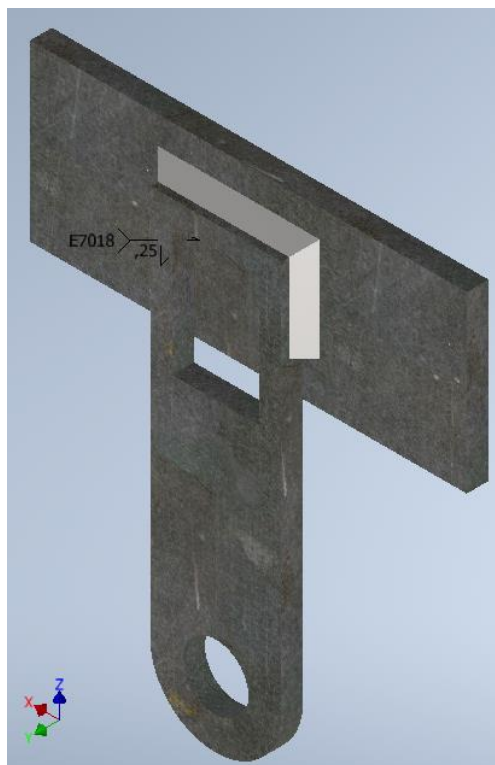
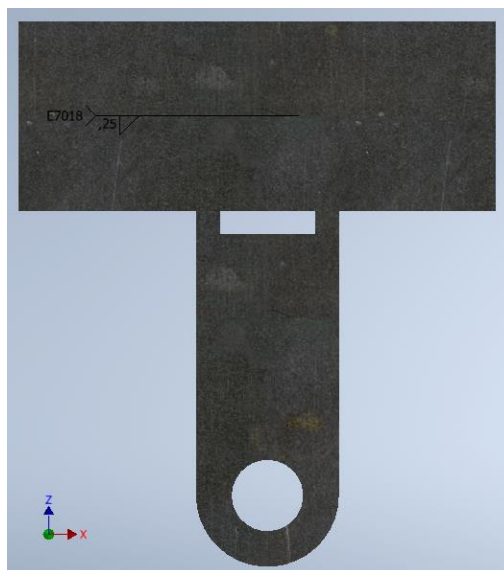


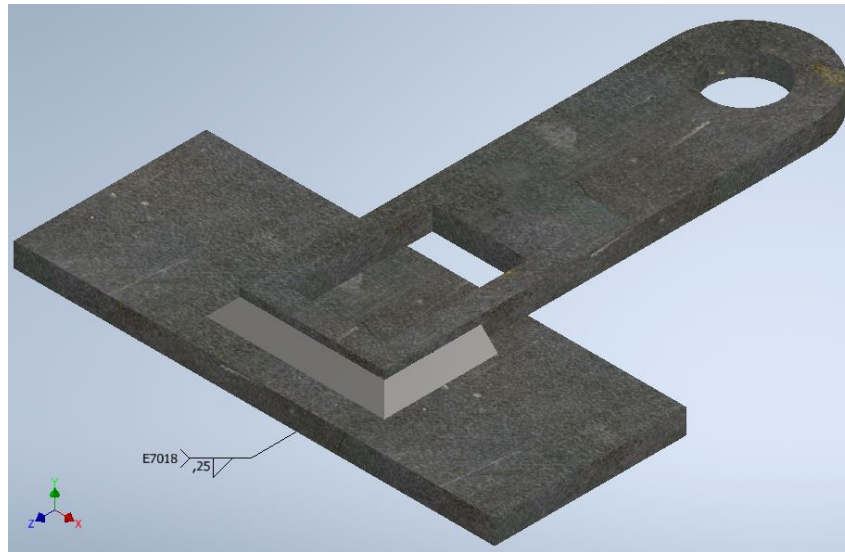
## DISEÑO Y SIMULACIÓN DE MÁQUINAS

### DISEÑO DE JUNTAS SOLDADAS

Marcos Neptali Nuñez Cují – [mnnunez@espol.edu.ec](mailto:mnnunez@espol.edu.ec)  
Alexandra Elizabeth Imaicela Cañizares – [aeimaice@espol.edu.ec](mailto:aeimaice@espol.edu.ec)  
Docente: Ing. Efraín Terán  
Paralelo 1  
1er Término 2022

#### Problema 1: Junta soldada a torsión





**Dimensiones:**

<b>B</b>	2[in]
<b>D</b>	3[in]
<b>Garganta (0.707h)</b>	0.25[in]
<b>X</b>	0.57[in]
<b>Y</b>	1.5[in]

**Área de la garganta de la soldadura:**

$$A = 0.707h(2b + d)$$

$$A = 0.25(2 * 2 + 3)$$

$$A = 1.75[in^2]$$

**Cortante primario:**

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

$$\tau' = \frac{3000 [lbf]}{1.75 [in^2]}$$

$$\tau' = 1.71 [kpsi]$$

**Momento generado:**

$$M = F * L$$

$$M = 3000lbf * 8.47in$$

$$M = 25410[lbf * in]$$

**Radio en los distintos puntos:**

$$r_a = r_c = 1.6 in$$

$$r_b = r_d = 2.07 \text{ in}$$

**Segundo momento polar unitario del área ( $J_u$ )**

$$J_u = \frac{8b^3 + 6bd^2 + d^3}{12} - \frac{b^4}{2b + d}$$

$$J_u = \frac{8(2)^3 + 6(2)(3)^2 + (3)^3}{12} - \frac{(2)^4}{2(2) + 3}$$

$$J_u = 14.2976[\text{in}^3]$$

**Segundo momento polar de inercia del área del grupo de soldaduras respecto del centroide del grupo ( $J$ )**

$$J = 0.707hJ_u$$

$$J = (0.25 \text{ in})14.2976 \text{ in}^3$$

$$J = 3.5744[\text{in}^4]$$

**Cortante secundario**

$$\tau_a'' = \tau_c'' = \frac{M * r}{J}$$

$$\tau_a'' = \tau_c'' = \frac{25410 * 1.6}{3.5744}$$

$$\tau_a'' = \tau_c'' = 11374.21665 \approx 11.374[\text{kpsi}]$$

$$\tau_b'' = \tau_d'' = \frac{M * r}{J}$$

$$\tau_a'' = \tau_c'' = \frac{25410 * 2.07}{3.5744}$$

$$\tau_a'' = \tau_c'' = 14715.39279 \approx 14.715[\text{kpsi}]$$

**Cortante total en los diferentes puntos**

$$\tau_a = \tau_c = 10.88 [\text{kpsi}]$$

$$\tau_b = \tau_d = 15.904 [\text{kpsi}]$$

$$N = \frac{0.3 * 70}{15.904}$$

$$N = 1.32$$

## -CÁLCULOS PARA EL METAL BASE

**Dimensiones:**

<b>B</b>	2[in]
<b>D</b>	3[in]
<b>h</b>	0.3536[in]
<b>X</b>	0.57[in]
<b>Y</b>	1.5[in]

**Área:**

$$A = 0.707h(2b + d)$$

$$A = 0.3536(2 * 2 + 3)$$

$$A = 2.4752[in^2]$$

**Cortante primario:**

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

$$\tau' = \frac{3000 [lbf]}{2.4752 [in^2]}$$

$$\tau' = 1.212 [kpsi]$$

**Momento generado:**

$$M = F * L$$

$$M = 3000lbf * 8.47in$$

$$M = 25410[lbf * in]$$

**Radio en los distintos puntos:**

$$r_a = r_c = 1.6 in$$

$$r_b = r_d = 2.07 in$$

**Segundo momento polar unitario del área ( $J_u$ )**

$$J_u = \frac{8b^3 + 6bd^2 + d^3}{12} - \frac{b^4}{2b + d}$$

$$J_u = \frac{8(2)^3 + 6(2)(3)^2 + (3)^3}{12} - \frac{(2)^4}{2(2) + 3}$$

$$J_u = 14.2976[in^3]$$

**Segundo momento polar de inercia del área del grupo de soldaduras respecto del centroide del grupo (J)**

$$J = 0.707hJ_u$$

$$J = (0.3536)14.2976 in^3$$

$$J = 5.0556[in^4]$$

### Cortante secundario

$$\tau_a'' = \tau_c'' = \frac{M * r}{J}$$

$$\tau_a'' = \tau_c'' = \frac{25410 * 1.6}{5.0556}$$

$$\tau_a'' = \tau_c'' = 8041.775 \approx 8.041[kpsi]$$

$$\tau_b'' = \tau_d'' = \frac{M * r}{J}$$

$$\tau_a'' = \tau_c'' = \frac{25410 * 2.07}{5.0556}$$

$$\tau_a'' = \tau_c'' = 10404.047 \approx 10.404[kpsi]$$

### Cortante total en los diferentes puntos

$$\tau_a = \tau_c = 7.685 [kpsi]$$

$$\tau_b = \tau_d = 11.233 [kpsi]$$

$$N = \frac{0.4 * 36}{11.233}$$

$$N = 1.28$$

### -Verificación con la calculadora de Inventor:

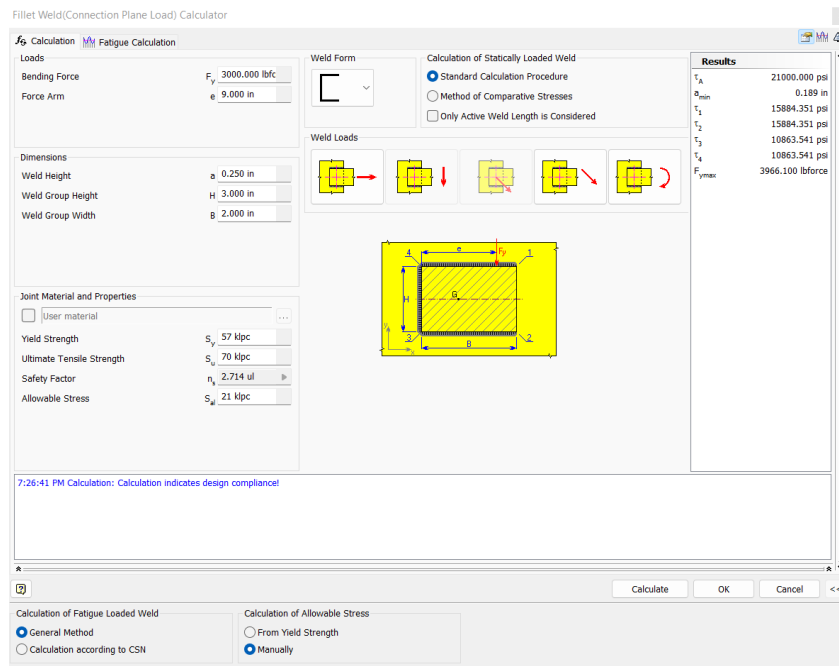


Ilustración 1. Resultados verificados con la calculadora de Inventor para el Cordon

Fillet Weld(Connection Plane Load) Calculator

**Loads**

Bending Force  $F_y$  3000.000 lbf  
Force Arm  $e$  9.000 in

**Dimensions**

Weld Height  $a$  0.3536 in  
Weld Group Height  $H$  3.000 in  
Weld Group Width  $B$  2.000 in

**Joint Material and Properties**

☒ Structural Steel A36

Yield Strength  $S_y$  36000 psi  
Ultimate Tensile Strength  $S_u$  58000 psi  
Safety Factor  $n$  2.500 ul  
Allowable Stress  $S_a$  14.4 kpc

**Weld Form**

Calculation of Statically Loaded Weld

☒ Standard Calculation Procedure  
☐ Method of Comparative Stresses  
☐ Only Active Weld Length is Considered

**Weld Loads**

**Results**

$T_s$	14400.000 psi
$\theta_{min}$	0.276 in
$T_1$	11230.452 psi
$T_2$	11230.452 psi
$T_3$	7680.671 psi
$T_4$	7680.671 psi
$F_{ymax}$	3846.700 lbf

7:29:52 PM Calculation: Calculation indicates design compliances

Calculate OK Cancel <<

**Calculation of Fatigue Loaded Weld**

☒ General Method  
☐ Calculation according to CSN

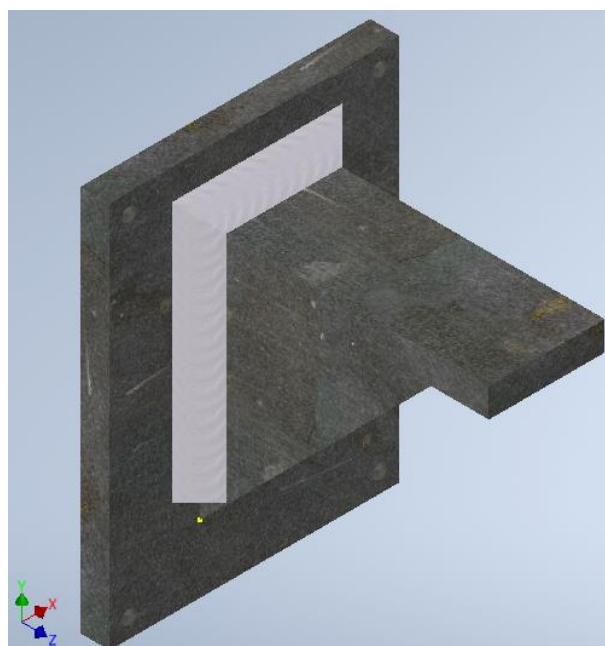
**Calculation of Allowable Stress**

☐ From Yield Strength  
☒ Manually

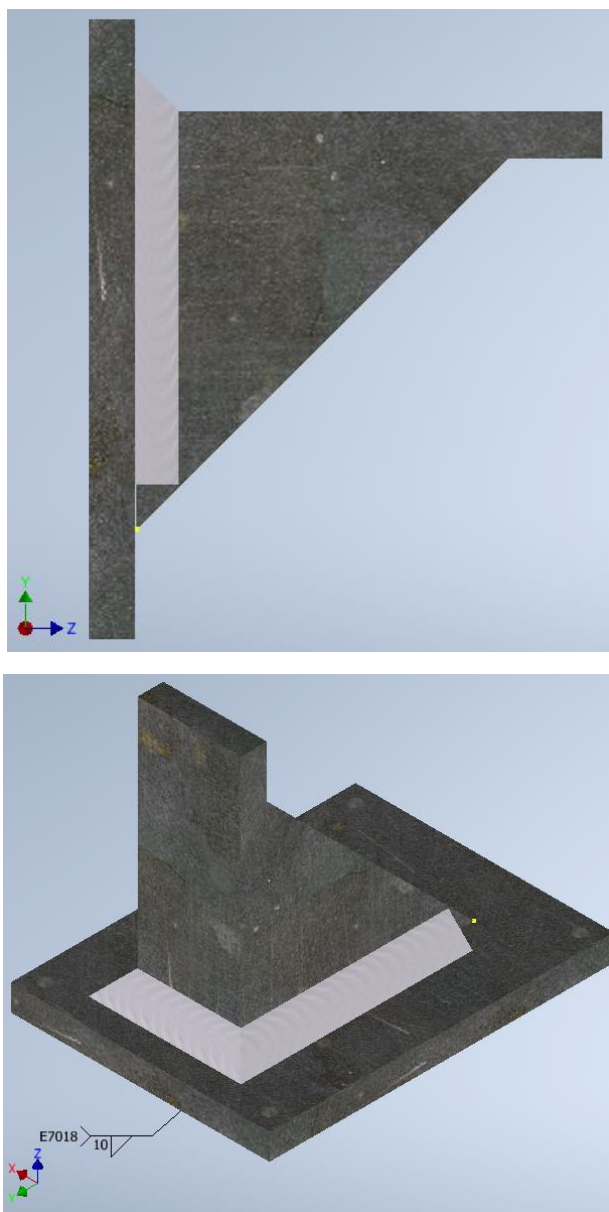
Ilustración 2. Resultados verificados con la calculadora de Inventor para el Metal Base

El ejercicio propuesto acerca de, una viga vertical que se encuentra en conjunto a una pieza que es usada como soporte de una carga estática elaboradas de un acero A36, resulta un diseño eficiente y satisfactorio ya que cumple con el valor de factor de seguridad permitido por el código AISC, de esta manera uniendo de manera permanente por medio de un cordón de soldadura la viga vertical y la pieza en cuestión. Es importante notar que si se llegase a soldar la sección interior de la junta esta unión se vuelve mucho más resistente. A parte, el uso del software Inventor posibilita obtener valores de la suma vectorial de los esfuerzos para calcularlos manualmente y con ello llegar acercar lo más posible estos valores con los valores de la calculadora de Inventor.

## Problema 2: Junta soldada a flexión







**Área de la garganta de la soldadura:**

$$A = 0.707h(b + 2d)$$

$$A = 10(60 + 2 * 120.21)$$

$$A = 3004.2[mm^2]$$

**Ubicación de G en  $\bar{y}$ :**

$$\bar{y} = \frac{d^2}{b + 2d}$$

$$\bar{y} = \frac{(120.21)^2}{60 + 2(120.21)}$$

$$\bar{y} = 48.1008[mm]$$

### Segundo momento unitario del área

$$I_u = \frac{2d^3}{3} - 2d^2\bar{y} + (b + 2d)\bar{y}^2$$

$$I_u = \frac{2}{3}(120.21)^3 - 2(120.21)^2(48.1008) + (60 + 2(120.21))(48.1008)^2$$

$$I_u = 462980.58[mm^3]$$

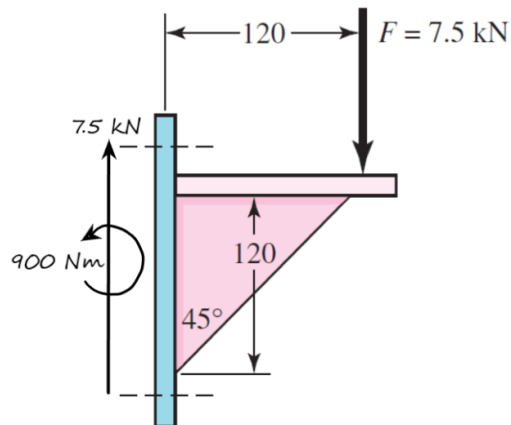
### Segundo momento polar de inercia

$$I = 0.707hI_u$$

$$I = 4.63 \times 10^6 [mm^4]$$

### Diagrama de cuerpo libre de la pieza

#### Diagrama de Cuerpo Libre



$$V = 7.5[kN]$$

$$M = 900 [Nm]$$

### Cortante primario:

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

$$\tau' = \frac{7.5}{3004.2}$$

$$\tau' = 2.49[MPa]$$

### Cortante secundario

$$\tau_A'' = \frac{M * r}{J}$$

$$\tau_A'' = \frac{(900 Nm)(48.10 \times 10^{-3} m)}{(4.63 \times 10^6 mm^4) \left(\frac{1 m}{1000 mm}\right)^4}$$

$$\tau_A'' = 9.35 [MPa]$$



$$\tau_B'' = \frac{M * r}{J}$$

$$\tau_B'' = \frac{(900 \text{ Nm})(72 \times 10^{-3} \text{ m})}{(4.63 \times 10^6 \text{ mm}^4) \left(\frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}}\right)^4}$$

$$\tau_B'' = 14.017 [\text{MPa}]$$

**Cortante total**

$$\tau = \sqrt{\tau'^2 + \tau''^2}$$

$$\tau = 14.24 [\text{MPa}]$$

## CÁLCULOS PARA EL METAL BASE CERCA DEL CORDÓN

**Área de la garganta de la soldadura:**

$$A = 0.707h(b + 2d)$$

$$A = \frac{10}{0.707} (60 + 2 * 120.21)$$

$$A = 4249.222 [\text{mm}^2]$$

**Ubicación de G en  $\bar{y}$ :**

$$\bar{y} = \frac{d^2}{b + 2d}$$

$$\bar{y} = \frac{(120.21)^2}{60 + 2(120.21)}$$

$$\bar{y} = 48.1008 [\text{mm}]$$

**Segundo momento unitario del área**

$$I_u = \frac{2d^3}{3} - 2d^2\bar{y} + (b + 2d)\bar{y}^2$$

$$I_u = \frac{2}{3} (120.21)^3 - 2(120.21)^2(48.1008) + (60 + 2(120.21))(48.1008)^2$$

$$I_u = 462980.58 [\text{mm}^3]$$

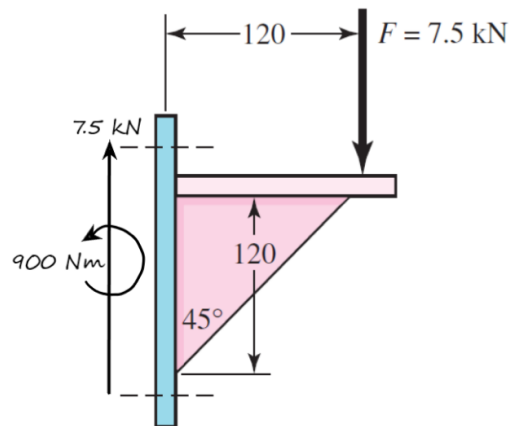
**Segundo momento polar de inercia**

$$I = 0.707hI_u$$

$$I = 6.55 \times 10^6 [\text{mm}^4]$$

## Diagrama de cuerpo libre de la pieza

### Diagrama de Cuerpo Libre



$$V = 7.5 [kN]$$

$$M = 900 [Nm]$$

### Cortante primario:

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

$$\tau' = \frac{7.5}{4249.222}$$

$$\tau' = 1.76 [MPa]$$

### Cortante secundario

$$\tau_A'' = \frac{M * r}{J}$$

$$\tau_A'' = \frac{(900 \text{ Nm})(48.10 \times 10^{-3} \text{ m})}{(6.55 \times 10^6 \text{ mm}^4) \left( \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}} \right)^4}$$

$$\tau_A'' = 6.609 [MPa]$$

$$\tau_B'' = \frac{M * r}{J}$$

$$\tau_B'' = \frac{(900 \text{ Nm})(72 \times 10^{-3} \text{ m})}{(6.55 \times 10^6 \text{ mm}^4) \left( \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}} \right)^4}$$

$$\tau_B'' = 9.8931 [MPa]$$

### Cortante total

$$\tau = \sqrt{\tau'^2 + \tau''^2}$$

$$\tau = 10.04 [MPa]$$

Ahora se realiza una comparación entre los límites permitidos a partir del código AISC con el cortante total obtenido, así, se obtiene:

**Electrodo E7018 para el cordón:**

$$\tau_{perm} = 0.3 S_{ut}$$

$$\tau_{perm} = 0.3 (482 MPa)$$

$$\tau_{perm} = 144.6 MPa$$

$$n = \frac{144.6 MPa}{14.24 MPa}$$

$$n = 10.16$$

**Base de metal con acero A36:**

$$\tau_{perm} = 0.4 S_y$$

$$\tau_{perm} = 0.4 (250 MPa)$$

$$\tau_{perm} = 100 MPa$$

$$n = \frac{100 MPa}{10.04 MPa}$$

$$n = 9.96$$

**Verificación con la calculadora de Inventor**

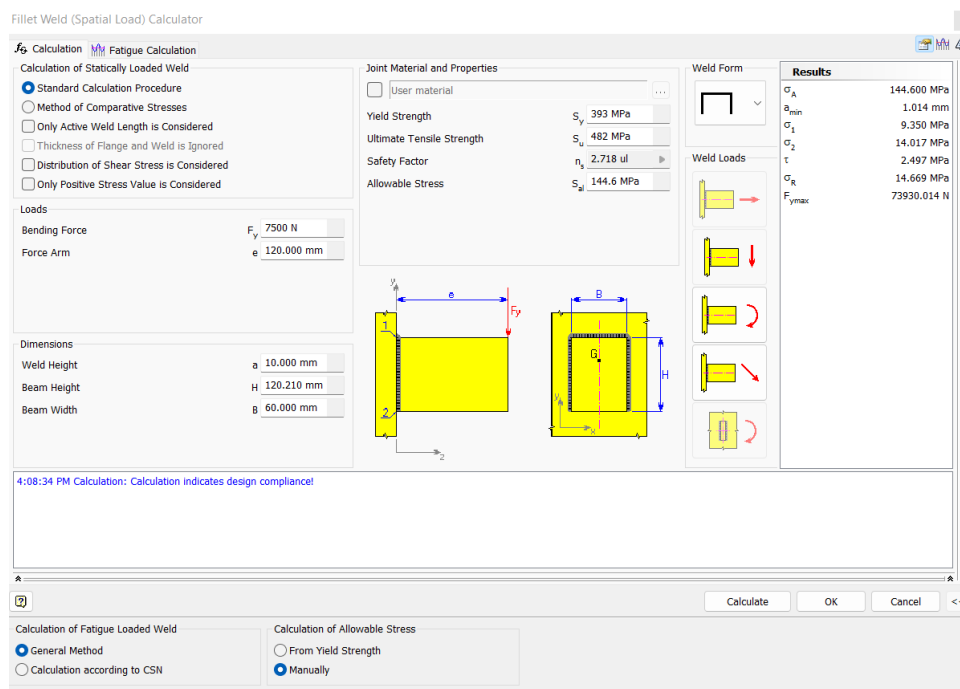
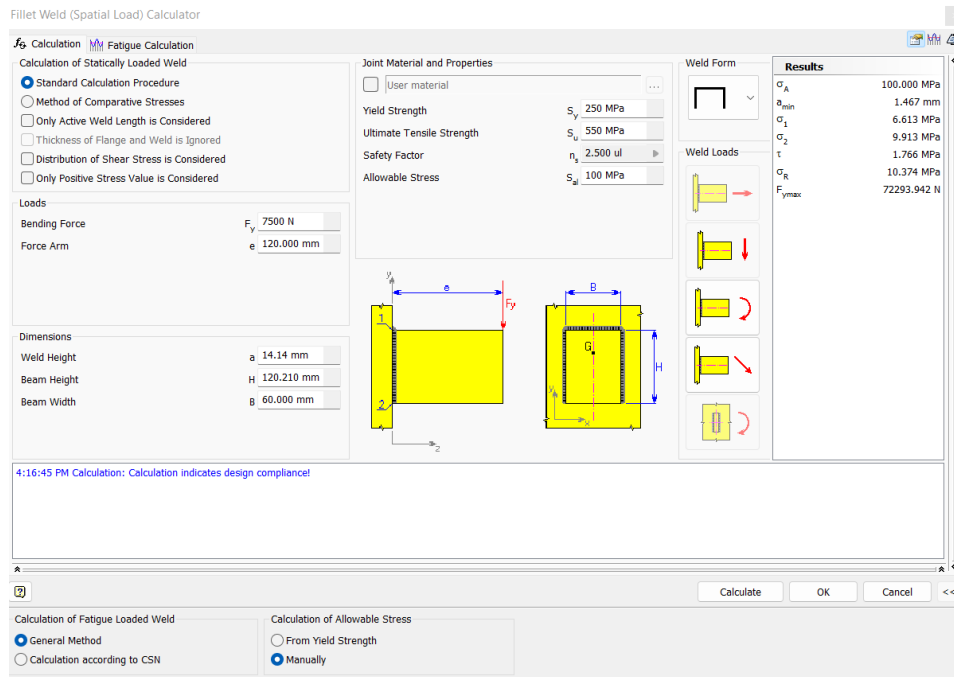


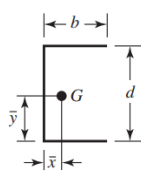
Ilustración 3: Resultados verificados con la calculadora de Inventor para el Cordón



*Ilustración 4: Resultados verificados con la calculadora de Inventor para el Metal Base*

El ejercicio propuesto en el que consiste diseñar un cordón de soldadura para unir un soporte con una placa perforada en donde la plancha posee un espesor de 15 mm, posee un diseño que resulta satisfactorio debido al valor que se obtuvo en el factor de seguridad el cual es aproximadamente un valor de 10, aunque es importante tener en cuenta es posible diseñar otro tipo de cordón, en el cual su factor de seguridad sea menor. Se puede concluir que el uso de software, como en este caso Inventor posibilita realizar cálculos que manualmente toman una mayor cantidad de tiempo y margen de error considerando los redondeos que se diseñador considere.

## Anexos



$$A = 0.707h(2b + d)$$

$$\bar{x} = \frac{b^2}{2b + d}$$

$$\bar{y} = d/2$$

$$J_u = \frac{8b^3 + 6bd^2 + d^3}{12} - \frac{b^4}{2b + d}$$

*Ilustración 5. Ecuaciones requeridas para la resolución del problema 1 (área de la garganta, ubicación de G y segundo momento polar unitario del área)*

Type of Loading	Type of Weld	Permissible Stress	$n^*$
Tension	Butt	$0.60S_y$	1.67
Bearing	Butt	$0.90S_y$	1.11
Bending	Butt	$0.60-0.66S_y$	1.52-1.67
Simple compression	Butt	$0.60S_y$	1.67
Shear	Butt or fillet	$0.30S_{ut}^\dagger$	

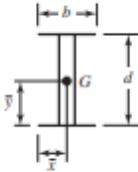

\*The factor of safety  $n$  has been computed by using the distortion-energy theory.

†Shear stress on base metal should not exceed  $0.40S_y$  of base metal.

Ilustración 6. Tensiones permitidas por el Código AISC para la soldadura metal

Weld	Throat Area	Location of G	Unit Second Moment of Area
	$A = 0.707hd$	$\bar{x} = 0$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^3}{12}$
	$A = 1.414hd$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^3}{6}$
	$A = 1.414hd$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{bd^2}{2}$
	$A = 0.707h(2b + d)$	$\bar{x} = \frac{b^2}{2b + d}$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^2}{12}(6b + d)$
	$A = 0.707h(b + 2d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = \frac{d^2}{b + 2d}$	$I_u = \frac{2d^3}{3} - 2d^2\bar{y} + (b + 2d)\bar{y}^2$
	$A = 1.414h(b + d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^2}{6}(3b + d)$
	$A = 0.707h(b + 2d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = \frac{d^2}{b + 2d}$	$I_u = \frac{2d^3}{3} - 2d^2\bar{y} + (b + 2d)\bar{y}^2$

Ilustración 7. Ecuaciones requeridas para la resolución del problema 2 (área de la garganta, ubicación de G y segundo momento unitario del área)

Weld	Throat Area	Location of G	Unit Second Moment of Area
	$A = 1.414h(b + d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^2}{6}(3b + d)$
	$A = 1.414\pi hr$		$I_u = \pi r^3$

\* $I_u$ , unit second moment of area, is taken about a horizontal axis through G, the centroid of the weld group,  $h$  is weld size; the plane of the bending couple is normal to the plane of the paper and parallel to the  $y$ -axis; all welds are of the same size.

Ilustración 8. Ecuaciones requeridas para la resolución del problema 2 (área de la garganta, ubicación de G y segundo momento unitario del área)