

## PARAMETROS PARA LA ELABORACION DE ESTANDARES DE SOLDADURA

### RESUMEN

Este artículo hace referencia a los conocimientos fundamentales que las personas involucradas en los procesos de manufactura por soldadura deben poseer, y su relación con los criterios técnicos, los cuales he aplicado específicamente en la elaboración del estándar de soldadura de la multinacional BUSSCAR S.A. Filial en Colombia. La estandarización es el componente más relevante entorno a un producto específico, vía para optimizar la productividad y por ende asegurar la calidad implícita de los diferentes procesos.

### ABSTRACT

*This article is referenced to fundamentals knowledge and abilities by welding manufacture process personnel, relationship at technical criteria who's applied specifically in the elaboration of Busscar S.A. welding standard. Standarization is the principal component around an specific product, in this way the optimization of productivity is granted by the implicit process quality.*

### 1 INTRODUCCIÓN

La globalización de la economía hace imprescindible la ubicación de productos altamente competitivos, razón suficiente para que los sectores industriales del país enfoquen sus esfuerzos en producir bajo los parámetros internacionales de normalización/estandarización.

Este artículo no pretende ser una guía o manual para la realización de estándares de soldadura; para tal fin remito al lector a mi obra “manual técnico de soldadura” y “guía para la elaboración de estándares de soldadura”, como podrá evidenciar, la ciencia de la soldadura es quizás de las más normalizadas, existen diferentes documentos técnicos que hacen referencia a cada sector productivo, en función de los materiales, diseño, procedimientos y procesos implícitos. Para garantizar un alto nivel de competitividad, la inspección de soldadura estará presente en las actividades de control de calidad de productos soldados, en la verificación, cualificación y calificación de los procesos, procedimientos y recurso humano.

Para que esta actividad sea conducente a certificación internacional, se requiere de personal con vasta experiencia, conocimientos y destrezas en ésta disciplina, responsabilidad propia de un inspector certificado, debidamente registrado ante institución reconocida internacionalmente conforme al “estándar para la calificación y certificación de Inspectores de Soldadura (ANSI/AWS QC1-96)”

### 2 CONCEPTOS

Un estándar consiste en la adecuación de las principales variables presentes en el proceso de fabricación de un producto específico, las variables serán basadas en los

### ALBERTO ZAPATA MENESES

Profesor Auxiliar  
Facultad de Tecnologías/  
Facultad de Ing.Mecánica  
Universidad Tecnológica de Pereira  
azapata@utp.edu.co

códigos de soldadura pertinentes y ajustados a recomendaciones internas de la empresa, no solamente para definir claramente el o los procesos a utilizar, sino también para definir y “calificar tanto el procedimiento como el operario de soldadura” que constituyen parte fundamental de las conformidades para su futura certificación. La información contenida en un estándar, es el inicio para la obtención de la calidad, pero ésta solo se obtiene con la labor desarrollada individualmente por quienes intervienen en la ejecución de los procesos.

### 3 CRITERIOS

#### 3.1 Códigos

Constituyen un soporte legal y están organizados sistemáticamente para una fácil referencia en concordancia con los procesos, procedimientos, materiales y personal involucrado. Es el documento más importante, pues siempre se considerará obligatorio.

En la tabla 1 se relacionan ejemplos de algunos códigos (1)

ANSI/AWS D1.1	Código de soldadura estructural-Acero >1/8 “
ANSI/AWS D1.2	Código de soldadura estructural-Aluminio
ANSI/AWS D1.3	Código de soldadura estructural-lamina <1/8”
ANSI/AWS D1.4	Código de soldadura estructural-Acero de refuerzo
ANSI/AWS D1.5	Código de soldadura estructural-Puentes

Tabla 1: Ejemplo de códigos de soldadura

### 3.2 Especificación

Consiste en el documento de soporte que contiene una detallada descripción de las partes de un conjunto, allí se ubican características específicas tales como: Dimensiones, espesores, composición química, resultados de ensayos, etc. Dichas especificaciones pueden tener carácter de uso interno para establecerse como parámetro de estandarización. Existen especificaciones realizadas por organizaciones y que han sido reconocidas universalmente, acercándose a la categoría de código. En la tabla 2 se relacionan ejemplos de algunas especificaciones. (1)

API 12B	E. para tanques cilíndricos para fluidos
ANSI/AWS A2.4	Símbolos normalizados para soldadura y ensayos
ANSI/AWSA5.1 a A5.30	Especificación para electrodos y materiales de aporte

Tabla 2: Ejemplo de especificaciones

### 3.3 Estándar

Es un documento utilizado como bitácora, su aplicación adquiere carácter mandatorio cuando se referencia a un código específico, de igual forma se utiliza como norma o base de comparación en la ejecución de diferentes actividades.

Aunque el estándar ha sido clasificado independientemente, es el nombre genérico que se asigna a diferentes documentos incluidos los códigos, especificaciones y combinación de éstos.

Los estándares nacionales de USA, son el resultado de un exigente procedimiento de revisión y votación de los diferentes documentos por parte del Instituto Americano Nacional de Estándares (ANSI), para ser adoptadas. Una vez aprobadas por ANSI, llevarán la identificación de ambas organizaciones. En la tabla 3 se relacionan algunos estándares (1)

ANSI/ASME	B31.1
ANSI/AWS	D1.1
ANSI/AWS	D1.3
ANSI/AWS	D1.4
ANSI/AWS	D1.5

Tabla 3: Ejemplo de estándares

### 3.4 Especificación de procedimiento de soldadura (EPS) "WPS: Welding Procedure Specification"

El WPS es un documento que relaciona las variables a considerar en la realización de una soldadura específica, determina la ejecución de las pruebas de calificación

tanto de proceso y procedimiento como del operario de soldadura.

EL EPS involucra todas las VARIABLES ESCENCIALES (Variables éstas que no deben cambiar más allá de los límites establecidos en el código respectivo) y, VARIABLES COMPLEMENTARIAS Y/O

SUPLEMENTARIAS (Ajustadas a los requisitos de la empresa, y aquellas que no afectan la ejecución del proceso).

### 3.5 El procedimiento

Se refiere a todas las condiciones presentes en la realización de una soldadura. El procedimiento se efectuará en un equipo previamente calibrado y calificado, se utilizarán los materiales recomendados en las especificaciones o referenciados con su "reporte certificado de ensayo de material CMRT". y se efectuarán las soldaduras en las condiciones referenciadas en código, las cuales deben corresponder a las que se ejecutarán en el trabajo real de producción.

Posteriormente se someterán los materiales utilizados en el procedimiento (cupones de prueba), a las pruebas (ensayos destructivos y no destructivos) exigidas por el código referenciado, para comprobar la conservación de sus propiedades físicas, su resistencia mecánica, doblado, resistencia al impacto, dureza y análisis químico.

### 3.6 Reporte de calificación de procedimiento (PQR)

Este documento corresponde al anexo del WPS, y en él van detallados todos los pasos que conllevan a la calificación de un proceso, procedimiento y operarios de soldadura. En él están relacionadas las diferentes pruebas o ensayos realizados y la certificación de aprobación o rechazo firmada por inspector certificado en soldadura.

Cada WPS puede contener uno o varios PQR

Para efectos contractuales y para efectuar soldaduras similares en el futuro, las pruebas realizadas son igualmente aplicables tanto para la soldadura por máquina como para la soldadura manual, y siempre es obligatoria cuando se trabaja conforme a códigos.

Es obviamente inútil llevar a cabo para cada pequeña variación del material, espesor o método de soldadura un nuevo ensayo de procedimiento. Por consiguiente, los materiales se dividen en grupos que comprenden aleaciones con características similares de soldadura. Una prueba realizada sobre un metal de uno de los grupos designados se considera aplicable a todas las demás aleaciones dentro del mismo grupo. Con este principio, se dividen en grupos de espesor de chapa o lámina, procesos de soldadura y posiciones de soldadura (vertical, horizontal, vertical sobre cabeza y plana). Por

ejemplo, el código AWS D1.1 agrupa materiales de espesores mayores a 1/8", mientras que AWS D1.3 agrupa todos los materiales delgados hasta un máximo de 3/16 " de espesor.

Como constancia de haber realizado pruebas de procedimiento se debe llevar el PQR consignando con el mayor detalle posible de las variables esenciales de soldadura, tales como la corriente, número de cordones, calibre y tipo del electrodo utilizado, y, en el caso de soldadura con máquina, las fijaciones o variables de la máquina. Estas pruebas de calificación se realizan bajo la supervisión de un inspector y/o ingeniero de soldadura.

### 3.7 Calificación del soldador

Las pruebas de calificación del soldador se aplican principalmente a la soldadura manual y los métodos de soldadura por procesos GMAW, GTAW, FCAW, SAW, PAW. En los que la capacidad del operario ejercerá influencia sobre el resultado final.

La necesidad de probar la capacidad de los soldadores se aplica a un gran número de industrias en las que la calidad de soldadura es de gran importancia, tales como la fabricación de recipientes a presión, tubería para industrias químicas y petroleras, estructuras de puentes y edificios, y para las industrias aeronáuticas y automotrices.

Los soldadores que no han sido todavía calificados o los que se han calificado pero no han hecho contrato de soldadura por alrededor de seis meses, deben someterse a recalificación, igualmente los soldadores que sugieran dudas y/o errores en la aplicación.

Los diversos códigos exigen para el operario pruebas de calificación y aún más, las compañías de seguros exigen pruebas de trabajos periódicos de los operarios. Los usuarios en general exigen pruebas de calificación del soldador antes de la fabricación. La calificación de los soldadores para determinados trabajos de gran responsabilidad también la requieren las compañías que realizan trabajos para entidades gubernamentales.

### 3.8 Control del producto soldado

El primer paso para controlar la calidad del producto fabricado es asegurar que el soldador recibe el metal base a soldar con la debida calidad, exento de laminaciones en los bordes de soldadura y equipos en las condiciones optimas de operación.

El segundo paso es verificar el diseño de junta con las superficies de unión limpias. En términos más generales, las operaciones previas a la soldadura, se deben llevar a cabo conforme al WPS aplicable.

### 3.9 Control de materiales

Es uno de los criterios mas significativos que se deben tener en cuenta en los procesos de fabricación y va íntimamente relacionada con las especificaciones de procedimientos de soldadura, toda vez que de la idónea selección y verificación de los materiales base y materiales de aporte, dependerán las características y propiedades de las uniones soldadas, se requieren entonces documentos para identificar materiales y diagnosticar su trazabilidad en operación.

Un documento que se debe solicitar al proveedor es el CMRT (certified material test record) reporte certificado de prueba del material, en caso de no poseerlo, se deben hacer los análisis y ensayos metalográficos y mecánicos para que estén ubicados en el estándar.

### 3.10 Conservación de la soldadura

Dentro de la calidad total está el cuidado de la soldadura. Casi todas las soldaduras son afectadas de forma adversa por la humedad. Los electrodos revestidos de bajo contenido de hidrógeno y el alambre de aportación de aluminio o magnesio para soldadura por gas inerte, en particular, no deben ser expuestos a una humedad relativa del aire atmosférico superior al 70%. Los almacenes de soldadura tienen a veces aire acondicionado, pero es necesario que los armarios de almacenamiento del sitio de trabajo sean provistos de elementos de calentamiento eléctrico, para conservar los materiales de soldadura secos. También se puede calentar los recipientes de almacenamiento de electrodos de bajo contenido de hidrógeno en el taller de fabricación inmediatamente antes de utilizar.

### 3.11 Marcado y distribución de la soldadura

El uso equivocado de electrodos revestidos o de varilla de relleno es frecuente y puede tener consecuencias catastróficas. Por consiguiente, los electrodos para soldadura eléctrica, los alambres utilizados en la soldadura por gas inerte, y los carretes de alambre utilizados en soldadura automática o semiautomática, deben ser claramente marcados y distribuidos, dejando una constancia de su correcto recibo por parte de los soldadores.

### 3.12 Pruebas durante la construcción

Aquí la técnica de control de calidad depende de que el proceso sea principalmente manual, en cuyo caso las pruebas deben establecer la consistencia, calidad del trabajo del operario, la exactitud y consistencia de las calibraciones de la máquina. Siempre que la capacidad del operario sea un factor esencial, como en la soldadura manual, generalmente se efectúan placas de radiografía de las soldaduras durante la construcción. Por ejemplo, el código AWS D1.1 y AWS D1.3 para la calificación se requiere pruebas de doblez de cara, raíz y lado en materiales, mientras el código ASME sección IX requiere pruebas radiográficas y pruebas de impacto sobre el

depósito de soldadura para recipientes a utilizar a temperaturas inferiores a cero grados celsius.

### 3.13 Ensayos destructivos

#### 3.13.1 El examen destructivo

Se realiza normalmente sobre placas de prueba que son cortadas para proporcionar las probetas requeridas. Las pruebas de control de calidad de rutina más frecuentemente realizadas sobre soldaduras a tope por fusión son las de tracción, plegado, impactos, rotura crítica ("nick-break") y de dureza, y en las soldaduras por roldana y por puntos las pruebas son de tracción y corte.

#### 3.13.2 El examen no destructivo

Es muy importante en el control de calidad. Las pruebas pueden ser: Por radiografía, ultrasonido, partículas magnéticas y tintas penetrantes. El examen de las soldaduras, ya sea destructivamente o no, depende de los siguientes criterios de inspección: requerimientos de código, resistencia a la tracción desconocida, naturaleza del material desconocida, fallas en el procedimiento.

Por ejemplo, los aceros de baja aleación están sujetos a agrietamiento en la soldadura o en la zona afectada por el calor, de modo que el examen debe procurar intentar localizar cualquier grieta que pueda aparecer. El método de examen debe, naturalmente, ser aplicable tanto al material como a la unión. En este caso, se descarta el método de partículas magnéticas que detecta grietas en la superficie en las soldaduras de aceros ferríticos pero no es aplicable a los aceros austeníticos y metales no ferrosos. Similarmente, la radiografía no es en general apropiada para examinar las uniones soldadas en ángulo, y cuando se necesita su inspección debe emplearse otra técnica.

## 4 REFERENCIA PARA ELABORACIÓN DE UN ESTANDAR

El primer paso de la estandarización, consiste en la identificación de las principales variables presentes en el proceso de fabricación específico, para el caso referenciado de las industrias carroceras El ESTANDAR deberá cumplir con los requerimientos de los Códigos seleccionados conforme al tipo de producción, en éste caso los códigos AWS Sección D.1.1-2000 (Structural Welding Code-Steel) Código para soldadura de acero estructural, y AWS D1.3/98 (Structural Sheet Code)Código para soldadura de chapa estructural; El estándar realizado se dividió en dos tomos discriminados de la siguiente manera:

### TOMO 1 Generalidades de las soldaduras:

Sección B1	Introducción al manual de soldadura
Sección B2	Presentación
Sección B3	Prácticas de soldadura en planta
Sección B4	Materiales base
Sección B5	Metales de aporte
Sección B6	Generalidades de los procedimientos de soldadura
Sección B7	Estilos de juntas
Sección B8	Proceso manual de soldadura de arco con electrodo revestido (SMAW)
Sección B9	Proceso de soldadura de arco con electrodo de tungsteno (GTAW-TIG)
Sección B10	Proceso de soldadura de arco sumergido (SAW)
Sección B11	Proceso de soldadura de arco con gas protector (GMAW-FCAW).

### TOMO 2 Especificación de los Procedimientos de soldadura y reportes de procedimiento de calificación

Sección B 12	INTRODUCCION
Sección B 13	JUNTAS EN FILETE (GMAW-AWS D1.3)
Sección B 14	JUNTAS EN FILETE (GMAW-AWS D1.1)
Sección B 15	JUNTAS A TOPE (GMAW-AWS D1.3)
Sección B 16	JUNTAS A TOPE (GMAW-AWS D1.1)
Sección B 17	FABRICACION DE CHASIS (anexo I)
Sección B 18	INSPECCION Y ENSAYOS (Anexo II)

En cada tomo se aplicaron los criterios definidos en el numeral 3. Se inicia con la verificación de los materiales base, los cuales deben cumplir con las especificaciones para fabricación de carrocerías conforme a los códigos citados, asimismo los materiales de aporte debidamente certificados.

El paso siguiente corresponde a la verificación y selección de los procesos de soldadura disponibles en la empresa, y aplicables a la producción de carrocerías, se selecciona el proceso GMAW y se procede a la calibración de los mismos.

En la calibración se determinaron los parámetros de soldadura para cada espesor de material base y cada grupo de material, cada posición a soldar, consignándose ésta información como reportes de procedimiento de calificación (PQR) en los respectivos WPS.

Una vez realizada la calibración de los equipos, se procede a la calificación del recurso humano conforme a los lineamientos de cada código. En ésta fase cada

operario de soldadura debe realizar las pruebas de competencia en la condición específica en que se requiera su calificación y certificación, para ello se disponen de cupones de prueba (probetas de las mismas características de producción) en los cuales se realizan los diferentes depósitos de soldadura, en las diferentes posiciones a soldar, teniendo en cuenta los diferentes diseños de junta. Durante todo el proceso de calificación las variables esenciales son verificadas, supervisadas y registradas por inspector certificado quien evaluará por inspección visual las soldaduras realizadas y procederá a ordenar el estampe de los cupones aceptados para las pruebas de laboratorio.

Realizada la verificación de procedimiento, y la aceptación de los cupones de prueba, se procede a los ensayos destructivos y no destructivos, de su resultado dependerá la calificación final del operario. Los resultados de los ensayos se consignan como PQR en los respectivos WPS y forman parte integral del estándar.

Una vez realizado el estándar, su control y revisión es responsabilidad exclusiva de la Gerencia de calidad, su edición y distribución de la Gerencia de Ingeniería, y su aplicación de la Gerencia de producción.

#### 4.1 Edición y revisiones

Para alcanzar una mejor difusión y desarrollo de las prácticas de calidad en la Empresa, es necesario revisar y actualizar permanentemente el estándar de soldadura a medida que ocurran cambios en tecnologías, bien sea por entidades de investigación o bien sea por actividades específicas, e innovaciones de la empresa.

Cuando los cambios ocurran, se debe realizar una nueva revisión, para lo cual se debe tener en cuenta:

- 4.1.1 El jefe de la Gerencia de Ingeniería es el responsable por la edición, las revisiones y el control del estándar de soldadura. Todas las revisiones serán aprobadas por él, volviéndose de forzosa aplicación para las actividades correspondientes.
- 4.1.2 Cada copia controlada del estándar se identificará de acuerdo con el número asignado a cada dependencia.
- 4.1.3 La persona en cada área a quien se le asigne el estándar, será responsable por la actualización y manejo del mismo.
- 4.1.4 Todas las copias del estándar deberán estar disponibles para una auditoría periódica por parte de la gerencia de calidad y los organismos de control.

## 4.2 Responsabilidades

### 4.2.1 Del jefe de la Gerencia de Ingeniería o su designado

- . Asigna estándar de acuerdo a las necesidades presentadas por el Jefe de cada una de las Divisiones de la Empresa.
- . Aprueba los cambios y revisiones que se lleven a cabo en el estándar.

### 4.2.2 De la Gerencia de calidad

- . Mantiene un manual maestro que sirva como comparación.
- . Mantiene la lista maestra actualizada de las copias controladas y el nombre de las personas a quienes se les asigna
- . Hace un seguimiento para que el estándar se encuentre actualizado con la última revisión en las diferentes dependencias y que se haga una difusión correcta entre las personas involucradas.
- . Utiliza ampliamente la calificación de procedimientos y soldadores, lo cual garantiza el control sobre los procesos y el producto.

### 4.2.3 De las personas a quienes se les asigna.

- . Actualiza el estándar con los nuevos procedimientos y/o revisiones tal como los recibe del área de normalización, destruyendo la parte o partes obsoletas objeto de la revisión.
- . Firma la "Lista de distribución" y la devuelve a la Gerencia de calidad como señal de recibido.
- . Tiene disponible su manual asignado para consulta del personal de su sección y cuando sea requerido para la revisión periódica por parte de la Gerencia de calidad.
- . No permite fotocopias de la información contenida en el manual sin la previa autorización de la Gerencia de Ingeniería o del jefe de la División a que pertenece.

## 4.3 Método de revisión

- . Cuando sea necesaria la revisión de un capítulo o parte de él, este se editará completo como versión revisada.
- . Con el objeto de mantener actualizado el estándar, cualquier funcionario de la Compañía puede solicitar su revisión a medida que se desarrollen avances

tecnológicos tanto internos como externos. Esta solicitud se debe cursar por intermedio del jefe del Area al encargado de la Gerencia de Ingeniería.

## 5. CONCLUSIONES

En los diferentes procesos de fabricación, es la unión de metales el más regulado, por ésta razón es de suma importancia tener procedimientos normalizados y amparados en códigos internacionales que involucren las múltiples variables que en el intervienen, partiendo del recurso humano, en éste caso los soldadores con todas sus competencias (conocimiento-habilidad-ética), siguiendo con las materias primas (material base y de aporte) y los equipos de soldadura (debidamente calibrados).

El aseguramiento de la calidad es el componente más relevante, constituye la vía para optimizar la productividad y competitividad entorno a los diferentes productos y servicios, siempre que éstos se encuentren estandarizados.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Código Clínico ANSI/AWS D1.1/2000, Publicaciones AWS, USA.
- [2] Código Clínico ANSI/AWS D1.3/1998, Publicaciones AWS, USA.
- [3] Simbología para soldadura ANSI/AWS A2.4/1979, Publicaciones AWS, USA.
- [4] Welding Inspection technology, 4a Edición/2000 Publicaciones AWS, USA.
- [5] Manual técnico de soldadura, Ing. Alberto Zapata Meneses, En edición.
- [6] Guía para la elaboración de estándares de soldadura, Ing. Alberto Zapata Meneses, En edición