

17-SOLDADURA DE ARCO ELECTRICO

SOLDADURA

Julio Alberto Aguilar Schafer





Soldadura por arco.



SOLDADURA SUBMARINA

EQUIPO DE PROTECCIÓN

- ANTEOJOS
- GUANTES
- PECHERA
- POLAYNAS
- BOTAS
- AMBIENTE VENTILADO
- EXTRACTOR DE GASES
- EQUIPO ADECUADO PARA SOLDAR



Chaqueta



Mangas



Gabacha



Pantalón



Guantes



Polainas

Diferentes tipos de caretas



Careta



Ajustes del Casco



Lentes Protectores



Pantalla de mano



Casco de Obscurecimiento Automático

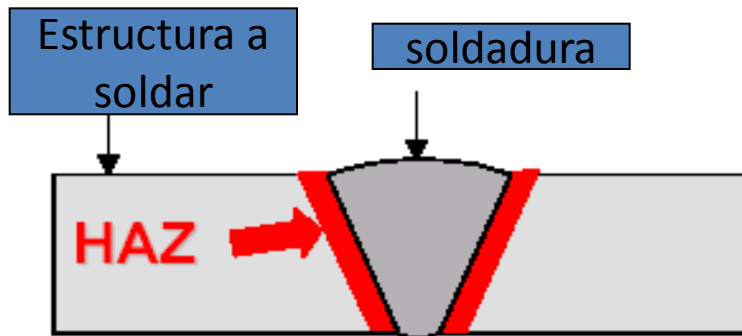
Técnicas de unión por soldadura

Many designs use some form of **welding** hence this is a critical process to the Design/Manufacturing Engineer

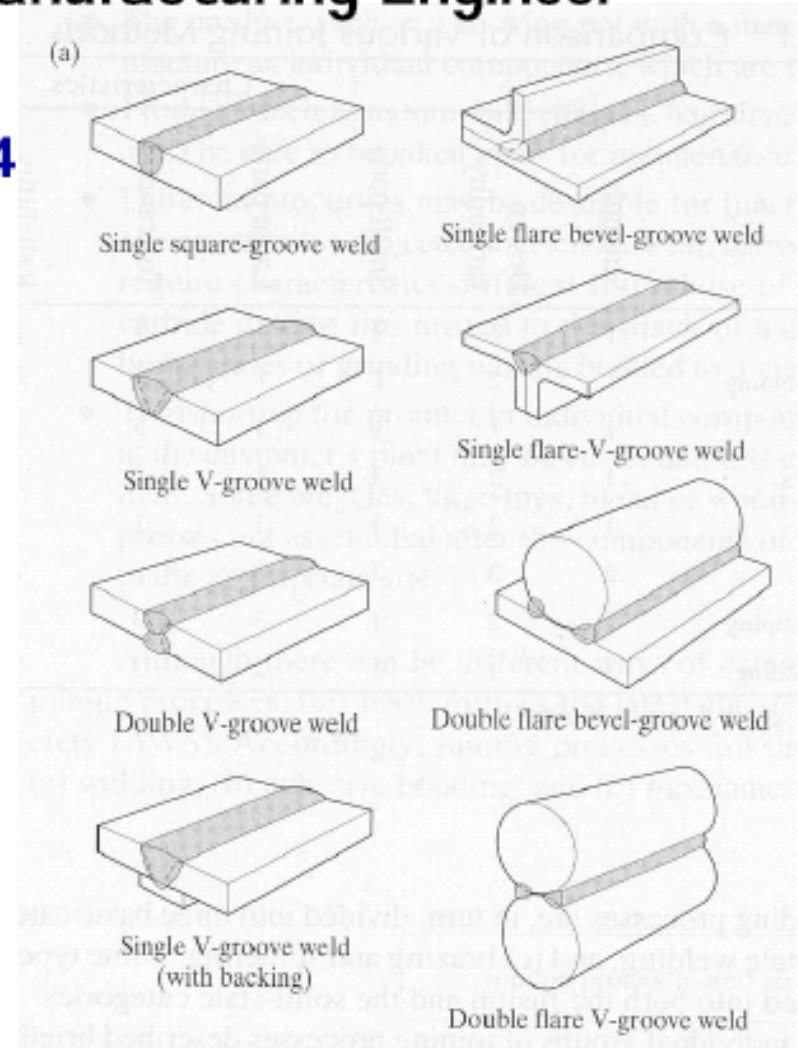
Algunos ejemplos de uniones de pares por soldadura

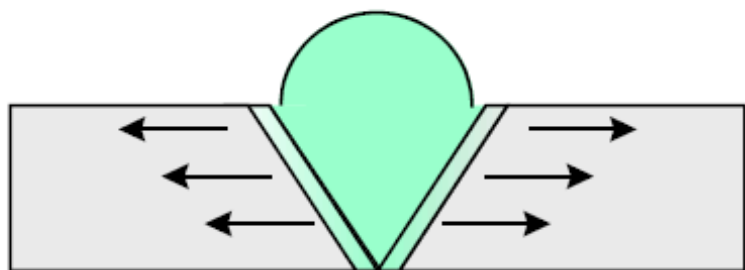
p 774

terminología

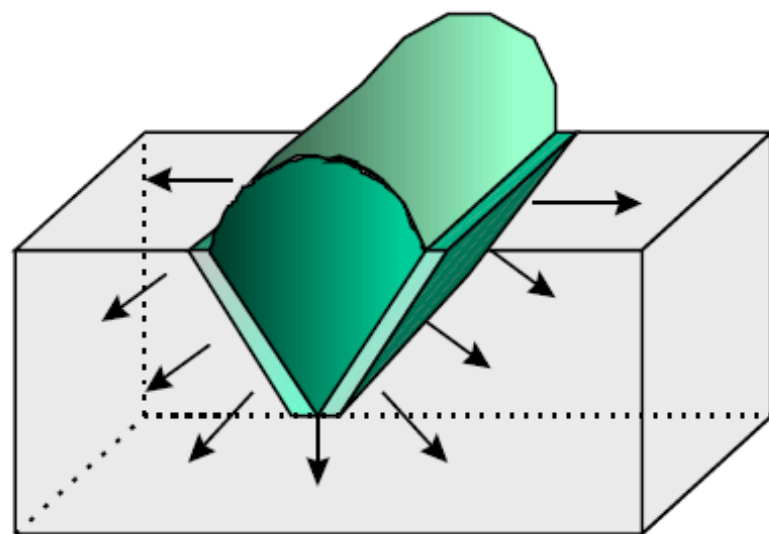


Zona afectada por el calor, **HAZ**





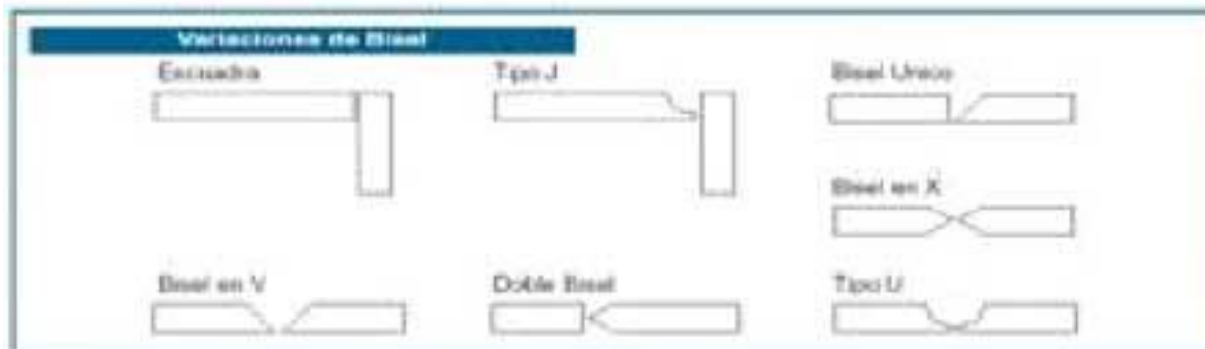
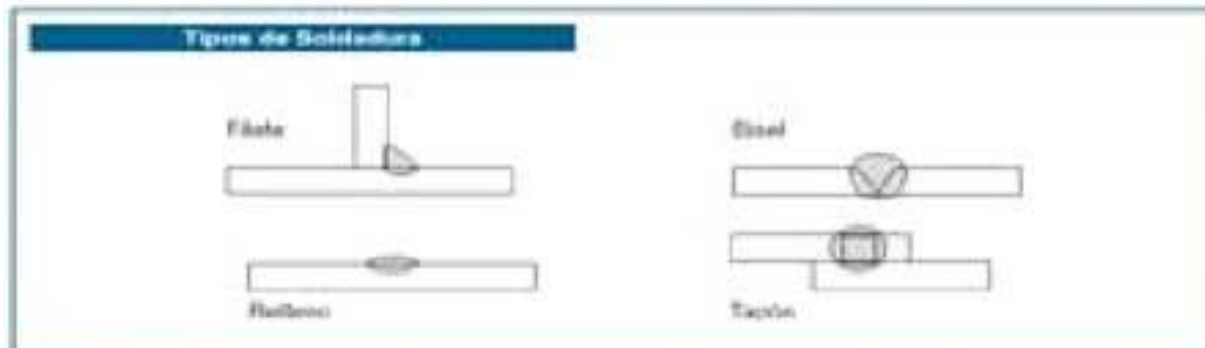
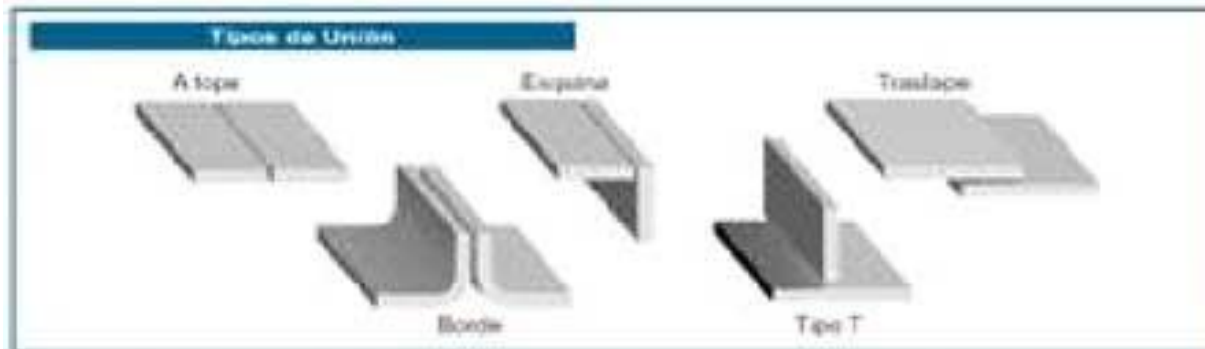
flujo de calor bidimensional



flujo de calor tridimensional

SISTEMAS DE SOLDADURA

SOLDADURA AL ARCO



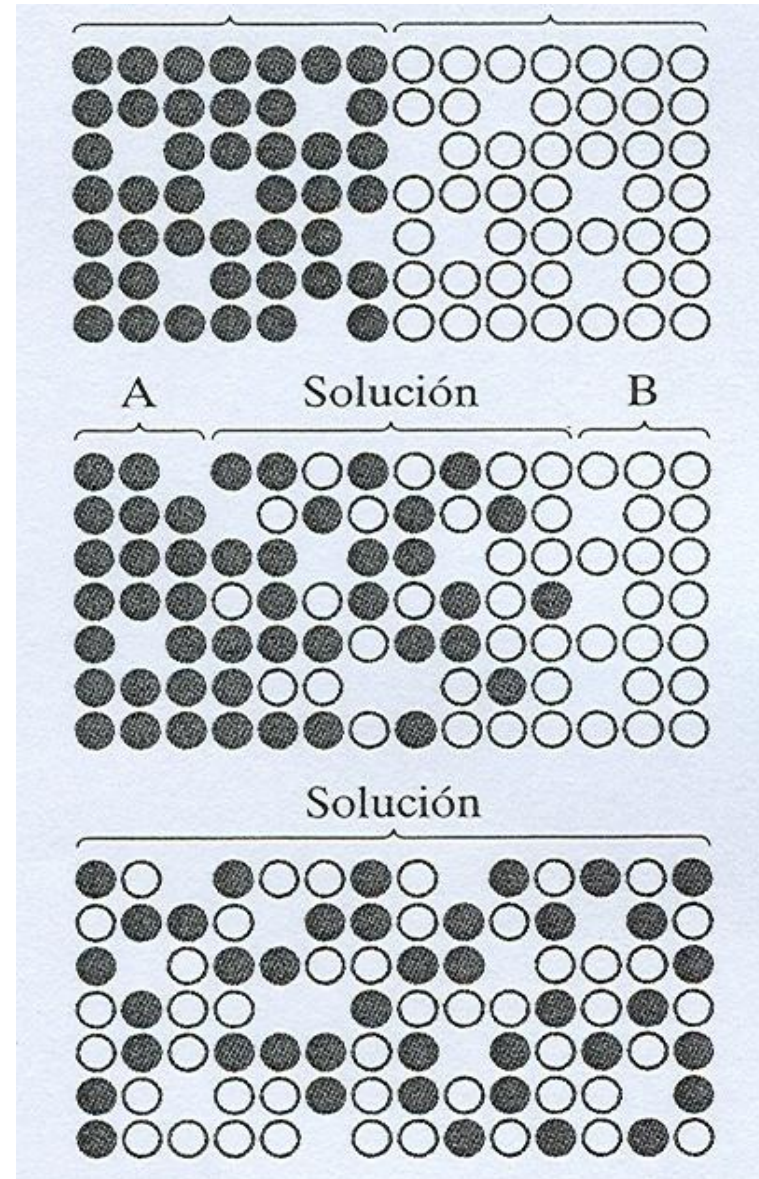
Los procesos de soldadura usados día a día pueden dividirse en cuatro grupos

1. Soldadura de arco eléctrico
2. Soldadura de resistencia eléctrica
3. Soldadura por gases (plasma)
4. Soldadura en estado sólido

*cada grupo se distingue por el método de generación de calor, **la soldadura se lleva a cabo a elevadas temperaturas***

Difusión de átomos en el proceso de soldadura

Figura 5.7. Interdifusión de los materiales A y B. Aunque cualquier átomo de A o B tiene la misma probabilidad de moverse en cualquier dirección aleatoria (véase la Figura 5.6), los gradientes de concentración de los dos materiales pueden producir un flujo neto de átomos de A hacia el interior de B, y viceversa. (De W. D. Kingery, H. K. Bowen y D. R. Uhlmann, *Introduction to Ceramics*, 2nd ed., John Wiley & Sons, Inc., NY, 1976.)



Difusión de átomos

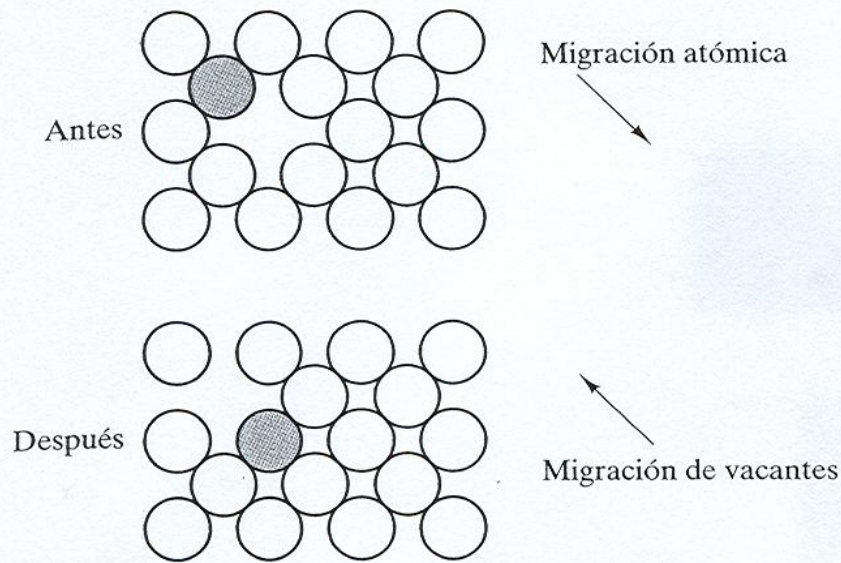


Figura 5.5. La migración atómica se produce por un mecanismo de migración de vacantes. Obsérvese que la dirección del flujo global del material (el átomo) es opuesta a la dirección del flujo de vacantes.

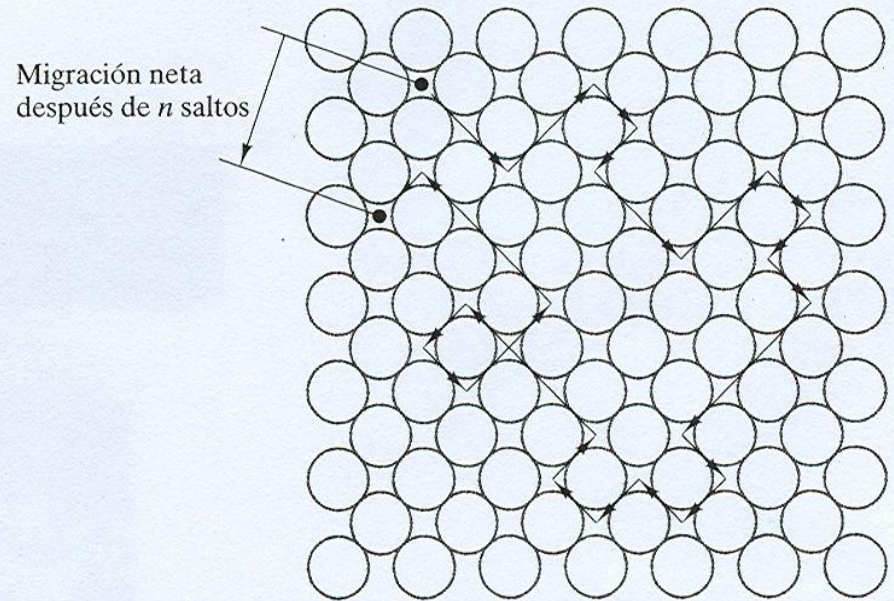
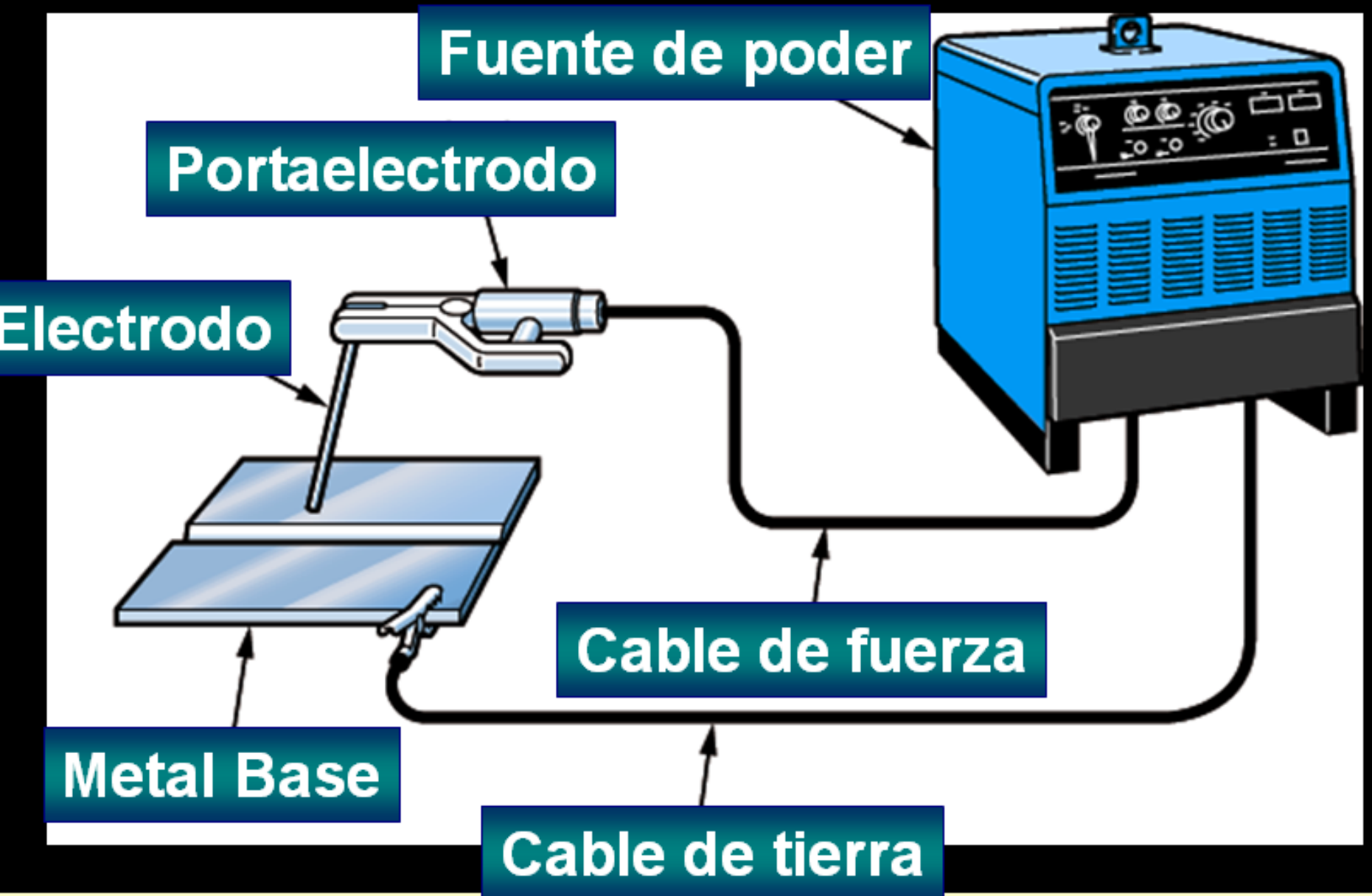


Figura 5.6. Difusión por un mecanismo intersticial, donde se ve la naturaleza aleatoria del movimiento de migración atómico.

Soldadura de arco

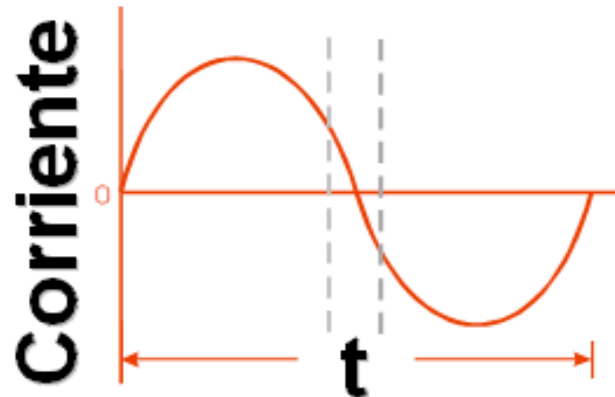
- La descarga de corriente eléctrica se debe de producir entre dos superficies sin que estas se toquen
- La descarga eléctrica se produce por la ionización de partículas gaseosas llamado *plasma*
- Dentro del arco la temperatura es de **15,000** grados centígrados
- En la superficie del metal es de **10,000** grados centígrados
- El voltaje es bajo, en un rango de 30-80 voltios
- La corriente está en un rango de 50A-300A
- La corriente es CD y CA, es preferible la CD para metales
- Una capa de gas inerte es conveniente sobre el caldo, la capa de gas inerte evita la oxidación del metal fundido con el oxígeno del medio

Equipo Básico



Corriente Alterna (AC)

- El sentido del flujo de corriente cambia 120 veces por segundo (frecuencia de 60 Hz).
- Se obtiene una penetración y una tasa de depósito media.
- Se reduce el soplo magnético.
- El equipo es mas económico.

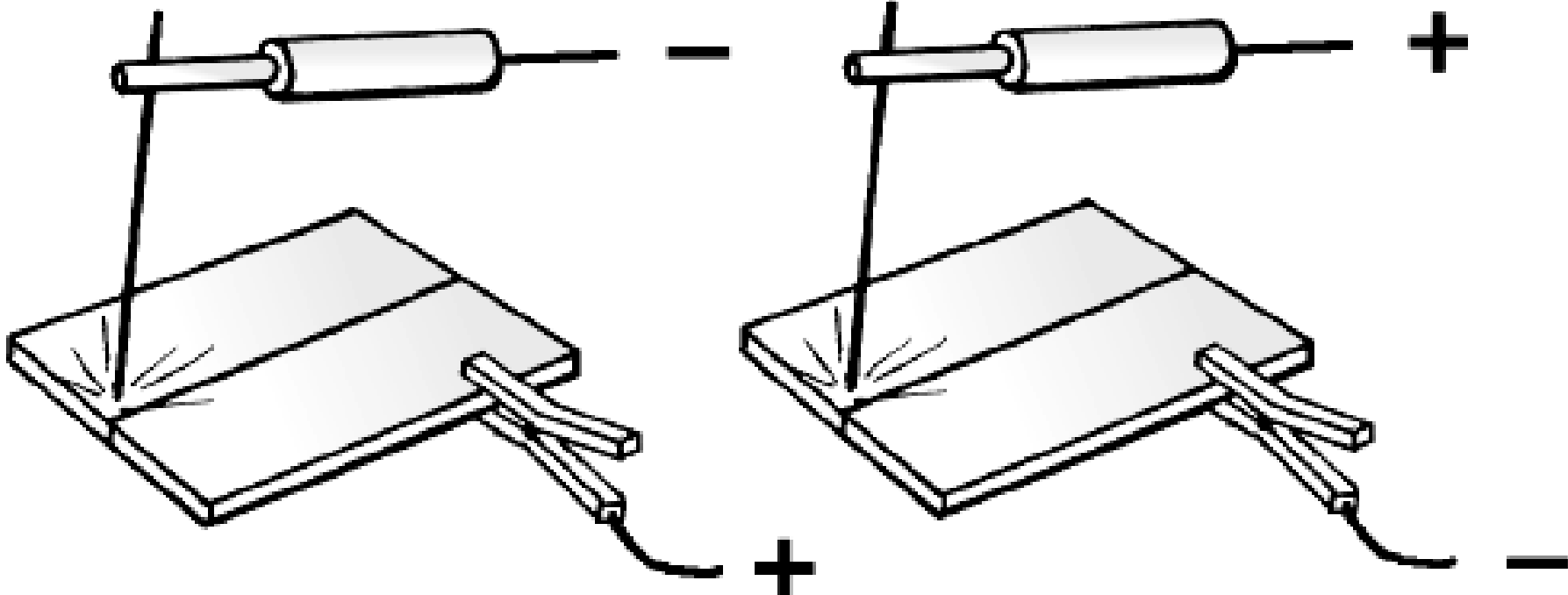


Corriente Directa (DC)

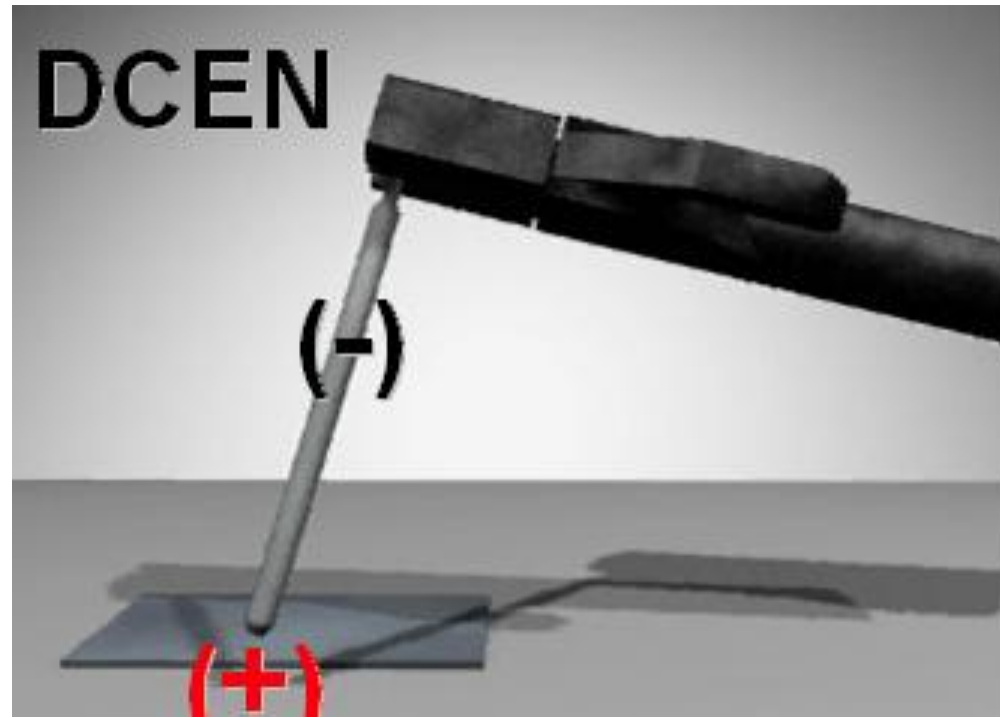
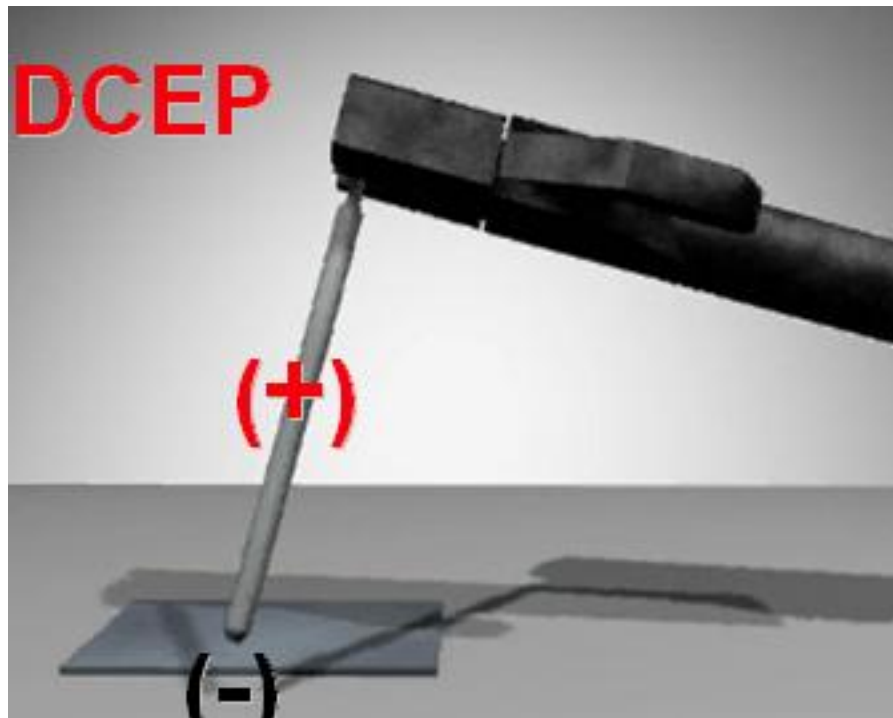
- **La corriente directa fluye continuamente en un solo sentido.**
- **Puede usarse con todos los tipos de electrodos recubiertos.**
- **Es la mejor opción para aplicaciones a bajos amperajes.**
- **El Sentido y la estabilidad de arco son mejores.**
- **Produce menos salpicadura**

CC Directa

CC Inversa

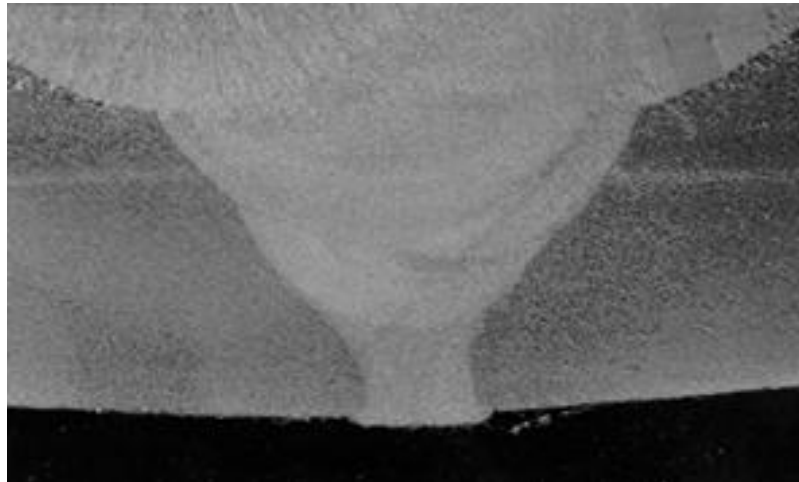


- DCEP para alta penetración.
- DCEN para alto depósito.

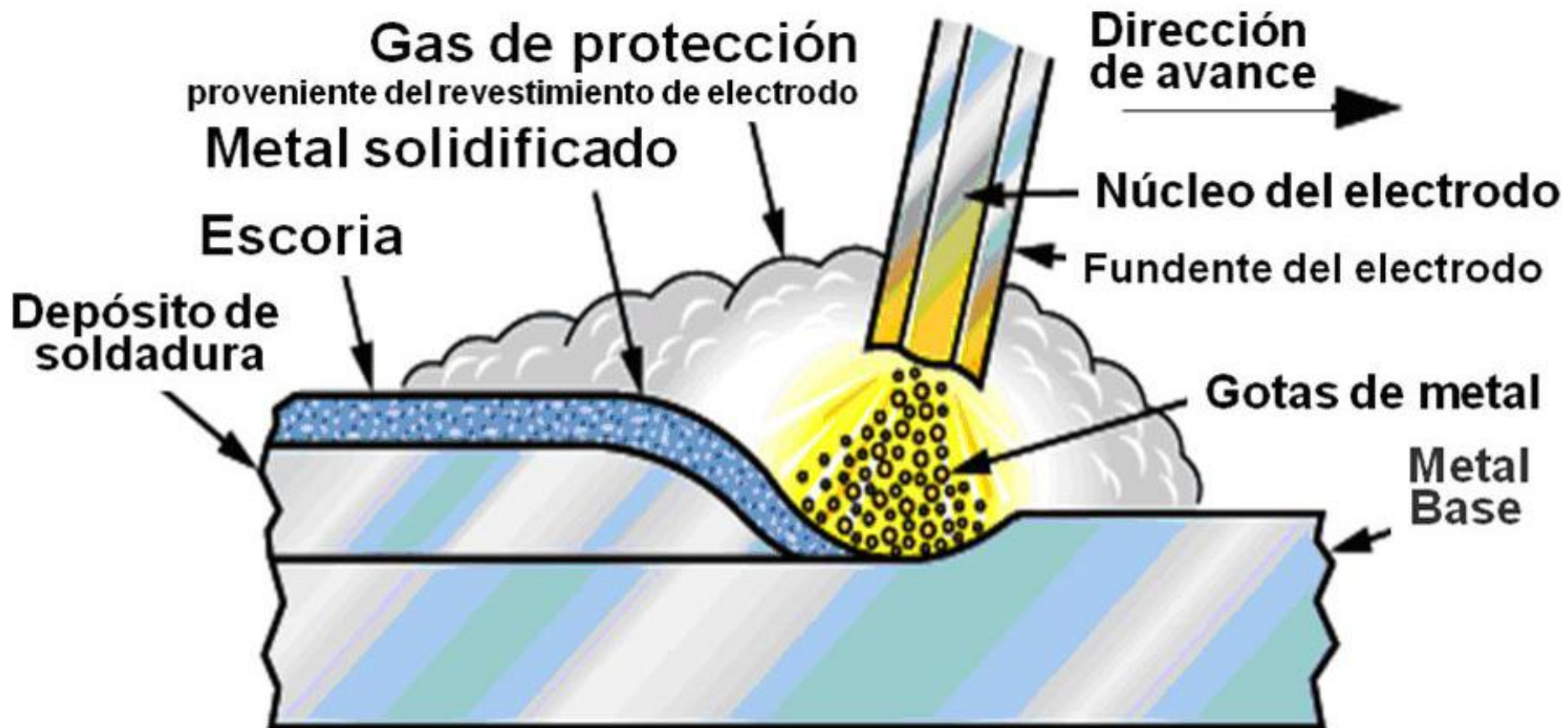


Amperaje

- Es la variable de mayor importancia en el proceso, determina:
 - La profundidad de penetración.
 - La tasa depósito.
 - El volumen del cordón.
 - Depende del tipo y diámetro del electrodo, posición y diseño de la junta.





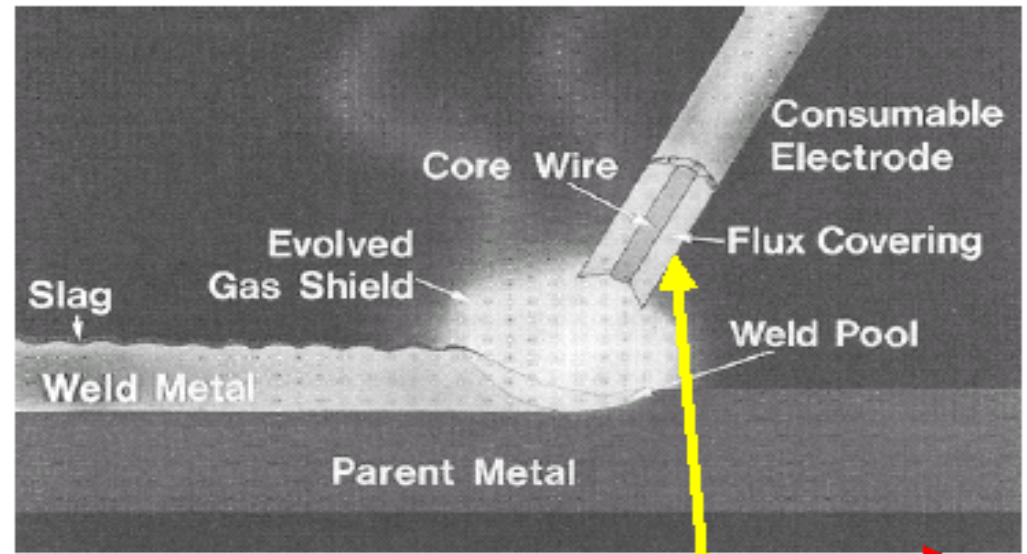


Soldadura de arco

With DC, the direction of current flow is **straight polarity** for – ve electrode and + ve workpiece;

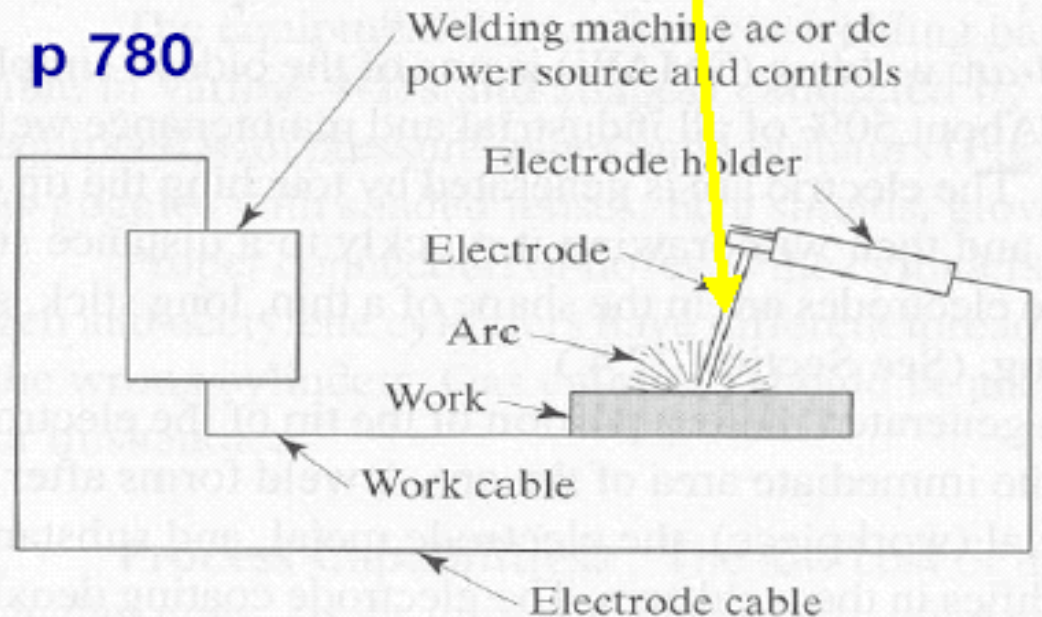
reverse polarity for the opposite.

Power requirements are less than 10 kW.



motion of electrode

p 780



SISTEMAS DE SOLDADURA

SOLDADURA AL ARCO

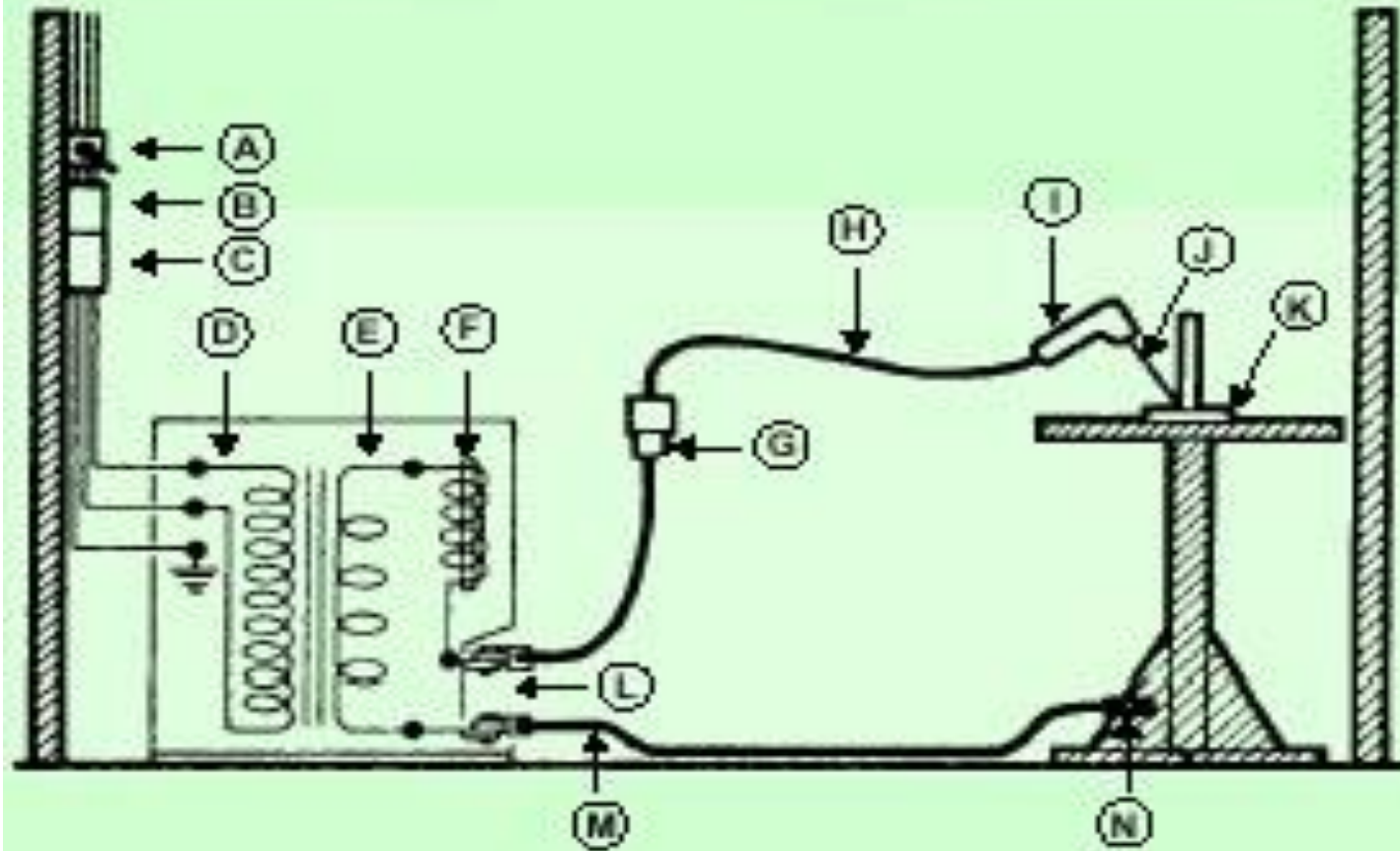
- ELEMENTOS AUXILIARES DE LA MAQUINA DE SOLDAR

- A- Pinza Portaelectrodo
- B- Grapa para puesta a tierra
- C- Pinza de masa
- D- Electrodo
 - Electrodo de carbón
 - Electrodo metálico
 - Electrodo recubierto

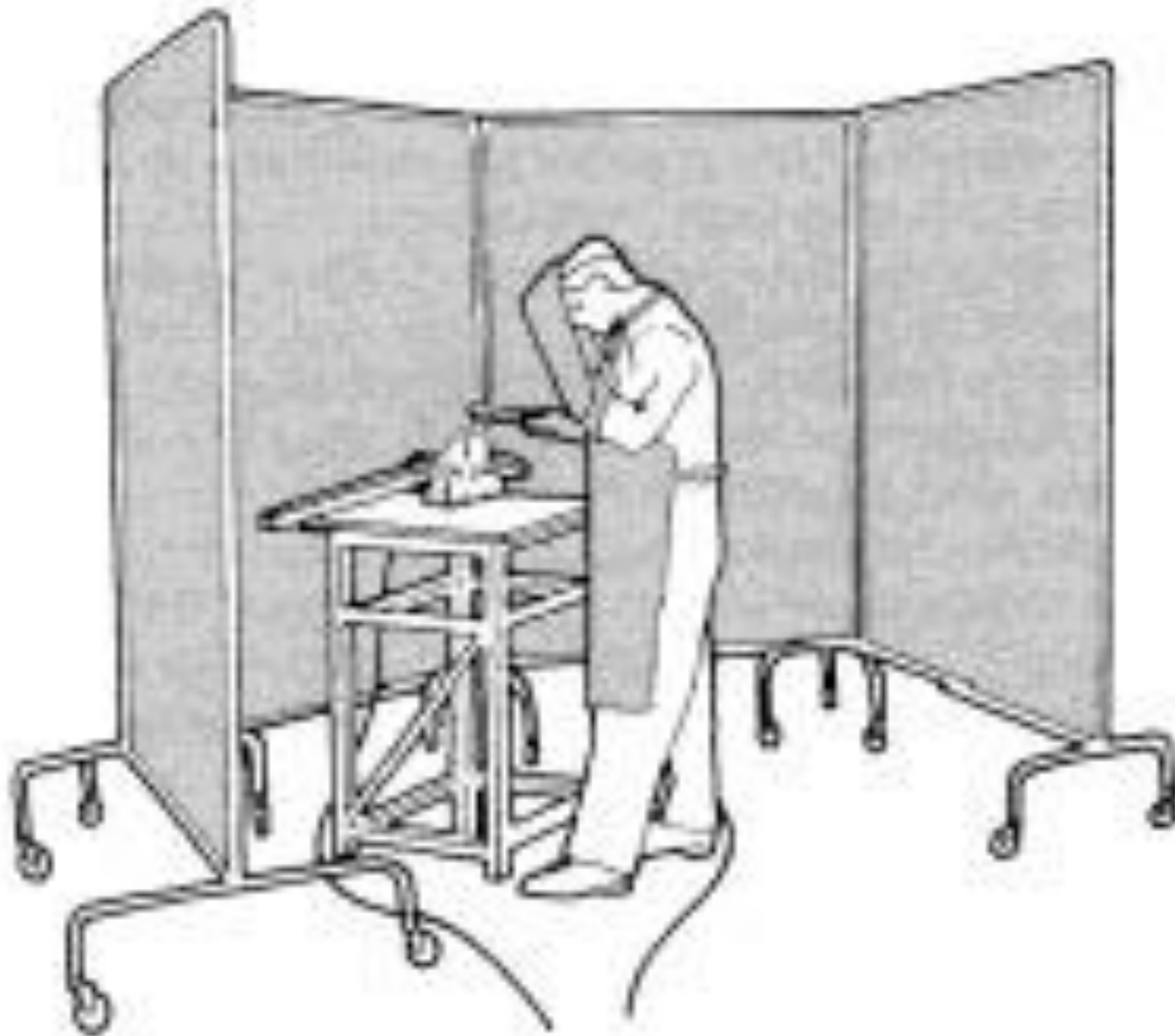


- A. Interruptor
- B. Toma de corriente
- C. Enchufe
- D. Bobinado primario
- E. Bobinado secundario
- F. Bobinado impedancia
- G. Conector aislado

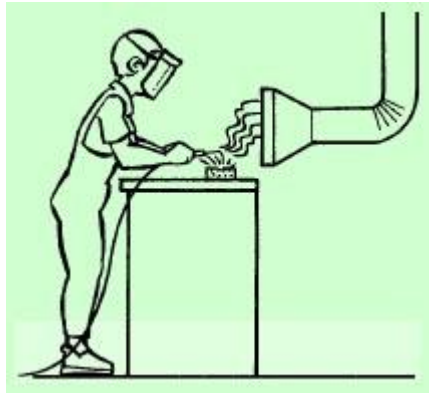
- H. Cable del electrodo
- I. Porta-electrodos
- J. Electrodo
- K. Pieza
- L. Borne de conexión
- N. Brida
- M. Cable de toma de tierra



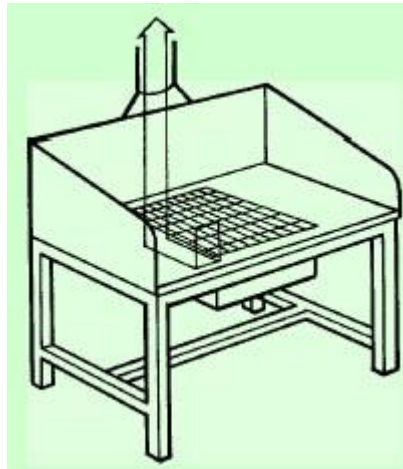
Instalación segura de un puesto de soldadura CA con transformador



Mampara de separación



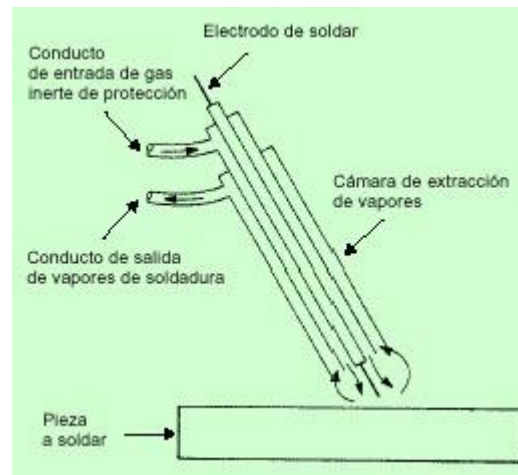
Sistema de extracción por campana móvil



Sistema de extracción mediante banco con aspiración ascendente



Sistema de extracción mediante un recinto acotado



Esquema de sistema de extracción mediante conductos

Grado de protección de los filtros para soldadura eléctrica al arco ($5 A \leq I \leq 500 A$)

PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA O TÉCNICAS RELACIONADAS	INTENSIDADES DE LA CORRIENTE EN AMPERIOS																							
	0,5	2,5	10	20	40	80	125	175	225	275	350	450	1	5	15	30	60	100	150	200	250	300	400	500
	----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----																							
Electrodos recubiertos											9	10	11			12			13		14			
MIG sobre metales pesados											10		11	12			13		14					
MIG sobre aleaciones ligeras											10		11	12		13		14		15				
TIG sobre todos los metales y aleaciones				9	10	11		12		13		14												
MAG						10		11	12	13			14		15									
Ranurado por arco de aire								10			11	12	13	14	15									
Corte por chorro de plasma						11			12		13													
Soldadura por arco de microplasma	2,5	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		13		14			15						

Intensidad de corriente aproximada para diferentes diámetros de electrodos

Diámetro del electrodo (in)	Amperes para soldadura plana	Amperes para soldadura vertical y sobre la cabeza
1/16	25-70	---
3/32	60-100	---
1/8	80-150	75-130
5/32	125-225	115-160
3/16	140-240	125-180
1/4	200-350	170-220
5/16	250-500	---
3/8	325-650	---



...contribuyen enormemente a disponer de unas condiciones de trabajo seguras para este tipo de operaciones.





**Electrodo
indicador de
platino para
titulaciones
redox
13-620-115**



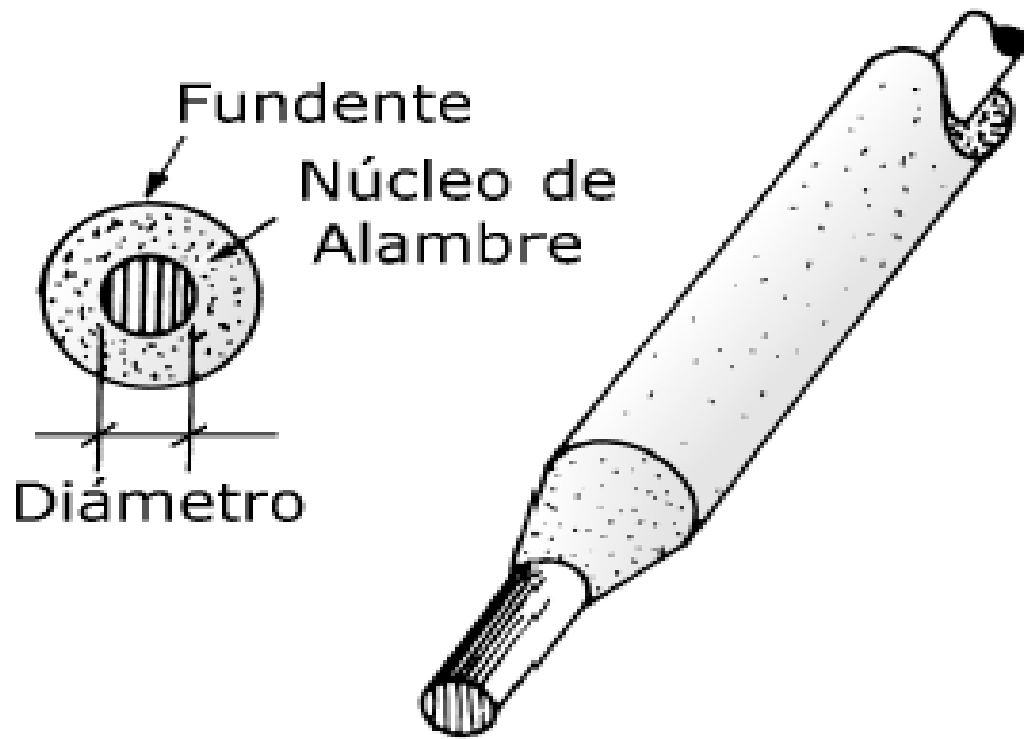
**Electrodo
indicador con
pletina de
plata para
titulaciones
de plata y
haluro
13-620-122**



Electrodo

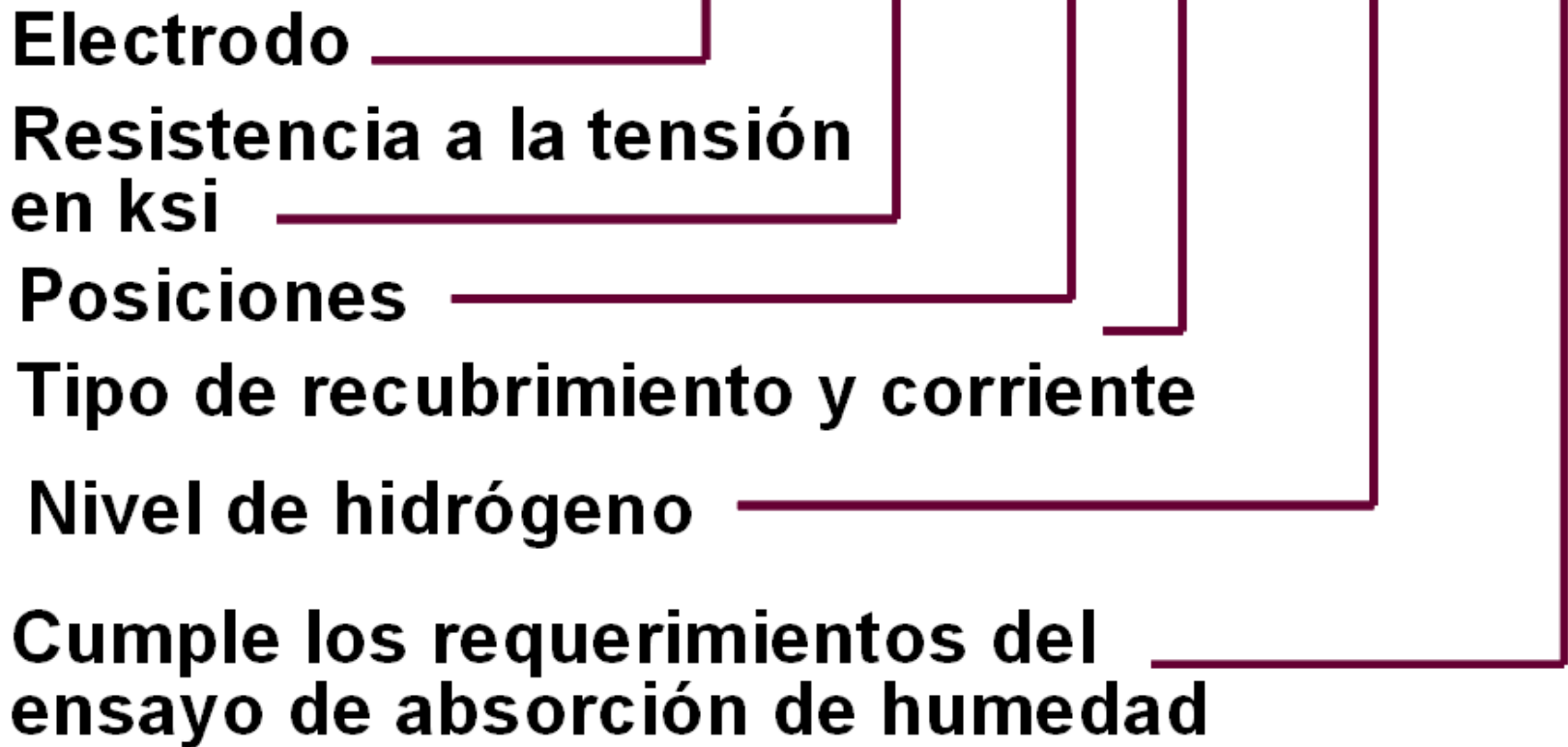
- El electrodo consiste en un núcleo o varilla metálica, rodeado por una capa de revestimiento, donde el núcleo es transferido hacia el metal base a través de una zona eléctrica generada por la corriente de soldadura.





Clasificación AWS A5.1

E 70 1 8 H4 R



Propiedades Mecánicas

Clasificación AWS	Valores mínimos	
	Resistencia a la tensión (lb/pulg ²)	Límite de cedencia (lb/pulg ²)
E60XX	62,000	50,000
E70XX	70,000	57,000
E80XX	80,000	67,000
E90XX	90,000	77,000
E100XX	100,000	87,000
E110XX ^a	110,000	95,000
E120XX ^a	120,000	107,000

a. En este tipo de electrodos se utiliza recubrimiento tipo bajo hidrógeno únicamente

NOMENCLATURA DE LOS ELECTRODOS

- E - X X X X - XX
(1)(2)(3)(4)(5) (6)(7)

- **(1)** Lo identifica como electrodo
- **(2) y (3)** Dos primeros dígitos indican su fuerza tensil x 1000 PSI.
- **(4)** Indica la usabilidad del electrodo, Ej: tipo de corriente y tipo de fundente, en algunos casos, tercer y cuarto dígito son muy significantivos
- **(5)** Indica la posición que se debe usar para optimizar la operación de este electrodo
- **(6) y (7)** Composición química del material después de depositado

- **Ejemplo: E-7018-Mo**

E = Electrodo cubierto

70 = 70 X 1000 PSI = 70.000 PSI de fuerza tensil

1 = Cualquier posición, (de piso, horizontal, vertical y sobre cabeza) **

8 = AC o DCEP Corriente Alterna o Corriente Directa con electrodo positivo "+" *

Mo = Molibdeno en el material después de depositado

* Ver la tabla arriba para más detalles de los dos últimos dígitos

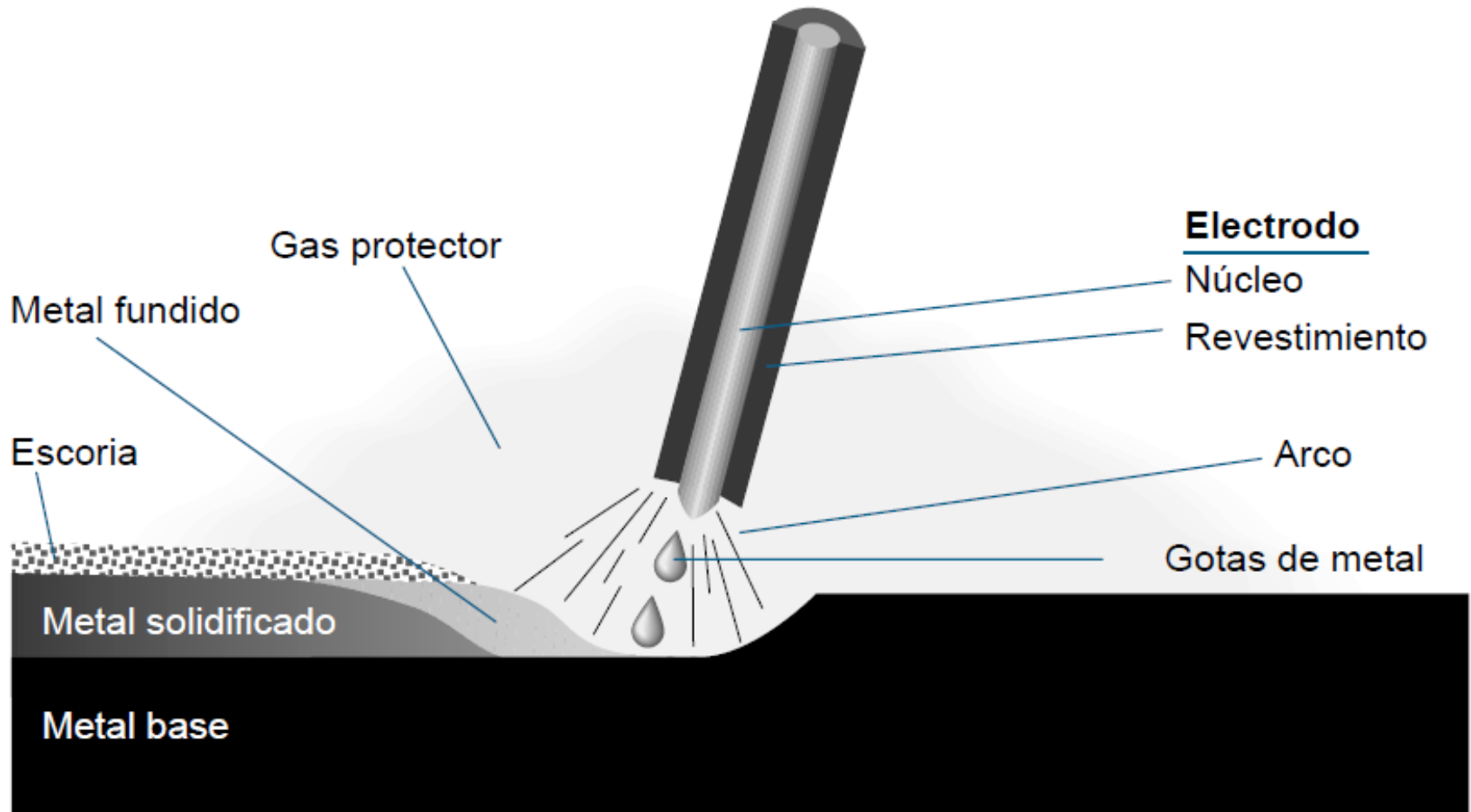
** Ver tabla de posición de operación del electrodo

Propiedades Mecánicas

Clasificación AWS	Valores mínimos	
	Resistencia a la tensión (lb/pulg ²)	Límite de cedencia (lb/pulg ²)
E60XX	62,000	50,000
E70XX	70,000	57,000
E80XX	80,000	67,000
E90XX	90,000	77,000
E100XX	100,000	87,000
E110XX ^a	110,000	95,000
E120XX ^a	120,000	107,000

a. En este tipo de electrodos se utiliza recubrimiento tipo bajo hidrógeno únicamente

Descripción del Proceso



Zonas de la soldadura

- Zona fundida; zona térmicamente afectada; metal base
- cobre junta



Figura 7
Seção transversal de uma solda de topo por fusão (esquemática)

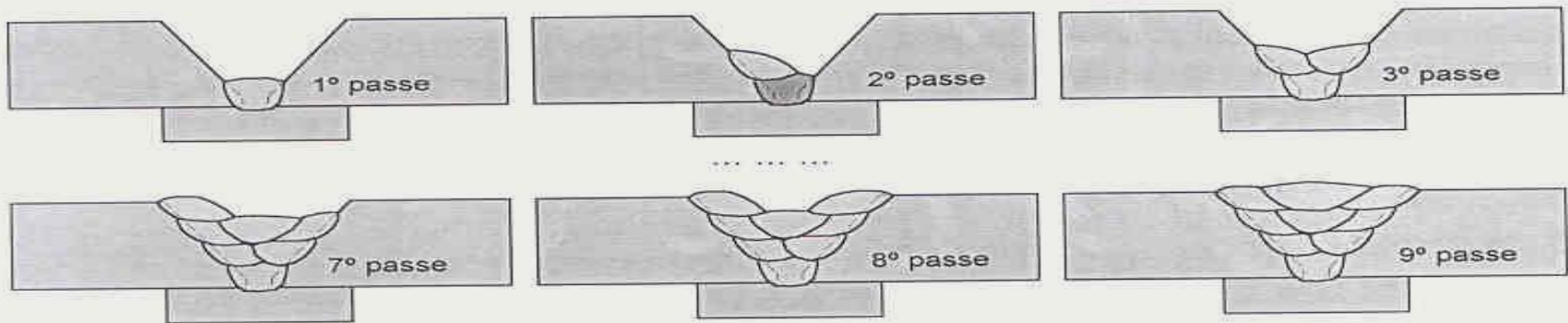


Figura 8
Execução de uma solda de vários passes

Posições de la soldadura

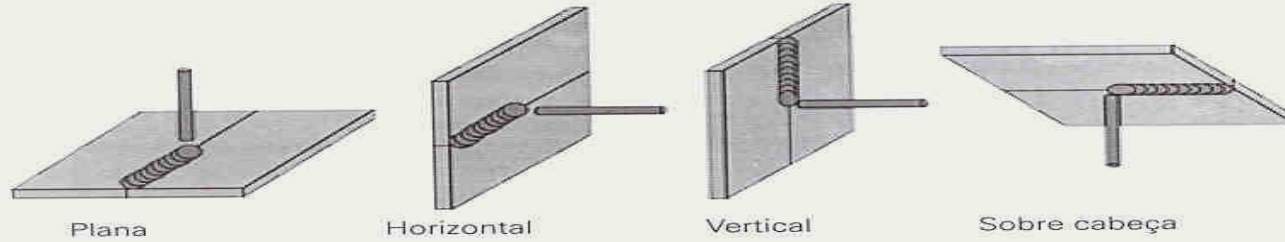


Figura 9
Posições de soldagem para soldas de topo

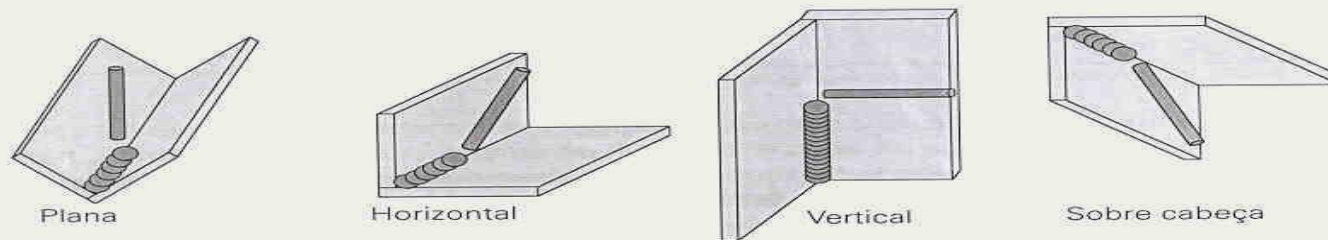


Figura 10
Posições de soldagem para soldas de filete

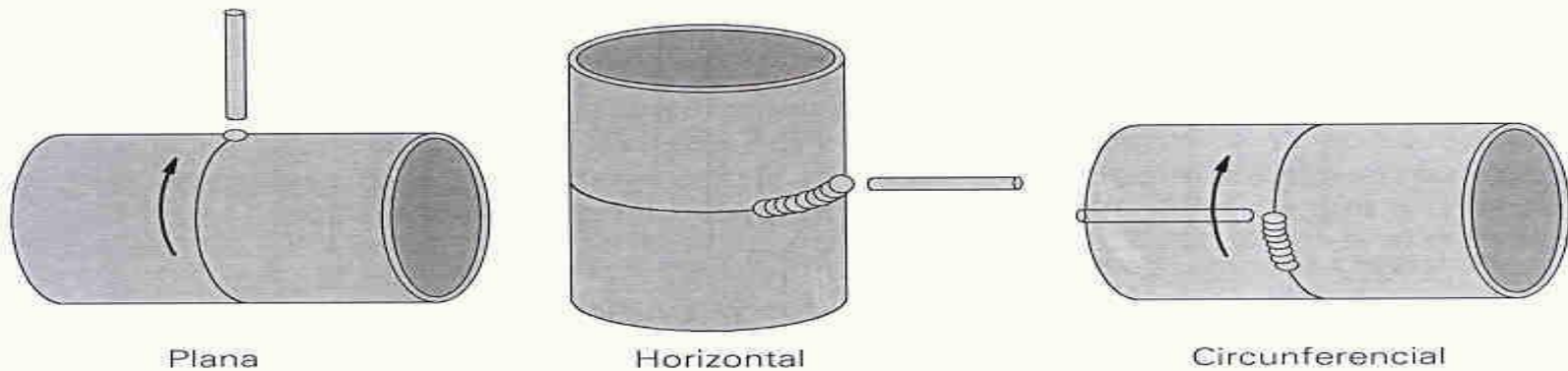


Figura 11
Posições de soldagem para soldas em tubulações

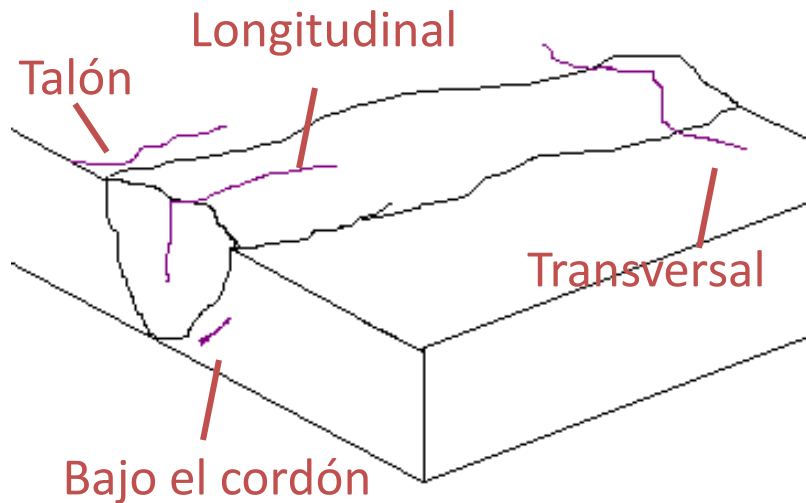


Defectos y remedio en soldadura de arco

Síntomas	Causas	Remedios
<p>1. Arco inestable, se mueve, el arco se apaga. Salpicadura distribuida sobre el trabajo</p>	<p>1. Arco demasiado largo.</p>	<p>1. Acorte el arco para penetración correcta.</p>
<p>2. La soldadura no penetra. El arco se apaga con frecuencia.</p>	<p>2. Insuficiente corriente para el tamaño del electrodo.</p>	<p>2. Aumentar corriente. Use electrodo más pequeño.</p>
<p>3. <u>Sonido</u> fuerte de disparo del arco. El fundente se derrite rápidamente. Cordón ancho y delgado. Salpicadura en gotas grandes.</p>	<p>3. Demasiada corriente para tamaño del electrodo. También podría haber humedad en revestimiento del electrodo.</p>	<p>3. Reducir corriente. Use electrodo más grande.</p>
<p>4. La soldadura se queda en bolas. Soldadura pobre.</p>	<p>4. Electrodo incorrecto para el trabajo.</p>	<p>4. Use el electrodo correcto para el metal por soldar.</p>
<p>5. Es difícil establecer el arco. Penetración, dando una soldadura inadecuada.</p>	<p>5. Polaridad incorrecta en portaelectrodo. Metal no limpiado. Corriente insuficiente.</p>	<p>5. Cambie polaridad o use corriente CA en vez de CD. O, aumente la corriente.</p>
<p>6. Soldadura débil. Es difícil hacer el arco. El arco se rompe mucho.</p>	<p>6. El metal por soldar no está limpio.</p>	<p>6. Limpie el metal por soldar. Quite toda escoria de soldadura previa.</p>
<p>7. Arco intermitente. Puede que cause arcos en grapa para puesta a tierra.</p>	<p>7. Puesta a tierra inadecuada.</p>	<p>7. Corrija la puesta a tierra. Mueva el electrodo más lentamente.</p>

Discontinuidades Microestructurales

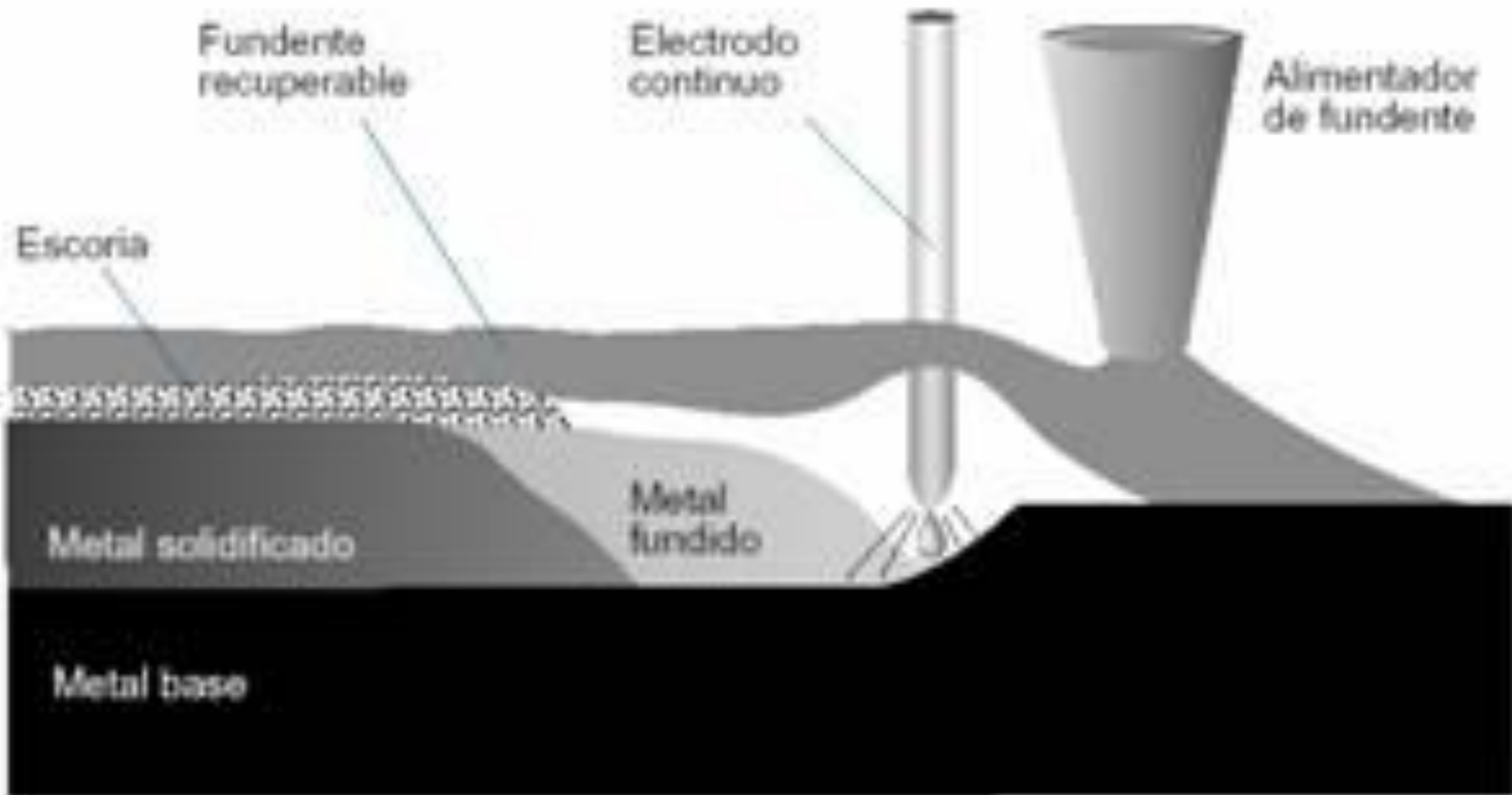
- **Grietas**: Son fracturas del material debido a los esfuerzos.



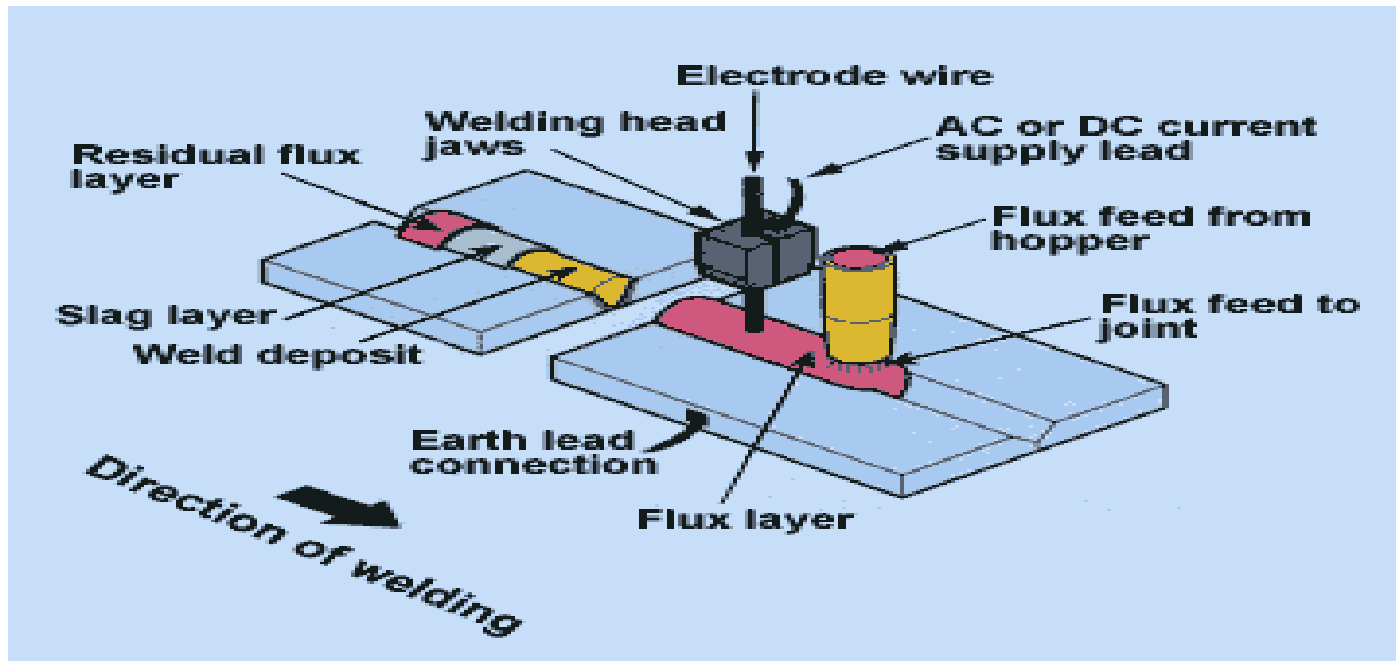
- **En Caliente**: Ocorre a elevadas temperaturas al concluir la solidificación, debido a los esfuerzos por enfriamiento y cambio de volumen. Es intergranular y constituye la gran mayoría de las grietas en la soldadura. Puede ocurrir tanto en los metales base como en el cordón de soldadura
- **En frío**: Ocorre frecuentemente en los aceros cuando estos llegan a temperatura ambiente. Es una fractura transgranular y se forma en la ZAC.

SISTEMAS DE SOLDADURA SISTEMA DE ARCO SUMERGIDO

ESQUEMA DE PROCESOS



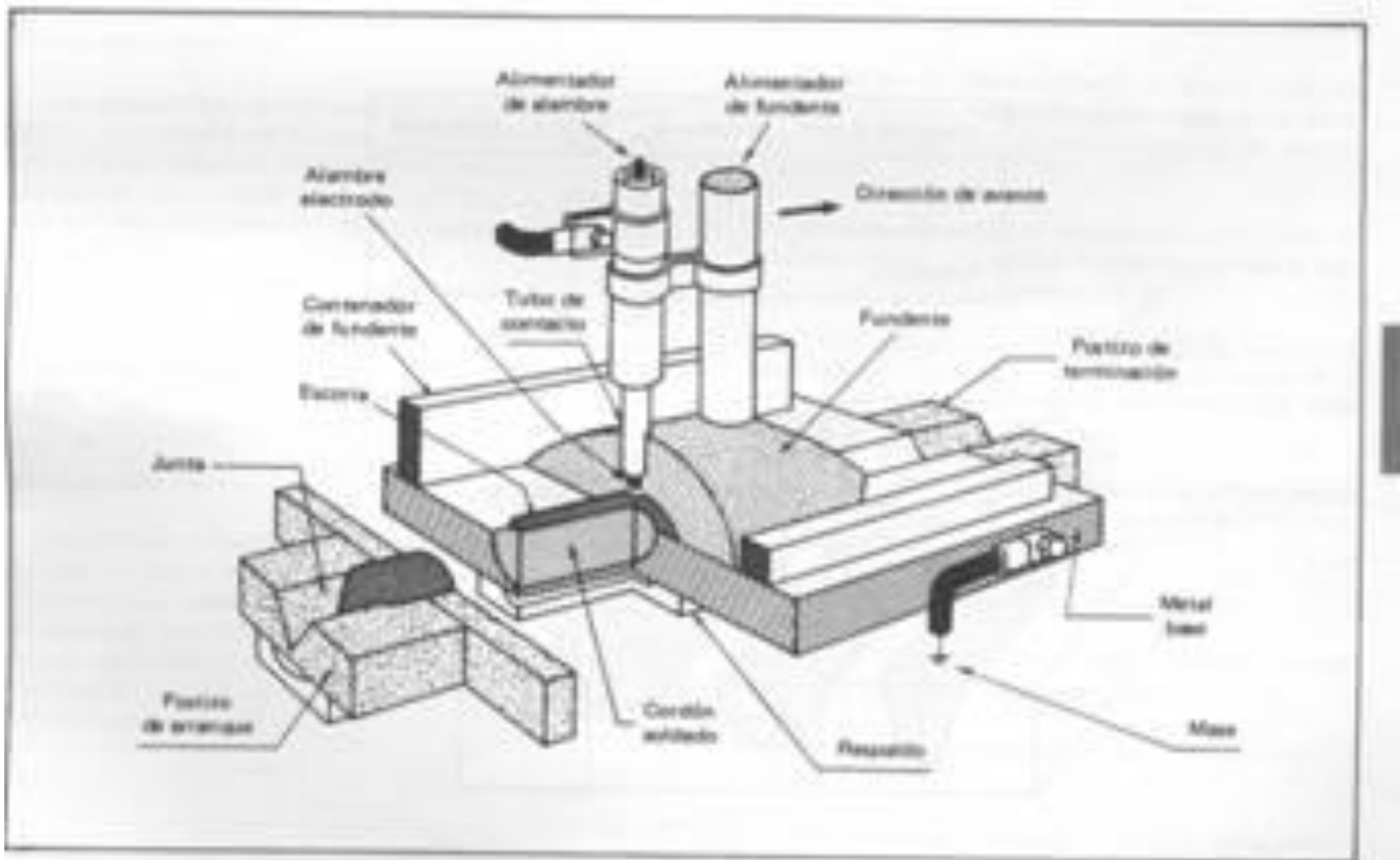
Soldadura de arco sumergido





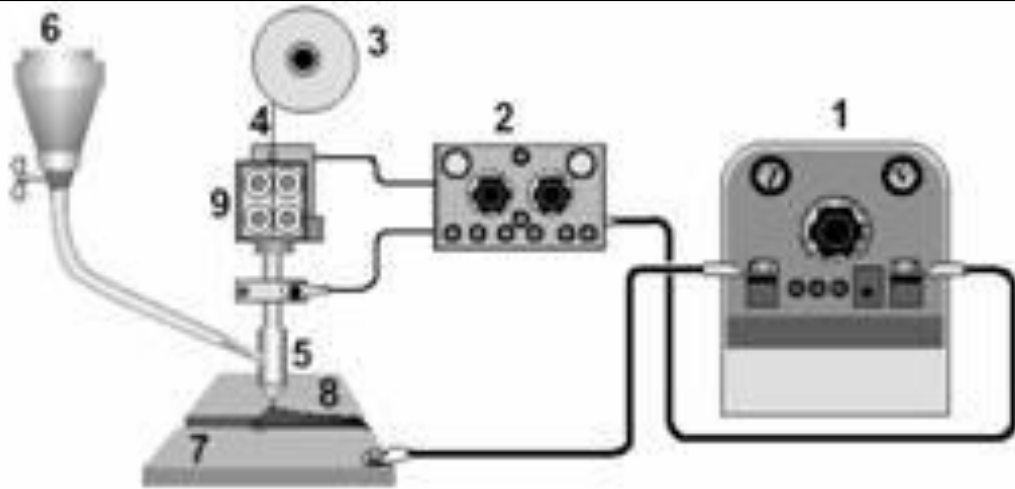
SISTEMAS DE SOLDADURA SISTEMA DE ARCO SUMERGIDO

ESQUEMA DE PROCESOS



SISTEMAS DE SOLDADURA SISTEMA DE ARCO SUMERGIDO

ESQUEMA DE PROCESOS



1. Fuente de Poder de CC o CA (100% ciclo de trabajo).

2. Sistema de Control.

3. Porta carrete de alambre.

4. Alambre-electrodo.

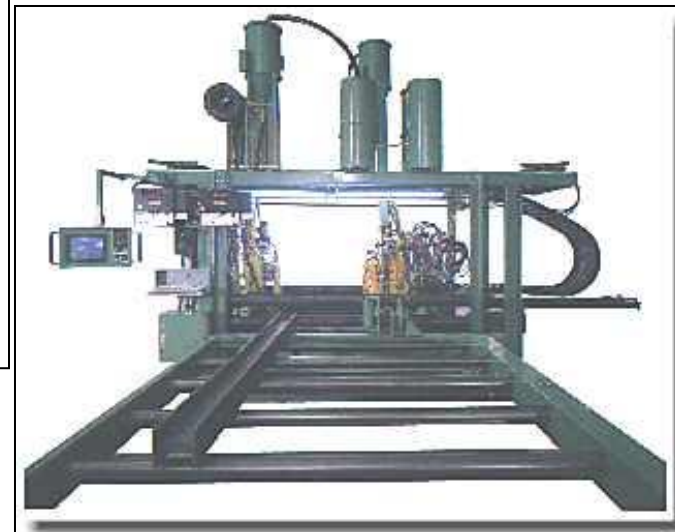
5. Tobera para boquilla.

6. Recipiente porta-fundente.

7. Metal base.

8. Fundente.

9. Alimentador de alambre.

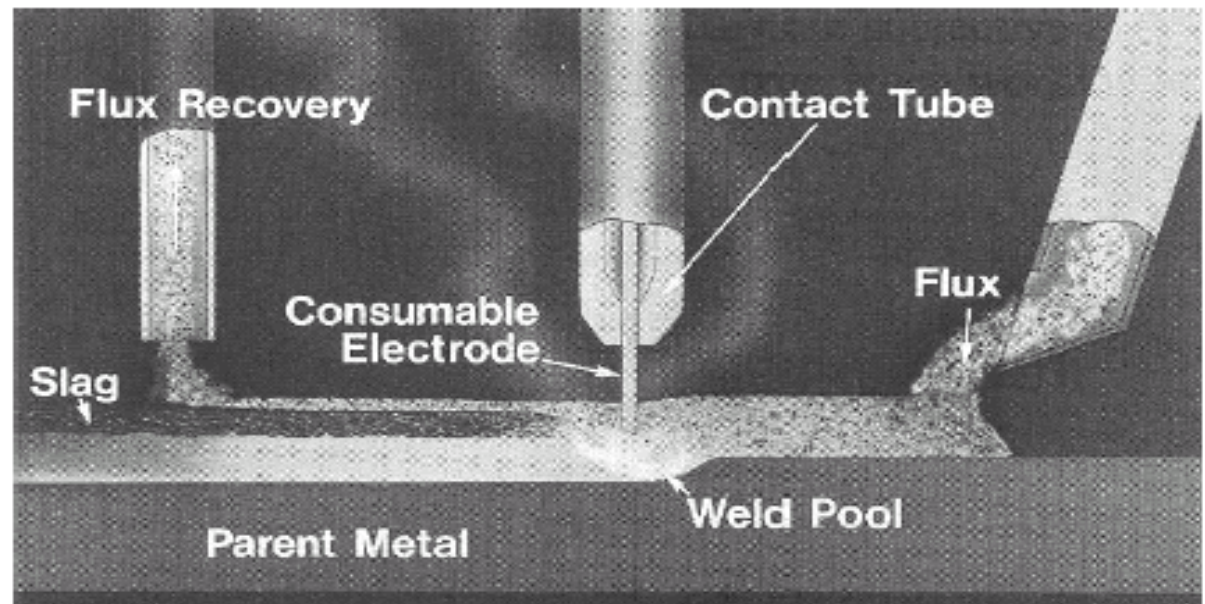


Soldadura de arco sumergido en fundente, SAW

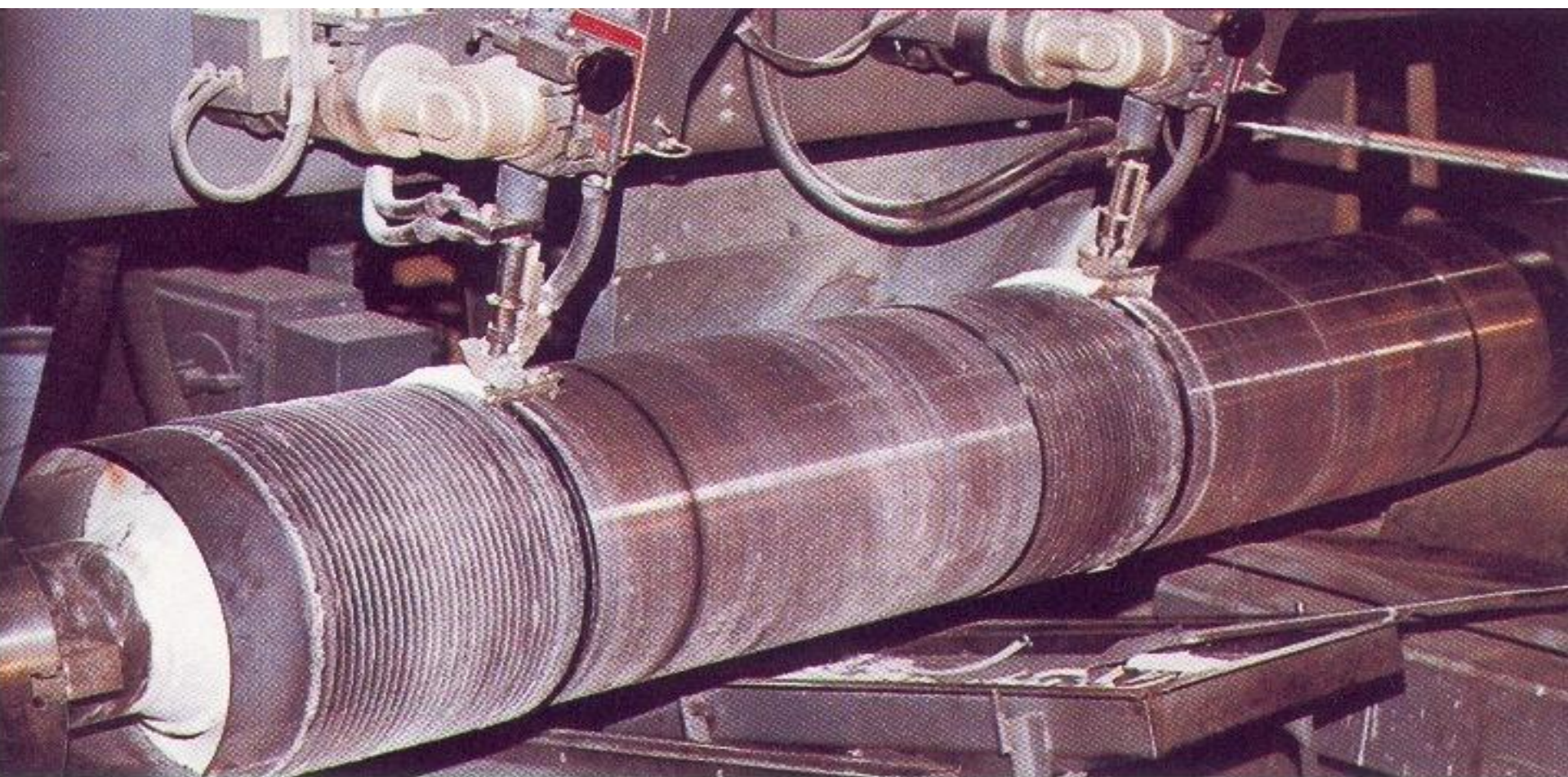
- The welders hand is replaced by a mechanically propelled welding head, through which a continuous electrode wire is supplied; 2 to 10 mm diameter
- The speed can be kept constant
- The exact voltage and current needed can be controlled. Currents are 300A to 2000A with 440V

higher quality welds can be produced with this method.

One problem with both methods, SMAW and SAW, is a layer of slag remains after welding.







REPARACION DE UN RODO MASIVO CON EQUIPO AUTOMATICO DE SOLDADURA DE ARCO SUMERGIDO



Blindage de masas cañeras con equipo automatico

Tren de soldadura por arco sumergido

En las figuras siguientes se aprecia un tren de soldadura por arco sumergido operativo en una industria de fabricación de productos metalúrgicos



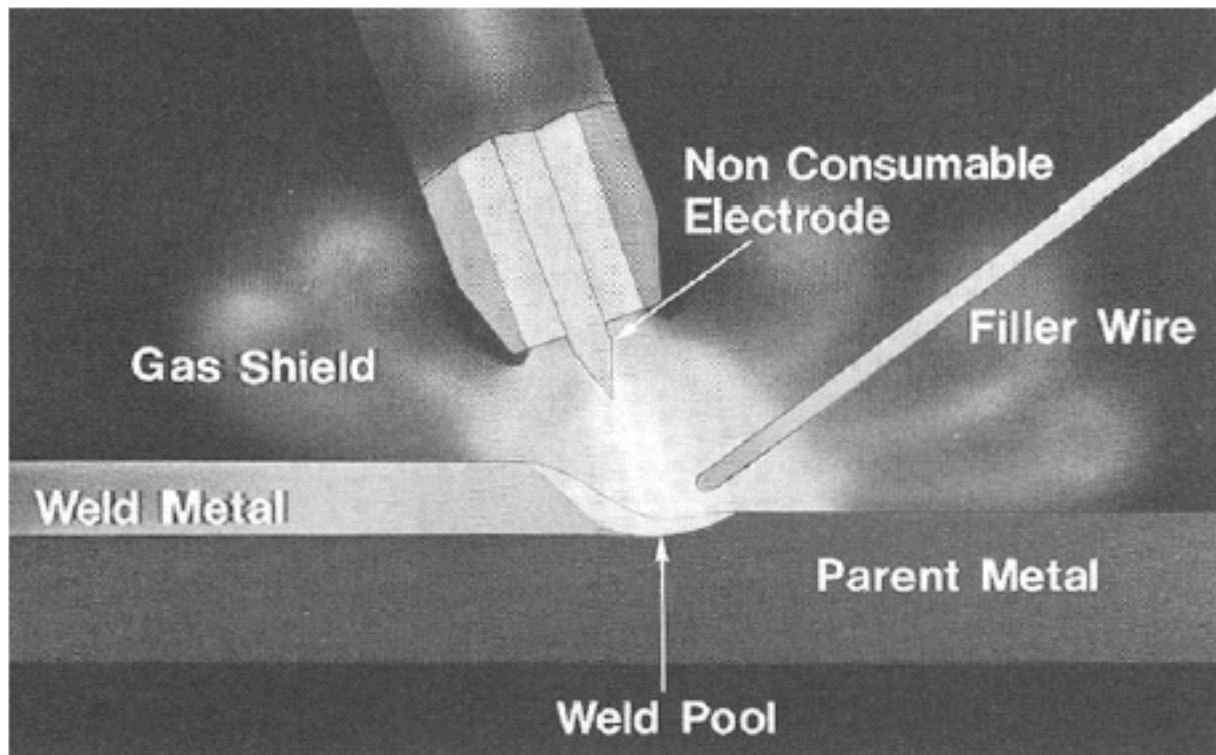
Soldadura de Tugsteno [TIG] & arco metálico [MIG]

TIG and MIG welding are the same but for one detail:

TIG welding does not use a consumable electrode and MIG uses a consumable electrode; a “filler” wire is used.

Referred to as gas tungsten arc welding (GTAW) in the textbook, rather than TIG

Tungsten Inert Gas [TIG] Welding See p 788



Power:

8 kW to 20 kW;
DC at 200A or
AC at 500A



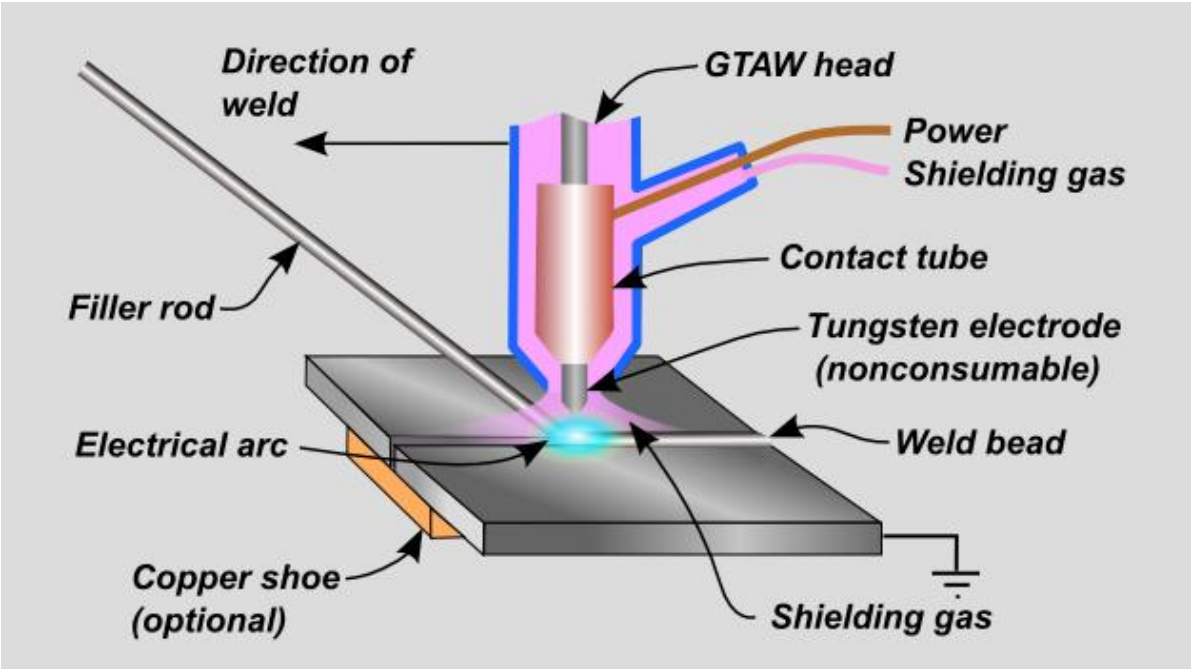
SOLDADURAS ESPECIALIZADAS

GASES PARA SOLDADURA TIG, MIG

- ❖ En la soldadura TIG el helio produce mayor flujo calorífico y una penetración mas profunda El uso de una atmósfera de helio puro permite incrementar la velocidad de avance en mas de un 30 % en comparación con una atmósfera pura de argón.

Resumen de los diferentes tipos de soldaduras.

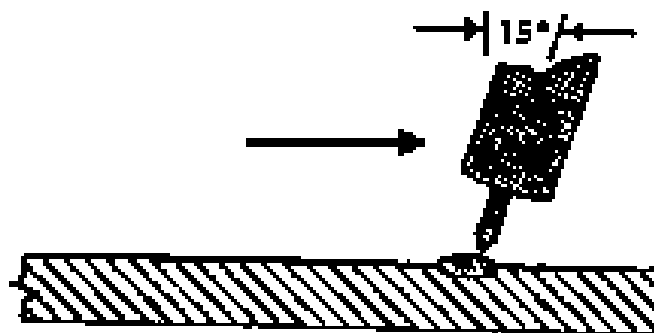
METODO	ARCO	GAS PROTECTOR	APLICACIÓN
TIG	Tungsteno	He, Ar, H ₂	Metales Activos, Aleaciones Ligeras y ultra delgadas
MIG	Metálico	He, Ar	Aceros Inoxidables, Cobre, Aluminio, Magnesio.
MAG	Metálico	CO ₂	Aceros ordinarios



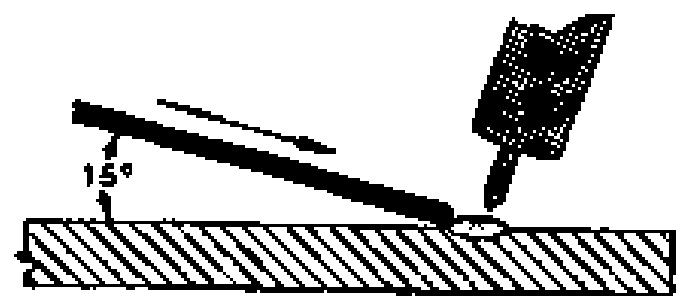




(A) FORMAR EL CHARCO CON EL MOVIMIENTO CIRCULAR DE LADO A LADO



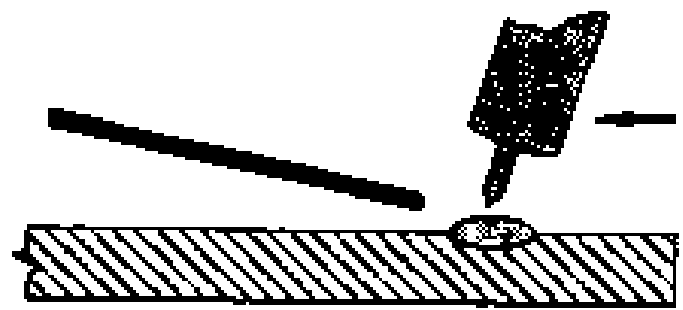
(B) DESPLAZAR EL ELECTRODO A LA PARTE TRASERA DEL CHARCO



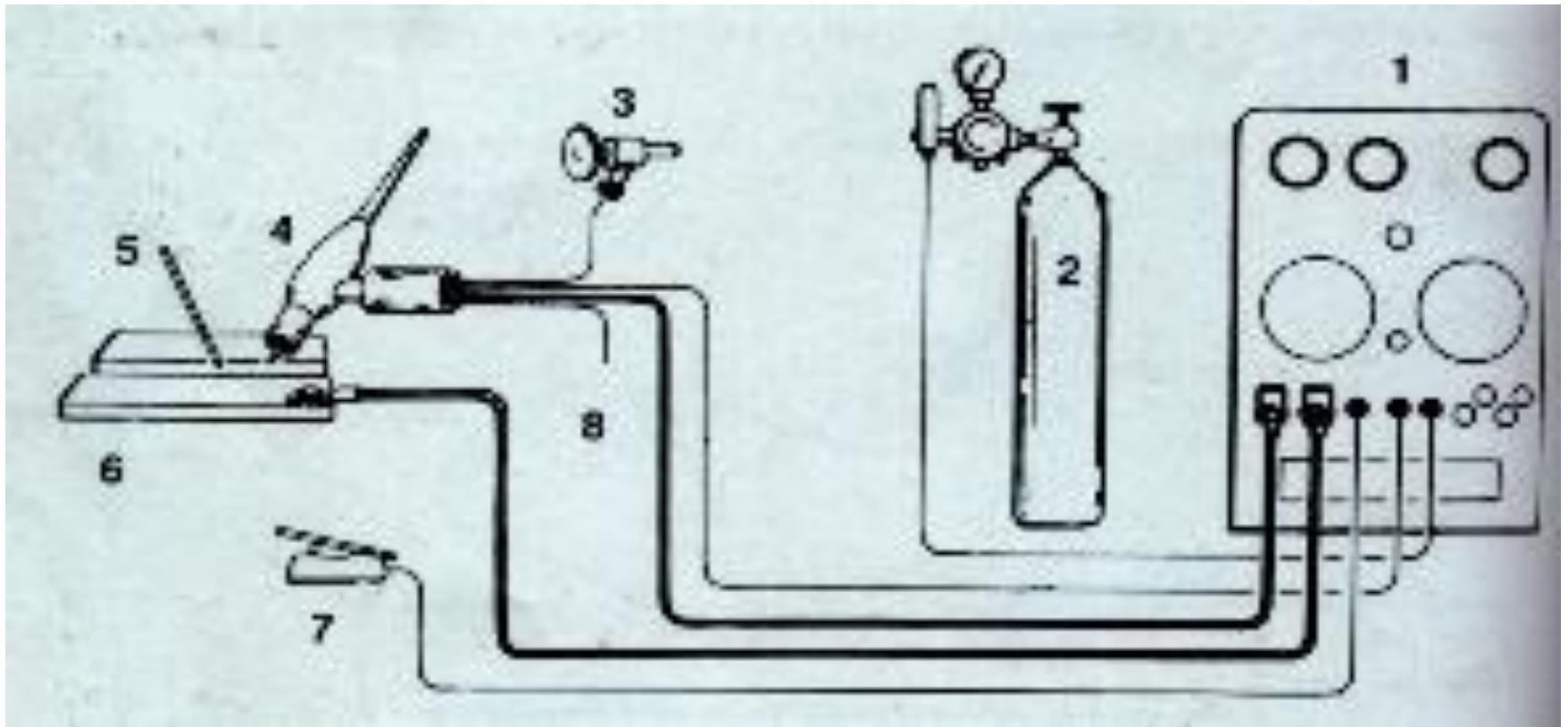
(C) AÑADIR METAL DE APORTE AL CENTRO DEL BORDE DELANTERO DEL CHARCO



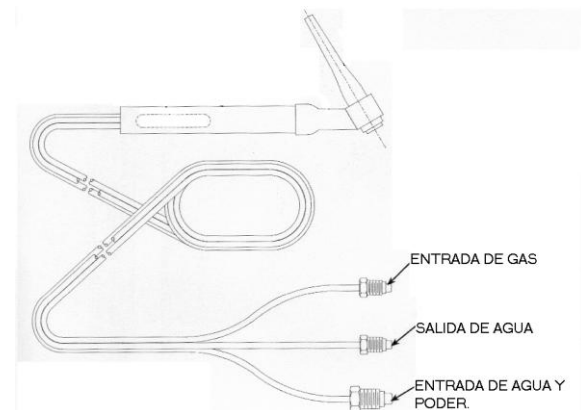
(D) RETIRAR LA VARILLA

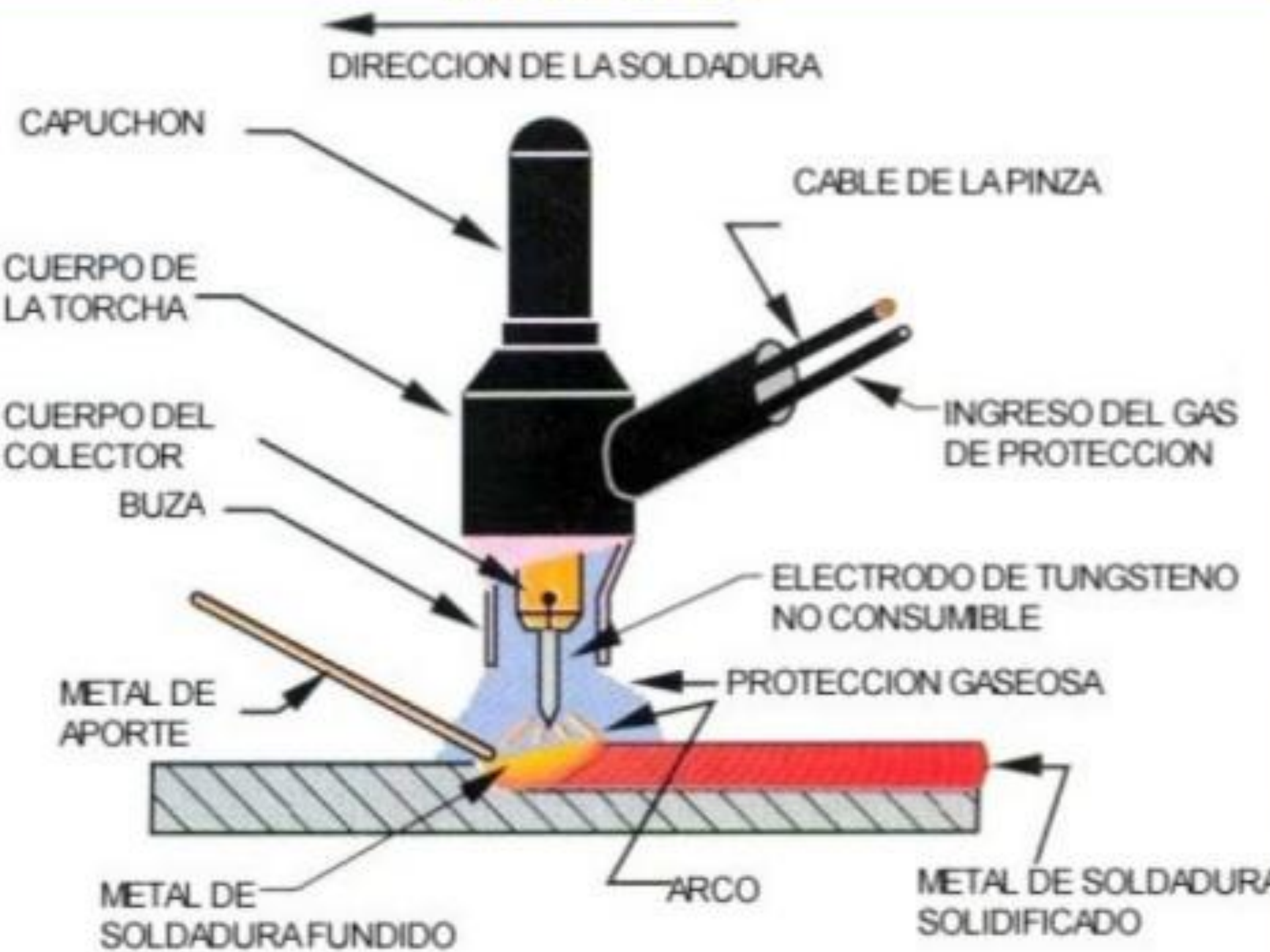


(E) MOVER EL ELECTRODO AL BORDE DELANTERO DEL CHARCO

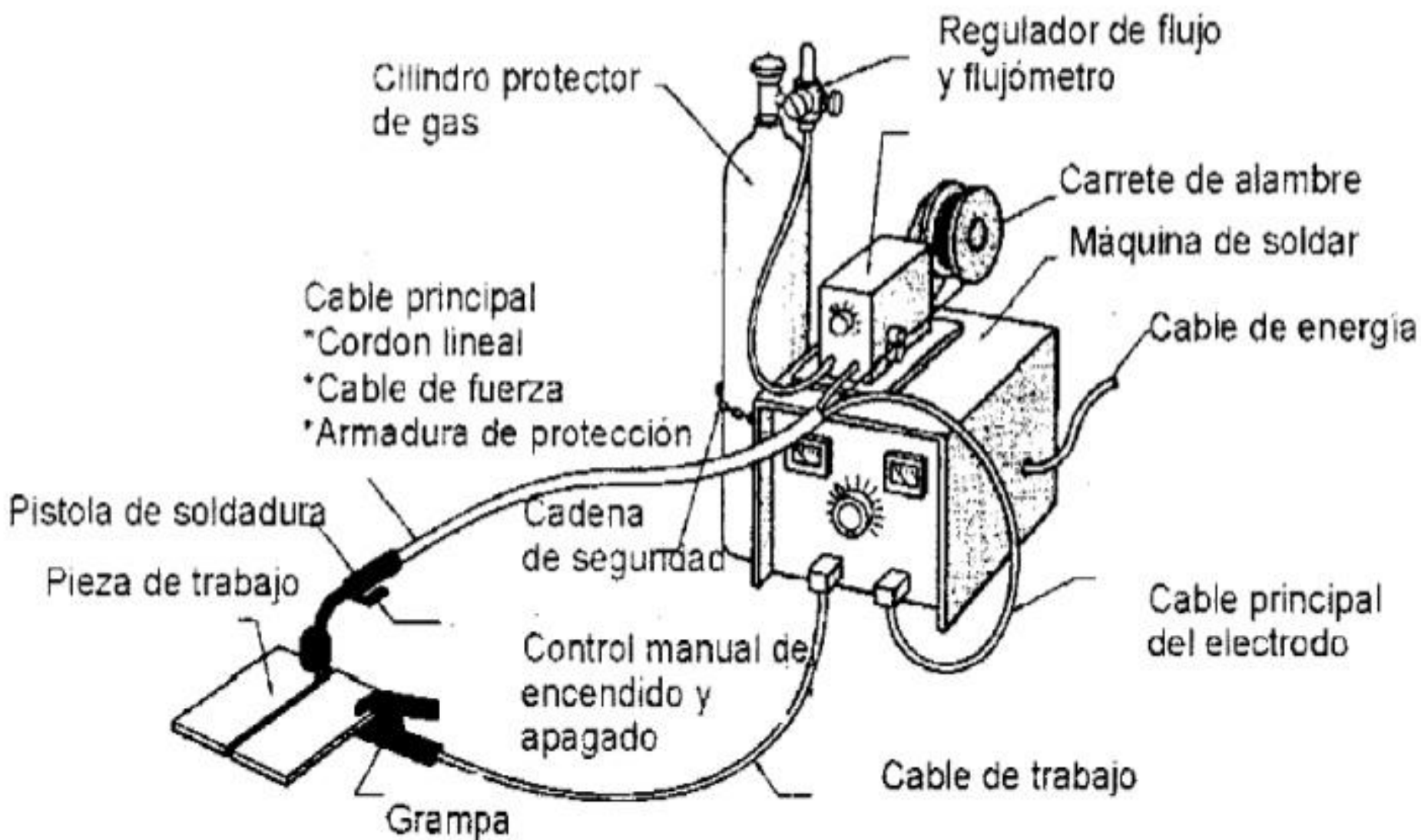


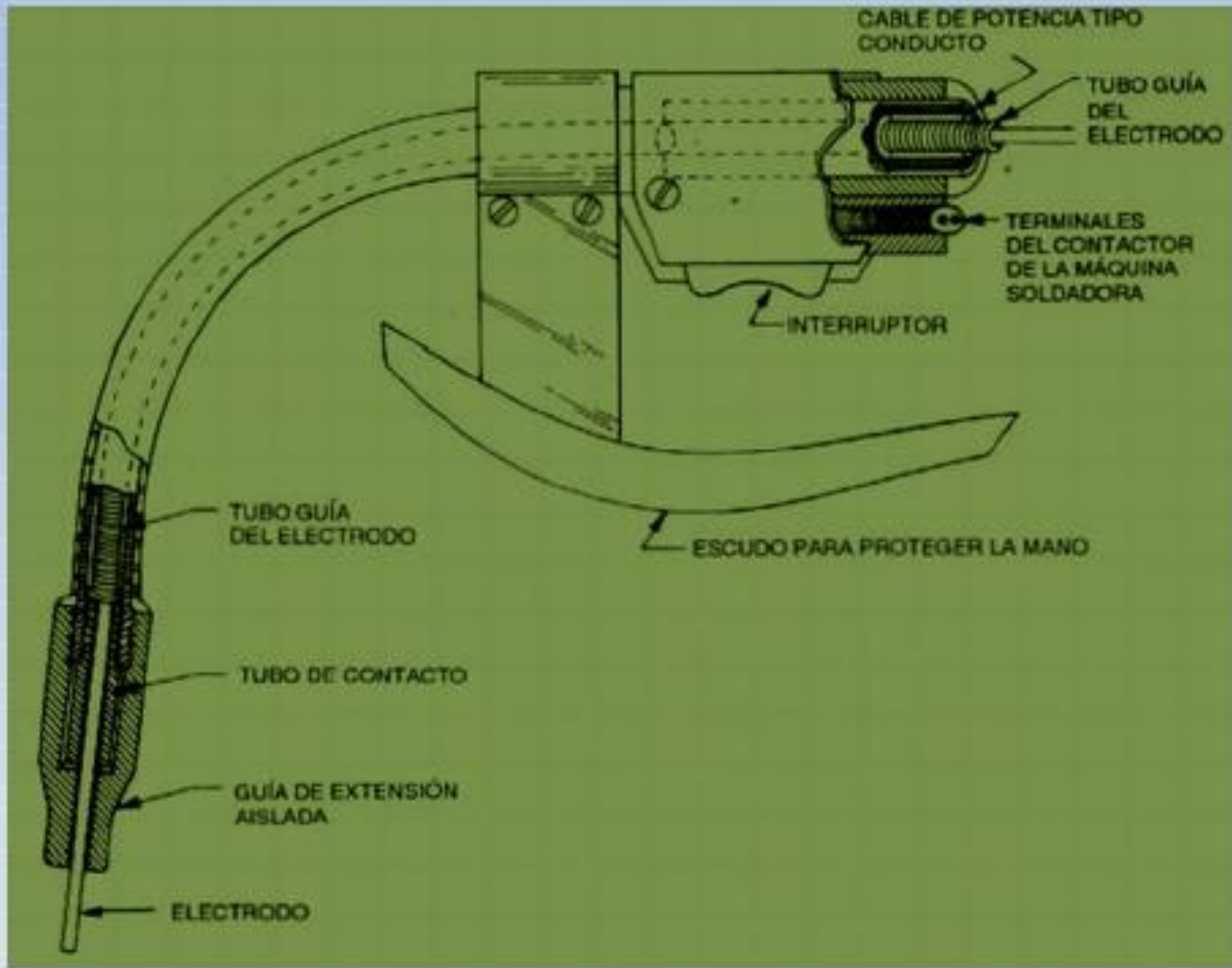
1. Fuente de poder de corriente continúa o alterna con unidad de alta frecuencia incorporada
2. Gas de protección
3. Suministro de gas de protección.
4. Pistola
5. Electrodo de tungsteno
6. Material de aporte
7. Material base
8. Control remoto de pedal y/o manual.
9. Drenaje de agua.





EQUIPO BÁSICO PARA LA SOLDADURA MIG





Clasificación AWS para los metales de aporte de la especificación A5.28

Electrodos de baja aleación de acero para soldadura de arco protegida por gas

ER - XXX S - XXX

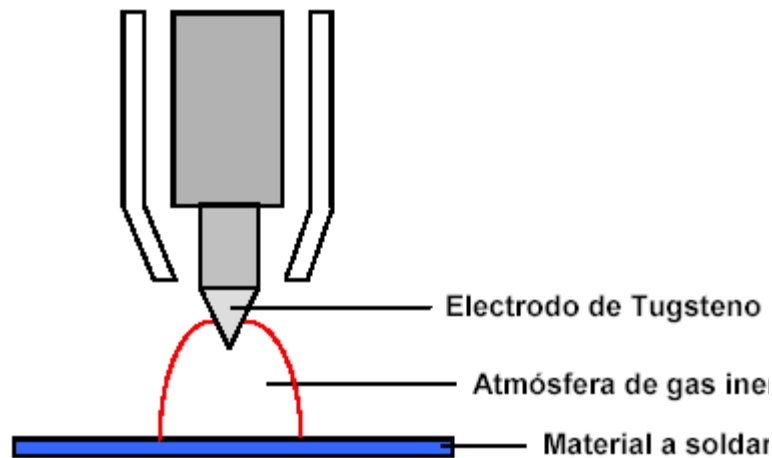
(1) (2) (3) (4)

(1) Las primeras dos letras lo identifican como alambre o varilla desnudas

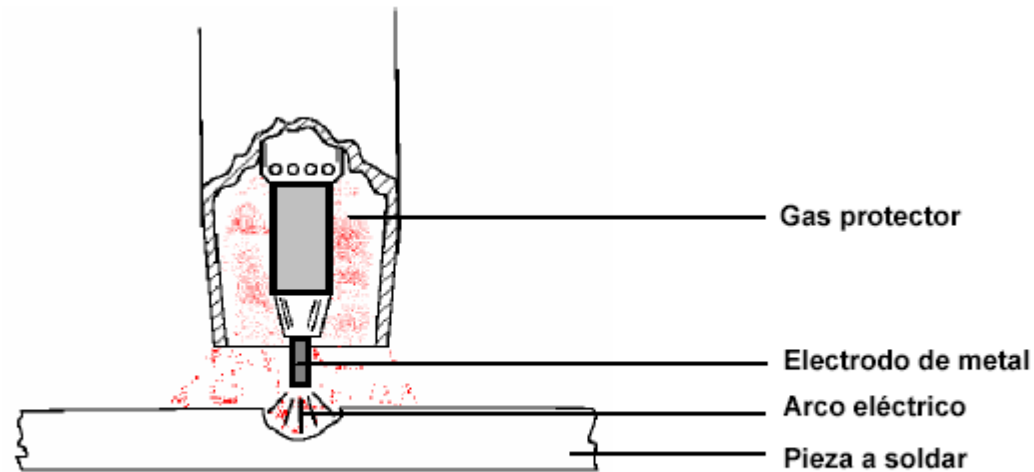
(2) Los tres primeros números indican la Fuerza tensil X 1000 PSI

(3) La letra intermedia indica su estado físico Sólido

(4) Los últimos tres dígitos indican la Composición química del alambre



Detalle del Electrodo para soldadura Tig.



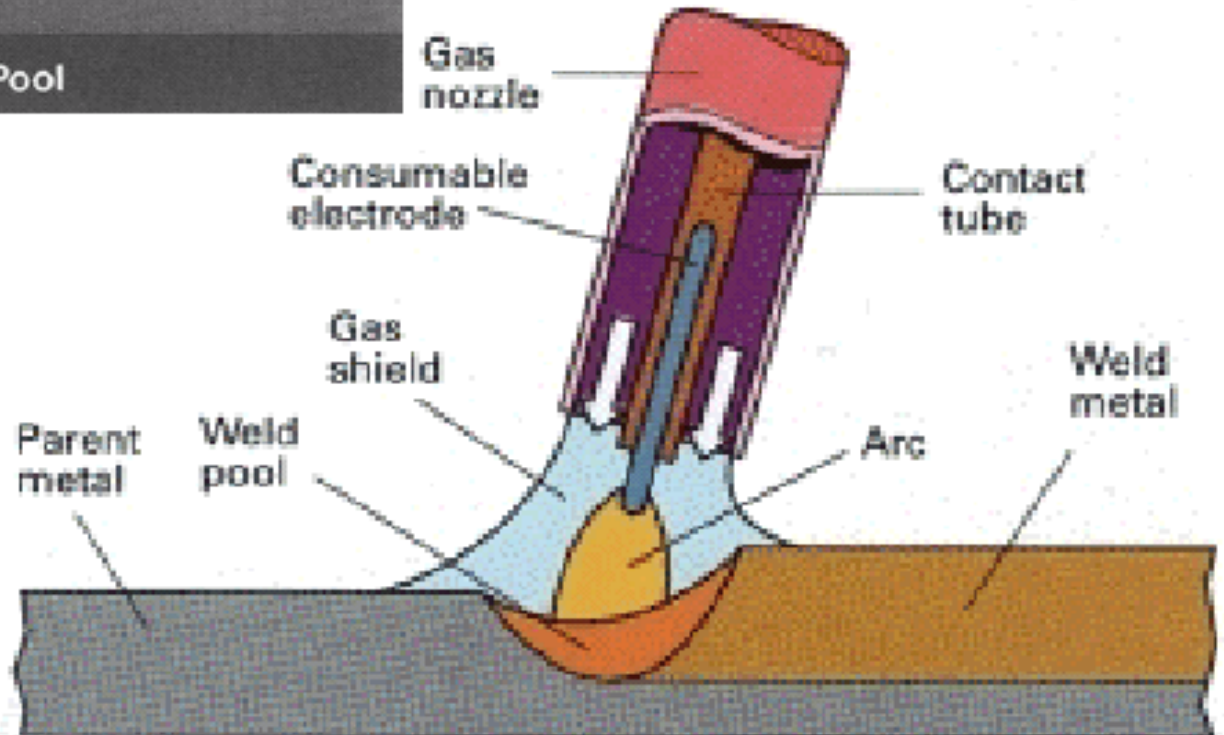
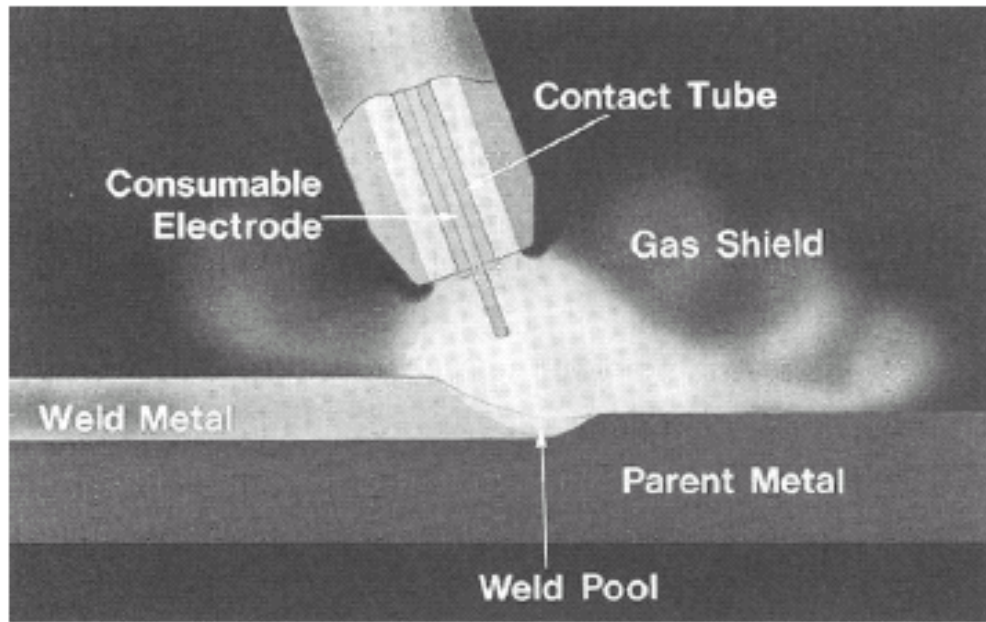
Detalle de la soldadura MIG.

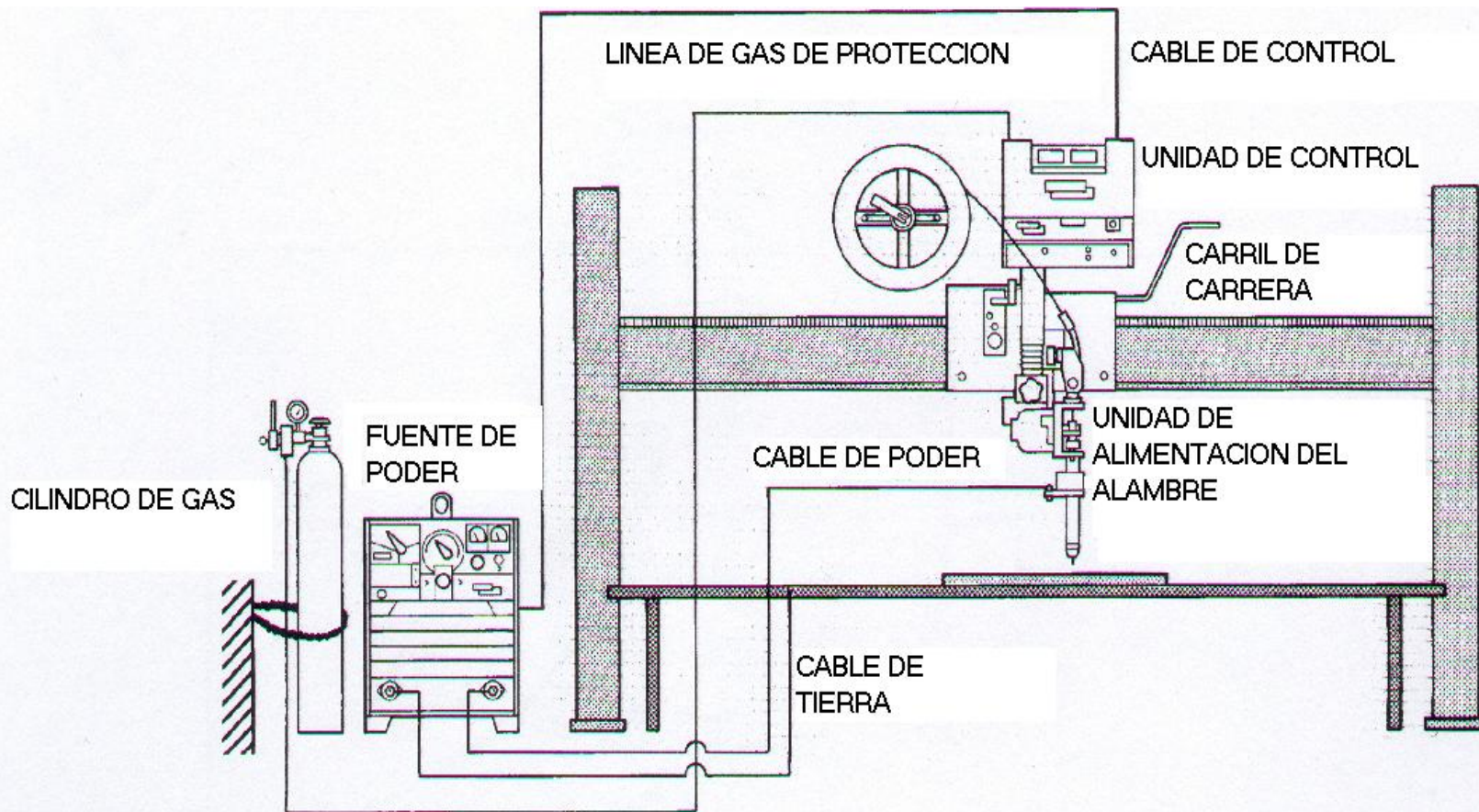
METODO	ARCO	GAS PROTECTOR	APLICACIÓN
TIG	Tungsteno	He, Ar, H ₂	Metales activos, aleaciones ligeras y ultraligeras.
MIG	Metálico	He, Ar	Aceros inoxidables, Cobre, Aluminio, Magnesio.
MAG	Metálico	CO ₂	Aceros ordinarios.
Híbrida	Metálico	He, Ar, N ₂	Aceros y aleaciones.

Soldadura en gas inerte [MIG]

Referred to as gas metal arc welding (GMAW), in the textbook

see p 782



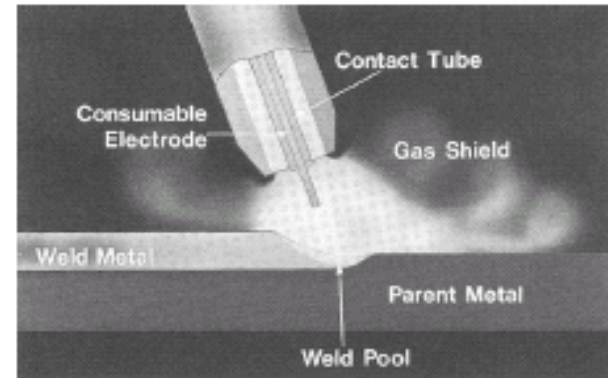


INSTALACION DE SISTEMA AUTOMATICO DE MIG

MIG welding

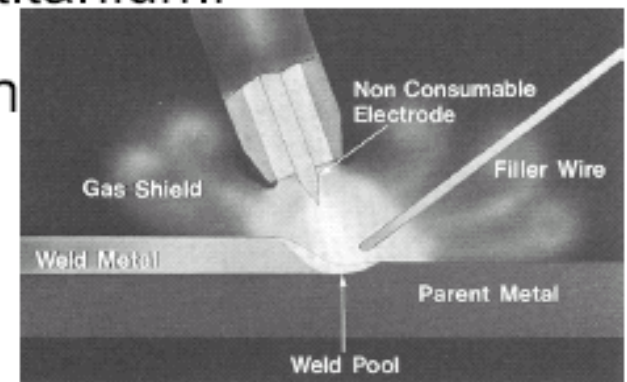
Soldadura MIG y TIG pros y contras

- is faster than TIG welding and is suited to light to medium fabrication work when high production rates are required
- cannot be used with some metals



TIG welding

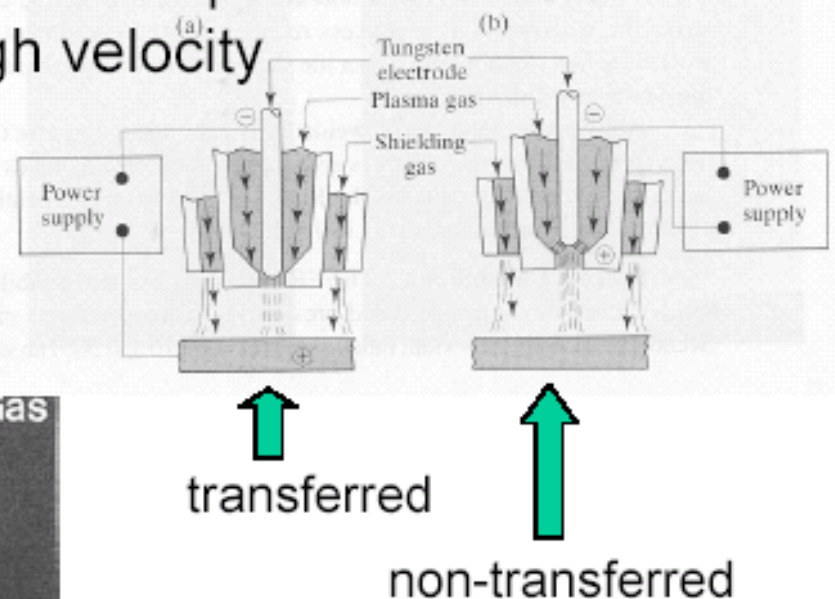
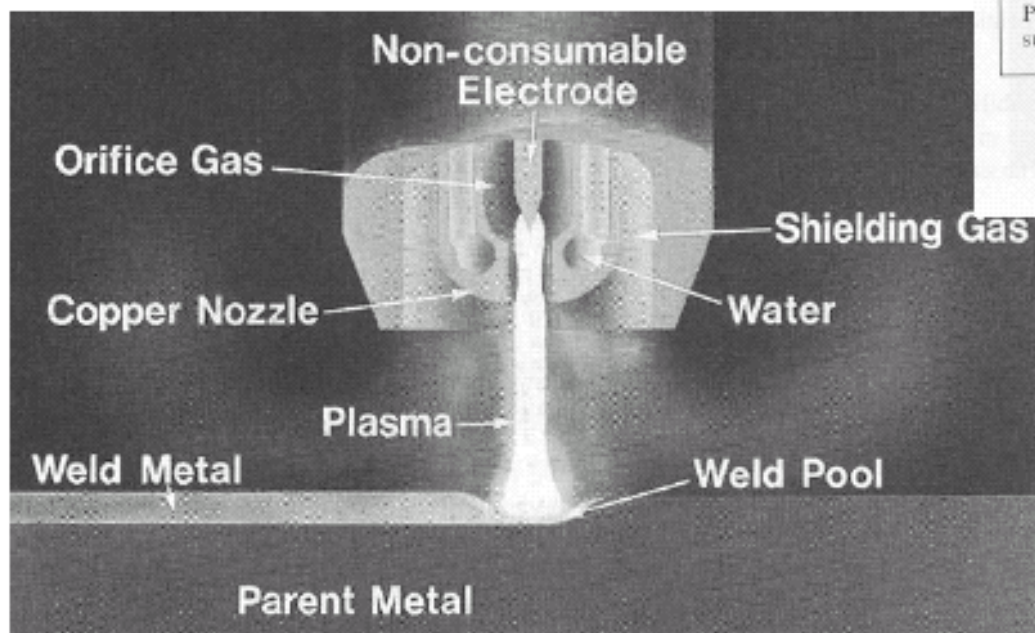
- can be used to weld most ferrous and non-ferrous metals
- very little spatter from process due to non-consumable electrode
- popular in nuclear, chemical, aircraft and food industries; especially with aluminum, magnesium & titanium.
- no slag is produced; welds are very clean
- this is a slow process



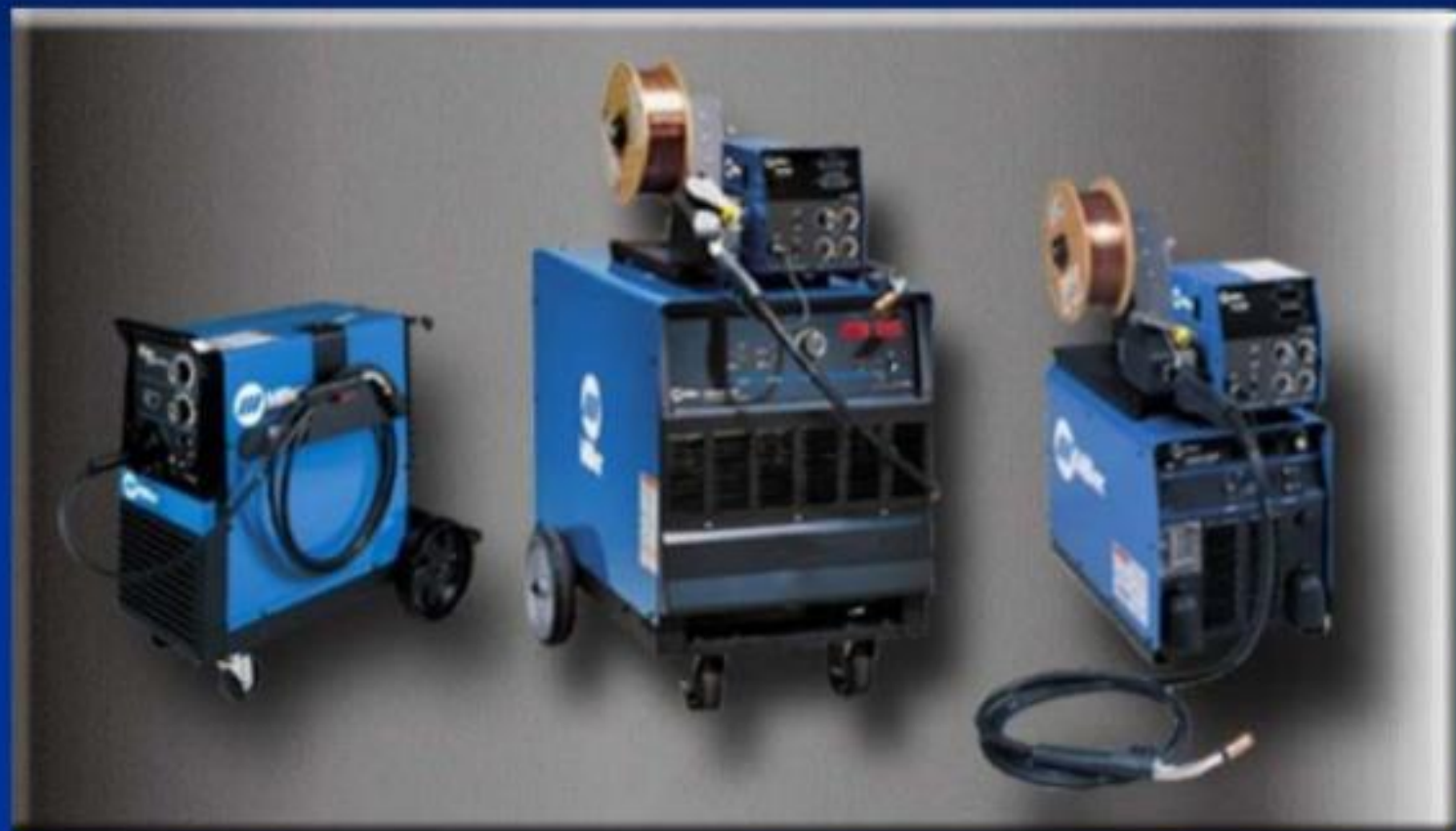
Soldadura de arco en *plasma*

This process is a derivative of TIG welding;

- It uses a non-consumable electrode and an inert gas
- a nozzle constriction causes an increase of velocity of the arc
- the inert gas is ionized in the nozzle and acts as a shield, essentially electrons are ripped from their parent atoms to produce ions while moving at a high velocity



FUENTES DE PODER





双腕式350kg超大型ロボットに1台1台の下使用



ELECTRODOS DE TUNGSTENO PARA SOLDEO TIG

infomecanica.com

TIPO	EN	AWS	Color	Corriente	Aplicaciones
Tungsteno puro	WP	EWP	Verde	C. A.	Aluminio y magnesio
Tungsteno-torio 0,4%	WT04	EWth-3	Azul	C. C.	Aceros al carbono, inoxidables, cobre, titanio
Tungsteno-torio 1%	WT10	EWth-1	Amarillo	C. C.	
Tungsteno-torio 2%	WT20	EWth-2	Rojo	C. C.	
Tungsteno-torio 3%	WT30		Violeta	C. C.	
Tungsteno-torio 4%	WT40		Naranja	C. C.	
Tungsteno-lantano 1%	WL10	EWLla-1	Negro	C. C.	
Tungsteno-lantano 2%	WL20	EWLla-2	Gris	C. C.	Aluminio y magnesio A. al carbono, inox, cobre, titanio
Tungsteno-circonio 0,3%	WZ3	EWZr-1	Marrón	C. A. C. C.	
Tungsteno-circonio 0,8%	WZ8		Blanco	C. A. C. C.	

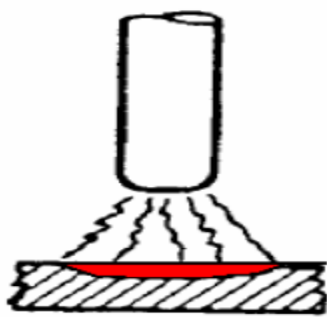
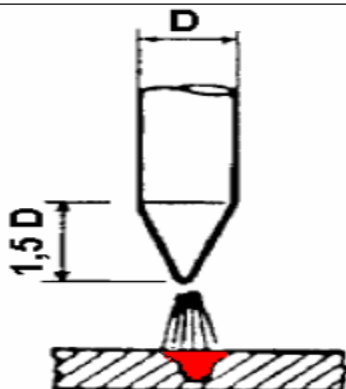
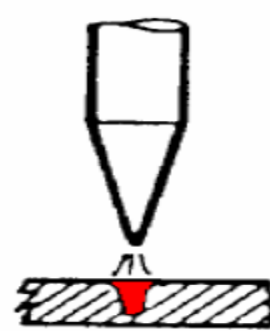
DIÁMETRO DE LOS ELECTRODOS PARA SOLDEO TIG

1	1,6	2	2,4	3,2	4	4,8	5	6,4
---	-----	---	-----	-----	---	-----	---	-----

INTENSIDAD ADMISIBLE POR LOS ELECTRODOS DE SOLDEO TIG

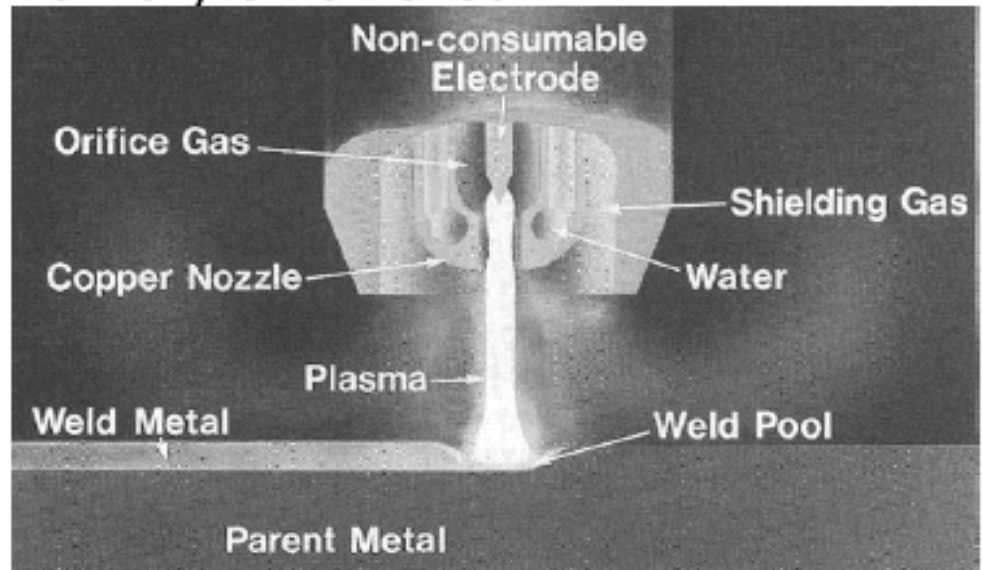
Diámetro del electrodo	Corriente continua				Corriente alterna	
	Polaridad directa		Polaridad inversa		Tungsteno puro	Tungsteno (circonio)
	Tungsteno puro	Tungsteno (torio, lantano)	Tungsteno puro	Tungsteno (torio, lantano)		
1	20-50	25-70	5-15	5-15		
1,6	40-130	60-150	10-20	10-20	40-90	60-120
2,4	120-230	130-250	15-30	15-30	80-150	100-210
3,2	160-310	220-350	20-40	20-40	140-200	160-250
4	300-450	350-520	40-60	40-60	170-240	180-290

AFILADO DEL EXTREMO DEL ELECTRODO DE TUNGSTENO

		
MAL AFILADO <ul style="list-style-type: none"> - Arco errático. - Baño muy ancho. - Poca penetración. 	BIEN AFILADO <ul style="list-style-type: none"> - Arco muy estable. - Calor puntual. - Buena penetración. 	MUY PUNTIAGUDO <ul style="list-style-type: none"> - Peligro de inclusiones de tungsteno en el baño de fusión.

Más de la soldadura de arco en *plasma*

- plasma is an ionized gas that results from heating; it is electrically conductive and can sustain temperatures of 30,000°C
- a plasma jet is created by passing an electric current back and forth between two electrodes to “ignite” a gas — essentially ripping electrons from their parent atoms to produce ions
- intense heat is generated on a very small area
- the **HAZ is very small** and deep penetration can be achieved: 20/1
- any metal weldable by TIG is weldable by plasma
- speeds are double those of TIG
- low-power plasma [using currents of 0.1 – 10 amps] is suitable for joining foil and thin sheet components



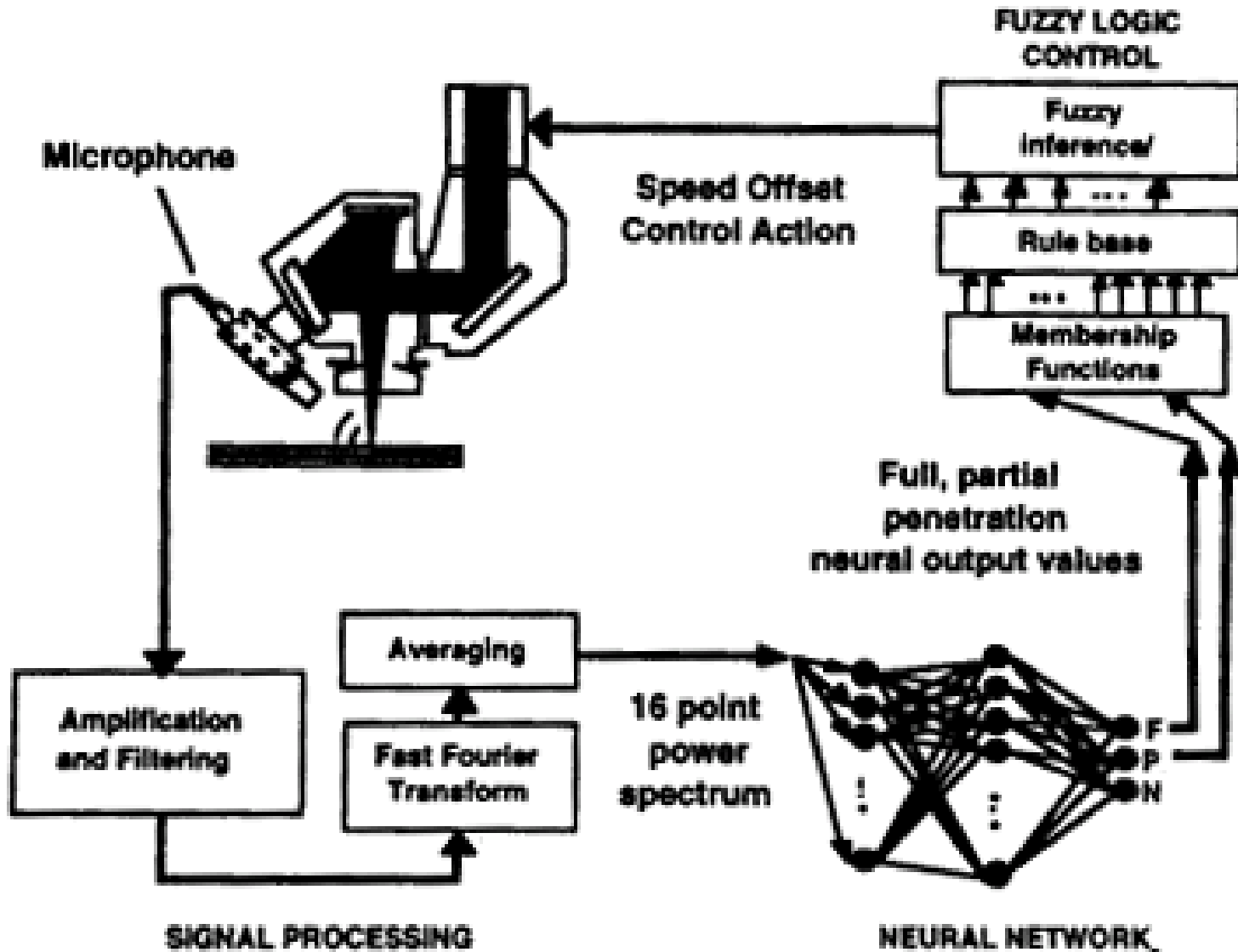
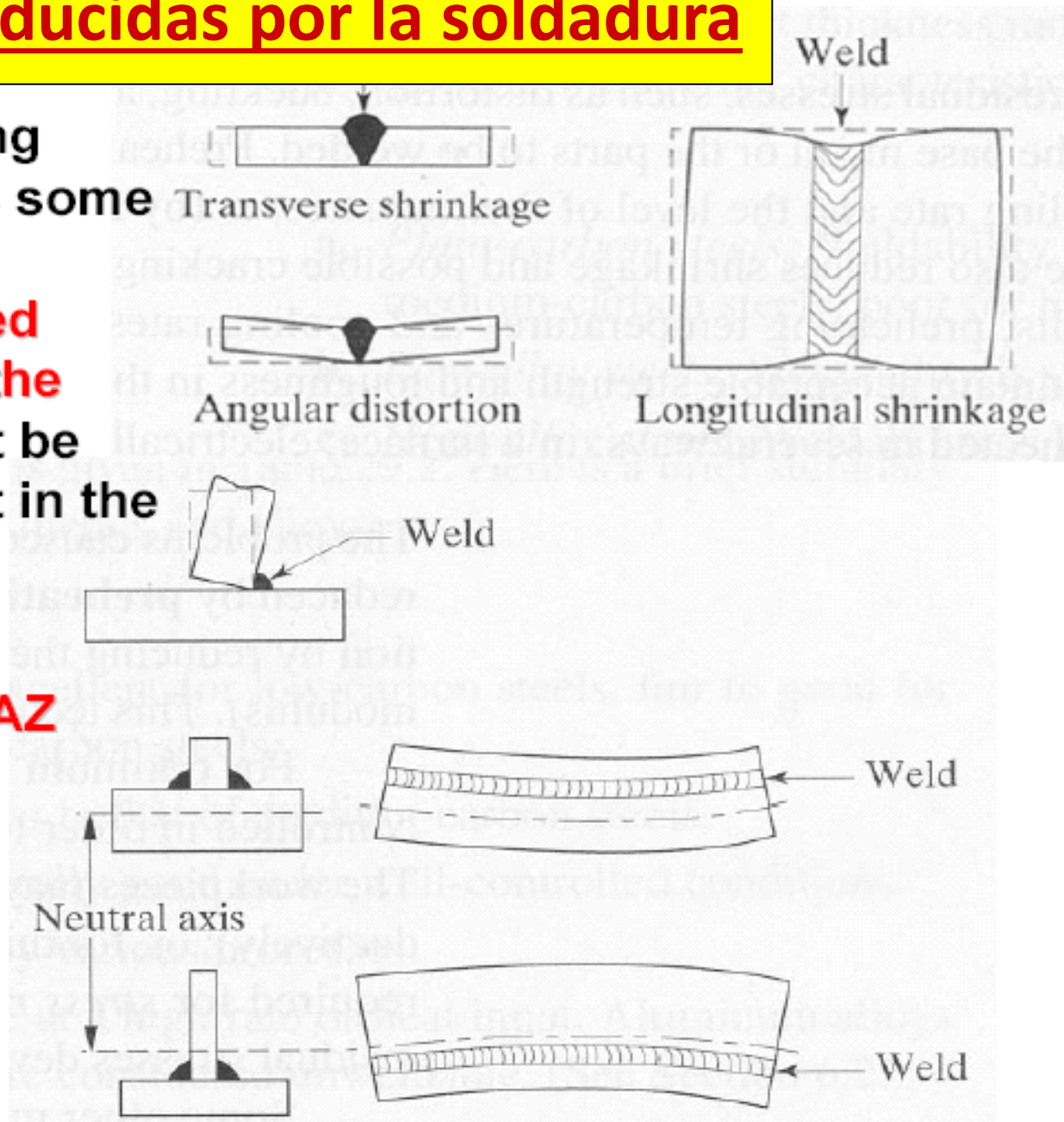


Diagrama de bloques para un sistema de control de la penetración de soldadura láser basado en la emisión acústica

Tensiones producidas por la soldadura

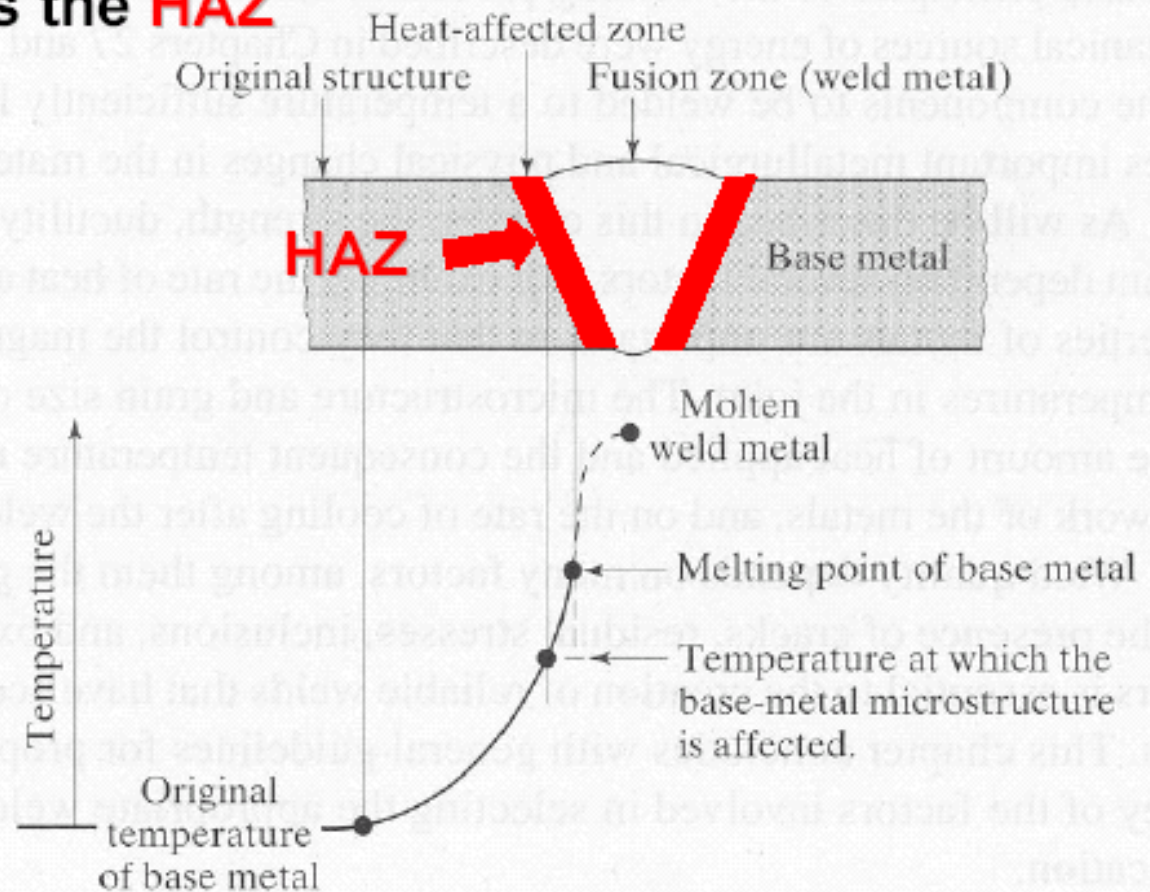
In all fusion welding processes there is some **distortion, due to stresses introduced during cooling of the HAZ** and this must be taken into account in the design process

Associated with distortion is the **HAZ**



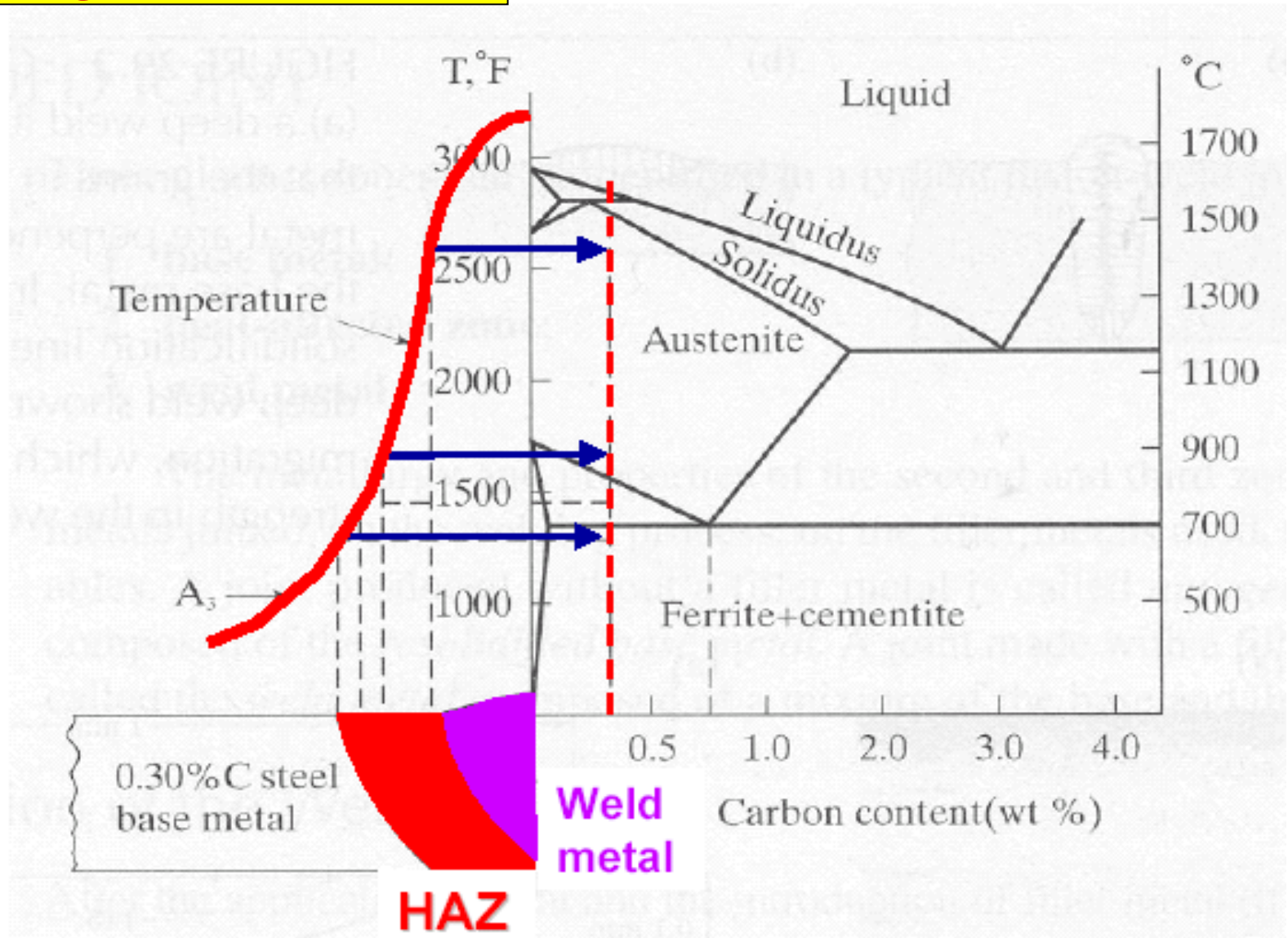
Zona afectada por el calor, HAZ

- Welding involves metals, heat and high temperatures.
- Temperatures are well into the melting range.
- As a result there is a metallurgical change, which creates a zone we refer to as the **HAZ**

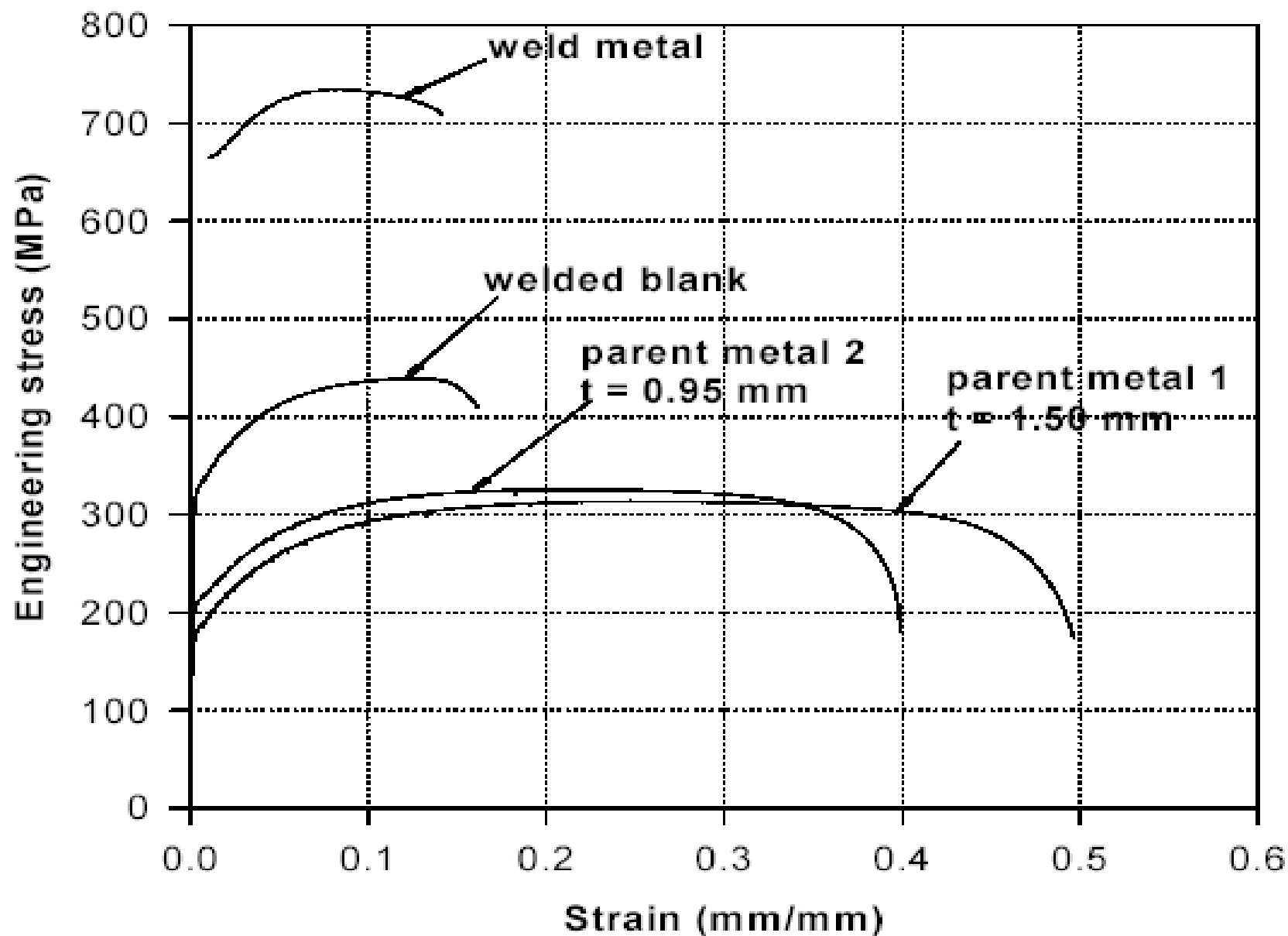


Metalurgia de HAZ

Metalurgia HAZ de 1030



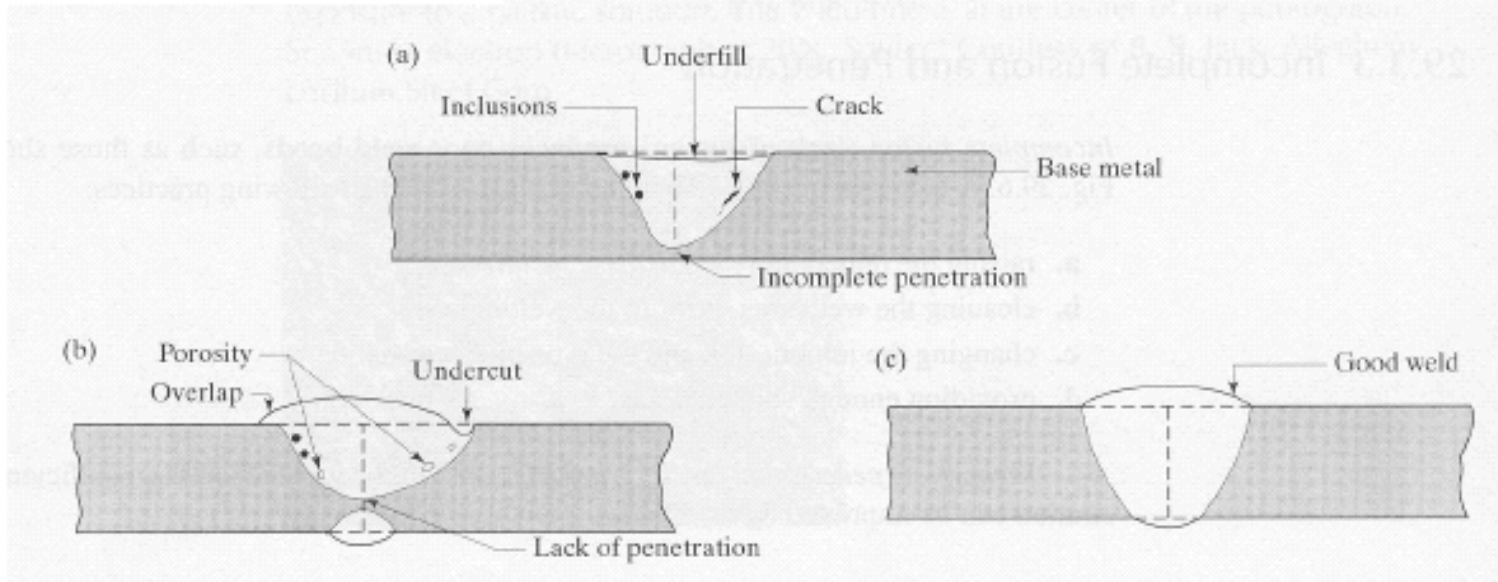
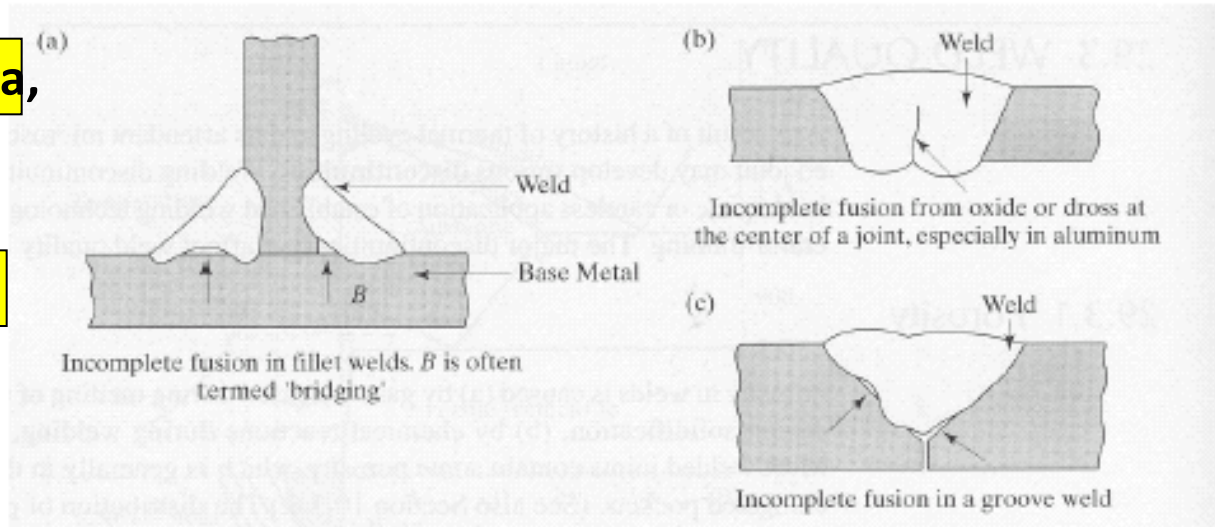
Ejemplo de resistencia a la tensión en el material soldado



TIPOS DE RUPTURAS

Debido al alto gradiente de temperatura pueden quedar elevadas tenciones reciduales, que pueden dar lugar a rupturas

1. dentro de la soldadura,
2. dentro de HAZ
3. en el metal base



En cualquier soldadura, los siguientes efectos deben de ser tomados en cuenta:

- ***La metalúrgia del proceso de soldadura***
- ***Cambios de dureza***
- ***Tensiones residuales***
- ***Cambio de medidas***
- ***Roturas***

La introducción de la robotica ha permitido a los fabricantes automatizar procesos de soldadura más productivos



Multiple robot and weld-head axes make a system that welds complex parts.

Sumario de los procesos de soldadura por fusión

- Soldadura de Arco con Fundente, SMAW
- Proceso de Soldadura con Arco sumergido, SWA.
- Proceso solido, Metal en Gas Inerte, MIG
- Tungsteno en Gas Inerte, TIG
- Soldadura con plasma
- Soldadura con haz de electrónes

no vimos las soldadura con oxiacetileno