadas.

El tiempo de revelado depende del tipo de penetración, del revelador y del defecto, pero deberá permitirse tiempo suficiente para que se formen las indicaciones. La inspección se realiza antes de que el penetrante comience a exudar sobre el revelador hasta el punto de ocasionar la pérdida de definición.

El proceso de inspección se compone de tres etapas.

Inspección.

Interpretación.

Evaluación.

Una regla práctica es que el tiempo de revelado nunca debe ser menor a siete minutos.

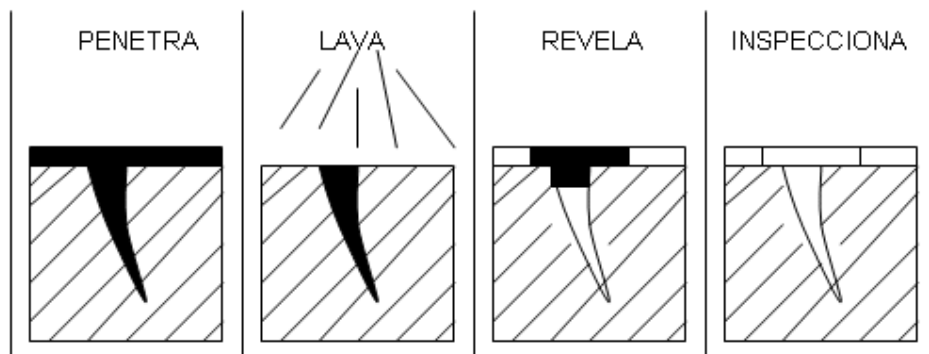
Indicaciones relevantes. Son las causadas por discontinuidades que están generalmente presentes en el diseño.

Indicaciones falsas. Son el resultado de alguna forma de contaminación con penetrantes, estas indicaciones no pueden referirse a ningún tipo de discontinuidad.

### **Limpieza final**

Se debe llevar a cabo en razón de los productos usados en el ensayo.

**Figura 55. Proceso de práctica.**



## **5.2. Inspección de partículas magnéticas**

- **Objetivo de las aplicación de partículas magnéticas**

Aplicar la técnica de partículas magnéticas, para la detección de posibles discontinuidades en la inspección de materiales ferromagnéticos.

La técnica de partículas magnéticas es una técnica no destructiva relativamente sencilla, basada en la propiedad de ciertos materiales de convertirse en un imán.

- **Descripción de las Partículas Magnéticas**

Es un método que utiliza principalmente corriente eléctrica para crear un flujo magnético en una pieza y al aplicarse un polvo ferromagnético produce la indicación donde exista distorsión en las líneas de flujo (fuga de campo).

Propiedad física en la que se basa. (Permeabilidad) Propiedad de algunos materiales de poder ser magnetizados.

La característica que tienen las líneas de flujo de alterar su trayectoria cuando son interceptadas por un cambio de permeabilidad.

Los materiales se clasifican en:

- **Diamagnéticos:** Son levemente repelidos por un campo magnético, se magnetizan pobremente.
- **Paramagnéticos:** Son levemente atraídos por un campo magnético, No se magnetizan.
- **Ferromagnéticos:** Son fácilmente atraídos por un campo magnético, se magnetizan fácilmente.

Tipos de discontinuidades:

- Superficiales
- Subsuperficiales (muy cercanas a la superficie) Poros, grietas, rechupes, traslapes, costuras, laminaciones, etc.

Materiales:

Materiales ferromagnéticos (aceros, fundiciones, soldaduras, níquel, cobalto y sus aleaciones).

Aplicaciones:

Se utilizan para la detección de discontinuidades superficiales y subsuperficiales (hasta 1/4" de profundidad aproximadamente, para situaciones prácticas) en materiales ferromagnéticos.

Este método se aplica a materiales ferromagnéticos, tales como:

- Piezas de fundición, forjadas, roladas.
- Cordones de soldadura.
- Inspección en servicio de algunas partes de avión, ferrocarril, recipientes sujetos a presión.
- Ganchos y engranes de grúa, estructuras de plataforma, etc.

Es sensible para la detección de discontinuidades de tipo lineal, tales como:

- Grietas de fabricación o por fatiga.
- Desgarres en caliente.
- Traslapes.
- Costuras, faltas de fusión.
- Laminaciones, etc.

#### Ventajas:

- Se puede inspeccionar las piezas en serie obteniéndose durante el proceso, resultados seguros e inmediatos.
- La inspección es más rápida que los líquidos penetrantes y más económica.
- Equipo relativamente simple, provisto de controles para ajustar la corriente, y un amperímetro visible, conectores para HWDC, FWDC y AC.
- Portabilidad y adaptabilidad a muestras pequeñas o grandes.
- Requiere menor limpieza que Líquidos Penetrantes.
- Detecta tantas discontinuidades superficiales y sub-superficiales.
- Las indicaciones son producidas directamente en la superficie de la pieza, indicando la longitud, localización, tamaño y forma de las discontinuidades.
- El equipo no requiere de un mantenimiento extensivo.

#### **Método de aplicación**

Se consigue haciendo pasar una corriente eléctrica a través de la pieza. La pieza es montada horizontalmente, sujeta por dos cabezales por

los que circula la corriente. Otro método directo de inducir un campo magnético circular es por el uso de puntas de contacto, su aplicación más común es en placas y soldaduras. En este caso se utiliza medio seco.

**Directa.** La corriente magnetizante fluye directamente a través de la pieza, creando un flujo magnético circular en ella

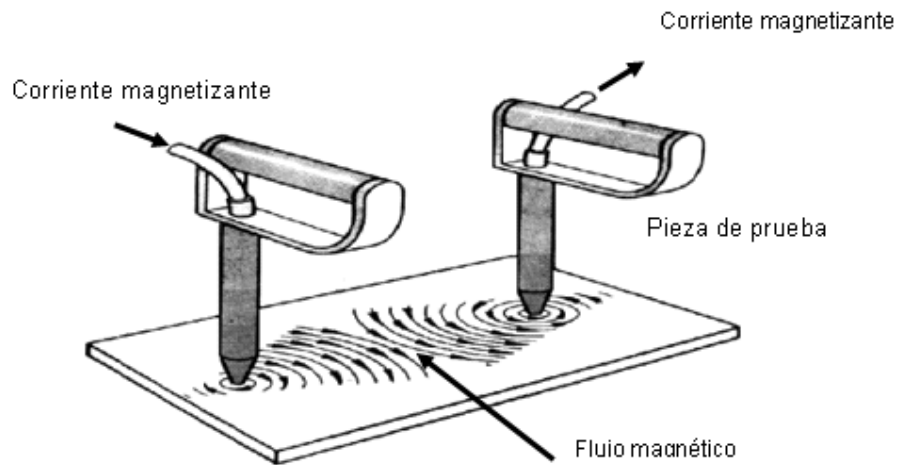
Puntas de contacto, entre cabezales, pinzas o mordazas y electrodos imantados.

La magnetización se efectúa por conducción de la corriente.

### **Puntas de contacto**

Se utilizan electrodos de cobre, bronce o aluminio; al hacer pasar la corriente a través de ellos, esto produce un campo magnético circular en la pieza, alrededor y entre cada electrodo suficiente para una examinación local.

**Figura 56. Puntas de contacto**



### **5.3. Rayos “X”**

- **Procedimiento de inspección**

La radiografía de las soldaduras estudia la forma de obtener e interpretar la imagen fotográfica producida al incidir rayos X sobre una placa sensible, después de haber atravesado una unión soldada. En esta práctica se utiliza un equipo de rayos X, radiaciones electromagnéticas al igual que la luz visible, pero de longitudes de onda diferentes (de mayor energía).

Esta técnica permite obtener información de los defectos superficiales o internos presentes en las uniones soldadas; mediante una normativa y en función de la magnitud de cada tipo de imperfección se asigna un nivel de calidad a cada soldadura o producto soldado.



Después de radiografiar obtenemos:

- La imagen latente.
- Revelado.
- Fijado de la imagen.
- Lavado final.
- Secado.
- Negatoscopio
- Interpretación (Inspección)

Para calcular la exposición se utilizan los ábacos construidos para cada equipo de rayos X, donde se parte de un tipo de película, densidad de película y distancia foco-película, y se calculan el resto de parámetros (calidad de la radiación, intensidad de la radiación y tiempo de exposición), (Anexo tabla X)

- **Clasificación de las imperfecciones**

Una vez revelada la película procedemos a observar la imagen por transparencia en un negatoscopio.

Observamos las imperfecciones, las comparamos con la norma EN-26520 y finalmente le asignamos el número y designación de referencia de la norma; en nuestro caso sólo procederemos para la soldadura que nos

corresponde (acero al carbono soldado con electrodo manual revestido), y los resultados se muestran en la tabla XI.

- **Evaluación del nivel de calidad**

Esta se realiza después de la clasificación de las imperfecciones, y consiste en cuantificarla en términos de dimensión real, con la norma EN-25817; ésta establece 3 niveles de calidad para cada tipo de imperfección:

**Tabla XI. Nivel de calidad**

SIMBOLO DEL NIVEL	NIVEL DE CALIDAD
D	Moderado
C	Intermedio
B	Riguroso

Estos se refieren a la calidad de la producción y no a la adecuabilidad para el servicio del producto fabricado.

En la siguiente tabla hemos indicado las principales imperfecciones halladas en las radiografías, así como su nivel de calidad.

**Tabla XII. Imperfecciones en radiografías y su nivel de calidad**

NÚMERO	DESIGNACIÓN	NIVEL DE CALIDAD
2011 Aa	Poros Sopladura de forma Sensiblemente esférica.	B No hay más del 1 % del área proyectada o del área Superficial de rotura.
4011	Falta de fusión Falta de fusión afectando a los bordes a unir.	No se permite
402 D	Falta de penetración Ausencia parcial de fusión de los bordes, que da lugar a una discontinuidad entre los mismos.	No se permiten
5011 F	Mordeduras Falta de metal, en forma de surco de longitud variable, en la arista de contacto de la cara de la soldadura con el metal base.	C Se requiere una transición gradual $h \leq 1$ mm.
515	Rechupe de raíz (concavidad) Falta de espesor en la raíz de soldadura, debido a una contracción del metal fundido.	D Se requiere una transición gradual $h \leq 1.5$ mm.
602	Proyecciones Gotas de metal fundido proyectadas durante el soldeo y que se adhieren sobre el metal base.	No influye La aceptación depende de las aplicaciones.

Hay 3 factores principales que determinan la calidad de la inspección radiográfica en la soldadura:

- Intensidad de la radiación (intensidad de la corriente del tubo, en mA).
- Separación (foco emisor-chapa y chapa-película, en mm.).
- Velocidad (tiempo de exposición, en min.).

Siendo el primero el que influye en mayor medida.

Hay otro factor, el kilo voltaje, que normalmente se suele dejar como una constante a partir del tiempo de exposición y del espesor de la pieza a partir de ábacos para cada equipo de rayos X (aproximadamente 100 kV, en este caso).

## CONCLUSIONES

1. El desarrollar del laboratorio de manera ordenada es importante para llevar un control de manera objetiva, en el aprendizaje de cada una de las actividades y el desenvolvimiento dentro del mismo, para que el estudiante realice ejercicios más completos, para desarrollar habilidades y destrezas a lo largo de dicho laboratorio.
2. Dentro del desarrollo del laboratorio se consideran como punto importante, las medidas de seguridad y equipo de protección (Caretas, lentes, guantes) que el estudiante debe utilizar y realizar para hacer de la práctica más cómoda y segura.
3. El manual para desarrollo del laboratorio del curso de procesos de manufactura dos, para estudiantes de ingeniería mecánica, instruye al estudiante en la conceptualización de diferentes tipos de soldadura, y brinda información amplia y concreta sobre los procesos utilizados en la industria.



## RECOMENDACIONES

1. El tipo de vestimenta que debe portar el estudiante, en el laboratorio es el siguiente: pantalón de lona, botas de cuero y camisas de lona. Es importante permanecer dentro las áreas de trabajo o cabinas, para mantener un lugar ordenado.
2. Se sugiere realizar el encendido de la máquina después de haber desenrollado los cables, el cable de tierra se conecta a un lado de la mesa de trabajo y luego conectar el electrodo con el porta electrodo, para definir el amperaje.
3. Mantener el arco formado a la altura correcta, ya que es igual al diámetro del núcleo del electrodo.
4. Cuando ocurra un retroceso de llama se sugiere no encender el soplete hasta que no se hayan comprobado las causas que lo originaron, si el retroceso de llama ha alcanzado la botella se actuará de conformidad con las normas sobre acetileno.
5. Cuando se utiliza el equipo de soldadura oxiacetilénica, las botellas de oxígeno y acetileno deben de estar ubicado no menos de tres metros de donde se ubique el puesto de trabajo.
6. Antes de iniciar el trabajo se deben inspeccionar diariamente el correcto funcionamiento del soplete de gas, sus mangueras, botellas, válvulas, conexiones, reguladores y accesorios, a fin de detectar posibles fugas que podrían causar algún incendio o explosión.

7. El soplete se debe de encender y graduar la llama fuera de la línea de corte de la pieza.
8. Cuando el inicio del corte no se efectúa en los bordes de la pieza, taladre la misma para iniciarlo, a fin de facilitar el calentamiento.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Rivas Arias, José María. Soldadura Eléctrica y Sistemas TIG y MIG, Madrid, España, Editorial McGraw-Hill, 1999.
2. Pender, James A. Procesos de Soldadura, Tercera Edición, Puebla, México DF, Editorial Limusa S.A., 1989.
3. Serope Kalpakjian Esteven. Manufactura, Ingeniería y Tecnología, La Habana, Cuba, ORBE. 2002.
4. Rodríguez Salgado, David. Soldadura: Tecnología y Técnica de los Procesos de Soldadura, Primera Edición, Madrid, Ediciones Técnicas y Científicas, 2002.
5. Wikimedia Foundation, Inc., Wellding, Estados Unidos, 1993.  
Consultado el 20 de noviembre 2007 Disponible en <http://en.wikipedia.org/wiki/Wellding>.
6. Soldadura SEA, Bloque Básico, Código: MT. 3.6.7-160/01, Edición 01, Ciudad de Guatemala, Guatemala. 2001.



## ANEXOS

**Tabla I. Tono de cristal adecuado para cada caudal de acetileno.**

CAUDAL DEL ACETILENO EN LITROS/HORA	No. DEL CRISTAL
Inferior a 40	Tono 4
Inferior a 40	Tono 5
De 40 a 70	Tono 6
De 70 a 200	
De 200 a 800	
Superior a 800	

**Tabla II. Diámetro del orificio.**

DIÁMETRO DEL ORIFICIO DE CORTE EN m/m	No. DEL CRISTAL
10/10.	TONO 6
15/10 Y 20/10	TONO 7

**Tabla III. Relaciones entre tono de cristal e intensidad de corriente.**

INTENSIDAD DE LA CORRIENTE EN AMPERIOS	CORTE AL PLASMA	ELECTRODOS ENVUELTOS	MIG SOBRE METALES PESADOS	MIG SOBRE ALEACIONES LIGERAS	TIG TODOS LOS METALES	MAG	CON ARCO/ AIRE LABRADO	SOLDADURA AL PLASMA	
0.25								TONO 2,5	
0.5					TONO 8	TONO 8		TONO 3	
0.75								TONO 4	
1								TONO 5	
2.5								TONO 6	
5								TONO 7	
10								TONO 8	
15		TONO 8			TONO 9			TONO 9	
20								TONO 10	
30		TONO 9			TONO 10			TONO 11	
40								TONO 11	
60	TONO 11				TONO 11	TONO 9			
80		TONO 10							
100			TONO 10			TONO 12	TONO 10		TONO 12
125		TONO 11							
150			TONO 11	TONO 11	TONO 13	TONO 11	TONO 10	TONO 13	
175	TONO 12								
200			TONO 12	TONO 12		TONO 12	TONO 11		
225									
250		TONO 12	TONO 12		TONO 14	TONO 13	TONO 12	TONO 14	
275									
300				TONO 13			TONO 13		
350	TONO 13								
400							TONO 14		TONO 14
450		TONO 13	TONO 13	TONO 14					
500						TONO 15	TONO 15	TONO 15	
525		TONO 14	TONO 14	TONO 15					

**Tabla VIII. Boquillas de corte.**

BOQUILLA	PRESIÓN DE OXIGENO
Tipo estándar	Hasta una presión de oxígeno de
	corte de 6 bares, aproximadamente
De corte rápido	Hasta una presión de oxígeno de
	corte de 8 bares, aproximadamente
De gran potencia	Hasta una presión de oxígeno de
	corte de 11 bares, aproximadamente

**Tabla IX. Corte en aceros inoxidables con el sistema de alta velocidad.**

ESPESOR (Pulgadas)	VELOCIDAD DE CORTE (Pulg. / Min.)	CORRIENTE (Amperios)
0.125	200	200
0.250	150	250
0.500	120	250
1.000	50	300
2.000	30	600
3.000	15	750
4.000	10	1000
5.000	8	1000
6.000	5	1000

**Tabla X. Rayos X**

DESCRIPCIÓN	SOLDEO TIG Acero inoxidable Austenítico	SOLDEO MIG-MAG Acero F-1110	SOLDEO ESPECIAL Acero F-1110
Espesor chapa (mm.)	2	3	3
Espesor cordón (mm.)	2.5	7.5	5.1
Densidad	1.5	1.5	1.5
Tensión aceleración (Kv.)	95	105	100
Intensidad (Ma.)	3	3	3
Distancia foco-película (mm.)	700	700	700
Tiempo exposición (min.)	2'45''	4'	4'

Fuente: Rodríguez Salgado, David. Soldadura: Tecnología y Técnica de los Procesos de Soldadura, Primera Edición, Madrid, Ediciones Técnicas y Científicas, 2002.