

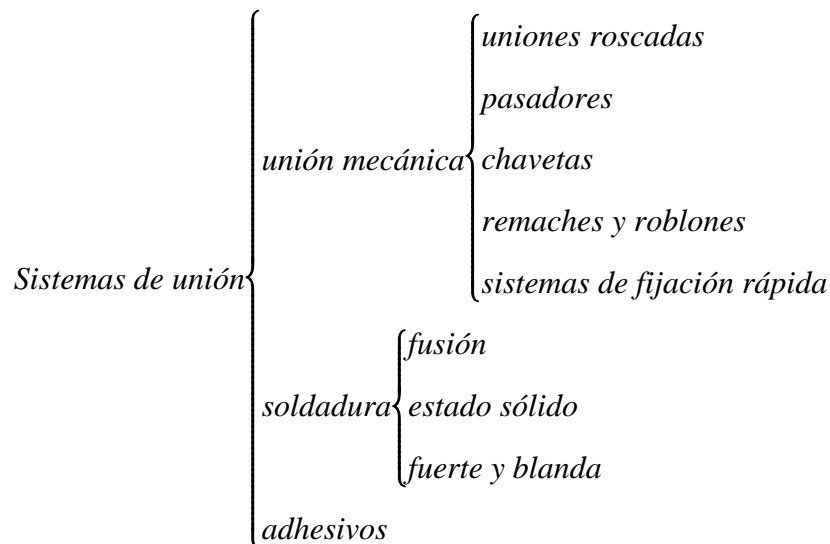
TEMA 19

INTRODUCCIÓN A LA SOLDADURA. SOLDADURA HETEROGÉNEA

Introducción.

Las técnicas de unión engloban los diferentes procedimientos que permiten realizar la fijación de partes que han de someterse a unas condiciones de trabajo o carga comunes.

Los sistemas de unión se pueden clasificar atendiendo a su carácter, en permanentes o desmontables, y en base al método de unión en:



A lo largo de este capítulo se van a desarrollar las características fundamentales de las técnicas de unión por soldadura.

Por soldadura se entiende una unión continua y homogénea, a nivel local o global, de materiales con o sin aplicación directa de calor, y con o sin la adición de material de aportación.

La soldadura empezó siendo un valioso procedimiento para la reparación de piezas rotas, pero actualmente tiene más importancia la soldadura como procedimiento constructivo.

Modernamente se utiliza mucho la soldadura para la formación de piezas que antes se obtenían forjadas, como, por ejemplo, los bastidores de tronzadoras, de sierras contorneadoras, de prensas plegadoras, de cizallas guillotinas, etc.. cuyas piezas principales se cortan por oxycorte de palastros o chapas y después se unen por soldadura, formando conjuntos muy robustos, con

uniones realizadas con mayor rapidez, economía y garantía que si fuesen roblonadas.

Como técnica de unión presenta una serie de ventajas e inconvenientes frente a las uniones atornilladas o roblonadas:

<u>Ventajas</u>	<u>Inconvenientes</u>
- Simplicidad de diseño	- Selección de materiales acertada
- Reducción de peso	- Seguridad del proyecto
- Rapidez de ejecución	- Aplicación correcta
- Economía de material	- Riguroso control de operarios y de obra
- Facilidad de reaparición	- No desmontable

Clases de soldadura.

Una clasificación de los tipos de soldadura es el siguiente:

	Fuerte. > 500°C	
Heterogénea		
	Blanda. < 400-500°C	
Soldaduras		
	Con fusión	Química..... Oxigas
Homogénea		Eléctrica..... Arco
		Resistencia
	Sin fusión	Forja
		Presión
		Explosión

Los procedimientos actualmente conocidos para la soldadura de metales pueden clasificarse en: *heterogéneas* y *homogéneas*.

Las soldaduras heterogéneas son las que se efectúan entre materiales de distinta naturaleza, con o sin metal de aportación. O bien cuando los metales unidos son iguales, pero distinto el metal de aportación.

La soldadura se realiza mediante la aportación de un material cuyo punto de fusión es inferior al del metal base. La soldadura fundida penetra entre las superficies a soldar por acción capilar siempre que su distancia se conserve por debajo de ciertos límites. Pueden unirse aceros, fundiciones, metales y aleaciones no férricas, y metales y aleaciones heterogéneas. Se disponen gran número de aleaciones (temperatura de fusión entre 100 y 1100°C). Dentro de las soldaduras heterogéneas vamos a estudiar las denominadas Fuerte-Blanda.

Soldadura fuerte.

Es, junto a la forja, el método más antiguo de unión. En la prehistoria se utilizó con oro en aleaciones oro-plata y oro-cobre-plata como metales de aportación. Estas aleaciones tienen un punto de fusión mayor de 450°C (Au 1063°C-Ag 961°C-Cu 1083°C). Más adelante se realizaron aleaciones de Cu-Zn resistentes y posteriormente aleaciones de Ag, Al y aleaciones para soldaduras de metales con piezas cerámicas.

Procedimiento:

- a) Se limpian las superficies a unir (óxidos, grasas, pinturas) por métodos mecánicos o químicos.
- b) Se deposita fundente sobre ellas.
- c) Se calienta el fundente hasta que empieza a fluir sobre el metal.
- d) En un punto de la unión se funde la varilla de aportación.

La atracción entre metal base y el de aportación es mayor que la que existe entre el fundente y el metal base, lo que implica que el fundente es expulsado hacia el exterior del metal líquido. Después del enfriamiento el fundente solidificado queda en la zona exterior de la unión.

La soldadura se realiza con menor separación, implicando una baja viscosidad, muy importante para tener buena capilaridad. La unión se produce por adherencia del metal líquido al base y una pequeña difusión dentro de este.

Si la difusión es alta se produce fragilidad, cambios estructurales, cambios de características químicas y mecánicas, por lo que se utilizan varillas con bajo punto de fusión y a gran velocidad de soldadura. La resistencia mecánica de las uniones varía con la presencia de defectos, de las inclusiones del fundente y con la separación entre las piezas a soldar. Se ha demostrado que la resistencia del metal aportado suele ser generalmente menor a la del metal base.

Fundentes. Son sustancias cuya misión es:

- Fundir a temperatura inferior a la de la soldadura.
- Disolver la película de óxido o combinarse con ella para dar escoria.
- Recubrir la superficie metálica para evitar que vuelva a oxidarse.
- Dejarse desplazar fácilmente por la soldadura fundida.
- El residuo no debe ser corrosivo ni higroscópico.

Cada mezcla, según su composición, actúa sobre un grupo específico de aleaciones. Ej.: Ácido bórico, boratos, silicatos, cloruros, fluoruros, etc.

Tipos de uniones.

A solape. Es la que más se utiliza porque da mejores resultados, proporcionando una mayor estanqueidad y resistencia.

A tope. Se utilizan cuando no se puede a solape (no puede aumentarse el espesor de la unión). La sección a tope es igual a la de la pieza más fina. Para aumentar la sección se inclina la soldadura.

Clases de soldadura Fuerte.

- Soldadura fuerte amarilla. Emplea Cu o aleaciones de este elemento (Cu-Zn) alcanzando temperaturas entre 650 y 950°C. El metal de aportación se presenta en forma de varillas. En las aleaciones de Cu-P, éste, se volatiliza y actúa como desoxidante. El P no debe usarse en soldaduras de Fe y N, ya que forma fosfuros y fragiliza.

- Soldadura con plata. Se debe tener muy en cuenta la separación entre superficies a unir (máxima resistencia en $s = 0,03-0,05$ mm)

Aplicaciones.

- Unión entre metales y aleaciones de composiciones diferentes (Ej. Widia y acero).
- Recargar pieza desgastada.
- Reparaciones de defectos en piezas fundidas (grietas, poros) o en piezas rotas.

Procedimientos para realizar la soldadura fuerte según la forma de calentamiento:

- Con soplete (Oxiacetileno).
- En hornos.
- Por inducción.
- Por inmersión.
- Por resistencia.

Soldadura blanda.

El metal de aportación empleado tiene un punto de fusión menor a 450°C. El procedimiento es similar al de la soldadura fuerte, pero tiene algunos inconvenientes, como son:

- Su resistencia mecánica es generalmente inferior a la de los metales soldados.
- La presencia de metales de distinto potencial galvánico en la soldadura, juntamente con la humedad, puede dar lugar a pilas de corrosión, que producen primero una coloración oscura en la zona de la soldadura, hasta que a la larga queda destruida.

La soldadura blanda se emplea principalmente para la soldadura de piezas de cinc, estaño, hojalata y el cobre y sus aleaciones.

Prácticamente no se emplea para soldadura de metales férreos.

El metal de aportación se presenta en varillas con o sin el fundente incorporado.

Las aleaciones más usadas son Sn-Pb (el Sn facilita el mojado y el Pb baja el punto de fusión). También se pueden utilizar Sb, Ag, Zn, Cd, Al y Bi.

Aplicaciones. Debido a su baja resistencia mecánica su uso se limita a asegurar estanqueidades en recipientes y para establecer buenos contactos en conexiones eléctricas. Ha encontrado una buena aplicación en electrónica (soldadura de circuitos impresos).

Tipos de procedimientos con soldadura blanda.

- Soldadura de Cu.
- Con lámpara o pistola.
- Por inmersión, etc.

Soldadura homogénea.

Las soldaduras homogéneas son las que tanto los materiales que se sueldan como el metal de aportación son de la misma naturaleza. Si las soldaduras se efectúan sin metal de aportación, se denominan *autógenas*.

Dentro de las soldaduras homogéneas podemos distinguir dos tipos; la soldadura por fusión y la soldadura sin fusión.

Soldadura por fusión:

Son procedimientos en los cuales la unión de los metales se efectúa a temperatura superior a la de líquido del metal base y del de aportación. Se caracteriza , pues, por la presencia de una fase líquida, consecuencia de la fusión del metal base y del de aportación (cuando se utiliza este).

Soldadura sin fusión:

Se caracteriza por la ausencia de fase líquida. La energía calorífica se emplea para aumentar la temperatura, no para fundir. La unión metalúrgica se obtiene por las fuerzas de atracción interatómica, por tanto no es una pegadura (adhesivos) sino soldadura. Consiste en producir una deformación entre las superficies a soldar, suficiente para obtener la unión (rompiendo la capa superficial). según la forma de aplicación de la energía se obtienen los diferentes tipos ya citados en el esquema; forja, presión, explosión, etc.

Preparaciones de soldeo.

Consisten en dar forma apropiada a los bordes a unir. Son función de:

- Espesor a unir
- Metal a soldar
- Forma y dimensiones de las piezas
- Elementos disponibles de trabajo
- Cualidades requeridas a la unión
- Métodos de soldadura
- Posición de soldeo

La preparación de bordes tiene una gran importancia en el comportamiento mecánico de la unión puesto que un mal diseño o ejecución puede originar tensiones de trabajo no deseables. El otro factor que podemos considerar también es la importancia económica de la preparación tanto por el tiempo a emplear, como por el consumo de materiales.

Este tipo de preparaciones se pueden realizar tanto mediante técnicas de oxicorte como de mecanizado.

Podemos clasificarlas en uniones a tope y uniones en ángulo, y dentro de cada una de ellas considerar las siguientes geometrías:

Uniones a tope:

- Bordes rectos

- Disposición más sencilla.
- Sólo para espesores pequeños (8 mm.).
- Separación del orden de 0,5 a 3 mm.
- Con Arco Sumergido puede llegarse a es pesores mayores.

- Bordes en V

- En espesores desde 6 a 20 mm.
- Peligro de falta de penetración en el cordón de raíz.
- Disposición asimétrica.

- Bordes en X o en doble V

- Disposición simétrica.
- Espesores hasta 40 mm.
- Economiza el material de aportación.

- Bordes en U

- Difícil de elaborar.
- Uso para grandes espesores.

- Bordes en doble U

- Espesores mayores

Uniones en ángulo:

Pueden no requerir preparación o bien considerar la simple, en J o en K, dependiendo del valor de los espesores de las piezas a unir.

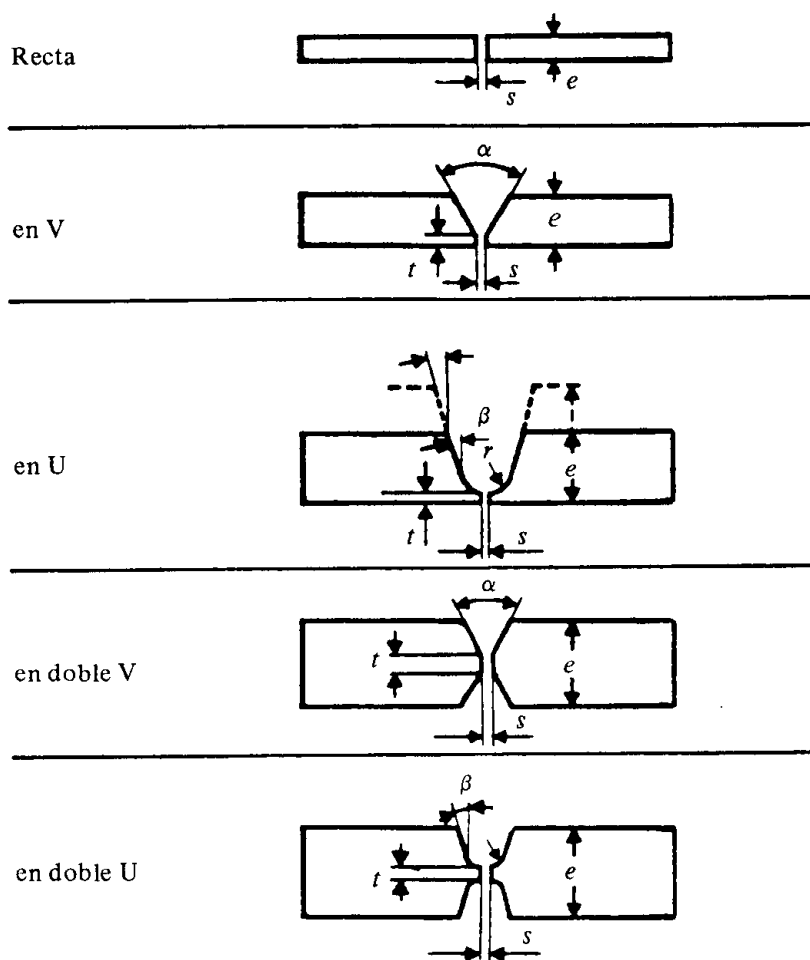
Posiciones de soldeo.

Por posición de soldeo se entiende la situación espacial de los bordes que se van a unir, ya que dicha posición va a influir decisivamente en la facilidad o dificultad con que se va a realizar el cordón de soldadura y, por ello, la mayor o menor capacidad mecánica de la unión, en función del procedimiento empleado.

Al igual que en el caso de las preparaciones, se pueden las posiciones se pueden clasificar entre a tope (o chaflán) y en ángulo, y dentro de cada una de ellas, entre en posición plana, horizontal (o cornisa), vertical y en techo.

Soldadura a tope:

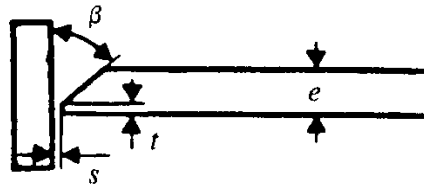
UNIONES A TOPE



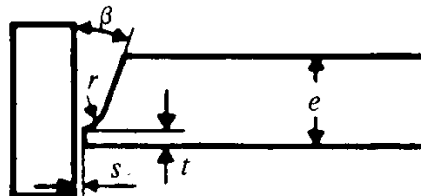
Soldadura en ángulo:

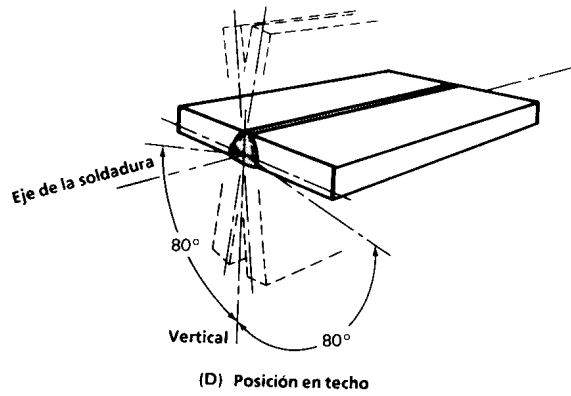
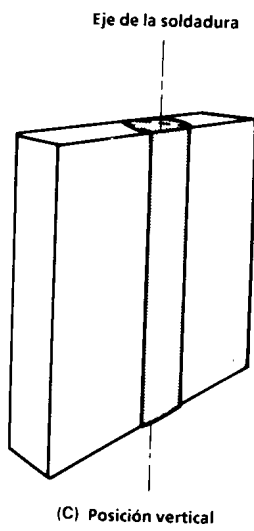
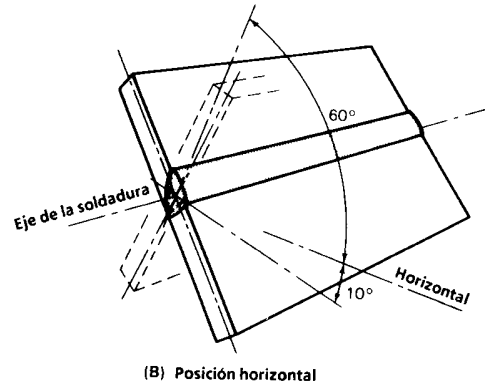
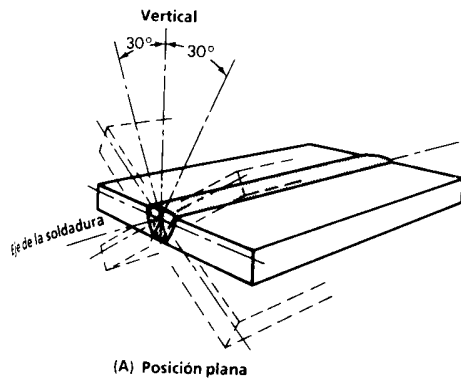
UNIONES EN ANGULO

simple

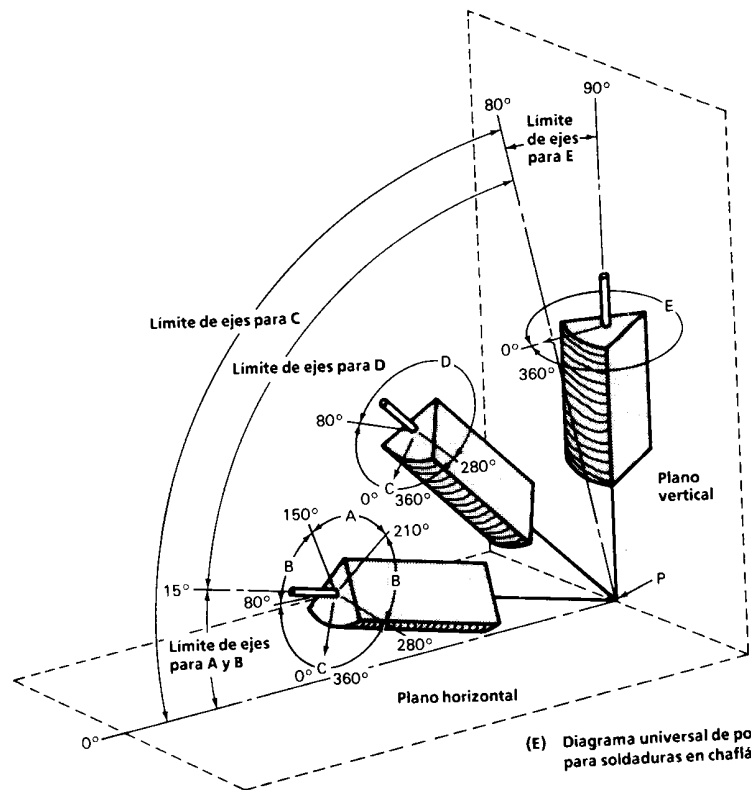


en J

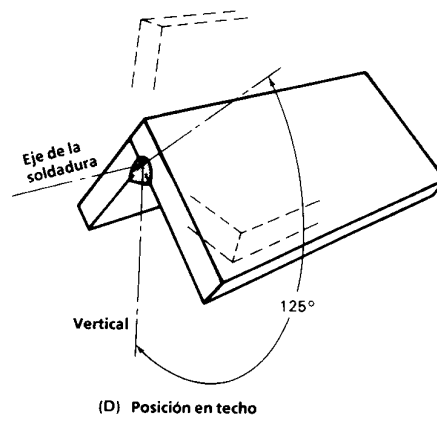
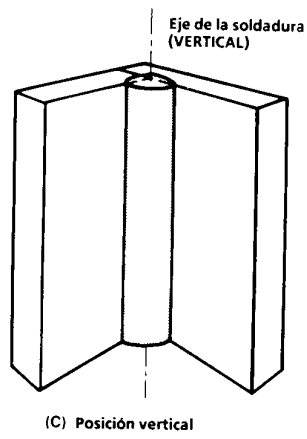
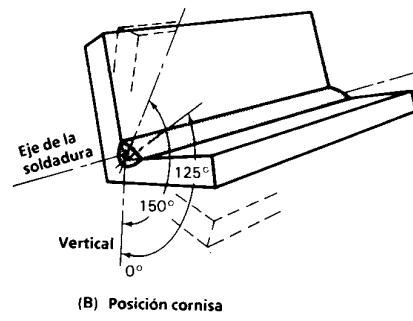
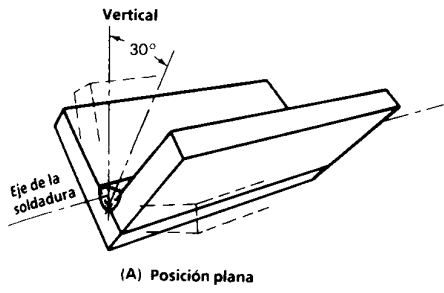




Posiciones de soldeo. Soldaduras en chaflán



(E) Diagrama universal de posiciones para soldaduras en chaflán de chapas



Cualificación de soldadores

La palabra cualificar se debe de entender como valoración de una aptitud. De esta definición se desprende que un soldador cualificado es aquel que demuestra tener una determinada aptitud para efectuar soldaduras aceptables, tras haber superado las pruebas y/o exámenes oportunos. En el lenguaje cotidiano el termino que mas se utiliza para expresar lo anterior es el de homologación.

El certificado de calificación o de homologación, es el documento escrito donde se registran las condiciones de las pruebas y/o exámenes efectuadas por el soldador, los resultados de ellas y los tipos de soldaduras para las que el soldador que cualificado u homologado.

Así pues vamos a describir la norma europea EN287-1 "Calificación de Soldadores. Soldeo por Fusión. Parte 1 : Aceros".

Objeto de la Norma EN 287

La norma especifica los requisitos esenciales, rangos de calificación, condiciones de las pruebas, criterios de aceptación y certificación para la calificación del soldador en el soldeo de aceros.

La norma tiene aplicación cuando las pruebas de calificación del soldador sean requeridas por el cliente, autoridades de inspección o por otras organizaciones.

La norma es aplicable a las pruebas de calificación de soldadores para el soldeo por fusión de aceros, que se designen como manuales o parcialmente mecanizados, no cubre los procesos totalmente mecanizados y totalmente automatizados.

Definiciones

Cupón de prueba.

Piezas a soldar durante las pruebas de calificación.

Especificación de procedimiento de soldeo(WPS).

Documento que contiene en detalle las variables requeridas para asegurar la repetitividad en una aplicación específica.

Persona u organismo examinador.

Persona u organización designada por las partes contratantes para verificar el cumplimiento con la norma.

Probeta de ensayo.

Parte del cupón de prueba cortada para llevar a cabo los ensayos destructivos especificados.

Pruebas.

Series de operaciones que incluyen el soldeo del cupón de prueba y los consiguientes ensayos destructivos y/o no destructivos, así como el informe de los resultados obtenidos.

Rango de calificación.

Extensión de la aprobación para una variable esencial.

Soldador.

Persona que realiza el soldeo.

Símbolos y Abreviaturas.

Si no se emplea la expresión completa, deberán emplearse los siguientes símbolos y abreviaturas cuando se cumplimente el certificado de calificación.

Cupón de prueba.

espesor nominal de la garganta	A
soldadura a tope	BW
diámetro exterior del tubo	D
soldadura en ángulo	FW
Chapa	P
espesor de la chapa o del tubo	t
Tubo	T
longitud del lado soldadura en ángulo	Z

Consumibles incluyendo los auxiliares, gases de protección, fundentes etc.

sin metal de aporte	Nm
con metal de aporte	Wm
revestimiento ácido	A
revestimiento básico	B
revestimiento celulósico	C
revestimiento de rutilo	R
revestimiento de rutilo-ácido	RA
revestimiento de rutilo-básico	RB
revestimiento rutilo-celulósico	RC
revestimiento grueso de rutilo	RR
otros tipos	S

Varios

soldeo por ambos lados	bs
soldeo con gas de respaldo	gb
resaneado por el reverso de la soldadura	gg

VARIABLES ESENCIALES PARA LAS PRUEBAS DE CUALIFICACION.

La norma cubre los siguientes procesos de soldeo:

111	soldeo por arco con electrodo revestido
114	soldeo con alambre tubular sin protección de gas
12	soldeo por arco sumergido
131	soldeo por arco con gas inerte (soldeo MIG)
135	soldeo por arco con gas activo (soldeo MAG)
136	soldeo por arco con alambre tubular con protección de gas
141	soldeo por arco con electrodo de wolframio con protección de gas inerte (soldeo TIG)
15	soldeo por arco plasma
311	soldeo oxiacetilénico

Grupos de metal base

Grupo W01: Aceros bajo en carbono no aleados (carbono-manganeso) o aceros de baja aleación. Este grupo también incluye aceros estructurales de grano fino con límite elástico $Le=355 \text{ N/mm}^2$.

Grupo W02: Aceros al cromo-molibdeno (CrMo) o cromo-molibdeno-vanadio (CrMoV) resistentes a la fluencia en caliente.

Grupo W03: Aceros estructurales de grano fino normalizados, aceros templados y revenidos, así como los aceros tratados termomecánicamente con un límite elástico $Le > 355 \text{ N/mm}^2$ y aceros al níquel que se sueldan de forma similar con un contenido en níquel entre el 2% y el 5%.

Grupo W04: Aceros inoxidables ferríticos, con un contenido en cromo del 12% al 20%.

Grupo W11: Aceros inoxidables al cromo níquel (CrNi), austeno-ferríticos y austeníticos.

Metal de aporte, gas de protección y fundente.

Se supone que en la mayoría de las pruebas de cualificación el metal de aporte será similar al base. Cuando una prueba de cualificación de soldador se realice empleando un material de aporte, gas de protección o fundente adecuado para un grupo de materiales, esta prueba cualificará al soldador para utilizar otros consumibles similares para el mismo grupo de materiales.

Dimensiones.

La prueba de cualificación del soldador deberá basarse en el espesor del material y diámetros de tubo en los cuales trabajara el soldador durante la fabricación. Se requiere una prueba de cualificación para cada uno de los tres rangos de espesor de chapa y espesor de pared de tubo.

Espesor del cupón de prueba y rango de cualificación	
Diámetro del cupón de prueba t mm. Rango de cualificación	
t = 3	t a 2t ¹
3 < t = 12	3 mm a 2t ²
t > 12	=5 mm

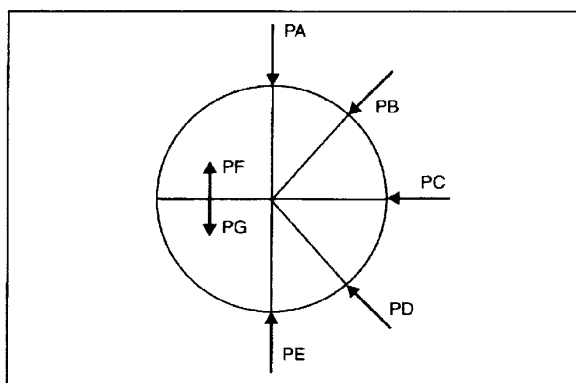
(1) Para soldeo oxiacetilénico (311): t a 1,5t

(2) Para soldeo oxiacetilénico (31 I): 3 mm a 1,5t .

Diámetro del cupón de prueba y rango de cualificación	
Diámetro del cupón de prueba $D^{(1)}$ mm	Rango de cualificación
$D \leq 25$	D a 2 D
$25 < D \leq 150$	0,5D a 2D(25 mm mínimo)
$D > 150$	$\geq 0,5 D$

Posiciones de soldeo.

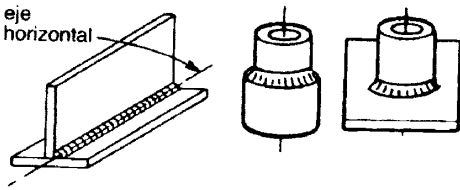
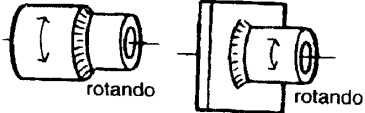
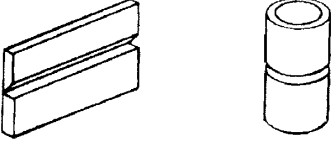
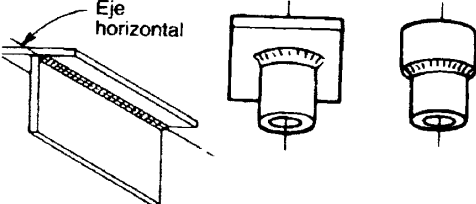
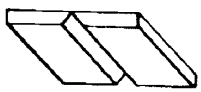
La forma de designar las posiciones de soldeo quedan esquematizadas en la siguiente tabla y en la siguiente se representa la correspondencia entre las designaciones europea y americana.



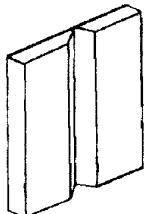
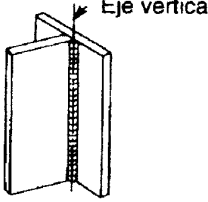
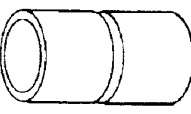
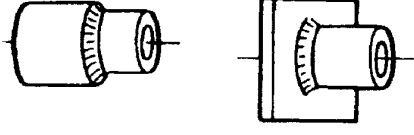
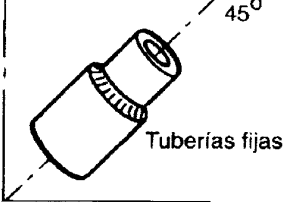
CORRELACIÓN ENTRE LA POSICIÓN DEL CONSUMIBLE, O DE LA FUENTE DE CALOR, RESPECTO A LA UNIÓN A SOLDAR INDICADA POR LA DIRECCIÓN DE LAS FLECHAS Y LAS DESIGNACIONES DE LAS POSICIONES DE SOLDEO DE ACUERDO CON LA NORMATIVA EUROPEA (EN)

Posición de la unión	Designación	
	EN	ASME
	PA	1G
	PA	1F

CORRESPONDENCIA ENTRE LAS DESIGNACIONES DE LAS POSICIONES DE SOLDEO CONFORME A LA NORMATIVA EUROPEA (EN) Y LA AMERICANA (ASME)

Posición de la unión	Designación	
	EN	ASME
	PB	2F
	PB	2FR
	PC	2G
	PD	4F
	PE	4G

(CONTINUACIÓN): CORRESPONDENCIA ENTRE LAS DESIGNACIONES DE LAS POSICIONES DE SOLDADO CONFORME A LA NORMATIVA EUROPEA (EN) Y LA AMERICANA (ASME)

Posición de la unión	Designación	
	EN	ASME
	PF PG	3G ascen- dente 3G descen- dente
	PF PG	3F ascen- dente 3F descen- dente
 Tuberías fijas	PF PG	5G ascen- dente 5G descen- dente
 Tuberías fijas Tuberías fijas	PF PG	5F ascen- dente 5F descen- dente
 Tuberías fijas	H-L045	6G

(CONTINUACIÓN): CORRESPONDENCIA ENTRE LAS DESIGNACIONES DE LAS POSICIONES DE SOLDEO CONFORME A LA NORMATIVA EUROPEA (EN) Y LA AMERICANA (ASME)

Rangos de Cualificación para el Soldador.

Como regla general, el cupón de prueba cualifica al soldador no solo para las condiciones de la prueba, sino también para todas aquellas uniones que se consideran mas fáciles de soldar. En los apartados y tablas aplicables se indica el rango de cualificación para cada tipo de prueba. En estas tablas, el rango de cualificación se lee horizontalmente.

Proceso de Soldeo.

Normalmente cada prueba cualifica para un proceso. Un cambio de proceso requiere una nueva prueba de cualificación. Sin embargo, es posible que un soldador se cualifique en mas de un proceso mediante una única prueba, o mediante dos distintas que cubran una unión realizada con varios procesos. Por ejemplo en el caso que se requiera la cualificación para un unión a tope por un lado, en la cual la raíz se suelde con TIG (141) sin respaldo y el relleno se realice con electrodo revestido (111), el soldador puede calificarse por cualquiera de los métodos siguientes:

A. Ejecución correcta de una prueba de calificación que reproduzca la unión multi-proceso, por ejemplo la pasada de raíz con TIG (141) sin respaldo y las siguientes pasadas con electrodo revestido (1 1 1), dentro de los limites del rango de cualificación.

B. Ejecución correcta de dos pruebas de cualificación separadas , una para TIG (141) sin respaldo para la pasada de raíz y otra para el relleno con electrodo revestido (1 1 1) con respaldo o soldando por ambos lados con o sin respaldo.

Tipos de Unión .

La siguiente tabla presenta en función del cupón de prueba empleado, la gama de soldaduras para las que el soldador se cualifica, se aplicaran los siguientes criterios:

A. La cualificación para soldar tubos a tope cubre el soldeo de chapas a tope.

B. La cualificación para soldar chapas a tope en todas las posiciones aplicables cubre el soldeo a tope de tubos con diámetro exterior > 500 mm; para tubos rotando, se aplica el criterio C.

C. La cualificación obtenida mediante el soldeo de cupones de prueba de chapa a tope en posición plana (PA) o cornisa(PC) es también valida para soldar a tope tubos de diámetro exterior > 150 mm, soldados en posiciones similares conforme a (tabla de Rango de Cualificación referido a la Posición de Soldeo).

D. El soldeo por un lado sin respaldo cualifica para soldar por un lado con respaldo y para el soldeo por ambos lados con y sin resaneado de raíz.

E. El soldeo de chapas o tubos con respaldo cualifica para soldar por ambos lados, pero no para soldar sin respaldo.

F. El soldeo a tope cualifica para soldar en ángulo en similares condiciones de soldeo.

Prueba de Cualificación				Rango de Cualificación					
				Soldaduras a tope en chapa				Soldadura a tope en tubo	
				Soldadas por un lado SS		Soldadas por ambos lados BS		Soldadas por un lado SS	
				Con respaldo mb	Sin respaldo nb	Con resanado gg	Sin resanado ng	Con respaldo mb	Sin respaldo nb
A tope en chapa	Por un lado ss	Con respaldo mb	*	---	X	---	1)	---	
		Sin respaldo nb	x	*	x	x	1)	1)	
	Por dos lados bs	Con resanado gg	x	---	*	---	1)	---	
		Sin resanado ng	x	---	x	*	1)	---	
A tope en tubo	Por un lado ss	Con respaldo mb	x	---	x	---	*	---	
		Sin respaldo nb	x	x	x	x	x	*	

1) Ver 32.6.2 b) y 32.6.2 c)

Clave:
 * Indica la soldadura para la que se cualifica el soldador en la prueba de cualificación.
 x Indica las soldaduras para las que el soldador queda cualificado
 - Indica las soldaduras para las que el soldador no queda cualificado

**RANGOS DE CUALIFICACIÓN PARA PRUEBAS EN UNIONES A TOPE
(DETALLES DEL TIPO DE SOLDADURA)**

Grupo de material del cupón de prueba	Rango de cualificación				
	W01	W02	W03	W04	W11
W01	*	---	---	---	---
W02	x	*	---	---	---
W03	x	x	*	---	---
W04	x	x	---	*	---
W11	x ¹⁾	x ¹⁾	x ¹⁾	x ¹⁾	*

1) Empleando un metal de aporte del Grupo W11

* Indica el grupo de material con el cual se realiza la prueba de cualificación.
 x Indica los grupos de material para los cuales el soldador también queda cualificado.
 - Indica los grupos de material para los cuales el soldador no queda cualificado.
Nota: Esta tabla se aplica sólo cuando el material base indicado con * y el metal de aporte pertenecen al mismo grupo.

RANGO DE CUALIFICACIÓN PARA MATERIALES BASE

Grupo del material del cupón de prueba	Rango de cualificación
W02	W02 soldado a W01 ¹⁾
W03	W02 soldado a W01 ¹⁾ W03 soldado a W01 ¹⁾ W03 soldado a W02 ¹⁾
W04	W02 soldado a W01 ¹⁾ W04 soldado a W01 ¹⁾ W04 soldado a W02 ¹⁾
W11	W11 soldado a W01 ²⁾ W11 soldado a W02 ²⁾ W11 soldado a W03 ²⁾ W11 soldado a W04 ²⁾
1) Para uniones entre metales diferentes, el metal de aporte debe pertenecer al grupo de uno de los metales base. 2) Empleando un metal de aporte del grupo W11.	

RANGO DE CUALIFICACIÓN PARA UNIONES ENTRE METALES DIFERENTES

Tipo de electrodo revestido	Rango de cualificación				
	A; RA	R; RB; RC; RR	B	C	S
A; RA	*	---	---	---	---
R; RB; RC; RR	x	*	---	---	---
B	x	x	*	---	---
C	---	---	---	*	---
S ¹⁾	---	---	---	---	*
1) S sólo cualifica para el tipo específico de revestimiento utilizado en la prueba. * Indica el tipo de electrodo revestido con el cual se cualifica el soldador en la prueba de cualificación. x Indica aquellos grupos de electrodos para los cuales el soldador también queda cualificado. - Indica aquellos grupos de electrodos para los cuales el soldador no queda cualificado					

RANGO DE CUALIFICACIÓN EN FUNCIÓN DEL REVESTIMIENTO DEL ELECTRODO

Posición de soldeo del cupón de prueba		Rango de cualificación																						
		Chapas										Tubos												
		Soldaduras a tope					Soldaduras en ángulo					Soldaduras a tope					Soldaduras en ángulo							
												Eje y ángulo del tubo												
		ro-tan-do	fijo			1)	fijo																	
0°	90°		45°	0°	90°																			
C H A P A S	Soldaduras a tope	PA	PC	PG	PF	PE	PA	PB	PG	PF	PD	PA	PG	PF	PC	H-L045	PB	PG	PF	PD ²⁾				
		PA	*	--	--	--	--	X	X	--	--	--	X	--	--	--	--	X	--	--	--			
		PC	X	*	--	--	--	X	X	--	--	--	X	--	--	X	--	X	--	--	--			
		PG	--	--	*	--	--	--	--	X	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
		PF	X	--	--	*	--	X	X	--	X	--	X	--	--	--	--	X	--	X	--			
	PE	X	X	--	X	*	X	X	--	X	X	X	--	--	--	--	X	--	X	X				
	PA	--	--	--	--	--	*	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--				
	PB	--	--	--	--	--	X	*	--	--	--	--	--	--	--	--	X	--	--	--				
	PG	--	--	--	--	--	--	--	*	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--				
	PF	--	--	--	--	--	X	X	--	*	--	--	--	--	--	--	X	--	--	--				
PD	--	--	--	--	--	X	X	--	X	*	--	--	--	--	--	X	--	--	X					
T U B O S	Soldaduras a tope	ro-tan-do	F I J O	0°	PA	X	--	--	--	--	X	X	--	--	--	*	--	--	--	X	--	--	--	
					PG	--	--	X	--	--	--	--	X	--	--	--	--	*	--	--	--	--	X	--
	PF	X	--	--	X	X	X	X	--	X	X	X	--	*	--	--	X	--	X	X	--	--	--	
	PC	X	X	--	--	--	X	X	--	--	--	X	--	--	*	--	X	--	--	--	--	--	--	
	H-L045	X	X	--	X	X	X	X	--	X	X	X	--	X	X	*	X	--	X	X	--	--	--	
Soldaduras en ángulo	1)	F I J O	0°	PB	--	--	--	--	--	X	X	--	--	--	--	--	*	--	--	--	--	--	--	
				PG	--	--	--	--	--	--	X	--	--	--	--	--	--	--	--	*	--	--	--	--
				PF	--	--	--	--	--	X	X	--	X	X	--	--	--	--	X	--	*	--	X	--

1) PB para tubos puede soldarse de dos maneras
 (1) tubos: rotando; eje: horizontal; soldeo:comisa
 (2) tubos: fijo; eje: vertical; soldeo: comisa

2) Se trata de una posición cualificada y está cubierta por otras pruebas afines:

Clave:
 * Indica la posición en la cual se cualifica el soldador en la prueba de cualificación.
 X Indica aquellas posiciones para las cuales el soldador también queda cualificado.
 -- Indica aquellas posiciones para las cuales el soldador no queda cualificado.

RANGO DE CUALIFICACIÓN REFERIDO A LA POSICIÓN DE SOLDEO

G. En el caso en que en el trabajo de producción predomine el soldeo en ángulo, se recomienda también que el soldador se cualifique por una prueba de soldeo en ángulo, por ejemplo en chapa, tubo o injerto de tubería.

H. El soldeo por ambos lados sin resaneado de raíz cualifica para soldar por un lado con respaldo y por ambos lados con resaneado de raíz.

I. La cualificación para soldar tubos a tope sin respaldo cubre el soldeo de injertos dentro del mismo rango de cualificación conforme a las tablas 32.5 a 32.9. Para una soldadura de injerto, el rango de cualificación se basa en el diámetro del injerto.

J. En los casos en que el trabajo de producción sea predominantemente soldeo de injertos de tubo o incluya injertos complejos, se recomienda que el soldador reciba una formación especial. En algunos casos puede ser necesario una prueba para la cualificación del soldador de injertos.

Grupos de Materiales.

En las siguientes dos tablas se muestran los grupos de materiales para los que el soldador queda cualificado, en función del grupo de material del cupón de prueba. Para cualquier acero que no este incluido en algún grupo, el soldador deberá realizar una prueba de cualificación que solo le cualificara para ese acero.

Eléctrodos Revestidos.

Un cambio en el tipo de revestimiento del electrodo puede requerir un cambio en la técnica del soldador. Un examen de cualificación con un revestimiento confiere la cualificación al soldador para otros revestimientos tal y como se especifica en la tabla.

Gas de protección y fundente.

Se permite un cambio de gas de protección o fundente. Sin embargo, un cambio de gas de protección de activo a inerte, o de inerte a activo, requiere un nuevo examen de cualificación de soldador.

Pruebas y Ensayos.

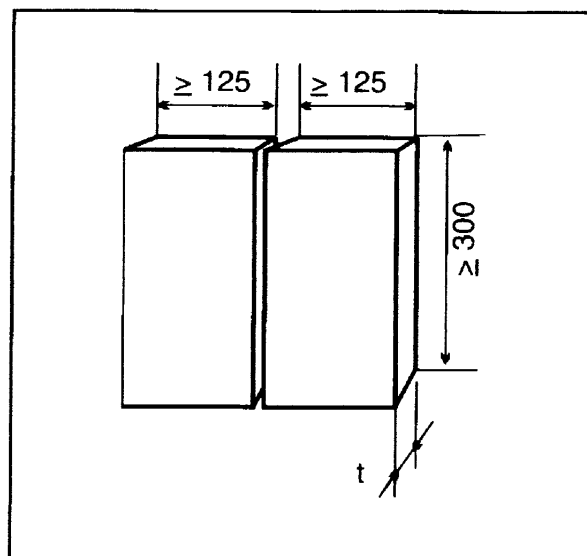
Supervisión.

El soldeo y ensayo de los cupones de prueba deberá ser presenciado por una persona u organismo examinados aceptado por las partes contratantes, puede pertenecer a la empresa fabricante, a la empresa del cliente o a una tercera.

Los cupones de prueba deberán ser marcados con la identificación del examinador y del soldador antes de comenzar el soldeo.

El examinador puede detener la prueba si las condiciones de soldeo no son correctas, o si se considera que el soldador no la tiene competencia técnica necesaria para conseguir el nivel requerido.

- PA Soldadura en posición Plana (Horizontal)**
- PB Soldadura en posición de Ángulo**
- PC Soldadura en posición de Cornisa**
- PG Soldadura en posición Vertical Descendente**
- PF Soldadura en posición Vertical Ascendente**
- PE Soldadura en posición bajo techo**



DIMENSIONES DEL CUPÓN DE PRUEBA PARA EL SOLDEO DE CHAPAS A TOPE (DIMENSIONES EN MILÍMETROS)

Conformado por union de partes Soldadura heterogénea

1.25

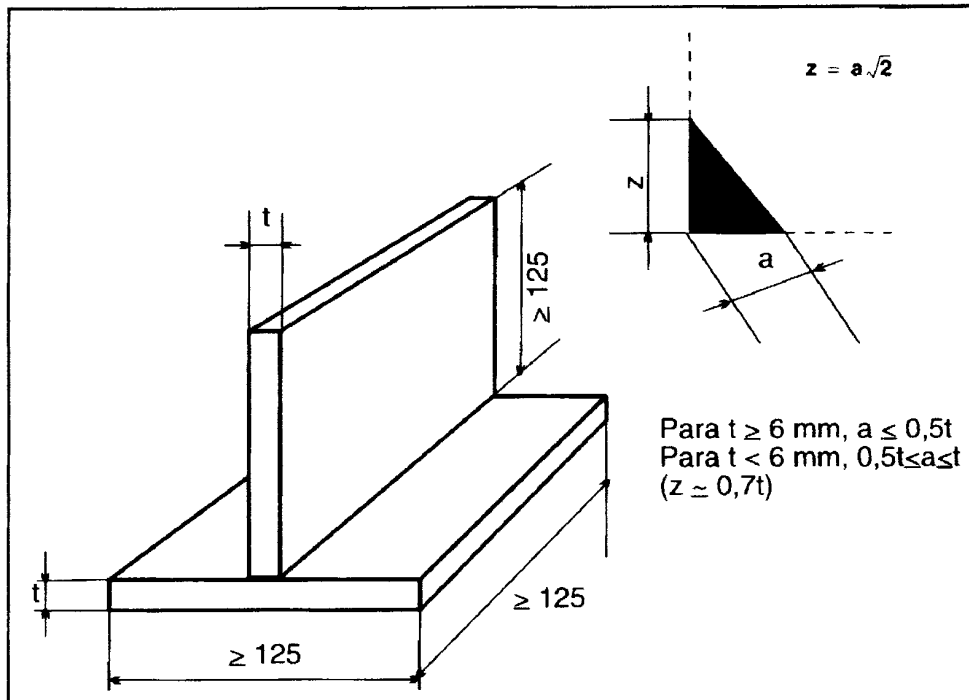
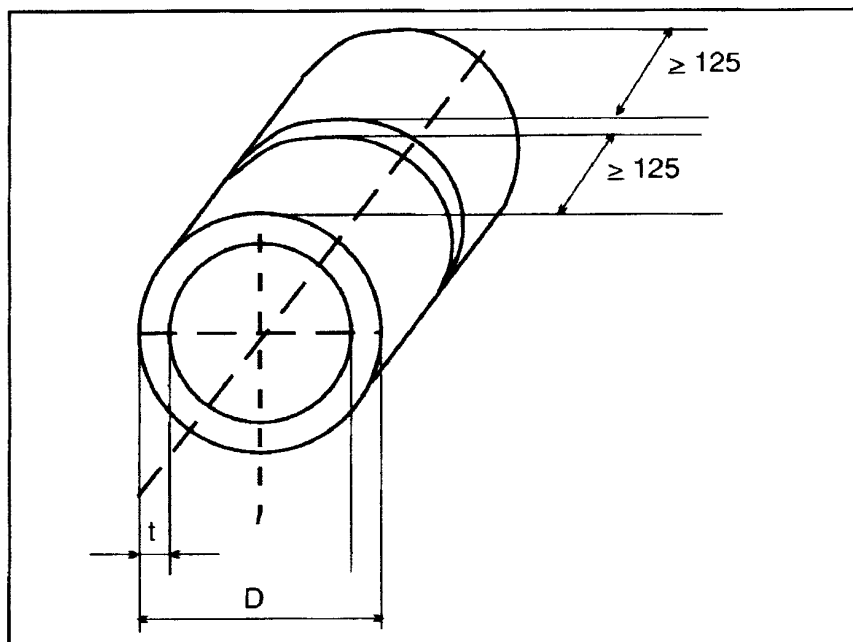
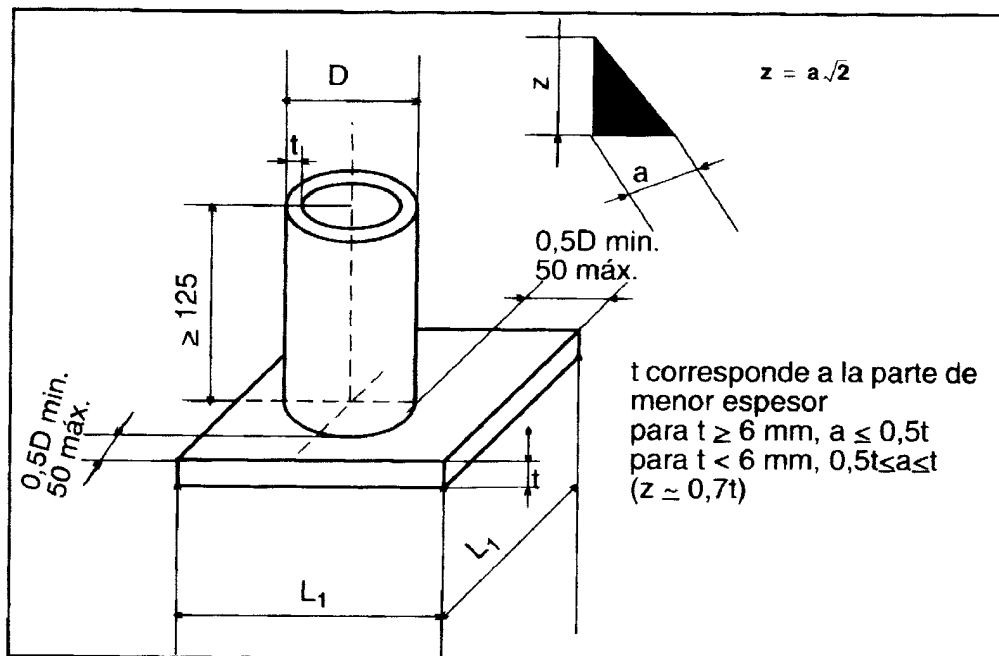


FIGURA 32.2: DIMENSIONES DEL CUPÓN DE PRUEBA PARA EL SOLDEO DE CHAPAS EN ÁNGULO (DIMENSIONES EN MILÍMETROS)



DIMENSIONES DEL CUPÓN DE PRUEBA PARA EL SOLDEO DE TUBOS A TOPE (DIMENSIONES EN MILÍMETROS)



DIMENSIONES DEL CUPÓN DE PRUEBA PARA EL SOLDEO DE TUBOS EN
 ÁNGULO (DIMENSIONES EN MILÍMETROS)

Condiciones de soldeo.

La prueba de cualificación para el soldador se corresponderá con las condiciones de producción y seguirá una WPS preparada de acuerdo con EN288-2.

En la preparación de la WPS se aplicaran las siguientes condiciones:

- A. La prueba se realizara con el mismo proceso o procesos de soldeo que se emplearan en producción.
- B. Los metales de aporte serán compatibles con los procesos de soldeo y posiciones.
- C. La preparación de bordes de chapas y/o tubos para el cupón de prueba deba ser representativa de la empleada en producción.
- D. Las medidas del cupón de prueba están normalizadas.
- E. El equipo de soldeo sera similar al empleado en producción.
- F. El soldeo en injertos se llevara a cabo en las posiciones y ángulos utilizados normalmente en producción.
- G. La combinación de metal base, metal de aporte y cualquier material auxiliar, se corresponderá con las condiciones de producción.
- H. El soldeo se valorara de acuerdo con los ensayos de plegado de cara y raíz.
- I. El tiempo empleado en el soldeo del cupón de prueba se corresponderá con el tiempo de trabajo en condiciones normales de producción.
- J. El cupón de prueba tendrá al menos una parada y un reinicio en la pasada de raíz y en la pasada ultima de acabado, que se identificara en la longitud a inspeccionar.
- K. Cualquier precalentamiento o aportación de calor controlada requeridos por la WPS son obligatorios en la soldadura del cupón de prueba.
- L. Cualquier tratamiento térmico posterior al soldeo requerido por la WPS puede ser omitido excepto sí son necesarios ensayos de doblado.
- M. Identificación del cupón de prueba.
- N. Se permitirá al soldador, excepto en los cordones superficiales, eliminar pequeñas imperfecciones por amolado o cualquier otro método utilizado en producción. Para ello se deberá obtener la aprobación del examinador.

Métodos de Ensayo.

El orden en que se efectuaran es: primero visual, a continuación los ensayos no destructivos y, finalmente, los destructivos.

Probetas de ensayo .

Se obtendrán de los cupones de prueba y se ensayaran de acuerdo con la norma que sea aplicable. Las imperfecciones que aparezcan se evaluaran de acuerdo con la norma EN 25817, aplicandose el nivel B (elevado) a todas las imperfecciones excepto a las de exceso de sobreespesor, exceso de convexidad, exceso de garganta y exceso de penetración a las que se aplicara el nivel C (intermedio). El soldador queda cualificado si las imperfecciones del cupón de prueba están dentro de los límites aceptados por los niveles B y C, antes indicados, de EN 25817.

Si el cupón de prueba no supera dichos requisitos, el soldador repetirá la prueba o se repetirán los siguientes ensayos:

- A. Si falla una probeta en el ensayo de doblado, se podrán cortar dos probetas adicionales del mismo cupón de prueba si hay suficiente material disponible o, si es necesario, de un cupón de prueba adicional para someterlas a los mismos ensayos. Ambas probetas deberán dar resultado satisfactorio.
- B. Si una probeta de fractura muestra imperfecciones inaceptables, se podrán cortar dos probetas adicionales, tal como se indica en el anterior apartado (A).
- C. Si una de estas dos probetas adicionales, no cumple con los requisitos de esta norma, se deberá establecer la causa del fallo.
- D. Si falla una probeta de un ensayo de doblado o de fractura en tubo soldado con eje fijo, se sacaran dos probetas de ensayo adicionales de una posición equivalente.
- E. Si falla una probeta de examen micrográfico, se podrán sacar dos probetas de ensayo adicionales tal como se indica en el anterior apartado (A).

Período de Validez.

La validez de la cualificación del soldador empieza en la fecha en que se completaron satisfactoriamente todos los ensayos requeridos. Esta fecha puede ser diferente de la fecha de emisión del certificado.

La cualificación del soldador tendrá validez por un periodo de dos años siempre que quien le contrata o su coordinados firme el correspondiente certificado con intervalos de seis meses y se cumplan, las siguientes condiciones:

Método de ensayo	Soldadura a tope en chapa	Soldadura a tope en tubo	Soldadura en ángulo
Inspección Visual	*	*	*
Inspección Radiográfica	* 1) 5)	* 1) 5)	+
Ensayo de Doblado	* 2)	* 2)	+
Ensayo de Fractura	* 1)	* 1)	* 3) 4)
Examen macrográfico (sin pulido)	+	+	* 4)
Inspección por partículas magnéticas/líquidos penetrantes	+	+	+

1) Se inspeccionará radiográficamente o ensayará a fractura, pero no ambos.
2) Cuando se radiografie son obligatorios ensayos de doblado adicionales para los procesos 131, 135 y 311.
3) El ensayo de fractura se completará con inspección por partículas magnéticas/líquidos penetrantes cuando así lo requiera el examinador.
4) El ensayo de fractura puede reemplazarse por examen macrográfico de al menos 4 secciones.
5) La inspección radiográfica puede reemplazarse por inspección ultrasónica en espesores ≥ 12 mm, solo en aceros ferríticos.

* Indica método de ensayo obligatorio.
+ Indica método de ensayo no obligatorio.

MÉTODOS DE ENSAYO

A. Que el soldador haya realizado con una continuidad razonable trabajos de soldadura dentro de los límites de su cualificación. Se permite una interrupción por un periodo no más largo de seis meses.

B. Que el trabajo del soldador se haya realizado en condiciones técnicas conformes con aquellas bajo las cuales se realizó la prueba de cualificación.

C. Que no exista razón específica para cuestionar el conocimiento y habilidad del soldador.

Si alguna de estas condiciones no se satisface, se cancelará la cualificación.

Renovación.

La validez de la cualificación puede ser extendida sucesivamente para periodos de dos años, a condición de que se satisfagan cada una de las siguientes condiciones:

- Que las soldaduras realizadas por el soldador en su trabajo ordinario sean de la calidad requerida.
- Que se archiven, junto con el certificado de cualificación del soldador, registros de ensayos, por ejemplo documentación sobre inspecciones por radiografía o por ultrasonidos, o informes de ensayos de fractura, o comentarios de sus supervisores.

El examinador u organismo de examen deberá verificar el cumplimiento de las condiciones anteriores y firmar la renovación del certificado de cualificación del soldador.

Certificación.

El certificado de calificación será establecido para confirmar que el soldador ha superado con éxito la prueba de cualificación. En este certificado quedaran recogidos todos los parámetros de soldeo aplicados durante la prueba. Si el soldador no supera cualquiera de los ensayos establecidos, no se emitirá certificado.

El certificado de cualificación del soldador se emitirá en al menos uno de los idiomas oficiales de CEN (Inglés, Francés, Alemán).

Tanto la prueba práctica como la de evaluación de conocimientos se calificarán como "Aceptable" o "No ensayado".

Un cambio de las variables esenciales del examen de cualificación fuera de los rangos permitidos, requiere una nueva prueba y un nuevo certificado de cualificación.

A continuación un ejemplo práctico de una cualificación.

RESULTADOS DE LA PRUEBA

Procedimiento de soldeo del fabricante:

Persona u Organismo examinador:

Nº de referencia:

Nº de referencia:

Inspección visual: **Aceptable**Radiografía*: **Aceptable**

Ensayo por líquidos penetrantes/partículas

Examen por ultrasonidos*:

magnéticas:

Ensayos de tracción: **Si**

Temperatura: 20 °C

Tipo/Nº	Re N/mm ²	Rm N/mm ²	A%	Z%	Localización de la rotura	Observaciones
Requisitos						
1	368	560	20		M. Base	
2	360	528	19		M. Base	

Ensayos de doblado: **Si**Diámetro del mandril: **40 mm**

Tipo/Nº	Angulo de doblado	Alargamiento*	Resultado
C-1	120 °		Aceptable
R-2	120 °		Aceptable
C-3	120 °		Aceptable
R-4	120 °		Aceptable

Examen macrográfico: **Aceptable**

Examen micrográfico*:

Ensayo de resiliencia*: **Si** Tipo: **V** Tamaño:

Situación de la entalla/dirección	Temperatura °C	Valores 1 2 3	Media	Observaciones
APORTACION	10 °C	30-28-26	28	
ZAT	10 °C	26-26-22	24,6	

Ensayos de dureza* **Si**Tipo/carga: **VICKERS (V)**Metal base: **160**Z.A.T.: **172**Metal de soldadura: **186**Otros ensayos: **Radiográficos**

Observaciones:

Las pruebas se desarrollan según los requisitos de: **EN 288**Nº de referencia del informe de laboratorio: **1996/085**

Persona u organismo examinador

Los resultados de la prueba fueron aceptables/~~inaceptables~~

(Tachar lo que no proceda):

Nombre, fecha y firma

La prueba se desarrolló en presencia de:

* Si se requiere

CERTIFICADO DE CUALIFICACION DEL SOLDADOR

Designación: EN 287-1, 111, T, BW, W01, B, t10., D150, H-L045, ss, nb

Especificación del procedimiento de soldeo del fabricante:

Persona u Organismo examinador:

Nº de referencia (si es aplicable):

Nombre del soldador:

Referencia nº:

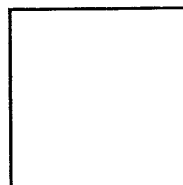
Identificación:

Modo de identificación:

Fecha y lugar de nacimiento:

Empresa:

Norma de ensayo/Código: EN-287-1:1992



Fotografía (si se requiere)

Evaluación de conocimientos: Aceptable/No examinado (Tachese lo que no proceda)

	Detalles de la prueba	Rango de cualificación
Proceso de soldeo	111	111 Arco Revestido
Chapa o tubo	T	T y P, tubo y chapa
Tipo de unión	BW	BW soldadura a tope
Grupo(s) de metal base	W01	W01
Tipo de mater.de aportación/Desgn	S(W11)	B,A,RA,RB,RC,RR
Gases de protección	**	**
Elementos auxiliares	**	**
Espesor del cupón de prueba(mm)	10 mm	3 mm/20 mm.
Diámetro exterior del tubo (mm)	150 mm	75/300 mm.
Posición de soldeo	H-L045	H-L045,PA,PC,PF, PE y PD
Resaneado/Respaldo	nb	nb, mb

Puede obtenerse información adicional en la hoja adjunta o en el WPS nº.

Tipo de ensayo	Realizado y aceptable	No requerido
Visual	Si	**
Radiográfico	Si	**
Partículas magnéticas	**	No
Líquidos penetrantes	**	No
Macrografía	**	No
Fractura	**	No
Dolado	Si	**
Ensayos adicionales*	**	No

*Si se requiere, adjuntar en hoja separada

Nombre, fecha y firma:

Persona u organismo examinador:

Fecha de emisión:

Lugar:

Validez de la cualificación hasta:

1. Renovación de cualificación por el examinador para los dos años siguientes (conforme apartado 10.2)

2. Renovación de la cualificación por la empresa o por su coordinador para los siguientes 6 meses (conf. Apdo. 10.2)

Fecha	Firma	Cargo o titulación

**FORMATO DE REGISTRO DE CUALIFICACION DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDEO(WPAR)
CUALIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDEO-CERTIFICADO DE LA PRUEBA**

Procedimiento de Soldeo del Fabricante Persona u Organismo examinador

Nº de referencia: Nº de referencia:

Fabricante:

Dirección:

Código/Norma de prueba: **EN-288-3**

Fecha de soldeo: **21-7-98**

Extensión de la cualificación: **3/20 mm**

Proceso de soldeo: **111**

Tipo de unión: **BW**

Metal(es) base: **W01**

Espesor del metal base: **10**

Diámetro exterior (mm): **150**

Tipo de material de aporte: **B (E7016, OK5316)**

Gas de protección/Fundente: *******

Tipo de corriente de soldeo: **DC**

Posiciones de soldeo: **H-L045**

Pre calentamiento: *******

Tratamiento térmico post-soldadura y/o maduración: *******

Otra información:

Se certifica que las soldaduras de la prueba se prepararon, soldaron y ensayaron satisfactoriamente de acuerdo con los requisitos del código/norma indicada anteriormente.

Persona u organismo examinador

Nombre, fecha y firma

Continua

ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDEO DEL FABRICANTE (WPS)

Conformado por union de partes Soldadura heterogénea

1.35