



Universidad
Zaragoza

Anexo

Análisis y cálculo de mesa elevadora de tijera simple
para 2000 Kg. de carga

Autor

Álvaro Navarro Fandos

Director

Javier Óscar Abad Blasco

Escuela de Ingeniería y Arquitectura
2019

Anexo I, Cálculos y simulaciones.

1- Cálculo de las fuerzas de enlace de los diagramas de sólido libre en función de la altura de la mesa.	
1.1- Carga centrada.....	2
1.2- Carga descentrada en la parte de los apoyos móviles.	4
1.3- Carga descentrada en la parte de los apoyos fijos.	6
2- Cálculo de esfuerzos y dimensionamiento de componentes.	8
2.1- Dimensionamiento del tablero mediante carga máxima superficial.	8
2.2- Cálculo de los travesaños con el momento flector máximo.	10
2.3- Cálculo de los largueros.....	12
2.4- Pasadores y orejetas por flexión y aplastamiento.....	14
2.5- Barras de tijera a través de tensión normal máxima.....	15
2.6- Selección del cilindro hidráulico.	18
2.7- Elección de las ruedas.....	20
3- SolidWorks.	21
3.1- Metodología y procedimiento de creación y simulación.	21
3.1.1.- Creación de la pieza.	21
3.1.2.- Croquis.	22
3.1.3.- Extruir pieza.....	22
3.1.4.- Extruir corte.....	23
3.1.5.- Ensamblaje.	23
3.1.6.- Nuevo Estudio. Malla.	25
3.1.7.- Cargas y apoyos.....	26
3.1.8.- Simulación y resultados.....	27
3.2- Simulación de componentes según aplicación de la carga y altura de elevación.	28
3.2.1.- Parte superior de la mesa.	28
3.2.2.- Barra de tijera más solicitada.....	34
3.2.3.- Chasis.....	40

1- Cálculo de las fuerzas de enlace de los diagramas de sólido libre en función de la altura de la mesa.

Para esto es necesario plantear cada parte por separado. Se empieza por la parte superior ya que en ella sí que conocemos la carga y el punto de aplicación de ésta. En cada barra se plantean las ecuaciones de equilibrio de fuerzas en los ejes x e y junto con la ecuación de equilibrio de momentos en z. De esta manera iremos hallando las incógnitas tramo a tramo hasta saber todo lo necesario para poder calcular la fuerza que ejerce el cilindro en función de la altura de elevación. Todo esto con la ayuda del Software MEFI.

1.1- Carga centrada.

- MESA ELEVADORA DE TIJERA REPLEGADA (0.2m de altura)

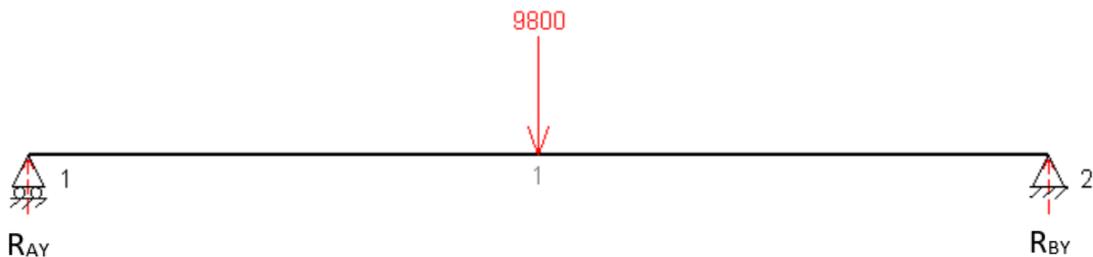


Fig. A 1.1.1 Tablero carga centrada replegada.

La distancia entre apoyos son 2,50m.

Con el $\Sigma F_y=0$; $9800 = R_{Ay} + R_{By}$,
 $\Sigma M_z=0$; $9800 \times 1,25 = R_{By} \times 2,50$

obtenemos **$R_{Ay} = 4900 \text{ N}$**
 $R_{By} = 4900 \text{ N}$

Ahora R_{By} podemos pasarlo a la barra de tijera correspondiente, la llamaremos de aquí en adelante barra "BC" y seguimos calculando las reacciones.

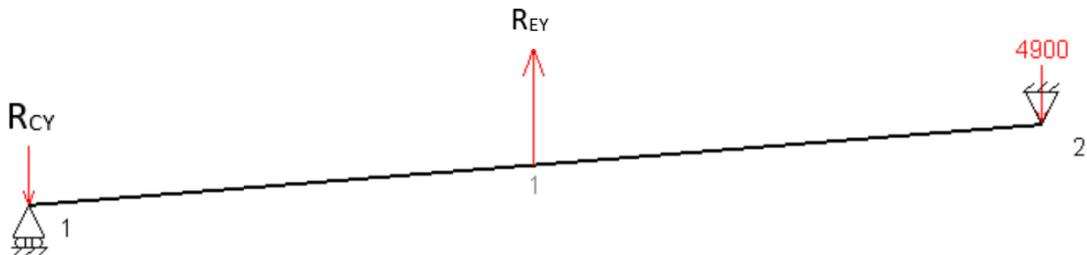


Fig. A 1.1.2. barra BC carga centrada replegada.

Con el $\Sigma F_x = 0$; obtenemos **$R_{Ex}=0$**
 Con el $\Sigma M_z = 0$; $9800 \times 1,254 = 4900 \times 2,508$, obtenemos **$R_{Ey} = 9800 \text{ N}$**
 Con el $\Sigma F_y = 0$; $R_{Ey} = 4900 + R_{Cy}$, obtenemos **$R_{Cy} = 4900 \text{ N}$**

Pasamos a la barra "AD" sobre la que ejerce la fuerza el cilindro. La fuerza del cilindro que vamos a calcular es necesario proyectarla con el ángulo β a los ejes x e y para simplificar los cálculos que hay más adelante.

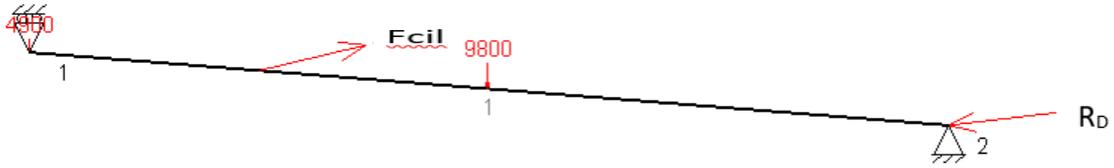


Fig. A 1.1.3. barra AD carga centrada replegada.

Con el $\Sigma F_x = 0$; $F_{cilx} = R_{Dx}$

Con el $\Sigma F_y = 0$; $R_{Dy} = F_{cily} - 4900 - 9800$

Con el $\Sigma M_z = 0$; $-4900 \times 2,508 - 9800 \times 1,254 + F_{cil} \times F$.

Con la ecuación del equilibrio de momentos, sabiendo la d y la h, podemos averiguar la fuerza que ejerce el cilindro despejando y desarrollando la ecuación, que también nos servirá para los siguientes supuestos.

$$F_{cil} = \frac{L_{Barra} \times \left(R_{AY} + \frac{R_{EY}}{2} \right)}{\frac{3}{4} \times (d \times \sin \beta + h \times \cos \beta)}$$

Con el ΣM_z , obtenemos **Fcil = 42117 N**, de dónde con el ángulo β : **Fcilx = 40953 N**

Con el ΣF_y , obtenemos **R_{Dy} = 4868 N**

Fcily = 9832 N

Con el ΣF_x , obtenemos **R_{Dx} = 40953 N**

Por último, pasamos las fuerzas de enlace de la parte inferior de las barras al chasis y nos queda el siguiente diagrama, donde vemos que nos quedan definidos los puntos C y D. También aparece la fuerza ejercida por el cilindro sobre el chasis.



Fig. A 1.1.4. Chasis carga centrada replegada.

En este caso tenemos dos apoyos fijos que posteriormente servirán para calcular las ruedas necesarias para soportar la carga máxima en nuestra mesa.

1.2- Carga descentrada en la parte de los apoyos móviles.

Para no repetir exactamente el procedimiento del apartado anterior, en este caso se mostrarán los diagramas de sólido libre a una altura de 0.7m, aunque se incluirá de igual manera la tabla resumen con los resultados en el apartado correspondiente del trabajo. Se ve que el extremo móvil se mueve haciendo que se acerquen A y B al elevarse la mesa.

- MESA ELEVADORA DE TIJERA (0.7m de altura)



Fig. A 1.2.1. DSL Tablero carga descentrada 0.7m de altura.

La distancia entre apoyos son 2,41m.

Con el $\Sigma F_y=0$; $9800 = R_{Ay} + R_{By}$,
 $\Sigma M_z=0$; $9800 \times \frac{1}{4} \times 2,41 = R_{By} \times 2,41$

obtenemos $R_{AY} = 7655 \text{ N}$
 $R_{BY} = 2145 \text{ N}$

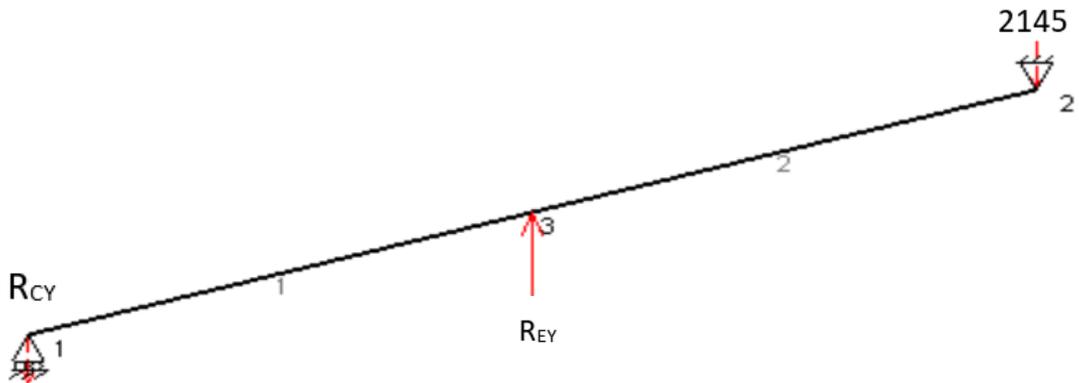


Fig. A 1.2.2. DSL Barra BC carga descentrada 0.7m de altura.

Con el $\Sigma F_x = 0$; obtenemos $R_{ex}=0$
 Con el $\Sigma M_z = 0$; $9800 \times 1,254 = 4900 \times 2,508$, obtenemos $R_{EY} = 4290 \text{ N}$
 Con el $\Sigma F_y = 0$; $R_{EY} = 4900 + R_{Cy}$, obtenemos $R_{Cy} = 2145 \text{ N}$

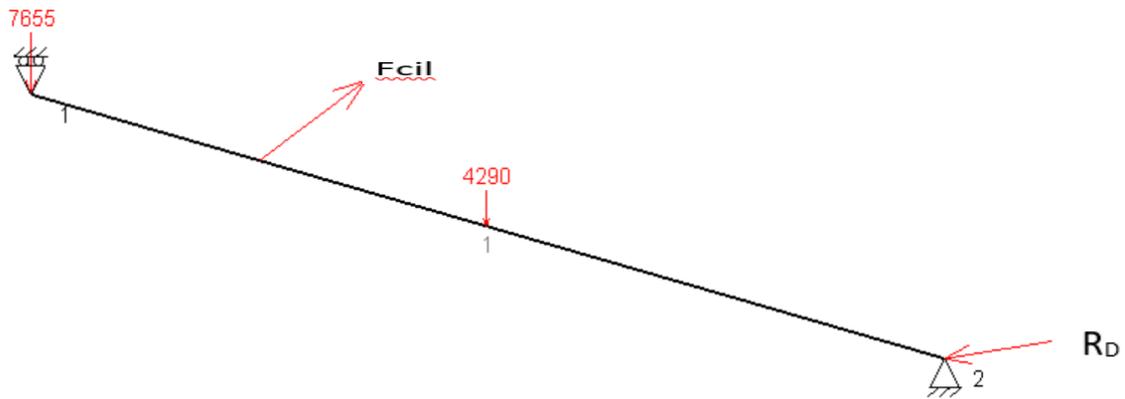


Fig. A 1.2.3. DSL Barra AD carga descentrada 0.7m de altura.

Con el $\Sigma F_x = 0$; $F_{cilx} = R_{Dx}$
 Con el $\Sigma F_y = 0$; $R_{Dy} = F_{cily} - 7655 - 4290$
 Con el $\Sigma M_z = 0$; $-7655 \times 2,508 - 4290 \times 1,254 + F_{cil} \times F$.

Con la ecuación del equilibrio de momentos, sabiendo la d y la h, podemos averiguar la fuerza que ejerce el cilindro despejando y desarrollando de nuevo la ecuación.

$$F_{cil} = \frac{L_{Barra} \times (R_{Ay} + \frac{R_{Ey}}{2})}{\frac{3}{4} \times (d \times \sin \beta + h \times \cos \beta)}$$

Con el ΣM_z , obtenemos **$F_{cil} = 16311 \text{ N}$** , de dónde con el ángulo β : **$F_{cilx} = 13007 \text{ N}$**
 Con el ΣF_y , obtenemos **$R_{Dy} = 2104 \text{ N}$** **$F_{cily} = 9841 \text{ N}$**
 Con el ΣF_x , obtenemos **$R_{Dx} = 13007 \text{ N}$**

Por último, pasamos las fuerzas de los puntos C y D de la barra a los del chasis.

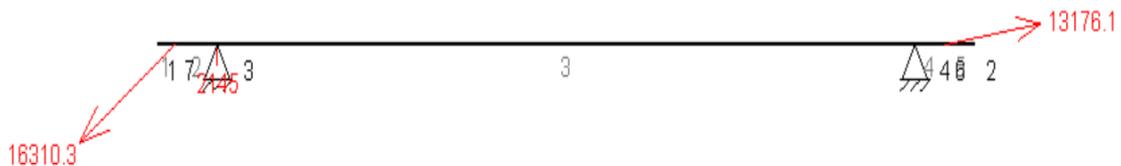


Fig. A 1.2.4. DSL Chasis carga descentrada 0.7m de altura.

1.3- Carga descentrada en la parte de los apoyos fijos.

Para ver las variaciones del análisis en el programa MEFI, se muestran en este caso los diagramas de sólido libre para esta hipótesis de carga con la tijera completamente estirada a 1.7m de altura.

- MESA ELEVADORA DE TIJERA ESTIRADA (1.7m de altura)

De esta manera, como vemos en la siguiente figura, al elevar la mesa el apoyo móvil "A" se va desplazando hacia el apoyo B.



Fig. A 1.3.1. DSL Tablero carga descentrada 1.7m de altura.

La distancia entre apoyos son 1,84m.

Con el $\Sigma F_y=0$; $9800 = R_{Ay} + R_{By}$,
 $\Sigma M_z=0$; $9800 \times \frac{3}{4} \times 1,84 = R_{By} \times 1,84$

obtenemos **$R_{Ay} = 3336 \text{ N}$**
 $R_{By} = 6464 \text{ N}$

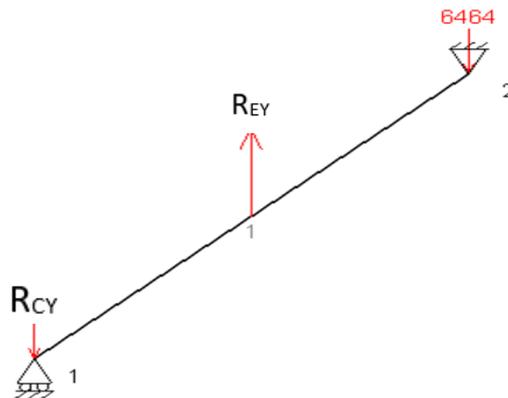


Fig. A 1.3.2. DSL Barra BC carga descentrada 1.7m de altura.

Con el $\Sigma F_x = 0$; obtenemos **$R_{Ex}=0$**
 Con el $\Sigma M_z = 0$; $R_{Ey} \times 1,254 = 6464 \times 2,508$, obtenemos **$R_{Ey} = 12928 \text{ N}$**
 Con el $\Sigma F_y = 0$; $R_{Ey} = 6464 + R_{Cy}$, obtenemos **$R_{Cy} = 6464 \text{ N}$**

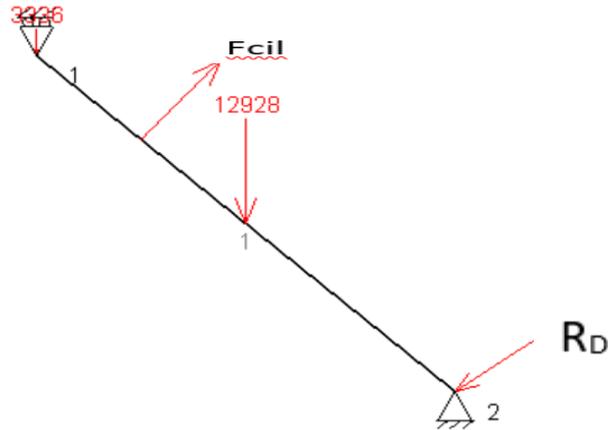


Fig. A 1.3.3. DSL Barra AD carga descentrada 1.7m de altura.

Con el $\Sigma F_x = 0$; $F_{cilx} = R_{Dx}$
 Con el $\Sigma F_y = 0$; $R_{Dy} = F_{cily} - 12928 - 3336$
 Con el $\Sigma M_z = 0$; $-3336 \times 2,508 - 12928 \times 1,254 + F_{cil} \times F.$

Con la ecuación del equilibrio de momentos, sabiendo la d y la h, podemos averiguar la fuerza que ejerce el cilindro despejando y desarrollando de nuevo la ecuación.

$$F_{cil} = \frac{L_{Barra} \times \left(R_{Ay} + \frac{R_{Fy}}{2} \right)}{\frac{3}{4} \times (d \times \sin \beta + h \times \cos \beta)}$$

Con el ΣM_z , obtenemos **Fcil = 13070 N**, de dónde con el ángulo β : **Fcilx = 8614 N**
 Con el ΣF_y , obtenemos **R_{Dy} = 6435 N** **Fcily = 9829 N**
 Con el ΣF_x , obtenemos **R_{Dx} = 8614 N**

Por último, pasamos las fuerzas de los puntos C y D de la barra a los del chasis y añadimos la que ejerce el cilindro sobre éste.

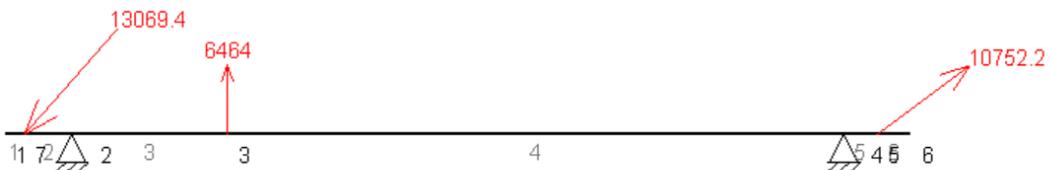


Fig. A 1.3.4. DSL Barra AD carga descentrada 1.7m de altura.

2- Cálculo de esfuerzos y dimensionamiento de componentes.

2.1- Dimensionamiento del tablero mediante carga máxima superficial.

Con acero S 355 JR, de límite elástico 355 MPa y Coeficiente de seguridad 2. Lo primero que se hace es calcular la $\sigma_{m\acute{a}x}$ atendiendo al criterio de fallo del Cortante Máximo.

$$\frac{1}{2} \sigma_{m\acute{a}x} = \frac{\tau_{m\acute{a}x}}{CS}$$

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{\sigma_e}{2}$$

Despejando, obtenemos: $\sigma_{m\acute{a}x} = 177.5 \text{ MPa}$

Superficie del tablero y carga superficial:

$$\text{área} = \frac{1}{2} \times \text{Longitud} \times \text{Anchura} = 2.025 \text{ m}^2$$

$$q = \frac{2000 \times 9.8}{2.025} = 9679 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

- Caso 1: carga máxima superficial centrada

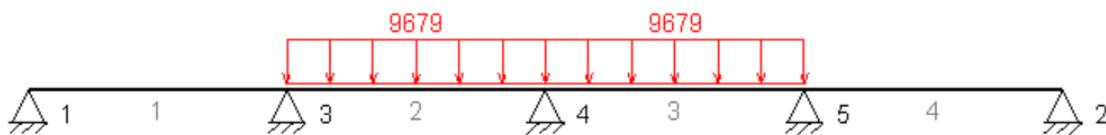


Fig. A 2.1.1. DSL tablero carga superficial centrada.

Resolvemos con el programa MEFi el cculo de los esfuerzos, centrándonos en el Momento Flector ya que el tablero en este caso no trabaja más que a flexión.

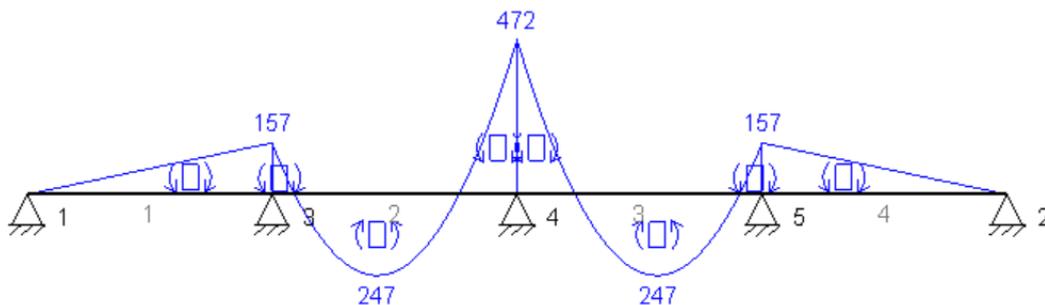


Fig. A 2.1.2. Momentos flectores en el tablero carga superficial centrada.

- Caso 2: carga máxima superficial en un lado de la mesa

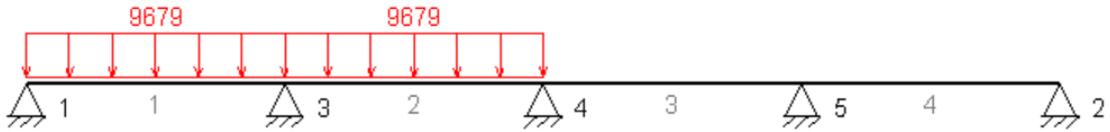


Fig. A 2.1.3. DSL tablero carga superficial en un lado de la mesa.

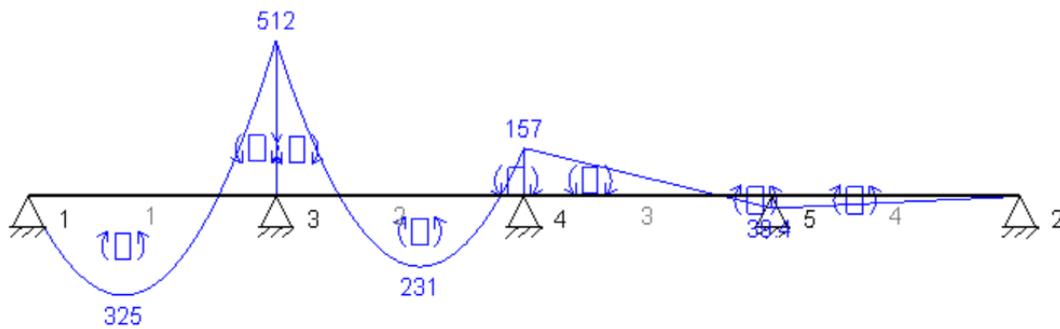


Fig. A 2.1.4. Momentos flectores en el tablero carga superficial en un lado de la mesa.

Como se observa, el momento flector máximo se da en el punto central de la zona de carga distribuida en un lado de la mesa, es negativo y tiene un valor de módulo de 512 N x m. Para calcular el espesor utilizaremos las siguientes fórmulas, siendo W_z el módulo resistente y e el espesor del tablero.

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{M_z}{W_z}$$

$$W_z = \frac{Anchura \times e^2}{6}$$

Despejando el espesor y teniendo especial cuidado con las unidades calculamos el resultado.

$$e = 3,40 \text{ mm}$$

2.2- Cálculo de los travesaños con el momento flector máximo.

- Travesaños parte superior

El peor caso posible para el cálculo de los travesaños, igual que en tablero, es cuando la carga máxima está repartida en un lado ocupando la mitad de la superficie total. En este caso, como hay 5 travesaños, esta carga distribuida se reparte entre 2.5 travesaños por lo que calcularemos la exigida para cada 1 de ellos. La carga superficial en la mitad de la mesa ha sido calculada en el apartado anterior, igual que la tensión normal máxima admitida por el acero S 355 JR, que será de nuevo el material elegido. Los perfiles serán huecos cuadrados.

$$q = 9679 \frac{N}{m^2}$$

$$q_{\text{travesaño}} = \frac{9679}{2.5} = 3872 \frac{N}{m^2}$$

$$\sigma_{\text{máx}} = 177.5 \text{ MPa}$$

Se representa y se resuelve este caso con el programa MEFi para hallar el máximo momento flector y dimensionar el perfil de los travesaños de la parte superior.

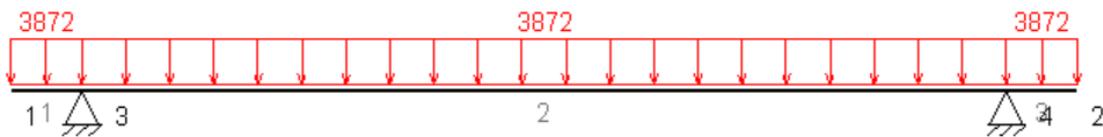


Fig. A 2.2.1. DSL travesaño carga superficial en un lado de la mesa.

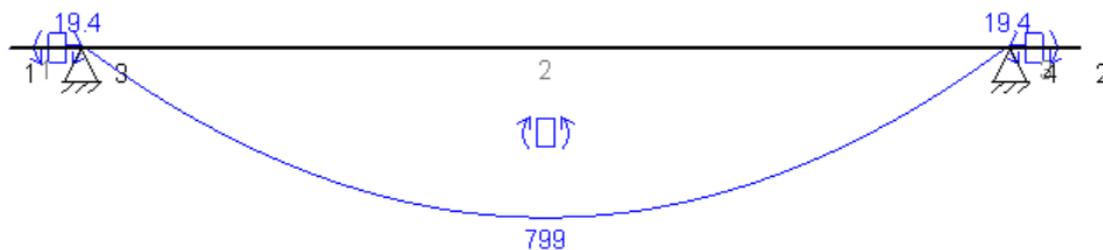


Fig. A 2.2.2. Diagrama de momentos flectores en el travesaño con carga superficial en un lado de la mesa.

Ahora, para el cálculo de los perfiles huecos cuadrados, tenemos que calcular el módulo resistente perteneciente al momento flector máximo de la siguiente manera.

$$\sigma_{\text{máx}} = 177.5 \text{ MPa} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{799 \times 10^3}{W_z}$$

$$\text{Despejando: } W_z = 4500 \text{ mm}^3$$

Ahora por último buscamos un valor igual o superior en la tabla correspondiente al perfil elegido.

Tabla 2.A2.2. Perfiles huecos cuadrados



Perfil	Dimensiones				Términos de sección						Peso	
	a mm	e mm	r mm	u mm	A cm ²	S cm ³	I cm ⁴	W cm ³	i cm	I _t cm ⁴	p kp/m	
# 40.2	40	2	5	151	2,90	2,04	6,60	3,40	1,53	11,3	2,28	P
# 40.3	40	3	8	147	4,13	2,80	9,01	4,51	1,48	15,6	3,24	P
# 40.4	40	4	10	143	5,21	3,40	10,50	5,26	1,42	18,9	4,09	P
# 45.2	45	2	5	171	3,30	2,63	9,94	4,42	1,74	16,3	2,59	C
# 45.3	45	3	8	167	4,73	3,65	13,40	5,95	1,68	22,9	3,71	C
# 45.4	45	4	10	163	6,01	4,49	15,90	7,07	1,63	28,2	4,72	C
# 50.2	50	2	5	191	3,70	3,30	13,90	5,57	1,94	22,7	2,91	P
# 50.3	50	3	8	187	5,33	4,62	19,00	7,59	1,89	32,0	4,18	P
# 50.4	50	4	10	183	5,81	5,73	22,90	9,15	1,83	39,9	5,35	P
# 55.2	55	2	5	211	4,10	4,04	18,90	6,86	2,14	30,5	3,22	C
# 55.3	55	3	8	207	5,93	5,70	25,90	9,43	2,09	43,4	4,66	C
# 55.4	55	4	10	203	7,61	7,12	31,60	11,50	2,04	54,5	5,97	C
# 60.2	60	2	5	231	4,50	4,86	24,80	8,28	2,35	39,9	3,53	P

Fig. A 2.2.3. Tabla perfiles cuadrados huecos

- Travesaños chasis

Estos travesaños se van a calcular teniendo en cuenta la resultante de la reacción de la fuerza ejercida por los dos cilindros sobre ellos. El material utilizado es nuevamente el acero S 355 JR.

$$\sigma_{m\acute{a}x} = 177.5 \text{ MPa} = \frac{M_{TOTAL}}{W_z}$$

El momento total de cada cilindro se calcula multiplicando la fuerza ejercida por el cilindro por la distancia del origen al punto de aplicación de la fuerza al cuadrado por la distancia al segundo punto de aplicación y todo esto dividido entre la distancia total al cuadrado.

$$M_{TOTAL 1} = \frac{F_{CIL} \times d_1^2 \times d_2}{d_{total}^2}$$

$$M_{TOTAL 2} = \frac{F_{CIL} \times d_2^2 \times d_1}{d_{total}^2}$$

$$M_{TOTAL} = M_{TOTAL 1} + M_{TOTAL 2}$$

$$M_{TOTAL 1} = \frac{42117 \times 375^2 \times 1125}{1500^2} + \frac{42117 \times 1125^2 \times 375}{1500^2} = 11\,845\,406 \text{ [N mm]}$$

Ahora despejamos el módulo resistente:

$$W_z = \frac{M_z}{\sigma_{m\acute{a}x}} = \frac{11\,845\,406}{177.5} = 66\,730\text{ mm}^3$$

Perfil	Dimensiones				Términos de sección						Peso p kp/m	
	a mm	e mm	r mm	u mm	A cm ²	S cm ³	I cm ⁴	W cm ³	i cm	I _y cm ⁴		
# 40.2	40	2	5	151	2,90	2,04	6,60	3,40	1,53	11,3	2,28	P
# 40.3	40	3	8	147	4,13	2,80	9,01	4,51	1,48	15,6	3,24	P
# 40.4	40	4	10	143	5,21	3,40	10,50	5,26	1,42	18,9	4,09	P
# 45.2	45	2	5	171	3,30	2,63	9,94	4,42	1,74	16,3	2,59	C
# 45.3	45	3	8	167	4,73	3,65	13,40	5,95	1,68	22,9	3,71	C
# 45.4	45	4	10	163	6,01	4,49	15,90	7,07	1,63	28,2	4,72	C
# 50.2	50	2	5	191	3,70	3,30	13,90	5,57	1,94	22,7	2,91	P
# 50.3	50	3	8	187	5,33	4,62	19,00	7,59	1,89	32,0	4,18	P
# 50.4	50	4	10	183	5,81	5,73	22,90	9,15	1,83	39,9	5,35	P
# 55.2	55	2	5	211	4,10	4,04	18,90	6,86	2,14	30,5	3,22	C
# 55.3	55	3	8	207	5,93	5,70	25,90	9,43	2,09	43,4	4,66	C
# 55.4	55	4	10	203	7,61	7,12	31,60	11,50	2,04	54,5	5,97	C
# 60.2	60	2	5	231	4,50	4,86	24,80	8,28	2,35	39,9	3,53	P
# 60.3	60	3	8	227	6,53	6,89	34,40	11,50	2,30	57,1	5,13	P
# 60.4	60	4	10	223	8,41	8,66	42,30	14,10	2,24	72,2	6,60	P
# 60.5	60	5	13	219	10,10	10,20	48,50	16,20	2,19	85,2	7,96	C
# 70.2	70	2	5	271	5,30	6,71	40,30	11,50	2,76	64,1	4,16	P
# 70.3	70	3	8	267	7,73	9,60	56,60	16,20	2,71	92,6	6,07	P
# 70.4	70	4	10	263	10,00	12,20	70,40	20,10	2,65	118,0	7,86	P
# 70.5	70	5	13	259	12,10	14,50	82,00	23,40	2,60	141,0	9,53	P
# 80.3	80	3	8	307	8,93	12,80	86,60	21,70	3,11	140,0	7,01	P
# 80.4	80	4	10	303	11,60	16,30	108,80	27,20	3,06	180,0	9,11	P
# 80.5	80	5	13	299	14,10	19,50	128,00	32,00	3,01	217,0	11,10	P
# 80.6	80	6	15	294	16,50	22,40	144,00	36,00	2,95	250,0	13,00	C
# 90.3	90	3	8	347	10,10	16,40	126,00	37,90	3,52	202,0	7,95	P
# 90.4	90	4	10	343	13,20	21,10	159,00	35,40	3,47	281,0	10,40	P
# 90.5	90	5	13	339	16,10	25,30	189,00	41,90	3,42	316,0	12,70	P
# 90.6	90	6	15	334	18,90	29,20	214,00	47,60	3,36	366,0	14,90	P
# 100.3	100	3	8	387	11,30	20,10	175,00	35,00	3,93	279,0	8,89	P
# 100.4	100	4	10	383	14,80	26,40	223,00	44,60	3,88	363,0	11,60	P
# 100.5	100	5	13	379	18,10	31,90	266,00	53,10	3,83	440,0	14,20	P
# 100.6	100	6	15	374	21,30	37,00	304,00	60,70	3,77	513,0	16,70	P
# 120.4	120	4	10	463	18,00	38,90	397,00	66,20	4,70	638,0	14,10	P
# 120.5	120	5	13	459	22,10	47,20	478,00	79,60	4,64	780,0	17,40	P
# 120.6	120	6	15	454	26,10	55,10	551,00	91,80	4,59	913,0	20,50	C

Fig. A 2.2.4. Tabla de perfiles cuadrados huecos para los travesaños del chasis.

2.3- Cálculo de los largueros.

En el DSL de los travesaños donde están calculadas las reacciones se muestra a través del programa MEFI.

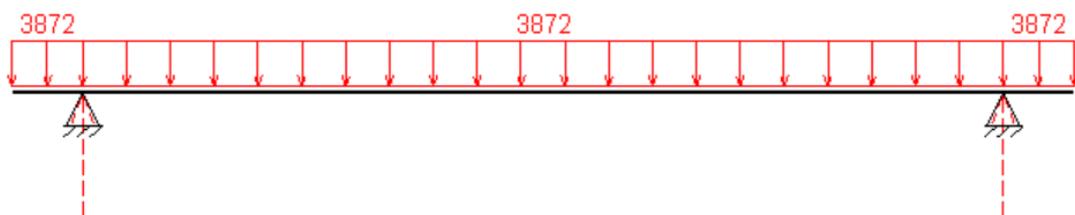


Fig. A 2.3.1. DSL con reacciones en el travesaño.

El valor de estas reacciones se indica en el mismo programa de esta manera:

pun	desX	desY	girZ	reaX	reaY	momZ
1	0.0000e+00	2.0320e-03	-2.0311e-02			
2	0.0000e+00	2.0320e-03	2.0311e-02			
3	0.0000e+00	0.0000e+00	-2.0349e-02	0.0000e+00	2.9040e+03	
4	0.0000e+00	0.0000e+00	2.0349e-02	0.0000e+00	2.9040e+03	

Fig. A 2.3.2. Resultados DSL travesaños.

Estos resultados ahora se trasladan al DSL del larguero en forma de cargas puntuales en los puntos en los que los travesaños apoyan en los largueros y se calculan los momentos flectores.

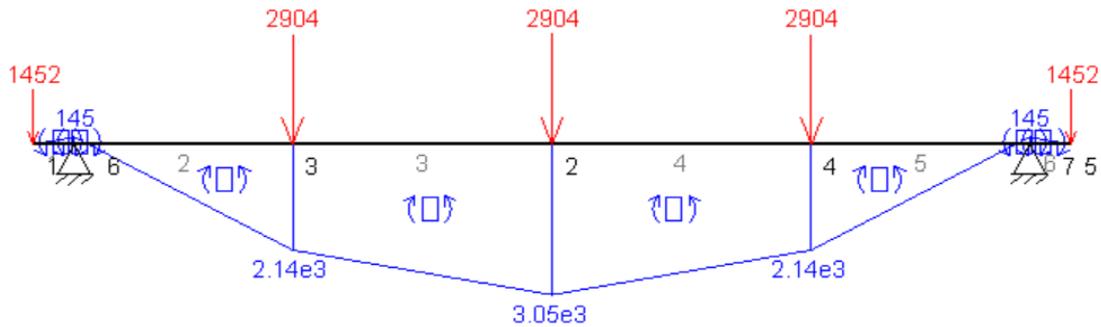
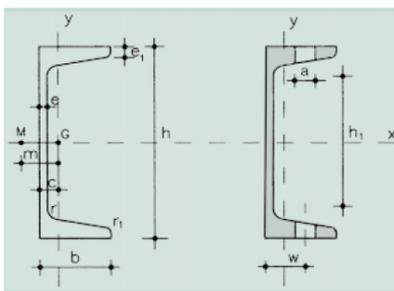


Fig. A 2.3.3. Resultados DSL momentos flectores en el larguero de la parte superior de la mesa.

$$W_z = \frac{M_z}{\sigma_{m\acute{a}x}} = \frac{3\,050\,000}{177.5} = 14\,183\,mm^3$$

Seleccionamos el primer perfil que cumpla con ese módulo resistente o mayor.

Tabla 2.A1.4. Perfiles UPN



- A = Área de la sección
- S_x = Momento estático de media sección, respecto a X
- I_x = Momento de inercia de la sección, respecto a X
- $W_x = 2I_x : h$. Módulo resistente de la sección, respecto a X
- $i_x = \sqrt{I_x : A}$. Radio de giro de la sección, respecto a X
- I_y = Momento de inercia de la sección, respecto a Y
- $W_y = I_y : (b - c)$. Mínimo módulo resistente de la sección, respecto a Y
- $i_y = \sqrt{I_y : A}$. Radio de giro de la sección, respecto a Y
- I_t = Módulo de torsión de la sección
- c = Posición del eje Y
- m = Distancia al centro de esfuerzos cortantes
- a = Diámetro del agujero del roblón normal
- w = Gramil, distancia entre ejes de agujeros
- h_1 = Altura de la parte plana del alma
- p = Peso por m
- u = Perímetro

Perfil	Dimensiones							Términos de sección										Agujeros		Peso		
	h	b	e	$e_1=r$	r_1	h_1	u	A	S_x	I_x	W_x	i_x	I_y	W_y	i_y	I_t	c	m	w	a	p	
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	cm ³	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm	cm	mm	mm	kp/m	
UPN 80	80	45	6,0	8,0	4,0	46	312	11,0	15,9	106	26,5	3,10	19,4	6,36	1,33	2,24	1,45	2,67	25	13	8,64	C
UPN 100	100	50	6,0	8,5	4,5	64	372	13,5	24,5	206	41,2	3,91	29,3	8,49	1,47	2,96	1,55	2,93	30	13	10,60	P
UPN 120	120	55	7,0	9,0	4,5	82	434	17,0	36,3	364	60,7	4,62	43,2	11,10	1,59	4,30	1,60	3,03	30	17	13,40	P
UPN 140	140	60	7,0	10,0	5,0	98	489	20,4	51,4	605	86,4	5,45	62,7	14,80	1,75	6,02	1,75	3,37	35	17	16,00	P
UPN 160	160	65	7,5	10,5	5,5	115	546	24,0	68,8	925	116,0	6,21	85,3	18,30	1,89	7,81	1,84	3,56	35	21	18,80	P
UPN 180	180	70	8,0	11,0	5,5	133	611	28,0	89,6	1350	150,0	6,95	114,0	22,40	2,02	9,98	1,92	3,75	40	21	22,00	P
UPN 200	200	75	8,5	11,5	6,0	151	661	32,2	114,0	1910	191,0	7,70	148,0	27,00	2,14	12,60	2,01	3,94	40	23	25,30	P
UPN 220	220	80	9,0	12,5	6,5	167	718	37,4	146,0	2690	245,0	8,48	197,0	33,60	2,30	17,00	2,14	4,20	45	23	29,40	P
UPN 240	240	85	9,5	13,0	6,5	184	775	42,3	179,0	3600	300,0	9,22	248,0	39,60	2,42	20,80	2,23	4,39	45	25	33,20	P

Fig. A 2.3.4. Tabla de perfiles de acero tipo UPN.

2.4- Pasadores y orejetas por flexión y aplastamiento.

- Ø Pasador / Ø Orejeta

Primero calculamos la tensión de cortante del acero galvanizado.

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{\sigma_e}{2}$$

$$\tau_{cortante} = \frac{\tau_{m\acute{a}x}}{CS} = \frac{780}{4} = 195 \text{ MPa}$$

$$\tau_{cortante} = 195 = \frac{\frac{F_{CIL}}{2}}{\frac{\pi \times \varnothing^2}{4}} = \frac{42117}{\frac{\pi \times \varnothing^2}{4}}$$

La fuerza del cilindro se divide entre 2 debido a que hay dos planos de corte. Despejando podemos obtener el diámetro:

$$\varnothing = 11,65 \approx 12 \text{ mm}$$

- Espesor Pasador / Espesor Orejeta

Aquí calculamos el espesor de ambos elementos teniendo en cuenta el aplastamiento.

$$\tau_{cortante} = 195 \text{ MPa}$$

$$\tau_{cortante} = \frac{\frac{F_{CIL}}{2}}{\varnothing \times e}$$

Ahora que ya conocemos el diámetro podemos despejar el espesor.

$$e = 8.89 \approx 10 \text{ mm}$$

Comprobamos que no sufre aplastamiento.

$$\sigma_{aplastamiento} = \frac{42117}{12 \times 10} = 173.33 \text{ MPa} \leq 195 \text{ Mpa}$$

- Anchura “b” de la orejeta

Trabajando a flexión y teniendo en cuenta el momento flector generado por la fuerza del cilindro y el axil máximo producido por esta fuerza. La orejeta es de acero S 355 JR.

$$\sigma_{m\acute{a}x} = 177.5 \text{ MPa}$$

$$e = 10 \text{ mm}$$

$$Nx_{m\acute{a}x} = 40617 \text{ N}$$

$$M_z = \frac{F_{cil_x}}{2} \times 100 = 2\,047\,650 \text{ N mm}$$

Ahora introducimos todos los datos en la ecuación principal:

$$\sigma_{m\acute{a}x} = 177.5 = \left(\frac{Nx_{m\acute{a}x}}{b \times e} + \frac{6 \times M_z}{e \times b^2} \right) = \left(\frac{40617}{b \times 10} + \frac{6 \times 2\,047\,650}{10 \times b^2} \right)$$

Operando obtenemos la siguiente ecuación de segundo grado:

$$1775 b^2 - 40617 b - 12\,285\,900 = 0$$

Resolviendo, el resultado válido es el positivo, que es nuestra anchura de orejeta.

$$b = 95.42 \approx 100 \text{ mm}$$

2.5- Barras de tijera a través de tensión normal máxima.

Se ha hecho una recopilación de esfuerzos axiles y momentos flectores para las 3 hipótesis de carga y en la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos.

	CARGA CENTRADA		CARGA DESCENTRADA APOYO MÓVIL		CARGA DESCENTRADA APOYO FIJO	
h	Nx	Mz	Nx	Mz	Nx	Mz
0,2	40310	2849500	40617	4465000	40236	5091000
0,7	1424,5	3072500	2251	4855000	10560	4630000
1,2	6103,5	3069900	4656	5358000	5420	3619000
1,7	6908,4	4698500	9167	6234000	4625	3164000

Tabla 1. Esfuerzos axiles y momentos flectores para las distintas hipótesis de carga.

- Caso 1: h=1.7m carga descentrada en el lado del apoyo móvil.

$$\sigma_{m\acute{a}x} = 177.5 \text{ MPa}$$

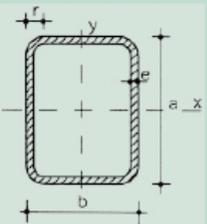
1) Despreciamos el axil y calculamos el módulo resistente sólo con el momento flector.

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{M_z}{W_z}$$

$$W_z = \frac{M_z}{\sigma_{m\acute{a}x}} = \frac{6\,234\,000}{177.5} = 35120\text{ mm}^3$$

2) Seleccionamos un perfil rectangular hueco del catálogo de perfiles que tenga módulo resistente mayor o igual al calculado.

Tabla 2.A2.3. Perfiles huecos rectangulares

	r = Radio exterior de redondeo u = Perímetro A = Área de la sección S_x = Momento estático de media sección, respecto al eje X I_x = Momento de inercia de la sección, respecto al eje X $W_x = 2I_x : a$: Módulo resistente de la sección, respecto al eje Y $i_x = \sqrt{I_x : A}$: Radio de giro de la sección, respecto al eje X	S_y = Momento estático de media sección, respecto al eje Y I_y = Momento de inercia de la sección, respecto al eje Y $W_y = 2I_y : b$: Módulo resistente de la sección, respecto al eje Y $i_y = \sqrt{I_y : A}$: Radio de giro de la sección, respecto al eje Y I_t = Módulo de torsión de la sección
---	--	--

Perfil	Dimensiones					Terminos de sección										Peso p kp/m	
	a mm	b mm	e mm	r mm	u mm	A cm ²	S _x cm ³	I _x cm ⁴	W _x cm ³	i _x cm	S _y cm ³	I _y cm ⁴	W _y cm ³	i _y cm	I _t cm ⁴		
× 60. 40.2	60	40	2	5	191	3,70	3,70	18,1	6,03	2,21	2,80	9,69	4,85	1,62	20,7	2,91	P
× 60. 40.3	60	40	3	8	187	5,33	5,18	24,7	8,23	2,15	3,91	13,10	6,56	1,57	29,2	4,18	P
× 60. 40.4	60	40	4	10	183	6,81	6,42	29,7	9,91	2,09	4,84	15,70	7,86	1,52	36,1	5,35	P
× 70. 40.2	70	40	2	5	211	4,10	4,67	26,4	7,55	2,54	3,18	11,10	5,57	1,65	25,8	3,22	C
× 70. 40.3	70	40	3	8	207	5,93	6,59	36,4	10,40	2,48	4,47	15,20	7,59	1,60	36,4	4,66	C
× 70. 40.4	70	40	4	10	203	7,61	8,23	44,3	12,60	2,41	5,56	18,30	9,16	1,55	45,3	5,97	C
× 70. 50.2	70	50	2	5	231	4,50	5,35	31,1	8,87	2,63	4,26	18,50	7,42	2,03	37,5	3,53	C
× 70. 50.3	70	50	3	8	227	6,53	7,59	43,1	12,30	2,57	6,03	25,60	10,30	1,98	53,6	5,13	C
× 70. 50.4	70	50	4	10	223	8,41	9,55	53,0	15,10	2,51	7,57	31,40	12,50	1,93	67,6	6,60	C
× 80. 40.3	80	40	3	8	227	6,53	8,15	51,0	12,80	2,79	5,02	17,20	8,62	1,62	43,8	5,13	P
× 80. 40.4	80	40	4	10	223	8,41	10,20	62,6	15,60	2,73	6,28	20,90	10,50	1,58	54,7	6,60	P
× 80. 40.5	80	40	5	13	219	10,14	12,00	71,6	17,90	2,66	7,33	23,70	11,90	1,53	63,6	7,96	C
× 80. 60.3	80	60	3	8	267	7,73	10,50	68,8	17,20	2,98	8,60	44,20	14,70	2,39	88,5	6,07	P
× 80. 60.4	80	60	4	10	263	10,00	13,30	85,7	21,40	2,93	10,90	54,90	18,30	2,34	113,0	7,86	P
× 80. 60.5	80	60	5	13	259	12,10	15,80	99,8	25,00	2,87	12,90	63,70	21,20	2,29	134,0	9,53	P
× 100. 50.3	100	50	3	8	287	8,33	13,10	105,0	20,90	3,54	8,13	35,60	14,20	2,07	88,6	6,54	P
× 100. 50.4	100	50	4	10	283	10,80	16,80	131,0	26,10	3,48	10,30	44,10	17,60	2,02	113,0	8,49	P
× 100. 50.5	100	50	5	13	279	13,10	20,00	153,0	30,60	3,41	12,20	51,10	20,40	1,97	134,0	10,31	P
× 100. 50.6	100	50	6	15	274	15,30	22,90	171,0	34,20	3,34	13,90	56,70	22,70	1,92	151,0	12,03	C
× 100. 60.4	100	60	4	10	303	11,60	18,70	149,0	29,80	3,58	13,10	67,40	22,50	2,41	156,0	9,11	P
× 100. 60.5	100	60	5	13	299	14,10	22,40	175,0	35,10	3,52	15,70	78,90	26,30	2,36	187,0	11,10	C
× 100. 60.6	100	60	6	15	294	16,50	25,70	197,0	39,50	3,46	17,90	88,40	29,50	2,31	214,0	12,97	C
× 100. 80.4	100	80	4	10	343	13,20	22,60	186,0	37,20	3,75	19,40	132,00	33,00	3,16	254,0	10,37	P
× 100. 80.5	100	80	5	13	339	16,10	27,10	221,0	44,10	3,70	23,30	156,00	39,00	3,11	307,0	12,67	P

Fig. A 2.5.1 Tabla perfiles de acero rectangulares huecos.

3) Recalculamos $\sigma_{m\acute{a}x}$ pero esta vez añadimos la tensión que proporciona el esfuerzo axil y comprobamos si cumple la restricción del material introduciendo el área del perfil seleccionado.

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{N_x}{A} + \frac{M_z}{W_z} = \frac{9167}{1320} + \frac{6\,234\,000}{37200} = 174.52\text{ MPa} \leq 177.5\text{ MPa}$$

Como cumple con la restricción escogemos el perfil rectangular hueco de dimensiones **100x80x4**.

- Caso 2: h=0.2m carga descentrada en el lado del apoyo fijo.

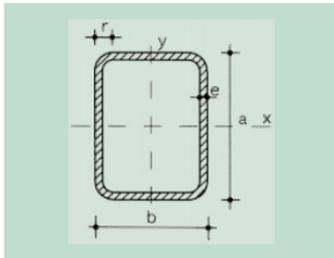
$$\sigma_{m\acute{a}x} = 177.5 \text{ MPa}$$

- 1) Despreciamos el axil y calculamos el módulo resistente sólo con el momento flector.

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{M_z}{W_z}$$

$$W_z = \frac{M_z}{\sigma_{m\acute{a}x}} = \frac{4\,465\,000}{177.5} = 25\,150 \text{ mm}^3$$

- 2) Seleccionamos un perfil rectangular hueco del catálogo de perfiles que tenga módulo resistente mayor o igual al calculado.



r = Radio exterior de redondeo	S _y = Momento estático de media sección, respecto al eje Y
u = Perímetro	I _y = Momento de inercia de la sección, respecto al eje Y
A = Área de la sección	W _y = 2I _y : b. Módulo resistente de la sección, respecto al eje Y
S _x = Momento estático de media sección, respecto al eje X	i _y = √(I _y / A). Radio de giro de la sección, respecto al eje Y
I _x = Momento de inercia de la sección, respecto al eje X	I _t = Módulo de torsión de la sección
W _y = 2I _x : a. Módulo resistente de la sección, respecto al eje Y	
i _x = √(I _x / A). Radio de giro de la sección, respecto al eje X	

Perfil	Dimensiones					Términos de sección										Peso	
	a mm	b mm	e mm	r mm	u mm	A cm ²	S _x cm ³	I _x cm ⁴	W _x cm ³	i _x cm	S _y cm ³	I _y cm ⁴	W _y cm ³	i _y cm	I _t cm ⁴	p	kp/m
× 60. 40.2	60	40	2	5	191	3,70	3,70	18,1	6,03	2,21	2,80	9,69	4,85	1,62	20,7	2,91	P
× 60. 40.3	60	40	3	8	187	5,33	5,18	24,7	8,23	2,15	3,91	13,10	6,56	1,57	29,2	4,18	P
× 60. 40.4	60	40	4	10	183	6,81	6,42	29,7	9,91	2,09	4,84	15,70	7,86	1,52	36,1	5,35	P
× 70. 40.2	70	40	2	5	211	4,10	4,67	26,4	7,55	2,54	3,18	11,10	5,57	1,65	25,8	3,22	C
× 70. 40.3	70	40	3	8	207	5,93	6,59	36,4	10,40	2,48	4,47	15,20	7,59	1,60	36,4	4,66	C
× 70. 40.4	70	40	4	10	203	7,61	8,23	44,3	12,60	2,41	5,56	18,30	9,16	1,55	45,3	5,97	C
× 70. 50.2	70	50	2	5	231	4,50	5,35	31,1	8,87	2,63	4,26	18,50	7,42	2,03	37,5	3,53	C
× 70. 50.3	70	50	3	8	227	6,53	7,59	43,1	12,30	2,57	6,03	25,60	10,30	1,98	53,6	5,13	C
× 70. 50.4	70	50	4	10	223	8,41	9,55	53,0	15,10	2,51	7,57	31,40	12,50	1,93	67,6	6,60	C
× 80. 40.3	80	40	3	8	227	6,53	8,15	51,0	12,80	2,79	5,02	17,20	8,62	1,62	43,8	5,13	P
× 80. 40.4	80	40	4	10	223	8,41	10,20	62,6	15,60	2,73	6,28	20,90	10,50	1,58	54,7	6,60	P
× 80. 40.5	80	40	5	13	219	10,14	12,00	71,6	17,90	2,66	7,33	23,70	11,90	1,53	63,6	7,96	C
× 80. 60.3	80	60	3	8	267	7,73	10,50	68,8	17,20	2,98	8,60	44,20	14,70	2,39	88,5	6,07	P
× 80. 60.4	80	60	4	10	263	10,00	13,30	85,7	21,40	2,93	10,90	54,90	18,30	2,34	113,0	7,86	P
× 80. 60.5	80	60	5	13	259	12,10	15,80	99,8	25,00	2,87	12,90	63,70	21,20	2,29	134,0	9,53	P
×100. 50.3	100	50	3	8	287	8,33	13,10	105,0	20,90	3,54	8,13	35,60	14,20	2,07	88,6	6,54	P
×100. 50.4	100	50	4	10	283	10,80	16,80	131,0	26,10	3,48	10,30	44,10	17,60	2,02	113,0	8,49	P
×100. 50.5	100	50	5	13	279	13,10	20,00	153,0	30,60	3,41	12,20	51,10	20,40	1,97	134,0	10,31	P
×100. 50.6	100	50	6	15	274	15,30	22,90	171,0	34,20	3,34	13,90	56,70	22,70	1,92	151,0	12,03	C
×100. 60.4	100	60	4	10	303	11,60	18,70	149,0	29,80	3,58	13,10	67,40	22,50	2,41	156,0	9,11	P
×100. 60.5	100	60	5	13	299	14,10	22,40	175,0	35,10	3,52	15,70	78,90	26,30	2,36	187,0	11,10	C
×100. 60.6	100	60	6	15	294	16,50	25,70	197,0	39,50	3,45	17,90	88,40	29,50	2,31	214,0	12,97	C

Fig. A 2.5.2. Tabla perfiles de acero rectangulares huecos (2).

- 3) Recalculamos $\sigma_{m\acute{a}x}$ pero esta vez añadimos la tensión que proporciona el esfuerzo axil y comprobamos si cumple la restricción del material introduciendo el área del perfil seleccionado.

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{N_x}{A} + \frac{M_z}{W_z} = \frac{40617}{1410} + \frac{4\,465\,000}{35100} = 156.01 \text{ MPa} \leq 177.5 \text{ Mp}$$

Como cumple con la restricción escogemos el perfil rectangular hueco de dimensiones **100x60x5**.

2.6- Selección del cilindro hidráulico.

- Carrera del cilindro:

Partimos del siguiente triángulo del cual conocemos varios datos:

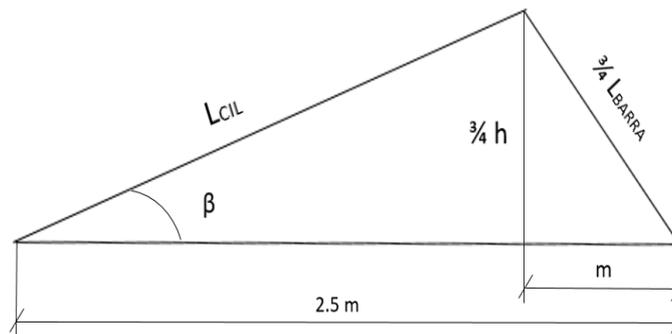


Fig. A 2.6.1. Triángulo para resolución de la carrera del cilindro.

Primero nos fijamos en el triángulo rectángulo de la derecha y despejamos el lado "m" :

$$\frac{3}{4} \times L_{BARRA} = 1.881^2 = \left(\frac{3}{4} \times h\right)^2 + m^2$$

$$m = \sqrt{1.881^2 + \left(\frac{3}{4} \times h\right)^2}$$

Ahora pasamos el triángulo rectángulo de la izquierda y despejamos la L_{CIL} :

$$L_{CIL}^2 = (2.5 - m)^2 + \left(\frac{3}{4} \times h\right)^2$$

$$L_{CIL} = \sqrt{\left(2.5 - \sqrt{1.881^2 + \left(\frac{3}{4} \times h\right)^2}\right)^2 + \left(\frac{3}{4} \times h\right)^2}$$

$$L_{CIL\ MÁX}(h = 1.7m) = 1.695\ m$$

$$L_{CIL\ MÍN}(h = 0.2m) = 0.643\ m$$

La carrera del cilindro será la diferencia entre Lcilmax y Lcilmin.

$$Carrera\ Cilindro = L_{CIL\ MÁX} - L_{CIL\ MÍN} = 1.695 - 0.643 = 1.052\ m$$

- Diámetro del pistón:

Para calcular este diámetro, lo primero es fijar una presión de trabajo para el cilindro que es de 70 bar.

$$Presión = \frac{Fuerza}{Superficie}$$

$$7 = \frac{42117}{\frac{\pi \times \varnothing^2}{4}}$$

$$\varnothing_{PISTÓN} = \sqrt{\frac{42117 \times 4}{7 \times \pi}} = 87.5 \approx 100\ mm$$

Ahora entramos en el catálogo del fabricante de cilindros hidráulicos SMC a nuestra presión de trabajo y escogemos el modelo que cumple con nuestro diámetro.

Modelos

Modelo	CH2E	CH2F	CH2G	CH2H
Material del tubo	Aleación aluminio	Acero inoxidable	Acero	Acero inoxidable
Presión nominal	3.5MPa	7MPa	14MPa	14MPa
Diámetro	32, 40, 50, 63, 80, 100mm			
Detección magnética	Aplicable	Aplicable	—	Aplicable

Fig. A 2.6.2. Elección del modelo del cilindro hidráulico.

También tenemos que verificar que cumple con la carrera calculada ya que no todos valen para cualquier longitud.

Carreras estándar

Conexión del cilindro (mm)	Carreras estándar (mm)	Carrera larga (mm)
32	25 a 800	1800 (1401 o más con anillo de refuerzo del tirante) <small>Nota 1)</small>
40	25 a 800	1800 (1401 o más con anillo de refuerzo del tirante) <small>Nota 1)</small>
50	25 a 800	1800 (1401 o más con anillo de refuerzo del tirante) <small>Nota 1)</small>
63	25 a 800	1800 (1501 o más con anillo de refuerzo del tirante) <small>Nota 2)</small>
80	25 a 1000	1800
100	25 a 1000	1800

Fig. A 2.6.3. Comprobación de la carrera del cilindro hidráulico.

Se observa que para nuestro diámetro de 100 mm tienen carrera larga hasta 1800 mm por lo que cumple con nuestras especificaciones. El modelo de nuestro cilindro será CH2F y ahí es donde vamos a mirar el diámetro del vástago en el catálogo.

Serie CH2E/CH2F/CH2G/CH2H
Tamaños de vástago

		(mm)					
Diámetro (mm) / Tamaño vástago*	32	40	50	63	80	100	
	Serie B	18	22.4	28	35.5	45	56
Serie C	—	18	22.4	28	35.5	45	

* Según JIS B8367.

Con esto ya podemos seleccionar el diámetro del vástago según queramos la serie B o la serie C. Seleccionamos la serie B por ejemplo y nuestro cilindro hidráulico será SMC CH2F SERIE B.

2.7- Elección de las ruedas.

Para calcular las ruedas que soporten la carga máxima de nuestra mesa elevadora de tijera simple, se escoge la peor situación posible de solicitud de los apoyos en el chasis de la mesa, se calculan las reacciones en los puntos donde irán situadas las ruedas, y se calcula el peso necesario a soportar por cada una de ellas.

El caso más desfavorable de todos es cuando la carga está descentrada en el lado de los apoyos fijos, con el siguiente diagrama de sólido libre.

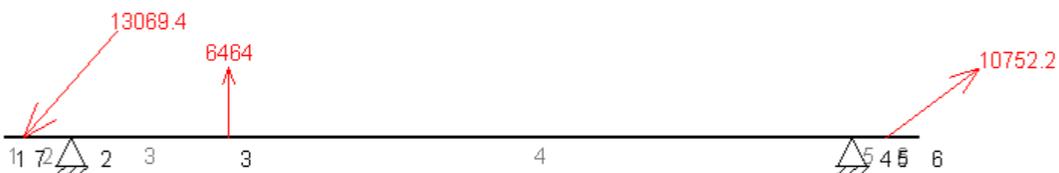


Fig. A 2.7 DSL caso más desfavorable para el chasis.

Ahora nos fijamos en las reacciones verticales máximas en los apoyos, que serán las ruedas y pondremos dos en cada lado de la mesa a 0.2 m de los extremos.

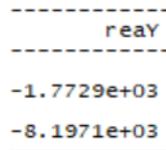


Fig. 5.7.2. Reacciones verticales en los apoyos del chasis.

Ahora, como la reacción máxima son 8197.1 N, calculamos el equivalente a la masa máxima que puede soportar.

$$8197.1 \frac{Kg \cdot m}{s^2} \div 9.8 \frac{m}{s^2} = 836.44 Kg$$

Ahora entramos al catálogo de un fabricante de ruedas para maquinaria de elevación y seleccionamos unas que soporten esa carga con algo de holgura, para mantener también el peso propio de la mesa elevadora.

3- SolidWorks.

En este apartado, primero se va a hacer una introducción de los pasos seguidos para crear piezas y ensamblajes y posteriormente como agregar las fuerzas, las sujeciones, el mallado y por último la simulación con un ejemplo de uno de los travesaños de nuestra mesa.

Después mostraremos los resultados de las simulaciones para las 3 partes creadas: la parte superior de la mesa, la barra de tijera "AD" y el chasis. Para cada una de las partes se mostrará la simulación de cada una de las 3 hipótesis de carga y en cada una de éstas últimas se mostrará para el caso de altura mínima de elevación (mesa replegada) y máxima altura de elevación (mesa completamente elevada).

3.1- Metodología y procedimiento de creación y simulación.

3.1.1.- Creación de la pieza.

Para empezar, le damos a Archivo, Nuevo, seleccionamos Pieza y ya podemos empezar a croquizar.



Fig. A 3.1 Pieza nueva

3.1.2.- Croquis.

Dibujamos el alzado en 2D de la pieza que queremos con la opción croquis y las distintas formas que nos ofrece el software y con la opción de cota inteligente lo dimensionamos. Se pueden cambiar las unidades de medida por si nos va mejor alguna en concreto. También hay una opción de establecer relaciones entre las líneas del diseño como paralelismo o perpendicularidad.

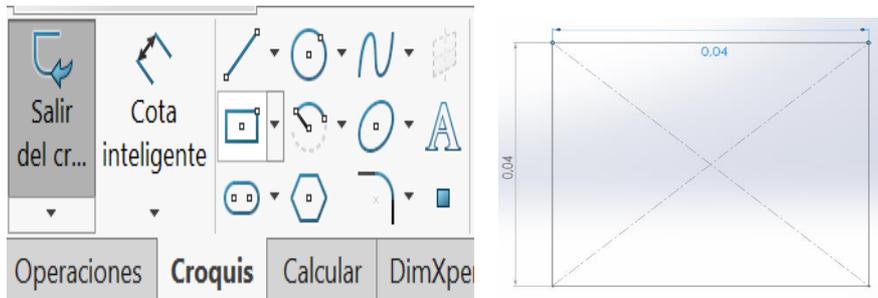


Fig. A 3.1.2 Opciones croquis y acotación.

3.1.3.- Extruir pieza.

Para darle profundidad a nuestra pieza, basta con clicar la opción “Extruir Saliente/Base”. De esta manera podemos darle la profundidad que nosotros quedamos.

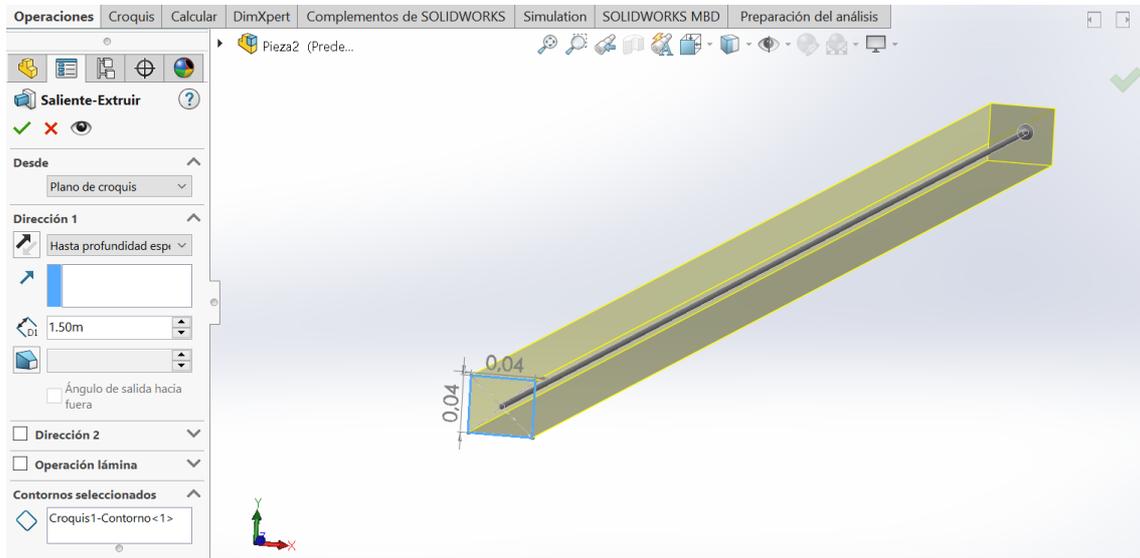


Fig. A 3.1.3 Extruir Saliente/Base

3.1.4.- Extruir corte.

También podemos realizar operaciones interiores en la pieza con la herramienta Extruir Corte. En este caso vamos a dejar el perfil hueco con 4mm de espesor con la misma profundidad que hemos extruido anteriormente.

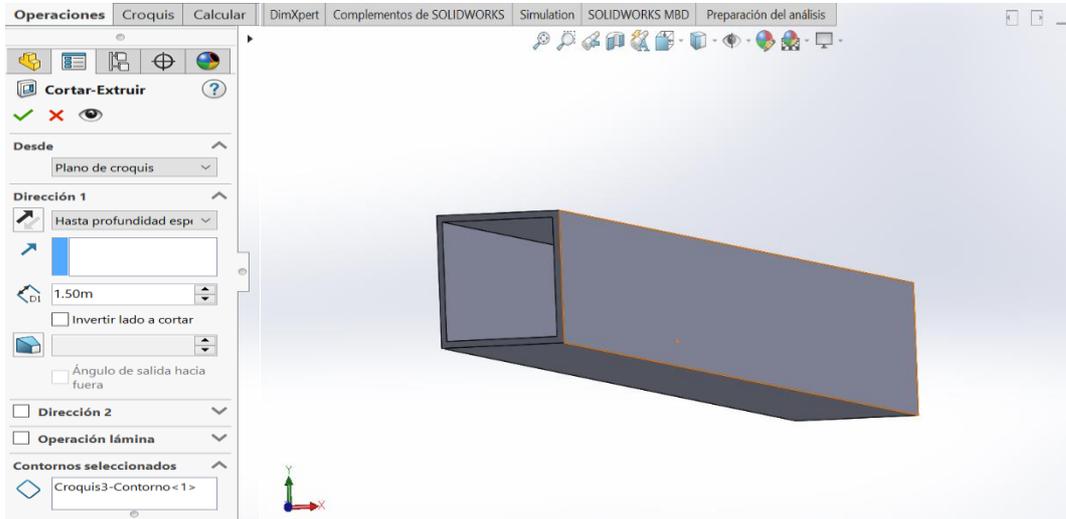


Fig. A 3.1.4 Extruir Corte

3.1.5.- Ensamblaje.

Ahora vamos a proceder a ensamblar este travesaño con dos tapas que le vamos a poner para darle rigidez al canto. Lo primero que hacemos es crear en un archivo nuevo nuestra tapa de las mismas medidas exteriores de alzado que el travesaño.

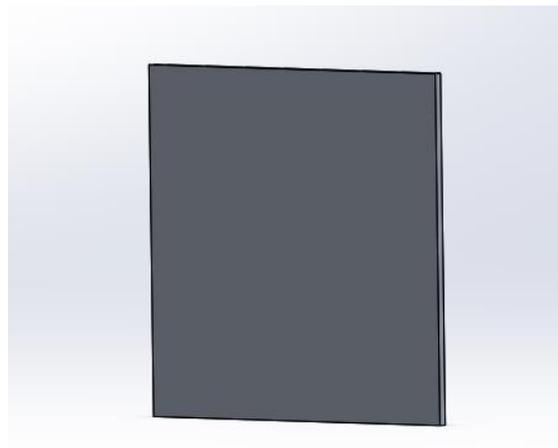


Fig. A 3.1.5 Tapa travesaños

Para realizar el ensamblaje, primero en nuestro archivo del travesaño abierto le damos a la opción de Archivo y Crear ensamblaje desde pieza. Una vez que nos aparece la opción de Ensamblaje en la barra de herramientas, clicamos y añadimos la tapa.

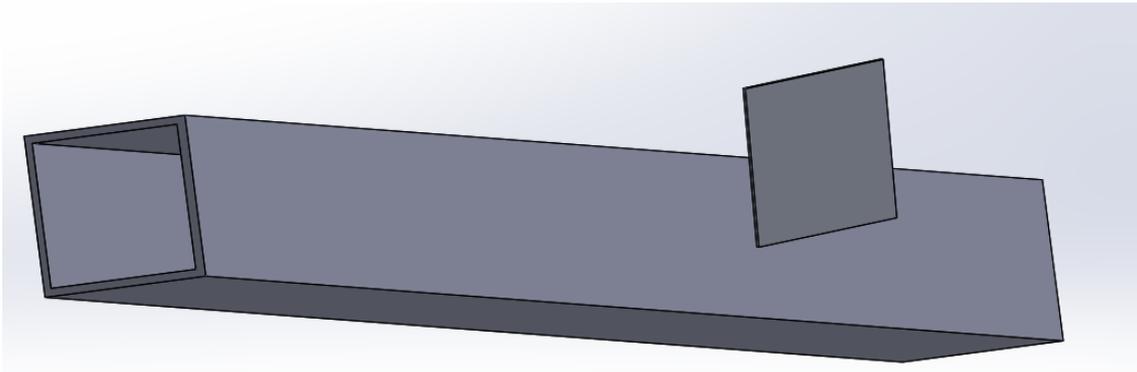


Fig. A 3.1.6 Principio de ensamblaje

Ya solo nos falta añadir las relaciones de posición para que la tapa quede bien ensamblada en el travesaño. Para ello nos vamos a la opción de relaciones de posición y ponemos las que consideremos oportunas para que encajen bien ambas piezas.

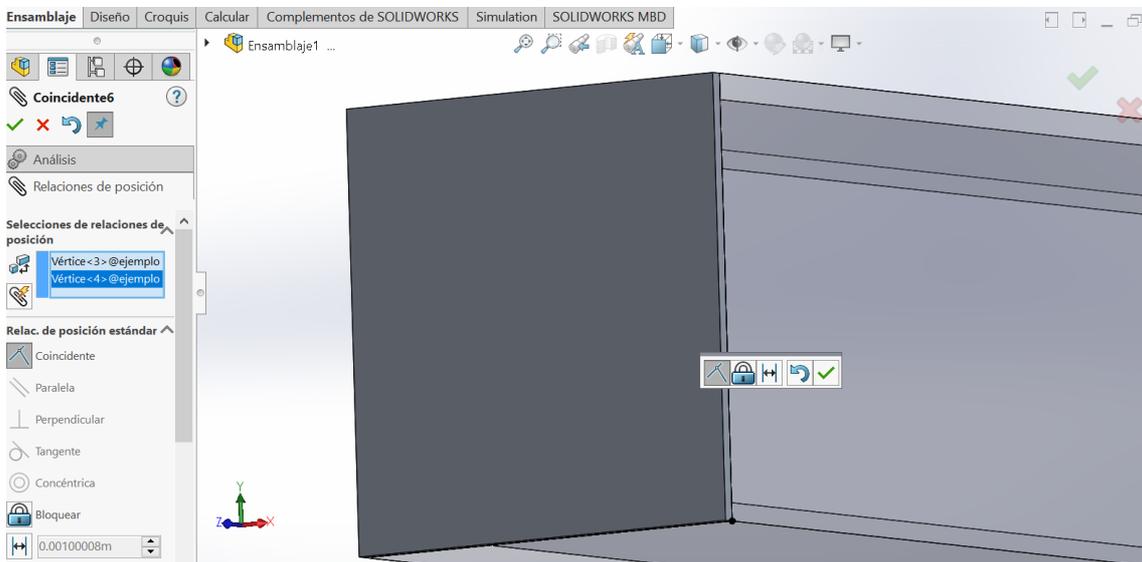


Fig. A 3.1.7 Relaciones de posición ensamblaje

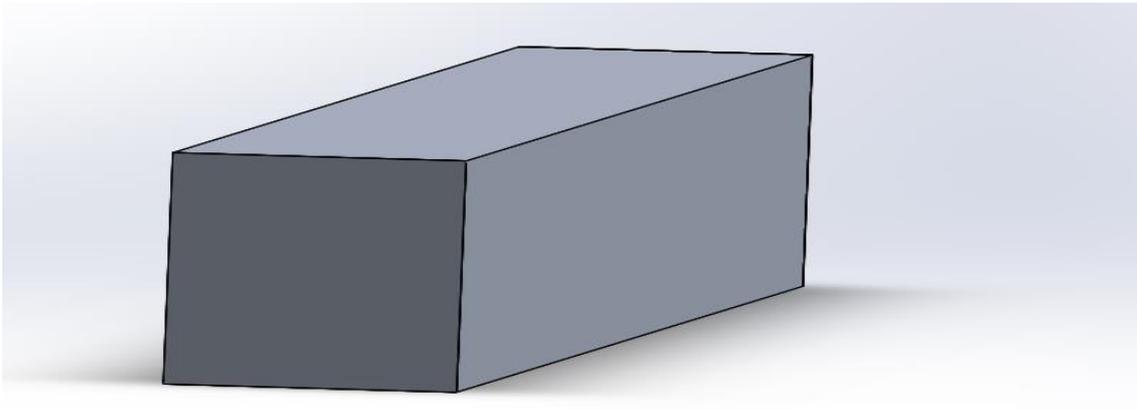


Fig. A 3.1.8 Conjunto ensamblado

3.1.6.- Nuevo Estudio. Malla.

En este apartado se explica cómo crear una malla del conjunto ensamblado, último paso antes de añadir las condiciones de contorno para simular. Lo primero es clicar en Simulación, después en Estudio y aceptar. Ahora en la barra de la izquierda nos aparece la opción de malla, pero primero vamos a definir el material. Esto lo hacemos desde la parte superior izquierda donde se indica “Aplicar Material”.

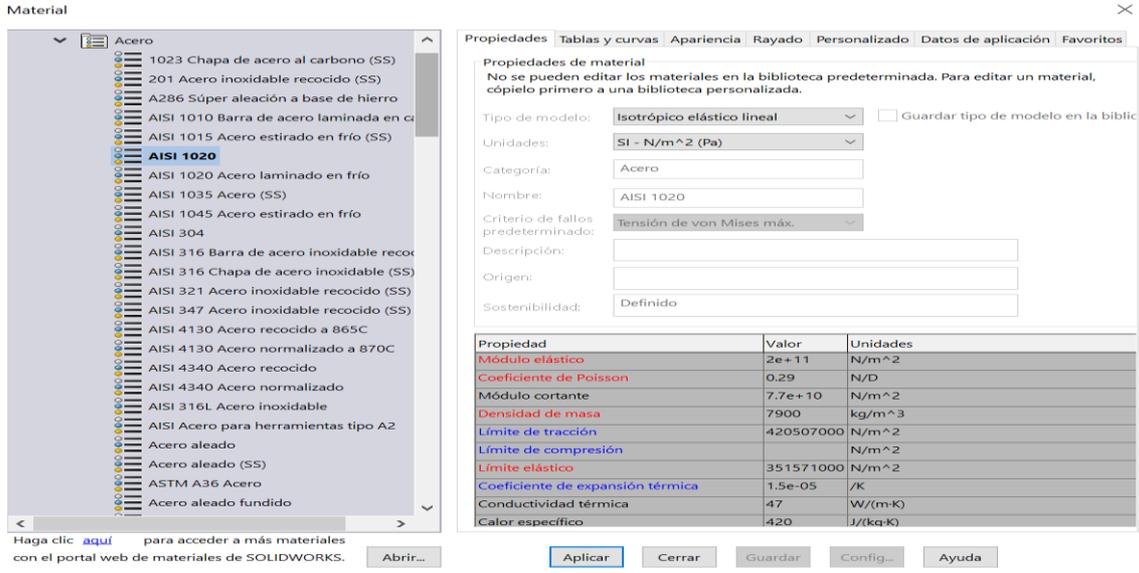


Fig. A 3.1.9 Definición de material

Como se observa, hay multitud de opciones incluyendo diferentes aleaciones. Escogemos el que queramos, en nuestro caso el Acero AISI 1020 y le damos a aplicar.

Posteriormente, en el menú de la izquierda, clicamos con el botón derecho en malla y seleccionamos Crear Malla. Se abre el siguiente submenú y podemos escoger la densidad de malla que queremos y le damos a aceptar.

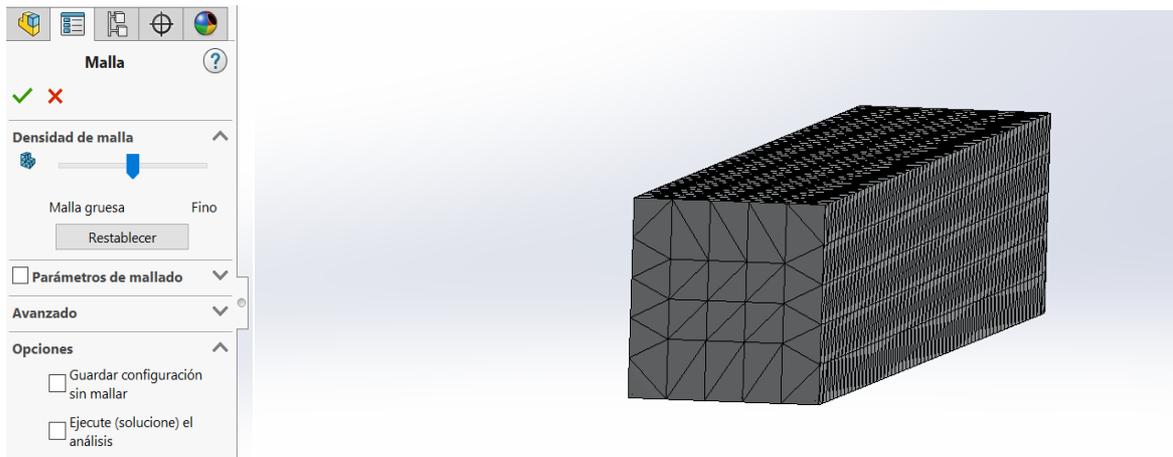


Fig. A 3.1.10 Mallado

3.1.7.- Cargas y apoyos.

Llegados a este punto, vamos a añadir una carga externa distribuida de ejemplo para luego simular y analizar los resultados. También existe la opción de añadir cargas puntuales, presiones, fuerza de gravedad, etc. Para ello, en el menú de la izquierda hacemos clic derecho en Cargas Externas y seleccionamos Fuerza. Después le damos un valor de módulo, definimos la superficie y la dirección y la aplicamos.

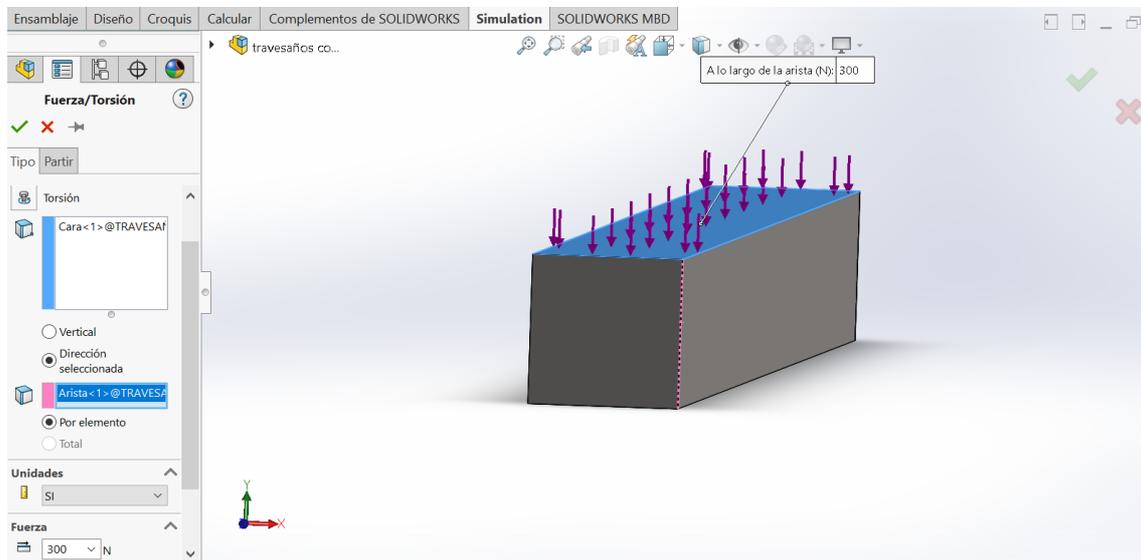


Fig. A 3.1.11 Aplicación de carga

Para simular las partes importantes de la mesa han sido de gran utilidad las sujeciones. En este caso no vamos a aplicarlas, pero el menú para ello es el siguiente.

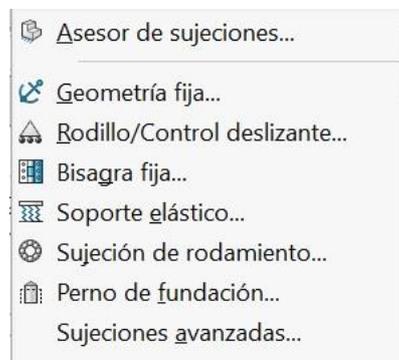


Fig. A 3.1.12 Menú Sujeciones

Las más utilizadas son las 3 primeras. Geometría Fija para anclar un punto o superficie, Rodillo/Control deslizante para apoyos móviles y Bisagra fija, también para sujetar una superficie.

3.1.8.- Simulación y resultados.

Al seleccionar Ejecutar Estudio se produce la simulación y aparece un apartado de resultados. Ahí destacamos las tensiones y los desplazamientos. Empezamos por las tensiones.

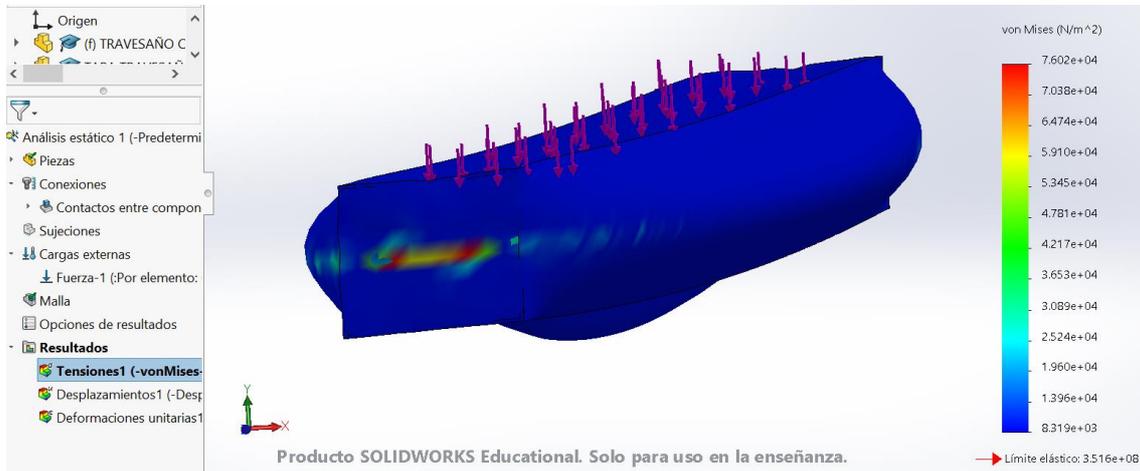


Fig. A 3.1.13 Resultados tensiones ejemplo.

Aparece la pieza deformada en una escala muy grande para ver los sitios dónde más sufre al aplicar la fuerza. También muestra una escala de tensiones máximas de Von Mises junto al límite elástico del material para indicar si aguanta esa carga.

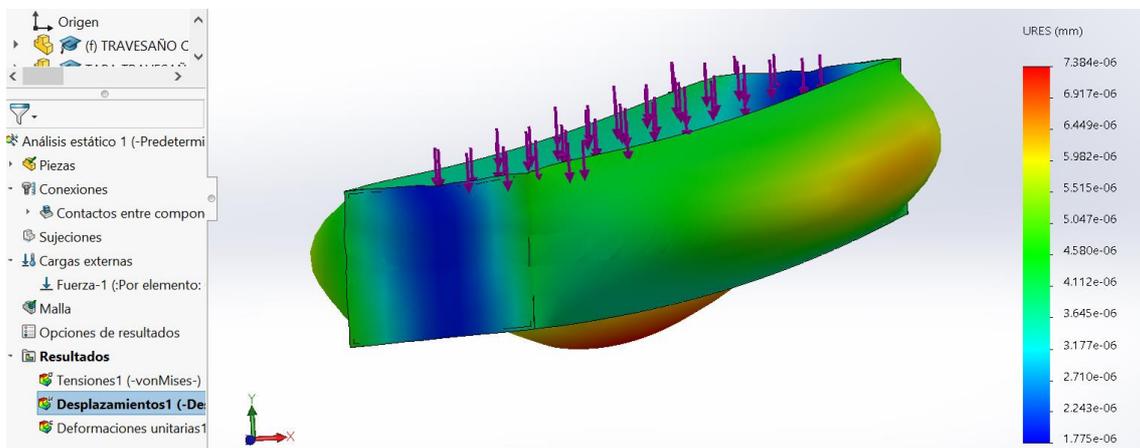


Fig. A 3.1.14 Resultados desplazamientos ejemplo.

Para los desplazamientos máximos pasa lo mismo, indica con la escala numérica y de colores los puntos donde más se deforma la pieza. Es útil para ver la capacidad de las piezas y ensamblajes para resistir unas cargas determinadas.

3.2- Simulación de componentes según aplicación de la carga y altura de elevación.

En este apartado se muestran todas las simulaciones realizadas para la parte superior de la mesa, la barra de tijera "AD" y el chasis. En cada una de ellas se distingue la zona de aplicación de la carga y la altura de elevación utilizada.

3.2.1.- Parte superior de la mesa.

- Carga centrada, mesa replegada.

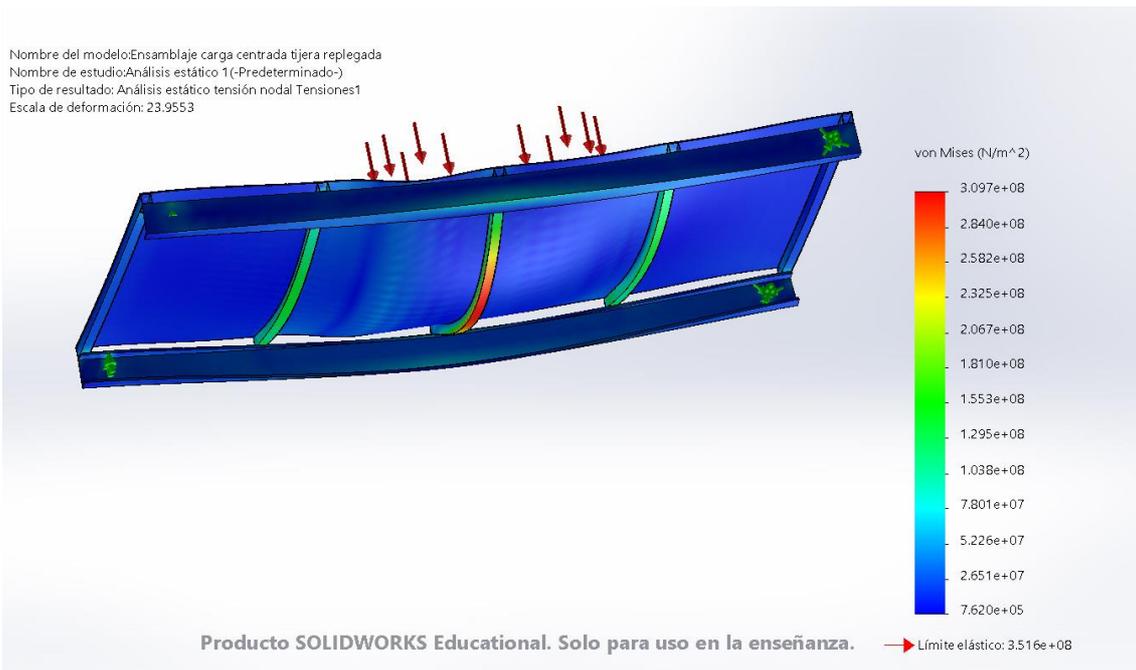


Fig. A 3.2.1 Tensiones parte superior carga centrada mesa replegada.

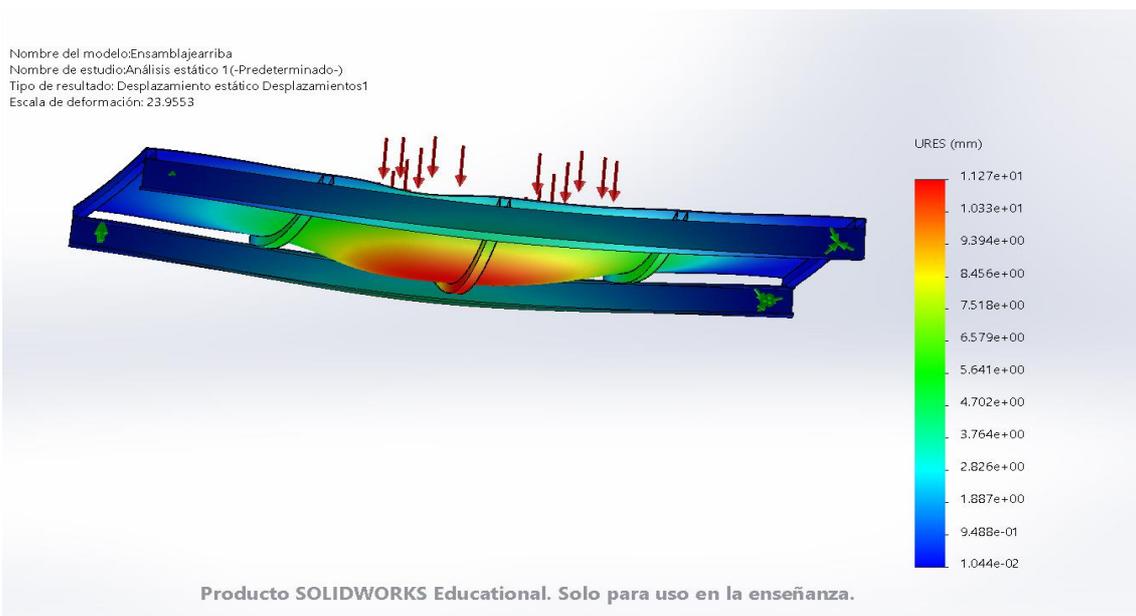


Fig. A 3.2.2 Desplazamientos parte superior carga centrada mesa replegada.

- Carga centrada, mesa estirada.

Nombre del modelo: Ensamblaje carga descentrada DCHA tijera ESTIRADA
Nombre de estudio: Análisis estático 1 (-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1
Escala de deformación: 33.1213

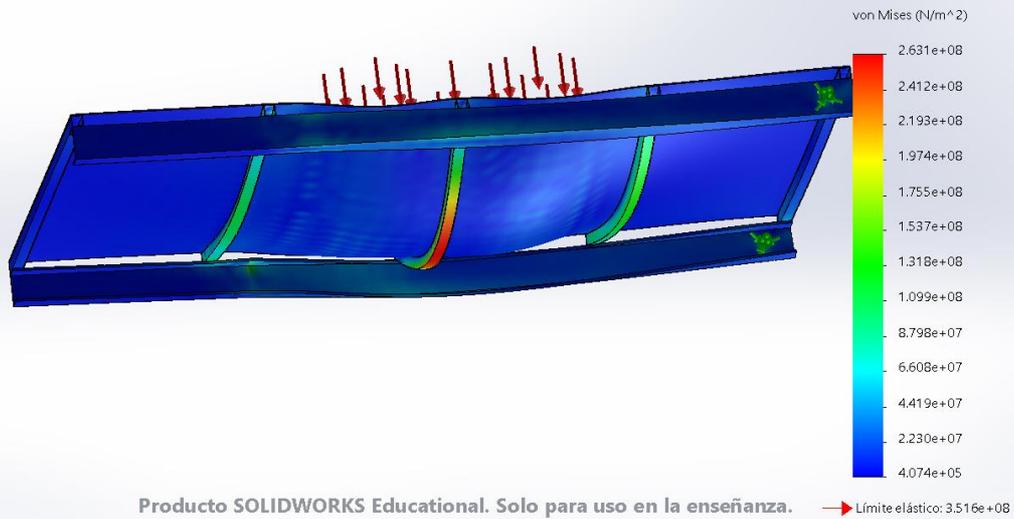


Fig. A 3.2.3 Tensiones parte superior carga centrada mesa estirada.

Nombre del modelo: Ensamblaje carga descentrada DCHA tijera ESTIRADA
Nombre de estudio: Análisis estático 1 (-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1
Escala de deformación: 33.1213

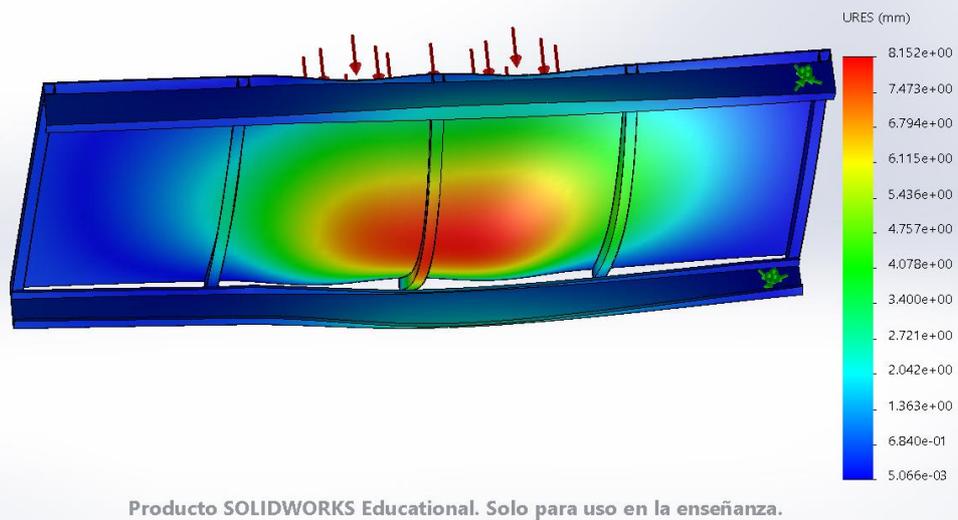


Fig. A 3.2.4 Desplazamientos parte superior carga centrada mesa estirada.

- Carga descentrada en el lado de los apoyos móviles, mesa replegada.

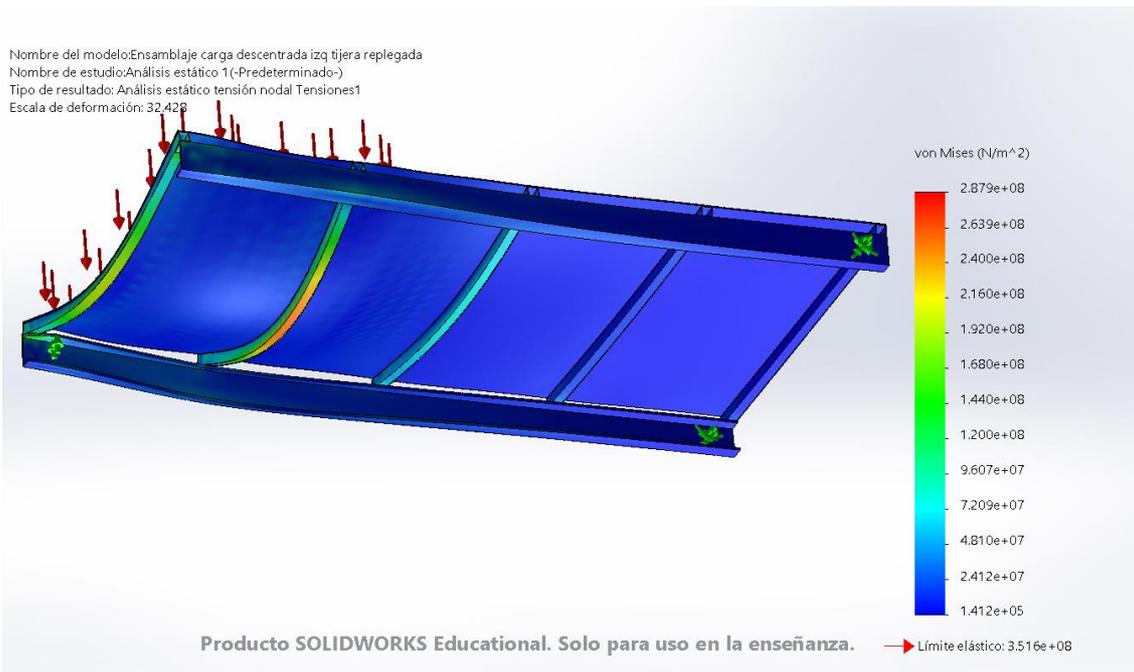


Fig. A 3.2.5 Tensiones parte superior carga descentrada lado apoyos móviles mesa replegada.

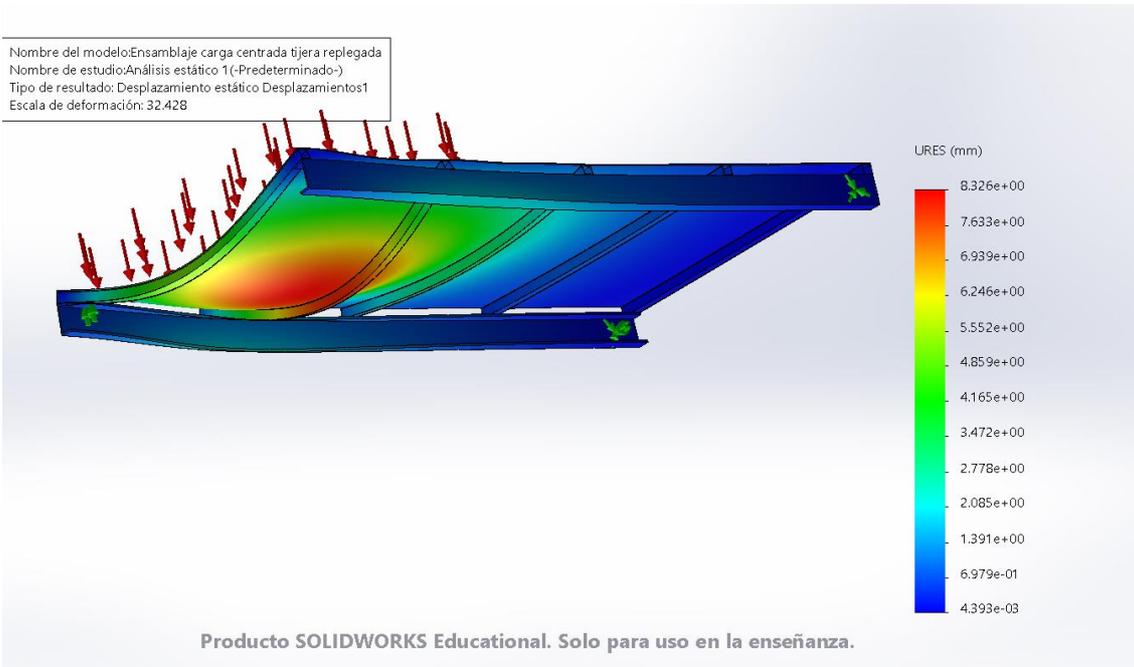


Fig. A 3.2.6 Desplazamientos parte superior carga descentrada lado apoyos móviles mesa replegada.

- Carga descentrada en el lado de los apoyos móviles, mesa estirada.

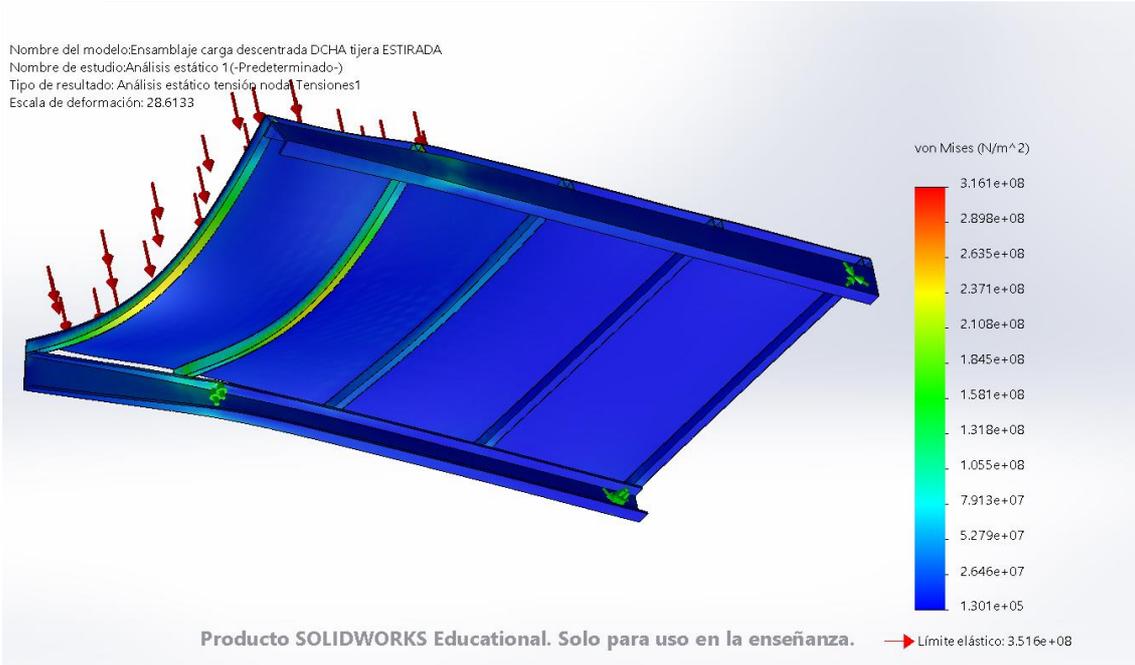


Fig. A 3.2.7 Tensiones parte superior carga descentrada lado apoyos móviles mesa estirada.

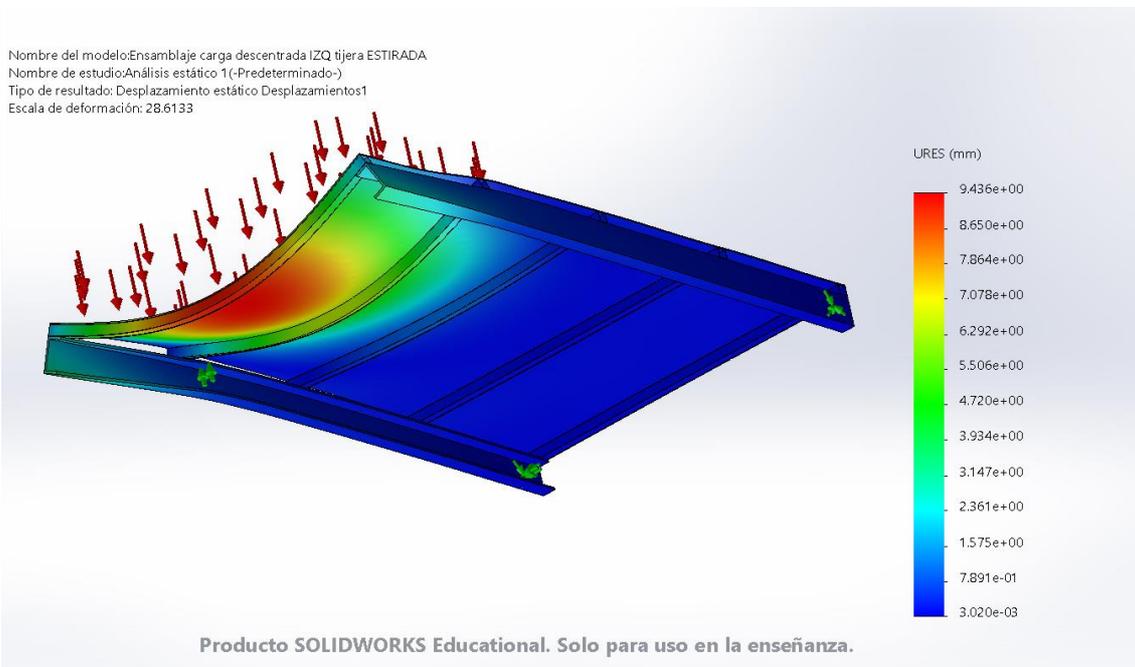


Fig. A 3.2.8 Desplazamientos parte superior carga descentrada lado apoyos móviles mesa estirada.

- Carga descentrada en el lado de los apoyos fijos, mesa replegada.

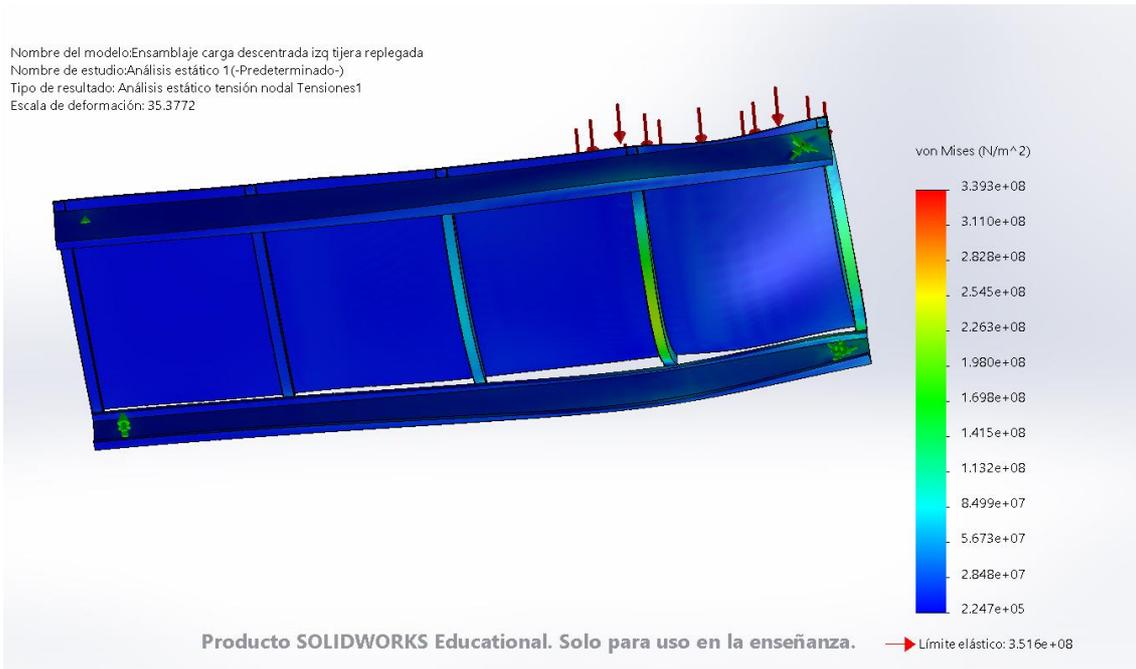


Fig. A 3.2.9 Tensiones parte superior carga descentrada lado apoyos fijos mesa estirada.

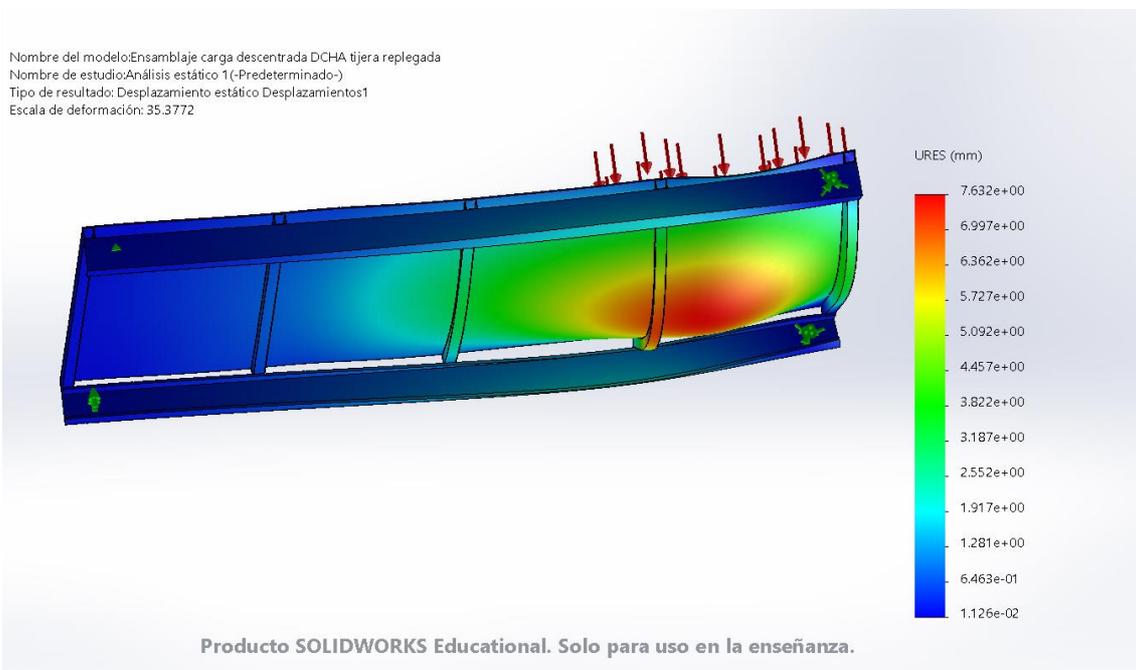


Fig. A 3.2.10 Desplazamientos parte superior carga descentrada lado apoyos fijos mesa estirada.

- Carga descentrada en el lado de los apoyos fijos, mesa estirada.

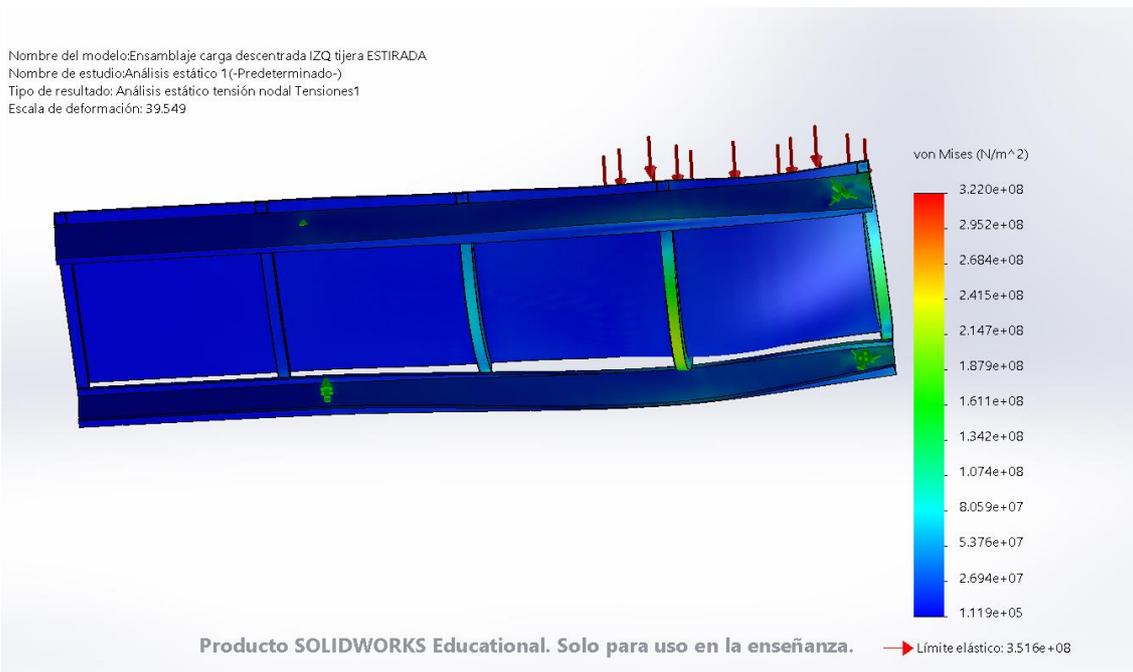


Fig. A 3.2.11 Tensiones parte superior carga descentrada lado apoyos fijos mesa estirada.

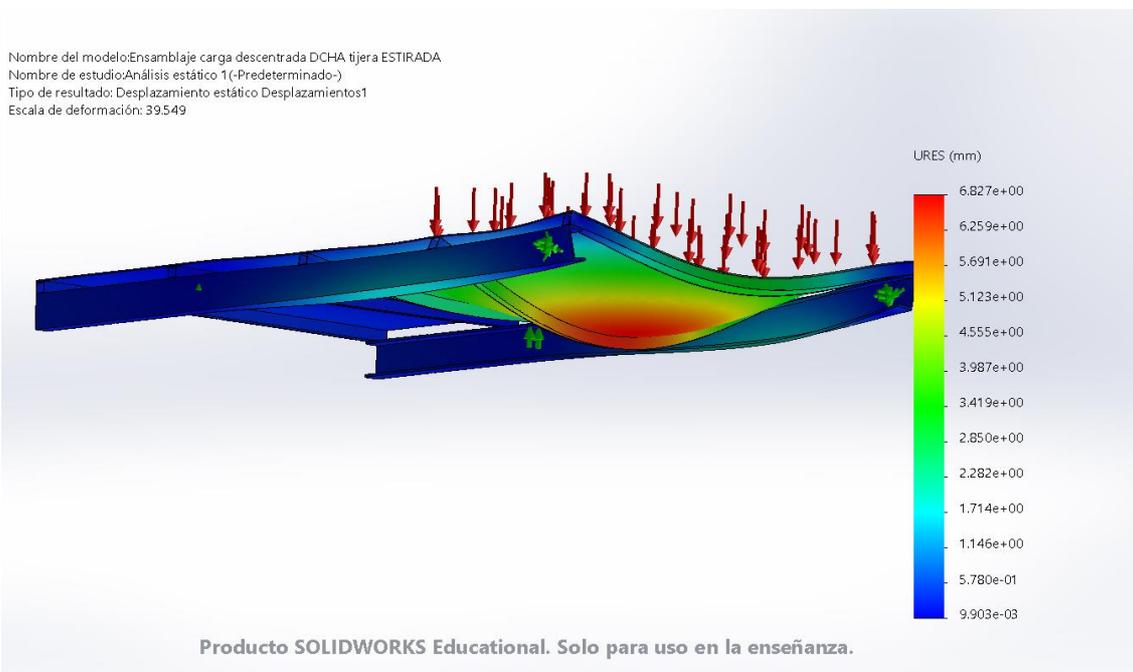


Fig. A 3.2.12 Desplazamientos parte superior carga descentrada lado apoyos fijos mesa estirada.

3.2.2.- Barra de tijera más solicitada.

- Carga centrada, mesa replegada.

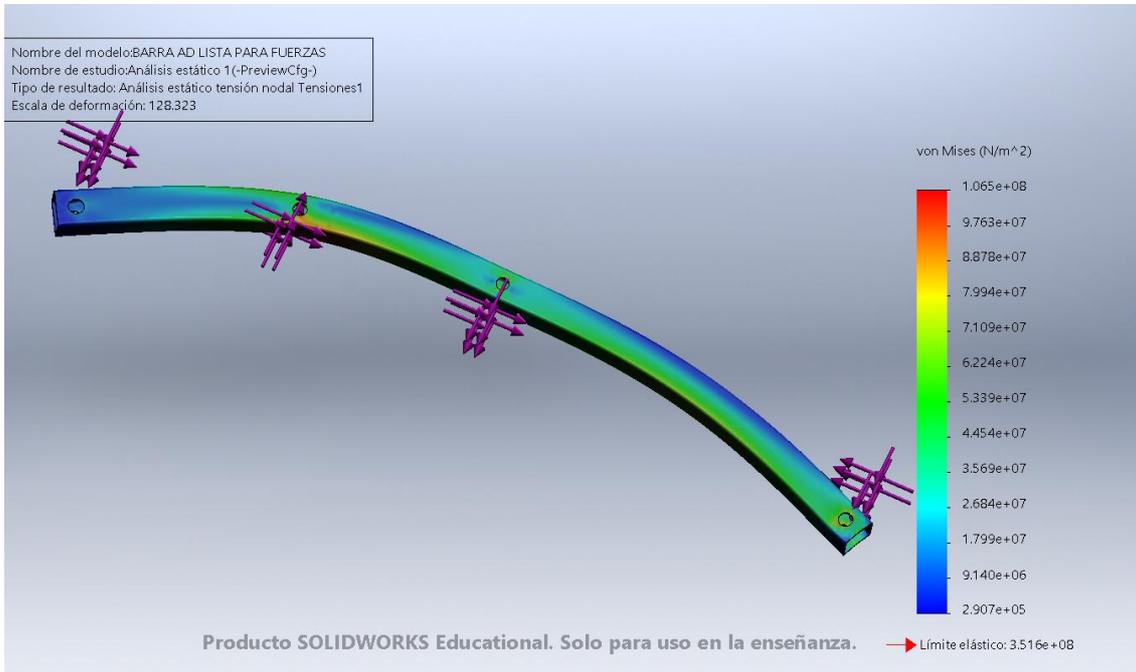


Fig. A 3.2.13 Tensiones barra "AD" carga centrada mesa replegada.

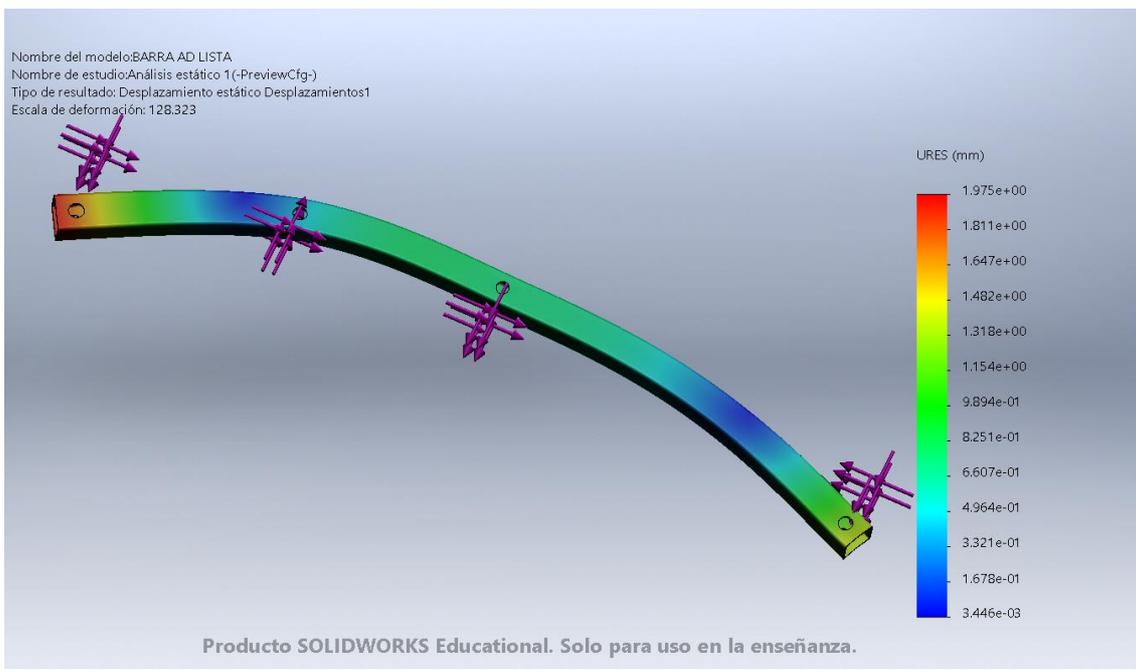


Fig. A 3.2.14 Desplazamientos barra "AD" carga centrada mesa replegada.

- Carga centrada, mesa estirada.

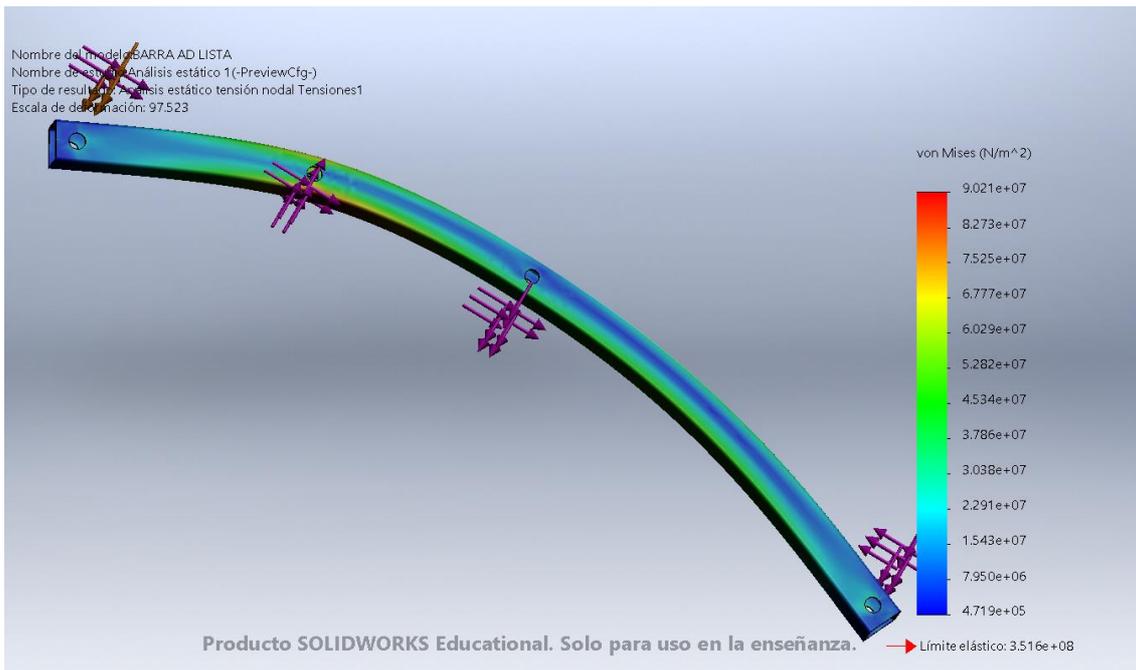


Fig. A 3.2.15 Tensiones barra "AD" carga centrada mesa estirada.

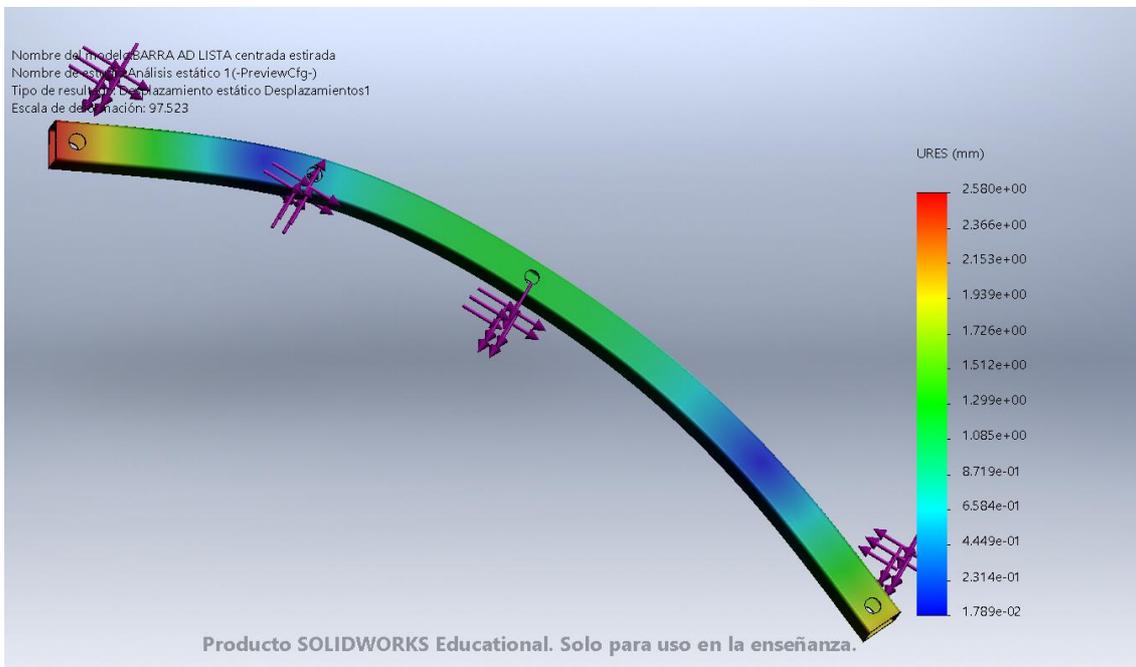


Fig. A 3.2.16 Desplazamientos barra "AD" carga centrada mesa estirada.

- Carga descentrada en el lado de los apoyos móviles, mesa replegada.

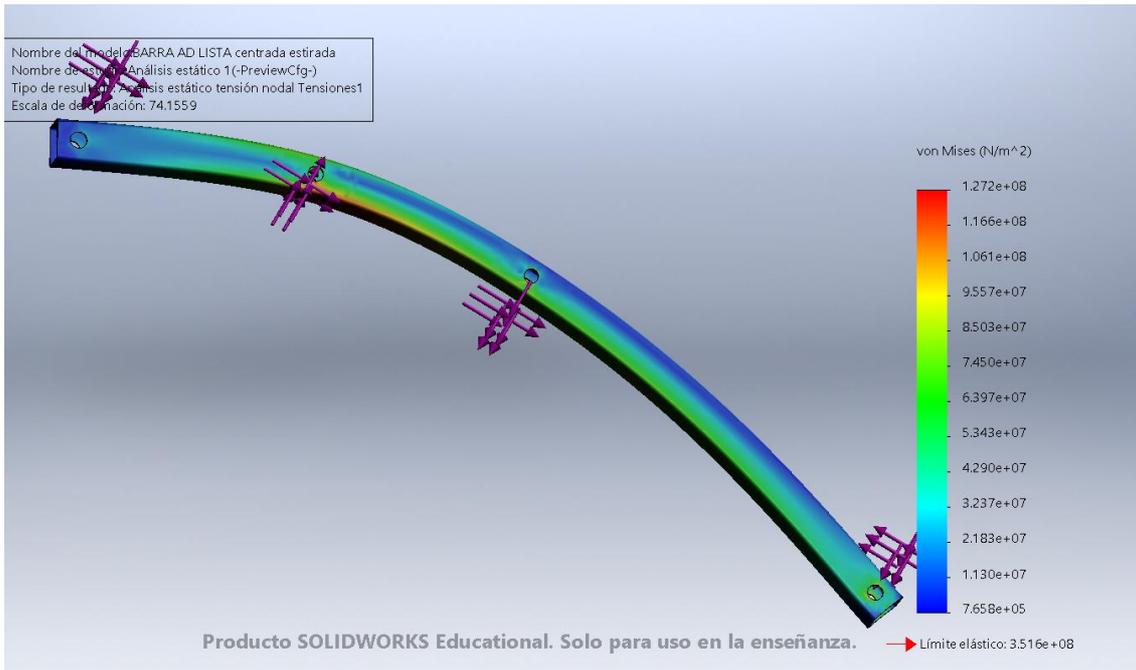


Fig. A 3.2.17 Tensiones barra "AD" carga descentrada lado apoyos móviles mesa replegada.

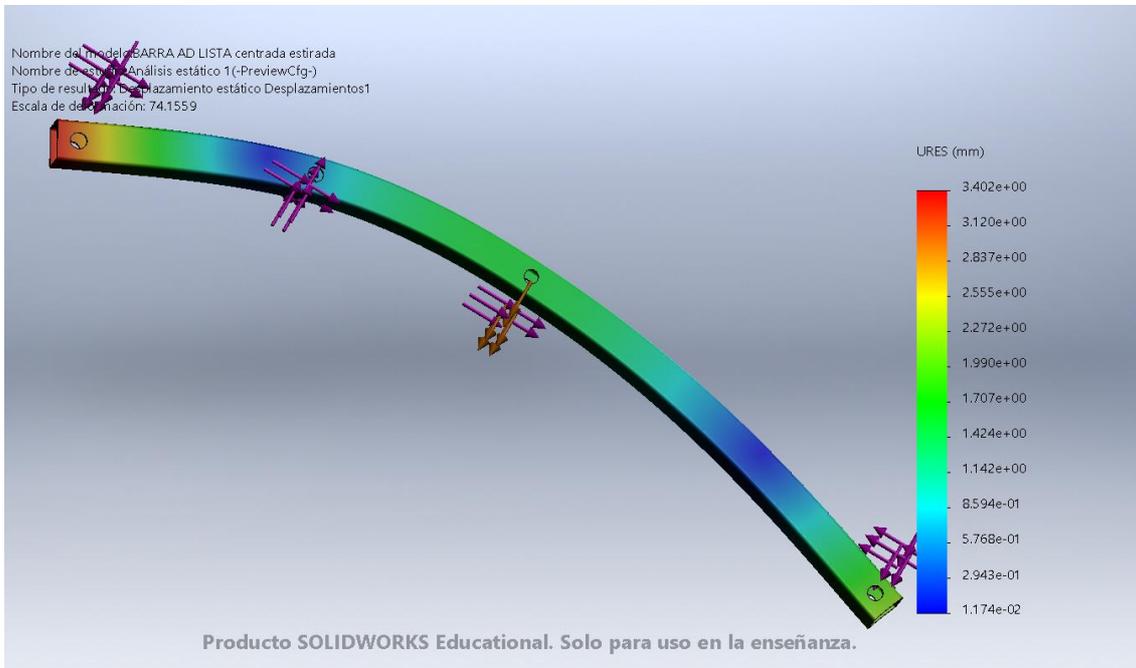


Fig. A 3.2.18 Desplazamientos barra "AD" carga descentrada lado apoyos móviles mesa replegada.

- Carga descentrada en el lado de los apoyos móviles, mesa estirada.

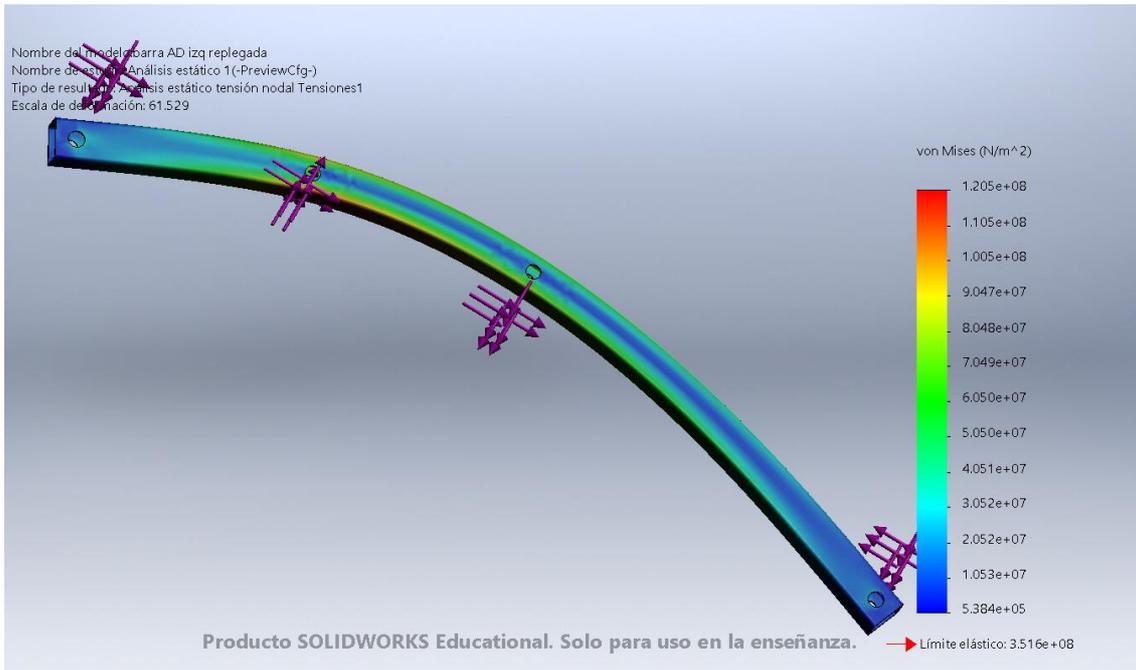


Fig. A 3.2.19 Tensiones barra "AD" carga descentrada lado apoyos móviles mesa estirada.

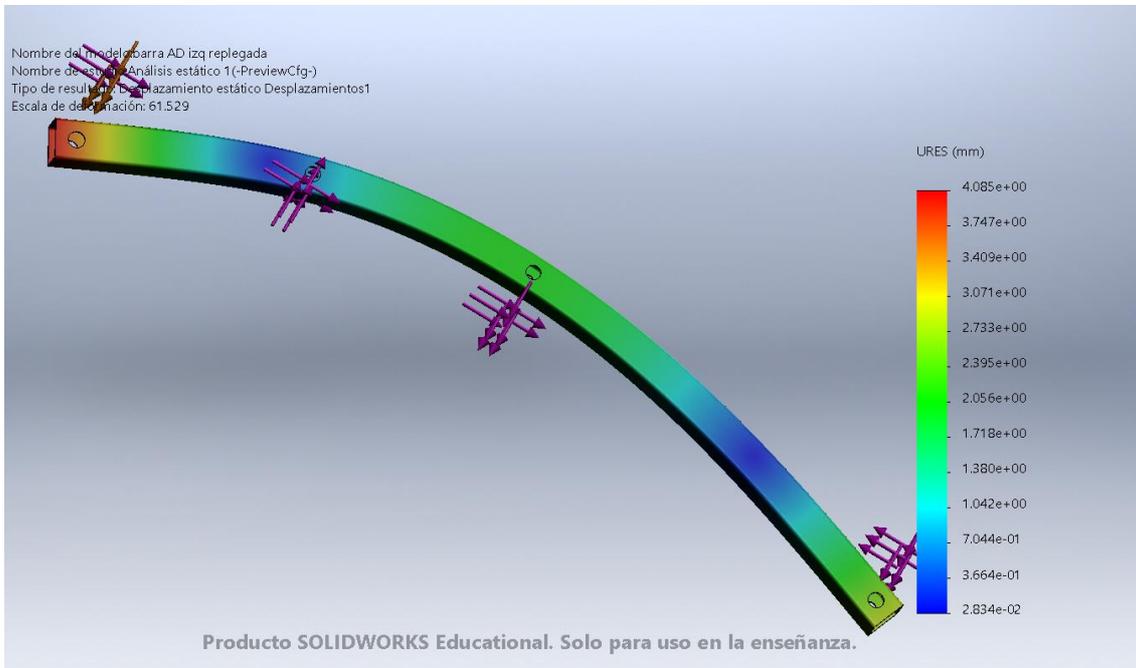


Fig. A 3.2.20 Desplazamientos barra "AD" carga descentrada lado apoyos móviles mesa estirada.

- Carga descentrada en el lado de los apoyos fijos, mesa replegada.

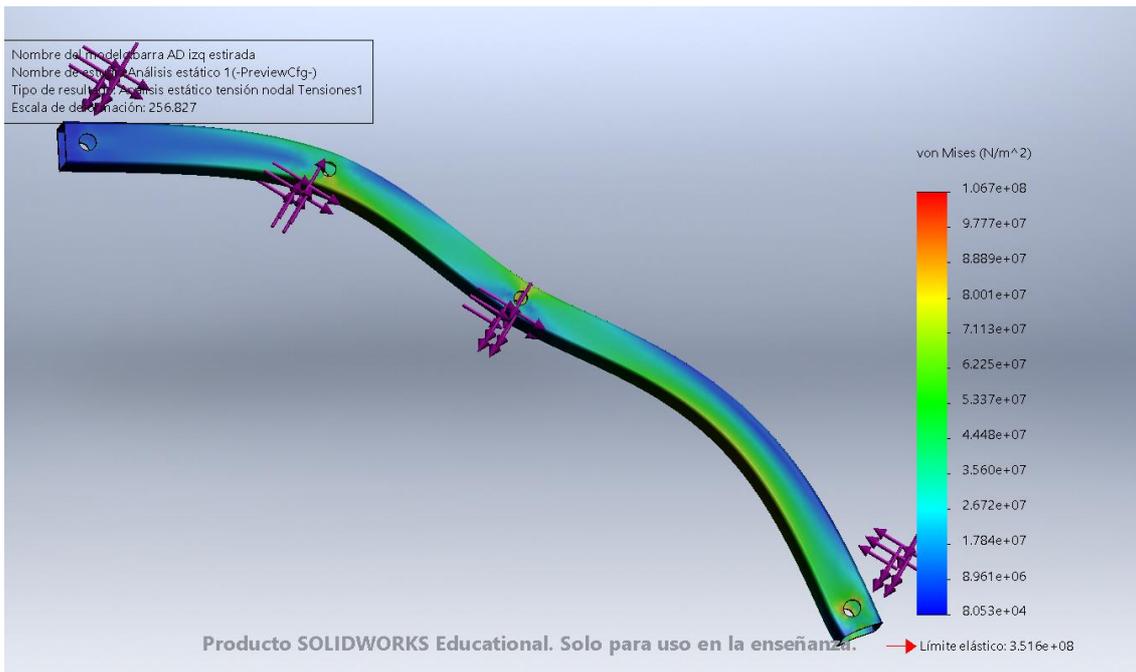


Fig. A 3.2.21 Tensiones barra "AD" carga descentrada lado apoyos fijos mesa replegada.

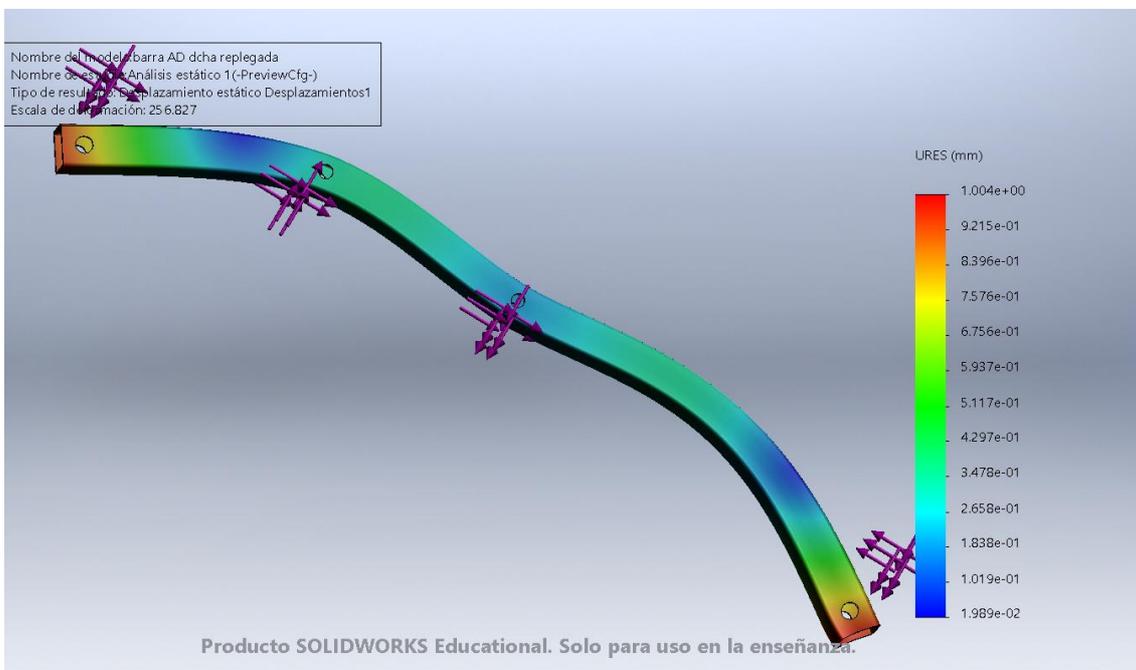


Fig. A 3.2.22 Desplazamientos barra "AD" carga descentrada lado apoyos fijos mesa replegada.

- Carga descentrada en el lado de los apoyos fijos, mesa estirada.

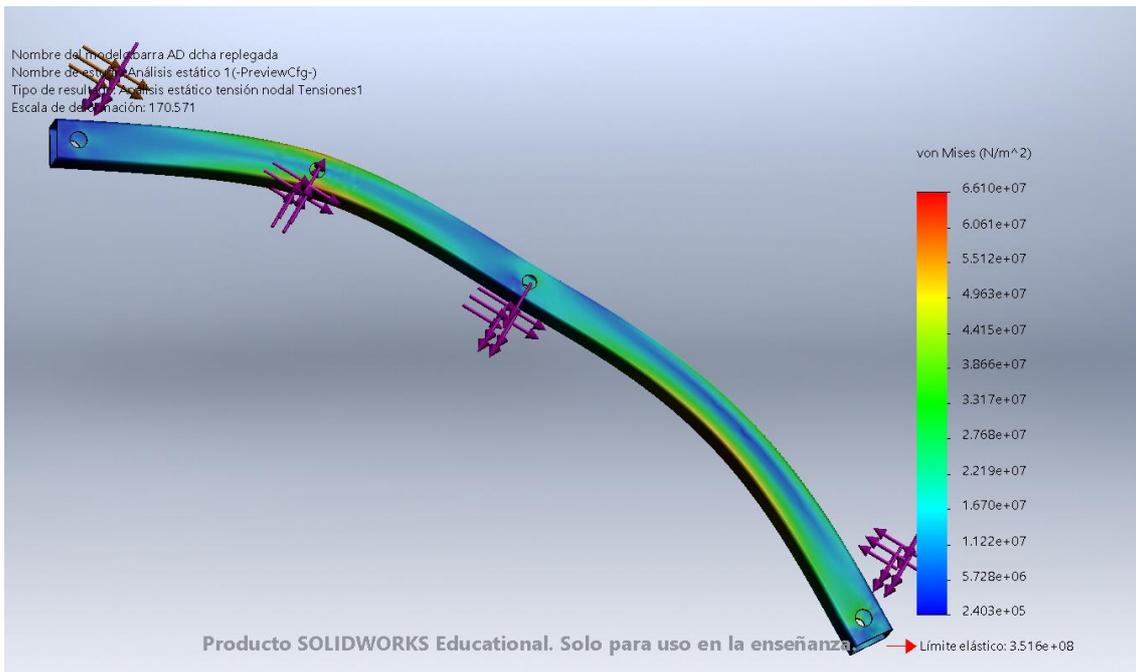


Fig. A 3.2.23 Tensiones barra "AD" carga descentrada lado apoyos fijos mesa estirada.

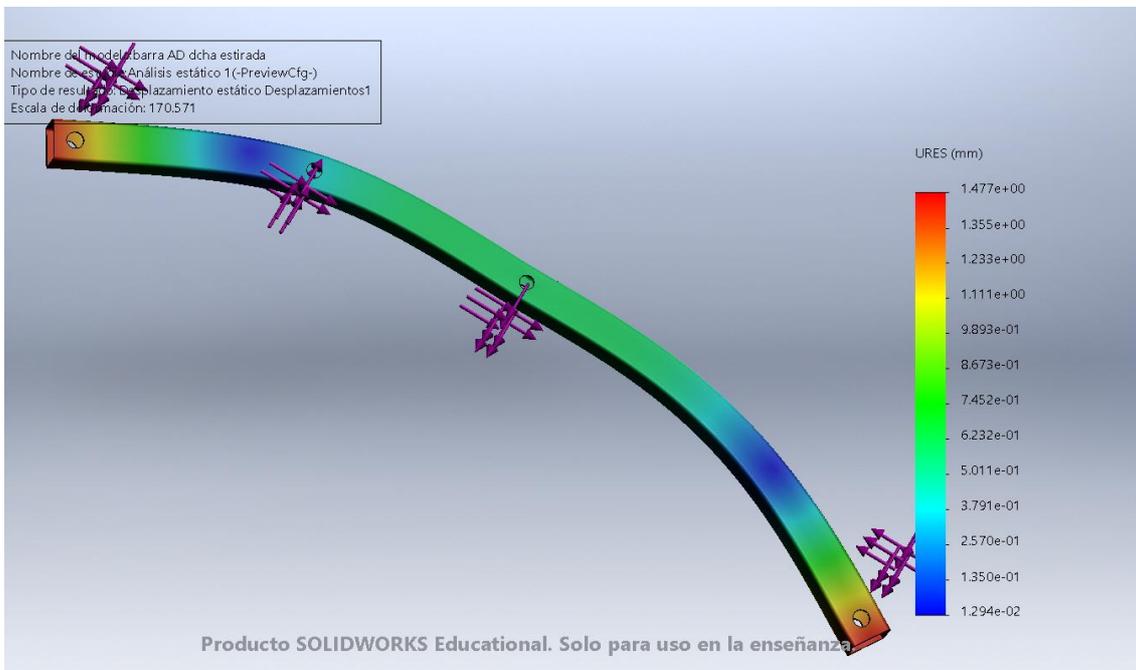


Fig. A 3.2.24 Desplazamientos barra "AD" carga descentrada lado apoyos fijos mesa estirada.

3.2.3.- Chasis

- Carga centrada, mesa replegada.

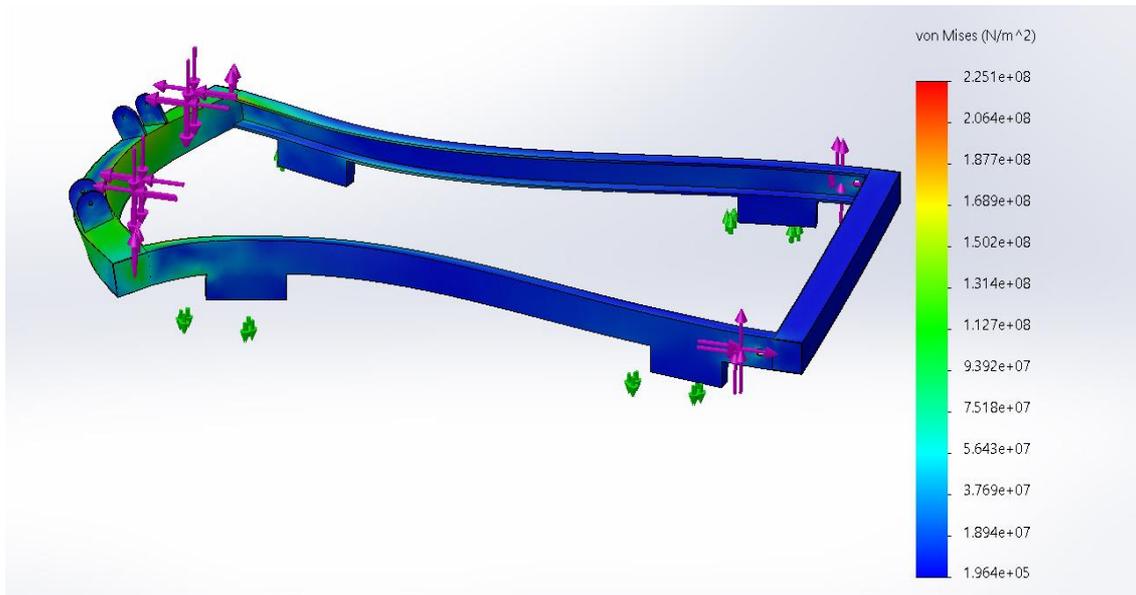


Fig. A 3.2.25 Tensiones chasis carga centrada mesa replegada.

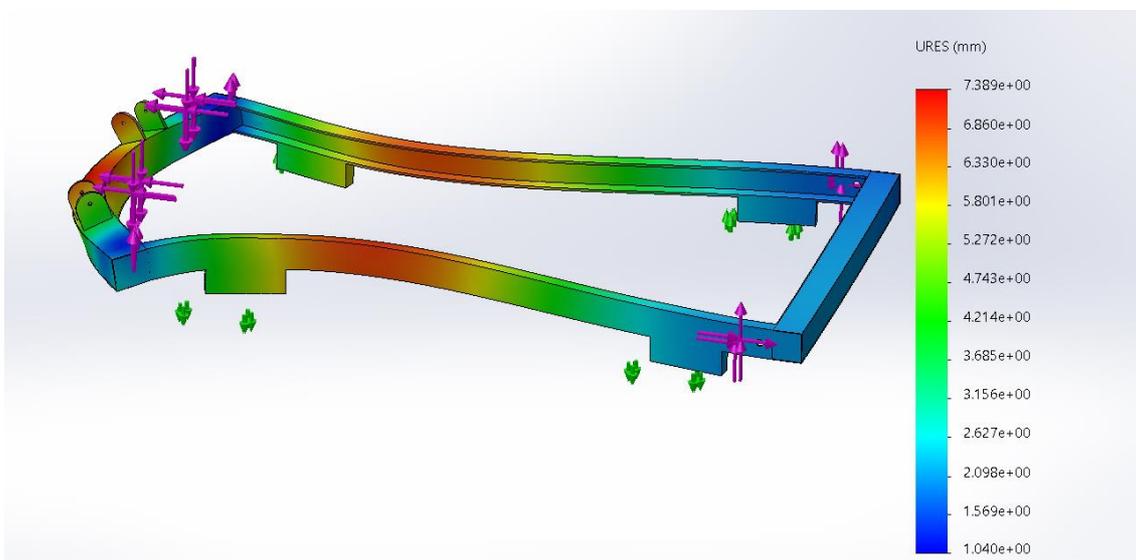


Fig. A 3.2.26 Desplazamientos chasis carga centrada mesa replegada.

- Carga centrada, mesa estirada.

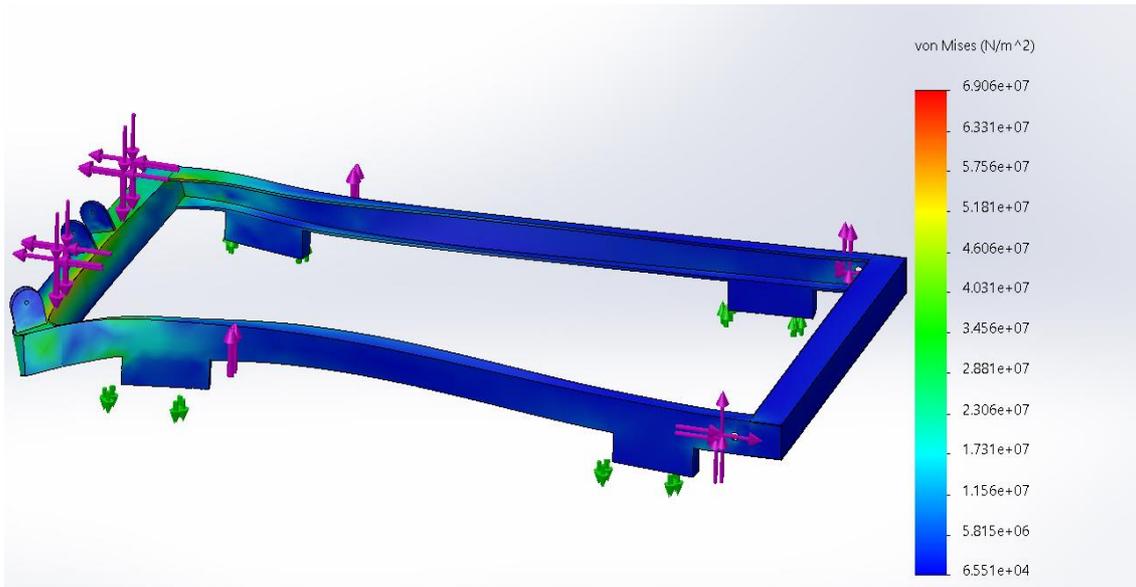


Fig. A 3.2.27 Tensiones chasis carga centrada mesa estirada.

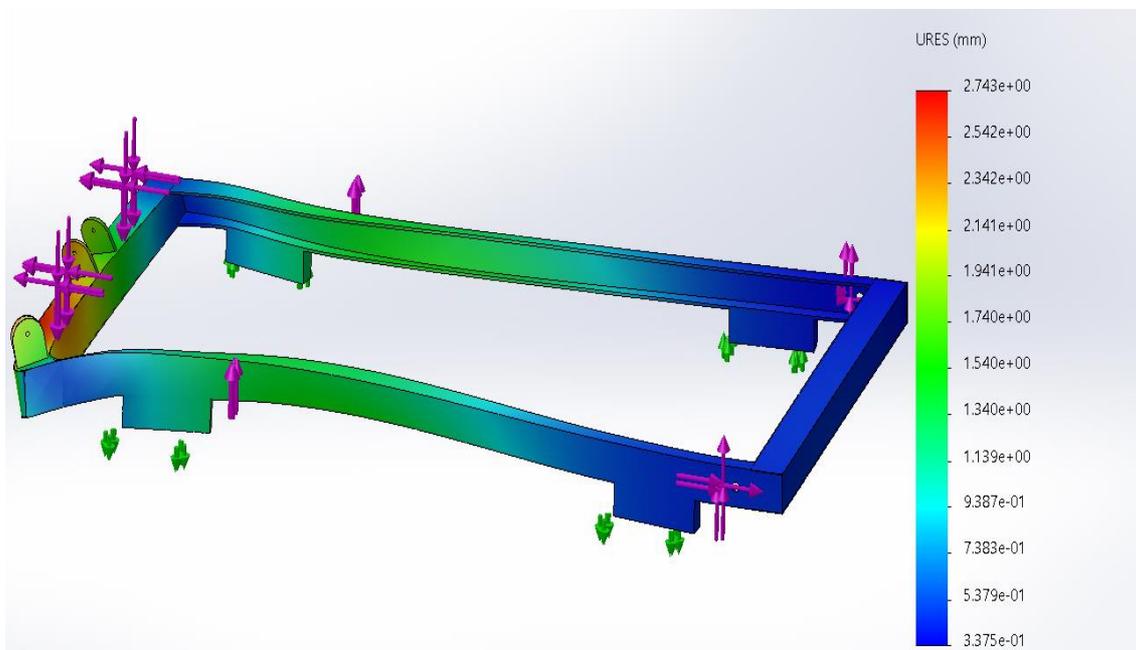


Fig. A 3.2.28 Desplazamientos chasis carga centrada mesa estirada.

- Carga descentrada en el lado de los apoyos móviles, mesa replegada.

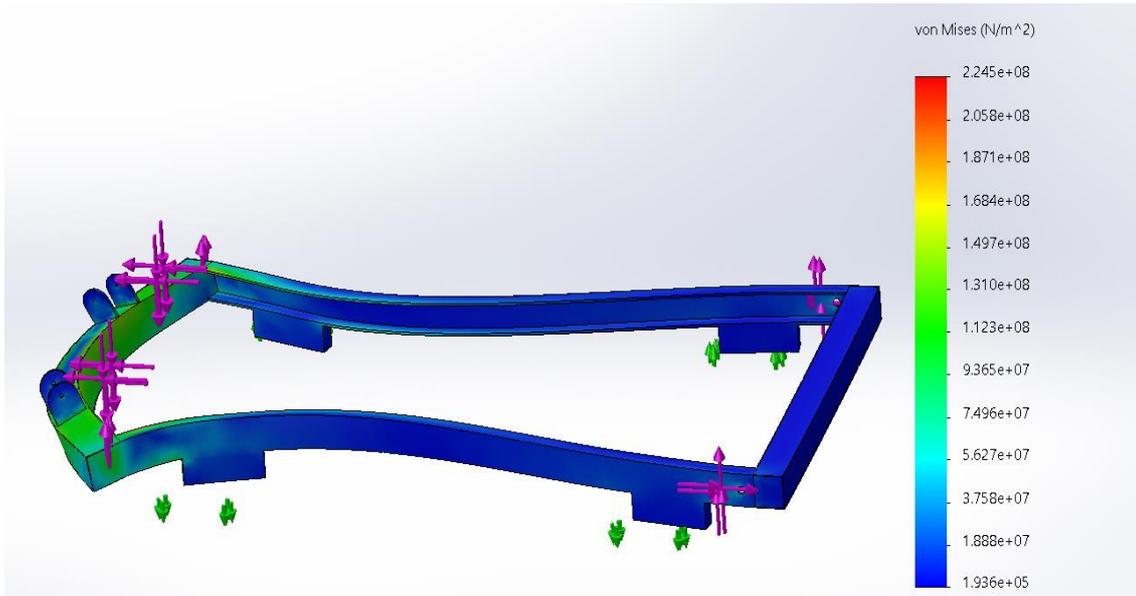


Fig. A 3.2.29 Tensiones chasis carga descentrada lado apoyos móviles mesa replegada.

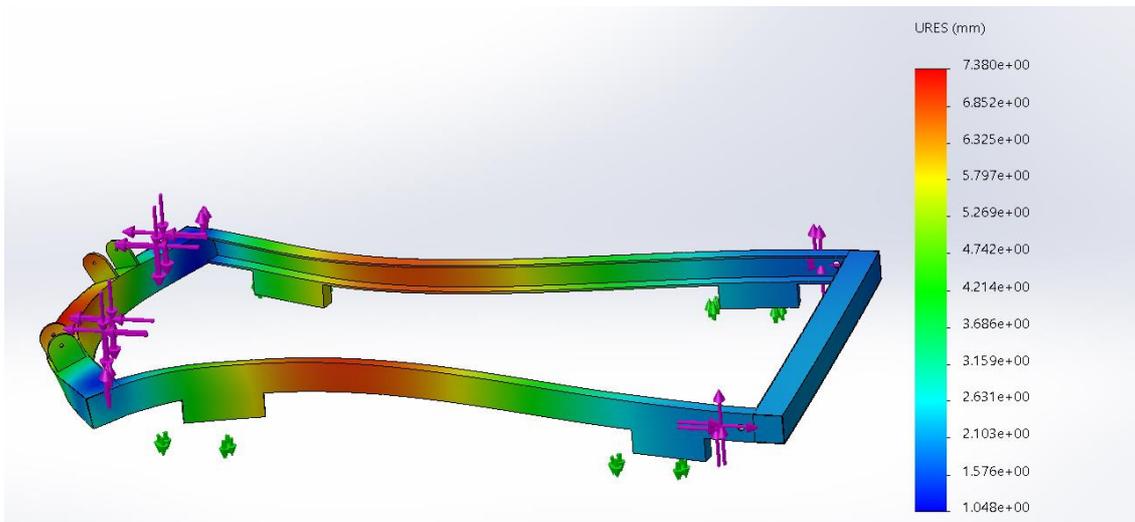


Fig. A 3.2.30 Desplazamientos chasis carga descentrada lado apoyos móviles mesa replegada.

- Carga descentrada en el lado de los apoyos móviles, mesa estirada.

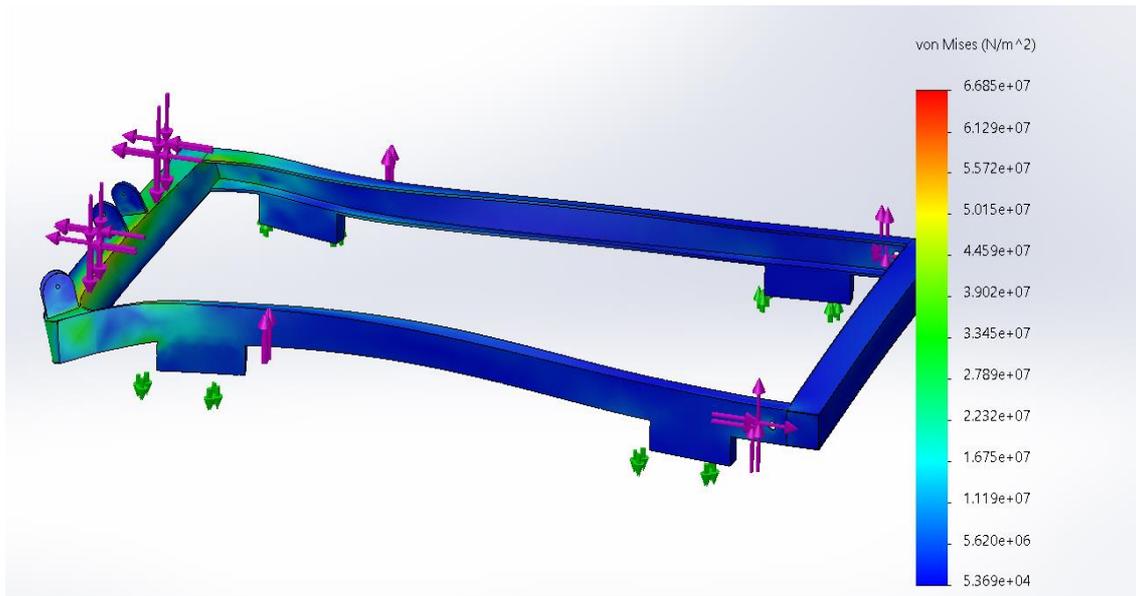


Fig. A 3.2.31 Tensiones chasis carga descentrada lado apoyos móviles mesa estirada.

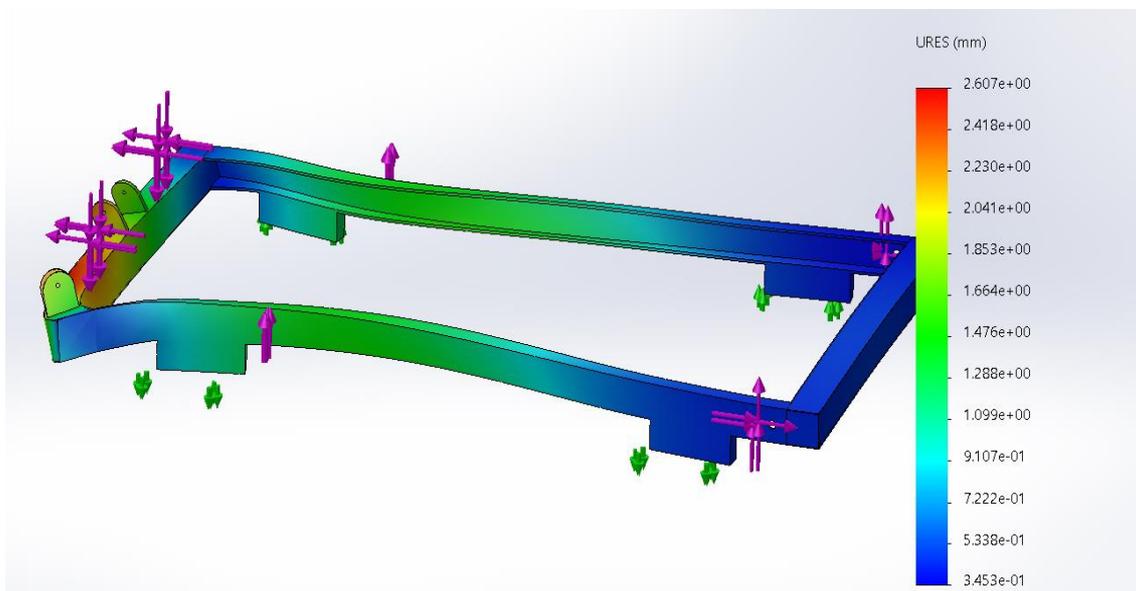


Fig. A 3.2.32 Desplazamientos chasis carga descentrada lado apoyos móviles mesa estirada.

- Carga descentrada en el lado de los apoyos fijos, mesa replegada.

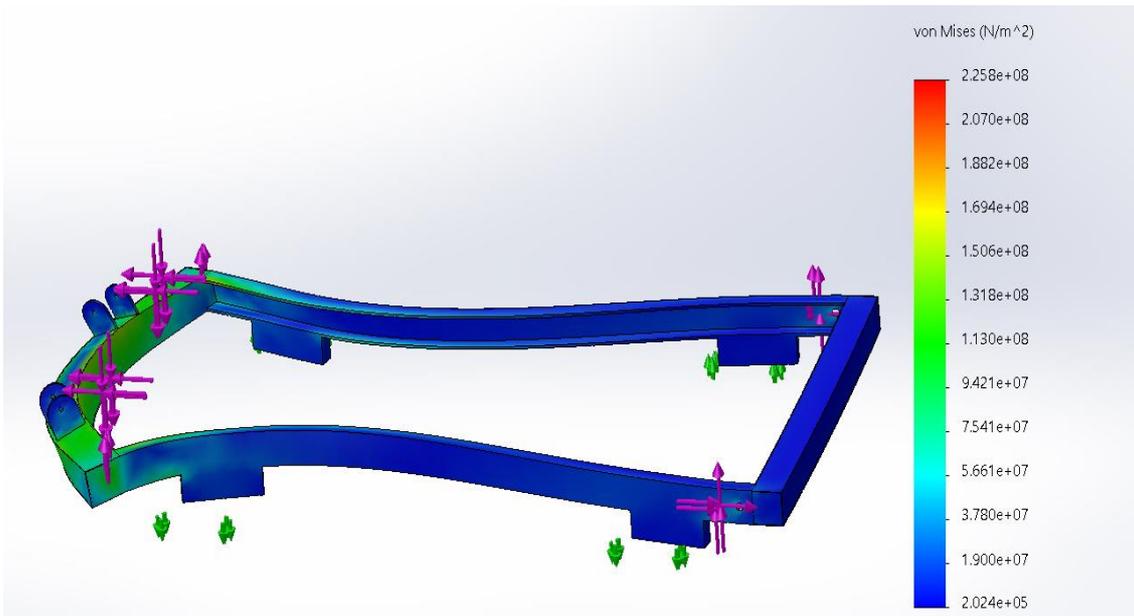


Fig. A 3.2.33 Tensiones chasis carga descentrada lado apoyos fijos mesa replegada.

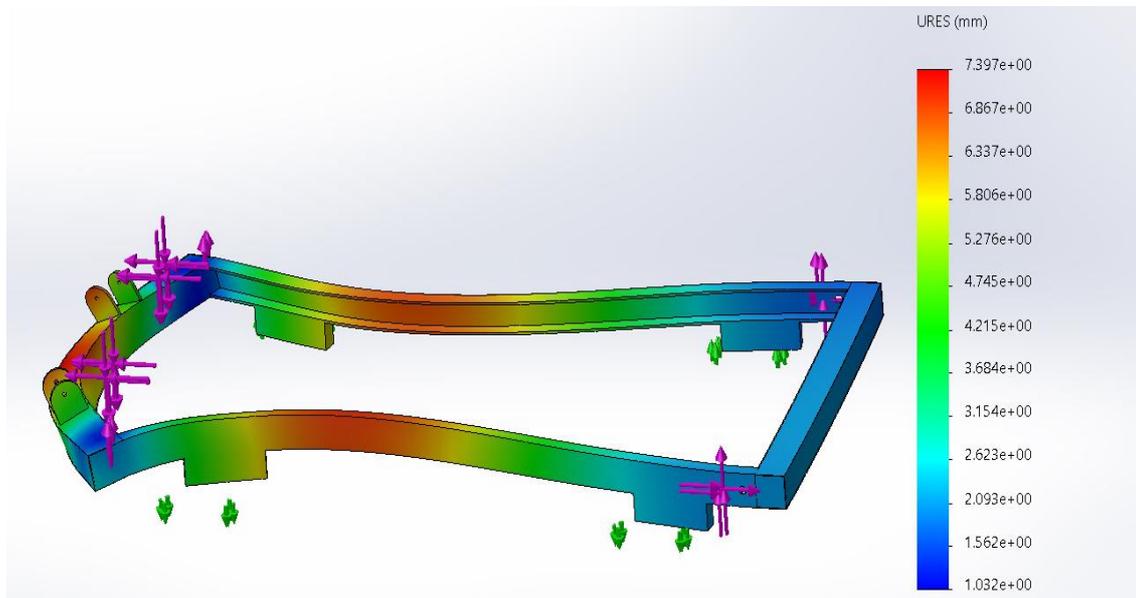


Fig. A 3.2.34 Desplazamientos chasis carga descentrada lado apoyos fijos mesa replegada.

- Carga descentrada en el lado de los apoyos fijos, mesa estirada.

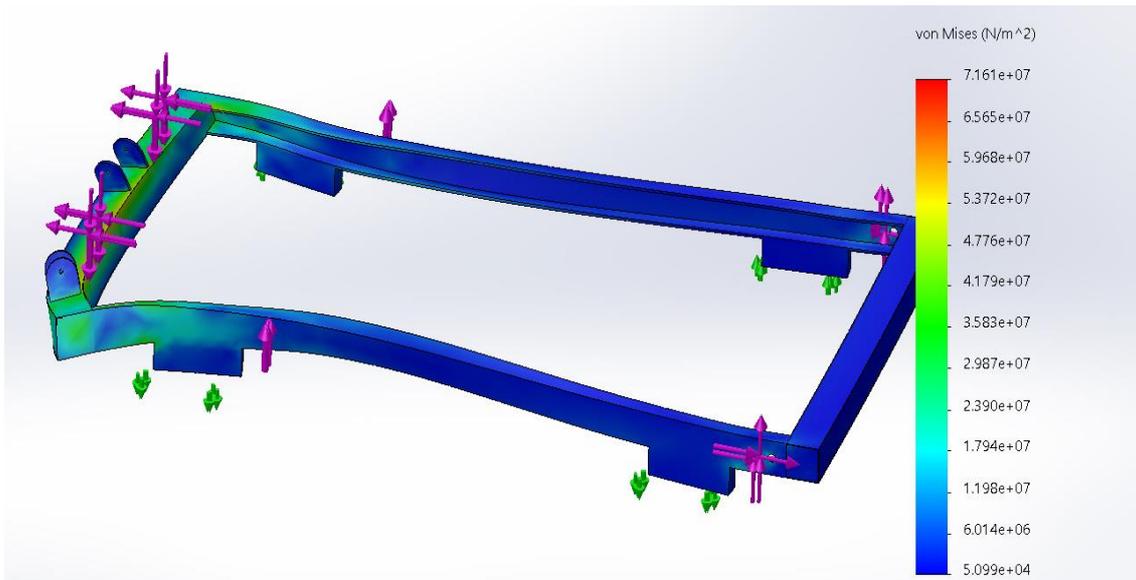


Fig. A 3.2.35 Tensiones chasis carga descentrada lado apoyos fijos mesa estirada.

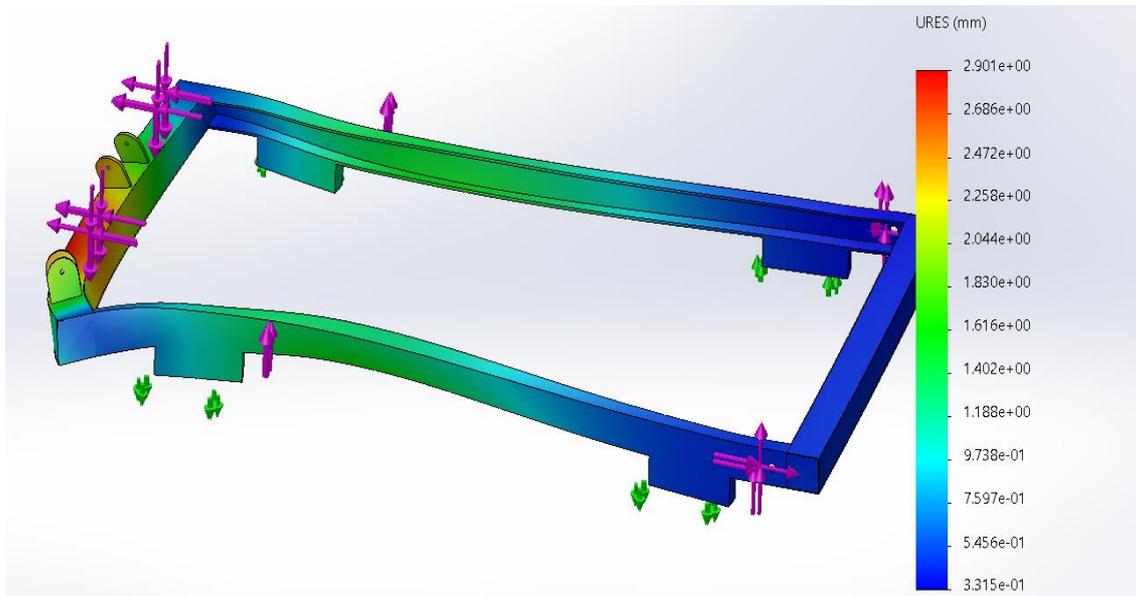


Fig. A 3.2.36 Desplazamientos chasis carga descentrada lado apoyos fijos mesa estirada.