

# Soldeo por Resistencia

## INDICE

---

16.1. Principios del proceso .....	378
16.2. Ciclo de soldeo.....	379
16.3. Variables del proceso de soldeo .....	379
16.4. Procesos de soldeo por resistencia.....	380
16.4.1. Soldeo por puntos.....	380
16.4.2. Soldeo por protuberancias .....	382
16.4.3. Soldeo por roldanas.....	384
16.5. Equipo de soldeo por resistencia .....	386
16.6. Electrodo y mordazas .....	386

## 16.1. Principios del Proceso

En los procesos de soldeo por resistencia el calor se genera por medio de una corriente eléctrica de elevada intensidad que se hace circular con ayuda de dos electrodos durante un corto espacio de tiempo, a través de la unión que se desea soldar. Los metales que constituyen la unión ofrecerán una resistencia al paso de esta corriente y, por tanto, se generará un calor, que será máximo en la intercara de las piezas (zona de unión) ya que la resistencia al paso de la corriente también es máxima en dicha zona. (Ver Ley de Joule capítulo 2).

En este proceso de soldeo, a parte de requerirse el paso de una corriente eléctrica, es necesario aplicar una presión durante y después del paso de la corriente para conseguir la unión de los metales.

El calor generado va a ser **función** de la capacidad de la máquina, del material a soldar y de su espesor, de la presión aplicada y del reglaje de los parámetros (clase de corriente eléctrica, intensidad de la corriente de soldeo, tiempo de soldeo).

Los principales **procesos de soldeo** por resistencia que existen son los siguientes:

- Por puntos.
- Por proyección, resaltes o protuberancias.
- Por roldanas.
- A tope.
- Por chisporroteo.

En la tabla 16.1 se indican las denominaciones según UNE-EN ISO 4063 y AWS A3.0 de los diferentes procesos de soldeo.

UNE-EN ISO 4063	AWS A3.0
2, Soldeo por resistencia	RW, Resistance Welding
21, Soldeo por puntos por resistencia	RSW, Resistance Spot Welding
22, Soldeo de costuras por resistencia	RSEW, Resistance Seam Welding
23, Soldeo por proyección o por protuberancias	PW, Projection Welding
24, Soldeo por chispa o por chisporroteo	FW, Flash Welding
25, Soldeo a tope por resistencia, soldeo por recalado	UW, Upset Welding

TABLA 16.1: DENOMINACIÓN DE LOS DIFERENTES PROCESOS DE SOLDEO POR RESISTENCIA

## 16.2. Ciclo de Soldeo

El ciclo de soldeo viene determinado por la secuencia de operaciones hasta conseguir la unión de los metales.

Las fases son:

- Posicionamiento.
- Fase de soldeo.
- Fase de mantenimiento.
- Fase de cadencia o de relajación.

Durante la **fase de posicionamiento**, se ejerce sobre los electrodos una presión tal que obligue a las superficies, que van a soldarse posteriormente, a permanecer unidas.

En la **fase de soldeo**, se hace pasar una corriente eléctrica aplicando una diferencia de potencial a los electrodos mientras se mantiene la presión entre ellos. La presión durante esta fase suele ser ligeramente inferior a la ejercida en la fase de posicionamiento. Cuando se ha alcanzado la temperatura requerida para soldar (en el caso del acero y dependiendo del tipo de éste es de 1500°C a 1700°C), se corta el paso de corriente y se incrementa la presión que se estaba ejerciendo sobre los electrodos, iniciándose entonces la **fase de mantenimiento**.

Por último, viene la **fase de cadencia** durante la cual se reduce la presión hasta liberar las piezas ya soldadas.

Algunas veces se utiliza el calor para realizar tratamientos térmicos, como precalentamientos previos a la fase de soldeo o tratamientos postsoldo.

## 16.3. Variables del Proceso de Soldeo

Las principales variables del soldeo por resistencia son:

- Clase de corriente eléctrica.
- Intensidad de la corriente de soldeo.
- Tiempo de soldeo.
- Resistencia eléctrica de la unión.
- Presión aplicada.

La **corriente eléctrica** más utilizada es la alterna tanto monofásica como trifásica. La corriente alterna, de gran intensidad y baja tensión, se genera en el secundario de un transformador y se aplica a las piezas a soldar por medio de sendos electrodos de contacto, refrigerados por aire o agua.

Los parámetros que definen una corriente eléctrica de soldeo por resistencia están comprendidos en los intervalos siguientes:

- Tensión: entre 1 y 30 voltios.
- Intensidad: entre 1000 y 100000 amperios.
- Frecuencia: estándar (50 Hz en Europa y 60 Hz en USA) excepto para el procedimiento de alta frecuencia en la que oscila entre 10000 y 500000 Hz.

Observando la expresión de la ley de Joule ( $Q = I^2 \cdot R \cdot T$ ) se observa que la intensidad de soldeo es el factor de mayor influencia en la generación de calor, por tanto es el que más cuidadosamente hay que controlar. Será necesario alcanzar un valor mínimo para que los metales a unir se fundan, sin superar un valor máximo que llevaría a un exceso de fusión y salpicaduras debidas a la presión de los electrodos.

El **tiempo de soldeo** es el tiempo durante el cual está circulando la corriente de soldeo. Valores típicos están comprendidos entre 0,1 y varios segundos.

La **presión aplicada** durante la fase de forja puede ser aplicada directamente por los electrodos o a través de otros elementos.

La influencia de la presión se manifiesta en la resistencia eléctrica, que disminuye al aumentar la presión, y en el efecto de forja sobre el núcleo solidificado procedente del metal fundido, que le confiere una estructura de grano fino y otras cualidades propias de los metales forjados.

La fuerza que se aplica a los electrodos varía entre los 100 y 500 kg, pudiendo sobrepasar este valor en algunos casos. La fuerza se desarrolla por la acción de un sistema neumático o hidráulico.

## **16.4. Procesos de Soldeo por Resistencia**

### **16.4.1. Soldeo por puntos**

La figura 16.1 representa, de forma esquemática, la realización de un punto de soldadura por resistencia eléctrica. Para ello, los materiales de base se disponen

solapados entre sendos electrodos, que tienen la misión de aplicar secuencialmente la presión y la corriente correspondientes al ciclo, produciéndose un punto de soldadura de forma lenticular.

El punto de soldadura se localiza bajo los electrodos y en la superficie de contacto de los dos materiales, por ser la zona de mayor resistencia eléctrica y por tanto la zona donde se genera mayor calor.

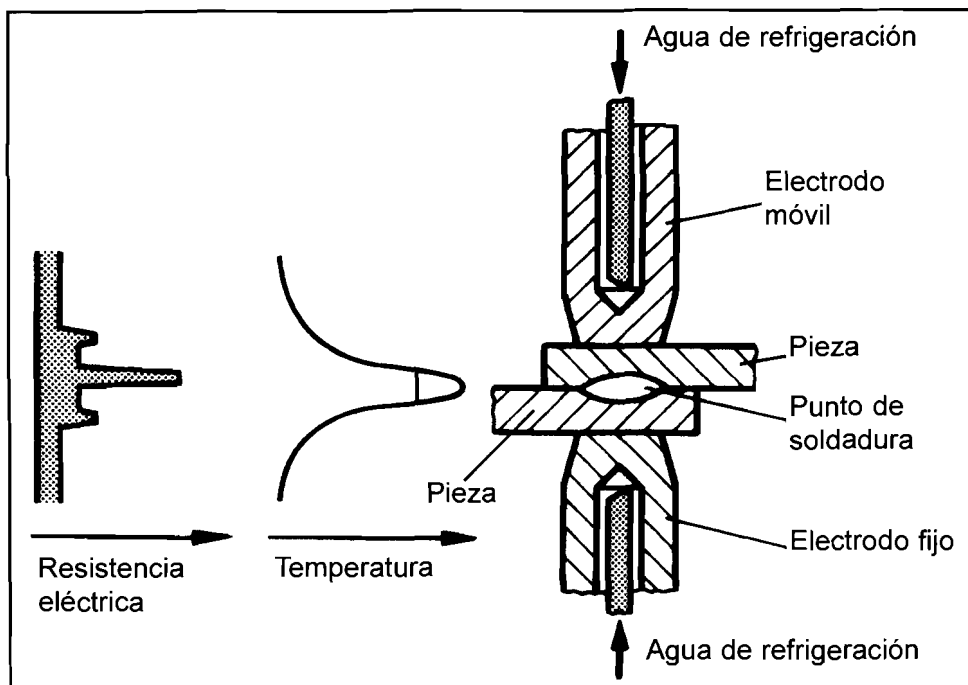


FIGURA 16.1: SOLDEO POR PUNTOS

El soldado por puntos se realiza con máquinas como la que se muestra de forma esquemática en la figura 16.2.

El soldado por puntos, al igual que el resto de los procedimientos de soldado por resistencia eléctrica, se realiza con un **alto grado de automatización**, particularmente en lo que se refiere a la aplicación secuencial de la presión y de la corriente.

Tiene sus principales **aplicaciones** en la fabricación de carrocerías de automóviles, electrodomésticos y muebles metálicos. El procedimiento es adecuado para soldar componentes de acero al carbono, acero inoxidable, aluminio y cobre, de espesores comprendidos entre 0,1 y 20 mm; aunque el espesor máximo de las aplicaciones más frecuentes es de 8 mm.

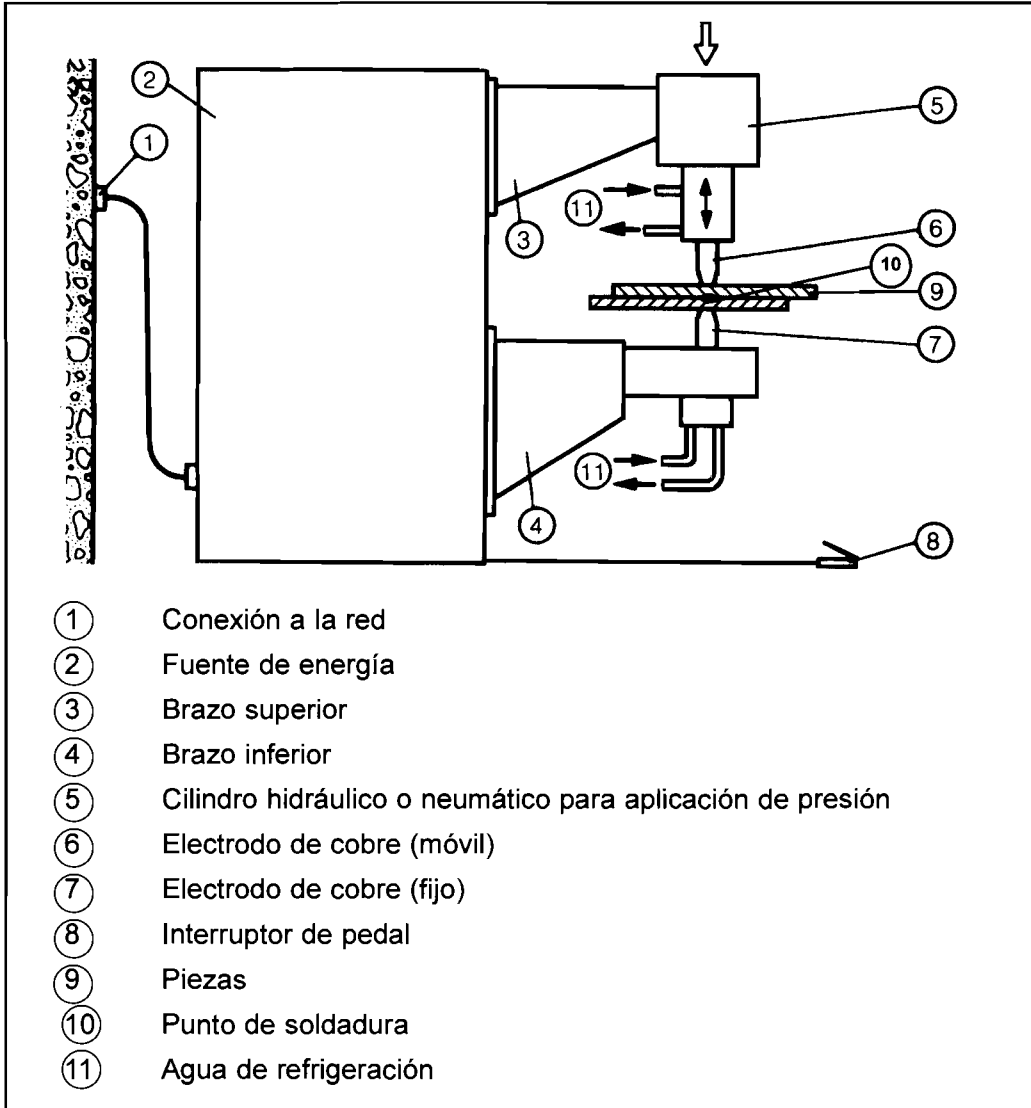


FIGURA 16.2: EQUIPO DE SOLDEO POR PUNTOS

## 16.4.2. Soldeo por protuberancias

El **soldeo por protuberancias** es una forma de unión que se deriva del clásico procedimiento de soldeo por puntos.

Consiste en practicar previamente resaltes en uno de los materiales de base, y a veces en ambos, en los lugares donde se desea que exista un punto de soldadura. El

objeto de tales resaltes es una mejor distribución de la corriente y concentrar el área de aplicación de la fuerza ejercida por medio de los electrodos (ver figura 16.3).

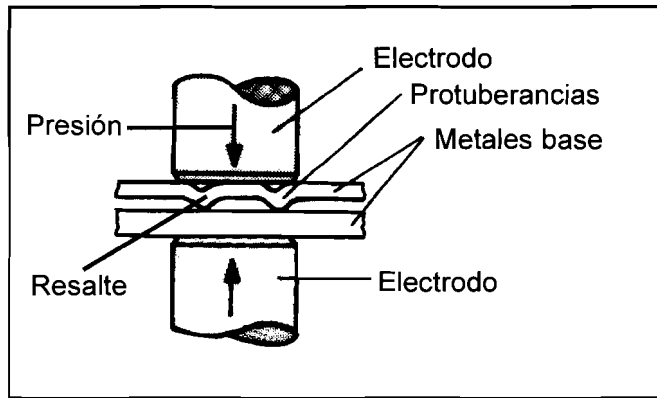


FIGURA 16.3: SOLDEO POR PROTUBERANCIAS

En el soldeo por proyecciones, el paso de la corriente dentro del material no viene determinada por las dimensiones de los **electrodos** como es el caso del soldeo por puntos, sino por las dimensiones de las **protuberancias**.

En este proceso, habitualmente los electrodos son de mayor diámetro que en el soldeo por puntos, cubriendo a la vez varios resaltes.

Se aplica a una amplia variedad de componentes, normalmente de formas complicadas cuyos espesores oscilan entre 0,5 y 6 mm. Los resaltes suelen hacerse por embutición, hasta 2,5 mm, y por mecanizado para espesores mayores de 2,5 mm.

A veces se aprovechan las protuberancias **naturales** que algunas piezas por su geometría presentan.

La fuerza o presión (esfuerzo de compresión) debe ser aplicado firmemente sobre la protuberancia, con el fin que ésta tenga un buen contacto con la chapa que va a ser soldada. El esfuerzo de compresión aplicado debe asegurar un aplastamiento completo de la protuberancia una vez haya sido soldada.

Algunas **aplicaciones** del soldeo por protuberancia son: soldeo de placas, chapas y piezas embutidas sobre tubos, soldeo de tuercas y vástagos roscados, soldeo de tubos o de alambres en cruz y de alambres sobre tubos y soldeo de artículos de cocina.

## 16.4.3. Soldeo por roldanas

En el **soldeo eléctrico por roldanas**, igual que en los casos anteriores, es el efecto del paso de una corriente eléctrica y la aplicación de una presión las causantes de la unión metalúrgica de los materiales a soldar.

El soldeo por roldanas es una variante del soldeo por puntos en la que se obtienen una serie de puntos solapados [ver figura 16.4 (A)] o aislados [ver figura 16.4 (B)].

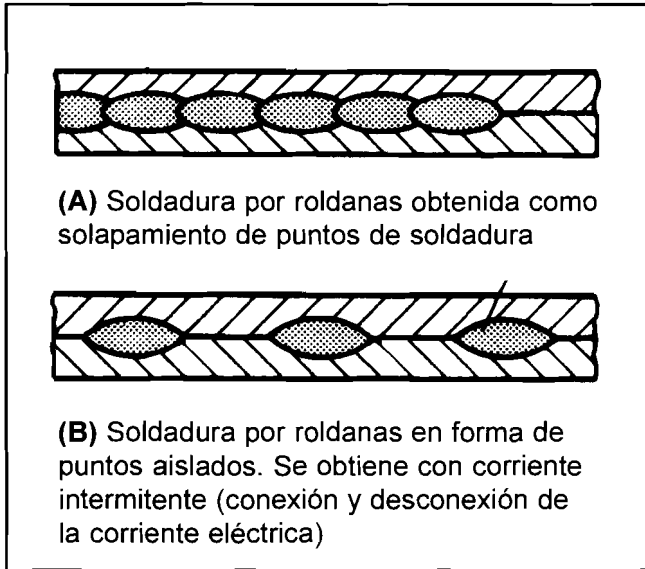


FIGURA 16.4: SOLDADURAS POR ROLDANAS

En este procedimiento los electrodos son roldanas que, además de aplicar la fuerza y corriente eléctrica, arrastran en su giro a los materiales base (ver figura 16.5).

El objetivo de este proceso mediante el solapamiento de los puntos, es el de producir soldaduras **lineales** que permitan una gran **estanqueidad**, como es el caso de la fabricación de **depósitos** y **bidones** (en general de 0,05 a 3 mm de espesor) de cualquier material en posición plana.



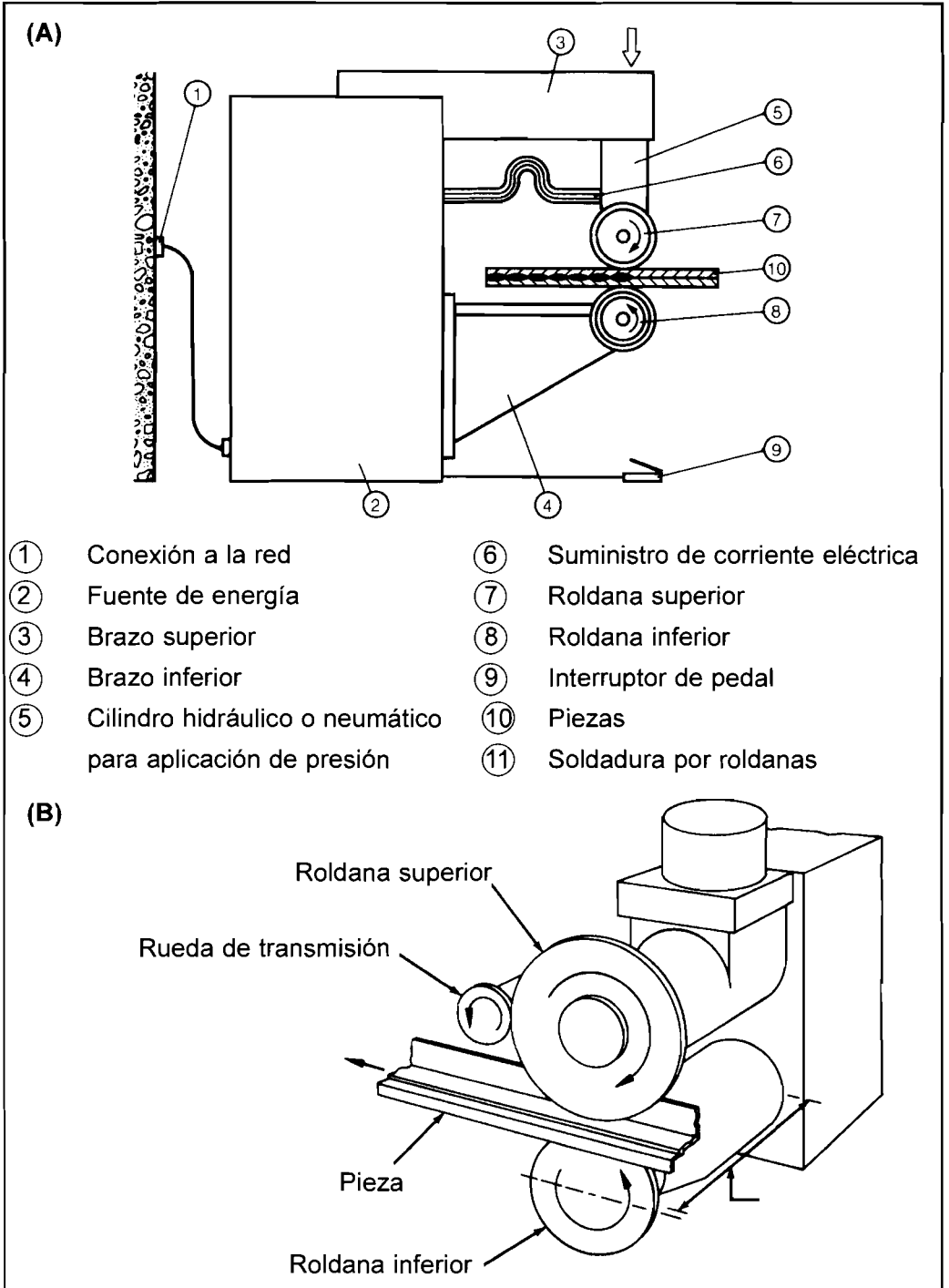


FIGURA 16.5: (A) MÁQUINA DE SOLDEO POR ROLDANAS. (B) DETALLE DE LAS ROLDANAS

## 16.5. Equipo de Soldeo por Resistencia

El equipo necesario para el soldeo por resistencia consta principalmente de tres **elementos**:

- Un **circuito eléctrico**, que consiste en un transformador, y un circuito secundario, que consiste en los electrodos que permiten la conducción de la corriente eléctrica.
- Un **sistema mecánico** que permita, bien a través de un sistema hidráulico o neumático, ejercer sobre los materiales a soldar la presión necesaria para favorecer la unión.
- Un **sistema de control** que permita regular el tiempo de paso de la corriente eléctrica, la secuencia de tiempos y la magnitud de la corriente eléctrica aplicada.

## 16.6. Electrodos y Mordazas

Las herramientas que son más empleadas, y por ello tienen un mayor desgaste, son los **electrodos**, los cuales pueden tener diferentes formas y tamaños, dependiendo del tipo de soldeo.

Un electrodo de soldeo puede prestar las siguientes **funciones**:

- Conducir la corriente eléctrica hacia todas las partes del sistema.
- Transmitir la presión de soldeo.
- Fijar y soportar los materiales a soldar alineados.
- Retirar el calor que se produce en la zona soldada a zonas adyacentes.

Por tanto, los materiales adecuados para fabricar electrodos deben conducir muy bien la electricidad y el calor, debiendo tener una resistencia mecánica adecuada para soportar la presión aplicada.

Todos los electrodos **soportan** una **gran densidad de corriente** (de 8 a 120 A/mm<sup>2</sup>), al igual que elevadas presiones y el **impacto** en el momento del ajuste.

El material utilizado para los electrodos suele ser cobre o alguna aleación de base cobre; a veces se utilizan aleaciones refractarias (de cobre-volframio o de cobre-molibdeno) o materiales refractarios puros (molibdeno, volframio) cuando los materiales a soldar son de gran resistencia. Los electrodos suelen ir refrigerados por agua y en algunos casos por aire.