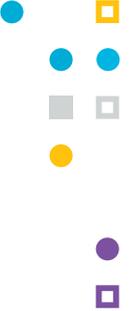


Curso Ciencia, Tecnología y Desarrollo Industrial:
SOLDADURA

Módulo 3: Procesos de Arco Eléctrico



Buenos Aires | Agosto de 2022



Agenda

Clasificación – AWS A3.0

SMAW – electrodo revestido

GMAW - MIG/MAG

FCAW – alambre tubular

GTAW – TIG

SAW – arco sumergido

PAW - plasma

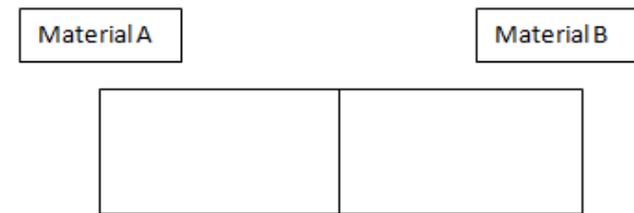
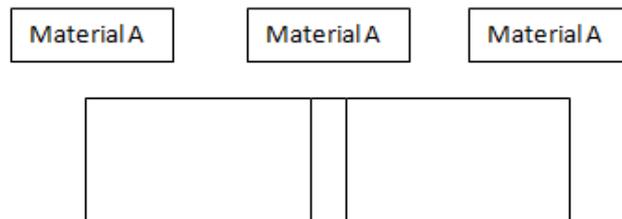
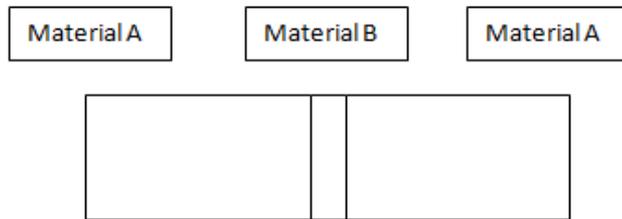
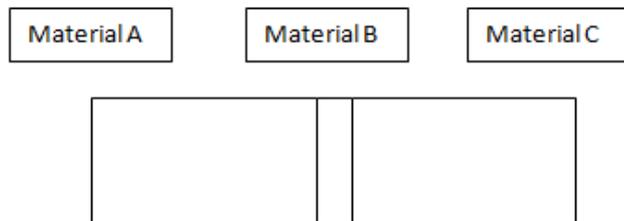


Clasificación de procesos de soldadura.

AWSA3.0

Introducción a los procesos de unión por soldadura de materiales metálicos

En la soldadura de metales, en general, intervienen tres metales. Dos de ellos corresponden a los metales base, es decir a las piezas que se quiere unir y el tercer metal es llamado metal de aporte. Puede darse el caso en el que la soldadura se lleve a cabo sin metal de aporte. En este caso y cuando los metales bases son del mismo tipo la soldadura recibe el nombre de autógena.



21

ARC WELDING (AW)	
arc stud welding	SW
atomic hydrogen welding	AHW
bare metal arc welding	BMAW
carbon arc welding	CAW
gas carbon arc welding	CAW-G
shielded carbon arc welding	CAW-S
twin carbon arc welding	CAW-T
electrode gas welding	EGW
flux cored arc welding	FCAW
gas shielded flux cored arc welding	FCAW-G
self-shielded flux cored arc welding	FCAW-S
gas metal arc welding	GMAW
pulsed gas metal arc welding	GMAW-P
short circuit gas metal arc welding	GMAW-S
gas tungsten arc welding	GTAW
pulsed gas tungsten arc welding	GTAW-P
magnetically impelled arc welding	MIAW
plasma arc welding	PAW
shielded metal arc welding	SMAW
submerged arc welding	SAW
series submerged arc welding	SAW-S

HIGH ENERGY BEAM WELDING (HEBW)	
electron beam welding	EBW
high vacuum electron beam welding	EBW-HV
medium vacuum electron beam welding	EBW-MV
nonvacuum electron beam welding	EBW-NV
laser beam welding	LBW

5

RESISTANCE WELDING (RW)	
flash welding	FW
pressure-controlled resistance welding	RW-PC
projection welding	PW
resistance seam welding	RSEW
high-frequency seam welding	RSEW-HF
induction seam welding	RSEW-I
mash seam welding	RSEW-MS
resistance spot welding	RSW
upset welding	UW
high-frequency	UW-HF
induction	UW-I

11

9

SOLDERING (S)	
dip soldering	DS
furnace soldering	FS
induction soldering	IS
infrared soldering	IRS
iron soldering	INS
resistance soldering	RS
torch soldering	TS
ultrasonic soldering	USS
wave soldering	WS

WELDING AND JOINING PROCESSES

SOLID-STATE WELDING (SSW)	
coextrusion welding	CEW
cold welding	CW
diffusion welding	DFW
hot isostatic pressure welding	HIPW
explosion welding	EXW
forge welding	FOW
friction welding	FRW
direct drive friction welding	FRW-DD
friction stir welding	FSW
inertia friction welding	FRW-I
hot pressure welding	HPW
roll welding	ROW
ultrasonic welding	USW

13

4

OXYFUEL GAS WELDING (OFW)	
air acetylene welding	AAW
oxyacetylene welding	OAW
oxyhydrogen welding	OHW
pressure gas welding	PGW

14

BRAZING (B)	
block brazing	BB
carbon arc brazing	CAB
twin carbon arc brazing	TCAB
diffusion brazing	DFB
dip brazing	DB
electron beam brazing	EBB
exothermic brazing	EXB
flow brazing	FLB
furnace brazing	FB
induction brazing	IB
infrared brazing	IRB
laser beam brazing	LBB
resistance brazing	RB
torch brazing	TB

OTHER WELDING AND JOINING	
adhesive bonding	AB
braze welding	BW
arc braze welding	ABW
carbon arc braze welding	CABW
electron beam braze welding	EBBW
exothermic braze welding	EXBW
flow welding	FLOW
laser beam braze welding	LBBW
electroslag welding	ESW
consumable guide electroslag welding	ESW-CG
induction welding	IW
percussion welding	PEW
thermite welding	TW

13

Figure A1—Master Chart of Welding and Joining Processes

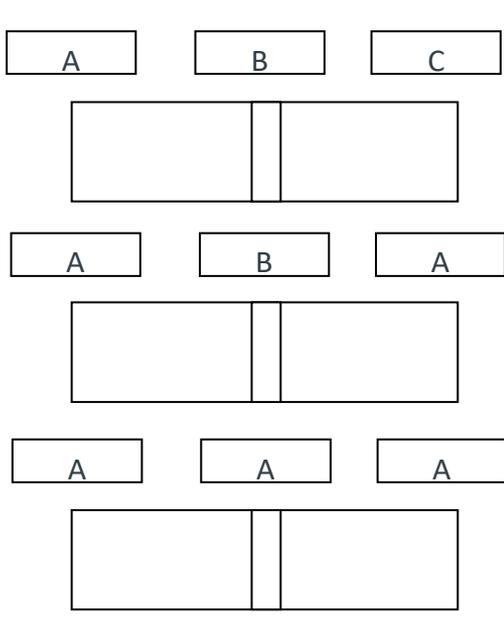


**En total, de acuerdo a AWS
A3.0:2020, se clasifican 90
procesos de soldadura
(*welding*) y unión (*joining*).**

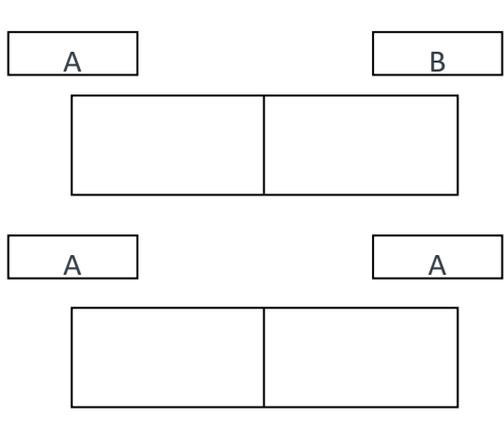


ARC WELDING (AW)

arc stud welding	SW
atomic hydrogen welding	AHW
bare metal arc welding	BMAW
carbon arc welding	CAW
gas carbon arc welding	CAW-G
shielded carbon arc welding	CAW-S
twin carbon arc welding	CAW-T
electrode gas welding	EGW
flux cored arc welding	FCAW
gas shielded flux cored arc welding	FCAW-G
self-shielded flux cored arc welding	FCAW-S
gas metal arc welding	GMAW
pulsed gas metal arc welding	GMAW-P
short circuit gas metal arc welding	GMAW-S
gas tungsten arc welding	GTAW
pulsed gas tungsten arc welding	GTAW-P
magnetically impelled arc welding	MIAW
plasma arc welding	PAW
shielded metal arc welding	SMAW
submerged arc welding	SAW
series submerged arc welding	SAW-S



Con metal de aporte



Sin metal de aporte

Metal base y metal de aporte se funden

Solo metal de aporte se funde

Sin fusión

Temperatura de fusión del metal de aporte < 450°C

Temperatura de fusión del metal de aporte > 450°C

FUSION WELDING

SOLDERING

BRAZING

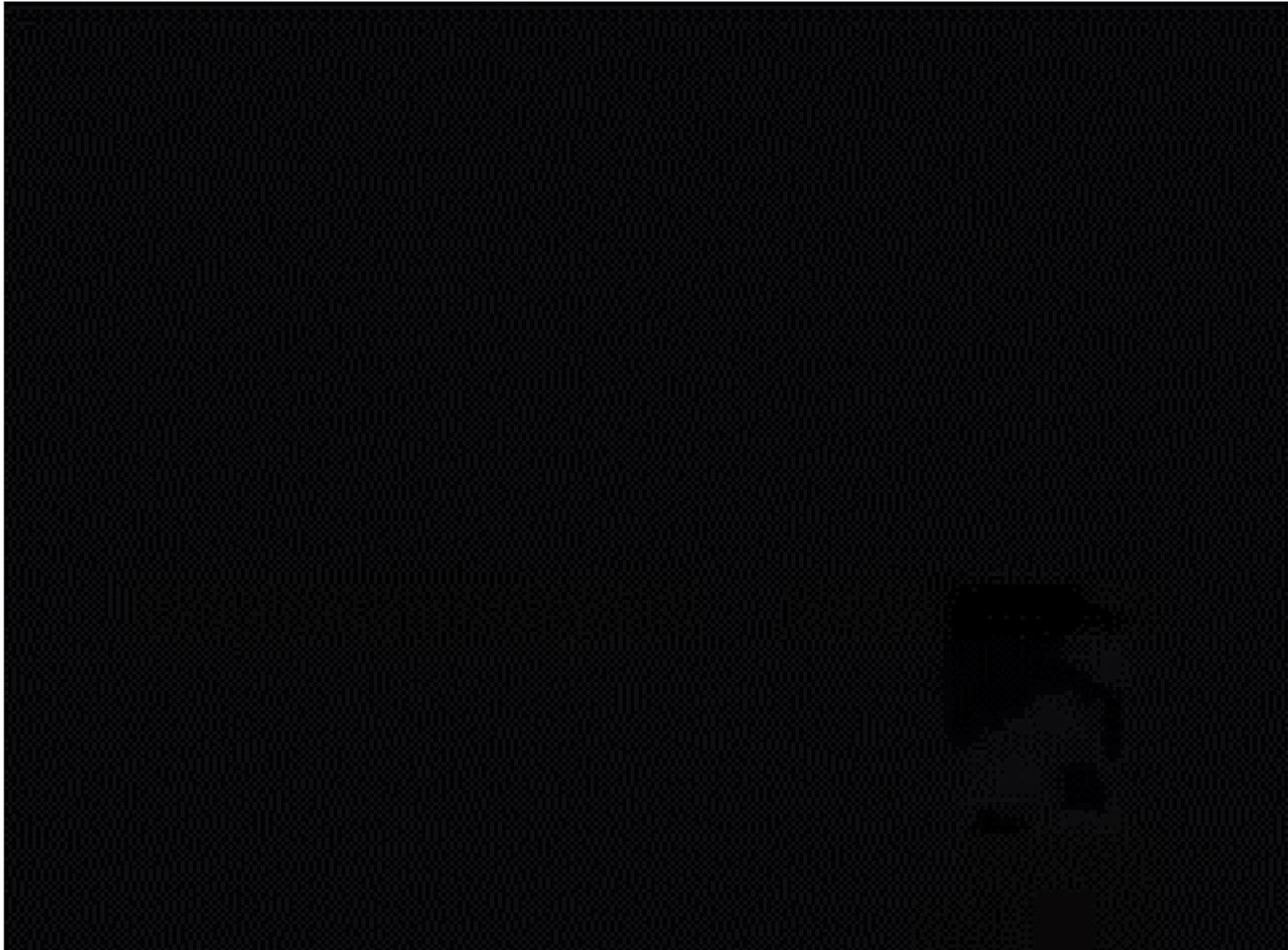
SOLID STATE WELDING

Metales base se funden

Sin fusión

FUSION WELDING

SOLID STATE WELDING



[\(613\) Friction welding copper to aluminium electrical components – YouTube](#) (revisado el 27-08-2022)

FUSION WELDING



Energy source	Energy density [W/cm ²]		
Arc	10 ³ -10 ⁵	<ul style="list-style-type: none">• Shielded Metal Arc Welding• Gas Metal Arc Welding• Flux Cored Arc Welding• Gas Tungsten Arc Welding• Plasma Arc Welding (10⁴-10⁵ W/cm²)• Submerged Arc Welding• Resistance Spot Welding	<ul style="list-style-type: none">• Carbon Arc Welding• Gravity Welding• Stud Arc Welding• Capacitor Discharge Stud Welding• Electrogas Welding
Electrical resistance (Joule effect)	~10 ⁵	<ul style="list-style-type: none">• Projection Welding• Electroslag Welding	<ul style="list-style-type: none">• Resistance Seam Welding• Flash Welding• Induction Welding
Chemical reaction	~10 ³	<ul style="list-style-type: none">• Oxyfuel Gas Welding• Thermit Welding	
electrons	10 ⁶ -10 ⁷	<ul style="list-style-type: none">• Electron Beam Welding	
photons	~10 ⁶	<ul style="list-style-type: none">• Laser Beam Welding	

SOLDERING

- Soldering Irons
- Torch Soldering
- Dip Soldering
- Wave Soldering
- Vapor Phase Soldering
- Furnance Soldering
- Resistance Soldering
- Induction Soldering
- Infrared Soldering
- Hot Gas Soldering
- Ultrasonic Soldering
- Diffusion Soldering
- Laser Soldering

BRAZING

- Torch Brazing
- Dip Brazing
- Furnance Brazing
- Resistance Brazing
- Induction Brazing
- Infrared Brazing
- Diffusion Brazing
- Exothermic Brazing
- Laser Brazing

SOLID STATE WELDING

- [Explosion Welding](#)
- Forge Welding
- [Cold Welding](#)
- Coextrusion Welding
- [Roll Welding](#)
- [Diffusion Welding](#)
- Friction Welding
- Radial Friction Welding
- Ultrasonic Welding
- [Friction Stir Welding](#)
- Friction Stud Welding

Conclusiones

- Existen una gran variedad de procesos de soldadura y unión.
- Los que logran la coalescencia fundiendo los metales base se denominan *“welding”*.
- La fusión del metal base se puede lograr de diferentes maneras, la de uso industrial más utilizada es aquella que utiliza la energía de un ARCO ELÉCTRICO.



SMAW

Electrodo revestido

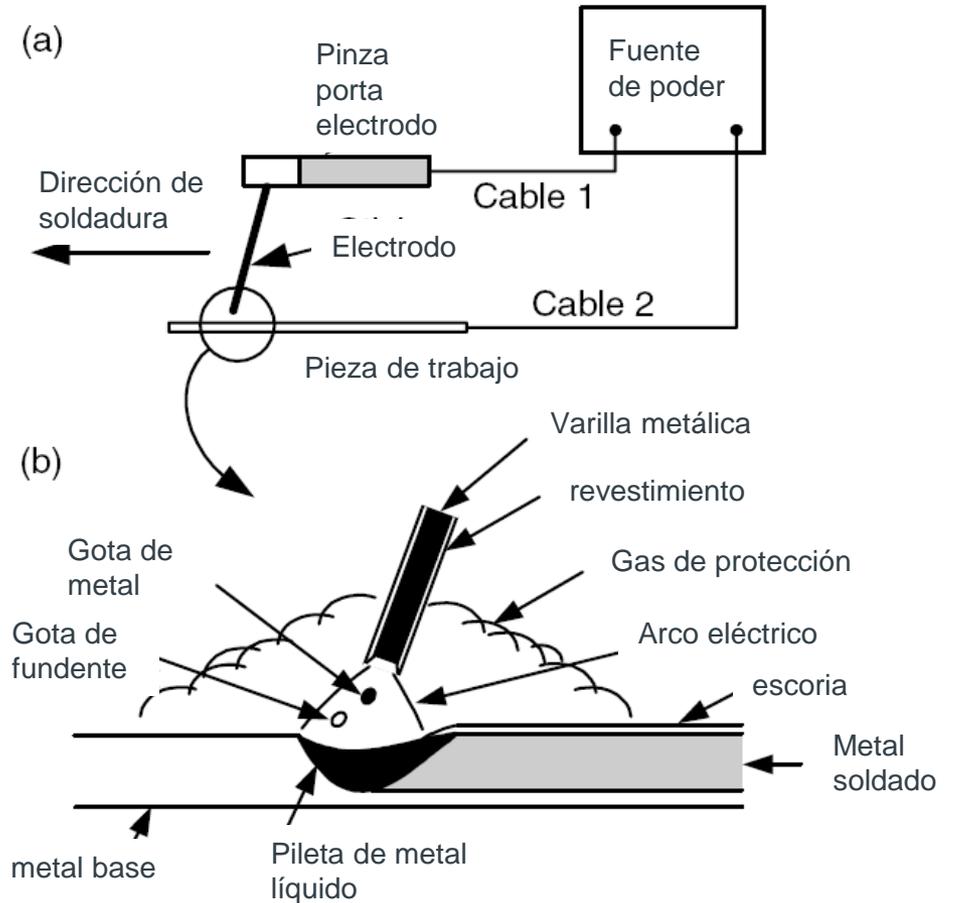
FUSION WELDING

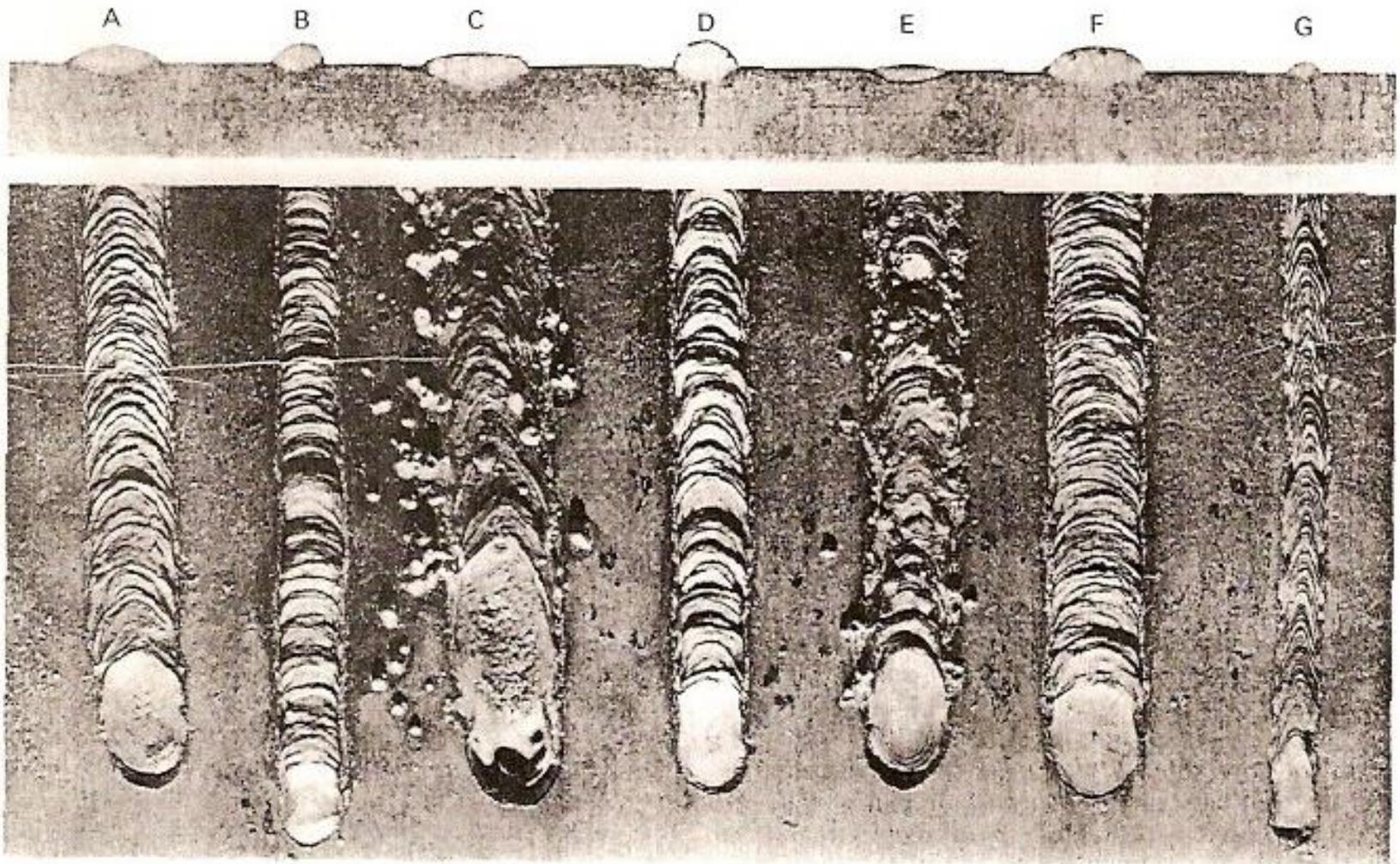
Energy source	Energy density [W/cm ²]		
Arc	10 ³ -10 ⁵	<ul style="list-style-type: none"> • Shielded Metal Arc Welding • Gas Metal Arc Welding • Flux Cored Arc Welding • Gas Tungsten Arc Welding • Plasma Arc Welding (10⁴-10⁵ W/cm²) • Submerged Arc Welding • Resistance Spot Welding • Projection Welding • Electroslag Welding 	<ul style="list-style-type: none"> • Carbon Arc Welding • Gravity Welding • Stud Arc Welding • Capacitor Discharge Stud Welding • Electrogas Welding
Electrical resistance (Joule effect)	~10 ⁵	<ul style="list-style-type: none"> • Resistance Seam Welding • Flash Welding • Induction Welding 	
Chemical reaction	~10 ³	<ul style="list-style-type: none"> • Oxyfuel Gas Welding • Thermite Welding 	
electrons	10 ⁶ -10 ⁷	<ul style="list-style-type: none"> • Electron Beam Welding 	
photons	~10 ⁶	<ul style="list-style-type: none"> • Laser Beam Welding 	

Shielded Metal Arc Welding (SMAW)
Manual Metal Arc Welding (MMA)
Soldadura manual con electrodo revestido
Proceso 111 (ISO 4063)

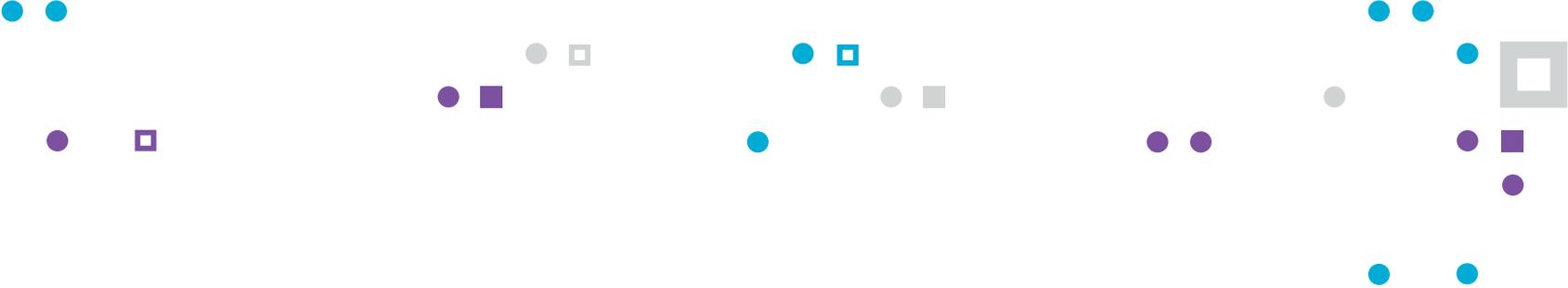
“Pinza”
“Eléctrica”
“Varilla”

✓ Es un proceso manual de soldadura por fusión por arco con protección gaseosa y por manto de escoria, proveniente del revestimiento, y con electrodo consumible





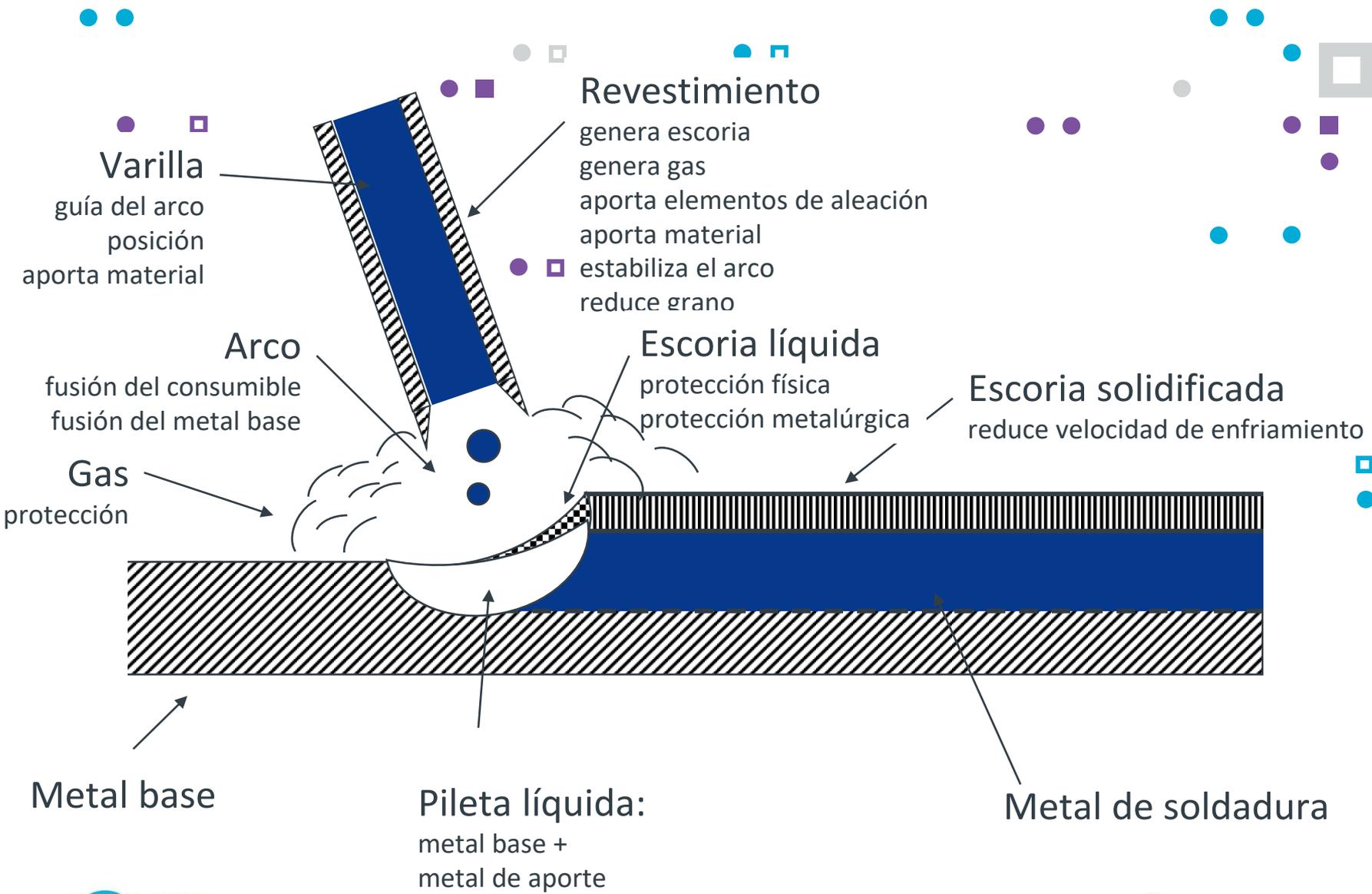
The Effect of Welding Amperage, Arc Length, and Travel Speed; (A) Proper Amperage, Arc Length, and Travel Speed; (B) Amperage Too Low; (C) Amperage Too High; (D) Arc Length Too Short; (E) Arc Length Too Long; (F) Travel Speed Too Slow; (G) Travel Speed Too Fast

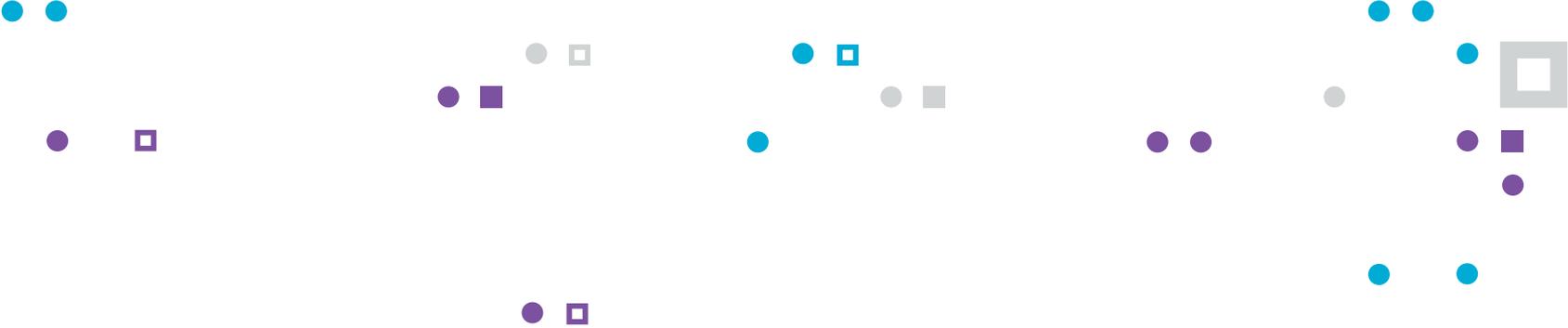

$$\text{Calor aportado} = V \cdot I / S$$

V = tensión eléctrica del arco, V

I = intensidad de corriente eléctrica, A

S = velocidad de soldadura, mm/s

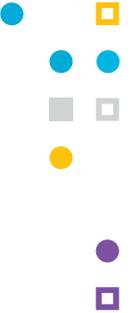




Tipos de electrodos

rutílicos → celulósicos → básicos
→ mejora la calidad





Tipos de electrodos

rutílicos → celulósicos → básicos
→ mejora la calidad

— Rutílicos: E6013, E7024

bajo costo, fácil de operar, arco suave y estable
baja tenacidad, poca penetración, difícil de soldar en posición vertical o sobrecabeza
introduce hidrógeno → ¡¡¡fisuración en frío!!!

—Celulósico: E6010, E7010

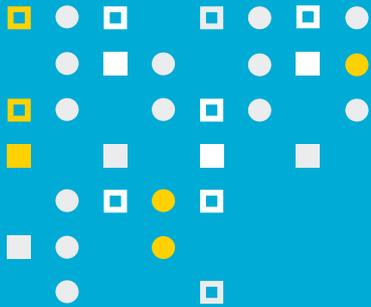
mejor calidad, buena penetración, fácil de operar en posición
introduce hidrógeno → ¡¡¡fisuración en frío!!!

—Básico: E7018, E7016

buena tenacidad, deposita bajo H, buena penetración
escoria difícil de controlar, requieren cuidados de almacenamiento (sin humedad)



Fisuración en frío



“La fisuración en frío (fisuración diferida) esta asistida por hidrógeno”

Tensiones + Microestructura (dureza) + Hidrógeno

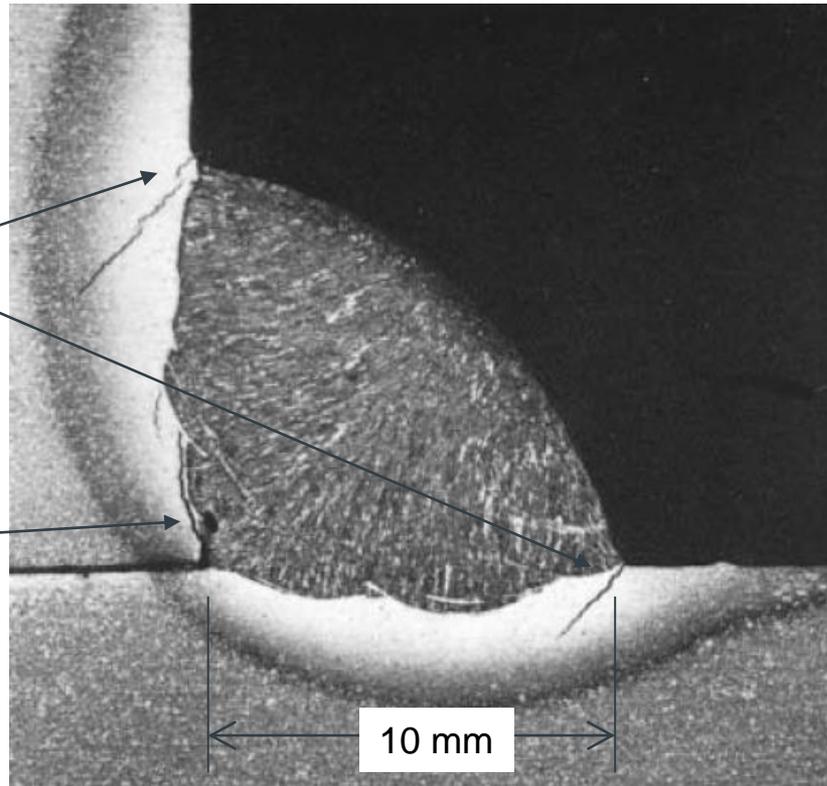
- Microestructura → martensítica >300 HV
- El mecanismo se da a “bajas” temperaturas (-100 °C hasta 200 °C) → puede difundir el H atómico
- Requiere tiempo para que H difunda → aumento de concentración
- Mecanismo controlado por tensión → imperfecciones clave
- Fractura intergranular / transgranular

Fisuración en frío



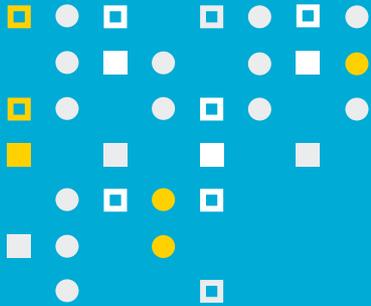
Fisuras en frío en el
borde de la soldadura

Fisuras en frío bajo
cordón

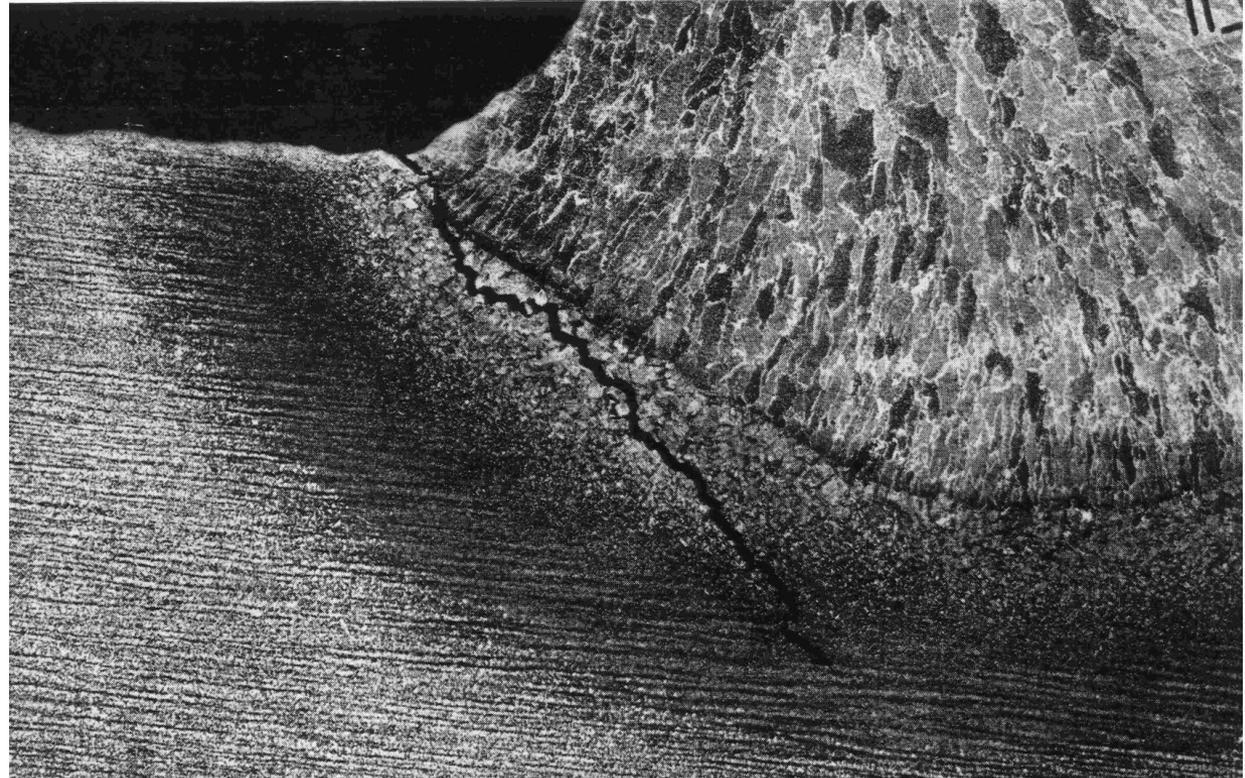


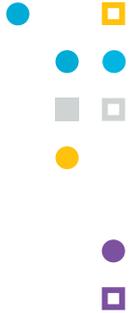
Soldadura de filete de un acero
1040 (Adaptado de Kou, S.;
Wleding Metallurgy; JohnWiley and
Son; 2003)

□
Ejemplo de
fisuración en frío
intergranular



Fisuración en frío



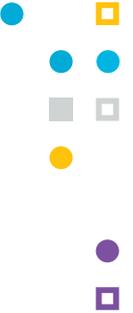


Tensiones + Microestructura (dureza) + Hidrógeno

- Tensiones → principalmente las residuales de origen térmico
 - Distribución homogénea del calor
 - Disminuir restricción del movimiento de la junta
 - Tratamiento térmico después de soldar (sub-crítico) - PWHT
- Microestructura
 - $CE + \Delta t_{8-5} \rightarrow$ disminuir CE y aumentar $\Delta t_{8-5} \rightarrow$ aumentar HI o T_0
 - PWHT
- Hidrógeno
 - Proceso de bajo H → GTAW, GMAW, electrodos básicos (resecados), fundente seco, ml $H_2/100$ g
 - Acondicionamiento → no humedad, no hidrocarburos (pinturas, grasas, aceites)
 - Pre- y pos-calentamiento (~ 200 °C) → energía para que H difunda

Tipos de electrodos

¿Dónde se usan?



- **Rutílicos: E6013, E7024**

- **Celulósico: E6010, E6011, E7010**

- **Básico: E7018, E7016**



SMAW
(Soldadura Manual con Electrodo Revestido)



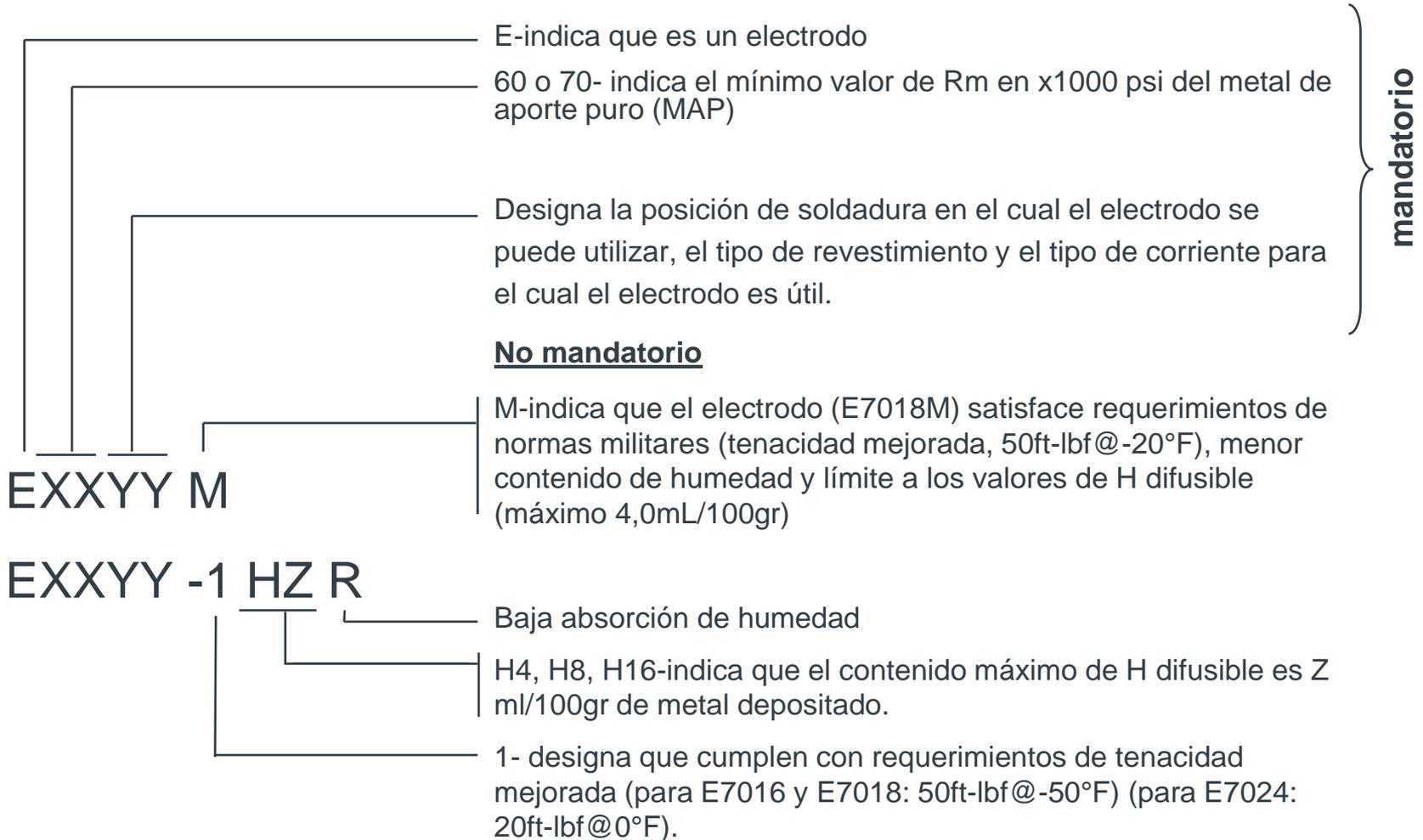
SMAW

Electrodo revestido

Especificación AWS A5.1

Especificación AWS A5.1:2012 → U.S. customary

Especifica los requerimientos que deben cumplir los electrodos revestidos que depositan aceros al carbono.



E6013

Es decir que el metal de aporte puro depositado por este electrodo tiene una resistencia a la tracción de 60 000 psi = 60 ksi = 430 MPa

¿Es mucho o poco?

Interpretación del tercer dígito: EXXY (E7018, E6013, etc...)

1: toda posición F, H, V y OH

2: F y H-filete

4: toda posición + V-descendente

Interpretación del último dígito: EXXY (E7018, E6013, etc...)

EXXY	0*	1	2	3	4	5	6	7	8**
Corriente / polaridad	DCEP	AC DCEP	AC DCEN	AC DCEP DCEN	AC DCEP DCEN	DCEP	AC DCEP	AC DCEP DCEN	AC DCEP
Revestimiento	Celulósico Na	Celulósico K	Rutílico Na	Rutílico K	Rutílico	Básico Na	Básico K	Óxido de hierro	Básico K
Arco	Enérgico	Enérgico	Medio	Suave	Suave	Medio	Medio	Medio	Medio
Penetración	Profunda	Profunda	Mediana	Poca	Poca	Mediana	Mediana	Mediana	Mediana
Polvo de Fe	0 – 10%	---	0 – 10%	0 – 10%	30 - 50%	---	---	30-50%	30 – 50%
ejemplo	E6010	E6011	E6012	E6013	E7024	E7015	E7016	E6027	E7018

* El electrodo E6020 tiene un revestimiento de óxido de hierro

** El revestimiento del electrodo E7018M no contiene K por ello la clasificación se lleva a cabo con DCEP

Table 1
Electrode Classification

AWS Classification		Type of Covering	Welding Position ^a	Type of Current ^b
A5.1	A5.1M			
E6010	E4310	High cellulose sodium	F, V, OH, H	dcep
E6011	E4311	High cellulose potassium	F, V, OH, H	ac or dcep
E6012	E4312	High titania sodium	F, V, OH, H	ac or dcen
E6013	E4313	High titania potassium	F, V, OH, H	ac, dcep, or dcen
E6018 ^c	E4318 ^c	Low-hydrogen potassium, iron powder	F, V, OH, H	ac or dcep
E6019	E4319	Iron oxide titania potassium	F, V, OH, H	ac, dcep, or dcen
E6020	E4320	High iron oxide	H-fillet F	ac or dcen ac, dcep, or dcen
E6022 ^d	E4322 ^d	High iron oxide	F, H-fillet	ac or dcen
E6027	E4327	High iron oxide, iron powder	H-fillet F	ac or dcen ac, dcep, or dcen
E7014	E4914	Iron powder, titania	F, V, OH, H	ac, dcep, or dcen
E7015	E4915	Low-hydrogen sodium	F, V, OH, H	dcep
E7016 ^c	E4916 ^c	Low-hydrogen potassium	F, V, OH, H	ac or dcep
E7018 ^c	E4918 ^c	Low-hydrogen potassium, iron powder	F, V, OH, H	ac or dcep
E7018M	E4918M	Low-hydrogen iron powder	F, V, OH, H	dcep
E7024 ^c	E4924 ^c	Iron power, titania	H-fillet, F	ac, dcep, or dcen
E7027	E4927	High iron oxide, iron powder	H-fillet F	ac or dcen ac, dcep, or dcen
E7028 ^c	E4928 ^c	Low-hydrogen potassium, iron powder	H-fillet, F	ac or dcep
E7048	E4948	Low-hydrogen potassium, iron powder	F, OH, H, V-down	ac or dcep

Table 2
Tension Test Requirements^{a, b, c}

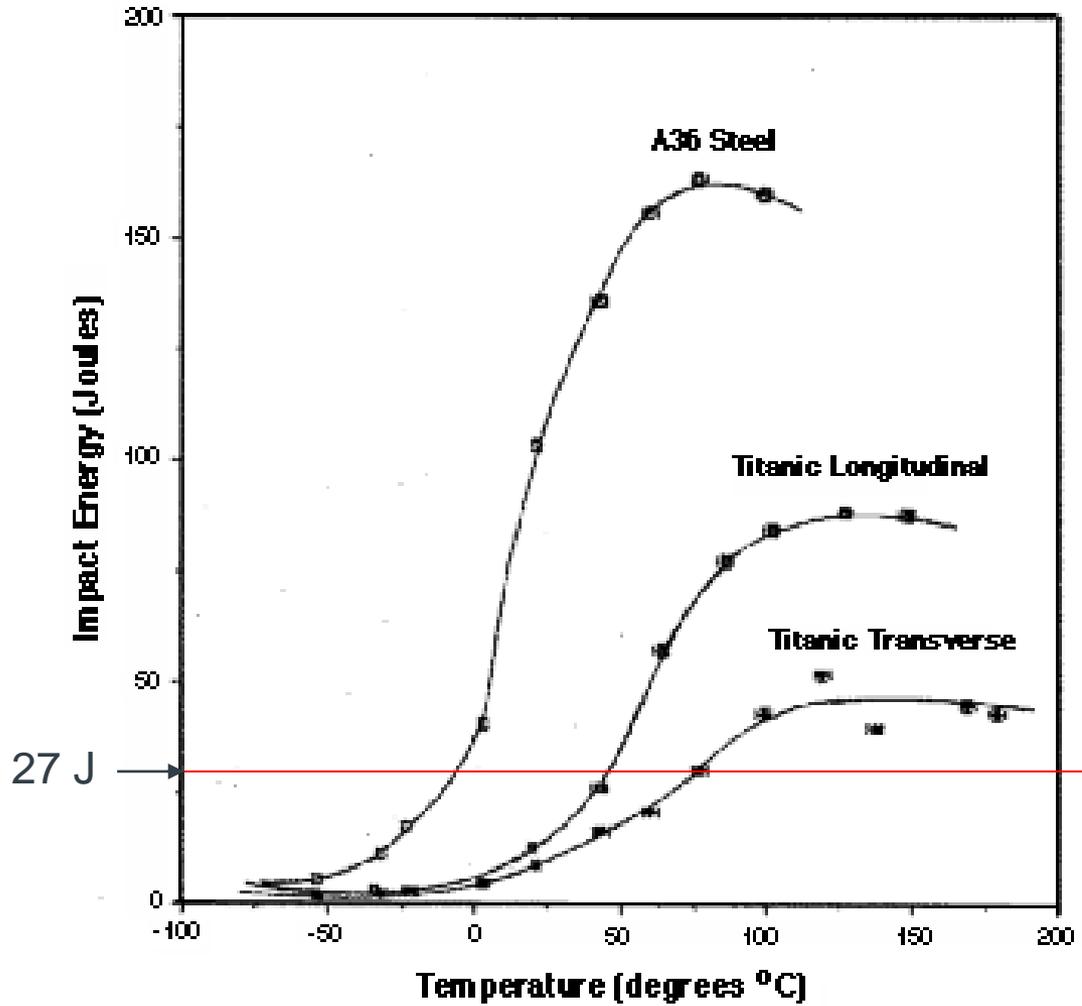
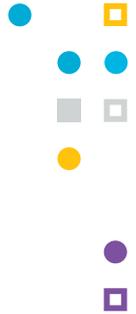
AWS Classification		Tensile Strength		Yield Strength at 0.2% Offset		Elongation Percentage in 4x Diameter Length
A5.1	A5.1M	A5.1 (ksi)	A5.1M (MPa)	A5.1 (ksi)	A5.1M (MPa)	
E6010	E4310	60	430	48	330	22
E6011	E4311	60	430	48	330	22
E6012	E4312	60	430	48	330	17
E6013	E4313	60	430	48	330	17
E6018	E4318	60	430	48	330	22
E6019	E4319	60	430	48	330	22
E6020	E4320	60	430	48	330	22
E6022 ^d	E4322 ^d	60	430	Not Specified		Not Specified
E6027	E4327	60	430	48	330	22
E7014	E4914	70	490	58	400	17
E7015	E4915	70	490	58	400	22
E7016	E4916	70	490	58	400	22
E7018	E4918	70	490	58	400	22
E7024	E4924	70	490	58	400	17 ^e
E7027	E4927	70	490	58	400	22
E7028	E4928	70	490	58	400	22
E7048	E4948	70	490	58	400	22
E7018M	E4918M	Note f	Note f	53–72 ^g	370–500 ^g	24

Table 3
Charpy V-Notch Impact Requirements

AWS Classification		Limits for 3 out of 5 Specimens ^a	
A5.1	A5.1M	Average, Min.	Single Value, Min.
E6010, E6011, E6018 E6027, E7015, E7016 ^b , E7018 ^b , E7027, E7048	E4310, E4311, E4318 E4327, E4915, E4916 ^b , E4918 ^b , E4927, E4948	20 ft·lbf at –20°F [27 J at –30°C]	15 ft·lbf at –20°F [20 J at –30°C]
E6019 E7028	E4319 E4928	20 ft·lbf at 0°F [27 J at –20°C]	15 ft·lbf at 0°F [20 J at –20°C]
E6012, E6013, E6020, E6022, E7014, E7024 ^b	E4312, E4313 E4320, E4322 E4914, E4924 ^b	Not Specified	Not Specified

AWS Classification				Charpy V-Notch Impact Requirements, Limits for 3 out of 5 specimens (Refer to Note a above)	
A5.1	A5.1M	A5.1	A5.1M	Average, Min.	Single Value, Min.
E7016 E7018	E4916 E4918	E7016-1 E7018-1	E4916-1 E4918-1	20 ft·lbf at –50°F [27 J at –45°C]	15 ft·lbf at –50°F [20 J at –45°C]
E7024	E4924	E7024-1	E4924-1	20 ft·lbf at 0°F [27 J at –20°C]	15 ft·lbf at 0°F [20 J at –20°C]

Tenacidad



27 J es un valor característico de tenacidad al impacto Charpy.
 En el CIRSOC 301 Cap A soldadura de empalmes pesados (>40 mm) a 21 °C
 En CIRSOC 103 (estructuras sismoresistentes) 30 J a 20 °C.



TABLE 12
STANDARD SIZES AND LENGTHS

Standard Sizes, ^a (Core, Wire Diameter)		Standard Lengths ^{a,b}							
		E6010, E6011, E6012, E6013, E6022, E7014, E7015, E7016, E7018, E7018M		E6020, E6027, E7024, E7027, E7028, E7048		E6019			
in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm		
$\frac{1}{16}^c$	(0.063)	1.6 ^c	9	230	—	—	—	—	
$\frac{5}{64}^c$	(0.072)	2.0 ^c	9 or 12	230 or 300	—	—	9 or 12	230 or 300	
$\frac{3}{32}^c$	(0.094)	2.4 ^c	12 or 14	300 or 350	12 or 14	300 or 350	12 or 14	300 or 350	
$\frac{1}{8}$	(0.125)	3.2	14	350	14	350	14	350	
$\frac{5}{32}$	(0.156)	4.0	14	350	14	350	14 or 18	350 or 450	
$\frac{3}{16}$	(0.188)	4.8	14	350	14 or 18	350 or 460	14 or 18	350 or 450	
$\frac{7}{32}^c$	(0.219)	5.6 ^c	14 or 18	350 or 460	18 or 28	460 or 700	18	450	
$\frac{1}{4}^c$	(0.250)	6.4 ^c	18	450	18 or 28	460 or 700	18	450	
$\frac{5}{16}^c$	(0.313)	8.0 ^c	18	460	18 or 28	460 or 700	18	450	

NOTES:

- Lengths and sizes other than these shall be as agreed to by purchaser and supplier.
- In all cases, end-gripped electrodes are standard.
- These diameters are not standard sizes for all classifications (see Table 4).

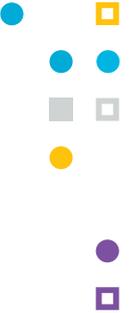


TABLE A3
TYPICAL AMPERAGE RANGES

Electrode Diameter		E6010 and E6011	E6012	E6013	E6019	E6020	E6022	E6027 and E7027	E7014	E7015 and E7016	E7018M and E7018	E7024 and E7028	E7048
in.	mm												
$\frac{1}{16}$	1.6	—	20 to 40	20 to 40	—	—	—	—	—	—	—	—	—
$\frac{5}{64}$	2.0	—	25 to 60	25 to 60	35 to 55	—	—	—	—	—	—	—	—
$\frac{3}{32}$ *	2.4*	40 to 80	35 to 85	45 to 90	50 to 90	—	—	—	80 to 125	65 to 110	70 to 100	100 to 145	—
$\frac{1}{8}$	3.2	75 to 125	80 to 140	80 to 130	80 to 140	100 to 150	110 to 160	125 to 185	110 to 160	100 to 150	115 to 165	140 to 190	80 to 140
$\frac{5}{32}$	4.0	110 to 170	110 to 190	105 to 180	130 to 190	130 to 190	140 to 190	160 to 240	150 to 210	140 to 220	150 to 220	180 to 250	150 to 220
$\frac{3}{16}$	4.8	140 to 215	140 to 240	150 to 230	190 to 250	175 to 250	170 to 400	210 to 300	200 to 275	180 to 255	200 to 275	230 to 305	210 to 270
$\frac{7}{32}$	5.6	170 to 250	200 to 320	210 to 300	240 to 310	225 to 310	370 to 520	250 to 350	260 to 340	240 to 320	260 to 340	275 to 365	—
$\frac{1}{4}$	6.4	210 to 320	250 to 400	250 to 350	310 to 360	275 to 375	—	300 to 420	330 to 415	300 to 390	315 to 400	335 to 430	—
$\frac{5}{16}$	8.0	275 to 425	300 to 500	320 to 430	350 to 410	340 to 450	—	375 to 475	390 to 500	375 to 475	375 to 470	400 to 525	—

Condiciones típicas de almacenamiento de electrodos revestidos

Clasificación	Ambiente	Hornos de mantenimiento	Condiciones de resecado
E6010	Temperatura ambiente	No recomendado	No recomendado
E6013, E7024	20-40 °C, max. Humedad relativa 50%	10-20 °C por arriba de la temperatura ambiente	1 hora a 120-150 °C
E7015, E7016, E7018	No recomendado	30-140 °C por arriba de la temperatura ambiente	1 o 2 horas a 260-425 °C

**Table 5.1
Allowable Atmospheric Exposure of
Low-Hydrogen Electrodes
(see 5.3.2.2 and 5.3.2.3)**

Electrode	Column A (hours)	Electrode	Column A (hours)
<u>A5.1</u>		<u>A5.5</u>	
E70XX	4 max.	E70XX-X	4 max.
E70XXR	9 max.	E80XX-X	2 max.
E70XXHZR	9 max.	E90XX-X	1 max.
E7018M	9 max.	E100XX-X	1/2 max.
		E110XX-X	1/2 max.

Conclusiones SMAW

- Los procesos de soldadura con electrodo revestido son de los más comunes en la industria.
- El equipo es versátil y de baja inversión.
- Las características de la soldadura, tanto operativas como metalúrgicas, esta determinado por el tipo de revestimiento: rutílicos, celulósico y básico.
- Existen electrodos revestidos para soldar: aceros al carbono, aleados, inoxidable, fundiciones de hierro, aleaciones de aluminio y de cobre.



GMAW
Semiautomática
MIG-MAG
Alambre macizo

FUSION WELDING

Energy source	Energy density [W/cm ²]		
Arc	10 ³ -10 ⁵	<ul style="list-style-type: none"> •Shielded Metal Arc Welding •Gas Metal Arc Welding •Flux Cored Arc Welding •Gas Tungsten Arc Welding •Plasma Arc Welding (10⁴-10⁵ W/cm²) •Submerged Arc Welding •Resistance Spot Welding •Projection Welding •Electroslag Welding 	<ul style="list-style-type: none"> •Carbon Arc Welding •Gravity Welding •Stud Arc Welding •Capacitor Discharge Stud Welding •Electrogas Welding
Electrical resistance (Joule effect)	~10 ⁵	<ul style="list-style-type: none"> •Resistance Seam Welding •Flash Welding •Induction Welding 	
Chemical reaction	~10 ³	<ul style="list-style-type: none"> •Oxyfuel Gas Welding •Thermite Welding 	
electrons	10 ⁶ -10 ⁷	<ul style="list-style-type: none"> •Electron Beam Welding 	
photons	~10 ⁶	<ul style="list-style-type: none"> •Laser Beam Welding 	

Gas Metal Arc Welding
(GMAW)

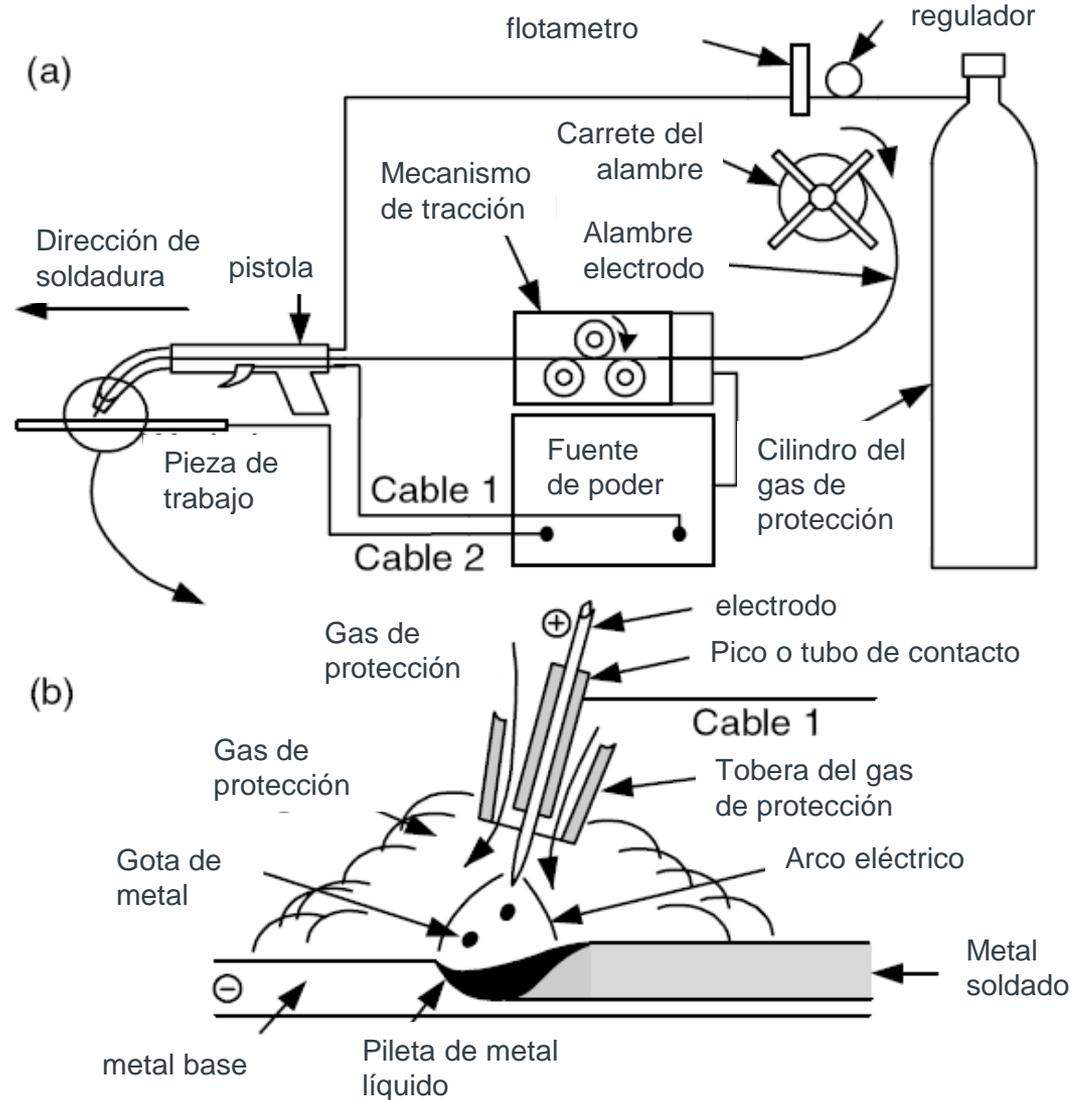
Metal Inert/Active Gas Welding
(MIG/MAG)

CO₂ welding

Soldadura semiautomática bajo
protección gaseosa

Proceso 131 (MIG) y 135
(MAG) (ISO 4063)

- ✓ Es un proceso de soldadura por fusión por arco bajo protección gaseosa con electrodo consumible



¿Cómo soldar con MIG? Aprendiendo de soldadura MIG – Parte 1

<https://www.youtube.com/watch?v=-P8LIVY3I4&t=622s>

Conclusiones GMAW

- El proceso de soldadura GMAW es muy utilizado en la industria metalmecánica.
- El equipo es más sofisticado que el de SMAW y TIG, tiene más partes mecánicas.
- El equipo es versátil porque se puede utilizar tanto para chapa fina como para grandes espesores.
- Existen tres modos de transferencia: cortocircuito, globular y spray.
- Existen variantes para soldar: aceros al carbono, aleados, inoxidable, fundiciones de hierro, aleaciones de aluminio y de cobre.



FCAW

Alambre tubular

FUSION WELDING

Energy source	Energy density [W/cm ²]		
Arc	10 ³ -10 ⁵	<ul style="list-style-type: none"> •Shielded Metal Arc Welding •Gas Metal Arc Welding • Flux Cored Arc Welding •Gas Tungsten Arc Welding •Plasma Arc Welding (10⁴-10⁵ W/cm²) •Submerged Arc Welding •Resistance Spot Welding •Projection Welding •Electroslag Welding 	<ul style="list-style-type: none"> •Carbon Arc Welding •Gravity Welding •Stud Arc Welding •Capacitor Discharge Stud Welding •Electrogas Welding
Electrical resistance (Joule effect)	~10 ⁵	<ul style="list-style-type: none"> •Resistance Seam Welding •Flash Welding •Induction Welding 	
Chemical reaction	~10 ³	<ul style="list-style-type: none"> •Oxyfuel Gas Welding •Thermite Welding 	
electrons	10 ⁶ -10 ⁷	<ul style="list-style-type: none"> •Electron Beam Welding 	
photons	~10 ⁶	<ul style="list-style-type: none"> •Laser Beam Welding 	

Flux Cored Arc Welding (FCAW)

Tubular cored metal arc welding

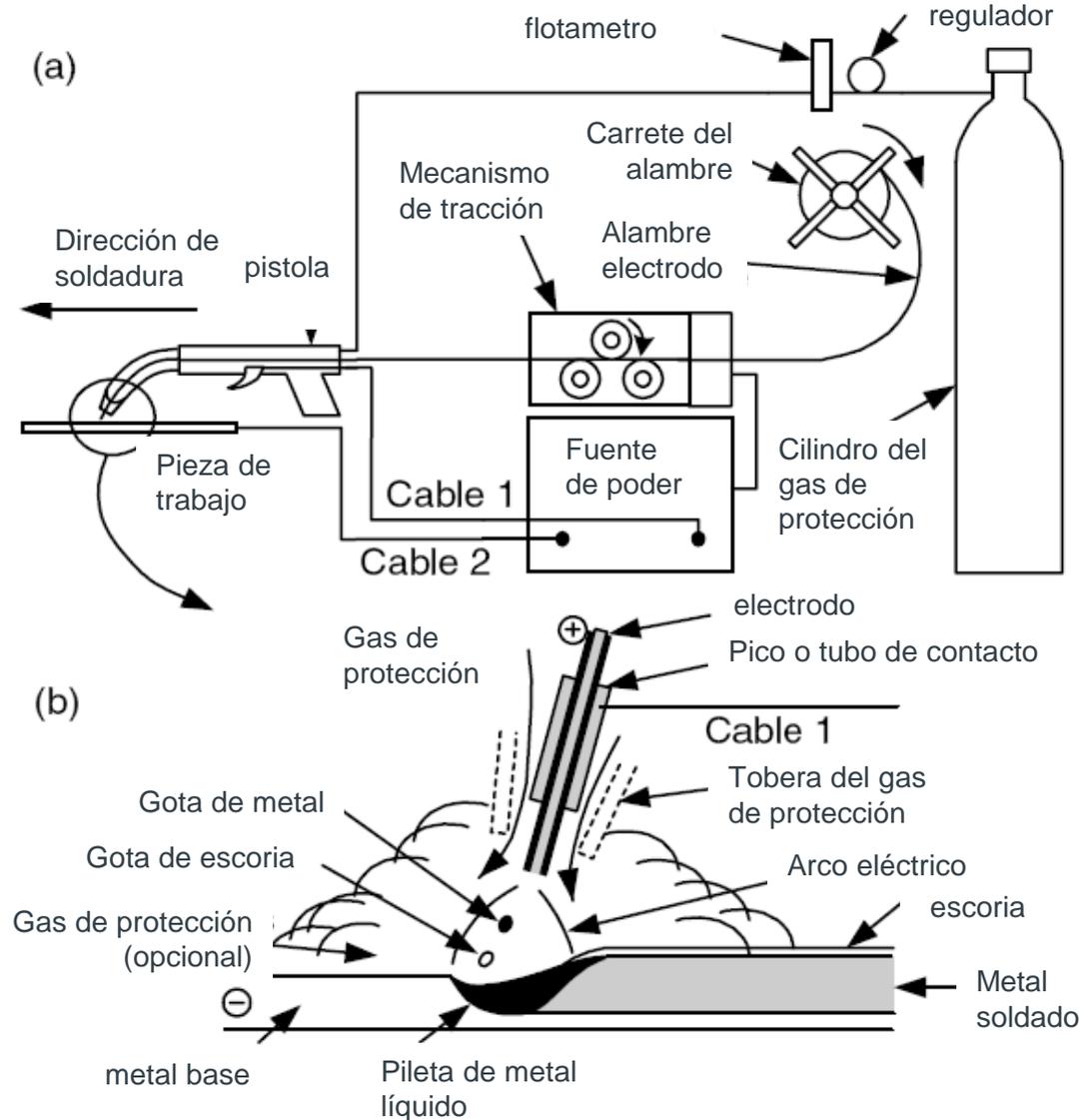
CO₂ welding with tubular wire

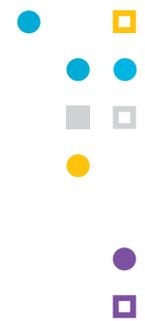
Soldadura semiautomática con alambre tubular

Proceso 136 Tubular cored metal arc welding with active gas shield

137 Tubular cored metal arc welding with inert gas shield (ISO 4063)

- ✓ Es un proceso de soldadura por fusión por arco bajo protección por manto de escoria y gaseosa con electrodo consumible

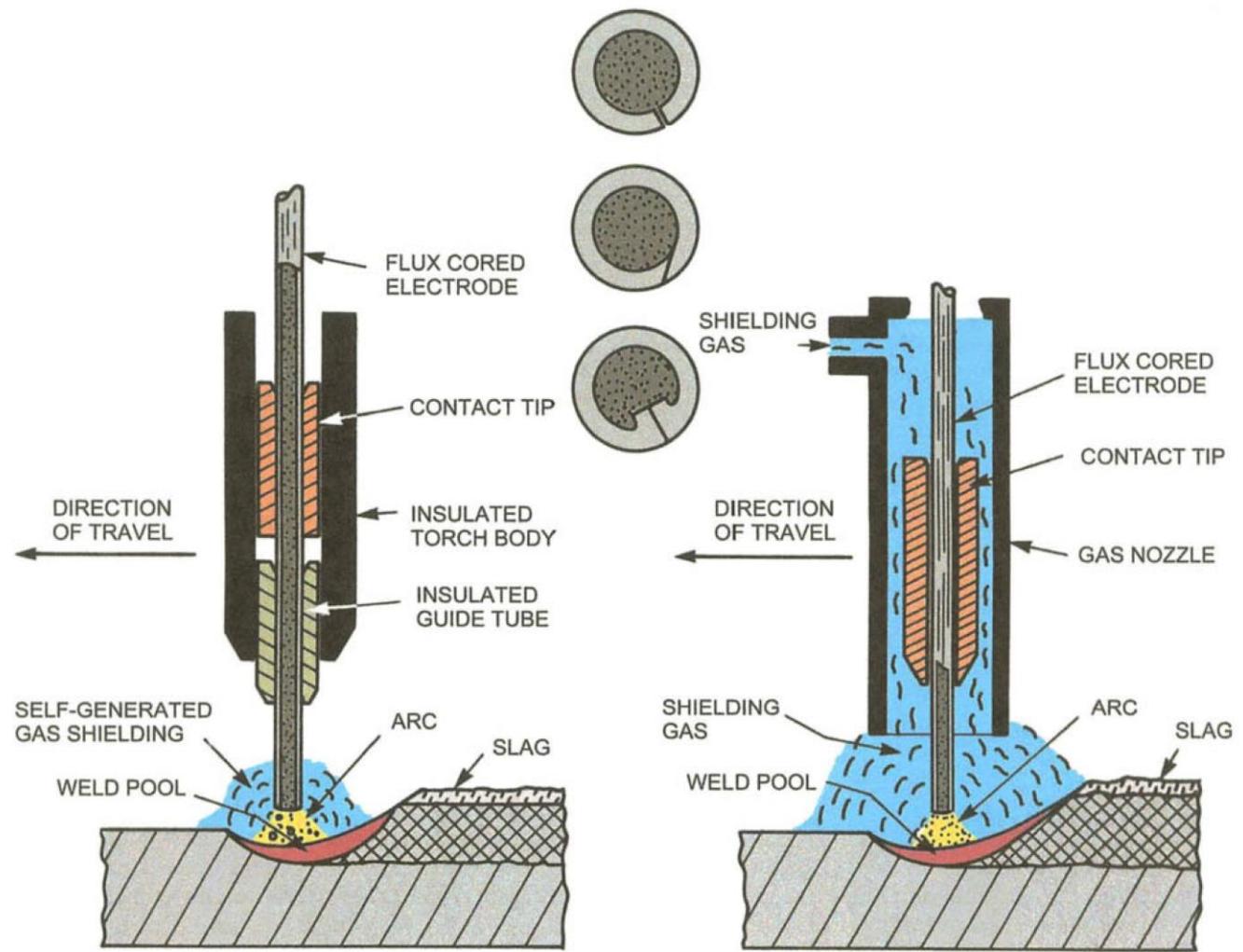




FCAW WITH SELF-SHIELDED ELECTRODE

EXAMPLES OF CROSS SECTIONS OF FLUX CORED ARC WELDING ELECTRODE

FCAW WITH GAS-SHIELDED ELECTRODE





Conclusiones FCAW

- El proceso de soldadura FCAW es muy utilizado en la industria metalmecánica.
- En la secuencia histórica sería: SMAW, GMAW, FCAW... en este sentido aumenta la eficiencia!
- El equipo es el mismo que para soldadura GMAW.
- Puede ser con protección gaseosa o no (soldadura sin gas)
- Protege por escoria.
- Los cordones tienen buena terminación.
- Existen variantes para soldar: aceros al carbono, aleados, inoxidable y fundiciones de hierro.



GTAW
Tungsteno
TIG
Argón

FUSION WELDING

Energy source	Energy density [W/cm ²]		
Arc	10 ³ -10 ⁵	<ul style="list-style-type: none"> •Shielded Metal Arc Welding •Gas Metal Arc Welding • Flux Cored Arc Welding • Gas Tungsten Arc Welding •Plasma Arc Welding (10⁴-10⁵ W/cm²) •Submerged Arc Welding •Resistance Spot Welding •Projection Welding •Electroslag Welding 	<ul style="list-style-type: none"> •Carbon Arc Welding •Gravity Welding •Stud Arc Welding •Capacitor Discharge Stud Welding •Electrogas Welding
Electrical resistance (Joule effect)	~10 ⁵	<ul style="list-style-type: none"> •Resistance Seam Welding •Flash Welding •Induction Welding 	
Chemical reaction	~10 ³	<ul style="list-style-type: none"> •Oxyfuel Gas Welding •Thermite Welding 	
electrons	10 ⁶ -10 ⁷	<ul style="list-style-type: none"> •Electron Beam Welding 	
photons	~10 ⁶	<ul style="list-style-type: none"> •Laser Beam Welding 	

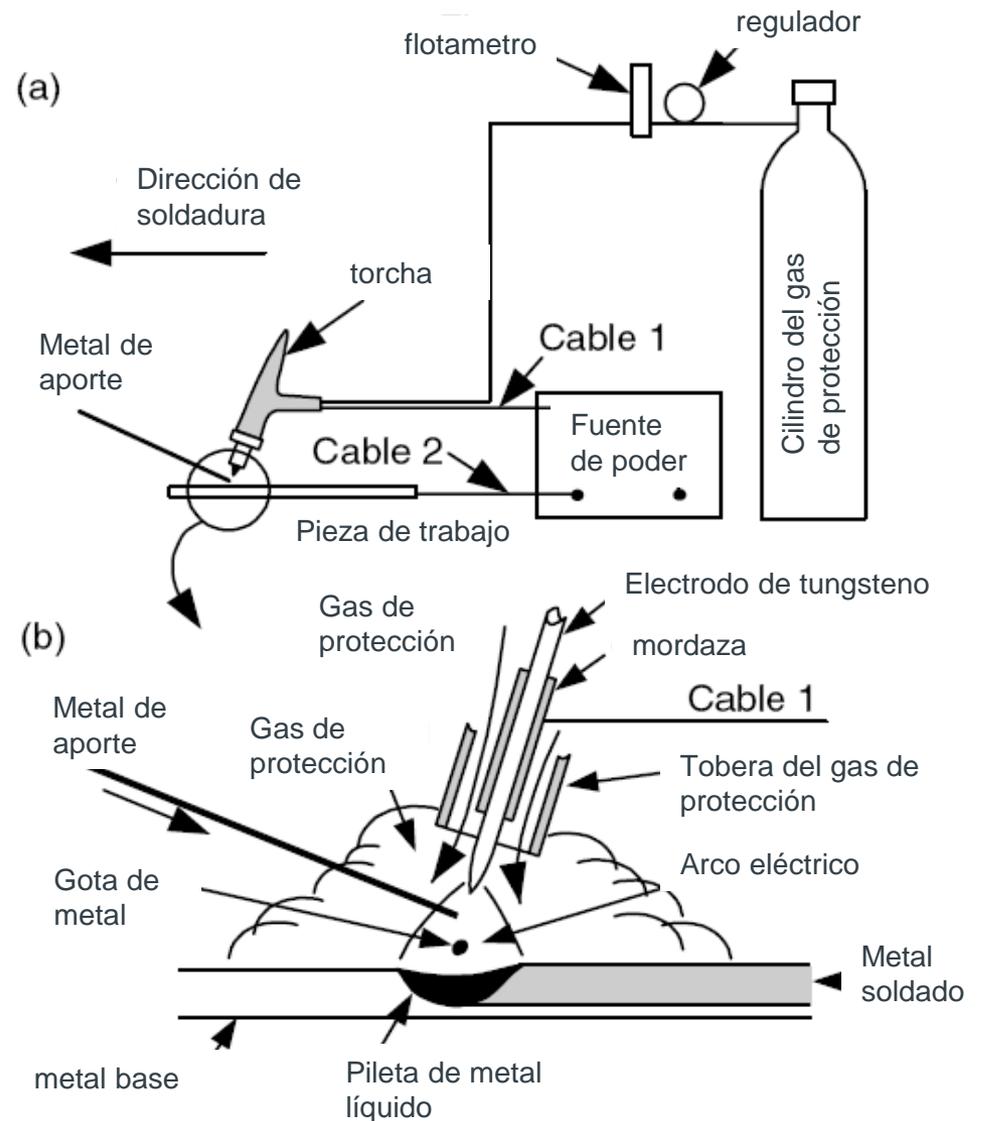


TIG / GTAW



Gas Tungsten Arc Welding
 (GTAW)
 Tungsten Inert Gas Welding
 (TIG)
 Soldadura con electrodo de
 tungsteno bajo protección
 gaseosa
 Proceso 141 (TIG)
 (ISO 4063)

✓ Es un proceso de
 soldadura por fusión por
 arco bajo protección
 gaseosa con electrodo NO
 consumible



Conclusiones TIG

- **El proceso de soldadura TIG se asocia a metales de soldadura libre de defectos... sin escoria ni faltas de fusión!**
- **Es una soldadura limpia! Sin hidrogeno.**
- **El deposito de metal es lento.**
- **Es versátil, se puede soldar con o sin aporte.**
- **El aporte puede ser de lo más variado: acero al carbono, inoxidable, cobre, aluminio, fundición, etc...**
- **El soldador debe tener mayor destreza para lograr buenas soldaduras.**



PAW

Plasma

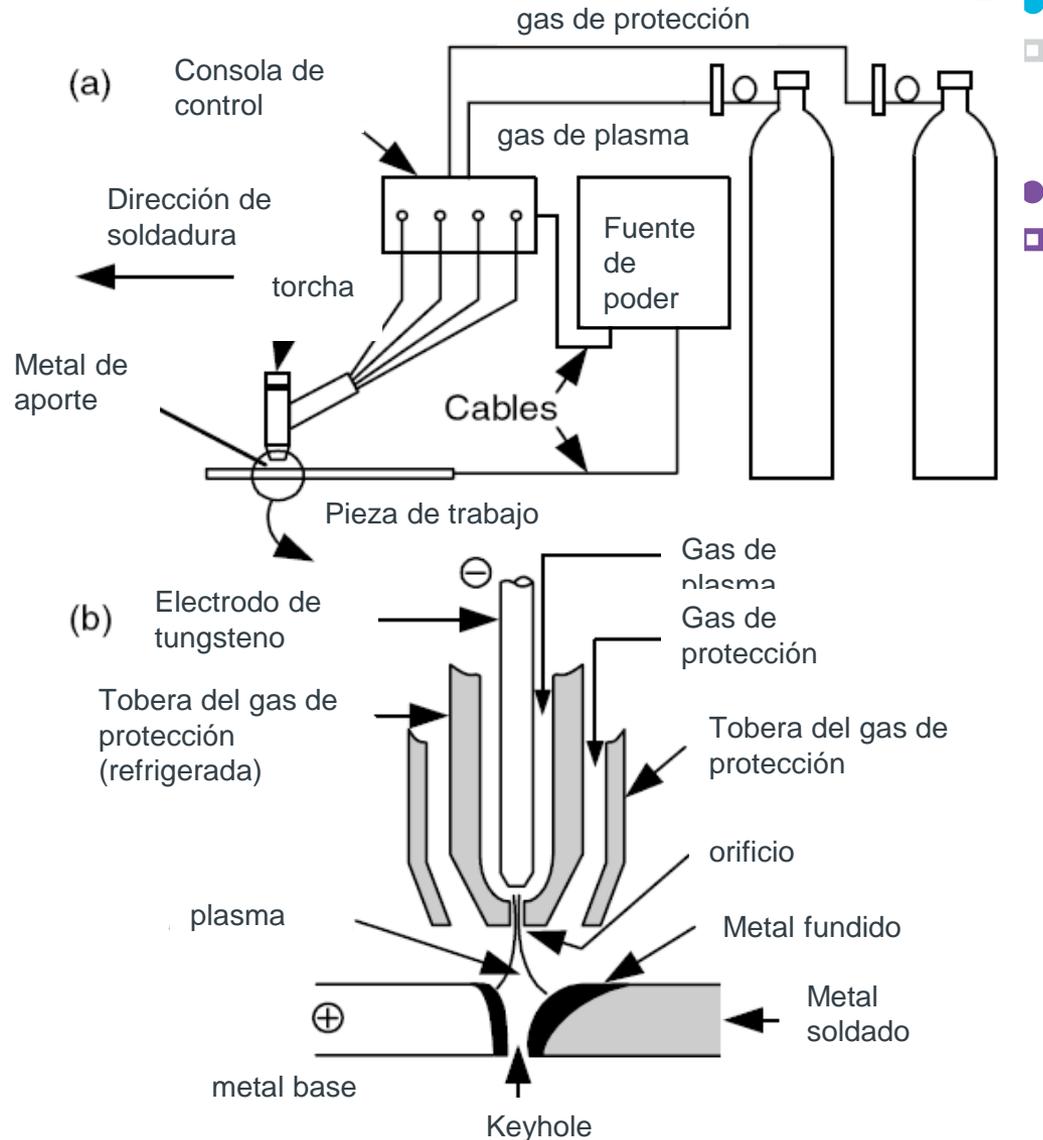
Microplasma

FUSION WELDING

Energy source	Energy density [W/cm ²]		
Arc	10 ³ -10 ⁵	<ul style="list-style-type: none"> •Shielded Metal Arc Welding •Gas Metal Arc Welding • Flux Cored Arc Welding • Gas Tungsten Arc Welding •Plasma Arc Welding (104-105 W/cm²) 	<ul style="list-style-type: none"> •Carbon Arc Welding •Gravity Welding •Stud Arc Welding •Capacitor Discharge Stud Welding •Electrogas Welding
Electrical resistance (Joule effect)	~10 ⁵	<ul style="list-style-type: none"> •Resistance Spot Welding •Projection Welding •Electroslag Welding 	<ul style="list-style-type: none"> •Resistance Seam Welding •Flash Welding •Induction Welding
Chemical reaction	~10 ³	<ul style="list-style-type: none"> •Oxyfuel Gas Welding •Thermite Welding 	
electrons	10 ⁶ -10 ⁷	<ul style="list-style-type: none"> •Electron Beam Welding 	
photons	~10 ⁶	<ul style="list-style-type: none"> •Laser Beam Welding 	

Plasma Arc Welding (PAW)
Soldadura por plasma
Proceso 15 (PAW)
y 151 (Plasma MIG welding)
(ISO 4063)

✓ Es un proceso de soldadura por fusión por arco constreñido bajo protección gaseosa con electrodo NO consumible



Soldadura plasma

LIDER EN CORTE Y SOLDADURA DE METALES / TBA ARGENTINA



FABRICADO Y GARANTIZADO EN ARGENTINA

PRODUCTOS: PLASMARCO

PLASMARCO es nuestra línea de **equipos de soldadura por plasma**. Estos equipos brindan mínima deformación y máxima calidad de soldadura en aceros inoxidables.

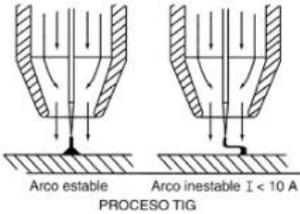
Modelos

- PLASMARCO 20
- PLASMARCO 40
- PLASMARCO 80
- PLASMARCO 100

- PRINCIPIOS DEL MÉTODO PLASMA

Se le da el nombre de plasma a cualquier gas suficientemente ionizado, ya sea por medio de energía térmica o eléctrica.

En el proceso por soldadura por plasma un flujo de gas se calienta, por medio de un arco eléctrico, hasta una temperatura suficiente como para que los choques entre átomos o moléculas provoquen un cierto grado de ionización y disociación de gas.



Este gas es forzado enseguida a fluir a través de un conducto refrigerado de

https://www.tbaargentina.com/producto_plasmarco.htm

Ejemplo de un fabricante argentino de equipos de soldadura plasma



SAW

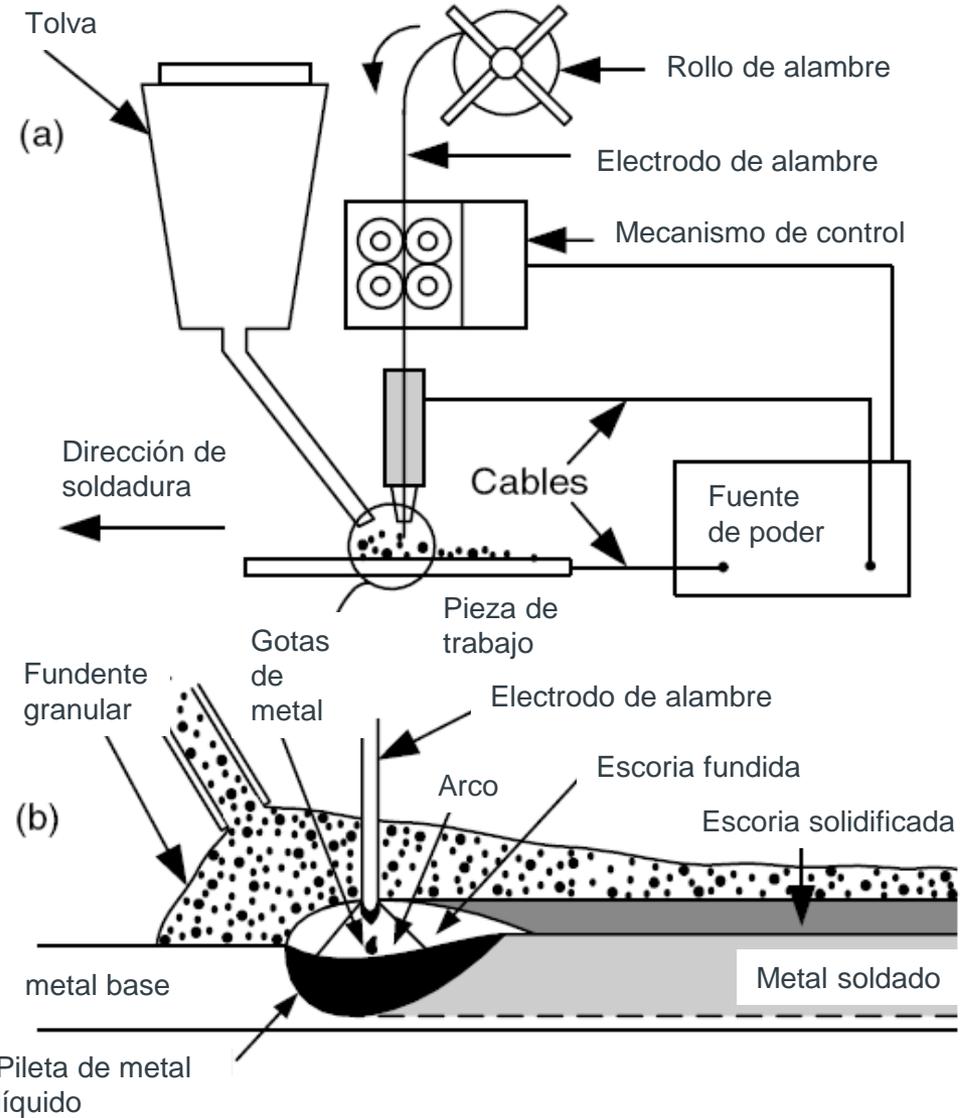
Arco sumergido

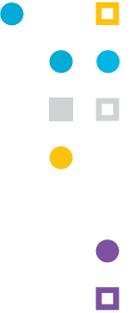
FUSION WELDING

Energy source	Energy density [W/cm ²]		
Arc	10 ³ -10 ⁵	<ul style="list-style-type: none"> •Shielded Metal Arc Welding •Gas Metal Arc Welding • Flux Cored Arc Welding • Gas Tungsten Arc Welding •Plasma Arc Welding •Submerged Arc Welding 	<ul style="list-style-type: none"> •Carbon Arc Welding •Gravity Welding •Stud Arc Welding •Capacitor Discharge Stud Welding •Electrogas Welding
Electrical resistance (Joule effect)	~10 ⁵	<ul style="list-style-type: none"> •Resistance Spot Welding •Projection Welding •Electroslag Welding 	<ul style="list-style-type: none"> •Resistance Seam Welding •Flash Welding •Induction Welding
Chemical reaction	~10 ³	<ul style="list-style-type: none"> •Oxyfuel Gas Welding •Thermite Welding 	
electrons	10 ⁶ -10 ⁷	<ul style="list-style-type: none"> •Electron Beam Welding 	
photons	~10 ⁶	<ul style="list-style-type: none"> •Laser Beam Welding 	

Submerged Arc Welding (SAW)
Soldadura con arco sumergido
Proceso 12 (SAW)
(ISO 4063)

✓ Es un proceso de soldadura por fusión por arco con protección de un manto de escoria





Arco sumergido – ESAB Hispanoamérica

<https://www.youtube.com/watch?v=DVxWaRz1vdl> – revisado el 04/112021

Conclusiones



Los procesos de soldadura por arco eléctrico son los más utilizados en la industria argentina.

Las variables de soldadura comunes y más importantes son:

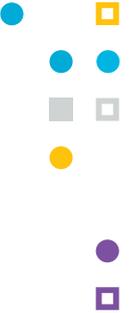
- **Intensidad de corriente eléctrica de soldadura**
- **Tensión eléctrica del arco**
- **Velocidad de soldadura**
- **Polaridad**
- **Tipo y tamaño del electrodo**

Los procesos pueden estar protegidos de la contaminación atmosférica por medio de escoria, un gas de protección o ambos.

Referencias



- **AWS A3.0; Standard Terms and Definitions; AWS; 2020**
- **Welding Handbook; Volume 2; Welding processes; Part 1; Volume 2; 2004**
- **ASM Handbook; Welding, Brazing, and Soldering; Vol. 6, 1993**
- **GTAW; EW-470 Technical Guide; Hobart Institute of Welding Technology; 2012**
- **PYMES de Japón; Passing on the craft of manual arc welding; disponible en <http://www-it.jwes.or.jp/mw/en/index.jsp> (revisado el 5/12/21)**



Canales en Youtube

Intraud;

<https://www.youtube.com/channel/UCScKKhVnJgjhRyb63mqqAH>

A (revisado el 5/12/21)

weldingtipsandtricks;

<https://www.youtube.com/c/weldingtipsandtricks> (revisado el 4/12/21)

Aprender cada día Soldadura y Calderería;

<https://www.youtube.com/c/Aprendercadad%C3%ADa/featured>

(revisado el 5/12/21)

BrazilWelds – El canal de la Soldadura;

<https://www.youtube.com/c/BrazilWeldsSoldaduraenEspa%C3%B1ol>

ol (revisado el 5/12/21)

MUCHAS GRACIAS

Si querés saber más del **INTI**
te esperamos en

soldadura@inti.gov.ar

INTIArg

@INTIargentina

INTI

@intiargentina

canalinti

www.inti.gov.ar

consulta@inti.gov.ar

0800 444 4004

