

## Capítulo 11

# Introducción al Soldeo por Arco Protegido con Gas

## INDICE

---

11.1. Procesos de soldeo por arco que utilizan gas de protección.....	230
11.2. Gases de protección.....	230
11.2.1. Clasificación de los gases de protección.....	231
11.2.2. Propiedades de los gases .....	231
11.2.3. Argón .....	233
11.2.4. Helio .....	233
11.2.5. Dióxido de Carbono, CO <sub>2</sub> .....	235
11.2.6. Efecto de las adiciones de determinados gases al gas de protección .....	235
11.3. Gas de respaldo .....	236
11.4. Mezcladores de gas .....	239
11.5. Identificación de las botellas con los gases más utilizados en el soldeo y corte.....	240
11.6. Designación de los gases para soldeo y corte por arco eléctrico.....	240

## **11.1. Procesos de Soldeo por Arco que Utilizan Gas de Protección**

Los procesos de soldeo por arco protegidos por gas más comunes son:

- Soldeo TIG.
- Soldeo MIG/MAG.
- Soldeo por plasma.
- Una de las dos variantes del proceso FCAW utiliza gas de protección además de la acción protectora del fundente.

La función primordial de los gases de protección es evitar que el metal a altas temperaturas, el baño de fusión y el electrodo se oxiden o contaminen con impurezas. Si el aire entra en contacto con el metal fundido, el oxígeno del aire reaccionará con el material produciendo óxidos, el nitrógeno puede causar porosidad y la humedad del aire puede también causar porosidad y provocar grietas.

Otra función importante de los gases de protección es la de facilitar la transferencia del material en la soldadura por arco, ionizándose para permitir el establecimiento del arco y la formación de la columna de plasma (ver capítulo 3).

## **11.2. Gases de Protección**

Se utilizan básicamente tres gases como protección durante el soldeo:

- Argón.
- Helio
- Dióxido de Carbono<sup>1</sup>

Estos tres gases se utilizan tanto separadamente como mezclados entre sí. Se añaden en algunos casos pequeñas cantidades de:

- Oxígeno.
- Hidrógeno.
- Nitrógeno

---

1. El Dióxido de Carbono también se denomina anhídrico carbónico y su formulación química es CO<sub>2</sub>.

### 11.2.1. Clasificación de los gases de protección

En la siguiente figura 11.1 se clasifican los gases en dos grandes grupos: activos e inertes, al lado de cada gas se indica su símbolo o fórmula química.

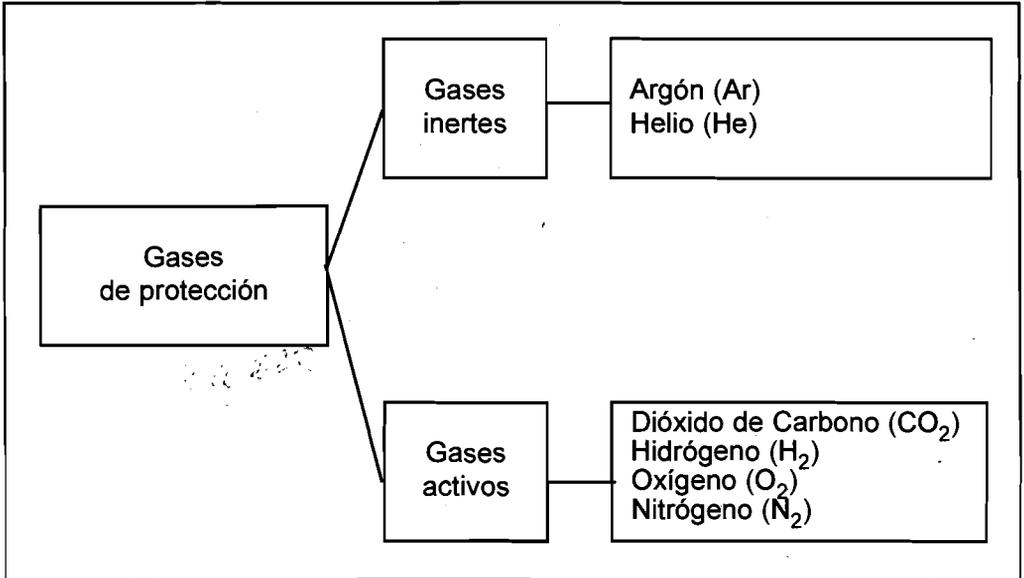


FIGURA 11.1: CLASIFICACIÓN DE LOS GASES DE PROTECCIÓN

Una mezcla de gases es activa siempre que alguno de sus componentes lo sea y sólo es inerte si todos sus componentes lo son; por tanto las mezclas Argón + CO<sub>2</sub>, Argón + O<sub>2</sub>, Argón + H<sub>2</sub>, Argón + Helio + CO<sub>2</sub> ... son activas (independientemente del porcentaje del gas activo); sólo es inerte la mezcla Argón + Helio.

Un gas se denomina activo porque reacciona químicamente de alguna forma a la temperatura del arco, al contrario que los inertes que permanecen inalterables en cualquier circunstancia.

### 11.2.2. Propiedades de los gases

Las propiedades o características de los gases a tener en cuenta son:

- Energía de ionización
- Densidad
- Conductividad

# *Introducción al Soldeo por Arco Protegido con Gas—*

## *Energía de ionización*

Recordemos que al establecerse un arco eléctrico el gas circulante se ioniza, es decir se produce la separación, con carácter reversible, de los átomos o moléculas del gas en iones y electrones: se forma la columna de plasma. También los gases formados con más de un átomo, como el nitrógeno ( $N_2$ ) o el hidrógeno ( $H_2$ ), se disocian, es decir se produce la separación, con carácter reversible, de los iones en sus átomos.

Para conseguir estos fenómenos, ionización y disociación, es necesario suministrar al gas una energía, denominada respectivamente de ionización y de disociación. En ambos casos esta energía la proporciona el propio arco eléctrico durante la operación de soldeo.

Cuando el gas ionizado o disociado entra en contacto con la pieza a soldar se enfría y el plasma se convierte de nuevo en gas; es decir los iones y átomos se vuelven a unir formando el gas en el mismo estado que antes de comenzar la operación de soldeo. Al unirse los átomos se libera la energía de ionización o de disociación que se transmite a la pieza.

Por tanto, cuanto mayor sea la energía de ionización de un gas más difícil será el establecimiento del arco, dificultad de cebado y menor estabilidad del arco, pero mayor será la energía que aporte a la pieza.

Como ejemplo: el argón posee una energía de ionización más baja que el helio razón por la cual el arco de argón aporta menos calor que el de helio.

La energía para ionizar cualquiera de los gases activos nombrados también es mayor que la energía de ionización del argón, consecuentemente aportarán mayor calor a la pieza.

## *Densidad*

Cuanto mayor sea la densidad de un gas se requerirá menor caudal para obtener la misma protección, ya que cubrirá más fácilmente la zona de soldeo.

Como ejemplo: El argón posee una densidad más alta que el helio y la del  $CO_2$  es mayor que la del argón, por lo tanto hará falta menos caudal de argón que de helio y menos de  $CO_2$  que de argón para un mismo grado de protección.

## *Conductividad térmica*

La conductividad térmica es la facilidad para transmitir el calor. Cuanto mayor sea la conductividad térmica la distribución de temperaturas en el arco es más homogénea, dando lugar a cordones más anchos y penetración más uniforme. Ejemplo: La conductividad del argón es menor que la del helio, lo que supone que la penetración con helio es mayor que con argón.

### 11.2.3. Argón

Las características de este gas son:

- **Eficiente protección debido a su alta densidad.** El argón es 1,4 veces más pesado que el aire, lo que significa que tiende a cubrir bien el área de soldadura en contraposición al helio que es mucho más ligero que el aire. La densidad del argón es diez veces superior a la del helio. Debido a ello se requiere un caudal de helio dos o tres veces superior al de argón para proporcionar al arco la misma protección. Debido a su mayor densidad, el argón es también más aconsejable para soldar en posición bajo techo y vertical y es menos sensible a las corrientes de aire.
- **Cebado fácil.** Es más fácil cebar el arco en argón que en helio, por la menor energía de ionización del argón. También es más fácil cebar el arco en argón que en  $\text{CO}_2$ .
- **Buena estabilidad del arco.** El argón posee una baja energía de ionización, lo que facilita el cebado y origina arcos estables y tranquilos con pocas proyecciones. Esta cualidad es particularmente importante en el soldeo con corriente alterna.
- **Económico.** El argón es generalmente menos costoso que el helio, aunque es más caro que el  $\text{CO}_2$ . El empleo del helio resulta económico en Estados Unidos donde este gas suele acompañar al crudo en los pozos de petróleo.
- **Idóneo para pequeños espesores.** Al tener una energía de ionización reducida, necesita tensiones reducidas y produce, consecuentemente, arcos poco enérgicos, con aporte de calor reducido, resultando idóneo para el soldeo de piezas de pequeños espesores.
- **Forma del cordón y penetración.** El argón tiene una conductividad térmica más baja que el helio, por lo que el calor se concentra en la zona central del arco produciendo penetraciones de aspecto característico y similar al representado en la figura 11.2. El  $\text{CO}_2$  tiene una conductividad intermedia entre la del helio y la del argón aunque más parecida a la del argón.

### 11.2.4. Helio

Las características más importantes del helio son:

- Potencial de ionización elevado.
- Alta conductividad por lo que la columna de plasma es ancha.
- Muy baja densidad.

## Introducción al Soldeo por Arco Protegido con Gas—

Por tanto las **propiedades** más importantes del helio son:

- Aporte térmico muy elevado.
- Se obtienen cordones anchos y de gran penetración.
- Se puede realizar el soldeo a gran velocidad.

Debido a estas características la principales **aplicaciones** del helio son:

- Soldeo de grandes espesores.
- Soldeo automatizado donde se puedan emplear grandes velocidades.
- Soldeo de materiales de gran conductividad, por ejemplo el cobre, reduciéndose la necesidad de precalentamiento.

Sin embargo el helio tiene los siguientes **inconvenientes**:

- Poca estabilidad del arco en comparación con el argón.
- Debido a su baja densidad se requiere que el caudal sea muy elevado para una correcta protección, por lo tanto no suele resultar muy económico. En general el caudal debe ser de 2 a 2,5 veces el requerido con argón.

En muchas ocasiones se añade helio al argón para aumentar el aporte térmico y la penetración.

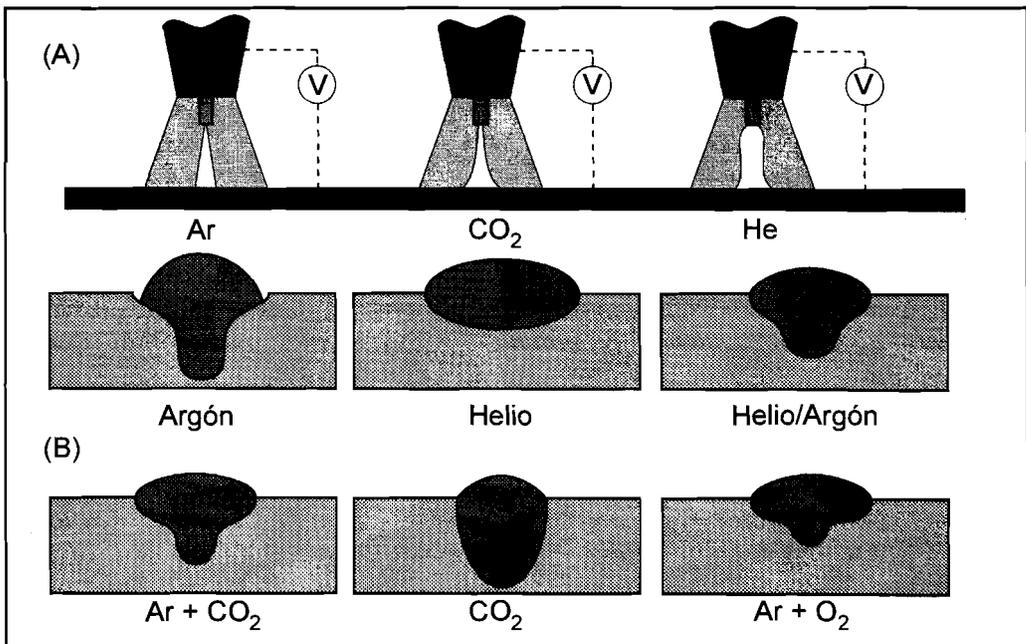


FIGURA 11.2 (A): FORMA DE LA COLUMNA DE PLASMA EN FUNCIÓN DEL GAS DE PROTECCIÓN (SOLDEO MIG O MAG); (B): FORMA DEL CORDÓN EN FUNCIÓN DEL GAS DE PROTECCIÓN (SOLDEO MIG O MAG)

### **11.2.5. Dióxido de carbono, CO<sub>2</sub>**

Es el único gas activo que puede utilizarse como protección, aunque únicamente se utiliza en el soldeo MAG o en el soldeo FCAW (tanto puro como mezclado).

Las **ventajas** más importantes del CO<sub>2</sub> son:

- Bajo coste
- Gran penetración
- Alta velocidad de soldeo

Los **inconvenientes** son:

- Se producen gran cantidad de salpicaduras.
- No se puede conseguir transferencia “spray”, únicamente se puede conseguir transferencia globular o en cortocircuito.
- La superficie de los cordones queda ligeramente oxidada.

Normalmente se utiliza mezclado con argón para disminuir los inconvenientes del CO<sub>2</sub>.

En la figura 11.2 (A) se representan las formas de las columnas de plasma obtenidas en función del gas de protección en soldeo MIG ó MAG y la figura 11.2(B) representa la forma de los cordones que se pueden obtener con diferentes gases en el soldeo MIG o MAG, para observar esta figura se debe tener en cuenta que no es una indicación de la penetración sino solo de la forma del cordón.

### **11.2.6. Efecto de las adiciones de determinados gases al gas de protección**

#### ***Adiciones de Oxígeno***

Solamente se utiliza como aditivo del argón en el soldeo MAG y FCAW.

La adición de pequeñas cantidades de oxígeno:

- Estabiliza el arco.
- Permite conseguir transferencia en “spray” con intensidades más bajas.
- Aumenta la cantidad de gotas de metal de aportación formadas.
- Mejora el aspecto del cordón.
- Consigue un baño de fusión más fluido.

## ***Introducción al Soldeo por Arco Protegido con Gas—***

Sin embargo, nunca se podrá utilizar en grandes cantidades (normalmente nunca superiores al 8%) porque se produciría la oxidación del metal fundido.

### ***Adiciones de hidrógeno***

Normalmente solo se utiliza como aditivo del argón (hasta el 5% de hidrógeno), para el soldeo TIG o plasma.

Se obtienen las siguientes ventajas:

- Aumenta el aporte térmico.
- Permite aumentar la velocidad de desplazamiento.
- Aumenta la anchura y penetración del cordón de soldadura.

Nunca se debe utilizar para el soldeo de aceros al carbono, de baja aleación, ni para aceros inoxidable ferríticos, ya que en estos materiales el hidrógeno puede producir fisuración.

### ***Adiciones de nitrógeno***

A veces se añade nitrógeno al argón en el soldeo por plasma, soldeo TIG y en el soldeo MAG. Sin embargo no es una adición muy común. Suele utilizarse casi exclusivamente en el soldeo del cobre y sus aleaciones.

Las ventajas de su adición son:

- Bajo coste.
- Aumenta la penetración y anchura del cordón.
- Aumenta el aporte térmico.

En la tabla 11.1 se resume lo anterior indicando el proceso y material al que se aplica cada gas.

## **11.3. Gas de Respaldo**

El gas de respaldo es suministrado por la raíz de la soldadura para protegerla durante el soldeo. Esto es necesario en algunos materiales como el acero inoxidable y en la mayoría de los materiales no féreos. También suele ser necesario cuando se utilizan insertos consumibles. Sin embargo, no es preciso para el soldeo de aceros al carbono ni para la mayoría de los aceros de baja aleación.

Los gases más utilizados como respaldo están indicados en la tabla 11.1.

Para suministrar el gas de respaldo en el soldeo de chapas se utilizan dispositivos como el de la figura 11.3.

**—Introducción al Soldeo por Arco Protegido con Gas**

Gas de protección	Proceso	Material
Argón (Ar)	TIG	Todos los materiales
Helio (He)	MIG	Todos los materiales no féreos y aceros inoxidable
Argón + Helio		
Ar + O <sub>2</sub> (Ar+CO <sub>2</sub> )	MAG	Aceros altamente aleados
Ar + CO <sub>2</sub>		Aceros no aleados y de baja y media aleación
Ar + CO <sub>2</sub> + Oxígeno		
CO <sub>2</sub>		
Ar + CO <sub>2</sub> + Oxígeno	FCAW	Aceros al carbono, de baja aleación y aceros inoxidable
CO <sub>2</sub>		
Ar + Oxígeno		
Ar + He	Protección de raíz	Metales afines con el oxígeno, titanio
Argón		Otros metales
Nitrógeno + Hidrógeno		
Nitrógeno		
Argón + Nitrogéno		
Argón + Hidrógeno		

TABLA 11.1

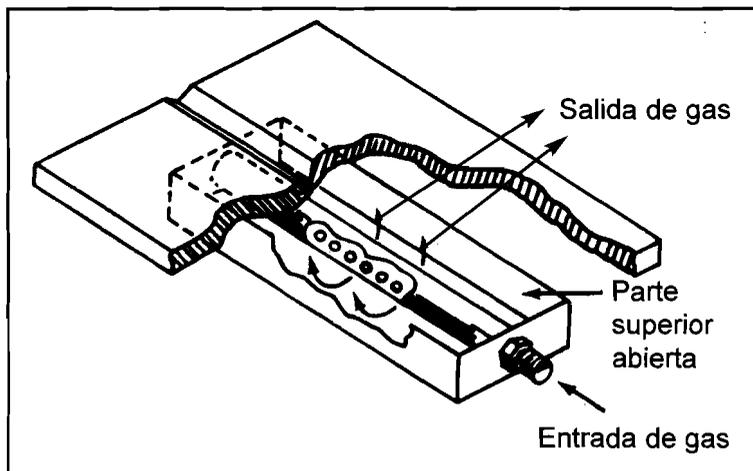


FIGURA 11.3: ZAPATA PARA GAS DE RESPALDO

## ***Introducción al Soldeo por Arco Protegido con Gas—***

En el soldeo de tuberías se deben emplear cartones rígidos, discos de madera, discos de papel soluble, tapones u obturadores expandibles o tapones inflables para procurar la máxima estanqueidad posible, de forma que se asegure una atmósfera protectora sin malgastar el gas de respaldo (Ver figura 11.4). En cualquier caso se debe prever una entrada y una salida de gas para evitar que aumente la presión interior. Si se utilizan como gas de respaldo argón o nitrógeno, o mezclas ricas en éstos, la entrada deberá situarse en un nivel inferior a la salida ya que estos gases son más densos que el aire, de esta forma se evita que el gas de respaldo salga sin arrastrar el aire existente. La disposición se invertirá en el caso de utilizar gases más ligeros que el aire (helio o hidrógeno). El orificio de salida debe ser mayor o igual al de entrada para evitar un aumento de la presión interior.

Si no se utilizan insertos consumibles se deberá adaptar a la cara externa de la unión una cinta adhesiva no transpirable, que se va retirando a medida que avance el depósito de la primera pasada.

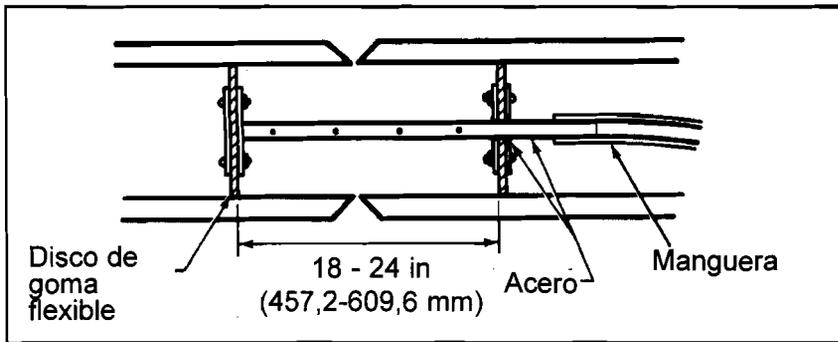


FIGURA 11.4: DISPOSITIVO PARA GAS DE RESPALDO

### ***Purgado previo al soldeo***

Antes de empezar a soldar se debe purgar la tubería o la raíz de la unión, retirando todo el aire que esté rodeando a la raíz de la soldadura.

Antes de realizar el purgado se tapanán todas las uniones que van a soldarse empleando, por ejemplo cinta adhesiva. Todas las ramificaciones de la tubería también deben cerrarse lo más cerca posible de la zona de soldeo para disminuir la cantidad de gas utilizado.

Generalmente, para el purgado se utilizan caudales de gas de 10-25 l/min. con una duración que depende del diámetro de tubería y su longitud.

Para determinar la duración del purgado se dividirá el volumen de la tubería a proteger entre el caudal de gas.

## —Introducción al Soldeo por Arco Protegido con Gas

Por ejemplo:

- Para purgar una tubería de 450 mm de diámetro y 6 m de longitud con un caudal de gas de 25 l/min se necesitan 38 minutos. Para realizar el cálculo se puede utilizar la siguiente fórmula:

$$\text{Tiempo de purgado (min)} = \frac{\text{Diámetro (mm)} \cdot \text{Diámetro (mm)} \cdot 3,14 \cdot \text{Longitud (m)}}{\text{Caudal (l/min)} \cdot 4000}$$

$$\text{Tiempo de purgado (min)} = \frac{450 \cdot 450 \cdot 3,14 \cdot 6}{25 \cdot 4000} = 38 \text{ min}$$

- Para una tubería de 150 mm de diámetro y 300 mm de longitud el tiempo de purgado con un caudal de 15 l/min.

$$\text{Tiempo de purgado} = \frac{150 \cdot 150 \cdot 3,14 \cdot 0,3}{15 \cdot 4000} = 0,35 \text{ min} = 21 \text{ segundos}$$

Se deberá realizar el purgado de 4 a 6 veces.

Una vez realizado el purgado se disminuye el caudal de gas hasta un nivel adecuado que podrá ser de 4-6 l/min cuando la unión está bien cerrada, por ej. cuando se emplean insertos consumibles, o de 7-9 l/min en los demás casos.

No se recomienda cortar el suministro de gas de respaldo hasta que se hayan depositado al menos 2 cordones además del de raíz.

### 11.4. Mezcladores de Gas

Los gases pueden obtenerse mezclados o puede mezclarlos directamente el usuario, para lo cual deberá utilizar mezcladores adecuados. Por razones de seguridad se recomienda obtener Ar + hidrógeno ya mezclado.

Un mezclador es un equipo capaz de mezclar en las cantidades deseadas dos ó más gases, por ejemplo CO<sub>2</sub> y argón o argón y oxígeno. Se suministra al mezclador los gases puros y se selecciona la proporción de los gases y el caudal de la mezcla.

Para conseguir mezclas de gases a partir de gases licuados se tiene que convertir el líquido en gas antes de la mezcla.

## **11.5. Identificación de las Botellas con los Gases más Utilizados en el Soldeo y Corte**

Gas	Color	
	Cuerpo	Ojiva
Oxígeno	Negro	Blanca
Aire	Negro	Blanca y Negra
Acetileno	Rojo	Marrón
Hidrógeno	Rojo	Roja
Nitrógeno	Negro	Negra
Anhídrido Carbónico (CO <sub>2</sub> )	Negro	Gris
Metano	Rojo	Gris
Argón	Negro	Amarilla
Helio	Negro	Marrón

## **11.6. Designación de los Gases para Soldeo y Corte por Arco Eléctrico**

De acuerdo con la norma UNE-EN 439 los gases se designan de la siguiente forma:

En primer lugar se escribe el término “gas de protección”, seguido del número de esta norma, del grupo y del número de identificación del gas establecido en la siguiente tabla 11.2.

La primera columna de la tabla 11.2 clasifica las distintas combinaciones entre componentes gaseosos, según su comportamiento químico. El significado de las siglas que en esta columna aparecen es el siguiente:

- R: mezcla de gases reductores.
- I: gases inertes y mezcla de gases inertes.
- M: mezcla de gases oxidantes que contienen oxígeno, anhídrido carbónico o ambos.

## —Introducción al Soldeo por Arco Protegido con Gas

- C: gases fuertemente oxidantes o mezclas de gases fuertemente oxidantes.
- F: gases no reactivos o con mezcla de gases reductores.

Designación		Constituyentes, % Volumen						Aplicaciones típicas	Notas
Grupo	Nº Identificación	Oxidante		Inerte		Reductor	No Reactivo		
		CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	Ar	He	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>		
R	1			Resto		>0 a 15		Soldeo TIG, soldeo por arco plasma, corte por arco plasma, protección por el reverso	Reductor
	2			Resto		> 15 a 35			
I	1			100				Soldeo MIG, TIG, soldeo por arco plasma, protección por el reverso	Inerte
	2				100				
	3			Resto	>0 a 95				
M1	1	>0 a 5		Resto		>0 a 5		MAG	Ligeramente oxidante
	2	>0 a 5		Resto					
	3		>0 a 3	Resto					
	4	>0 a 5	>0 a 3	Resto					
M2	1	>5 a 25		Resto				MAG	Oxidación más pronunciada
	2		>3 a 10	Resto					
	3	>0 a 5	>3 a 10	Resto					
	4	>5 a 25	>0 a 8	Resto					
M3	1	>25 a 50		Resto				MAG	Oxidación más pronunciada
	2		>10 a 15	Resto					
	3	>5 a 50	>8 a 15	Resto					
C	1	100						MAG	Oxidación más pronunciada
	2	Resto	>0 a 30						
F	1						100	Corte arco plasma Protección por el reverso	No reactivo Reductor
	2					>0 a 50	Resto		

TABLA 11.2: CLASIFICACIÓN DE LOS GASES DE PROTECCIÓN PARA SOLDEO Y CORTE POR ARCO ELÉCTRICO DE ACUERDO CON UNE-EN 439: 1995

# Introducción al Soldeo por Arco Protegido con Gas—

## Ejemplos:

Una mezcla que contenga el 30% de helio y el resto de argón se designará:

*Gas de Protección UNE-EN 439-I3*

Si el argón es parcialmente sustituido por helio, a la designación de la mezcla original se le añade al final un número de identificación adicional según la Tabla 11.3 entre paréntesis. Así una mezcla M21 con el 25% de helio se designa:

*Gas de Protección UNE-EN 439-M21 (1)*

Si se añade algún otro elemento gaseoso de los no recogidos en la tabla 11.2, la mezcla de gases se considera especial y se designa anteponiendo a la designación del gas de base la letra “S” y escribiendo al final de la designación el símbolo + seguido del % del gas adicional. Así una mezcla de gas especial que contenga un 10% de anhídrido carbónico, 3% oxígeno y el resto argón (M24), al que se le añade un 2.5% de neón, se designará:

*Gas de Protección UNE-EN 439 - S M24 +2.5Ne*

Número de Identificación	Contenido en helio, % en volumen
(1)	>0 a 33
(2)	>33 a 66
(3)	>66 a 95

TABLA 11.3: NUMERO DE IDENTIFICACIÓN PARA GASES QUE CONTIENEN HELIO EN LOS GRUPOS R Y M