



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO**



**ESCUELA SUPERIOR DE CIUDAD SAHAGÚN**

**INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**“APLICACIÓN DEL PROCESO DE SOLDADURA  
GMAW EN EMPRESAS METALMECÁNICAS”**

**T E S I S**  
**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**  
**LICENCIADO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**PRESENTA:**  
**DANIEL RAMÍREZ RODRÍGUEZ**  
**IRÁN GARCÍA AGUILAR**

**ASESOR DE TESIS**  
**ING. CELSO ALEJANDRO FERNÁNDEZ RAMÍREZ**

**ENERO 2009**

# ÍNDICE

	<b>Página</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I.- DISEÑO DEL PROYECTO</b>	<b>3</b>
<b>I.1 INTRODUCCIÓN.</b>	<b>3</b>
<b>I.2 JUSTIFICACIÓN.</b>	<b>5</b>
<b>I.3 OBJETIVO.</b>	<b>6</b>
<b>I.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.</b>	<b>7</b>
<b>I.5 HIPÓTESIS.</b>	<b>8</b>
<b>I.6 METODOLOGÍA.</b>	<b>9</b>
<b>CAPÍTULO II.- INTRODUCCIÓN AL PROCESO DE SOLDADURA PROTEGIDA CON GAS.</b>	<b>10</b>
<b>II.1 ANTECEDENTES DE LA SOLDADURA.</b>	<b>10</b>
<b>II.1.1 CONCEPTO DEL PROCESO DE SOLDADURA GMAW.</b>	<b>12</b>
<b>II.2 SEGURIDAD EN EL PROCESO DE SOLDADURA.</b>	<b>15</b>
<b>II.2.1 TIPOS DE EQUIPO DE SEGURIDAD.</b>	<b>18</b>
<b>II.3 CORTE Y PREPARACIÓN DE LA JUNTA.</b>	<b>22</b>
<b>II.3.1 TIPOS DE JUNTAS BÁSICAS.</b>	<b>26</b>
<b>II.4 POSICIONES DE APLICACIÓN.</b>	<b>29</b>
<b>II.5 FORMAS DE APLICACIÓN.</b>	<b>31</b>
<b>II.5.1 TÉCNICAS DE APLICACIÓN.</b>	<b>34</b>

<b>CAPÍTULO III.- PROCESOS DE SOLDADURA PROTEGIDA CON GAS (GMAW).</b>	<b>35</b>
<b>III.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.</b>	<b>35</b>
<b>III.2 VENTAJAS Y DESVENTAJAS.</b>	<b>36</b>
<b>III.3 EQUIPO NECESARIO.</b>	<b>39</b>
<b>III.4 VARIABLES DEL PROCESO.</b>	<b>43</b>
<b>III.5 FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO.</b>	<b>45</b>
<b>III.6 CLASIFICACIÓN DE ELECTRODOS.</b>	<b>47</b>
<b>III.7 TIPOS DE TRANSFERENCIA.</b>	<b>51</b>
<b>CAPÍTULO IV.- SIMBOLOGÍA DE SOLDADURA.</b>	<b>53</b>
<b>IV.1 INTRODUCCIÓN A LA SIMBOLOGÍA DE SOLDADURA.</b>	<b>53</b>
<b>IV.2 ELEMENTOS DE UN SÍMBOLO DE SOLDADURA.</b>	<b>54</b>
<b>IV.3 SÍMBOLOS BÁSICOS DE SOLDADURA.</b>	<b>58</b>
<b>IV.4 SÍMBOLOS SUPLEMENTARIOS.</b>	<b>61</b>
<b>IV.5 SÍMBOLOS DE SOLDADURAS COMBINADAS.</b>	<b>62</b>

<b>CAPÍTULO V.- DISCONTINUIDADES Y DEFECTOS.</b>	<b>63</b>
<b>V.1 INTRODUCCIÓN A DISCONTINUIDADES Y DEFECTOS.</b>	<b>63</b>
<b>V.2 POROSIDAD.</b>	<b>65</b>
<b>V.3 INCLUSIONES.</b>	<b>68</b>
<b>V.4 FALTA DE FUSIÓN.</b>	<b>70</b>
<b>V.5 FALTA DE PENETRACIÓN.</b>	<b>71</b>
<b>V.6 SOLAPAMIENTO.</b>	<b>72</b>
<b>V.7 SOCAVACIÓN.</b>	<b>73</b>
<b>V.8 FRACTURAS.</b>	<b>74</b>
<b>V.9 SALPICADURAS O CHISPORROTEO.</b>	<b>77</b>
<b>CAPÍTULO VI.- PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS.</b>	<b>78</b>
<b>VI.1 INTRODUCCIÓN A PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS.</b>	<b>78</b>
<b>VI.2 INSPECCIÓN VISUAL.</b>	<b>79</b>
<b>VI.3 LÍQUIDOS PENETRANTES.</b>	<b>81</b>
<b>VI.4 PRUEBAS MAGNÉTICAS.</b>	<b>90</b>
<b>VI.5 ULTRASONIDO.</b>	<b>97</b>
<b>VI.6 RADIOGRAFÍA.</b>	<b>100</b>
<b>CONCLUSIONES.</b>	<b>103</b>
<b>GLOSARIO.</b>	<b>106</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.</b>	<b>111</b>

## **INTRODUCCIÓN.**

El mundo actual esta en permanente evolución y su característica fundamental es la velocidad del cambio de sus diferentes dimensiones aspectos político, social, económico, comercial y tecnológico. Para las organizaciones de todo tipo se genera actualmente una condición inevitable: la necesidad de desarrollar la capacidad de enfrentar el cambio y ser participes del mismo. El presente trabajo trata del desarrollo de un programa de información sobre el proceso de soldadura protegida con gas (GMAW)<sup>1</sup>.

El MIG/MAG se ha convertido en uno de los principales métodos de soldeo en el mundo, se encuentra altamente posicionado en la industria metalmeccánica gracias a que incrementa la productividad, mejora la presentación de los cordones de soldadura y produce menos escoria.

La soldadura GMAW es el proceso mas popular y difundido en la industria puede utilizarse con todos los metales comerciales importantes, como los aceros al carbón, sin embargo a pesar de ser un método aplicado mundialmente parte del sector desconoce todas sus características y propiedades de echo algunos soldadores cometen errores de fácil corrección. E incluso hay una confusión generalizada respecto al nombre falsamente la industria la conoce esta soldadura como MIG pero la verdad este sistema solo es una de las dos formas de aplicar el proceso.

Este dato justifica la importancia que tiene el estudio y conocimiento del proceso de soldadura protegida con gas.

Este estudio se centra fundamentalmente en la determinación del proceso de soldadura GMAW, por ello merece especial atención en los factores que se derivan del tema como son relacionados a la seguridad en un proceso de soldadura, ya que es de vital importancia el conocimiento que dicho proceso afecta en cuanto al ser humano este expuesto, el equipo que se utiliza para poder soldar sin dañar todas las partes del cuerpo

---

<sup>1</sup> Por sus siglas en ingles GMAW (Gas Metal Arc Welding)

Los antecedentes, definición de soldadura y de material de aporte, tipos de juntas posiciones, formas y técnicas de aplicación, así como sus ventajas y desventajas de este proceso, también se menciona su equipo a utilizar, los tipos de transferencia y las variables que intervienen en el proceso.

Una parte importante que se realiza en este tema es el conocimiento e interpretación por parte del operario en cuanto a su simbología de soldadura utilizada, sus defectos y discontinuidades que pueden presentarse durante el proceso de la soldadura se hace énfasis ya que en una empresa entre menor número de defectos de sus productos tenga y mayor número de ensambles sean con calidad será siempre una empresa competitiva en su ramo

## **CAPÍTULO I. DISEÑO DEL PROYECTO**

### **I.1 INTRODUCCIÓN**

Dentro del campo de la soldadura industrial, la soldadura eléctrica manual con arco protegida con gas es la más utilizada. Para ello se emplean máquinas eléctricas de soldadura que básicamente consisten en transformadores que permiten modificar la corriente de la red de distribución, en una corriente tanto alterna como continua de tensión más baja, ajustando la intensidad necesaria según las características del trabajo a efectuar.

La finalidad de este estudio es orientar a todas aquellas empresas que utilizan este proceso de soldadura, para que de manera sencilla y práctica identifiquen aquellas áreas de oportunidad que tienen al capacitar y aplicar correctamente dicho proceso, con el propósito de ser más eficientes y productivas. Así mismo establecer controles adecuados que permitan una correcta comunicación y flujo de información agilizando las operaciones y maximizando el rendimiento y seguridad de los operadores.

Este estudio va enfocado a las empresas metalmecánica existentes, y sobre todo a todas aquellas de nueva creación, con la finalidad de que puedan aprovechar los beneficios que aquí se plantean al utilizar el proceso GMAW para así desde el inicio se tenga los datos suficientes y necesarios para entrenar a la gente que aplicara este método.

Nuestro trabajo de investigación va encaminado a destacar la importancia de que todas las partes en una empresa metalmecánica tengan el conocimiento suficiente y con ello realizar este proceso correctamente, con la finalidad de dar a conocer las bondades de dicho proceso y que a su vez permita la obtención del máximo beneficio de la organización o en su caso de corregir de una manera mas sencilla, económica y rápida las carencias generadas por la falta de información y entrenamiento.

Con la finalidad de cubrir los objetivos que dieron origen al presente trabajo, en los capítulos subsecuentes se abarca información de suma importancia, en el capítulo II se exponen los antecedentes del principio del proceso GMAW en el capítulo III se muestra el proceso de soldadura protegida con gas, sus ventajas y desventajas que tiene dicho proceso, en el capítulo IV se expone la importancia y elementos de simbología en la soldadura siendo esta de gran ayuda para la interpretación del proceso, en el capítulo V se habla de todos aquellos discontinuidades y defectos existentes en el proceso de soldadura siendo uno de los grandes enemigos en el proceso, y por último en el capítulo VI se menciona los tipos de pruebas no destructivas las cuales son de gran valor ya que nos facilita detectar fallas en los procesos de aplicación de soldadura.

Es importante mencionar que en los últimos años se ha incrementado la importancia de poseer gente capacitada y que tenga toda la información necesaria en la aplicación del proceso de soldadura GMAW.

Los trabajos con este tipo de soldadura conllevan una serie de riesgos entre los que destacan los relacionados con el uso de la corriente eléctrica, los contactos eléctricos directos e indirectos; además existen otros que también se relacionan en esta NTP<sup>2</sup>, cuyo objetivo es dar a conocer las características técnicas básicas de la soldadura eléctrica, los riesgos y sus factores de riesgo y los sistemas de prevención y protección. Además se dan normas de seguridad para la organización segura del puesto de trabajo, los equipos de protección individual y el mantenimiento e inspección de material

---

<sup>2</sup> Por sus siglas NTP (Notas Técnicas de Prevención)

## I.2 JUSTIFICACIÓN

Se estudiara durante el periodo Julio diciembre de 2008 el proceso de Soldadura protegida con gas en una industria de transformación metal mecánica, ya que estas empresas no implementan dicho proceso de soldadura eficientemente por tener la mentalidad de ser costosos.

Todas aquellas empresas dedicadas a realizar productos mecánicos soldados en un gran número de ellas no utilizan este proceso de soldadura. Y estas empresas que ya lo utilizan tienen la noción de no continuar con el enriquecimiento de entrenar al soldador para aplicar dicho proceso con mayor eficacia.

El siguiente tema fue elegido tomando en cuenta que en la actualidad encontramos una cantidad muy importante de empresas dedicadas al ramo metal mecánico en las cuales utilizan estos tipos de procesos de soldadura. Siendo el proceso de soldadura protegida con gas (GMAW)<sup>3</sup> uno de los más utilizados por las industrias manufactureras.

Los procesos de soldadura han tenido un gran avance con el paso del tiempo sin modificar el proceso base. Ya que hoy en día podemos generar diversos productos ensamblados por medio de la soldadura.

---

<sup>3</sup> Por sus siglas en ingles GMAW: Gas Metal Arc Welding

### **I.3 OBJETIVO**

De acuerdo con el planteamiento del problema que se ha expuesto, el objetivo básico de la investigación se concreta en el desarrollo de proporcionar información necesaria y suficiente para dar a entender la aplicación del proceso de soldadura protegida con gas en todas aquellas industrias metalmecánica que su producto requiera de dicho proceso para así tener en cuenta todos aquellos factores que intervienen en este y se tenga la capacidad de interpretarlo en todos los niveles para su aplicación correctamente.

Con el presente estudio se busca proporcionar conocimientos a todas aquellas empresas dedicadas a manufacturar productos ensamblados por medio del proceso de soldadura protegida con gas con el propósito de que su mano de obra directa tenga la capacidad necesaria para realizar sus actividades y este actualizado en dicho proceso para ser productivos y por consiguiente competitivos en el mercado.

#### **Objetivo Especifico.**

- Fortalecer el conocimiento en el área de soldadura, para cumplir con las demandas de las industrias manufactureras.
- Conocer los procesos de soldadura GMAW.
- Conocer sus ventajas y desventajas del proceso.

#### **I.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Los problemas existentes en las empresas metalmecánica se debe a la falta de actualización y la constante capacitación de su mano de obra directa en cuanto a sus procesos de soldadura. La necesidad de mejorar y aplicar correctamente sus procesos en soldadura el cual tendrá como un efecto temprano al dejar descubierto los problemas los cuales una vez disminuyéndolo se puede disminuir el costo de producción y como un efecto futuro se tiene una mejor arma de competencia en el mercado permitiéndole crecer en el ámbito empresarial

El desarrollo de la industria metal-mecánica y el incremento de la demanda en el desarrollo de nuevos procesos productivos, requieren del talento humano para poder ser incorporados en un área de desempeño en la cual se ha evidenciado una falta de actualización en conocimientos de procesos de soldadura para satisfacer las ofertas de las industrias metal-mecánicas.

Al no contar con la información necesaria y la falta de interés en el entrenamiento constante del proceso de soldadura GMAW esto tiene como consecuencia que la productividad en todas aquellas empresas sea disminuido y por lo consiguiente no tengan la capacidad de competir en el mercado.

## **I.5 HIPÓTEIS**

- Con el conocimiento de procesos de soldadura protegida con gas se tendrá una mejor competitividad en el mercado.
- Con el conocimiento de procesos de soldadura protegida con gas se tendrá un menor costo de producción.
- Con el conocimiento de procesos de soldadura protegida con gas se tendrá una disminución de defectos de calidad en los productos ensamblados debido a que su mano de obra directa esta capacitada y actualizada en dicho proceso.
- Con el conocimiento del proceso de soldadura protegida con gas se tendrá una disminución de accidentes de trabajo por este proceso aplicado.

## **I.6 METODOLOGÍA**

En la presente investigación se utilizara la investigación cualitativa ya que se requieren datos de empresas metalmecánica Que apliquen el proceso de soldadura protegida con gas, y así también se requerirá de la observación de dicho proceso. El cual reducirá los problemas existentes en las medianas y micro empresas por falta de actualización y conocimientos en cuanto se refiere a los procesos de soldadura protegida con gas.

Para dicha investigación se estará apoyando del método deductivo ya que es de primordial importancia como base conocer el proceso de soldadura protegida con gas Por otra parte se apoyara del método inductivo ya que para este estudio es necesario conocer datos muy particulares acerca del proceso de soldadura como son costos de material de aporte que es muy preciso.

Así al tener datos generales se descompondrán en su forma particular para estudiar detalladamente las causas que pueden generar al utilizar el proceso ya que cierta información que es utilizada en este tema es muy delicada la cual necesariamente se tendrá que estudiar paso a paso como ejemplo la seguridad en el proceso de soldadura.

Por otra parte se realizara para este estudio la investigación de campo ya que este tipo de investigación ayudar a confirmar ciertas hipótesis que se han planteado y se tendrá información precisa la cual permitirá recalcar lo investigado en bibliografía. Siendo este tipo de investigación una de las más importantes porque da la pauta para ver en realidad los problemas existentes que se tienen en los procesos de soldadura existentes.

Para el desarrollo de esta investigación se consultara en material bibliográfico muy en particular de la American Welding Society y de la sociedad mexicana para la soldadura siendo esta ultima un organismo mexicano de certificación en soldadura el cual difunde boletines técnicos de información sobre soldadura los cuales son muy importantes conocerlos ya que contienen datos sobre procesos de soldaduras a nivel nacional pero así mismo a nivel internacional.

## **CAPÍTULO II. INTRODUCCIÓN AL PROCESO DE SOLDADURA PROTEGIDA CON GAS**

### **II.1 ANTECEDENTES DE LA SOLDADURA**

El término soldadura lo podemos definir como la unión mecánicamente resistente de dos o más piezas metálicas diferentes. La primera manifestación de ello, aunque poco tiene que ver con los sistemas modernos, se remonta a los comienzos de la fabricación de armas. Los trozos de hierro por unir eran calentados hasta alcanzar un estado plástico, para ser así fácilmente deformados por la acción de golpes sucesivos.

Mediante un continuo golpeteo se hacía penetrar parte de una pieza Dentro de la otra. Luego de repetitivas operaciones de calentamiento, seguidos de un martilleo intenso, se lograba una unión satisfactoria. Este método, denominado “caldeado”, se continuó utilizando hasta no hace mucho tiempo, limitando su uso a piezas de acero forjable, de diseño Sencillo y de tamaño reducido. Los diversos trozos o piezas metálicas que se deseen fijar permanentemente entre si, deben ser sometidas a algún proceso que proporcione Uniones que resulten lo más fuertes posibles. Es aquí cuando para tal fin, los sistemas de soldadura juegan un papel primordial.

En 1808 Humphry Davy demuestra que es posible conducir electricidad en el aire entre dos electrodos. En 1885 Bernardos, oriundo de Rusia demuestra que con un arco establecido entre un electrodo negativo de carbón y un ánodo metálico es posible producir una fusión localizada y utilizarla para unir piezas metálicas inicio en donde patenta el primer dispositivo de soldadura manual. Es entonces que en 1892 Slavianoff reemplaza el electrodo de carbón por una varilla metálica introduciendo el concepto de electrodo consumible.

De 1908 a 1912 e sueco Kjellberg, dio el primer impulso para el desarrollo de la soldadura por arco, al obtener un electrodo revestido con recubrimiento delgado y grueso. De 1930 a 1933 Portevin estudio sobre las estructuras de la soldadura y estableció las bases científicas sobre la soldadura, en 1934 R. Zarsin y M. Monearon comienzan los ensayos del procedimiento de soldadura por arco y esa así que los americanos descubren el “electrodo de bajo hidrogeno”. Paralelamente el profesor Chavenard creo su micromáquina

de ensayos mecánicos. En 1936 aparece en Estados Unidos la soldadura automática, en 1934 se inventaron las primeras estaciones de robot para la soldadura por arco desde entonces, se han ido desarrollando con acierto su inteligencia, repetitividad y posibilidades de comunicación.

En los años de 1980 y 1990 presentaron un rápido desarrollo mundial de las técnicas de soldadura y corte, incrementándose el interés de mejorar el campo de la soldadura.

En la actualidad la mayoría de los procesos de soldadura se llevan a cabo mediante la aplicación de calor a las piezas a unir y los resultados de las investigaciones científicas en esta especialidad tienen aplicación industrial facilitando cada vez mas el trabajo y aumentando la productividad, la calidad de los productos fabricados y sobre todo la protección de medio ambiente.

En el año de 1940 se otorgó una patente a un proceso que alimentaba electrodo de alambre en forma continua para realizar soldadura con arco protegido por gas. Este resultó el principio del proceso MIG<sup>4</sup>, que ahora posee la nomenclatura AWS<sup>5</sup> de soldadura con gas y arco metálico GMAW. Este tipo de soldadura se ha perfeccionado desde sus comienzos. En algunos casos se utilizan electrodos desnudos y protección por gas, y en otros casos se utilizan electrodos recubiertos con fundentes, similares a los utilizados en los procesos de arco protegido convencionales. El electrodo es alimentado en forma continua desde el centro de la pistola para soldadura. En este momento, este proceso de soldadura, a nivel industrial, es uno de los más importantes.

---

<sup>4</sup> Por sus siglas en ingles MIG (Metal Inert Gas)

<sup>5</sup> Por sus siglas en ingles AWS (American Welding Society)

## II.1.1 CONCEPTO DEL PROCESO DE SOLDADURA GMAW

Es un proceso de soldadura por arco establecido entre un metal de aporte continuamente suministrado y la piqueta soldada. Se utiliza la protección de un gas externamente suministrado y sin la aplicación de presión.

El proceso es 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 que crea la atmósfera protectora, hace que no sea necesario estar cambiando de electrodo constantemente.

Este proceso se utiliza mucho en industrias donde el tiempo y la calidad de la soldadura son cruciales. El principio es similar a la soldadura por arco, con la diferencia en el electrodo continuo y la protección del gas inerte lo que le dan a este método la capacidad de producir cordones más limpios (no forma escoria, por lo que se pueden formar varias capas sin necesidad de limpieza intermedia).

En La figura # 1 muestra los elementos que intervienen en el proceso de soldadura protegida con gas

- 1 Dirección de avance
- 2 Tubo de contacto
- 3 Electrodo
- 4 Gas
- 5 Metal derretido de soldadura
- 6 Metal de soldadura solidificado
- 7 Pieza a soldar

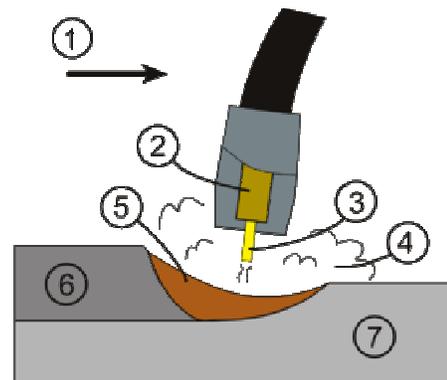
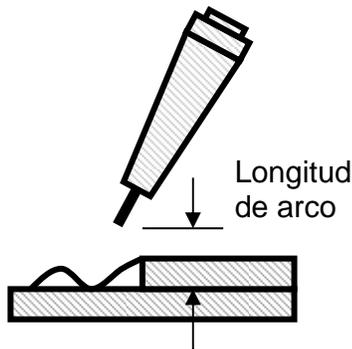


Fig. # 1: Proceso de soldadura GMAW

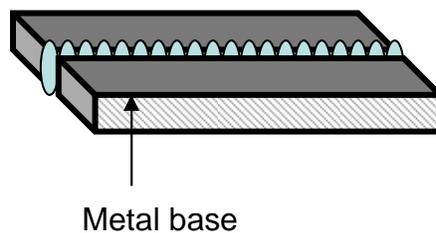
La soldadura GMAW, es también conocida como Gas Arco Metal o MAG, donde un arco eléctrico es mantenido entre un alambre sólido que funciona como electrodo continuo y la pieza de trabajo. El arco y la soldadura fundida son protegidos por un chorro de gas inerte o activo. El proceso puede ser usado en la mayoría de los metales y la gama de alambres en diferentes aleaciones y aplicaciones es casi infinita.

Existen los siguientes términos que habitualmente son utilizados y empleados en la soldadura al arco protegida con gas los cuales son de importancia su conocimiento ya que las industrias que utiliza este proceso de soldadura están en constante uso y aplicación de dichos términos.

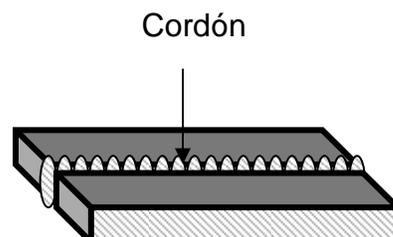
**Longitud de arco:** distancia entre la punta del electrodo y la superficie del baño de fusión.



**Metal base:** término para describir el metal del cual están hechos los componentes de la unión.



**Cordón:** pasada simple de metal soldado depositado en un recorrido del arco a lo largo de la unión sobre la superficie del metal base.



**Velocidad de fusión:** velocidad a la cual se funde el micro alambre. Se da como una medida lineal – m/min. (Metros por minuto) o in/min. (pulgadas por minuto).

**Metal depositado:** material que se aporta a la unión mediante el electrodo o micro alambre de aportación, con el fin de construir el perfil soldado.

**Velocidad de deposición:** velocidad a la cual el metal del electrodo fundido se aporta al baño de fusión, Se mide en Kg./hr. (kilogramos por hora). En algunas ocasiones se emplea incorrectamente refiriéndose a la relación entre el metal depositado y la cantidad de electrodo fundido, cuya terminología correcta sería “rendimiento de deposición”.

**Temperatura de precalentamiento:** temperatura del metal base justo antes de empezar a soldar. En algunos casos, el metal base debe calentarse para evitar problemas de agrietamiento o de falta de fusión.

## II.2 SEGURIDAD EN EL PROCESO DE SOLDADURA

Las operaciones de soldadura protegida con gas presentan una serie de peligros que es necesario tener en cuenta para evitar accidentes personales. Entre los mismos encontramos los de origen netamente eléctrico y los del tipo térmico, como los originados por soldar sin caretas o máscaras debidas a la gran emisión de radiación ultravioleta que dan lugar a quemaduras en la piel, de córneas, entre otras.

Los peligros relacionados con la soldadura suponen una combinación poco habitual de riesgos contra la salud y la seguridad. Por su propia naturaleza, la soldadura produce humos y ruido, emite radiación, hace uso de electricidad o gases y puede provocar quemaduras, descargas eléctricas, incendios y explosiones.

Algunos peligros son comunes tanto a la soldadura por arco eléctrico como a la realizada con gas y oxígeno. Al trabajar en labores de soldadura, o cerca de ellas, observe las siguientes recomendaciones generales de seguridad que se deben de seguir para evitar accidentes en el proceso:

Un detalle que hay que considerar es que los trabajadores que sueldan usando lentes de contacto se exponen a que la radiación seque la capa de lágrimas entre el ojo y la lente produciendo una succión que puede dañar el ojo cuando se retiran las lentes.

A continuación presentamos algunas recomendaciones generales de seguridad:

- Verificar y controlar el buen estado de los cables antes de usarlos.
- Verificar si las terminales o enchufes están en buen estado.
- Tener cuidado en la conexión del neutro y la tierra, puesto que los errores en esta toma de tierra pueden ser graves.
- Revisar los aislamientos de los cables eléctricos al comenzar cada tarea desechando todos aquellos que no estén en perfecto estado.

- Evitar que los cables descansen sobre objetos calientes, charcos, bordes afilados o cualquier otro elemento que pudiera dañarlos.
- El cable de masa se conectara sobre la pieza a soldar o lo mas cerca que sea posible.
- Antes de realizar cualquier modificación en la maquina de soldar se debe interrumpir la corriente, incluso cuando se mueve.
- No trabajar en recintos que hayan contenido gases o líquidos inflamables, sin que previamente hayan sido debidamente ventilados.
- En caso de utilizar electrodos que generen humos, poner en funcionamiento los aspiradores correspondientes, o en caso contrario, emplear equipos de protección respiratoria.
- Suelde solamente en las áreas designadas.
- Utilice solamente equipos de soldadura en los que haya sido capacitado.
- Lleve puesta ropa de protección para cubrir todas las partes expuestas del cuerpo que podrían recibir chispas, salpicaduras calientes y radiación.
- La ropa de protección debe estar seca y no tener agujeros, grasa, aceite ni ninguna otra sustancia inflamable.
- Lleve puestos guantes de cuero, un delantal de cuero o asbesto, y zapatos altos para protegerse bien de las chispas y salpicaduras calientes.
- Lleve puesto un casco hermético específicamente diseñado para soldadura, dotado de placas de filtración para protegerse de los rayos infrarrojos, ultravioleta y de la radiación visible.
- Nunca dirija la mirada a los destellos producidos, ni siquiera por un instante.
- Haga uso del casco y sitúe la cabeza correctamente para minimizar la inhalación de humos en su zona de respiración.
- Asegúrese de que exista una buena ventilación por aspiración local para mantener limpio el aire de su zona de respiración.

- No suelde en áreas húmedas, no lleve puesta ropa húmeda o mojada ni suelde con las manos mojadas.
- Si trabajan otras personas en el área, asegúrese de que hayan sido avisadas y estén protegidas contra los arcos, humos, chispas y otros peligros relacionados con la soldadura.
- No se enrolle el cable del electrodo alrededor del cuerpo.
- Ponga a tierra el alojamiento del instrumento de soldadura y el metal que esté soldando.
- Observe si las mangueras de gas tienen escapes, usando para ello un gas inerte.

## II.2.1 TIPOS DE EQUIPO DE SEGURIDAD

En el proceso de soldadura eléctrica protegida con gas un factor de suma importancia es el equipo de protección personal, el cual está diseñado para proteger a los trabajadores de los agresores externos, teniendo presente que los mismos no eliminan los riesgos solo sirven para minimizar sus consecuencias.

Es importante también tener en cuenta que la protección personal no es la primera ni la mejor solución para proteger la salud del trabajador, debiendo de ser la misma complementaria de la protección de tipo colectiva.

Es importante conocer las limitaciones del equipo de protección personal ya que como todo producto tiene un periodo de vida útil, el cual es necesario verificarlo para evitar un mal uso de este.

El equipo de protección personal se debe de inspeccionar periódicamente para conocer y cambiar el que ya está dañado por otro nuevo.

Almacenar el equipo en forma adecuada, sin que este se guarde en lugares que puedan afectarlo.

Limpiar y desinfectar el equipo de protección en caso que:

- El protector ocular está sucio o rayado.
- El auricular presenta rajaduras, cortaduras o no tenga todos los empaques.
- El casco cubrió y se dañó de un impacto severo.
- Si el casco presenta defectos.
- Si la protección respiratoria presenta defectos.
- Si los guantes o zapatos de seguridad están dañados

A continuación se describen y ejemplifican algunos equipos de seguridad que son utilizados al aplicar soldadura protegida con gas

**Mascara de soldar.** Protege los ojos, la cara, el cuello, y debe de estar provista de filtros de acuerdo al proceso e intensidad de corriente empleados.

En soldaduras eléctricas, se deberá usar caretas protectoras con cristales de grado no inferior al número 10 como mínimo. Los ayudantes deberán utilizar el mismo tipo de protección. No deberá permitirse que los ayudantes no utilicen la debida protección y sólo eviten mirar en el momento del soldado, ya que esta actitud no resulta segura ni suficiente.



**Gautes de cuero.** Normalmente, están fabricados con materiales resistentes como fibra de vidrio o cuero. Su función principal es proteger las manos de golpes cortes y quemaduras durante la soldadura y reparación. Se deben utilizar gautes de seguridad de acuerdo al tipo de tarea que se valla a emprender. Para realizar las operaciones de soldadura se deben de utilizar gautes de cuero o asbesto.



**Delantal de cuero.** Es utilizado dentro del proceso de soldadura para proteger la parte frontal del cuerpo como es la caja torácica de chisporroteo y exposición de rayos ultravioletas del arco.



**Polainas casaca de cuero.** Cuando es necesario hacer soldaduras en posiciones verticales y sobre cabeza, deben usarse estos aditamentos, para evitar las severas quemaduras que puedan ocasionar el chisporroteo del metal fundido.



**Zapatos de seguridad.** Son utilizados para Proteger los tobillos y dedos del pie de cualquier contacto pesado así como del chisporroteo que ocasiona la soldadura ya que están diseñados con protección metálica en la punta de los dedos así como un recubrimiento de cuero para evitar quemaduras.



**Gorro.** Protege el cabello y el cuero cabelludo del chisporroteo, especialmente cuando se hace soldadura en posiciones de cabeza.



**Respirador para polvos metálicos.** El respirador para polvos metálicos y vapores de soldadura tiene la función de proteger la concentración de gases o vapores presentes en el aire los cuales dañan ojos, nariz y garganta, y que al exponerse por tiempos largos a estos contaminantes provocan enfermedades crónicas como la bronquitis.



### II.3 CORTE Y PREPARACION DE LA JUNTA

Se denomina junta al espacio que existe entre los elementos a soldar y que responde a tres topologías básicas. Juntas rectas. Juntas en (V) y juntas en (U). esta últimas se pueden prepararse por una cara o por dos caras. La preparación de la junta se realiza mediante corte o mecanizado y es evidente que los posibles defectos que presente la junta serán transmisibles o perjudiciales para la posterior soldadura.

Todo corte debe de llevar un repaso de bordes realizado mediante piedras esmeril, fresa o cepillo cuyo fin es eliminar rebabas o irregularidades. Las juntas preparadas se requieren para soldaduras a tope. Donde ha de asegurarse una penetración de la soldadura, en soldaduras de ángulo basta con un corte recto con un tratamiento de repaso adecuado tal y como se muestra en la figura numero 2.

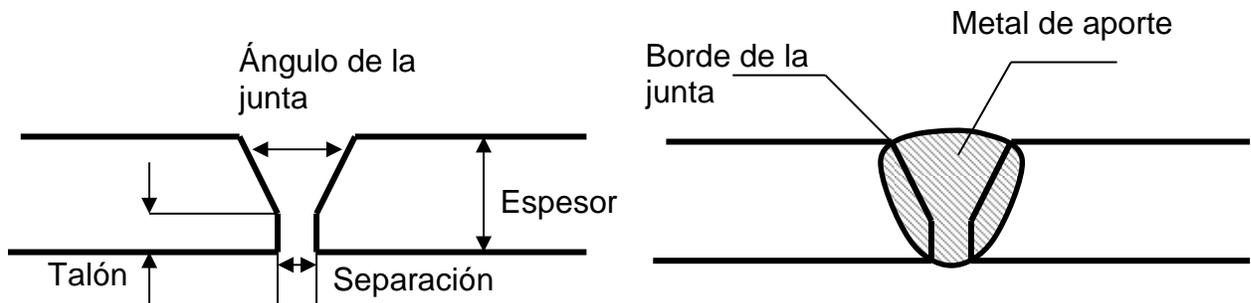


Fig. # 2: Preparación de una junta

### Soldadura de piezas gruesas

Para soldar dos piezas gruesas (de 3 a 6 mm.) se debe de realizar el proceso en dos fases, dando un cordón por cada lado de la unión como lo ilustra la siguiente figura.

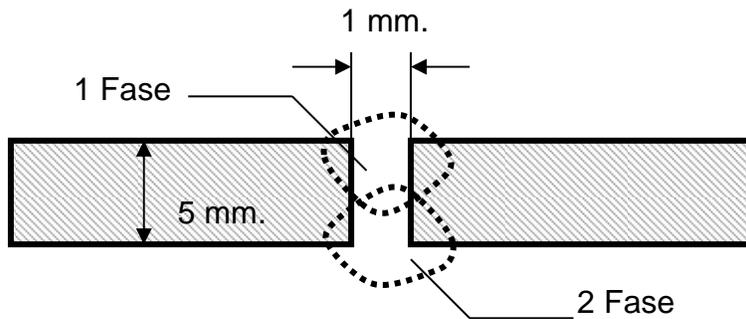


Fig. # 3 soldadura en piezas gruesas

Para soldar dos piezas muy gruesas (más de 6 mm.) de espesor, se debe de realizar un chaflán con la amoladora y realizar la soldadura en varias pasadas sucesivas como lo muestra la figura número 4, esto con el fin de que en la junta haya mayor penetración en el momento de realizar el cordón. Tener en cuenta que se debe eliminar la escoria con la piqueta después de realizar cada cordón de soldadura.

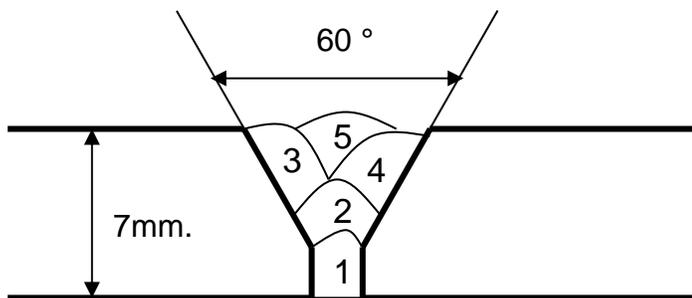


Fig. # 4: Soldadura en varios pasos

## El cordón de soldadura

El cordón de soldadura tiene tres partes bien diferenciadas de acuerdo a la siguiente figura que se describe a continuación, las cuales es de suma importancia conocer en el proceso de soldadura ya que en la preparación de la junta así como en la aplicación del cordón se relaciona entre si.

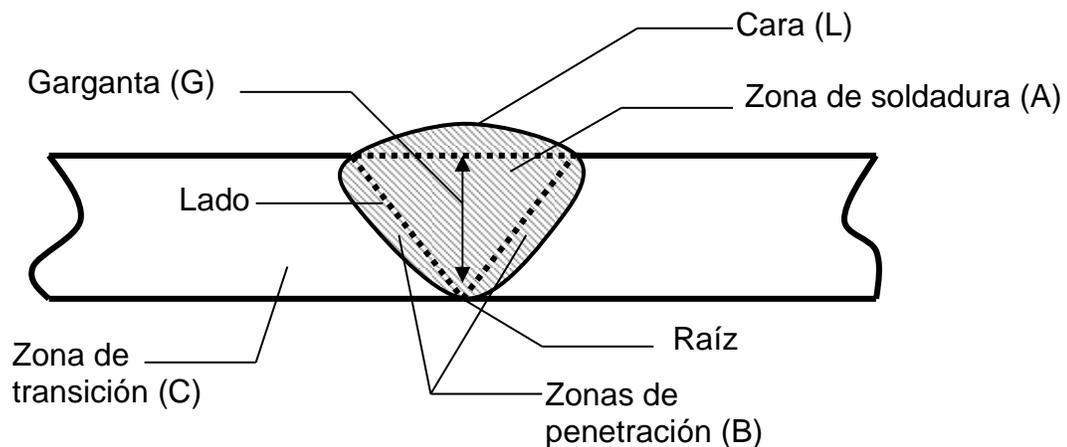


Fig. # 5: Cordón de soldadura

A). **Zona de soldadura:** Es la zona central, que está formada fundamentalmente por el metal de aporte.

B). **Zona de penetración.** Es la parte de las piezas que ha sido fundida por los electrodos en el proceso de soldadura.

La mayor o menor profundidad de esta zona define la penetración de la soldadura, una soldadura de poca penetración es una soldadura generalmente defectuosa.

C). **Zona de transición.** Esta zona es la que se encuentra más próxima a la zona de penetración.

Esta zona, aunque no ha sufrido la fusión, sí ha soportado altas temperaturas, que la han proporcionado un tratamiento térmico con posibles consecuencias desfavorables, provocando tensiones internas.

Las dimensiones fundamentales que sirven para determinar un cordón de soldadura son la garganta y la longitud.

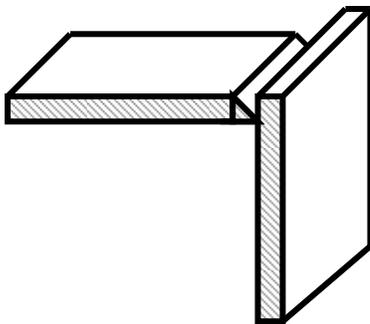
**La garganta (G).** Es la altura del máximo triángulo isósceles cuyos lados iguales están contenidos en las caras de las dos piezas a unir.

**Cara (L).** Es la dimensión real de la soldadura que es aplicada en una junta.

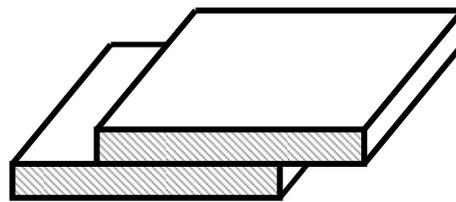
### II.3.1 TIPOS DE JUNTAS BASICAS DE SOLDADURA

La soldadura produce una unión entre dos partes. En esta sección, se examinara el tema de las uniones por soldadura, los tipos de uniones y los diferentes tipos de soldadura que se usan para unir las partes.

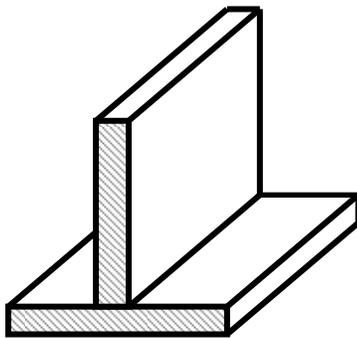
Hay cinco tipos básicos de uniones para integrar las partes de una junta, de acuerdo con las siguientes figuras se definen del modo siguiente:



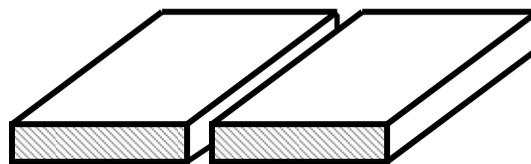
Unión esquina



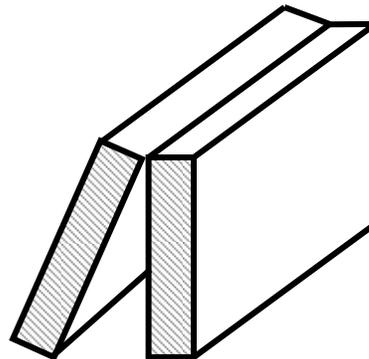
Unión traslape



Unión en T



Unión a tope

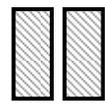


Unión de borde

**Unión a tope.** Este tipo de unión las partes se encuentran en el mismo plano y se unen en sus bordes.

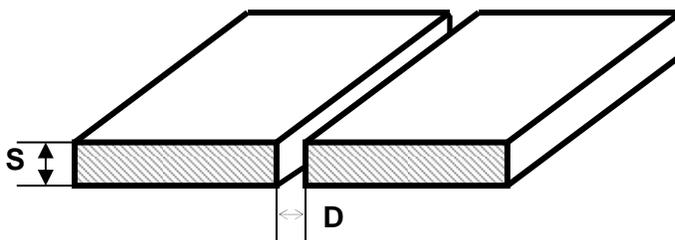
En los empalmes hasta 2 mm. de grosor los bordes por soldar se acercan completamente. Para grosores mayores de 2 mm. Existen los siguientes datos:

**Distancia (D) en mm. entre los bordes por unir**

S mm.	2/3	3/4	4/5
 Plano	1 / 1.5	1.5 / 2.5	2 / 3
 Vertical	1 / 1.5	1.5 / 2	2 / 2.5
 Frontal	1 / 1.5	1.5 / 2.5	2 / 3

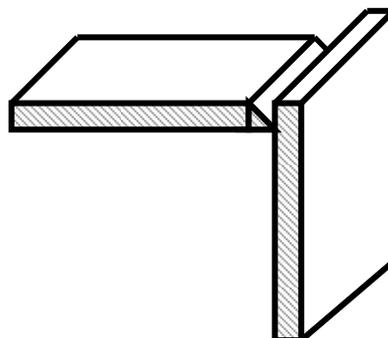
**S mm.** = Espesor del material

**D mm.** = distancia de separación entre las dos piezas.

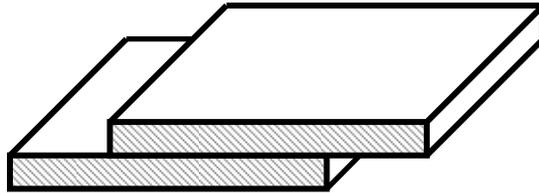


**Unión esquina.** Las partes de una unión en esquina forman un Angulo recto y se unen en el a esquina del Angulo.

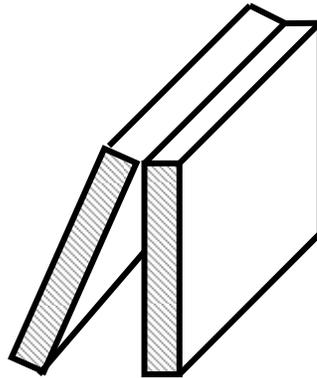
Los empalmes de esquina. La preparación es muy cómoda para realizar este tipo de junta, es conveniente hasta grosores de 10 mm. Para grosores superiores es mas conveniente realizar un empalme en el cual a una de las piezas a soldar se le realice en chaflán para permitir una junta bien soldada.



**Unión traslape.** Esta unión consiste en dos partes que se superponen. En estos empalmes de superposición la preparación más simple es con bordes rectos y la soldadura se resuelve en un normal cordón de ángulo. Las dos piezas se deben acercar lo más posible para obtener un buen cordón de soldadura.

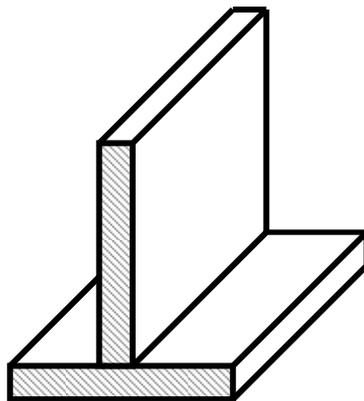


**Unión de cuña o de borde.** Las partes en una unión de cuña, están paralelas con al menos uno de sus bordes en común y la unión se hace en el borde común.



**Unión en T.** En la unión en T una parte es perpendicular y la otra parecida a la letra tee.

En los empalmes de ángulo la preparación de estos empalmes es muy simple y viene realizada hasta grosores de 5 mm. En este tipo de empalmes las dos piezas deben estar en contacto una con otra.



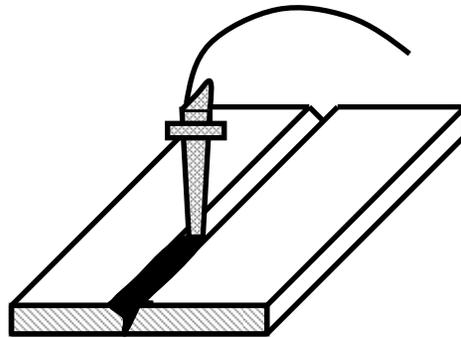
## II.4 POSICIONES DE APLICACIÓN

Hay cuatro posiciones básicas para soldar: plana, vertical, sobre cabeza y horizontal, estas posiciones se usan para todos los procesos de soldadura, y son independientes del proceso que se use.

Ahora bien, para entender mejor estas cuatro posiciones las definiremos sustancialmente, para el entendimiento de las personas que lean este trabajo o lo escuchen.

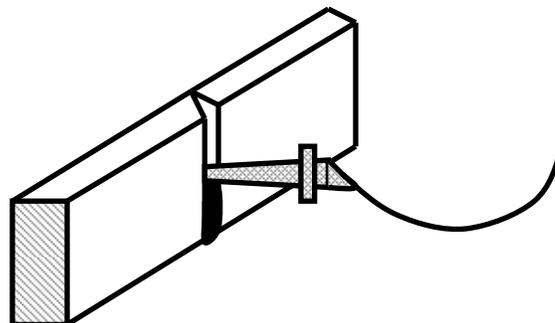
**1. - Soldadura plana.** En este tipo de posición el metal de la soldadura se deposita sobre el metal base. El metal base actúa como soporte.

En este proceso se forman pequeñas gotas de metal fundido del alambre de aporte, que se proyecta al baño de fusión a través del arco.

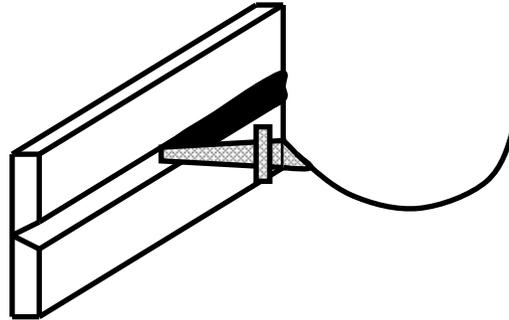


**2.- Soldadura vertical.** El metal base actúa como un soporte parcial solamente, y el metal que ya a sido depositado debe usarse como ayuda.

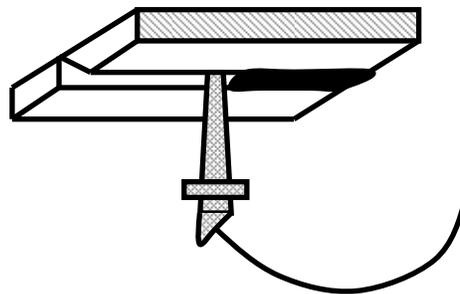
La soldadura vertical puede ejecutarse de dos maneras diferentes: Una, desde la parte de abajo de la unión hacia la parte superior llamada superior vertical y otra, de la parte superior de la unión hacia abajo llamada bajada vertical.



**3.- Soldadura horizontal.** Como en la soldadura vertical, el metal base da sólo soporte parcial, y el metal de la soldadura que se deposita debe usarse como ayuda.



**4.- Soldadura sobre la cabeza.** El metal base sostiene ligeramente al metal de la soldadura depositado. Se experimentara poca dificultad en la soldadura vertical o sobre la cabeza, si el charco se conserva plano o poco profundo y no se permite que forme una gota grande.



## II.5 FORMAS DE APLICACIÓN

En el proceso soldadura existen diferentes formas en las cuales podemos aplicar un cordón para unir dos o más piezas, estas formas son muy relevantes ya que influyen de una manera muy importante para el acabado de la soldadura, así como el desgaste físico del operador que esta encargado de dicho proceso, su seguridad y uno de los puntos de mayor importancia la calidad del producto y costo de fabricación.

En un proceso de soldadura robotizado el operador solo controla un programa codificado el cual están implícitas las operaciones de soldadura a realizar y ya no es necesario estar aplicándola físicamente, por lo tanto la seguridad del operador es mayor al no tener contacto directo con los agentes del proceso. Su tiempo de entrega del producto sueldado es más rápido y con la calidad requerida por el cliente.

A continuación se describe las diferentes formas en las cuales se puede aplicar soldadura.

- **Manual:** El operador controla todas las variables: voltaje amperaje y velocidad. Aquí el operador se encuentra físicamente interactuando con las herramientas del proceso.
- **Semiautomática:** El operador controla el voltaje y el amperaje, pero no la alimentación.
- **Mecanizada:** El operador controla el voltaje, amperaje, pero no la alimentación, ni el ángulo de trabajo.
- **Automática:** El operador ya no controla el ángulo, ni la posición.
- **Robotizada:** El operador solo controla el programa codificado.

Al mencionar la forma de aplicación de la soldadura existen ciertas variables las cuales nos permiten ajustes en el proceso para conseguir una soldadura de calidad y tener los menores defectos por el proceso.

A continuación se menciona estas variables para su conocimiento de estas y tener la noción de lo que se esta controlando dependiendo de su aplicación.

**El voltaje.** Controla el perfil de la soldadura.

**La inductancia.** En la transferencia del corto circuito estabiliza el arco y reduce el nivel de proyecciones.

- **Inductancia baja.** Aceros al carbón. Aluminio y cobre.
- **Inductancia alta.** Aceros inoxidable.

**La velocidad de alimentación del alambre.** Establece el amperaje de la soldadura.

**El amperaje controla.** El aporte térmico, el tamaño de la soldadura y la profundidad de penetración.

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 las cantidades de corriente en amperes que se deben utilizar de acuerdo al grosor de los electrodos.

Tabla que muestra Intensidad de corriente aproximada para diferentes diámetros de electrodos

Diámetro del electrodo (in)	Amperes para soldadura plana y horizontal	Amperes para soldadura vertical y sobre 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 anterior.

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 amperes

## II.5.1 TÉCNICAS DE APLICACIÓN

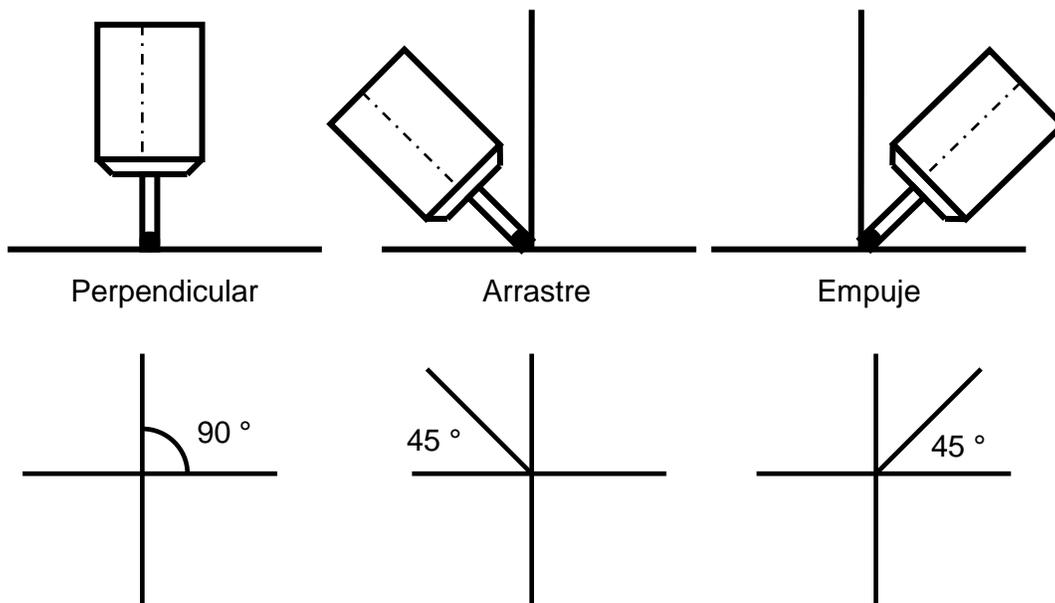
En la aplicación del proceso de soldadura protegida con gas es de importancia considerable la orientación del electrodo cuando se aplica un cordón de soldadura ya que en la forma que sea aplicada esta afecta la forma del cordón y la penetración principalmente.

Para realizar un buen cordón de soldadura se emplean tres técnicas que se han desarrollado para su aplicación siendo estas de gran ayuda para evitar ciertos defectos y discontinuidades en la soldadura como son poros, grietas, entre otras.

**Ángulo de empuje o de avance:** El electrodo apunta en dirección del avance y dicho ángulo es a 45 grados.

**Ángulo perpendicular:** El electrodo queda perpendicular con relación al avance.

**Ángulo de arrastre:** El electrodo apunta en dirección opuesta al avance con un ángulo de inclinación a 45 grados.



## **CAPITULO III PROCESO DE SOLDADURA PROTEGIDA CON GAS (GMAW)**

### **III.1 DESCRIPCION DEL PROCESO**

Es el proceso donde un arco eléctrico y un electrodo sólido consumible y el material base, protegido con un gas o mezcla de gases, se utiliza sin la aplicación de presión que produce la unión de materiales.

El proceso GMAW establece un arco eléctrico entre la pieza de trabajo y el alambre electrodo que se alimenta continuamente. Utiliza una maquina de potencial constante, antorcha y un mecanismo que alimenta el micro alambre hacia la unión de los metales, el proceso al arco eléctrico se emplea principalmente para la soldadura de láminas, placas o tuberías de metal.

En el proceso GMAW se genera un arco eléctrico entre un electrodo continuo de metal de aporte y la pileta soldada. Este proceso es usado con la protección de un gas externamente suministrado, y sin la aplicación de presión.

La aplicación primaria de este proceso fue en la soldadura de aluminio, el GMAW es un proceso semiautomático, no obstante con una máquina apropiada puede automatizarse. Con este proceso pueden soldarse todos los metales de importancia comercial.

La soldadura GMAW es similar a la SMAW<sup>6</sup> y la diferencia radica en que en aquella el electrodo viene en un carrete o rollo y es continuo. Esto reduce mucho los pares y arranques para cambiar electrodos como en la SMAW. Una persona que ha soldado con arco con electrodos normales no tendrá dificultades para aprender el proceso GMAW. Una vez que se ha formado el arco, muchas de las técnicas aprendidas con la soldadura de arco se aplicarán a la GMAW. Un ejemplo es, mover el electrodo con mayor velocidad a fin de producir un charco más pequeño, evitar quemaduras pasadas o disminuir la penetración. Igual que en la SMAW, escuchar el sonido del arco dará una idea de la calidad de la soldadura. De igual manera que con la SMAW es preferible tener un arco suave.

---

<sup>6</sup> Por sus siglas en ingles SMAW (Shielded Metal Arc Welding)

### **III.2 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA SOLDADURA (GMAW).**

En el proceso de soldadura protegida con gas nos encontramos con diversos puntos los cuales diferenciamos las ventajas y desventajas que se encuentran al aplicar este tipo de soldadura con respecto al proceso de electrodo revestido. Así de este modo nos damos cuenta que el proceso GMAW es mas conveniente utilizarlo en empresas metalmeccánica. 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 soldadura en cualquier posición.

- La gran velocidad del procedimiento GMAW 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 GMAW 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.

**Los beneficios más importantes de este proceso son:**

- Es el único proceso de electrodo consumible que puede servir para soldar todos los metales y aleaciones comerciales.
- Por ser el electrodo un alambre continuamente suministrado no existe limitación de tamaño.
- Permite soldar en todas posiciones.
- Se logran tasas de deposición superiores al proceso con electrodo revestido.
- Las velocidades de soldadura son más altas.
- Cuando se utiliza transferencia spray, se logra mayor penetración que con la soldadura manual, lo que permite el uso de soldaduras de filete más pequeñas para obtener una resistencia mecánica equivalente.
- No requiere limpieza después de la soldadura ya que no se produce escoria.

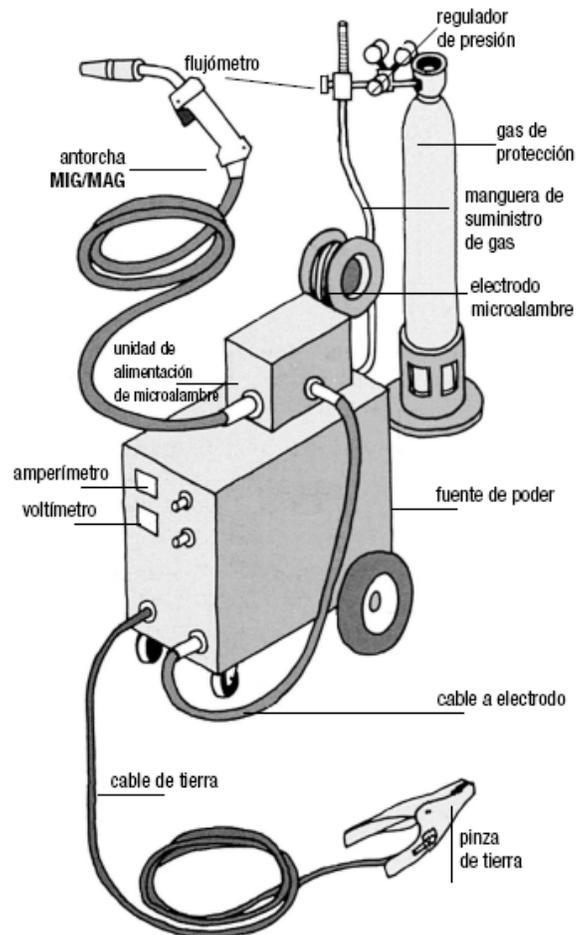
### **Algunas de las limitaciones del proceso son:**

- Es más difícil de usar en lugares de acceso complicado porque la antorcha debe estar cerca de la unión (entre 10 y 19mm) para asegurar buena protección del metal fundido.
- El arco de soldadura debe protegerse contra corrientes de aire que puedan dispersar el gas protector, lo que limita su aplicación en la intemperie.
- Altos niveles de calor y radiación.
- Chisporroteo.

### III. 3 EQUIPO NECESARIO

El equipo de una soldadura GMAW, varía significativamente, ya que además de la fuente de poder, se necesita de un equipo adicional, que permita mantener de forma continua la alimentación del alambre para soldar, además de eso la antorcha varía ya que debe de facilitar también la inyección del gas de protección.

- Fuente de poder.
- Gas protector.
- Electrodo.
- Mecanismo alimentador de electrodo.
- Antorcha
- Pinza de tierra.



A continuación se da una descripción de los componentes necesarios para soldadura GMAW.

**Fuente de poder:** la fuente de poder suministra la energía eléctrica al electrodo y a la pieza de trabajo a fin de producir el arco. En casi todas las aplicaciones de GMAW. Se emplea corriente continua electrodo positivo, por lo que la terminal positiva se conecta a la antorcha y la negativa a la pieza de trabajo. Este modo suele denominarse -polaridad inversa.

El término polaridad describe la conexión eléctrica de la, a las terminales de una fuente de potencia de corriente continua.

La conexión DCEP<sup>7</sup> en GMAW produce un arco estable, una transferencia de metal uniforme, relativamente pocas salpicaduras, y buena penetración.

En GMAW la longitud del arco es la distancia entre el electrodo y la superficie de trabajo, es una variable crítica que debe controlarse cuidadosamente. El voltaje del arco depende de la longitud de arco así como de muchas otras variables, tales como composición y dimensión del alambre, gas de protección técnica de soldadura. Con algunas consideraciones podríamos decir que expresa en forma aproximada la longitud física del arco.

**Gas de Protección:** La finalidad de los gases protectores, igual que en otros tipos de soldadura con arco, es evitar la contaminación del metal de soldadura. Los gases protectores también influyen en el arco y en la profundidad de penetración y la cantidad de salpicaduras de metal que produzcan. Los tres principales gases que se emplean en GMAW son argón, helio y dióxido de carbono (o una mezcla de ellos), que genere el gas más eficaz y menos costoso que sea posible. El helio es el más costoso, seguido por el argón y el dióxido de carbono; sin embargo, el costo no es el único factor por considerar. El argón produce un cordón muy estrecho y el helio uno ancho. El dióxido de carbono produce un cordón más grueso que el argón, pero más delgado que el helio. Cuando se emplea sólo dióxido de carbono, suele producir un arco brusco con muchas salpicaduras. Sin

---

<sup>7</sup> Por sus siglas en inglés DCEP ( Direct Current Electrode Positive )

embargo, una pequeña adición de argón estabilizará el arco y eliminará gran parte de las salpicaduras. El gas protector que utilice depende del proceso de soldadura, el tipo de metal base y los resultados deseados.

**El alambre:** Este es el que sirve como material de aporte y que conforma el cordón de soldadura, debe poseer las características propias del material que se desea soldar, y al igual que en el caso del electrodo recubierto, también esta estandarizado por AWS<sup>8</sup>.

Los electrodos para la soldadura GMAW, igual que los normales para soldadura con arco, se fabrican para que coincidan con el tipo de metal que se va a soldar Según sea el proceso que se utilice, los electrodos pueden ser de alambre macizo desnudo, con recubrimiento de fundente o con núcleo de fundente (alambre hueco con fundente en su interior). Los electrodos de alambre se designan con las clasificaciones CSA W48-4 y AWS A45-18. Dicha clasificación es en base a la AWS A5.1. La cual se refiere a los electrodos para soldadura de aceros al carbón.

**Mecanismo alimentador del electrodo.** El mecanismo alimentador de electrodo consta de un sistema de rodillos y engranes movidos por un motor. Si se gira el cuadrante en el alimentador de electrodo (alambre) para aumentar la cantidad que alimenta a la zona de soldadura, el amperaje se incremento en forma automática. Hay tres métodos para mover el electrodo: "empuje", "tracción" y una combinación de ambos.

El método de empuje se emplea para alambres duros, como los de acero; el método de tracción es para alambres (electrodos) blandos, como los de aluminio. El método combinado de empuje y tracción se utiliza, a veces, en trabajos de construcción en donde no es posible llevar toda la máquina al sitio de trabajo y se necesitan cables largos. Los rodillos alimentadores se deben cambiar de acuerdo con el tipo y tamaño del electrodo que se emplee.

---

<sup>8</sup> Por sus siglas en ingles AWS (American welding society)

**Antorcha:** Esta conectada en la parte superior del equipo, y alberga el gatillo de actuación, la salida del hilo de aporte y la canalización del gas protector de la soldadura el equipo incorpora un potenciómetro, el cual esta diseñado para controlar la velocidad de salida del hilo, siempre que este seleccionado el modo manual.

**Pinza de tierra:** La pinza de 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. La pinza de tierra que tiene resorte son las más convenientes porque constituye el método más fácil de sujetarlas en el metal que se va a soldar.

Recuerde 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.

### III.4 VARIABLES DEL PROCESO

Establecer adecuadamente un procedimiento de soldadura GMAW implica manejar las siguientes variables, las cuales se encuentran relacionadas entre sí.

- Corriente de soldadura (velocidad de alimentación del electrodo)
- Polaridad
- Voltaje del arco (longitud de arco)
- Velocidad de avance
- Extensión del electrodo
- Orientación del electrodo (ángulo respecto a la dirección de desplazamiento)
- Posición de soldadura
- Diámetro del electrodo

Como ya hemos mencionado, si todas las demás variables se mantienen constantes, la corriente de soldadura varía con la velocidad de alimentación del electrodo. Esta relación es distinta en función de la composición química del electrodo.

Como se ha mencionado la extensión del electrodo es la distancia entre el extremo del tubo de contacto y la punta del electrodo. El aumento de la extensión del electrodo produce un aumento en su resistencia eléctrica, esto aumenta la tasa de fusión del electrodo. La mayor resistencia eléctrica hace que aumente la caída de voltaje entre el tubo de contacto y la superficie de trabajo, lo que es detectado por la fuente que reacciona reduciendo la corriente. Esto inmediatamente disminuye la velocidad de fusión del electrodo y se acorta la longitud física del arco.

La extensión deseable del electrodo generalmente está entre 6 y 13 mm. Para la transferencia en corto circuito y entre 13 y 15 mm. Para los demás tipos de transferencia, ya que si excede dicha longitud del electrodo puede causar una transferencia defectuosa.

Como en todos los procesos de soldadura por arco la orientación del electrodo con relación a la unión afecta la forma y penetración de la soldadura, y el efecto sobre el ancho del cordón es mayor que la tensión del arco o la velocidad de avance. Hay dos relaciones a tener en cuenta:

1) El ángulo que forma el eje del electrodo y la dirección de desplazamiento (ángulo de avance).

2) El ángulo entre el eje del electrodo y la superficie de trabajo (ángulo de trabajo)

Cuando el electrodo apunta en la dirección opuesta a la de avance se denomina ángulo de arrastre. La penetración máxima en soldadura plana se obtiene con la técnica de arrastre, empleando un ángulo de arrastre de unos  $25^\circ$  con respecto a la perpendicular. En el caso de la soldadura de aluminio la técnica de ataque ejerce mayor acción limpiadora sobre la superficie de trabajo. Para soldadura de filete el electrodo deberá colocarse a  $45^\circ$  respecto la pieza en vertical.

### III.5 FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO

En el proceso GMAW como todos los procesos de soldadura, la aplicación de un cordón de soldadura está sujeta a factores que se deban 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 soldadura, siendo que el uso de determinado gas o de una combinación de gases influye 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 que para materiales de grueso espesor se usará amperajes más altos. Como en todos los procesos de soldadura, el amperaje se elige con base en:

- 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 determinan 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, influyen en la calidad y costo 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 fusión. 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, es 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 derretimiento.

**Ángulo de boquilla:** el ángulo correcto de la boquilla de soldadura GMAW, se refiere a la posición que debe mantener el maneral respecto a la unión. Estas posiciones constan de dos ángulos: El ángulo transversal, y el ángulo longitudinal El ángulo transversal es la relación entre la boquilla y la unión de soldadura en un ángulo perpendicular a la dirección de avance.

**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.

### III.6 CLASIFICACIÓN DE LOS ELECTRODOS

Los electrodos para la soldadura GMAW, igual que los normales para soldadura con arco, se fabrican para que coincidan con el tipo de metal que se va a soldar. Según sea el proceso que se utilice, los electrodos pueden ser de alambre macizo, desnudo, con recubrimiento de fundente o con núcleo de fundente (alambre hueco con fundente en su interior). Los electrodos de alambre se designan con las clasificaciones AWS A5.18 la cual indica los requisitos del material de aporte para procesos con protección gaseosa (MIG/MAG, TIG) denomina los alambres de la siguiente forma como se ilustra a continuación.

Los electrodos se fabrican en tamaños estándares de 0.9, 1.2, a 2.4mm de diámetro. Las propiedades de la soldadura pueden variar apreciablemente dependiendo del tamaño del electrodo,



Fig. Clasificación del electrodo

Los electrodos podemos clasificarlos en dos tipos: Desnudos y recubiertos.

**Electrodo desnudo:** el electrodo desnudo Consiste en un alambre metálico sin recubrimiento el cual es suministrado mediante un carrete directo a la maquina de soldar.

**Electrodo recubierto:** Es un electrodo para soldadura eléctrica, consiste en una varilla metálica, con recubrimiento polvo hierro relativamente grueso, que protege el metal fundido de la atmósfera; mejora las propiedades del metal de soldadura y estabiliza el arco eléctrico.

Los electrodos por su revestimiento conservan o aumentan las propiedades del depósito a realizar. Esto se debe al tipo de componentes de que esta compuesto el revestimiento y el porcentaje de estos, sin embargo todos poseen elementos en común.

Características que aporta el revestimiento a la soldadura:

- Penetración.
- Presentación.
- Aumento de amperaje sin socavar.
- Mayor velocidad de depósito.
- Mayor estabilidad del arco.
- Evita porosidades.
- Evita el chisporroteo.
- Evita la oxidación inmediata.
- Elimina ácidos existentes en el metal base,

Los electrodos se clasifican por su revestimiento en 5 tipos:

- Tipo celulósico.
- Base rutilo.
- Bajo hidrógeno.
- Oxido de fierro.
- Polvo de fierro.

Antes de definir los tipos de electrodos mencionados anteriormente daremos una definición de lo que es el fundente.

**Fundente:** Es un material fundible que se usa para disolver y o evitar formaciones de óxidos u otras inclusiones indeseables que se forman al soldar. En términos generales, el fundente de los electrodos esta fabricado a base de celulosa.

**Tipo celulósico:** Este electrodo contiene en su revestimiento 45% de celulosa. El arco eléctrico del electrodo calienta el recubrimiento descomponiendo la celulosa en (CO, CO<sub>2</sub> y vapor de agua). Poseen otros elementos como: Bióxido de titanio, que es formador de escorias, Ferro manganeso como desoxidante o reductor. Asbesto como formador de arco y escoria, Silicato de Potasio como liga de compuesto y purificador, Silicato de sodio como liga de compuesto.

Este tipo de electrodo forma poca escoria siendo principalmente usado en soldadura vertical descendente y altas penetraciones, efecto causado por la capa gaseosa del recubrimiento, el electrodo presenta un cordón poco vistoso por su tipo irregular y alto chisporroteo.

Su uso se debe a cordones donde es necesario obtener doble acabado (piezas que no se pueden soldar por ambos lados) por ejemplo en tuberías en el cordón de fondeo y posiciones difíciles, son excelentes para soldar aceros con más del 0,25% de carbono y aceros efervescentes.

**Base de rutilo:** Se destacan por su tipo de acabado y facilidad de manejo su escoria se remueve fácilmente y en algunos casos solos, su contenido de hidrógeno es alto y no requiere un proceso de exactitud, el nombre de este electrodo es propiamente incorrecto, ya que el contenido de rutilo es principalmente un bióxido de titanio. Por este tipo de revestimiento presta el electrodo para corregir fallas en el tipo de preparación. Este electrodo se utiliza en trabajos de serie y de pocos requerimientos.

**Bajo hidrógeno:** Este tipo de electrodo produce las soldaduras más eficientes debido a su bajo contenido de carbono e hidrógeno. Como elementos componentes del revestimiento tiene: Carbonato de Calcio, da una reacción básica a la escoria, absorbe y neutraliza impurezas del Azufre; Fluorita, neutraliza las impurezas del fósforo de tipo ácido que son perjudiciales; Manganeso, liga el azufre evitando los sulfuros y proporciona elasticidad a los depósitos.

**Oxido de fierro:** Este electrodo se caracteriza por su tipo de escoria líquida (Propicia para soldar en vertical descendente) y su alta velocidad de depósito y limpieza. Posee un alto contenido de manganeso como agente reductor y liga impurezas con la asistencia de silicatos formadores de escoria.

**Polvo de fierro:** Este electrodo contiene un 50% de fierro en el revestimiento, logrando hacer depósitos de 2.5 veces el alma de los electrodos. Este electrodo, fue hecho para competir con los procesos semiautomáticos de la industria

### **III.7 TIPOS DE TRANSFERENCIA**

#### **TRANSFERENCIA DEL METAL DEL ARCO**

Cuando los investigadores estudiaron la transferencia del metal a través del arco en GMAW, descubrieron que, en ciertas condiciones, había aspersion del metal. En el proceso SMAW<sup>9</sup> el metal se transfiere a través del arco en forma de glóbulos. También descubrieron que, al variar el amperaje y el voltaje se podía obtener una condición de cortocircuito. Por tanto, se pueden lograr diferentes procesos con el mismo equipo básico. En la GMAW hay tres métodos para transferir el metal a través del arco: transferencia por inmersión (o cortocircuito), globular y por aspersion.

#### **TRANSFERENCIA POR INMERSIÓN O CORTOCIRCUITO**

Cuando el amperaje y el voltaje están a su valor más bajo para un electrodo de pequeño diámetro y se hace funcionar la máquina, el electrodo toca el metal base y se queda pegado. En este momento, igual que en la SMAW, no hay arco y aumentan el amperaje, así como el voltaje, esto ocasiona que se funda el electrodo y con ello el amperaje y el voltaje vuelven a su valor original y se inicia otra vez todo el proceso. En cada ocasión, se funde un trozo pequeño de electrodo en el metal base.

#### **TRANSFERENCIA GLOBULAR**

En la transferencia globular, las gotas de metal fundido se transfieren a través del arco por su propio peso. Es decir, el electrodo se funde y los glóbulos caen al charco, porque se mantiene determinada longitud del arco. Desafortunadamente, como el metal fundido está en estado líquido, siempre tiende a caer en la línea vertical y hace muy difícil soldar en posición sobre cabeza, lo cual viene a ser semejante al empleo de un electrodo grueso de polvo de hierro en la SMAW.

---

<sup>9</sup> Por sus siglas en ingles SMAW (Shielded Metal Arc Welding)

## **TRANSFERENCIA POR ASPERSIÓN**

Conforme aumenta el amperaje, la transferencia de metal cambia de globular a aspersion. Los glóbulos son mucho más pequeños, frecuentes y, en la práctica, se los impulsa a través del arco. En la transferencia por aspersion se utiliza como gas protector un gas inerte o uno inerte con una pequeña cantidad de oxígeno. Debido al elevado amperaje requerido para la transferencia por aspersion, el metal de soldadura está muy fluido y es difícil controlarlo en soldadura fuera de posición. Esto trajo el perfeccionamiento del arco a pulsaciones, en el cual se superpone una corriente en la normal para soldadura. Esto controla en forma automática la corriente, porque reduce la aplicación de calor o sea el amperaje, pero se conserva la alta corriente necesaria para las condiciones de aspersion.

## **CAPITULO IV SIMBOLOGÍA DE SOLDAURA**

### **IV.1 INTRODUCCIÓN A SIMBOLOGÍA DE SOLDADURA**

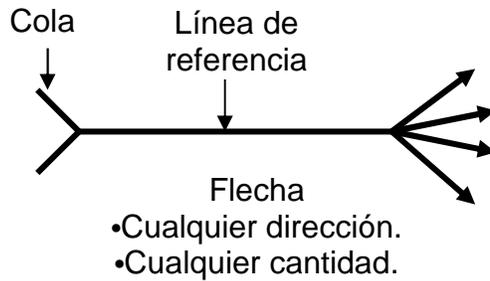
Tenemos muchos símbolos en nuestra sociedad tecnológica. Tenemos señales y rótulos que nos dicen lo que debemos hacer y dónde ir o lo que no debemos hacer o dónde no ir. Las señales de tránsito son un buen ejemplo. Muchos de estos símbolos son de uso internacional y no requieren largas explicaciones por lo cual el idioma no es un factor para entenderlos correctamente, porque cualquier persona los puede interpretar aunque no conozcan ese idioma. En la soldadura, se utilizan ciertos signos en los planos de ingeniería para indicar al soldador ciertas reglas que deben seguir, aunque no tenga conocimientos de ingeniería. Estos signos gráficos se llaman símbolos de soldadura. Una vez que se entiende el lenguaje de estos símbolos, es muy fácil leerlos.

Los símbolos de soldadura se utilizan en la industria para representar detalles de diseño que ocuparían demasiado espacio en el dibujo si estuvieran escritos con todas sus letras, sería menos eficiente y mucho más tardado de interpretar ya estando en un proceso de producción.

La American Welding Society (AWS) ha desarrollado un sistema estándar de simbología en soldadura el cual es reconocido y ampliamente usado a nivel mundial. Este estándar tiene por objetivo mostrar mediante una representación gráfica la ejecución y tipo de unión de soldadura en forma más sencilla que la representación escrita de la misma.

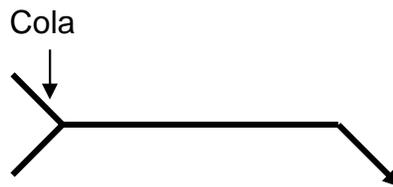
## IV.2 ELEMENTOS DE UN SIMBOLO DE SOLDADURA

Son tres los elementos básicos de un símbolo de soldadura:



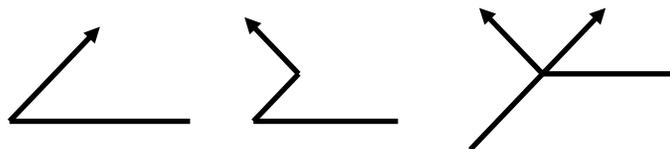
### 1. Cola

La cola en un símbolo de soldadura y nos sirve para colocar dentro de esta notas especiales las cuales son de suma importancia para el proceso, en ocasiones quizá no contenga información especial y a veces, se pueda omitir.



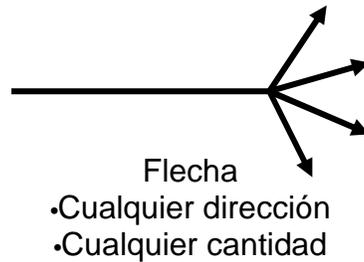
### 2. Línea de referencia

La línea de referencia siempre será la misma en todos los símbolos de soldadura y esta nos sirve para guiar la flecha en el lugar de donde se requiera aplicar soldadura.



### 3.- Flecha.

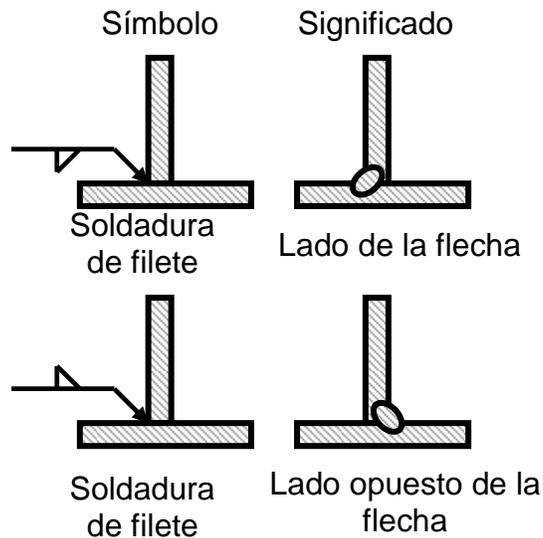
La flecha puede apuntar en diferentes direcciones y, a veces, puede ser quebrada, pero esta siempre indicara en el punto preciso en el cual se debe de aplicar la soldadura.



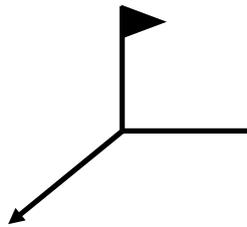
La estructura base del símbolo para definir el tipo de unión soldada, es la señalización, la cual esta conformada por una línea horizontal unida a una flecha inclinada. La línea horizontal se le conoce como línea de referencia y la flecha apunta o indica la junta soldada.



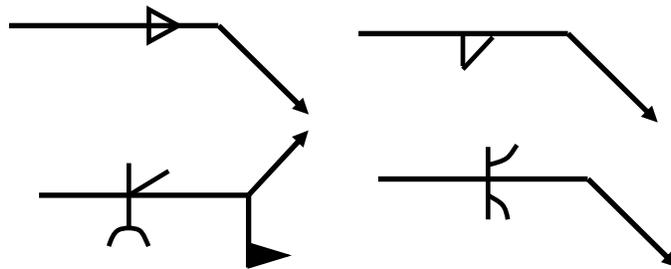
Si la información se plasma sobre la línea de referencia, la soldadura se realizara en el lado opuesto al indicado por la flecha



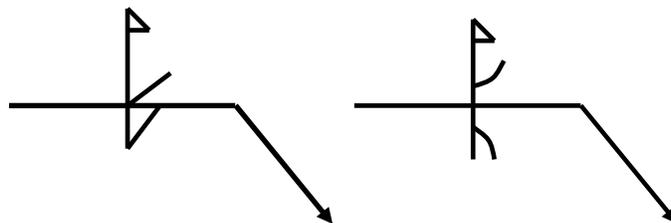
Si la soldadura ha de realizarse en la obra o en el campo, al símbolo se le coloca un banderín relleno en el punto en donde se une la flecha con la línea de referencia.



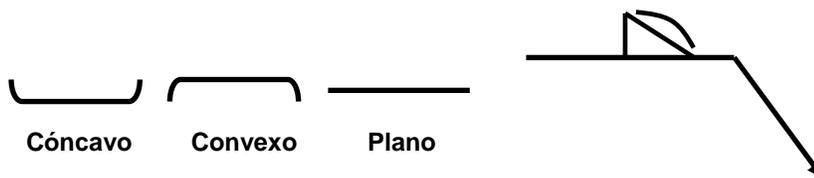
Si la soldadura es simétrica, se coloca el mismo símbolo que representa a la unión soldada tanto arriba como debajo de la línea de referencia, si es asimétrica, se coloca un símbolo distinto a cada lado de la línea de referencia.



Los símbolos pueden superponerse si la junta soldada requiere mas de un tipo de soldadura.



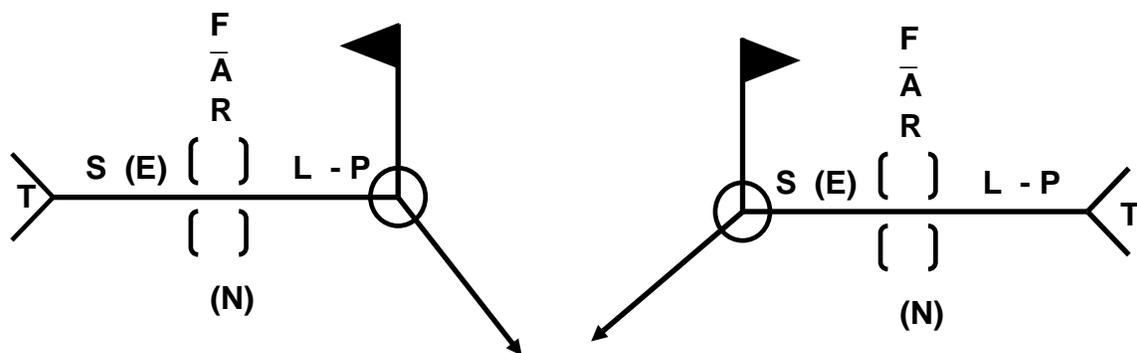
Para indicar el contorno de la soldadura, los símbolos normalizados según la AWS son



Para especificar el acabado de la soldadura se emplea una letra que significa como lo muestra a continuación:

C	Burilado, cincelado
G	Pulido, esmerilado
H	Martillado
M	Maquinado
R	Laminado

La Sociedad Americana de Soldadura (AWS) en su norma AWS Serie A2.4 y A2.1 ha desarrollado un sistema estándar de simbología en soldadura el cual es reconocido y ampliamente usado a nivel mundial. Este estándar tiene por objetivo mostrar mediante una representación gráfica la ejecución y tipo de unión de soldadura en forma más sencilla que la representación escrita de la misma.



S	Profundidad del bisel o garganta
(E)	Profundidad de la soldadura
[ ]	Espacio para el símbolo del tipo de unión
F	Símbolo del acabado (maquinado, martillo, etc.)
—	Símbolo para el contorno de la soldadura
A	Ángulo de bisel o de la V
R	Separación entre las pzas. A soldar
(N)	Número de puntos de soldadura
L	longitud del cordón de soldadura
P	separación o paso entre cordones
T	Proceso de soldadura, electrodo, tolerancias, etc (opcional)

### IV.3 SÍMBOLOS BÁSICOS DE SOLDADURA

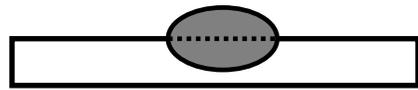
Los símbolos de soldadura son un método de representación del desarrollo y ejecución de la soldadura sobre un plano, tiene como objetivo simplificar y comunicar de manera fácil el desempeño del mismo. Básicamente consiste en ocho elementos, los cuales no todos son necesarios, a menos que se requiera para claridad del plano. Estos elementos son los siguientes:

1. Línea de referencia
2. Flecha
3. Símbolos básicos de soldadura
4. Dimensiones y otros datos
5. Símbolos suplementarios
6. Símbolos de término
7. Cola
8. Especificación, procesos y otras referencias

Tipos de Soldadura							
Cordón	Filete	Tapón	Ranura				
			Cuadro	V	Bisel	U	J
							

Figura. Símbolos básicos de tipos de soldadura

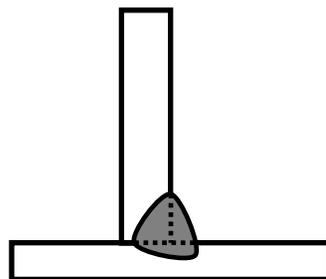
**La soldadura de cordón o relleno:** es utilizada para reconstrucción de superficies, se realizan en una sola pasada.



**Relleno**

**Las soldaduras de filete:** son usadas para hacer juntas de enfrentamiento perpendicular como esquinas y las juntas "T" y como su propio símbolo lo sugiere estas soldaduras son básicamente, triangulares vistas desde su sección, aunque su forma no es siempre un triángulo perfecto o isósceles, la soldadura de filete es de mayor facilidad de construcción tiene mayor uso pero en su vez menor resistencia en comparación con las de ranura.

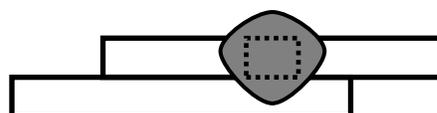
La soldadura fundida es depositada en la esquina formada por la característica de la unión de dos miembros penetrando y fundiéndose con el metal base para formar la junta.



**Filete**

**Soldadura de tapón:** es usada para unir láminas sobrepuestas una de las cuales tienen perforaciones redondas y ovaladas o alargadas, el metal soldado es depositado en estas perforaciones penetrando y fundiéndose con el metal base de las dos partes formando la junta.

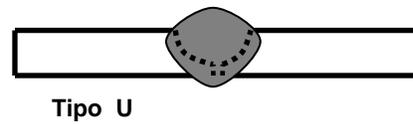
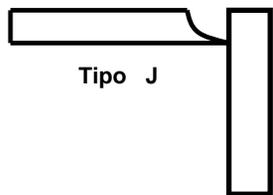
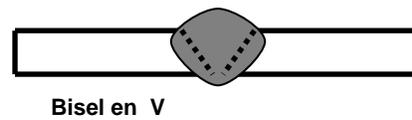
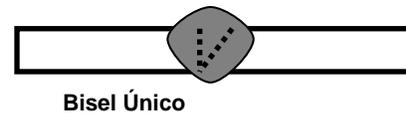
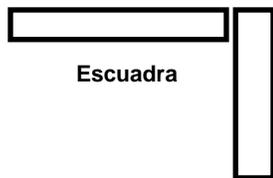
La soldadura de tapón o muesca tiene la función de remachadora. A esta se le deben de hacer perforaciones previas a una de las juntas.



**Tapón**

Las soldaduras de canal son usadas comúnmente para hacer juntas de bordes con bordes.

La soldadura de ranura o bisel implican un ensamble perfecto de las piezas. Tienen mayor resistencia a cargas estáticas que las de filete.



#### IV.4 SÍMBOLOS SUPLEMENTARIOS

Los símbolos elementales pueden ser completados con un símbolo que caracterice la forma de la superficie externa de la soldadura.

Los símbolos suplementarios recomendados, se indican en la tabla.

La ausencia de un símbolo suplementario, significa que no se necesita precisar la forma de la superficie de la soldadura.

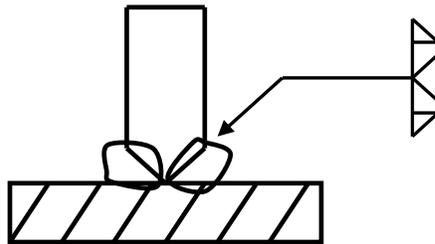
Aunque no se prohíbe asociar varios símbolos, es mejor representar la soldadura en un dibujo por separado, cuando la simbología se hace demasiado dificultosa.

FORMA DE LA SUPERFICIE	SÍMBOLO
PLANA	
CONVEXA	
CONCAVA	

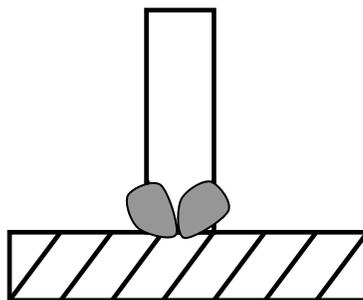
Tabla. Símbolos suplementarios

## IV.5 SÍMBOLOS DE SOLDADURAS COMBINADAS

Algunos símbolos son muy complicados o parecen serlo a primera vista; pero si se estudian punto por punto, no son difíciles de entender. El primer punto que se observa en la figura es la parte del símbolo que indica doble chaflán (bisel) o doble V. Los chaflanes dobles, o doble V, se preparan en una sola de las piezas de metal, de modo que el trabajo se hará como se muestra a continuación:



A continuación está el símbolo de soldadura de filete en ambos lados de la línea de referencia. Pero antes de poder aplicar una soldadura de filete, debe haber una superficie vertical. Por tanto, se rellena el chaflán con soldadura como se ve en la siguiente figura.



Después de rellenar los chaflanes, se aplica la soldadura..Esta combinación es poco común y rara vez se usa. Sólo se aplica en donde se requiere resistencia y penetrancia del 100%. Sin embargo, se ha utilizado como ejemplo para mostrar los pasos en la lectura de símbolos.

## **CAPÍTULO V DISCONTINUIDADES Y DEFECTOS**

### **V.1 INTRODUCCION A DISCONTINUIDADES Y DEFECTOS**

Las discontinuidades en la soldadura posiblemente presentes, son fuente de retrabajos en los ensambles soldados, sin embargo, la concentración de esfuerzos asociados a la presencia de una discontinuidad es comúnmente un factor determinante.

Una apreciación común de personas dentro y fuera de la industria, es que, la soldadura es poco confiable. Nada mas alejado de la realidad, millones de kilos de soldadura son depositados adecuadamente cada año, miles de soldaduras son aplicadas cada día con un pequeño porcentaje de productos con defectos.

Los factores más importantes, para una adecuada aplicación de soldadura son:

1. Selección del metal base y del material de aporte.
2. Preparación de la junta, posición de aplicación y armado.
3. Aplicación y observación de los procedimientos de la soldadura.
4. Calificación del soldador que avala su habilidad.

Debido a múltiples causas pueden aparecer defectos en la soldadura, que si son importantes pueden comprometer seriamente la estabilidad de la estructura de la que forman parte, por ello es necesario someter a las soldaduras a una inspección tanto más intensa cuanto más importante es la estructura, que garantice la bondad y correcta ejecución de las mismas.

A continuación se muestran los defectos y discontinuidades más comunes en aplicaciones de soldadura y material base.

**Discontinuidad.** Es una interrupción en la estructura de un material o de una aplicación de soldadura, como son: falta de homogeneidad en sus características físicas, mecánicas o metalúrgicas. (Son las características micro estructura en la soldadura).

**Defecto.** Una discontinuidad o discontinuidades que por su naturaleza o efecto acumulado hacen que el ensamble no cumpla con los requerimientos del código mínimos establecidos por la AWS series B, es una discontinuidad inaceptable que debe ser reparada.

## V.2 POROSIDAD

Se usa para describir los huecos globulares, libre de todo material sólido, que se encuentra con frecuencia en los cordones de soldadura. En realidad, los huecos son una forma de inclusión que resulta de las reacciones químicas que tienen lugar durante la aplicación de la soldadura. Difieren de las inclusiones de escoria en que contienen gases y no materia sólida.

Los gases que forman los huecos se derivan de los gases liberados por el enfriamiento del metal de la soldadura, como consecuencia de la reducción de solubilidad al descender la temperatura y de las reacciones químicas que tienen lugar dentro de la propia soldadura.

### a) Porosidad uniformemente dispersa:

Es porosidad uniformemente distribuida a lo largo de la soldadura; causada por la aplicación de una técnica de soldadura incorrecta o por materiales defectuosos. Si la soldadura se enfría lo suficientemente lento para permitir que la mayor parte del gas pase a la superficie antes de la solidificación, habrá unos pocos poros en la soldadura.

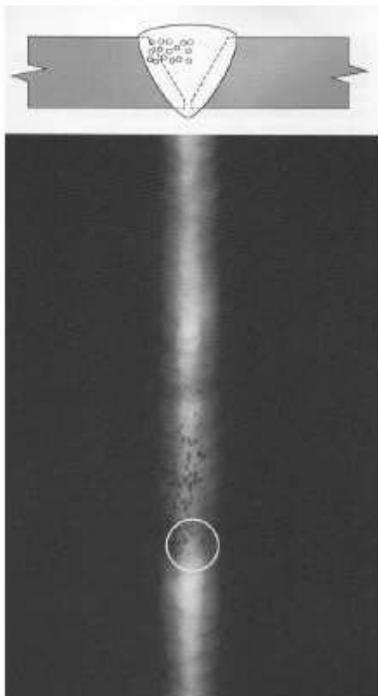


Figura. Poros detectados



Figura. Poros dispersos

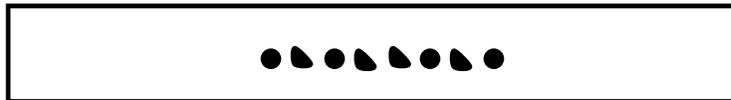
**b) Porosidad agrupada:**

Es un agrupamiento localizado de poros, generalmente resulta por un inicio o fin inadecuado del arco de soldadura.



**c) Porosidad alineada:**

Frecuentemente ocurre a lo largo de la interfase metal de soldadura metal base, la interfase entre cordones de soldadura, o cerca de la raíz de soldadura, y es causada por la contaminación que provoca el gas por su evolución en esos sitios



**d) Porosidad tipo gusanos:**

Es un poro de gas alargado. Este tipo de porosidad de soldadura se extiende desde la raíz hasta la superficie de la soldadura. Cuando uno o más poros son vistos en la superficie de la soldadura, un cuidadoso desbaste puede también revelar porosidad superficial. De todas formas, muchas de las porosidades encontradas en soldaduras no se extienden hasta la superficie.



De manera general el origen de la porosidad es:

PROBLEMA	ORIGEN	CAUSA
<b>POROS</b>	Exceso o falta de flujo de gas.	No hay fusión entre el material base y el material de aporte.
	Ángulo de avance mayor al especificado.	Técnica de aplicación (de empuje, de arrastre, perpendicular).
	Material base contaminado (unión).	Contaminación (óxido, humedad).
	Parámetros inadecuados.	Amperaje, velocidad de alambre.
	Mal armado de la junta.	Tipo de juntas: traslapada, en esquina, en t, a tope.

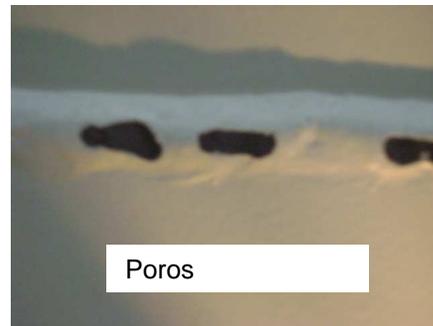
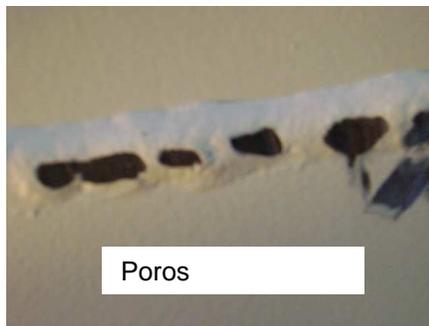


Fig. Tipos de poros en soldadura

## V.3 INCLUSIONES

### a) Inclusiones de escoria

Son partículas de escoria atrapadas en la soldadura o entre el metal de soldadura y el metal base a lo largo de las juntas a fusionar, son de forma alargada y están a lo largo del cordón de soldadura depositado. Pueden encontrarse en soldaduras hechas por cualquier proceso de arco.



Fig. Imagen tomada del portal 'La soldadura.com'

Normalmente, la escoria disuelta fluirá hacia la parte superior de la soldadura, pero muescas agudas en la interfase de metal base y de soldadura, o entre los cordones de soldadura, frecuentemente provocan que la escoria quede atrapada bajo el metal de soldadura. A veces se observan inclusiones de escoria alargadas alineadas en la raíz de la soldadura, denominadas "carrileras".

## b) Inclusiones de Tungsteno:

Son partículas de Tungsteno atrapadas en el metal de soldadura y son exclusivas del proceso GTAW<sup>10</sup> (TIG)<sup>11</sup>. En este proceso, un electrodo de Tungsteno no consumible es usado para crear el arco entre la pieza y el electrodo. Si el electrodo es sumergido en el metal, o si la corriente es fijada en un valor muy alto, se depositarán gotitas de Tungsteno, o se romperá la punta del electrodo y quedará atrapado en la soldadura.

PROBLEMA	ORIGEN	CAUSA
<b>INCLUSIÓN DE ESCORIA</b>	Mala técnica de aplicación.	Principalmente en ángulos de empuje.
	Parámetros inadecuados.	Amperaje bajo.
	Inadecuado acceso a la junta.	No hay suficiente acceso al aplicar la soldadura.
	Falta de limpieza de la junta.	Oxido, humedad, aceite o grasa.
	Cordones convexos entre pasos y falta de limpieza entre ellos.	Escoria entre cordones sin limpiar.

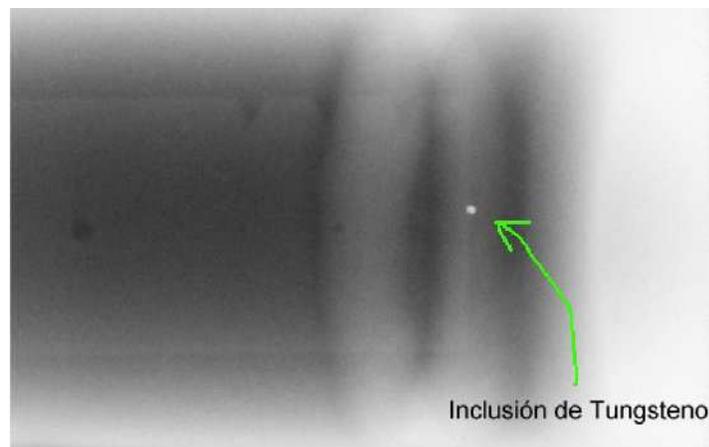


Fig. Imagen tomada del portal 'La soldadura.com'

<sup>10</sup> Por sus siglas en ingles GTAW (Gas Tuesten Arc Welding)

<sup>11</sup> Por sus siglas en ingles TIG (Tungsten Inert Gas)

## V.4 FALTA DE FUSIÓN

Es un defecto causado por el charco de fusión, el cual ha fallado (mala técnica de aplicación), en esta etapa el metal base o al cordón de la soldadura previamente depositado, este defecto puede aparecer en cualquier lugar de la soldadura aplicada.

La fusión incompleta es la falla que se presenta cuando el metal de la soldadura no se funde completamente con el metal base o con el anterior cordón de soldaduras pasos múltiples. El electrodo y el ángulo de trabajo incorrecto requieren de constantes ajustes del arco.



Fig. Imagen tomada del portal “la soldadura.com”

PROBLEMA	ORIGEN	CAUSA
<b>FALTA DE FUSIÓN</b>	Mala técnica de aplicación, arco muy corto (permitiendo que la escoria corra adelante del charco de fusión).	De empuje, de arrastre o perpendicular.
	Parámetros inadecuados.	Velocidad de avance muy rápida y amperaje muy bajo.
	Mal diseño de la junta.	A tope, en t, traslapada, etc.
	Falta de limpieza de la junta.	Óxido, humedad, aceite o grasa.

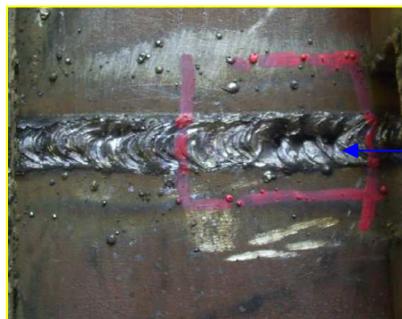
## V.5 FALTA DE PENETRACIÓN

Es un defecto que ocurre en la raíz de las soldaduras que han sido diseñadas para penetración completa. Y que al ser aplicada, no se ha logrado tal penetración.

El origen de la falta de penetración principalmente esta en el diseño de la junta, por tener una cara de raíz muy grande, una abertura de raíz muy pequeña, en la parte de la aplicación tiene origen en técnicas de aplicación deficientes, diámetro del electrodo muy grande, falta de limpieza. En procesos semiautomáticos, longitud electrizada muy grande o irregular alimentación del alambre.

El parámetro más importante en la penetración es el amperaje.

PROBLEMA	CAUSA	ORIGEN
<b>FALTA DE PENETRACIÓN</b>	Diseño de la junta.	Abertura de raíz grande o pequeña.
	Técnica de aplicación deficiente.	Perpendicular, de arrastre, de empuje.
	Diámetro de electrodo.	Grande.
	Falta de limpieza.	Escoria.
	Parámetros.	Irregular alimentación del alambre



Falta de penetración

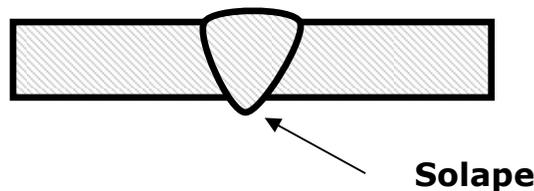
Fig. Imagen tomada del portal "la soldadura.com"

## V.6 SOLAPAMIENTO

Es la porción que sobresale del metal de soldadura más allá del límite de la soldadura o de su raíz. Se produce un falso borde de la soldadura, estando el metal de soldadura apoyado sobre el metal base sin haberlo fundido (como que se derramó el metal fundido sobre el metal base). Puede resultar por un deficiente control del proceso de soldadura, errónea selección de los materiales, o preparación del metal base inapropiados.

Si hay óxidos fuertemente adheridos al metal base, provocarán seguramente esta discontinuidad. Este metal de soldadura, que ha sido derramado sobre el metal base, es una discontinuidad superficial que forma un concentrador de tensiones similar a una fisura y, por consiguiente, casi siempre es considerada inadmisibile (defecto).

PROBLEMA	CAUSA	ORIGEN
<b>SOLAPE</b>	Diseño de la junta.	Abertura de raíz grande o pequeña.
	Técnica de aplicación deficiente.	Perpendicular, de arrastre, de empuje.
	parámetros inadecuados	Velocidad de avance muy lenta, exceso de alimentación del electrodo.



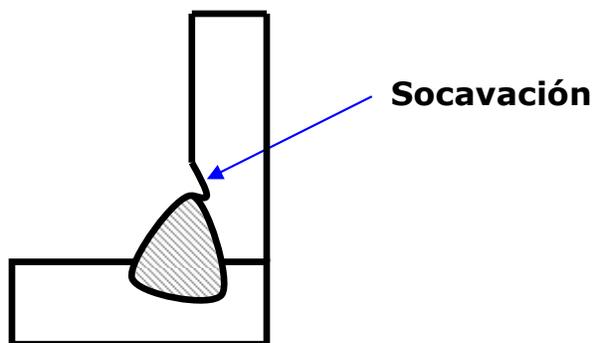
## V.7 SOCAVACION

Es una ranura longitudinal en el metal base al borde de la junta sin relleno de soldadura. Otro tipo de socavación puede ocurrir en el cordón de raíz, esto es causado por la fusión excesiva del metal base en la raíz al estar aplicando el primer cordón de la junta. Es un concentrador de tensiones y además disminuye el espesor de las planchas o caños, todo lo cual es perjudicial. Pueden darse en la raíz o en la cara de la soldadura.

Se emplea este término para describir:

1. La eliminación por fusión de la pared de una ranura de soldadura en el borde de una capa o cordón, con la formación de una depresión marcada en la pared lateral en la zona a la que debe unirse por fusión la siguiente capa o cordón.
2. La reducción de espesor en el metal base, en la línea en la que se unió por fusión el último cordón de la superficie.

PROBLEMA	CAUSA	ORIGEN
SOCAVACIÓN	Protección inadecuada (en procesos con gas).	Tipo de gas.
	técnica de aplicación deficiente.(ángulo de avance y de trabajo)	perpendicular, de arrastre, de empuje.(movimiento lateral excesivo)
	Diámetro de electrodo.	Grande.
	Parámetros inadecuados.	Amperaje y velocidad de alambre muy altos.



## V.8 FRACTURAS

Es la ruptura del metal solidificado, ocurren en el metal base y en el metal de aporte, cuando las tensiones localizadas exceden la resistencia última del material. Las fisuras son, independientemente de su longitud, defectos y por lo tanto una vez detectadas deben removerse, eliminarse.

Las fisuras pueden clasificarse en:

- a) Fisuras en caliente: se desarrollan durante la solidificación y su propagación es intergranular (entre granos).
- b) Fisuras en frío: se desarrollan luego de la solidificación, son asociadas comúnmente con fragilización por hidrógeno. Se propagan entre y a través de los granos (inter y transgranular).

Según su forma, las fisuras también se pueden clasificar en:

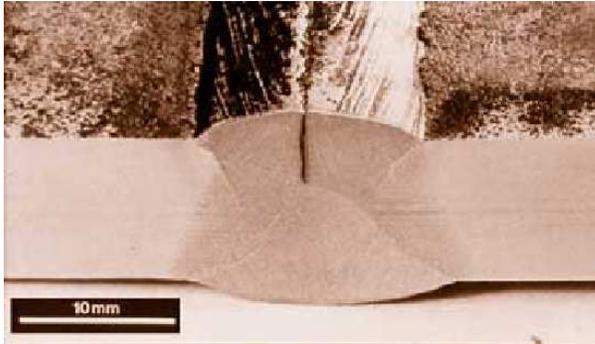
- a) Fisuras longitudinales: son paralelas al eje de la soldadura. y a veces están relacionadas con problemas de porosidad, que no se muestran en la superficie. Fisuras longitudinales en pequeñas soldaduras entre grandes secciones, son frecuentemente el resultado de un alto grado de enfriamiento y de grandes restricciones.
- b) Fisuras transversales: generalmente son el resultado de esfuerzos debido a contracciones longitudinales actuando en metales de soldadura de baja ductilidad.
- c) Cráteres: ocurren cuando el arco es terminado incorrectamente. Generalmente tienen forma de estrella. Son superficiales, se forman en caliente y usualmente forman redes con forma de estrella.

- d) De garganta: son fisuras longitudinales ubicadas en la cara de la soldadura. Generalmente, pero no siempre, son fisuras en caliente.
- e) De borde: son generalmente fisuras en frío. Se inician y propagan desde el borde de la soldadura, donde se concentran los esfuerzos de contracción. Se inician perpendicularmente a la superficie del metal base. Estas fisuras son generalmente el resultado de contracciones térmicas actuando en la zona afectada térmicamente.
- f) De raíz: son longitudinales, en la raíz de la soldadura o en la superficie de la misma. Pueden ser fisuras en caliente o en frío.

Las fracturas generalmente tienen su origen en la metalurgia de los aceros. La mayoría de los aceros aleados a soldar requieren precalentamiento. En la parte operativa las soluciones para las fracturas son: usar electrodos de bajo hidrogeno, incrementar el precalentamiento, incrementar el tamaño del cordón, pero principalmente definir procedimientos de soldadura específicos considerando el tipo de acero a soldar.

PROBLEMA	CAUSA	SOLUCIÓN
FRACTURAS	Concentración de esfuerzos en la junta soldada.	Residuales o aplicados.
	Espesor del material base grueso	Precalentar la pieza
	Mal diseño de la junta.	Tipo de junta, abertura de raíz.

## Ejemplos de fracturas en soldaduras.



**Fractura en el centro del cordón.**



**Fracturas en el material base.**



**Fractura en el borde del cordón.**

Imágenes tomadas del portal 'la soldadura.com'

## V.9 SALPICADURAS O CHISPORROTEO

En las cercanías del cordón pueden existir pequeños puntos de metal que salpiquen y se depositan durante el proceso de soldadura, cuando las salpicaduras son grandes, generalmente se debe a una longitud excesiva del arco eléctrico, el metal de aporte se desplaza una distancia relativamente grande desde el electrodo hasta el metal base, por lo que adquiere elevada velocidad, se producen salpicaduras que viajan hasta los alrededores del cordón y solidifican. Cuando las salpicaduras son finas, la causa probable es corriente excesiva esto produce un sobrecalentamiento del metal líquido, por lo que tiende a salpicar.

Aparentemente las salpicaduras solamente producen un mal aspecto de la soldadura. Sin embargo pueden causar problemas dependiendo del tipo de metal base y de la aplicación particular de la unión soldada. La salpicadura no es más que una pequeña gota de metal líquido. Cuando este metal caliente llega a la superficie del metal base, solidifica rápidamente debido a su tamaño.

PROBLEMA	CAUSA	SOLUCION
<b>SALPICADURAS</b>	Amperaje demasiado elevado	Reducir el amperaje
	Material de aporte defectuoso	Cambiar el material
	Material base contaminado	Limpiar material
	Gas de protección húmedo	Cambiar el cilindro de gas



Fig. Salpicaduras o chisporroteo

## CAPITULO VI PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS

### VI. I INTRODUCCIÓN A PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS

Como su nombre lo indica, las PND<sup>12</sup> son pruebas o ensayos de carácter NO destructivo, que se realizan a los materiales, ya sean éstos metales, plásticos (polímeros), cerámicos o compuestos. Este tipo de pruebas, generalmente se emplea para determinar cierta característica física o química del material en cuestión. Las PND son sumamente importantes en el continuo desarrollo industrial. Gracias a ellas es posible, por ejemplo determinar la presencia de defectos en los materiales o en las soldaduras de equipos tales como recipientes a presión, en los cuales una falla catastrófica puede representar grandes pérdidas en dinero, vida humana y daño al medio ambiente.

Las principales aplicaciones de las PND las encontramos en:

- Detección de discontinuidades (internas y superficiales).
- Determinación de composición química.
- Detección de fugas.
- Adherencia entre materiales.
- Inspección de uniones soldadas.

Las principales PND se muestran en la siguiente Tabla, en la cual, se han agregado las abreviaciones en Inglés, ya que éstas en México son comúnmente utilizadas.

<b>TIPO DE PRUEBA</b>	<b>ABREVIACIÓN EN ESPAÑOL</b>	<b>ABREVIACIÓN EN INGLÉS</b>
Inspección visual	IV	VI
Líquidos penetrantes	LP	PT
Partículas magnéticas	PM	MT
Ultrasonido	UT	UT
Pruebas radiográficas	RX	RT

---

<sup>12</sup> Por sus siglas PND (Pruebas No Destructivas)

## VI.2 INSPECCIÓN VISUAL

La inspección visual, es sin duda una de las Pruebas No Destructivas (PND) más ampliamente utilizada, ya que gracias a esta, uno puede obtener información rápidamente, de la condición superficial de los materiales que se estén inspeccionando, con el simple uso del ojo humano.

Durante la IV<sup>13</sup>, en muchas ocasiones, el ojo humano recibe ayuda de algún dispositivo óptico, ya sea para mejorar la percepción de las imágenes recibidas por el ojo humano (anteojos, lupas, etc.) o bien para proporcionar contacto visual en áreas de difícil acceso, tal es el caso de tuberías de diámetro pequeño, en cuyo caso se pueden utilizar boroscopios, ya sean estos rígidos o flexibles pequeñas videocámaras, etc.

Es importante marcar que, el personal que realiza IV debe tener conocimiento sobre los materiales que esté inspeccionando, así como también, del tipo de irregularidades o discontinuidades a detectar en los mismos. Con esto, podemos concluir que el personal que realiza IV debe tener cierto nivel de experiencia en la ejecución de la IV en cierta aplicación (Por ejemplo, la IV de uniones soldadas).

Es fácil de realizar, rápido, barato, no se requiere de equipo especial y proporciona información muy importante con respecto a la concordancia general de la soldadura.

La práctica de la Inspección Visual, se realiza antes, durante y después de soldar. El inspector debe de estar familiarizado con los documentos aplicables al caso, a los estándares de manufactura y a todas las fases de las prácticas de taller. Por lo general para realizar la Inspección Visual, el inspector se auxilia de una lámpara de mano, una lupa, espejos pequeños y calibradores adecuados.

---

<sup>13</sup> Por sus siglas IV (Inspección Visual)

La Inspección Visual en el pre-soldado empieza con el material a soldarse, en donde cualquier condición superficial dañina deberá detectarse; las laminaciones serias en placa se pueden detectar sobre las orillas que han sido cortadas, las dimensiones de las partes a soldarse se deberán verificar para cerciorarse que estén de acuerdo al diseño.



Fig. Inspección visual con calibrador

La Inspección Visual durante la ejecución de los cordones de soldadura, comprende la verificación de los siguientes puntos:

1. El proceso de soldadura.
2. Limpieza.
3. Precalentamiento y temperatura entre pasos.
4. Preparación de la junta.
5. El metal de aporte.
6. El fundente o gas de protección.
7. Pulido, desbaste, etc.

La Inspección Visual después de soldar, comprende lo siguiente:

1. La precisión dimensional de la pieza soldada.
2. La concordancia con los requerimientos de dibujo.
3. Aceptación de las soldaduras con respecto a su apariencia.
4. La presencia de socavaciones, roturas, poros, etc.
5. Evidencia de pulido excesivo, mal manejo o algunas otras marcas.

### VI.3 LÍQUIDOS PENETRANTES

El método o prueba de líquidos penetrantes (LP), se basa en el principio físico conocido como "Capilaridad" y consiste en la aplicación de un líquido, con buenas características de penetración en pequeñas aberturas, sobre la superficie limpia del material a inspeccionar. Una vez que ha transcurrido un tiempo suficiente, como para que el líquido penetrante recién aplicado, penetre considerablemente en cualquier abertura superficial, se realiza una remoción o limpieza del exceso de líquido penetrante, mediante el uso de algún material absorbente (papel, trapo, etc.) y, a continuación se aplica un líquido absorbente, comúnmente llamado revelador, de color diferente al líquido penetrante, el cual absorberá el líquido que haya penetrado en las aberturas superficiales.

Por consiguiente, las áreas en las que se observe la presencia de líquido penetrante después de la aplicación del líquido absorbente, son áreas que contienen discontinuidades superficiales (grietas, perforaciones, etc.)

En general, existen dos principales técnicas del proceso de aplicación de los LP: la diferencia entre ambas es que, en una se emplean líquidos penetrantes que son visibles a simple vista ó con ayuda de luz artificial blanca y, en la segunda, se emplean líquidos penetrantes que solo son visibles al ojo humano cuando se les observa en la oscuridad y utilizando luz negra o ultravioleta, lo cual les da un aspecto fluorescente.

Estas dos principales técnicas son comúnmente conocidas como: Líquidos Penetrantes Visibles y Líquidos Penetrantes Fluorescentes. Los cuales clasificamos como Tipo I y Tipo II.

Tipo I = Penetrante fluorescente

Tipo II = Tintas permanentes o visibles

## **PRINCIPIOS FÍSICOS.**

En este punto se explica el principio de funcionamiento el cual se basa esta técnica de líquidos penetrantes.

**Capilaridad:** Es la acción que origina que un líquido ascienda o descienda a través de los llamados tubos capilares.

**Cohesión:** Es la fuerza que mantiene a las moléculas de un cuerpo a distancias cercanas unas de las otras.

**Adherencia:** Es la fuerza de atracción entre moléculas de sustancias diferentes.

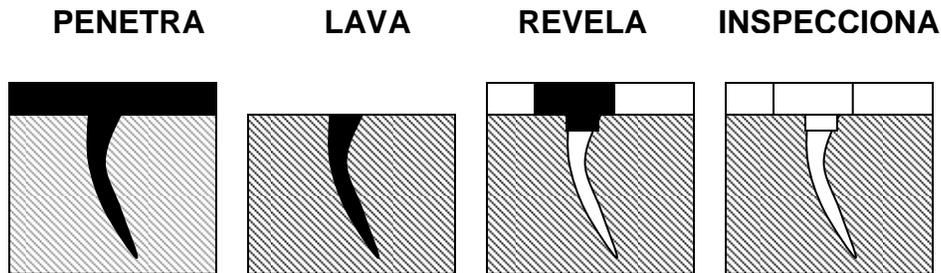
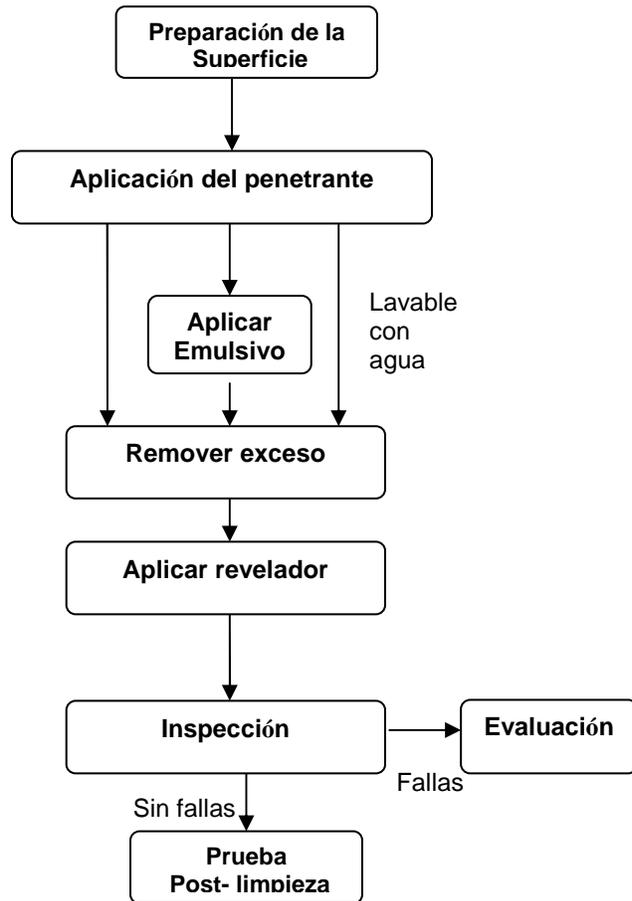
**Viscosidad:** Es la resistencia al deslizamiento de una capa de un fluido sobre otra capa.

**Tensión superficial:** Es la fuerza no compensada que ejerce la superficie del líquido debido a la tensión no compensada de las moléculas subsuperficiales sobre la membrana superior.

El Proceso de aplicación de los líquidos penetrantes en Pruebas No Destructivas es el siguiente:

- Se limpia la superficie en la cual se aplicara el líquido penetrante.
- Se aplica el líquido penetrante a la superficie de la pieza a ser examinada, permitiendo que penetre en las aberturas del material.
- después de lo cual 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.

En el siguiente diagrama se muestra el proceso general a seguir para efectuar la prueba de líquidos penetrantes la cual nos muestra desde el inicio que es preparar la superficie de la junta en la cual vamos a aplicar dicha prueba hasta el final que es cuando tenemos resultados si son aceptables o rechazados.



## **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 se eliminan 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. 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<sup>14</sup> 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 permanente 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.

---

<sup>14</sup> Granulometría (Trata de la medida del tamaño de las partículas)

El proceso de inspección se compone de tres etapas.

- Inspección.
- Interpretación.
- Evaluación.

Una regla práctica en la prueba de líquidos penetrantes es que el tiempo de revelado nunca debe ser menor a siete minutos.

Una vez finalizado la prueba se tienen ciertas indicaciones que podemos observar para concluir si la pieza esta en condiciones funcionales o lo contrario.

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.**

Una vez finalizada la prueba de líquidos penetrantes y cuando se haya inspeccionado la pieza esta se debe de limpiar para remover todas aquellas impurezas sobrantes del proceso. Se debe llevar a cabo en razón de los productos usados en el ensayo.

### **VENTAJAS:**

- Muy económico
- Inspección a simple vista
- No se destruye la pieza
- Se obtiene resultados inmediatos.

## **DESVENTAJAS**

- Solo detecta fallas superficiales
- La superficie a inspeccionar debe estar limpia y sin recubrimientos
- No se puede inspeccionar materiales demasiado porosos

### **Características de los 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.
- De fácil remoción de la superficie.
- De difícil eliminación una vez dentro de la discontinuidad.
- De fácil absorción de la discontinuidad.
- Atoxico.
- Inoloro.
- No corrosivo.
- Costo razonable.

Aquí se muestra una tabla de valores en minutos, los cuales son importantes tomar en cuenta para el tiempo de Penetración del líquido.

MATERIAL	PROCESO	TIPO DE DISCONTINUIDAD	TIPO I Y II PROCESO A	TIPO I Y II PROCESO B	TIPO I Y II PROCESO C
Acero	Soldadura	Porosidades	30 min.	10min.	5min.
		Falta de Fusión	60 min.	10 min.	7 min.
		Grietas	30 min.	10 min.	7 min.
Aluminio	Soldadura	Porosidades	5 a 10 min.	5 min.	3 min.
		Falta de fusión	30 min.	5 min.	3 min.
Magnesio	Soldadura	Porosidades	15min.	5min.	3min.
		Falta de fusión	30 min.	10 min.	5 min.
		Grietas	30 min.	10 min.	5 min.

A continuación se muestra una tabla que nos muestra Como seleccionar el proceso en base a ciertos factores que influyen para realizar la prueba.

Proceso A = Penetrante lavable en agua

Proceso B = Penetrante postemulsificado

Proceso C = Penetrante removido con solvente

PROBLEMA	PROCESO TIPO I Y II
Alta producción de artículos pequeños	A
Alta producción de artículos grandes	B
Discontinuidades superficiales rayones	B
Artículos con rugosidad superficial	A
No se dispone de agua y electricidad	C
Detección de fugas	A-B

En la siguiente tabla se muestran las ventajas y desventajas de cada proceso a seleccionar.

TIPO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
LAVADO CON AGUA (A)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La fluorescencia asegura visibilidad</li> <li>• Fácilmente lavable con agua.</li> <li>• Grandes cantidades de especímenes pequeños.</li> <li>• Superficies rugosas.</li> <li>• Rápido.</li> <li>• Proceso sencillo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requiere luz negra y áreas oscuras.</li> <li>• No es seguro en la detección de rayones y fallas superficiales.</li> <li>• No es seguro volver a probar.</li> <li>• No es seguro en superficies anodizadas.</li> <li>• Fácilmente sobre lavado.</li> <li>• El penetrante está expuesto a la contaminación del agua.</li> </ul>
POST EMULSIFICADO (B)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La fluorescencia asegura visibilidad.</li> <li>• Alta sensibilidad para discontinuidades muy finas.</li> <li>• Bueno para discontinuidades superficiales.</li> <li>• Fácilmente lavable con agua .</li> <li>• Tiempo de penetración corto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requiere luz negra y áreas oscuras.</li> <li>• Requiere equipo para la aplicación de emulsivo.</li> <li>• Difícil remoción del penetrante en cuerdas, agujeros ciegos y superficies rugosas</li> </ul>
REMOVIDO CON SOLVENTE (C)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La fluorescencia asegura visibilidad</li> <li>• Portátil.</li> <li>• No requiere agua.</li> <li>• Bueno sobre piezas anodizadas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requiere luz negra y áreas oscuras.</li> <li>• Material inflamable.</li> <li>• No puede usarse en tanques abiertos.</li> </ul>

## VI.4 PRUEBAS MAGNÉTICAS

Este método de Prueba No Destructiva, se basa en el principio físico conocido como Magnetismo, el cual exhiben principalmente los materiales ferrosos como el acero y, consiste en la capacidad o poder de atracción entre metales. Es decir, cuando un metal es magnético, atrae en sus extremos o polos a otros metales igualmente magnéticos o con capacidad para magnetizarse.

De acuerdo con lo anterior, si un material magnético presenta discontinuidades en su superficie, éstas actuarán como polos, y por tal, atraerán cualquier material magnético o ferromagnético que esté cercano a las mismas. De esta forma, un metal magnético puede ser magnetizado local o globalmente y se le pueden esparcir sobre su superficie, pequeños trozos o diminutas Partículas Magnéticas y así observar cualquier acumulación de las mismas, lo cual es evidencia de la presencia de discontinuidades sub-superficiales y/o superficiales en el metal.

Este método de PND está limitado a la detección de discontinuidades superficiales y en algunas ocasiones sub-superficiales. Así mismo, su aplicación también se encuentra limitada por su carácter magnético, es decir, solo puede ser aplicada en materiales ferromagnéticos. Aún así, este método es ampliamente utilizado en el ámbito industrial y algunas de sus principales aplicaciones las encontramos en:

- El control de calidad o inspección de componentes maquinados.
- La detección discontinuidades en la producción de soldaduras.

En general, existen dos principales medios o mecanismos mediante los cuales se puede aplicar las partículas magnéticas, estos son: vía húmeda y vía seca. Cuando las partículas se aplican en vía húmeda, éstas normalmente se encuentran suspendidas en un medio líquido tal como el aceite o el agua. En la aplicación de las partículas magnéticas vía seca, éstas se encuentran suspendidas en aire.

Así mismo, existen dos principales tipos de partículas magnéticas: aquellas que son visibles con luz blanca natural o artificial y aquellas cuya observación debe ser bajo luz negra o ultravioleta, conocidas comúnmente como partículas magnéticas fluorescentes.

Cada medio de aplicación (húmedo o seco) y cada tipo de partículas magnéticas (visibles o fluorescentes) tienen sus ventajas y desventajas. El medio y el tipo de partícula a utilizar lo determinan distintos factores entre ellos podemos enunciar: el tamaño de las piezas a inspeccionar, el área a inspeccionar, el medio ambiente bajo el cual se realizará la prueba, el tipo de discontinuidades a detectar y el costo. El personal que realiza este tipo de pruebas, generalmente realiza un análisis de los factores anteriores para determinar cual es el medio y tipo óptimo de partícula magnética a utilizar para cierta aplicación específica. Otro factor importante a considerar, es la forma o mecanismo mediante el cual se magnetizarán las piezas o el área a inspeccionar, lo cual puede conseguirse de distintas formas, ya sea mediante el uso de un yugo electromagnético, puntas de contacto, imanes permanentes, etc.

El objetivo de Aplicar la técnica de partículas magnéticas, es 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.

Esto 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).

**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.

Diamagnéticos	Paramagnéticos	Ferromagnéticos
<ul style="list-style-type: none"><li>•No son magnetizables.</li><li>•No son atraídos por un campo magnético.</li><li>•Son ligeramente repelidos por un campo magnético.</li></ul>	Materiales que son débilmente atraídos por un campo magnético y tienen una pequeña tendencia a la magnetización; estos son de fácil inspeccionar por partículas magnéticas.	<ul style="list-style-type: none"><li>•Son fácilmente magnetizables.</li><li>•Son fuertemente atraídos por un campo magnético.</li><li>•Son capaces de retener su magnetización después que la fuerza magnetizante ha sido removida.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>•Mercurio.</li><li>•Oro.</li><li>•Bismuto.</li><li>•Zinc.</li><li>•Cobre</li><li>•Plata.</li><li>•Plomo.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>•Aluminio, magnesio.</li><li>•Molibdeno, litio.</li><li>•Cromo, platino.</li><li>•Sulfato de cobre.</li><li>•Estaño, potasio.</li><li>•Aceros inoxidable.</li></ul>	Hierro, níquel, cobalto y gadolinio. Mayoría de los aceros, inclusive inoxidable de la serie 400 y 500. Aleaciones de cobalto y níquel. Aleaciones de cobre, manganeso y aluminio.

### **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 económicos.
- Equipo relativamente simple, provisto de controles para ajustar la corriente, y un amperímetro visible
- Portabilidad y adaptabilidad a muestras pequeñas o grandes.
- Requiere menor limpieza que Líquidos Penetrantes.
- Detecta tanto discontinuidades superficiales y subsuperficiales.
- 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.
- Mejor inspección de las discontinuidades que se encuentran llenas de carbón, escorias u otros contaminantes y que no pueden ser detectadas con una inspección por Líquidos Penetrantes.

### **Desventajas:**

- Es aplicable solamente a materiales ferromagnéticos; en soldadura, el metal depositado debe ser también ferromagnético.
- Requiere de una fuente de poder.
- Utiliza partículas de hierro
- No detectará discontinuidades que se encuentren en profundidades mayores de 1/4".

A continuación definiremos el principio de operación de partículas magnéticas el cual es basado principalmente en un campo magnético formado.

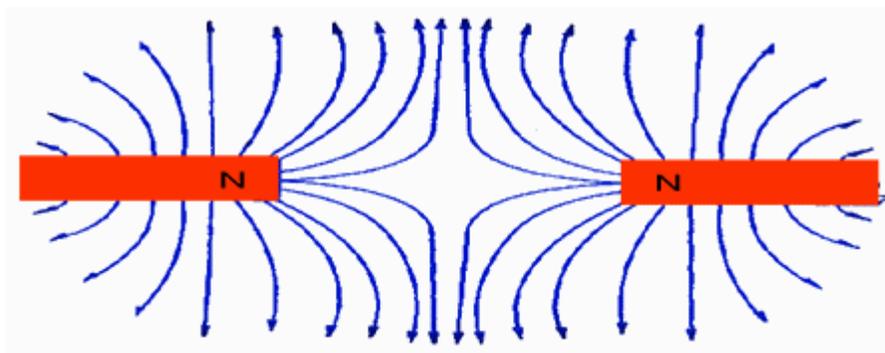
### **Campo magnético**

Es el espacio ocupado por las líneas de flujo o de fuerza magnética dentro y alrededor de un imán ó un conductor que es recorrido por una corriente eléctrica donde una fuerza magnética es ejercida.

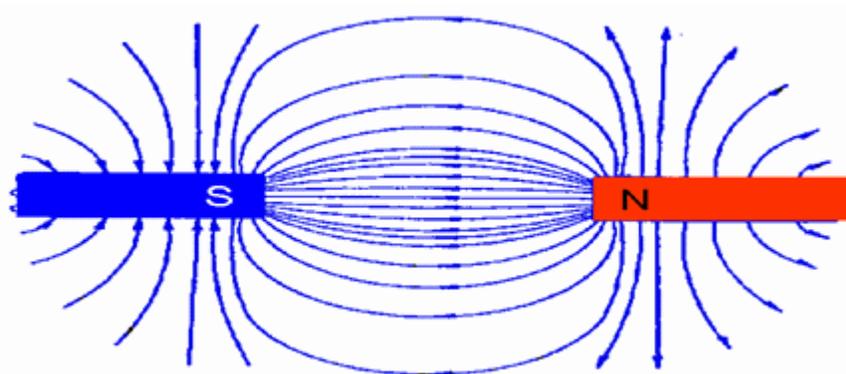
**IMÁN.** Es un material que tiene orientados total o parcialmente sus dominios magnéticos, su habilidad para atraer o repeler se concentra en los extremos llamados polos; existen imanes naturales y artificiales.

Cada imán tiene al menos dos polos opuestos que son atraídos por los polos magnéticos de la tierra, conocidos como Polo Norte y Sur respectivamente.

Si dos polos magnéticos iguales son colocados uno cerca del otro, ambos se repelen.



Si dos polos magnéticos diferentes son colocados uno cerca del otro, ambos serán atraídos.



## Técnicas de Magnetización

Existen diferentes técnicas para poder magnetizar un elemento las cuales son por inducción directa y por inducción indirecta.

### Inducción Directa

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.

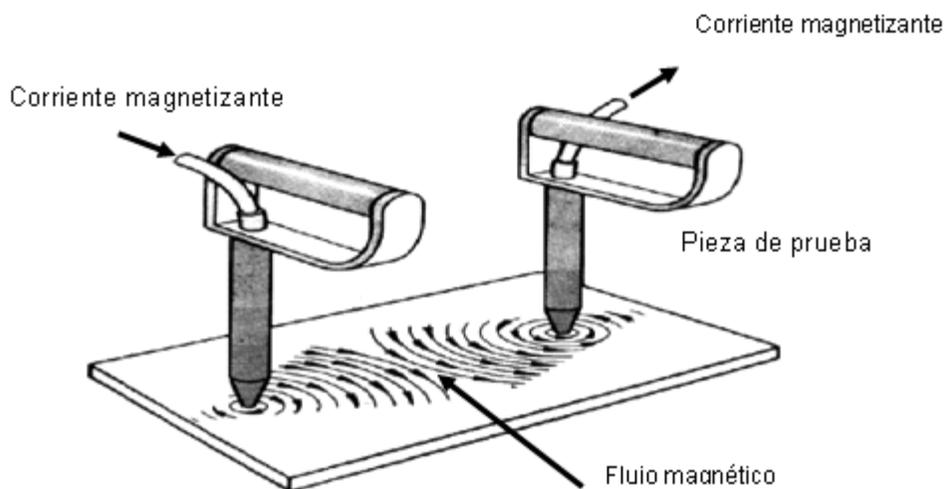
La corriente magnetizante fluye directamente a través de la pieza, creando un flujo magnético circular en ella.

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

La magnetización se efectúa por conducción de la corriente.

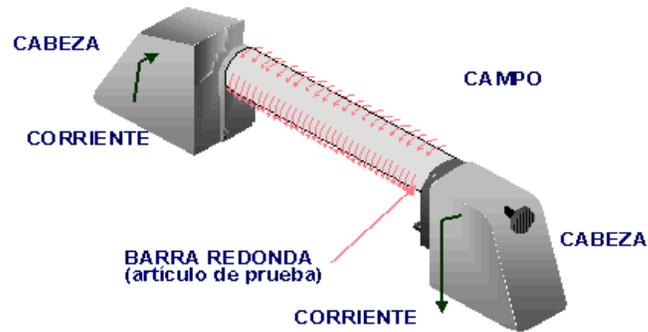
### Puntas de contacto

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.



## Pinzas o Mordazas

La corriente magnetizante se aplica a la pieza a través de las pinzas o mordazas, produciéndose un flujo magnético circular en la pieza entre Cabezales, la pieza es colocada entre dos cabezales y se aplica la corriente directamente a través de ella, esto produce un campo magnético circular aproximadamente perpendicular a la dirección del flujo de la corriente.



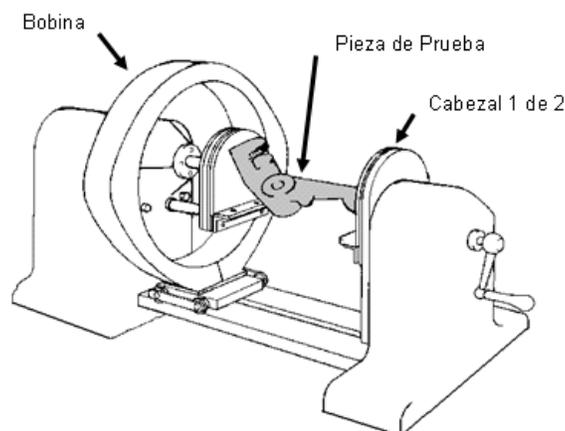
## Inducción Indirecta

La corriente eléctrica de magnetización se hace pasar por un conductor central, generalmente de cobre, que pasa a través de la pieza que se está probando. Los defectos que se encuentran son perpendiculares a la dirección del campo inducido.

La corriente no fluye a través de la pieza, sino en un conductor secundario; el flujo magnético es inducido en la pieza, la cual puede crear un flujo circular longitudinal o multidireccional.

La magnetización se efectúa pasando corriente a través de una bobina fija de vueltas múltiples o cable enrollado alrededor de la pieza o en una sección de ella.

Esto produce un flujo magnético longitudinal, paralelo al eje de la bobina.



## VI.5 ULTRASONIDO

El método de Ultrasonido se basa en la generación, propagación y detección de ondas elásticas (sonido) a través de los materiales. Este sensor, contiene un elemento piezo-eléctrico, cuya función es convertir pulsos eléctricos en pequeños movimientos o vibraciones, las cuales a su vez generan sonido, con una frecuencia en el rango de los megahertz (inaudible al oído humano). El sonido o las vibraciones, en forma de ondas elásticas, se propaga a través del material hasta que pierde por completo su intensidad ó hasta que topa con una interfase, es decir algún otro material tal como el aire o el agua y, como consecuencia, las ondas pueden sufrir reflexión, refracción, distorsión, etc. Lo cual puede traducirse en un cambio de intensidad, dirección y ángulo de propagación de las ondas originales.

De esta manera, es posible aplicar el método de ultrasonido para determinar ciertas características de los materiales tales como:

- Velocidad de propagación de ondas.
- Tamaño de grano en metales.
- Presencia de discontinuidades (grietas, poros, laminaciones, etc.)
- Adhesión entre materiales.
- Inspección de soldaduras.
- Medición de espesores de pared.

Como puede observarse, con el método de ultrasonido es posible obtener una evaluación de la condición interna del material en cuestión. Sin embargo, el método de ultrasonido es más complejo en práctica y en teoría, lo cual demanda personal calificado para su aplicación e interpretación de indicaciones o resultados de prueba

Las uniones soldadas pueden ser inspeccionadas ultrasónicamente empleando el haz direccionado o la técnica de ángulo de haz. La técnica de ángulo de haz es empleada muy a menudo, una razón es que el transductor no tiene que ir en el lugar de superficie de la soldadura, pero es colocado típicamente en la superficie lisa a lado de la soldadura. Con la inspección de ángulo de haz, el ángulo es por lo general seleccionado para producir la esquila de ondas en la parte a inspeccionar en un grado óptimo para encontrar los defectos.

Los tipos de defectos usualmente encontrados son poros, escoria atrapada, penetración incompleta, fusión incompleta y fracturas, serios defectos, como las fracturas y fusión incompleta, usualmente se extienden longitudinalmente a lo largo de la soldadura y dan señal de limpieza especial cuando el haz de sonido golpea sus ángulos. Una porosidad esférica produciría una pequeña amplitud de eco, siempre y cuando el haz de sonido golpe en el ángulo de la unión. Inclusiones de escoria pueden producir pasos de indicaciones, que son el ángulo máximo derecho a la orientación de la escoria. Una inclusión grande puede producir señales múltiples.

## **VENTAJAS**

La principal ventaja de la inspección por ultrasonido es la comparación con otros métodos para inspección no destructiva en las partes del metal.

- Poder superior de penetración, el cual permite la detección de defectos bajo la superficie del material.
- Alta sensibilidad, permitiendo la detección de defectos extremadamente pequeños.
- Mayor exactitud que otros métodos no destructivos en la determinación de la posición de defectos internos, el cálculo de su tamaño, y caracterizar su orientación, forma, y naturaleza.
- Solamente necesita una superficie para acceder.
- La operación es electrónica, que proporciona indicaciones casi instantáneas de defectos. Esto hace el método conveniente para la interpretación inmediata, la automatización, la exploración rápida, la supervisión en línea de la producción, y el control de proceso. Con la mayoría de los sistemas, permanente los resultados de la inspección se puede anotar para la referencia futura.
- Proporciona una salida que se pueda procesar digital por una computadora para caracterizar defectos y para determinar características materiales.

## **DESVENTAJAS**

- La operación manual requiere la atención cuidadosa de técnicos experimentados
- El conocimiento técnico extenso se requiere para el desarrollo de los procedimientos de la inspección.
- Las piezas que son ásperas, irregulares en forma, muy pequeña o fina, o no homogéneos son difíciles de examinar.
- Las discontinuidades que están presentes en una capa baja inmediatamente debajo de la superficie pueden no ser perceptibles.
- Los estándares de referencia son necesarios, para calibrar el equipo y para caracterizar defectos.

## VI.6 RADIOGRAFÍA

La radiografía como método de prueba no destructivo, se basa en la capacidad de penetración que caracteriza principalmente a los Rayos X y a los Rayos Gama. Con este tipo de radiación es posible irradiar un material y, si internamente, este material presenta cambios internos considerables como para dejar pasar, o bien, retener dicha radiación, entonces es posible determinar la presencia de dichas irregularidades internas, simplemente midiendo o caracterizando la radiación incidente contra la radiación retenida o liberada por el material.

Comúnmente, una forma de determinar la radiación que pasa a través de un material, consiste en colocar una película radiográfica, cuya función es cambiar de tonalidad en el área que recibe radiación. En la parte de arriba se encuentra una fuente radiactiva, la cual emite radiación a un material metálico, el cual a su vez presenta internamente una serie de poros, los cuales por contener aire o algún otro tipo de gas, dejan pasar más cantidad de radiación que en cualquier otra parte del material. El resultado queda plasmado en la película radiográfica situada en la parte inferior del material metálico.

Como puede observarse el método de radiografía es sumamente importante, ya que nos permite obtener una visión de la condición interna de los materiales

Es un método que utiliza la radiación ionizante de alta energía que al pasar a través de un material sólido, parte de su energía es atenuada debido a diferencias de espesores, densidad o presencia de discontinuidades.

Las variaciones de atenuación o absorción son detectadas y registradas en una película radiográfica o pantalla fluorescente obteniéndose una imagen de la estructura interna de una pieza o componente.

El Principio básico de la inspección radiográfica. Se basa en la propiedad que poseen los materiales de atenuar o absorber parte de la energía de radiación cuando son expuestos a esta.

La atenuación de la radiación ionizante es:

Directamente proporcional al espesor y densidad del material.

Inversamente proporcional a la energía del haz de radiación.

Un área oscura (alta densidad) en una radiografía, puede deberse a un menor espesor o a la presencia de un material de menor densidad como escoria en una soldadura o una cavidad por gas atrapado en una pieza de fundición.

Un área mas clara (menor densidad) en una radiografía, puede deberse a secciones de mayor espesor o un material de mayor densidad como una inclusión de tungsteno en una soldadura de arco eléctrico con electrodo de tungsteno y gas de protección.

La prueba de radiografía en componentes con proceso de soldadura no ayuda Para la detección, interpretación y evaluación de discontinuidades internas tales como grietas, porosidades, inclusiones metálicas o no metálicas, faltas de fusión etc., en uniones con soldadura, piezas de fundición y piezas forjadas.

Antes de interpretar y evaluar todas las radiografías deben estar libres de daños mecánicos, químicos u otras manchas que al extenderse no enmascaren o puedan ser confundidas con imágenes de discontinuidades en el área de interés.

Las manchas que deben evitarse son:

- Velado.
- Ralladuras, manchas de agua, manchas de los químicos.
- Rasguños, marcas dactilares, polvos marcas de corriente estática.

Indicaciones falsas debido a pantallas defectuosas.

El principio fundamental en el que se basa esta prueba es la radiación que Son ondas electromagnéticas que viajan a la velocidad de la luz (300 000 Km. /s), no poseen carga eléctrica, ni masa, son capaces de penetrar materiales densos como el acero y su energía es inversamente proporcional a su longitud de onda.

En la industria se emplean dos tipos de radiación para la inspección radiográfica:

- Rayos X.
- Rayos gamma

### **VENTAJAS**

- Pueda usarse en materiales metálicos y no metálicos, ferrosos y no ferrosos.
- Proporciona un registro permanente de la condición interna de un material.
- Es mas fácil poder identificar el tipo de discontinuidad que se detecta.
- Revela discontinuidades estructurales y errores de ensamble.

### **DESVENTAJAS**

- Difícil de aplicar en piezas de geometría compleja o zonas poco accesibles.
- La pieza o zona debe tener acceso en dos lados opuestos.
- No detecta discontinuidades de tipo laminar.
- Se requiere observar medidas de seguridad para la protección contra la radiación.

## **CONCLUSIONES.**

El proceso de soldadura eléctrica protegida con gas es uno de los procesos más utilizado dentro de las industrias metalmecánica, debido a sus condiciones y ventajas que nos muestra al utilizarlo. Los beneficios que encontramos para su aplicación son factibles.

Es conveniente que dentro de las industrias que utilizan el proceso GMAW tengan certeza que este proceso requiere de entrenamiento y constante actualización para que se puedan cumplir con los requerimientos de calidad

La investigación llevada a cabo permite deducir las conclusiones siguientes:

Este trabajo marca la importancia que se le debe dar al proceso de soldadura eléctrica protegida con gas, ya que nos muestra los pasos a seguir para la aplicación del proceso, la seguridad y la calidad.

Al tener el conocimiento adecuado y actualizado sobre el proceso de soldadura GMAW estamos garantizando la calidad de la soldadura. Las consecuencias de que una soldadura no tenga calidad son muchas, entre ellas la de retraso de la producción y por lo consiguiente pérdidas de dinero. Ya que al detectarse por medio de la inspección de pruebas no destructivas cualquier defecto, se tiene que proceder a la reparación de dicha soldadura lo cual nos puede detener otros procesos subsecuentes, otra de las consecuencias de mayor importancia es la de tener un bajo nivel de seguridad para las personas dedicadas a su aplicación lo cual nos implica tener un conocimiento considerable sobre este proceso para su aplicación correcta.

Se recalca la importancia que se le debe de dar a la inspección de soldaduras, por cualquier método que aquí se muestran teniendo la claridad de que al inspeccionar las juntas esto nos evitara entregar producto sin calidad y así competir en el mercado.

Con lo anterior nos damos cuenta que aparte de la importancia que reviste el proyecto, se debe de tener una supervisión adecuada en la construcción y aplicación de cualquier proceso, empezando la supervisión con la calificación del personal que intervenga en el proceso, una vez al ser calificado en dicho proceso se tendrá que ir constantemente actualizando este ya que al no actualizarse se perderán nociones importantes de lo que siga ocurriendo.

Otro aspecto muy importante que no se debe dejar de mencionar en la aplicación del proceso es la seguridad con la que lo estaremos trabajando ya que en algunos casos dejamos por separado este tema y no se da la importancia necesaria lo cual nos lleva a tener consecuencia como las aquí mencionadas.

Al implementar el proceso de soldadura GMAW se reducen costos dentro de la empresa y esto lo hace que dicha empresas que implementen este proceso sean mas competitivas en el mercado, tenemos como ejemplo a nivel mundial a la empresa JHON DEERE esta empresa es líder mundial en la fabricación de equipamiento agrícola desde 1966 fabrican componentes para maquinaria de construcción. Y utilizan una tecnología llamada Soldadura Gas Arco Metal (GMAW). Desde que iniciaron con esta tecnología han reducido mas de 90% los defectos en soldadura lo que se han generado varios miles de pesos anuales además la calidad en su proceso han permitido obtener nuevos negocios y se han podido establecer como Benchmark en este tipo de soldadura para Jhon Deere a nivel mundial.

Con el conocimiento de todo el personal que aplica el proceso de soldadura protegida con gas se tiene un menor costo de producción ya que su proceso esta controlado en base a los parámetros que se utilizan en soldadura como son el conocimiento de seguridad la cual si todos lo tienen y lo llevan a cabo se reducirá el numero de accidentes laborales y por consecuente días de incapacidad y seguro social. Otro parámetro de mucha importancia es el reducir el costo de material de aporte ya que con el proceso GMAW es continuo y no se tiene que intercambiar a cada rato lo que produce un tiempo muerto en el cambio de electrodo.

Al estar en capacitación constante los operarios del proceso de soldadura se refleja en la disminución de defectos de soldadura provocados en muchos de los casos por una aplicación incorrecta del proceso de soldadura, así mismo estos defectos se reducen al tener el conocimiento el operador de cómo y cuando aplicar el cordón a una junta.

Siempre hay costos a nivel económico y a nivel humano, por eso es importante conocerlos por que de esa manera podremos relacionarlos con los costos de la actividad productiva de la empresa que sin duda aumentarán a medida que aumenten los accidentes. Esto es ampliamente conocido por las grandes empresas, que invierten grandes sumas de dinero en Seguridad y Medicina del Trabajo para evitar accidentes sabiendo que a la larga le resultará conveniente.

Los accidentes cuestan dinero, prevenirlos lo economiza. Uno de cada seis accidentes lo provocan las maquinas, los cinco restante son producto por el llamado factor humano conociendo esto de ahí la importancia de conocer bien el proceso de soldadura protegida con gas ya que si conocemos los riesgos que implican al aplicar este proceso estaremos efectuando correctamente el trabajo y así prevenir accidentes laborales los cuales representan para la empresa un costo adicional.

## **GLOSARIO.**

### **Amperaje**

Medida de unidades eléctricas que indica el flujo de energía eléctrica que pasa a través de un circuito.

### **Biselado**

Rectificado de los bordes de un canto hasta convertirlo en una superficie angular plana similar a la letra "V".

### **Convexo**

Superficie redondeada exteriormente.

### **Corriente alterna**

Corriente alterna producida por todo tipo de transformadores de soldadoras.

### **Corriente continúa**

Corriente continúa producida por la mayor parte de las soldadoras motorizadas y los más nuevos equipos "rectificadores".

### **Corte en V**

Corte realizado en la superficie del metal o entre las piezas adyacentes biselando sus bordes.

### **Dirección del avance**

Es la dirección en la que se mueven los metales depositados. El ángulo en el que se mantiene el electrodo, en relación con la dirección de avance, es el ángulo entre el electrodo y la superficie de la pieza que no se ha soldado todavía.

**Escoria**

Producto resultante de la acción de un flujo sobre los constituyentes no metálicos de un metal a la hora de fundirlo.

**Globular**

Partículas de metal en forma de pequeñas gotas irregulares que se mueven erráticamente de un lugar a otro del arco.

**Humos metálicos:** Partículas sólidas que se crean cuando un material sólido se evapora y al enfriarse se condensa. Por ejemplo, los vapores metálicos se enfrían y condensan en partículas extremadamente pequeñas, generalmente de tamaño de partícula menores de 1  $\mu\text{m}$  de diámetro. Los humos metálicos pueden aparecer en operaciones como la soldadura, fundiciones.

**Inclusión de escoria**

Material no metálico retenido en el interior de una soldadura.

**Juntas a tope biselada**

Cuando se tiene que realizar una junta a tope con secciones demasiado pesadas para permitir una junta a tope cuadrada, las secciones en cuestión se biselan o chaflan hasta un ángulo de aproximadamente  $90^\circ$ .

Elegir un biselado individual o doble dependerá del grosor del metal o de si las secciones pueden soldarse por ambos lados. Un biselado doble requiere aproximadamente la mitad de metal que uno sencillo o individual.

**Limpieza de la escoria**

Proceso según el cual se retira la escoria adherida a los depósitos de la soldadura. Este depósito se golpea con un martillo de bola para luego cepillarlo con un cepillo de alambres. Con ello se quita la escoria y el depósito de la soldadura queda al descubierto.

**Metal base**

Metal de origen. Metal que se va a soldar o cortar.

**Metal de aporte**

Depósito o sedimento de un metal de soldadura.

**Metal depositado**

Metal que se ha añadido por medio de un proceso de soldadura.

**Metal ferroso**

Metal ferrífero, por ejemplo, el acero o el hierro fundido.

**Metal no ferroso**

Metal no ferrífero como el cobre o el aluminio.

**Penetración**

Profundidad de la fusión de una soldadura en el metal de base.

**Polaridad directa**

La máquina funciona con polaridad directa cuando el portaelectrodo está conectado al terminal negativo. La brida de la toma de tierra tiene que conectarse a la terminal positiva. En el caso que la máquina disponga de un interruptor para el cambio de la polaridad, éste último habrá de estar en la posición marcada como "negativo", "-“ o "directo".

**Polvo:** Partículas sólidas, en suspensión en el aire, precedentes de materiales pulverulentos y originados al trocear, moler, golpear o espolvorear materiales sólidos.

### **Polaridad inversa**

La máquina funciona con polaridad inversa cuando el cable portaelectrodo está conectado a la terminal positiva. La brida de la toma de tierra tiene que conectarse a la terminal negativa. En el caso que la máquina disponga de un interruptor para el cambio de polaridad, éste último debería estar en la posición marcada como "positivo", "+" o "inverso".

### **Poros de gas**

Pequeños agujeros en una soldadura, normalmente debidos a la desgasificación.

### **Porosidad**

Imperfección causada por sopladuras y por la emisión de gas liberado.

### **Pre calentamiento**

Calor aplicado al metal base antes de realizar la soldadura o el corte. Calentamiento de un metal antes de la soldadura para así conseguir una expansión uniforme controlada.

### **Socavación**

Acanaladura realizada en el metal base a lo largo de los bordes de los cordones por el calor del arco y que luego no se rellena con el metal de aporte.

### **Soldadura**

El proceso de la soldadura empieza con el calentamiento de un metal en un punto concreto hasta alcanzar la temperatura de fusión. Cuando ya se ha terminado la soldadura, el acero caliente se enfría bien al entrar en contacto con el aire, bien conduciendo el calor desde la zona soldada hasta otra cercana pero más fría.

En este proceso la coalescencia de las piezas metálicas se produce al someterlas a temperaturas por lo general inferiores a los 427°C (800°F) y al utilizar metales de aportación no ferrosos que tengan temperaturas de fusión inferiores a las de los metales base. Normalmente la soldadura se distribuye entre las superficies perfectamente acopladas de la junta gracias a la atracción capilar.

**Velocidad de fusión**

Peso de un electrodo consumido en una unidad de tiempo.

**Zona afectada por el calor**

Parte del metal base cuyas propiedades o estructura se han visto alteradas por el calor de la soldadura.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Gil Martinez Hermogenes

Soldadura. Principios, técnica y equipos, editorial Ceac

Horwitz H.

Soldadura, aplicación y practica

Pedro Claudio Rodriguez

Manual de soldadura, Soldadura eléctrica MIG y TIG 1 era edición 2001, Editorial alsina

V.V. Kurchatrin

Defectos de soldadura, Manual de forjador-Soldador con soplete 1ra. Edición1983

Editorial MIR

Gaxiola Maya

Curso de capacitación de soldadura, 2da. Edición, Editorial Limusa

The James F. Lincoln

Arc welding foundation

The procedure handbook of Arc Welding, Fourteenth edition

William R. Oates

AWS

Materials and applications part 1, Welding handbook vol. 3, eight edition

William R. Oates

AWS

Welding Technology, Welding handbook vol.1, eight edition

INFRA S.A DE C.V. Manuales de soldadura

Soldadura y corte con gas de protección para procesos GMAW, edición 2005

Lenina

Manual de soldadura EXSA-Oerlikon Edición 1995

MILLER Guidelines for Gas Metal arc Welding.

Lincoln Electric

MIG/MAG Welding Guide

For Gas metal Arc Welding (GMAW)

The Lincoln Electric Company,

The procedure Handbook of arc welding

Hernández Sampieri Roberto  
Metodología de la investigación, 4ª edición 2006, editorial Mcgraw-hill

The Lincoln Electric Company,  
Gas Metal Arc Welding Guide 1995

INFRA  
Manual de electrodos Para soldar

## **CYBERGRAFIA**

<http://www.aws.org/w/a>

<http://www.sms.com.mx>

<http://www.la soldadura.com>

<http://www.osha.gov/as/opa/spanish>

<http://www.prevention-world.com>

<http://www.stps.gob.mx>

<http://www.Dr weld.com>