



Mecanismos y Elementos de Máquinas

Cálculo de uniones soldadas

Sexta edición - 2013

Prof. Pablo Ringegni

INTRODUCCIÓN	3
1. JUNTAS SOLDADAS A TOPE	3
1.1. Resistencia de la Soldadura a tracción o compresión	3
1.2. Resistencia de la Soldadura a esfuerzos de corte.....	4
1.3. Resistencia de la Soldadura a flexión.....	5
1.4. Resistencia de la Soldadura a esfuerzos compuestos de flexión y corte.	5
2. JUNTAS DE FILETE.....	5
2.1. Carga paralela y transversal.....	7
2.2. Carga de torsión.....	8
2.3. Cálculo utilizando tablas	11
2.4. Carga de flexión	13
3. RESISTENCIA DE LAS UNIONES SOLDADAS	15
EJERCICIOS:	17
Ejemplo Nº 1	17
Ejemplo Nº 2	18
BIBLIOGRAFÍA	21

INTRODUCCIÓN

La soldadura constituye una unión fija entre dos o más piezas metálicas, por lo general de igual material, las cuales por medio de calor entregado a las mismas, y casi siempre a un material adicional de aporte, se funden y se combinan resultando una unión por cohesión en las denominadas soldaduras fuertes y por adhesión en las denominadas soldaduras blandas. Por lo tanto se tienen soldaduras con aporte y sin aporte de material, siendo las primeras las que se unen por simple fusión de cada uno de los materiales, o del material de aporte, y las segundas las que además de la fusión necesitan que se ejerza presión entre ellas para que se realice la unión. Las soldaduras fuertes se realizan mediante soldadura oxiacetilénica (soldadura autógena), soldadura eléctrica por arco voltaico, soldadura aluminotérmica y por resistencia eléctrica y presión. Las soldaduras blandas son las estañadas, donde el material aportado es de menor resistencia y dureza que los que se unen.

1. JUNTAS SOLDADAS A TOPE

En la figura siguiente se presenta una junta a tope típica con ranura en V cargada longitudinalmente con la fuerza F .

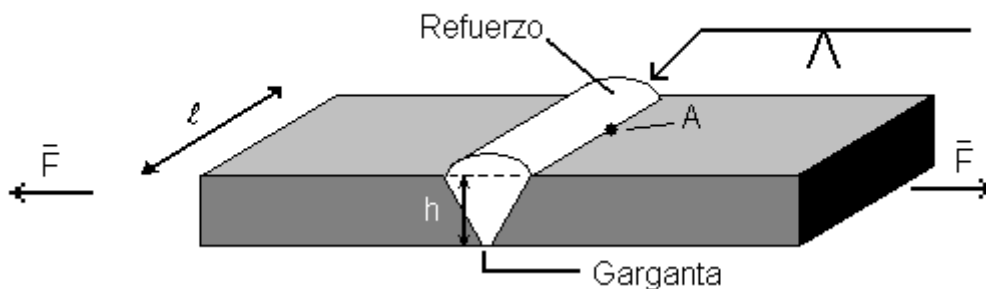


Figura 1

l = Long. del cordón
 h = altura de la garganta

1.1. Resistencia de la Soldadura a tracción o compresión

Para resistir este tipo de carga la tensión normal media vale:

$$\sigma_{adm} = \frac{P}{h \cdot l}$$

Nota:

- h no incluye el espesor del refuerzo. Este refuerzo sirve para compensar las grietas o huecos de la junta.
- Para que la soldadura resista mejor a la fatiga, en la práctica lo que se hace es esmerilar (amolar) el refuerzo pues en el punto A se origina concentración de tensiones.

La tensión de trabajo (σ) deberá ser menor que la tensión del material (σ_{mat}) de la soldadura más solicitada, multiplicada por 0,6.

$$\frac{P}{h \cdot l} = \sigma_{adm} \leq 0,6 \cdot \sigma_{mat}$$

Por ejemplo la tensión a tracción del acero dulce $\sigma_{acero\ dulce} = 1260 \text{ kg/cm}^2$ (AWS)

1.2. Resistencia de la Soldadura a esfuerzos de corte

Caso 1

Perímetro soldado:

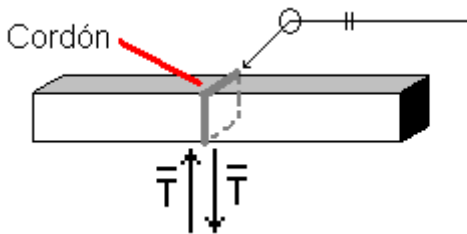
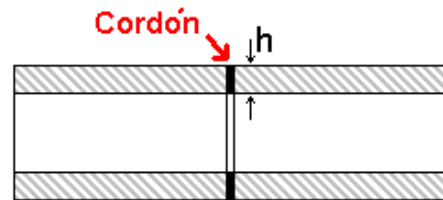


Figura 2



Corte longitudinal de la pieza de la figura 18

Figura 3

$$\tau_{adm} = \frac{T}{h \cdot l_p} \leq 0,4 \cdot \sigma_{mat}$$

h = altura del cordón

l_p = longitud del perímetro soldado

Caso 2

Planchuelas unidas por un extremo con toda la sección soldada:

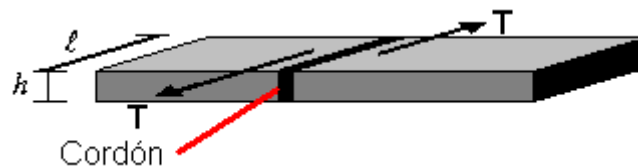


Figura 4

$$\tau_{adm} = \frac{T}{h \cdot l} \leq 0,4 \cdot \sigma_{mat}$$

1.3. Resistencia de la Soldadura a flexión

Sea el caso de un perfil que soporta cargas normales a su eje longitudinal

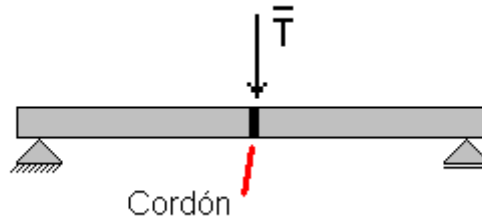


Figura 5

Para el caso que la soldadura coincida con el momento flector máximo (esfuerzo cortante nulo, $T=0$) se

debe verificar
$$\sigma_{adm} = \frac{M_f}{W} \leq 0,6 \cdot \sigma_{mat}$$

W = módulo resistente de la sección soldada que en las soldaduras a tope es la sección de la planchuela.

1.4. Resistencia de la Soldadura a esfuerzos compuestos de flexión y corte.

En este caso la soldadura no coincide con la zona de máximo momento flector, por lo tanto se debe verificar:

Para el caso 1

$$\sigma_{adm} = \sqrt{\left(\frac{M_f}{W}\right)^2 + \left(\frac{T}{h \cdot l_p}\right)^2} \leq 0,8 \cdot \sigma_{mat}$$

Ó para el caso 2

$$\sigma_{adm} = \sqrt{\left(\frac{M_f}{W}\right)^2 + \left(\frac{T}{h \cdot l}\right)^2} \leq 0,8 \cdot \sigma_{mat}$$

2. JUNTAS DE FILETE

La práctica común en el diseño de la soldadura es despreciar el esfuerzo normal y basar el tamaño de la junta, en la intensidad del esfuerzo cortante medio. En el área de la garganta de la soldadura a 45° de

los catetos. Esta es la mínima área del cordón por donde tiene que fallar a corte (Planos de corte de la soldadura en la garganta).

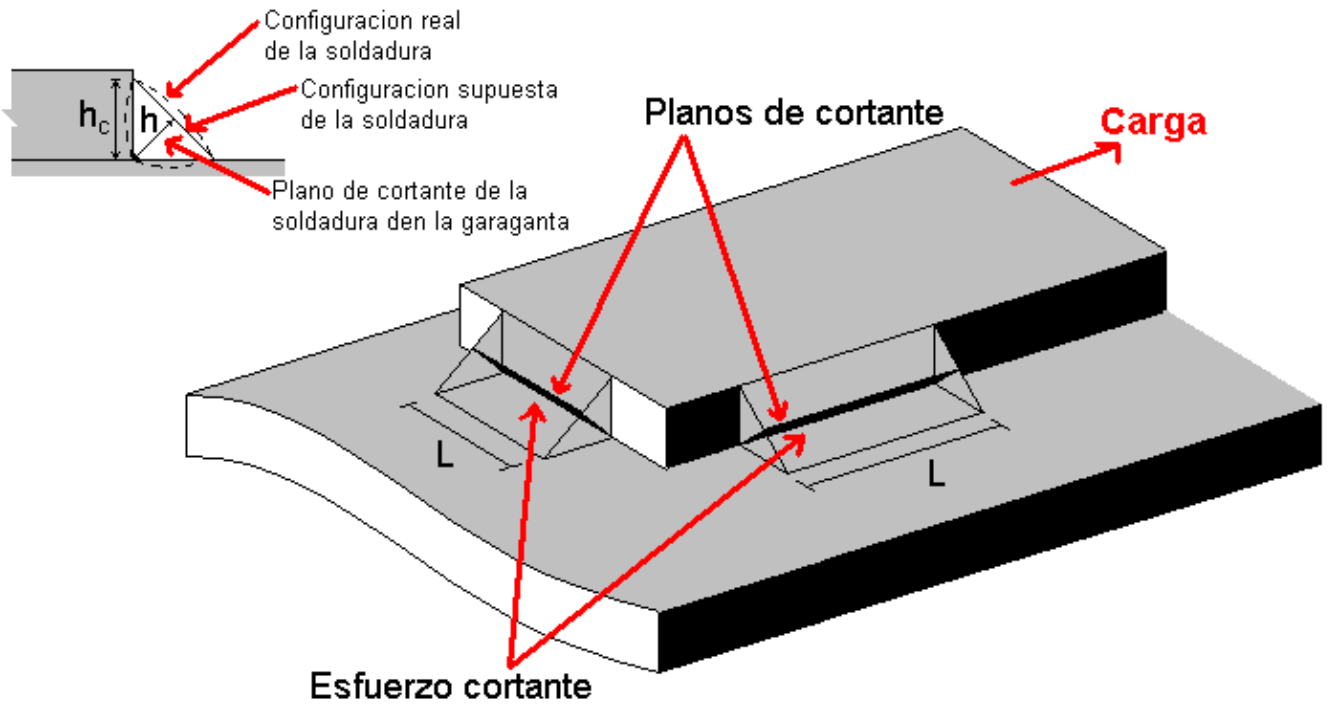


Figura 6

En la figura 6 se observa que en la soldadura a filete con cordones alineados paralelos a la carga, el esfuerzo cortante ocurre a lo largo de la garganta, paralelo a la dirección de la carga. En cambio en la soldadura alineada en forma transversal a la carga, el esfuerzo cortante ocurre a 45°, actuando en forma perpendicular al eje del filete.

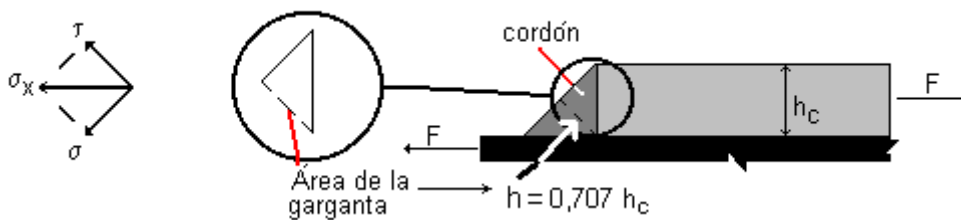


Figura 7

Si hacemos el análisis de las tensiones sobre la garganta tenemos:

$$\sigma_x = \frac{F}{A} = \frac{F}{0,707 \cdot h_c \cdot l}$$

Dividiendo este esfuerzo en dos componentes, un esfuerzo normal σ y otro cortante τ , que valen:

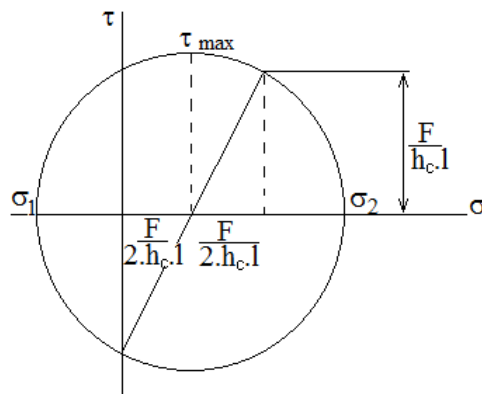
$$\tau = \sigma_x \cos(45) = \frac{F}{h_c \cdot l} \quad \sigma = \sigma_x \cos(45) = \frac{F}{h_c \cdot l}$$

Graficando estos valores en el círculo de Mohr, el esfuerzo principal es, por lo tanto:

$$\sigma_1 = \frac{F}{2 \cdot h_c \cdot l} + \sqrt{\left(\frac{F}{2 \cdot h_c \cdot l}\right)^2 + \left(\frac{F}{h_c \cdot l}\right)^2} = 1,618 \frac{F}{h_c \cdot l}$$

Y el esfuerzo de corte máximo vale:

$$\tau_{\max} = \sqrt{\left(\frac{F}{2 \cdot h_c \cdot l}\right)^2 + \left(\frac{F}{h_c \cdot l}\right)^2} = 1,118 \frac{F}{h_c \cdot l}$$

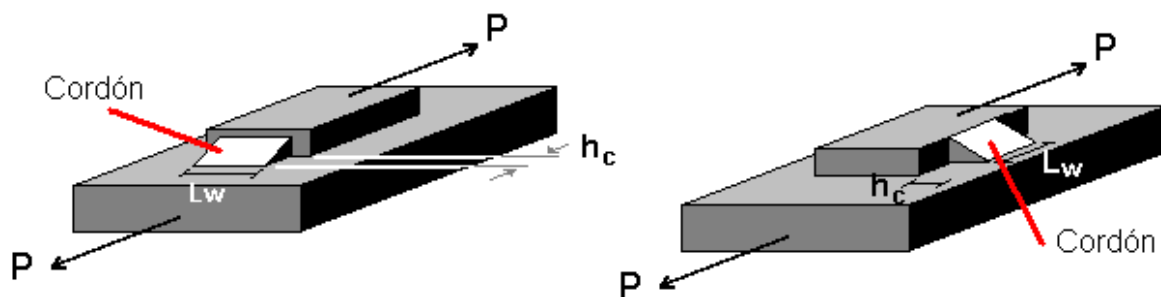


Sin embargo, en el diseño se acostumbra basar el esfuerzo cortante en el área de la garganta y desprender totalmente el esfuerzo normal, en consecuencia la ecuación del esfuerzo medio es:

$$\tau = \frac{F}{0,707 \cdot h_c \cdot l} = 1,414 \cdot \frac{F}{h_c \cdot l}$$

Este valor de esfuerzo utilizado habitualmente en el diseño es 1,26 veces mayor a la expresión del corte máximo, vista anteriormente.

2.1. Carga paralela y transversal



$$\mathbf{T} = \frac{P}{h L_w} = \frac{P}{0,707 h_c L_w}$$

Figura 8

h = Longitud de la garganta de la soldadura = $h_c \text{ sen}(45^\circ)$

h_c = Longitud del cateto de la soldadura.

L_w = Longitud del cordón de la soldadura

2.2. Carga de torsión

Ejemplo:

Sea la figura 8 que presenta un voladizo, unido a una columna por dos cordones de soldadura.

Para este grupo de soldaduras (en este caso 2) el esfuerzo de corte resultante que actúa es la suma vectorial de los esfuerzos de corte directo y de corte por torsión.

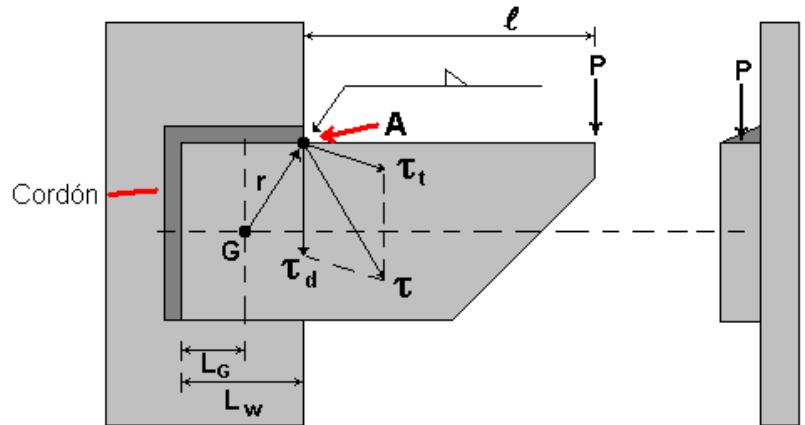


Figura 9

El esfuerzo de corte directo es:

$$\tau_d = \frac{V}{A}$$

V = Fuerza cortante = P

A = Área de garganta en todas las soldaduras

El esfuerzo de corte por torsión es:

$$\tau_t = \frac{M \cdot r}{J}$$

M = Momento torsor aplicado a la soldadura.

r = Distancia desde el baricentro del grupo de soldadura hasta el punto más apartado

J = Momento de inercia polar del grupo de juntas respecto al centroide G .

Así, en el diseño, cuando se conoce el tamaño de las juntas, estas ecuaciones pueden resolverse, y los resultados se pueden combinar para hallar el esfuerzo cortante máximo y compararlo con el admisible de la soldadura (σ_{adm}).

$$\tau = \sqrt{(\tau_d)^2 + (\tau_t)^2} \leq c \cdot \sigma_{adm} \text{ (Soldadura)} \quad c = \text{Constante} < 1$$

Otro problema que puede presentarse es determinar el tamaño de la junta, conociendo el esfuerzo cortante permisible. Estos dos problemas se aplican más adelante con ejemplos.

Veamos ahora como se calculan los parámetros A , J y r mencionados anteriormente, para un grupo de juntas. Los rectángulos representan las áreas de la garganta de las juntas.

Cordones de la figura inferior derecha

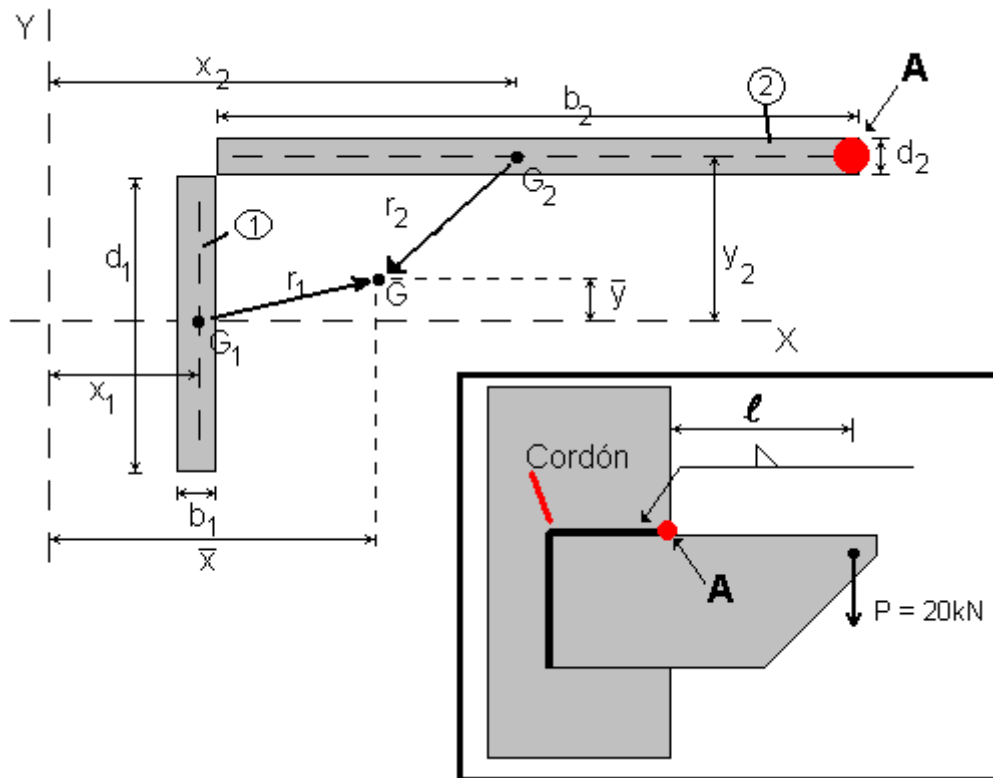


Figura 10 Cordones de soldadura

2.2.1. Cálculo del área A:

b_1 = Longitud de la garganta de la soldadura = $0,707 h_{c1}$

d_1 = Longitud del cateto de la soldadura.

d_2 = Longitud de la garganta de la soldadura = $0,707 h_{c2}$

b_2 = Longitud del cateto de la soldadura.

∴ El área de garganta en las 2 juntas es:

$$A = A_1 + A_2$$

$$A = b_1 \cdot d_1 + b_2 \cdot d_2$$

2.2.2. Cálculo de la distancia r y ubicación del baricentro G :

\bar{x} es la posición en “x” del baricentro del grupo de juntas G

$$\bar{x} = \frac{A_1 x_1 + A_2 x_2}{A}$$

\bar{y} es la posición en “y” del baricentro del grupo de juntas G

$$\bar{y} = \frac{A_1 y_1 + A_2 y_2}{A}$$

r_1 es la distancia de G_1 a G

$$r_1 = \left[(\bar{x} - x_1)^2 + (\bar{y} - y_1)^2 \right]^{1/2}$$

r_2 es la distancia de G_2 a G

$$r_2 = \left[(x_2 - \bar{x})^2 + (y_2 - \bar{y})^2 \right]^{1/2}$$

2.2.3. Cálculo del momento de inercia polar del grupo de juntas (J) respecto al baricentro (G)

Para la junta 1:

Momento de inercia polar de área respecto a un eje “x” que pasa por G_1 .

$$J_x = \frac{b_1 \cdot d_1^3}{12}$$

Momento de inercia polar de área respecto a un eje “y” que pasa por G_1 .

$$J_y = \frac{d_1 \cdot b_1^3}{12}$$

∴ El momento de inercia polar del área de la junta respecto a su propio centroide es:

$$J_{G1} = \frac{b_1 \cdot d_1^3}{12} + \frac{d_1 \cdot b_1^3}{12}$$

Para la junta 2:

$$J_x = \frac{b_2 \cdot d_2^3}{12}$$

$$J_y = \frac{d_2 \cdot b_2^3}{12}$$

$$\therefore J_{G2} = \frac{b_2 \cdot d_2^3}{12} + \frac{d_2 \cdot b_2^3}{12}$$

Finalmente utilizando el teorema de ejes paralelos, se halla **J** como:

$$J = \left(J_{G1} + A_1 \cdot r_1^2 \right) + \left(J_{G2} + A_2 \cdot r_2^2 \right)$$

2.2.4. Momento actuante

Este momento debe calcularse respecto de G y vale:

$$M = P \cdot \left(l + \left(b_2 - (\bar{x} - x_1) \right) \right)$$

2.3. Cálculo utilizando tablas

Ahora, a los fines prácticos y para sistematizar el cálculo de la junta, conviene considerar a cada cordón o filete como una simple recta, es decir considerar el ancho de la junta igual a la unidad.

De esta manera se obtendrá un momento de inercia polar unitario del grupo de juntas (J_u), el cual es independiente del tamaño de la junta (h_C).

Así la relación queda:

$$J = 0,707 \cdot h_C \cdot J_u$$

Donde J_u se determina como se vio anteriormente, pero para un área de ancho igual a la unidad.

Entonces para los cálculos se utilizan unas tablas que contienen las áreas de garganta unitarias (A), los momentos de inercia de área polares unitarios (J_u) y los momentos resistentes unitarios (I_u) para las uniones de filete más comunes.

Cálculo de uniones soldadas

Dimensiones de la soldadura	Flexión	Torsión
<p>$A = d$</p>	<p>$M = P \cdot a$ $I_u = \frac{d^2}{6}$</p>	<p>$J_u = \frac{d^3}{12}$ $c = \frac{d}{2}$ $T = P \cdot a$</p>
<p>$A = 2b$</p>	<p>$I_u = \frac{d^2}{3}$</p>	<p>$J_u = \frac{d \cdot (3b^2 + d^2)}{6}$</p>
<p>$A = 2d$</p>	<p>$I_u = b \cdot d$</p>	<p>$J_u = \frac{b^3 + 3b \cdot d^2}{6}$</p>
<p>$\bar{x} = \frac{b^2}{2 \cdot (b + d)}$ $\bar{y} = \frac{d^2}{2 \cdot (b + d)}$ $A = b + d$</p>	<p>Parte inf. $I_u = \frac{4 \cdot b \cdot d + d^2}{6}$ Parte sup. $I_u = \frac{d^2 \cdot (4 \cdot b + d)}{6 \cdot (2 \cdot b + d)}$</p>	<p>$J_u = \frac{(b + d)^4 - 6 \cdot b^2 \cdot d^2}{12 \cdot (b + d)}$</p>
<p>$\bar{x} = \frac{b^2}{2 \cdot b + d}$ $A = d + 2 \cdot b$</p>	<p>$I_u = b \cdot d + \frac{d^2}{6}$</p>	<p>$J_u = \frac{(2 \cdot b + d)^3}{12} - \frac{b^2 \cdot (b + d)^2}{(2 \cdot b + d)}$</p>

Tabla 2

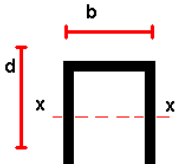
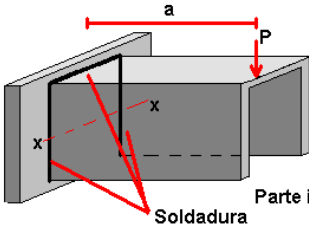
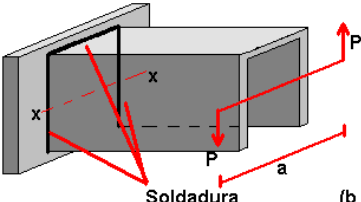
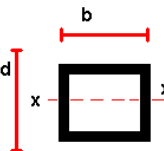
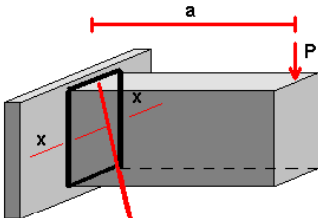
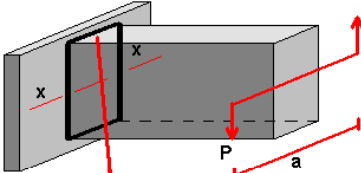
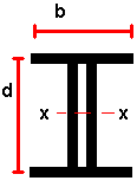
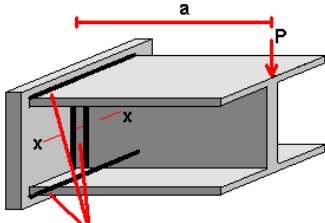
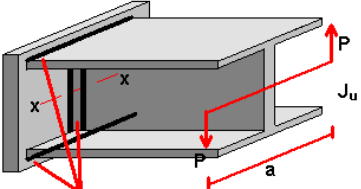
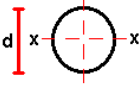
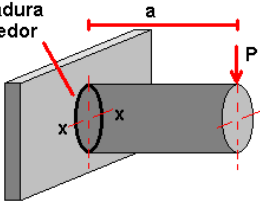
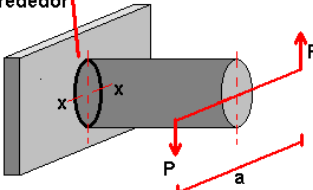
Dimensiones de la soldadura	Flexión	Torsión
 $\bar{y} = \frac{d^2}{(b + 2 \cdot d)}$ $A = b + 2 \cdot d$	 <p>Parte inf. $I_u = \frac{2 \cdot b \cdot d + d^2}{3}$</p> <p>Parte sup. $I_u = \frac{d^2 \cdot (2 \cdot b + d)}{3 \cdot (b + d)}$</p>	 $J_u = \frac{(b + 2 \cdot d)^3}{12} - \frac{d^2 \cdot (b + d)^2}{(b + 2 \cdot d)}$
 $A = 2 \cdot b + 2 \cdot d$	 $I_u = b \cdot d + \frac{d^2}{3}$	 $J_u = \frac{(b + d)^3}{6}$
 $A = 2 \cdot b + 2 \cdot d$	 $I_u = b \cdot d + \frac{d^2}{3}$	 $J_u = \frac{b^3 + 3 \cdot b \cdot d^2 + d^3}{6}$
 $A = \pi \cdot b$	 $I_u = \pi \cdot \left(\frac{d^2}{4}\right) \cdot b$	 $J_u = \pi \cdot \left(\frac{d^3}{4}\right) \cdot b$

Tabla 3

2.4. Carga de flexión

Sea la siguiente figura donde las juntas están sometidas a una fuerza de corte V y a un momento M , ambos generados por la fuerza F .

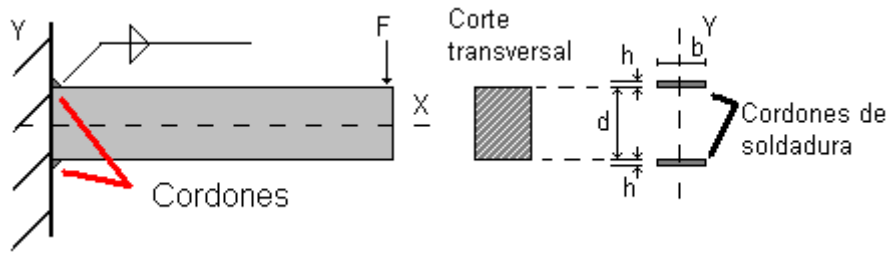


Figura 11

La fuerza de corte V debida a F produce esfuerzo de corte puro y vale:

$$\tau' = \frac{V}{A}$$

Donde A es el área total de las gargantas.

El momento M produce un esfuerzo normal (σ) por flexión en las juntas, que es perpendicular al área de la garganta, y como ya vimos en la práctica se lo suele suponer de igual magnitud que el esfuerzo cortante τ .

$$\tau = \frac{M \cdot c}{J} = \frac{M}{I}$$

Donde C es la distancia desde el eje neutro hasta la fibra exterior.

J es el momento de inercia de la garganta de la junta [m^4].

I es el momento resistente de la garganta de la junta [m^3]

El valor de I se calcula como:

$$I = 0,707 \cdot h_c \cdot I_u$$

I_u es el momento resistente unitario [m^2].

Este momento figura en la tabla 2:

$$I_u = b \cdot d$$

Con lo cual tenemos:

$$\tau \cong \sigma = \frac{M}{0,707 \cdot h_c \cdot b \cdot d}$$

Finalmente una vez conocidos σ y τ se pueden determinar los esfuerzos cortantes máximos o los esfuerzos principales. Una vez que se obtienen esos esfuerzos principales se aplica una teoría de falla apropiada para determinar la probabilidad de falla o la seguridad (estas teorías son las del esfuerzo cortante máximo o la teoría de la energía de distorsión).

3. RESISTENCIA DE LAS UNIONES SOLDADAS

Los electrodos que se utilizan en las soldaduras varían en forma considerable. Estos se identifican con el siguiente código:

Exxxx

Contando desde la izquierda:

Primera y segunda X: Resistencia última en kPsi

Segunda X: Posición de la soldadura: 1 toda posición, 2 horizontal plana, 4 toda posición y vertical descendente.

Tercer X: otras variables técnicas, por ejemplo la corriente a utilizar, penetración, escoria, contenido de polvo de Fe.

En la tabla siguiente se presentan las propiedades de resistencia mínima de varias clases de electrodos. En las publicaciones de la AWS (American Welding Society) y de AISC (American Institute of Steel Construction) y en la AA (Aluminium Association) se puede encontrar más información al respecto.

NÚMERO DE ELECTRODO	RESISTENCIA ÚLTIMA kpsi (MPA)	RESISTENCIA DE FLUENCIA kpsi (MPA)	ELONGACIÓN %
E60xx	62 (427)	50 (345)	17-25
E70xx	70 (482)	57 (393)	22
E80xx	80 (551)	67 (462)	19
E90xx	90 (620)	77 (531)	14-17
E100xx	100 (689)	87 (600)	13-16
E120xx	120 (827)	107 (737)	14

Tabla 4

Al diseñar componentes unidos por soldadura es preferible seleccionar aceros que permitan realizar una unión rápida y económica. En condiciones apropiadas todos los aceros se pueden soldar, pero se obtendrán mejores resultados cuando se elijan materiales que tengan especificaciones UNS entre G10140 y G10230 (AISI 1014 y 1023 respectivamente) (σ entre 60 y 70 kpsi (414 - 483 MPa)).

En cuanto a los factores de seguridad o esfuerzos de trabajo permisibles, el diseñador se puede basar en factores ya utilizados con anterioridad, o sino utilizar el código (AISC). En este código los

esfuerzos de trabajo permisibles están basados en la resistencia a la fluencia del material, en vez de la resistencia última.

Siempre que la carga sea la misma, el código AISC admite que se considere el mismo esfuerzo en el metal de aporte que en el metal base.

Este código permite el uso de aceros ASTM que tienen una tensión de fluencia entre 30 y 50 kpsi (206,8 – 344,7 MPa) y una relación:

$$\sigma_y = 0,5 \sigma_u$$

σ_y = Tensión de fluencia

σ_u = Tensión última

EJERCICIOS:

Ejemplo N° 1

Diseñar la correa y su soldadura correspondiente a la figura. La correa se debe fabricar con acero estructural ASTM 441 y $\frac{1}{4}$ de pulgada de espesor. Esta trabajará soportando una carga P de 55600 N. Se utilizará un factor de diseño de 2. Se usarán electrodos E70XX y el tamaño mínimo del cordón de soldadura será $h_c = \frac{3}{16}$ de pulgada (4,7625 mm). $W = 60$ mm.

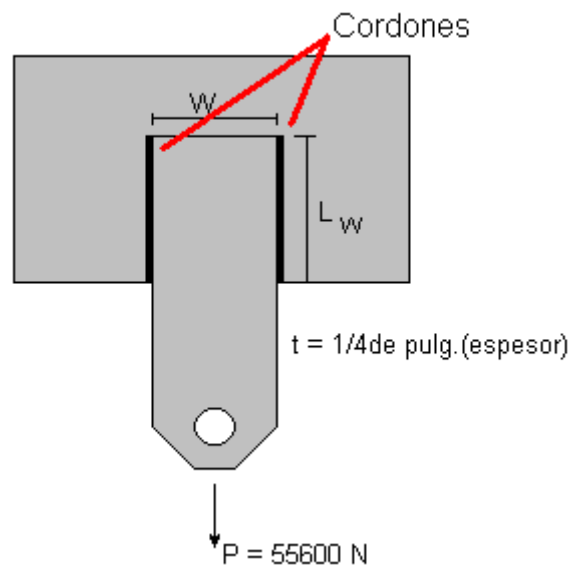


Figura 12

Calculamos la soldadura, en este caso aparece corte puro:

$$\tau = \frac{P}{0,707 \cdot h_c \cdot L_w \cdot N} [Pa]$$

N : número de cordones de soldadura.

Como la tensión de fluencia para el electrodo E70XX la $\sigma_y = 393$ Mpa, calcularemos la soldadura basándonos en la altura de los catetos del cordón.

Asumiendo que la tensión de corte es la mitad que la normal:

$$\tau_p = 0,5 \cdot \sigma_y = 196,5 MPa$$

$$\tau = \frac{\tau_p}{2} = \frac{55600 N}{0,707 \cdot 0,00476 \cdot L_w \cdot 2} [Pa] = 98,25 \cdot 10^6 Pa$$

$$\therefore L_w = 84 mm$$

Ejemplo N° 2

(15.11 Hamrock pag 706)

Sea una ménsula que se suelda a una columna. La ménsula debe soportar $P = 20 \text{ kN}$ y las longitudes de los cordones de soldadura son: $d = 150 \text{ mm}$ y $b = 100 \text{ mm}$. Se utilizará un electrodo E60XX y soldadura de filete.

Calcular la longitud del cateto de la soldadura para un factor de seguridad de 2,5 (considerar solo torsión y corte puro).

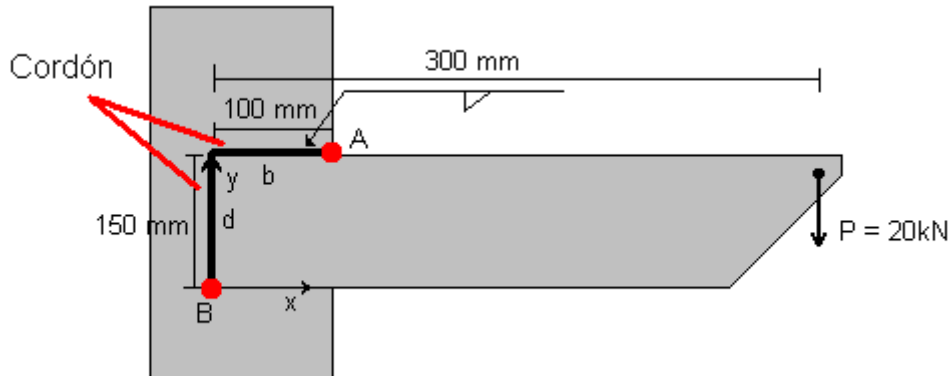


Figura 13

- Los 20 kN generan corte puro en los cordones y este vale:

$$\tau_c = \frac{P}{A}$$

De la tabla 2 para esta configuración de soldadura hallamos el área unitaria $A_u = b+d$, y la total es:

$$A = 0,707 \cdot h_c \cdot (b + d) = 0,707 \cdot h_c \cdot (100 + 150) = 176,87 \cdot h_c \text{ [mm}^2\text{]} \quad \text{con } h_c \text{ en milímetros}$$

$$A = 0,001768 \cdot h_c \text{ [m}^2\text{]} \quad \text{con } h_c \text{ en milímetros}$$

$$\therefore \tau_c = \frac{20000}{176,8 \cdot h_c \cdot 10^{-6}} = \frac{113,1}{h_c} \text{ [MPa]} \quad \text{con } h_c \text{ en milímetros}$$

Este corte actúa sobre los dos cordones en toda su longitud, pero en nuestro caso analizaremos solamente los puntos A y B, que son los más alejados del centroide del grupo y por lo tanto los más críticos (τ_{CA} y τ_{CB}).

La dirección de los esfuerzos está dada por la reacción que origina la columna sobre la ménsula. Analizando al grupo de juntas como libre.

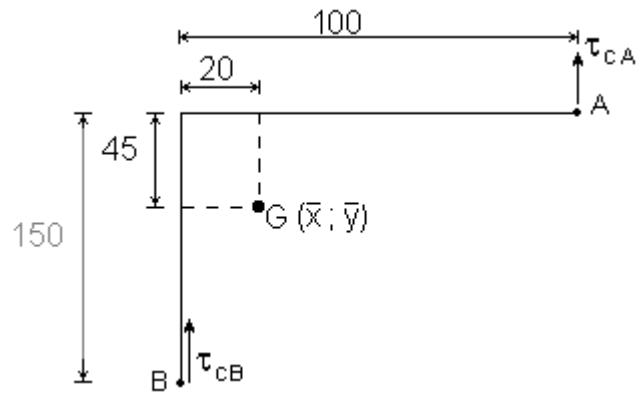


Figura 14

- Los 20 kN también generan torsión cuyo esfuerzo de corte vale:

$$\tau_t = \frac{M \cdot r}{J}$$

Trabajando en componentes:

$$\tau_t = \frac{M \cdot r}{J} = \sqrt{\tau_x^2 + \tau_y^2} = \sqrt{\left(\frac{M \cdot y}{J}\right)^2 + \left(\frac{M \cdot x}{J}\right)^2}$$

De tabla la rigidez torsional es:

$$J_U = \frac{(b+d)^4 - 6 \cdot b^2 \cdot d^2}{12 \cdot (b+d)} = \frac{(100+150)^4 - 6 \cdot 100^2 \cdot 150^2}{12 \cdot (100+150)}$$

$$J_U = 852083 \text{ mm}^4 / \text{mm}$$

$$\therefore J = 0,707 \cdot h_c \cdot J_U = 602514 \cdot h_c [\text{mm}^4] \quad \text{con } h_c \text{ en milímetros}$$

El momento se toma respecto del centroide del grupo (ver figura 35). Este se calcula de acuerdo a la tabla 2 y está ubicado en:

$$\bar{X} = \frac{b^2}{2 \cdot (b+d)} = 20 \text{ mm}$$

$$\bar{Y} = \frac{d^2}{2 \cdot (b+d)} = 45 \text{ mm}$$

Expresando las distancias en metros:

$$\therefore M = 20000 \cdot (0,3 - 0,02)$$

$$M = 5600 \text{ Nm}$$

Ahora, como metodología, calculamos la tensión de corte producto de la torsión en componentes X e Y en los puntos A y B.

En el punto A:

$$\tau_{iAX} = \frac{5600 \cdot 0,045}{602514 \cdot h_c \cdot 10^{-12}} = \frac{418247543}{h_c} \left[\frac{N}{m^2} \right] = \frac{418,3}{h_c} [MPa] \quad \text{con } h_c \text{ en milímetros}$$

$$\tau_{iAY} = \frac{5600 \cdot (0,1 - 0,02)}{602514 \cdot h_c \cdot 10^{-12}} = \frac{743651183}{h_c} [Pa] = \frac{743,7}{h_c} [MPa] \quad \text{con } h_c \text{ en milímetros}$$

En el punto B:

$$\tau_{iBX} = \frac{5600 \cdot (0,15 - 0,045)}{602514 \cdot h_c \cdot 10^{-12}} = \frac{976,1}{h_c} [MPa] \quad \text{con } h_c \text{ en milímetros}$$

$$\tau_{iBY} = \frac{5600 \cdot (0,02)}{602514 \cdot h_c \cdot 10^{-12}} = \frac{185,9}{h_c} [MPa] \quad \text{con } h_c \text{ en milímetros}$$

Las tensiones totales de corte en el punto A son:

$$\tau_{AX} = \tau_{iAX} = \frac{418,3}{h_c} [MPa]$$

$$\tau_{AY} = \tau_{CA} + \tau_{iAY} = \frac{113,1}{h_c} + \frac{743,7}{h_c} = \frac{856,8}{h_c} [MPa]$$

$$\therefore \tau_A = \sqrt{\tau_{AX}^2 + \tau_{AY}^2}$$

$$\tau_A = \frac{953,5}{h_c} [MPa] \quad \text{con } h_c \text{ en milímetros}$$

Y para el punto B son:

$$\tau_{BX} = \tau_{iBX} = \frac{976,1}{h_c} [MPa]$$

$$\tau_{BY} = \tau_{CB} + \tau_{iBY} = \frac{113,1}{h_c} - \frac{185,9}{h_c} = -\frac{72,8}{h_c} [MPa]$$

$$\therefore \tau_B = \sqrt{\tau_{BX}^2 + \tau_{BY}^2}$$

$$\tau_B = \frac{978,8}{h_c} [MPa] \quad \text{con } h_c \text{ en milímetros}$$

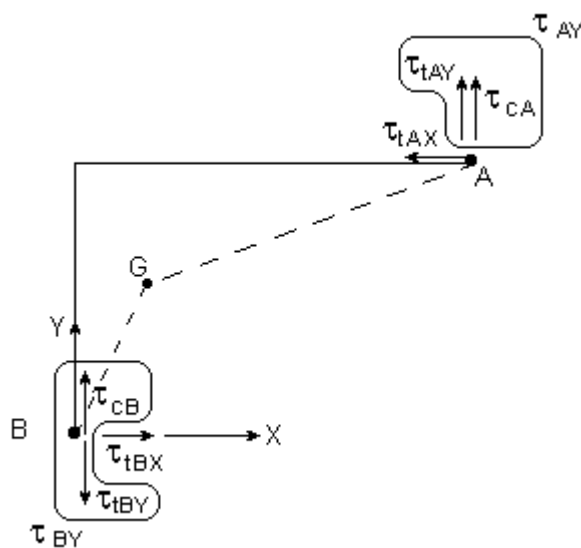


Figura 15

Finalmente como la tensión de corte es mayor en B, se toma este punto como referencia para el diseño

$$\tau_B = \frac{978,8}{h_C} [MPa] \quad \text{con } h_C \text{ en milímetros}$$

Luego, de la tabla 4 de electrodos, para el E60XX la tensión de fluencia que le corresponde es:
 $\sigma_y = 345 \text{ Mpa}$

La tensión admisible para corte de filete:

$$\tau_{\text{admisible}} = 0,6 \sigma_y = 199 \text{ Mpa}$$

Si tomo un factor de seguridad 2,5

$$\tau_{\text{Diseño}} = \frac{2,5 \cdot 978,8}{h_C} [MPa] = \frac{2447}{h_C} [MPa] \quad \text{con } h_C \text{ en milímetros}$$

y como

$$\therefore \tau_{\text{admisible}} = 199 \text{ Mpa}$$

Despejando obtenemos el valor de h_C :

$$h_C = \frac{2447}{199} \cdot \frac{MPa}{mm} \cdot \frac{mm}{MPa}$$

$$h_C = 12,3 \text{ mm}$$

BIBLIOGRAFÍA

Elementos de máquinas, Pezzamo Klein

Elementos de máquinas, Bernard J. Hamrock, Bo Jacobson, Steven R. Schmid

Diseño en ingeniería mecánica, Shigley Mischke

Diseño de elementos de máquinas, Robert L. Mott

Soldadura. Aplicaciones y práctica, Horwitz