



**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

**ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES**

**Grado en Ingeniería Mecánica**

**CONTROL DE CALIDAD DE SOLDADURAS EN  
ESTRUCTURAS METÁLICAS.**

**Autor:**

**JAVIER SANZ MORO**

**Tutor:**

**FRANCISCO ALONSO ÁLVAREZ**

**Departamento:**

**Construcciones Arquitectónicas, Ingeniería  
del Terreno, Mecánica de los Medios  
Continuos y Teoría de Estructuras**

**Valladolid, Mayo de 2021.**



---

## **RESUMEN:**

Este proyecto resuelve el problema de cualificar un soldador y un robot soldador según las normativas vigentes para obtener los certificados de cualificación según las normativas UNE-EN ISO correspondientes y poder trabajar con garantías suficientes una vez obtenidos los certificados de su cualificación.

## **PALABRAS CLAVE**

Soldadura

Cualificación

MAG

Cupón

Robot.

## **ABSTRACT:**

This project solves the problem of qualifying a welder and a welding robot according to current regulations in order to have their qualification certificates according to the corresponding UNE-EN ISO regulations and to be able to work with guarantees according to their qualification certificates.

## **KEY WORDS:**

Welding

Qualification

MAG

Coupon

Robot



## Tabla de contenido

RESUMEN: .....	3
PALABRAS CLAVE.....	3
ABSTRACT:.....	3
KEY WORDS:.....	3
INDICE DE FIGURAS: .....	6
INDICE DE TABLAS: .....	9
1. OBJETO DEL PROYECTO: .....	11
1.1 Objeto.....	11
2. INTRODUCCIÓN TEÓRICA .....	13
2.1 Historia de la soldadura.....	13
2.2 La soldadura .....	15
2.3 Tipos de soldadura.....	17
Con fusión:.....	19
Sin fusión:.....	31
3. CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE SOLDADORES CON SOLDADURA TIPO MAG. ....	35
3.1 INTRODUCCIÓN:.....	35
3.2. OBJETIVOS Y NORMAS A CUMPLIR: .....	35
3.3 METODOLOGÍA PARA LA CUALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE SOLDEO PARA UN SOLDADOR:.....	36
3.3.1 DESARROLLO Y CUALIFICACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE SOLDEO:.....	42
4. CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE ROBOT SOLDADOR CON SOLDADURA TIPO MAG. ....	57
4.1 INTRODUCCIÓN.....	57
4.2 OBJETIVO Y NORMAS A CUMPLIR:.....	57
4.3 METODOLOGÍA PARA LA CUALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE SOLDEO PARA ROBOT SOLDADOR:.....	58
5. ANALISIS DE UN CASO PRÁCTICO .....	65
5.1 SOLDADURA MANUAL: .....	65
5.1.1 MÁQUINA DE SOLDAR UTILIZADA: .....	65
5.1.2 PRUEBAS A REALIZAR PARA OBTENER LA CUALIFICACIÓN:.....	66
5.2 SOLDADURA CON ROBOT:.....	75
5.2.1 MÁQUINA DE SOLDAR UTILIZADA: .....	75
5.2.2 PRUEBAS A REALIZAR PARA OBTENER LA CUALIFICACIÓN:.....	76

6. CONCLUSIONES: .....	83
7. PRESUPUESTO .....	85
8. IMPACTO AMBIENTAL: .....	87
9. BIBLIOGRAFÍA.....	89
10. ANEXOS .....	93
ANEXO A: EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPIS): .....	93
ANEXO B: SEGURIDAD EN OPERACIONES DE SOLDADURA: .....	96
ANEXO C: ESQUEMA BÁSICO DE SOLDADURA: .....	98
ANEXO D: POSICIONES EN SOLDADURA:.....	99
ANEXO E: ENSAYOS.....	101
ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS: END .....	101
ENSAYOS DESTRUCTIVOS: ED.....	112
ANEXO F: PARTES Y CONCEPTOS FUNDAMENTALES DEL ROBOT SOLDADOR SBA-SR Compact 760x115000:.....	123
ANEXO G: CASO PRÁCTICO SOLDADOR MANUAL:.....	144
WPS Procedimiento de soldeo:.....	144
ENSAYOS REALIZADOS: .....	146
MATERIALES Y CONSUMIBLES:.....	153
WPQR UNE-EN ISO 15614-1 .....	154
CERTIFICADO DEL SOLDADOR SEGÚN NORMA UNE-EN ISO 15614-1 .....	158
ANEXO H: CASO PRÁCTICO OPERADOR O AJUSTADOR DE SOLDEO AUTOMÁTICO:.....	160
WPS Procedimiento de soldeo:.....	160
ENSAYOS REALIZADOS: .....	162
WPQR UNE-EN ISO 15614-1 .....	168
CERTIFICADO DEL SOLDADOR SEGÚN NORMA UNE-EN ISO 15614-1 .....	172
ANEXO I: LISTADO DE ACRONIMOS:.....	174

## INDICE DE FIGURAS:

Figura 1. Pilar de hierro de Delhi. ....	13
Figura 2. Electrodos. ....	14
Figura 3. Clasificación procesos de soldadura. ....	18

Figura 4. Soldadura vías de tren.....	19
Figura 5. Temperaturas de la llama oxiacetilénica.....	20
Figura 6. Máquina de soldadura con arco sumergido.....	21
Figura 7. Esquema soldadura TIG.....	22
Figura 8. Esquema de soldadura MIG/MAG. ....	22
Figura 9. Soldadura por plasma.....	23
Figura 10. Soldadura realizada por descarga de condensadores. ....	24
Figura 11. Máquina de soldadura bajo electroescoria. ....	25
Figura 12. Resistencia por puntos.....	26
Figura 13. Máquina de soldadura por costuras. ....	26
Figura 14. Esquema de soldadura por protuberancias. ....	27
Figura 15. Máquina de soldadura por chispas. ....	28
Figura 16. Esquema de soldadura por recalcado. ....	28
Figura 17. Esquema de soldadura por alta frecuencia.....	29
Figura 18. Operario con soldadura de haz de alta energía. ....	30
Figura 19. Soldadura por laser. ....	31
Figura 20. Soldadura por presión en caliente. ....	32
Figura 21. Esquema de soldadura por presión en frío.....	32
Figura 22. Soldadura por fricción. ....	33
Figura 23. Esquema de soldadura por explosión. ....	34
Figura 24. Diagrama de las diferentes fases de la cualificación de los procedimientos de soldeo. ....	44
Figura 25. Cupón de ensayo para una unión a tope en chapa con penetración completa. .	51
Figura 26. Cupón de ensayo para una unión en T.....	52
Figura 27. Situación de las probetas en una unión a tope de chapa. ....	54
Figura 28. Situación de las probetas en una unión en T. ....	55
Figura 29. Esquema de equipo de soldadura tipo MAG.....	65
Figura 30. Inspección visual.....	68
Figura 31. Fisuras superficiales.....	69
Figura 32. Examen radiográfico. ....	70
Figura 33. Ensayo de tracción transversal. ....	71
Figura 34. Ensayo de doblado. ....	72
Figura 35. Ensayo de dureza. ....	73
Figura 36. Caso práctico. Examen macrográfico.....	74
Figura 37. Robot de soldadura y ensamblaje. ....	76
Figura 38. Caso práctico. Examen macrográfico.....	80
Figura 39. Pictograma de protección contra los riesgos de soldadura.....	93
Figura 40. Influencia de los rayos sobre el ojo humano. ....	95
Figura 41. Evitar soldar cerca de combustibles. ....	96
Figura 42. Soldar con equipos de extracción de humos.....	97
Figura 43. Evitar soldar con humedad. ....	97
Figura 44. Esquema básico de soldaduras.....	98
Figura 45. Posiciones de soldadura 1/2.....	99

Figura 46. Posiciones de soldadura 2/2. ....	100
Figura 47. Situación de las probetas en una unión en T. ....	101
Figura 48. Acceso para la inspección.....	103
Figura 49. Ensayo radiográfico.....	106
Figura 50. Ensayo por ultrasonidos.....	109
Figura 51. Inspección de líquidos penetrantes. ....	110
Figura 52. Ensayo de partículas magnéticas. ....	112
Figura 53. Ensayo de doblado. ....	113
Figura 54. Transportador transversal.....	123
Figura 55. Transportador de rodillos. ....	124
Figura 56. Mesa de acople fija.....	124
Figura 57. Puente. ....	125
Figura 58. Ventana. ....	126
Figura 59. Manipulación Compact.....	127
Figura 60. Estación de herramientas. ....	128
Figura 61. Pinza grande. ....	128
Figura 62. Pinza intermedia. ....	129
Figura 63. Pinza pequeña. ....	129
Figura 64. Herramienta de calentamiento.....	130
Figura 65. Escáner.....	131
Figura 66. Robot soldador.....	131
Figura 67. Estación de limpieza.....	132
Figura 68. Direcciones del pórtico.....	133
Figura 69. Parte fija. ....	134
Figura 70. Captura de pantalla del sistema de medición AMBO.....	135
Figura 71. Dispositivo de descarga, reverso (viga descargada).....	135
Figura 72. Elemento de altura móvil. ....	136
Figura 73. Altura fija. ....	137
Figura 74. Dispositivo de descarga lateral (viga descargada).....	138
Figura 75. Estación de control. ....	139
Figura 76. Láser de punto cero.....	140
Figura 77. Zona segura de los robots (SafePos).....	141
Figura 78. Robot de manipulación en zona segura.....	141
Figura 79. Posición inicial del robot (HomePos).....	142
Figura 80. Estructura de la línea del robot. ....	143
Figura 81. Caso práctico soldador manual. Informe de ensayo materiales. ....	153
Figura 82. Caso práctico operador soldeo automático. Informe de ensayo materiales.....	166

## INDICE DE TABLAS:

Tabla 1. Normas relacionadas con la especificación y cualificación de procedimiento de soldeo.	38
Tabla 2. Diferentes fases de la cualificación de los procedimientos de soldeo.	39
Tabla 3. Diagrama de flujo para la cualificación de una WPS	40
Tabla 4. Métodos de cualificación.	42
Tabla 5. Especificación del procedimiento de soldeo WPS, extraído de la Norma.	48
Tabla 6. Para nivel 1: Exámenes y ensayos de cupones de ensayo.	53
Tabla 7. Para nivel 2: Exámenes y ensayos a los cupones de ensayo.	53
Tabla 8. Modelo certificado de prueba de cualificación para operadores o ajustadores de soldeo.	63
Tabla 9. Caso práctico. Datos soldador, empresa y prueba.	66
Tabla 10. Ensayos realizados en caso práctico.	67
Tabla 11. Caso práctico. Inspección visual.	67
Tabla 12. Caso práctico. Detección de Fisuras Superficiales.	68
Tabla 13. Caso práctico. Examen radiográfico.	69
Tabla 14. Caso práctico. Ensayo de Tracción Transversal.	70
Tabla 15. Caso práctico. Ensayo de Doblado.	72
Tabla 16. Caso práctico. Ensayo de Dureza.	73
Tabla 17. Caso práctico. Examen macrográfico.	74
Tabla 18. Caso práctico. Tabla resumen homologación soldador.	74
Tabla 19. Caso práctico. Datos soldador, empresa y prueba.	77
Tabla 20. Ensayos realizados en caso práctico.	77
Tabla 21. Caso práctico. Inspección visual.	78
Tabla 22. Caso práctico. Detección de Fisuras Superficiales.	78
Tabla 23. Caso práctico. Examen radiográfico.	78
Tabla 24. Caso práctico. Ensayo de Tracción Transversal.	79
Tabla 25. Caso práctico. Ensayo de Doblado.	79
Tabla 26. Caso práctico. Ensayo de Dureza.	80
Tabla 27. Caso práctico. Examen macrográfico.	81
Tabla 28. Caso práctico. Tabla resumen homologación soldador.	81
Tabla 29. Cálculo del precio de la soldadura tipo MAG.	85
Tabla 30. Escala de lentes a usar según el proceso de soldadura.	94
Tabla 31. Ejemplo de informe de ensayo de rotura.	115
Tabla 32. Ejemplo de informe de ensayo de tracción transversal.	117
Tabla 33. Guía para la evaluación de características mediante el examen microscópico y macroscópico.	119
Tabla 34. Ejemplo de informe de ensayo macroscópico	120
Tabla 35. Ejemplo de informe de ensayo de impacto.	122
Tabla 36. Caso práctico soldador manual. Wps Procedimiento de soldeo 1/2.	144
Tabla 37. Caso práctico soldador manual. Wps Procedimiento de soldeo 2/2.	145

Tabla 38. Caso práctico soldador manual. Inspección visual y dimensional.	146
Tabla 39. Caso práctico soldador manual. Inspección de líquidos penetrantes 1/2.	147
Tabla 40. Caso práctico soldador manual. Inspección de líquidos penetrantes 2/2.	148
Tabla 41. Caso práctico soldador manual. Examen macrográfico 1/2.	149
Tabla 42. Caso práctico soldador manual. Examen macrográfico 2/2.	150
Tabla 43. Caso práctico soldador manual. Informe radiográfico 1/2.	151
Tabla 44. Caso práctico soldador manual. Informe radiográfico 2/2.	152
Tabla 45. Caso práctico soldador manual. Registro de cualificación de procedimiento de soldeo 1/4.	154
Tabla 46. Caso práctico soldador manual. Registro de cualificación de procedimiento de soldeo 2/4.	155
Tabla 47. Caso práctico soldador manual. Registro de cualificación de procedimiento de soldeo 3/4.	156
Tabla 48. Caso práctico soldador manual. Registro de cualificación de procedimiento de soldeo 4/4.	157
Tabla 49. Caso práctico soldador manual. Certificado del soldador 1/2.	158
Tabla 50. Caso práctico soldador manual. Certificado soldador 2/2.	159
Tabla 51. Caso práctico operador soldeo automático. Wps Procedimiento de soldeo 1/2.	160
Tabla 52. Caso práctico operador soldeo automático. Wps Procedimiento de soldeo 2/2.	161
Tabla 53. Caso práctico operador soldeo automático. Inspección visual y dimensional.	162
Tabla 54. Caso práctico operador soldeo automático. Inspección de líquidos penetrantes 1/2.	163
Tabla 55. Caso práctico operador soldeo automático. Inspección de líquidos penetrantes 2/2.	164
Tabla 56. Caso práctico operador soldeo automático. Examen ultrasónico de soldaduras.	165
Tabla 57. Caso práctico operador soldeo automático. Registro de cualificación de procedimiento de soldeo 1/4.	168
Tabla 58. Caso práctico operador soldeo automático. Registro de cualificación de procedimiento de soldeo 2/4.	169
Tabla 59. Caso práctico operador soldeo automático. Registro de cualificación de procedimiento de soldeo 3/4.	170
Tabla 60. Caso práctico operador soldeo automático. Registro de cualificación de procedimiento de soldeo 4/4.	171
Tabla 61. Caso práctico operador soldeo automático. Certificado del soldador 1/2.	172
Tabla 62. Caso práctico operador soldeo automático. Certificado soldador 2/2.	173

---

## 1. OBJETO DEL PROYECTO:

### 1.1 Objeto

El objeto del presente proyecto es la realización del procedimiento a seguir para realizar la cualificación que debe tener un soldador y un robot soldador, listo para trabajar según la normativa vigente correspondiente.

El procedimiento de soldadura es un documento que provee las directrices para realizar los trabajos de soldadura de acuerdo con los requerimientos de unas determinadas Normas. Este documento proporciona la información necesaria para orientarnos de cómo debe ser el proceso a seguir y el cumplimiento de la Norma. Un procedimiento de soldadura validado constituye una garantía de la calidad de la ejecución de la unión y en la producción de la soldadura.

Partiremos de un material de estudio, determinando sus propiedades y características principales para continuar definiendo la técnica de soldadura que utilizaremos o el modo de soldadura empleado.

Repasaremos la normativa general y específica que debemos seguir para obtener los máximos estándares de calidad.

Analizaremos un caso práctico para la cualificación de un soldador y las pautas a seguir para dicha cualificación, haremos lo mismo para el robot soldador, en el que es preciso realizar la cualificación de un operador o ajustador de soldeo.

Veremos las diferencias que existen entre la cualificación teórica y el caso práctico analizado.



## 2. INTRODUCCIÓN TEÓRICA

### 2.1 Historia de la soldadura

La historia de la soldadura se remonta con las primeras técnicas de soldar a la edad de bronce y la edad de hierro en Europa y Oriente Medio. La soldadura fue usada en la construcción del Pilar de hierro de Delhi, en la India construido sobre el año 310. Fig.1 (Pilar de Delhi)



Figura 1. Pilar de hierro de Delhi. [4]

En la Edad Media hubo avances en la soldadura de fragua, donde los herreros golpeaban repetidamente y calentaban el metal hasta que se producía la unión.

Los artesanos del Renacimiento eran habilidosos en el proceso de soldadura y la industria continuó desarrollándose durante los siglos siguientes.

En el siglo XIX la soldadura se transformó, en el año 1800, sir Humphry Davy descubrió el arco eléctrico y los avances en esta técnica aumentaron con las invenciones de los electrodos de metal por el ruso Nikolai Slavyanov y el norteamericano, C.L. Coffin a finales del año 1800. Fig.2 (Arco por punto o electrodo)



Figura 2. Electroodos. [2]

Unos años después empezó a ganar popularidad la soldadura por arco de carbón que utilizaba un electrodo de carbón y sobre el año 1900, A. P. Strohmenger diseño un electrodo de metal recubierto que dio a la soldadura por arco eléctrico más estabilidad, y en el año 1919 C. J. Holslag inventó la soldadura de corriente alterna.

A finales del siglo XIX fue inventada por Elihu Thomson en el año 1885 la soldadura por resistencia, este inventor introdujo avances en la soldadura durante los siguientes 15 años. En el año 1893 fue inventada la soldadura aluminotérmica y en esos años se estableció el proceso de soldadura a gas. El acetileno se descubrió en 1836 por Edmund Davy, pero su uso en la soldadura no era práctico hasta el año 1900, cuando se desarrollo el soplete.

Al principio la soldadura de gas fue uno de los métodos más populares debido a la portabilidad y a su bajo coste, pero se fue sustituyendo a medida que avanzaba el siglo XIX por la soldadura de arco, desarrollándose electrodos cubiertos de metal conocidos como fundente, lo que portó de estabilidad al arco y no se creaban impurezas en el material base.

Durante la Primera Guerra Mundial hubo un repunte en los procesos de soldadura, cuando las diferentes fuerzas militares trataban de determinar cuáles de los procesos de soldadura podrían ser mejores. En esta época se reconoció la soldadura por arco como la más beneficiosa, dado que los británicos como los estadounidenses les permitían crear y reparar sus naves con mayor rapidez. Los alemanes también empezaron a usar la soldadura por arco en los aviones para ensamblar el fuselaje del mismo.

En el año 1920 la soldadura obtuvo importantes avances tecnológicos creándose la soldadura automática, en el que el alambre del electrodo era alimentado continuamente. En estos años se interesaron mucho los científicos por los gases de

protección para proteger a las soldaduras de los efectos del oxígeno y del nitrógeno de la atmósfera.

La porosidad y la fragilidad eran problemas básicos derivados del intercambio, y para solucionar esos problemas se desarrollo el uso del hidrógeno, argón y helio como gases protectores de la soldadura.

Durante la siguiente década, se siguió avanzando en los métodos y procesos de la soldadura de metales reactivos como el aluminio y el magnesio. Esto, junto con los desarrollos de la soldadura automática, la soldadura bajo corriente alterna, y los fundentes, creo una extensión de la soldadura de arco durante los años 1930 y durante la Segunda Guerra Mundial.

A mediados del siglo XX, se inventaron muchos métodos de soldadura. En el año 1930 se creó la soldadura de perno, que llegó a ser bastante popular en la fabricación de naves y en la construcción. En el mismo año además se creó la soldadura por arco sumergido.

En el año 1941, se desarrollo la soldadura por arco de gas con electrodo de tungsteno denominada TIG y en el año 1948 se creó la soldadura por arco metálico con gas, permitiendo la soldadura rápida de metales no ferrosos, pero requiriendo cotes de gases de blindaje de la soldadura.

La soldadura de arco metálico blindado fue desarrollada en 1950, utilizando un fundente como consumible cubierto y se convirtió en el proceso de soldadura de arco metálico más popular.

En el año 1957, se creó el proceso de soldadura por arco con núcleo fundente, en el que el electrodo de alambre auto blindado podría ser usado con un equipo automático, aumentando considerablemente la velocidad en la soldadura, y en el mismo año se invento la soldadura de arco por plasma.

En el año 1958 se creó la soldadura por electro escoria y en el año 1961 se crea una soldadura muy parecida la soldadura por electro gas.

Otros desarrollos fueron creados en el año 1958 que son muy útiles en la actualidad, como la soldadura con rayo de electrones, hace que sea posible una soldadura profunda y estrecha por medio de una fuente de calor concentrada. Después se creó la invención del laser en el año 1960, la soldadura por rayo láser es de utilidad en la soldadura automática de alta velocidad.

## 2.2 La soldadura

La soldadura es un proceso de fijación donde se realiza la unión de dos o más piezas de un material (usualmente metales o termoplásticos), logrado a través de la coalescencia (fusión), en la cual las piezas son soldadas fundiendo. Se puede agregar un material de aporte (metal o plástico), que al fundirse forma un charco de

material fundido entre las piezas a soldar y al enfriarse, se convierte en una unión fija a la que se denomina cordón.

Otras formas de realizar la soldadura son mediante presión y calor conjuntamente. Esto está en contraste con la soldadura blanda y la soldadura fuerte, que consiguen el derretimiento de un metal de bajo punto de fusión entre piezas de trabajo para formar un enlace entre ellos, sin fundir las piezas de trabajo.

Hay diferentes fuentes de energía que pueden ser usadas para la soldadura, incluyendo una llama de gas, un arco eléctrico, un laser, un rayo de electrones, procesos de fricción o ultrasonido. La energía necesaria para la unión entre dos piezas de metal generalmente proviene de un arco eléctrico.

Las soldaduras se pueden realizar desde ambientes industriales, como al aire libre, debajo del agua, en el espacio...

Independientemente de la localización en la que se realice la soldadura, es una actividad peligrosa y requiere la toma de precauciones para evitar quemaduras, descarga eléctrica, humos venenosos, la sobreexposición a la luz ultravioleta.

Hasta el final del siglo XIX, el único proceso de soldadura era la soldadura de fragua, que los herreros usaban para juntar metales calentándolos y golpeándolos. La soldadura por arco y la soldadura a gas estaban entre los primeros procesos en desarrollarse tardíamente en ese mismo siglo, siguiendo la soldadura por resistencia y eléctrica.

La tecnología de la soldadura avanzó muy rápidamente en las dos guerras mundiales conduciendo a la demanda de métodos de unión fiables y baratos.

Se dice que la soldadura es un sistema porque intervienen los elementos propios de este, las 5 M:

- Mano de obra.
- Materiales.
- Máquinas.
- Medio ambiente.
- Medios escritos (procedimientos).

La unión satisfactoria implica que debe pasar las pruebas mecánicas (tensión y doblado).

Las técnicas son los diferentes procesos (SMAW, SAW, GTAW, etc) cada cual se utiliza para la situación más conveniente y favorable en cada elemento de unión.

## 2.3 Tipos de soldadura

### Conceptos básicos de la soldadura:

- **Material base:** metal que se va a someter al proceso de soldadura, el que se va a unir.
- **Metal de aporte:** metal que se añade al proceso de soldeo para originar la unión.
- **Soldeo:** acción que conduce a una unión soldada.
- **Soldadura:** unión obtenida como resultado del proceso de soldeo.
- **Soldadura homogénea:** soldeo de dos piezas sin utilizar material de aporte y si se emplea será de la misma naturaleza.
- **Soldadura heterogénea:** soldeo de dos piezas de distinto material o del mismo material empleando como material de aporte otro de diferente naturaleza.

### Preparación de la junta de soldadura:

- **Limpieza.**
- **Mecanizado.**

### Esquema básico soldadura:

Representado en el ANEXO C.

### Posiciones en la soldadura:

Representado en el ANEXO D.

### Clasificación de los procesos de soldadura:

En la siguiente figura mostramos un esquema de los procesos de soldadura.

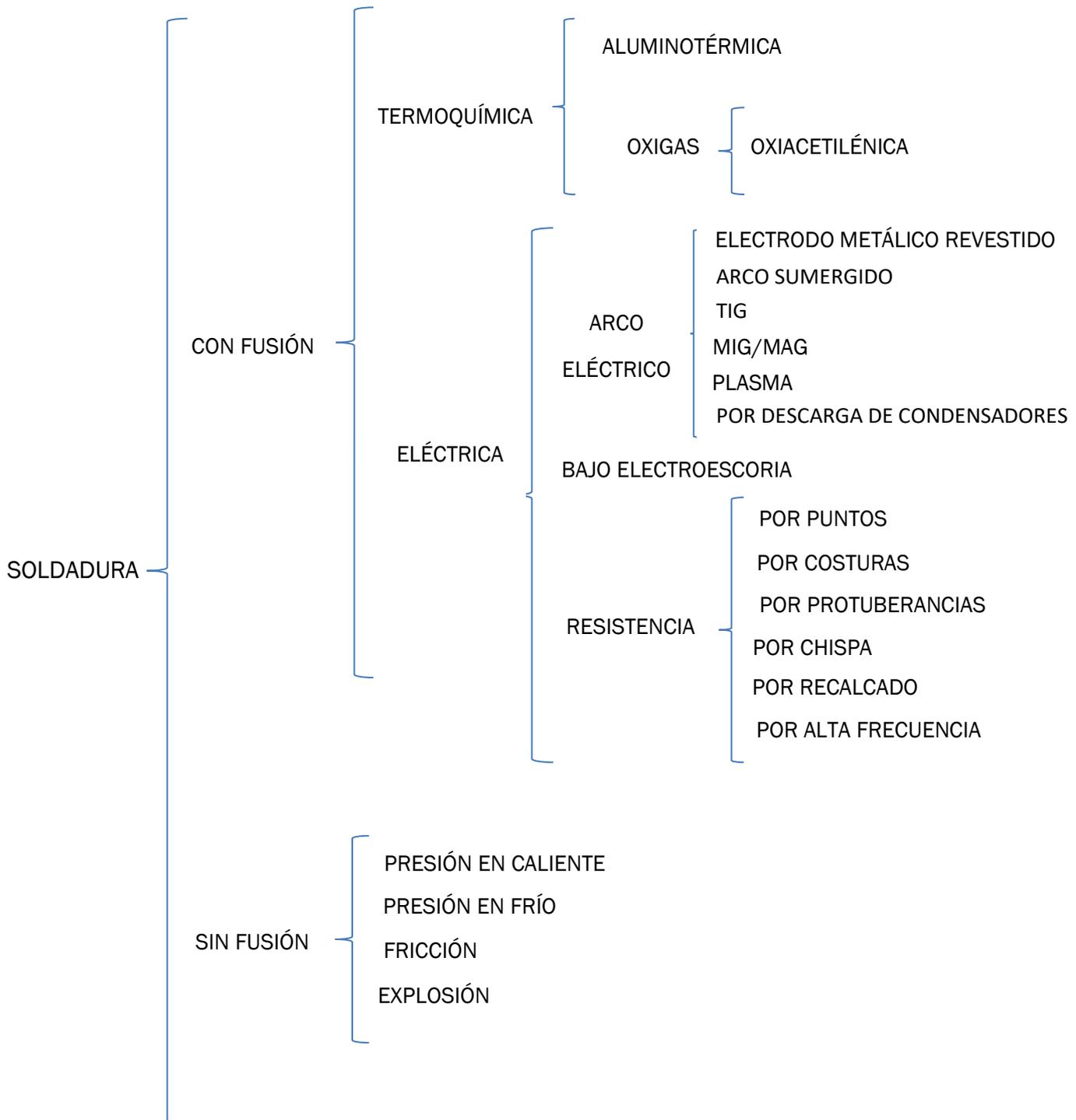


Figura 3. Clasificación procesos de soldadura.

### Definición de los procesos de soldadura:

#### Con fusión:

#### Termoquímica:

- **Aluminotérmica:** también se denomina AW (Aluminothermic Welding). Se basa en un proceso fuertemente exotérmico de termita, en el que se produce la reducción del óxido de hierro y deja como residuo el aluminio. Esta soldadura se realiza mediante un molde refractario colocado en los extremos de los carriles a unir, dentro de él se introduce el hierro fundido producto de la reacción y se inicia la reacción.

Utilidad: Proceso de soldadura para vías férreas.

Reacción producida:  $Fe_2O_3 + 2Al \rightarrow Al_2O_3 + 2Fe + calor$

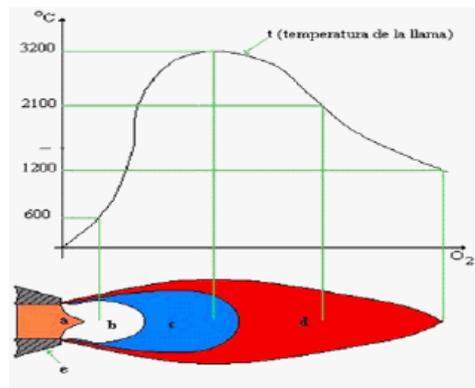


Figura 4. Soldadura vías de tren. [3]

#### Oxigas:

- **Oxiacetilénica:** también se denomina OA (Oxyacetylene Welding). Este tipo de soldadura utiliza el calor de una llama producida por la combustión del acetileno y el oxígeno, mediante este proceso lo que hacemos es fundir el metal base y/o el metal de aportación para realizar las uniones soldadas.

Utilidad: planchas delgadas de acero o tuberías complicadas.



- b. Cono o dardo
- c. Zona de trabajo o soldeo
- d. Penacho

Figura 5. Temperaturas de la llama oxiacetilénica.

### Eléctrica:

- Arco eléctrico:
  - *Electrodo metálico revestido*: también identificado por la AWS como SMAW (Shield Metal Arc Welding). La característica más importante es que el arco eléctrico se produce entre la pieza y el electrodo. El recubrimiento protege el interior del electrodo hasta el momento de fusión. Con el calor del arco el extremo del electrodo se funde y se quema el recubrimiento, así obtenemos la atmosfera adecuada para que se produzca la transferencia de metal fundido desde el núcleo del electrodo hasta el baño de fusión en el metal base. Utilidad: Dependiendo del tipo de electrodo nos permite soldar distintos metales.

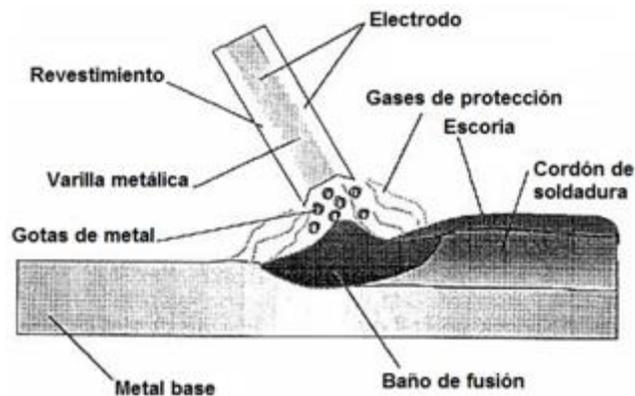


Figura 6. Soldadura con electrodo revestido. [4]

- *Arco sumergido*: también denominado SAW (Shield Arc Welding). La soldadura por arco sumergido es un proceso en el cual el calor es aportado por un arco eléctrico generado entre el electrodo de alambre y la pieza de trabajo. El arco eléctrico está sumergido en una capa fundente de granulado que lo cubre totalmente, protegiendo el metal depositado durante la soldadura.  
Utilidad: aceros suaves de baja aleación.



Figura 6. Máquina de soldadura con arco sumergido. [5]

- *TIG*: también se conoce con el nombre de GTAW (Gas Tungsten Arc Welding). Es uno de los procesos más utilizados. Se genera un arco eléctrico dentro de una atmosfera de gas inerte. El arco eléctrico se crea desde un electrodo de tungsteno situado en la punta de la antorcha TIG, hasta la pieza metálica que se este trabajando.  
Utilidades: es válida para todo tipo de metales, pero se utiliza principalmente para soldar aluminio y aceros inoxidables, donde lo más importante es la buena calidad de la soldadura.

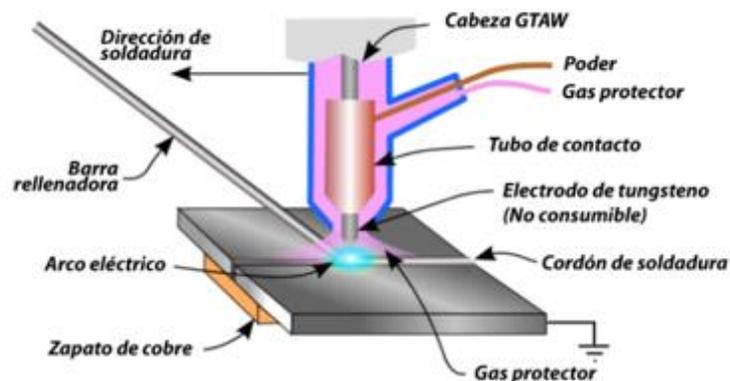


Figura 7. Esquema soldadura TIG. [5]

- **MIG/MAG:** también se conoce con el nombre de GMAW (Gas Metal Arc Welding). Es un proceso de soldadura por arco eléctrico bajo un gas protector entre el electrodo en forma de hilo consumible y la pieza a soldar. Se diferencian en que el gas utilizado para la protección puede ser activo, es decir que participa de forma activa en la soldadura dando lugar al proceso MAG (Metal Active Gas), para esta técnica se utiliza el gas Anhídrido carbónico. O por el contrario si el gas utilizado es inerte el cual no participa en la reacción de la soldadura MIG (Metal Inert Gas). Para esta técnica se utilizan los gases Argón y Helio. La soldadura MIG/MAG tiene una gran productividad.

Utilidades: tiene gran versatilidad, por lo tanto, resulta ideal para materiales de pequeño o medio espesor de aleaciones de aluminio y estructuras de acero. Es de gran utilidad si se precisa de un trabajo manual más elaborado.

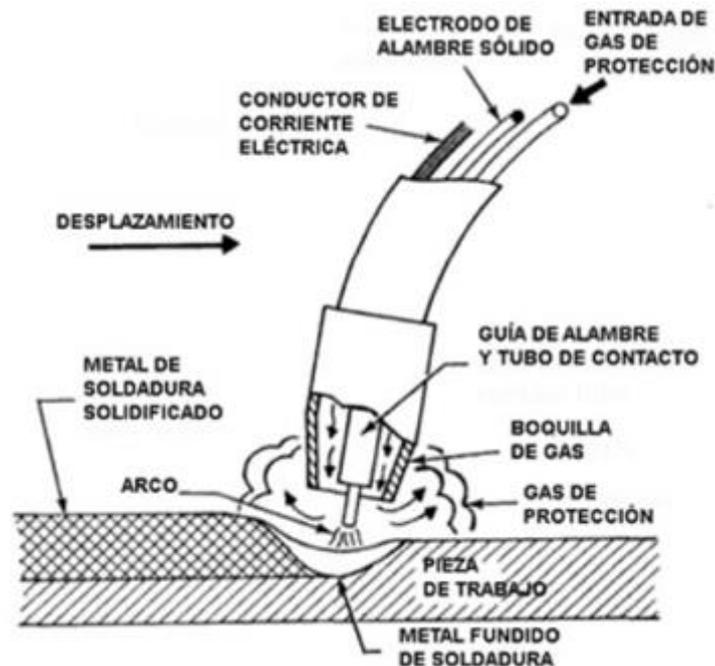


Figura 8. Esquema de soldadura MIG/MAG. [5]

- **Plasma:** también se conoce con el nombre de PAW (Plasma Arc Welding). Es un flujo de gas (generalmente argón puro) 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 del gas, esta soldadura utiliza los mismos los mismos principios que la soldadura TIG, por lo que puede considerarse un desarrollo de este último proceso. Sin embargo, tanto la densidad energética como las temperaturas son en este proceso mucho más elevadas ya que el estado plasmático se alcanza cuando un gas es calentado a temperatura suficiente para conseguir su ionización, separando así el elemento en iones y electrones. La mayor ventaja de este tipo de soldaduras es que su zona de impacto es dos o tres veces inferior en comparación a la soldadura TIG.

Utilidades: Es una técnica óptima para soldar metal de espesores pequeños.



Figura 9. Soldadura por plasma. [6]

- *Por descarga de condensadores*: también es conocido como CDW (Capacitor Discharge Welding). Es un proceso tecnológico que ha agilizado la fabricación en la industria moderna. Este proceso permite soldar pernos o tornillos a una chapa sin necesidad de agujerear la superficie formando uniones heterogéneas, lo que provoca la reducción de los costes. Este principio de soldadura se basa en la descarga de energía eléctrica almacenada en una batería de condensadores. Es una soldadura ideal para espesores pequeños, además no deja marca de la soldadura por lo tanto nos garantiza un mejor acabado y resistencia.

Utilidades: unir pernos a piezas de metal.

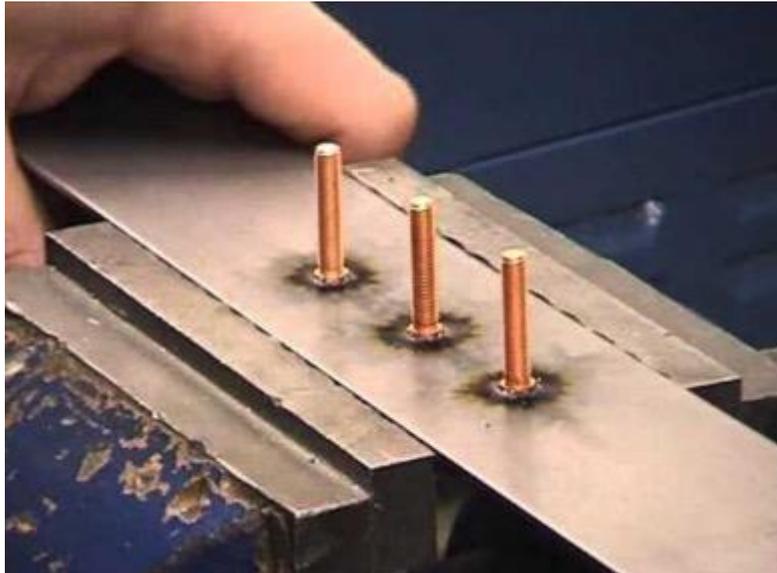


Figura 10. Soldadura realizada por descarga de condensadores. [3]

- **Bajo electroescoria:** también es conocido como ESW (Electroslag Welding). Es un proceso de soldadura por fusión, con el método de protección de la escoria. Este método se utiliza para una soldadura por colada continua. En este proceso las piezas deben de estar inmóviles, se deben agregar zapatas de cobre refrigeradas con agua o zapatas móviles y la junta a soldar. Mientras avanza el proceso el cabezal de soldadura se irá moviendo hacia arriba y dependiendo del espesor de la pieza se usarán uno o más electrodos como consumibles. En este proceso el alambre se va derritiendo progresivamente y se va introduciendo en la escoria fundida, aquí es cuando se derrite la pieza que se coloca como base y se endurece el metal previamente fundido y retenido por las zapatas, estas se mueven verticalmente junto con el carro y los electrodos haciendo de esta manera que se vaya dando del proceso de soldadura. En este tipo de soldaduras no se forma el arco. El factor más importante de esta técnica de soldadura es el grano a usar, ya que si es demasiado pequeño trae consecuencias como el aumento de la resistencia al impacto y de la tensión de fluencia. En este proceso se utiliza una gran energía, que trae como consecuencia que se produzca un enfriamiento muy lento en la zona de soldeo, lo cual es una desventaja, ya que el enfriamiento lento produce que crezca el grano más de lo deseado.

Utilidades: para soldeos de gran espesor y grandes superficies.  
Reactores químicos, depósitos de gas licuado...

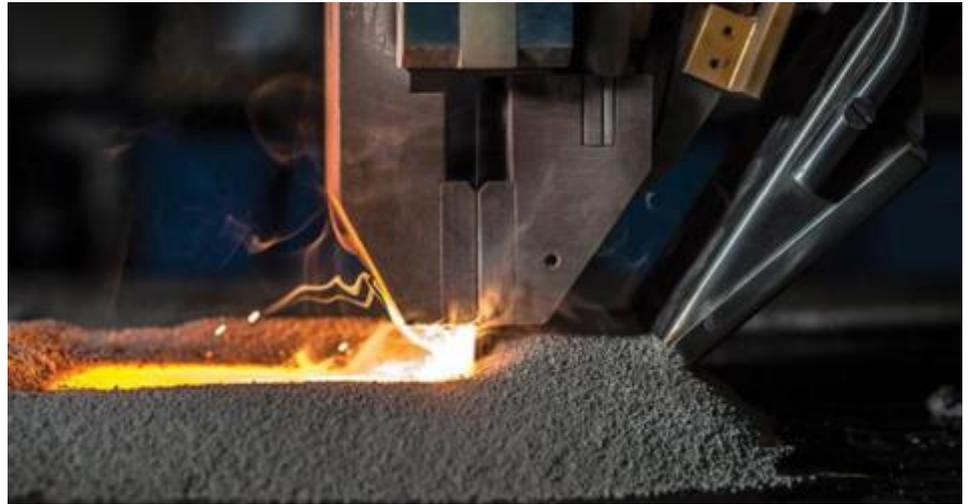


Figura 11. Soldadura bajo electroescoria.[3]

Por Resistencia:

- *Por puntos:* también es conocido como SW (Spot Welding). Es un método que se basa en presión y temperatura. Dos piezas se sueldan entre sí cuando una parte de ellas se calienta a temperaturas próximas a la fusión y se hace presión entre ellas. En este caso las piezas se calientan por la corriente eléctrica entre dos electrodos y la presión la realizan los electrodos. Generalmente la resistencia de las piezas a soldar es muy baja, la corriente que debe pasar por la zona a soldar debe ser muy alta, pero el voltaje es bajo. Por lo tanto, no se precisa de mucha potencia. Los electrodos tienen la misión de hacer pasar la corriente a través de los metales a soldar y además aprisionarlos. Los metales deben de estar aislados y alineados las puntas de los electrodos.  
Utilidades: Chapas o láminas metálicas de hasta 3mm de espesor.

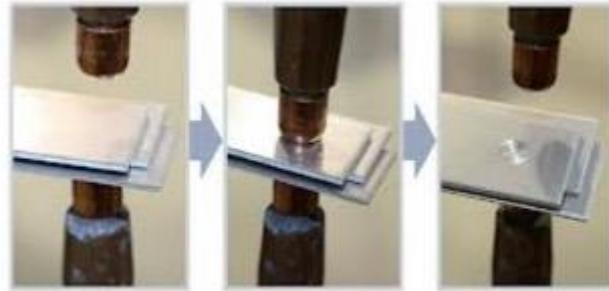


Figura 12. Resistencia por puntos. [3]

- *Por costuras:* también es conocido como SW (Seam Welfding). En este tipo de soldadura los electrodos son ruedas accionadas por un motor, en vez de ser estacionarios, dando como consecuencia un proceso rodante por medio de roldanas, estas mismas ejercen presión y transmiten una corriente por medio de un tipo de impulsos, para formar una serie de puntos, que a la vez se forma una superficie continua.

Utilidades: Soldar chapas o láminas metálicas de forma continua.

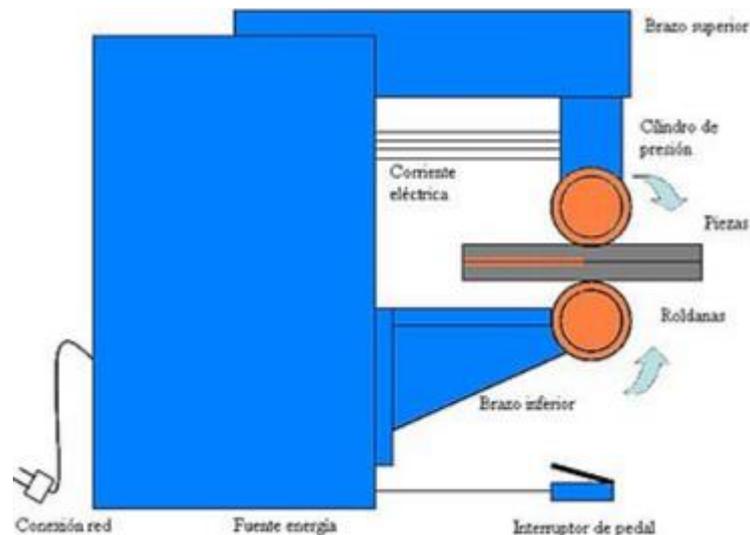


Figura 13. Máquina de soldadura por costuras. [3]

- *Por protuberancias:* también se conoce como PW (Protusion Welding). Se trata de una técnica de soldadura que da a un punto definido una serie de conducción eléctrica. A la hora de soldar varias piezas a través de la soldadura de

protuberancia lo que hace es colocar una pieza sobre la otra y se unen entre si en ese punto definido, gracias a los electrodos de gran superficie que les va a atravesar. Se trata, de un golpe de corriente bajo la presión de los electrodos.

Utilidades: producción en alto volumen, se obtiene una mayor vida útil de la pieza.

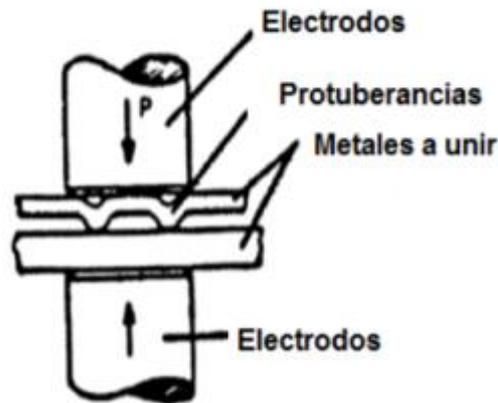


Figura 14. Esquema de soldadura por protuberancias. [7]

- *Por chispa*: también se conoce como SW (Spark Welding). Es un procedimiento en el que la unión es producida de forma simultánea a través del calor que se ha obtenido con la corriente eléctrica entre las superficies y la presión después del calentamiento.  
Utilidades: especialmente para accesorios tubulares, caños o ventanas metálicas.  
Temperatura de soldeo: la temperatura de fusión de los materiales.



Figura 15. Máquina de soldadura por chispas. [3]

- *Por recalado*: también se conoce como UW (Upset Welding). Es un procedimiento en el que se aplica continuamente una presión después que se aplica la corriente de soldadura. Como resultado, se produce a menor temperatura. Para su correcto uso las superficies deben estar completamente limpias y preparadas para el caliente uniforme y soldaduras fuertes. Utilidad: para caños y tubos.

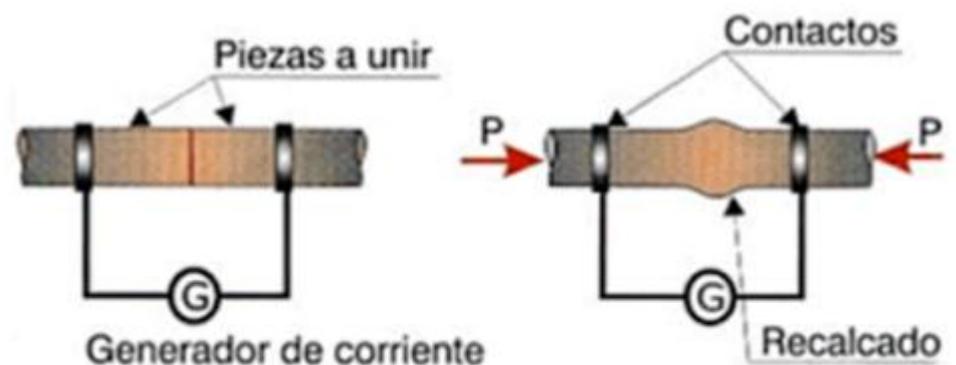


Figura 16. Esquema de soldadura por recalado. [3]

- *Por alta frecuencia*: también se conoce como HFW (High Frequency Welding). Utiliza el efecto de piel único y el efecto de proximidad de la corriente de alta frecuencia, de modo que la corriente de soldadura se concentra en la superficie

de contacto, la temperatura de la superficie de la junta de la superficie aumenta rápidamente y la superficie a soldar se calienta a un estado plástico de fusión o casi fusión. Las ventajas que tiene es que la zona afectada por el calor de la soldadura es pequeña, y que la velocidad de calentamiento es rápida

Utilidades: tuberías, aleaciones ligeras y todo tipo de metales.

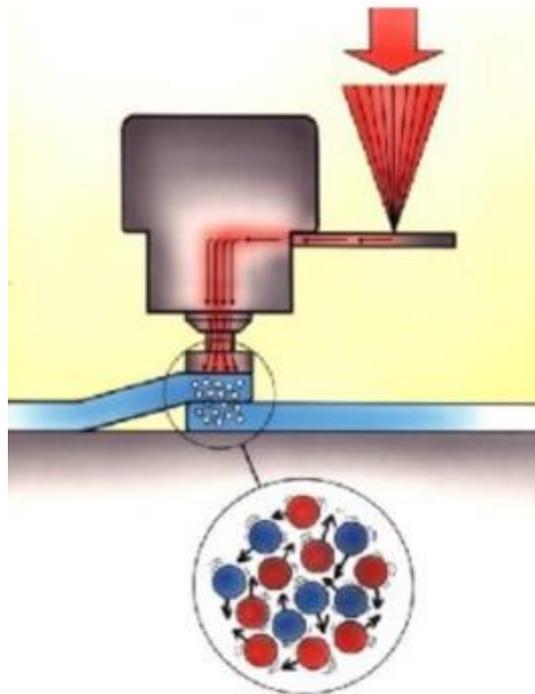


Figura 17. Esquema de soldadura por alta frecuencia. [3]

### *Haces de alta energía:*

- **Electrónico:** también se conoce como EBW (Electron Beam Welding). Es un proceso de soldadura de fusión en el que un haz de alta velocidad de electrones se aplica a dos materiales a unir. Las piezas de trabajo se funden y fluyen juntas a medida que la energía cinética de los electrones se transforma en calor al impactar. Se utiliza cámara de vacío. Utilidades: para soldaduras profundas y piezas de grandes espesores, calderas nucleares, tanques blindados...

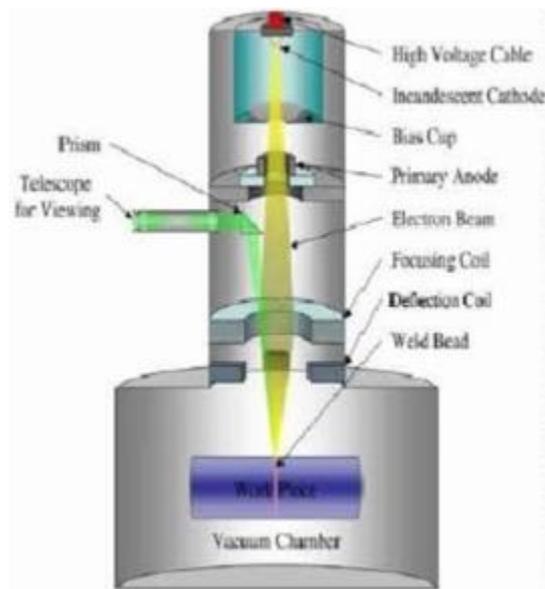


Figura 18. Operario con soldadura de haz de alta energía. [3]

- Laser: también conocido con el nombre de LBW (Laser Beam Welding) es un proceso de soldadura por fusión en el cual se obtiene la coalescencia mediante la energía de un haz luminoso coherente altamente concentrado y enfocado a la unión que se va a soldar. Se utiliza este tipo de soldadura con gases protectores para evitar la oxidación. Se suele agregar material de relleno. No se utiliza cámara de vacío.

Utilidades: Se utiliza para unir piezas más pequeñas que las del proceso anterior, soldadura a tope.



Figura 19. Soldadura por laser.[3]

#### Sin fusión:

- **Presión en caliente:** también conocida con el nombre de HPW (Hot Pressure Welding), ocurre la coalescencia por la aplicación de calor y presión suficientes para producir una deformación considerable de los metales base. La deformación rompe la película de óxido de la superficie y deja limpio el metal para establecer una unión entre las dos partes. Debe permitirse que pase un tiempo para que ocurra la difusión a través de las superficies empalmantes. Este tipo de soldadura se realiza en una cámara de vacío o con un medio protector.

Utilidad: industria aeronáutica y espacial.



Figura 20. Soldadura por presión en caliente. [3]

- **Presión en frío:** también conocido con el nombre de CW (Cold Welding), es un proceso de soldadura en estado sólido a temperatura ambiente, en el cual se aplica presión sobre las superficies de contacto, lo que implica la destrucción de las capas superficiales de las piezas a soldar, desprendiendo el óxido que contienen ambos componentes y dejando expuesto el material limpio para obtener un contacto íntimo de las superficies y lograr la cohesión. Utilidades: en metales no ferrosos y hierro dulce sin contenido en carbono. Cobre y aluminio los más comunes.

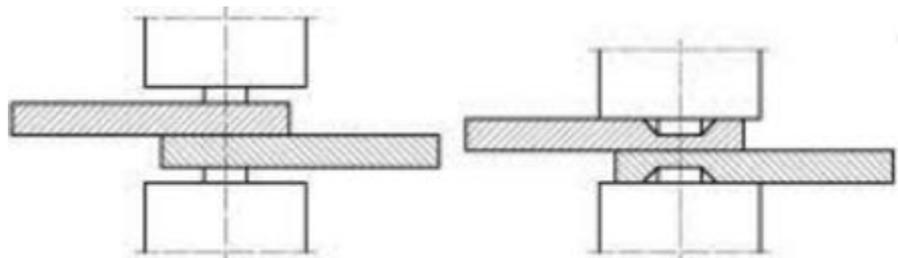


Figura 21. Esquema de soldadura por presión en frío.

- **Fricción:** también conocida con el nombre de FW, (Friction Welding), es un método de soldadura que aprovecha el calor generado por la fricción mecánica entre dos piezas en movimiento. Al menos una de las piezas a unir debe tener un volumen de revolución, generalmente cilindros. Utilidad: es de utilidad para unir dos piezas, aunque no sean del mismo material.



Figura 22. Soldadura por fricción. [3]

- **Explosión:** también conocida con el nombre de EXW, (Explosion welding) es un proceso de unión en estado sólido que utiliza la fuerza explosiva para crear una unión entre dos componentes de metal. Aunque la detonación explosiva genera calor, el proceso de unión en sí no se logra gracias al calor, ya que, no existe tiempo suficiente para que esto ocurra. Puede unir cualquier combinación de metales con la limitación metalúrgica de que el material sea lo suficientemente dúctil y resistente a la fractura al someterse a una rápida deformación debido a la explosión. Utilidades: para unir materiales resistentes a la corrosión con aceros al carbono.

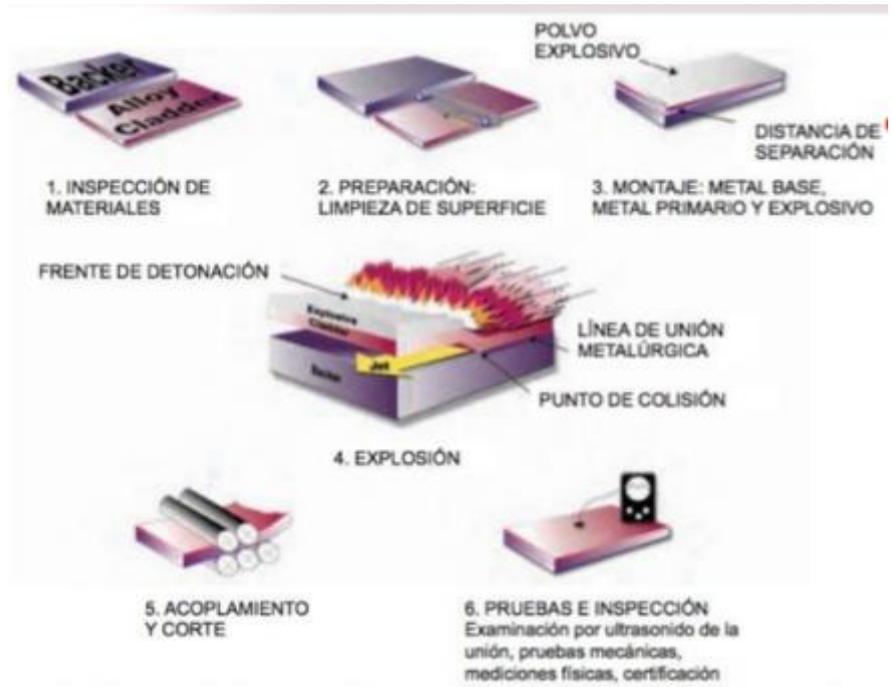


Figura 23. Esquema de soldadura por explosión.

### 3. CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE SOLDADORES CON SOLDADURA TIPO MAG.

#### 3.1 INTRODUCCIÓN:

En la actualidad existe bastante demanda de trabajos de soldadura y las empresas que demandan estos trabajos quieren certificarse de que dichos trabajos realizados cumplen con las garantías necesarias para la utilización de los objetos soldados. Estas garantías son demostrables a través de las cualificaciones de los soldadores o operadores de soldeo y de la cualificación de los procedimientos.

Los trabajos de soldadura necesitan de uno o más procedimientos de soldadura que definan con detalle cómo deben realizarse las operaciones de soldadura y las normas a seguir sobre todos los elementos que se van a utilizar, es por lo que se establecen requisitos relacionados con la preparación, cualificación y certificación de los procedimientos de soldadura, así como de la cualificación de la habilidad de los soldadores y operadores de equipo de soldeo, para ponerlas en práctica en la realización de los trabajos de soldadura.

Dado que las uniones soldadas deben tener una calidad requerida y unas propiedades específicas, se debe tener un control de todas las variables que intervienen en la producción de las uniones soldadas y esto se consigue con la preparación por escrito de los procedimientos de soldadura necesarios, la cualificación de estos y la de la habilidad del personal que los empleará.

#### 3.2. OBJETIVOS Y NORMAS A CUMPLIR:

El objetivo de la cualificación de un soldador de soldeo es demostrar que este tiene una destreza adecuada para ejecutar soldaduras aceptables, se prueba la capacidad del soldador.

El objetivo de la cualificación de un procedimiento de soldeo es demostrar que una determinada forma de trabajo permite obtener soldaduras que cumplan unos requisitos mínimos de resistencia, ductilidad, etc. Se prueba la capacidad de la soldadura.

En Europa encontramos estos conceptos básicos en la Norma UNE-EN ISO 15607: "Especificación de los procedimientos de soldeo para los materiales metálicos. Reglas generales".

Las fechas de consulta de todas las normas se encuentra únicamente en la bibliografía.

Las normas utilizadas para la cualificación de los procedimientos de soldadura son:

- UNE-EN ISO 15607: "Especificación de los procedimientos de soldeo para los materiales metálicos. Reglas generales".
- UNE-EN ISO 15609.2: "Especificación y cualificación de los procedimientos de soldeo para los materiales metálicos. Especificación del procedimiento de soldeo. Parte 2: Soldeo por gas".
- UNE-EN ISO 15614.1: "Especificación y cualificación de los procedimientos de soldeo para los materiales metálicos. Ensayo de procedimiento de soldeo. Parte 1: Soldeo por arco y con gas de aceros y soldeo por arco de níquel y sus aleaciones"

Para la cualificación de los soldadores se aplica:

- UNE-EN ISO 9606.1: "Cualificación de soldadores: Soldeo por fusión. Parte 1 Aceros".

### 3.3 METODOLOGÍA PARA LA CUALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE SOLDEO PARA UN SOLDADOR:

La UNE-EN ISO 15607 nos indica que las especificaciones de los procedimientos de soldeo son necesarias a fin de proporcionar unas bases bien definidas para planificar las operaciones de soldeo, así como para su control de calidad.

En la siguiente tabla se detallan la serie de normas que tratan sobre la especificación y la cualificación de los procedimientos de soldeo. Subrayaremos en amarillo nuestro caso específico.

Proceso	Soldeo por arco	Soldeo por gas	Soldeo por haz de electrones/láser	Soldeo híbrido por arco-láser	Soldeo por resistencia	Soldeo de espárragos	Soldeo por fricción	Soldeo por fricción-agitación
Reglas generales	ISO 15607							
Sistema de agrupamiento de materiales	ISO/TR 15608 (ISO/TR 20172, ISO/TR 20173 e ISO/TR 20174)		No aplicable	ISO/TR 15608 (ISO/TR 20172, ISO/TR 20173 e ISO/TR 20174)	No aplicable	ISO/TR 15608 (ISO/TR 20172, ISO/TR 20173 e ISO/TR 20174)		No aplicable
WPS	ISO 15609-1	ISO 15609-2	ISO 15609-3: Soldeo por haz de electrones ISO 15609-4: Soldeo por láser	ISO 15609-6	ISO 15609-5	ISO 14555	ISO 15620	ISO 25239-4: FSW ISO 18785-4: FSSW
Consumibles de soldeo ensayados	ISO 15610		No aplicable					
Experiencia previa de soldeo	ISO 15611					ISO 15611 ISO 14555	ISO 15611 ISO 15620	No aplicable
Procedimiento de soldeo estándar	ISO 15612		No aplicable					
Ensayos anteriores a la producción	ISO 15613					ISO 15613 ISO 14555	No aplicable	ISO 25239-4: FSW ISO 18785-4: FSSW

Proceso	Soldeo por arco	Soldeo por gas	Soldeo por haz de electrones/láser	Soldeo híbrido por arco-láser	Soldeo por resistencia	Soldeo de espárragos	Soldeo por fricción	Soldeo por fricción-agitación
Ensayo de procedimiento de soldeo	ISO 15614-1: Acero/Níquel ISO 15614-2: Aluminio ISO 15614-3: Fundición de hierro ISO 15614-4: Acabado de fundiciones de aluminio ISO 15614-5: Titanio/circonio ISO 15614-6: Cobre ISO 15614-7: Recargue ISO 15614-8: Tubos en placas tubulares ISO 15614-9: Hiperbárico húmedo ISO 15614-10: Hiperbárico seco ISO 11970: Aceros moldeados	ISO 15614-1: Acero ISO 15614-3: Fundición de hierro ISO 15614-6: Cobre ISO 15614-7: Recargue	ISO 15614-7: Recargue ISO 15614-11: Haz de electrones/láser	ISO 15614-14: Soldeo híbrido por láser-arco de aceros, níquel y aleaciones de níquel	ISO 15614-12: Puntos, costura y protuberancias ISO 15614-13: Chisporroteo y resistencia a tope	ISO 14555	ISO 15620	ISO 25239-4: FSW ISO 18785-4: FSSW

Tabla 1. Normas relacionadas con la especificación y cualificación de procedimiento de soldeo. [8]

La siguiente tabla nos muestra las diferentes fases a seguir en el procedimiento de la cualificación de los procedimientos de soldeo.

Actividad	Resultado	Parte involucrada
Desarrollo del procedimiento	pWPS	Fabricante
Método de cualificación	WPQR incluyendo el rango de validez en base a la norma de cualificación correspondiente	Fabricante y, si procede, persona u organismo examinador
Finalización del procedimiento	WPS basada en este WPQR	Fabricante
Autorización para producción	Copia del WPS o instrucción de trabajo	Fabricante

Tabla 2. Diferentes fases de la cualificación de los procedimientos de soldeo. [8]

A continuación, mostraremos un diagrama de flujo para el desarrollo y la cualificación de una WPS.

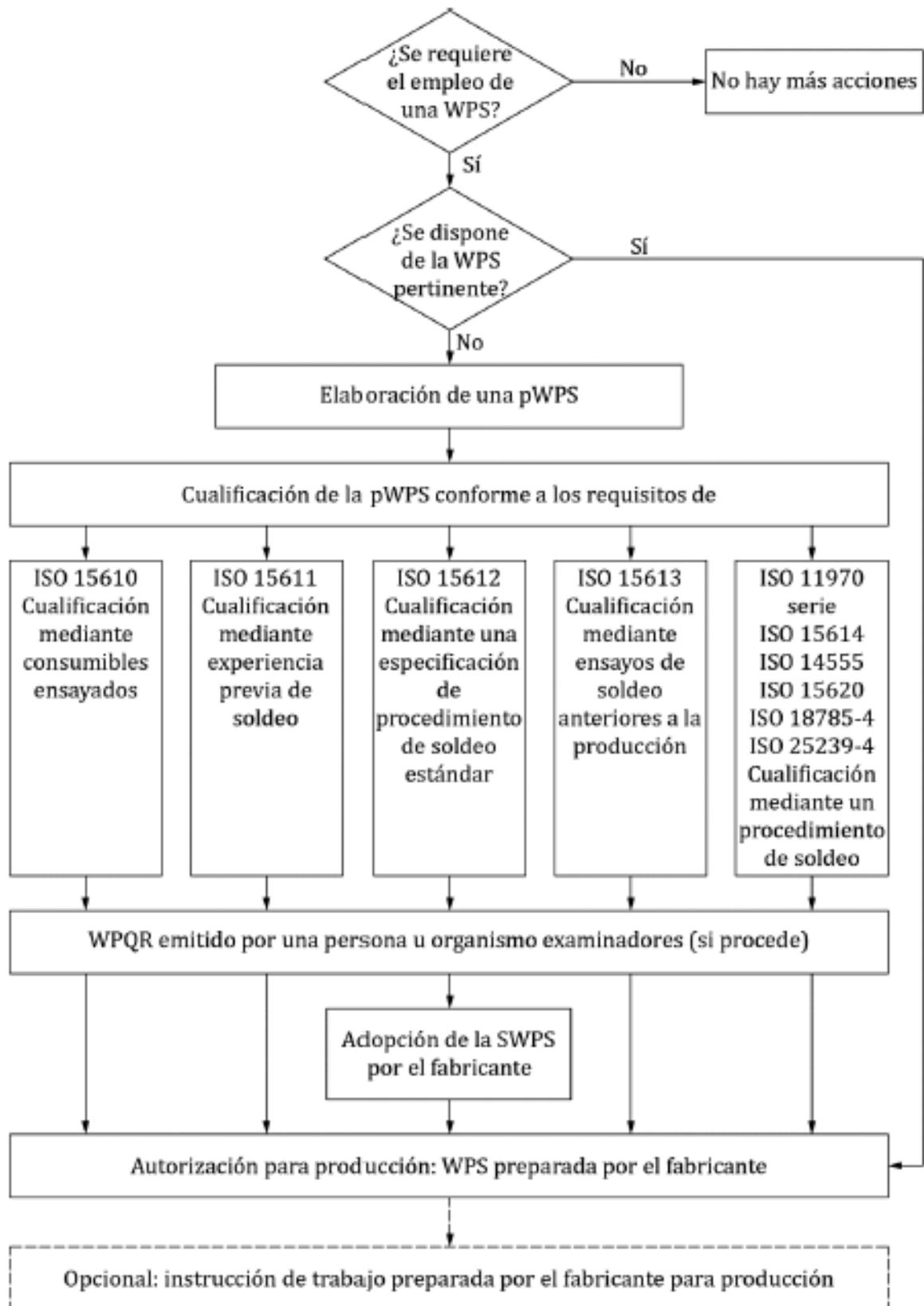


Tabla 3. Diagrama de flujo para la cualificación de una WPS. [8]

En la norma UNE-EN ISO 15607, es válida para soldeo manual, parcialmente mecanizado, totalmente mecanizado y automatizado.

Los procedimientos de soldeo se cualifican conforme a uno o varios registros de cualificación del procedimiento de soldeo (WPQR). El empleo de un determinado método de cualificación es a menudo un requisito de una norma o aplicación.

Las especificaciones de procedimiento de soldeo son utilizadas en producción por soldadores competentes, cualificados conforme con la parte correspondiente a la Norma UNE-EN ISO 9606 o por operadores competentes cualificados conforme a la Norma UNE-EN ISO 14732.

Normas a tener en cuenta para la acreditación de este documento.

Norma UNE-EN ISO 9606 "Cualificación de soldadores: Soldeo por fusión. Parte 1 Aceros".

Norma UNE-EN ISO 14732 "Personal de soldeo. Ensayos de cualificación de operadores de soldeo y ajustadores de soldeo para el soldeo automático y mecanizado de materiales metálicos.

Norma UNE-EN ISO 15609 "Especificación y cualificación de los procedimientos de soldeo para los materiales metálicos. Especificación del procedimiento de soldeo".

Norma UNE-EN ISO 15610 "Especificación y cualificación de procedimientos de soldeo para materiales metálicos. Cualificación basada en el empleo de consumibles de soldeo ensayados".

Norma UNE-EN ISO 15611 "Especificación y cualificación de procedimientos de soldeo para materiales metálicos. Cualificación mediante experiencia previa de soldeo".

Norma UNE-EN ISO 15612 "Especificación y cualificación de procedimientos de soldeo para materiales metálicos. Cualificación por adopción de un procedimiento de soldeo estándar".

Norma UNE-EN ISO 15613 "Especificación y cualificación de procedimientos de soldeo para materiales metálicos. Cualificación mediante ensayos de soldeo anteriores a la producción".

Norma UNE-EN ISO 15614 "Especificación y cualificación de procedimientos de soldeo para materiales metálicos. Ensayo de procedimiento de soldeo".

### 3.3.1 DESARROLLO Y CUALIFICACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE SOLDEO:

#### REGLAS GENERALES:

La cualificación del procedimiento de soldeo (WPQR) se debe realizar antes de soldar en producción.

El fabricante debe preparar una pWPS y asegurarse de que es aplicable para la producción específica que vamos a realizar, y se deberá apoyar sobre la base de la experiencia en producciones anteriores y del conocimiento general acumulado sobre la tecnología del soldeo.

Cada pWPS se debe utilizar como base para establecer el WPQR cualificado de acuerdo con uno de los métodos enumerados en la siguiente tabla.

Si la calificación implica la soldadura de piezas de prueba, estas deben soldarse según el documento pWPS.

Es importante remarcar que la cualificación de los procedimientos de soldeo se debe realizar antes de soldar en producción.

En el documento WPQR debe comprender todas las variables (esenciales y no esenciales), así como los rasgos de calificación especificados en la norma correspondiente. Sobre la base del WPQR, el WPS para la producción de soldadura se desarrolla bajo la responsabilidad del fabricante a menos que se requiera de lo contrario, pero este no será nuestro caso.

Método basado en	Aplicación
Ensayo del procedimiento de soldeo	Siempre se puede aplicar, a menos que el ensayo del procedimiento no corresponda adecuadamente con la geometría de la unión, rigidez y accesibilidad de las soldaduras reales.
Consumibles de soldeo ensayados	Limitada a los procedimientos de soldeo que utilizan consumibles. El ensayo de los consumibles debe cubrir el material base utilizado en producción. Otras limitaciones relacionadas con materiales y otros parámetros se especifican en la Norma EN ISO 15610.
Experiencia previa de soldeo	Limitada a los procedimientos previamente utilizados para numerosas soldaduras en piezas, materiales y uniones comparables. Los requisitos están especificados en la Norma EN ISO 15611.
Procedimiento de soldeo estándar	Similar a los ensayo del procedimiento de soldeo, las limitaciones están especificadas en el proyecto de Norma prEN ISO 15612.
Ensayos anteriores a la producción	En principio siempre se puede aplicar, pero requiere fabricar un cupón de ensayo de acuerdo con las condiciones de producción. Adecuado para la fabricación en serie. Los requisitos están especificados en la Norma EN ISO 15613.

Tabla 4. Métodos de cualificación. [8]

Definiciones a tener en cuenta:

- Especificación de procedimiento de soldeo (WPS): Documento que ha sido cualificado por uno de los métodos de la anterior tabla y que facilita las variables requeridas del procedimiento de soldeo para asegurar la repetitividad durante el soldeo de producción.
- Instrucción de trabajo: Especificación simplificada del procedimiento de soldeo, adecuada para su aplicación directa en el taller.
- Registro de cualificación de procedimiento de soldeo (WPQR): Registro que comprende todos los datos necesarios para la cualificación de una especificación del procedimiento de soldeo preliminar.
- Variable esencial: Condición de soldeo que requiere cualificación.
- Variable no esencial: Condición de soldeo indicada en la WPS pero no requiere cualificación.
- Metal base: Materiales a unir mediante soldeo.
- Cupón de ensayo: Pieza soldada que se utiliza para realizar ensayos.
- Probeta: Parte del cupón de ensayo cortada para llevar a cabo un ensayo destructivo especificado.
- Personal coordinador del soldeo: Personal que tiene responsabilidades en operaciones de fabricación por soldeo, con conocimientos demostrados.

Cualificación de ensayos mediante el procedimiento de soldeo (WPQR):

Este método especifica la manera en la que se puede cualificar un procedimiento de soldeo mediante el soldeo y ensayo de un cupón de ensayo normalizado.

El ensayo de procedimiento de soldeo se puede requerir siempre que las propiedades de los materiales en el metal de soldadura y en la zona afectada térmicamente resulten críticas para la aplicación.

La Norma UNE-EN ISO 15614: "Especificación y cualificación de procedimientos de soldeo para materiales metálicos. Ensayo de procedimiento de soldeo".

define los ensayos de procedimiento de soldeo y en nuestro caso específico utilizamos el soldeo por gas.

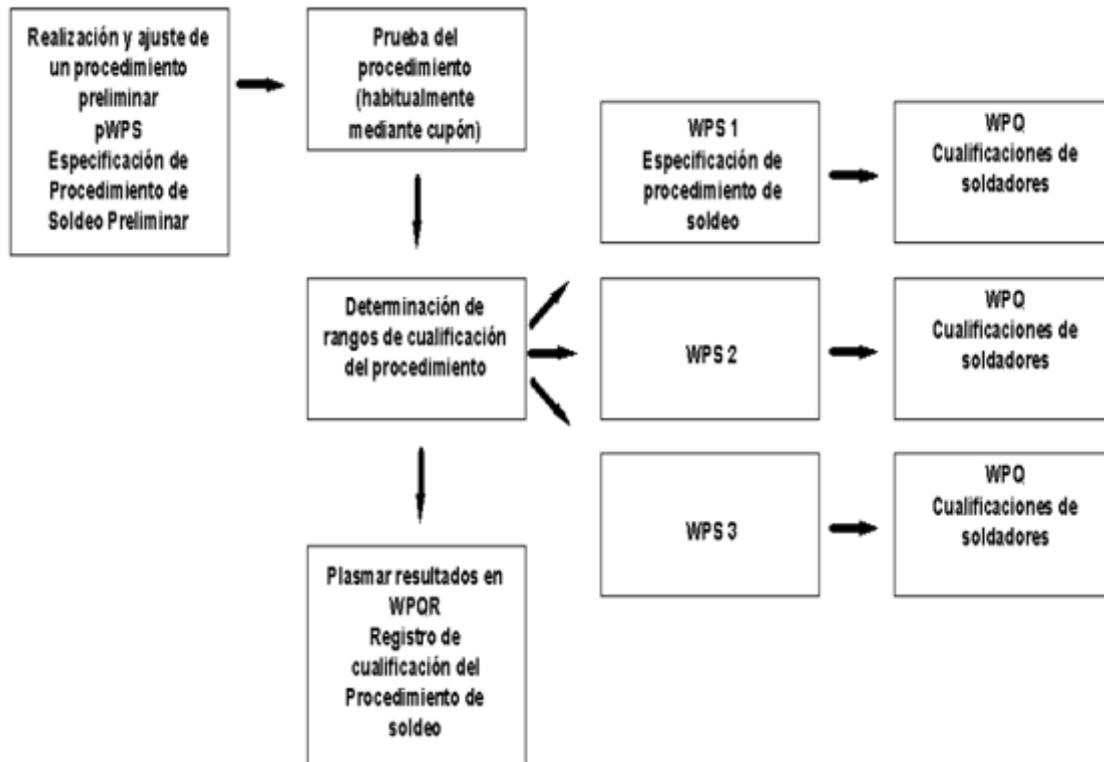


Figura 24. Diagrama de las diferentes fases de la cualificación de los procedimientos de soldeo. [8]

#### Cualificación de ensayos mediante consumibles de soldeo:

Este método especifica la manera de cualificar un procedimiento de soldeo utilizando consumibles de soldeo ensayados.

Se puede utilizar cuando los materiales base no sufren un deterioro significativo en las zonas afectadas térmicamente.

La Norma UNE-EN ISO 15610 "Especificación y cualificación de procedimientos de soldeo para materiales metálicos. Cualificación basada en el empleo de consumibles de soldeo ensayados".

define el método de cualificación empleando consumibles de soldeo para nuestro caso específico de soldeo por gas.

#### Cualificación mediante experiencia previa de soldeo:

Este método especifica la manera en la que se puede cualificar un procedimiento de soldeo demostrado de forma satisfactoria a través de los conocimientos previos de soldeo.

Un fabricante puede cualificar una pWPS basándose en su experiencia previa de soldeo con la condición de que pueda demostrar mediante documentación que acredite que ha soldado anteriormente los tipos de unión y materiales utilizados en este caso en cuestión y haya superado la prueba de forma satisfactoria.

La Norma UNE-EN ISO 15611 "Especificación y cualificación de procedimientos de soldeo para materiales metálicos. Cualificación mediante experiencia previa de soldeo" define el método de cualificación mediante la experiencia previa en la soldadura para los procesos en nuestro caso específico soldeo por gas.

#### Cualificación mediante un procedimiento de soldeo estándar:

La Norma UNE-EN ISO 15612 "Especificación y cualificación de procedimientos de soldeo para materiales metálicos. Cualificación por adopción de un procedimiento de soldeo estándar" especifica la manera en la que el fabricante puede adoptar un procedimiento de soldeo que ya ha sido cualificada y publicada por otra organización como especificación de procedimiento de soldeo estándar para soldeo por gas.

La SWPS debe especificar los rangos para todas las variables pertinentes conforme a la parte correspondiente de la Norma UNE-EN ISO 15609 "Especificación y cualificación de los procedimientos de soldeo para los materiales metálicos. Especificación del procedimiento de soldeo".

El fabricante es el responsable de la elección y la aplicación adecuada de la SWPS.

#### Cualificación mediante ensayos de soldeo anteriores a la producción:

Este método especifica la manera en la que se puede cualificar un procedimiento de soldeo mediante ensayos de soldeo anteriores a la producción.

Es el único método fiable para algunos procedimientos de soldeo, en los que las propiedades resultantes de la soldadura dependen de condiciones como el componente, una rigidez especial y/o la disipación de calor, que no pueden reproducirse con cupones de ensayo normalizados.

#### Validez:

La cualificación tiene una validez indefinida para los rangos cualificados, salvo que se especifique lo contrario.

#### **ESPECIFICACIÓN DEL PROCESO DE SOLDEO:WPS. SOLDEO POR GAS:**

En este apartado especificaremos los requisitos a seguir de las especificaciones del procedimiento de soldeo para los procesos de soldeo por gas.

#### Contenidos técnicos de la especificación del procedimiento de soldeo (WPS):

La especificación del procedimiento de soldeo preliminar y la especificación de procedimiento de soldeo (pWPS/WPS) deben de contener el procedimiento de desarrollo satisfactorio de la operación de soldeo.

Las especificaciones del procedimiento de soldeo son las encargadas de definir correctamente las operaciones a realizar en la soldadura. Y los fabricantes pueden proporcionar instrucciones adicionales para la preparación de trabajos específicos como parte de una planificación detallada de la producción.

Se deben especificar los rangos y tolerancias de acuerdo con la Norma UNE-EN ISO 15607 "Especificación de los procedimientos de soldeo para los materiales metálicos. Reglas generales" y con la experiencia del fabricante.

A continuación, vemos un ejemplo del formato de una WPS de la que vamos a diferenciar tres informaciones a tener en cuenta.

1. Información relacionada con el fabricante.

- Identificación del fabricante
- Identificación de la WPS.
- Referencia del Registro de Cualificación del Procedimiento de soldeo (WPQR).

2. Información relacionada con el metal base.

Tipo de metal base:

- Identificación del material y Norma de referencia.
- Número del grupo de acuerdo con el Informe Técnico ISO/TR 15608 "Soldeo. Directrices para el sistema de agrupamiento de materiales metálicos".

Tener en cuenta que una WPS puede cubrir más de un grupo de materiales.

- Medidas del material:
- Rangos de espesores de la unión.
- Rangos de diámetros exteriores para tubos.

3. Información común a todos los procedimientos de soldeo.

Procesos de soldeo:

- El proceso de soldeo de acuerdo con la Norma UNE-EN ISO 4063 "Soldeo y técnicas conexas. Nomenclatura de procesos y números de referencia". Diseño de la unión:
- Croquis del diseño de la unión mostrando su configuración y medidas.
- Secuencia de los cordones, si es esencial para las propiedades de la soldadura.

Posición de soldeo:

- Las posiciones de soldeo aplicables según la Norma UNE-EN ISO 6947 "Soldeo y técnicas afines. Posiciones de trabajo".

Preparación de las juntas:

- Condiciones de superficie, limpieza, desengrasado incluyendo los métodos que se utilizan.
- Ustillaje, sujeciones y punteado.

Técnica de soldeo:

- Soldeo a derechas o a izquierdas.

Resando:

- Método a utilizar.

-Profundidad y forma.

Respaldo:

El tipo de respaldo, el diseño/configuración del material de respaldo y las dimensiones.

Consumibles de soldeo:

-Clasificación, marca (fabricante y nombre del comercial).

-Dimensiones.

-Manipulación.

Parámetros relativos de la llama:

-Diámetro de la tobera.

-Tipo y presión del gas combustible.

-Presión del oxígeno.

-Tipo de llama.

Soldeo mecanizado y automático:

-Rango de velocidad de avance.

-Rango de velocidad de alimentación del hilo/banda.

Si por el equipo del que se dispone para realizar la prueba no es posible la medición o control de una de las dos variables, entonces se deben especificar los parámetros de ajuste de la máquina.

Temperatura de precalentamiento:

-Temperatura mínima aplicada al inicio y durante el soldeo.

-Si no se requiere precalentamiento, la temperatura de la pieza de trabajo más baja antes del soldeo.

-Temperatura máxima y si fuera necesario la mínima entre pasadas.

-La temperatura mínima en la zona de soldeo debe mantenerse si el soldeo se interrumpe.

-Se debe especificar el tiempo mínimo y el rango de temperaturas para el tratamiento térmico post-soldadura o el envejecimiento.

## Especificación del procedimiento de soldeo (WPS) del fabricante

El usuario de este modelo está autorizado a copiarlo.

Procedimiento de soldeo del fabricante:

Nº de referencia:

Método de preparación y limpieza:

Nº WPQR:

Designación del material base:

Fabricante:

Grupo de material base:

Proceso de soldeo:

Espesor del material (mm)<sup>1</sup>:

Tipo de unión:

Diámetro exterior (mm)<sup>1</sup>:

Detalle de la preparación de la unión (croquis):

Posición de soldeo:

Diseño de la unión			Secuencias de soldeo						
Parámetros de soldeo			Datos de soldeo					Material de aportación	
Pasada	Proceso	Técnica de soldeo	Tamaño de la tobera	Tipo de gas combustible	Presión del gas combustible <sup>1</sup>	Presión del oxígeno <sup>1</sup>	Tipo de llama	Designación	Medida

Tratamiento térmico postsoldadura:

Tiempo, temperatura, método:

Rangos de calentamiento y enfriamiento<sup>2</sup>:

Observaciones:

Fabricante

(nombre, fecha y firma)

1 Rango.

2 Si es necesario.

Tabla 5. Especificación del procedimiento de soldeo WPS, extraído de la Norma. [8]

## *ENSAYO DE PROCEDIMIENTO DE SOLDEO. SOLDEO CON GAS.*

En este apartado indicaremos como se realiza la cualificación de una especificación en un procedimiento de soldeo preliminar mediante ensayos del procedimiento de soldeo.

Hablaremos de la aplicación a la fabricación por soldeo, reparación por soldeo y recrecimientos por soldeo.

Definiremos las condiciones para la ejecución de los procedimientos de soldeo y su rango de cualificación para todas las operaciones de soldeo comprendidas dentro de la cualificación.

El objetivo principal de la cualificación del procedimiento de soldeo es demostrar que el proceso de unión propuesto para la construcción es capaz de producir uniones que posean propiedades mecánicas requeridas para la aplicación prevista.

Con el objeto de permitir un amplio rango de fabricación soldada, se proporcionan dos niveles de ensayos de procedimientos de soldeo. Se designan como niveles 1 y 2. En el nivel 2 la extensión de los ensayos es mayor y los rangos de cualificación son más restrictivos que en el nivel 1.

El procedimiento de ensayo llevado a cabo para el nivel 2 califica automáticamente para los requisitos del nivel 1, pero no viceversa.

Cuando en un contrato o en la Norma de aplicación no se especifica el nivel, se aplicará el nivel 2.

En este apartado haremos referencia a las siguientes normas que aún no han sido mencionadas:

UNE-EN ISO 148-1 "Materiales metálicos. Ensayo de flexión por choque con péndulo Charpy. Parte 1. Método de ensayo".

UNE-EN ISO 3452-1 "Ensayos no destructivos. Ensayo por líquidos penetrantes".

UNE-EN ISO 4136 "Ensayos destructivos de uniones soldadas en materiales metálicos. Ensayo de tracción transversal".

UNE-EN ISO 5173 "Ensayos destructivos en soldaduras metálicas. Ensayo de doblado".

UNE-EN ISO 5817 "Soldeo. Uniones soldadas por fusión en acero, níquel, titanio y sus aleaciones".

UNE-EN ISO 6520-1 "Soldeo y técnicas afines. Clasificación de las imperfecciones geométricas en los materiales metálicos. Parte 1. Soldeo por fusión".

UNE-EN ISO 6947 "Soldeo y técnicas afines. Posiciones de trabajo".

UNE-EN ISO 9015-1 "Ensayos destructivos de soldaduras en materiales metálicos. Ensayo de dureza. Parte 1. Ensayo de dureza en uniones soldadas por arco".

UNE-EN ISO 9016 "Ensayos destructivos de uniones soldadas en materiales metálicos. Ensayo de flexión por choque".

UNE-EN ISO 14175 "Consumibles para el soldeo. Gases de protección para el soldeo por fusión y procesos afines".

UNE-EN ISO 17636-1 "Ensayo no destructivos. Ensayo radiográfico. Parte 1: Técnicas de rayos X y gamma con película".

UNE-EN ISO 17636-2 "Ensayo no destructivos. Ensayo radiográfico. Parte 2: Técnicas de rayos X y gamma con detectores digitales".

UNE-EN ISO 17637 "Ensayo no destructivos de uniones soldadas. Examen visual de uniones soldadas por fusión"

UNE-EN ISO 17638 "Ensayo no destructivos de uniones soldadas. Ensayo mediante partículas magnéticas"

UNE-EN ISO 17639 "Ensayo no destructivos de soldaduras de materiales metálicos. Examen macroscópico y microscópico de soldaduras".

UNE-EN ISO 17640 "Ensayo no destructivos de uniones soldadas. Ensayo por ultrasonidos Técnicas, niveles de ensayo y evaluación".

#### CUPÓN DE ENSAYO:

La unión soldada correspondiente al procedimiento de soldeo que se está cualificando debe estar representada por uno o varios cupones de ensayo normalizados.

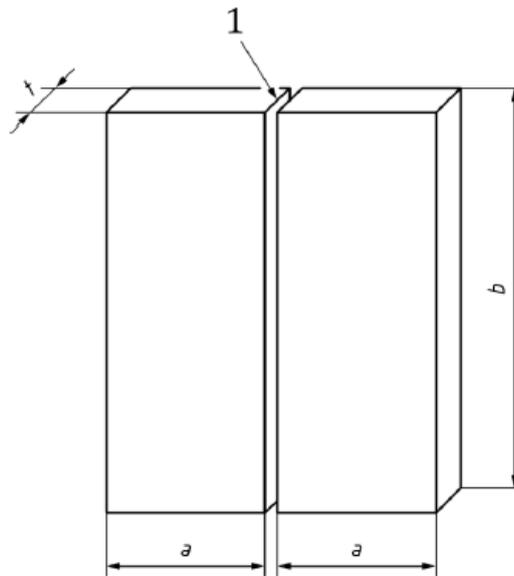
Para el nivel 1: Cualquier ensayo de unión a tope cualifica todas las configuraciones.

Para el nivel 2: Cuando los requisitos y/o medidas de la unión no quedan cubiertos por un cupón de prueba normalizado como se muestra en este documento, se utilizará la Norma UNE-EN ISO 15613 "Especificación y cualificación de procedimientos de soldeo para materiales metálicos. Cualificación mediante ensayos de soldeo anteriores a la producción".

### FORMA Y MEDIDAS DE LOS CUPONES DE ENSAYO:

La longitud del cupón de ensayo debe ser suficiente para permitir que se realicen todos los ensayos requeridos.

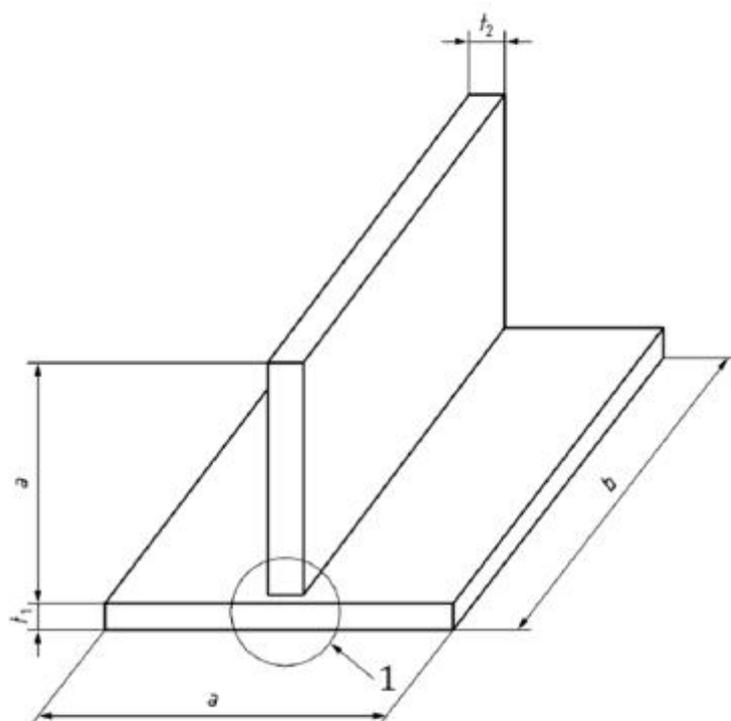
Para todos los cupones de ensayo excepto para ramificaciones y para las uniones en T, el espesor del material,  $t$  y el diámetro,  $D$ , debe de ser el mismo para ambas chapas a soldar.



#### Leyenda

- 1 Unión preparada y ensamblada según se detalla en la especificación del procedimiento de soldeo preliminar (pWPS)
- $a$  Medida mínima de 150 mm
- $b$  Medida mínima de 350 mm
- $t$  Espesor del material

Figura 25. Cupón de ensayo para una unión a tope en chapa con penetración completa. [8]

**Leyenda**

- 1 Unión preparada y ensamblada según se detalla en la especificación del procedimiento de soldeo preliminar (pWPS)
- a Medida mínima de 150 mm
- b Medida mínima de 350 mm
- $t_1, t_2$  Espesor del material

Figura 26. Cupón de ensayo para una unión en T. [8]

La preparación y el soldeo de los cupones de ensayo se deben llevar a cabo según el documento mencionado anteriormente pWPS.

Las posiciones de soldeo y las limitaciones para los ángulos de pendiente y de rotación del cupón deben de estar de acuerdo con la Norma UNE-EN ISO 6947 "Soldero y técnicas afines. Posiciones de trabajo".

Además, tanto el soldeo como el ensayo de los cupones de ensayo deben verificarse por la persona u organismo examinador.

**EXAMENES Y ENSAYOS:**

Para el nivel 1: El tipo y la extensión de los ensayos debe estar de acuerdo con los requerimientos de la siguiente tabla. Si por una Norma o especificación de aplicación se requiere de ensayos de impacto, dureza o ensayos no destructivos (END), estos se evalúan según el nivel 2, a menos que se diga lo contrario.

Para el nivel 2: El tipo y la extensión de los ensayos debe estar de acuerdo con los requisitos de la siguiente tabla.

Cupón de prueba	Tipo de ensayo	Alcance del ensayo	Nota
Unión a tope con penetración completa – figuras 1 y 2	Visual	100%	a
	Tracción transversal	2 probetas	
	Doblado transversal	4 probetas	
Soldaduras en ángulo – figura 3	Visual	100%	b
	Examen macroscópico	2 probetas	

a Para los ensayos de doblado

b Cuando las propiedades mecánicas sean requeridas por una norma de aplicación, se debe realizar el ensayo en consecuencia. Si se necesita una probeta adicional, las dimensiones deberían ser suficientes para permitir el ensayo de las propiedades mecánicas. Para este cupón de ensayo adicional, el rango de parámetros de soldadura, el grupo de material base, el metal de aportación y el tratamiento térmico requeridos son los mismos.

Tabla 6. Para nivel 1: Exámenes y ensayos de cupones de ensayo. [8]

Cupón de prueba	Tipo de ensayo	Alcance del ensayo	Nota
Unión a tope con penetración completa	Visual	100%	–
	Radiográfico o ultrasónico	100%	a
	Detección de grietas superficiales	100%	b
	Tracción transversal	2 probetas	–
	Doblado transversal	4 probetas	c
	Ensayo de impacto	2 juegos	d
	Ensayo de dureza	requerido	e
	Examen macroscópico	1 probeta	–
Unión en T con penetración completa	Visual	100%	b
	Detección de grietas superficiales	100%	
	Radiográfico o ultrasónico	100%	
	Ensayo de dureza	requerido	
Soldaduras en ángulo	Visual	100%	b
	Detección de grietas superficiales	100%	
	Ensayo de dureza	requerido	
	Examen macroscópico	2 probetas	

a El ensayo ultrasónico no debe utilizarse para  $t < 8$  mm

b Superficies de soldadura accesibles. Ensayo por líquidos penetrantes o partículas magnéticas. Líquidos penetrantes en materiales no magnéticos.

c Para los ensayos de doblado

d Un juego en el metal de soldadura y un juego en la ZAT para materiales con espesor  $\geq 12$  mm que tengan especificadas propiedades de impacto por las condiciones técnicas de suministro y/o, si procede, según las condiciones de servicio. Las normas de aplicación pueden requerir ensayo de impacto por debajo de 12 mm de espesor. La temperatura de ensayo debe ser seleccionada por el fabricante teniendo en cuenta la aplicación o la norma de aplicación. Para ensayos adicionales

e No se requiere para materiales base del subgrupo 1.1 y de los grupos 8 y 41 a 48 ni para uniones disimilares entre estos grupos, excepto para uniones disimilares

f Cuando se requieran las propiedades mecánicas por una norma de aplicación, estas se debe ensayar en consecuencia. Si se necesita una probeta adicional, las dimensiones deben ser suficientes para permitir el ensayo de las propiedades mecánicas. Para este cupón de ensayo adicional, el rango de parámetros de soldadura, el grupo de material base, el metal de aportación y el tratamiento térmico requeridos son los mismos.

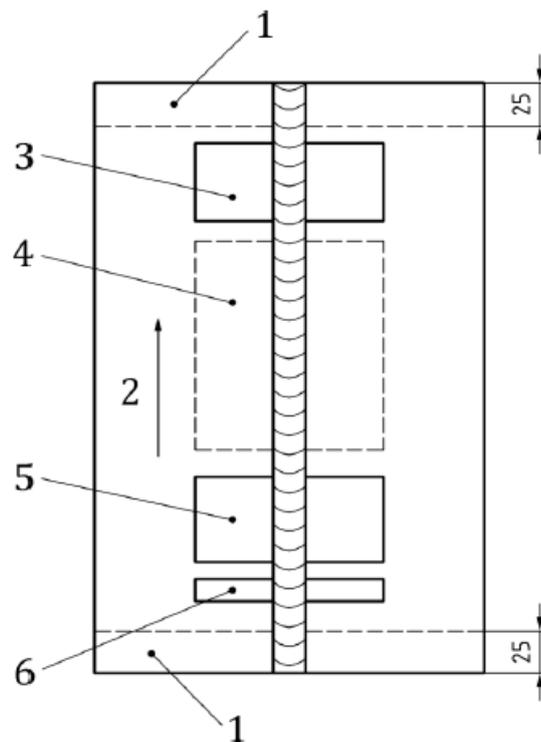
g No se requiere ensayo ultrasónico para diámetros exteriores  $\leq 50$  mm, pero se requiere ensayo radiográfico siempre y cuando la configuración de la unión proporcione resultados válidos. Para diámetros exteriores  $> 50$  mm y cuando no sea técnicamente posible realizar el ensayo ultrasónico, se debe llevar a cabo un ensayo radiográfico siempre que la configuración de la unión permita obtener resultados válidos.

Tabla 7. Para nivel 2: Exámenes y ensayos a los cupones de ensayo. [8]

### SITUACIÓN Y TOMA DE LOS CUPONES DE ENSAYO:

Es aceptable obtener las probetas de ensayo evitando las zonas que tengan imperfecciones admisibles para los métodos de END utilizados.

Vamos a estudiar la unión a tope vista en el Anexo C.

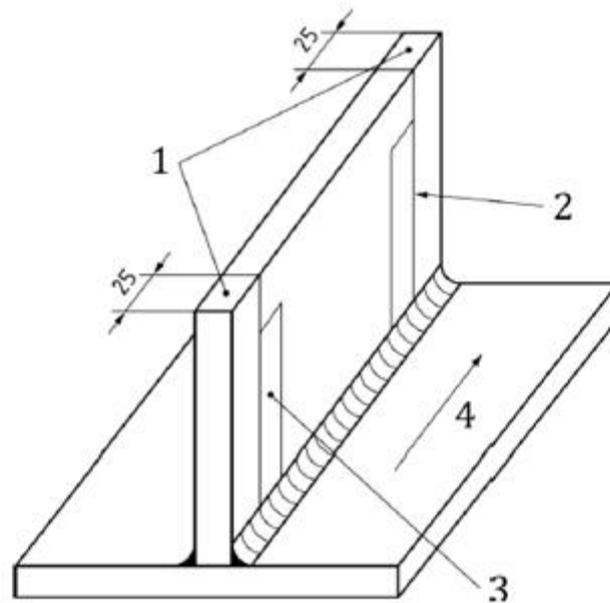


#### Leyenda

- 1 Descartar 25 mm
- 2 Dirección de soldeo
- 3 Zona para:
  - 1 probeta de tracción
  - probetas de doblado
- 4 Zona para:
  - probetas de impacto y ensayos adicionales, si se requieren
- 5 Zona para:
  - 1 probeta de tracción
  - probetas de doblado
- 6 Zona para:
  - 1 probeta macrográfica
  - 1 probeta de dureza

NOTA No está a escala.

Figura 27. Situación de las probetas en una unión a tope de chapa.[9]

**Leyenda**

- 1 Descartar 25 mm
- 2 Probeta macrográfica
- 3 Probeta macrográfica y probeta de dureza
- 4 Dirección de soldeo

Figura 28. Situación de las probetas en una unión en T.[9]

**ENSAYOS:**

A estas pruebas haremos referencia en el Anexo E, en el que haremos ensayos no destructivos (END) y ensayos destructivos (ED).

A través de la Norma UNE-EN ISO 15613 "Especificación y cualificación de procedimientos de soldeo para materiales metálicos. Cualificación mediante ensayos de soldeo anteriores a la producción".

define el método de cualificación mediante ensayos de soldeo anteriores a la producción para los procesos de soldeo en nuestro caso soldeo por gas.



## 4. CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE ROBOT SOLDADOR CON SOLDADURA TIPO MAG.

### 4.1 INTRODUCCIÓN.

Cada vez más las empresas que necesitan trabajos de soldadura, quieren saber si las soldaduras son correctas y para ello necesitan estar cualificadas.

Los trabajos de soldadura necesitan de uno o más procedimientos de soldadura que definan con detalle cómo deben realizarse las operaciones afectadas y las normas a seguir sobre todos los elementos que se van a utilizar, es por lo que se establecen requisitos relacionados con la preparación, calificación y certificación de los procedimientos de soldadura, así como de la calificación de la máquina a soldar y de los operadores de soldeo y ajustadores que se utilizaran para los procesos de soldeo.

Dado que las uniones soldadas deben tener una determinada consistencia, una calidad requerida y unas propiedades específicas, se debe tener un control de todas las variables que intervienen en la producción de las uniones soldadas y esto se consigue con la preparación por escrito de los procedimientos de soldadura necesarios, la calificación de estos y la de la maquina soldadora.

### 4.2 OBJETIVO Y NORMAS A CUMPLIR:

El objetivo de la cualificación de un robot soldador es demostrar que este tiene una destreza adecuada para ejecutar soldaduras aceptables.

El objetivo de la cualificación de un procedimiento de soldeo es demostrar que una determinada forma de trabajo permite obtener soldaduras que cumplan unos requisitos mínimos de resistencia, ductilidad, etc. "Se prueba la capacidad de la soldadura".

En Europa encontramos estos conceptos básicos en la norma UNE-EN ISO 15607 "Especificación de los procedimientos de soldeo para los materiales metálicos. Reglas generales".

Las normas para la cualificación de los procedimientos de soldadura son:

- UNE-EN ISO 15607.
- UNE-EN ISO 15609.1 "Cualificación de soldadores: Soldeo por fusión. Parte 1 Aceros".
- UNE-EN ISO 15614.1 "Especificación y cualificación de los procedimientos de soldeo para los materiales metálicos. Ensayo de procedimiento de soldeo. Parte 1: Soldeo por arco y con gas de aceros y soldeo por arco de níquel y sus aleaciones".

Para la cualificación de los procesos automáticos:

- UNE -EN ISO 14732 "Personal de soldeo. Ensayos de cualificación de operadores de soldeo y ajustadores de soldeo para el soldeo automático y mecanizado de materiales metálicos.

#### 4.3 METODOLOGÍA PARA LA CUALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE SOLDEO PARA ROBOT SOLDADOR:

Las Normas UNE EN ISO- 15607, UNE-EN ISO 15609-1 y UNE-EN ISO 15614-1, explicadas en el apartado 3, y comunes para las soldaduras que vamos a llevar a cabo en este proyecto. Por lo tanto, para la cualificación de los procesos automáticos de soldeo solo nos quedaría realizar la cualificación de personal de soldeo o ajustadores de soldeo que lo llevaremos a cabo a través de la siguiente Norma UNE-EN ISO 14732.

La habilidad de los operadores de soldeo o ajustadores de soldeo y su conocimiento de la operativa del trabajo, se considera en vigor cuando dentro de un rango de su cualificación, los operadores o ajustadores de soldeo realicen trabajos de soldeo con razonable continuidad. Pero anteriormente es obligatorio una evaluación de conocimientos funcionales.

Se supone que el operador o ajustador de soldeo ha recibido formación o tiene la suficiente práctica dentro del rango de cualificación.

A través de esta Norma se especifican los requerimientos para la cualificación de los operadores o ajustadores de soldeo para los procesos de soldeo automáticos y totalmente mecanizados.

Esta Norma no se aplica al personal que solo efectúe la carga o descarga de unidades de soldeo automáticas.

Definiciones a tener en cuenta en esta norma:

-Soldeo automático: Soldeo donde las operaciones se efectúan automáticamente sin la intervención del operador de soldeo durante el proceso.

-Soldeo mecanizado: Soldeo donde las condiciones de soldeo requeridas se mantienen por medios mecánicos y electrónicos, pero se pueden variar manualmente durante el proceso.

### **MÉTODOS DE CUALIFICACIÓN:**

La prueba de cualificación para operadores o ajustadores de soldeo deben seguir una especificación de procedimiento de soldeo preliminar (pWPS) o una especificación de soldeo (WPS) de acuerdo con la Norma UNE-EN ISO 15609 "Especificación y cualificación de los procedimientos de soldeo para los materiales metálicos. Especificación del procedimiento de soldeo".

Los operadores o ajustadores de soldeo deben de estar cualificados por uno de los siguientes métodos:

- a) Cualificación basada en ensayos de cualificación de procedimientos de soldeo, de acuerdo con la Norma UNE-EN ISO 15614 "Especificación y cualificación de procedimientos de soldeo para materiales metálicos. Ensayo de procedimiento de soldeo".
- b) Cualificación basada en pruebas de soldeo anterior a la producción, de acuerdo con la Norma UNE-EN ISO 15613 "Especificación y cualificación de procedimientos de soldeo para materiales metálicos. Cualificación mediante ensayos de soldeo anteriores a la producción".
- c) Cualificación basada en cupones de ensayo, de acuerdo con la parte relevante de la Norma UNE-EN ISO 9606-1 "Cualificación de soldadores: Soldeo por fusión. Parte 1 Aceros".
- d) Cualificación basada en muestreo de producción o prueba de producción.

Cualquiera de los métodos de cualificación puede suplementarse con una prueba de conocimiento apropiado del funcionamiento de la unidad de soldeo.

Si se garantiza que el operador o ajustador de soldeo trabaja de acuerdo con una WPS cualificada, no hay limitaciones para el rango de cualificación.

### **PERIODO DE VALIDEZ:**

La cualificación del operador o ajustador de soldeo empieza en la fecha que se soldó el cupón de prueba, si los ensayos llevados a cabo y los resultados son aceptables.

Cada certificado necesita ser confirmado cada 6 meses, de lo contrario se invalidará.

La cualificación de un operador o ajustador de soldeo para un proceso se debe confirmar cada seis meses por la persona responsable de las actividades de soldeo o persona/organismo examinador. Esto confirma que el operador o ajustador de soldeo ha trabajado dentro de los rangos de la cualificación y extiende la validez de la cualificación por un periodo de seis meses.

La competencia del operador o ajustador de soldeo se debe verificar periódicamente por uno de los siguientes métodos:

- a) Se debe examinar al operador o ajustador de soldeo cada seis años.

- b) Cada tres años, se deben ensayar por métodos radiográficos o ultrasónicos o destructivos, registrándose los resultados de los últimos 6 meses.
- c) Una cualificación de cualquier certificado debe ser validada siempre que se confirme y se garantice de que cumplen las siguientes condiciones:
  - 1. El operador o ajustador de soldeo está trabajando para el mismo fabricante para el que se cualificó.
  - 2. Los requisitos de calidad del fabricante de acuerdo con las Normas UNE-EN ISO 3834-2 UNE-EN ISO 3834-2 "Requisitos de calidad para el soldeo por fusión de materiales metálicos. Parte 2: Requisitos de calidad completos" o UNE-EN ISO 3834-3 UNE-EN ISO 3834-3 "Requisitos de calidad para el soldeo por fusión de materiales metálicos. Parte 2: Requisitos de calidad normales" se han probado mediante verificación.
  - 3. El fabricante ha documentado que el operador o ajustador de soldeo ha producido soldaduras de calidad aceptable.

Cuando exista una razón específica para cuestionar la habilidad del operador o ajustador de soldeo para realizar soldaduras que cumplan los requisitos de calidad de la norma del producto se debe revocar la cualificación que soporta el soldeo que se está realizando.

Sin embargo, si los resultados de las pruebas son satisfactorios, la persona u organismo examinador debe certificar que el operador o ajustador de soldeo ha superado con éxito la prueba de cualificación. Este certificado debe quedar recogido en todas las condiciones de ensayo relevantes, pero si el operador o ajustador de soldeo no supera cualquiera de los ensayos, no se debe emitir certificado.

El certificado debe ser emitido bajo la única responsabilidad de la persona u organismo examinador.

Se debe mantener un archivo con los certificados y los registros de los ensayos en informes de las pruebas de soldeo realizadas y sus renovaciones.

#### *Conocimiento de la tecnología del soldeo:*

Se recomienda realizar una evaluación de los conocimientos de la tecnología del soldeo, pero esta no es obligatoria.

La evaluación de los conocimientos de la tecnología de soldeo del operador o ajustador de soldeo puede hacerse mediante uno, o una combinación de los siguientes métodos.

- Exámenes tipo test.
- Conjunto de preguntas escritas, seguidas de un examen oral.
- Examen por ordenador.

-Demostración/observación del ensayo de un desarrollo escrito.

Se tiene en cuenta:

- El equipo de soldeo.
- El proceso de soldeo.
- Los metales base.
- Seguridad y prevención de accidentes.
- Examen visual de las soldaduras.

A continuación, mostramos un modelo de certificado de cualificación para operadores o ajustadores de soldeo.

## Certificado de prueba de cualificación para operadores de soldeo o ajustadores de soldeo

Especificación de procedimiento de soldeo del fabricante ..... Persona u organismo examinador .....

Referencia No. (si fuese relevante): ..... Referencia N°: .....

Nombre del operador de soldeo o ajustador de soldeo: .....

Identificación: .....

Método de identificación: .....

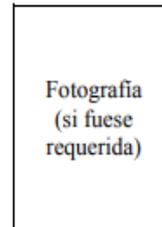
Fecha y lugar de nacimiento: .....

Empresa: .....

Código/norma de ensayo: .....

Prueba de conocimientos de funcionamiento (obligatoria):

Conocimientos de la tecnología de soldeo: aceptable/no evaluado (eliminar lo que proceda)



	Cupón de ensayo	Rango de cualificación
Proceso(s) de soldeo		
Equipo de soldeo		
Unidad de soldeo		
<b>Detalles para el soldeo mecanizado</b>		
Control visual/control visual remoto		
Control automático de longitud de arco		
Seguimiento automático de junto		
Posición de soldeo		
Pasada única/multipasada		
Material de respaldo		
Inserto consumible		
<b>Detalles para el soldeo automático</b>		
Sensor de junta		
Control de sensor de arco		
Técnica pasada simple/multipasada		
Tipo de unidad de soldeo		

Información adicional disponible en hoja adjunta y/o especificación de procedimiento de soldeo No:.....

La cualificación está basada en: – ensayo de procedimiento de soldeo [véase punto a) del apartado 4.1] – prueba de soldeo anterior a la producción [véase punto b) del apartado 4.1] – cupones de ensayo [véase punto c) del apartado 4.1] – muestreo de producción o prueba de producción [véase punto d) del apartado 4.1]  Véanse los resultados de los ensayos de cualificación en el documento N° ..... (Registro de cualificación de procedimiento de soldeo u otro documento de ensayo)	Nombre, fecha y firma .....		
	Persona u organismo examinador .....		
	Fecha de soldeo del cupón de ensayo .....		
	Localización .....		
	Validez de la cualificación hasta .....		
	Revalidación de la cualificación por la empresa/ coordinador de soldeo para los siguientes seis meses (véase el capítulo 5)		
Revalidación de la cualificación por persona u organismo examinador para los siguientes seis años (véase el capítulo 5)	Fecha	Firma	Cargo o posición

Recualificación 5.3 a)		Valido hasta 20/01/10	Revalidación 5.3 b)		Válido hasta 20/01/09	Revalidación 5.3 c)		Válido hasta 20/07/07
------------------------	--	-----------------------	---------------------	--	-----------------------	---------------------	--	-----------------------

Confirmación de la validez por persona u organismo examinador por los siguientes 3 años (referido al punto b) del apartado 5.3)

Fecha	Firma	Cargo o posición

Confirmación de la validez por persona u organismo examinador por los siguientes 6 meses (referido al punto c) del apartado 5.3)

Fecha	Firma	Cargo o posición

Tabla 8. Modelo certificado de prueba de cualificación para operadores o ajustadores de soldeo. [8]



## 5. ANALISIS DE UN CASO PRÁCTICO.

### 5.1 SOLDADURA MANUAL:

La cualificación de una soldadura manual tipo MAG, se realizará con uno o varios cupones de ensayo normalizados y el equipo mostrado en la figura 29, además el personal a cualificar debe cumplir con la normativa del equipo de protección individual explicado en el ANEXO A corresponde con la Norma UNE-EN ISO 11611 "Ropa de protección utilizada durante el soldeo y procesos afines" y con la Norma UNE-EN ISO 13688 "Ropa de protección. Requisitos generales", además en el lugar de ensayo de la cualificación se deben de cumplir con la seguridad en las operaciones de soldadura explicadas en el ANEXO B correspondiendo con la Norma UNE-EN ISO 21904: "Seguridad e higiene en el soldeo y procesos afines. Parte 1: Requisitos generales.

#### 5.1.1 MÁQUINA DE SOLDAR UTILIZADA:

A continuación, mostraremos un esquema de un equipo de soldadura tipo MIG.

Donde explicaremos lo que significa cada uno de los elementos numerados:

1. Máquina soldadura.
2. Alimentador que controla el avance del alambre y la velocidad requerida.
3. Pistola de soldar para dirigir directamente el alambre al área de soldadura.
4. Bombona de gas protector, para evitar la contaminación del baño de soldadura.
5. Carrete de alambre de tipo y diámetro específico.

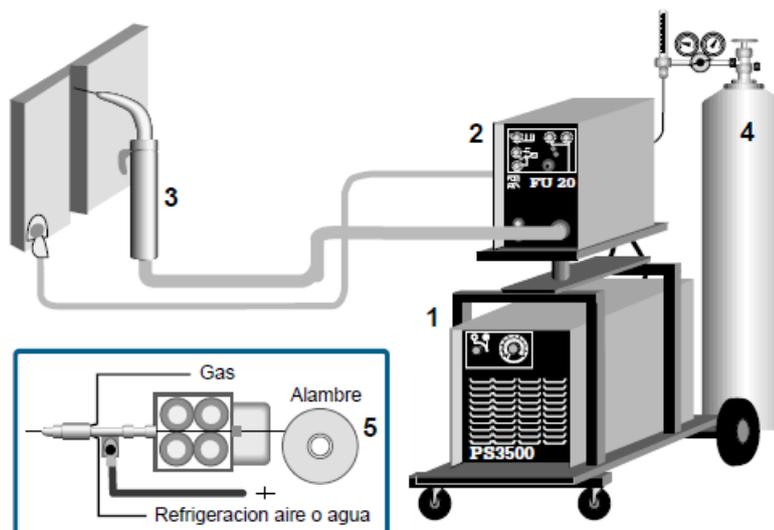


Figura 29. Esquema de equipo de soldadura tipo MAG. [10]

## SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DEL ALAMBRE PARA EL PROCESO TIPO MAG:

La clasificación utilizada para los consumibles para el soldeo viene descrita en la Norma UNE-EN ISO 26304 "Consumibles para el soldeo. Alambres, alambres tubulares y combinaciones alambre-fundente para el soldeo por arco sumergido de aceros de alta resistencia. Clasificación.

### 5.1.2 PRUEBAS A REALIZAR PARA OBTENER LA CUALIFICACIÓN:

Vamos a realizar un caso práctico:

#### TRABAJO REALIZADO:

El trabajo realizado consiste en la homologación para un soldador de la empresa Cubiertas y Montajes P. Ferreras S.L, situada en la localidad de La Cisterniga (Valladolid).

Este trabajo ha sido posible gracias a la colaboración tanto de Cemosá (Servicios de Ingeniería y Control de calidad) como de Cubiertas y Montajes P.Ferreras S.L.

A través de Cemosá hemos podido realizar la cualificación de un soldador y un operador de soldeo viendo el proceso necesario para realizar dicha cualificación. Por otra parte, Cubiertas y Montajes P.Ferreras S.L, han colaborado con nosotros en el proyecto y hemos podido realizar la cualificación del operador de soldeo mediante el robot soldador que se encuentra en sus instalaciones.

- Homologación de procedimiento para soldadura a tope u en ángulo (P138, Soldeo por arco protegido con gas y electrodo de aporte, Nivel 2  $t \leq 5$  mm).

SOLDADOR QUE REALIZA LA PRUEBA	D.N.I	EMPRESA	PROCEDIMIENTO
SOLDADOR, APELLIDO APELLIDO	12345678-X	CUBIERTAS Y MONTAJES P. FERRERAS	P-138. NIVEL 2. $t \leq 5$ mm

Tabla 9. Caso práctico. Datos soldador, empresa y prueba.

El soldador que ejecuta el procedimiento queda homologado si los resultados del mismo son satisfactorios según lo establece la Norma UNE-EN ISO 15614-1 "Especificación y cualificación de procedimientos de soldeo para materiales metálicos. Ensayo de procedimiento de soldeo", apartado 5.

Sobre estas probetas se han realizado los ensayos establecidos en la Norma UNE-EN ISO 15614-1, apartado 7, tabla 2. Los procedimientos de ensayo utilizados, así como los ensayos realizados a la probeta, se recogen en la siguiente tabla:

Ensayos realizados	Inspección manual.
	Detección de grietas mediante líquidos penetrantes.
	Ensayo radiográfico.
	Tracción transversal.
	Doblado transversal.
	Ensayo de dureza
	Examen macroscópico.

Tabla 10. Ensayos realizados en caso práctico.

**ENSAYOS REALIZADOS:**

Inspección visual:

Tras la inspección visual efectuada, según la norma de referencia, se calificó como aceptable la probeta objeto de inspección a través de la Norma UNE-EN ISO 17637 "Ensayo no destructivos de uniones soldadas. Examen visual de uniones soldadas por fusión"

SOLDADOR	PROCEDIMIENTO	ENSAYO	RESULTADO
SOLDADOR, APELLIDO APELLIDO	P-138	VT	S.D.N

Tabla 11. Caso práctico. Inspección visual.

El certificado de ensayo se recoge en el Anexo G.



Figura 30. Inspección visual.

#### Detección de Fisuras Superficiales:

A fin de detectar cualquier tipo de fisura superficial se procedió a su verificación mediante líquidos penetrantes tal y como se recomienda en la Norma UNE-EN ISO 3452-1 "Ensayos no destructivos. Ensayo por líquidos penetrantes".

SOLDADOR	PROCEDIMIENTO	ENSAYO	RESULTADO
SOLDADOR, APELLIDO APELLIDO	P-138	PT	S.D.N

Tabla 12. Caso práctico. Detección de Fisuras Superficiales.

El certificado de ensayo se recoge en el Anexo G.

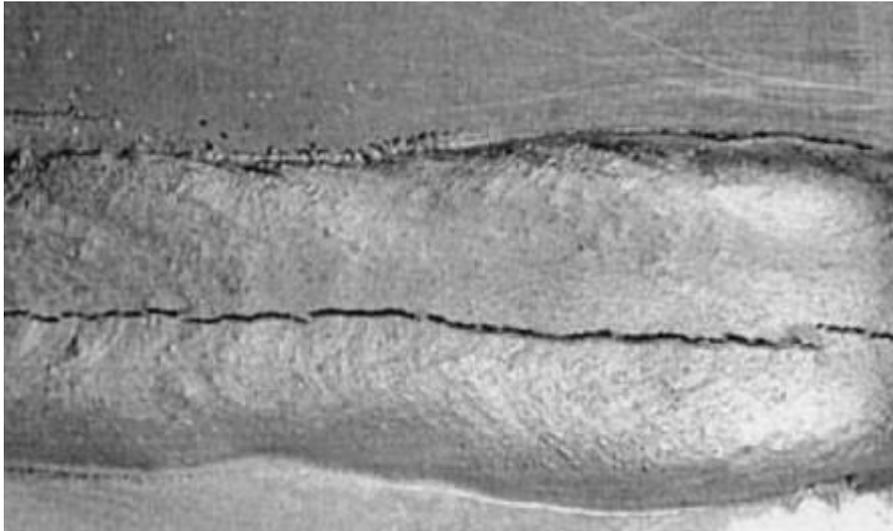


Figura 31. Fisuras superficiales.

Examen radiográfico:

Tras la ejecución de la prueba superficial se procedió a su verificación mediante líquidos penetrantes tal y como se recomienda en la Norma UNE-EN ISO 17636 "Ensayo no destructivos. Ensayo radiográfico. Parte 1: Técnicas de rayos X y gamma con película".

SOLDADOR	PROCEDIMIENTO	ENSAYO	RESULTADO
SOLDADOR, APELLIDO APELLIDO	P-138	RX	S.D.N

Tabla 13.Caso práctico. Examen radiográfico.

El certificado de ensayo se recoge en el Anexo G.

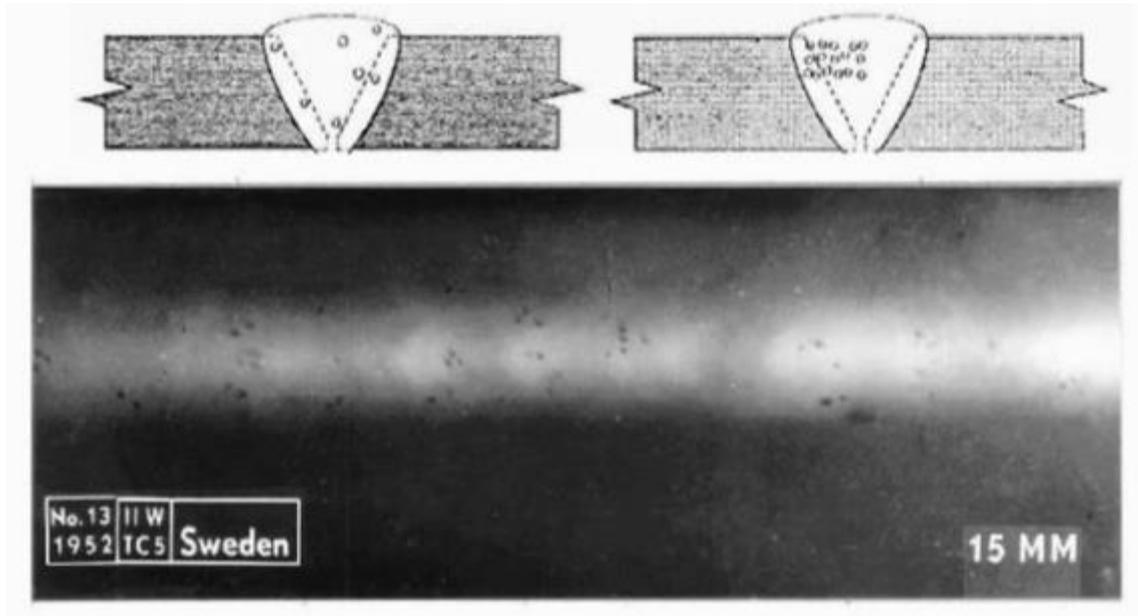


Figura 32. Examen radiográfico.

Ensayo de tracción transversal:

A fin de determinar las características mecánicas de la unión, se ha procedido al mecanizado de una probeta para su ensayo a tracción, según la Norma UNE-EN ISO 4136 "Ensayos destructivos de uniones soldadas en materiales metálicos. Ensayo de tracción transversal".

Los resultados de dichos ensayos figuran en la tabla siguiente:

TRACCIÓN TRANSVERSAL		ESPEJOR: 3mm	TIPO DE MUESTRA: SOLDADURA	
<b>CONTROL</b>				
NIVEL:	PUNTUAL			
TIPO ACERO:	S355			
Nº PROBETAS POR SERIE:	2			
LOTE:	1			
MUESTRA:	750826			
SUPERFICIE DE LAS PROBETA:	BRUTA			
<b>RESULTADOS OBTENIDOS</b>				
COD.MUESTRA: 01904872/1/01/750826				
REF. LABORATORIO	ZONA DE ROTURA		ZONA DE ROTURA)	
750826-1	Fuera de la soldadura*		satisfactorio	
750826-2	Fuera de la soldadura*		satisfactorio	

(\*) Rotura por el material base (fuera de soldadura).

Tabla 14. Caso práctico. Ensayo de Tracción Transversal.



Figura 33. Ensayo de tracción transversal.

#### Ensayo de Doblado:

Tal y como se establece en la Norma UNE-EN ISO 5173 "Ensayos destructivos en soldaduras metálicas. Ensayo de doblado", se ha procedido al ensayo sobre cuatro probetas mecanizadas a partir de la probeta soldada (dos de cara y dos de raíz). Los resultados se recogen en la siguiente tabla:

DOBLADO		ESPELOR: 3mm	TIPO DE MUESTRA: SOLDADURA	
<b>CONTROL</b>				
NIVEL:	<b>PUNTUAL</b>			
TIPO ACERO:	<b>S355</b>			
Nº PROBETAS POR SERIE:	<b>4</b>			
LOTE:	<b>1</b>			
MUESTRA:	<b>750826</b>			
SUPERFICIE DE LAS PROBETA:	<b>BRUTA</b>			
<b>RESULTADOS OBTENIDOS</b>				
COD. MUESTRA: 0/1904872/1/01/750826				
REF. LABORATORIO	MANDRIL	LUZ mm	RESULTADO	
750826-1	27	87	ACCEPTABLE	
750826-2	27	87	ACCEPTABLE	
750826-3	27	87	ACCEPTABLE*	
750826-4	27	87	ACCEPTABLE*	

(\*) Ensayos en raíz.

Tabla 15. Caso práctico. Ensayo de Doblado.

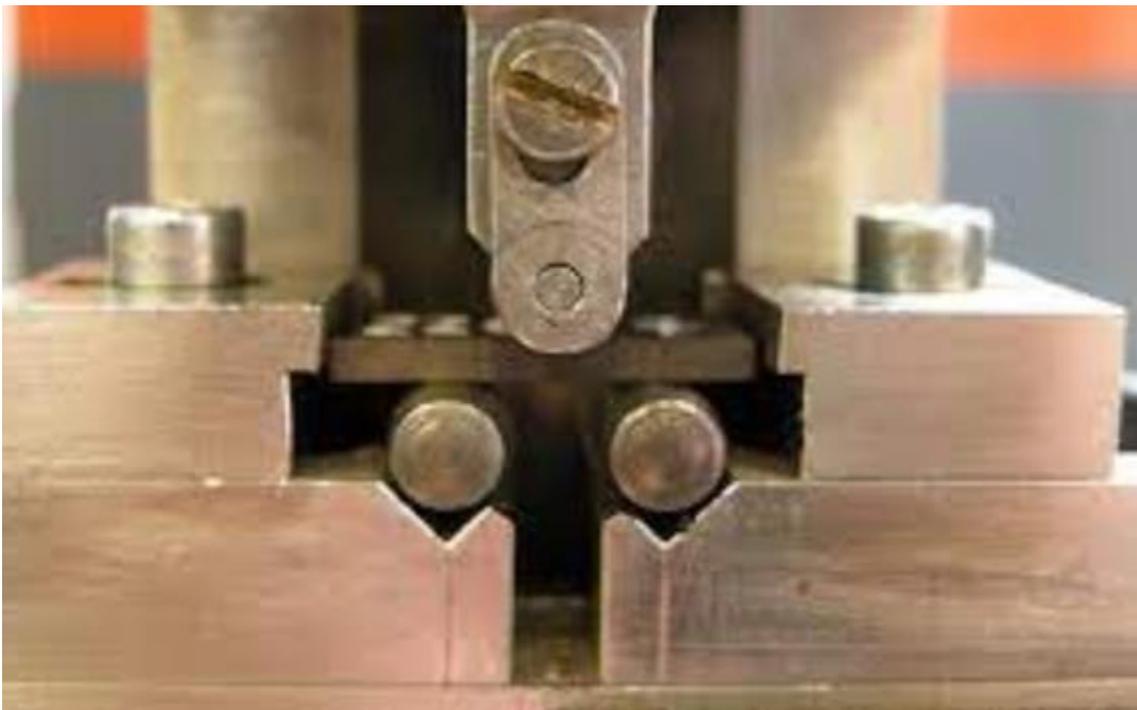
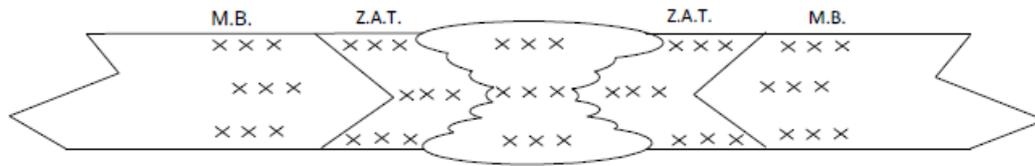


Figura 34. Ensayo de doblado.

Ensayo de dureza:

Se realiza un ensayo de dureza Vickers con una carga HV10 según la Norma UNE-EN ISO 6507-1 "Materiales metálicos. Ensayo de dureza Vickers. Parte 1: Método de ensayo".



ZONA	METAL BASE	Z.A.T.	SOLDADURA	Z.A.T.	METAL BASE
LINEA SUPERIOR	180-178-179	279-280-276	248-246-244	277-280-275	180-184-176
LINEA INFERIOR	168-170-177	277-282-270	244-240-246	277-281-274	171-166-169

Tabla 16. Caso práctico. Ensayo de Dureza.

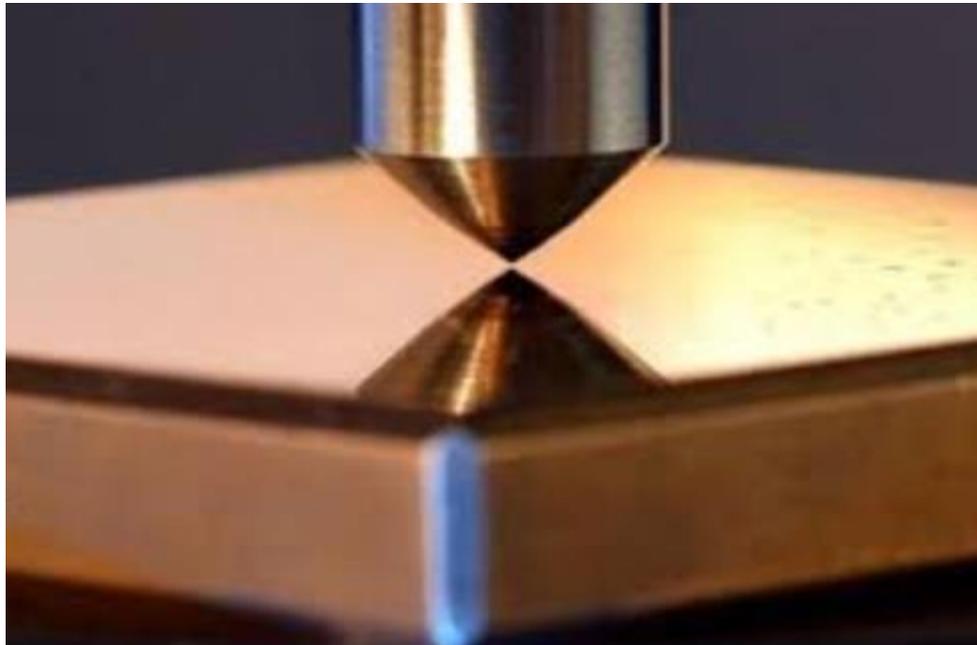


Figura 35. Ensayo de dureza.

#### Examen macrográfico:

Se ha procedido a realizar en la probeta del procedimiento válida también para homologaciones de soldador procediendo al pulido y ataque de las soldaduras. Se procede a utilizar las siguientes Normas: Norma UNE EN-ISO 19232-1 "Ensayos no destructivos. Calidad de imagen en radiografías. Parte 1: Determinación de la calidad de imagen en las radiografías utilizando indicadores tipo hilos" y Norma UNE EN-ISO 19232-2 "Ensayos no destructivos. Calidad de imagen en radiografías. Parte 2: Determinación del valor de calidad de imagen utilizando indicadores tipo taladros y escalones"

Los resultados se recogen en la siguiente figura:



Figura 36. Caso práctico. Examen macrográfico.

SOLDADOR	PROCEDIMIENTO	ENSAYO	RESULTADO
SOLDADOR, APELLIDO APELLIDO	P-138	MACROGRÁFICA	ACEPTABLE

Tabla 17. Caso práctico. Examen macrográfico.

### CONCLUSIONES:

A la vista de los resultados obtenidos en los diferentes ensayos, podemos precisar que la homologación del procedimiento es aceptable dado que en los ensayos requeridos se obtuvieron resultados satisfactorios.

El procedimiento de soldeo valida a la vez la homologación de soldador según se establece en la Norma UNE-EN ISO 15614-1 "Especificación y cualificación de procedimientos de soldeo para materiales metálicos. Ensayo de procedimiento de soldeo" punto 5.

SOLDADOR QUE REALIZA LA PRUEBA	D.N.I	EMPRESA	PROCEDIMIENTO
SOLDADOR, APELLIDO APELLIDO	12345678-X	CUBIERTAS Y MONTAJES P. FERRERAS	P-138. NIVEL 2. $t \leq 5$ mm

Tabla 18. Caso práctico. Tabla resumen homologación soldador.

### **FECHA Y FIRMAS:**

El siguiente documento deberá de ser firmado por el Jefe de Laboratorio y el Director Técnico del laboratorio de la Empresa que ha realizado las pruebas.

## **5.2 SOLDADURA CON ROBOT:**

La cualificación de una soldadura manual tipo MAG, se realizará con uno o varios cupones de ensayo normalizados y el equipo mostrado en la siguiente figura, además el personal a cualificar debe cumplir con la normativa del equipo de protección individual explicado en el ANEXO A corresponde con la Norma UNE-EN ISO 11611 "Ropa de protección utilizada durante el soldeo y procesos afines" y con la Norma UNE-EN ISO 13688 "Ropa de protección. Requisitos generales", además en el lugar de ensayo de la cualificación se deben de cumplir con la seguridad en las operaciones de soldadura explicadas en el ANEXO B correspondiendo con la Norma UNE-EN ISO 21904: "Seguridad e higiene en el soldeo y procesos afines. Parte 1: Requisitos generales.

En el caso de la soldadura con robot, se cualifica a los operadores o ajustadores de soldeo.

### **5.2.1 MÁQUINA DE SOLDAR UTILIZADA:**

En este apartado indicaremos el nombre de la máquina en la que se ha realizado la cualificación y además haremos una explicación del funcionamiento de la misma dado que es una máquina de soldadura y montaje bastante interesante.

El nombre de la máquina de soldadura y montaje utilizada es SBA-SR compact 760x15000 fabricada en Austria por la empresa Zeman Bauelemente y la hemos podido ver en funcionamiento y analizar gracias al Grupo P. Ferreras y hemos podido realizar su cualificación.

Explicamos el funcionamiento y los componentes del robot de soldadura y montaje en el Anexo F.



Figura 37. Robot de soldadura y ensamblaje.

### 5.2.2 PRUEBAS A REALIZAR PARA OBTENER LA CUALIFICACIÓN:

Como hemos comentado en el apartado teórico de la cualificación del operador o ajustador de soldeo, hay tres métodos para cualificar a este según la Norma UNE-EN ISO 14732 "Personal de soldeo. Ensayos de cualificación de operadores de soldeo y ajustadores de soldeo para el soldeo automático y mecanizado de materiales metálicos", nosotros utilizaremos el primer método basado en la Norma UNE-EN ISO 15614 "Especificación y cualificación de procedimientos de soldeo para materiales metálicos. Ensayo de procedimiento de soldeo".

Para la correcta cualificación del operador o ajustador de soldeo es preciso que el operario tenga los conocimientos apropiados del funcionamiento de la unidad de soldeo y que conozca las tecnologías del soldeo, además de obtener el certificado de prueba de cualificación para operadores o ajustadores de soldeo.

El trabajo realizado consiste en la conducción homologación para un soldador de la empresa Cubiertas y Montajes P. Ferreras S.L, situada en la localidad de La Cisterniga (Valladolid).

- Homologación de procedimiento para soldadura a tope u en ángulo (P135, Soldeo por arco protegido con gas y electrodo de aporte, Nivel 2  $t \geq 3$  mm).

SOLDADOR QUE REALIZA LA PRUEBA	D.N.I	EMPRESA	PROCEDIMIENTO
SOLDADOR, APELLIDO APELLIDO	12345678-X	CUBIERTAS Y MONTAJES P. FERRERAS	P-135. NIVEL 2. $t \geq 3$ mm

Tabla 19. Caso práctico. Datos soldador, empresa y prueba.

El soldador que ejecuta el procedimiento queda homologado si los resultados del mismo son satisfactorios según lo establece UNE-EN ISO 15614-1 "Especificación y cualificación de los procedimientos de soldeo para los materiales metálicos. Ensayo de procedimiento de soldeo. Parte 1: Soldeo por arco y con gas de aceros y soldeo por arco de níquel y sus aleaciones" apartado 5.

Sobre estas probetas se han realizado los ensayos establecidos en la Norma UNE-EN ISO 15614-1, apartado 7, tabla 2. Los procedimientos de ensayo utilizados, así como los ensayos realizados a la probeta, se recogen en la siguiente tabla:

Ensayos realizados	Inspección manual.
	Detección de grietas y líquidos penetrantes.
	Ensayo radiográfico.
	Tracción transversal.
	Doblado transversal.
	Ensayo de dureza
	Examen macroscópico.

Tabla 20. Ensayos realizados en caso práctico.

### ENSAYOS REALIZADOS:

Inspección visual:

Tras la inspección visual efectuada, según la norma de referencia, se calificó como aceptable la probeta objeto de inspección a través de la Norma UNE-EN

ISO 17637 "Ensayo no destructivos de uniones soldadas. Examen visual de uniones soldadas por fusión"

SOLDADOR	PROCEDIMIENTO	ENSAYO	RESULTADO
SOLDADOR, APELLIDO APELLIDO	P-138	VT	S.D.N

Tabla 21. Caso práctico. Inspección visual.

El certificado de ensayo se recoge en el Anexo H.

#### Detección de Fisuras Superficiales:

A fin de detectar cualquier tipo de fisura superficial se procedió a su verificación mediante líquidos penetrantes tal y como se recomienda en la Norma UNE-EN ISO 3452-1 "Ensayos no destructivos. Ensayo por líquidos penetrantes".

SOLDADOR	PROCEDIMIENTO	ENSAYO	RESULTADO
SOLDADOR, APELLIDO APELLIDO	P-138	PT	S.D.N

Tabla 22. Caso práctico. Detección de Fisuras Superficiales.

El certificado de ensayo se recoge en el Anexo H.

#### Examen radiográfico:

Tras la ejecución de la prueba superficial se procedió a su verificación mediante líquidos penetrantes tal y como se recomienda en la Norma UNE-EN ISO 17636 "Ensayo no destructivos. Ensayo radiográfico. Parte 1: Técnicas de rayos X y gamma con película".

SOLDADOR	PROCEDIMIENTO	ENSAYO	RESULTADO
SOLDADOR, APELLIDO APELLIDO	P-135	RX	S.D.N

Tabla 23. Caso práctico. Examen radiográfico.

El certificado de ensayo se recoge en el Anexo H.

### Ensayo de tracción transversal:

A fin de determinar las características mecánicas de la unión, se ha procedido al mecanizado de una probeta para su ensayo a tracción, según la Norma UNE-EN ISO 4136 "Ensayos destructivos de uniones soldadas en materiales metálicos. Ensayo de tracción transversal".

Los resultados de dichos ensayos figuran en la tabla siguiente:

TRACCIÓN TRANSVERSAL		ESPESOR:	50mm	TIPO DE MUESTRA:	SOLDADURA
<b>CONTROL</b>		<b>RESULTADOS OBTENIDOS</b>			
NIVEL:	PUNTUAL	COD.MUESTRA: O/1904872/1/01/935556			
TIPO ACERO:	S355	REF. LABORATORIO	ALARG %	TENSIÓN DE ROTURA MPa	ZONA DE ROTURA)
Nº PROBETAS POR SERIE:	2	935556-1	-	-	Fuera de la soldadura*
LOTE:	1	935556-2	-	-	Fuera de la soldadura*
MUESTRA:	935556				
SUPERFICIE DE LAS PROBETA:	BRUTA				

(\*) Rotura por el material base (fuera de soldadura).

Tabla 24. Caso práctico. Ensayo de Tracción Transversal.

### Ensayo de Doblado:

Tal y como se establece en la Norma UNE-EN ISO 5173 "Ensayos destructivos en soldaduras metálicas. Ensayo de doblado", se ha procedido al ensayo sobre cuatro probetas mecanizadas a partir de la probeta soldada (dos de cara y dos de raíz). Los resultados se recogen en la siguiente tabla:

DOBLADO		ESPESOR:	50mm	TIPO DE MUESTRA:	SOLDADURA
<b>CONTROL</b>		<b>RESULTADOS OBTENIDOS</b>			
NIVEL:	PUNTUAL	COD.MUESTRA: O/1904872/1/01/750826			
TIPO ACERO:	S355	REF. LABORATORIO	MANDRIL	LUZ mm	RESULTADO
Nº PROBETAS POR SERIE:	4	935556-1	4xe	7xe	ACEPTABLE
LOTE:	1	935556-2	4xe	7xe	ACEPTABLE
MUESTRA:	935556	935556-3	4xe	7xe	ACEPTABLE*
SUPERFICIE DE LAS PROBETA:	BRUTA	935556-4	4xe	7xe	ACEPTABLE*

(\*) Ensayos en raíz.

Tabla 25. Caso práctico. Ensayo de Doblado.

### Ensayo de dureza:

Se realiza un ensayo de dureza Vickers con una carga HV10 según la Norma UNE-EN ISO 6507-1 "Materiales metálicos. Ensayo de dureza Vickers. Parte 1: Método de ensayo".



ZONA	METAL BASE	Z.A.T.	SOLDADURA	Z.A.T.	METAL BASE
LINEA SUPERIOR	157-159-163	160-165-165	170-175-175	161-166-166	161-158-160
LINEA INFERIOR	159-159-156	166-165-165	170-174-174	165-165-166	162-159-160

Tabla 26. Caso práctico. Ensayo de Dureza.

Examen macrográfico:

Se ha procedido a realizar en la probeta del procedimiento valida también para homologaciones de soldador procediendo al pulido y ataque de las soldaduras.

Los resultados se recogen en la siguiente figura:

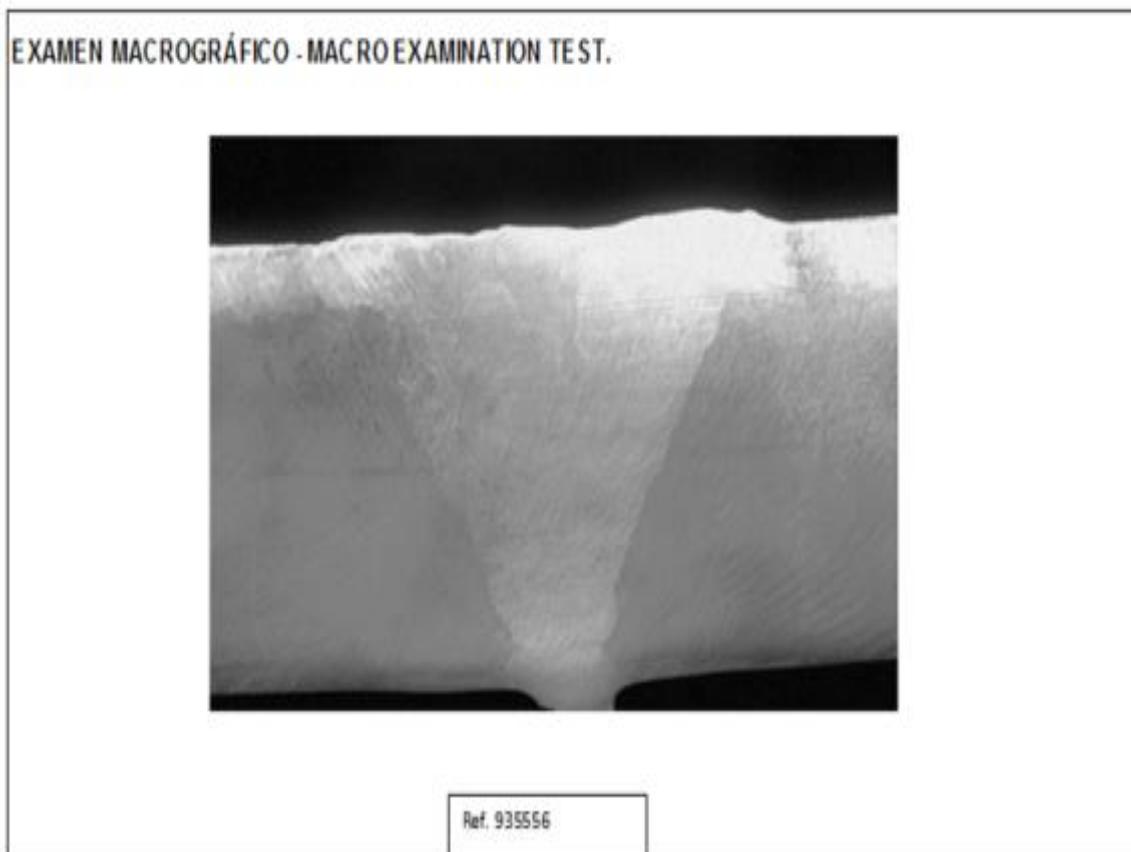


Figura 38. Caso práctico. Examen macrográfico.

SOLDADOR	PROCEDIMIENTO	ENSAYO	RESULTADO
SOLDADOR, APELLIDO APELLIDO	P-135	MACROGRÁFICA	ACEPTABLE

Tabla 27. Caso práctico. Examen macrográfico.

**CONCLUSIONES:**

A la vista de los resultados obtenidos en los diferentes ensayos, podemos precisar que la homologación del procedimiento es aceptable dado que en los ensayos requeridos se obtuvieron resultados satisfactorios.

El procedimiento de soldeo valida a la vez la homologación de soldador según se establece en la Norma UNE-EN ISO 15614-1 "Especificación y cualificación de los procedimientos de soldeo para los materiales metálicos. Ensayo de procedimiento de soldeo. Parte 1: Soldeo por arco y con gas de aceros y soldeo por arco de níquel y sus aleaciones" punto 5.

SOLDADOR QUE REALIZA LA PRUEBA	D.N.I	EMPRESA	PROCEDIMIENTO
SOLDADOR, APELLIDO APELLIDO	12345678-X	CUBIERTAS Y MONTAJES P. FERRERAS	P-135. NIVEL 2. $t \leq 3$ mm

Tabla 28. Caso práctico. Tabla resumen homologación soldador.

**FECHA Y FIRMAS:**

El siguiente documento deberá de ser firmado por el Jefe de Laboratorio y el Director Técnico del laboratorio de la Empresa que ha realizado las pruebas.



## 6.CONCLUSIONES:

Al realizar este trabajo de fin de grado llegamos a las siguientes conclusiones:

- Es imprescindible que las empresas que realizan trabajos de soldadura tengan a todos sus soldadores cualificados según la Normativa UNE-EN ISO, debido a que las soldaduras que realizan los soldadores o ajustadores de soldeo pueden ir destinadas a cualquier elemento que deba resistir ciertas cargas y de no tener la certeza de que las soldaduras son correctas podría colapsar la estructura y causar daños materiales y físicos.
- Los soldadores y operadores o ajustadores de soldeo se deben calificar a partir de un WPS y en el mismo se deben recoger las variables esenciales y no esenciales del proceso de soldadura a analizar, se debe calificar el soldador o al operador de soldeo y el procedimiento de soldeo que se va a realizar.
- Los ensayos realizados para la cualificación son la prueba de que el soldador es completamente apto para la realización del trabajo, estos ensayos son realizados por empresas externas a la que va a cualificar a los soldadores o ajustadores de soldeo, es el caso que hemos realizado.
- Los END nos permiten ver los defectos de una soldadura, en un tiempo relativamente bajo y sin causar daños en la misma, estos ensayos son los que hemos realizado con la empresa Cemosá.
- Los ED nos permiten ver los defectos de la soldadura, pero en este tipo de ensayos se realiza hasta la rotura o la inutilización de la probeta soldada, estos ensayos los hemos realizado con la empresa Cemosá.
- Si se va a realizar alguna soldadura específica o la soldadura se realiza en otro material o posicionamiento el soldador debe de estar cualificado para la realización de estos trabajos, aunque se utilice el mismo método de soldadura. Cada soldadura, cada posición y cada proceso necesita una cualificación.
- El método de la soldadura es el mejor método para reparar o unir piezas y ahorrar un costo bastante significativo, tanto para el mantenimiento, como para la creación de nuevas piezas.



## 7. PRESUPUESTO

En este apartado realizamos dos presupuestos, uno de los consumibles utilizados y otro de las homologaciones. El presupuesto de las homologaciones tiene el mismo precio para el soldador manual que para el operador o ajustador de soldeo, por eso se han indicado dos cantidades.

No vamos a entrar a analizar el alquiler de la maquinaria necesaria para ambos procesos. Dado que no es el objetivo de este presupuesto.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO (€)	TOTAL (€)
Parte proporcional de bobina hilo de acero de 15 Kg, y 1,2 mm de espesor.	1	18,74	18,74
Botella de gas Ar+CO <sub>2</sub> de 50L.	1	105,60	105,60
Costes indirectos, 3%.	1	3,73	3,73
		Subtotal- CONSUMIBLES	<b>128,07 €</b>

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO (€)	TOTAL (€)
Homologación de soldador, según UNE-EN ISO 9606-1:2014.	2	300,00	600,00
Homologación de procedimiento de soldadura, según UNE-EN ISO 9606-1:2014.	2	350,00	700,00
		Subtotal HOMOLOGACIONES	<b>1.300,00 €</b>

**Total (sin impuestos): 1.428,07 €**

**IVA (21%): 299,89 €**

**Total (impuestos incluidos): 1.727,96 €**

Tabla 29. Presupuesto de consumibles y homologaciones de soldador y operador de soldeo.



## 8. IMPACTO AMBIENTAL:

El impacto ambiental es el efecto que producen las actividades llevadas a cabo por los seres humanos sobre el medio ambiente. Y nuestro cometido es el reducir al máximo el impacto sobre el entorno. Para conseguir esto se procede a controlar la contaminación atmosférica, acústica, vertidos, consumo de recursos, generación de residuos y todos los posibles daños causados por el ser humano al medio ambiente.

A través de las soldaduras realizamos impacto ambiental con los siguientes problemas ambientales:

1. Agotamiento de recursos:

Para la práctica de la soldadura hacemos uso de la energía eléctrica y desperdiciamos materiales que han sido fabricados a través de los recursos sustraídos de la tierra.

2. Contaminación del agua:

Las partículas metálicas de los humos que llegan al agua a través de desagües y las aguas residuales de las instalaciones.

3. Contaminación atmosférica:

Debido a los humos y gases generados en las reacciones que se producen al realizar las soldaduras es necesario si se trabaja en una nave la implantación de máquinas de extracción de gases para no causar daños directos en el soldador y esos gases son depositados en la atmósfera sin ningún tratamiento luego estamos causando daños en la misma.

4. Residuos:

Se generan residuos si no se cambian los filtros de los sistemas de extracción con la frecuencia necesaria para que cumplan su cometido. Y además también generamos residuos si no hacemos una buena separación y reciclaje de los residuos.



## 9. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Historia de la soldadura <http://es.wikipedia.org/wiki/Soldadura>
- [2] <https://soldadoras.com.ar/historia-de-la-soldadura/>
- [3] <https://es.wikipedia.org/wiki/Soldadura>
- [4] [https://www.esab.com.ar/ar/sp/education/blog/proceso\\_soldadura\\_electrodo\\_revestido.cfm](https://www.esab.com.ar/ar/sp/education/blog/proceso_soldadura_electrodo_revestido.cfm)
- [5] <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn53.html>
- [6] [https://www.ecured.cu/Soldadura\\_por\\_plasma#Descripci.C3.B3n](https://www.ecured.cu/Soldadura_por_plasma#Descripci.C3.B3n)
- [7] <https://www.tameindustrial.com/soldadura-de-protuberancia>
- [8] Norma UNE. Catálogo AENOR.
- [9] Manual de soldadura INDURA.
- [10] Manual de soldadura OERLIKON.
- UNE EN ISO 21904:2020 "Seguridad e higiene en el soldeo y procesos afines. Parte1: Requisitos generales"
- UNE EN-ISO 11611:2018 "Ropa de protección utilizada durante el soldeo y procesos afines".
- UNE EN-ISO 11666:2018 "Ensayo no destructivo de uniones soldadas. Ensayo por ultrasonidos"
- UNE EN-ISO 12668:2010 "Ensayos no destructivos. Caracterización y verificación del equipo de examen por ultrasonidos"
- UNE EN-ISO 13688:2013 "Ropa de protección. Requisitos generales"
- UNE EN-ISO 148-1:2017 "Materiales metálicos. Ensayo de flexión por choque con péndulo Charpy. Parte 1: Método de ensayo"
- UNE EN-ISO 16810:2014 "Ensayos no destructivos. Ensayos por ultrasonidos. Principios generales"
- UNE EN-ISO 19017:2018 "Guía para medición de residuos radiactivos por espectrometría gamma"
- UNE EN-ISO 19232-1:2014 "Ensayos no destructivos. Calidad de imagen en radiografías. Parte 1: Determinación de la calidad de imagen en las radiografías utilizando indicadores tipo hilos"

UNE EN-ISO 19232-2:2014 "Ensayos no destructivos. Calidad de imagen en radiografías. Parte 2: Determinación del valor de calidad de imagen utilizando indicadores tipo taladros y escalones"

UNE EN-ISO 3059:2013 "Ensayos no destructivos. Ensayo mediante líquidos penetrantes y partículas magnéticas. Condiciones de observación"

UNE EN-ISO 5580:2014 "Ensayos no destructivos. Negatoscopios utilizados en radiología industrial. Requisitos mínimos"

UNE EN-ISO 6507-1:2018 "Materiales metálicos. Ensayo de dureza Vickers. Parte 1: Método de ensayo"

UNE EN-ISO 6982-1:2018 " Materiales metálicos. Ensayos de tracción. Parte 1: Método de ensayo a temperatura ambiente"

UNE EN-ISO 6982-2:2018 " Materiales metálicos. Ensayos de tracción. Parte 2: Método de ensayo a temperatura elevada"

UNE EN-ISO 9017:2018 "Ensayos destructivos de soldaduras de materiales metálicos. Ensayo de rotura"

UNE EN-ISO 9712:2012 "Ensayos no destructivos. Cualificación y certificación del personal que realiza ensayos no destructivos"

UNE EN-ISO 9934-1:2017 "Ensayos no destructivos. Ensayo por partículas magnéticas. Parte 1: Principios generales"

UNE EN-ISO 9934-2:2016 "Ensayos no destructivos. Ensayo por partículas magnéticas. Parte 2: Medio de detección"

UNE-EN ISO 14175:2009 "Consumibles para el soldeo. Gases de protección para el soldeo por fusión y procesos afines".

UNE-EN ISO 14732:2014 "Personal de soldeo. Ensayos de cualificación de operadores de soldeo y ajustadores de soldeo para el soldeo automático y mecanizado de materiales metálicos.

UNE-EN ISO 148-1:2017 "Materiales metálicos. Ensayo de flexión por choque con péndulo Charpy. Parte 1. Método de ensayo".

UNE-EN ISO 15607:2020 "Especificación de los procedimientos de soldeo para los materiales metálicos. Reglas generales".

UNE-EN ISO 15609:2020 "Especificación y cualificación de los procedimientos de soldeo para los materiales metálicos. Especificación del procedimiento de soldeo".

UNE-EN ISO 15609.2:2020 "Especificación y cualificación de los procedimientos de soldeo para los materiales metálicos. Especificación del procedimiento de soldeo. Parte 2: Soldeo por gas"

UNE-EN ISO 15610:2004 "Especificación y cualificación de procedimientos de soldeo para materiales metálicos. Cualificación basada en el empleo de consumibles de soldeo ensayados".

UNE-EN ISO 15611:2004 "Especificación y cualificación de procedimientos de soldeo para materiales metálicos. Cualificación mediante experiencia previa de soldeo".

UNE-EN ISO 15612:2019 "Especificación y cualificación de procedimientos de soldeo para materiales metálicos. Cualificación por adopción de un procedimiento de soldeo estándar".

UNE-EN ISO 15613:2005 "Especificación y cualificación de procedimientos de soldeo para materiales metálicos. Cualificación mediante ensayos de soldeo anteriores a la producción".

UNE-EN ISO 15614:2020 "Especificación y cualificación de procedimientos de soldeo para materiales metálicos. Ensayo de procedimiento de soldeo".

UNE-EN ISO 15614.1:2018 "Especificación y cualificación de los procedimientos de soldeo para los materiales metálicos. Ensayo de procedimiento de soldeo. Parte 1: Soldeo por arco y con gas de aceros y soldeo por arco de níquel y sus aleaciones"

UNE-EN ISO 17636-1:2013 "Ensayo no destructivos. Ensayo radiográfico. Parte 1: Técnicas de rayos X y gamma con película".

UNE-EN ISO 17636-2:2013 "Ensayo no destructivos. Ensayo radiográfico. Parte 2: Técnicas de rayos X y gamma con detectores digitales".

UNE-EN ISO 17637:2017 "Ensayo no destructivos de uniones soldadas. Examen visual de uniones soldadas por fusión"

UNE-EN ISO 17638:2017 "Ensayo no destructivos de uniones soldadas. Ensayo mediante partículas magnéticas"

UNE-EN ISO 17639:2013 "Ensayo no destructivos de soldaduras de materiales metálicos. Examen macroscópico y microscópico de soldaduras".

UNE-EN ISO 17640:2019 "Ensayo no destructivos de uniones soldadas. Ensayo por ultrasonidos Técnicas, niveles de ensayo y evaluación".

UNE-EN ISO 26304:2018 "Consumibles para el soldeo. Alambres, alambres tubulares y combinaciones alambre-fundente para el soldeo por arco sumergido de aceros de alta resistencia. Clasificación.

UNE-EN ISO 3452-1:2020 "Ensayos no destructivos. Ensayo por líquidos penetrantes".

UNE-EN ISO 3834-2:2006 "Requisitos de calidad para el soldeo por fusión de materiales metálicos. Parte 2: Requisitos de calidad completos"

UNE-EN ISO 3834-3:2006 "Requisitos de calidad para el soldeo por fusión de materiales metálicos. Parte 2: Requisitos de calidad normales"

UNE-EN ISO 4063:2011 "Soldeo y técnicas conexas. Nomenclatura de procesos y números de referencia".

UNE-EN ISO 4136:2013 "Ensayos destructivos de uniones soldadas en materiales metálicos. Ensayo de tracción transversal".

UNE-EN ISO 5173:2011 "Ensayos destructivos en soldaduras metálicas. Ensayo de doblado".

UNE-EN ISO 5817:2014 "Soldeo. Uniones soldadas por fusión en acero, níquel, titanio y sus aleaciones".

UNE-EN ISO 6520-1:2009 "Soldeo y técnicas afines. Clasificación de las imperfecciones geométricas en los materiales metálicos. Parte 1. Soldeo por fusión".

UNE-EN ISO 6947:2020 "Soldeo y técnicas afines. Posiciones de trabajo".

UNE-EN ISO 6947:2020 "Soldeo y técnicas afines. Posiciones de trabajo".

UNE-EN ISO 9015-1:2011 "Ensayos destructivos de soldaduras en materiales metálicos. Ensayo de dureza. Parte 1. Ensayo de dureza en uniones soldadas por arco".

UNE-EN ISO 9016:2013 "Ensayos destructivos de uniones soldadas en materiales metálicos. Ensayo de flexión por choque".

UNE-EN ISO 9606.1:2017 "Cualificación de soldadores: Soldeo por fusión. Parte 1 Aceros".

UNE-EN ISO/TR 15608:2020 "Soldeo. Directrices para el sistema de agrupamiento de materiales metálicos".

## 10. ANEXOS.

### ANEXO A: EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPIS):

Toda la normativa respecto a los EPIS de protección está recogida en la Norma UNE-EN ISO 11611 "Ropa de protección utilizada durante el soldeo y procesos afines".

El marcado de la protección de los soldadores que reclame el cumplimiento con esta norma internacional, debe estar marcada de acuerdo con la Norma UNE-EN ISO 13688 "Ropa de protección. Requisitos generales"

Para la clase de soldadura que vamos a utilizar en este proyecto de tipo MAG, el marcado corresponderá a la clase 1 de la clasificación.



Figura 39. Pictograma de protección contra los riesgos de soldadura. [9]

Cuando se realizan soldaduras ciertas partes del operador quedan al descubierto, por lo que hay que tener especial cuidado en el cumplimiento de las reglas de seguridad, a fin de contar con la máxima protección personal y además proteger a las otras personas que trabajan a su alrededor.

En la mayor parte de los casos la seguridad es una cuestión de sentido común y los accidentes pueden evitarse si se cumplen las siguientes reglas:

#### Protección personal:

El equipo a usar por el soldador consiste en:

1. Máscara de soldar: Protege bien los ojos, la cara y el cuello y debe estar provista de filtros inactivos de acuerdo al proceso e intensidades de corriente empleadas.
2. Guantes de cuero: Tipo mosquetero con costura interna, que protejan las manos, muñecas y antebrazos.
3. Colete o delantal de cuero: para protegerse de salpicaduras y exposición a rayos ultravioletas
4. Polaina y casaca de cuero: estos elementos es necesario utilizarlos cuando se hacen soldaduras en posiciones verticales y sobre cabeza, para evitar los daños que puedan ocasionar las salpicaduras del metal fundido.

5. Zapatos de seguridad: Que cubran los tobillos para evitar el atrape de salpicaduras.
6. Gorro: Sirve para proteger el cabello y el cuero cabelludo, especialmente cuando se hacen soldaduras en posiciones.  
 Importante: Evitar tener en los bolsillos cualquier tipo de material inflamable.  
 No usar ropa de material sintético, usar ropa de algodón.

#### Protección de la vista:

La protección a la vista merece mención aparte. El arco eléctrico que se utiliza como fuente calórica y cuya temperatura es bastante elevada, desprende radiaciones visibles y no visibles. Dentro de las no visibles tenemos aquellas de efecto más nocivo como son los rayos ultravioletas o infrarrojos.

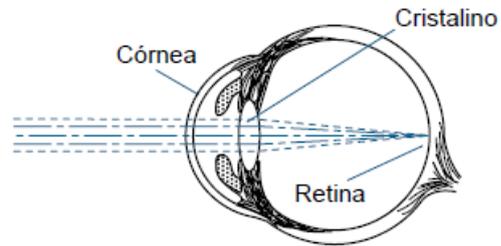
El tipo de quemadura que el arco produce en los ojos no es permanente, aunque si es extremadamente dolorosa. Su efecto es parecido a "tener arena caliente en los ojos". Para evitarlo es preciso utilizar un lente protector (vidrio inactínico) y delante una cubierta de vidrio transparente para la protección del anterior vidrio inactínico. Esta cubierta de vidrio transparente hay que sustituirla en caso de deteriorarse. A fin de asegurar una completa protección, el lente protector debe poseer la densidad adecuada al proceso e intensidad de corriente utilizada. En la siguiente figura nos ayudara a seleccionar la lente adecuada. Nosotros deberemos fijarnos en la soldadura MIG que es la que vamos a estudiar.

PROCESO	CORRIENTE, en Amperes																			
	10	15	20	30	40	60	80	100	125	150	175	200	225	250	275	300	350	400	450	500
Arco manual				9	10			11						12				13		14
Sistema MIG, con gas inerte, espesores altos								10	11					12				13		14
Sistema Mig con gas inerte, espesores bajos								10	11	12				13				14	15	
Proceso TIG	9			10	11				12	13				14						
Proceso MIG con gas CO <sub>2</sub>								10	11	12				13				14	15	
Torchado arco-aire									10	11	12	13						14	15	

Tabla 30. Escala de lentes a usar según el proceso de soldadura. [9]

### Sin lente protector

Luminosos      Infrarojos      Ultravioleta



### Con lente protector

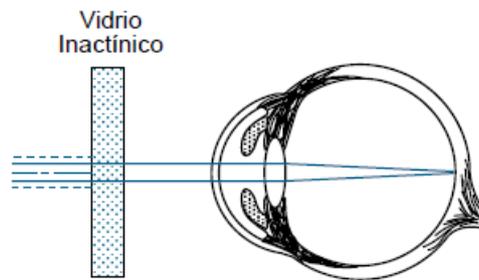


Figura 40. Influencia de los rayos sobre el ojo humano. [9]

## ANEXO B: SEGURIDAD EN OPERACIONES DE SOLDADURA:

La normativa correspondiente a este Anexo se describe en la Norma UNE-EN ISO 21904: “Seguridad e higiene en el soldeo y procesos afines. Parte 1: Requisitos generales.

Según el sitio en el que el operador se disponga a realizar las soldaduras, anteriormente al proceso de soldar hay que inspeccionar el entorno y realizar las soldaduras con cierta seguridad.

Aspectos que hay que tener en cuenta:

### Riesgos de Incendio:

Nunca se debe soldar en la proximidad de líquidos inflamables, gases, metales en polvo o polvos combustibles.

Cuando el área en el que se suelde dispone de gases, vapores o polvos, es necesario mantener una perfecta aireación y ventilación del lugar mientras se suelda.

Nunca soldar en proximidad a materiales inflamables o de combustibles no protegidos.

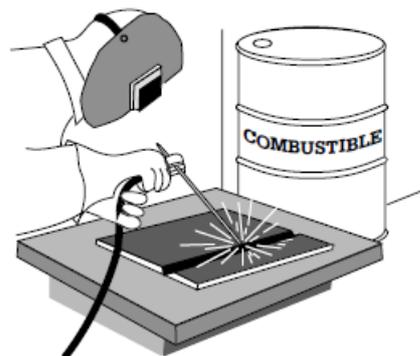


Figura 41. Evitar soldar cerca de combustibles. [10]

### Ventilación:

Soldar en áreas confinadas sin una ventilación adecuada puede considerarse una operación arriesgada, porque al consumirse el oxígeno disponible, y a la vez el calor que desprende la soldadura y el humo restante, el soldador queda expuesto a severas molestias y enfermedades.



Figura 42. Soldar con equipos de extracción de humos. [10]

#### Humedad:

La humedad entre el cuerpo y algo electrificado forma una línea a tierra que puede conducir corriente al cuerpo del operador y producir un choque eléctrico.

El operador nunca debe estar sobre una poza o sobre suelo húmedo cuando suelda, tampoco debe trabajar en un lugar húmedo.

Deberá conservar sus manos, vestimenta y lugar de trabajo completamente secos.



Figura 43. Evitar soldar con humedad. [10]

ANEXO C: ESQUEMA BÁSICO DE SOLDADURA:

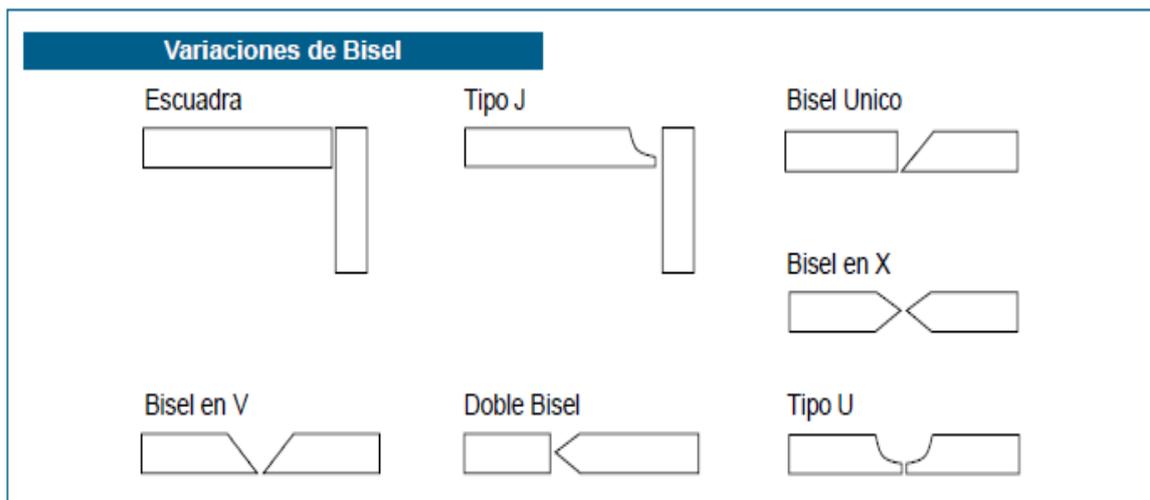
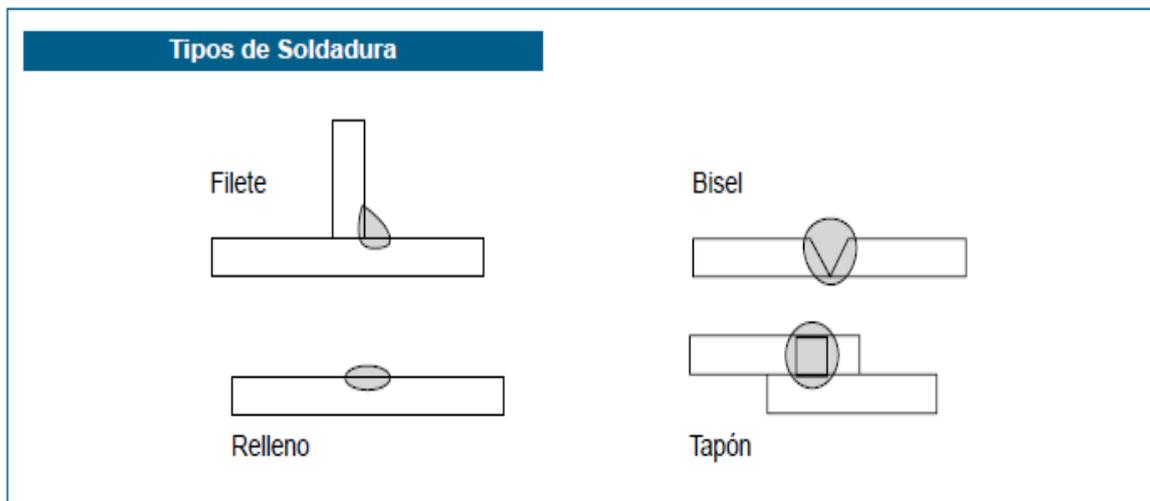
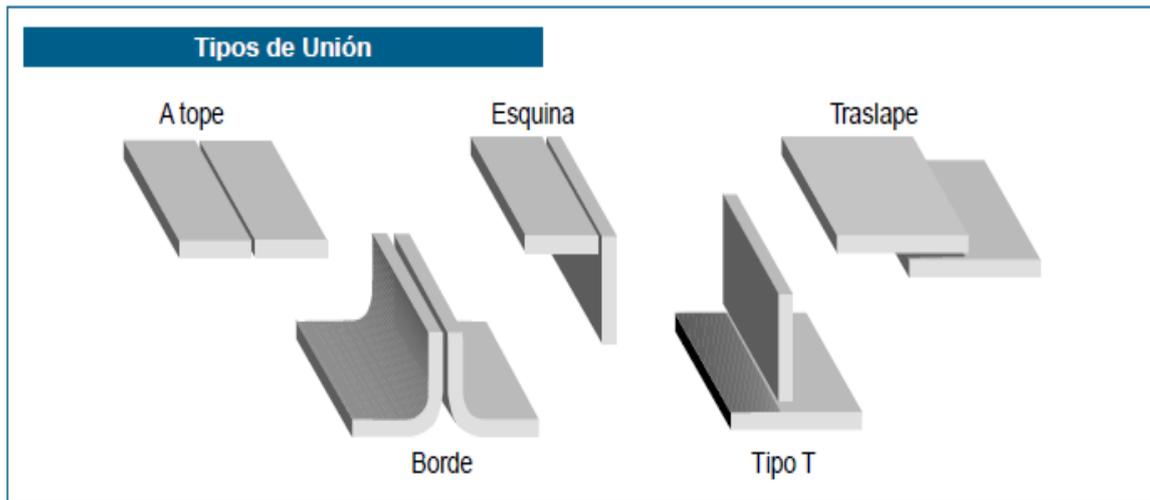


Figura 44. Esquema básico de soldaduras. [10]

## ANEXO D: POSICIONES EN SOLDADURA:

Designación de acuerdo con ANSI/AWS A 3.0-85.

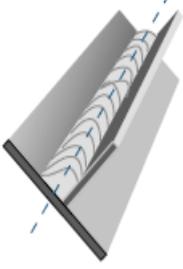
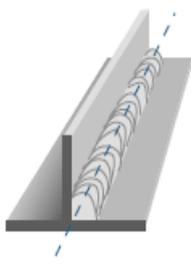
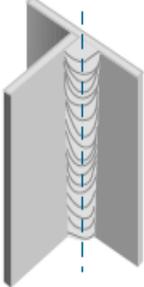
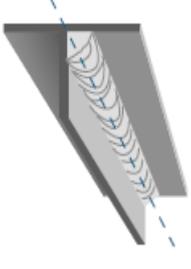
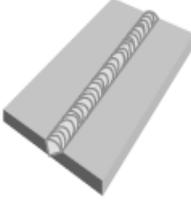
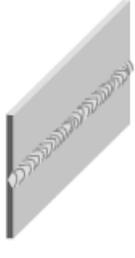
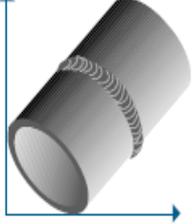
Plano	Horizontal	Vertical	Sobrecabeza
<b>Uniones de Filete</b>			
 1F	 2F	 3F	 4F
<b>Uniones Biseladas</b>			
 1G	 2G	 3G	 4G
<b>Uniones de Tuberías</b>			
<p>La tubería se rota mientras se suelda</p>  1G	 2G	<p>La tubería no se rota mientras se suelda</p>  5G	 6G

Figura 45. Posiciones de soldadura 1/2.

## POSICIONES DE SOLDADURA

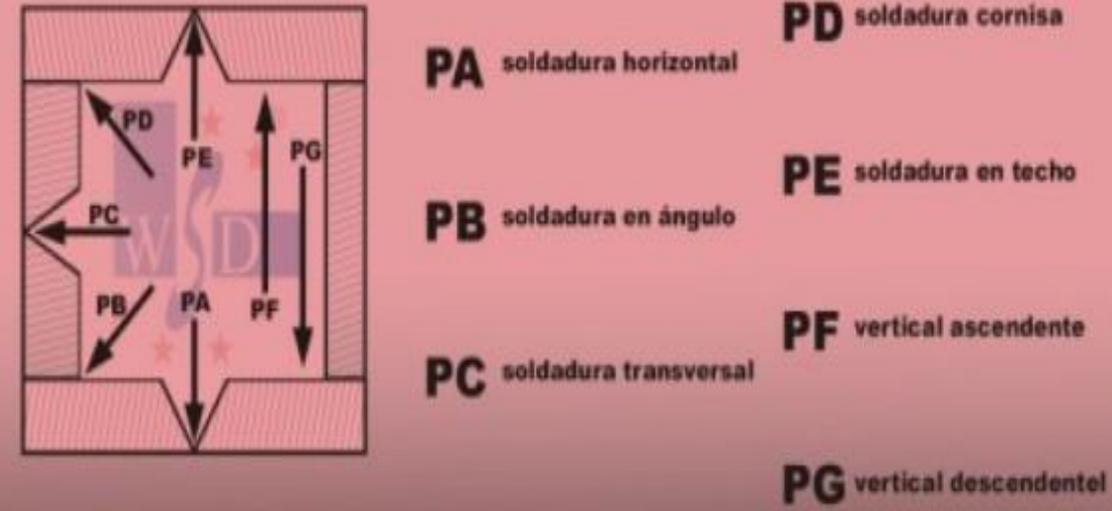


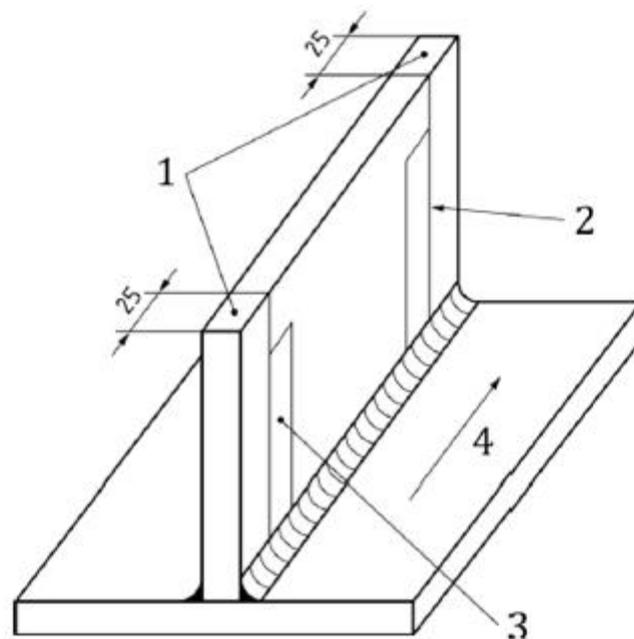
Figura 46. Posiciones de soldadura 2/2. [10]

## ANEXO E: ENSAYOS

### ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS: END

Todas las pruebas o ensayos no destructivos que realicemos se realizarán previamente al corte de las probetas de ensayo.

Debemos de tener en cuenta que la zona 1, de la figura 41 es la misma que la figura 28 en la que se muestra una unión a tope de chapa es una zona que para los END tenemos que descartar. Y si se aplica cualquier tratamiento térmico post-soldeo (PWHT) que este especificado se debe completar antes que los ensayos no destructivos.



#### Leyenda

- 1 Descartar 25 mm
- 2 Probeta macrográfica
- 3 Probeta macrográfica y probeta de dureza
- 4 Dirección de soldadura

Figura 47. Situación de las probetas en una unión en T.[8]

En los materiales que sean susceptibles al agrietamiento inducido por hidrógeno y cuando no esté especificado postcalentamiento o PWHT, los ensayos no destructivos deberán retrasarse.

Los ensayos no destructivos tienen diversas aplicaciones como:

- ✓ Estimación de propiedades mecánicas y físicas.
- ✓ Eliminar materia prima defectuosa.
- ✓ La medición de dimensiones.
- ✓ Caracterizar estructura o micro-estructura.

- ✓ Uniformidad de la producción.
- ✓ Identificar o separar materiales.
- ✓ Detectar fisuras y su evaluación.

A continuación, procederemos a explicar de forma breve en qué consisten cada tipo de ensayo y su Norma.

- *Ensayo de inspección visual.*

Norma UNE-EN ISO 17637 "Ensayo no destructivos de uniones soldadas. Examen visual de uniones soldadas por fusión".

La inspección visual de soldaduras y evaluación de los resultados para su aceptación debe de realizarse por personal cualificado y competente. Es recomendable que el personal que realice pruebas visuales esté cualificado según la Norma UNE-EN ISO 9712 "Ensayos no destructivos. Cualificación y certificación del personal que realiza ensayos no destructivos".

Debe haber una iluminación en la superficie de la pieza a examinar y debe de ser mínimo de 350 lux.

Para la inspección directa, el acceso será suficiente para situar el ojo dentro de los 600 mm de la superficie a examinar y con un ángulo no inferior a 30°. En la inspección visual de la preparación de la unión, en esta inspección se debe de cumplir el procedimiento WPS.

En la inspección visual durante el soldeo, se debe verificar que no haya imperfecciones visibles como grietas o cavidades, la transición entre pasadas, la soldadura y el metal base tiene una forma que puede conseguirse una fusión satisfactoria durante el soldeo con la siguiente pasada. La soldadura debe quedar conforme con los requisitos de la especificación del procedimiento de soldeo, WPS.

Inspección visual de la soldadura terminada, se debe inspeccionar una vez finalizada la soldadura para determinar si cumple con los requisitos de aplicación.

Se debe tener en cuenta la limpieza y el repaso como que se retire la escoria, no existan huellas. Medir el perfil y las dimensiones y comprobar las pasadas de raíz y superficiales.

Cuando se realice un informe de este ensayo se deberá incluir la siguiente información:

- Nombre del fabricante del componente.
- Nombre de la entidad de inspección.
- Identificación del objeto examinado.
- Material.
- Tipo de unión.
- Espesor del material.
- Proceso de soldeo.

- Criterios de aceptación.
- Imperfecciones que excedan los criterios de aceptación y su localización.
- Alcance del examen haciendo referencia a planos según sea apropiado.
- Dispositivos de inspección utilizados.
- Alcance del examen haciendo referencia a planos.
- Resultados de la inspección con referencia a los criterios de aceptación.
- Nombre del inspector y la fecha del examen.

Las soldaduras que sean satisfactorias deben identificarse y marcarse adecuadamente.

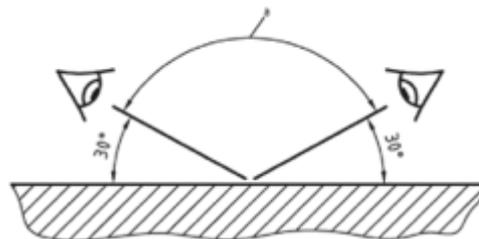


Figura 48. Acceso para la inspección.

### **Ensayo radiográfico.**

Norma UNE-EN ISO 17636-1 "Ensayo no destructivos. Ensayo radiográfico. Parte 1: Técnicas de rayos X y gamma con película". O Norma UNE-EN ISO 17636-2 "Ensayo no destructivos. Ensayo radiográfico. Parte 2: Técnicas de rayos X y gamma con detectores digitales".

Las técnicas radiográficas se dividen en dos clases:

- Clase A: Técnicas básicas.
- Clase B: Técnicas mejoradas.

Las técnicas de la clase B se utilizan cuando los de clase A pueden ser insuficientemente sensibles.

La selección de la técnica radiográfica debe acordarse entre las partes contratantes.

Se deben cumplir los siguientes requisitos:

- ✓ Protección contra la radiación ionizante.  
Debe seguirse las reglamentaciones de protección contra las radiaciones ionizantes.
- ✓ Preparación de la superficie y estado de fabricación.  
No suele ser necesaria una preparación de la superficie, salvo cuando las imperfecciones superficiales puedan causar dificultades en la detección de defectos, entonces la superficie debe amolarse para eliminar los defectos.

- ✓ Posición de la soldadura en la radiografía.  
Si en la radiografía no se muestra el entorno de la soldadura, deben colocarse los marcadores de alta densidad a cada lado de la soldadura.
- ✓ Identificación de radiografías.  
Se deben colocar símbolos en cada sección del objeto a radiografiar para identificar la sección.
- ✓ Marcado.  
Deben realizarse marcas permanentes en el objeto de ensayo para poder localizar la posición de cada radiografía.
- ✓ Solape de películas.  
Cuando se radiografía una zona con dos o más películas separadas, estas deben solaparse para asegurar que se radiografía la zona que queremos radiografiar. Esto se verifica mediante el uso de un marcador de alta densidad.
- ✓ Tipos y posiciones de los indicadores de calidad de imagen.  
La calidad de imagen debe verificarse según indicadores de calidad de imagen de las Normas UNE-EN ISO 19232-1 "Ensayos no destructivos. Calidad de imagen en radiografías. Parte 1: Determinación de la calidad de imagen en las radiografías utilizando indicadores tipo hilos" o Norma UNE-EN ISO 19232-2 "Ensayos no destructivos. Calidad de imagen en radiografías. Parte 2: Determinación del valor de calidad de imagen utilizando indicadores tipo taladros y escalones"  
El índice de calidad de imagen IQI, debe posicionarse en la zona central del área de interés, sobre el metal base adyacente a la soldadura.
- ✓ Evaluación y calidad de imagen.  
Las películas deben de ser examinadas con la Norma UNE-EN ISO 5580 "Ensayos no destructivos. Negatoscopios utilizados en radiología industrial. Requisitos mínimos"  
, a través de esta determinación se determina el número del hilo o diámetro del taladro menor que pueda distinguirse.
- ✓ Índices de calidad de imagen mínimos. En la Norma UNE-EN ISO 17636-1 "Ensayo no destructivos. Ensayo radiográfico. Parte 1: Técnicas de rayos X y gamma con película".  
se muestran los índices de calidad de imagen mínimos en las tablas de la B.1 a B.12.
- ✓ Cualificación del personal.  
El personal que realice los ensayos debe de estar cualificado según la Norma UNE-EN ISO 9712 "Ensayos no destructivos. Cualificación y certificación del personal que realiza ensayos no destructivos"  
Cuando se realice un informe de este ensayo se deberá de incluir la siguiente información:

- Nombre de la sociedad encargada de los ensayos.
- Objeto.
- Material.
- Tratamiento térmico.
- Geometría de la soldadura.
- Espesor del material.
- Proceso de soldeo.
- Especificación del ensayo incluyendo requisitos de aceptación.
- Técnica radiografiada y clase, sensibilidad requerida de IQI.
- Disposición del ensayo.
- Sistema de marcado utilizado.
- Plan de posicionamiento de las películas.
- Fuente de radiación, tipo y tamaño del foco e identificación del equipo utilizado.
- Sistema y tipo de película, pantalla y filtros.
- Voltaje o intensidad del tubo utilizados o tipo de fuente y actividad.
- Tiempo y exposición y distancia fuente-película.
- Técnica de procesado: manual/automático y condiciones de revelado.
- Tipo y posición de los indicadores de calidad de imagen.
- Resultado del ensayo incluyendo el dato de la densidad de la película y las lecturas del IQI.
- Cualquier desviación con relación a esta parte de la Norma UNE-EN ISO 17636 "Ensayo no destructivos. Ensayo radiográfico. Parte 1: Técnicas de rayos X y gamma con película", mediante acuerdo especial.
- Nombre, certificación y firma de la persona o personas responsables.
- Fecha de la exposición y el informe de ensayo.

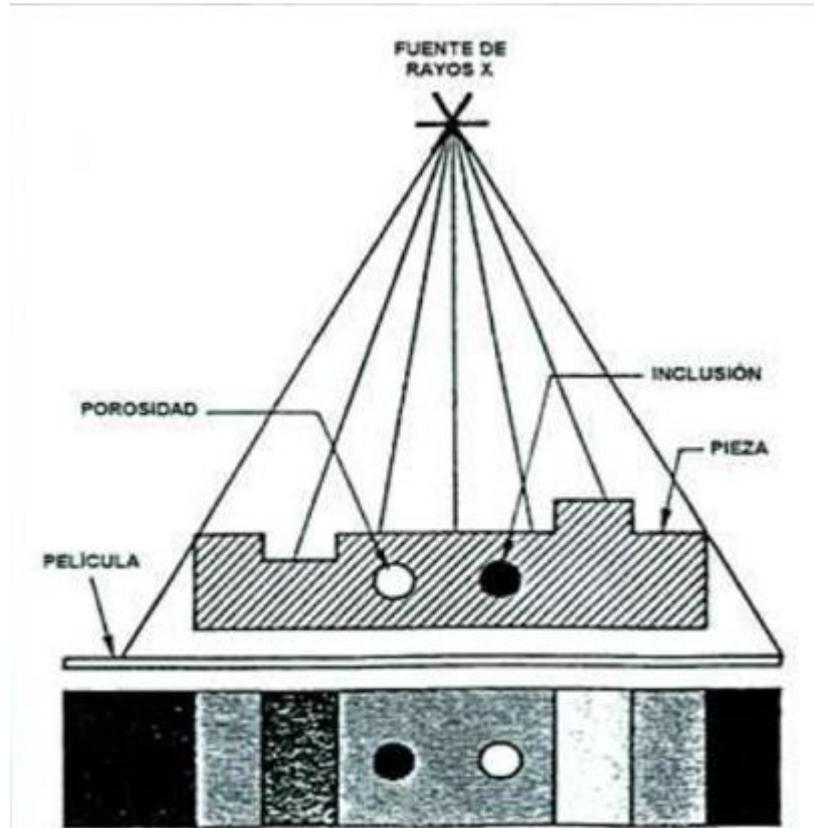


Figura 49. Ensayo radiográfico.

- **Ensayo por ultrasonidos.**

Norma UNE-EN ISO 17640 "Ensayo no destructivos de uniones soldadas. Ensayo por ultrasonidos Técnicas, niveles de ensayo y evaluación".

Este ensayo se usa para la evaluación de las discontinuidades y realizar la aceptación mediante las siguientes técnicas:

1. Evaluación basada en la longitud y amplitud del eco de la señal de la discontinuidad.
2. Evaluación basada en la caracterización y tamaño de la discontinuidad mediante técnicas de movimiento del palpador.

La prueba se realiza en un rango de temperaturas entre 0°C a 60°C.

Los requisitos para el personal y los equipos son:

- ✓ Cualificación del personal.  
El personal que realice los ensayos debe de tener una cualificación adecuada según la Norma UNE-EN ISO 9712 "Ensayos no destructivos. Cualificación y certificación del personal que realiza ensayos no destructivos"

Además, debe de tener un conocimiento general de los ensayos ultrasónicos de soldaduras.

✓ Equipos de ensayo.

Los equipos de ensayo utilizados deben de cumplir la Norma UNE-EN ISO 12668 "Ensayos no destructivos. Caracterización y verificación del equipo de examen por ultrasonidos"

✓ Parámetros de los palpadores.

-Frecuencia de ensayo: La frecuencia debe encontrarse en el rango de 2 MHz y 5 MHz y atiende a la Norma UNE-EN ISO 11666 "Ensayo no destructivo de uniones soldadas. Ensayo por ultrasonidos"

-Ángulos de incidencia: Cuando se realiza el ensayo con ondas ultrasónicas y se requiera que el haz ultrasónico se refleje en una superficie opuesta, debe asegurarse que entre el haz y la perpendicular a la superficie opuesta haya un ángulo entre 35° y 70°.

-Tamaño del transductor: El tamaño del transductor debe ser elegido en función del camino ultrasónico que se debe utilizar y de la frecuencia. Cuando menor sea el transductor menor debe de ser la longitud y la anchura del campo y mayor será la divergencia del haz para una frecuencia dada.

-Adaptación de palpadores a superficies de exploración curvas.

-Medios de acoplamiento: Los medios de acoplamiento deben de cumplir con lo establecido en la Norma UNE-EN ISO 16810 "Ensayos no destructivos. Ensayos por ultrasonidos. Principios generales"

Dado que el medio del acoplamiento utilizado para el ajuste de escala y sensibilidad debe ser el mismo que se emplee en el ensayo.

Las superficies que se vayan a ensayar deben de ser lo suficientemente amplias para permitir que todo el volumen a controlar este cubierto.

Los requisitos de calidad para las uniones soldadas están asociados con el material, el proceso de soldeo y condiciones de servicio. Y los niveles de ensayo están relacionados con los niveles de calidad en la Norma UNE-EN ISO 5817 "Soleo. Uniones soldadas por fusión en acero, níquel, titanio y sus aleaciones".

Las técnicas de ensayo se deben de realizar de acuerdo con la Norma UNE-EN ISO 16810.

- Trayectoria de la exploración manual.

- Búsqueda de imperfecciones perpendiculares a la superficie de ensayo.

- Localización de discontinuidades.

Cuando se realice un informe de este ensayo se deberá incluir la siguiente información:

- Identificación del objeto ensayado.

- Lugar y fecha del ensayo.

- Identificación de las organizaciones de ensayo y certificación e identificación del operador.
- Fabricante y tipo de instrumento ultrasónico con su número de identificación.
- Fabricante, frecuencia nominal, tamaño del transductor y ángulo real de incidencia de los palpadores utilizados con número de identificación.
- Identificación de los bloques de referencia.
- Medio de acoplamiento.
- El nivel de ensayo y referencia al procedimiento escrito.
- Extensión del ensayo.
- Localización de áreas de explotación.
- Puntos de referencia y los detalles del sistema de coordenadas utilizado.
- Identificación de las posiciones de los palpadores.
- Ajuste del rango.
- Método de valores utilizados para el ajuste de la sensibilidad.
- Niveles de referencia.
- Resultados de ensayo de material base.
- Normas de los niveles de aceptación.
- Desviaciones de este documento o de los requisitos contractuales.
- Coordenadas de las discontinuidades.
- Amplitud máxima del eco.
- Longitudes de las discontinuidades.
- Resultados de la evaluación según los niveles de aceptación especificados.
- Una referencia a esta Norma UNE-EN ISO 17640 "Ensayo no destructivos de uniones soldadas. Ensayo por ultrasonidos Técnicas, niveles de ensayo y evaluación".

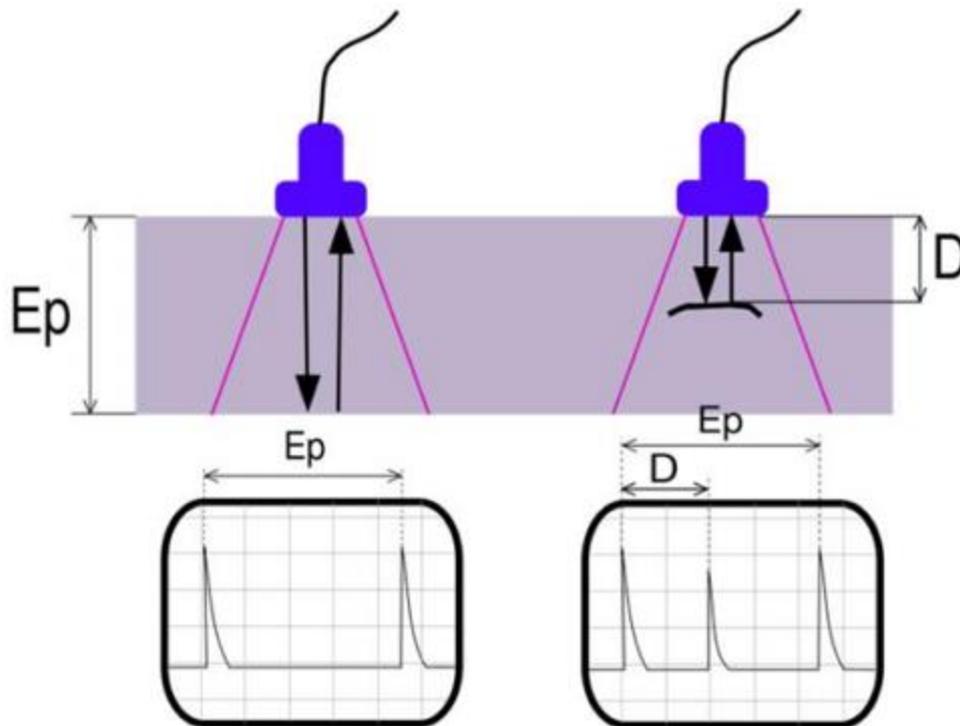


Figura 50. Ensayo por ultrasonidos.

- **Ensayo líquidos penetrantes.**

Norma UNE-EN ISO 3452-1 "Ensayos no destructivos. Ensayo por líquidos penetrantes".

Esta técnica se utiliza para detectar discontinuidades como grietas, repliegues, pliegues, porosidades y falta de fusión, además requiere el uso de materiales peligrosos, inflamables y/o volátiles, por lo tanto, deben tomarse precauciones.

Personal: El ensayo debe llevarse a cabo por personal experto, con la formación y cualificación adecuadas. Para comprobar la cualificación se recomienda al personal que este certificado según la Norma UNE-EN ISO 9712 "Ensayos no destructivos. Cualificación y certificación del personal que realiza ensayos no destructivos"

La empresa debe emitir un acuerdo con un procedimiento escrito, donde indique la autorización de operación para las personas cualificadas.

Método: Antes del ensayo debe limpiarse y secarse la superficie a examinar. Se aplica el líquido penetrante adecuado en el área a ensayar dejándole penetrar en las discontinuidades abiertas a la superficie. Después de que haya transcurrido el tiempo suficiente para que el líquido penetre en el interior de la soldadura se retira el exceso de líquido penetrante de la superficie y se aplica el revelador. La función de este elemento es absorber el líquido

penetrante que ha entrado y que permanece en las discontinuidades pudiendo dar una indicación contrastada y visible de las discontinuidades.

Equipo: El equipo con el que se lleva a cabo la prueba de este proceso, depende del número, dimensiones y la forma de las piezas a examinar.

Los productos de ensayo por líquidos penetrantes deben ser compatibles con el material a examinar y con el uso para el que está diseñada la pieza.

El líquido penetrante puede aplicarse sobre la pieza a examinar mediante pulverización, brocha, rociado, baño o inmersión.

Las condiciones de inspección deben de regirse según la Norma UNE-EN ISO 3059 "Ensayos no destructivos. Ensayo mediante líquidos penetrantes y partículas magnéticas. Condiciones de observación"

Las técnicas de ensayo se deben de realizar de acuerdo con la Norma UNE-EN ISO 3452-1 "Ensayos no destructivos. Ensayo por líquidos penetrantes".

- Información de la pieza examinada.
- Propósito de ensayo.
- Designación del sistema de penetrante empleado.
- Instrucciones de ensayo.
- Desviaciones con relación a las instrucciones de ensayo.
- Resultados del ensayo.
- Lugar y fecha del examen, nombre del operador.
- Nombre, estado de la cualificación y firma del supervisor.

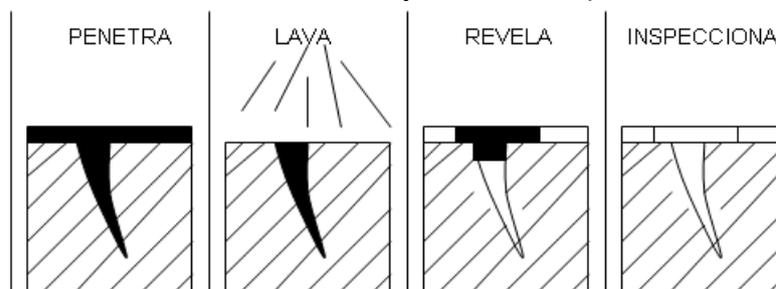


Figura 51. Inspección de líquidos penetrantes.

- **Ensayo de partículas magnéticas.**

Norma UNE-EN ISO 17638 "Ensayo no destructivos de uniones soldadas. Ensayo mediante partículas magnéticas"

Esta técnica es utilizada para la detección de discontinuidades superficiales en soldaduras en materiales ferromagnéticos, incluyendo las zonas afectadas térmicamente.

Debe prestarse especial atención a los productos tóxicos, inflamables y/o volátiles, a la seguridad eléctrica y a las radiaciones ultravioletas no filtradas.

Los ensayos de partículas magnéticas de soldadura y evaluación de los resultados para la aceptación final deben ser realizados por personal capaz y cualificado. Es recomendable que el personal este cualificado según la Norma UNE-EN ISO 9712 "Ensayos no destructivos. Cualificación y certificación del personal que realiza ensayos no destructivos"

Las zonas a ensayar deben estar secas, a veces es necesario realizar un amolado o pasar un papel abrasivo para poder interpretar de manera más precisa las indicaciones.

El equipo de magnetización debe seguir la Norma UNE-EN ISO 9934-1 "Ensayos no destructivos. Ensayo por partículas magnéticas. Parte 1: Principios generales".

Los métodos de detección deben cumplir la Norma UNE-EN ISO 9934-2 "Ensayos no destructivos. Ensayo por partículas magnéticas. Parte 2: Medio de detección".

Las indicaciones obtenidas con el medio a verificar se deben comparar con las obtenidas con un medio de comportamiento aceptable y conocido. Las indicaciones deben hacer referencia a: discontinuidades reales, fotografías o replicas.

Las condiciones de observación deben de seguir la Norma UNE-EN ISO 3059 "Ensayos no destructivos. Ensayo mediante líquidos penetrantes y partículas magnéticas. Condiciones de observación"

El medio de detención se debe aplicar mediante pulverización, vertido o espolvoreado inmediatamente antes y durante la magnetización.

Hay que tener especial cuidado a las indicaciones falsas, estas pueden enmascarar indicaciones relevantes y estas indicaciones falsas se pueden producir por cambios en la permeabilidad magnética o variaciones geométricas.

Las técnicas de ensayo se deben de realizar de acuerdo con la Norma UNE-EN ISO 17638 "Ensayo no destructivos de uniones soldadas. Ensayo mediante partículas magnéticas"

- Nombre de la entidad que realiza los ensayos.
- Objeto ensayado.
- Fecha de ensayo.
- Materiales base y de aporte.
- Tratamiento térmico posterior al soldeo.
- Tipo de unión.
- Espesor del material.
- Procesos de soldeo.
- Tratamiento térmico posterior al soldeo.
- Tipo de unión.
- Espesor del material.
- Procesos de soldeo.

- Temperatura de ensayo del objeto y del medio de detección.
- Identificación del procedimiento de ensayo y descripción de los parámetros utilizados.
- Detalles y resultados del ensayo de comportamiento global.
- Niveles de aceptación.
- Descripción y localización de todas las indicaciones registrables.
- Resultado del ensayo con referencia a los niveles de aceptación.
- Nombres, cualificación y firmas del personal que realizó los ensayos.

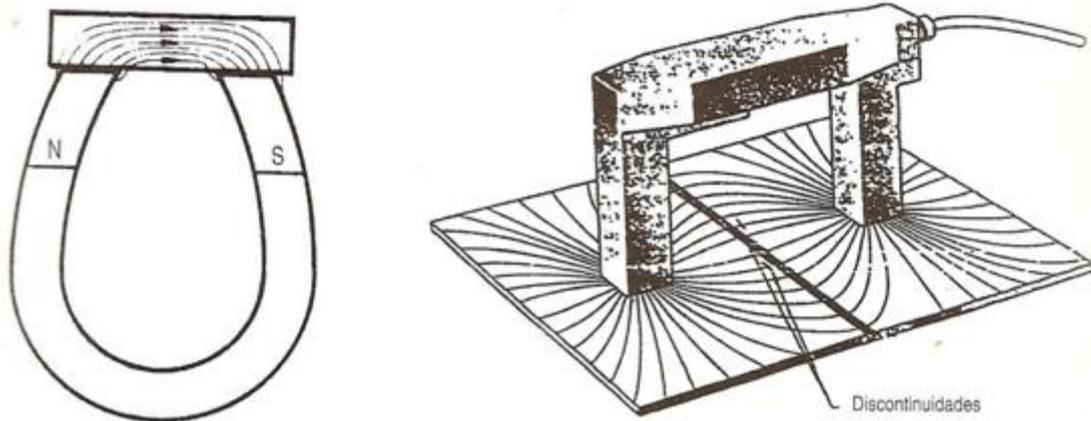


Figura 52. Ensayo de partículas magnéticas.

#### ENSAYOS DESTRUCTIVOS: ED

- *Ensayo de doblado.*

Norma UNE-EN ISO 5173 "Ensayos destructivos en soldaduras metálicas. Ensayo de doblado".

A través de este proceso podemos realizar los ensayos de doblado transversal de raíz, de cara y lateral en probetas extraídas de soldadura a tope. El objetivo es evaluar la ductilidad y/o la ausencia de imperfecciones en la superficie o cerca de la superficie de la probeta.

Se somete a una probeta de manera longitudinal o transversal de una unión soldada, a una deformación plástica mediante un doblado, sin invertir la dirección de doblado, de manera que una de las secciones transversales de la unión soldada está sometida a esfuerzos de tracción.

El ensayo se debe llevar a cabo a temperatura ambiente.

Las probetas se deben preparar de tal modo que la preparación no afecte ni al material base ni al metal depositado.

Cada muestra de ensayo debe marcarse para identificar su posición exacta o en la unión de la que ha sido extraída.

No se debe aplicar ningún tratamiento térmico en la unión soldada.

Los procesos finales de preparación deben obtenerse por mecanizado o rectificado, tomándose precauciones adecuadas para evitar el endurecimiento de la superficie por deformación plástica o calentamiento excesivo del material.

Las técnicas de ensayo se deben realizar de acuerdo con la Norma UNE-EN ISO 5173.

- Referencia a la Norma UNE-EN ISO 5173.
- Identificación de la probeta.
- Forma y dimensiones de la probeta.
- Tipo y símbolo del ensayo de doblado.
- Condiciones de ensayo.
- Temperatura de ensayo si no se encuentra en el rango de temperatura ambiente.
- Tipo y dimensiones de las imperfecciones observadas.
- Ángulo de doblado.

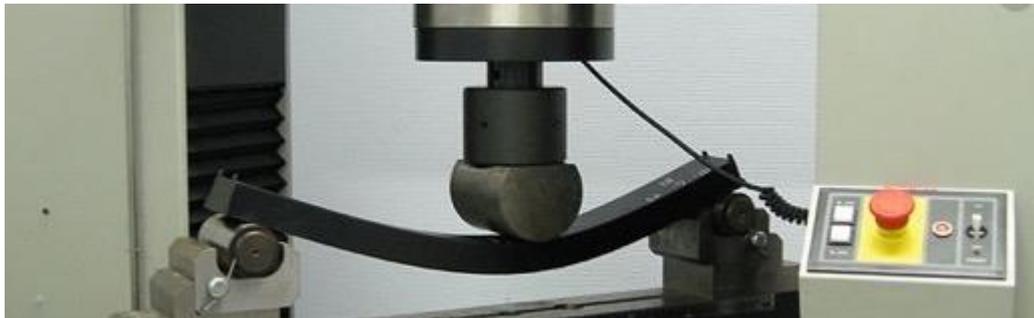


Figura 53. Ensayo de doblado.

- **Ensayo de rotura.**

Norma UNE-EN ISO 9017 "Ensayos destructivos de soldaduras de materiales metálicos. Ensayo de rotura"

Esta norma especifica los tamaños de las muestras de ensayo y los procedimientos para efectuar ensayos de rotura para obtener información sobre los tipos, tamaños y distribución de las imperfecciones internas tales como porosidades, grietas, faltas de fusión, faltas de penetración e inclusiones sólidas sobre la superficie de rotura.

A no ser que se indique otra especificación, las dimensiones de las probetas de soldadura deben ser como lo establecido en el Apartado 3.3.3 Registro de la cualificación del procedimiento del soldeo: WPQR en el subapartado: Forma y medidas de cupones de ensayo.

Las uniones soldadas de chapa deben cortarse, transversalmente al sentido de la unión soldada. En las soldaduras a tope el eje de soldadura debe permanecer en medio de la muestra de ensayo.

La probeta debe proporcionar por lo menos dos muestras de ensayo.

Cuando se examinen ensayos de doblado, deben examinarse el mismo número de muestras con doblado en la raíz y con doblado en la cara.

Cada probeta deberá marcarse para identificar su posición exacta en el producto fabricado o en las uniones de las que se ha extraído.

El método de extracción debe evitar la introducción de efectos térmicos o mecánicos perjudiciales, por lo tanto deben descartarse de manera general 25 mm a ambos lados de las soldaduras de ensayo.

Las muestras de ensayo deben cortarse por medios térmicos o mecánicos.

Para la preparación de la rotura de la soldadura debe realizarse la rebaja del sobreespesor de la soldadura, mellar ambos bordes de la soldadura (muesca transversal) o mellar el sobreespesor (muesca longitudinal).

Los procedimientos de ensayo de rotura pueden efectuarse:

- Por golpes dinámicos, por ejemplo, un péndulo.
- Aplicando una carga estática con un tornillo, prensa de taller o plegadora.
- Aplicando una carga de tracción.

La superficie de rotura debe examinarse visualmente para una identificación y detección clara de las imperfecciones puede usarse una lente de bajo aumento.

Se realiza una descripción completa del aspecto de la superficie de rotura y el tipo de ubicación de cualquier imperfección presente. Debe establecerse que la calidad se ha evaluado según las Normas UNE-EN ISO 5817 "Soldeo. Uniones soldadas por fusión en acero, níquel, titanio y sus aleaciones".

Las técnicas de ensayo se deben realizar de acuerdo con la Norma UNE-EN ISO 19017 "Guía para medición de residuos radiactivos por espectrometría gamma"

- Referencia a esta norma internacional. Norma UNE-EN ISO 9017.
- Identificación de la muestra de ensayo.
- Denominación de la muestra.
- Registro de tipos, ubicaciones y tamaños de todas las imperfecciones inaceptables según el nivel de calidad pertinente.

## Informe del ensayo

Nº .....

Según pWPS .....

Según el resultado del ensayo "ensayo de rotura"

el resultado del ensayo "....."

Fabricante: .....

Propósito del examen: .....

Forma del producto: .....

Metal base: .....

Consumible: .....

Denominación de la probeta: .....

**Tabla A.1 - Ensayo de rotura según la Norma ISO 9017**

Muestra de ensayo	Denominación	Resultados	
		Tipo y tamaño de imperfecciones	Nivel de calidad

Persona u organismo examinador:      Acreditado por:

.....

(nombre, fecha, firma)

(nombre, fecha, firma)

Tabla 31. Ejemplo de informe de ensayo de rotura. [8]

- **Ensayo de tracción transversal.**

Norma UNE-EN ISO 4136 "Ensayos destructivos de uniones soldadas en materiales metálicos. Ensayo de tracción transversal".

A través de la norma citada se llevan a cabo los ensayos de tracción transversal con el fin de determinar la resistencia a la tracción y la localización de la rotura de una unión soldada a tope.

Para la aplicación del ensayo debemos tener en cuenta la aplicación de los principios generales de las Normas UNE-EN ISO 6892-1 " Materiales metálicos. Ensayos de tracción. Parte 1: Método de ensayo a temperatura ambiente"

Para la realización del ensayo se aplica de forma continua una carga creciente hasta que tiene lugar la rotura de la probeta obtenida transversalmente de una unión soldada.

El cupón de ensayo debe marcarse para identificar su localización exacta en el producto fabricado. Si fuera necesario debería de marcarse el sentido de la deformación.

No debe aplicarse ningún tratamiento térmico a la unión soldada.

El proceso de corte mecánico o térmico empleado para la extracción de la probeta de ensayo no debe cambiar las propiedades de la probeta de ensayo en ningún caso.

Las últimas etapas de la preparación deben realizarse por mecanizado o amolado, tomando las precauciones necesarias para evitar el endurecimiento superficial por acritud o el calentamiento excesivo del material.

La probeta debe cargarse de forma progresiva y continua de acuerdo con las Normas UNE-EN ISO 6892-1 y Norma UNE-EN ISO 6892-2 " Materiales metálicos. Ensayos de tracción. Parte 2: Método de ensayo a temperatura elevada"

La posición de la rotura debe anotarse y registrarse.

Después de la rotura de la probeta, las superficies fracturadas deben examinarse y se debe registrar la existencia de cualquier imperfección que pueda haber afectado adversamente al ensayo, indicando el tipo, dimensiones y cantidad de las mismas.

Las técnicas de ensayo se deben realizar de acuerdo con la Norma UNE-EN ISO 4136

Referencia a esta norma, es decir, Norma UNE-EN ISO 4136

- Tipo y localización de la probeta de ensayo.
- Temperatura de ensayo, si es diferente a la de ambiente.
- Localización de la rotura.
- Tipo y dimensiones de las imperfecciones observadas.

**EJEMPLO DE INFORME DE ENSAYO**

Nº .....

De acuerdo con Especificación del procedimiento de soldeo (pWPS) .....

De acuerdo con Resultado del ensayo "ensayo de tracción"  
Resultado del ensayo "....."

Fabricante: .....

Objeto del examen: .....

Forma del producto: .....

Metal base: .....

Metal de aporte: .....

Temperatura del ensayo: .....

**Tabla A.1 – Ensayo de tracción transversal según la Norma ISO 4136**

Probeta de ensayo Nº/posición	Dimensión/ diámetro  mm	Carga máxima $F_m$ N	Resistencia a tracción $R_m$ N/mm <sup>2</sup>	Localización de la rotura	Observaciones por ejemplo, aspecto de la fractura

Examinador u organismo de inspección: .....  
(nombre, fecha y firma)

Certificado por: .....  
(nombre, fecha y firma)

Tabla 32. Ejemplo de informe de ensayo de tracción transversal.[8]

- **Ensayo macroscópico.**

Norma UNE-EN ISO 17639 "Ensayo no destructivos de soldaduras de materiales metálicos. Examen macroscópico y microscópico de soldaduras".

Esta norma proporciona recomendaciones para la preparación de muestras, procedimientos de ensayo y sus objetivos principales para el examen macroscópico y microscópico.

Definiciones a tener en cuenta en este tipo de ensayos:

Examen macroscópico: es un examen visual de una muestra de ensayo, sin ampliación o poca ampliación, menor de 50 aumentos, con o sin corrosivo.

Examen microscópico: es un examen de una muestra de ensayo microscópico con una ampliación de 50 a 500 aumentos, con o sin corrosivo.

Los exámenes macroscópicos y microscópicos se utilizan para dar a conocer los aspectos macroscópicos y microscópicos de la unión soldada, normalmente a través del examen de secciones transversales.

Se realiza mediante un examen visual u óptico de la superficie preparada, antes o después de la corrosión.

El propósito de estos exámenes es evaluar la estructura de la soldadura independientemente de la relación a distintas fisuras y cavidades.

De forma habitual la muestra de ensayo se muestra en sentido perpendicular al eje de soldadura incluyendo el cordón de soldadura y la zona afectada térmicamente a ambos lados de la misma.

Características	Defecto según la Norma ISO 6520-1	Examen macro sin corrosivo	Examen macro con corrosivo	Examen micro sin corrosivo	Examen micro con corrosivo
1 Grietas calientes	100	X	X	X	X
2 Grietas frías	100	X	X	X	X
3 Grieta de cráter	100	X	X	X	X
4 Cavidades	200	X	X	X	X
5 Inclusiones	300	X	X	X	X
6 Falta de fusión/penetración	400	X	X	X	X
7 Forma geométrica	500	X	X	-	-
8 Zona afectada térmicamente	-	-	X	-	X
9 Pasadas y capas	-	-	X	-	(X)
10 Límite de grano	-	-	-	(X)	X
11 Estructura de grano	-	-	-	-	X
12 Estructura de solidificación	-	-	X	-	X
13 Preparación de la unión	-	(X)	X	X	X
14 Dirección de laminación/extrusión	-	-	X	-	X
15 Dirección de la estructura de la fibra (grano)	-	-	X	-	X
16 Secreción	-	-	X	-	X
17 Precipitación	-	-	-	-	X
18 Reparación y no ajuste	-	(X)	X	(X)	X
19 Efectos mecánicos/térmicos	-	-	X	-	X
X características evidenciadas; (X) características que pueden o no evidenciarse.					
NOTA La resolución de un microscopio óptico puede ser insuficiente para desvelar algunas características mencionadas, por ejemplo los precipitados y las inclusiones.					

Tabla 33. Guía para la evaluación de características mediante el examen microscópico y macroscópico.[8]

Las técnicas de ensayo se deben realizar de acuerdo con la Norma UNE-EN ISO 17639

- Metales base y consumibles de soldeo.
- Objeto de ensayo.
- Composición del nombre del corrosivo.
- Acabado de superficie.
- Método de corrosión.
- Tiempo de corrosión.
- Medidas adicionales.

- Requisitos adicionales.

### EJEMPLO DE UN INFORME DE ENSAYO

Informe del ensayo según la Norma ISO 17639 <sup>1)</sup>

WPAR: N° (d)

Fabricante:

Propósito del examen:

Probeta:

Muestra de ensayo:

Metal base:

Consumible:

Tratamiento térmico postsoldo y/o envejecimiento:

Designación(b)	
Corrosivo macrográfico (e)	Corrosivo micrográfico (e)
(g) y (f)	(g) y (f)
Figura: N°	Figura: N°
Ubicación (c)	Ubicación (c)
Ampliación (g)	Ampliación (g)
Descripción de la superficie (f)	Descripción de la superficie (f)
Operario	Persona o entidad autorizada
(Nombre, fecha, firma)	(Nombre, fecha, firma)

Tabla 34. Ejemplo de informe de ensayo macroscópico. [8]

- *Ensayo de impacto.*

Norma UNE-EN ISO 9016 "Ensayos destructivos de uniones soldadas en materiales metálicos. Ensayo de flexión por choque".

En esta Norma se especifica el método que se debe utilizar para describir la localización de la probeta y la orientación de la entalla para el ensayo y registro de los ensayos de flexión por choque de uniones soldadas.

Adicionalmente se utilizará la Norma UNE-EN ISO 148-1 "Materiales metálicos. Ensayo de flexión por choque con péndulo Charpy. Parte 1: Método de ensayo" que incluye la denominación de las probetas de ensayo y los requisitos adicionales relativos al registro del ensayo.

El ensayo de flexión por choque debe realizarse de acuerdo a la Norma UNE-EN ISO 148-1. La temperatura del ensayo, localización, tipo y dimensiones de la probeta de ensayo, y orientación de la entalla puede definirse mediante un ensayo macrográfico.

Las técnicas de ensayo se deben realizar de acuerdo con la Norma UNE-EN ISO 9016 "Ensayo no destructivos. Ensayo radiográfico. Parte 2: Técnicas de rayos X y gamma con detectores digitales".

- Referencia a esta Norma, es decir Norma UNE-EN ISO 148-1.
- Denominación de las probetas de ensayo.
- Esquema.
- Tipo y dimensiones de las imperfecciones observadas.
- Otras informaciones requeridas por la Norma de aplicación y/o por acuerdo entre las partes contratantes.

**EJEMPLO DE INFORME DE ENSAYO**

Nº .....

De acuerdo con pWPS.....

De acuerdo con Resultado del ensayo “ensayo de flexión por choque”

Resultado del ensayo “ .....”

Fabricante: .....

Objeto del examen: .....

Forma del producto: .....

Metal base: .....

Metal de aporte: .....

**Tabla A.1 – Ensayo de flexión por choque según la Norma ISO 9016**

Probeta de ensayo Nº	Denominación	Tipo y medidas mm	Temperatura °C	Tenacidad a flexión por choque J/cm <sup>2</sup>	Energía de flexión por choque absorbida J	Observaciones		
						Localización de la fractura <sup>a</sup>	Tipo de rotura <sup>a</sup>	Forma y tipo de la imperfección

<sup>a</sup> Si es requerido.

Examinador u organismo de inspección:

.....

(nombre, fecha y firma)

Certificado por:

.....

(nombre, fecha y firma)

Tabla 35. Ejemplo de informe de ensayo de impacto. [8]

## ANEXO F: PARTES Y CONCEPTOS FUNDAMENTALES DEL ROBOT SOLDADOR SBA-SR Compact 760x115000:

### EXPLICACIÓN DE LOS CONCEPTOS FUNDAMENTALES DEL ROBOT SOLDADOR.

#### 1. Parte de inserción:

La parte de inserción es la parte de la máquina que se puede ver desde la estación de control con vista opuesta a la dirección de producción.

Consta de:

- Dos transportadores de rodillos.
- Transportador transversal
- Dos mesas móviles de accesorios.

- Transportador transversal:

Este dispositivo permite a la viga elevar o descender y transportarse hacia la izquierda o derecha. Se utiliza para clasificar las vigas y colocarlas en posición para el proceso de inserción.



Figura 54. Transportador transversal.

-Transportador de rodillos:

Consta de varios rodillos, y estos son controlados a través de seis motores.

Los rodillos se controlan con convertidores de frecuencia.



Figura 55. Transportador de rodillos.

2. Mesa de acople:

La mesa de acople es la mesa larga en la que se deben de colocar las partes adicionales.

En esta máquina específica la mesa de acople es fija.



Figura 56. Mesa de acople fija.

### 3. Puente:

Este dispositivo sirve para que el operador acceda fácilmente a la planta. El puente es útil si la máquina no tiene opción de alimentación / extracción automática de la viga y el operador necesita estar bajando con frecuencia.



Figura 57. Puente.

### 4. Ventana:

Se utiliza en máquinas que disponen de una mesa fija como es este caso. La ventana de protección se mueve durante el proceso de soldadura. Corresponde en la siguiente imagen al elemento vertical.



Figura 58. Ventana.

#### 5. Manipulación:

El robot de manipulación es el robot más grande de la máquina. Tiene su propia estación de herramientas en la que hay diversas herramientas y se encuentra en un recorrido en el que puede moverse únicamente en la dirección X. Este robot es el encargado de la medición de accesorios, su ensamblaje y del precalentamiento.

En este caso la máquina tiene la manipulación Compact:

La manipulación está montada en un travesaño en el que puede moverse en la dirección X y se encuentra entre la mesa accesorios y los dispositivos de giro.

El robot se encarga de:

- Medición de los accesorios:

La manipulación mide las partes del accesorio en una mesa colocada en vertical con el escáner. Por lo tanto, el escáner es una herramienta para la manipulación.

- Acoplar.
- Voltar piezas.
- Precalentamiento.



Figura 59. Manipulación Compact.

#### 6. Estación de herramientas:

La estación de herramientas está ubicada directamente en el robot manipulador. Incluye la estación de giro y las diversas herramientas para el robot manipulador. Incluye la estación de giro y las diversas herramientas para el robot manipulador.



Figura 60. Estación de herramientas.

#### 7. Tipos de herramientas:

- Pinza grande, también llamada pinza magnética I, es la pinza magnética más grande y consta de tres imanes y se coloca más cerca del robot.



Figura 61. Pinza grande.

- Pinza intermedia, también llamada pinza magnética V, es la pinza magnética de tamaño mediano y está ubicada en el medio de las tres pinzas magnéticas.



Figura 62. Pinza intermedia.

- Pinza pequeña, también llamada pinza magnética VI, es la más pequeña de las tres pinzas magnéticas y está ubicada más alejada del robot.

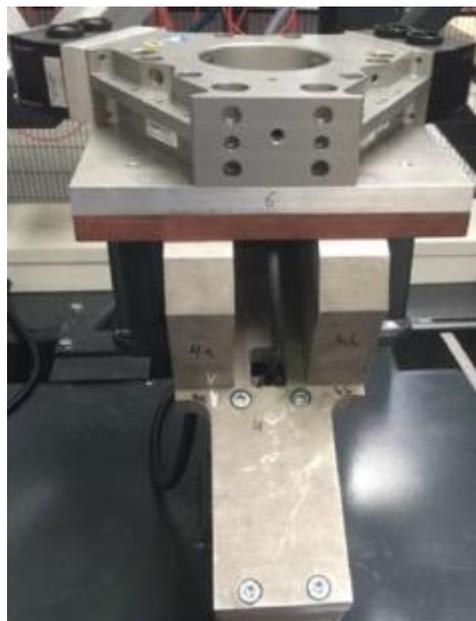


Figura 63. Pinza pequeña.

- Pre calentamiento, es la herramienta para precalentar las placas gruesas.

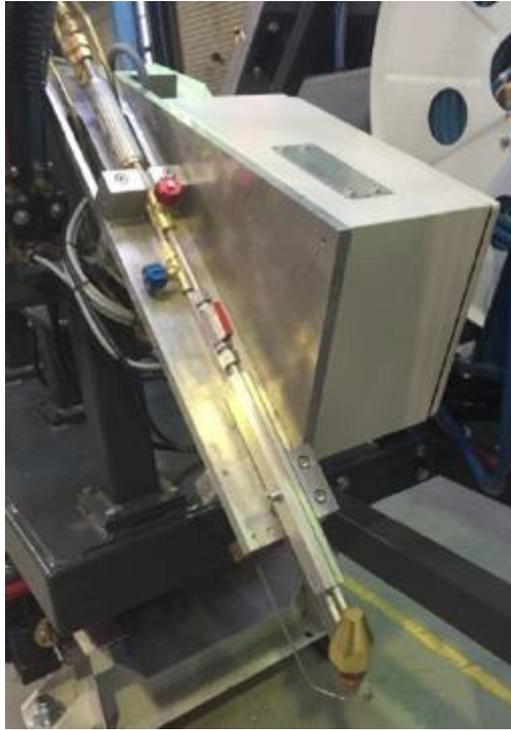


Figura 64. Herramienta de calentamiento.

#### 8. Cubierta de escáner:

En el interior de la caja roja de la siguiente figura hay un escáner para medir las piezas complementarias. El escáner consta de una combinación de láser y cámara.

En nuestro caso el escáner existente es el Compact/SingleRail y en este caso la manipulación se encarga de medir las piezas. La manipulación toma la herramienta del escáner y se mueve con el escáner sobre la mesa para medir las piezas.



Figura 65. Escáner.

#### 9. Robots de soldadura:

El robot maestro es el primer robot pequeño desde el punto de vista del operador desde la estación de control en el lado izquierdo. Se puede ver fácilmente con la "A" verde y el círculo verde en la caja de control. Dispone de tres ejes externos (PÓRTICO), un eje específico para cada una de las direcciones X, Y y Z. El robot también se encarga de las mediciones de la viga.

También lleva un conector de derivación de soldadura y una máquina de soldadura, que se encarga de la soldadura. En el mismo lado de la torre de la máquina de soldadura, esta la estación de limpieza del quemador y el "bullseye" para recalibrar nuevamente la posición de su soplete.



Figura 66. Robot soldador.

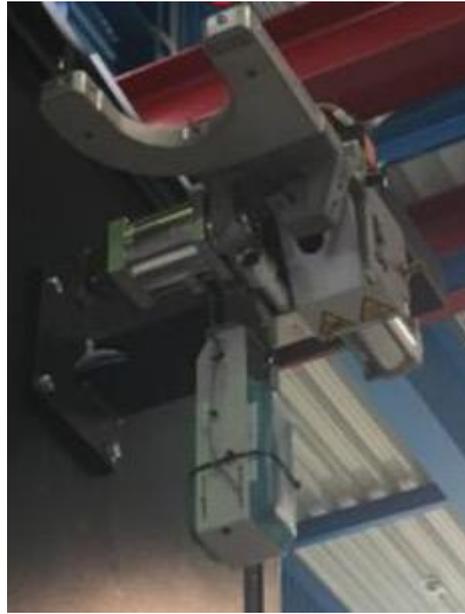


Figura 67. Estación de limpieza.

En la siguiente figura podemos ver las tres direcciones en las que se puede desplazar el eje externo (PÓRTICO).



Figura 68. Direcciones del pórtico.

#### 10. Dispositivos giratorios:

Los dispositivos de giro se colocan en el centro del sistema y descansan sobre el carril básico. Estos sujetan y giran la viga.

Parte fija: La abrazadera fija se encuentra en cada parte fija de los dispositivos de giro en el exterior de ellos. La abrazadera fija sujeta la viga en la posición de la viga  $90^\circ$  y  $-90^\circ$ . Consiste en un ajuste de altura con un servomotor, una abrazadera horizontal hidráulica y dos abrazaderas que también funcionan hidráulicamente.



Figura 69. Parte fija.

Parte rotativa: La abrazadera rotativa se encuentra en cada parte fija del dispositivo de giro, en el interior de los dispositivos de giro. Esta hace girar y la sujeta en las posiciones de la viga  $0^{\circ}$  y  $-180^{\circ}$ . Además, hay un sensor óptico en cada dispositivo de giro para reconocer la viga.

#### 11. Sistema de medición AMBO:

Es el sistema de medición utilizado por la máquina y consta de:

- Una cubierta de metal y en el interior se encuentran dos combinaciones de láser y cámara.
- Asociado a él está el software que está instalado en el PC de la estación de control.

La unidad de medición se encuentra debajo del panel de control principal o al lado de la estación de control, según el tipo de máquina.

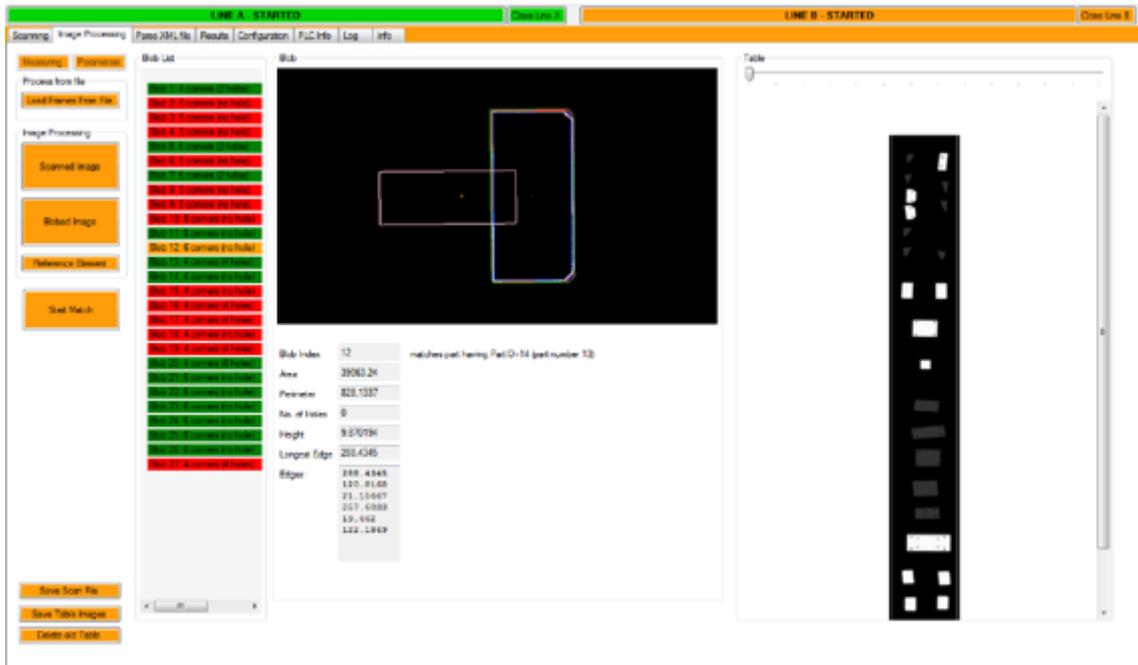


Figura 70. Captura de pantalla del sistema de medición AMBO.

## 12. Dispositivos de descarga:

### *Dispositivos de descarga, reverso:*

Es la parte que se utiliza para extraer la viga desde los dispositivos de giro hasta el final de la máquina. Los dispositivos de giro devuelven la viga al dispositivo de descarga. La viga se levanta y los dispositivos de giro regresan a sus posiciones de inicio, listos para la próxima producción.

Está formada por dos partes:

- El accionamiento longitudinal.
- El accionamiento de altura.

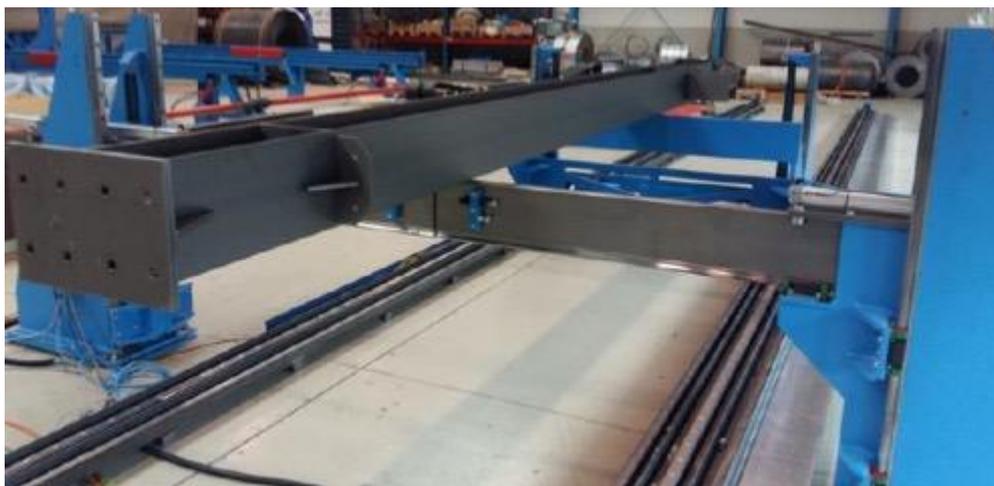


Figura 71. Dispositivo de descarga, reverso (viga descargada).

#### *Altura móvil:*

La altura móvil es la parte que se encuentra en el lado posterior de la máquina. En la extracción levantará la viga hacia arriba.



Figura 72. Elemento de altura móvil.

#### *Altura fija derecha:*

La parte de altura fija derecha también consta de dos partes:

- La altura móvil.
- La parte neumática.

En la extracción, la parte neumática se moverá hacia afuera y luego se moverá hacia arriba. Está en modo sincronizado con la altura móvil y la altura fija restante.

#### *Altura fija izquierda:*

La altura fija izquierda es la misma parte que la altura fija derecha con la única diferencia de que está en el lado izquierdo cuando se mira desde la vista de la estación de control.



Figura 73. Altura fija.

*Dispositivo de descarga lateral:*

Es la parte que se utiliza para extraer la viga de los dispositivos de giro hacia el costado de la máquina. Cuando finaliza la producción, las dos partes se mueven hacia adentro cerca de los dispositivos de giro, levantando la viga hacia arriba y por encima de los dispositivos de descarga hacia el exterior en la máquina.



Figura 74. Dispositivo de descarga lateral (viga descargada).

### 13. Estación de control:

La estación de control es la plataforma en la que se encuentra el panel de control principal y desde el cual se puede inspeccionar y controlar toda la planta. Además, el interruptor de llave está en la estación de control y con ese interruptor se puede apagar toda la máquina.



Figura 75. Estación de control.

*Luces de señalización:*

Están ubicadas en los puntos más altos de la estación de control al lado de la cámara principal.

- Verde: Se enciende si los dispositivos de giro y los robots no tienen ningún error o ningún aviso y se inicia "automático".
- Naranja: Al menos un robot ha recibido una línea de comandos o una señal de apagado del motor.
- Rojo: iluminación permanente: Estado de parada de emergencia. Parpadeo: Al menos un motor tiene un estado de parada.

14. Láser de punto cero:

El láser de punto cero se encuentra en la parte posterior del carril de desplazamiento del robot de manipulación o simplemente en el suelo. Se muestra dirigido al punto cero de la viga.

Se ilumina cuando se carga la viga en la planta para colocarla exactamente en el punto cero de la máquina. Solo es necesario si la máquina no dispone de parte de inserción.



Figura 76. Láser de punto cero.

#### 15. Parada de emergencia:

En el caso de parada de emergencia, todas las funciones de la máquina realizan la función (robots, dispositivos de giro, dispositivos de descarga) para detenerse inmediatamente. Se puede activar una parada de emergencia presionando seta de emergencia.

#### 16. Posición determinada:

*Posición segura para robots (SafePos):*

- Los robots tienen una posición denominada como segura.
- En la posición segura, el robot de soldadura está al final del carril en X y en el eje Z se desplaza hacia arriba. El robot se queda en la esquina de la torre. Antes de la producción, el robot debe de estar en la posición segura (safePos).
- El robot maestro se queda al principio del carril y el esclavo al final de los carriles.
- Los robots de soldadura del lado izquierdo se denominan Compact, y los robots del lado derecho Single Rail.



Figura 77. Zona segura de los robots (Safepos).

-El robot de manipulación permanece en la posición x definida en los carriles como se muestra en la siguiente figura:



Figura 78. Robot de manipulación en zona segura.

### *Posición inicial (HomePos)*

Es la posición predeterminada para los dispositivos de giro, el dispositivo de descarga y los robots.

- Robots: El robot de soldadura se mueve hacia arriba y permanece en la esquina de la torre. Esta posición puede estar en cada valor de X en el carril. Pero antes de la producción, debe mover el robot a la posición segura (SafePos).

Principalmente se parece a la posición segura, pero el eje x no necesita estar al final o al principio del carril.



Figura 79. Posición inicial del robot (HomePos).

- Dispositivos de giro: Estos se desplazan hasta el principio del carril, listos para la próxima inserción.

- Dispositivo de descarga: En la posición de inicio (HomePos), el dispositivo de descarga se desplaza hasta la posición predeterminada para estar listo para el siguiente proceso de descarga.

Plano de la estructura de la línea:

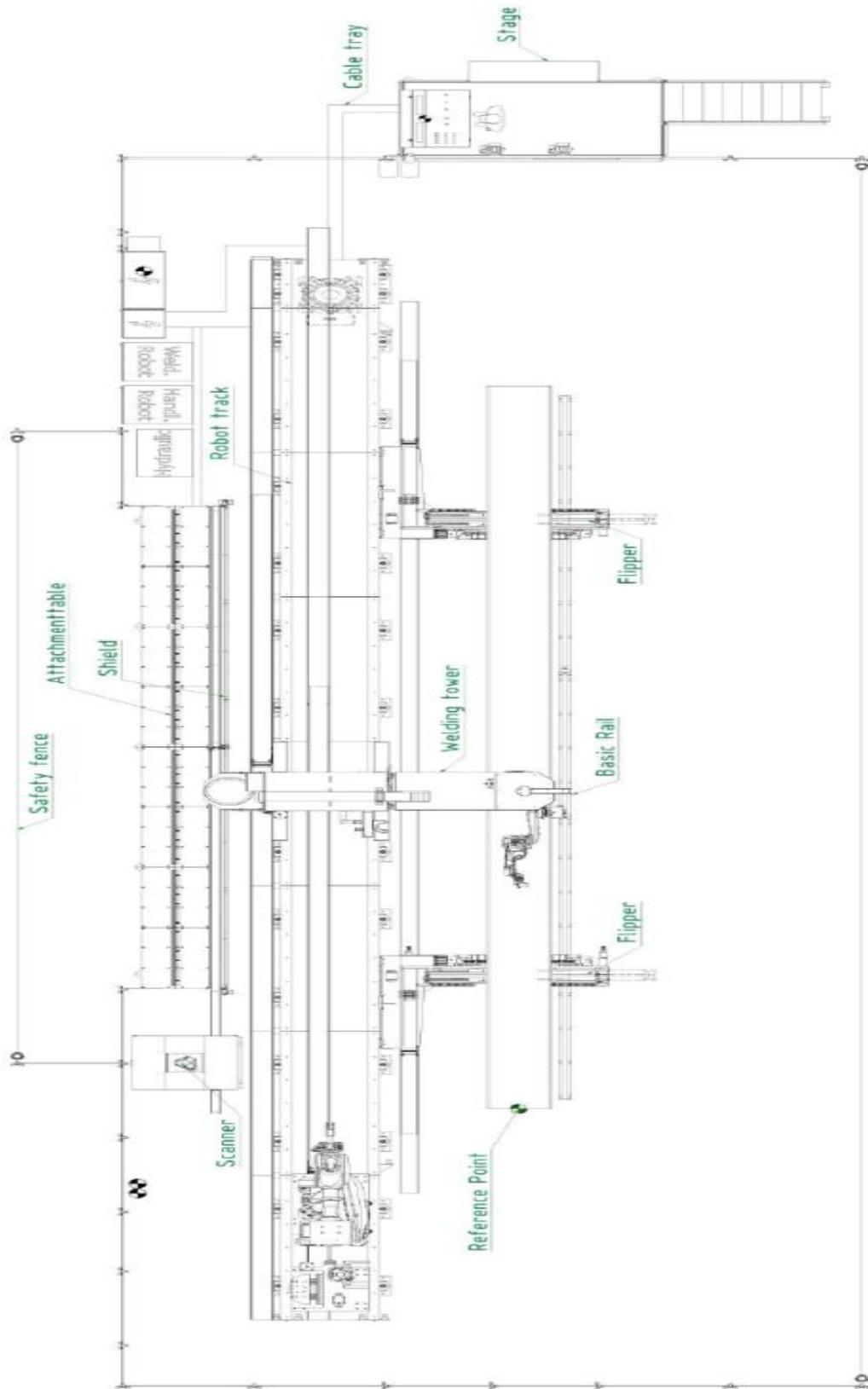


Figura 80. Estructura de la línea del robot.

## ANEXO G: CASO PRÁCTICO SOLDADOR MANUAL:

## WPS Procedimiento de soldeo:

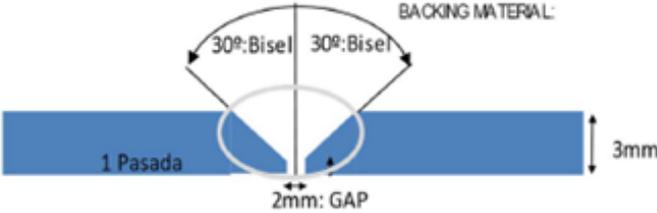
		<b>ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDEO</b> <b>WELDING PROCEDURE APPROVAL RECORD</b> <b>UNE-EN ISO 15614-1</b>		Página 1 de 2  Sheet 1 of 2		
<b>ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO Nº:</b> WELDING PROCEDURE SPECIFICATION Nº:		<b>WPS13/750826</b>		<b>FECHA:</b> DATE:		
<b>COMPañIA:</b> CUBIERTAS Y MONTAJES P. FERRERAS COMPANY NAME:						
<b>POR:</b> BY:		<b>REVISIÓN Nº:</b> — REVISION Nº:		<b>FECHA REVISIÓN:</b> — DATE:		
<b>PROCESO(S) DE SOLDEO:</b> WELDING PROCESS(ES):		<b>P138 NIVEL 2</b>		<b>SOPORTADO POR WPAR Nº:</b> SUPPORTING WPAR Nº:		
<b>WPQR/13/ 750826</b>						
<b>UNION - JOINT</b>						
<b>DISEÑO DE UNIÓN:</b> JOINT DESIG:		<b>MATERIAL REPALDO:</b> NA BACKING MATERIAL:				
<b>CROQUIS - SKETCH</b>						
						
<b>METALES BASE - BASE METALS.</b>			<b>CUALIFICA-QUALIFIED</b>			
<b>GRUPO Nº:</b> GROUP Nº:		<b>1.3</b> <b>CON</b> <b>TO</b>	<b>GRUPO Nº:</b> GROUP Nº:		<b>Grupo 1 o inferior</b>	
<b>ESPECIFICACIÓN:</b> SPECIFICATION:		<b>S355</b>	<b>ESPECIFICACIÓN:</b> SPECIFICATION:		<b>S235, S275 y S355</b>	
<b>GRADO:</b> GRADE:		<b>J2</b>	<b>GRADO:</b> J0-J2 GRADE:			
<b>COMPOSICIÓN QUÍMICA:</b> CHEMICAL ANALYSIS:			<b>COMPOSICIÓN QUÍMICA:</b> CHEMICAL ANALYSIS:			
<b>CARACT. MECÁNICAS:</b> MECHANICAL PROPERTIES:			<b>CARACT. MECÁNICAS:</b> MECHANICAL PROPERTIES:			
<b>RANGOS CUALIFICADOS - QUALIFIED RANGES.</b>						
<b>METAL BASE (mm):</b> BASE METAL (mm):		<b>0,5t-2t soldaduras a tope</b>		<b>GARGANTA:</b> THROAT:		
				<b>3mm</b>		
<b>DIÁMETRO TUBERÍA (mm):</b> PIPE DIAMETER (mm):		<b>NA</b>		<b>ÁNGULO DE RAMIFICACIÓN(º)</b> ANGLE (º)		
				<b>NA</b>		
<b>METALES DE APORTE - FILLER METALS.</b>						
<b>ESPECIFICACIÓN</b> SPEC. Nº.	<b>CLASIFICACIÓN</b> CLASSIFICATION	<b>DIMENSIONES CONSUMIBLES (mm)</b> SIZE OF FILLER METALS	<b>METAL DEPOSITADO (mm)</b> DEPOSITED WELD METAL	<b>CLASIFICACIÓN ALAMBRE-FUNDENTE (mm)</b> ELECTRODE-FLUX CLASS	<b>NOMBRE COMERCIAL FUNDENTE</b> FLUX TRADE NAME	<b>INSERCIONES CONSUMIBLES</b> CONSUMABLE INSERT
<b>EN-ISO-N341AG3 S1</b>	<b>AWS 5.8ER70S-6</b>	<b>Ø10</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

Tabla 36. Caso práctico soldador manual. Wps Procedimiento de soldeo 1/2.

WPS N°: WPS13 / 750826		REVISIÓN N°: NA		Página 2 de 2 Sheet 2 of 2				
<b>POSICIONES - POSITIONS.</b>			<b>T. TÉRMICO POSTSOLDEO - POSTWELD H.T.</b>					
<b>POSICIONES A TOPE:</b> PE, PF POSITION(S) OF GROOVE:		<b>TEMP. MÁX. DE TRATAMIENTO (°C):</b> NA MAX. TEMPERATURE TREATMENT (°C):		<b>VELOCIDAD DE CALENTAMIENTO (°C/min):</b> NA HEAT RATE (°C/min):				
<b>PROGRESIÓN SOLDADURA:</b> NA WELDING PROGRESSION:		<b>TIEMPO DE PERMANENCIA (min):</b> NA HOLD TIME (min):		<b>VELOCIDAD DE ENFRIAMIENTO (°C/min):</b> NA COOL RATE (°C/min):				
<b>POSICIONES EN ÁNGULO:</b> NA POSITION(S) OF FILLET:								
<b>PRECALENTAMIENTO - PREHEAT.</b>			<b>GAS</b>					
<b>TEMP. MIN. PRECALENTAMIENTO (°C):</b> NA MIN. PREHEAT TEMPERATURE (°C):			<b>COMPOSICIÓN %</b> PERCENT COMPOSITION					
<b>TEMP. MÁX. ENTRE PASADAS (°C):</b> 240°C MAX. INTERPASS TEMPERATURE (°C):			<b>GASES/RANGO DE MEZCLAS</b> CAUDAL (l/min) 14-20 GASES/MIXTUR CORGON 15 NEMO+ FLOW RATE (l/min)					
<b>MANTENIMIENTO PRECALENTAMIENTO:</b> NA PREHEAT MAINTENANCE:			<b>PROTECC.:</b> SHIELDIN					
			<b>ARRASTRE</b> TRAILING:					
			<b>RESPALDO:</b> BACKING:					
<b>CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS - ELECTRICAL CHARACTERISTICS.</b>								
<b>CORRIENTE:</b> DC CURRENT AC OR DC:		<b>RANGO INTESIDAD (A):</b> 180-240 AMP. RANGE (A):		<b>RANGO VOLTAJE (V):</b> 26-30 VOLT RANGE (V):				
<b>TAMAÑO Y TIPO DEL ELECTRODO DE WOLFRAMIO:</b> NA TUNGSTEN ELECTRODE TYPE AND		<b>TIPO DE TRANSFERENCIA EN 13:</b> Arco spray MODEL OF METAL TRANSFER FOR 13:						
<b>VELOCIDAD DE ALIMENTACIÓN DEL ALAMBRE (m/min):</b> 2-10m/min ELECTRODE WIRE FEED SPEED RANGE:								
<b>TÉCNICA - TECHNIQUE.</b>								
<b>CORDÓN RECTO U OSCILANTE:</b> RECTO STRING OR WAVE BEAD:		<b>OSCILACIÓN:</b> 0 OSCILATION:		<b>MARTILLADO:</b> NA PPRING:				
<b>DIÁMETRO DE LA BOQUILLA (mm):</b> 20 ORIFICE OR GAS CLIP SIZE (mm):		<b>LIMPIEZA INICIAL Y ENTRE PASADAS:</b> CEPILLADO INITIAL AND INTERPASS CLEANING:						
<b>MÉTODO DE SANEAR RAÍZ:</b> NA METHOD OF BACK GOUGING:		<b>DISTANCIA BOQUILLA-PIEZA(mm):</b> NA CONTACT TUBE TO WORK DISTANCE (mm):						
<b>PASADA ÚNICA O MÚLTIPLE (POR LADO):</b> ÚNICA MULTIPLE OR SINGLE PASS (PER SIDE):		<b>ELECTRODO ÚNICO O MÚLTIPLE:</b> NA MULTIPLE OR SINGLE ELECTRODE:						
<b>OTROS:</b> OTHER:								
<b>PASADAS - WELD LAYERS.</b>								
PASADAS	PROCESO	DIÁMETRO (mm)	VELOC. ALIM. ALAMBRE(m/min)	TIPO DE CORRIENTE	RANGO DE INTENSIDAD (A)	RANGO DE VOLTAJE (V)	RANGO VELOC. SOLDEO (cm/min)	APORTE TÉRMICO (Kj/cm)
WELD LAYERS	PROCESS	DIAMETER	WIRE FEED SPEED(WIRE)	CURRENT TYPE	AMP. RANGE(A)	VOLT. RANGE(V)	TRAVEL SPEED RANGE	HEAT INPUT (Kj/cm)
1	138	1	1-12	DC	200	26-30	4 a 56	5,2 a 39,8
<b>FABRICANTE - MANUFACTURER</b>		<b>PERSONA U ORGANISMO EXAMINADOR - EXAMINER OR EXAMINING BODY</b>						
		Comprobado por - Supervised by		Aprobado por - Approved by				
		Nombre:		Nombre:				
Fdo:		Fdo:		Fdo:				
Signed:		Signed:		Signed:				
Fecha /Date		Fecha /Date		Fecha /Date				

Tabla 37.Caso práctico soldador manual. Wps Procedimiento de soldeo 2/2.

### ENSAYOS REALIZADOS:

#### INSPECCIÓN VISUAL:

<b>INSPECCIÓN DE SOLDADURA</b>		Nº Inspección: <b>1</b>																																																																																												
<b>INSPECCION VISUAL Y DIMENSIONAL</b>		<b>IV- 1</b>	<b>1/1</b>																																																																																											
EXP.: Q/1904872/1/01      OBRA: HOMOLOGACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDEO P13		FECHA:      CLIENTE: CUBIERTAS Y MONTAJES P. FERRERAS																																																																																												
<b>PRESENTES EN LA VISITA</b>		<b>ZONAS INSPECCIONADAS</b>																																																																																												
<input type="checkbox"/> DIRECCIÓN OBRA:		Pieza: PROBETA DE HOMOLOGACIÓN PROCEDIMIENTO																																																																																												
<input type="checkbox"/> A.T.:		Elementos: PROBETA DE HOMOLOGACIÓN PROCEDIMIENTO																																																																																												
<input checked="" type="checkbox"/> CONSTRUCTORA:		Zona inspeccionado: 100% CORDON + Z.A.T.																																																																																												
<b>DOCUMENTACIÓN</b> NP <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>		<b>PARÁMETROS DE SOLDEO</b> NP <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>																																																																																												
Correspondencia entre planos de obra y taller		Proceso																																																																																												
<b>TRAZABILIDAD</b> NP <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/> OMAW <input type="checkbox"/> SAW <input type="checkbox"/> FCAW <input type="checkbox"/> Electrodo revestido <input type="checkbox"/> Otro:																																																																																												
Marcado de pieza		<input type="checkbox"/> Conservación electrodos																																																																																												
Correspondencia pieza con plano		Tensión																																																																																												
<b>MATERIALES</b> NP <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>		Electrodos																																																																																												
<input checked="" type="checkbox"/> Base		Material de aportación																																																																																												
<input checked="" type="checkbox"/> Aportación		Precalentamiento superficies																																																																																												
<b>SOLDADORES</b> NP <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>		Observaciones:																																																																																												
Homologación		<b>ACABADO DE SUPERFICIES</b> NP <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>																																																																																												
Posición autorizada		<input type="checkbox"/> Chorroado <input type="checkbox"/> Estado superf. tras chorroado <input type="checkbox"/> Tiempo entre chorroado/imprimación <input type="checkbox"/> Imprimación <input type="checkbox"/> Tipo de pintura: <input type="checkbox"/> Espesor <input type="checkbox"/> Acabado <input type="checkbox"/> Tipo de pintura: <input type="checkbox"/> Espesor																																																																																												
Procedimiento autorizado		<b>CONTROL DIMENSIONAL</b> NP <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>																																																																																												
<b>ACABADO DE SUPERFICIES</b> NP <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>		Longitud PIEZA (mm): Contraflecha proyector punto medio (mm): Contraflecha medida (mm): Radio de giro (rad):																																																																																												
<input type="checkbox"/> Chorroado		Observaciones:																																																																																												
<input type="checkbox"/> Estado superf. tras chorroado		<b>MANIPULACIÓN DE PIEZAS</b> NP <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>																																																																																												
<input type="checkbox"/> Tiempo entre chorroado/imprimación		Fijaciones adecuadas Maguinaría empleada Estado superficies																																																																																												
<input type="checkbox"/> Imprimación		<b>PREPARACIÓN DE LA UNIÓN</b> NP <input type="checkbox"/>																																																																																												
<input type="checkbox"/> Tipo de pintura:		<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; font-size: 8px;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Ensayo</th> <th rowspan="2">Pieza</th> <th rowspan="2">Espesor (mm)</th> <th rowspan="2">Longitud (mm)</th> <th colspan="2">Tipo de unión</th> <th rowspan="2">Tipo chafán</th> <th rowspan="2">Tación (mm)</th> <th rowspan="2">Ángulo chafán (°)</th> <th colspan="3">Estado superficial</th> <th colspan="2">Calificac.</th> </tr> <tr> <th>An</th> <th>To</th> <th>Bruta</th> <th>Amoldada</th> <th>Mecan.</th> <th>SI</th> <th>NO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N1</td> <td>HOM PROCES REF 3559-1</td> <td>3</td> <td>350</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>V</td> <td>0</td> <td>30</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>N2</td> <td>HOM PROCES REF 3559-1</td> <td>3</td> <td>350</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>V</td> <td>0</td> <td>30</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table>		Ensayo	Pieza	Espesor (mm)	Longitud (mm)	Tipo de unión		Tipo chafán	Tación (mm)	Ángulo chafán (°)	Estado superficial			Calificac.		An	To	Bruta	Amoldada	Mecan.	SI	NO	N1	HOM PROCES REF 3559-1	3	350	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	V	0	30	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	N2	HOM PROCES REF 3559-1	3	350	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	V	0	30	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>												
Ensayo	Pieza	Espesor (mm)	Longitud (mm)					Tipo de unión					Tipo chafán	Tación (mm)	Ángulo chafán (°)	Estado superficial			Calificac.																																																																											
				An	To	Bruta	Amoldada	Mecan.	SI	NO																																																																																				
N1	HOM PROCES REF 3559-1	3	350	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	V	0	30	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																	
N2	HOM PROCES REF 3559-1	3	350	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	V	0	30	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																	
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																	
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																	
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																	
<input type="checkbox"/> Espesor																																																																																														
<input type="checkbox"/> Acabado																																																																																														
<input type="checkbox"/> Tipo de pintura:																																																																																														
<input type="checkbox"/> Espesor																																																																																														
<b>SOLDADURA</b> NP <input checked="" type="checkbox"/>																																																																																														
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; font-size: 8px;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Ensayo</th> <th rowspan="2">Pieza</th> <th colspan="2">Soldo</th> <th rowspan="2">Garg. (mm)</th> <th colspan="2">Imperfcción</th> <th colspan="3">Nivel</th> <th rowspan="2">Posición (mm)</th> <th colspan="2">Calific.</th> <th rowspan="2">Observaciones</th> </tr> <tr> <th>Proceso</th> <th>Soldador</th> <th>SI</th> <th>NO</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>B</th> <th>SI</th> <th>NO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N1</td> <td>HOM PROCES REF 275207</td> <td>13</td> <td>HP</td> <td>-</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td> </td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td> </td> </tr> <tr> <td>N2</td> <td>HOM PROCES REF 275207</td> <td>13</td> <td>HP</td> <td>-</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td> </td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td> </td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td> </td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>		Ensayo	Pieza	Soldo		Garg. (mm)	Imperfcción		Nivel			Posición (mm)	Calific.		Observaciones	Proceso	Soldador	SI	NO	C	D	B	SI	NO	N1	HOM PROCES REF 275207	13	HP	-	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		N2	HOM PROCES REF 275207	13	HP	-	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																							
Ensayo	Pieza			Soldo			Garg. (mm)	Imperfcción		Nivel			Posición (mm)	Calific.		Observaciones																																																																														
		Proceso	Soldador	SI	NO	C		D	B	SI	NO																																																																																			
N1	HOM PROCES REF 275207	13	HP	-	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																		
N2	HOM PROCES REF 275207	13	HP	-	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																		
					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																		
					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																		
<b>NORMA EMPLEADA</b> NP <input type="checkbox"/>																																																																																														
Norma: EN 970 Y EN ISO 5817, ENSAYO REALIZADO S/ PROCEDIMIENTO M-CEM-1-13 ver 02																																																																																														
<b>SE ADJUNTAN FOTOGRAFÍAS:</b> SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>		<b>COMUNICACION DE INCIDENCIAS.FECHA:</b> NO EXISTEN																																																																																												
<b>LEYENDA</b>		<b>INSPECTOR</b>																																																																																												
SI: Aceptable      NO: NO aceptable <input style="width: 10px; height: 10px; border: 1px solid blue;" type="checkbox"/> : Zona Estudio      NP: No Procede																																																																																														
EDICIÓN: 05																																																																																														

Tabla 38. Caso práctico soldador manual. Inspección visual y dimensional.



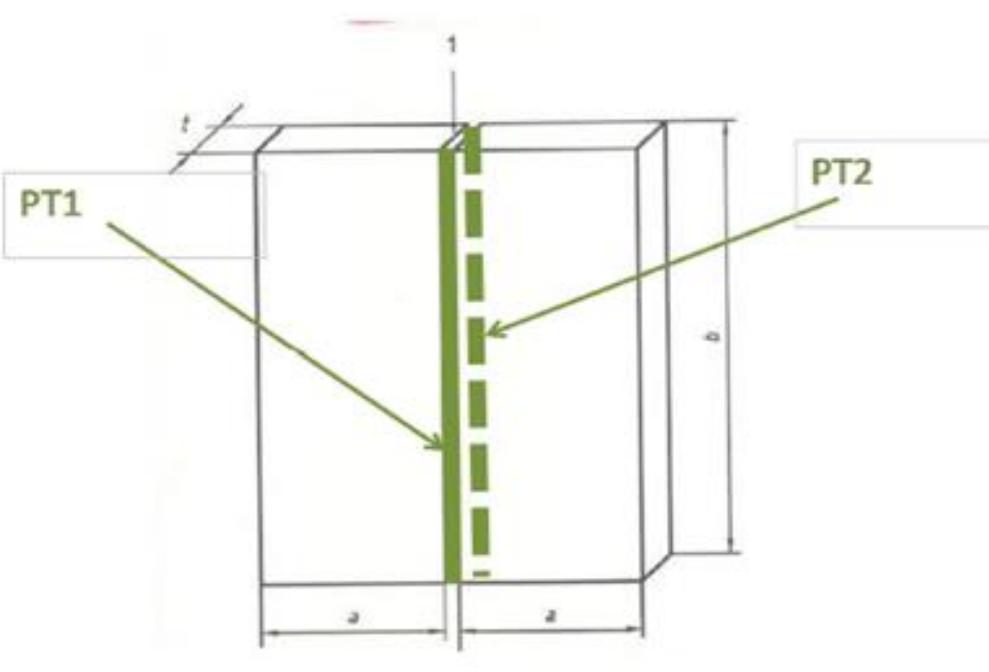
<b>INSPECCIÓN DE SOLDADURA</b>		<b>Nº Inspección</b>	<b>1</b>
<b>INSPECCION LÍQUIDOS PENETRANTES</b>		<b>PT- 1</b>	<b>2/2</b>
EXP.: 01/1994872/1/01	OBRA: HOMOLOGACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADO P135		
FECHA:	CLIENTE: CUBERTAS Y MONTAJES P. FERRERAS		
<b>PRESENTES EN LA VISITA</b>		<b>ZONAS INSPECCIONADAS</b>	
<input type="checkbox"/> DIRECCIÓN OBRA:	Peza:	P. DE HOM O.PROCEDIMIENTO.	
<input type="checkbox"/> A.T.:	Elementos:	P. DE HOM O.PROCEDIMIENTO.	
<input type="checkbox"/> CONSTRUCTORA:	Zona inspeccionada:		
<b>ESQUEMAS Y CIRCUITOS</b>			
			
<b>LEYENDA</b>			
SI: Aceptable	NO: NO aceptable		
<span style="border: 1px solid red; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span> Zona de estudio	NP: No Procede.		

Tabla 40. Caso práctico soldador manual. Inspección de líquidos penetrantes 2/2.

**EXAMEN MACROGRÁFICO:****CENTRO DE ENSAYOS QUÍMICO-METALÚRGICOS, S.L.**

<b>INFORME DE ENSAYO</b>	<b>RADIOGRAFÍA Y MACROGRAFÍA DE CHAPAS SOLDADAS A TOPE</b>	
	Nº. Informe: 358.2019	Fecha de informe:

<b>RECEPCIÓN DE MUESTRAS</b>	
EMPRESA:	
Descripción del Objeto:	Chapas soldadas a tope de 3 mm de espesor
Identificación cliente del Objeto:	Chapas soldadas a tope de 3 mm de espesor sin identificar por parte del cliente
Fecha de Recepción:	Identificación del Objeto: CQ9415
Los resultados de los ensayos sólo se refieren al material recibido en este laboratorio en la fecha de recepción.	

**RADIOGRAFÍA DEL CUPÓN: ACEPTABLE.**

Se adjunta informe radiográfico n°. E-190067ENDMAD-OT0001-RT15.

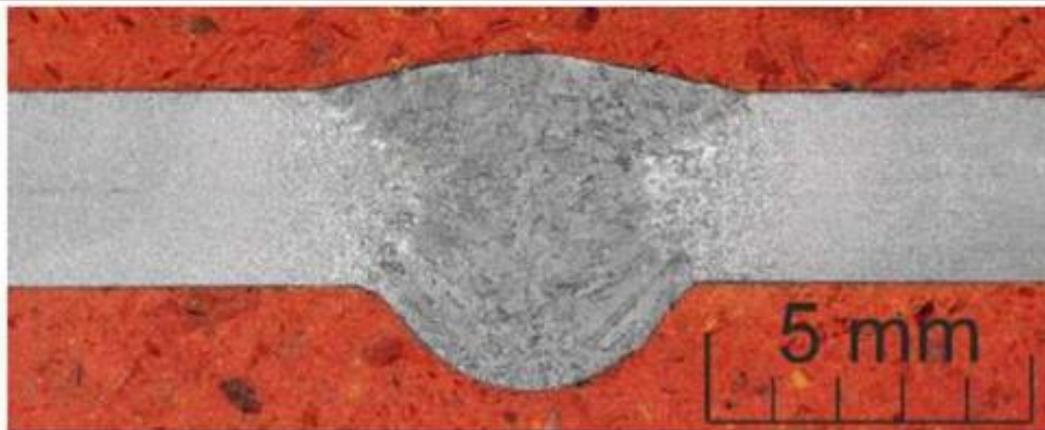
Ensayos cubiertos por la acreditación ENAC N° 67/LE101.

Tabla 41. Caso práctico soldador manual. Examen macrográfico 1/2.

## CENTRO DE ENSAYOS QUÍMICO-METALÚRGICOS, S.L.

<b>INFORME DE ENSAYO</b>	<b>RADIOGRAFÍA Y MACROGRAFÍA DE CHAPAS SOLDADAS A TOPE</b>	
	Nº. Informe: 358.2019	Fecha de informe:

### MACROGRAFÍA



Designación del examen: NO DEFINIDA. INFORMACIÓN NO FACILITADA POR EL CLIENTE.  
 Imperfecciones detectadas según UNE-EN ISO 6520-1:2009: NINGUNA.  
 Resultado del ensayo según UNE-EN ISO 5817:2014: ACEPTABLE.

Ubicación de la muestra: Según UNE-EN ISO 15614-1:2018, Figura 5 Zona 6.

Orientación de la muestra y superficie de ensayo: Transversal al cordón de soldadura.

Metal Base izquierda: Información no facilitada por el cliente.

Metal Base derecha: Información no facilitada por el cliente.

Consumible: Información no facilitada por el cliente.

Tratamiento térmico postsoldado: Información no facilitada por el cliente.

Tipo de corrosivo: Solución acuosa de ácido nítrico. Método de corrosión: Por inmersión.

Ensayo realizado el \_\_\_\_\_, según UNE-EN ISO 17639:2013 y PNT-07.

Informe realizado por:	Supervisado por:

*Todas aquellas copias impresas o electrónicas serán consideradas copias del informe original.  
 No se deberán reproducir parcialmente los informes de ensayos sin la aprobación por escrito de:*

Tabla 42.Caso práctico soldador manual. Examen macrográfico 2/2.

INFORME RADIOGRÁFICO:

**INFORME RADIOGRAFICO**

Radiographic Report

Laboratorio de ensayo acreditado por ENAC con acreditación N° 67/LE101.

INFORME: E-190087ENDMAD-OT0001-RT15 REV. 0  
 O.T.(S.C.I.): E-190087ENDMAD-OT0001

CLIENTE:

Customer  
DOMICILIO SOCIAL:

Address  
DIRECCION DE REALIZACION DEL ENSAYO:  
Testing Place

PEDIDO:

P. order

OBJETO ENSAYADO: SOLDADURA

Tested Object

PLANO: N.A.

Drawing

FECHA DE ENSAYO:

Test date

EXTENSION EXAMEN: 100%

Control extension

MATERIAL - CALIDAD: (1) ACERO CARBONO

Material - Specification

PREPARACION DE BORDES: (1) N.D.

Joint design

TRATAMIENTO TERMICO: (1) N.D.

Heat treatment

PROCESO DE SOLDEO: (1) N.D.

Welding procedure

DIAMETRO: (1) N.A.

Diameter

ESPESOR (mm): (1) 3

Thickness

M.B.+SOBRESPESOR (mm): 4.5

Base Material Thickness + Reinforcement

DESCRIPCION DEL EXAMEN

PROCEDIMIENTO: RT-14-000

Procedure

REVISED: 0.0

CALIF. S/ESPECIFICACION:

Specification Reference

UNE-EN ISO 10675 2017 (NIV2)

NORMA ENSAYO: UNE-EN ISO 17636-01 2013

Testing norm

CLASE DE ENSAYO: B

Class of Exam

TIPO DE FUENTE: RAYOS X

Source type

COD. EQUIPO: RX-E-01-045

Equipment Code

TAM. FOCAL (mm): 1.5

Focal Size

ACTIVIDAD (Ci): N.A.

Activity

KV: 125

kV

mA: 3

mA

TIEMPO EXP: 5 min

Exposure time

PENETR.: UNE-EN ISO 19232-1

IQI

Nº: 13 FE

No.

SITUACION IQI: FUENTE

Placement IQI

GALGA: NO

Step

TIPO DE FILM: CARESTREAM MX 125

Film Type

TAMAÑO FILM: 10x40

Film size

Nº FILMS: 1

No. Film

CHASIS: CONTACTPAK

Cassette

PANTALLAS: Pb 0.027

Screen

S/D VISION: S

SD Viewing

S/D PARED: S

SD Wall

DIST. FUENTE-FILM (mm): 700

F.F. Distance

DIST. DEL OBJ. LADO FUENTE A FILM (mm): 4.5

Distance from source side of object to the film

MINIMA DIST. FUENTE OBJETO (mm): 005.5

Minimum Distance Source Object

REVELADO: AUTOMATICO

Processing

Tipo de defecto/Defect type		Clasificación/Classification						
A6 Poros/Porosity	B1 Escorias adheridas/Clag adherent	F Morfeuras/Undercut	Clasificación/Classification A = Aceptable/Acceptable R = Rechazable/Rejectable RP = Rep. radiografía/Repeat film RO = Rep. observ. /Repeat review					
A0 Poros verticales/Worm holes	C Falso de fusión/Lack fusion	G21 Inclusion Flux/Tungsten-Flux/Tungsten						
B2 Escoria irregular/Clag Irregular	D Falso de penetración/Lack penetration	K Oros/Risques/Entrapages						
B3 Escoria adherida/Clag line	Da Grieta longitudinal/Long crack	O Otros defectos/Other defects						
<b>TIPO DE DEFECTOS (ISO 6520-1)</b>								
2011 POROS/PORE	104 GRIETAS DE CRATER/CRATER CRACK	5011 MORDEURAS/UNDERCUT						
2010 SOLDADURAS AGRUPADAS/CLUSTERED	300 INCLUSIÓN SOLIDA/SOLID INCLUSION	504 EXCESO DE PENETRACIÓN/EXCESSIVE PENETRATION						
2014 SOLDADURAS ALINADAS/ALIGNAR POROSITY	304 INCLUSIÓN METÁLICA/METALLIC INCLUSION	5041 DESGOLGADURA/LOCAL EXCESSIVE PENETRATION						
2015 SOLDADURAS ALARGADAS/ELONGATED CAVITY	2017 PROCEURA/SURFACE PORE	901 CESAGO DE ARCO/ARC STRIKE						
2016 SOLDADURAS VERMICULARES/WORM HOLE	401 FALTA DE FUSIÓN/LACK OF FUSION	3028 CRATER						
102 GRIETA/CRACK	402 FALTA DE PENETRACIÓN/LACK OF PENETRATION	O OTRO/OTHERS						
IDENTIFICACION (Código/Code)	SECTOR	ESPESOR (mm/Thickness)	HILOTALADRO REQUERIDO (Reference required)	HILOTALADRO OBTENIDO (Reference obtained)	DENSIDAD (Density)	TIPO DEFECTO (Defect type)	CALIF. (Qual)	OBSERVACIONES (Remarks)
CQ 9415	D-1	3	W17	W17	2.5	F	A	

Tabla 43. Caso práctico soldador manual. Informe radiográfico 1/2.

# INFORME RADIOGRAFICO

Radiographic Report

Laboratorio de ensayo acreditado por ENAC con acreditación

INFORME: E-190067ENDMAD-OT0001-RT15

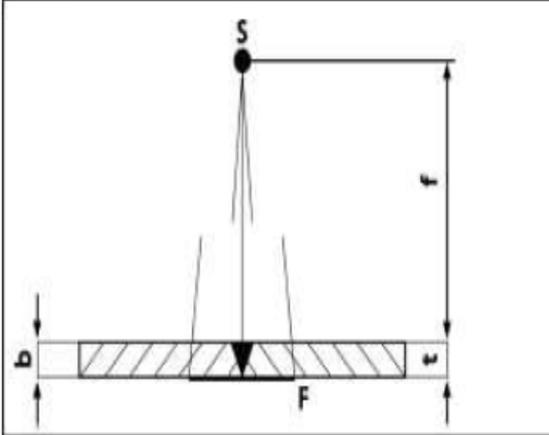
REV. 0

Report Number

O.T.(S.C.I): E-190067ENDMAD-OT0001

## DISPOSICION DE ENSAYO

Technique used



Nº DE DOCUMENTOS ANEXOS AL INFORME:

Nº of annex. attached to this

OBSERVACIONES GENERALES:

General Notes

OPERADOR RADIOLOGO

Radiography Operator

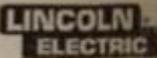
EVALUADOR

Interpreter

Tabla 44.Caso práctico soldador manual. Informe radiográfico 2/2.

MATERIALES Y CONSUMIBLES:

### Informe de Ensayo



**Producto:** UltraMag, D200 5kg RW  
**Tamaño (mm):** 1,0  
**Item No.:** E10P005R8E00  
**Lote:** C140060  
**Línea productos:** MIG Wire

**Clasificación:** AWS A5.18 ER706-6  
 ISO 14341-A-02561  
 005T 2246-10: 0v0305

**Pedido Cliente:** 21  
**Nuestra Orden:** 809450235  
**Cantidad:** 30,0 KG  
**Cliente:**

**PLAZA DEL OLIVO Nº 45 NAVE 2**  
**LA CISTERNA 47193**  
 España

According to EN10204 2.2

18047CC Juan J. F. 181611 Alb. B/1449 PE-4812 (30-11-18)

Análisis Químico(%)												
C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	V	Al	Ti+Zr	
0.070	0.88	1.44	0.010	0.005	0.06	0.04	<0.01	0.07	<0.01	0.005	0.100	

TR1333



**SUSIDER**  
 SUMINISTROS INDUSTRIALES  
 MONTANES, S.L.  
 Av. La Comada, s/n. 28900 - MALLATO  
 Tlfno: 942 250 850/34 Fax: 942 250 842

CERTIFICADO DE INSPECCIÓN				
CLIENTE:				
Nº de Pedido:	PC100046	Solicitud:		
Nº Albarán:	1821100112	Cal. Articulo:	014700	Cond. Carr.:
NORMA:	DA 1710	CALIDAD:	97.40	PESO TOTAL:
DIMENSIONES:				2.2

COMPOSICIÓN QUÍMICA												
IDENTIFICACION	C.C.T	CODIGO	COLADA	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Al
324127-2-2	791024	8021888	324127-2-2	0.08	0.8	0.55	0.008	0.005				0.02

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS															
IDENTIFICACION	C.C.T	CODIGO	COLADA	Módulo de elasticidad (N/mm²)	ENSAYO DE TRACCIÓN					F	K	PAREZA	PICKS	Plegado	
					Rm	Rm	A5	Elong	TS						
324127-2-2	791024	8021888	324127-2-2	210	380	400	20	75							

Descripción
OXIGENO - NEMO+ 15,3 M3 300 BAR
CORGON 15 - NEMO+ 16,7 M3 300 BAR

Figura 81. Caso práctico soldador manual. Informe de ensayo materiales.

WPQR UNE-EN ISO 15614-1.

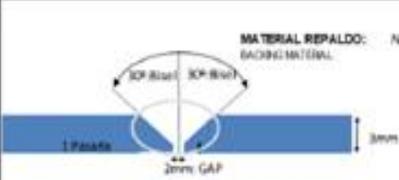
<b>REGISTRO DE CUALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDEO</b> WELDING PROCEDURE APPROVAL RECORD			Página 1 de 4																									
<b>UNE-EN-ISO 15614-2: 2004</b>			Sheet 1 of 4																									
REGISTRO DE CUALIFICACIÓN Nº: WPQR13/750826 PROCEDURE QUALIFICATION RECORD Nº:		FECHA: _____ DATE:																										
COMPañÍA: CUBIERTAS Y MONTAJES P.FERRERAS COMPANY NAME:		WPS SOPORTADO: WPS13/750826																										
PROCESO(S) DE SOLDEO Y TIPOS: WELDING PROCESS(ES) AND TYPE(S):		P13 Nivel 2 SOLDADURA POR ARCO PROTEGIDO CON GAS Y ELECTRODO DE APORTE																										
<b>UNION - JOINT.</b>																												
		<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>PASADA LAYER</th> <th>DAM. (mm)</th> <th>AMPS. (A)</th> <th>VOLTS (V)</th> <th>APORTE TÉRMICO HEAT INPUT (J/cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		PASADA LAYER	DAM. (mm)	AMPS. (A)	VOLTS (V)	APORTE TÉRMICO HEAT INPUT (J/cm)	1	1																		
PASADA LAYER	DAM. (mm)	AMPS. (A)	VOLTS (V)	APORTE TÉRMICO HEAT INPUT (J/cm)																								
1	1																											
<b>METALES BASE - BASE METALS.</b>		<b>CUALIFICA-QUALIFIED</b>																										
GRUPO Nº: GROUP Nº:	1.3 CON TO	GRUPO Nº : GROUP Nº:	1.1, 1.2, 1.3																									
ESPECIFICACIÓN: SPECIFICATION:	S355	ESPECIFICACIÓN: SPECIFICATION:	S235, S275, S355																									
GRADO: GRADE:	J2	GRADO: GRADE:																										
ESPEJOR DEL CUPÓN: THICKNESS OF TEST COUPON:	3mm	DIÁMETRO DEL CUPÓN NA DIAMETER OF TEST COUPON:																										
GARGANTA: THROAT:	NA	ÁNGULO: ANGLE:	NA																									
<b>METALES DE APORTE - FILLER METALS.</b>																												
ESPECIFICACIÓN: SPECIFICATION:	CLASIFICACIÓN CLASSIFICATION:	DIMENSIONES CONSUMIBLES (mm) SIZE OF FILLER METALS:	METAL DEPOSITADO (mm) DEPOSITED WELD METAL:																									
EN-ISO-14341-A	AW 5.18 ER706-6	Ø 1,0	-																									
<b>PRECALENTAMIENTO - PREHEAT.</b>		<b>T.T. POSTSOLDEO - POSTWELD H.T.</b>																										
TEMPERATURA PRECALENTAMIENTO (°C): PREHEAT TEMPERATURE (°C):	NA	TEMPERATURA (°C): TEMPERATURE (°C):	NA																									
TEMP. ENTRE PASADAS (°C): INTERPASS TEMPERATURE (°C):	240°C	TIEMPO (min.): TIME (min.):	NA																									
MANTENIMIENTO PRECALENTAMIENTO: PREHEAT MAINTENANCE:	NA	OTROS: OTHER:	NA																									
<b>POSICIÓN - POSITION.</b>		<b>GAS - GAS.</b>																										
POSICIÓN: POSITION:	PE, PF	COMPOSICIÓN % PERCENT COMPOSITION:	CORGON 15 NEMO+																									
PROGRESIÓN: PROGRESSION:	-	GASES / RANGO DE MEZCLAS GASES / MIXTURE RANGE:	AR+CO2 CAUDAL (l/min) 14l/min FLOWRATE (l/min)																									
OTROS: OTHER:	-	PROTEC.: SHIELDING:	NA																									
		ARRASTRE: TRAILING:	NA																									
		RESPALDO: BACKING:	NA																									

Tabla 45. Caso práctico soldador manual. Registro de cualificación de procedimiento de soldeo 1/4.

<b>WPAR Nº:</b> WPQR13 /750826						<b>Página 2 de 4</b> Sheet 2 of 4			
<b>TÉCNICA - TECHNIQUE.</b>									
<b>CORDÓN RECTO U OSCILANTE:</b> RECTO STRING OR WAVV BEAD:									
<b>OSCILACIÓN:</b> 0 OSCILATION:		<b>PASADA SIMPLE O MÚLTIPLE (POR LADO):</b> SIMPLE MULTIPLE OR SIMPLE PASS (PER SIDE):							
<b>ELECTRODO ÚNICO O MÚLTIPLE:</b> UNICO MULTIPLE OR SINGLE ELECTRODES:									
<b>OTROS:</b> NA OTHER:									
<b>ENSAYO DE TRACCIÓN - TENSILE TEST.</b>									
PROBETA Nº SPECIMEN Nº	ANCHURA (mm) WIDTH	ESPESOR (mm) THICKNESS	AREA (mm <sup>2</sup> ) AREA	ALARGAMIENTO %	TENSIÓN ROT.(N/mm <sup>2</sup> ) ULTIMATE UNIT STRESS	Localización Rotura Fracture Location			
750826-1	-	3	300	37,2	399,2	Fuera de la soldadura			
750826-2	-	3	300	36,9	421,0	Fuera de la soldadura			
<b>ENSAYO DE DOBLADO - GUIDED BEND TEST.</b>									
PROBETA Nº SPECIMEN Nº		ÁNGULO DE DOBLADO BEND ANGLE	ALARGAMIENTO ELONGATION	RESULTADO RESULT					
750826-1	CARA	180	-	ACCEPTABLE					
750826-2	CARA	180	-	ACCEPTABLE					
750826-3	RAIZ	180	-	ACCEPTABLE					
750826-4	RAIZ	180	-	ACCEPTABLE					
<b>ENSAYO DE RESILIENCIA - TOUGHNESS TEST.</b>									
PROBETA Nº SPECIMEN Nº	LOCALIZACIÓN ENTALLA NOTCH LOCALIZATION	TIPO ENTALLA NOTCH TYPE	TEMPERATURA ENSAYO TEST TEMPERATURE	VALORES IMPACTO IMPACT VALUE	MEDIA AVERAGE	OTROS OTHER			
Solo en probetas de t ≥ 5mm.									
<b>ANÁLISIS QUÍMICO - CHEMICAL ANALYSIS.</b>									
PROBETA Nº SPECIMEN Nº	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	

Tabla 46. Caso práctico soldador manual. Registro de cualificación de procedimiento de soldeo 2/4.

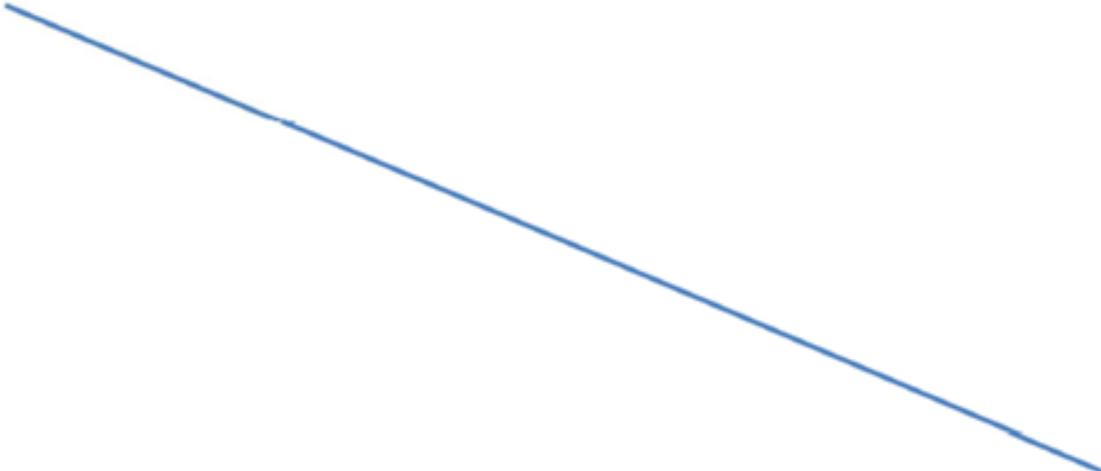
<b>WPAR N°:</b>	WPQR13/750826	<b>Página 3 de 4</b> Sheet 3 of 4													
<b>ENSAYO DE DUREZA - HARDNESS TEST.</b>															
PUNTO - POINT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
LINEA SUPERIOR	180	178	179	279	280	276	248	246	244	277	280	275	180	184	176
LINEA INFERIOR	168	170	177	277	282	270	244	240	246	277	281	274	171	166	169
<p><b>OTROS:</b> OTHER:</p> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">  </div>															
<b>GRAFICO - SKETCH.</b>															
															
<b>ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS - NON DESTRUCTIVE TESTS.</b>															
<b>INSPECCIÓN VISUAL:</b> VISUAL EXAMINATION:	N° INFORME / INFORM N° 750826-1 VT	RESULTADO / RESULT ACEPTABLE													
<b>ENSAYO RADIOGRÁFICO:</b> RADIOGRAPHIC TESTING:	E190067ENDMAD-OT0001 RT15	ACEPTABLE													
<b>ENSAYO POR ULTRASONIDOS:</b> ULTRASONIC TESTING:	NA	NA													
<b>ENSAYO POR LÍQUIDOS PENETRANTES:</b> PENETRANT TESTING:	...750826-2 PT	ACEPTABLE													
<b>ENSAYO POR PARTÍCULAS MAGNÉTICAS:</b> MAGNETIC PARTICLE TESTING:	NA	NA													

Tabla 47. Caso práctico soldador manual. Registro de cualificación de procedimiento de soldeo 3/4.

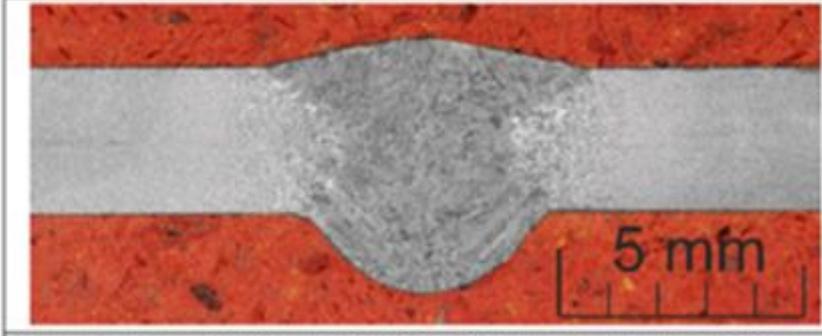
<b>WPAR N°:</b>	WPQR13/750826	<b>Página 4 de 4</b> Sheet 4 of 4
<b>EXAMEN MACROGRÁFICO - MACRO EXAMINATION TEST.</b>		
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px auto; width: 80%;"> <p style="text-align: center; margin: 0;"><b>MACROGRAFÍA</b></p>  <p style="font-size: 24px; font-weight: bold; margin: 5px 0;">5 mm</p> </div>		
Designación del examen: NO DEFINIDA. INFORMACIÓN NO FACILITADA POR EL CLIENTE. Imperfecciones detectadas según UNE-EN ISO 6520-1:2009: NINGUNA. Resultado del ensayo según UNE-EN ISO 5817:2014: ACEPTABLE.		
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px; display: inline-block;">Ref. 750826</div>		
<b>OTROS ENSAYOS - OTHER TESTS.</b>		
<b>TIPO DE ENSAYO:</b> TYPE OF TEST:		
<b>ANÁLISIS DEL DEPÓSITO:</b> DEPOSITE ANALYSIS:		
<b>OTROS:</b> OTHER:		
<b>DATOS GENERALES DEL ENSAYO - TEST INFORMATION.</b>		
<b>SOLDADOR:</b> WELDER'S NAME:		
<b>NÚMERO DEL SOLDADOR:</b> WELDER'S NUMBER:		
<b>ENSAYOS DIRIGIDOS POR:</b> TEST CONDUCTED BY:	CEMOSA,	
<b>LABORATORIO:</b> LABORATORY:	CEMOSA	
<b>FABRICANTE:</b> MANUFACTURER:	CUBIERTAS Y MONTAJES P. FERRERAS, S.L.	
<b>FECHA:</b> DATE:		
Certificamos que los datos de este informe son correctos y que las pruebas efectuadas fueron preparadas y llevadas a cabo según el apartado 7 de la norma EN-ISO 15614-1: 2018 indicada anteriormente. We certify that the data of this report are correct and that the test performed were prepared and carried out in accordance with paragraph 7 of EN-ISO 15614-1: 2018 standard previously indicated.		
<b>FABRICANTE - MANUFACTURER</b>	<b>PERSONA U ORGANISMO EXAMINADOR - EXAMINER OR EXAMINING BODY</b>	
CUBIERTAS Y MONTAJES P. FERRERAS, S.L.	Comprobado por - Supervised by	Aprobado por - Approved by
Fdo.: Signed Fecha: Date	Fdo.: Signed Fecha: Date	Nombre: Name Fdo.: Signed

Tabla 48. Caso práctico soldador manual. Registro de cualificación de procedimiento de soldado 4/4.

## CERTIFICADO DEL SOLDADOR SEGÚN NORMA UNE-EN ISO 15614-1

CERTIFICADO DE CUALIFICACIÓN DE SOLDADOR TEST REPORT FOR WELDERS QUALIFICATION CERTIFICATE UNE-EN-ISO 9606-1 2017		 Página 1 de 2 Sheet 1 of 2
<b>DESIGNACIÓN:</b> UNE EN ISO 9606-1 138 N2 BW <b>DESIGNATION:</b>		
<b>INFORME Nº</b> 750826/2153 <b>REPORT Nº:</b>		
<b>IDENTIFICACIÓN / IDENTIFICATION</b> <b>NOMBRE DEL SOLDADOR:</b> WELDER'S NAME:		
<b>Nº DE IDENTIFICACIÓN:</b> 44902525Q WELDER'S IDENTIFICATION:		
<b>FECHA DE NACIMIENTO:</b> DAY OF BIRTH:		<b>LUGAR DE NACIMIENTO:</b> PLACE OF BIRTH:
<b>EMPRESA:</b> CUBIERTAS Y MONTAJES P. FERRERAS EMPLOYER:		
<b>NORMA DE ENSAYO / CÓDIGO:</b> UNE EN ISO 9606-1 CODE / TESTING STANDARD:		<b>EVALUACIÓN DE CONOCIMIENTOS:</b> N/E JOB KNOWLEDGE:
<b>ESPECIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDEO DEL FABRICANTE Nº:</b> WPQR13/750826 MANUFACTURER'S WELDING PROCEDURE SPECIFICATION Nº:		
<b>NORMA DE ENSAYO / CÓDIGO:</b> EN ISO 15614-1/2017 CODE / TESTING STANDARD:		
<b>CONDICIONES DE LA PRUEBA / TEST CONDITIONS</b>		
<b>VARIABLES / VARIABLES</b>	<b>DETALLES DE LA PRUEBA</b> TEST DETAILS	<b>RANGO CUALIFICADO</b> RANGE QUALIFIED
<b>PROCESO DE SOLDEO</b> WELDING PROCESS	P138	P138
<b>CHAPA (P) O TUBO (T)</b> PLATE (P) OR PIPE (T)	Chapa (P)	Chapa (P) Tubo*
<b>TIPO UNIÓN: A TOPE (BW) / EN ÁNGULO (FW)</b> JOINT TYPE: BUTT WELD (BW) / FILLET WELD (FW)	A TOPE (BW)	A TOPE (BW)
<b>POSICIÓN DE SOLDEO</b> WELDING POSITION	PE, PF	TODAS excepto PG, PJ y J-L045
<b>GRUPO METAL DE APORTE / DESIGNACIÓN</b> FILLER METAL GROUP(S) / DESIGNATION	ER70S-6 AWS A5.18	S (MACIZO)
<b>GRUPO(S) DE METAL(ES) BASE</b> PARENT METAL GROUP(S)	1.3	grupo 1 e inferiores
<b>GASES DE PROTECCIÓN</b> SHIELDING GASES	ISO 14175 M20	ISO 14175 M20
<b>ELEMENTOS AUXILIARES</b> AUXILIARY ELEMENTS	---	---
<b>ESPESOR DEL CUPÓN DE PRUEBA (t) / MAT. DEPOSITADO (S)</b> TEST PIECE THICKNESS (t) / DEPOSITED MATERIAL (S)	3mm	0,5t a 2t
<b>DIÁMETRO EXTERIOR DEL TUBO (D)</b> PIPE OUTSIDE DIAMETER (D)	NA	≤500 ≤150PC, PE(rot), PA(rot)
<b>DETALLE DE SOLDADURA</b> DETAIL OF WELDING	ss, nb	ss, nb
<b>CAPA MÚLTIPLE(ml) / CAPA ÚNICA (sl)</b> MULTIPLE LAYER (ml) / SINGLE LAYER	sl	sl
<b>TIPO DE CORRIENTE Y POLARIDAD (AC/DC)</b> TYPE OF CURRENT AND POLARITY	DC	DC
<b>MODO DE TRANSFERENCIA</b> TRANSFER MODE	ARCO SPRAY	ARCO SPRAY

Tabla 49. Caso práctico soldador manual. Certificado del soldador 1/2.

INFORME Nº: 750826/2153 REPORT Nº:		Página 2 de 2 Sheet 2 of 2		
<b>ENSAYOS EFECTUADOS / TEST PERFORMED</b>				
CUPÓN DE PRUEBA O PROBETA Nº TEST PCE OR TEST SPECIMEN Nº	Nº DEL CERTIFICADO DE ENSAYO TEST CERTIFICATE Nº	TIPO DE ENSAYO TYPE OF TEST	RESULTADOS DEL ENSAYO TEST RESULT	OBSERVACIONES REMARKS
750826-2153-1	7508262153-1	VT, PT	ACEPTABLE	HOMOLOGACIÓN DE SOLDADOR SATISFACTORIA
750826-2153-2	7508262153-2	TRACCIÓN	ACEPTABLE	
<b>ENSAYO DE DOBLADO - GUIDED BEND TEST.</b>				
PROBETA Nº SPECIMEN Nº	ÁNGULO DE DOBLADO BEND ANGLE	ALARGAMIENTO ELONGATION	RESULTADO RESULT	
750826-2153-1	180		ACEPTABLE	
750826-2153-2	180		ACEPTABLE	
750826-2153-3	180		ACEPTABLE	
750826-2153-4	180		ACEPTABLE	
<b>LABORATORIO DE ENSAYOS - TESTS LABORATORY</b>  CEMOSA		<b>FECHA DE EMISIÓN</b> DATE OF ISSUE:	<b>VÁLIDO HASTA</b> VALID UNTIL:	
<p><b>Certificamos que los datos de este informe son correctos y que las pruebas efectuadas fueron preparadas y llevadas a cabo según la norma UNE-EN-ISO 9606-1-2017 indicada anteriormente.</b></p> <p>We certify that the data of this report are correct and that the test performed and carried out in accordance with UNE-EN-ISO 9606-1-2017 standard previously indicated.</p>				
<b>FABRICANTE - MANUFACTURER</b>	<b>PERSONA U ORGANISMO EXAMINADOR - EXAMINER OR EXAMINING BODY</b>			
ROJO SOLDADURAS METALURGICA, SL	Comprobado por - Supervised by	Aprobado por - Approved by		
Fdo.: Signed: Fecha: Date:	Fdo.: Signed:	Nombre: Name:  Fdo.: Signed: Fecha: Date:		
<b>RENOVACIÓN DE LA CUALIFICACIÓN POR LA EMPRESA O POR SU COORDINADOR PARA LOS 6 MESES SIGUIENTES</b> PROLONGATION FOR APPROVAL BY EMPLOYER / COORDINATOR FOR THE FOLLOWING 6 MONTHS <b>FECHA / FIRMA / CARGO - DATE / SIGNATURE / POSITION</b>		<b>RENOVACIÓN DE LA CUALIFICACIÓN POR EL ORGANISMO EXAMINADOR PARA LOS DOS AÑOS SIGUIENTES</b> PROLONGATION FOR APPROVAL BY TEST BODY FOR THE FOLLOWING 2 YEARS <b>FECHA / FIRMA / CARGO - DATE / SIGNATURE / POSITION</b>		

Tabla 50. Caso práctico soldador manual. Certificado soldador 2/2.

## ANEXO H: CASO PRÁCTICO OPERADOR O AJUSTADOR DE SOLDEO AUTOMÁTICO:

### WPS Procedimiento de soldeo:

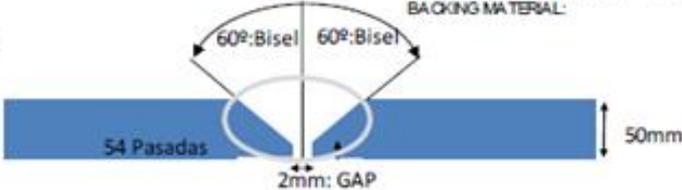
		ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDEO WELDING PROCEDURE APPROVAL RECORD <b>UNE-EN ISO 15614-1</b>		Página 1 de 2  Sheet 1 of 2		
<b>ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO Nº:</b> WELDING PROCEDURE SPECIFICATION Nº:		<b>WPS135/935556</b>		<b>FECHA:</b> DATE:		
<b>COMPañIA:</b> COMPANY NAME:		<b>GRUPO FERRERAS</b>				
<b>POR:</b> BY:		<b>REVISIÓN Nº:</b> REVISION Nº:		<b>FECHA REVISIÓN:</b> DATE:		
<b>PROCESO(S) DE SOLDEO:</b> WELDING PROCESS(ES):		<b>P135 BW NIVEL 2</b>		<b>SOPORTADO POR WPAR Nº:</b> SUPPORTING WPAR Nº:		
<b>WPQR/135/ 935556</b>						
<b>UNION - JOINT</b>						
<b>DISEÑO DE UNIÓN:</b> JOINT DESIG:		<b>MATERIAL REPALDO:</b> NA BACKING MATERIAL:				
<b>CROQUIS - SKETCH</b>						
<b>METALES BASE - BASE METALS.</b>			<b>CUALIFICA-QUALIFIED</b>			
<b>GRUPO Nº:</b> GROUP Nº:	<b>1.3</b>	<b>CON TO</b>	<b>GRUPO Nº:</b> GROUP Nº:	<b>Grupo 1 o inferior</b>		
<b>ESPECIFICACIÓN:</b> SPECIFICATION:	<b>S355</b>		<b>ESPECIFICACIÓN:</b> SPECIFICATION:	<b>S235, S275 y S355</b>		
<b>GRADO:</b> GRADE:	<b>J2</b>		<b>GRADO: J0-J2</b> GRADE:			
<b>COMPOSICIÓN QUÍMICA:</b> CHEMICAL ANALYSIS:			<b>COMPOSICIÓN QUÍMICA:</b> CHEMICAL ANALYSIS:			
<b>CARACT. MECÁNICAS:</b> MECHANICAL PROPERTIES:			<b>CARACT. MECÁNICAS:</b> MECHANICAL PROPERTIES:			
<b>RANGOS CUALIFICADOS - QUALIFIED RANGES.</b>						
<b>METAL BASE (mm):</b> BASE METAL (mm):	<b>≥ 3mm</b>	<b>soldaduras a tope</b>	<b>GARGANTA:</b> THROAT:	<b>TODAS</b>		
<b>DIÁMETRO TUBERÍA (mm):</b> PIPE DIAMETER (mm):	<b>NA ≥ 500, ≥ 150 en PA Y PC</b>		<b>ÁNGULO DE RAMIFICACIÓN(°)</b> ANGLE (°)	<b>NA</b>		
<b>METALES DE APORTE - FILLER METALS.</b>						
<b>ESPECIFICACIÓN</b>	<b>CLASIFICACIÓN</b>	<b>DIMENSIONES CONSUMIBLES (mm)</b>	<b>METAL DEPOSITADO (mm)</b>	<b>CLASIFICACIÓN ALAMBRE-FUNDENTE (mm)</b>	<b>NOMBRE COMERCIAL FUNDENTE</b>	<b>INSERCIONES CONSUMIBLES</b>
<b>SPEC. Nº.</b>	<b>CLASSIFICATION</b>	<b>SIZE OF FILLER METALS</b>	<b>DEPOSITED WELD METAL</b>	<b>ELECTRODE-FLUX CLASS</b>	<b>FLUX TRADE NAME</b>	<b>CONSUMABLE INSERT</b>
<b>EN-ISO-14341A G3 D1</b>	<b>AWS E 7018-G</b>	<b>Ø12</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

Tabla 51. Caso práctico operador soldeo automático. Wps Procedimiento de soldeo 1/2.

WPS Nº: WPS135 /935556		REVISIÓN Nº: NA		Página 2 de 2 Sheet 2 of 2				
<b>POSICIONES - POSITIONS.</b>			<b>T. TÉRMICO POSTSOLDEO - POSTWELD H.T.</b>					
POSICIONES A TOPE: PE, PF POSITION(S) OF GROOVE		TEMP. MÁX. DE TRATAMIENTO (°C): NA MAX. TEMPERATURE TREATMENT (°C):						
PROGRESIÓN SOLDADURA: NA WELDING PROGRESSION		VELOCIDAD DE CALENTAMIENTO (°C/min): NA HEAT RATE (°C/min):						
POSICIONES EN ÁNGULO: NA POSITION(S) OF FILLET:		TIEMPO DE PERMANENCIA (min): NA HOLD TIME (min):						
		VELOCIDAD DE ENFRIAMIENTO (°C/min): NA COOL RATE (°C/min):						
<b>PRECALENTAMIENTO - PREHEAT.</b>			<b>GAS</b>					
			COMPOSICIÓN % PERCENT COMPOSITION					
TEMP. MIN. PRECALENTAMIENTO (°C): NA MIN. PREHEAT TEMPERATURE (°C):		GASES/RANGO DE MEZCLAS CAUDAL (l/min) 14-20 GASES/MIXTUR CORGON 15 NBMO+ FLOW RATE (l/min)						
TEMP. MÁX. ENTRE PASADAS (°C): 240°C MAX. INTERPASS TEMPERATURE (°C):		PROTECC.: SHIELDING						
MANTENIMIENTO PRECALENTAMIENTO: NA PREHEAT MAINTENANCE		ARRASTRE TRAILING:						
		RESPALDO: BACKING:						
<b>CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS - ELECTRICAL CHARACTERISTICS.</b>								
CORRIENTE: DC CURRENT AC OR DC:		RANGO INTESIDAD (A): 180-240 AMP. RANGE (A):		RANGO VOLTAJE (V): 26-30 VOLT RANGE (V):				
TAMAÑO Y TIPO DEL ELECTRODO DE WOLFRAMIO: NA TUNGSTEN ELECTRODE TYPE AND		TIPO DE TRANSFERENCIA EN 13: Arco spray MODEL OF METAL TRANSFER FOR 13:						
VELOCIDAD DE ALIMENTACIÓN DEL ALAMBRE (m/min): 2-10m/min ELECTRODE WIRE FEED SPEED RANGE								
<b>TÉCNICA - TECHNIQUE.</b>								
CORDÓN RECTO U OSCILANTE: RECTO STRING OR WAVE BEAD:		OSCILACIÓN: 0 OSCLATION:		MARTILLADO: NA PEENING:				
DIÁMETRO DE LA BOQUILLA (mm): 20 ORIFICE OR GAS CUP SIZE (mm):		LIMPIEZA INICIAL Y ENTRE PASADAS: CEPILLADO INITIAL AND INTERPASS CLEANING:						
MÉTODO DE SANEAR RAÍZ: NA METHOD OF BACK GOUGING:		DISTANCIA BOQUILLA-PIEZA(mm): NA CONTACT TUBE TO WORK DISTANCE (mm):						
PASADA ÚNICA O MÚLTIPLE (POR LADO): ÚNICA MULTIPLE OR SINGLE PASS (PER SIDE):		ELECTRODO ÚNICO O MÚLTIPLE: NA MULTIPLE OR SINGLE ELECTRODE						
OTROS: OTHER:								
<b>PASADAS - WELD LAYERS.</b>								
PASADAS	PROCESO	DIÁMETRO (mm)	VELOC. ALIM. ALAMBRE(m/min)	TIPO DE CORRIENTE	RANGO DE INTENSIDAD (A)	RANGO DE VOLTAJE (V)	RANGO VELOC. SOLDEO (cm/min)	APORTE TÉRMICO (KJ/cm)
WELD LAYERS	PROCESS	DIAMETER	WIRE FEED SPEED(m/min)	CURRENT TYPE	AMP. RANGE(A)	VOLT. RANGE(V)	TRAVEL SPEED RANGE	HEAT INPUT (KJ/cm)
1	135	1,2	1-12	DC	130-240	19-30	4 a 56	0,52-1,49
2 Y SUCESIVAS	135	1,2	1-12	DC	130-240	19-32	4 a 60	0,52-1,54
<b>FABRICANTE - MANUFACTURER</b>			<b>PERSONA U ORGANISMO EXAMINADOR - EXAMINER OR EXAMINING BODY</b>					
Comprobado por - Supervised by			Aprobado por - Approved by					
Fdo: Signed:			Fdo: Signed:					
Fecha /Date			Fecha /Date					

Tabla 52.Caso práctico operador soldeo automático. Wps Procedimiento de soldeo 2/2.

## ENSAYOS REALIZADOS:

## INSPECCIÓN VISUAL:

	<b>INSPECCIÓN VISUAL EN ENSAYO DE FRACTURA SOBRE MATERIALES METÁLICOS SOLDADOS</b>	Expediente
		O/1904872/1/01
	<b>UNE EN 1320, UNE EN ISO 17637</b>	Ref. Lab. 935556

PETICIONARIO	GRUPO P. FERRERAS
TRABAJO/OBRA:	HOMOLOGACIÓN DE SOLDADORES

SOLDADOR DE LA PROBETA	
D.N.I.	
PROCEDIMIENTO APLICADO	WPS135/935556
Nº PROBETA	935556

## Tipo de unión

Chapa	x
Tubo	
BW ( tope )	
FW ( ángulo )	x



t: 50mm

Longitud ensayada mm	Metal base	Metal aporte	Espesor mm	Proceso de soldeo
250	S355J2	AWS A5 18-05 E70S-6	50	P-135

Nº INFORME	O/1904872/1/01/2883-2
NORMATIVA DE EJECUCIÓN	UNE EN ISO 17637
NORMA DE CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO	UNE EN ISO 5817 grado B

## DATOS DEL ENSAYO

IMPERFECCIÓN DETECTADA	LOCALIZACIÓN	VALORACIÓN	
		ACEPTABLE	NO ACEPTABLE
SIN IMPERFECCIONES RELEVANTES		x	

 Fdo.  
 Jefe del Laboratorio

 Fdo.  
 Director Técnico

Página 1 de 1

Tabla 53. Caso práctico operador soldeo automático. Inspección visual y dimensional.

## INSPECCIÓN DE LÍQUIDOS PENETRANTES:

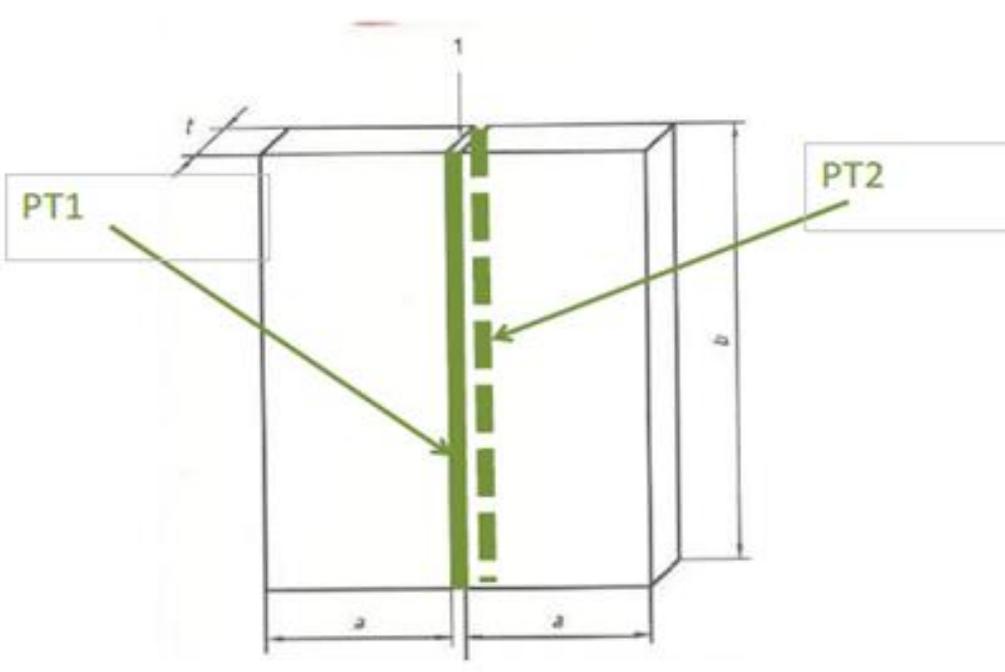
		<b>INSPECCIÓN DE SOLDADURA</b> <b>INSPECCION LÍQUIDOS PENETRANTES</b>		<b>Nº Inspección: 1</b>								
				<b>PT- 1 1/2</b>								
EXP.: O/1904872/1/0		OBRA: HOMOLOGACIÓN DE PROCED. DE SOLDEO P135 BW										
FECHA:		CLIENTE: CUBIERTAS Y MONTAJES P. FERRERAS										
<b>PRESENTES EN LA VISITA</b>			<b>ZONAS INSPECCIONADAS</b>									
<input type="checkbox"/> DIRECCIÓN OBRA:	Pieza: P. DE HOMO. PROCEDIMIENTO.											
<input type="checkbox"/> A.T.:	Bementos: P. DE HOMO. PROCEDIMIENTO.											
<input type="checkbox"/> CONSTRUCTORA:	Zona Inspeccionad: 100% CORDÓN + ZAT											
<b>TIPOS LÍQUIDOS EMPLEADOS</b>			<b>PROCESO DE SOLDEO</b>									
Nombre comercial:	Fabricante:	Lote:	<input checked="" type="checkbox"/> GMAW									
<input checked="" type="checkbox"/> Penetrante: 996 P	ARDROX		<input type="checkbox"/> SAW									
<input checked="" type="checkbox"/> Disolvente: 9PRS	ARDROX		<input type="checkbox"/> FCAW									
<input checked="" type="checkbox"/> Revelador: 9D1D	ARDROX		<input type="checkbox"/> Bedrodo revestido									
<input checked="" type="checkbox"/> Coloreado			<input type="checkbox"/> Otro:									
<input type="checkbox"/> Fluorescente												
<b>CONDICIONES DEL ENSAYO</b>			<b>NORMA EMPLEADA</b> ENSAYO 9/PROCEDIMIENTO-PT-CEM-1.0 V.02									
	<b>SI NO</b>		Norma: 3452-1									
Limpiado previo	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		<b>CONDICIONES DEL EXAMEN</b>									
Tiempo de secado: 5 min			Estado superficial:									
Tiempo de penetración: 15-20 min			<input checked="" type="checkbox"/> Bruta									
Tiempo de secado: 5 min			<input checked="" type="checkbox"/> Amolada									
Tiempo de revelado: 5 min			<input type="checkbox"/> Mecanizada									
Limpiado final	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>		Observaciones:									
Observaciones:												
<b>RESULTADOS DEL EXAMEN</b>												
Ensayo	Piezas	Soldador	Espesor (mm)	Longitud ensayo	Nº Indicaciones	Posición	Defecto	Nivel			Aceptable	
								1	2	3	SI	NO
PT1	HOM PROCE 9355556	IHP	50	350	0	PE	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
PT2	HOM PROCE 9355556	IHP	50	350	0	PE	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>CLASIFICACIÓN DE IMPERFECCIONES</b>												
A: Porosidad		G: Mala continuidad		D: Desbordamiento								
B: Mordeduras		H: Asimetría		E: Grieta								
C: Cráteres		I: Otro:		F: Falta de fusión								
<b>SE ADJUNTAN FOTOGRAFÍAS:</b>			SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	<b>COMUNICACIÓN INCIDENCIAS, FECHA</b> NO EXISTEN							
<b>LEYENDA</b>			<b>INSPECTOR</b>									
SI: Aceptable	NO:	NO aceptable										
 Zona de estudio	NP:	No Procede										
EDICIÓN: 03												

Tabla 54. Caso práctico operador soldeo automático. Inspección de líquidos penetrantes 1/2.

	<b>INSPECCIÓN DE SOLDADURA</b> <b>INSPECCION LÍQUIDOS PENETRANTES</b>	Nº Inspección	1
		PT-	1 2/2
EXP.: 01/864872/ 981	OBRA: HOMOLOGACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDEO P135		
FECHA:	CLIENTE: CUBIERTAS Y MONTAJES P. FERRERAS		
PRESENTES EN LA VISITA		ZONAS INSPECCIONADAS	
<input type="checkbox"/> DIRECCIÓN OBRA:	Peza:	P. DE HOMO.PROCEDIMIENTO.	
<input type="checkbox"/> A.T.:	Elementos:	P. DE HOMO.PROCEDIMIENTO.	
<input type="checkbox"/> CONSTRUCTORA:	Zona inspeccionada:		

ESQUEMAS Y CROQUIS



<b>LEYENDA</b>			
SE	Aceptable	NO:	NO aceptable
---	Zona de estudio	NP:	No Procede

EDICIÓN 03

Tabla 55. Caso práctico operador soldeo automático. Inspección de líquidos penetrantes 2/2.

EXAMEN ULTRASÓNICO:

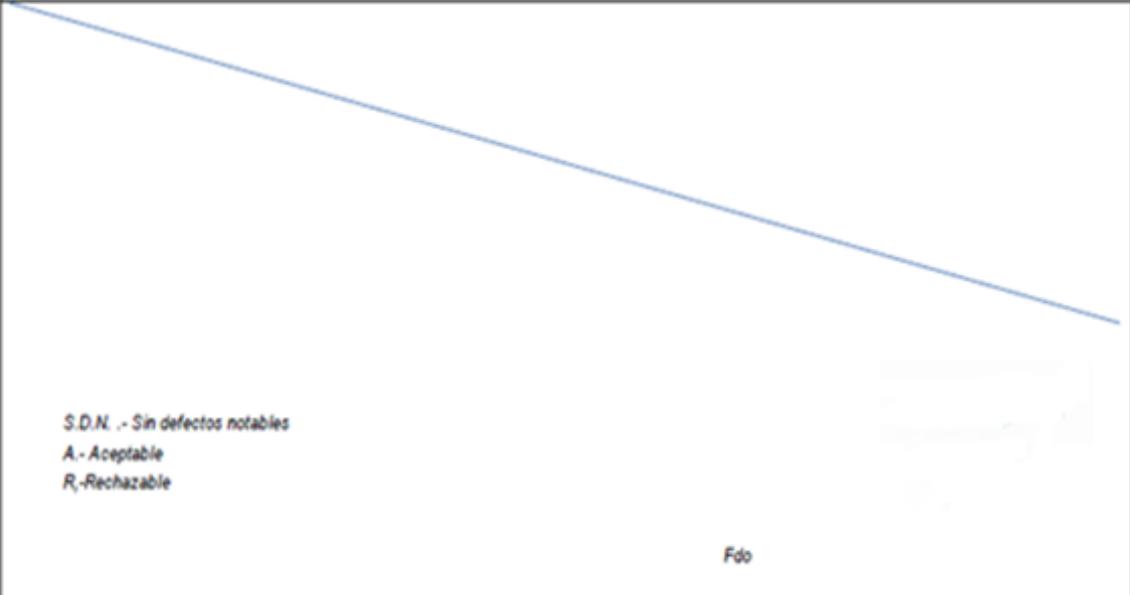
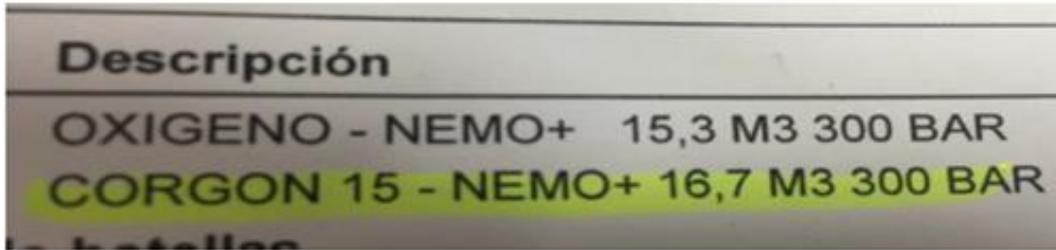
		<b>EXAMEN ULTRASÓNICO DE SOLDADURAS</b>				Informe Nº O/1904872/1/01 Hoja Nº 1/1 Fecha								
Expediente	O/1904872/1/01		Obra											
Petición	935556	Componente	CUPÓN ENSAYO		Soldadura A penetración completa									
Plano		Material	Acero S355 J2		Espesor 50mm									
Especificación	UNE EN 1714 y UNE EN 1712													
<b>MATERIAL DE EXAMEN</b>														
Equipo	USM 35	Nº Serie o Ref.:	W91F05C		Acoplante: Gel									
Palpadores	Angular													
Ref.:	56929-35838	Tipo:	MWB 70-4	Tamaño	8x9	mm.	Frecuencia: 4 Mhz							
Ref.:		Tipo:					mm.							
Ref.:		Tipo:					mm.							
Bloque de calibración:														
Identificación:	V1	Material:	Acero	Dimensiones varias	Taladros:	1,5 Ø mm	Entalla: mm.							
<b>DATOS DEL EXAMEN</b>														
<input checked="" type="checkbox"/>	Inicial	<input type="checkbox"/>	Después de reparar					<input checked="" type="checkbox"/>	Como soldada					
								<input type="checkbox"/>	Esmeriladas aguas					
								<input type="checkbox"/>	Esmerilado total					
								Soldadura verificada desde ambos lados.						
								e. 50mm						
<b>RESULTADOS</b>														
Componentes	nº de indicaciones	Angulo del palpador	Espesor	nº saltos	Decibelios			Discontinuidad				Evaluación		
					Nivel indic.	Nivel refer.	Factor atenua	Long	Rec. Real	Prof. desde la superficie	Distancia			
UT1 S001	0	70	50	1	-	40	-	-	-	-	-	X	Y	A
														
S.D.N. - Sin defectos notables A.- Aceptable R.-Rechazable														
Fdo														

Tabla 56. Caso práctico operador soldeo automático. Examen ultrasónico de soldaduras.

MATERIALES Y CONSUMIBLES:



71%

### Informe de Ensayo

**Producto** SupraMIG HD  
**Tamaño (mm)** 1,2 x 250 Kg Acetate Drum  
**Item No.** 165HD12200DFM  
**Lot** E1MG200020  
**Línea producto** 0610  
**Clasificación** AWS A5.18 ER60S 6 ER60S 6  
 ISO14181-A:0404M21391/04240130

**Pedido Cliente** 58  
**Nuestra Orden** B14128021  
**Cantidad** 1000,0 KG  
**Cliente**  
 PLAZA DEL OLIVO Nº 45 NAVE 2  
 LA GISTERNIGA 47193  
 España



C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	V	Al	Fe	Ti+Zr
0.081	0.06	1.18	0.011	0.007	0.04	0.02	0.01	0.02	<0.01	<0.01	0.097	0.008

Tensile testing				Impact testing	
Temp. °C	Rel. MPa	Rm MPa	AS %	Temp. °C	KV J
0	502	574	28	-40	103

**Observaciones**

El producto arriba mencionado ha sido fabricado, controlado y suministrado en cumplimiento con el Sistema de aseguramiento de Calidad certificado según ISO 9001.

**Compañía**  
 Lincoln Electric UK Limited  
 Marshfield Road  
 526 205 Aston, Sharnford  
 United Kingdom

**Impreso por**  
 Por  
 Cargo  
 Fecha

**Cert. número**  
 01017472







## WPQR UNE-EN ISO 15614-1.

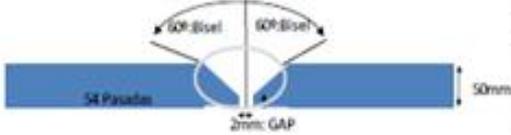
REGISTRO DE CUALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDEO WELDING PROCEDURE APPROVAL RECORD UNE-EN-ISO 15614-2: 2018				Página 1 de 4  Sheet 1 of 4																									
REGISTRO DE CUALIFICACIÓN Nº: WPQR135/935556 PROCEDURE QUALIFICATION RECORD Nº:		FECHA: DATE																											
COMPañÍA: GRUPO P. FERRERAS, S.L. COMPANY NAME:		WPS SOPORTADO: WPS135/935556																											
PROCESO(S) DE SOLDEO Y TIPOS: WELDING PROCESS(ES) AND TYPE(S):		P135 Nivel 2 BW 1 50mm																											
UNION - JOINT.		<table border="1"> <thead> <tr> <th>PASADA LAYER</th> <th>DIAM. (mm)</th> <th>AMP. (A)</th> <th>VOLTS. (V)</th> <th>APORTE TERMICO HEAT INPUT (J/mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>1,2</td> <td>130-240</td> <td>19-30</td> <td>0,52-1,49</td> </tr> <tr> <td>2 Y SUCES</td> <td>1,2</td> <td>130-240</td> <td>19-32</td> <td>0,52-1,54</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			PASADA LAYER	DIAM. (mm)	AMP. (A)	VOLTS. (V)	APORTE TERMICO HEAT INPUT (J/mm)	1	1,2	130-240	19-30	0,52-1,49	2 Y SUCES	1,2	130-240	19-32	0,52-1,54										
PASADA LAYER	DIAM. (mm)	AMP. (A)	VOLTS. (V)	APORTE TERMICO HEAT INPUT (J/mm)																									
1	1,2	130-240	19-30	0,52-1,49																									
2 Y SUCES	1,2	130-240	19-32	0,52-1,54																									
																													
<b>METALES BASE - BASE METALS.</b> GRUPO Nº: 1,3 GROUP Nº: ESPECIFICACIÓN: S355 SPECIFICATION: GRADO: J2 GRADE: ESPESOR DEL CUPÓN: 50mm THICKNESS OF TEST COUPON: GARGANTA: 50mm THROAT:		<b>CUALIFICA-QUALIFIED</b> GRUPO Nº: 1, 1, 1, 2, 1, 3 GROUP Nº: ESPECIFICACIÓN: S235, S275, S355 SPECIFICATION: GRADO: J2 e inf. GRADE: ESPESOR CUALIFICADO: ≥3mm THICKNESS QUALIFIED: ÁNGULO: NA ANGLE:																											
<b>METALES DE APORTE - FILLER METALS.</b>																													
ESPECIFICACIÓN: EN-ISO-14341-A SPECIFICATION:	CLASIFICACIÓN AW 5.18:ER70S-6 CLASSIFICATION:	DIMENSIONES CONSUMIBLES (mm) Ø 1,2 SIZE OF FILLER METALS:	METAL DEPOSITADO (mm) 50mm DEPOSITED WELD METAL:																										
<b>PRECALENTAMIENTO - PREHEAT.</b> TEMPERATURA PRECALENTAMIENTO (°C): NA PRE-HEAT TEMPERATURE (°C): TEMP. ENTRE PASADAS (°C): 240°C INTERPASS TEMPERATURE (°C): MANTENIMIENTO PRECALENTAMIENTO: NA PRE-HEAT MAINTENANCE:		<b>T.T. POSTSOLDEO - POSTWELD H.T.</b> TEMPERATURA (°C): NA TEMPERATURE (°C): TIEMPO (min.): NA TIME (min.): OTROS: NA OTHER:																											
<b>POSICIÓN - POSITION.</b> POSICIÓN: PE, PF POSITION: PROGRESIÓN: - PROGRESSION: OTROS: - OTHER:		<b>GAS - GAS.</b> COMPOSICIÓN % PERCENT COMPOSITION GASES / RANGO DE MEZCLAS AR+CO2 CAUDAL (l/min) 14L/min GASES / MIXTURE RANGE FLOW RATE (l/min) PROTEC.: NA SHIELDING: ARRASTRE: NA TRAILING: RESPALDO: NA BACKING:																											

Tabla 57. Caso práctico operador soldeo automático. Registro de cualificación de procedimiento de soldeo 1/4.

WPAR Nº: WPQR135 /935556		Página 2 de 4 Sheet 2 of 4						
<b>TÉCNICA - TECHNIQUE.</b>								
CORDÓN RECTO U OSCILANTE:		RECTO						
STRING OR WAVV BEAD:								
OSCILACIÓN:	0	PASADA SIMPLE O MÚLTIPLE (POR LADO):	MÚLTIPLE					
OSCILATION:		MULTIPLE OR SIMPLE PASS (PER SIDE):						
ELECTRODO ÚNICO O MÚLTIPLE:		UNICO						
MULTIPLE OR SINGLE ELECTRODES:								
OTROS:		NA						
OTHER:								
<b>ENSAYO DE TRACCIÓN - TENSILE TEST.</b>								
PROBETA Nº SPECIMEN Nº	ANCHURA (mm) WIDTH	ESPESOR (mm) THICKNESS	AREA (mm <sup>2</sup> ) AREA	ALARGAMIENTO %	TENSIÓN ROT.(N/mm <sup>2</sup> ) ULTIMATE UNIT STRESS	Localización Rotura Fracture Location		
935556-1	-	3	300	37,2	399,2	Fuera de la soldadura		
935556-2	-	3	300	36,9	421,0	Fuera de la soldadura		
<b>ENSAYO DE DOBLADO - GUIDED BEND TEST.</b>								
PROBETA Nº SPECIMEN Nº		ÁNGULO DE DOBLADO BEND ANGLE	ALARGAMIENTO ELONGATION	RESULTADO RESULT				
933556-3	CARA	180	-	ACEPTABLE				
933556-4	CARA	180	-	ACEPTABLE				
933556-5	RAIZ	180	-	ACEPTABLE				
933556-6	RAIZ	180	-	ACEPTABLE				
<b>ENSAYO DE RESILIENCIA - TOUGHNESS TEST.</b>								
PROBETA Nº SPECIMEN Nº	LOCALIZACIÓN ENTALLA NOTCH LOCALIZATION	TPO ENTALLA NOTCH TYPE	TEMPERATURA ENSAYO TEST TEMPERATURE	VALORES IMPACTO IMPACT VALUE	MEDIA AVERAGE	OTROS OTHER		
Solo en probetas de t ≥ 5mm.								
<b>ANÁLISIS QUÍMICO - CHEMICAL ANALYSIS.</b>								
PROBETA Nº SPECIMEN Nº	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo

Tabla 58. Caso práctico operador soldeo automático. Registro de cualificación de procedimiento de soldeo 2/4.

WPAR N°: WPQR135/935556 Página 3 de 4  
Sheet 3 of 4

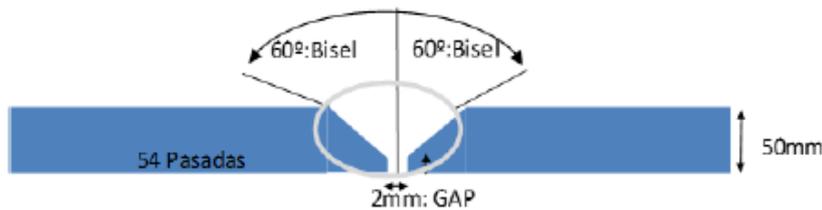
**ENSAYO DE DUREZA - HARDNESS TEST.**

PUNTO - POINT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
LINEA SUPERIOR															
LINEA INFERIOR															

OTROS:  
OTHER:



**GRAFICO - SKETCH.**



**ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS - NON DESTRUCTIVE TESTS.**

	N° INFORME / INFORM N°	RESULTADO / RESULT
INSPECCIÓN VISUAL: VISUAL EXAMINATION:	933556 VT	ACEPTABLE
ENSAYO RADIOGRÁFICO: RADIOGRAPHIC TESTING:	N.R.	N.R.
ENSAYO POR ULTRASONIDOS: ULTRASONIC TESTING:	935556 UT	ACEPTABLE
ENSAYO POR LÍQUIDOS PENETRANTES: PENETRANT TESTING:	935556 PT	ACEPTABLE
ENSAYO POR PARTÍCULAS MAGNÉTICAS: MAGNETIC PARTICLE TESTING:	N.R.	N.R.

Tabla 59. Caso práctico operador soldeo automático. Registro de cualificación de procedimiento de soldeo 3/4.

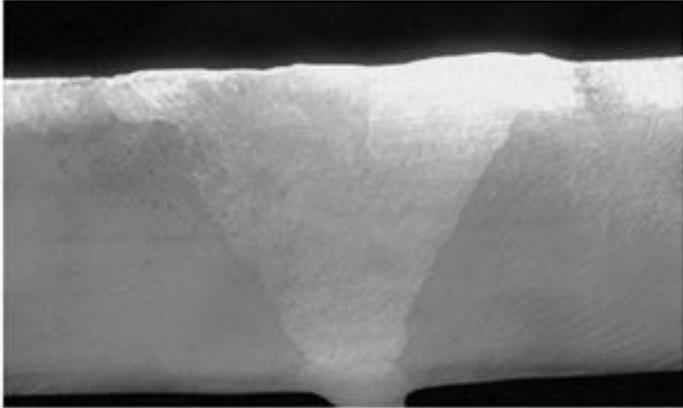
<b>WPAR Nº:</b>	WPQR135/935556	<b>Página 4 de 4</b> Sheet 4 of 4
<b>EXAMEN MACROGRÁFICO - MACRO EXAMINATION TEST.</b>		
		
<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px;">Ref. 935556</div>		
<b>OTROS ENSAYOS - OTHER TESTS.</b>		
<b>TIPO DE ENSAYO:</b> TYPE OF TEST:  <b>ANÁLISIS DEL DEPÓSITO:</b> DEPOSIT ANALYSIS:  <b>OTROS:</b> OTHER:		
<b>DATOS GENERALES DEL ENSAYO - TEST INFORMATION.</b>		
<b>SOLDADOR:</b> WELDER'S NAME:  <b>NÚMERO DEL SOLDADOR:</b> WELDER'S NUMBER:  <b>ENSAYOS DIRIGIDOS POR:</b> TEST CONDUCTED BY:  <b>LABORATORIO:</b> LABORATORY:  <b>FABRICANTE:</b> GRUPO P. FERRERAS, S.L. MANUFACTURER:  <b>FECHA:</b> DATE:		
Certificamos que los datos de este informe son correctos y que las pruebas efectuadas fueron preparadas y llevadas a cabo según el apartado 7 de la norma EN-ISO 15614-1: 2018 indicada anteriormente. We certify that the data of this report are correct and that the test performed were prepared and carried out in accordance with paragraph 7 of EN-ISO 15614-1: 2018 standard previously indicated.		
<b>FABRICANTE - MANUFACTURER</b>	<b>PERSONA U ORGANISMO EXAMINADOR - EXAMINER OR EXAMINING BODY</b>	
<b>CUBIERTAS Y MONTAJES P. FERRERAS, S.L.</b>   Fdo.: Signed: Fecha: Date:	Corroborado por - Supervised by   Fdo.: Signed:	Aprobado por - Approved by Nombre: Name:  Fdo.: Signed:

Tabla 60. Caso práctico operador soldeo automático. Registro de cualificación de procedimiento de soldeo 4/4.

## CERTIFICADO DEL SOLDADOR SEGÚN NORMA UNE-EN ISO 15614-1

<b>CERTIFICADO DE CUALIFICACIÓN DE SOLDADOR</b> TEST REPORT FOR WELDERS QUALIFICATION CERTIFICATE <b>UNE-EN-ISO 9606-1 2017</b>			Página 1 de 2 Sheet 1 of 2
<b>DESIGNACIÓN: UNE EN ISO 9606-1 138 N2 BW</b> DESIGNATION:			
<b>INFORME Nº 935556</b> REPORT Nº:			
<b>IDENTIFICACIÓN / IDENTIFICATION</b>			
<b>NOMBRE DEL SOLDADOR:</b> WELDER'S NAME			
<b>Nº DE IDENTIFICACIÓN:</b> WELDER'S IDENTIFICATION:			
<b>FECHA DE NACIMIENTO:</b> DAY OF BIRTH:		<b>LUGAR DE NACIMIENTO:</b> PLACE OF BIRTH:	
<b>EMPRESA:</b> EMPLOYER:		GRUPO P. FERRERAS S.L.	
<b>NORMA DE ENSAYO / CÓDIGO:</b> UNE EN ISO 9606-1 CODE / TESTING STANDARD:		<b>EVALUACIÓN DE CONOCIMIENTOS:</b> N/E JOB KNOWLEDGE:	
<b>ESPECIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDEO DEL FABRICANTE Nº:</b> WPQR135/935556 MANUFACTURER'S WELDING PROCEDURE SPECIFICATION Nº:			
<b>NORMA DE ENSAYO / CÓDIGO:</b> EN ISO 15614-1/2018 CODE / TESTING STANDARD:			
<b>CONDICIONES DE LA PRUEBA / TEST CONDITIONS</b>			
<b>VARIABLES / VARIABLES</b>	<b>DETALLES DE LA PRUEBA</b> TEST DETAILS	<b>RANGO CUALIFICADO</b> RANGE QUALIFIED	
<b>PROCESO DE SOLDEO</b> WELDING PROCESS	P135	P135,P138	
<b>CHAPA (P) O TUBO (T)</b> PLATE (P) OR PIPE (T)	Chapa (P)	Chapa (P) Tubo*	
<b>TIPO UNIÓN: A TOPE (BW) / EN ÁNGULO (FW)</b> JOINT TYPE: BUTT WELD (BW) / FILLET WELD (FW)	A TOPE (BW)	A TOPE (BW)	
<b>POSICIÓN DE SOLDEO</b> WELDING POSITION	FE,FF	TODAS excepto PG, PU y J-L045	
<b>GRUPO METAL DE APORTE / DESIGNACIÓN</b> FILLER METAL GROUP(S) / DESIGNATION	ER70S-6 AWS A5.18	S,M	
<b>GRUPO(S) DE METAL(ES) BASE</b> PARENT METAL GROUP(S)	1.3	grupo 1 e inferiores	
<b>GASES DE PROTECCIÓN</b> SHIELDING GASES	ISO 14175 M2O	ISO 14175 M2O	
<b>ELEMENTOS AUXILIARES</b> AUXILIARY ELEMENTS	---	---	
<b>ESPESOR DEL CUPÓN DE PRUEBA (t) / MAT. DEPOSITADO (S)</b> TEST PIECE THICKNESS (t) / DEPOSITED MATERIAL (S)	50mm	≥3mm	
<b>DIÁMETRO EXTERIOR DEL TUBO (D)</b> PIPE OUTSIDE DIAMETER (D)	NA	≤500 ≤150PC,PE(rot),PA(rot)	
<b>DETALLE DE SOLDADURA</b> DETAIL OF WELDING	ss,nb	ss,nb	
<b>CAPA MULTIPLE(ml) / CAPA UNICA (sl)</b> MULTIPLE LAYER (ml) / SINGLE LAYER	ml	ml	
<b>TIPO DE CORRIENTE Y POLARIDAD (AC/DC)</b> TYPE OF CURRENT AND POLARITY	DC	DC	
<b>MODO DE TRANSFERENCIA</b> TRANSFER MODE	ARCO SPRAY	ARCO SPRAY	

Tabla 61. Caso práctico operador soldeo automático. Certificado del soldador 1/2.

INFORME Nº: REPORT Nº:		935556	Página 2 de 2 Sheet 2 of 2	
<b>ENSAYOS EFECTUADOS / TEST PERFORMED</b>				
CUPÓN DE PRUEBA O PROBETA Nº TEST PCE OR TEST SPECIMEN Nº	Nº DEL CERTIFICADO DE ENSAYO TEST CERTIFICATE Nº	TIPO DE ENSAYO TYPE OF TEST	RESULTADOS DEL ENSAYO TEST RESULT	OBSERVACIONES REMARKS
935556-1	935556	VT, PT	ACEPTABLE	HOMOLOGACIÓN DE SOLDADOR SATISFACTORIA
935556-1	935556-1	ROTURA	ACEPTABLE	
935556-2	935556-2	ROTURA	ACEPTABLE	
<b>ENSAYO DE DOBLADO - GUIDED BEND TEST.</b>				
PROBETA Nº SPECIMEN Nº	ÁNGULO DE DOBLADO BEND ANGLE	ALARGAMIENTO ELONGATION	RESULTADO RESULT	
935556-3	180		ACEPTABLE	
935556-4	180		ACEPTABLE	
935556-5	180		ACEPTABLE	
935556-6	180		ACEPTABLE	
<b>LABORATORIO DE ENSAYOS - TESTS LABORATORY</b>		<b>FECHA DE EMISIÓN</b>		<b>VÁLIDO HASTA</b>
CEMOSA		DATE OF ISSUE		VALID UNTIL:
<p>Certificamos que los datos de este informe son correctos y que las pruebas efectuadas fueron preparadas y llevadas a cabo según la norma UNE-EN-ISO 9606-1-2017 indicada anteriormente.</p> <p>We certify that the data of this report are correct and that the test performed and carried out in accordance with UNE-EN-ISO 9606-1-2017 standard previously indicated.</p>				
<b>FABRICANTE - MANUFACTURER</b>		<b>PERSONA U ORGANISMO EXAMINADOR - EXAMINER OR EXAMINING BODY</b>		
		Comprobado por - Supervised by Aprobado por - Approved by Nombre: Name: Fdo.: Signed: Fecha: Date:		
Fdo.: Signed: Fecha: Date:		Fdo.: Signed: Fecha: Date:		
<b>RENOVACIÓN DE LA CUALIFICACIÓN POR LA EMPRESA O POR SU COORDINADOR PARA LOS 6 MESES SIGUIENTES</b> PROLONGATION FOR APPROVAL BY EMPLOYER / COORDINATOR FOR THE FOLLOWING 6 MONTHS FECHA / FIRMA / CARGO - DATE / SIGNATURE / POSITION		<b>RENOVACIÓN DE LA CUALIFICACIÓN POR EL ORGANISMO EXAMINADOR PARA LOS TRES AÑOS SIGUIENTES</b> PROLONGATION FOR APPROVAL BY TEST BODY FOR THE FOLLOWING 3 YEARS FECHA / FIRMA / CARGO - DATE / SIGNATURE / POSITION		

Tabla 62. Caso práctico operador soldeo automático. Certificado soldador 2/2.

---

## ANEXO I: LISTADO DE ACRONIMOS:

ANSI: Instituto nacional estandarizaciones americanas.

AWS: Sociedad americana de soldadura.

CA: Corriente alterna.

CC: Corriente continua.

CW: Soldadura en frio.

D: Diámetro.

EBW: Soldadura de haces de alta energía.

ED: Ensayo destructivo.

EN: Norma Europea.

END: Ensayo no destructivo.

EWS: Soldadura por electro escoria.

EXW: Soldadura por explosión.

FW: Soldadura por fricción.

GMAW: Soldadura a gas y arco metálico.

GTAW: Arco eléctrico con electrodo de tungsteno.

HPW: Soldadura por presión en caliente.

ISO: Organización internacional de estandarización.

LBW: Soldadura por laser.

MAG: Metal gas activo.

MIG: Metal gas inerte.

PAW: Soldadura por arco de plasma.

PT: Detección de fisuras superficiales.

PWHT: Tratamiento térmico post-soldeo.

pWPS: Especificación del procedimiento de soldeo preliminar.

RX: Examen radiográfico.

S.D.N: Sin defectos notables.

SAW: Arco sumergido con electrodo continuo.

SMAW: Arco manual con electrodo revestido.

SWPS: Especificaciones de procedimientos de soldadura estándar.

t: espesor material.

TIG: Arco eléctrico con electrodo de tungsteno.

UNE: Una Norma Española.

VT: Inspección visual.

WPQ: Homologación procedimiento de soldadura.

WPQR: Registro de calificación del rendimiento del soldador.

WPS: Especificación del proceso de soldeo.

ZAT: Zona afectada térmicamente.

