

Trabajo práctico 1-L43

Ingeniería de Estructuras

Santiago Acebes Díaz

06/09/2015

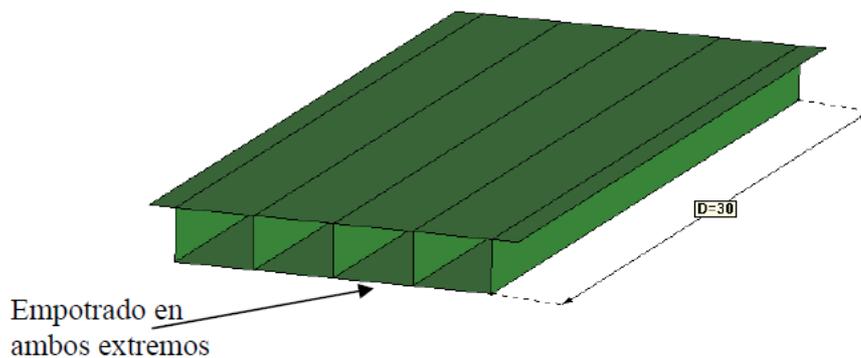
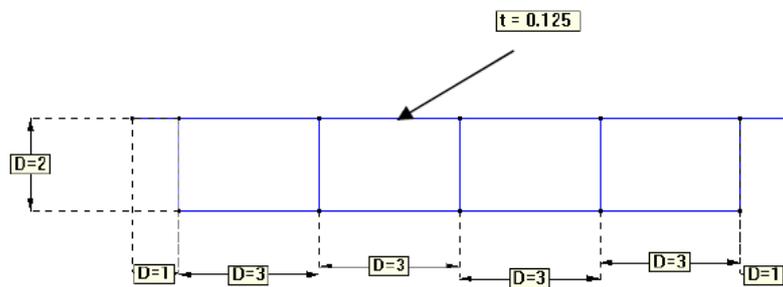
La figura representa un puente de cuatro carriles realizado mediante cajones formados por láminas planas de acero bajo una carga vertical uniformemente repartida. Calcular la carga máxima que es capaz de soportar sobre dichos carriles con las restricciones que se indican.

- 1) La tensión de Von Mises en cualquier punto de la chapa no debe superar los 400 MPa
- 2) Tomar los valores de E y ν de un acero estándar.
- 3) Ambos extremos del puente se encuentran empotrados
- 4) La longitud del puente es de 30 m
- 5) El espesor de todas las chapas es de 0.125 m

Cargas actuantes:

- a) Peso propio.
- b) Peso propio + carga uniforme.

Las dimensiones del puente en metros:



En primer lugar se ha de decidir que teoría estructural se va a aplicar en el cálculo del puente. Debido a su geometría y posición se decide utilizar la teoría de láminas planas, ya que el espesor es muy pequeño en comparación a las otras dos dimensiones, y además se observa por la posición que aparecerán esfuerzos de membrana. Esto garantiza la imposibilidad de utilizar teoría de placas.

El cálculo se llevara a cabo con el programa utilizado en el tema de láminas Ram Series Educational.

Se ha utilizado un elemento rectangular de cuatro nodos para mallar debido a la forma perfectamente rectangular de cada una de las láminas, por lo que este elemento se adapta a la

perfección a ella y, además, se sabe que los resultados son bastante buenos para mallas suficientemente finas.

En primer lugar se ha procedido a dibujar la geometría que se compone de 15 superficies. Hay que darse cuenta que la unión entre ellas es muy angulosa (90 grados), por lo que pueden dar lugar a concentración de tensiones. Se comprobará más adelante si ocurre.

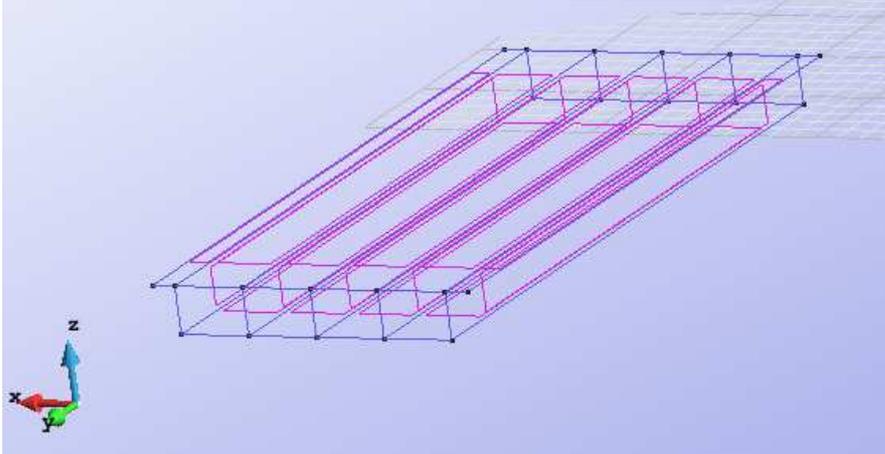


Figura 1: Geometría del puente

Una vez se ha dibujado se procede a la asignación de las condiciones de contorno, que como indica el programa es empotrado en ambos extremos del puente. El empotramiento limita todos los grados de libertad, es decir, los tres giros y los tres desplazamientos.

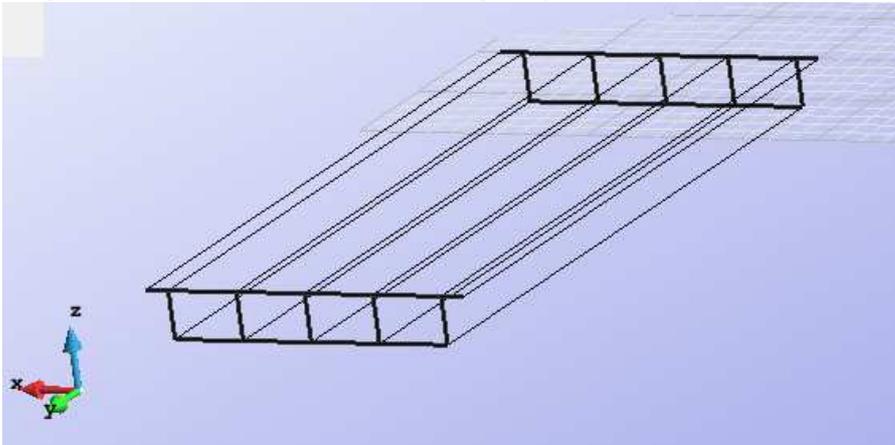


Figura 2: restricciones de los extremos del puente

Ahora pasamos a la asignación del material del puente. Debido a que tenemos un espesor constante de las diferentes chapas de acero, crearemos un solo material con un peso específico de 78500 N/m^3 y con un espesor de 0.125 metros y lo asignaremos a todas las superficies del puente tal y como indica la siguiente figura:

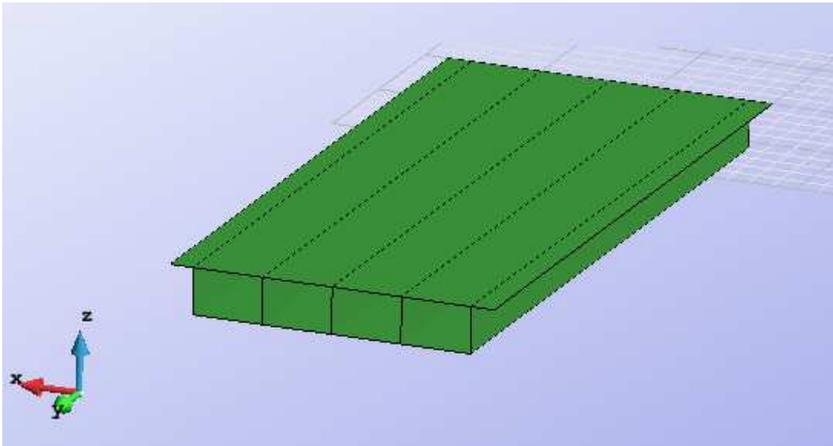


Figura 3: Material asignado al puente

Una vez asignadas todas las propiedades se debe mallar, con el elemento ya explicado y calcular. La malla realizada además es estructurada para que se reparta uniformemente a lo largo de toda la geometría. Se ha ido refinando la malla hasta encontrar que la convergencia tanto en tensiones como en deformaciones. La tensión elegida para dicho análisis es la de Von Misses Bottom en un punto de la zona de centro de vano. Es importante realizar el estudio de la convergencia en tensiones en un punto que no sea candidato a presentar concentraciones de tensiones ya que la convergencia no se daría.

Los tamaños de mallas que se usaran en el cálculo son 2, 1, 0.5, 0.25 y 0.2.



En la gráfica anterior se ve la rápida convergencia de flechas con dicho elemento, a partir de una malla de tamaño 0.3 m la diferencia es mínima, del orden de la centésima de milímetro.



Como podemos observar, en las tensiones la convergencia tarda más en llegar, presenta una peor convergencia. Para las mallas de tamaño 0.25 y 0.2 se ve una diferencia muy pequeña, por lo que se decidirá realizar los cálculos con un tamaño de malla de 0.2 metros ya que el tiempo de espera para el cálculo es asumible y los resultados son fiables. Además, debido a la tendencia descendente en las tensiones para mayor refinamiento de malla, se llega a la conclusión que escogiendo un tamaño de 0.25-0.2 metros se está del lado de la seguridad.

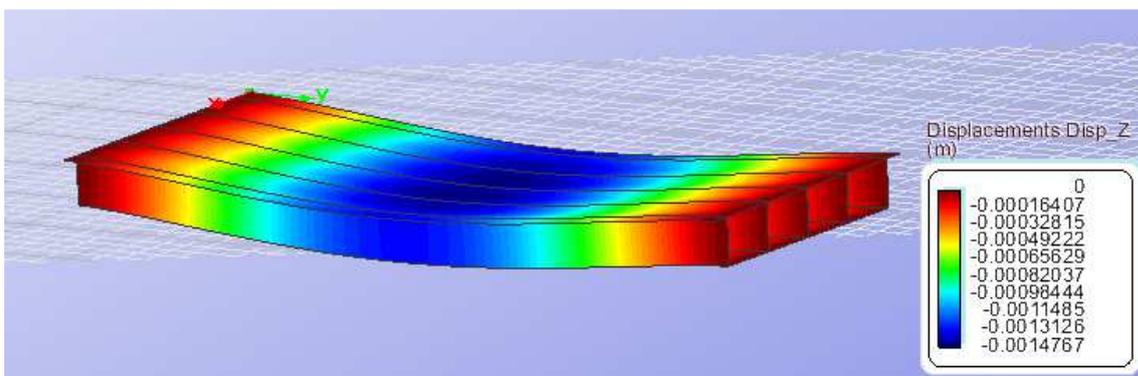


Figura 4: Resultado flecha con malla 0.2 metros de 1.4 mm

En la figura 4 se observa los resultados de la flecha y la deformada del puente bajo peso propio.

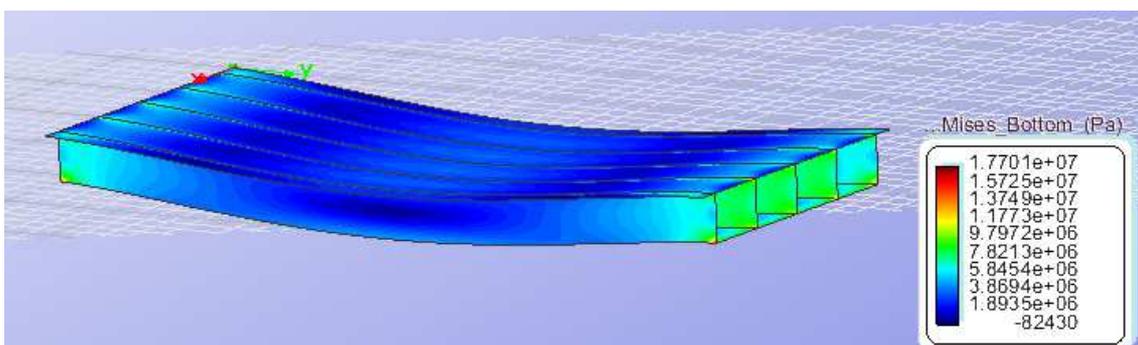


Figura 5: Resultado Von Mises Bottom malla 0.2 metros

En la figura 5 se observa que los resultados de tensión máxima aparecen en el borde de empotramiento y llegan a ser de hasta un orden de magnitud superior a las tensiones de centro de vano. Por lo tanto en nuestro cálculo no tendremos en cuenta estos picos ya que significan concentración de tensiones y no corresponde con la realidad tensorial de la estructura. Nos fijaremos por lo tanto en las tensiones cercanas a estos puntos de concentración donde se crea que la tensión si puede ser la real.

Un indicador fácil de estas concentraciones de tensiones se da cuando la máxima tensión varía mucho en función del refinamiento de la malla ya que el hecho de refinar la malla no debería traducirse en un aumento considerable como si de una sobrecarga en el tablero se tratase.

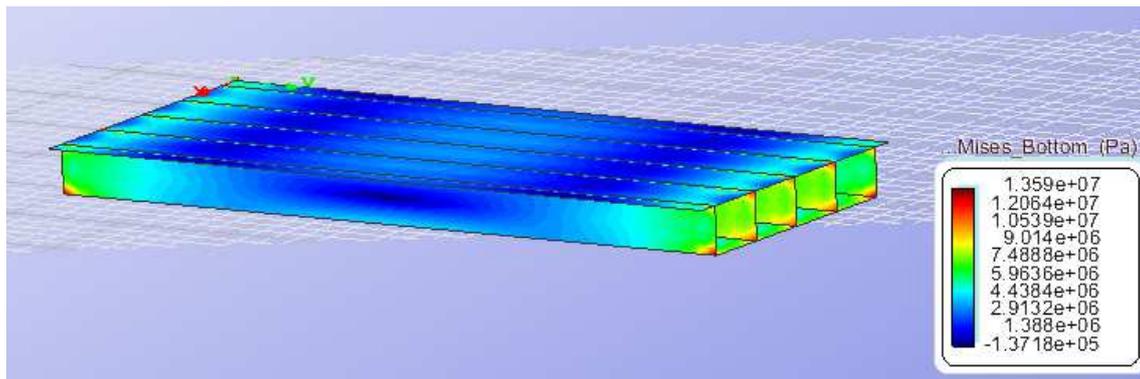


Figura 6: Von Mises Bottom con malla 0.5 metros

Aquí se ve como se ha reducido casi en un 25% la tensión máxima en el empotramiento debido a un aumento del tamaño de la malla de 0.2 a 0.5 metros. Luego hay concentración de tensiones en el empotramiento.

Una vez hemos elegido el tamaño de malla ideal, pasaremos al cálculo de la sobrecarga que es capaz de aguantar el puente teniendo en cuenta que se podría aumentar las tensiones sufridas. Para ello nos fijaremos en las tensiones máximas entre Von Mises Top y Von Mises Bottom y recordando que no se debe tener en cuenta las concentraciones de tensiones para el cálculo de la sobrecarga admisible.

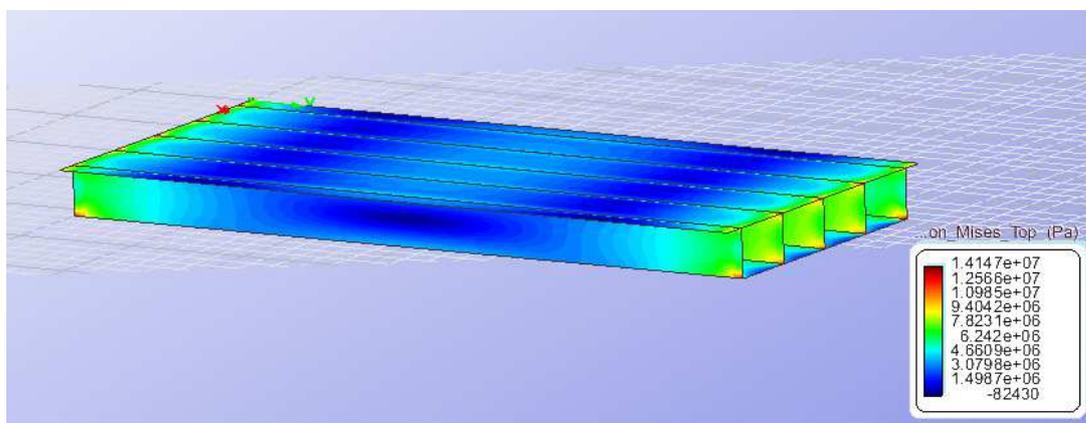


Figura 7: Resultados Von Mises Top malla 0.2 metros

Comparando la anterior figura 7 con la figura 5, se observa que las tensiones de Von Mises Bottom son algo mayores, por lo tanto nos fijaremos en estas para el cálculo de la sobrecarga.

Estableceremos como la máxima tensión de Von Mises calculada bajo hipótesis de peso propio la representada en las figuras con un color verde, ya que tienen una distribución representativa en la geometría y se ve que no se trata de una concentración de tensiones.

$$Von\ Mises\ Bottom = 10MPa$$

Esta tensión no es muy grande debido a que el espesor de chapas de acero es bastante pequeño. Sin embargo, esta alta esbeltez de la chapa hará que nos aumente rápidamente la tensión para sobrecargas debido a que tendrá menor inercia para resistir la flexión en centro de vano.

Para realizar el cálculo de la sobrecarga admisible, se calculara dos cargas aleatorias y se realizará una interpolación para obtener la carga que produce una tensión de Von Misses en la fibra inferior de 400 MPa. En dicha fibra ya que se ha comprobado que es la que mayores tensiones presenta como se ha demostrado para el peso propio.

La primera carga escogida es de 100 kPa, esta se aplica como global shell load que significa que se define en ejes globales, por lo tanto sera vertical sobre toda la geometría. Esta carga se aplica sobre la geometría ya realizada con todas las propiedades ya mencionadas, incluyendo el peso propio.

Esta sobrecarga estara aplicada unicamente en el tablero de la forma siguiente:

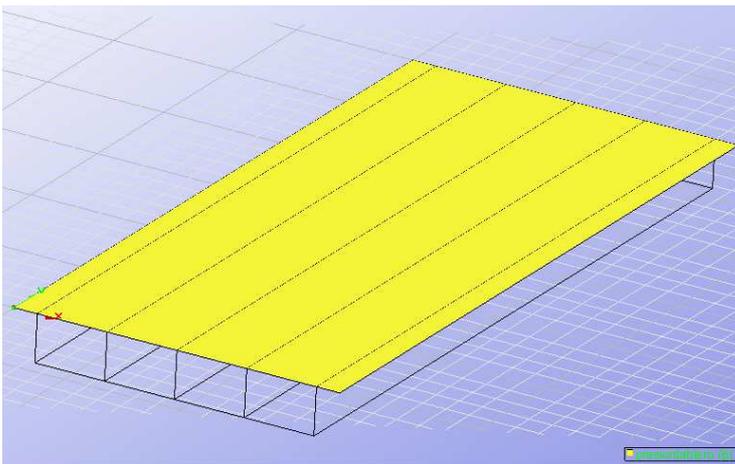


Figura 6: Sobrecarga de 100 KPa en el tablero

Para este tipo de cargas nos da igual el cómo están definidas las normales a las superficies ya que se define con los ejes globales, de ahí su signo negativo para indicar que es una carga vertical en dirección hacia abajo. De todas formas la dirección de la carga se observa en la siguiente figura.

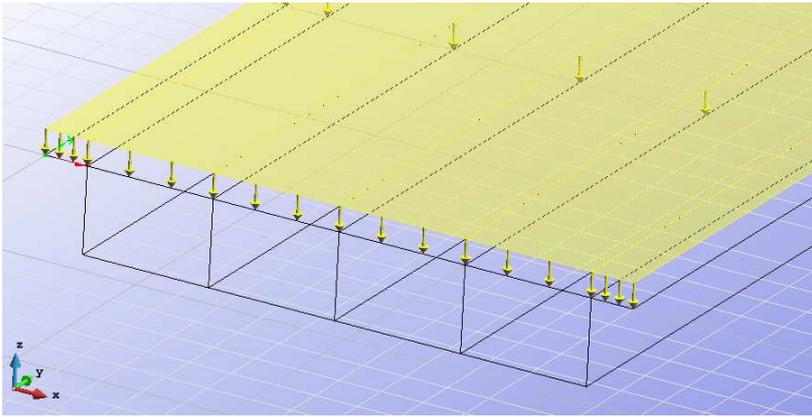


Figura 7: Detalle de la dirección de la sobrecarga

Ahora se mallara con el tamaño escogido anteriormente de 0.2 metros y elementos cuadriláteros de 4 nodos.

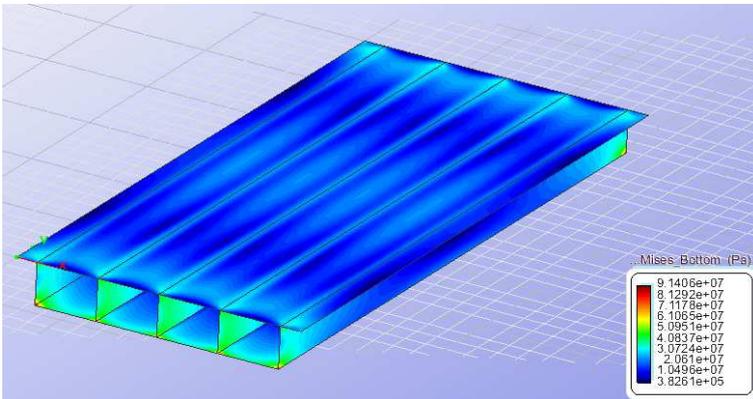


Figura 8: Von Mises Bottom para sobrecarga 100kPa

Obtenemos una tensión máxima de Von Mises de 60 MPa. Aún nos queda margen para incrementar la sobrecarga hasta 400 MPa. Podemos intuir la sobrecarga admisible teniendo en cuenta que hemos pasado incrementado la tensión Von Mises en 50 MPa para un aumento de 100 KPa. Extrapolando este resultado al incremento de 400 MPa obtenemos que necesitamos un incremento de 800 KPa en la sobrecarga.

Se repite el proceso para una carga de 800 KPa y se obtiene el resultado esperado:

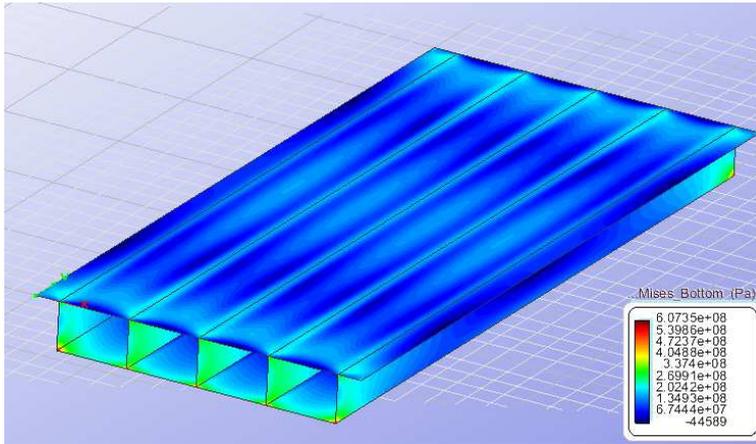


Figura 9: Von Mises Bottom para sobrecarga 800KPa

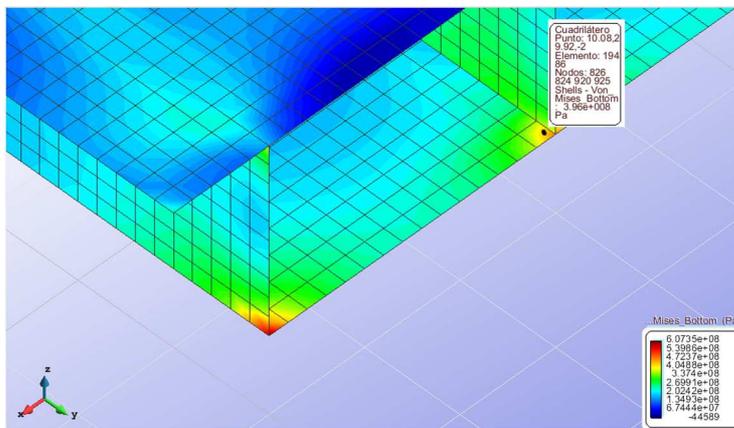


Figura 10: Detalle del punto de análisis de la tensión de Von Mises Bottom

En la anterior Figura 10 se puede observar que el resultado de las tensión máxima a una distancia prudente de la concentración de tensiones es de 396MPa, por lo tanto 800KPa sería aproximadamente la sobrecarga admisible, esta se puede modificar según el riesgo que se quiera correr al menospreciar estas concentraciones en el empotramiento que como vemos en el grafico ascienden a 600MPa.

La flecha correspondiente a esta sobrecarga es la siguiente:

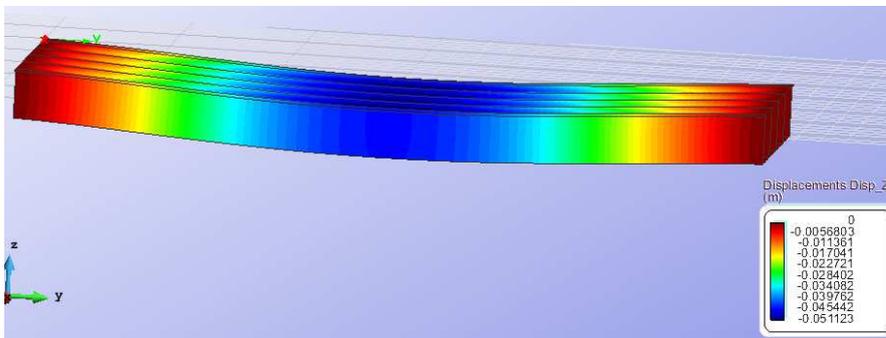


Figura 11: Flecha para sobrecarga 800KPa de 5.11 cm

Conclusiones

Los resultados obtenidos se han comparado con otro tipo de estructuras de láminas de acero con el objetivo de adquirir un orden de magnitud de sobrecargas que permita distinguir si el resultado de 800 KPa es posible o no.

Debido a la corta longitud del puente, la rigidez de este proporcionada por las chapas verticales es bastante alta. Teniendo en cuenta que el acero presenta un mejor comportamiento a tracción que el hormigón nos pasa que esta estructura aguantara bien las tensiones siendo la zona del empotramiento la única zona donde las tensiones se disparan. En general la estructura distribuye muy bien las tensiones equilibrando las causadas por la flexión con las causadas por los esfuerzos cortantes.

Cabe destacar que los cálculos se han podido realizar con un coste computacional bastante bajo y con una buena fiabilidad de resultados determinadas por los estudios de convergencia detallados al inicio del informe.