

**ANALISIS DE ESFUERZOS PARA DOS UNIONES SOLDADAS TIPICAS****Stress Analysis to two Typical Welded Joints****RESUMEN**

En el sector de la construcción de maquinaria, elementos de máquina y soportes de las mismas, cuya materia prima sean los aceros en general, y en el que se use la soldadura como método de unión permanente; se deben tener presentes las reglamentaciones de los institutos que emiten normas sobre uniones soldadas, tales como la ANSI/AWS. Además del cumplimiento de normas para las soldaduras, se debe prestar especial interés a los diseños de las uniones soldadas, de tal manera que, cumplan también con los requisitos de seguridad. Por todo lo anterior, este artículo pretende ser una guía aproximada para los diseñadores de uniones soldadas que, además de requerir una forma estándar de indicarlas en los planos, necesiten estar seguros de su desempeño bajo cargas.

**PALABRAS CLAVES:** ANSI, AWS, cargas, desempeño, maquinaria, reglamentaciones, soldadura.

**ABSTRACT**

*In the sector of the construction of machinery, elements of machine and supports of the same, whose raw material are steels in general, and in which use the welding as a method of permanent union; it should bear in mind the regulations of the institutes issued rules on welds, such as the ANSI/AWS. In addition to the compliance with rules for welds, should be given special interest to the designs of welds, so that, also comply with the requirements of security. By the above, this article intended to be a guide approximate for designers of welded joints that, in addition to require a standard way to give details on the planes, need be sure your performance under charges.*

**KEYWORDS:** ANSI, AWS, charges, machinery, performance, regulations, welding.

**1. INTRODUCCIÓN**

La soldadura, más que un elemento de máquina, es un proceso de fabricación que nos recuerda que hay muchas facetas en un proyecto, además del análisis de los esfuerzos. De hecho, el análisis de los esfuerzos y la dimensión son, con frecuencia, las partes menores de los trabajos. En la mayoría de las veces, los proyectos son afectados de modo sensible por los procesos de fabricación. Sin embargo, desde el análisis convencional de esfuerzos en soldadura, frecuentemente, se genera un particular recelo. Trataremos abreviadamente las mismas, dándoles un mayor énfasis como proceso. El efecto de este proceso de fabricación en el proyecto es lo suficientemente grande para dar, a las máquinas y a los elementos de máquina soldados un aspecto bien característico. La elección de un proceso de soldadura, de fundición, de forja, etc., es un problema económico que puede ser resuelto correctamente en formas diferentes,

dependiendo de las circunstancias locales. La soldadura puede ser un procedimiento más barato donde el costo de modelos para fundición viene a ser un porcentaje grande del costo total o cuando hay dificultades inusuales de mecanizado y fundición. Para atender una necesidad, existen perfiles laminados especiales, producidos particularmente para conjuntos soldados, pernos o remachados, proyectados para ser soldados en los lugares especificados por el proyecto.

**2. SIMBOLOS DE SOLDADURA**

Una estructura soldada, es obtenida por la unión de metales en diversas formas, creando tipos de configuraciones particulares. Durante una soldadura, las partes a unir son mantenidas juntas, frecuentemente por algún medio de sujeción. Las soldaduras deben ser debidamente especificadas en los planos y en los diseños y esto se consigue usando un símbolo de soldadura,

**RICAUARTE OSPINA LOPEZ**

Profesor Asistente, M. Sc.  
Universidad Tecnológica de Pereira  
[ricaospi@utp.edu.co](mailto:ricaospi@utp.edu.co)

**CARLOS HERNANDO TRUJILLO**

Profesor Asistente  
Universidad Tecnológica de Pereira  
[cetepe@utp.edu.co](mailto:cetepe@utp.edu.co)

**HERNANDO PARRA L**

Profesor Asociado, M. Sc.  
Universidad Tecnológica de Pereira  
[heparra@utp.edu.co](mailto:heparra@utp.edu.co)

Fecha Recepción: 9 de Septiembre de 2010

Fecha aceptación: 15 de Noviembre de 2010

figura 1, creado por la AWS (American Welding Society). La Sociedad Americana de la Soldadura (AWS), ha desarrollado un estándar que describe los símbolos usados para la soldadura, los cuales han sido adoptados por la ANSI como el Standard ANSI / AWS A2.4-1993 [1]. La flecha de este símbolo apunta hacia la junta a ser soldada. El cuerpo del símbolo contendrá tantos de los siguientes elementos como fueren necesarios:

- Línea referencia
- Flecha

- Símbolos básicos de soldadura. Como los que aparecen en la figura 2
- Dimensiones y otros datos
- Símbolos suplementarios
- Símbolos finales
- Cola
- Especificación o proceso.

El símbolo debe interpretarse de la siguiente manera: lo que aparece por la parte inferior de la línea de referencia, se aplica en el lado donde indica la flecha y, lo que aparece del lado superior de dicha línea, se aplica al otro lado donde indique la flecha.

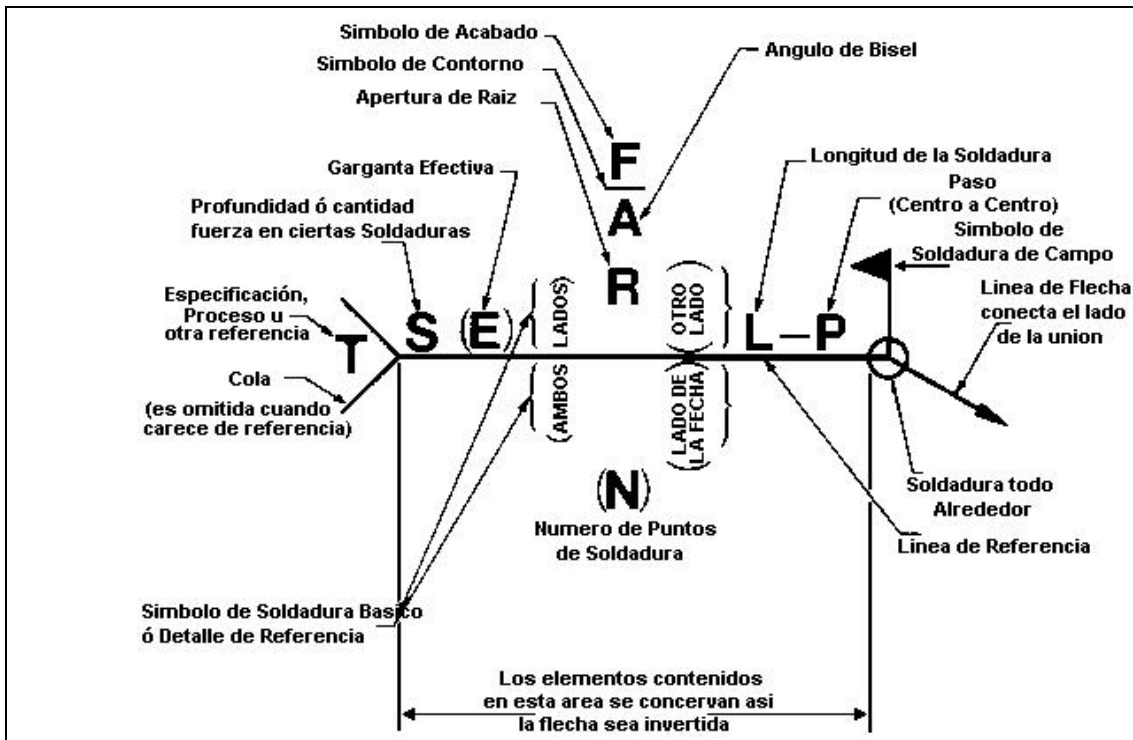


Figura 1. Patrón de la AWS para símbolos de soldadura [1].

TIPOS DE PREPARACIONES PARA UNIONES SOLDADAS							
EN FILETE	TAPON U OJAL	REVERSO O RESPALDO	RANURA				
			CUADRADA	EN "V"	BISELADO	EN "U"	EN "J"

Figura 2. Símbolos de soldadura básicos.

En la figura 3, se muestran algunos de los diseños de soldadura más frecuentemente usados en la industria

metalmecánica y su símbolo de soldadura correspondiente.

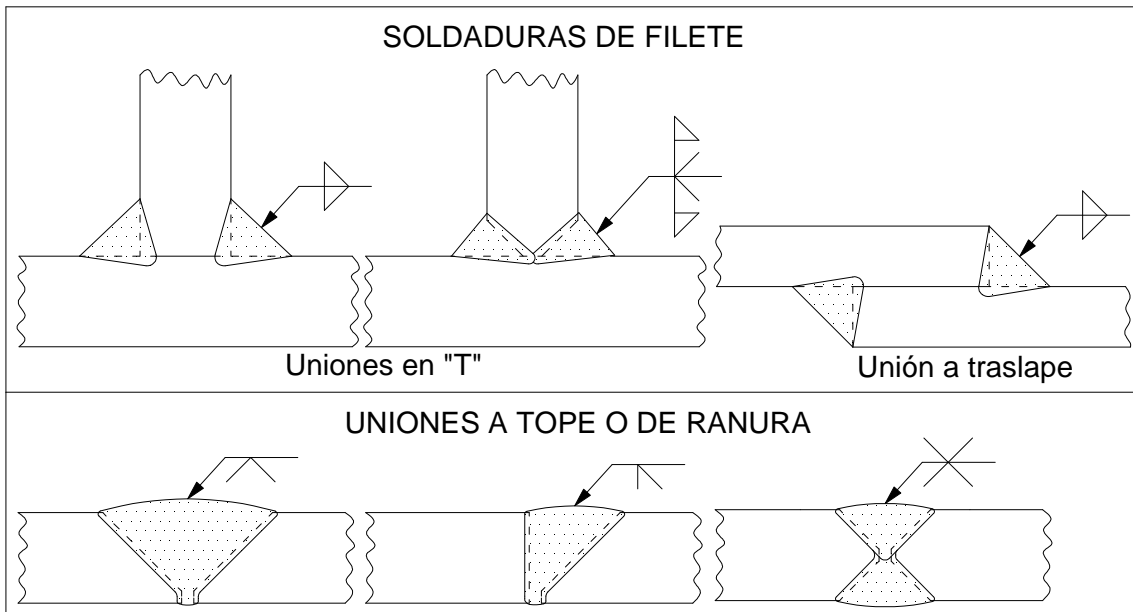


Figura 3. Ejemplos de tipos de uniones soldadas y su símbolo correspondiente.

### 3. ANALISIS DE ESFUERZOS PARA LAS SOLDADURAS A TOPE Y EN FILETE

#### 3.1. Soldadura a Tope

En la figura 4 se muestra una unión típica a tope con ranura en “V”, de penetración total bajo la acción de una fuerza F.

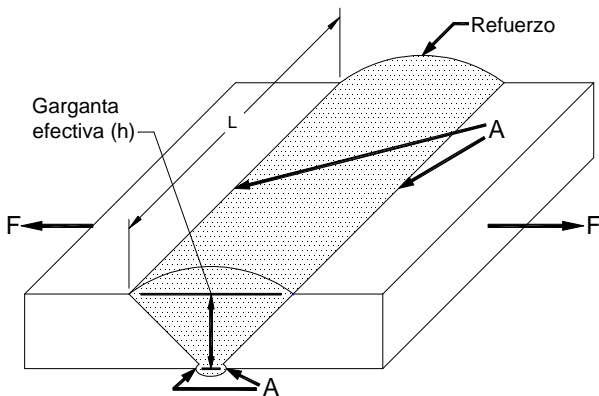


Figura 4. Junta a tope típica.

Para ambas sollicitaciones, a tensión o a compresión, el esfuerzo medio normal es:

$$\sigma = F / h.L \quad (1)$$

donde h es la garganta efectiva de la soldadura y L es la longitud de la misma, como se muestra en la figura. Nótese que en el valor de h no se incluye el refuerzo. El refuerzo es deseable para compensar los defectos, pero dicho refuerzo, por ser variable, produce concentración de esfuerzos en las líneas de intersección entre el metal base y el metal de soldadura, (zonas marcadas con la letra

A en la figura). Dichas líneas son llamadas pie de la soldadura. Si existen cargas que causen fatiga, es importante controlar las socavaciones que puedan presentarse al pie de la soldadura.

El esfuerzo medio para una junta a tope debida a una carga cizallante es:

$$\tau = F / h.L \quad (2)$$

#### 3.2. Soldadura en filete

En la figura 5 se ilustra una vista transversal de un filete de soldadura típico.

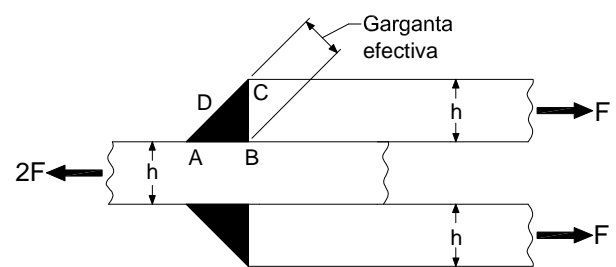


Figura 5. Sección transversal de una unión en filete.

Los intentos por resolver la distribución de esfuerzos en este tipo de problema, usando métodos de la teoría de la elasticidad, no tuvieron mucho éxito. Prácticas convencionales de la ingeniería, para estimar el tamaño de la soldadura, siempre han existido y estas se basan en la magnitud de la fuerza que se ejerce en el área correspondiente a la garganta efectiva DB.

En la figura 6a, una parte de la soldadura mostrada en la figura 5, fue seleccionada para tratar la garganta efectiva

de la unión como un diagrama de cuerpo libre. Esta área en la garganta es:

$A = h.L.\cos 45^\circ = 0,707h.L$ , donde L es la longitud de la soldadura.

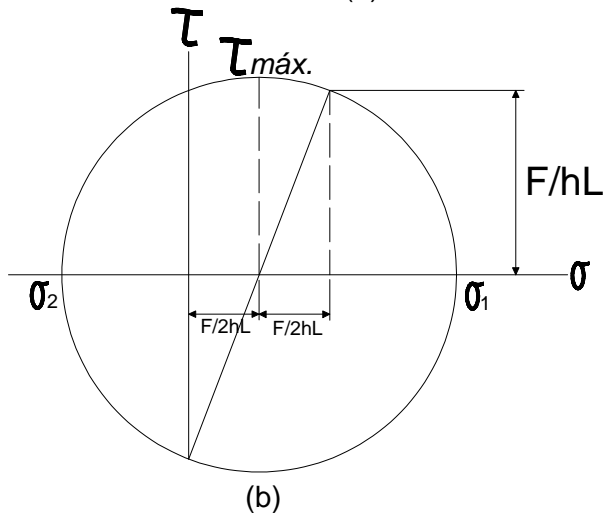
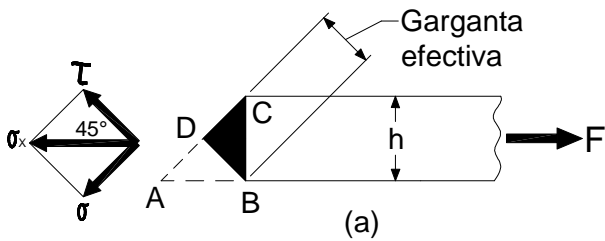


Figura 6. Circulo de Mohr para unión en filete.

Así pues el esfuerzo  $\sigma_x$  es:

$$\sigma_x = F/A = F / 0,707h.L \quad (a)$$

Este esfuerzo puede ser dividido en dos componentes, un esfuerzo de cizalladura  $\tau$  y un esfuerzo normal  $\sigma$ . Estos esfuerzos están dados por:

$$\tau = \sigma_x . \cos 45^\circ = F/ h.$$

$$L \sigma = \sigma_x . \cos 45^\circ = F/ h.L \quad (b)$$

En la figura 9b, estos son colocados dentro de un esquema de círculo Mohr. El principal aumento de la tensión es visto como:

$$\sigma_1 = \frac{F}{2Lh} + \sqrt{\left(\frac{F}{2Lh}\right)^2 + \left(\frac{F}{Lh}\right)^2} = 1.618 \frac{F}{hL} \quad (c)$$

El esfuerzo de cizallamiento máximo es:

$$\sigma_{max} = \sqrt{\left(\frac{F}{2Lh}\right)^2 + \left(\frac{F}{Lh}\right)^2} = 1.118 \frac{F}{hL} \quad (d)$$

Entretanto, para propósitos de desempeño, se acostumbra basar el esfuerzo de cizalladura en la garganta efectiva y omitir el esfuerzo normal completamente. Así pues, la ecuación para el esfuerzo medio es:

$$\tau = F / 0.707h.L = 1.414F / h.L \quad (3)$$

Y esta es la ecuación generalmente utilizada en el análisis de juntas con soldaduras en filete. Nótese que esto crea un esfuerzo de cizalladura de  $1.414 / 1,118 = 1.26$  veces mayor que el valor dado por la ecuación (d).

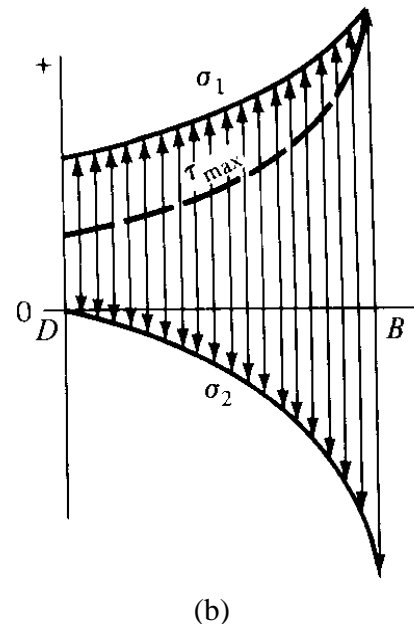
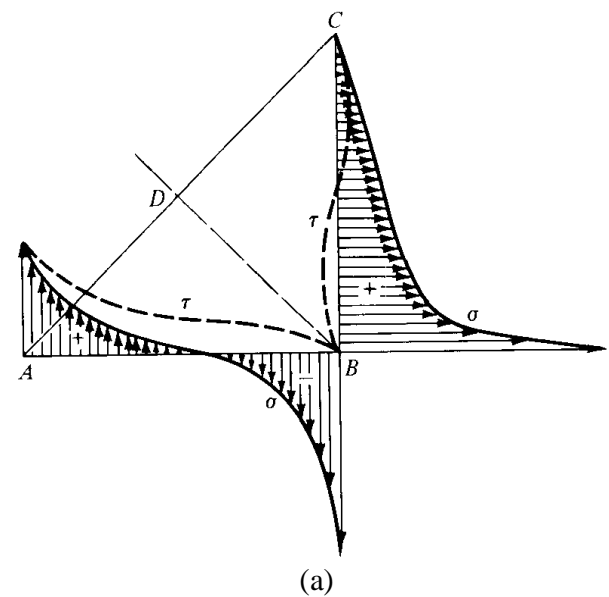


Figura 7. Distribución de esfuerzos en soldaduras de filete: a) distribución en las bases o lados de filete, según Norris; b) distribución de los esfuerzos principales y el esfuerzo cortante máximo, según Salakian.

Hay algunos resultados experimentales y analíticos que ayudan en la validación de la ecuación 3. Un modelo de un filete transversal de soldadura, figura 5, es fácilmente construido para propósitos fotoelásticos y tiene la ventaja de una condición de carga equilibrada.

Norris construyó este modelo y encontró como era la distribución de esfuerzos en los lados AB y BC de la junta soldadura [3]. Un gráfico aproximado de los resultados que él obtuvo, es mostrado en la figura 7(a). Nótese la concentración de esfuerzos que existe en A, en la pierna horizontal AB y en pierna vertical BC. Norris declaró que él no pudo determinar la tensión en A y en B con certeza.

Salakian [4] presentó datos para la distribución de esfuerzos a través de la garganta de un filete de soldadura, figura 7(b). Esta gráfica es de particular interés porque generalmente se supone en el diseño que la falla ocurrirá en la garganta del filete de la junta. Nuevamente, la figura 7(b) nos muestra la concentración de esfuerzos en el punto B. Nótese que la figura 7(a) se aplica tanto a la soldadura como al metal base, y que la figura 7(b) sólo se aplica al metal de soldadura.

#### 4. CONCLUSIONES

- Los símbolos de soldadura se usan en la industria para representar detalles de diseño que ocuparían demasiado espacio si se escribieran completos. Para indicar toda la información, el ingeniero o diseñador solamente pone un símbolo en el lugar adecuado del plano, pasando así la información al taller de soldadura.
- Los símbolos de soldadura deben formar parte del trabajo de un operario de soldadura tanto como el correr un cordón o rellenar una unión.
- Al diseñar componentes unidos permanentemente por soldadura, es preferible seleccionar aceros que permitan efectuar una unión rápida y económica, aunque esto implique sacrificar otras cualidades, como la maquinabilidad.
- En condiciones apropiadas, todos los aceros se pueden soldar, pero se obtendrán mejores resultados cuando se elijan materiales que tengan una especificación UNS entre G10140 y G10230. Todos estos tienen una resistencia última a la tensión, en las condiciones de laminado o rolado en caliente, comprendida entre 60 a 70 Kpsi.
- El diseñador puede elegir factores de seguridad o esfuerzos de trabajo permisibles con más confianza cuando sabe que valores han sido utilizados por otros. Uno de los mejores estándares en uso es el código o reglamento para la construcción de edificios del American Institute of Steel Construction (AISC). Aquí los esfuerzos permisibles se basan en la resistencia de fluencia del material, en vez de en la resistencia última, y el código permite el uso de uno o varios aceros estructurales ASTM que tienen resistencias de fluencia que varían de 33 a 50 Kpsi. Siempre que la carga sea la misma, el código admite que se considere el mismo esfuerzo en el metal de soldadura que en el metal base.
- El código AISC, así como el de la American Welding Society (AWS), contienen valores de esfuerzos permisibles para puentes cuando hay cargas de fatiga. El diseñador no tendrá dificultad en utilizar estos reglamentos, pero su naturaleza empírica tiende a oscurecer el hecho de que se han establecido con base en los conocimientos de la falla por fatiga. Desde luego, en las estructuras consideradas en estos códigos los esfuerzos reales no pueden exceder a los permisibles; de otra manera el diseñador incurre en responsabilidad legal.

#### 5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Standard ANSI / AWS A2.4. "Standard Symbols for Welding, Brazing, Nondestructive Examination 1993.
- [2] J. E. Shigley & C. R. Mischke, Diseño en Ingeniería Mecánica, ed McGraw-Hill, 5ª edición. 1989, p.433-397-439.
- [3] C. H. Norris, "Photoelastic Investigation of Stress Distribution in Transverse Fillet Welds", Welding J., vol. 24, 1945, p. 557.
- [4] A. G. Salakian y G. E. Claussen, "Stress Distribution in Fillet Welds; A Review of the Literature", Welding J., vol. 16, mayo de 1937, p. 1-24.