

2015

# [INGENIERÍA DE ESTRUCTURAS PRÁCTICA S-17]

Master en ingeniería de Caminos Canales y Puertos

Sergio Sánchez Plumed

47934921-T

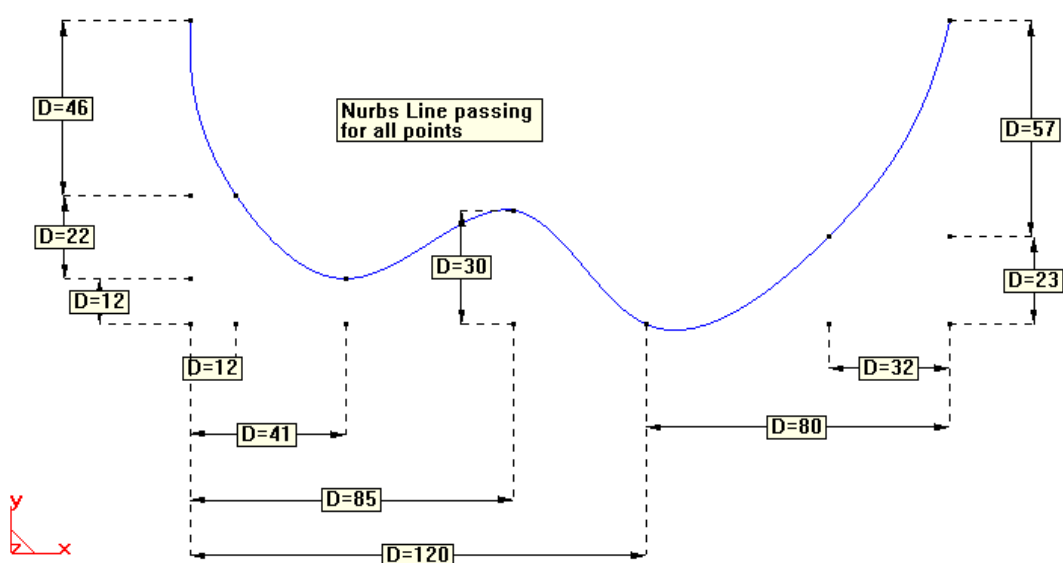
## PROBLEMA S-17

Dimensionar y calcular una presa de gravedad de hormigón de 80 m de altura. La anchura en coronación debe ser de 4 m. con las restricciones geométricas que se indican.

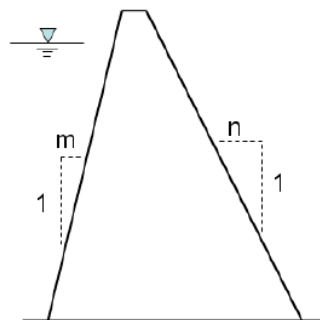
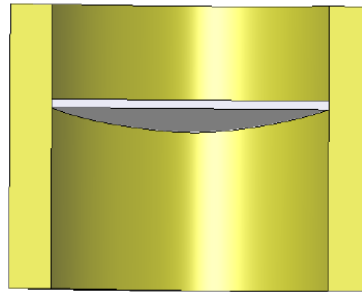
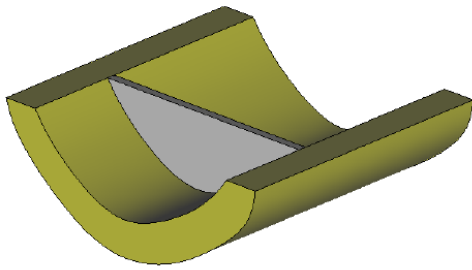
Realizar el proyecto mediante un análisis bidimensional y posteriormente en 3D para verificar el diseño utilizando en ambos casos las siguientes hipótesis:

- 1) Las tracciones máximas en cualquier punto de la presa no deben superar 1 MPa
- 2) El peso específico del hormigón es de 25000 N/m<sup>3</sup> y del terreno es de 20000 N/m<sup>3</sup>
- 3) El Modulo de elasticidad del hormigón a usar es de 22 G N/m<sup>2</sup> y el coeficiente de poisson es de 0,20
- 4) Base empotrada en el terreno
- 5) Cimentación en terreno homogéneo. Módulo de elasticidad: 37 G N/m<sup>2</sup> y coeficiente de poisson 0,30.
- 6) Cargas actuantes:
  - a) Peso propio
  - b) Peso propio + empuje hidrostático en presa y cimentación (altura del agua 77 metros)

El perfil del emplazamiento es el que se muestra:



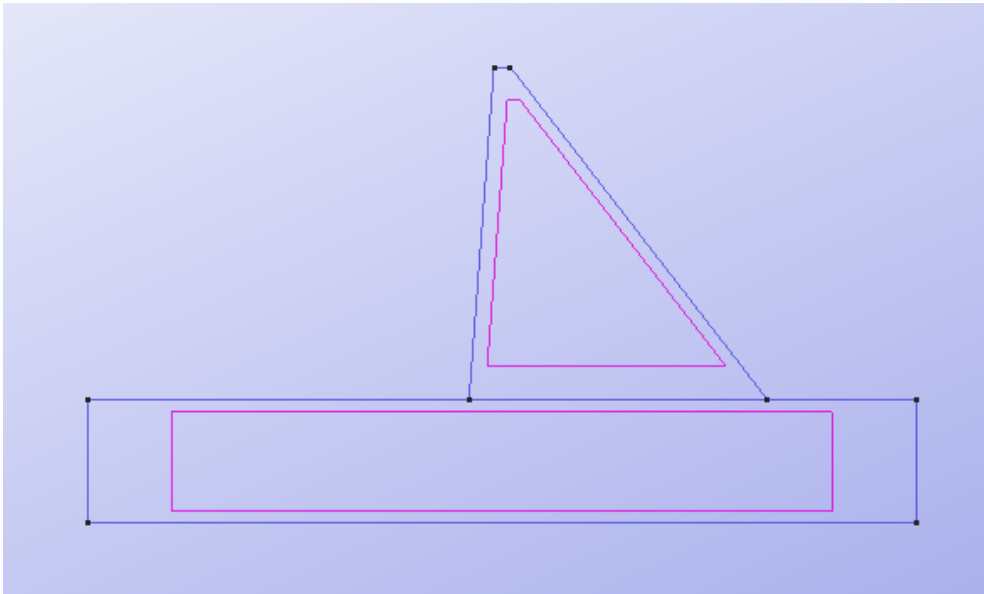
La sección de terreno tiene un ancho de 30 metros y un desarrollo de 200 metros.



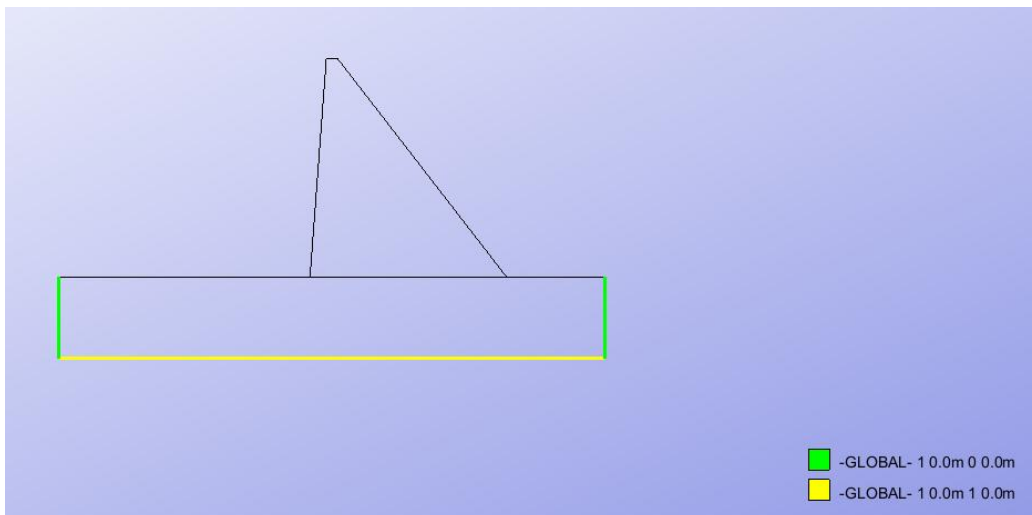
$$\begin{aligned} 0.0 < m < 0.2 \\ 0.7 < n < 0.9 \\ 0.75 < m + n < 1.00 \end{aligned}$$

Primero vamos a realizar el análisis en 2D del ejercicio, al tratarse de una presa lo vamos a resolver con el programa de deformación plana.

- 1) Lo primero que hacemos es elegir los parámetros de  $m = 0.1$  y  $n = 0.8$ , a continuación procedemos a dibujar la geometría de la presa.

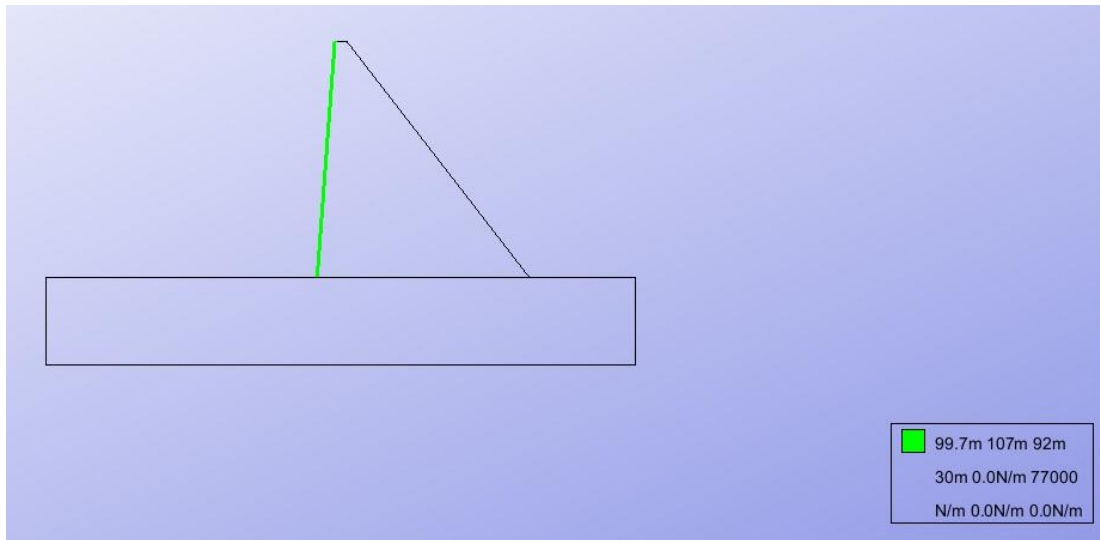


- 2) Procedemos a colocar las restricciones y el agua para analizar los dos casos distintos.

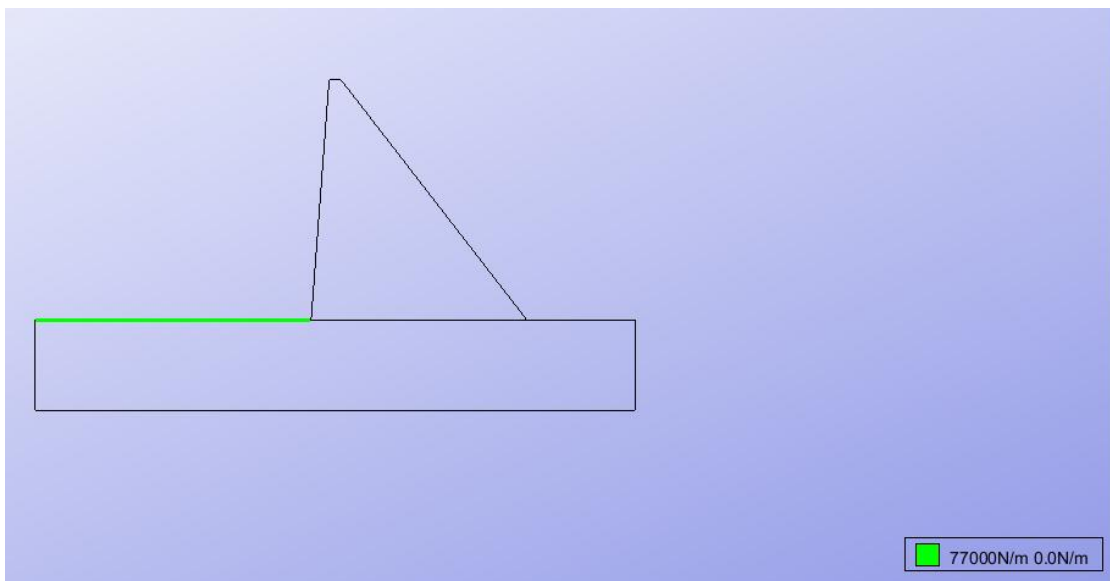


En la línea amarilla restringimos los movimientos en x e y mientras en las líneas verdes solo los de y.

- Colocamos la presión de agua en la presa.

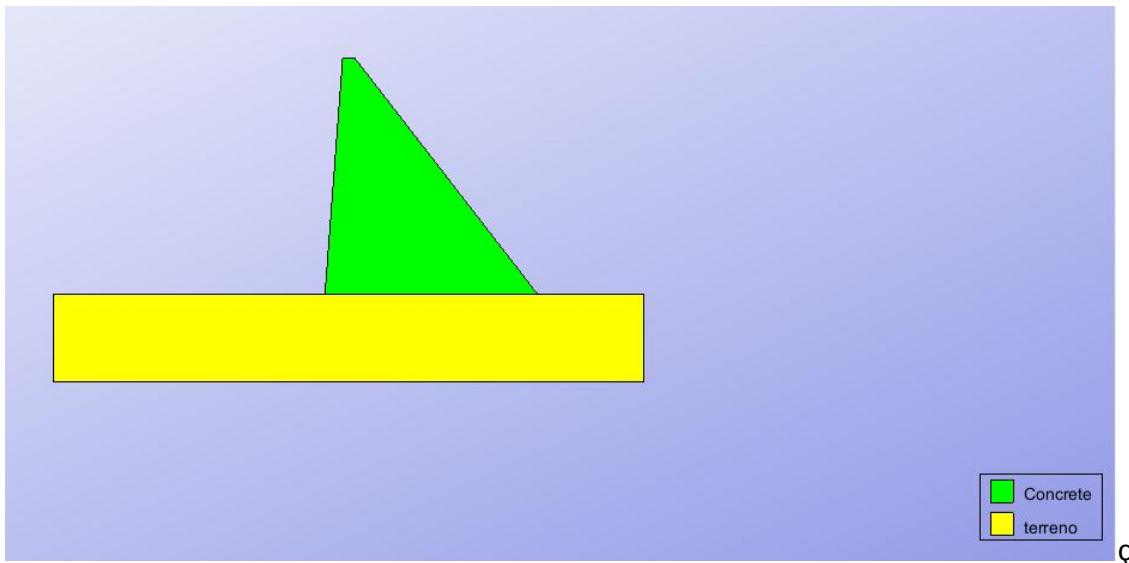


La presión varía a lo largo de la superficie en función de la cota de agua.

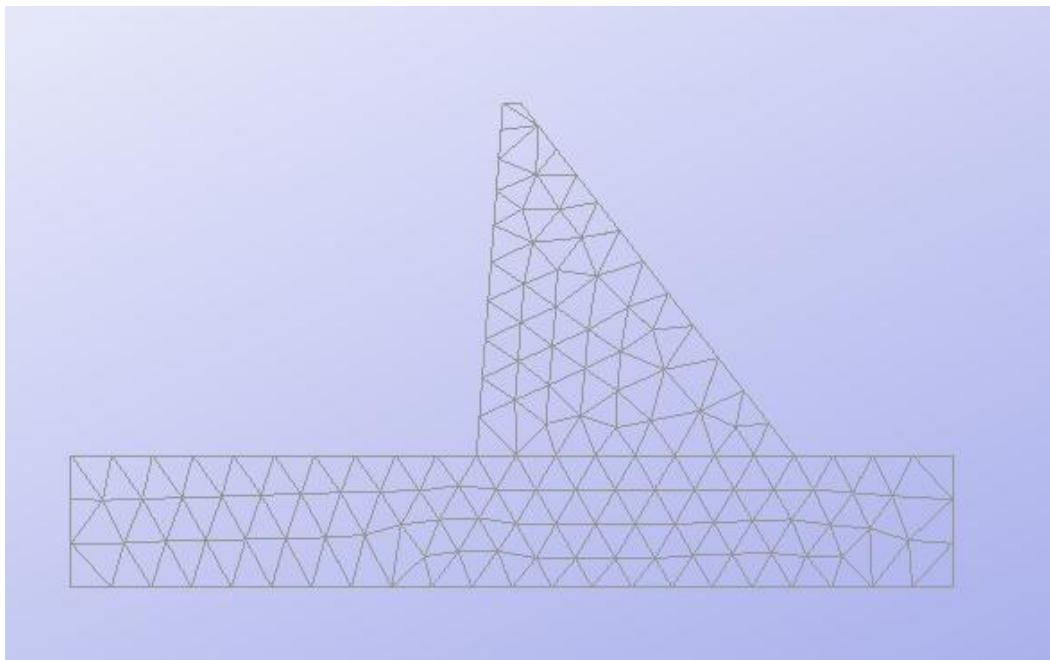


Presión en la superficie del terrero ejercida por el agua, esta no varía a lo largo de la superficie.

### 3) Asignación de las propiedades de los materiales



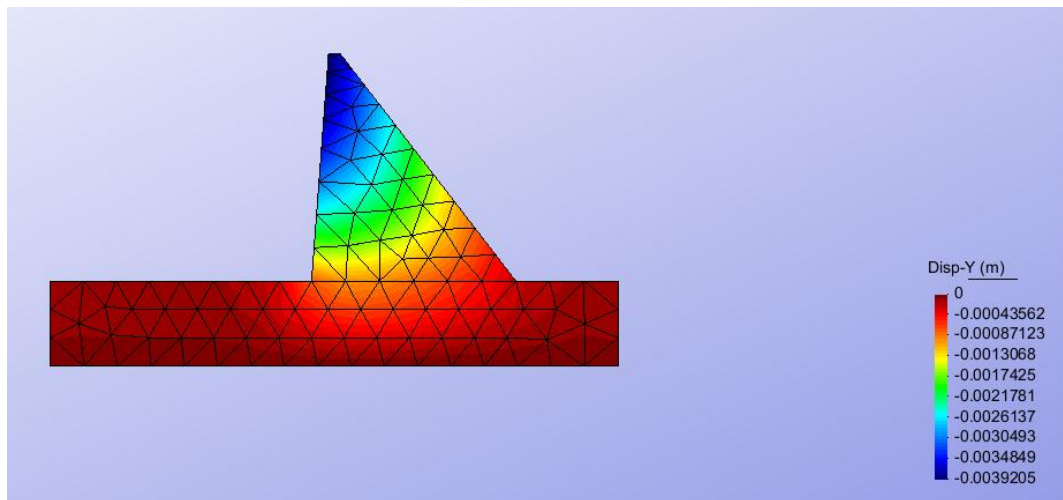
### 4) Mallado y calculo.



Por motivos del ordenador volvemos a elegir un tipo de malla triangular ya que es menos costosa de calcular y los resultados que nos aporta son suficientemente buenos.

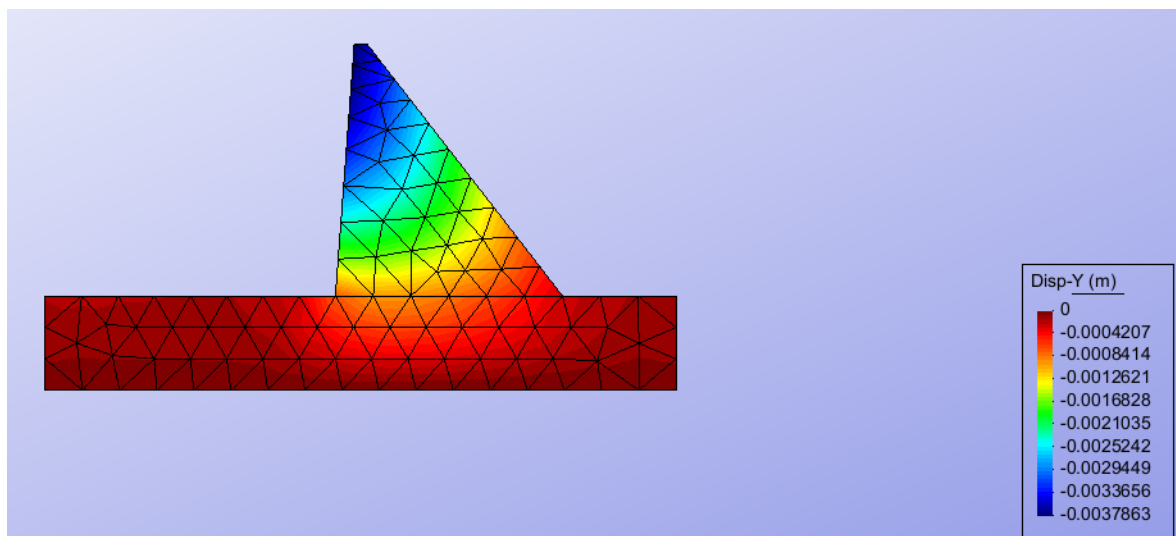
5) Resultado y postproceso.

- Desplazamientos verticales (sin agua)



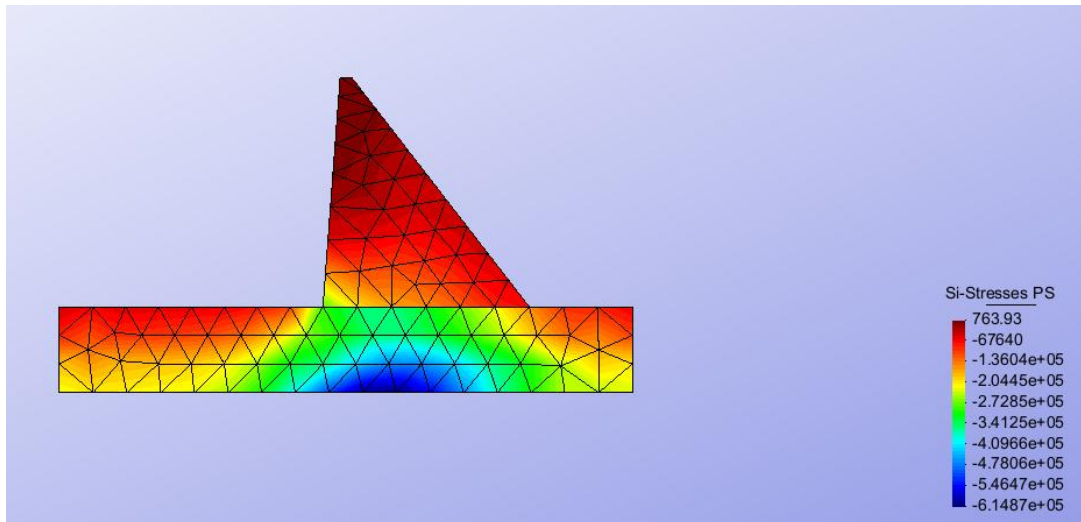
Los mayores desplazamientos verticales como cavia esperar se producen en la zona de coronación de la presa

- Desplazamientos verticales (con agua)



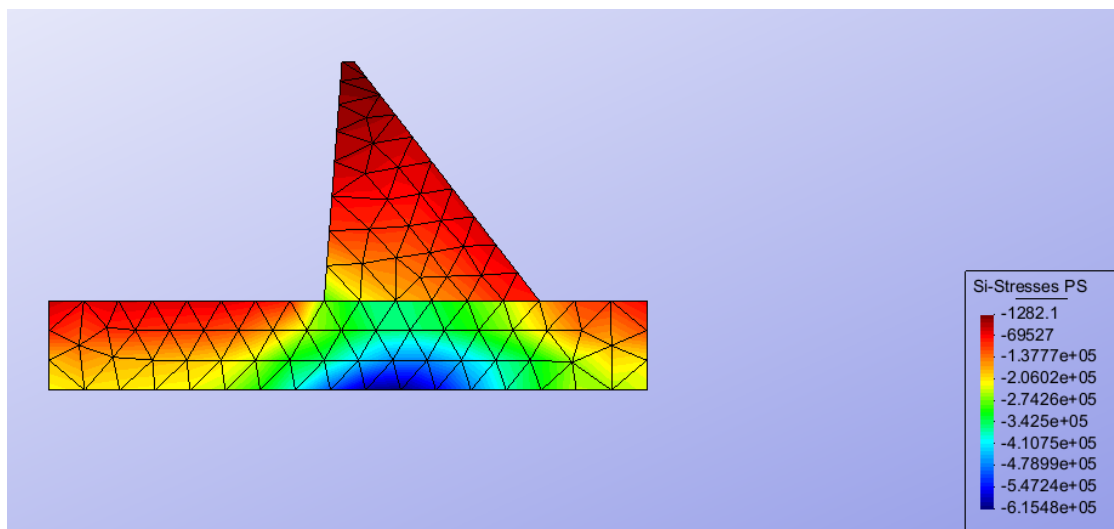
Los mayores desplazamientos verticales como cavia esperar se producen en la zona de coronación de la presa aunque estos son menores que los calculados sin el agua.

- Si stresses (sin agua)



Las máximas tracciones se producen en la parte superior de la presa y en las partes más superficiales del terreno, no obstante no mayores que en la presa.

- Si stresses (con agua)



Las máximas tracciones se producen en la parte superior de la presa y en las partes más superficiales del terreno, no obstante no mayores que en la presa. Son menores que las producidas en el anterior apartado.



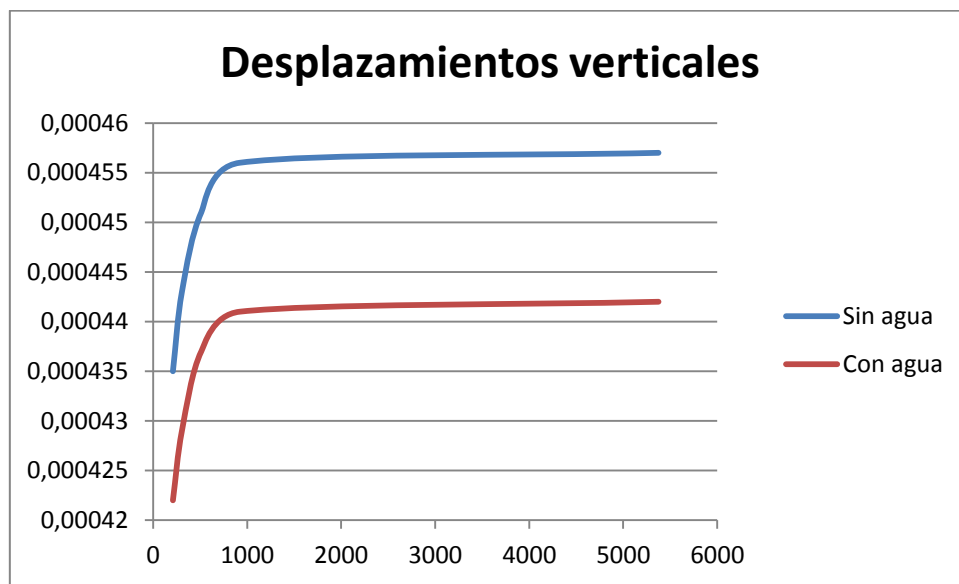
## 6) Graficas de convergencia

Sin agua:

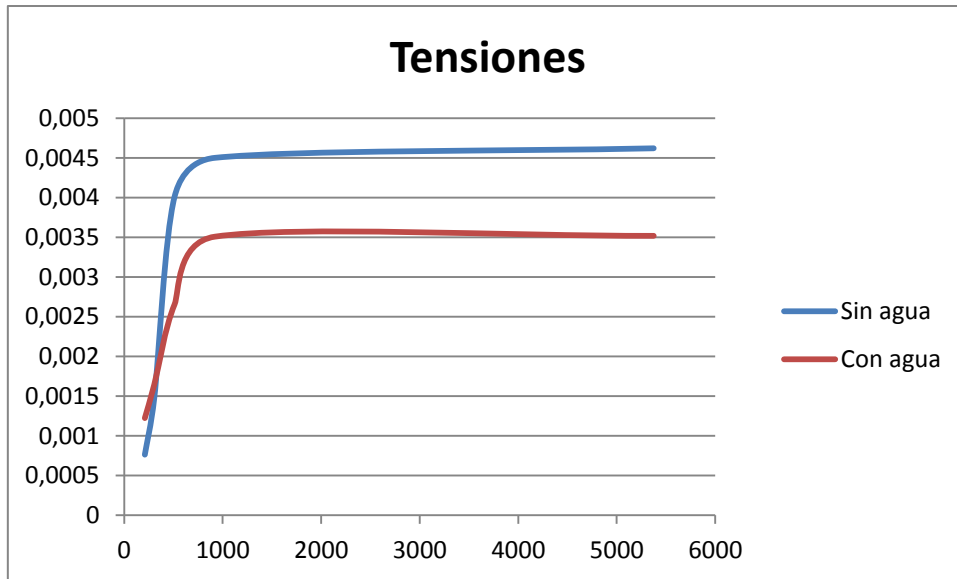
mall	n elementos	n nodos	GL	Si stresses	Desplazamientos
11,5	155	105	210	0,000763	0,000435
9	239	153	306	0,001476	0,000443
7	427	256	512	0,0040107	0,000451
5	806	461	922	0,0045	0,000456
2	5087	2688	5376	0,00462	0,000457

Con agua:

mall	n elementos	n nodos	GL	Si stresses	Desplazamientos
11,5	155	105	210	0,001223	0,000422
9	239	153	306	0,001645	0,000429
7	427	256	512	0,002655	0,000437
5	806	461	922	0,0035078	0,000441
2	5087	2688	5376	0,0035179	0,000442



Como hemos dicho anteriormente sin agua los desplazamientos son un poco mayores que con ella ya que el agua ayuda a estabilizar la presa y por tanto nos reduce los desplazamientos.



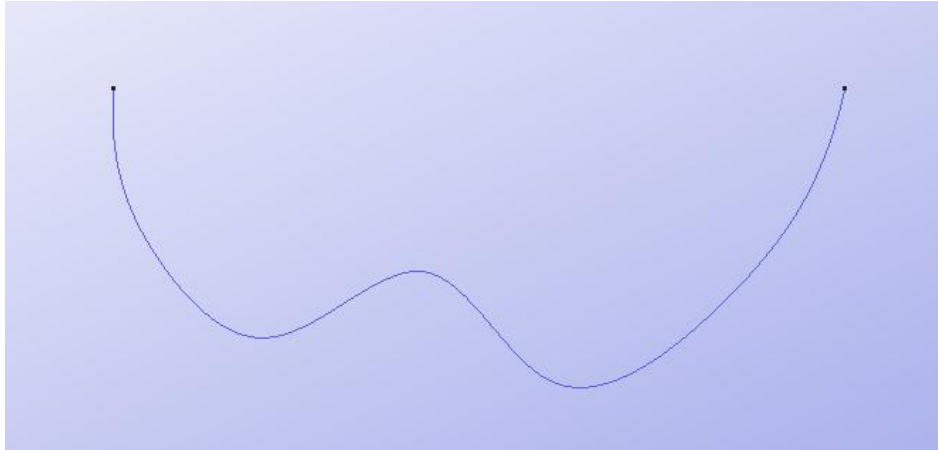
Con las tensiones pasa absolutamente lo mismo expuesto anteriormente para los desplazamientos.

#### **Conclusiones:**

Como podemos observar el estudio en 2D por deformación plana y los valores escogidos para el dimensionamiento de la presa cumple sin ningún problema las condiciones de tracciones expuestas en el ejercicio, además el añadir el agua ayuda a que la presa se estabilice mejor, también cabe destacar que al ser una presa de hormigón esta tiene menores desplazamientos que otro tipo de presas como pueden ser las de materiales sueltos.

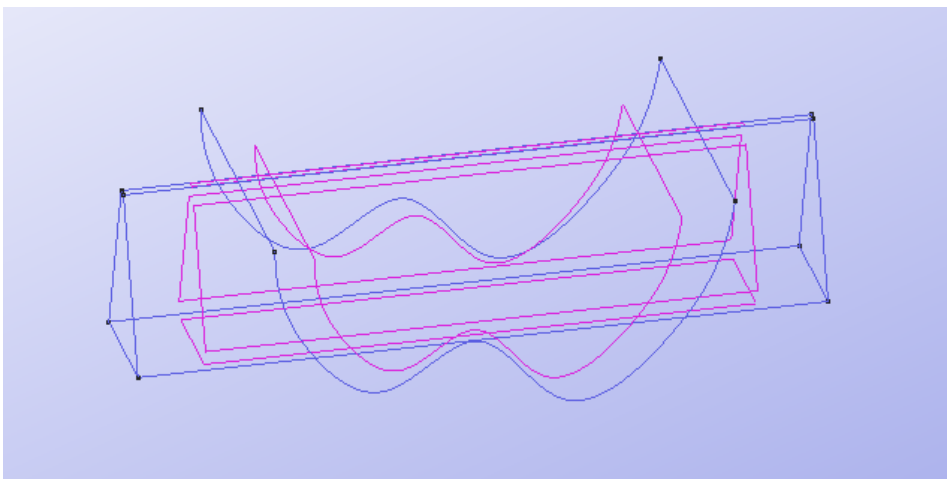
Una vez realizado el estudio en 2D, vamos a realizar nuestro estudio en 3D para el mismo diseño expuesto anteriormente.

- 1) Dibujamos el terreno con "nurbs" del programa GID



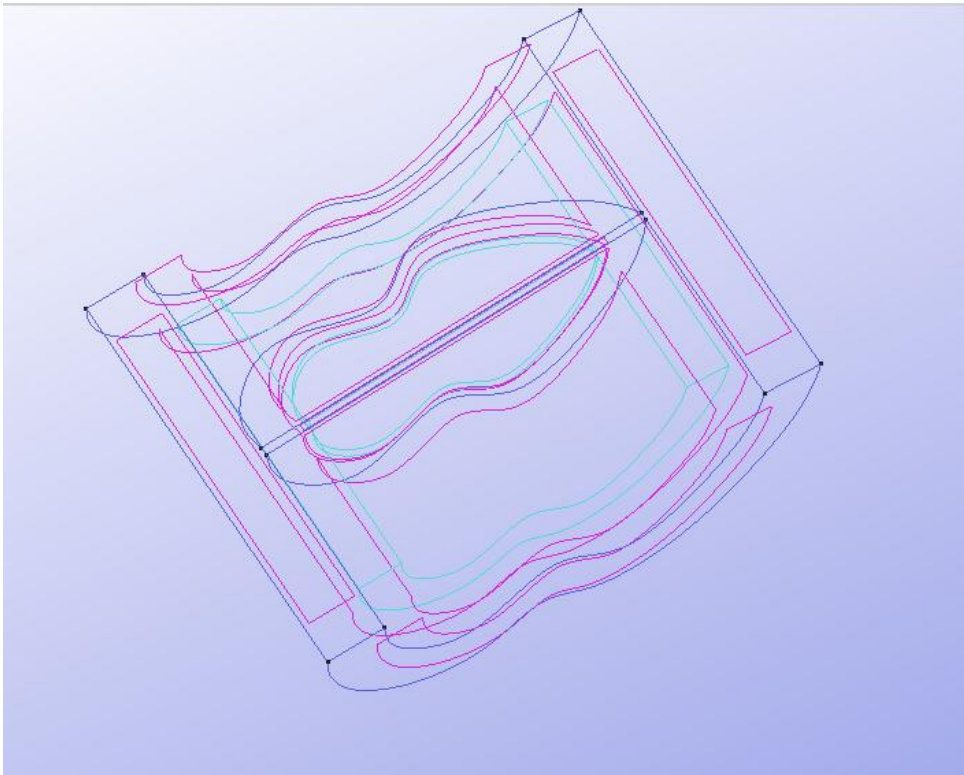
Una vez dibujado el terreno debemos girarlo de ejes ya que el programa tiene la gravedad en el eje z por lo tanto debemos girar el diseño 90 grados, una vez girado trasladamos con extrusión de superficie los 200 m del terreno

- 2) Colocación de la presa

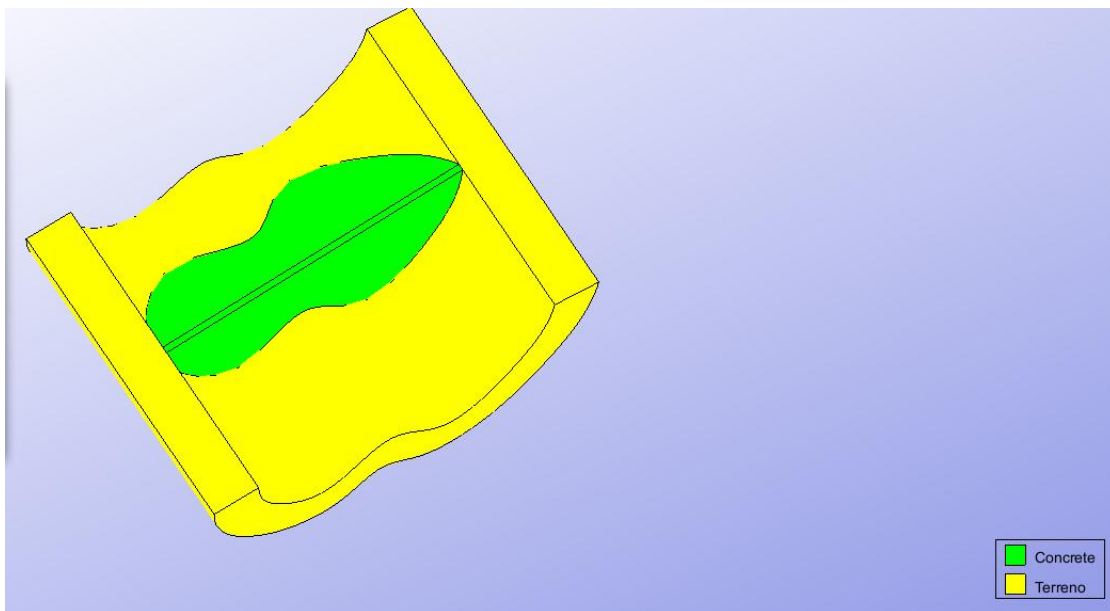


Para colocar la presa la dibujamos fuera del terreno para posteriormente trasladarla con extrusión de superficie, una vez hecho esto procedemos a interseccionar las superficies (el programa dificultaba un poco este proceso, no corta bien, para solucionarlo creamos una presa mayor por debajo del terreno).

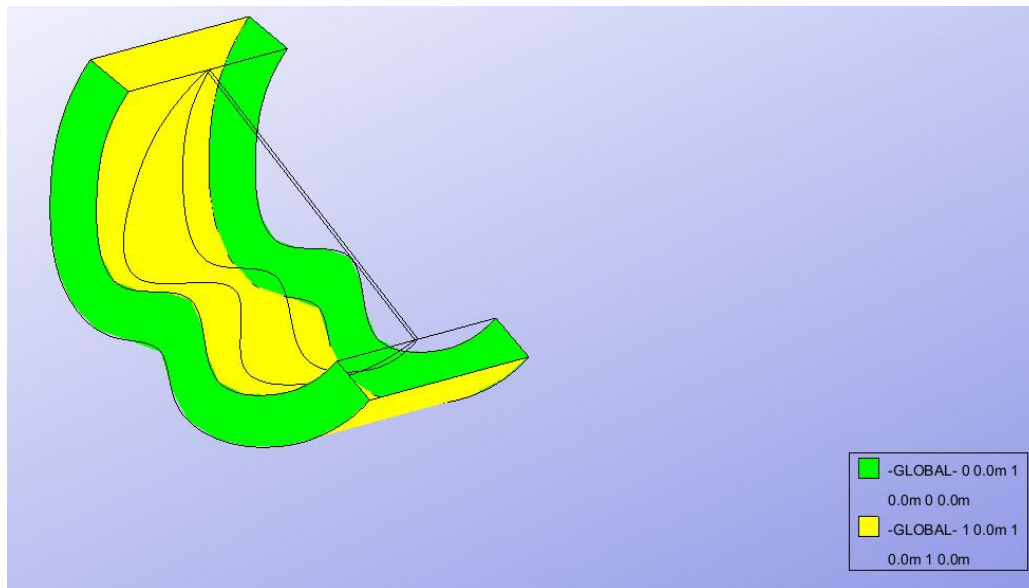
3) Generamos los volúmenes y presentamos la geometría final.



4) Añadimos las propiedades de los materiales.

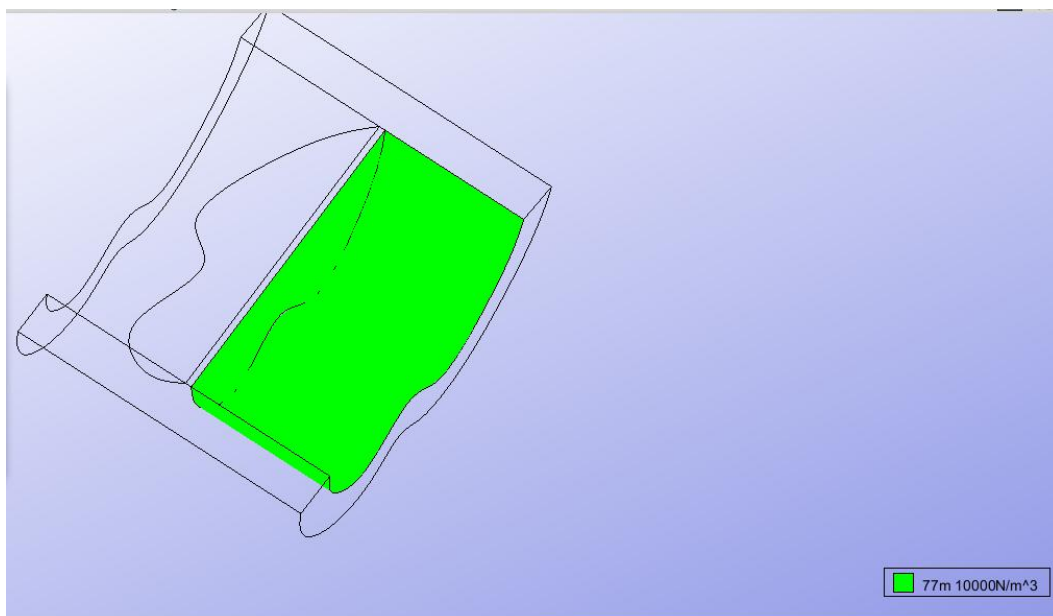


5) Colocamos las condiciones de contorno y las de presiones de agua.



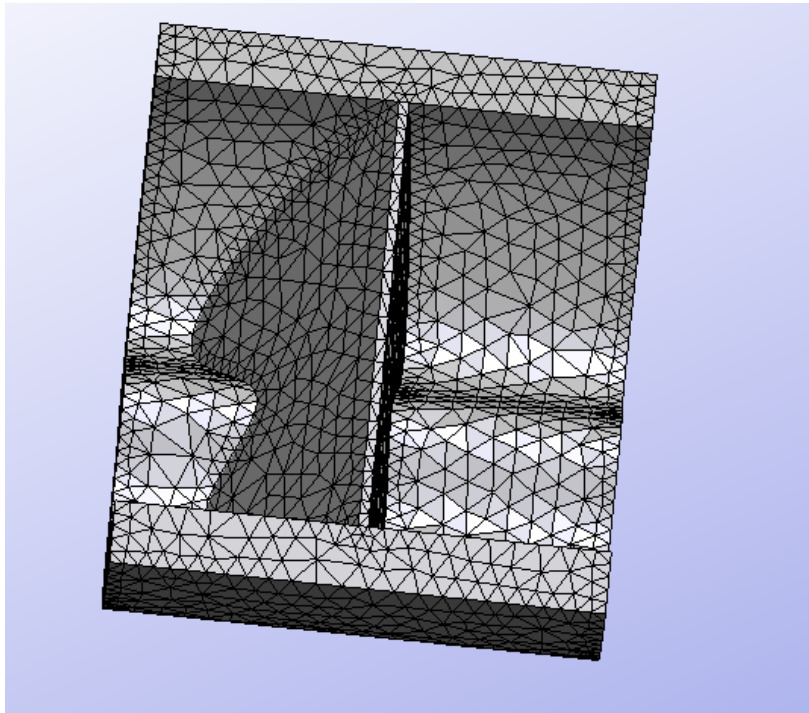
En la superficie amarilla restringimos todos los movimientos mientras que en la amarilla solo los movimientos en y.

- Agua



La colocamos en aquellos sitios donde está presente el agua igual que en el estudio en 2D.

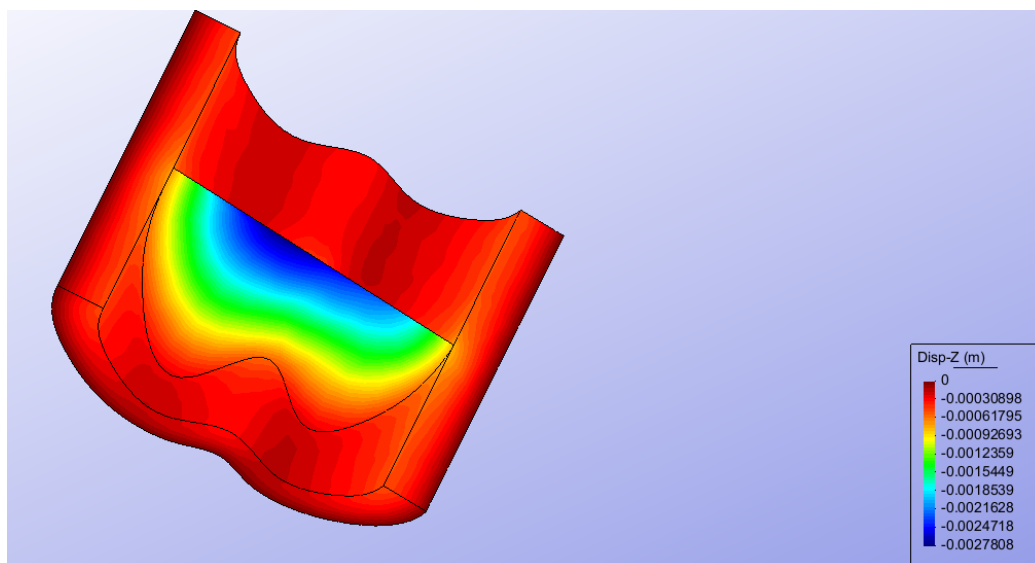
6) Mallado y cálculo.



Volvemos a elegir los elementos triangulares, que en este caso al ser en 3D serán tetraedros.

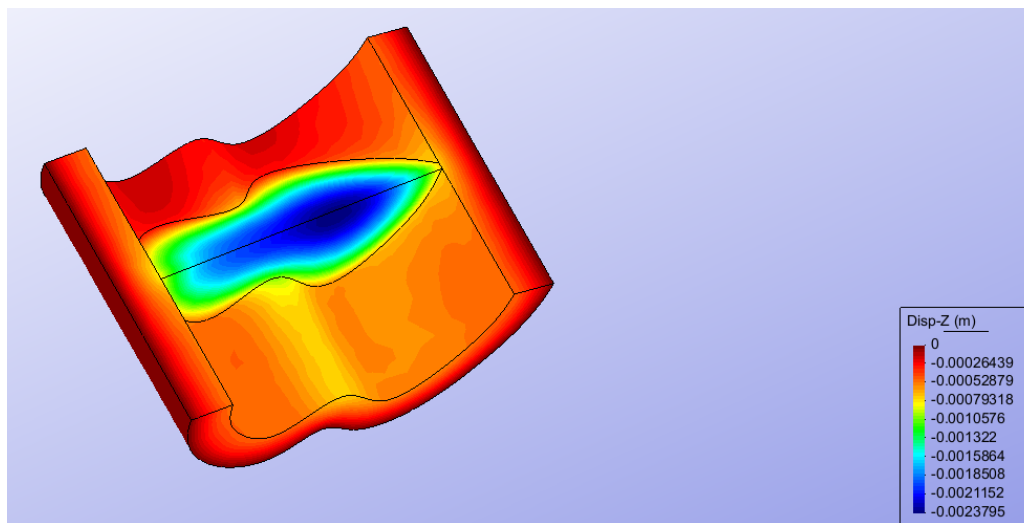
7) Resultados y postproceso.

- Desplazamientos verticales, eje z (sin agua)



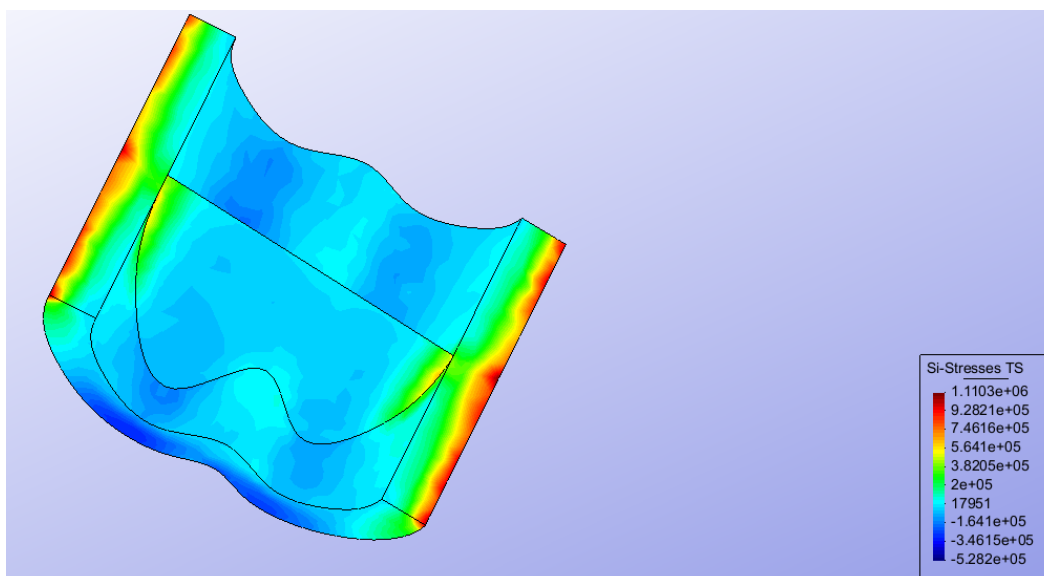
Los mayores desplazamientos se vuelven a producir igual que en el estudio en 2D en la base de la coronación, donde se esperaban.

- Desplazamientos verticales, eje z (con agua)



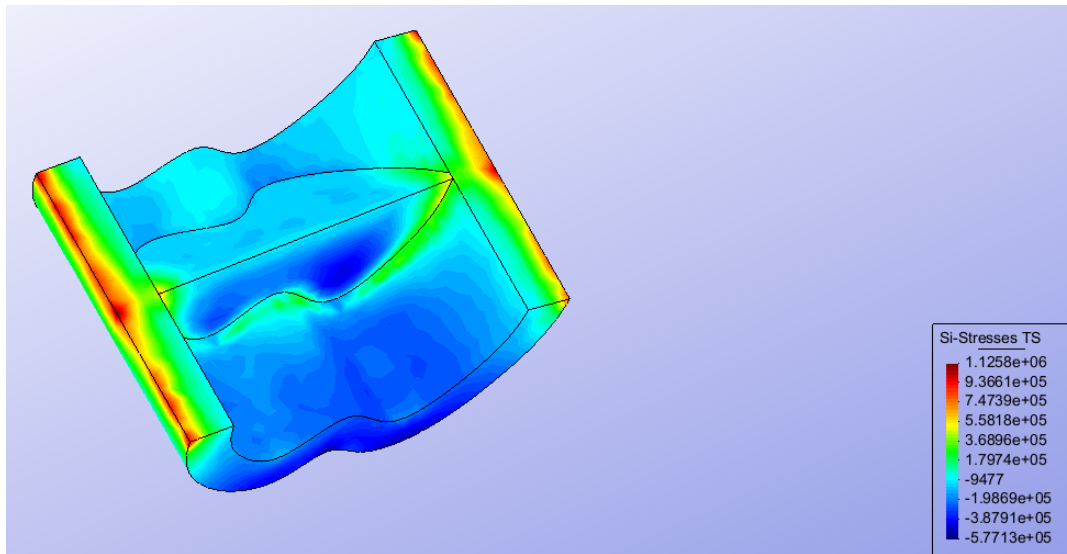
Al igual que en el caso sin agua los máximos desplazamientos en el eje z se vuelven a producir en el centro de la coronación, estos son algo menores que los anteriores.

- Si Stresses (tracciones sin agua)



Las mayores tracciones se producen en los cantos del terreno y en la conexión del terreno con la presa (en esta sin supera 1MPa)

- Si Stresses (tracciones con agua)



Las mayores tracciones se producen en los cantos del terreno y en la conexión del terreno con la presa (en esta sin que supere 1MPa)

#### 8) Gráficas de convergencia:

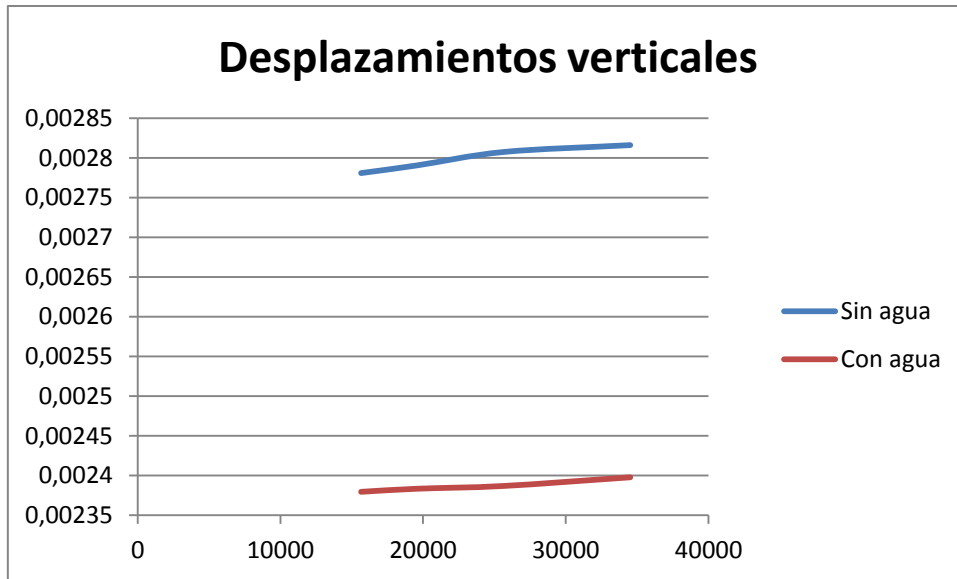
Sin agua:

mall	nod	n elementos	GL	Si Stresses	Deformaciones
<b>11</b>	5219	23284	15657	1110300	0,0027808
<b>10</b>	6530	29788	19590	1125200	0,0027905
<b>9</b>	8555	39907	25665	1142200	0,0028074
<b>8</b>	11507	55256	34521	1158000	0,002816

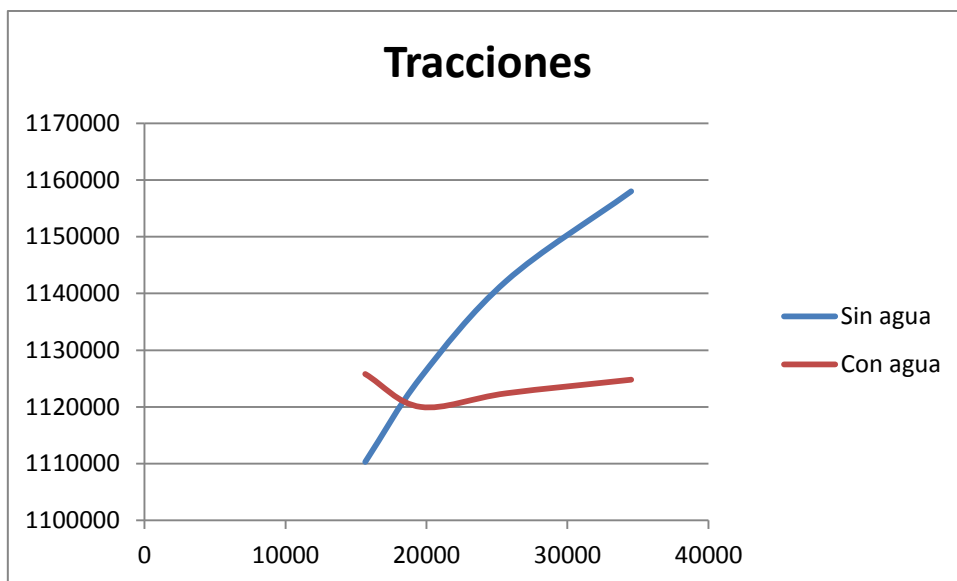
Con agua:

mall	nod	n elementos	GL	Si Stresses	Deformaciones
<b>11</b>	5219	23284	15657	1125800	0,0023795
<b>10</b>	6530	29788	19590	1120000	0,0023834
<b>9</b>	8555	39907	25665	1122400	0,0023869
<b>8</b>	11507	55256	34521	1124800	0,0023978





Como se puede observar al igual que en el problema en 2D los desplazamientos del eje z de la presa son menores cuando realizamos estos cálculos con el agua, tal como se muestra en la gráfica requiere de poco refinamiento para llegar a la convergencia.



Al igual que el apartado anterior el primer resultado de tensiones principales es mayor con agua, pero rápidamente los siguientes refinamientos de malla nos muestran que converge más rápidamente con agua y a un valor inferior que sin agua, las tracciones máximas superan el 1MPa en el terreno, pero nunca en la presa como se puede ver en las anteriores imágenes.

### **Conclusiones generales**

En el estudio en 3D nos aporta mayor rigurosidad para el cálculo de las tracciones y los desplazamientos, como se puede comparar los dos estudios se observa que el estudio en 3D proporciona unos desplazamientos menores, no obstante este estudio también muestra unas mayores tracciones que el estudio en 2D.

De cara a presentar los resultados hemos considerado oportuno centrarnos exclusivamente en las máximas tracciones, con las tensiones principales, y en las deformaciones de los ejes y, estudio 2D, y eje z, estudio en 3D, para así poder realizar una mejor comparativa.

El diseño escogido cumple los requisitos expuestos en el enunciado, donde en el estudio en 2D las tensiones no se acercan al 1MPa, mientras que con el estudio en 3D son más próximas a este pero nunca en la zona de estudio.