

E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona



Máster en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

INGENIERÍA DE LAS ESTRUCTURAS

L-72

**CÁLCULO DE LA SOBRECARGA MÁXIMA
ADMISIBLE DE UNA PLACA DE HORMIGÓN
ARMADO**

9 DE JUNIO DE 2015

EL ALUMNO
JOAQUÍN PERTIERRA BRASA

ÍNDICE:

1.- MEMORIA:	3
1.1 Introducción:.....	3
1.2 Objeto de la práctica:	3
2.- CASO A ANALIZAR:	3
2.1 Estudio de convergencia:.....	4
2.1.2 Análisis de los resultados obtenidos:	6
3.- APÉNDICE: OBTENCIÓN DE LA CARGA MÁXIMA SUPERANDO LA CARGA DE CÁLCULO ESTABLECIDA POR EL CTE	11

1.- MEMORIA:

1.1 Introducción:

En la presente memoria explicativa se detallan los pasos seguidos para la consecución del proyecto. En primera instancia se plantearán los problemas objeto de la práctica para seguir con las justificaciones y aclaraciones pertinentes para la completa comprensión de la misma.

1.2 Objeto de la práctica:

El objeto de la presente práctica es la realización de un análisis sobre el comportamiento estructural de una placa sometida a una carga superficial "p" uniformemente repartida en toda su superficie, mediante el uso del Método de los Elementos Finitos. Para ello se hará uso del programa GiD, creado y desarrollado por el CIMNE, y del solver RamSeries en su versión su versión educacional, en su apartado de cálculo mediante el MEF para estructuras tipo placa. Además, la carga "p" no será dato, sino que se tendrá que calcular cuál es la carga máxima para que las tensiones normales no superen el valor de los 30 MPa .

2.- CASO A ANALIZAR:

Se pide la realización de un análisis del estado tensional de una placa sujeta a unas ciertas condiciones de contorno. Para la realización del análisis estructural, se realizará un estudio de la convergencia de los resultados según se utilice un tipo de elemento u otro, y según el tamaño del elemento de malla utilizado. El resultado observado será la deflexión máxima según el eje Z, tomando dicho valor en su valor absoluto. Los tipos de elementos a utilizar serán triangulares de 3 nodos y triangulares de 6 nodos. A continuación se muestran los datos geométricos del problema. En la siguiente figura, las características mecánicas de los materiales a utilizar y las acciones a considerar:

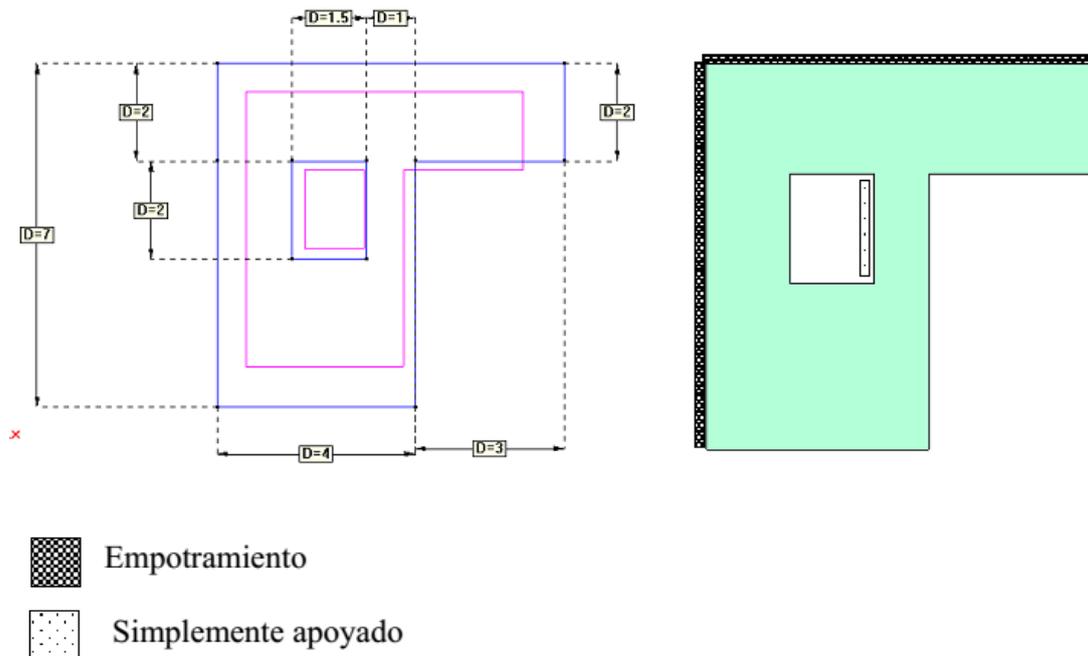


Figura 1. Datos y geometría del caso

Módulo de Young: $E = 220.000 \text{ MPa}$
Coefficiente de Poisson: $\nu=0.2$
Peso específico del Hormigón: $\gamma=2500 \text{ Kg/m}^3$
Espesor de la placa: $t = 0.2 \text{ m}$

Figura 2. Características mecánicas

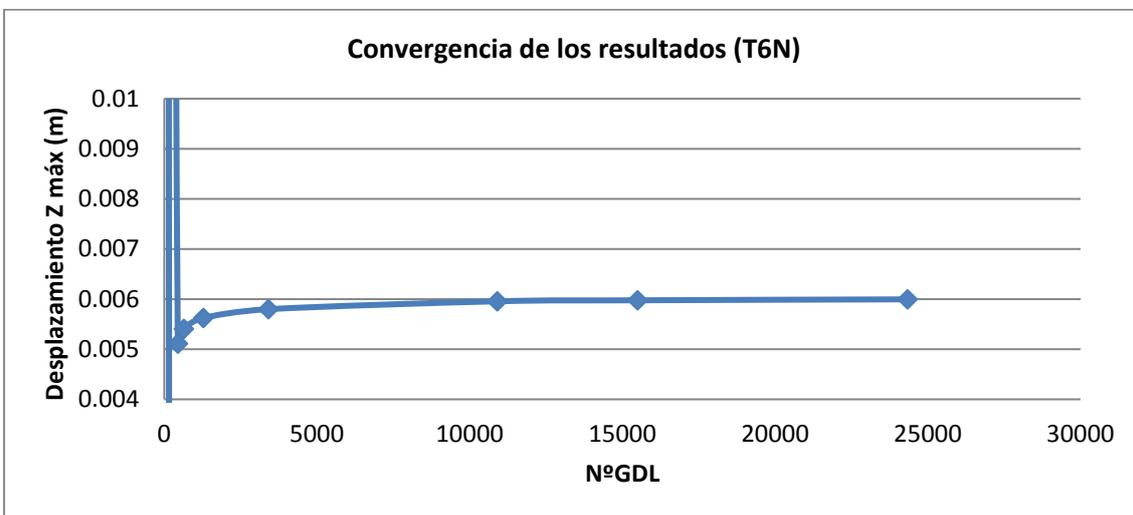
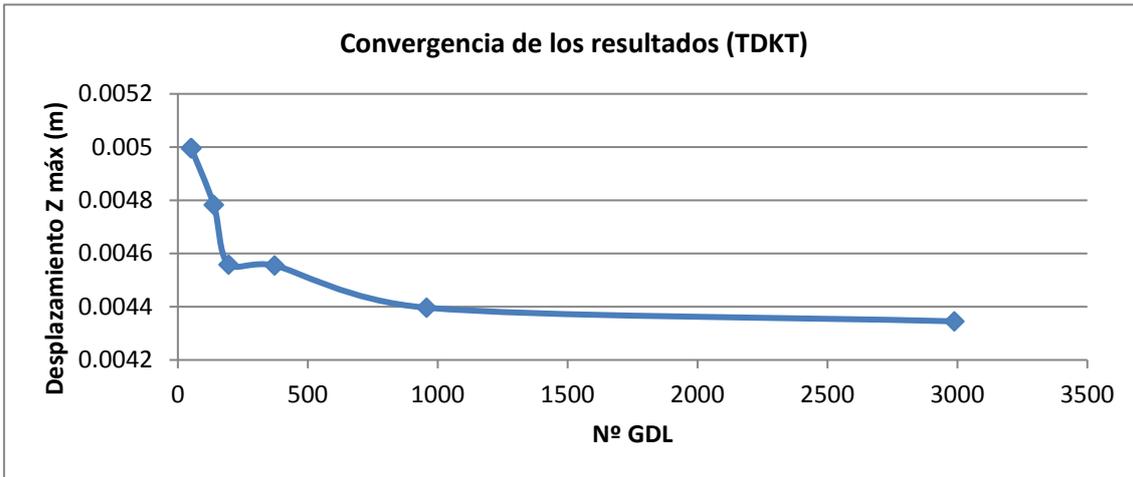
2.1 Estudio de convergencia:

Para el análisis del comportamiento de la solución obtenida según el tipo de elemento escogido para la discretización y para distintos valores de tamaño de elemento, se lleva a cabo la realización un estudio de convergencia del valor de la deflexión máxima según el eje Z frente al número de grados de libertad. Esto se hará tomando mallas de distintos tamaños para cada tipo de elemento, y calculando la flecha en el centro de la placa para cada caso.

A continuación se muestra la tabla con los distintos resultados obtenidos, y su correspondiente gráfica de convergencia:

	TAMAÑO	Nº NODOS	NºGDL	Desp Z (m)
TRIANGULAR (3 N)	10	17	51	0.0049962
	5	17	51	0.0049962
	2.5	17	51	0.0049962
	1	46	138	0.0047829
	0.75	65	195	0.0045584
	0.5	124	372	0.0045552
	0.25	319	957	0.0043965
	0.1	996	2988	0.0043451
	0.075	1408	4224	0.0043338
	0.05	2203	6609	0.0043182
0.025	4564	13692	0.0042971	
TRIANGULAR (6 N)	10	52	156	0.0037428
	5	52	156	0.0037428
	2.5	52	156	0.037428
	1	148	444	0.0051114
	0.75	213	639	0.0054062
	0.5	426	1278	0.0056239
	0.25	1136	3408	0.0057991
	0.1	3634	10902	0.0059566
	0.075	5165	15495	0.0059767
	0.05	8112	24336	0.0059956
0.025	16856	50568	-	

Figura 3. Tabla de resultados del estudio de convergencia



Figuras 4 y 5 . Gráficas del estudio de la convergencia de los resultados

Como se puede apreciar en las gráficas de convergencia, los resultados parece ser que se vayan a estabilizar en torno a un valor de 0.0044 metros de deflexión máxima según el eje Z, en el caso de hacer uso de elementos triangulares de tres nodos (DKT); y en torno a un valor de 0.006 metros, en el caso de utilizar elementos triangulares de seis nodos. Esta diferencia entre los dos valores no es más que la deformación según el eje Z debido a los efectos del cortante. De esto se saca la conclusión de que deberíamos realizar el análisis tensional haciendo uso de los elementos triangulares de seis nodo. Por todo ello para el análisis del comportamiento estructural del depósito, se hará uso de una **MALLA NO ESTRUCTURADA DE ELEMENTOS TRIANGULARES DE SEIS NODOS Y TAMAÑO 0'1.**

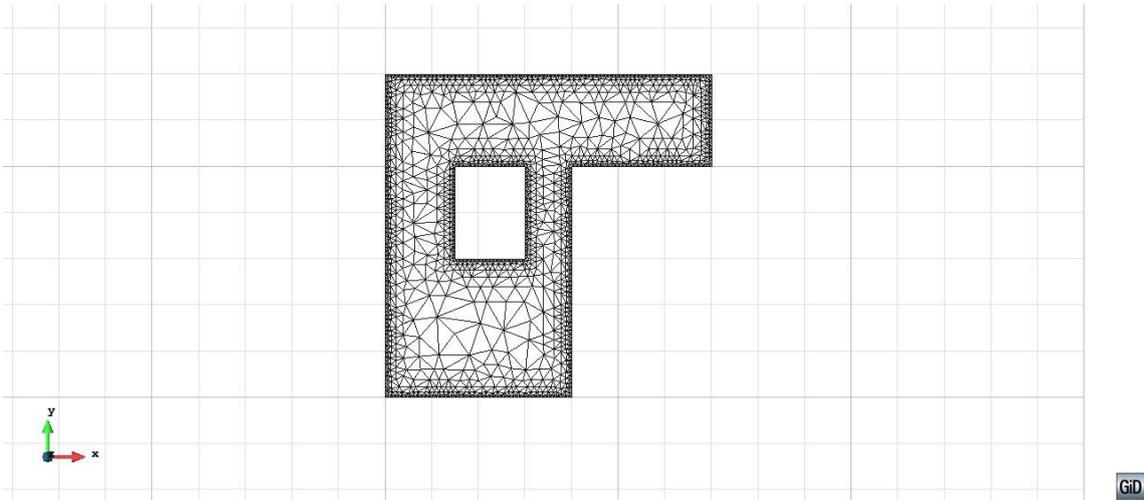


Figura 6. Malla de elementos finitos de tamaño 0'1

2.1.2 Análisis de los resultados obtenidos:

Una vez escogida la malla de elementos finitos, se ha analizado el estado tensional de la estructura obteniendo los resultados que se muestran ,de manera gráfica, a continuación:

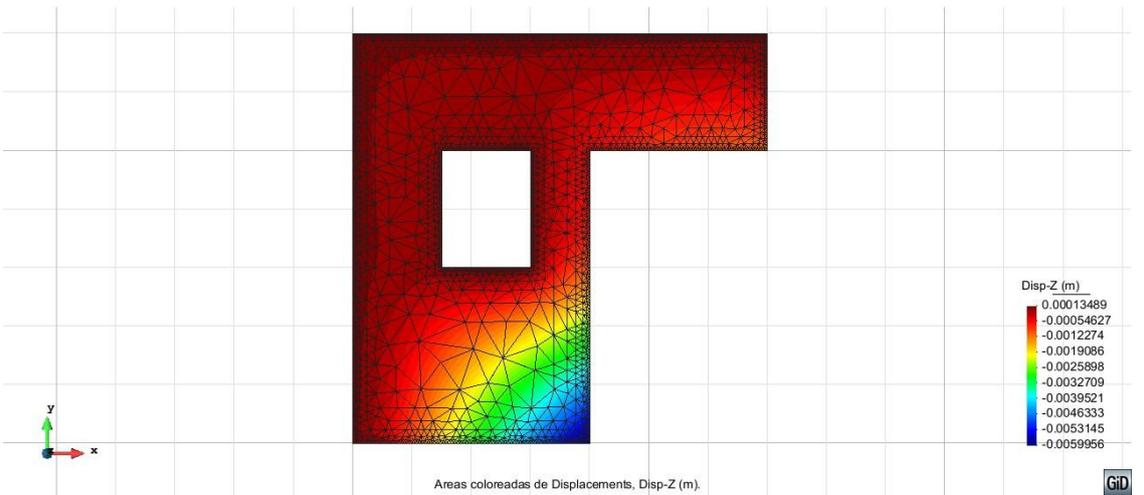


Figura 7. Mapa de isoáreas del desplazamiento según el eje Z

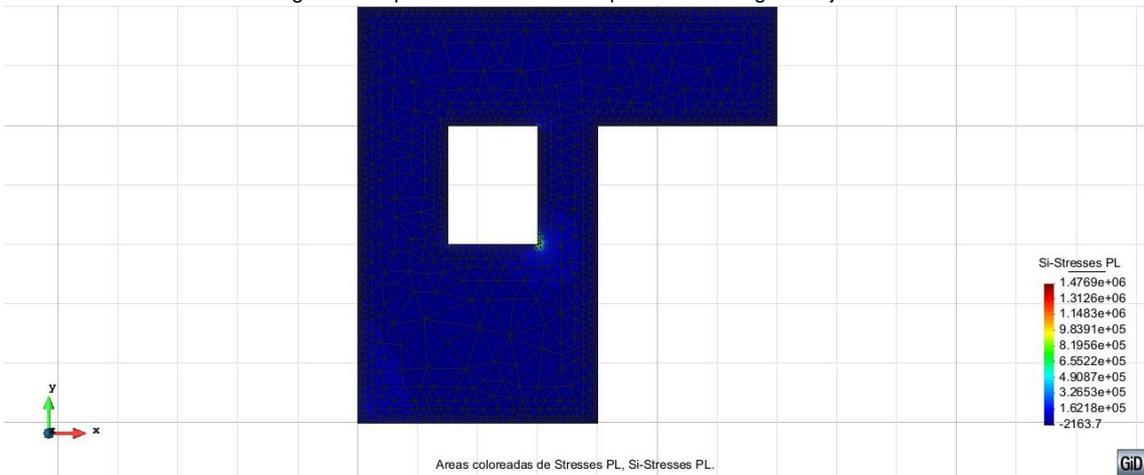


Figura 8. Mapa de isoáreas de la tensión principal S1

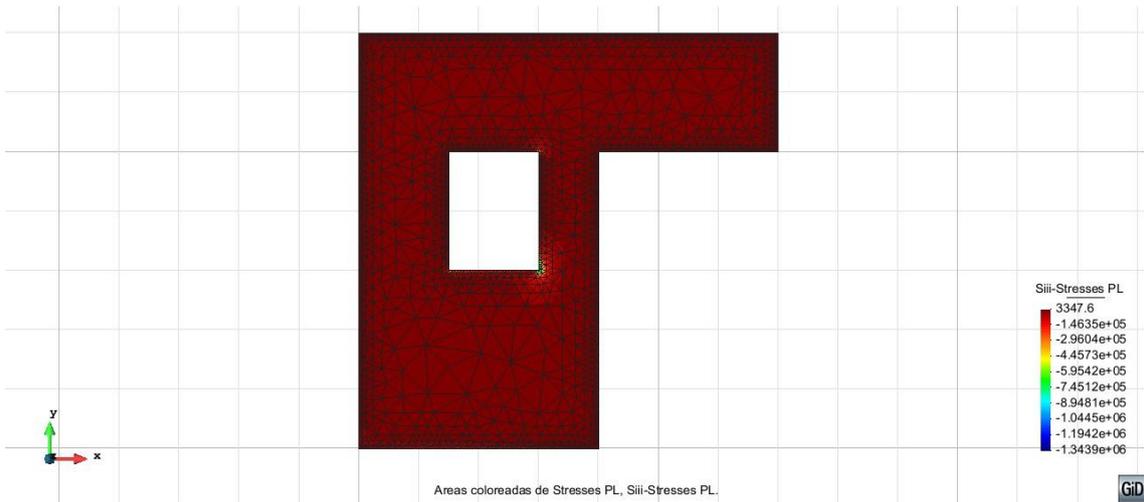


Figura 9. Mapa de isoáreas de las tensión principales S3

A la vista de las figuras 8 y 9, se decide redondear las esquinas con el objeto de reducir el efecto de la concentración de tensiones y obtener unos resultado más cercanos a los reales. Dicho redondeo se hace mediante la sustitución de las esquinas en canto vivo por circunferencias de radios entre 1 y 1'5 metros. De esta manera se obtiene la siguiente malla de elementos finitos triangulares de seis nodos y tamaño 0'1:

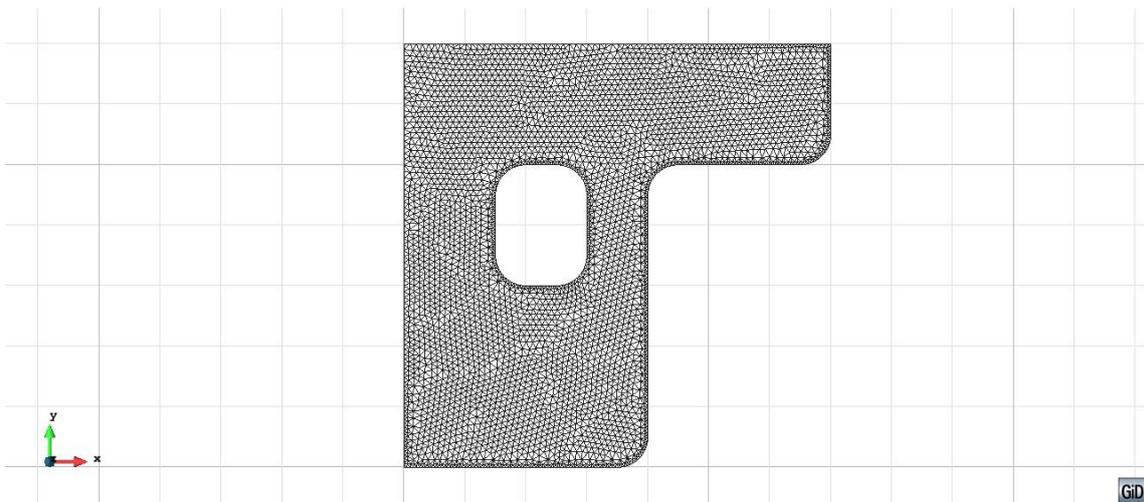


Figura 10. Malla de elementos finitos triangulares 6N (Tamaño 0'1)

Una vez realizados estos cambios, se obtienen los siguientes resultados:

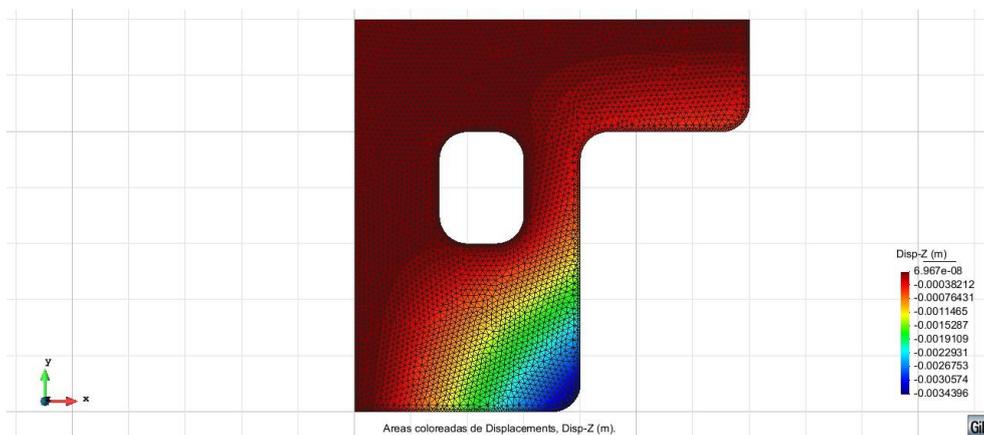


Figura 11. Mapa de isoáreas del desplazamiento según el eje Z

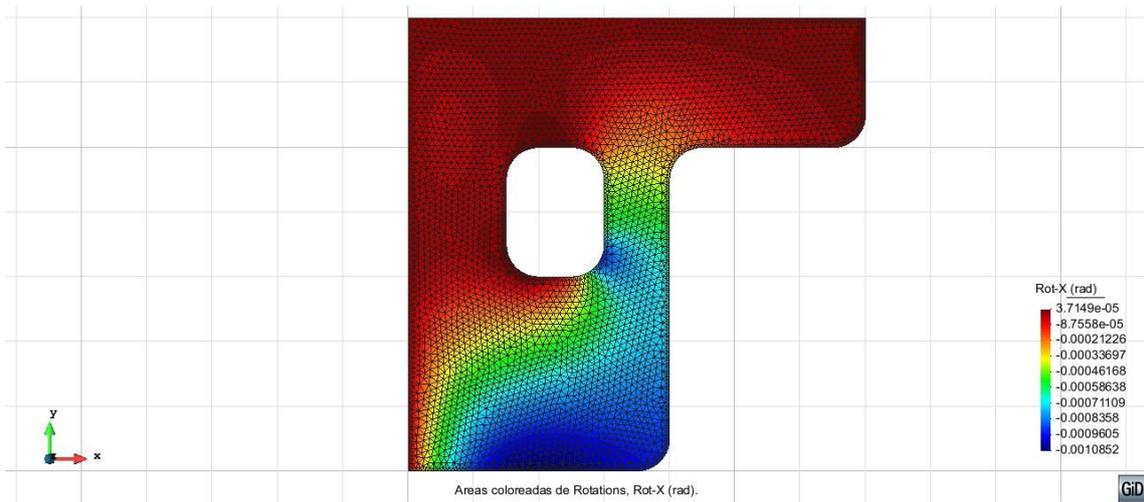


Figura 12. Mapa de isoáreas del giro según el eje X

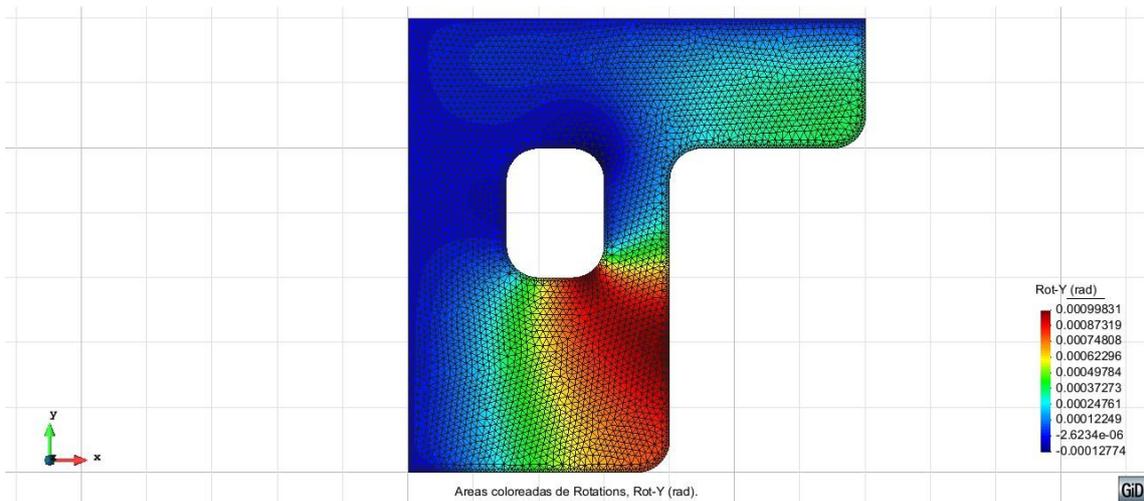


Figura 13. Mapa de isoáreas del giro según el eje Y

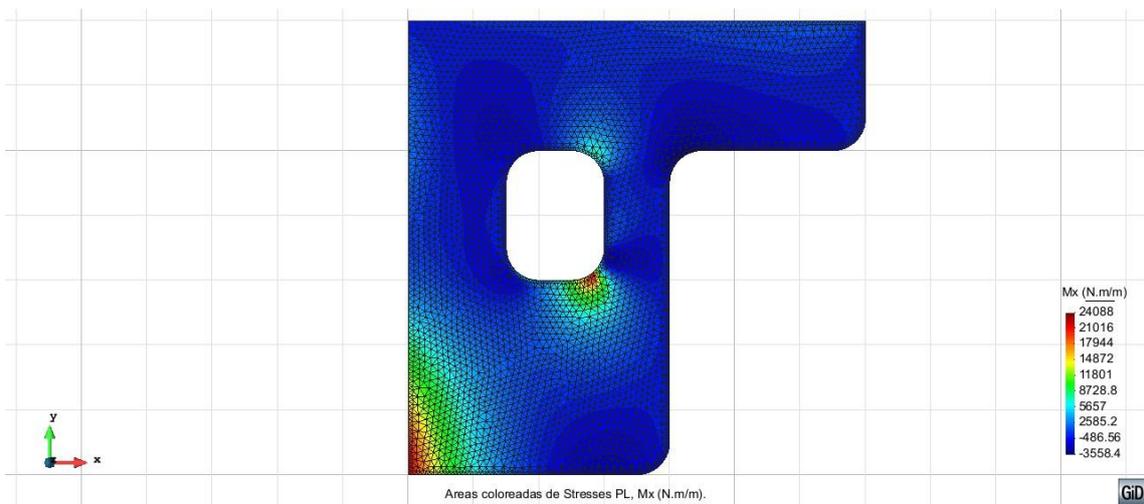


Figura 14. Mapa de isoáreas del esfuerzo flector Mx

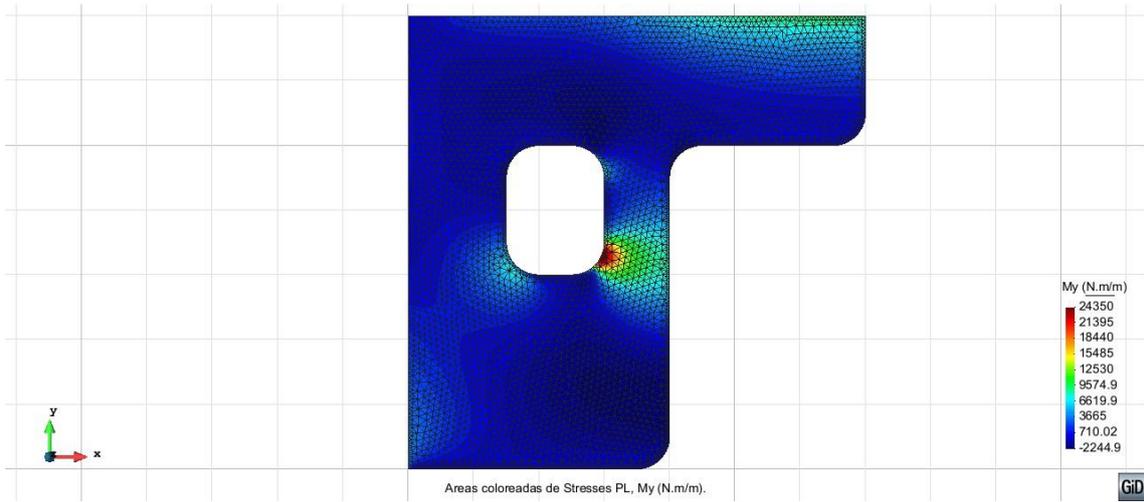


Figura 15. Mapa de isoáreas del esfuerzo flector M_y

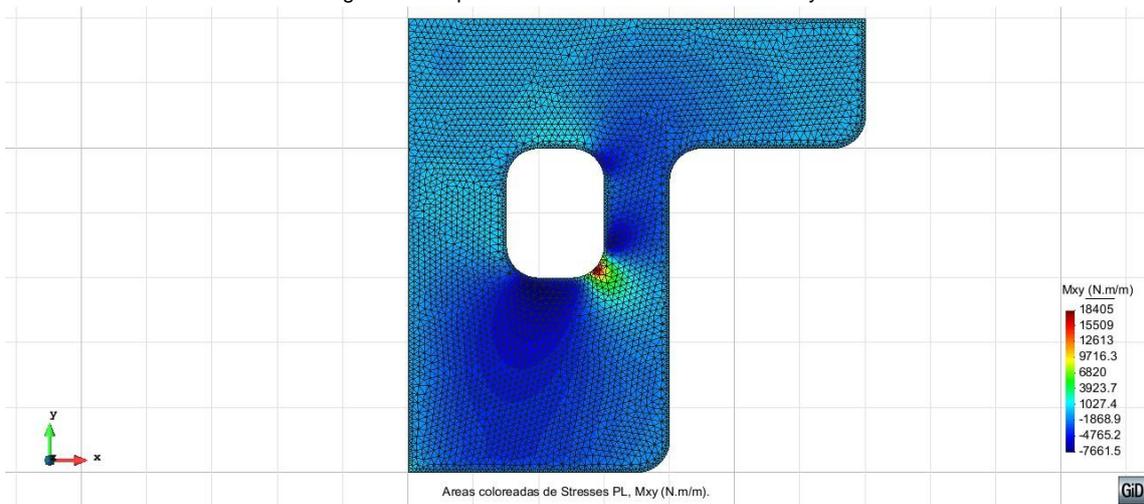


Figura 16. Mapa de isoáreas del esfuerzo flector M_{xy}

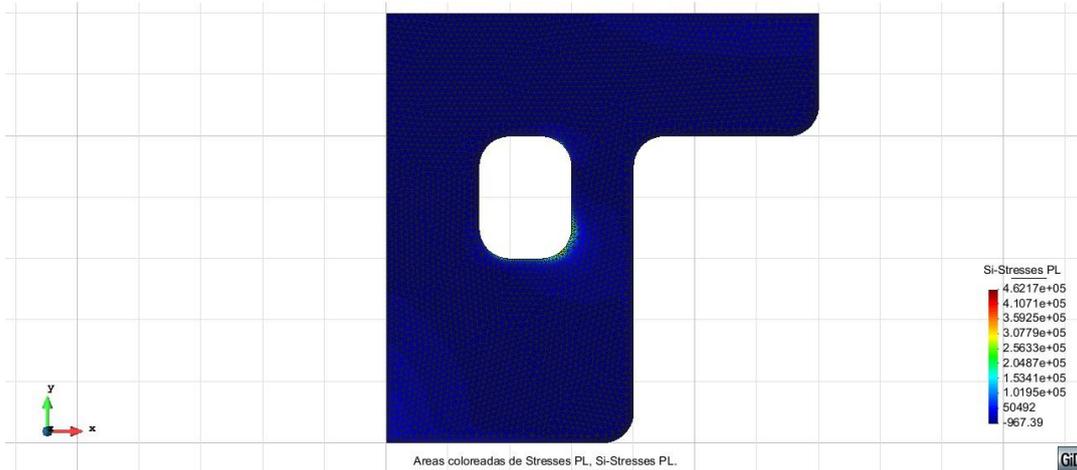


Figura 17. Mapa de isoáreas de la tensión principal S_1

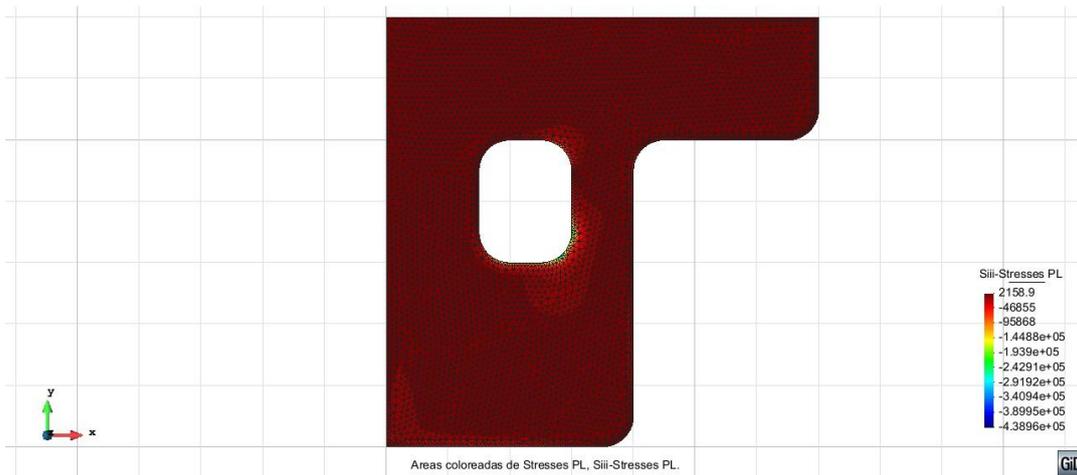


Figura 17. Mapa de isoáreas de la tensión principal S3

Una vez vistos los resultados, se sacan las siguientes **conclusiones**:

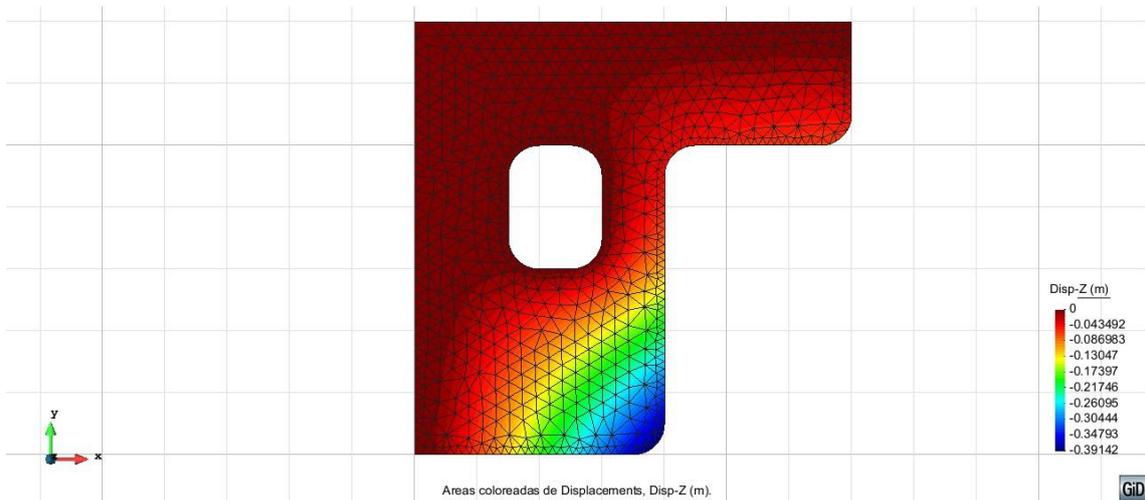
1) La carga considerada como máxima ha sido la carga de cálculo considerada por el Código Técnico de Edificación (CTE). Esto es debido a que, cualquier carga mayor podría carecer de sentido. Sin embargo, y con el fin de contestar a lo que estrictamente se pide, al final se añade un apéndice en el que se muestran los resultados obtenidos en el caso de implementar la carga que lleva a la estructura a un esfuerzo máximo. Decir que esta última carga hará que el desplazamiento máximo de la placa sea inadmisibles desde el punto de vista del Estado Límite de Servicio de deformaciones contemplado en el citado CTE.

2) A pesar del redondeo efectuado para reducir los puntos angulosos, se sigue obteniendo una concentración de tensiones, no obstante, y dado que estas tensiones son mucho mayores a las que realmente aparecerían en la estructura, nos son de utilidad para decretar que la sección no alcanza los $30 \cdot 10^5$ N/m² establecidos como límite en el enunciado del problema.

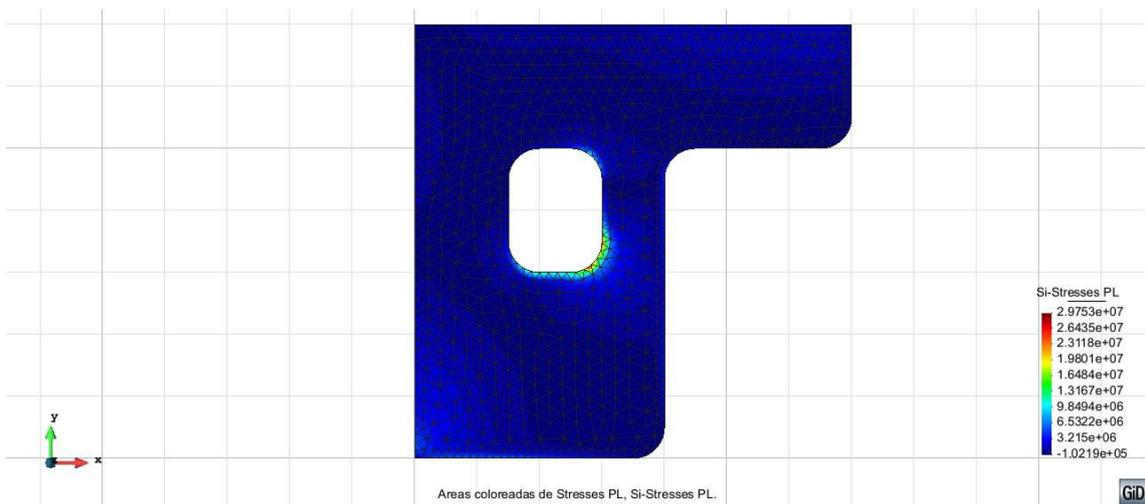
3) La deflexión máxima obtenida ha sido 0'00342 metros, lo cual resulta un valor muy reducido. Esto cabe pensar que tendremos un factor de seguridad muy grande, es decir, que la carga máxima que puede soportar la placa sin comprometer el ELS de deformación, es mucho mayor. Además, el punto de deflexión máxima fue el que se esperaba antes de realizar el análisis.

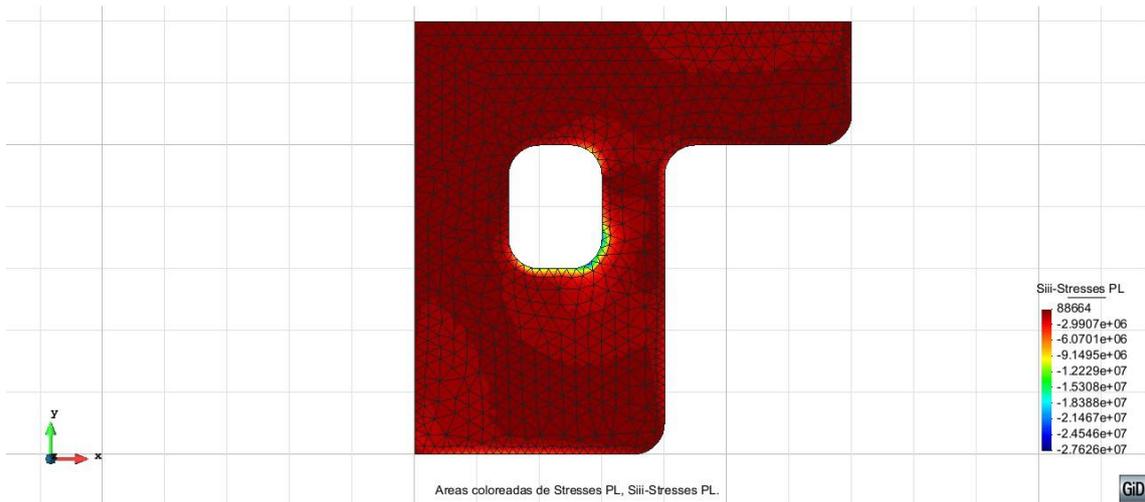
3.-APÉNDICE: OBTENCIÓN DE LA CARGA MÁXIMA SUPERANDO LA CARGA DE CÁLCULO ESTABLECIDA POR EL CTE

Introducción de una carga superficial uniforme de valor 600kN/m^2 :



En la figura anterior se observa el mapa de isoáreas de desplazamiento respecto al eje Z. El valor de la máxima deflexión es de 0.40 metros (40 cm), resultando inadmisibles bajo el criterio del citado CTE. Dicho criterio es que la máxima flecha deberá ser menor o igual que $L/500$, siendo L el doble de la distancia libre de apoyos del punto a analizar. En nuestro caso el punto crítico se encuentra a 4 metros del apoyo más cercano. Es por ello que si tomamos el valor 8 para la distancia "L", resultaría una deflexión máxima admisible de 0'016 metros. Al ser el valor calculado 0'40m, se dice que la carga máxima, atendiendo únicamente al criterio de agotamiento de la sección, no cumple con lo estipulado en el CTE.





Las dos imágenes anteriores muestran como la condición de agotamiento es satisfecha ,siendo el máximo valor de compresión del orden de los 27 MPa y el de tracción de 29'8 MPa. De la misma forma, se asume que 29'8MPa es suficientemente próximo a 30MPa como para aseverar que la carga máxima es la que nosotros hemos implementado.