



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA

Criterios para el dimensionado de las uniones soldadas en estructuras de acero en edificación

Apellidos, nombre	Arianna Guardiola Villora (aguardio@mes.upv.es)
Departamento	Mecánica del Medio Continuo y Teoría de Estructuras
Centro	Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA

1 Resumen de las ideas clave

En este artículo se presentan los criterios básicos que hay que tener en cuenta para dimensionar los cordones de soldadura en ángulo de las uniones soldadas realizadas en las estructuras de edificación en acero, siguiendo el método simplificado establecido por el Documento Básico, Seguridad Estructural, Acero del Código Técnico de la Edificación, de ahora en adelante DB-SE-A del CTE.

2 Introducción

La soldadura es un procedimiento de unión directa entre metales de igual o parecida composición que necesita de una importante aportación de calor, con objeto de fundir los bordes de los elementos a unir y el material de aportación. Los dos metales fundidos, se mezclan dando lugar a un nuevo metal que es el que forma el cordón de soldadura.

El material de aportación deberá ser de igual o mayor resistencia que el metal base, de modo que se admite que la resistencia del cordón de soldadura es igual a la resistencia de las piezas unidas.

La soldadura en ángulo se utiliza para unir elementos cuyas caras de fusión forman un ángulo α comprendido entre 60° y 120° . Las uniones pueden ser en T o en solape, tal y como se observa en la figura 1

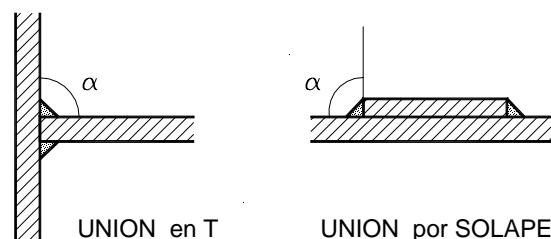


figura 1

El diseño y cálculo de las uniones resueltas por medio de soldadura en ángulo dependerá de la geometría de la unión a resolver así como de los esfuerzos a transmitir por parte de los cordones dispuestos, teniendo en cuenta la condición que establece el artículo 8.2¹, DB-SE-A en el que se establece que las uniones se deberán dimensionar con capacidad para transmitir los mínimos siguientes

- a) en el caso de nudos rígidos y empalmes la mitad de la resistencia última de cada una de las piezas a unir;
- b) en el caso de uniones articuladas la tercera parte del axil o el cortante último (según el caso) de la pieza a unir.

¹ apartados 1 y 2 del artículo 8.2



3 Objetivos

Una vez que el alumno finalice la lectura de este documento será capaz de:

- Diseñar y calcular la unión entre un perfil en L y una cartela de acero mediante soldadura en ángulo para resolver un nudo de celosía.
- Diseñar y calcular una unión articulada viga-soporte soldando el alma de la viga al ala del soporte mediante soldadura en ángulo.
- Diseñar y calcular una unión articulada viga-soporte soldando el ala de la viga a la chapa frontal soldada en el extremo del soporte mediante soldadura en ángulo.
- Diseñar y calcular una unión rígida viga-soporte mediante soldadura en ángulo perimetral a la viga.

4 Dimensionado de los cordones de soldadura en ángulo

El cálculo de los cordones de soldadura en ángulo en las uniones de estructuras de acero consiste en determinar el espesor de garganta $-a-$ y la longitud de los mismos $-L_w-$ en función de los esfuerzos a transmitir y la geometría de la unión.

Considerando que el cordón de soldadura en ángulo se puede asimilar a un prisma de base triangular, se define espesor de garganta como la altura de la sección transversal del cordón perpendicular a la cara exterior de la soldadura, siendo la longitud eficaz del mismo, igual a la longitud real siempre que el espesor del cordón sea el nominal a lo largo de toda su longitud, tal y como se representa en la figura 2

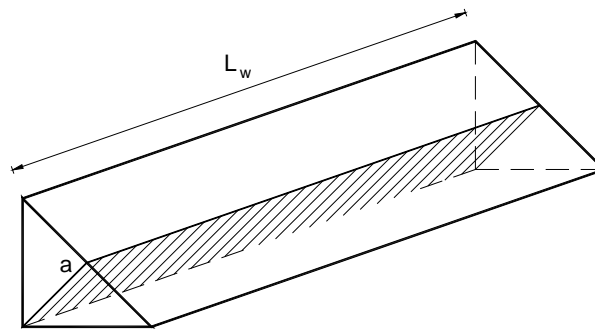


figura 2

Teniendo en cuenta que las condiciones que se establecen en este artículo son aplicables cuando los elementos a unir tienen al menos 4 mm de espesor, y son de aceros soldables, el proceso de cálculo del cordón de soldadura consiste en:

- Determinar la resistencia por unidad de superficie del cordón de soldadura.
- Establecer el espesor de garganta del cordón a disponer en función de los espesores de las chapas a unir.



- Calcular la longitud del cordón de soldadura cuyo en función de los esfuerzos a transmitir y el espesor de garganta a disponer
- Verificar que la rigidez de la unión calculada corresponde al modelo de nudo a diseñar, rígido o articulado, cumpliendo las condiciones de diseño pertinentes.

4.1 Resistencia de la soldadura en ángulo por unidad de superficie

La resistencia por unidad de superficie del cordón de soldadura en ángulo es igual a $f_{vw,d}$ cuyo valor se obtiene a partir de la expresión 1

$$f_{vw,d} = \frac{f_u / \sqrt{3}}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} \quad [\text{expresión 1}]$$

siendo

- f_u resistencia a tracción del acero de las chapas a soldar
 $\gamma_{M2} = 1,25$ coeficiente parcial de seguridad de la unión soldada
 β_w coeficiente de correlación en función del tipo de acero de las piezas a soldar, cuyo valor se obtiene a partir del límite elástico del acero de las chapas a unir en la tabla 1

tabla 1		
acero	$f_u \text{ N/mm}^2$	β_w
S 235	360	0,80
S 275	430	0,85
S 355	510	0,90

Sustituyendo los valores de f_u y β_w para las calidades habituales de acero estructural, se obtienen los valores de la tabla 2

tabla 2			
acero	$f_u \text{ N/mm}^2$	β_w	$f_{vw,d} \text{ N/mm}^2$
S 235	360	0,80	207,8
S 275	430	0,85	222,7
S 355	510	0,90	261,7

4.2 Dimensionado de espesor de garganta del cordón de soldadura

El espesor de garganta de una soldadura en ángulo deberá cumplir la condición expresada en la ecuación 2

$$a \leq 0,7 \cdot e_{min} \quad [\text{ecuación 2}]$$



siendo e_{min} el mínimo espesor de las chapas soldadas. El resultado de la expresión anterior se redondeará a la baja, no pudiendo adoptar valores inferiores a los de la tabla... en función del espesor de las chapas.

$$a \geq 3 \text{ mm} \quad \text{para} \quad e_{min} \leq 10 \text{ mm}$$

$$a \geq 4,5 \text{ mm} \quad \text{para} \quad e_{min} \leq 20 \text{ mm}$$

$$a \geq 5,6 \text{ mm} \quad \text{para} \quad e_{min} > 20 \text{ mm}$$

4.3 Dimensionado de la longitud del cordón de soldadura

4.3.1 Obtención de la longitud del cordón de soldadura necesaria para transmitir un esfuerzo F_{Ed}

Dado el esfuerzo que solicita a la unión, una vez obtenido el espesor de garganta, función del espesor de las chapas a unir, la longitud del cordón de soldadura a disponer deberá cumplir la condición de la ecuación 3

$$F_{w,Ed} \leq a \cdot L_w \cdot f_{w,d} \quad \text{[ecuación 3]}$$

Es decir, la longitud dispuesta de cordón de soldadura, L_w deberá ser

$$L_w \geq \frac{F_{Ed}}{a \cdot f_{w,d}} \quad \text{[ecuación 4]}$$

Además se deberán cumplir las siguientes disposiciones mínimas:

$$L > 40 \text{ mm} \quad \text{ó} \quad 6 \cdot a \quad \text{[ecuación 5]}$$

En cordones laterales -paralelos al esfuerzo- que transmitan axiles entre las piezas unidas, su longitud mínima será,

$$L > b \quad \text{ó} \quad 15 \cdot a \quad \text{[ecuación 6]}$$

siendo b la anchura de la pieza unida.

4.3.2 Obtención de la resistencia de un cordón de soldadura determinado

Determinado el espesor de garganta y la longitud del cordón de soldadura en ángulo a disponer, la resistencia del mismo será igual al valor obtenido en la ecuación 7.

$$F_{w,Rd} = a \cdot L_w \cdot f_{w,d} \quad \text{ecuación 7}$$

Resistencia que deberá ser mayor o igual al esfuerzo que solicita a la soldadura. Esta comprobación se realiza en aquellos casos en que la longitud del cordón de soldadura es limitada, debiendo comprobar que, el cordón de soldadura dispuesto es suficiente para transmitir los esfuerzos previstos.

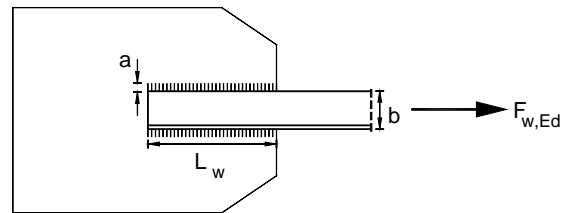
5 Aplicación práctica

5.1 Unión entre un perfil en L solicitado a axil y una cartela de acero mediante soldadura en ángulo

Se calcula el espesor de garganta en función del espesor de la cartela y el del ala del angular. Generalmente será el espesor del angular el que condicionará el dimensionado del espesor de garganta.

$$a \leq 0,7 \cdot e_{min}$$

pero $a \geq 3 \text{ mm}$



Se obtiene la longitud de cordón de soldadura necesaria para transmitir $F_{w,Ed}$, definido como el mayor valor entre el axil² que solicita a la barra y el 33% del $N_{pl,Rd}$ del angular a unir. Hay que tener en cuenta que se disponen 2 cordones, de modo que la longitud de cada uno de los cordones dispuestos deberá cumplir la condición:

$$L_w \geq \frac{F_{Ed}}{2 \cdot a \cdot f_{vw,d}}$$

La longitud dispuesta deberá ser mayor que

$$L_w \geq 15 \cdot a$$

$$L_w \geq b$$

5.2 Unión articulada viga-soporte mediante soldadura en ángulo entre el ala de la viga y la chapa frontal soldada a la cabeza del soporte.

Este detalle se podría resolver sin la chapa frontal en el extremo del soporte, soldando directamente el alma del soporte al ala de la viga, sin embargo, para evitar la ejecución de una soldadura de techo, se dispone una chapa intermedia, soldada en taller en el extremo del soporte, sobre la que se suelda el ala de la viga.

Se calcula el espesor de garganta en función del espesor de la chapa frontal – t_p – y el del ala de la viga – t_{rb} –

Generalmente es t_{rb} el espesor que condiciona el dimensionado del espesor de garganta.

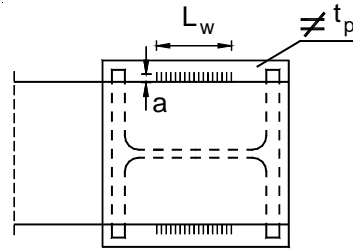
² El signo del axil no es relevante. El dimensionado del cordón de soldadura es igual sea un axil de tracción o de compresión.



$$a \leq 0,7 \cdot e_{min}$$

pero $a \geq 3 \text{ mm}$

Se obtiene la longitud de cordón de soldadura necesaria para transmitir $F_{w,Ed}$, definido como el mayor valor entre el cortante que solicita a la soldadura y el 33% del $V_{pl,Rd}$ del soporte a unir.



Hay que tener en cuenta que se disponen 2 cordones, de modo que la longitud de cada uno de los cordones dispuestos deberá cumplir:

$$L_w \geq \frac{F_{Ed}}{2 \cdot a \cdot f_{w,d}}$$

La longitud dispuesta deberá ser mayor que

$$L_w \geq 6 \cdot a$$

$$L_w \geq 40 \text{ mm}$$

Por último deberá comprobarse que la longitud del cordón cumple la condición de unión articulada, de modo que $L_w < \frac{2}{3} \cdot h_c$

5.3 Unión articulada viga-soporte mediante soldadura en ángulo entre el alma de la viga y el ala del soporte.

Se calcula el espesor de garganta en función del espesor del ala del soporte - t_{fc} - y el del alma de la viga - t_{wb} - Generalmente es t_{wb} el espesor que condiciona el dimensionado del espesor de garganta.

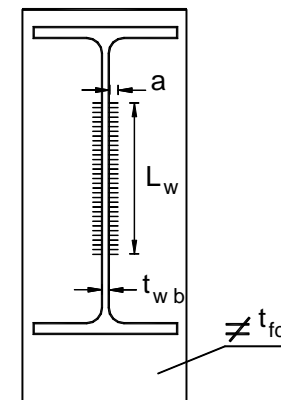
$$a \leq 0,7 \cdot e_{min}$$

pero $a \geq 3 \text{ mm}$

Se obtiene la longitud de cordón de soldadura necesaria para transmitir $F_{w,Ed}$, definido como el mayor valor entre el cortante que solicita a la soldadura y el 33% del $V_{pl,Rd}$ de la viga a unir.

Hay que tener en cuenta que se disponen 2 cordones, de modo que la longitud de cada uno de los cordones dispuestos deberá cumplir:

$$L_w \geq \frac{F_{Ed}}{2 \cdot a \cdot f_{w,d}}$$



La longitud dispuesta deberá ser mayor que

$$L_w \geq 6 \cdot a$$

$$L_w \geq 40 \text{ mm}$$

Además, una buena práctica constructiva recomienda disponer una longitud de cordón de soldadura de al menos la mitad del canto de la viga $L_w \geq \frac{h_b}{2}$

Por último se deberá comprobar que la longitud del cordón cumple la condición de unión articulada, de modo que $L_w < \frac{2}{3} \cdot h_b$

5.4 Unión rígida viga-soporte mediante soldadura perimetral en ángulo.

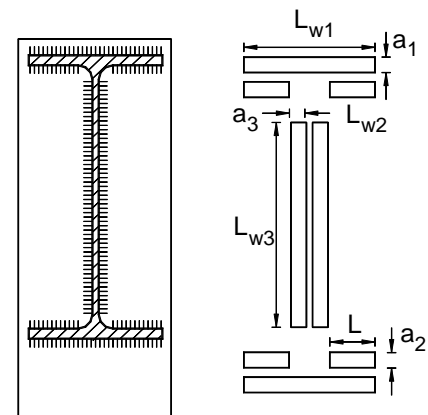
Esta unión está formada por tres tipos de soldadura:

- La soldadura exterior de unión entre el ala de la viga y el ala del soporte, que llamaremos a_1 cuyo espesor de garganta depende del espesor del ala de la viga y el ala del soporte.
- La soldadura interior de unión entre el ala de la viga y el ala del soporte, que llamaremos a_2 cuyo espesor de garganta depende del espesor del ala de la viga y el ala del soporte.
- La soldadura de unión entre el alma de la viga y el ala del soporte, que llamaremos a_3 cuyo espesor de garganta depende del espesor del alma de la viga y el ala del soporte.

Se calculan los espesores de garganta a_1 , a_2 y a_3 mediante la expresión $a \leq 0,7 \cdot e_{min}$

teniendo en cuenta que $a \geq 3 \text{ mm}$

Se calculan las longitudes de los tres tipos de soldadura L_{w1} , L_{w2} y L_{w3} teniendo en cuenta las dimensiones de la viga descontando los radios de acuerdo.



Las soldaduras 1 y 2 deberán ser capaces de transmitir una fuerza igual a la resistencia completa del ala de la viga, es decir:

$$F_{w,Rd} = (a_1 \cdot L_{w1} + 2 \cdot a_2 \cdot L_{w2}) \cdot f_{vW,d} \geq b_f \cdot t_{fb} \cdot f_{yd}$$

Las soldaduras 3 deberán ser capaces de transmitir el cortante que solicita a la unión, y al menos el 50% del $V_{pl,Rd}$ de la viga:

$$F_{w,Rd} = 2 \cdot a_3 \cdot L_{w3} \cdot f_{vW,d} \geq F_{W,Ed}$$

Dado que el espesor de garganta y la longitud del cordón de soldadura está limitado, si alguna de las dos condiciones anteriores no se cumple, hay que utilizar el procedimiento de cálculo de las soldaduras que tiene en cuenta la tensión de comparación (Procedimiento complejo), o resolver la unión mediante tornillos.



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA

6 Bibliografía

6.1 Libros:

[1] Monfort, J: "Tornillos y soldaduras". en Estructuras Metálicas para Edificación, Ed. Universidad Politécnica de Valencia, pág. 223-245.

[2] Monfort, J. Pardo, J.L., Guardiola, A. "Problemas de Estructuras Metálicas adaptados al Código Técnico" , Ed. Universidad Politécnica de Valencia

6.2 Referencias de fuentes electrónicas:

[3] MINISTERIO de la VIVIENDA: "Documento Básico Seguridad Estructural, Acero", Código Técnico de Edificación Disponible en: <http://www.codigotecnico.org>