



# **MÓDULO V: OTRAS TECNOLOGÍAS**

## **TEMA 20: Procesos básicos de soldadura**

---

**TECNOLOGÍA MECÁNICA**

**DPTO. DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**Universidad del País Vasco – Euskal Herriko Unibertsitatea**

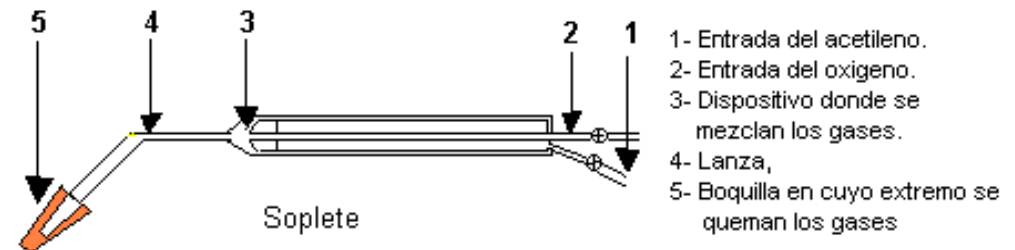
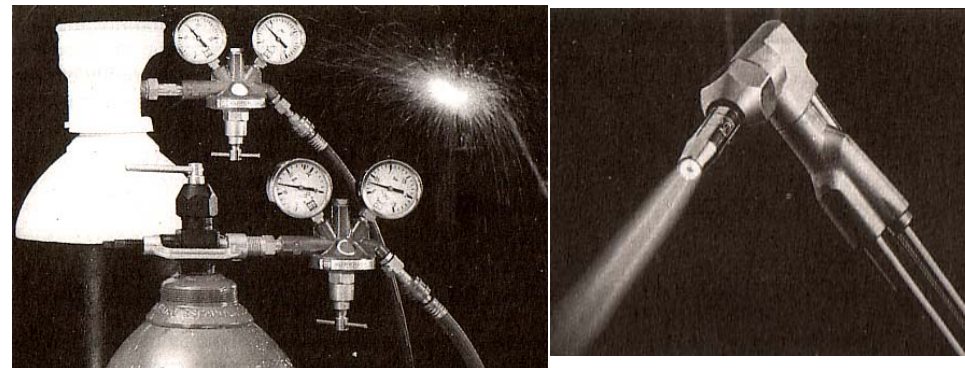


1. **Procesos Termo-Químicos**
2. **Procesos de Arco Eléctrico**
  - *Características comunes*
  - *Principales procesos*
3. **Procesos de Resistencia Eléctrica**
4. **Ejemplos de Aplicabilidad**
5. **Cuestionario tutorizado**
6. **Oportunidades laborales: empresas y productos**

## 1. Procesos Termo-Químicos

**Soldadura OXIACETILÉNICA:** la energía para al fusión proviene de la combustión de la mezcla de Oxígeno y Acetileno ( $C_2H_2$ )

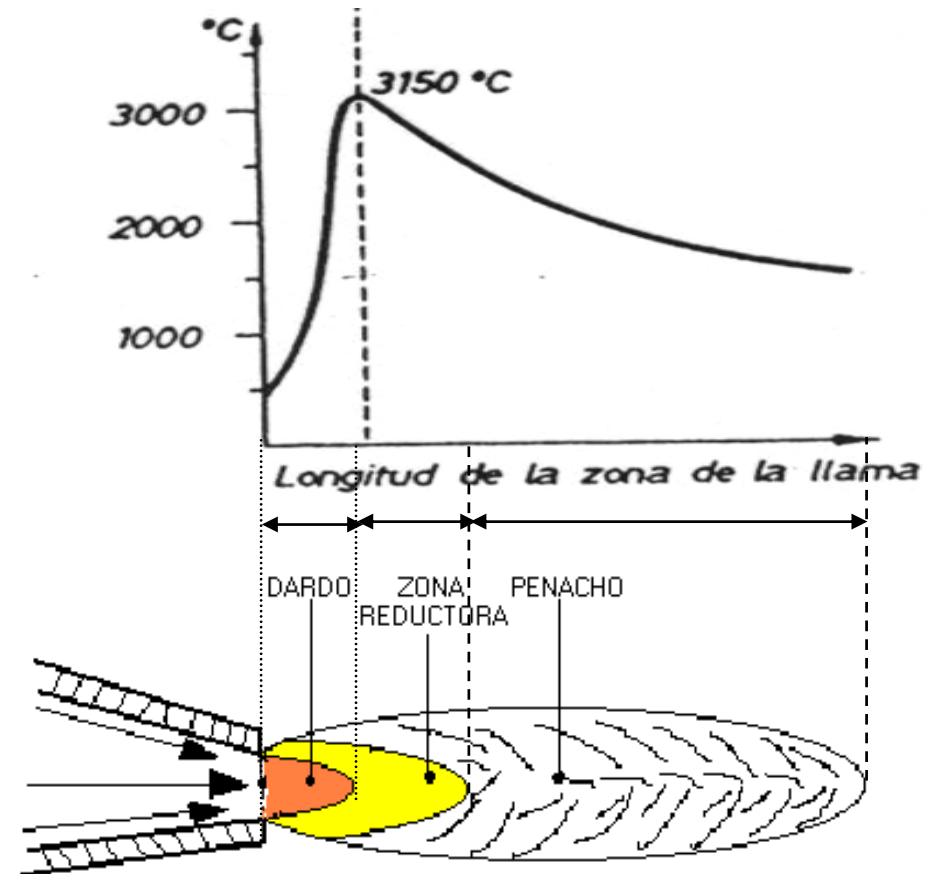
- Procedimiento MANUAL
- Metal de APORTACIÓN POR SEPARADO
- Poco control del calor aportado: soldaduras de BAJA RESPONSABILIDAD
- EQUIPO
  - Botellas de acetileno y de oxígeno
  - Mangueras
  - Soplete
  - Material de aportación



## 1. Procesos Termo-Químicos

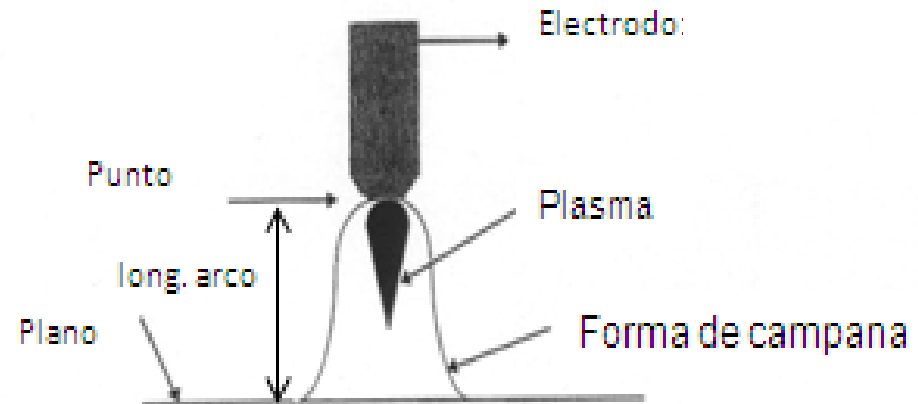
### Soldadura OXIACETILÉNICA:

- **Regiones de la llama:**
  - **DARDO:** zona de combustión (brillante)
  - **REDUCTORA:** zona de soldadura (azul)
  - **PENACHO:** zona de protección (rosada)
- **Tipos de llama:**
  - **NEUTRA:** la más utilizada (aceros con bajo contenido en C)
  - **REDUCTORA:** temperatura más baja (fundiciones)
  - **OXIDANTE:** llama corta con temperaturas muy altas (latones)



### Fundamentos

- La energía se obtiene a partir de un arco transferido entre electrodo y pieza.
- Concepto de cebado del arco:
  - Contacto electrodo-pieza
  - Alta intensidad de corriente, emisión termo-iónica
  - Separación electrodo-pieza
  - Ionización del hueco, establecimiento de un canal de plasma conductor
  - Mantenimiento del arco controlando la distancia electrodo-pieza

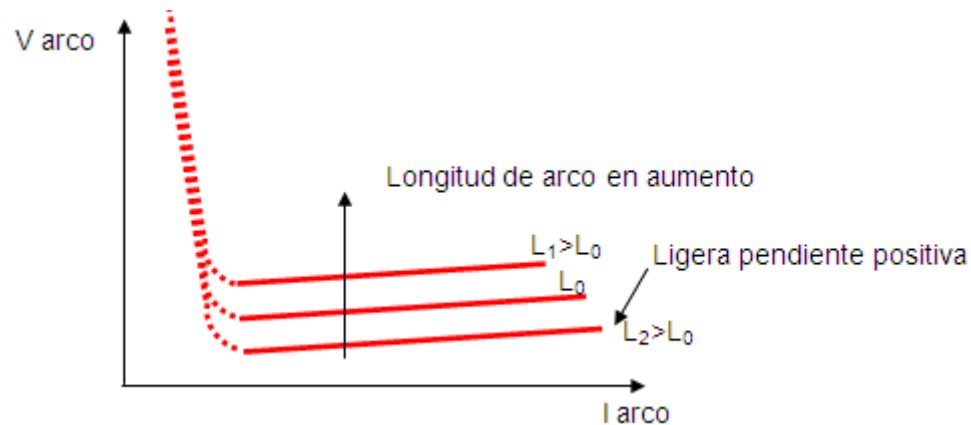


- Electrodo:
  - Permanente
  - Consumible
- Gas de protección:
  - Inerte (Helio, Argon)
  - Activo (CO<sub>2</sub>)

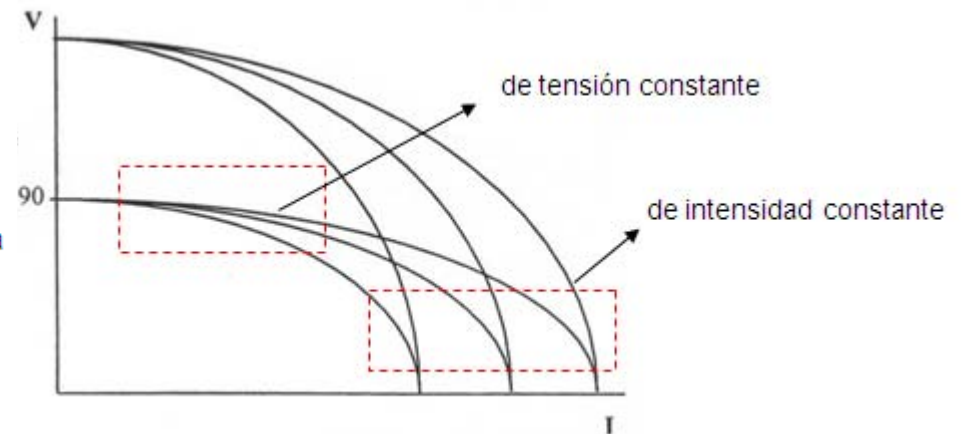
<http://www.youtube.com/watch?v=XX30Qy6QbeM>

### Curvas características del arco y de la fuente

- El punto de trabajo (combinación  $I, V$ ) es el de intersección entre ambas curvas, y debe ser mantenido durante la operación



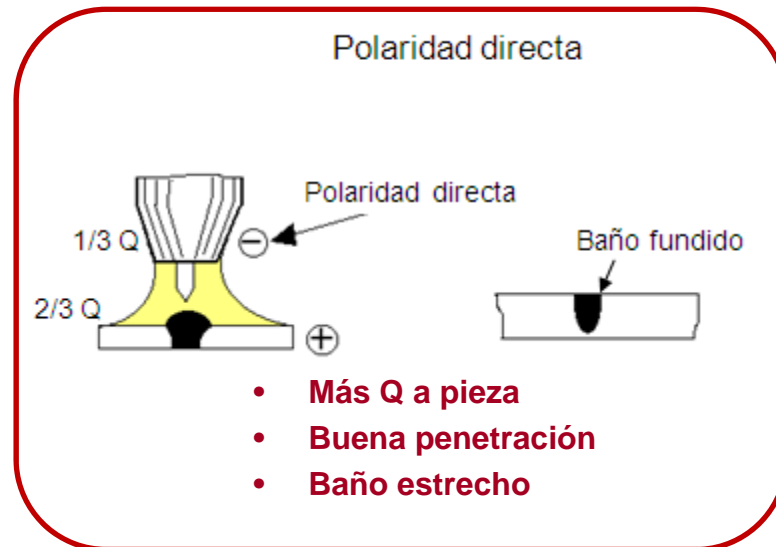
Familia de Curvas Características del arco



Curvas Características de diferentes fuentes:  
de intensidad constante y de tensión  
constante

### Influencia del tipo de corriente

- CORRIENTE CONTINUA**



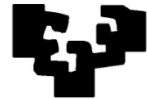
- CORRIENTE ALTERNA**

- Semi-periodo de **polaridad directa**:
  - El electrodo se enfría y se aumenta la penetración del baño
- Semi-periodo de **polaridad inversa**:
  - Efecto de limpieza del baño
- Mayor inestabilidad del arco





## 2. Procesos de Arco Eléctrico



### Principales Procesos de Arco Eléctrico

- **Procesos de Arco protegido por Gas:**
  - Soldadura TIG (GTAW): Tungsten Inert Gas
  - Soldadura MIG/MAG (GMAW): Metal Inert/Active Gas
- **Procesos de Arco protegido por polvo decapante**
  - Soldadura con electrodo recubierto (SMAW): Shielded Metal Arc Welding
  - Soldadura por arco sumergido (SAW): Submerged Arc Welding



TIG



MIG



Electrodos recubiertos

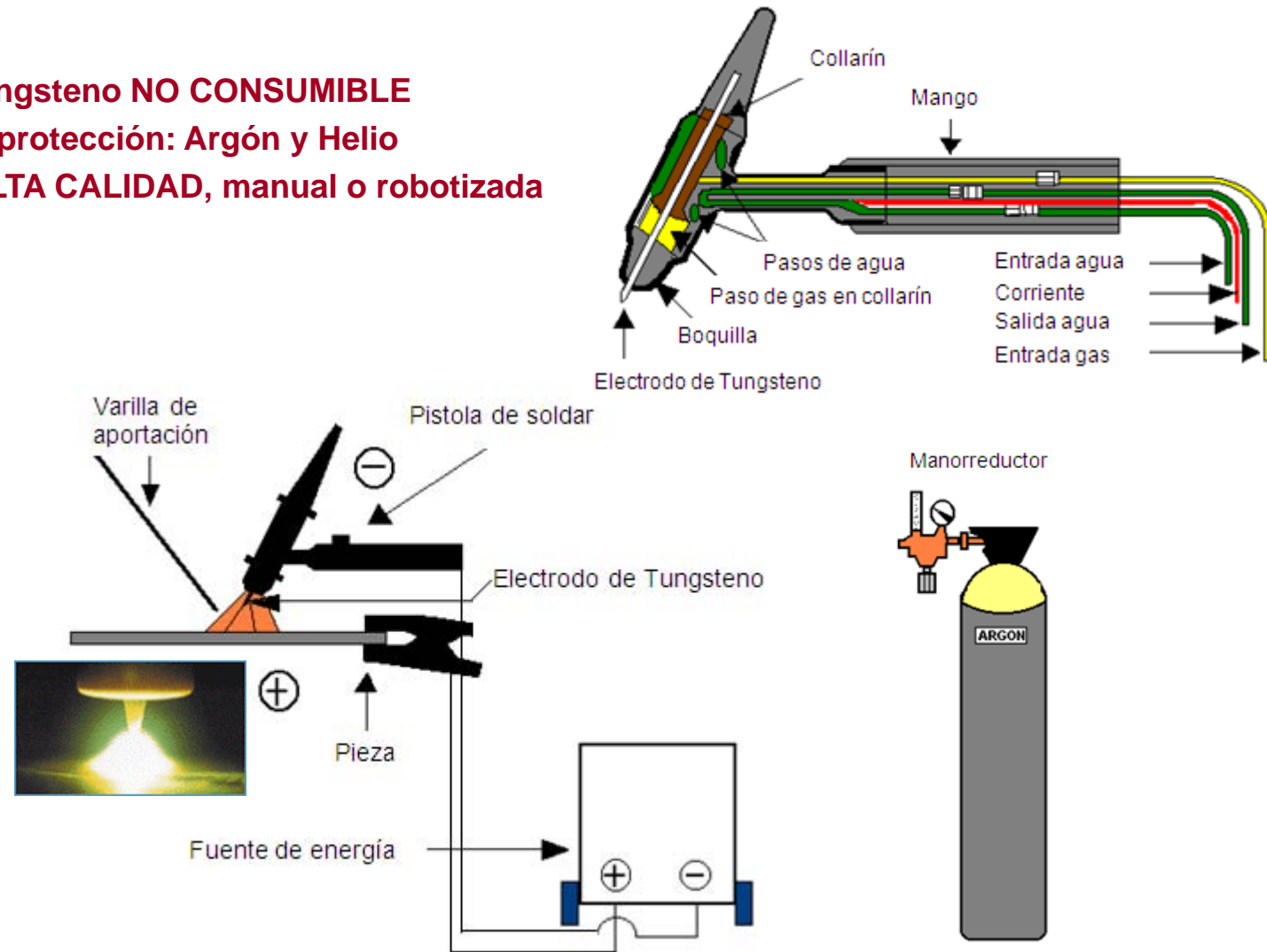


SAW



### SOLDADURA TIG

- Electrodo de Tungsteno **NO CONSUMIBLE**
- Gas **INERTE** de protección: Argón y Helio
- Soldadura de **ALTA CALIDAD**, manual o robotizada



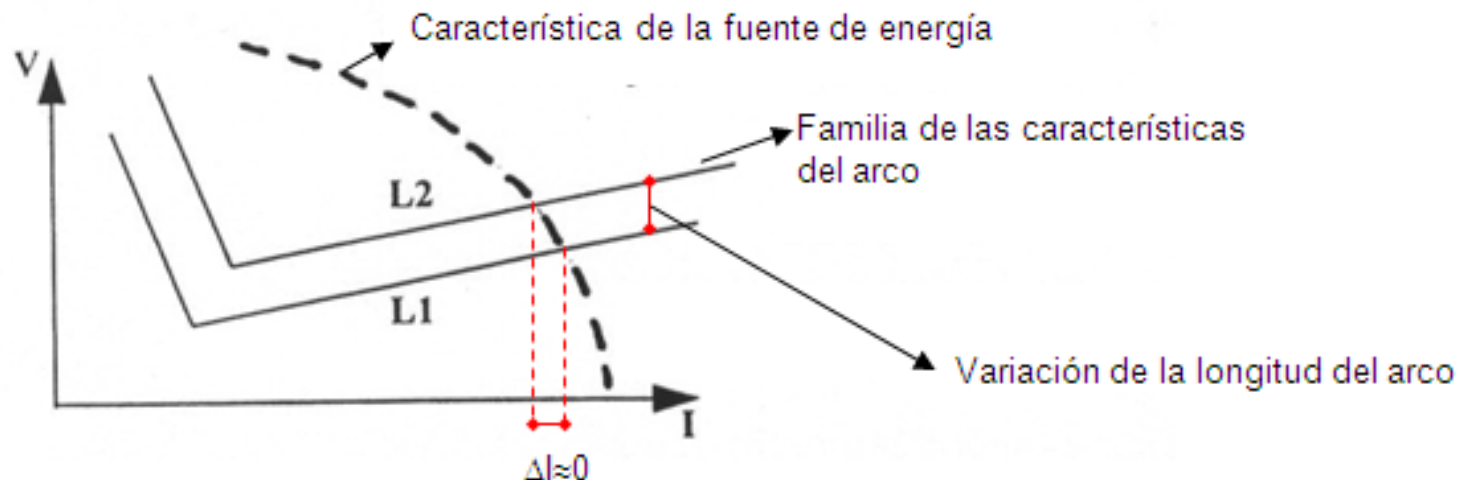


## 2. Procesos de Arco Eléctrico



### SOLDADURA TIG

- **Generalmente, CORRIENTE CONTINUA y POLARIDAD DIRECTA**
  - En soldadura de Aluminio se usa corriente alterna para limpiar el baño de óxido de aluminio
- **Electrodo de pequeño diámetro y con punta para focalizar el calor**
- **Soldaduras de gran calidad en todo tipo de posiciones y juntas, aunque no es económica para espesores grandes**
- **Soldadura típica para Aluminio y aleaciones aeronáuticas en juntas de calidad**
- **TIG pulsada: automoción, espesores pequeños**
- **Fuente de característica de intensidad constante**
  - Mayor estabilidad del arco frente a variaciones de longitud



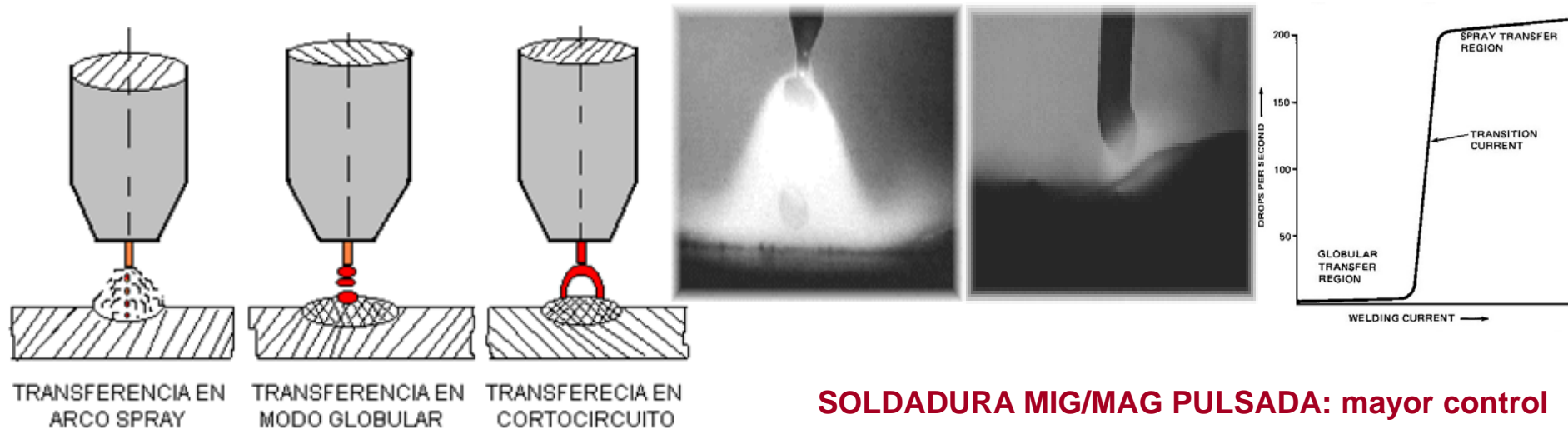


### SOLDADURA MIG/MAG

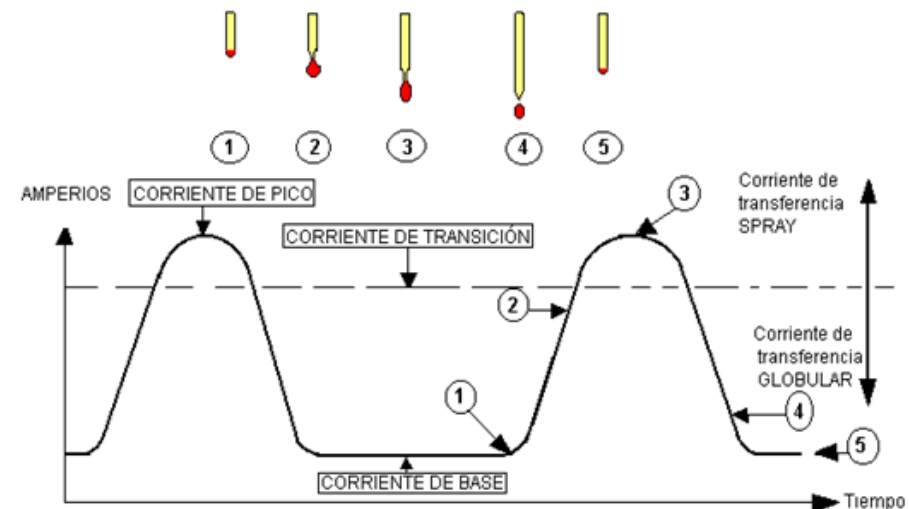
- El electrodo se emplea como **MATERIAL DE APORTACIÓN** y se suministra de forma automática
- Rango de aplicación muy amplio y generalista. **EXCLUYE:**
  - Soldaduras de muy alta calidad
  - Productividades muy elevadas y soldaduras ocasionales
- **Materiales:**
  - **MIG:** aceros de alta aleación, aleaciones de Al, Cu y Ni
  - **MAG:** aceros al carbono y de baja aleación. El gas activo proporciona mayor penetración pero mayor riesgo de defectos
- Normalmente corriente continua, polaridad inversa

## 2. Procesos de Arco Eléctrico

### SOLDADURA MIG/MAG: MODOS DE TRANSFERENCIA



- **ARCO SPRAY:**
  - Intensidad alta, gran velocidad de depósito y fuerte penetración
- **GLOBULAR**
  - Intensidad media, menor penetración, superficies horizontales
- **CORTOCIRCUITO**
  - Contacto electrodo-pieza, soldadura de chapas finas





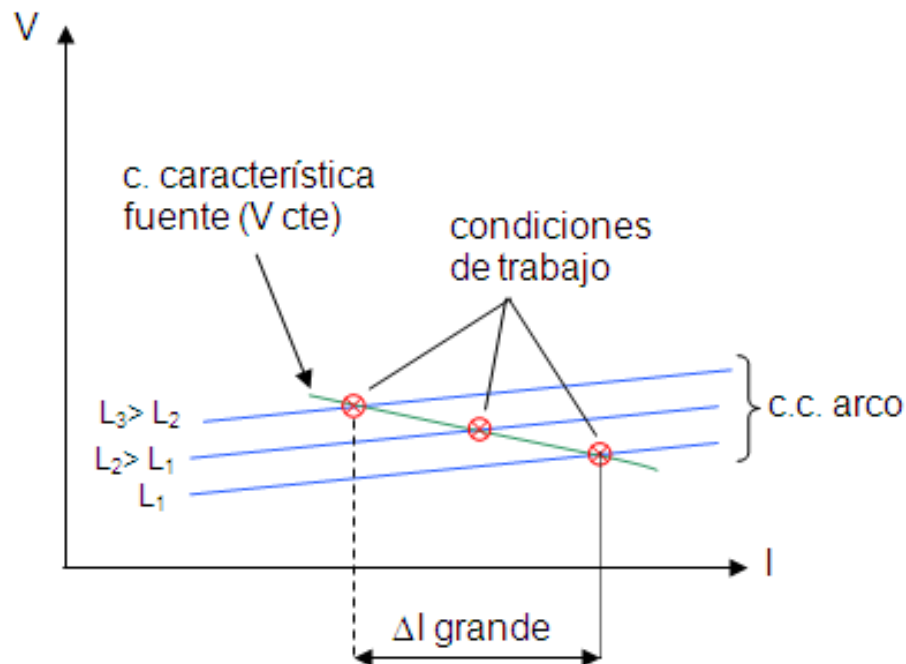
## 2. Procesos de Arco Eléctrico



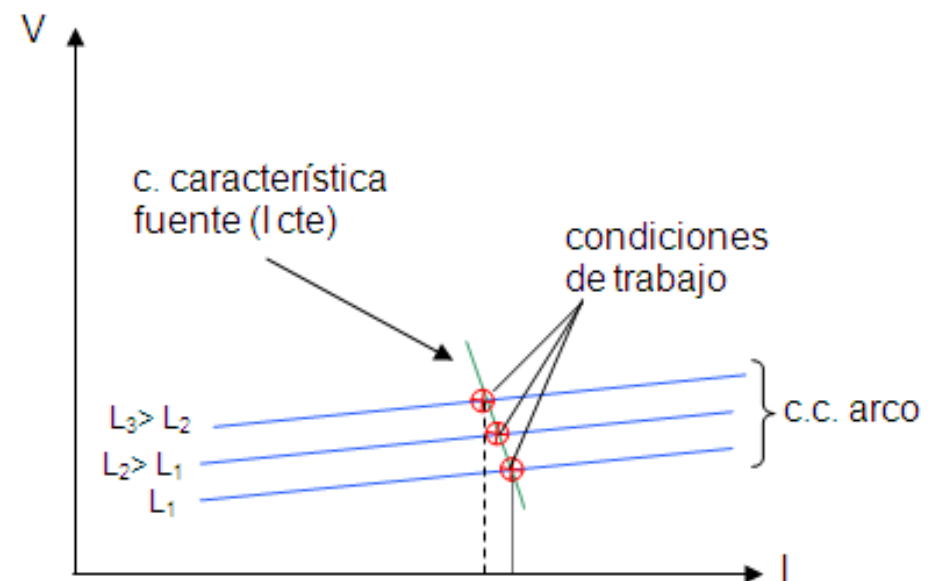
### SOLDADURA MIG/MAG: REGULACIÓN DEL ARCO

- **EL OBJETIVO** es conseguir la **ESTABILIDAD DEL ARCO** de soldadura ante variaciones de longitud del mismo

#### ARCO AUTORREGULADO

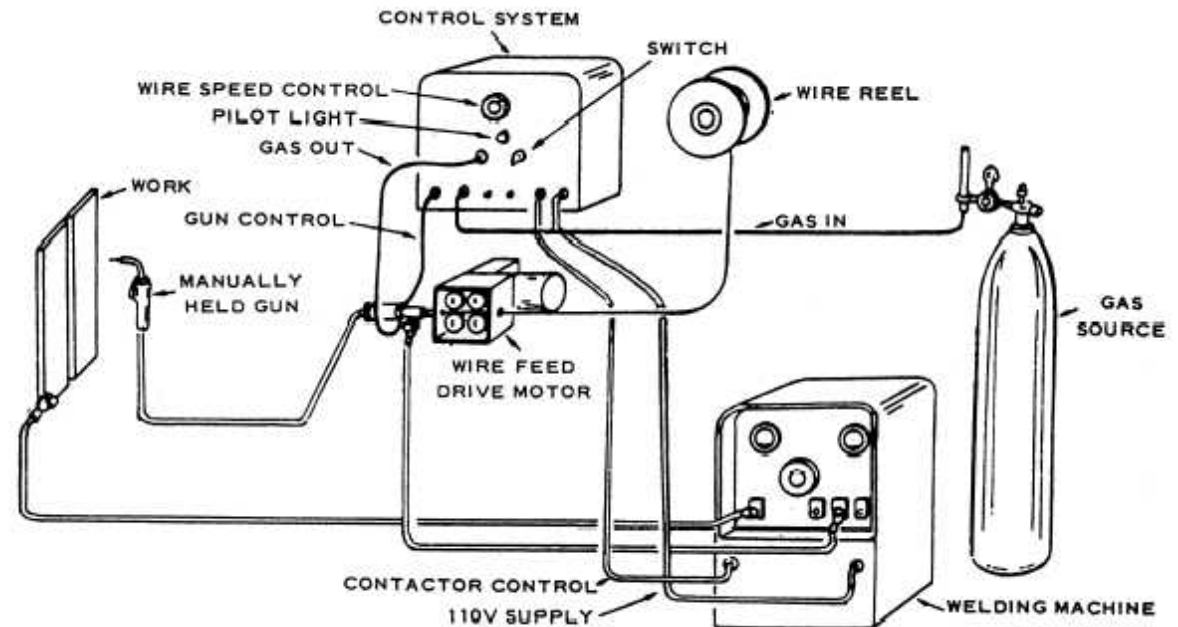
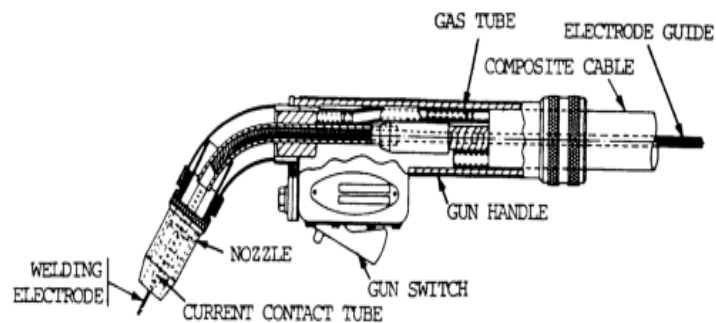


#### ARCO CONTROLADO



### SOLDADURA MIG/MAG: EQUIPAMIENTO

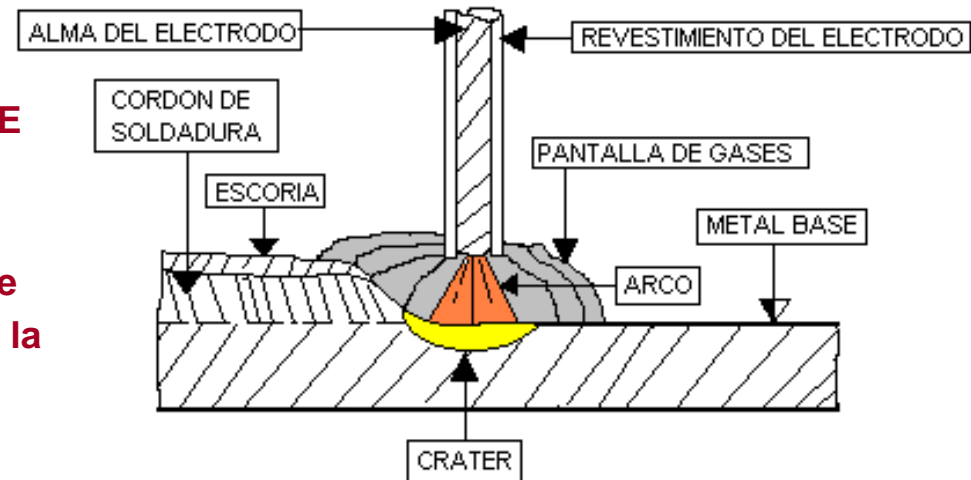
- Pistola (incluye refrigeración)
- Unidad de alimentación del hilo (electrodo):
  - Con arco autorregulado, velocidad constante
  - Con arco controlado, regulación electrónica (lazo cerrado, avance función de la tensión)
- Gas de protección:
  - MIG: Inerte, (Argón, Helio)
  - MAG: Activo ( $\text{CO}_2$ )





### SOLDADURA MANUAL CON ELECTRODO RECUBIERTO: SMAW

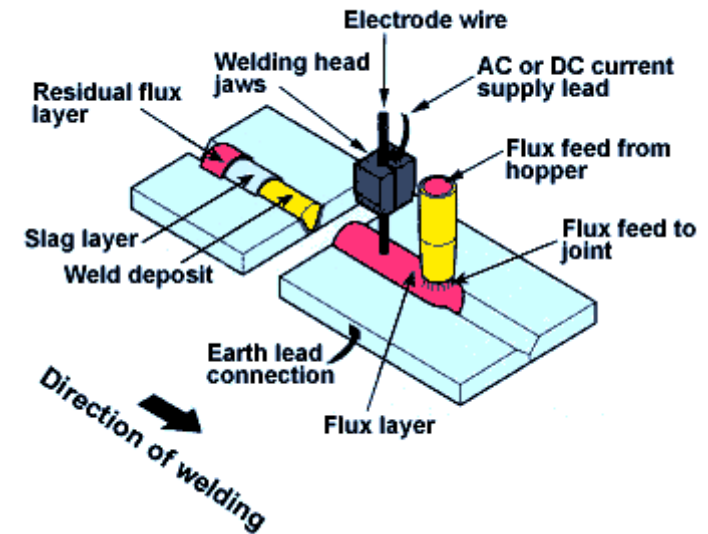
- El electrodo se emplea como **MATERIAL DE APORTACIÓN**
- Se suministra de manualmente en forma de varilla revestida del material que protege a la soldadura
- La escoria y los gases procedentes de la fusión del revestimiento protegen a la soldadura de la atmósfera
- Bajas tasas de deposición. No está pensado para automatización
- Proceso **MUY VERSÁTIL**:
  - Soldadura posicional
  - Amplia variedad de materiales soldables





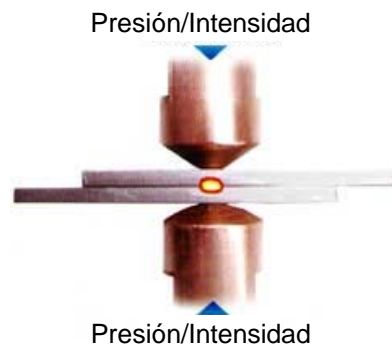
### SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO: SAW

- El electrodo se emplea como **MATERIAL DE APORTACIÓN**
- Se suministra **AUTOMÁTICAMENTE** en forma de hilo no revestido, desde un carrete de aportación continua
- Por delante del baño fundido se aporta material decapante en forma de polvo. La escoria y los gases procedentes de su fusión protegen a la soldadura de la atmósfera
- Además, la escoria protege al baño del enfriamiento (menor velocidad de enfriamiento) obteniéndose cordones de gran calidad metalúrgica
- **APLICACIONES:**
  - Soldaduras con gran penetración en el material base
  - Soldadura de grandes chapas de acero, de espesor alto
  - Muy versátil en cuando a la composición del material base

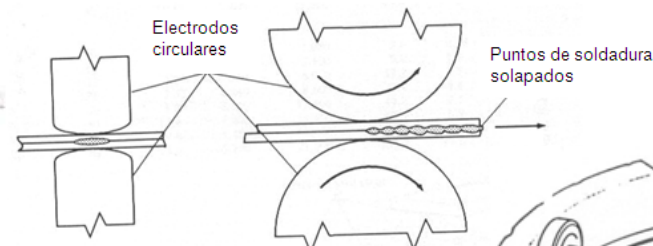


**Fundamentos:** Conjunto de procesos en los que la energía para la soldadura se obtiene por efecto Joule, haciendo pasar una corriente eléctrica entre dos elementos metálicos en contacto.

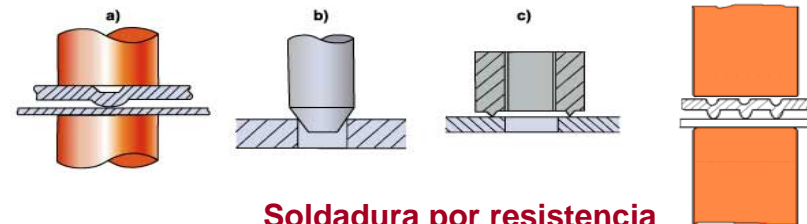
- Los electrodos focalizan la corriente y generan la presión necesaria produciendo una fusión parcial (puntos, pernos) o continua y una solidificación muy rápida de la soldadura
- Procesos de muy alta productividad
- No requieren material de aportación ni sustancias protectoras, pero las superficies a soldar deben estar limpias
- La calidad metalúrgica de las uniones es relativamente baja
- Soldadura por resistencia de pernos



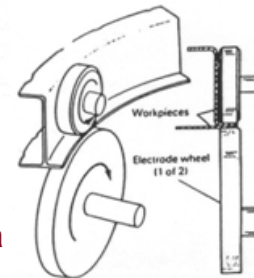
**Soldadura por puntos**



**Soldadura por resistencia continua**



**Soldadura por resistencia de elementos**



**Soldadura de pernos**





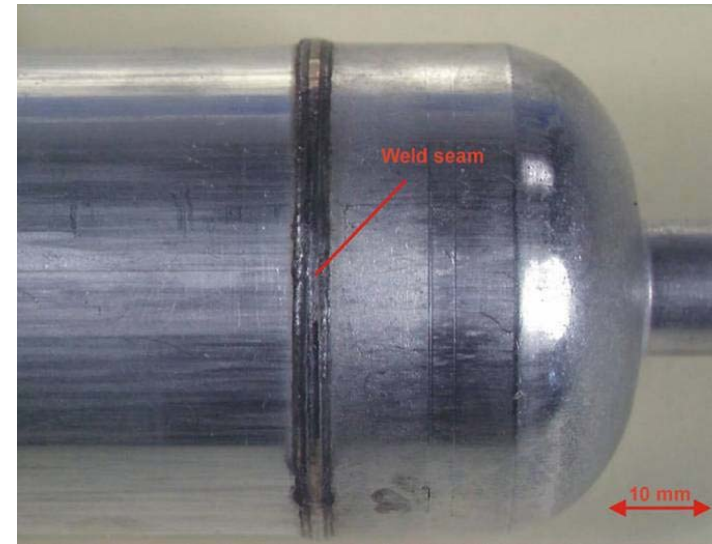
## 4. Ejemplos de aplicabilidad



### SOLDADURA TIG

#### Ejemplo 1

- Soldadura circunferencial de dos partes de recipiente para airbag de automóvil
- Aleación de aluminio EN AW-6060 (AlMgSi)
- Espesor de pared: 0,5mm
- Velocidad de soldadura: 1m/min
- Gas protector: Helio
- Corriente continua



#### Ejemplo 2

- Material: Al Mg 4.5 Mn
- Espesor de pared: 5,2mm
- Velocidad de soldadura: 0,4m/min
- Gas protector: Argon He 11
- En este caso, TIG robotizado (típico en industrias nuclear y aeroespacial)





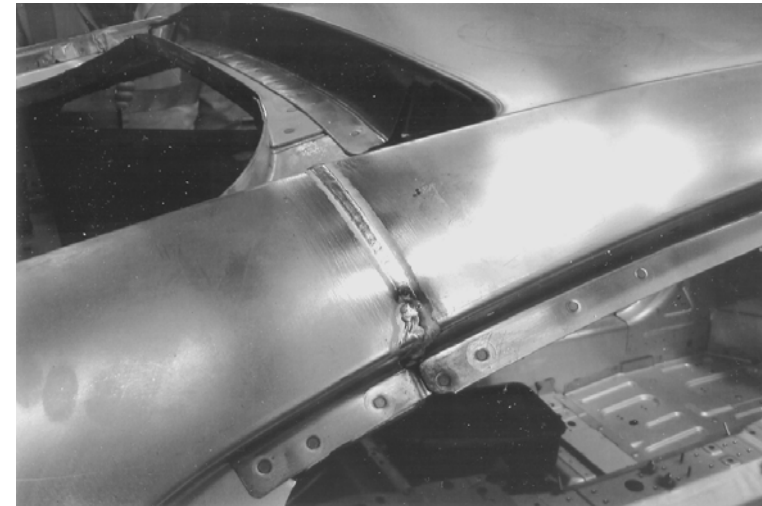
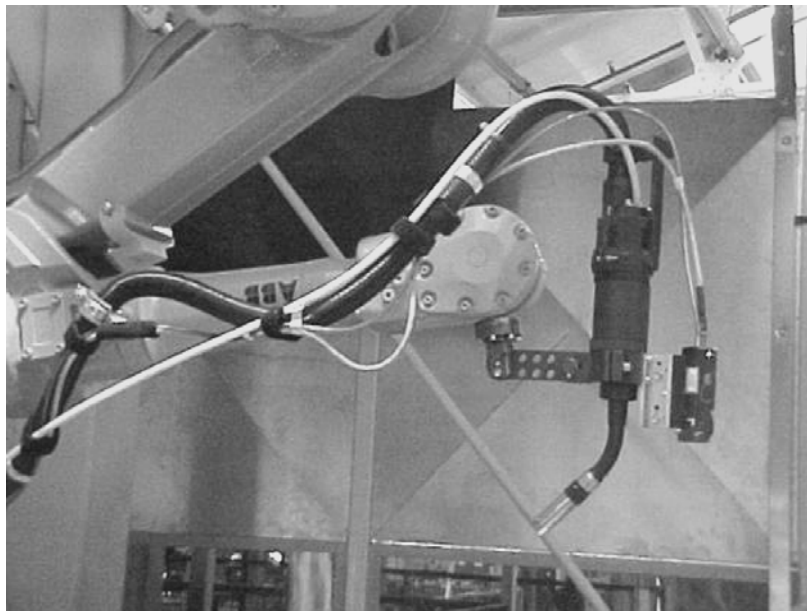
## 4. Ejemplos de aplicabilidad



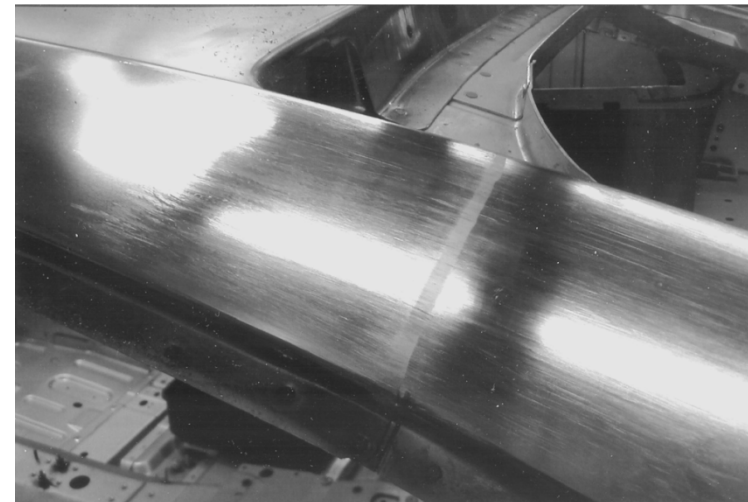
### SOLDADURA MIG

#### Ejemplo 1

- Soldadura entre pilar C y techo en un Jaguar XK deportivo
- Partes de aluminio, la soldadura queda completamente a la vista
- Soldadura robotizada
- Longitud de la soldadura: 150mm



Arriba, la soldadura MIG. Abajo, pulida a mano y preparada para pintura. Izquierda, robot de soldadura



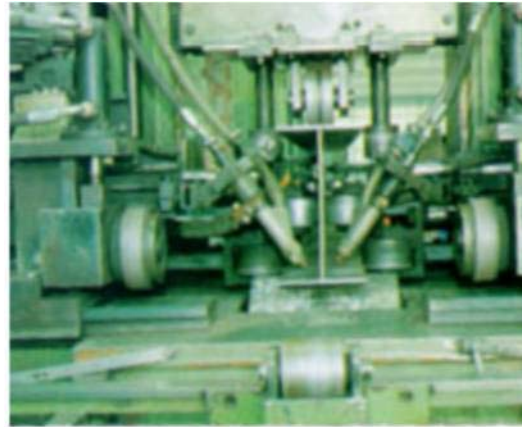


## 4. Ejemplos de aplicabilidad

### SOLDADURA SAW

#### Ejemplo 1

- Armado de perfiles tipo “doble T” soldado
- Soldadura automática
- Longitud de la soldadura >500mm



#### Ejemplo 2

- Chapa del forro exterior de un buque
- Material: acero
- Soldadura automática



#### Ejemplo 3

- Recipiente a presión
- Chapa de 165 mm de espesor
- Número de pasadas: 62
- Soldadura automática





## 5. Cuestionario tutorizado



1. ¿Por qué razones crees que la soldadura TIG proporciona uniones de mejor calidad metalúrgica que la soldadura por exiacetileno?
2. ¿Por qué crees que la soldadura TIG utiliza tungsteno para el material del electrodo?
3. ¿Por qué la soldadura TIG no resulta económica para la unión de chapas de gran espesor?
4. Explica por qué en el caso de arco controlado en soldadura MIG es necesario un lazo de control para el avance del hilo de aportación
5. ¿Por qué una menor velocidad de enfriamiento del baño fundido es adecuada para obtener uniones de mayor calidad metalúrgica?
6. ¿Por qué crees que la soldadura por puntos se utiliza ampliamente en la industria del automóvil?
7. Investiga si existen otros tipos de procesos de soldadura en la industria en los que el aporte de energía se realice por algún medio distinto de los citados en este tema



## 5. Oportunidades laborales: empresas y productos



### **Egondo S.L.**

*Montaje y soldadura de estructuras para prensas, bastidores tubulares y de chapón en calderería pesada*

*Localización: Bilbao (Bizkaia)*

*[www.egondo.com](http://www.egondo.com)*

### **Solmesa S.L.**

*Soldadura automática por arco sumergido, eléctrica, etc.*

*Localización: Eibar (Gipuzkoa)*

*[www.solmesa.epime.com](http://www.solmesa.epime.com)*

### **Laser Norte S.A.**

*Sector de transformados*

*Localización: Lemoa (Bizkaia)*

*[www.lasernorte.com](http://www.lasernorte.com)*

### **Precal S.A.**

*Productos de calderería en general*

*Localización: Galdakao (Bizkaia)*

*[www.lprecalsa.com](http://www.lprecalsa.com)*

### **Kodox**

*Soldadura y corte*

*Localización: Eibar (Gipuzkoa)*

*[www.lkodox.com](http://www.lkodox.com)*

### **Solnor**

*Aleaciones, maquinaria y procedimientos para la soldadura de mantenimiento y producción*

*Localización: Vitoria-Gazteiz (Alava)*

*[www.solnor.sl.com](http://www.solnor.sl.com)*



**EGONDO, soldadura en elemento estructural para maquinaria pesada**