



**Universidad  
Zaragoza**

# Trabajo Fin de Grado

## Anexos

Autor

Francisco Gutiérrez Boira

Director

Jesús Cuartero Salafranca

Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales

EINA UNIZAR

2025



## Índice

Anexo I: Normativa .....	4
Anexo II: Medidas de la rampa de aluminio .....	6
Anexo III: Resultados de los análisis de la rampa de aluminio. ....	10
Anexo IV: Criterio TSAI-WU. ....	28
Anexo V: Resultados de los análisis de la rampa de composite. ....	30
Anexo VI: Resultados de los análisis de la rampa mejorada. ....	61
Anexo VII: Fichas técnicas de los materiales .....	76

## Anexo I: Normativa

Actualmente no hay una normativa específica en España para las rampas portátiles, por lo que se ha analizado la que existe para rampas fijas, así como algunos documentos sobre accesibilidad y productos de asistencia para personas con discapacidad.

El documento publicado por la Organización Mundial de la Salud, “ASSISTIVE PRODUCT SPECIFICATION FOR PROCUREMENT Portable ramps” recomienda algunas especificaciones con la finalidad de ayudar a organizaciones a diseñar y fabricar rampas portátiles de calidad. Define estos productos como: *“A portable ramp is a moveable sloping surface that bridges a limited gap between two levels. The purpose of using portable ramps is to move up and down the stairs for persons with difficulties in walking such as wheelchair users, as well as people pushing strollers, carts, or other wheeled objects.”*.

En el apartado 2.1 “Functional requirements” se indican algunas características esenciales. En primer lugar, los materiales tienen que ser de aluminio, fibra de vidrio o fibra de grafito. La superficie tiene que ser antideslizante. Deben poder soportar una carga de al menos 300 kg. En cuanto a las dimensiones, su longitud será de al menos 8 veces mayor que la longitud del escalón y su anchura de entre 91 y 107 cm.

En el apartado 2.5 “Size and weight” se indica que el peso máximo será de 16 kg por vía, su longitud de uso será de entre 100 y 180 cm y que debería tener bordes laterales de entre 2 y 4 cm.

En el apartado 2.8 “Environment of use” especifica que debe soportar condiciones climáticas adversas, incluyendo lluvia, polvo, nieve y hielo. También deben soportar temperaturas de entre +40 a -30 grados Celsius y humedades relativas entre 15% y 100%.

Por otro lado, en el Documento Básico SUA (Seguridad de Utilización y Accesibilidad) se recogen normativas sobre seguridad de utilización y accesibilidad. En el apartado 4.3 “Rampas” se indican las especificaciones para rampas fijas en España. El documento las identifica como: *“Los itinerarios cuya pendiente exceda del 4% se consideran rampa a efectos de este DB-SUA, y cumplirán lo que se establece en los apartados que figuran a continuación, excepto los de uso restringido y los de circulación de vehículos en aparcamientos que también estén previstas para la circulación de personas.”*.

El apartado 4.3.1 “Pendiente” menciona que tendrán una pendiente máxima de 12%, excepto las que pertenezcan a itinerarios accesibles, cuya pendiente será, como máximo del 10% cuando su longitud sea menor a 3 m, del 8% cuando la longitud sea menor a 6 m y del 6% en el resto de los casos. La pendiente transversal máxima será del 2%.

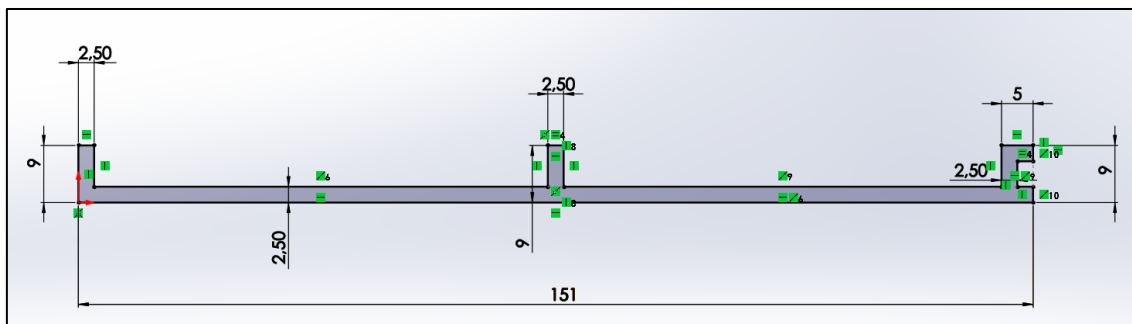
En el apartado 4.3.4 “Pasamanos” indica que las rampas que salven una diferencia de altura de más de 550 mm y cuya pendiente sea mayor o igual a 6%, dispondrán de un pasamanos continuo al menos en un lado. Las rampas que pertenezcan a un itinerario accesible cuya pendiente sea mayor o igual al 6% y salven una diferencia de altura de más de 18,5 cm, dispondrán de pasamanos continuo y los bordes contarán con elemento de protección lateral de 10 cm de altura.

La normativa de rampas fijas en España es bastante restrictiva en cuanto a dimensiones, y si se aplicase a la rampa portátil, se perdería la condición básica de



portabilidad. Suponiendo que un escalón estándar mide entre 15 y 20 cm de altura, y que la rampa midiera en torno a 1,5 m, se estará salvando una pendiente de aproximadamente el 12%. La normativa por tanto exigiría longitudes muy grandes para estas dimensiones. En consecuencia, se trató de seguir las recomendaciones del documento publicado por la Organización Mundial de la Salud y asemejar las medidas de los productos del mercado.

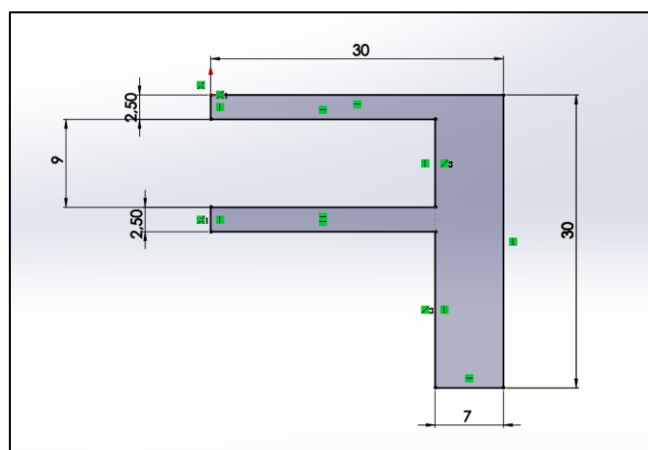
## Anexo II: Medidas de la rampa de aluminio (mm)



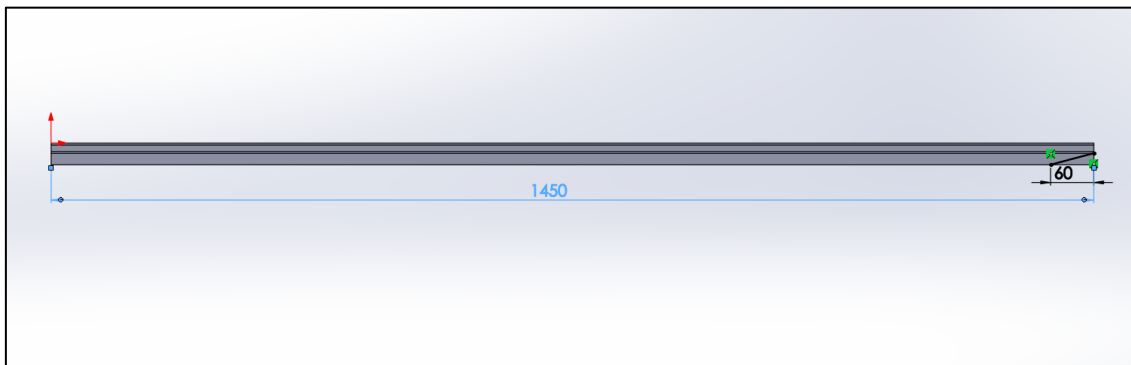
*Figura 1: Medidas de la sección de un travesaño.*



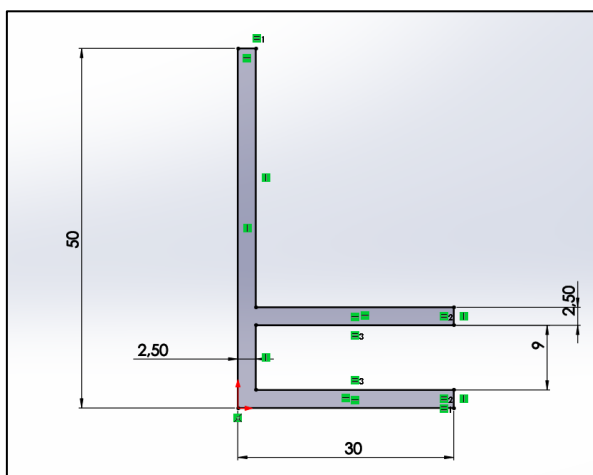
*Figura 2: Medidas de la parte frontal de un travesaño*



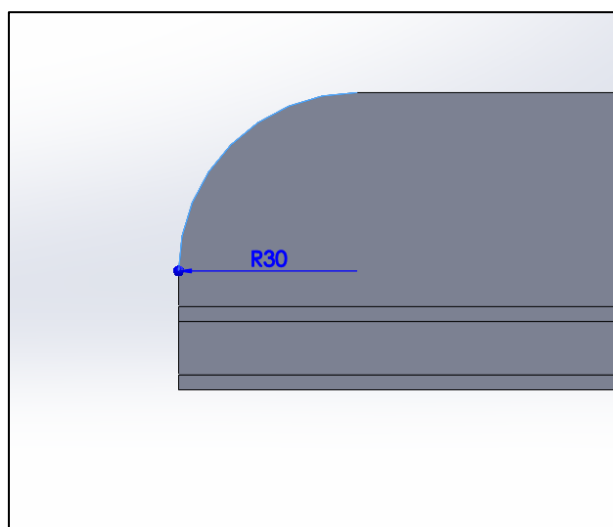
*Figura 3: Medidas de la sección del larguero interior.*



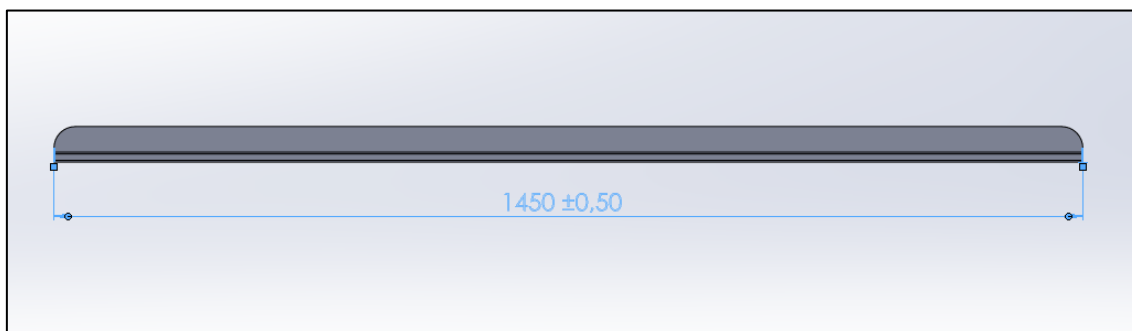
*Figura 4: Medidas del larguero interior.*



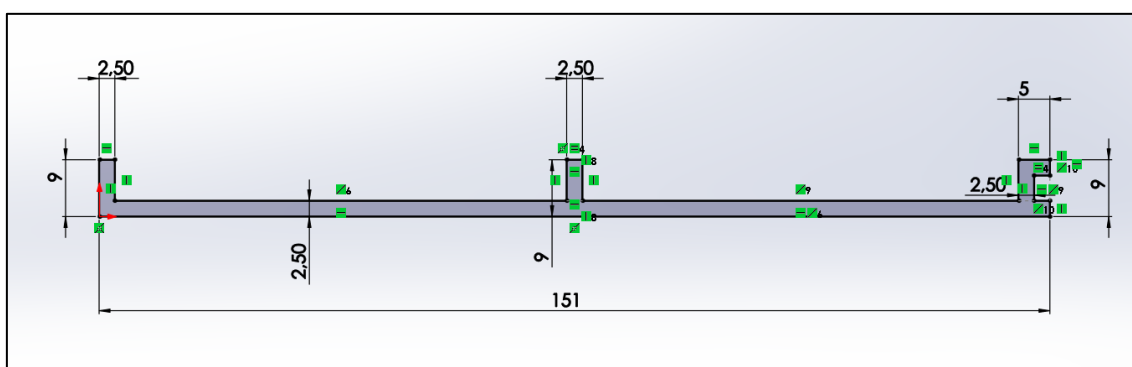
*Figura 5: Medidas de la sección del larguero exterior.*



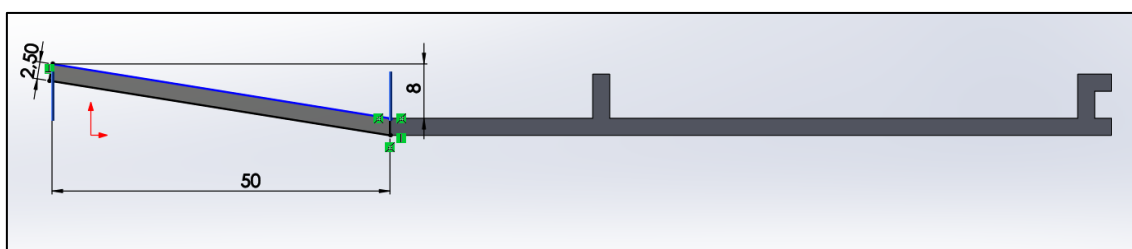
*Figura 6: Medidas del larguero exterior.*



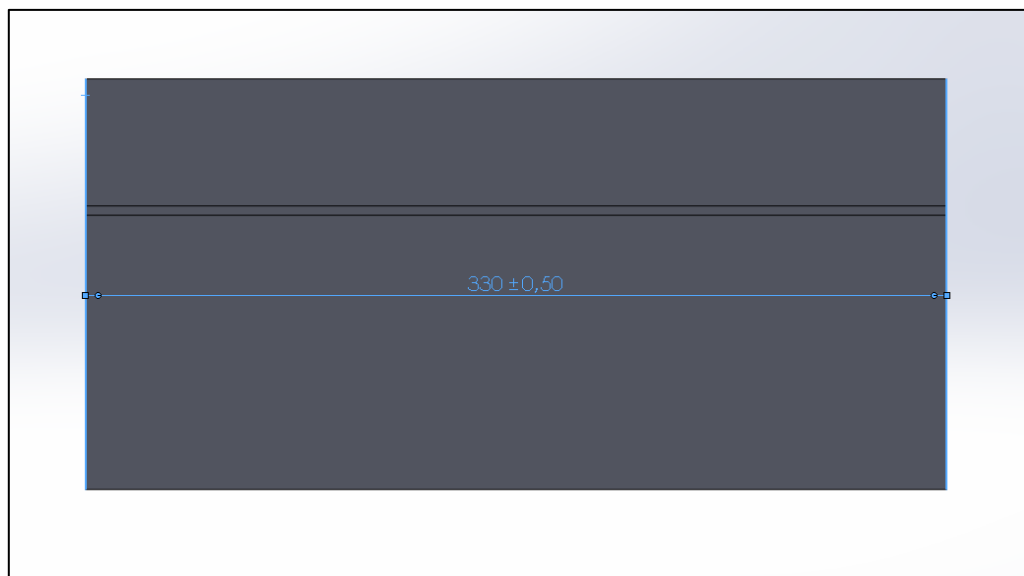
*Figura 7: Medidas del larguero exterior*



*Figura 8: Medidas de la sección del travesaño inicial.*



*Figura 9: Medidas de la sección del travesaño inicial.*



*Figura 10: Medidas del travesaño inicial.*

## Anexo III: Resultados de los análisis de la rampa de aluminio realizados con SolidWorks.

### - Primer análisis (cargas al inicio).

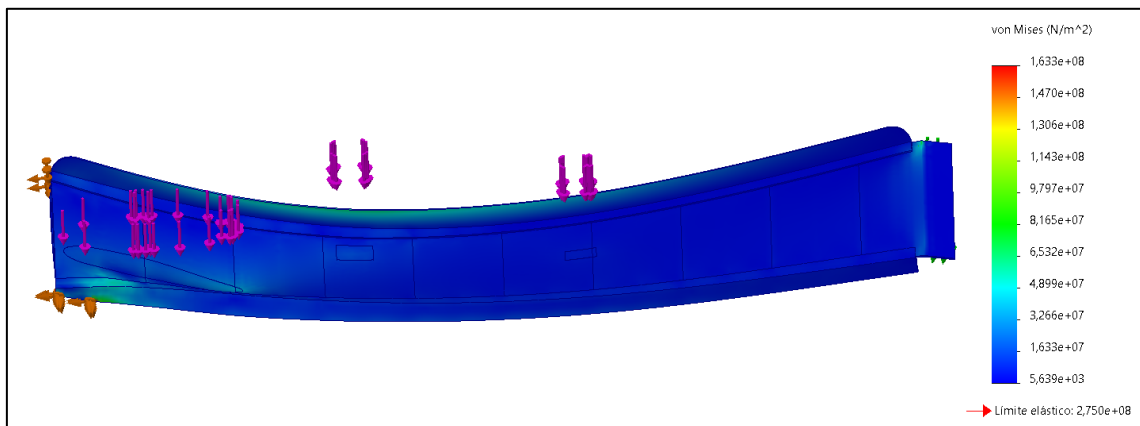


Figura 1: Tensiones de Von Mises en el primer análisis.

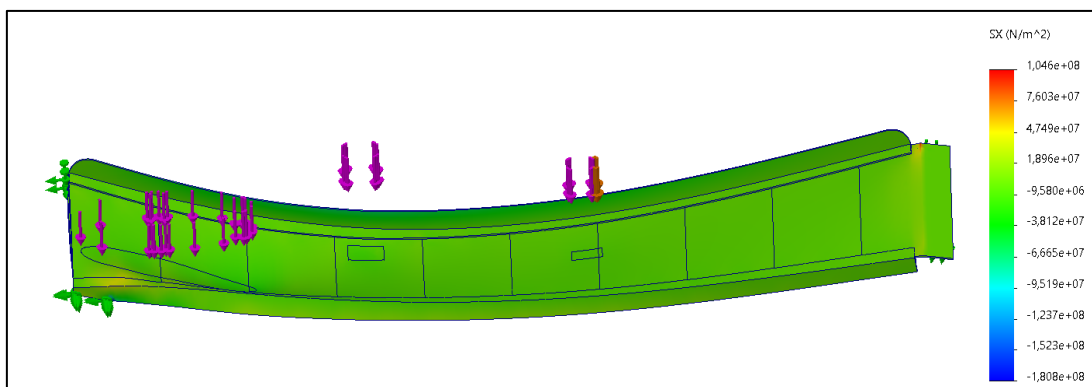


Figura 2: Tensiones en X en el primer análisis.

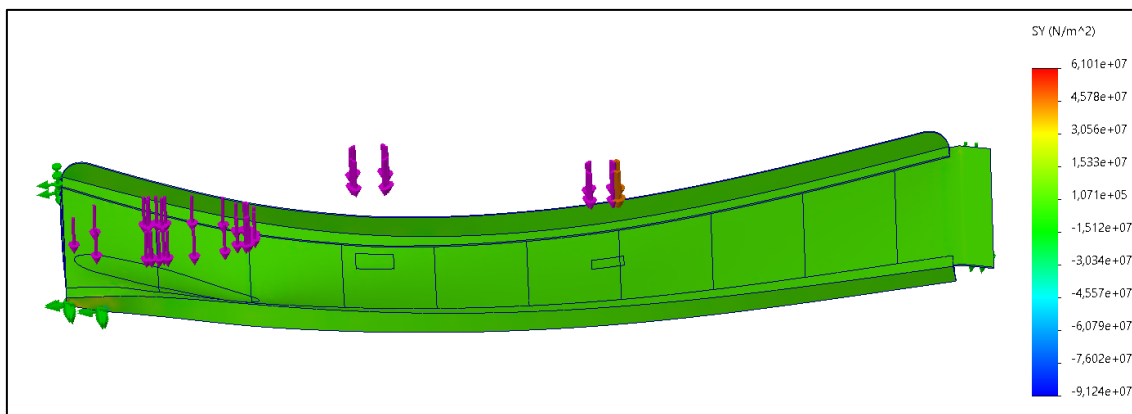


Figura 3: Tensiones en Y en el primer análisis.

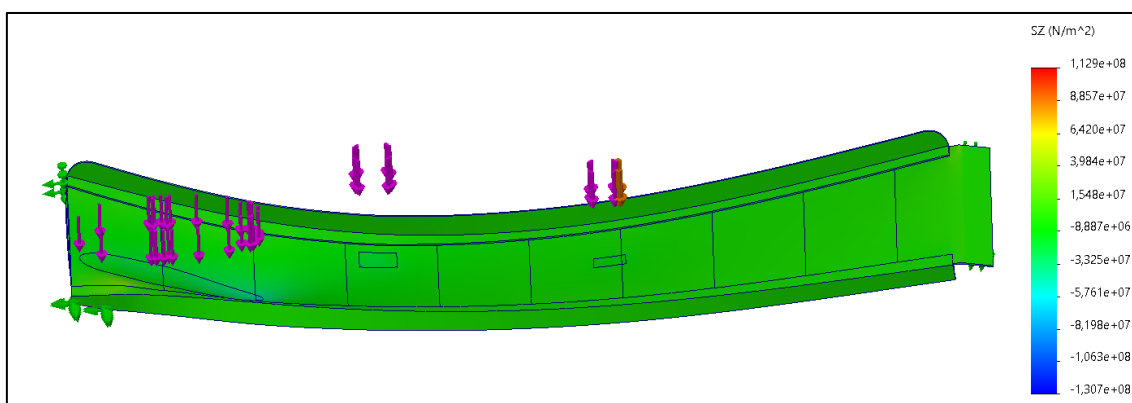


Figura 4: Tensiones en Z en el primer análisis.

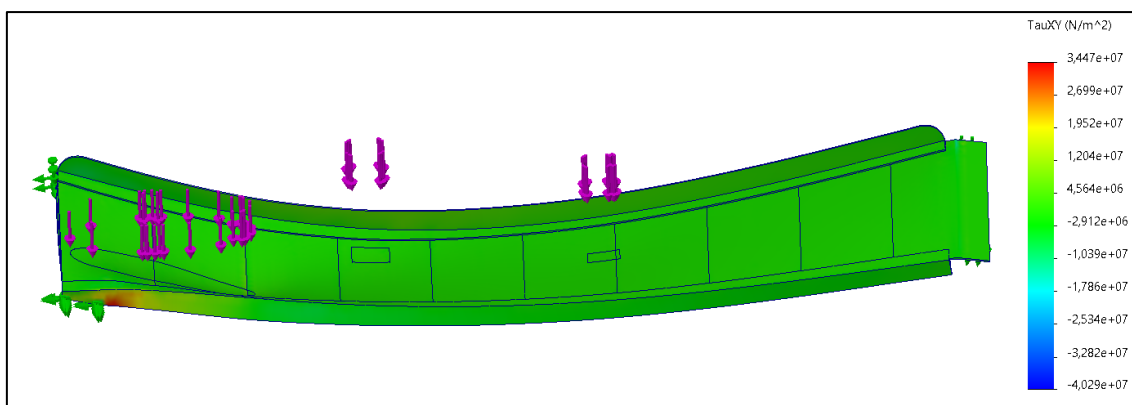


Figura 5: Tensiones en XY en el primer análisis.

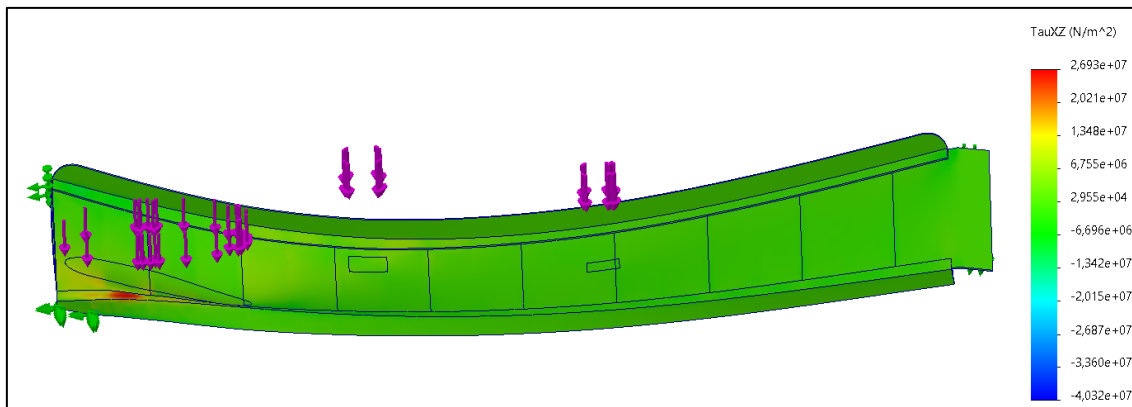


Figura 6: Tensiones en XZ en el primer análisis.

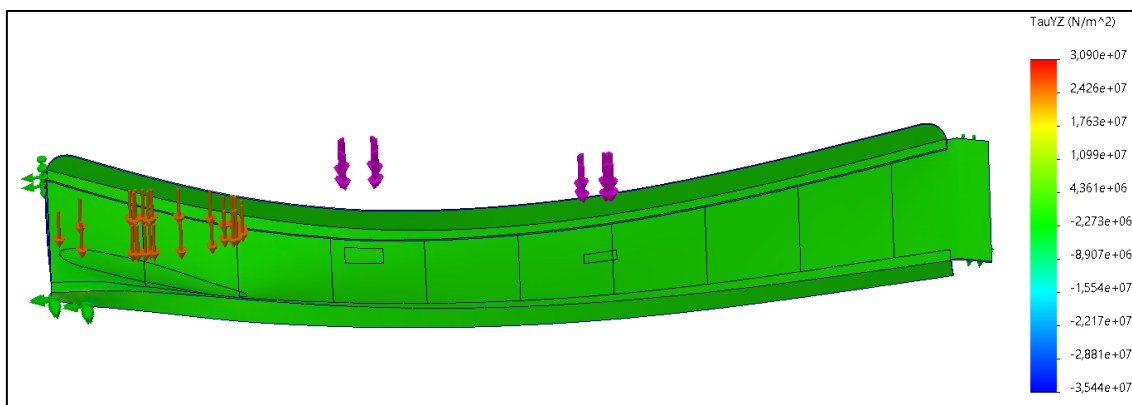


Figura 7: Tensiones en YZ en el primer análisis.

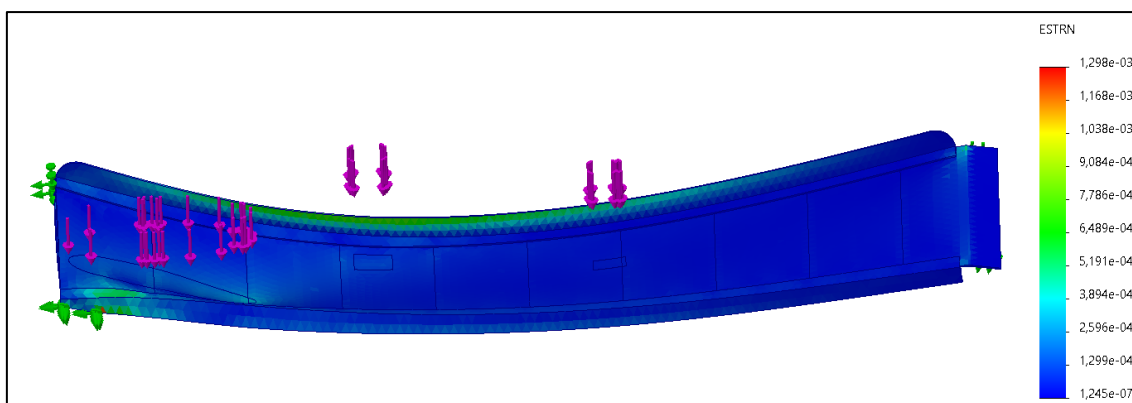


Figura 8: Deformaciones unitarias en el primer análisis.



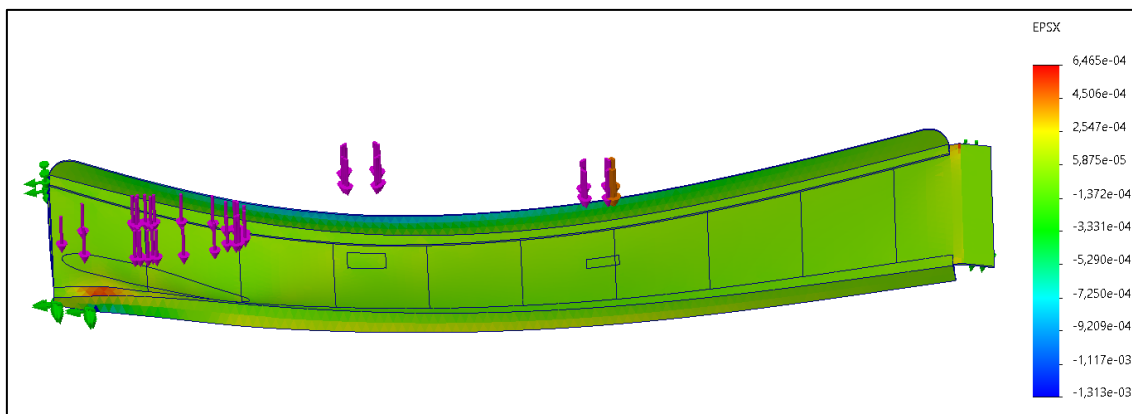


Figura 9: Deformaciones en X en el primer análisis.

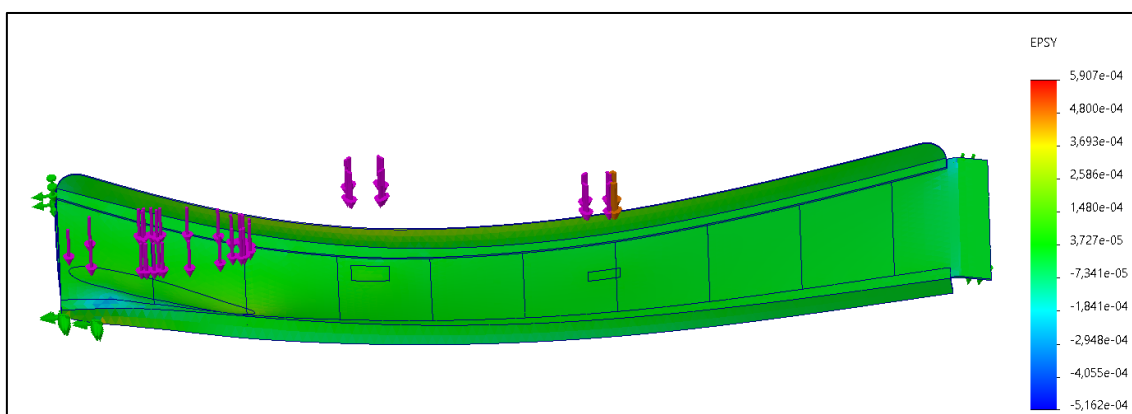


Figura 10: Deformaciones en Y en el primer análisis.

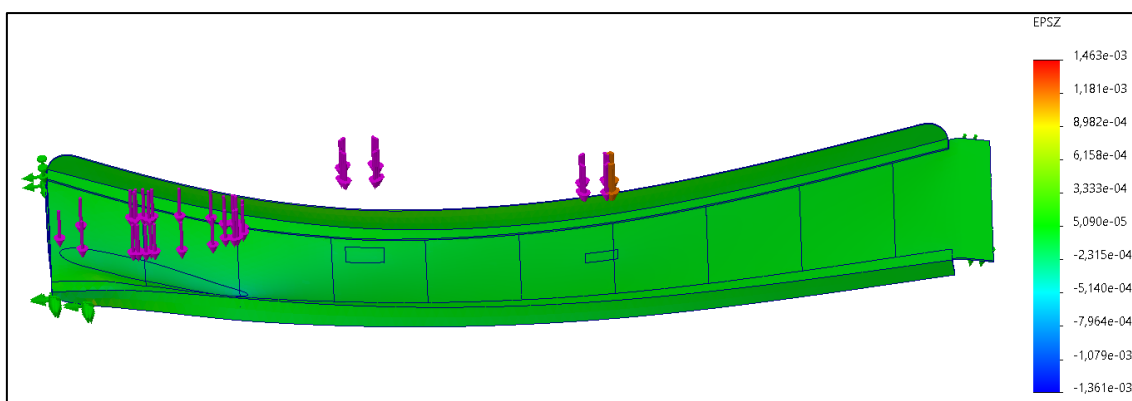


Figura 11: Deformaciones en Z en el primer análisis.

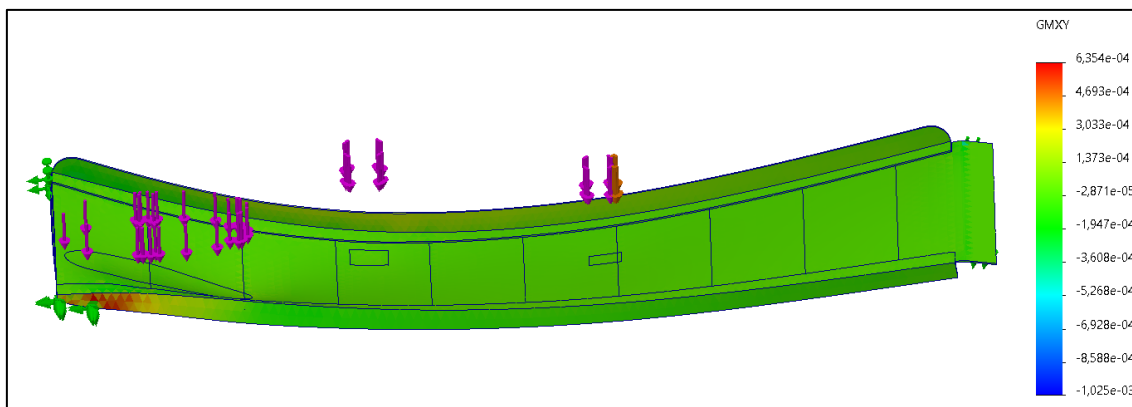


Figura 12: Deformaciones en XY en el primer análisis.

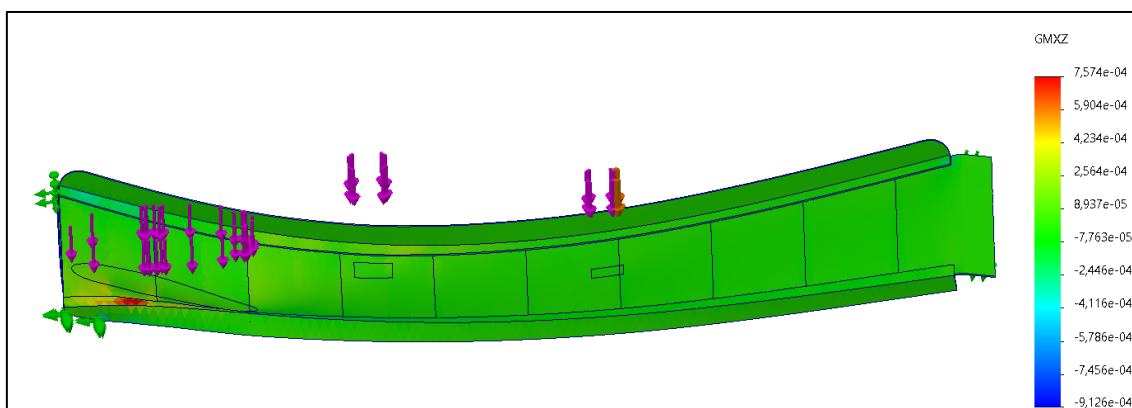


Figura 13: Deformaciones en XZ en el primer análisis.

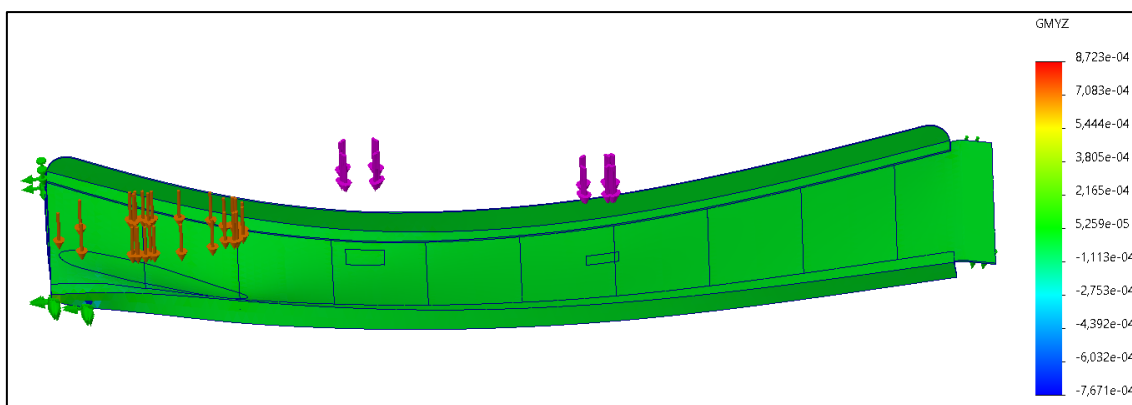


Figura 14: Deformaciones en YZ en el primer análisis.

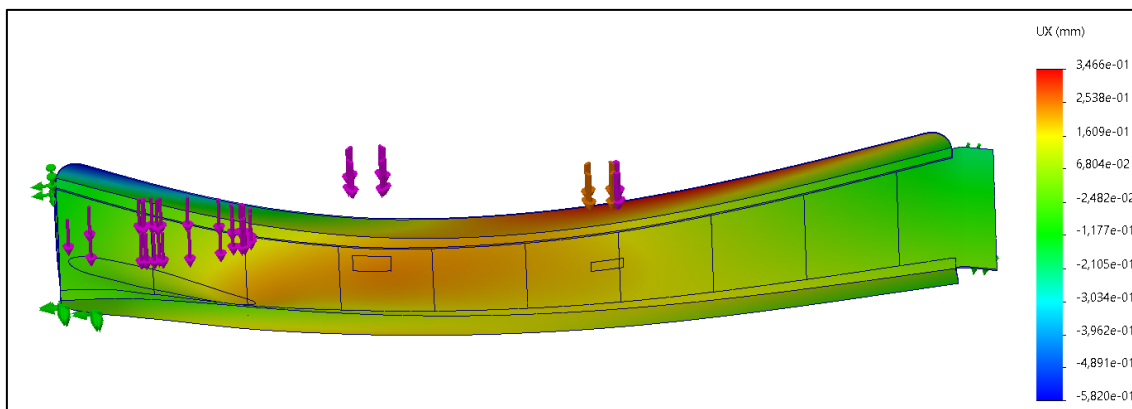


Figura 15: Desplazamientos en X en el primer análisis.

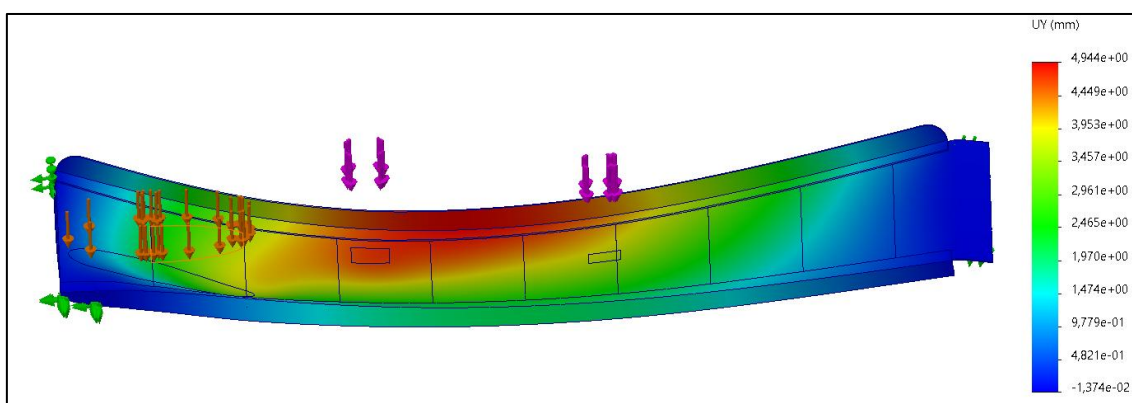


Figura 16: Desplazamientos en Y en el primer análisis.

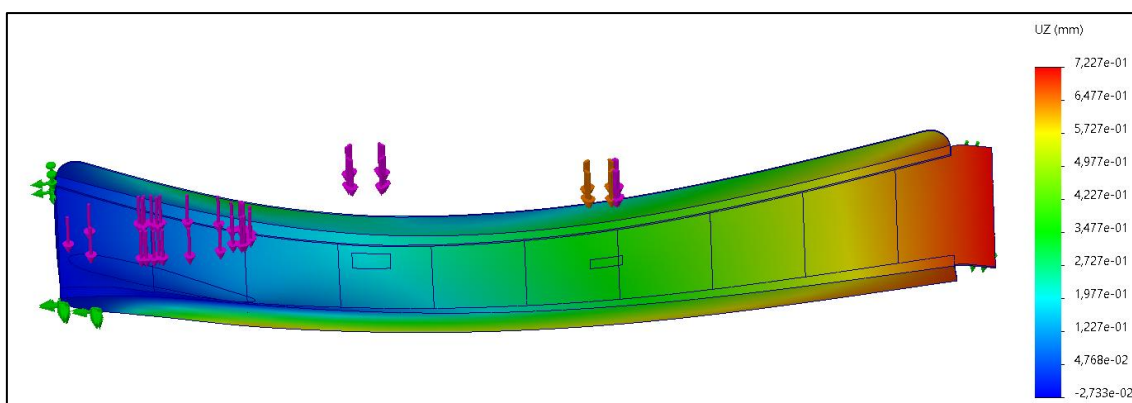
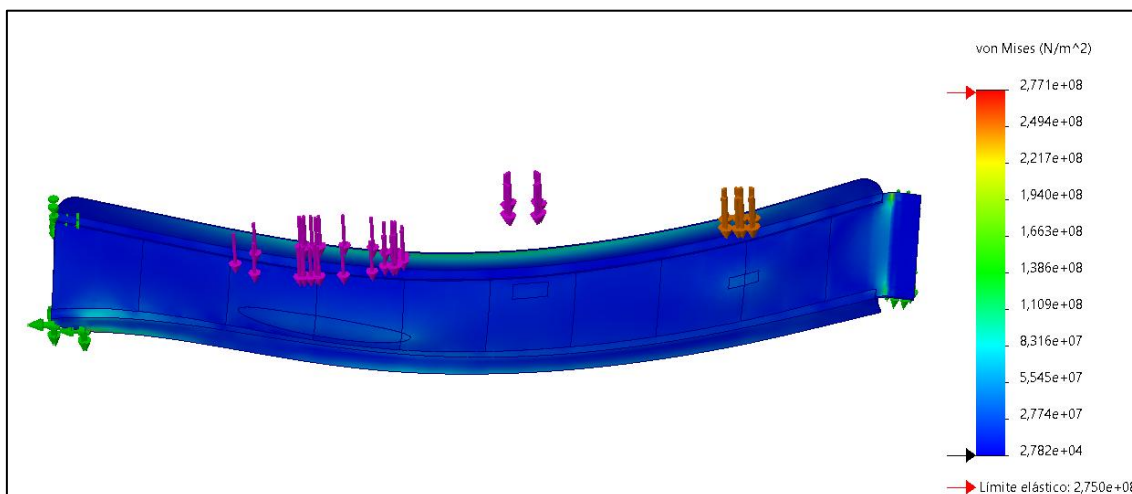
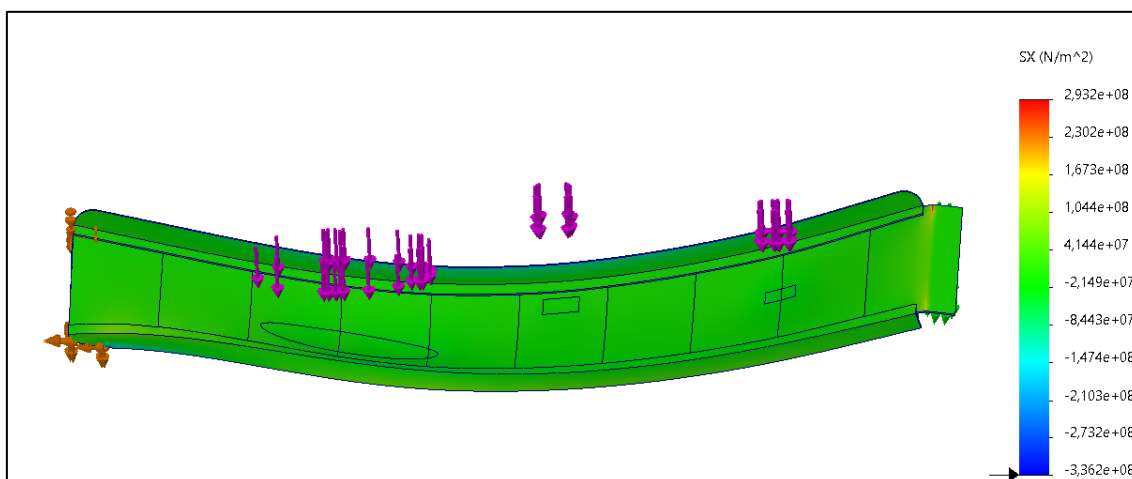


Figura 17: Desplazamientos en Z en el primer análisis.

- **Segundo análisis (cargas a la mitad).**



*Figura 18: Tensiones de Von Mises en el segundo análisis.*



*Figura 19: Tensiones en X en el primer análisis.*

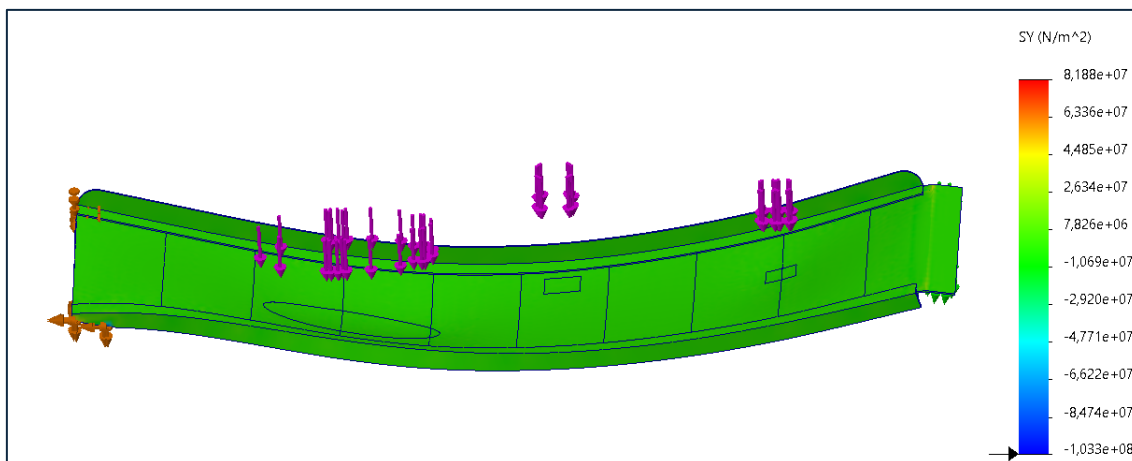


Figura 20: Tensiones en Y en el segundo análisis.

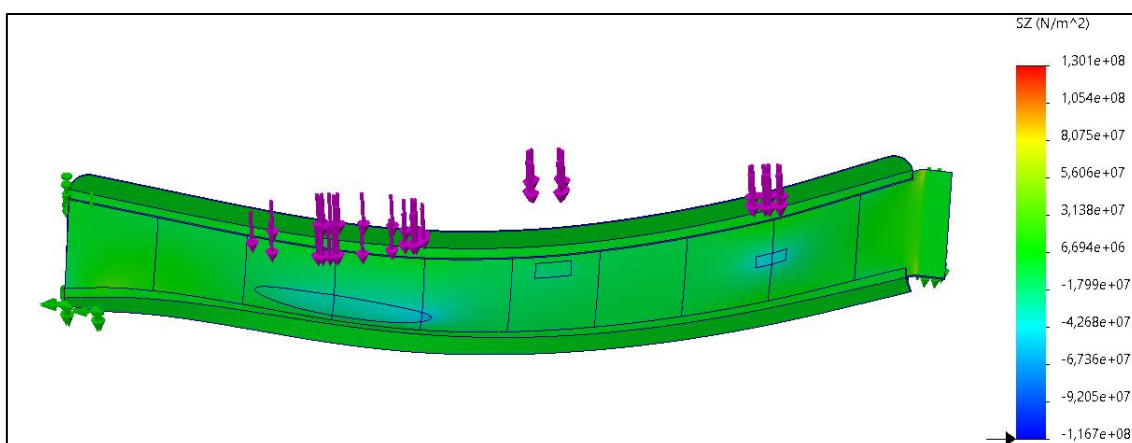


Figura 21: Tensiones en Z en el segundo análisis.

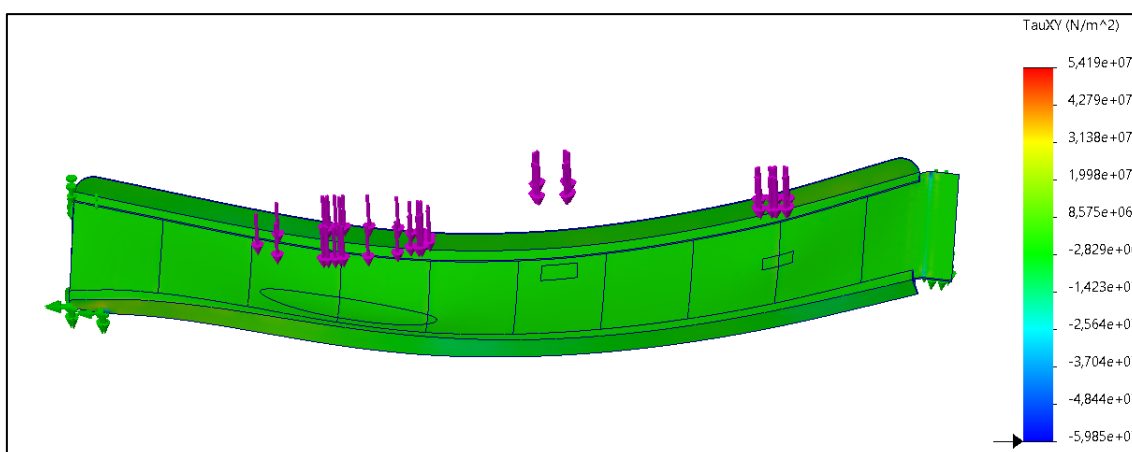


Figura 22: Tensiones en XY en el segundo análisis.

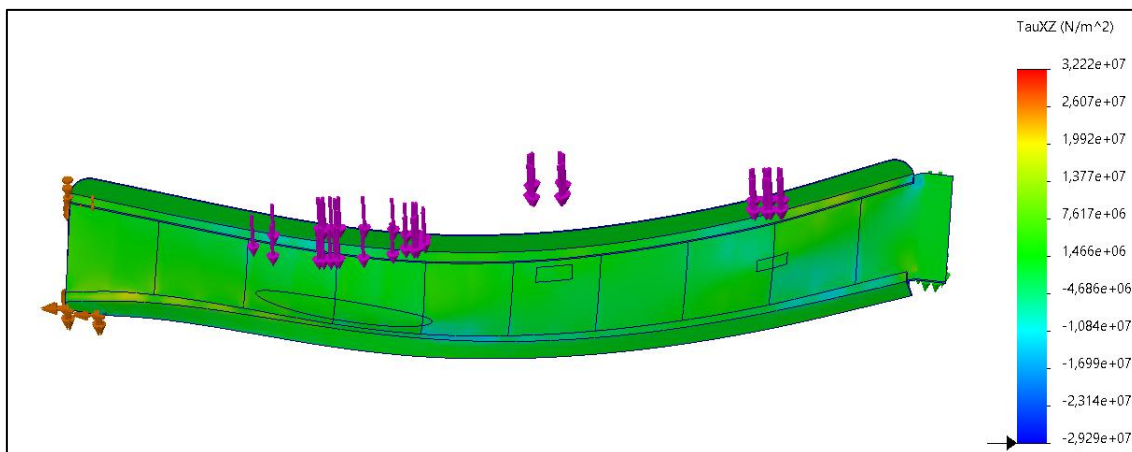


Figura 23: Tensiones en XZ en el segundo análisis.

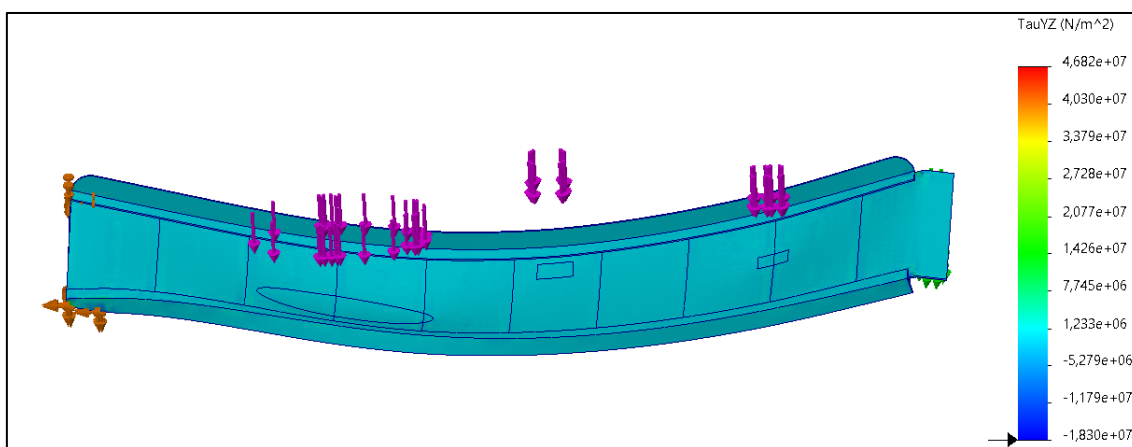


Figura 24: Tensiones en YZ en el segundo análisis.

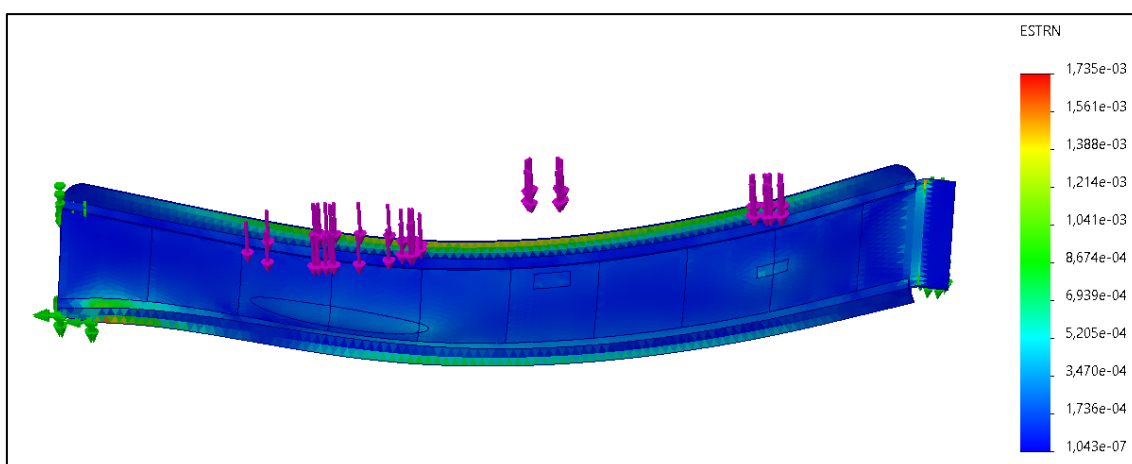


Figura 25: Deformaciones unitarias en el segundo análisis.

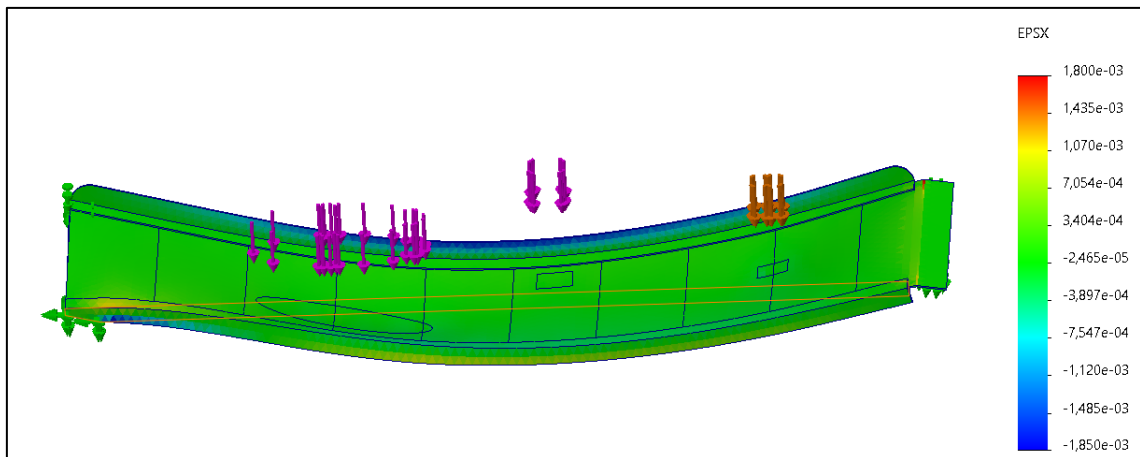


Figura 26: Deformaciones en X en el segundo análisis.

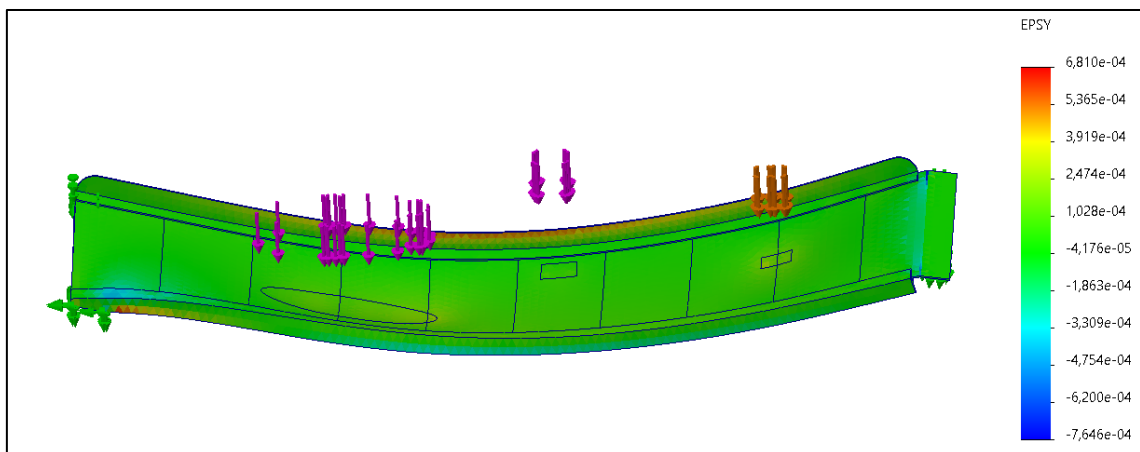


Figura 27: Deformaciones en Y en el segundo análisis.

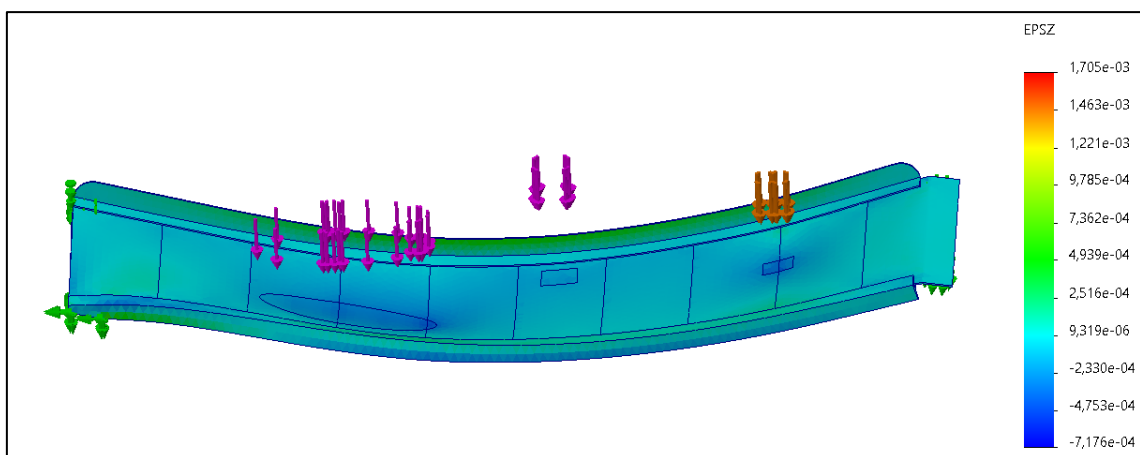


Figura 28: Deformaciones en Z en el segundo análisis.

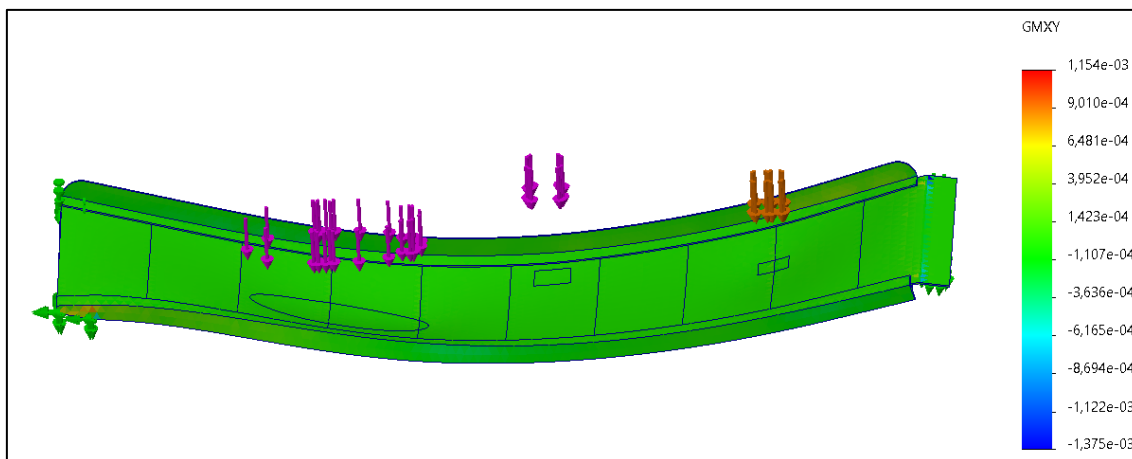


Figura 29: Deformaciones en XY en el segundo análisis.

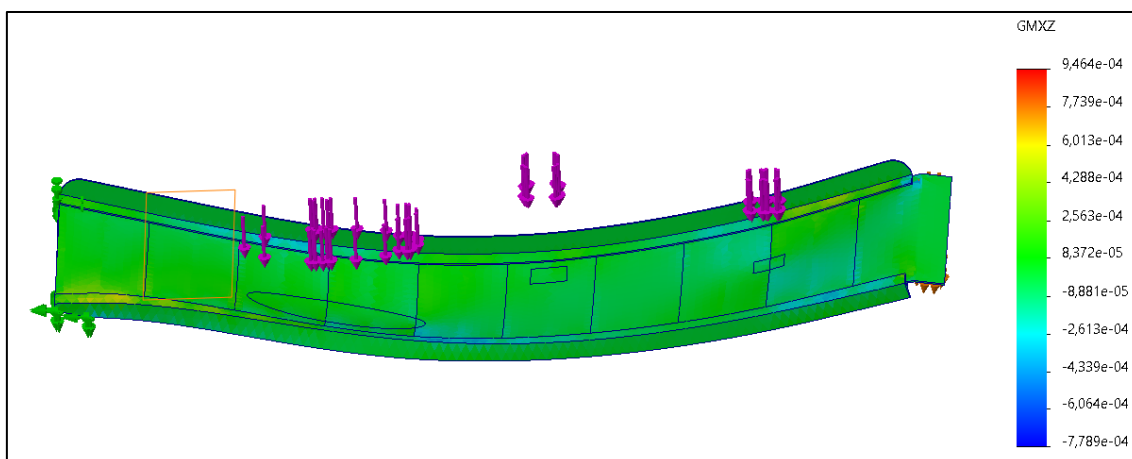


Figura 30: Deformaciones en XZ en el segundo análisis.

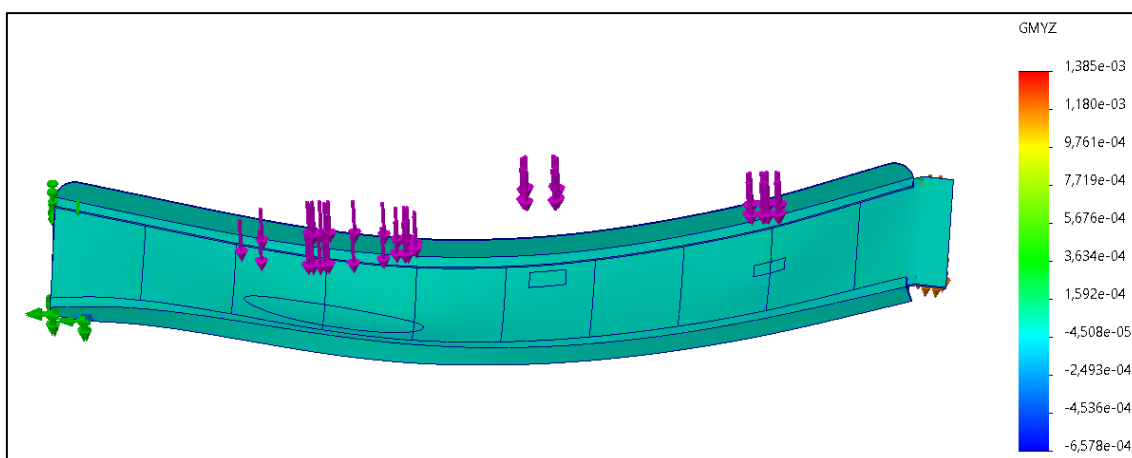


Figura 31: Deformaciones en YZ en el segundo análisis.



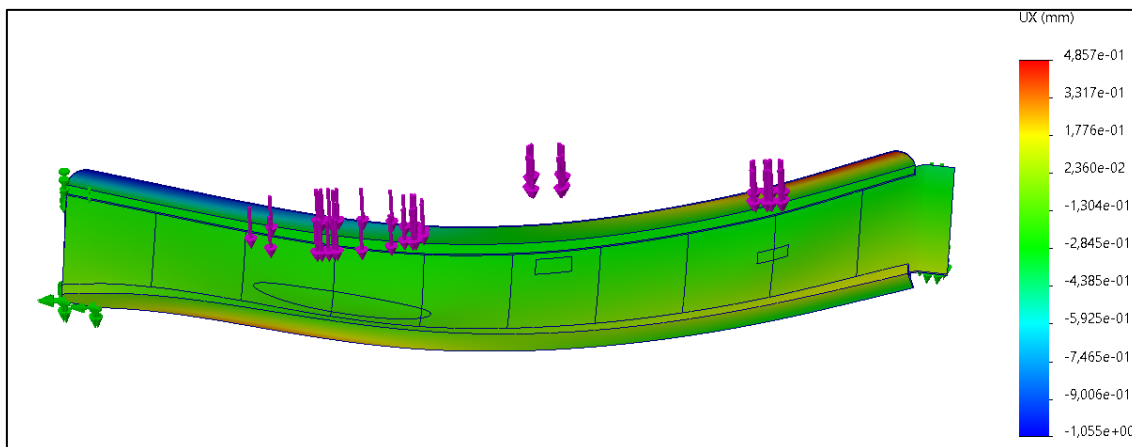


Figura 32: Desplazamientos en X en el segundo análisis.

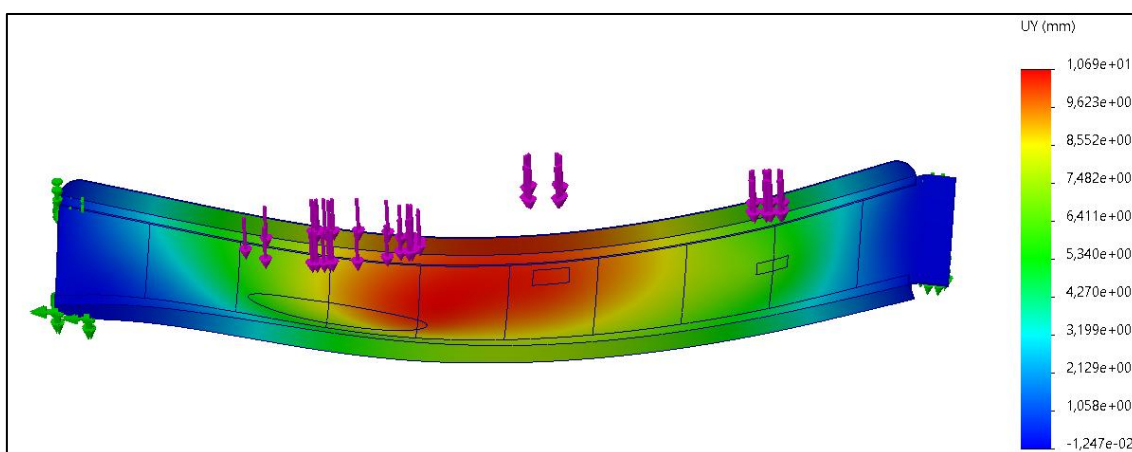


Figura 33: Desplazamientos en Y en el segundo análisis.

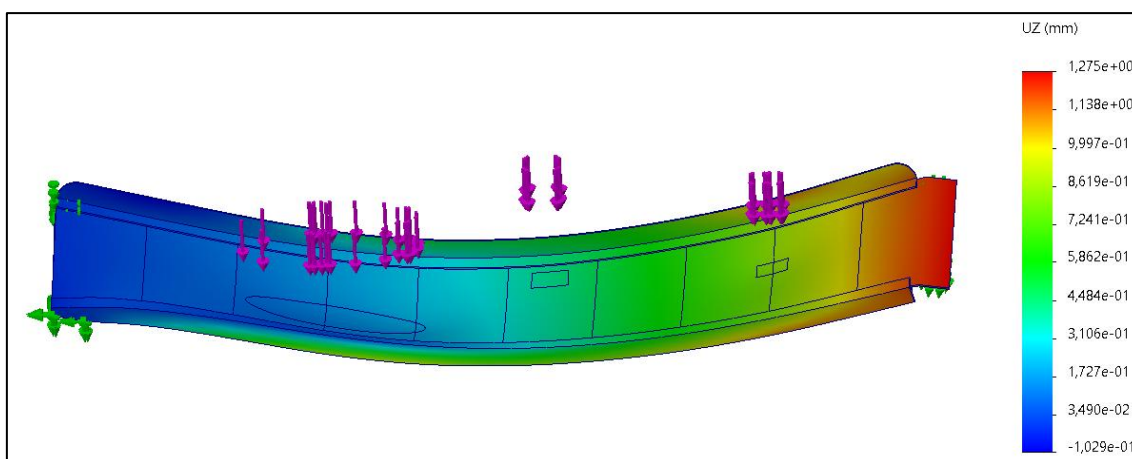


Figura 34: Desplazamientos en Z en el segundo análisis.

- **Tercer análisis (cargas al final).**

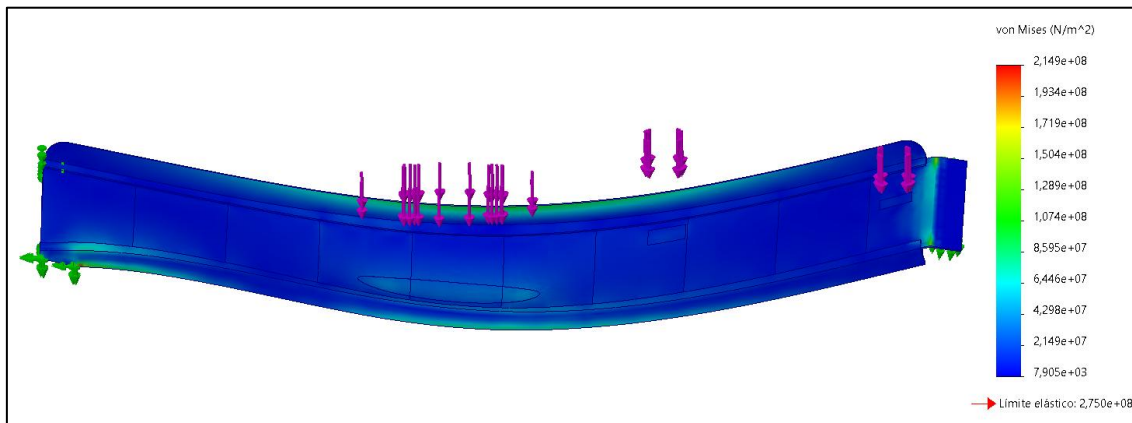


Figura 35: Tensiones de Von Mises en el tercer análisis.

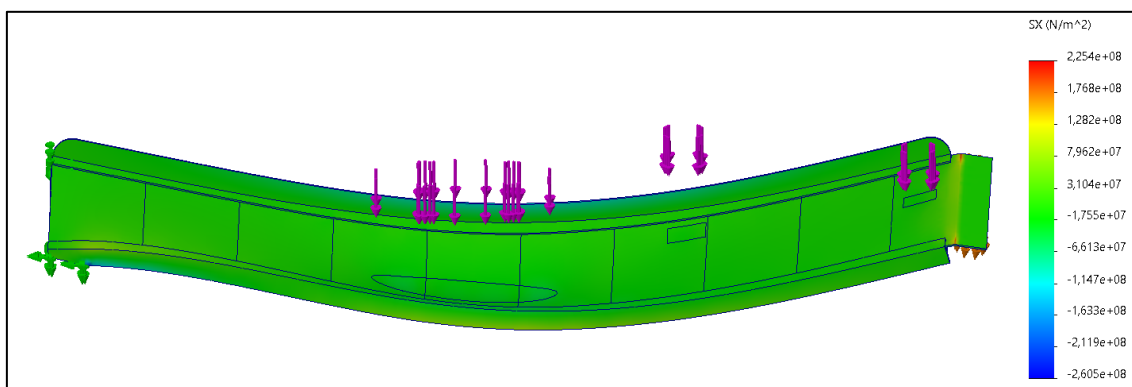


Figura 36: Tensiones en X en el tercer análisis.

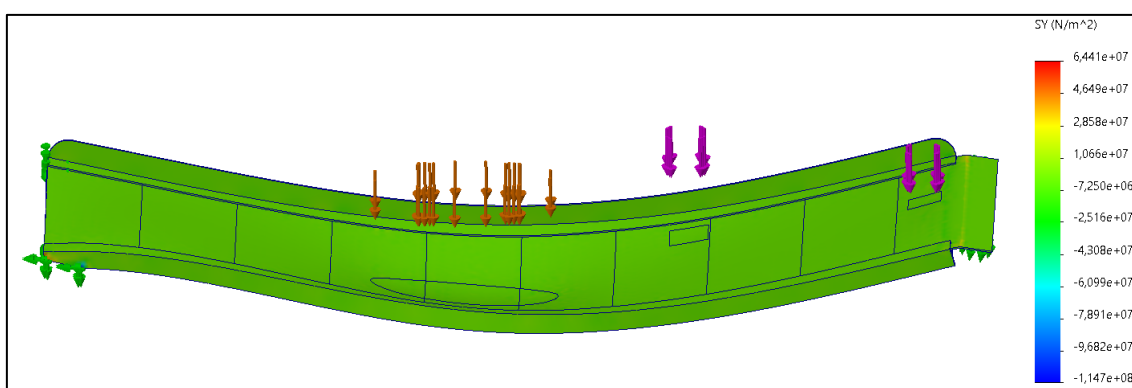


Figura 37: Tensiones en Y en el tercer análisis.

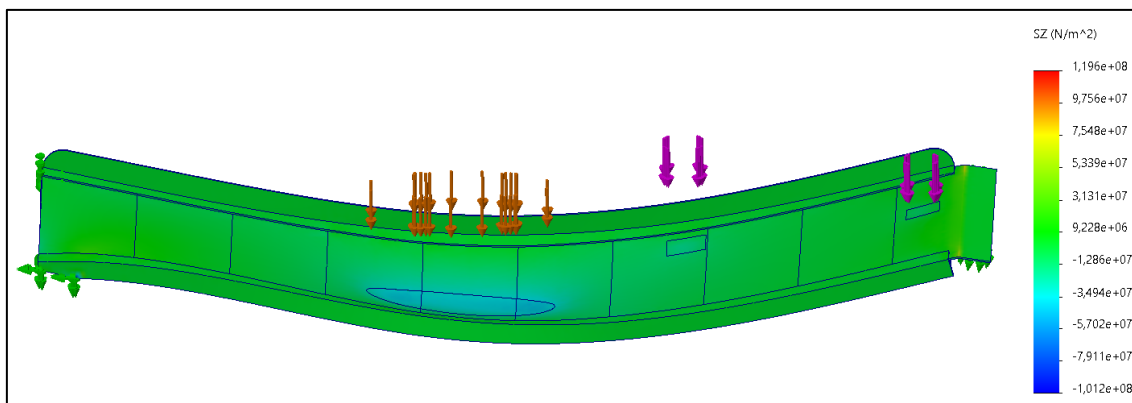


Figura 38: Tensiones en Z en el tercer análisis.

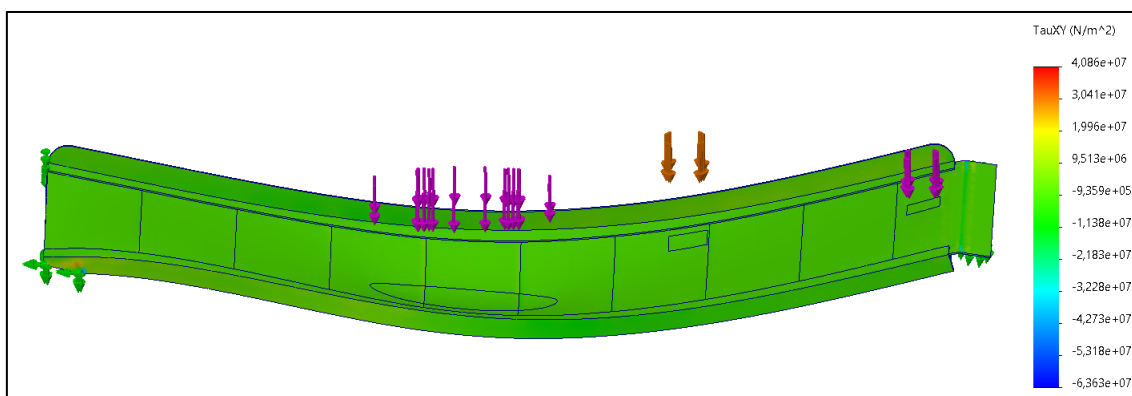


Figura 39: Tensiones en XY en el tercer análisis.

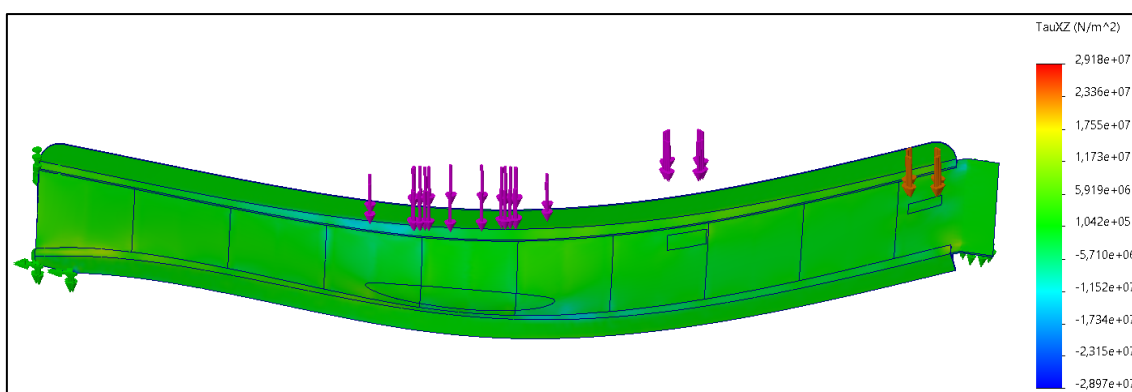


Figura 40: Tensiones en XZ en el tercer análisis.

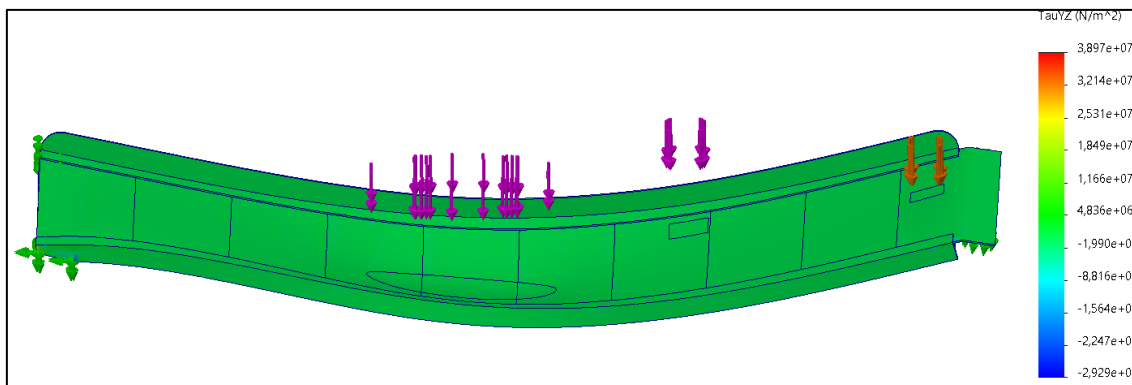


Figura 41: Tensiones en YZ en el tercer análisis.

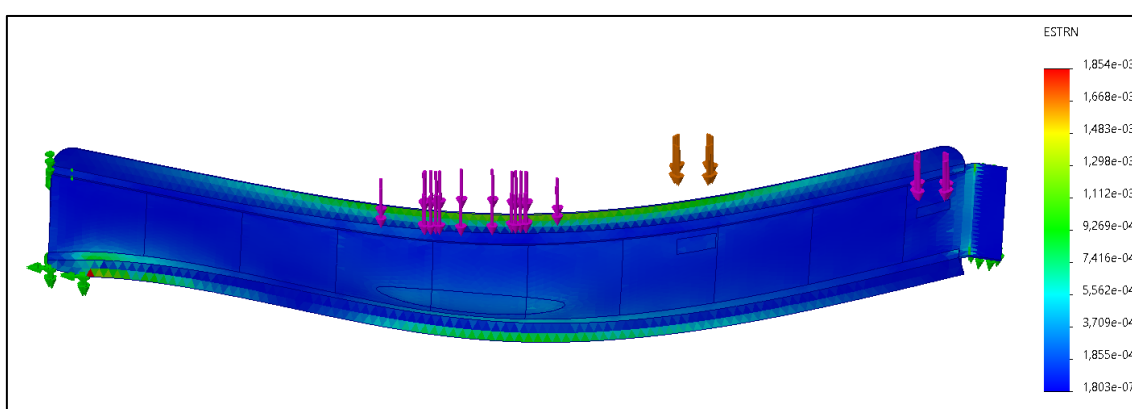


Figura 42: Deformaciones unitarias en el tercer análisis.

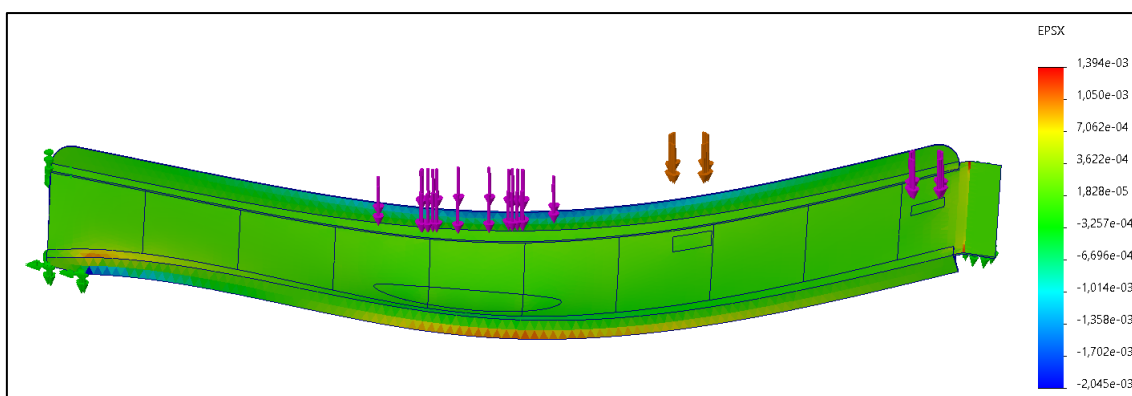


Figura 43: Deformaciones en X en el tercer análisis.

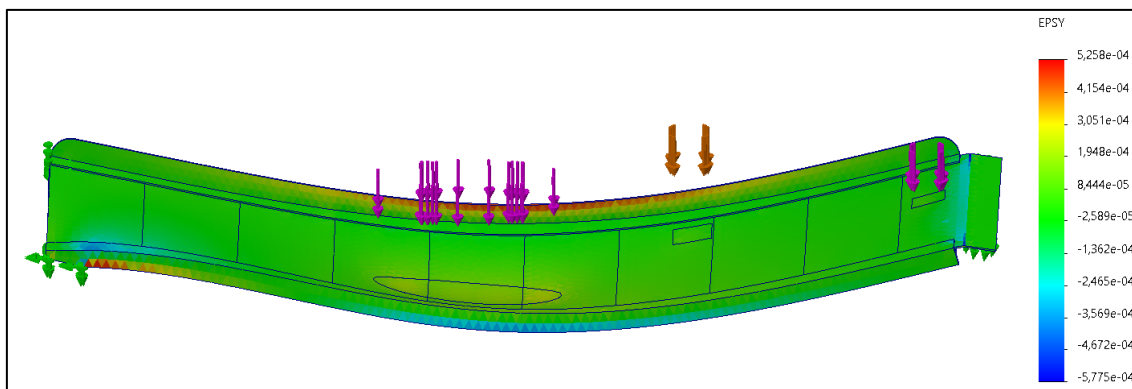


Figura 44: Deformaciones en Y en el tercer análisis.

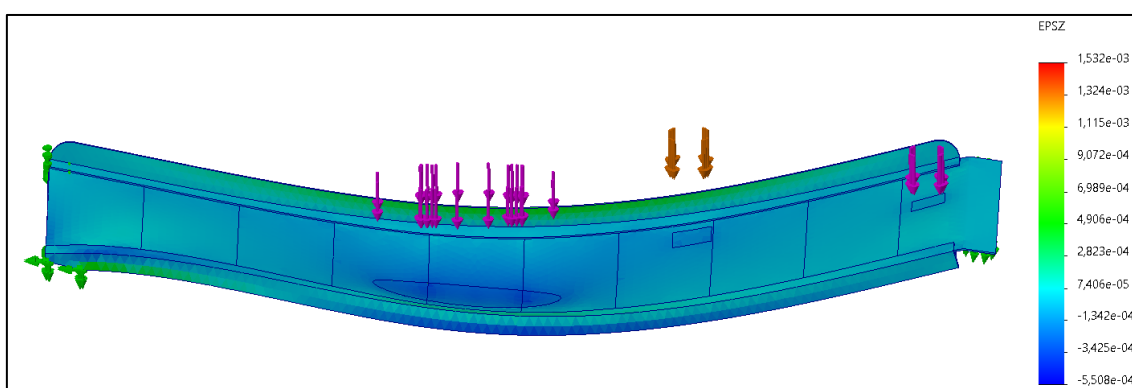


Figura 45: Deformaciones en Z en el tercer análisis.

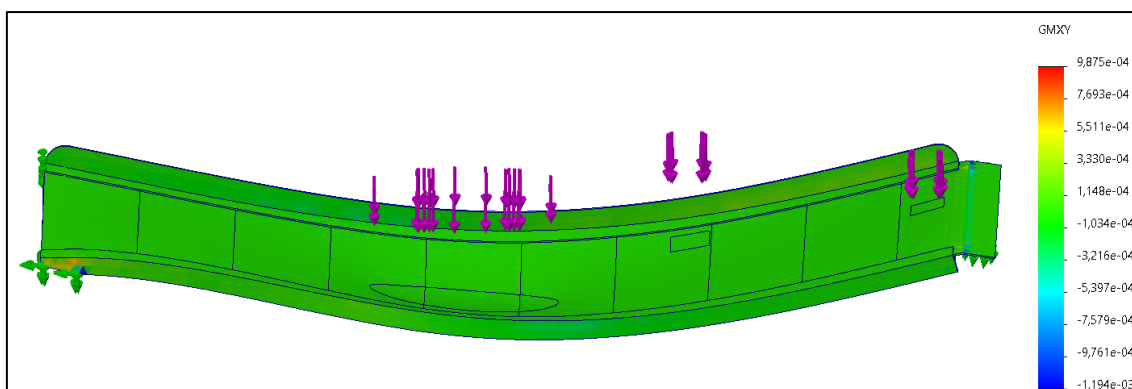


Figura 46: Deformaciones en XY en el tercer análisis.

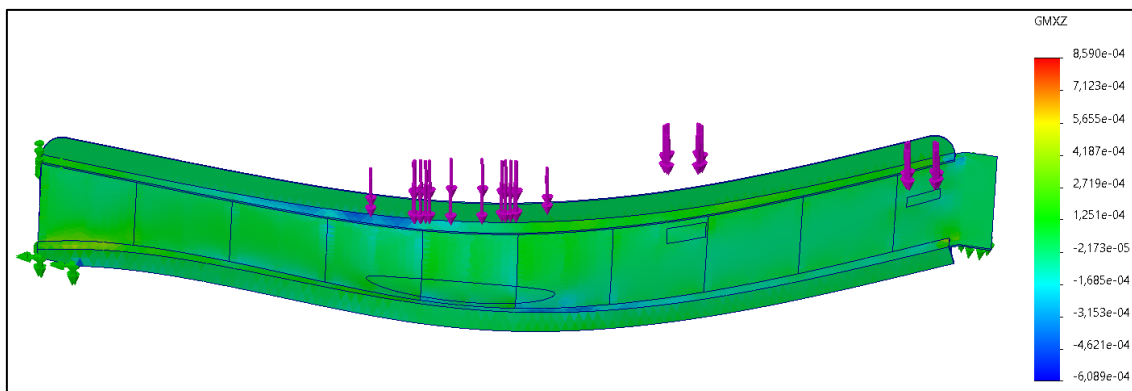


Figura 47: Deformaciones en XZ en el tercer análisis.

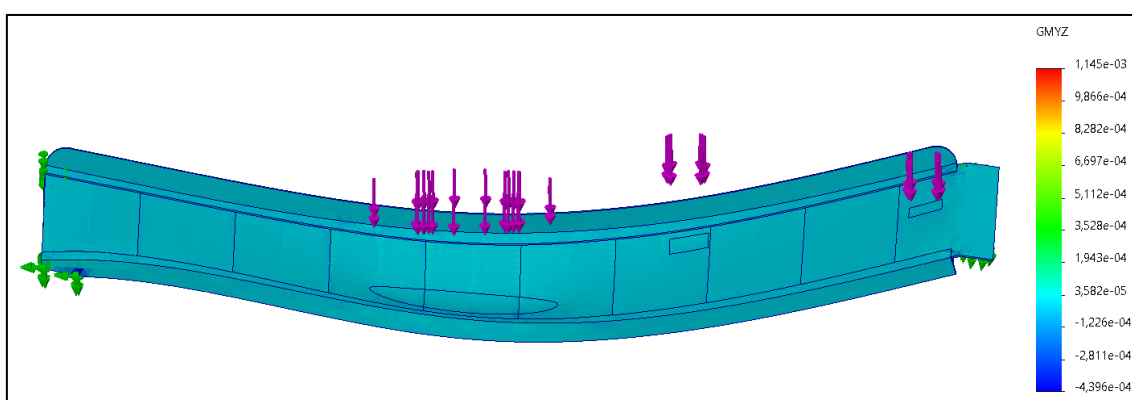


Figura 48: Deformaciones en YZ en el tercer análisis.

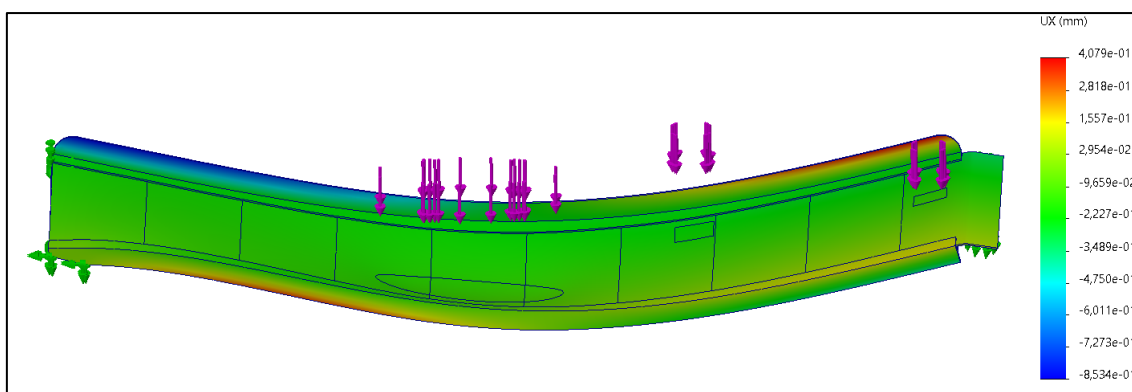
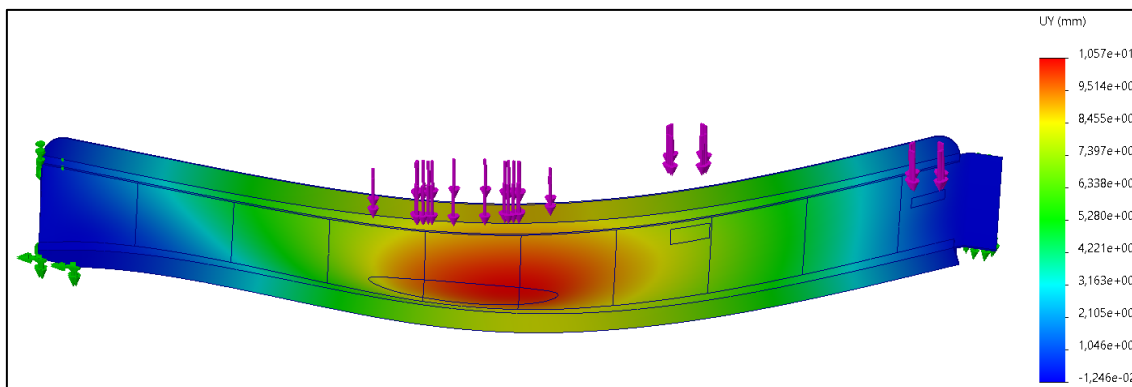
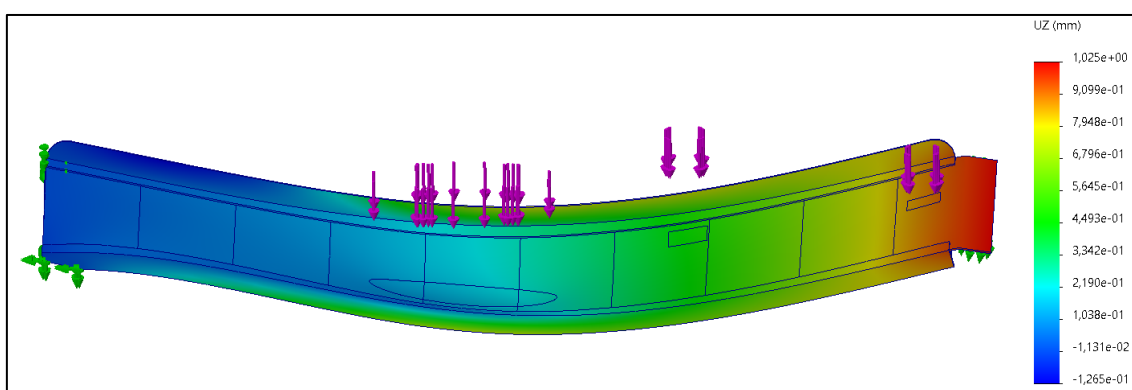


Figura 49: Desplazamientos en X en el tercer análisis.



*Figura 50: Desplazamientos en Y en el tercer análisis.*



*Figura 51: Desplazamientos en Z en el tercer análisis.*

## Anexo IV: TSAI-WU

El criterio Tsai-Wu toma nombre de los apellidos de Stephen W. Tsai y Edward M. Wu, los científicos que lo desarrollaron. Este trata de predecir la falla de un material anisotrópico bajo un estado general de tensión (Ecuación 1). Se expresa como una ecuación cuadrática en términos de las tensiones principales y con los coeficientes  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$  que dependen de las propiedades del material, y  $F_{ij}$  que son coeficientes relacionados con las interacciones entre tensiones (Ecuación 2).

$$F_1\sigma_1 + F_2\sigma_2 + F_3\sigma_3 + F_{11}\sigma_1^2 + F_{22}\sigma_2^2 + F_{33}\sigma_3^2 + 2F_{12}\sigma_1\sigma_2 + 2F_{23}\sigma_2\sigma_3 + 2F_{31}\sigma_3\sigma_1 = 1$$

*Ecuación 1: Fórmula general del criterio de Tsai-Wu.*

$$F_1 = \left( \frac{1}{X_1^T} - \frac{1}{X_1^C} \right), F_2 = \left( \frac{1}{X_2^T} - \frac{1}{X_2^C} \right), F_{12} = -\frac{1}{2} \sqrt{\frac{1}{X_1^T * X_1^C} * \frac{1}{X_2^T * X_2^C}}, F_{11} = \frac{1}{X_1^T X_1^C}$$

*Ecuación 2: Fórmulas de los coeficientes de la fórmula general.*

Siendo  $X_1^T$  el límite de tensión del material del laminado a lo largo de la dirección de la fibra,  $X_1^C$  el límite de compresión a lo largo de la dirección de la fibra,  $X_2^T$  el límite de tensión en dirección transversal a la fibra,  $X_2^C$  el límite de compresión en dirección a la fibra y lo mismo para  $X_3^T$  y  $X_3^C$  pero en la dirección perpendicular a la fibra.

Es frecuente que este método se reduzca a un estado de esfuerzo plano, especialmente en análisis laminados compuestos. Esto se debe a que la mayoría de las estructuras hechas con materiales compuestos, como alas de aviones, cascos de barcos y piezas automotrices, están diseñadas en forma de láminas delgadas (Figura 1).



*Figura 1: Uso de materiales compuestos laminados en la industria naval.*

Para estos casos se emplea una fórmula reducida en la que  $F_{66}$  está asociado con la resistencia a la tensión cortante en el plano del material (Ecuación 3).



$$F_1\sigma_1 + F_2\sigma_2 + 2F_{12}\sigma_1\sigma_2 + F_{11}\sigma_1^2 + F_{22}\sigma_2^2 + F_6\tau_{12} + F_{66}\tau_{12}^2 = 1$$

*Ecuación 3: Fórmula del criterio Tsai-Wu para 2D.*

## Anexo V: Resultados de los análisis de la rampa de composite

### - Análisis de láminas de 2mm y core de 15mm

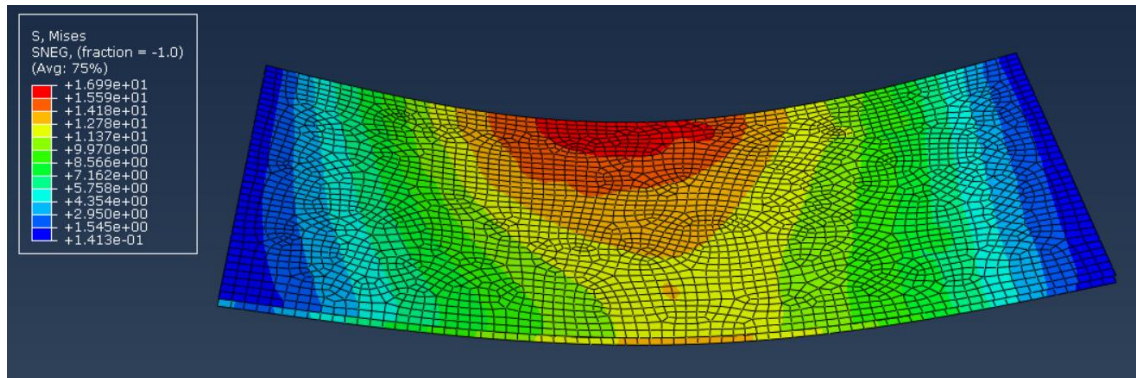


Figura 1: Tensiones de Von Mises en láminas de 2 mm.

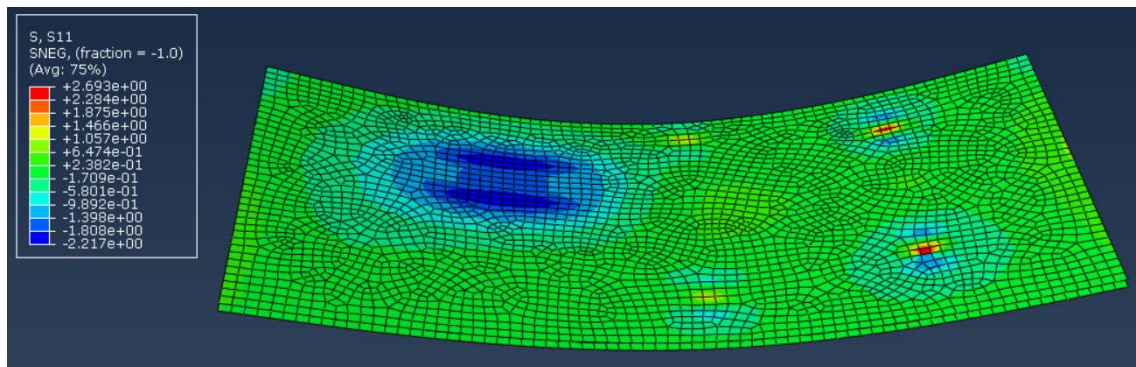


Figura 2: Tensiones en X en láminas de 2 mm.

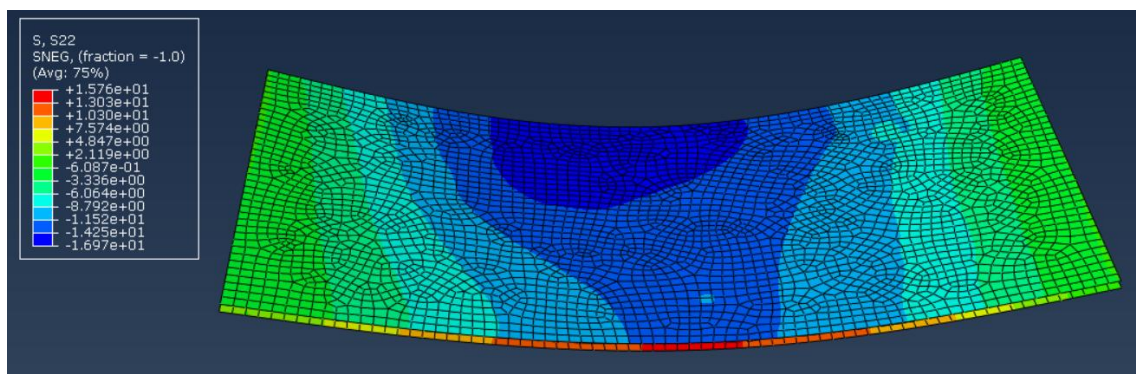


Figura 3: Tensiones en Y en láminas de 2 mm.

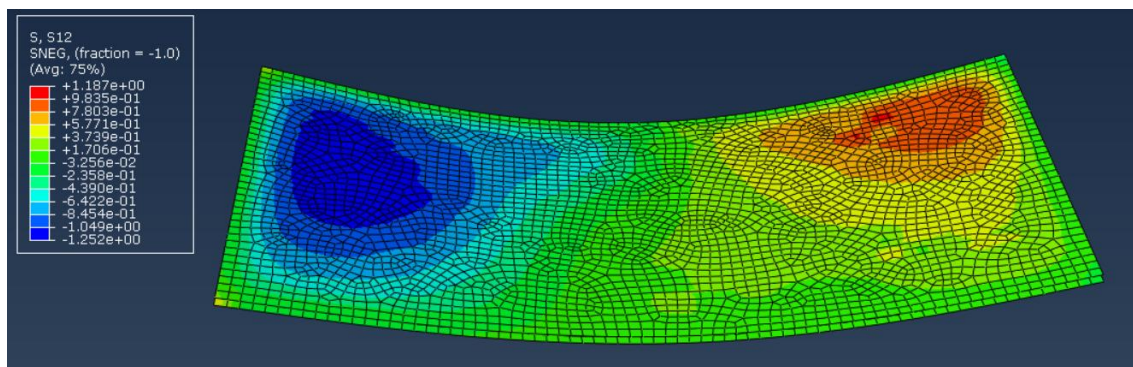


Figura 4: Tensiones en XY en láminas de 2 mm.

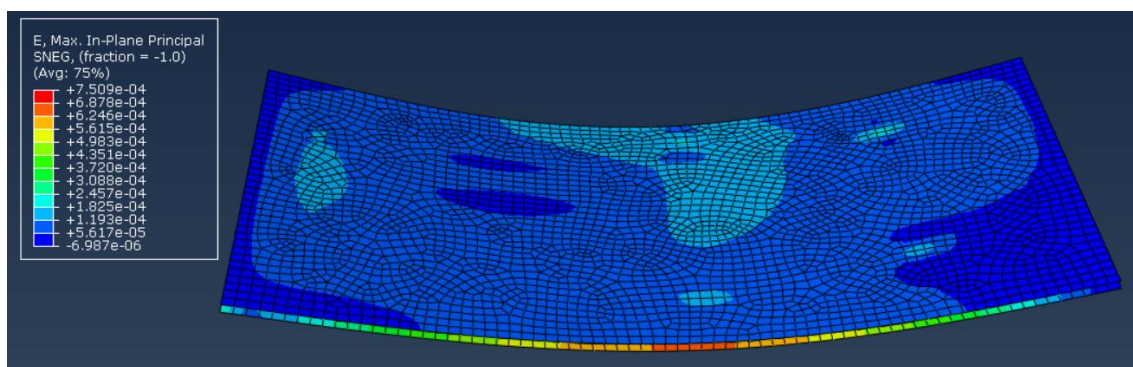


Figura 5: Deformaciones máximas en láminas de 2 mm.

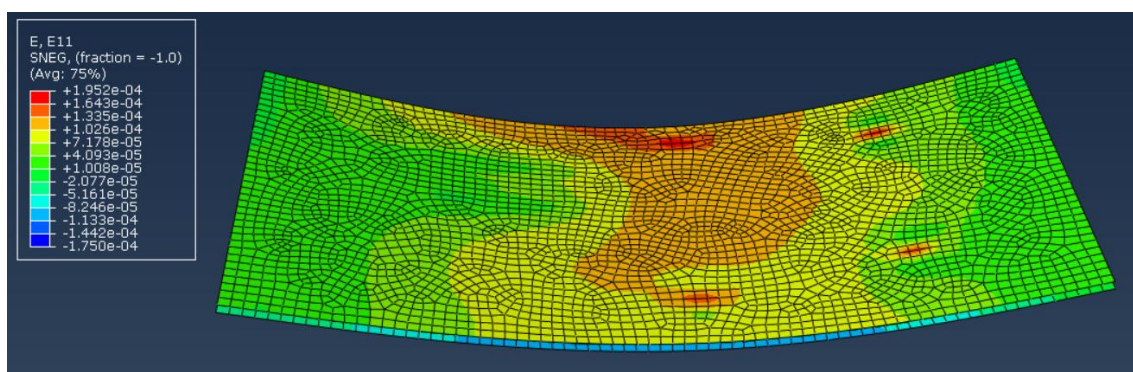


Figura 6: Deformaciones en X en láminas de 2 mm.



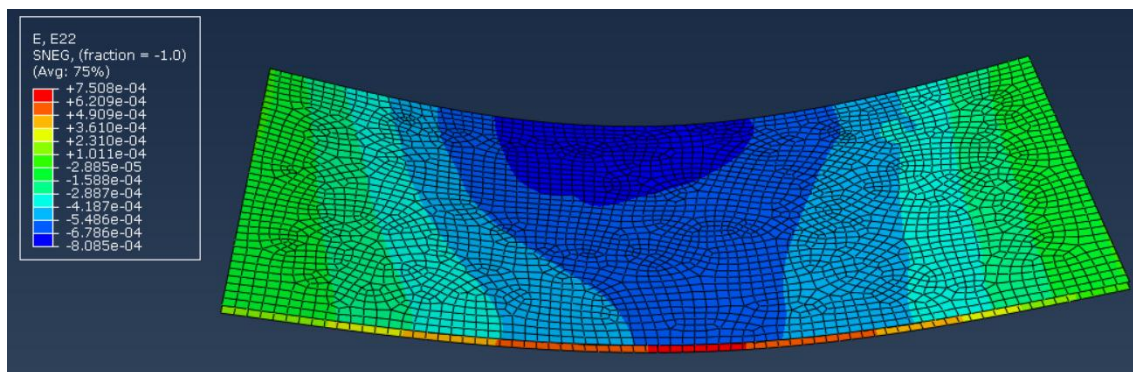


Figura 7: Deformaciones en Y en láminas de 2 mm.

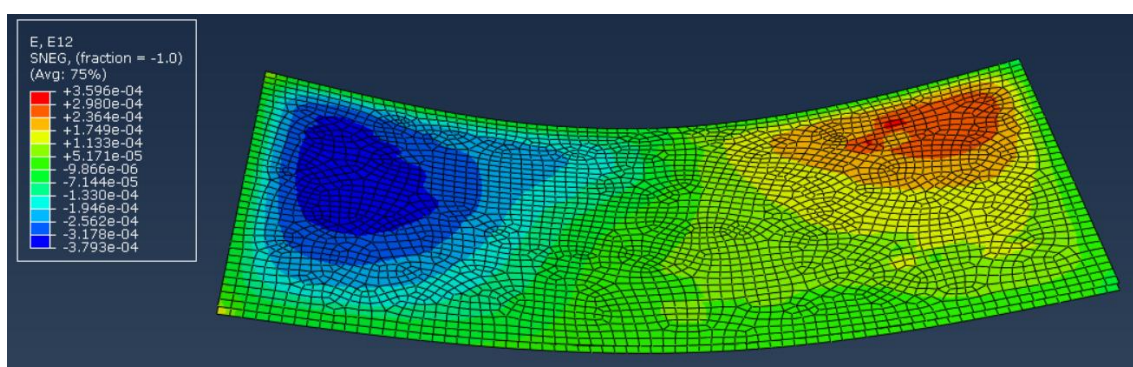


Figura 8: Deformaciones en XY en láminas de 2 mm.

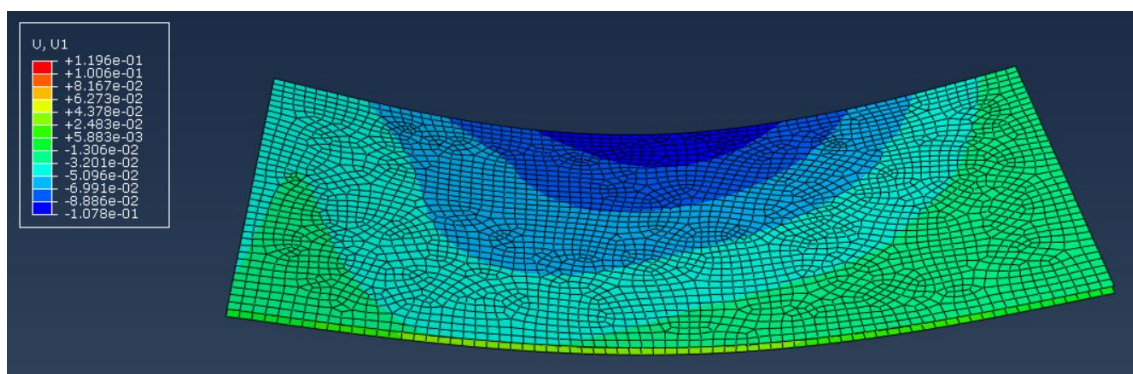


Figura 9: Desplazamientos en X en láminas de 2 mm.

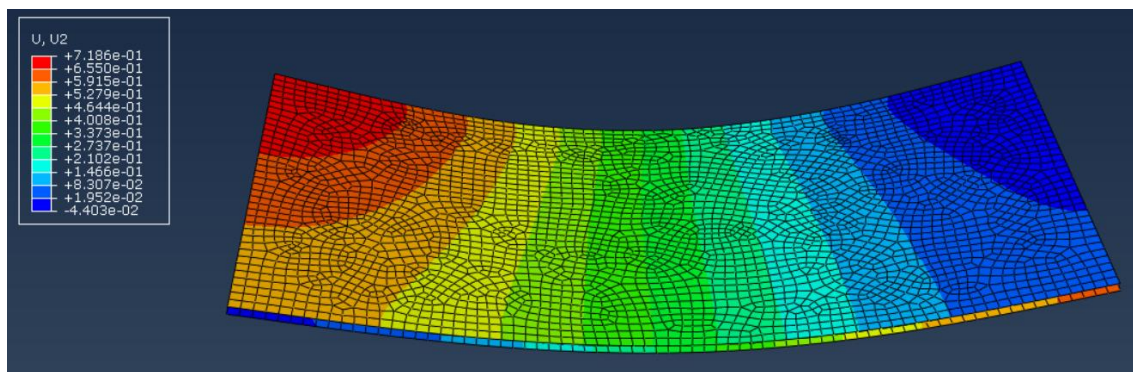


Figura 10: Desplazamientos en Y en láminas de 2 mm.

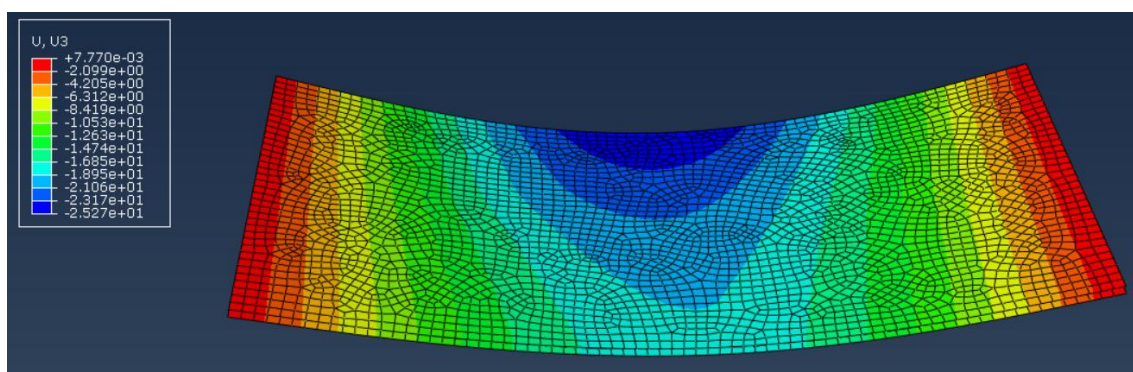


Figura 11: Deformaciones en Z en láminas de 2 mm.

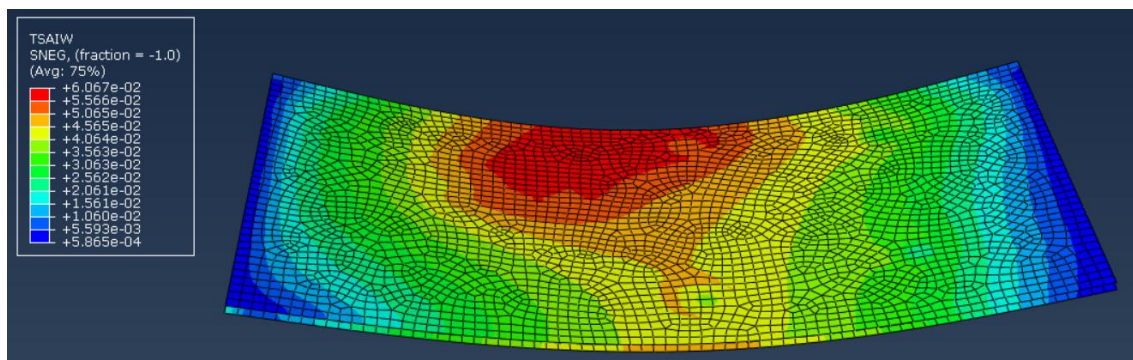


Figura 12: TSI-WU en láminas de 2 mm.



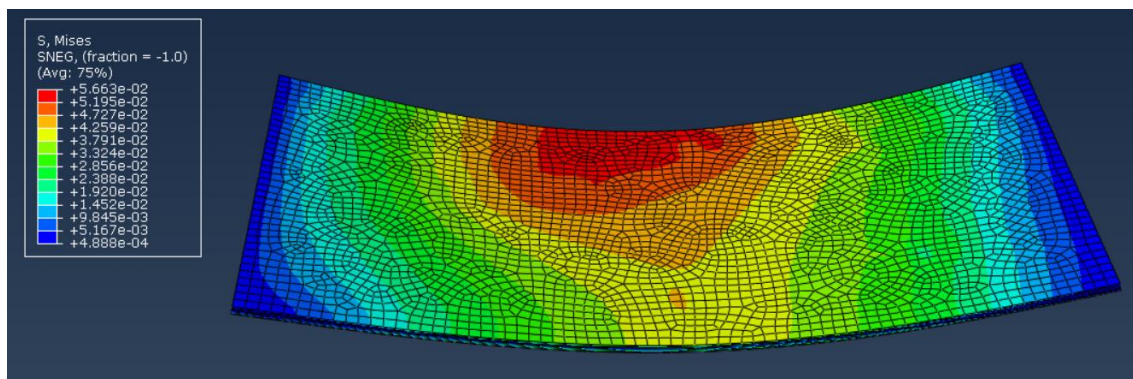


Figura 13: Tensiones de Von Mises en core.

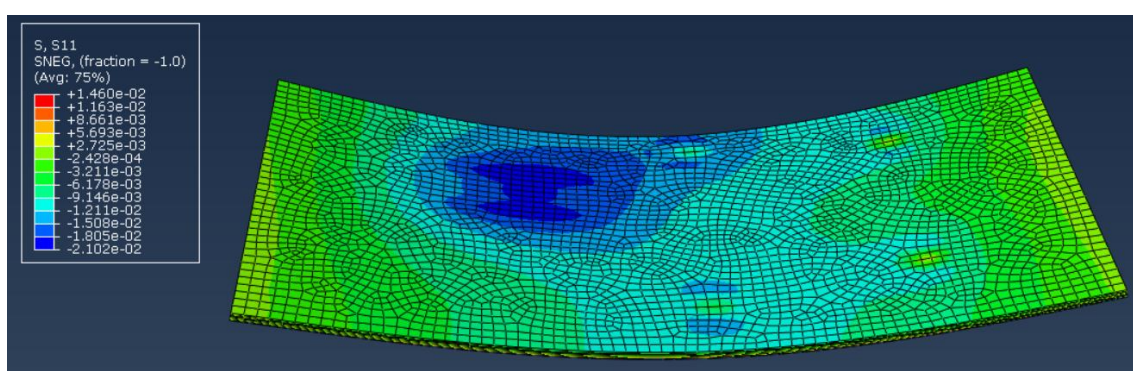


Figura 14: Tensiones en X en el core.

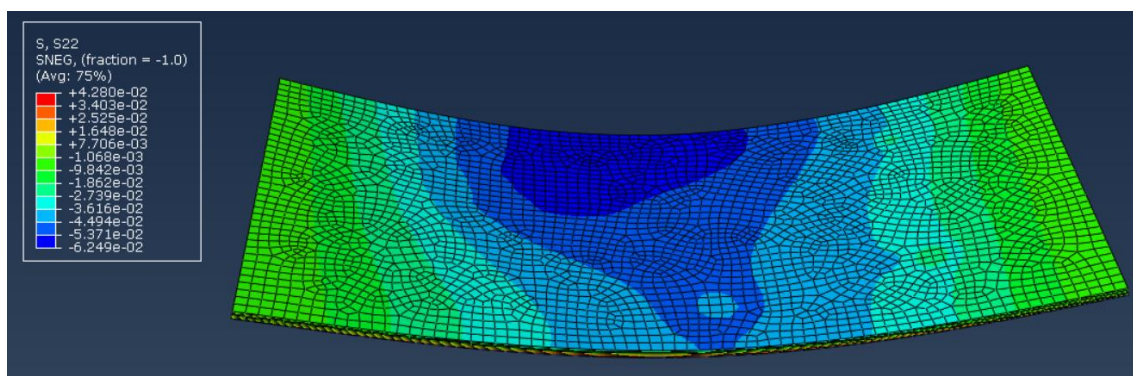
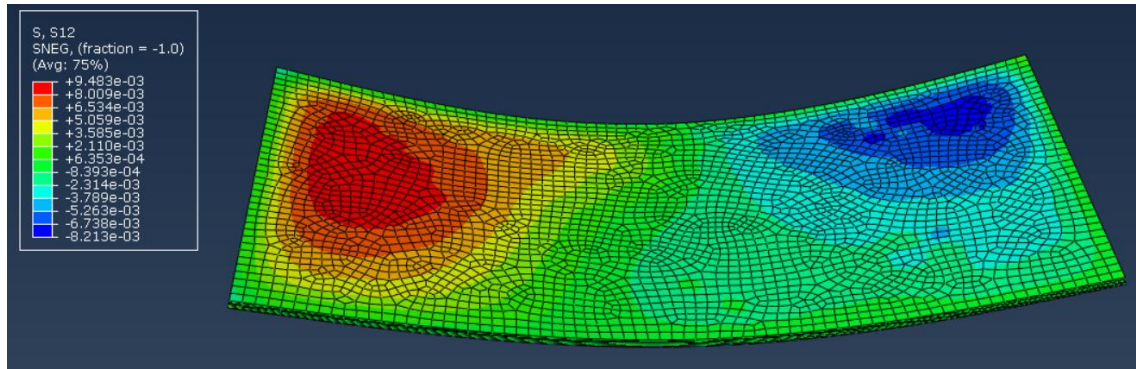
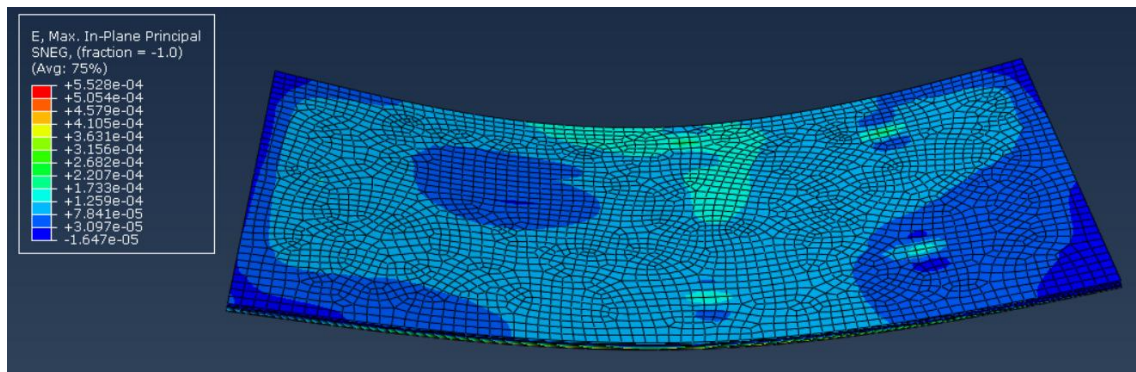


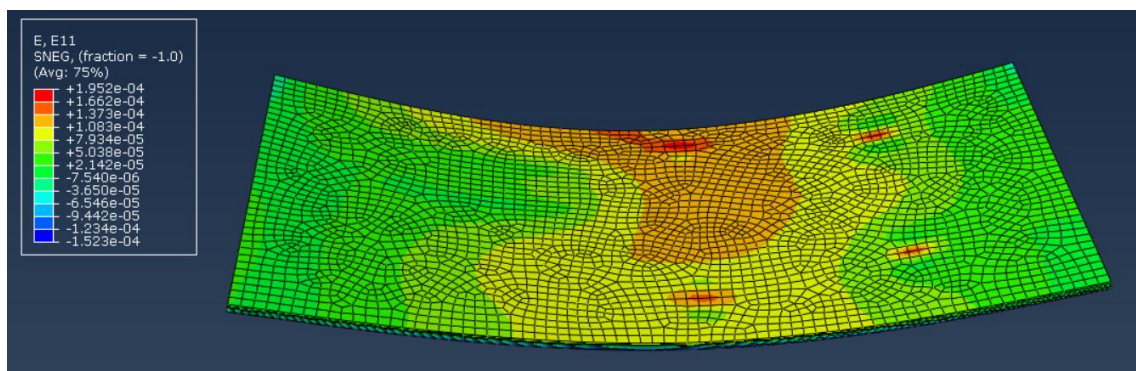
Figura 15: Tensiones en Y en el core.



*Figura 16: Tensiones en XY en el core.*



*Figura 17: Deformaciones máximas en el core.*



*Figura 18: Deformaciones en X en el core.*



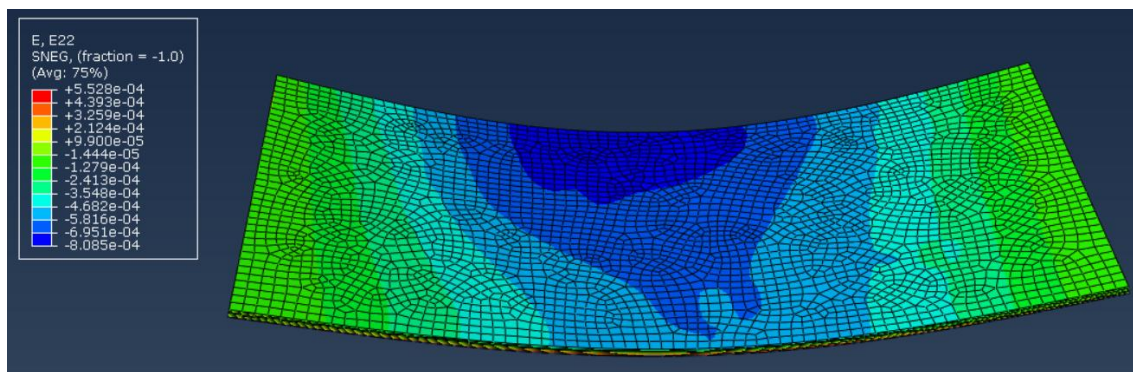


Figura 19: Deformaciones en Y en el core.

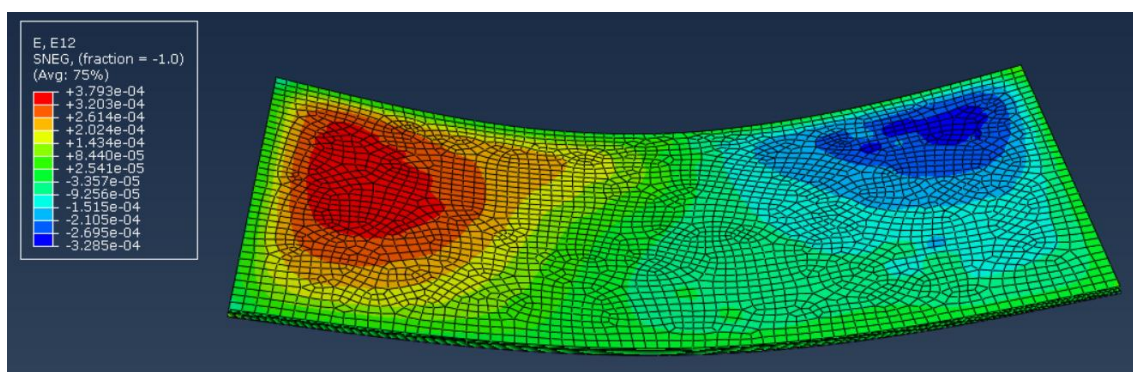


Figura 20: Deformaciones en XY en el core.

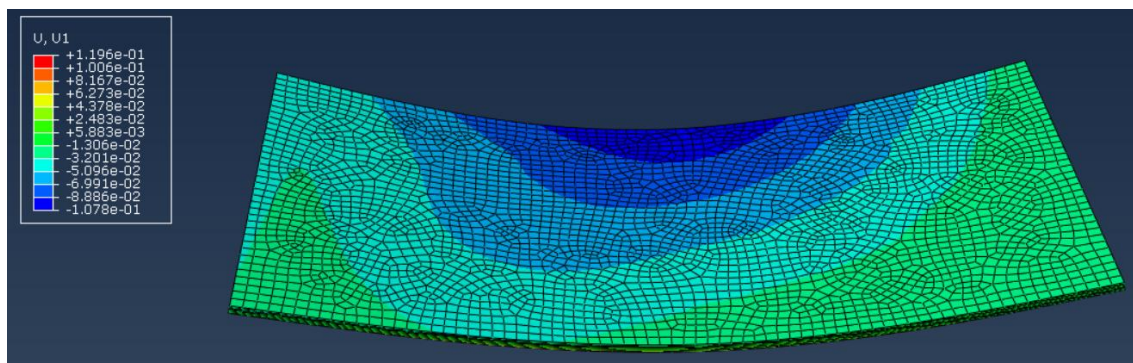


Figura 21: Desplazamientos en X en el core.



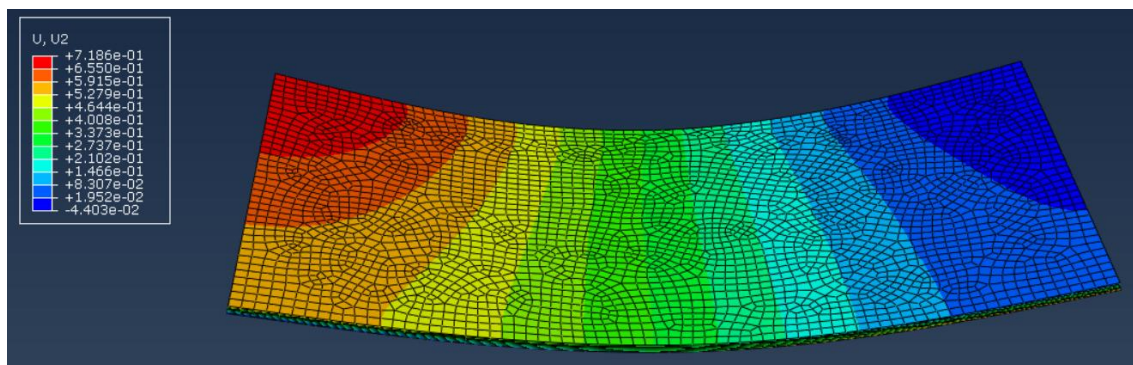


Figura 22: Desplazamientos en Y en el core.

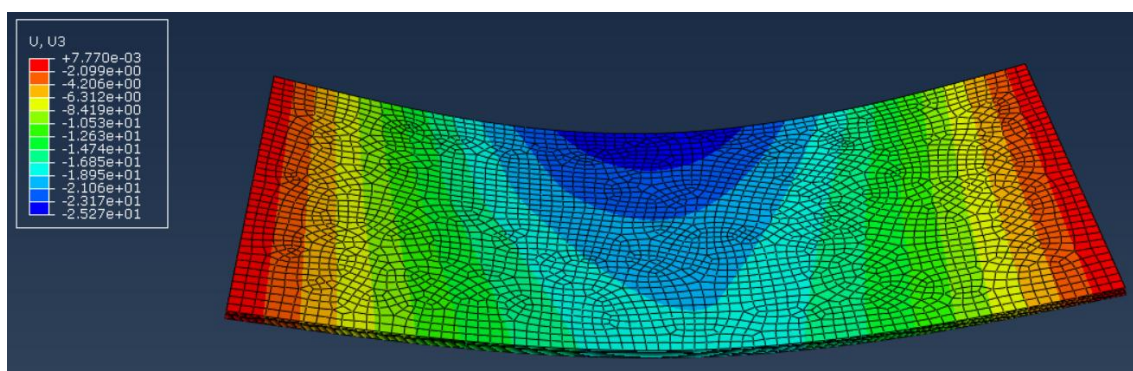


Figura 23: Desplazamientos en Z en el core.

### - Análisis de láminas de 1,5mm y core de 15mm

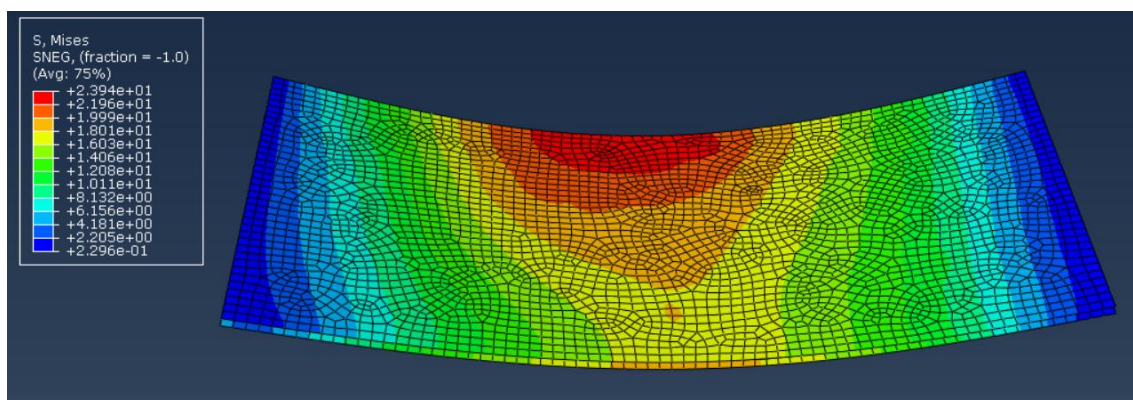


Figura 24: Tensiones de Von Mises en láminas de 1,5 mm.

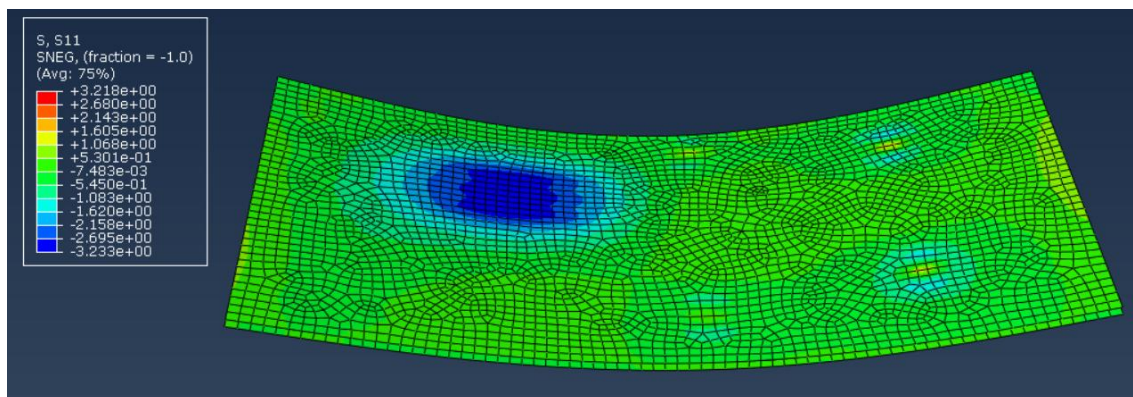


Figura 25: Tensiones en X en láminas de 1,5 mm.

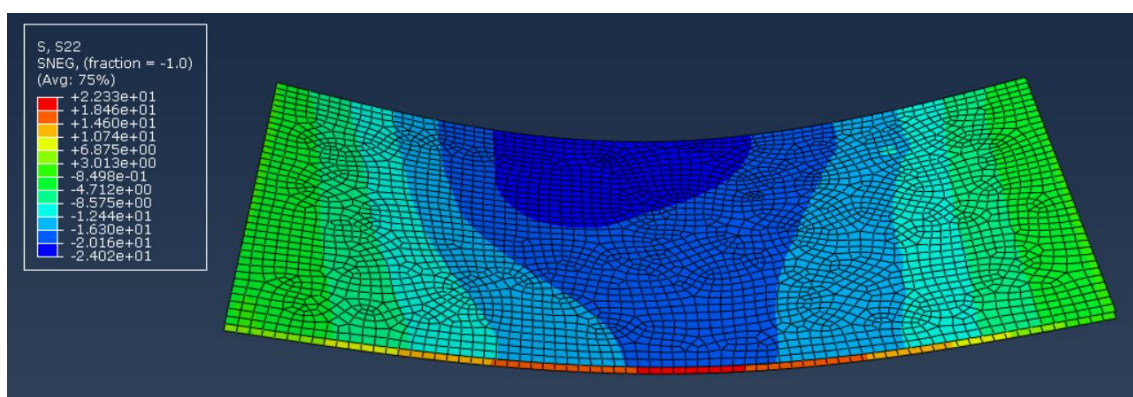


Figura 26: Tensiones en Y en láminas de 1,5 mm.

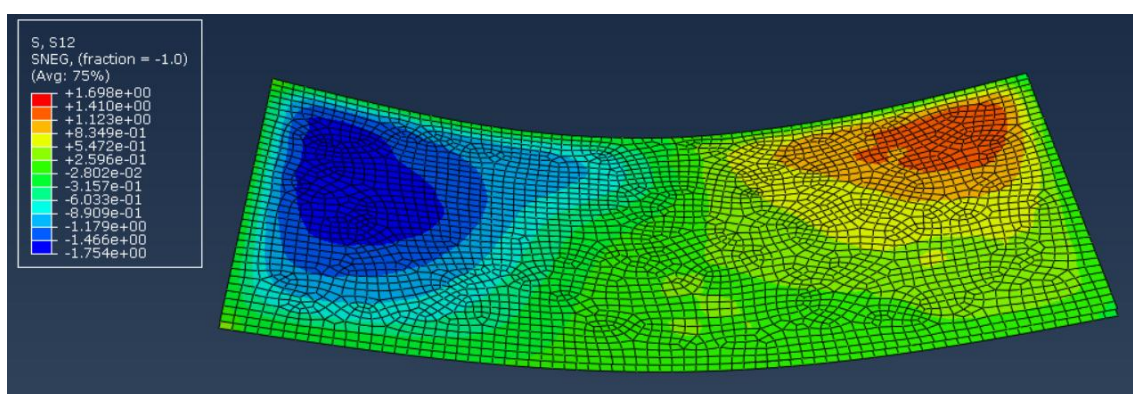


Figura 27: Tensiones en XY en láminas de 1,5 mm.



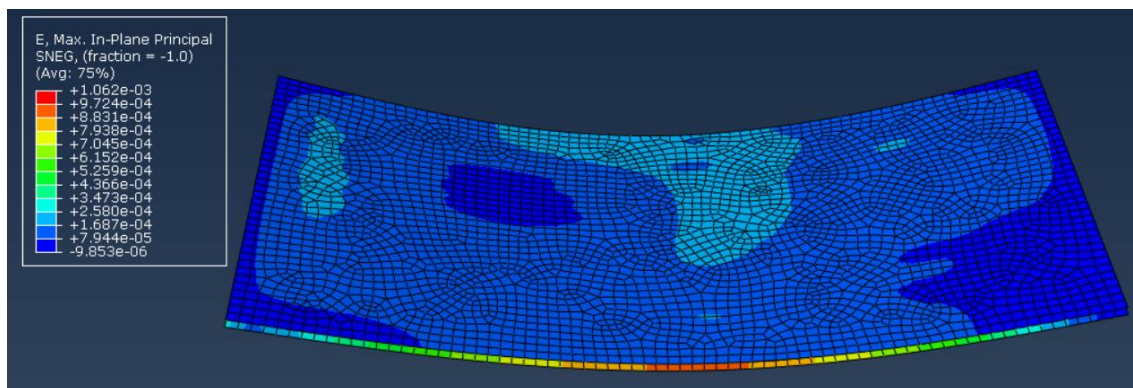


Figura 28: Deformaciones máximas en láminas de 1,5 mm.

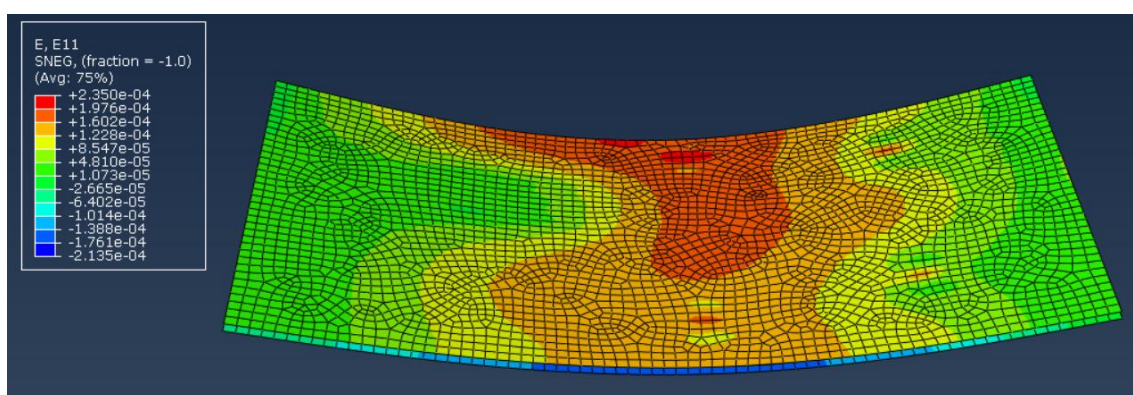


Figura 29: Deformaciones en X en láminas de 1,5 mm.

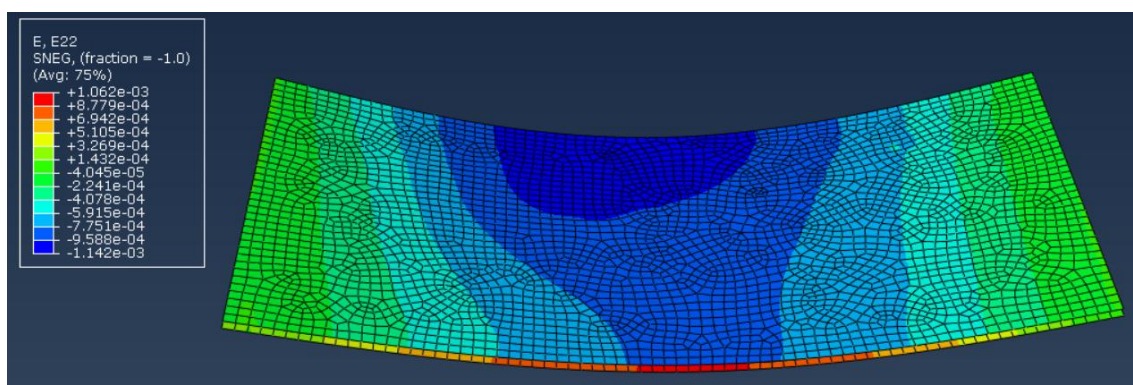


Figura 30: Deformaciones en Y en láminas de 1,5 mm.

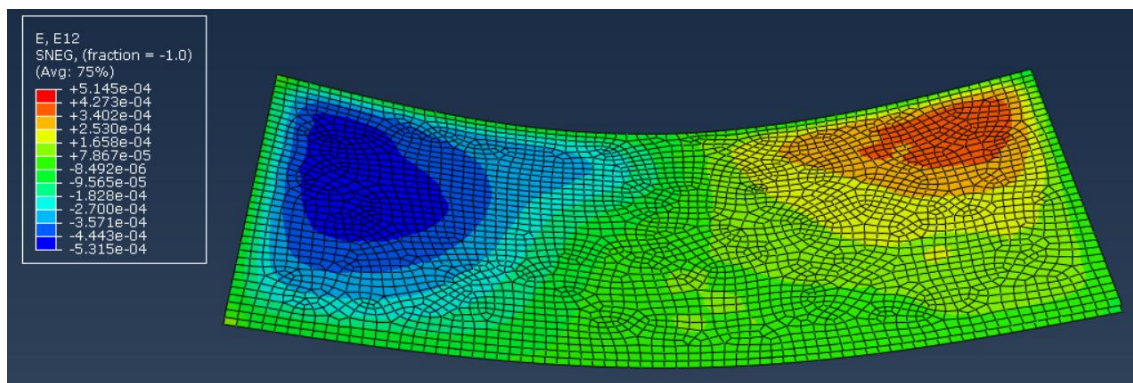


Figura 31: Deformaciones en XY en láminas de 1,5 mm.

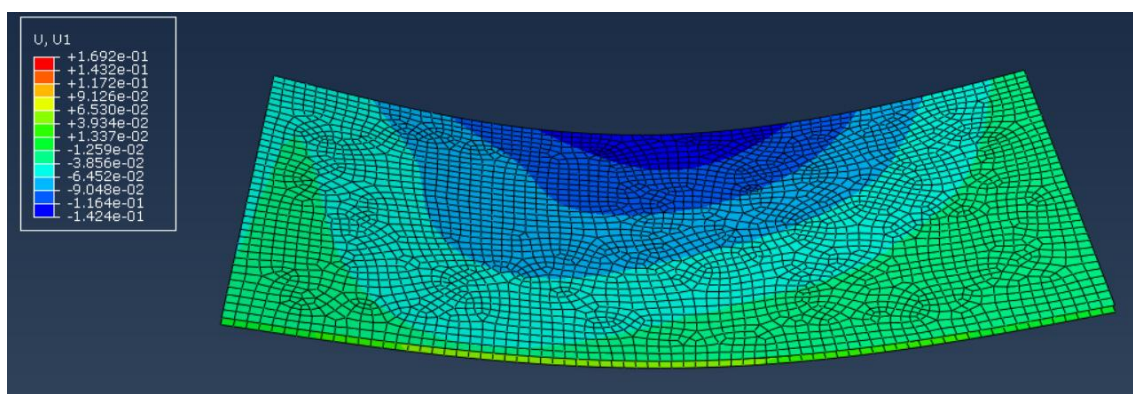


Figura 32: Desplazamientos en X en láminas de 1,5 mm.

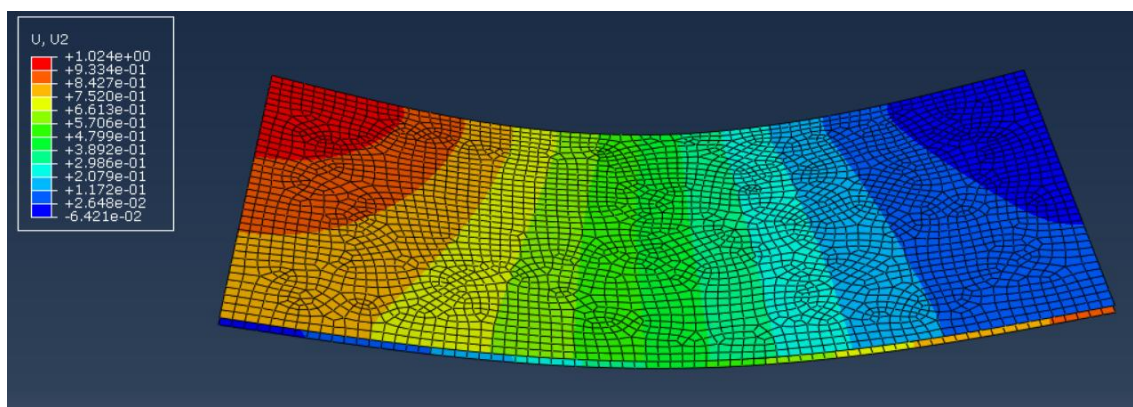


Figura 33: Desplazamientos en Y en láminas de 1,5 mm.



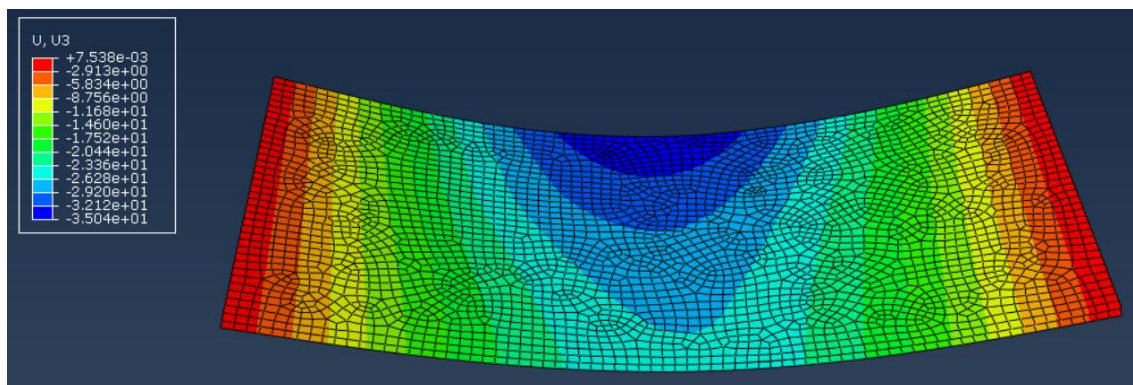


Figura 34: Desplazamientos en Z en láminas de 1,5 mm.

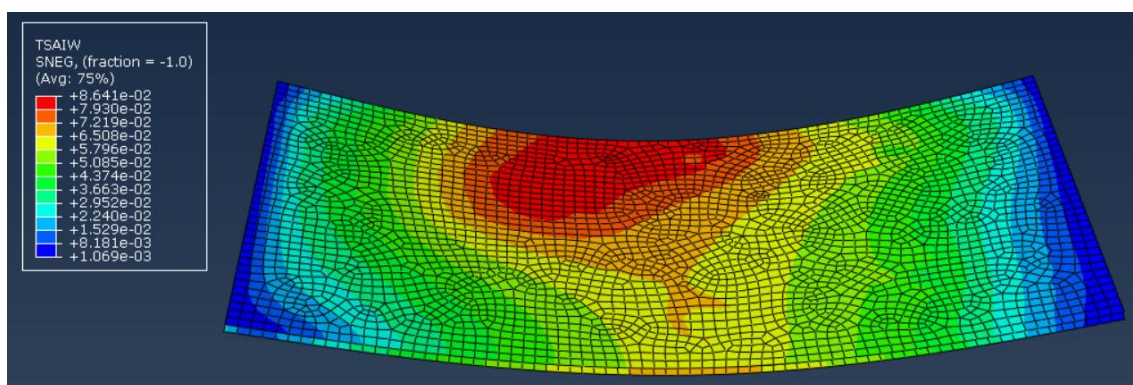


Figura 35: TSIW-WU en láminas de 1,5 mm.

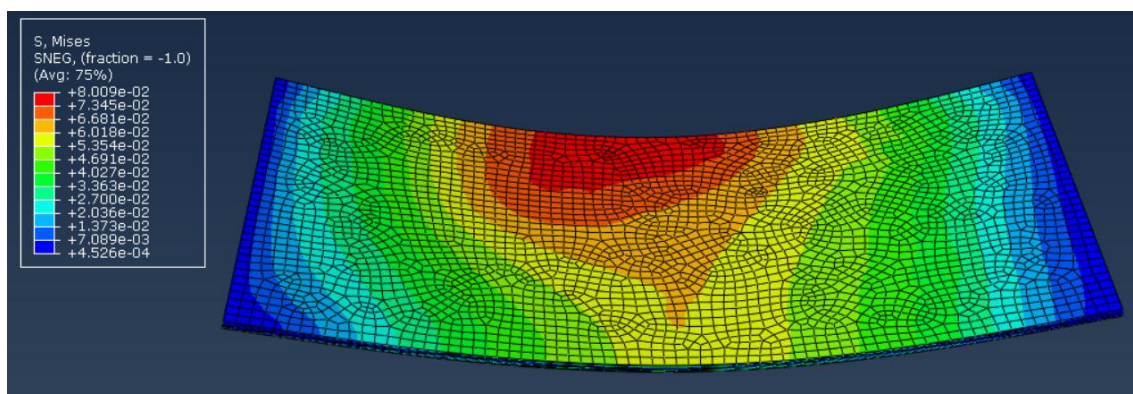


Figura 36: Tensiones de Von Mises en core.

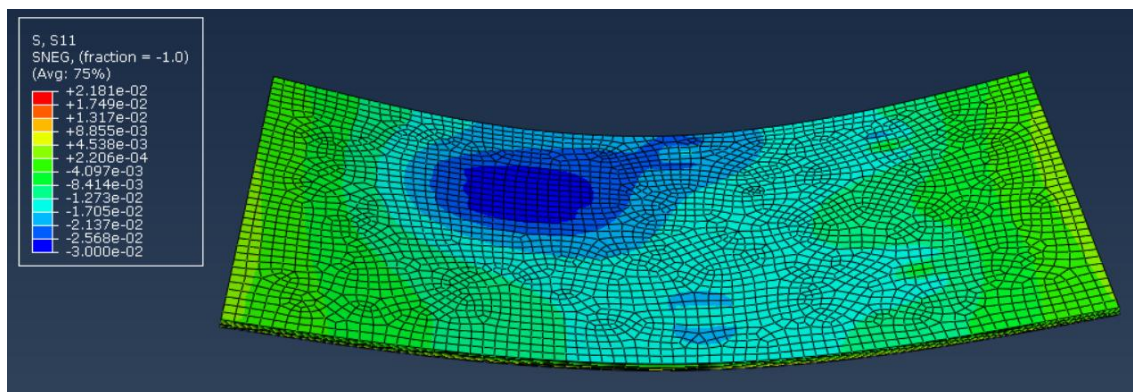


Figura 37: Tensiones en X en el core.

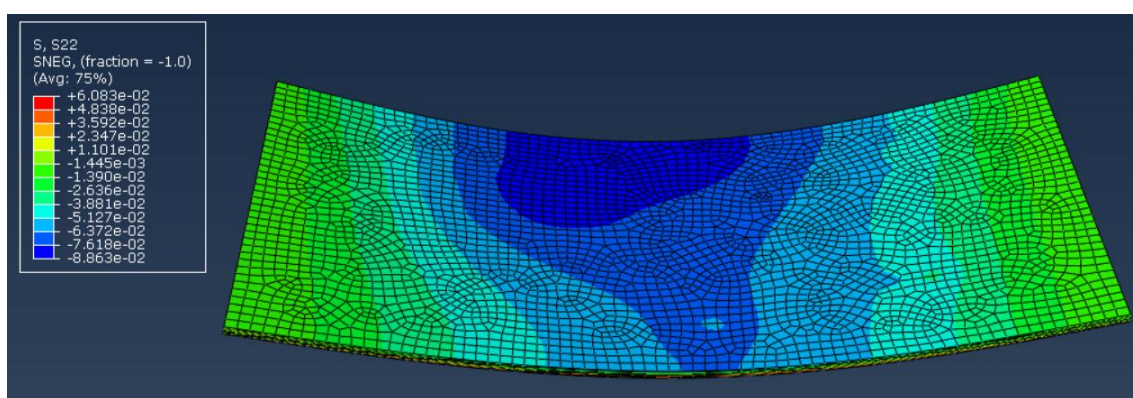


Figura 38: Tensiones en Y en el core.

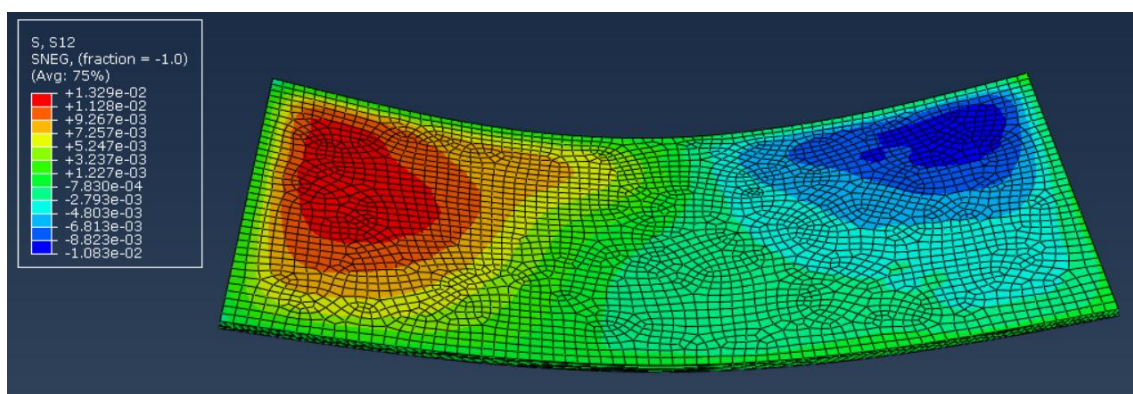


Figura 39: Tensiones en XY en el core.



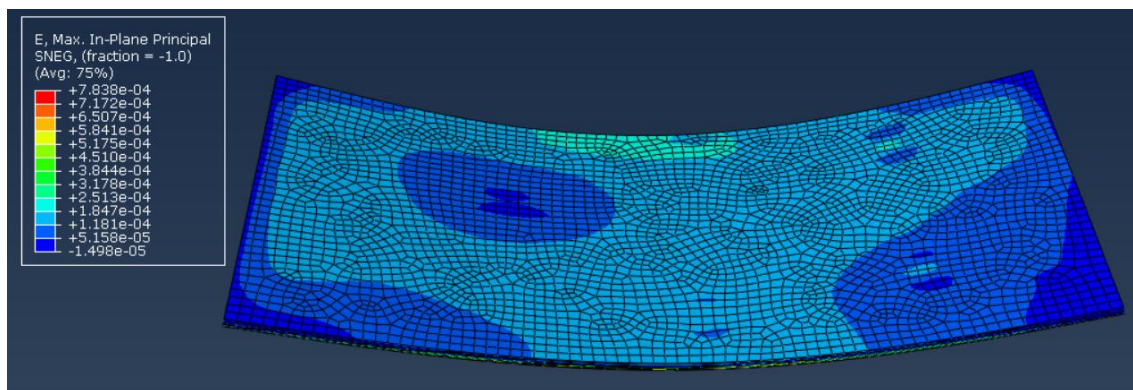


Figura 40: Deformaciones máximas en el core.

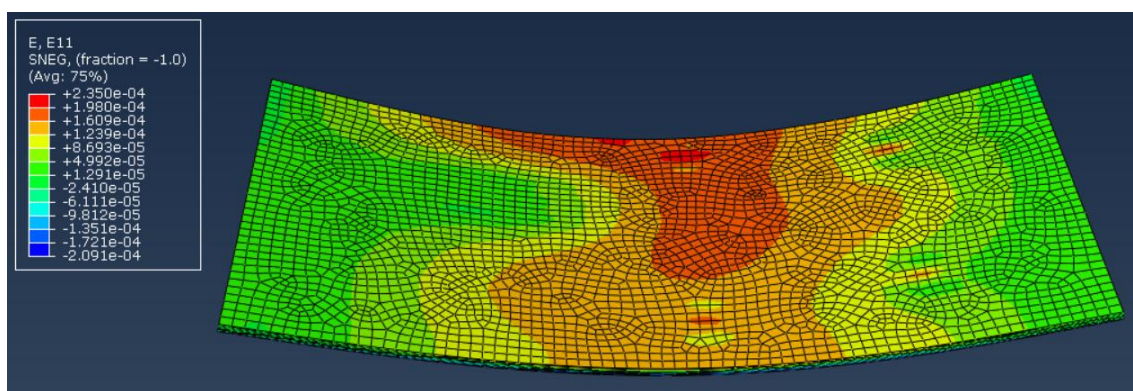


Figura 41: Deformaciones en X en el core.

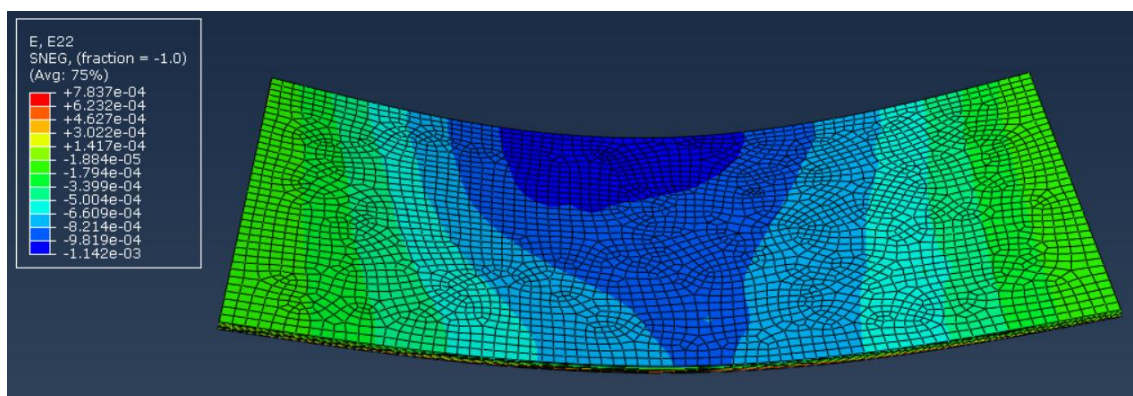


Figura 42: Deformaciones en Y en el core.

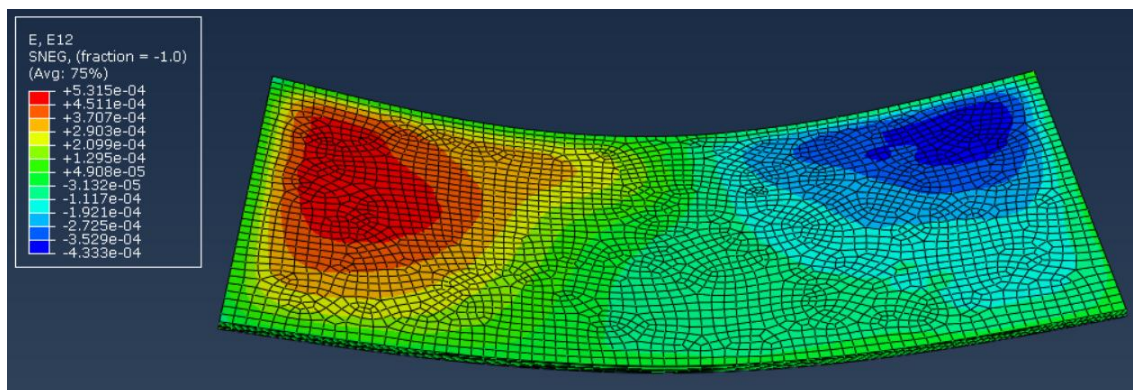


Figura 43: Deformaciones en XY en el core.

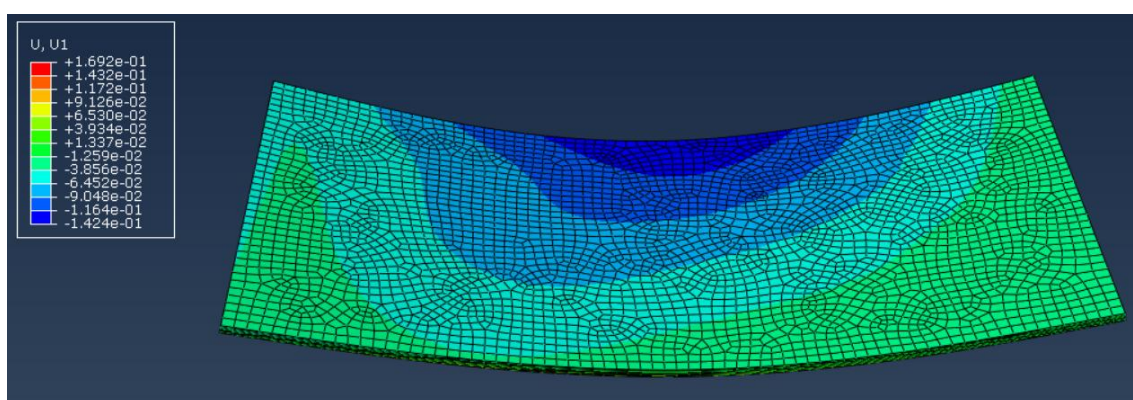


Figura 44: Desplazamientos en X en el core.

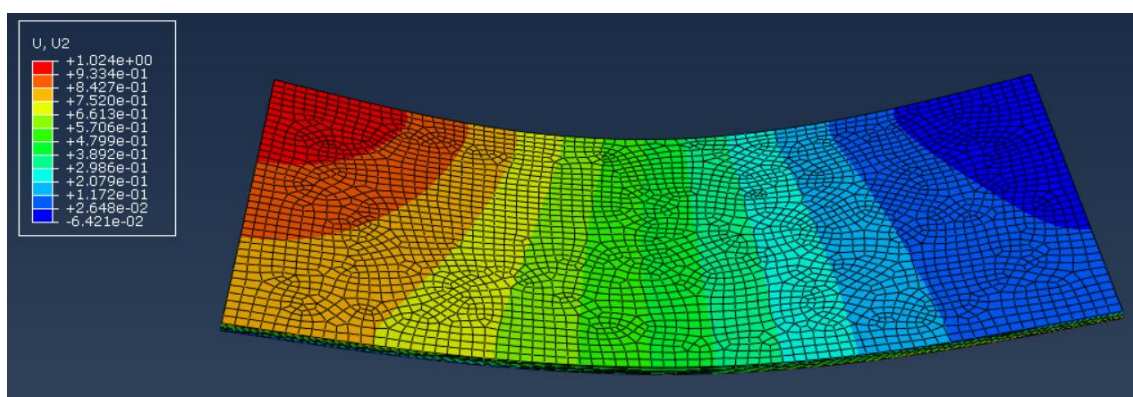


Figura 45: Desplazamientos en Y en el core.



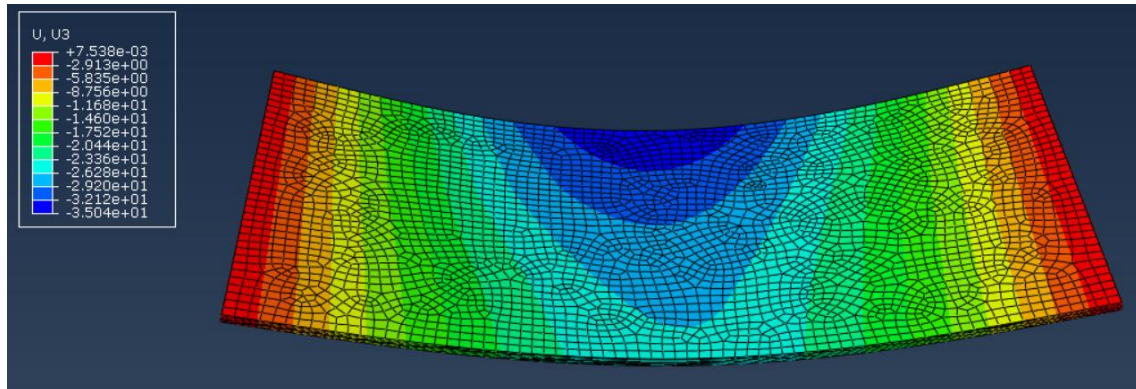


Figura 46: Desplazamientos en Z en el core.

- **Análisis de láminas de 1mm y core de 15mm**

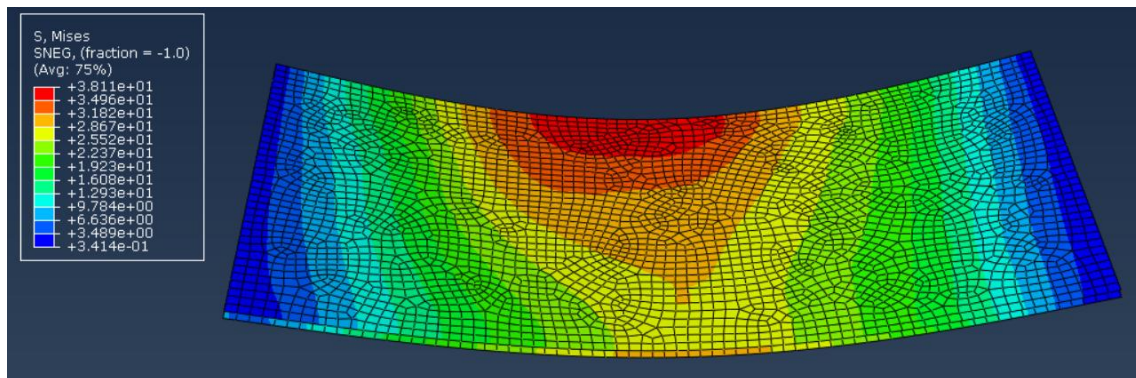


Figura 47: Tensiones de Von Mises en láminas de 1 mm.

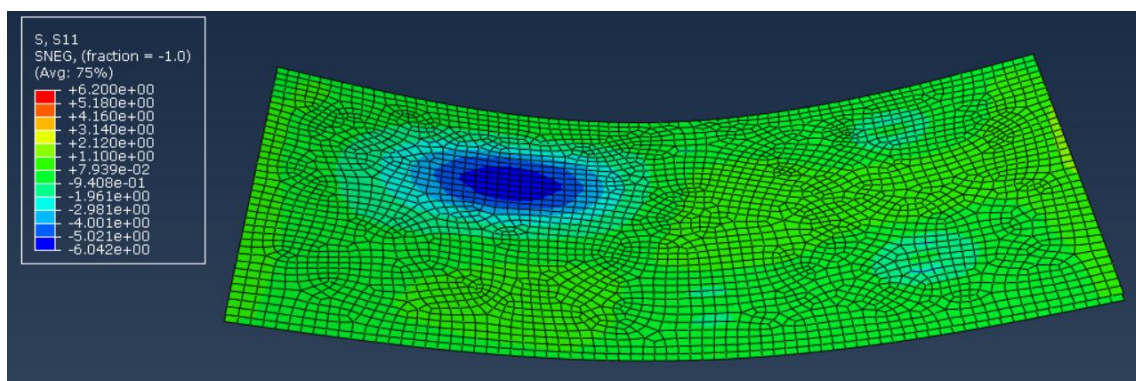


Figura 48: Tensiones en X en láminas de 1 mm.

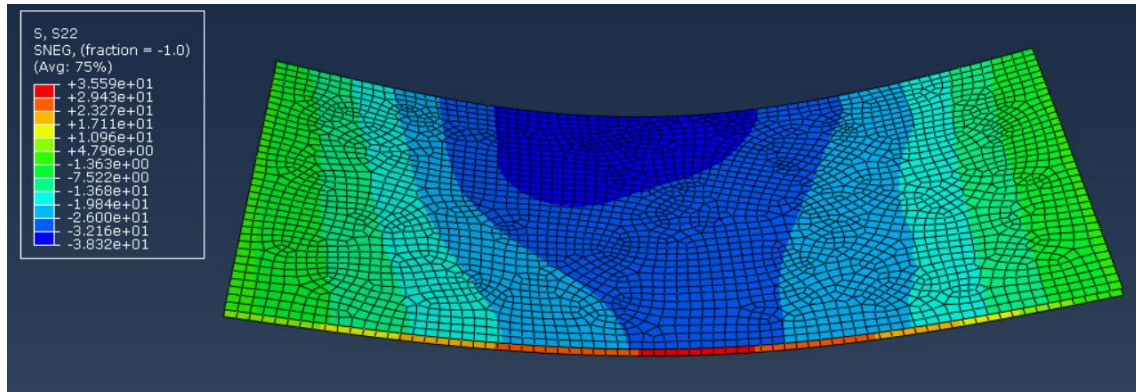


Figura 49: Tensiones en Y en láminas de 1 mm.

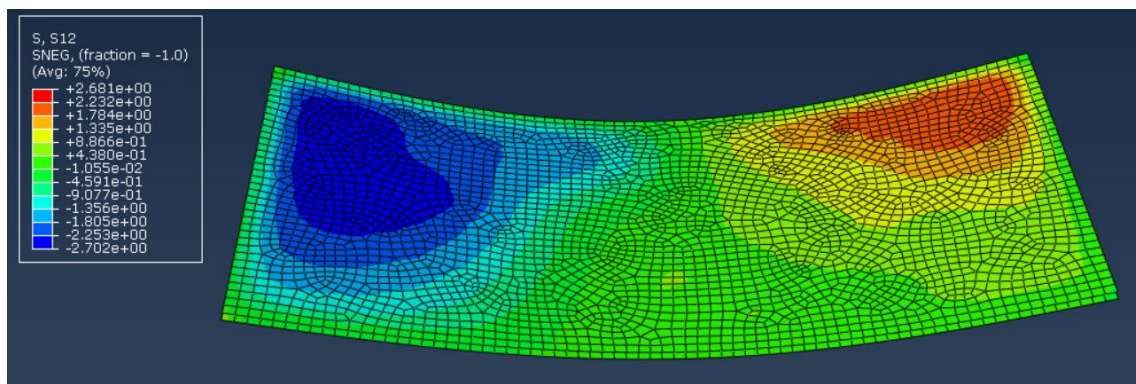


Figura 50: Tensiones en XY en láminas de 1 mm.

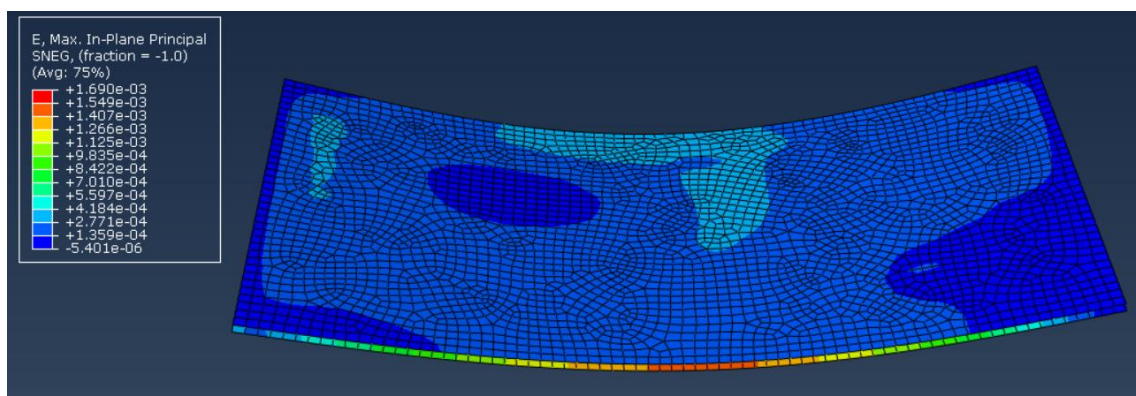


Figura 51: Deformaciones máximas en láminas de 1 mm.



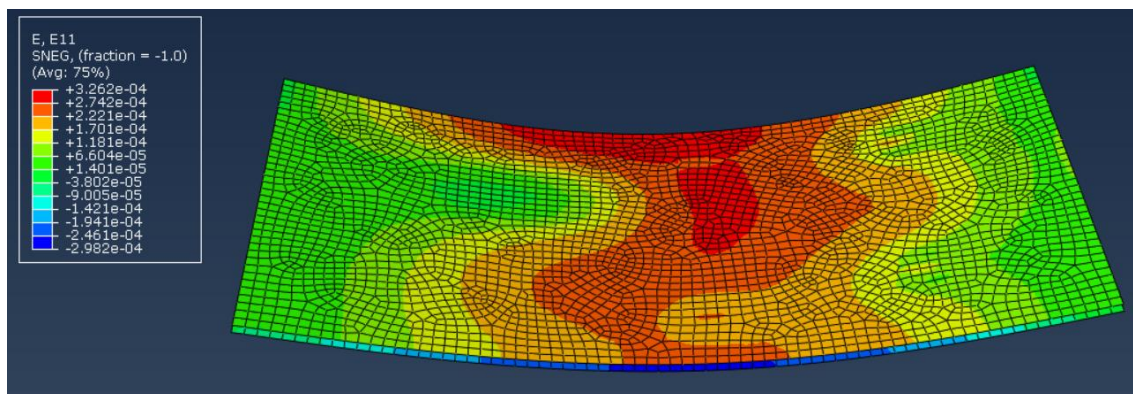


Figura 52: Deformaciones en X en láminas de 1 mm.

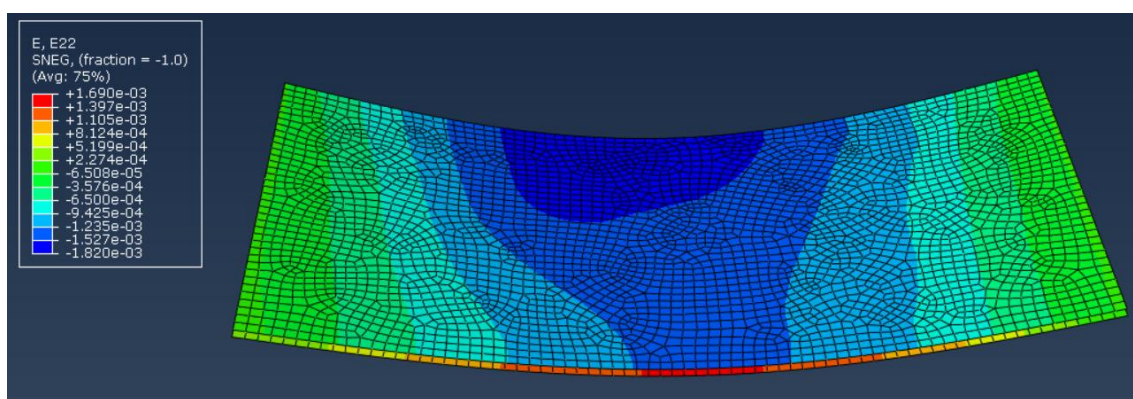


Figura 53: Deformaciones en Y en láminas de 1 mm.

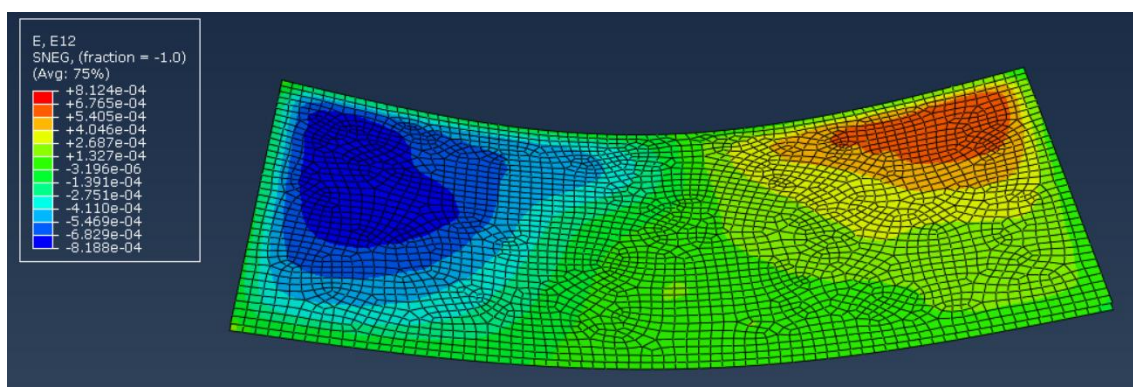


Figura 54: Deformaciones en XY en láminas de 1 mm.

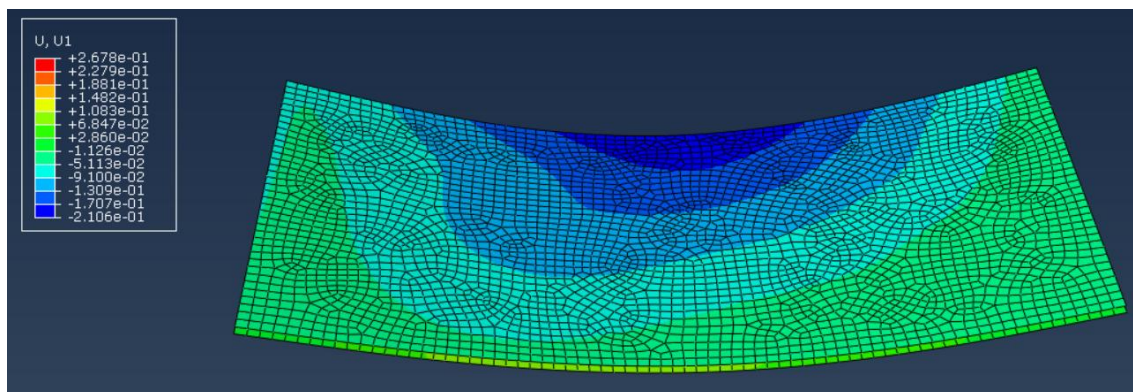


Figura 55: Desplazamientos en X en láminas de 1 mm.

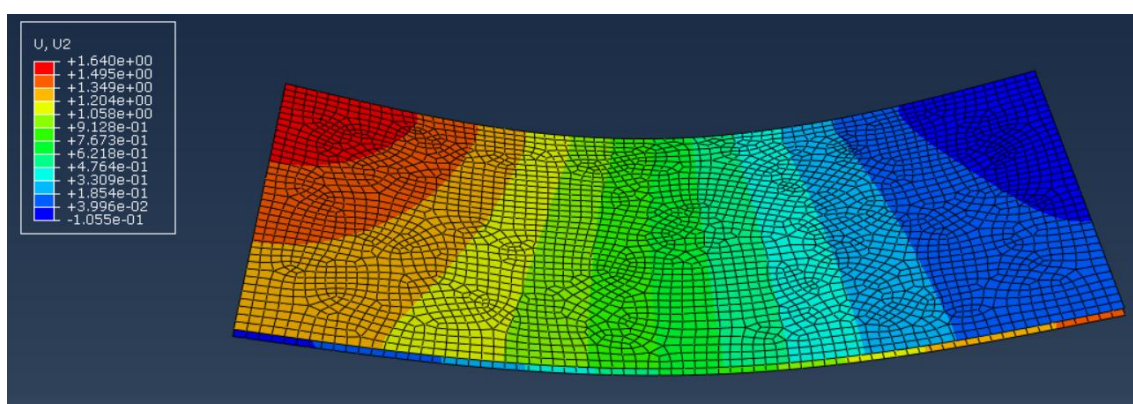


Figura 56: Desplazamientos en Y en láminas de 1 mm.

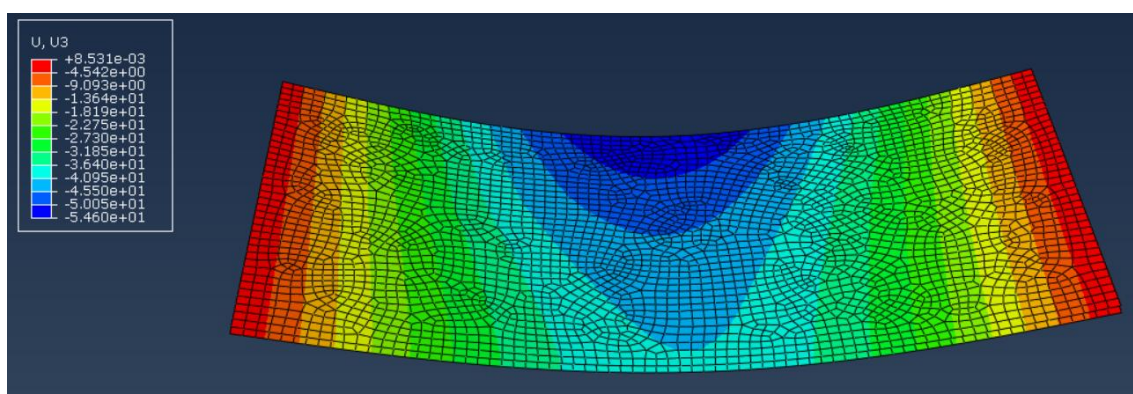


Figura 57: Desplazamientos en Z en láminas de 1 mm.



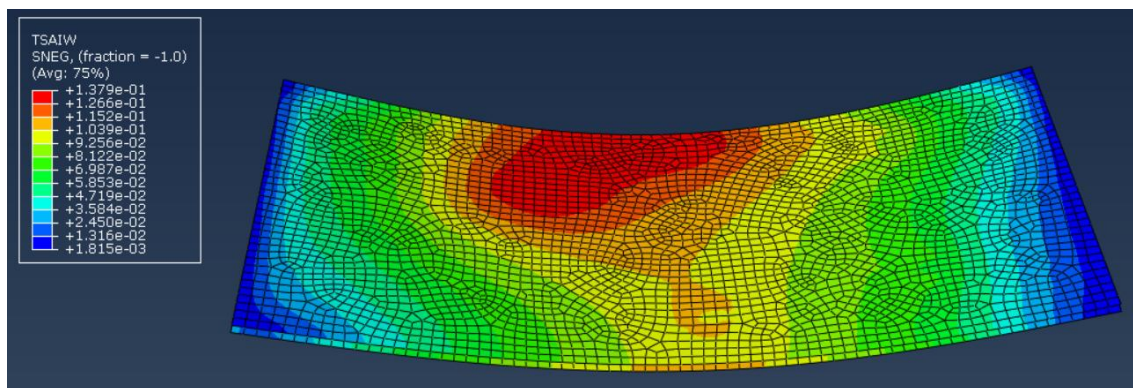


Figura 58: TSAI-WU en láminas de 1 mm.

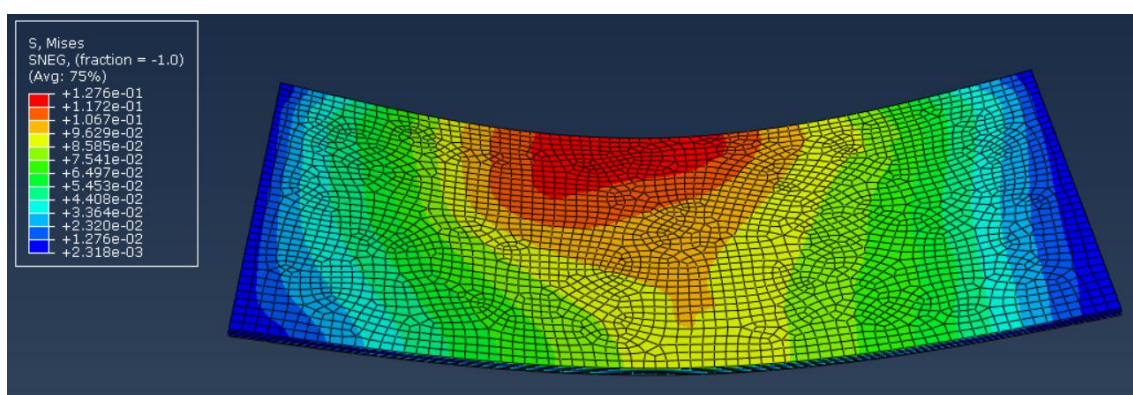


Figura 59: Tensiones de Von Mises en el core.

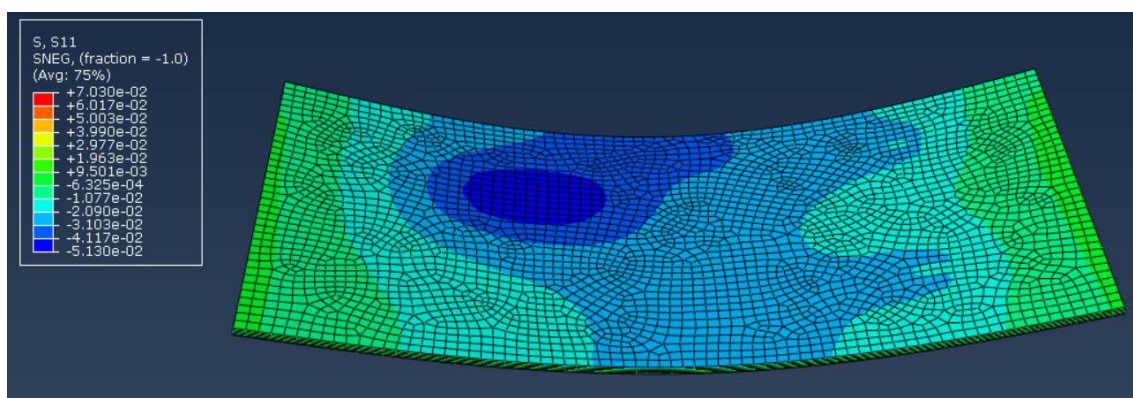


Figura 60: Tensiones en X en el core.

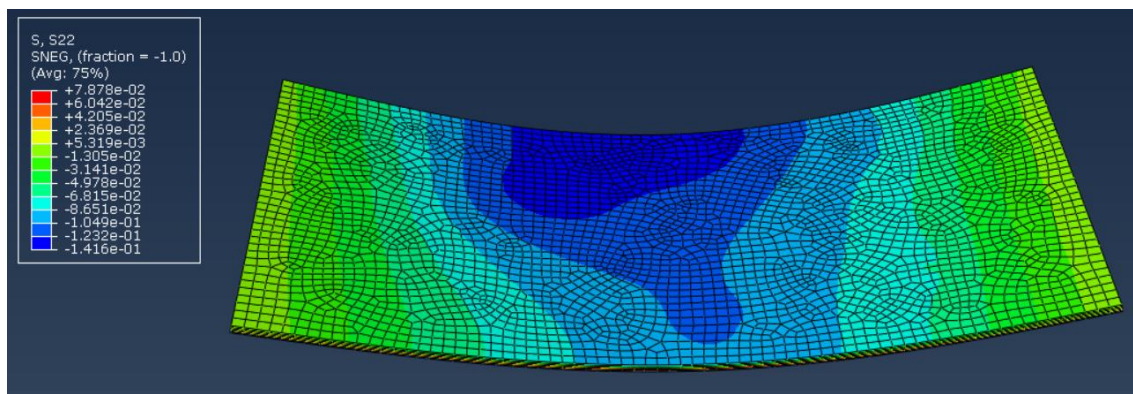


Figura 61: Tensiones en Y en el core.

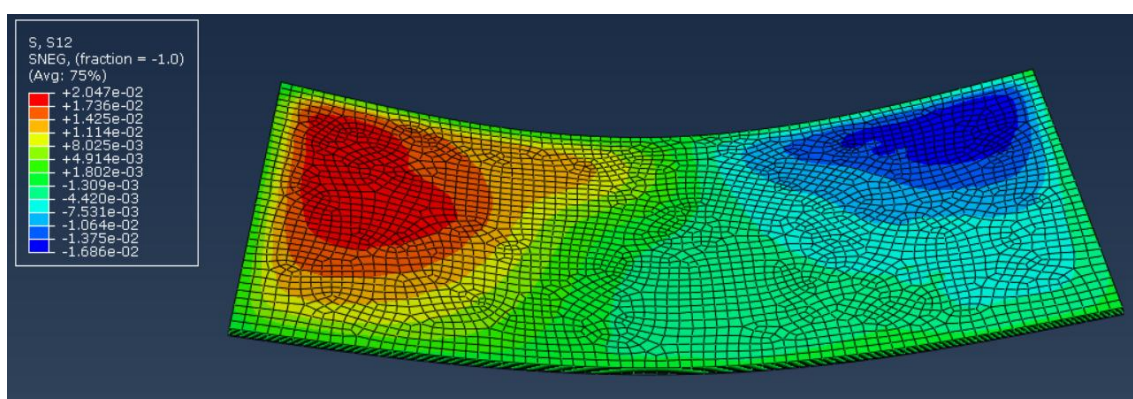


Figura 62: Tensiones en XY en el core.

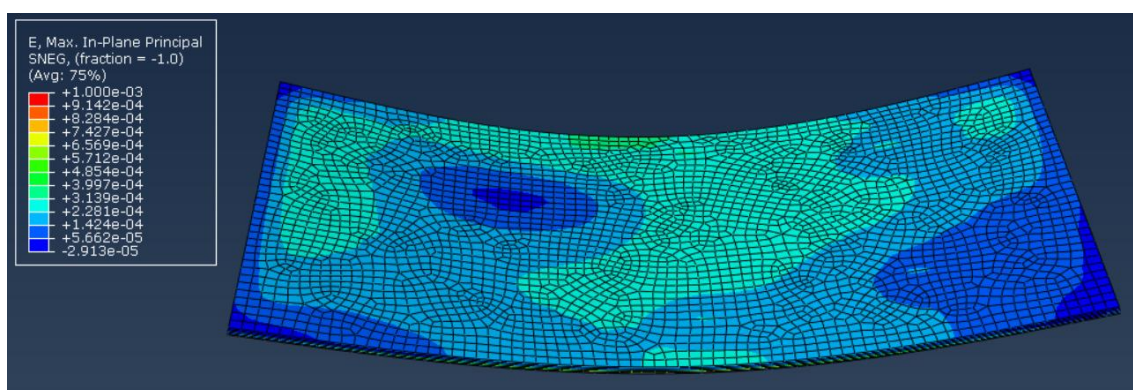


Figura 63: Deformaciones máximas en el core.



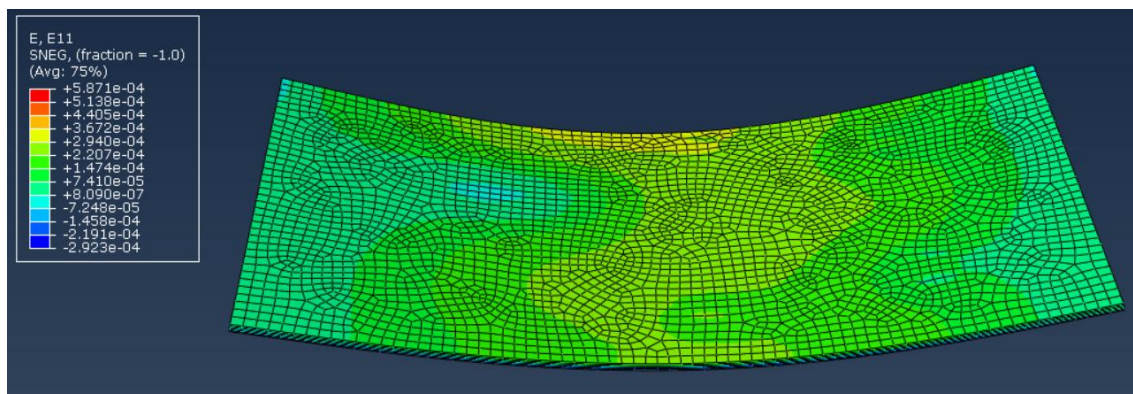


Figura 64: Deformaciones en X en el core.

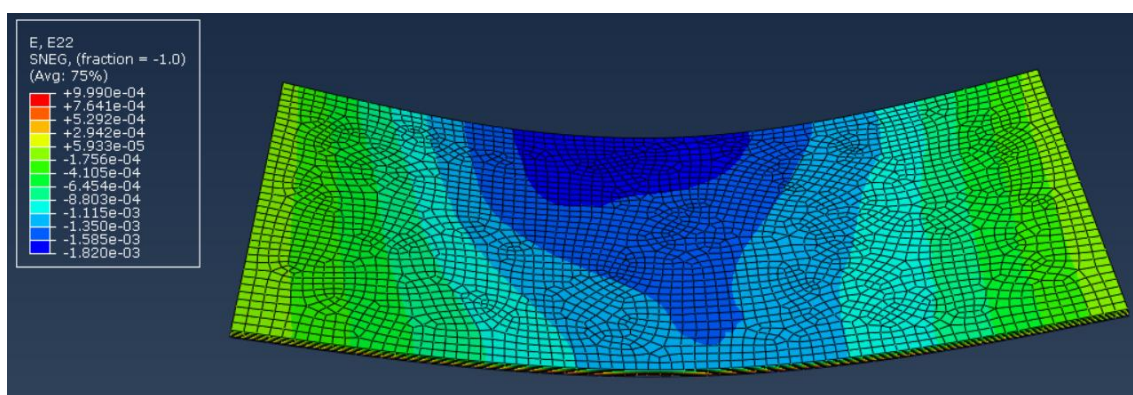


Figura 65: Deformaciones en Y en el core.

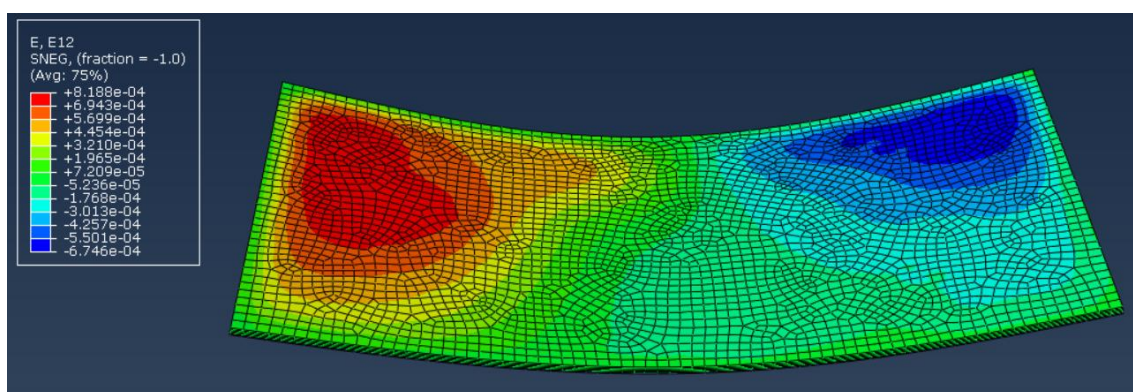


Figura 66: Deformaciones en XY en el core.

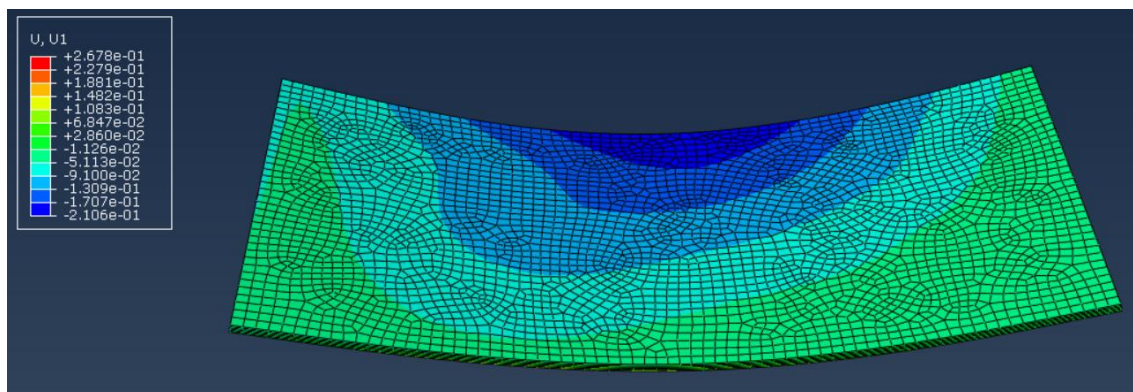


Figura 67: Desplazamientos en X en el core.

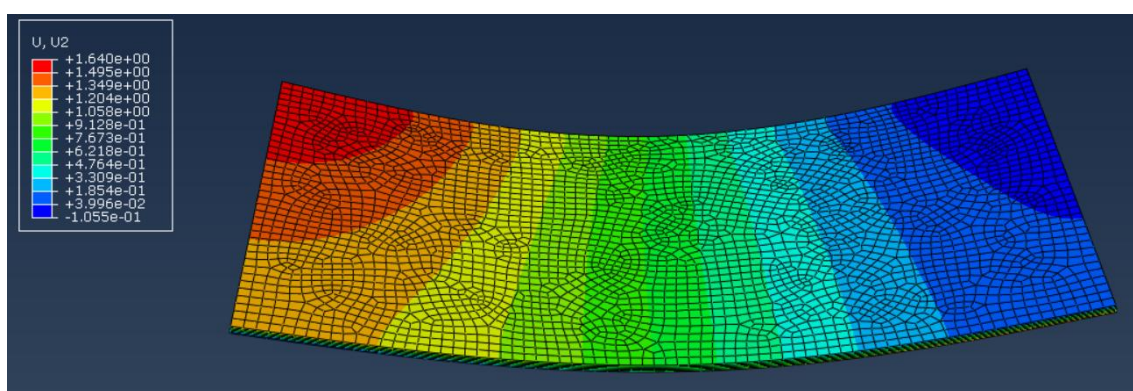


Figura 68: Desplazamientos en Y en el core.

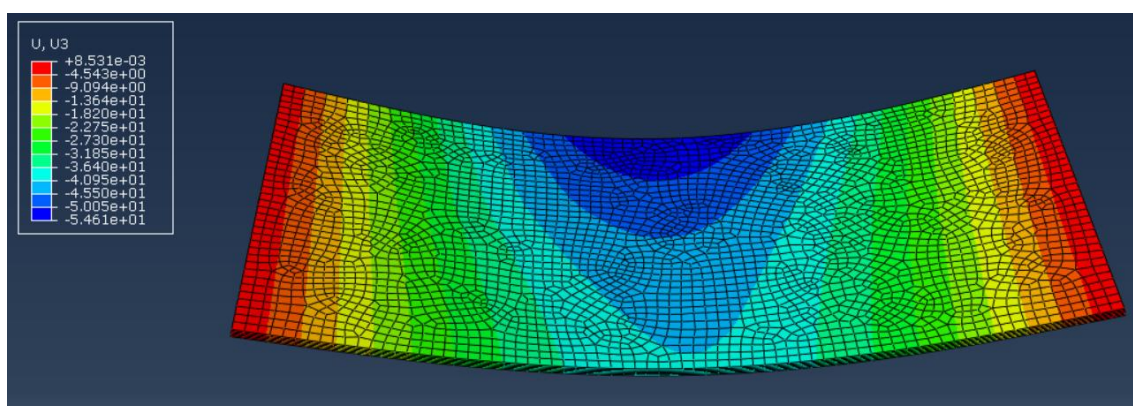


Figura 69: Desplazamientos en Z en el core.



- **Análisis de láminas de 0,5mm y core de 15mm.**

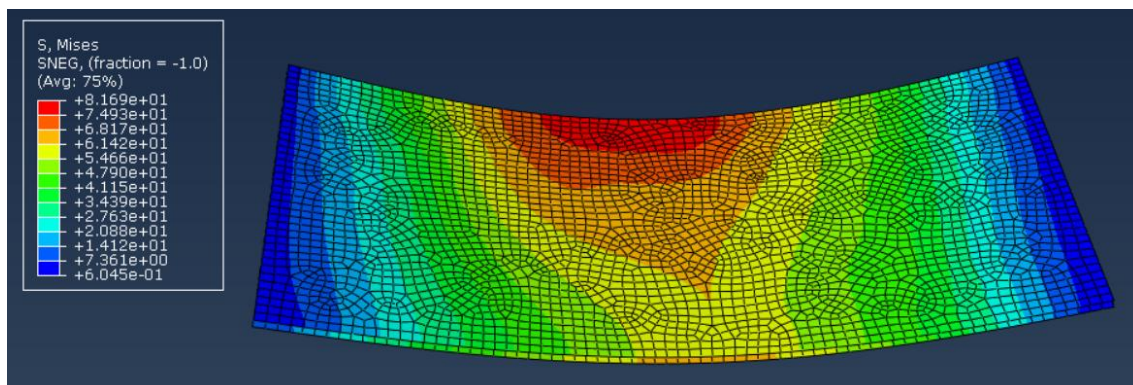


Figura 70: Tensiones de Von Mises en láminas de 0,5 mm.

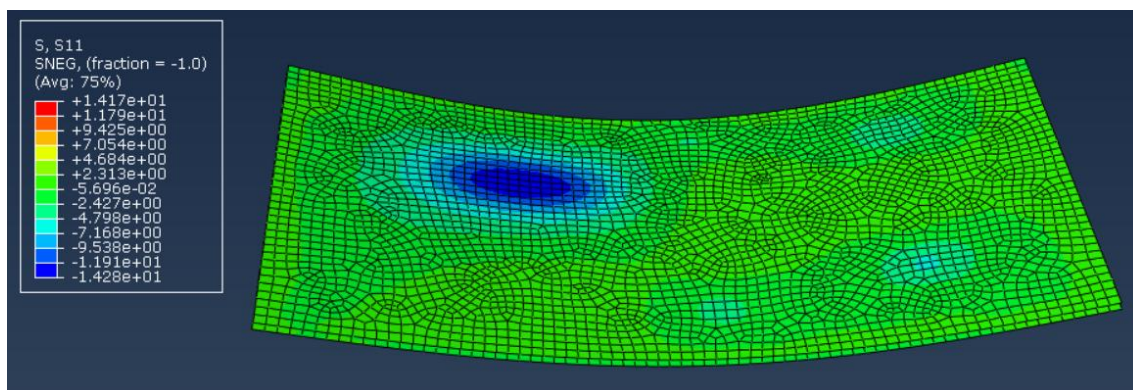


Figura 71: Tensiones en X en láminas de 0,5 mm.

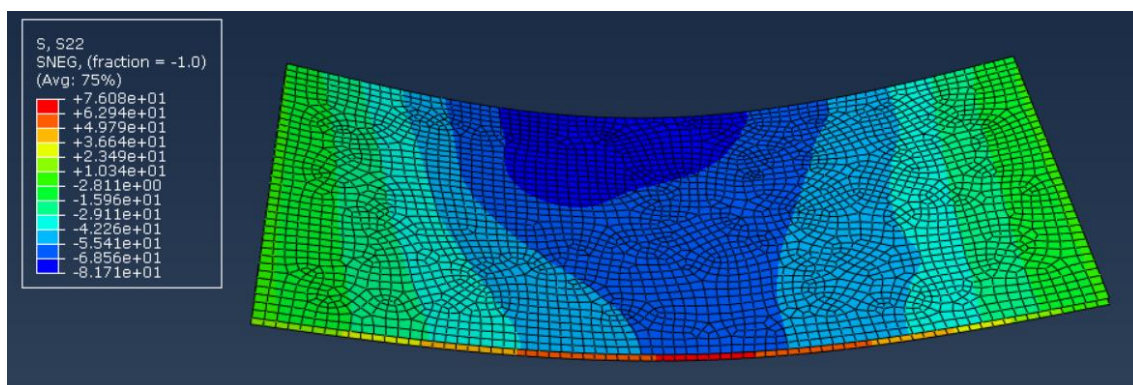


Figura 72: Tensiones en Y en láminas de 0,5 mm.

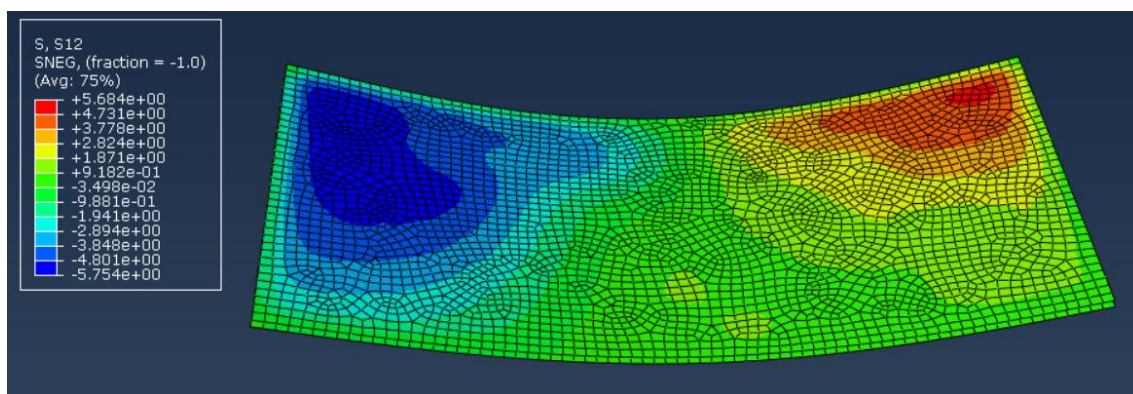


Figura 73: Tensiones en XY en láminas de 0,5 mm.

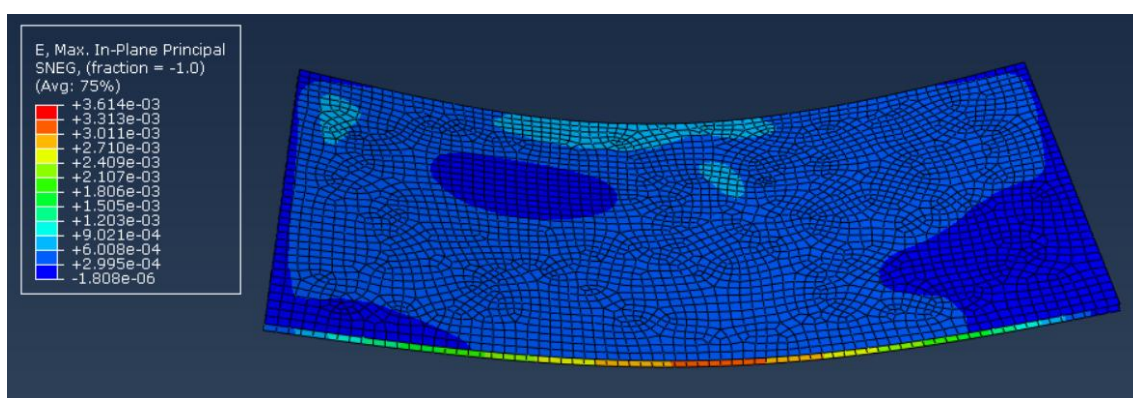


Figura 74: Deformaciones máximas en láminas de 0,5mm.

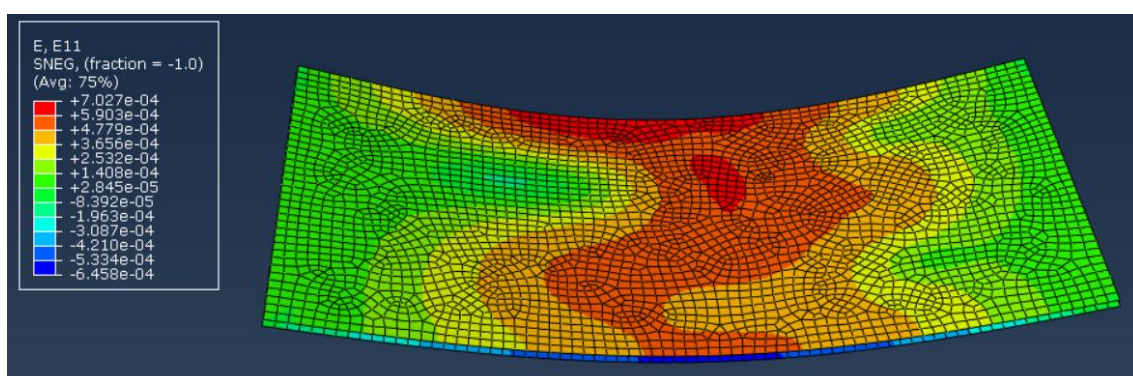


Figura 75: Deformaciones en X en láminas de 0,5 mm.



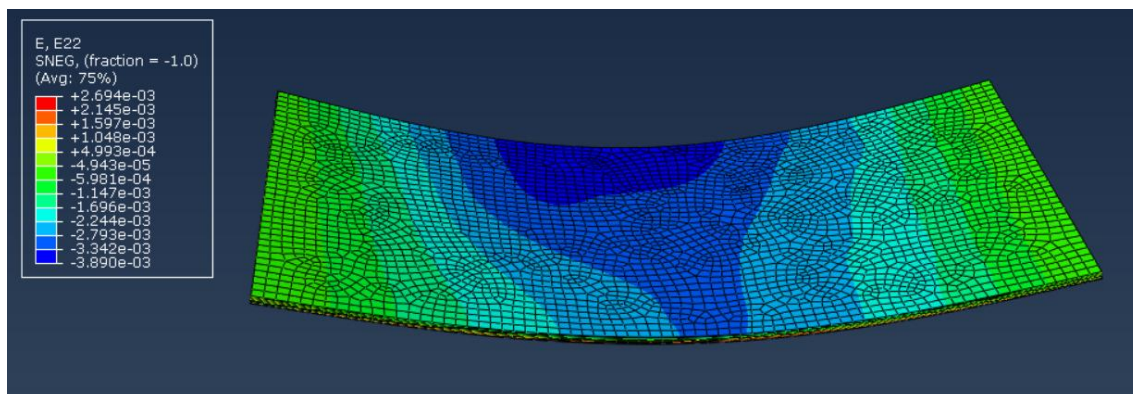


Figura 76: Deformaciones en Y en láminas de 0,5 mm.

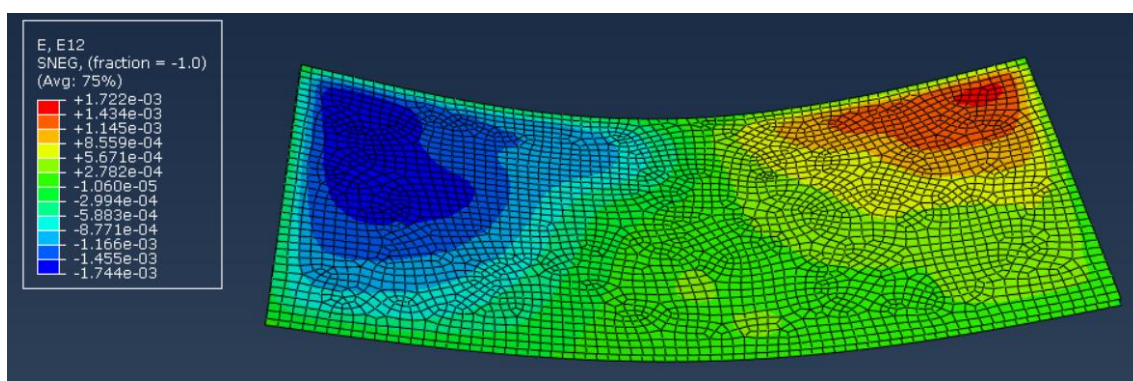


Figura 77: Deformaciones en XY en láminas de 0,5 mm.

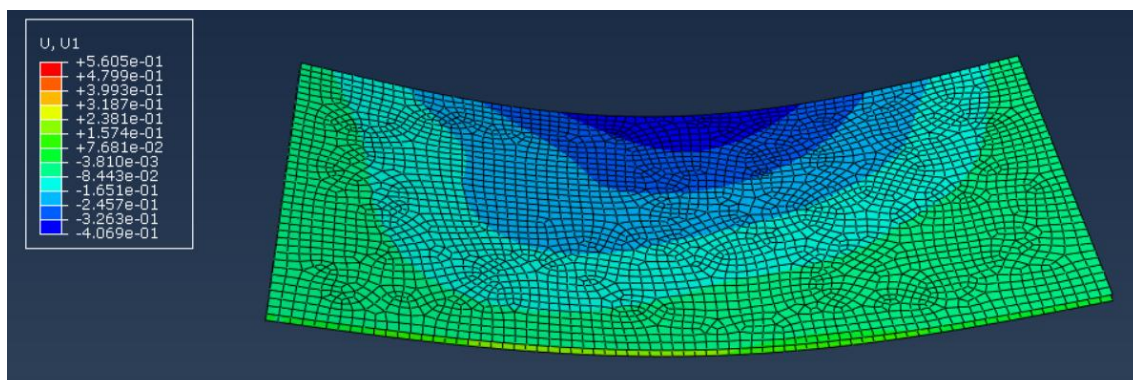


Figura 78: Desplazamientos en X en láminas de 0,5 mm.

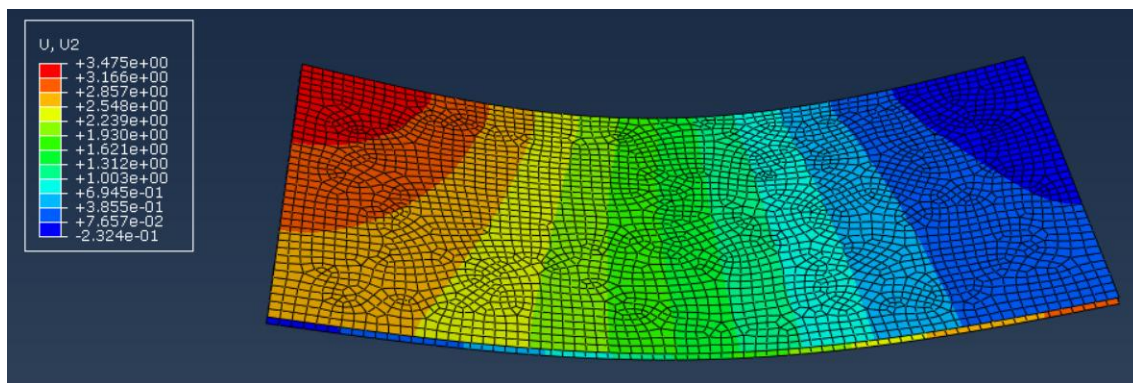


Figura 79: Desplazamientos en Y en láminas de 0,5 mm.

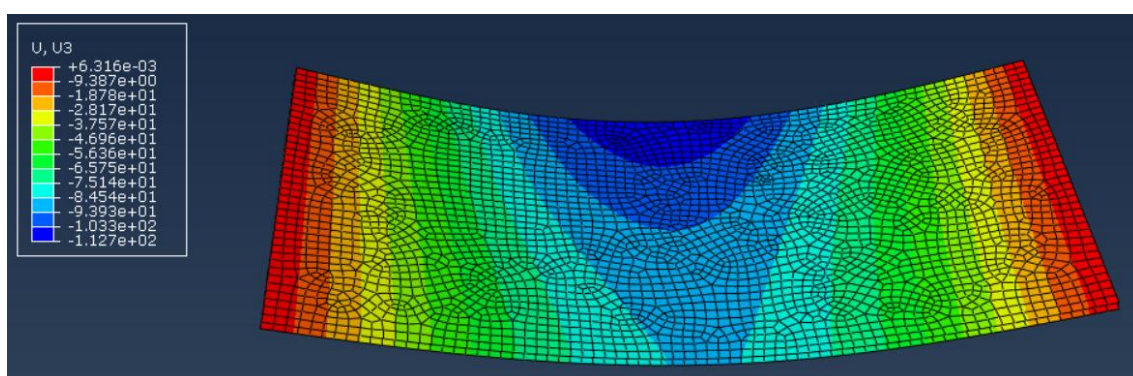


Figura 80: Desplazamientos en Z en láminas de 0,5 mm.

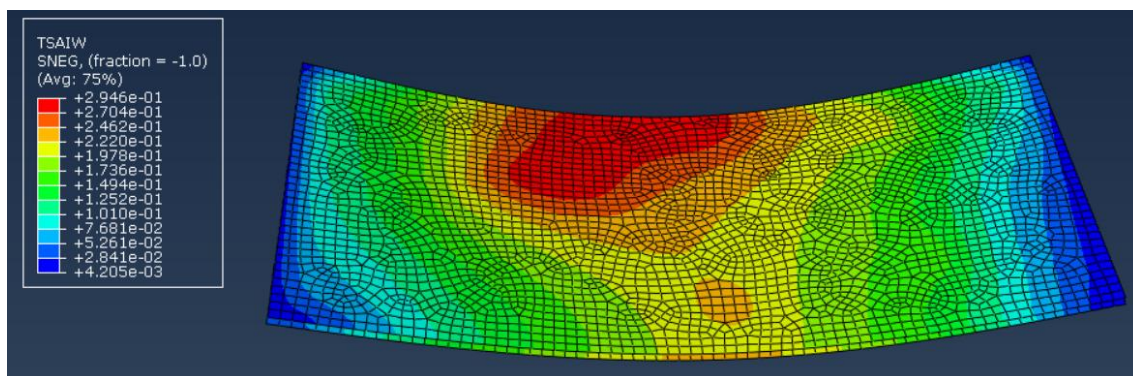


Figura 81: TSIW-WU en láminas de 0,5 mm.



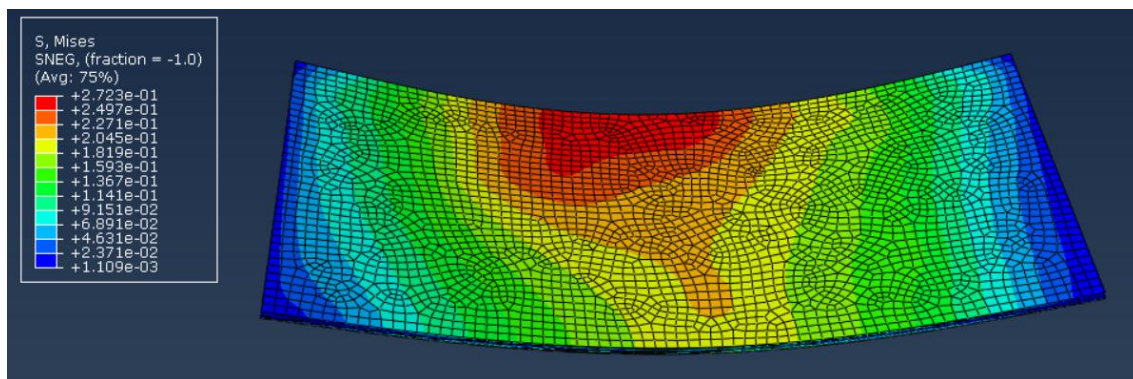


Figura 82: Tensiones de Von Mises en el core.

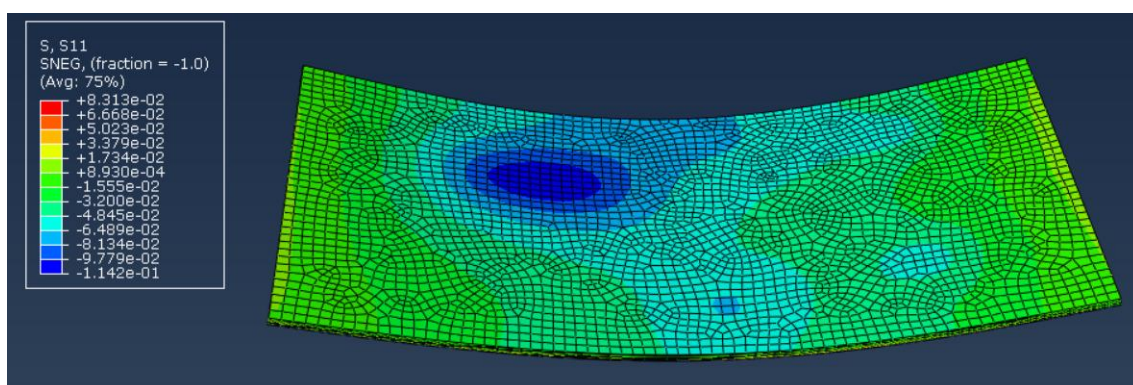


Figura 83: Tensiones en X en el core.

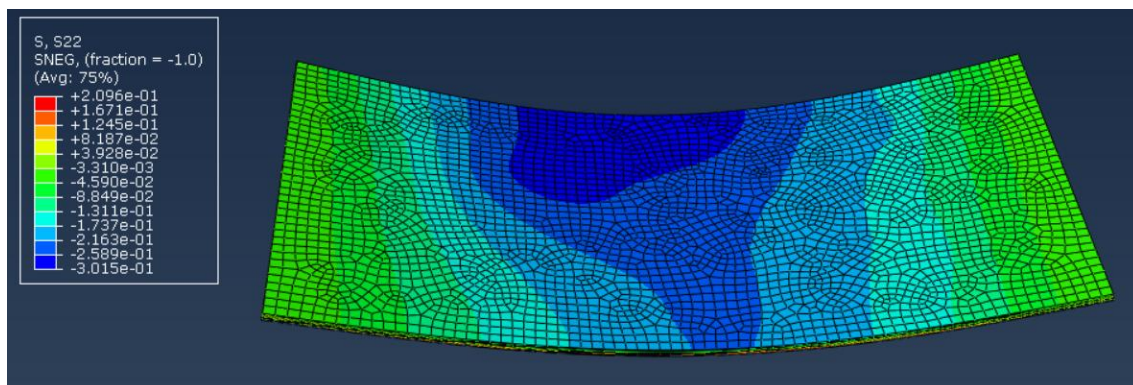


Figura 84: Tensiones en Y en el core.

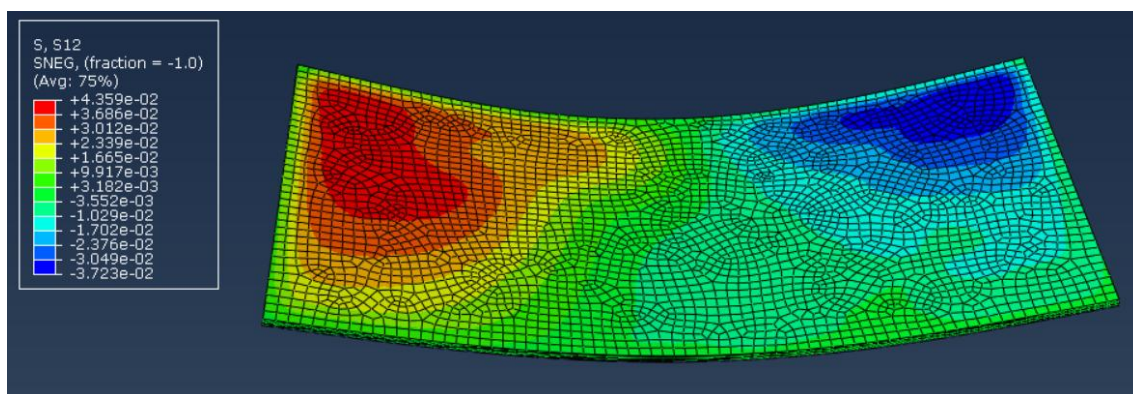


Figura 85: Tensiones en XY en el core.

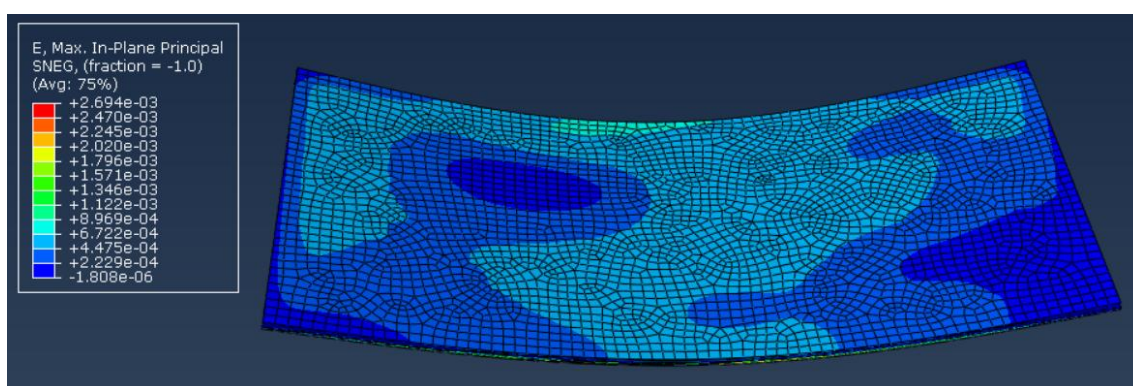


Figura 86: Deformaciones máximas en el core.

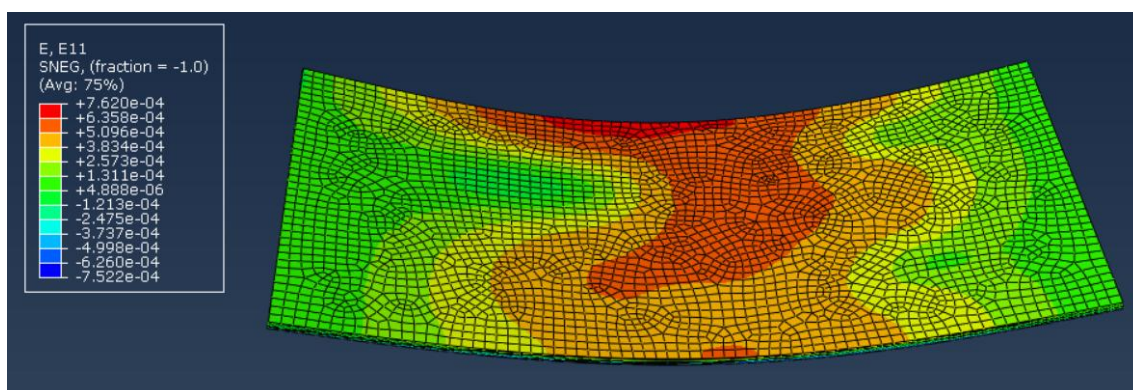


Figura 87: Deformaciones en X en el core.



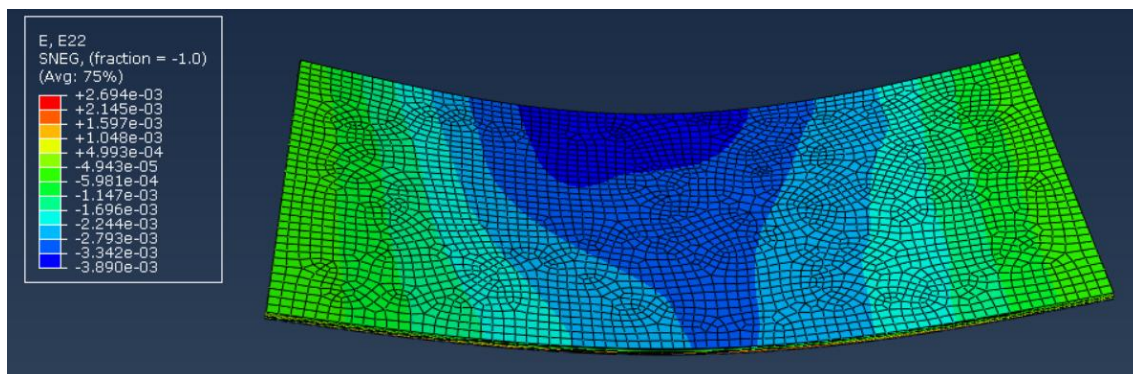


Figura 88: Deformaciones en Y en el core.

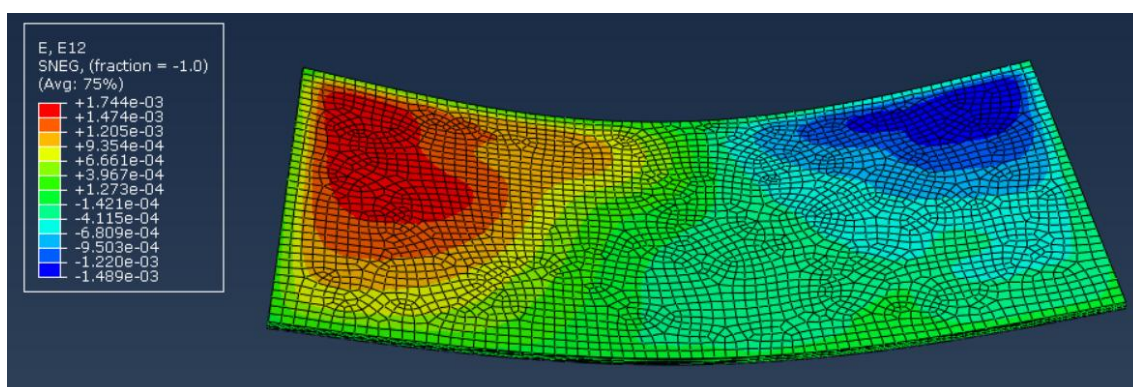


Figura 88: Deformaciones en XY en el core.

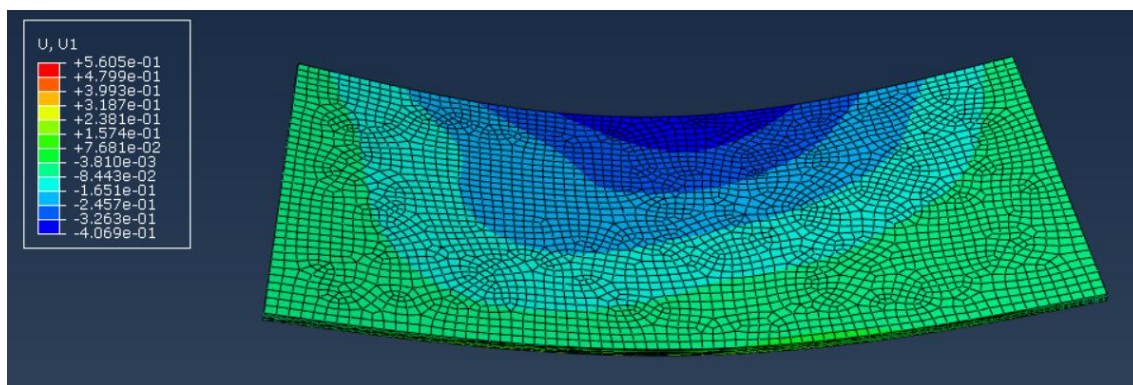
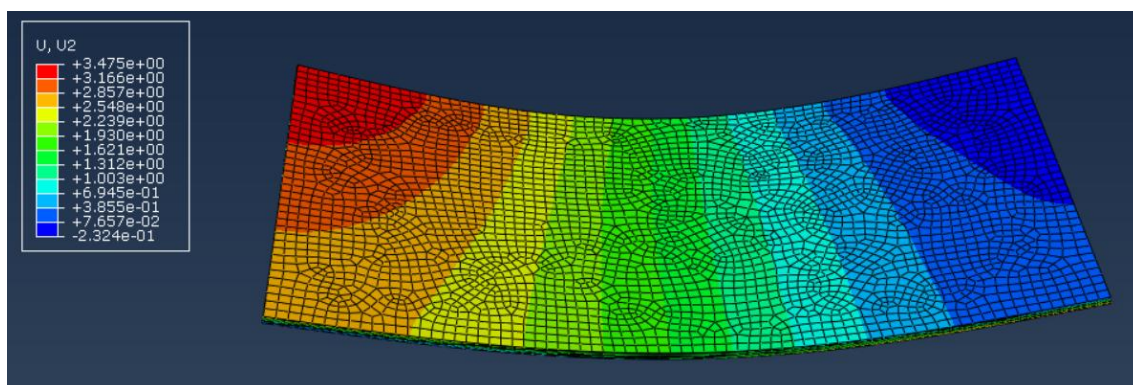
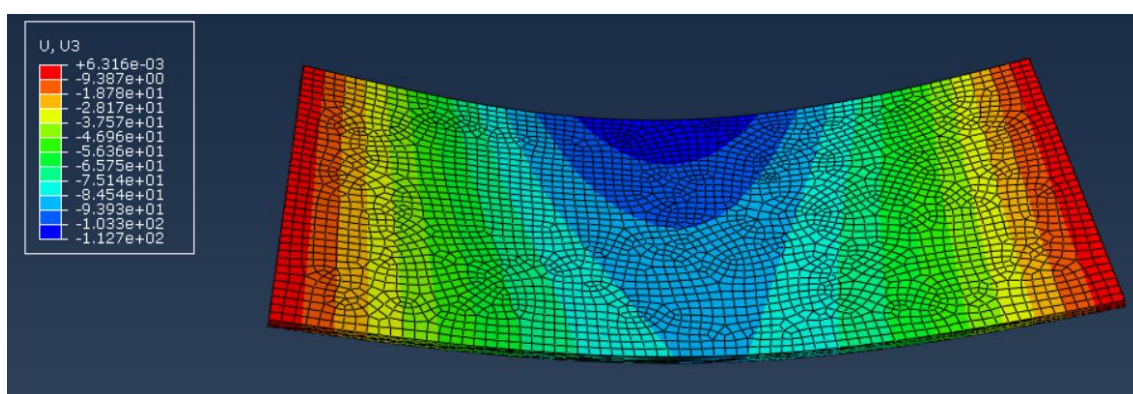


Figura 89: Desplazamientos en X en el core.



*Figura 90: Desplazamientos en Y en el core.*



*Figura 91: Desplazamientos en Z en el core.*



## Anexo VI: Resultados de los análisis de la rampa mejorada.

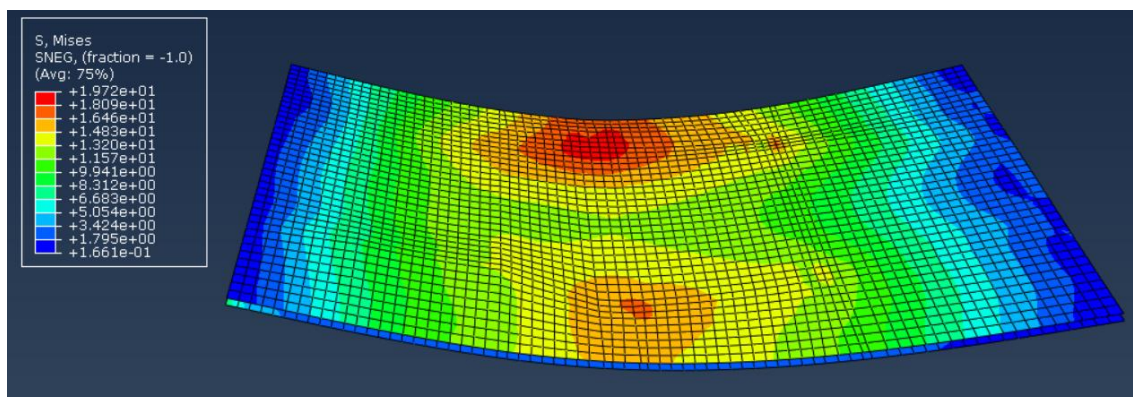


Figura 1: Tensiones de Von Mises en las láminas.

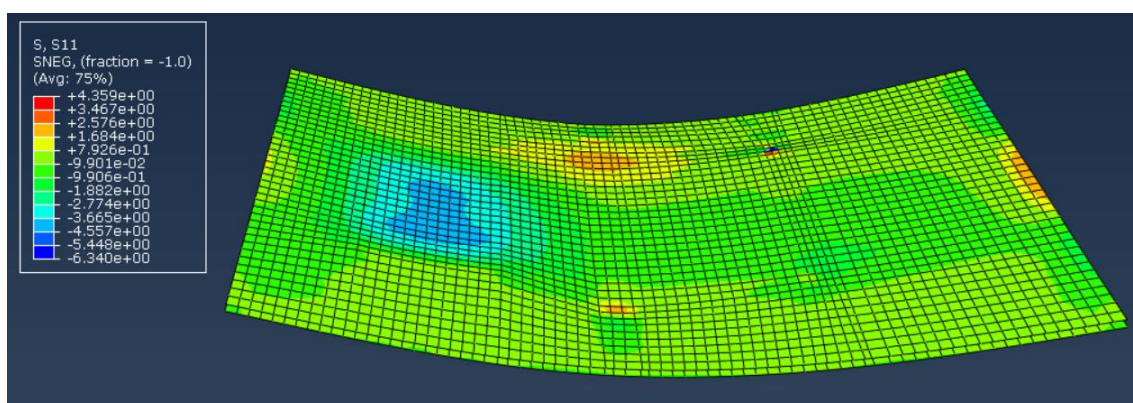


Figura 2: Tensiones en X en las láminas.

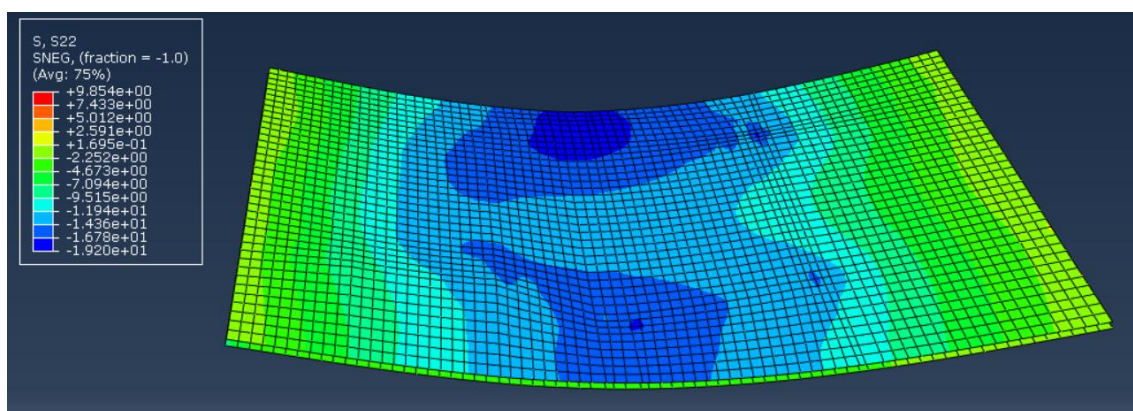


Figura 3: Tensiones en Y en las láminas.

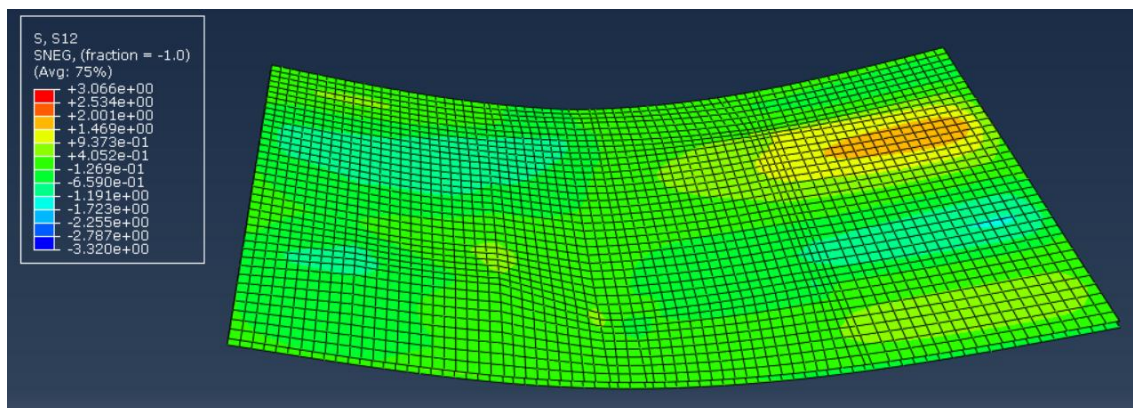


Figura 4: Tensiones en XY en las láminas.

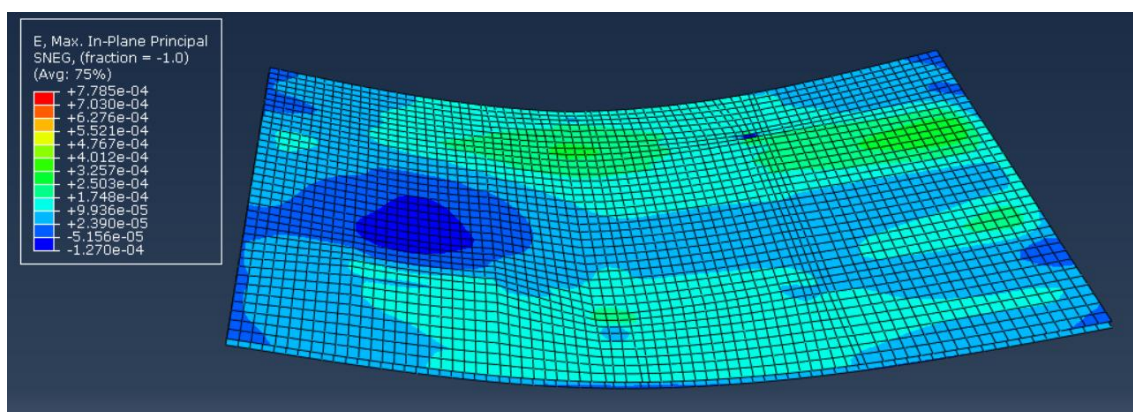


Figura 5: Deformaciones máximas en las láminas.

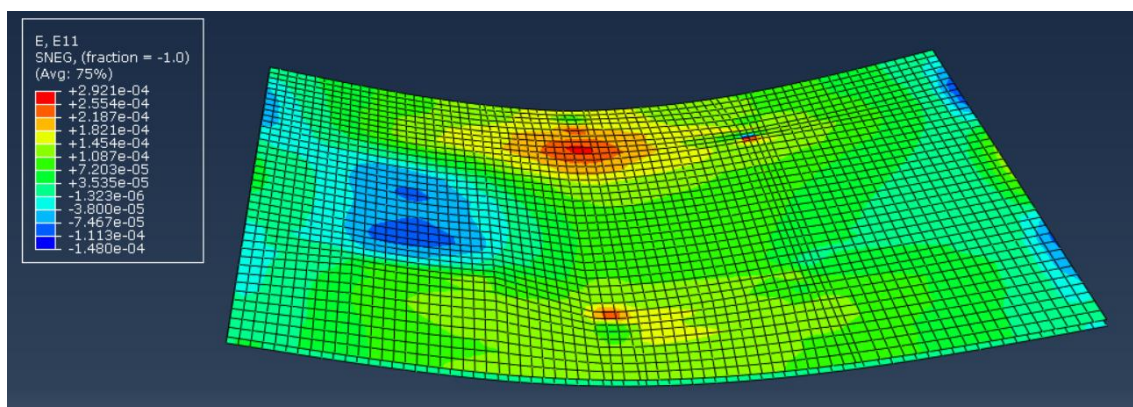


Figura 6: Deformaciones en X en las láminas.



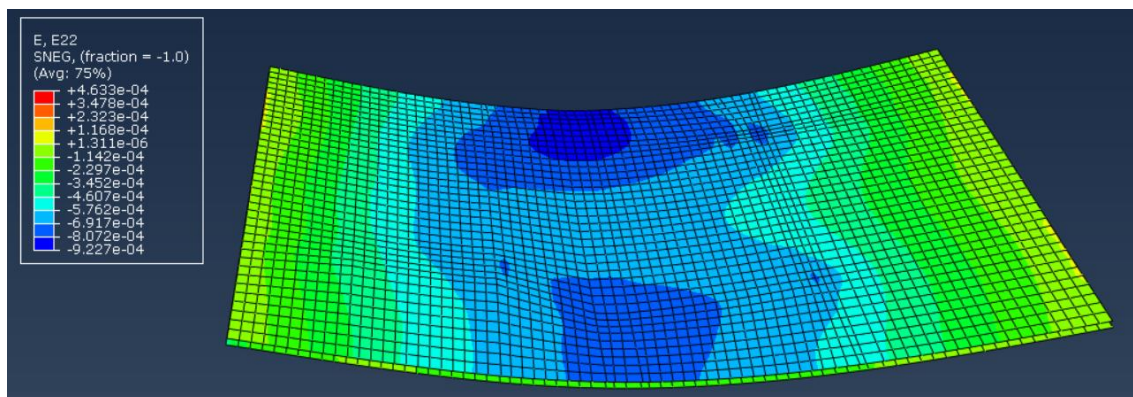


Figura 7: Deformaciones en Y en las láminas.

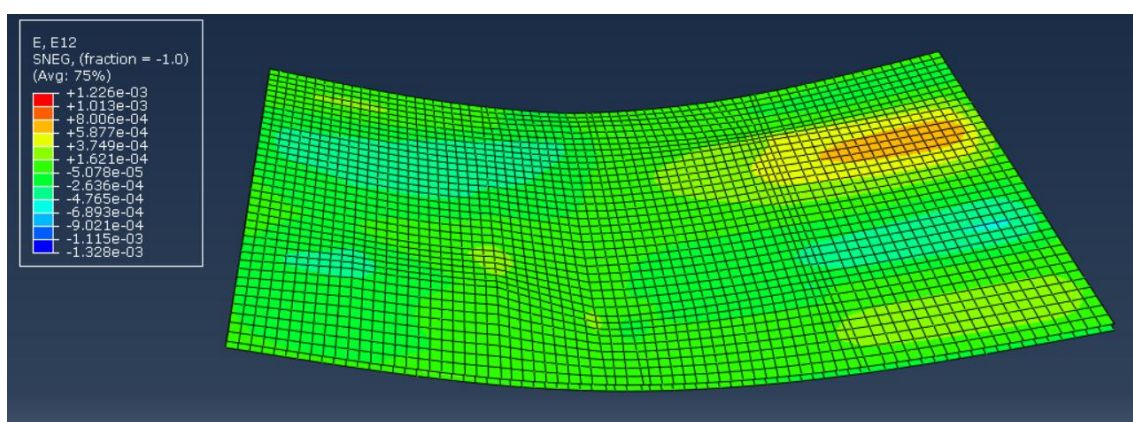


Figura 8: Deformaciones en XY en las láminas.

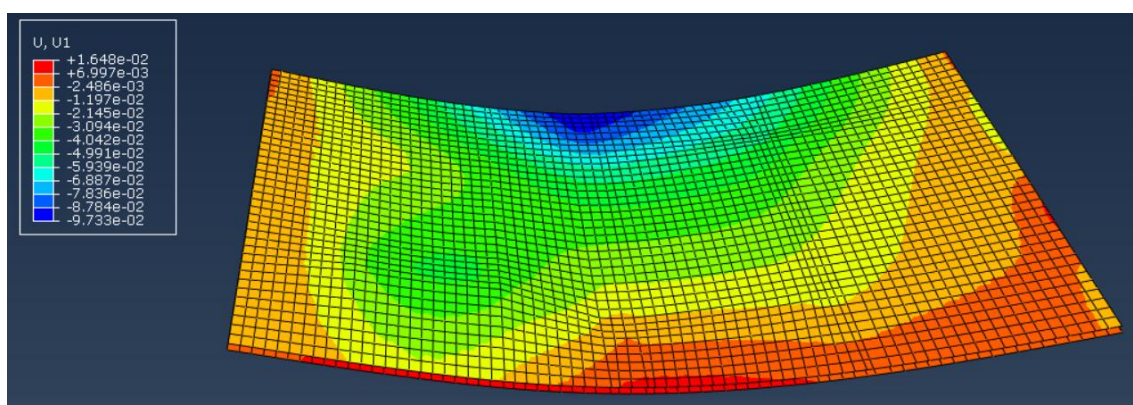


Figura 9: Desplazamientos en X en las láminas.

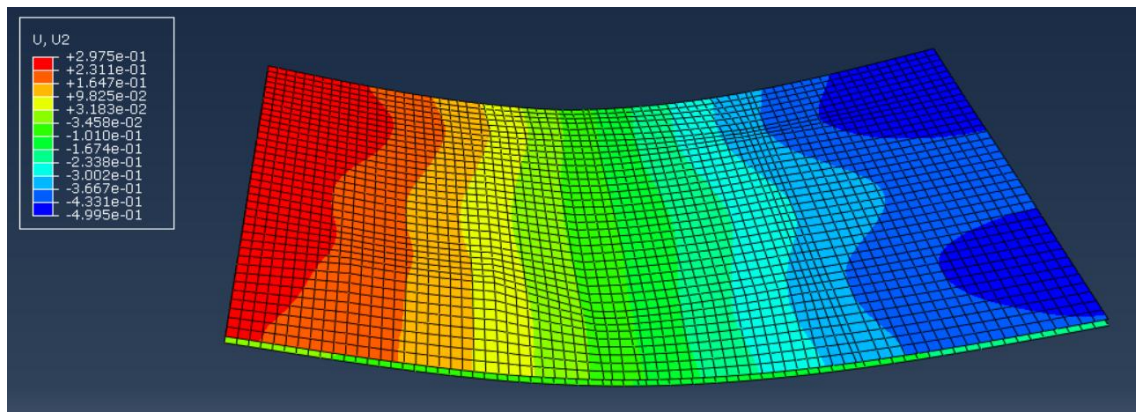


Figura 10: Desplazamientos en Y en las láminas.

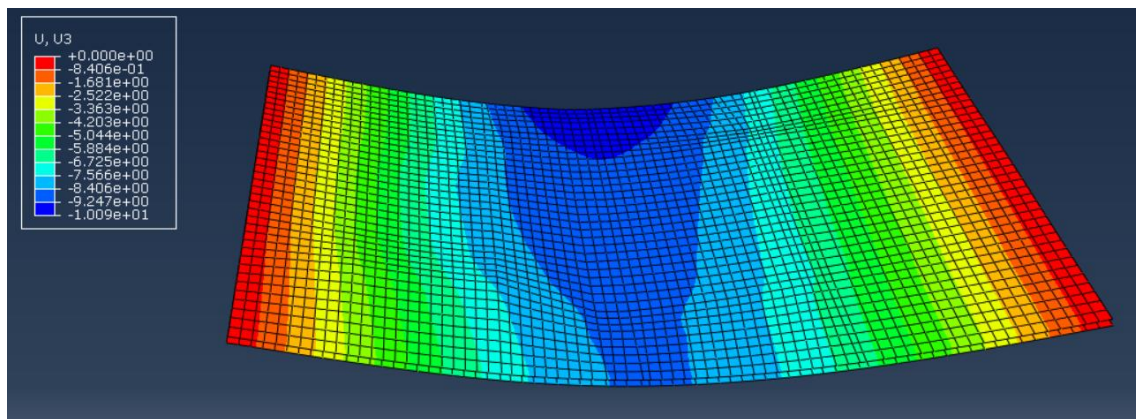


Figura 11: Desplazamientos en Z en las láminas.

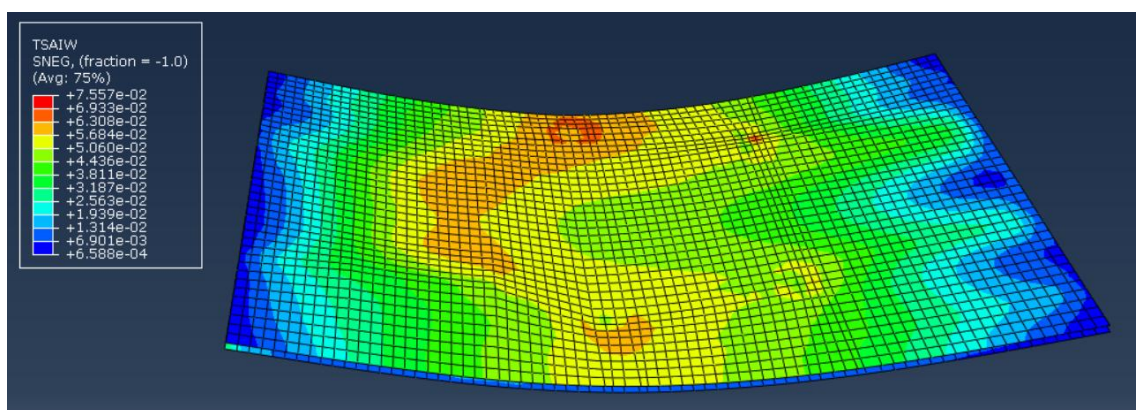


Figura 12: TSAI-WU en las láminas.



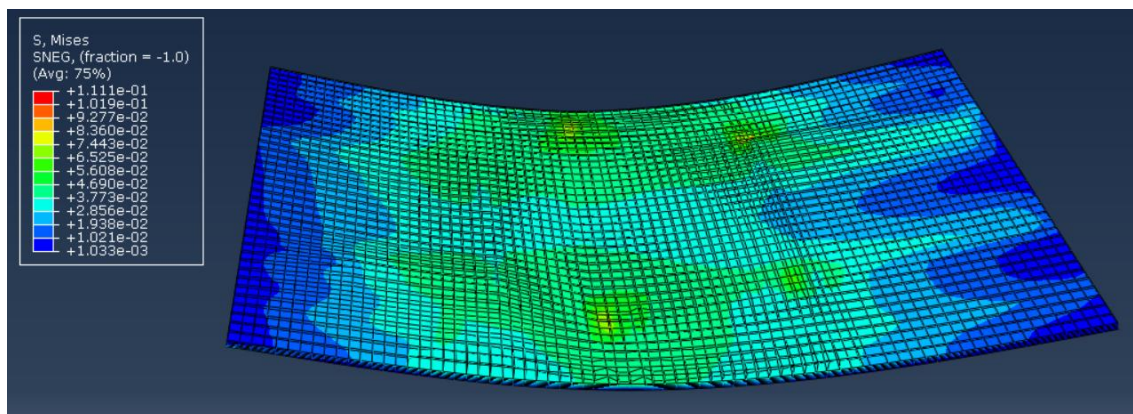


Figura 13: Tensiones de Von Mises en el core.

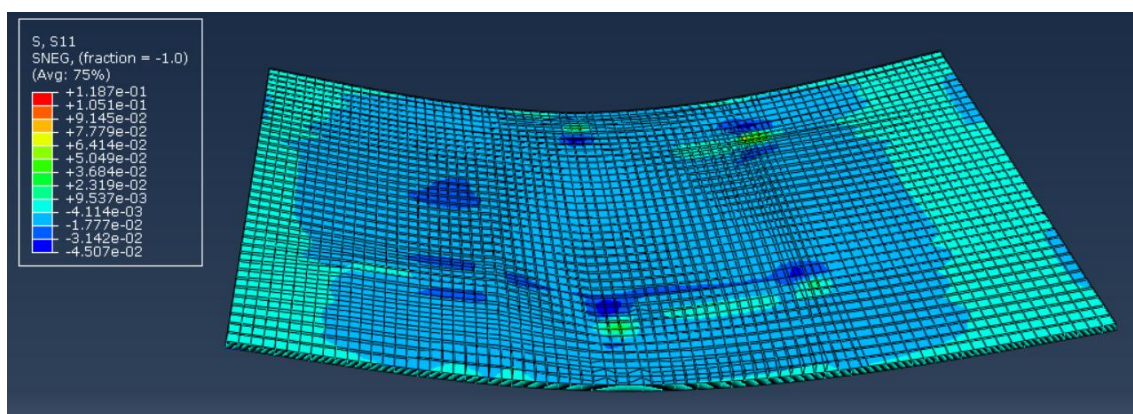


Figura 14: Tensiones en X en el core.

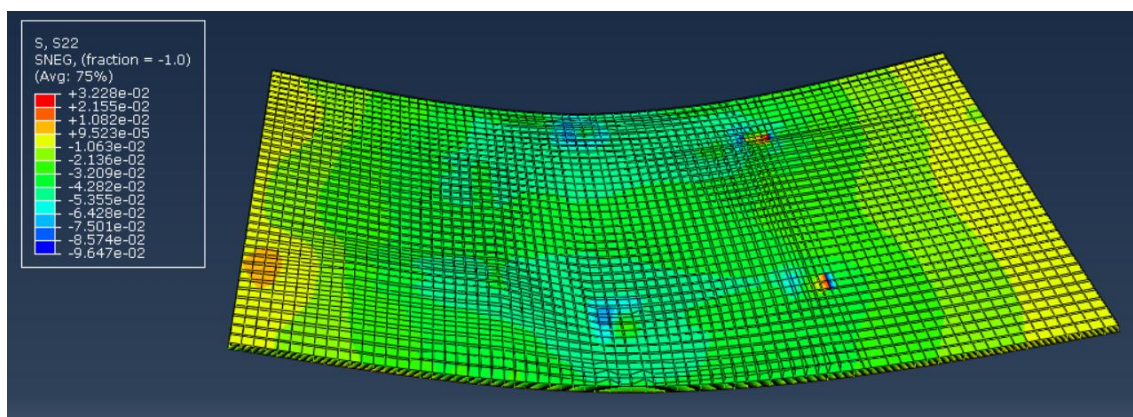


Figura 15: Tensiones en Y en el core.

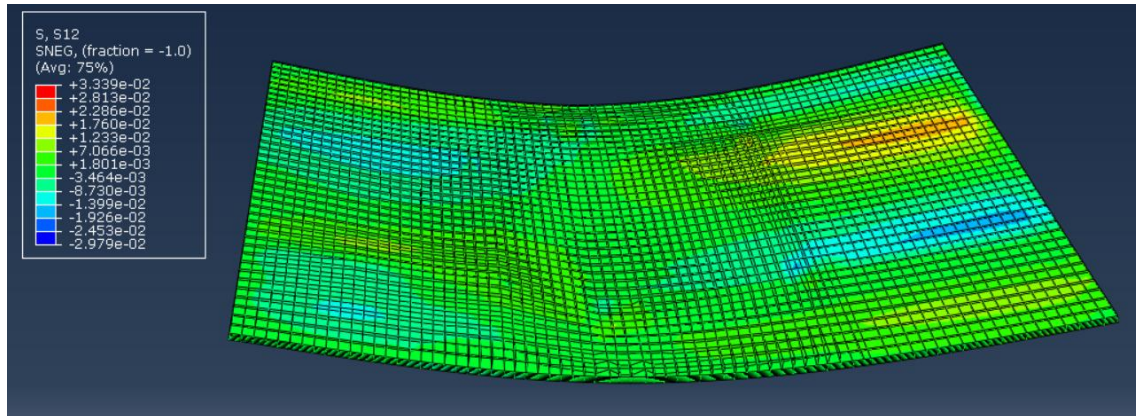


Figura 16: Tensiones en XY en el core.

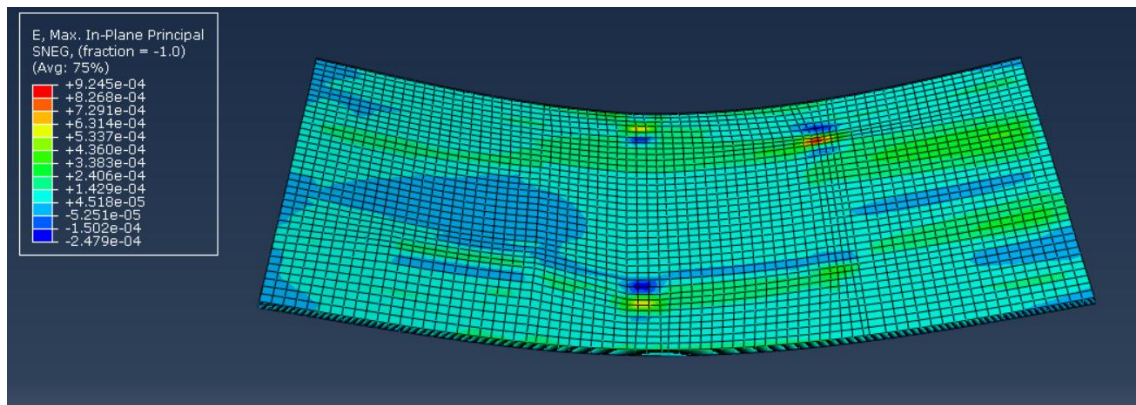


Figura 17: Deformaciones máximas en el core.

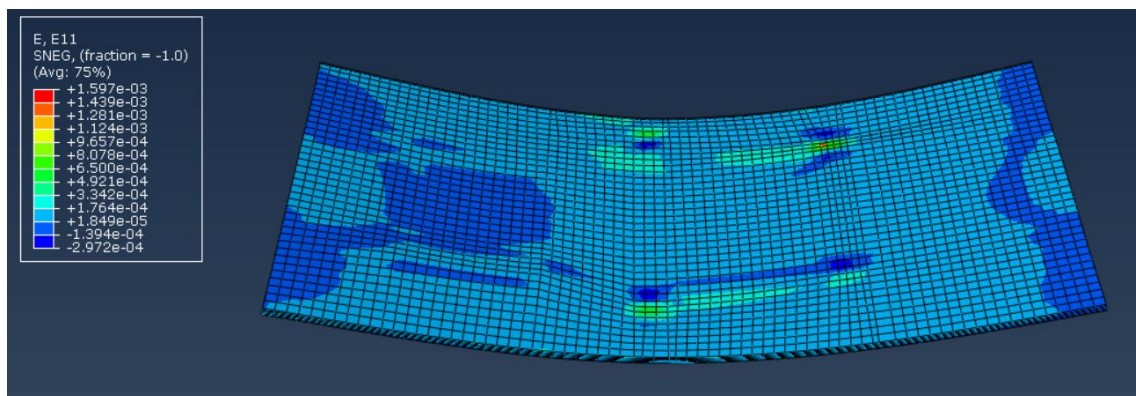


Figura 18: Deformaciones en X en el core.



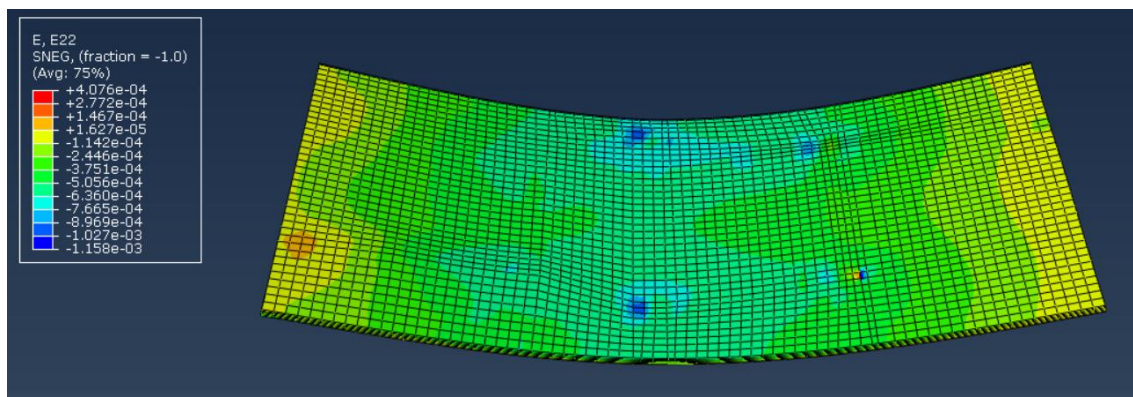


Figura 19: Deformaciones en Y en el core.

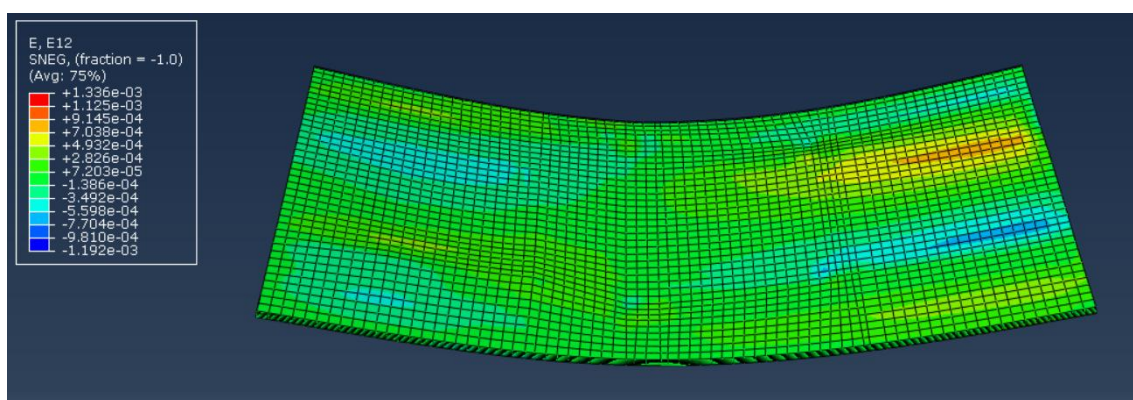


Figura 20: Deformaciones en XY en el core.

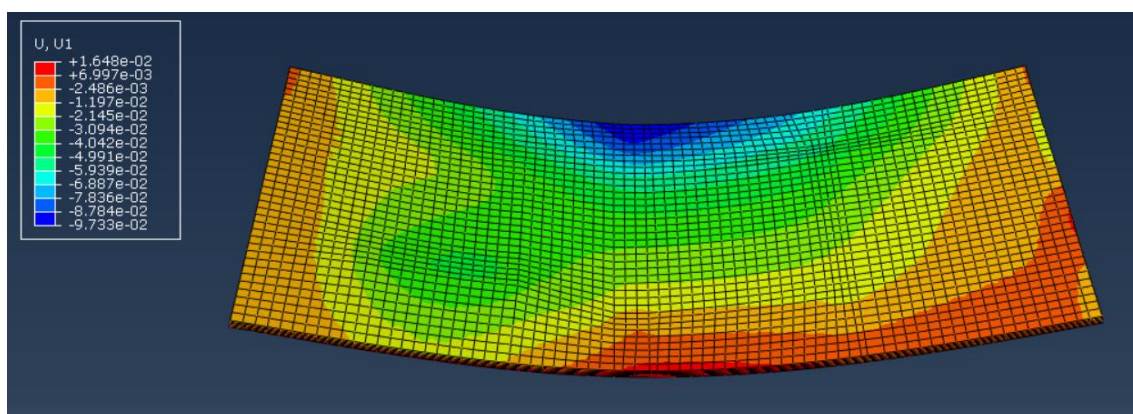


Figura 21: Deformaciones en XY en el core.

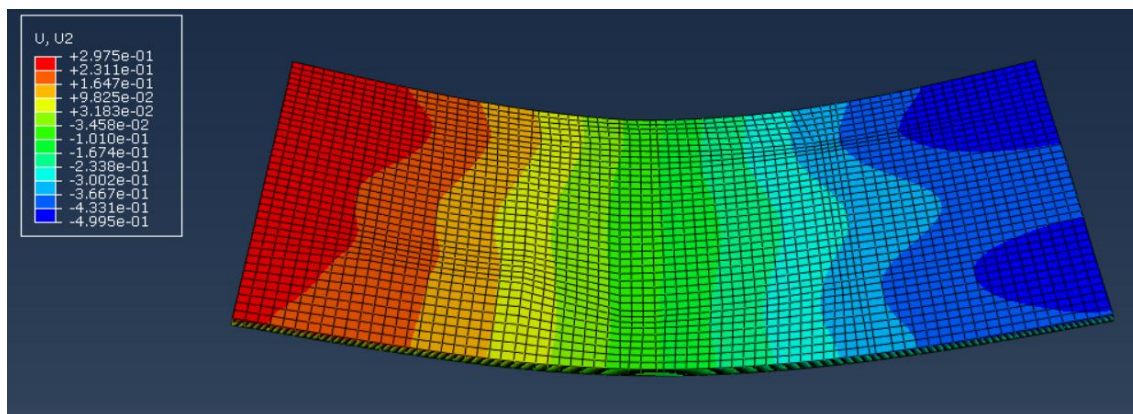


Figura 22: Desplazamientos en Y en el core.

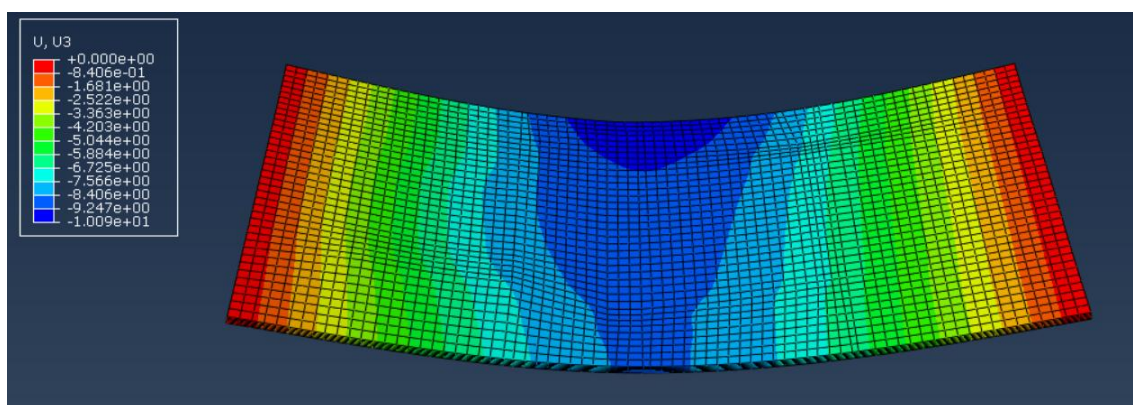


Figura 23: Desplazamientos en Z en el core.

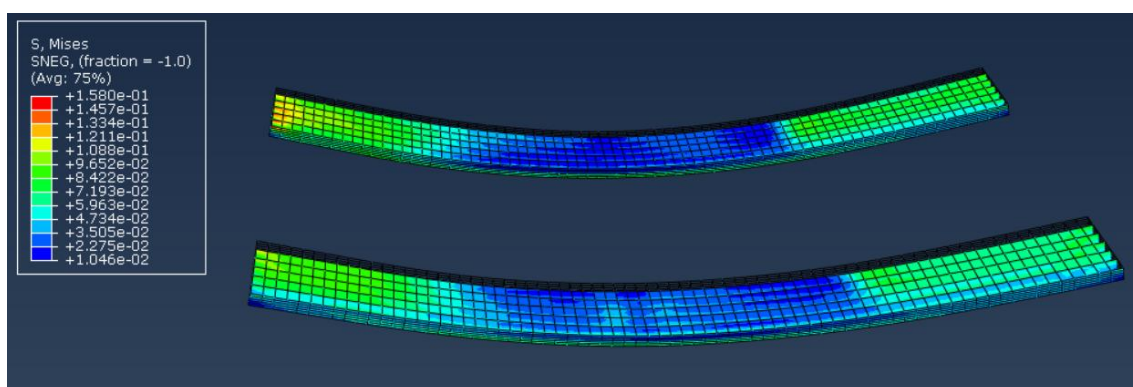


Figura 24: Tensiones de Von Mises en las barras.

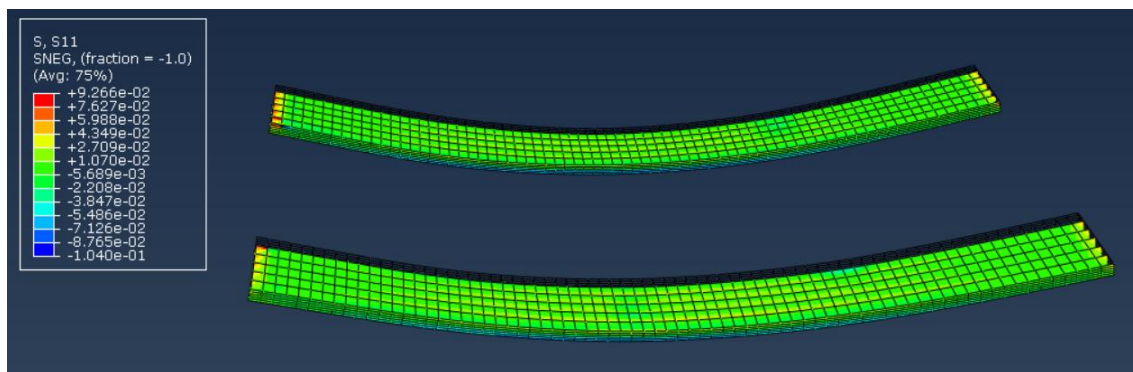


Figura 25: Tensiones en X en las barras.

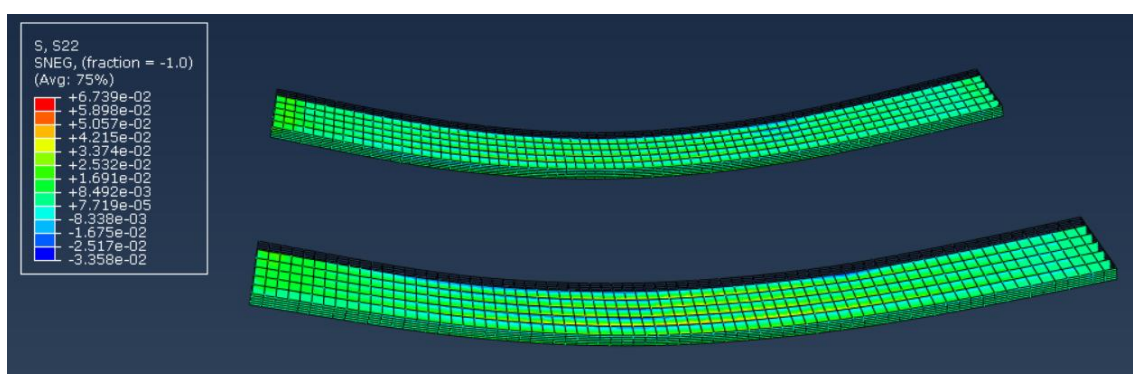


Figura 26: Tensiones en Y en las barras.

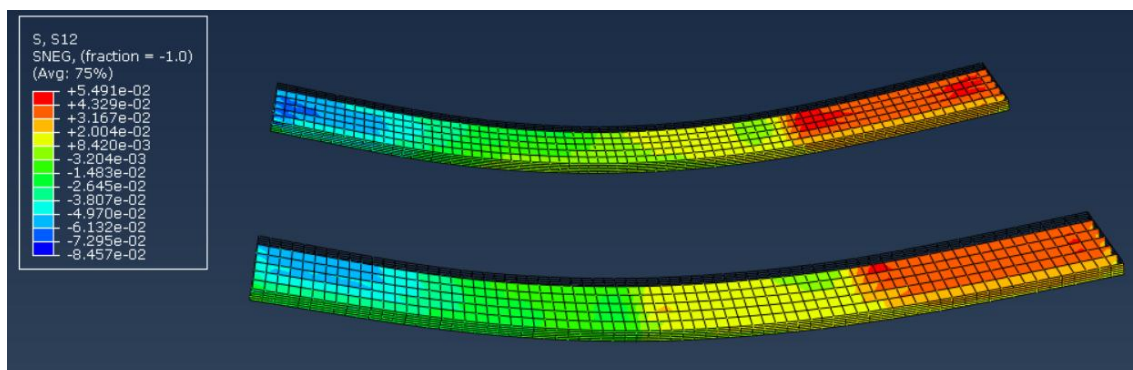


Figura 27: Tensiones en XY en las barras.



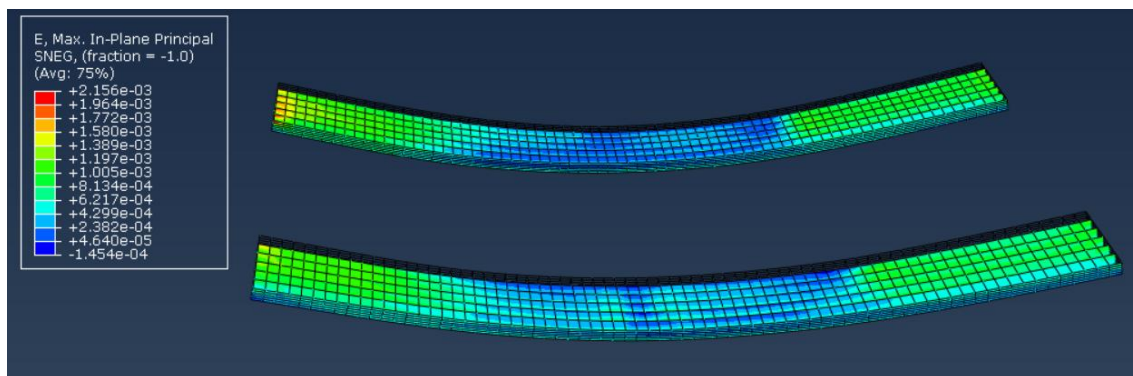


Figura 28: Deformaciones máximas en las barras.

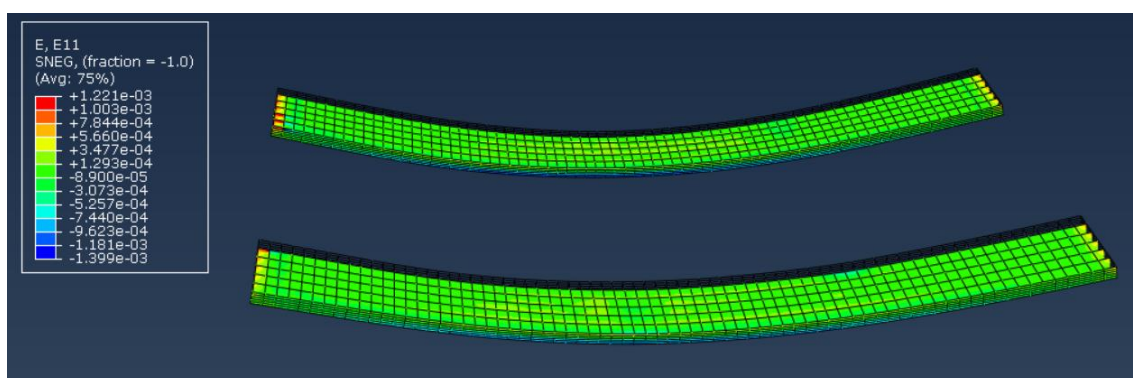


Figura 29: Deformaciones en X en las barras.

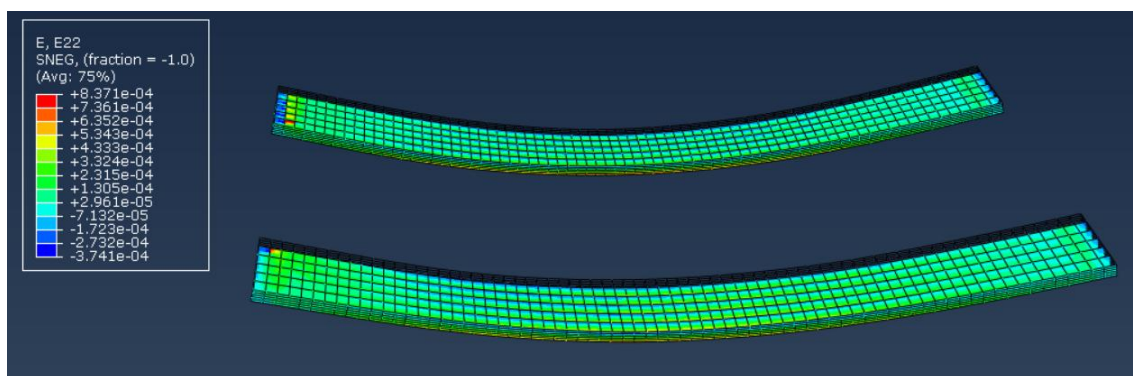


Figura 30: Deformaciones en Y en las barras.

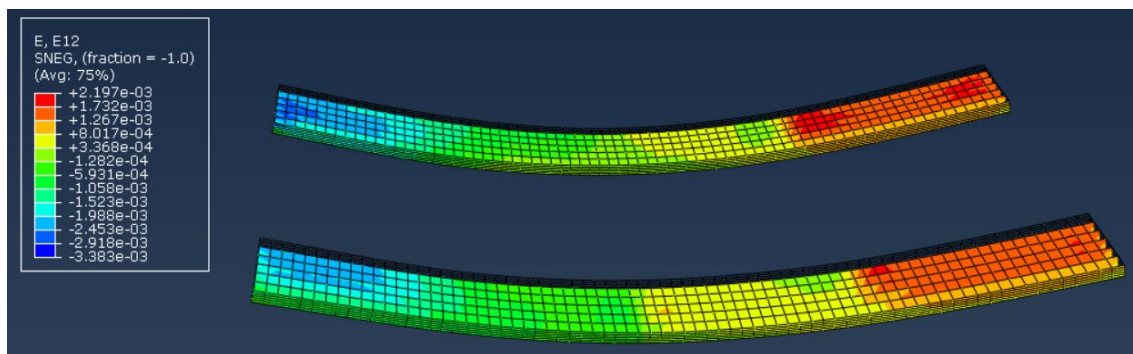


Figura 31: Deformaciones en XY en las barras.

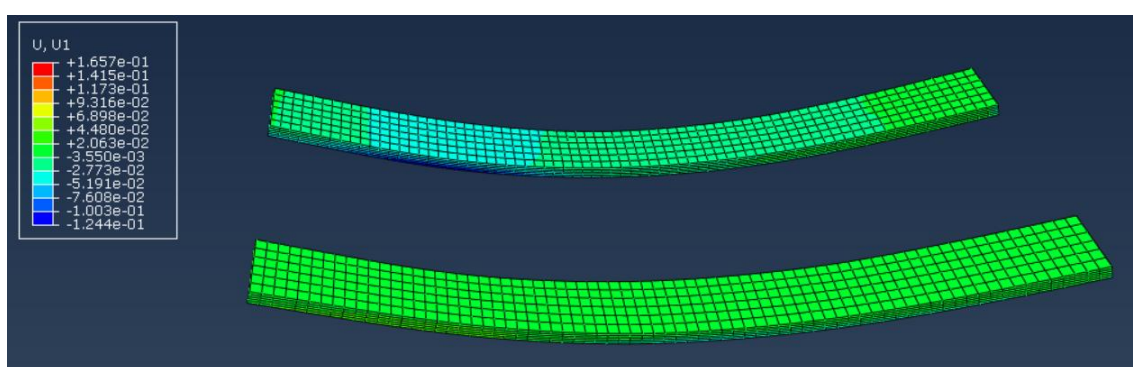


Figura 32: Desplazamientos en X en las barras.

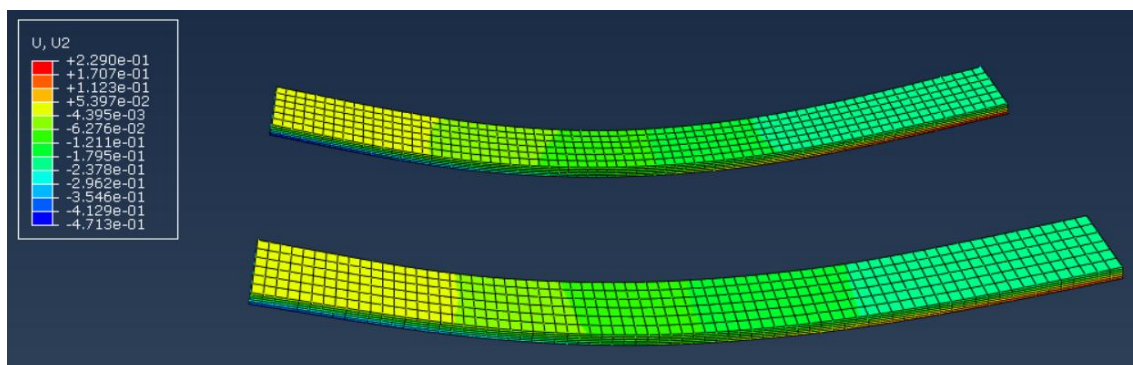


Figura 33: Desplazamientos en Y en las barras.

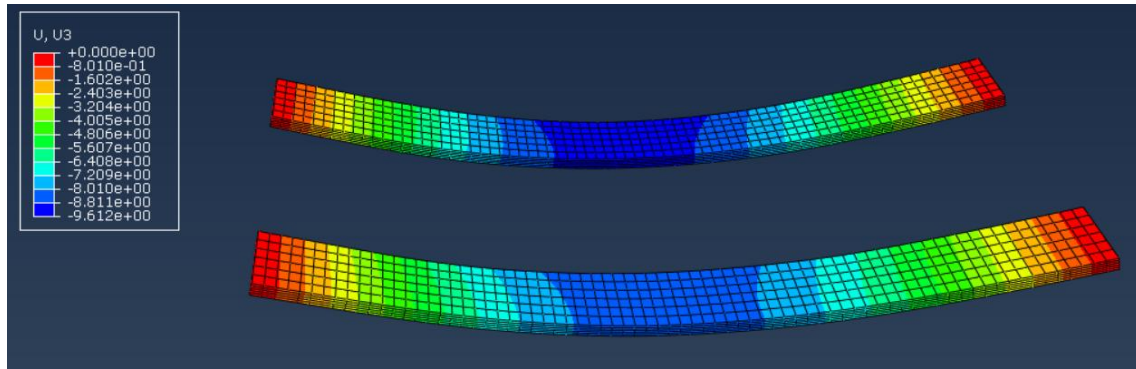


Figura 34: Desplazamientos en Z en las barras.

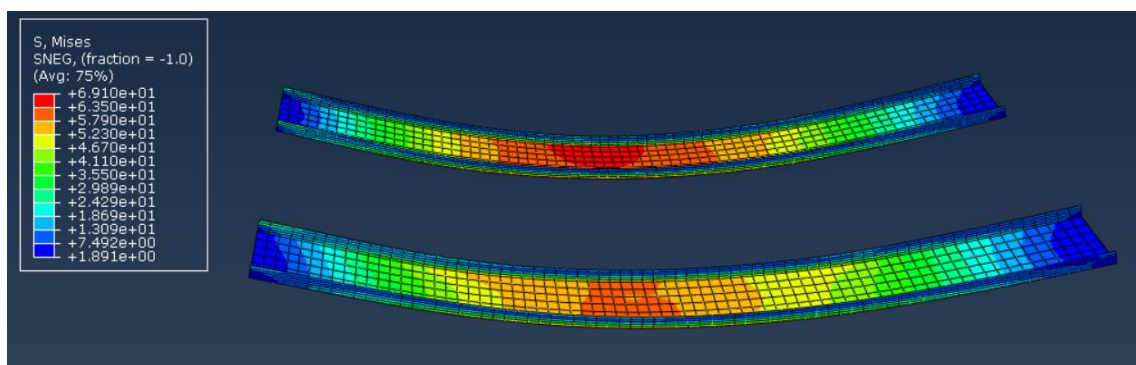


Figura 35: Tensiones de Von Mises en la fibra de carbono.

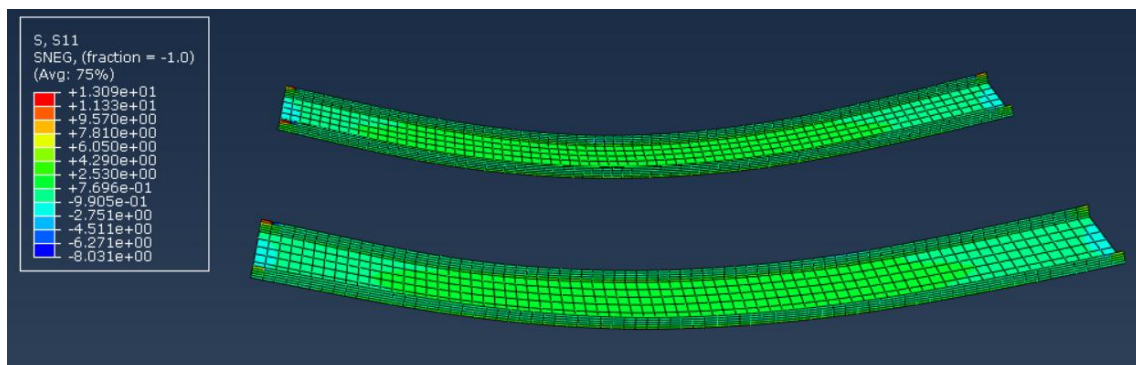


Figura 36: Tensiones en X en la fibra de carbono.



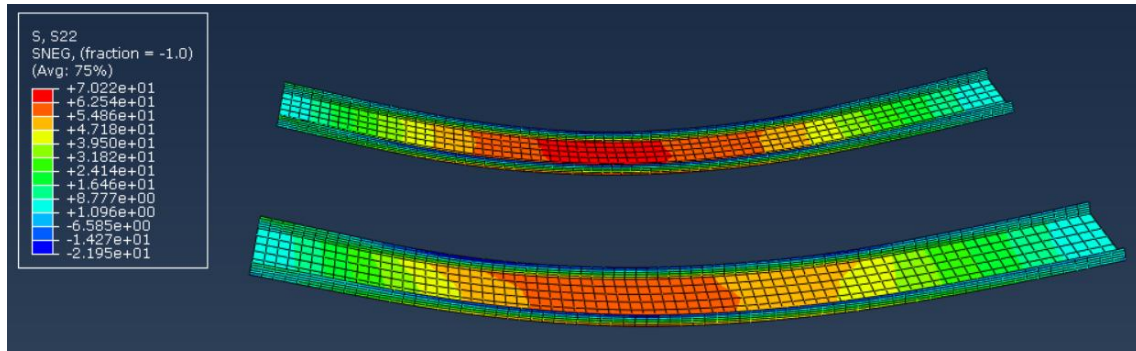


Figura 37: Tensiones en Y en la fibra de carbono.

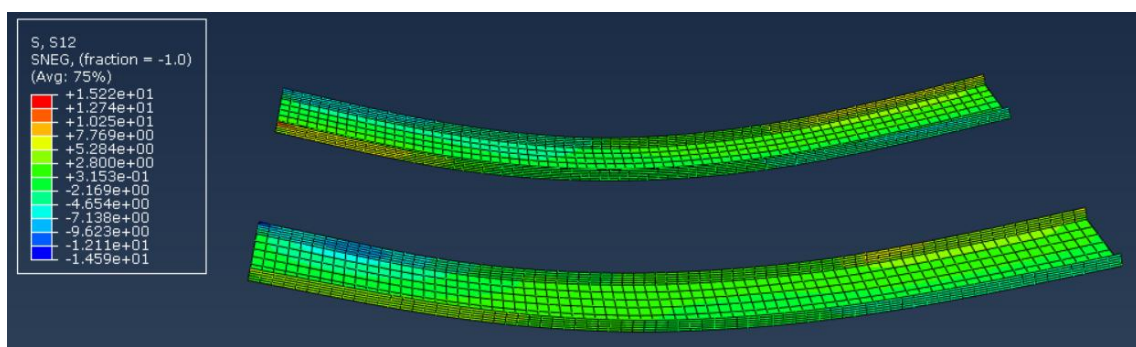


Figura 38: Tensiones en XY en la fibra de carbono.

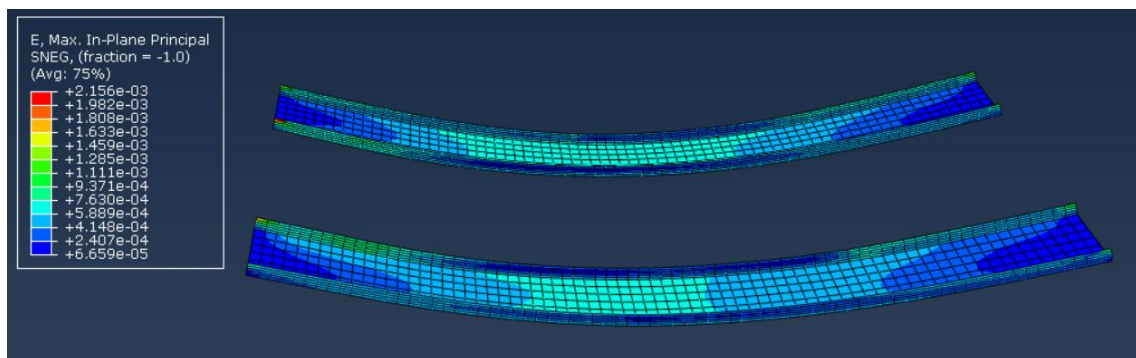


Figura 39: Deformaciones máximas en la fibra de carbono.

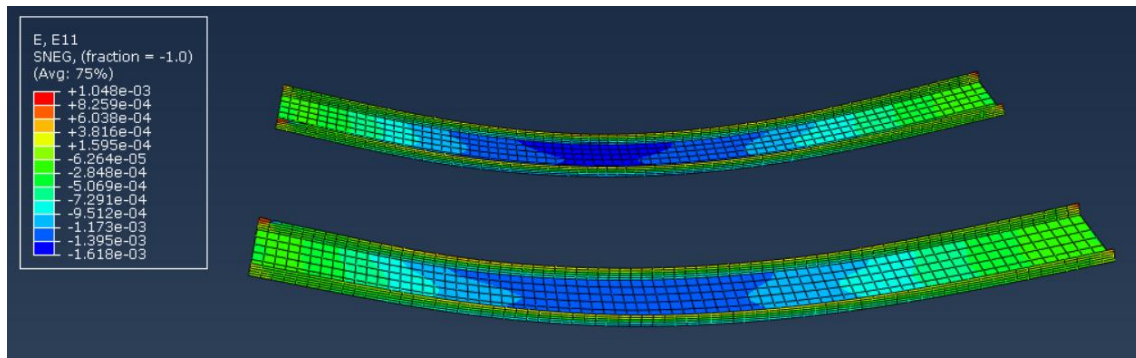


Figura 40: Deformaciones en X en la fibra de carbono.

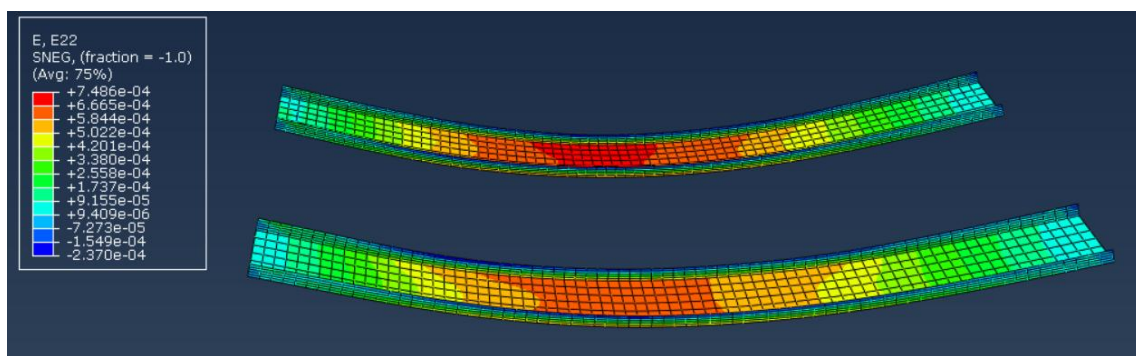


Figura 41: Deformaciones en Y en la fibra de carbono.

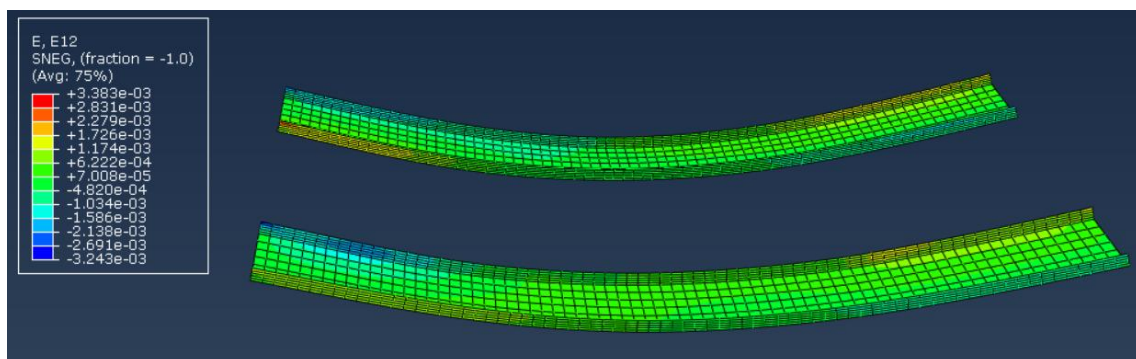


Figura 42: Deformaciones en XY en la fibra de carbono.

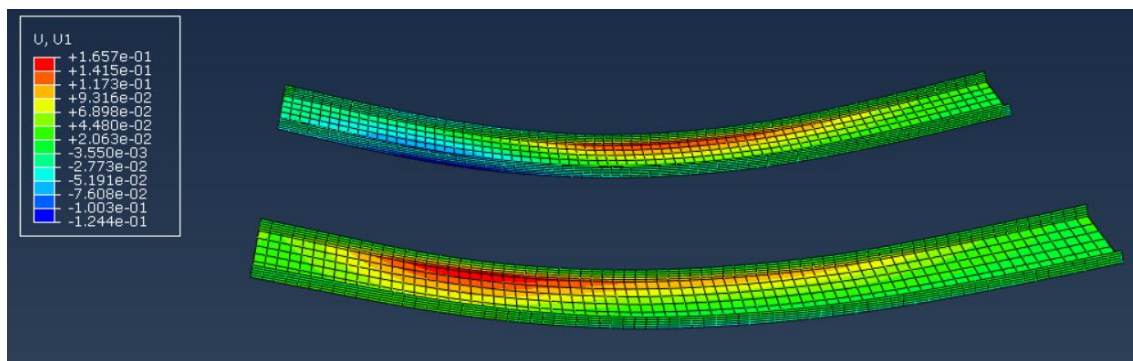


Figura 43: Desplazamientos en X en la fibra de carbono.

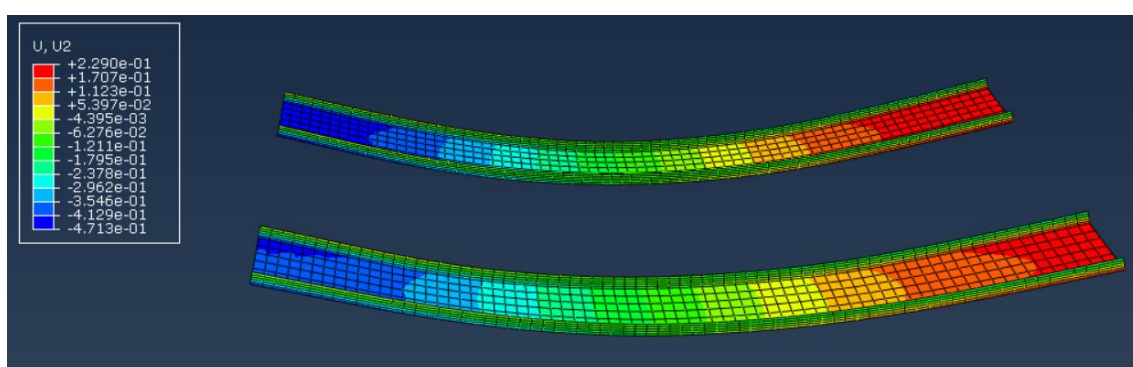


Figura 44: Desplazamientos en Y en la fibra de carbono.

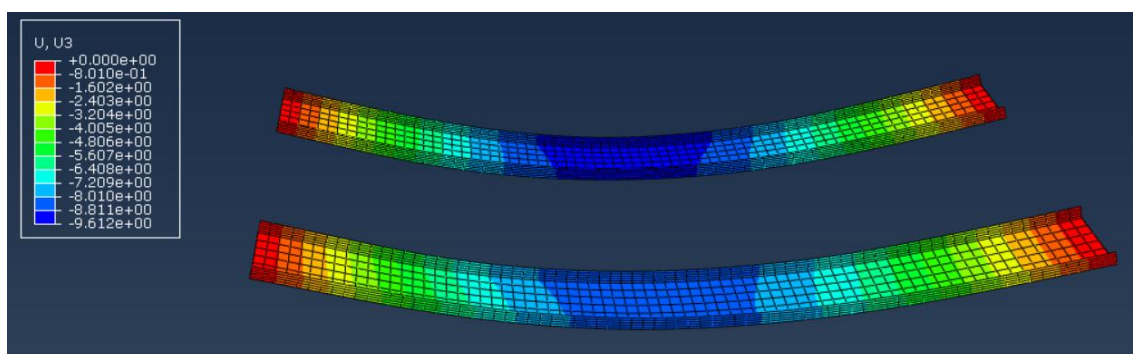


Figura 45: Desplazamientos en Z en la fibra de carbono.



## Anexo VII: Fichas técnicas de los materiales

## Technical Data Sheet

# Castropox<sup>®</sup> 1233 A/B1/B2/B3

**Characteristics** Low viscosity epoxy injection system with different pot lives

**Properties and Fields of Application** *Castropox 1233 A/B* is a low viscous epoxy system designed for injection technologies like RTM and SCRIMP. This epoxy system is suitable for the production of high performance laminates for the automotive industry, marine applications, wind mill rotor blades and sport equipment.  
Due to special hardeners the range of pot life is between approx. 0,5 and 4 h. The curing temperature is 6h @ 70°C, but higher curing temperature (80-120°C) is possible (e.g. 8h @ 80°C).  
The mixing viscosity is very low, but it may be lowered to 150 mPas by heating the resin up to 30°C. The resin system does not contain any non-reactive components. Therefore the processing under vacuum even at elevated temperatures is possible.

Typical Data	Property	Unit	Comp A	B1	B2	B3
	Viscosity @ 25°C	mPas	700-1000	10-30	10-30	10-30
	EEW	g/equiv.	165-175	-		
	Amine equivalent	g/equiv.	-	50	51	51
	Density @ 20°C	g/cm³	1.14-1.16	0,95-0,98	0,93-0,95	0,92-0,94
<b>Mixing Ratio</b>	Parts by Weight	pbw	100	30	30	30
<b>Typical System Properties</b>	Viscosity of Mixture @ 25°C	Pas		0,29 - 0,34	0,25 - 0,30	0,25 - 0,30
	Pot life (100g) Temp. 23-40°C	min		20	60	100
	Pot life (100g) Tecam	h		0,5	1,5-2,0	3-4
<b>Properties of Cured Resin</b>	Curing condition: 6 h @ 70 °C					
	Flexural Strength	MPa		110	103	101
	Tensile strength	MPa		69	62	58
	E-Modulus	Mpa		3900	3580	4810
	Tg (DSC mid point)	°C		92	81	74

**Shelf Life & Storage** Store this material in a clean, dry environment in its tightly closed original container. These products are not considered especially temperature or moisture sensitive, but should ideally be stored at temperatures between 18-25°C and kept from moisture contamination. Storage at lower temperatures could lead to crystallization and may require the application of heat to reverse. If the product appears crystalline or is thicker than normal when opened, heat for 4-6 hours at 65°C to re-liquefy prior to use. If the recommended storage conditions are observed the products will have a minimum shelf-life of 6 months from the date of shipment.

**Occupational Safety** Mandatory and recommended industrial hygiene procedures should be followed whenever these products are being handled and processed. For additional information please consult the corresponding material safety data sheets

**IMPORTANT:** The following supercedes Buyer's documents. **SELLER / MANUFACTURER MAKES NO REPRESENTATION OR WARRANTY, EXPRESS OR IMPLIED, INCLUDING OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE.** No statements herein are to be construed as inducements to infringe any relevant patent. Under no circumstances shall Seller / Manufacturer be liable for incidental, consequential or indirect damages for alleged negligence, breach of warranty, strict liability, tort or contract arising in with the product(s). Buyer's sole remedy and Seller's sole liability for any claims shall be Buyer's purchase price. Data and results presented are based on controlled or laboratory work and must be confirmed by Buyer by testing for its intended conditions of use. The product(s) has not been tested for, and is therefore not recommended for, uses for which prolonged contact with mucous membranes, abraded skin, or blood is intended; or for uses for which implantation within the human body is intended.

### RESINAS CASTRO S.L.

Pol. Ind. A Granxa, 3ª Paralela, C/ Cíes 190  
36400 O Porriño – Pontevedra – España  
Tlf. 986 342 953 / Fax: 986 342 520  
info@castrocomposites.com  
www.castrocomposites.com



## TECHNICAL DATA

# Divinycell H

## HIGH PERFORMANCE PVC CORE MATERIAL

Divinycell H provides excellent mechanical properties to low weight. The unique PVC chemical structure, yields impressive mechanical performance to a low weight. Divinycell H has been widely used and has a proven track record in virtually every application area where sandwich composites are employed including the marine (leisure, military and commercial), land transportation, wind energy, civil engineering/infrastructure and general industrial markets.

Divinycell H is ideal for applications subject to fatigue, slamming or impact loads. Other key features of Divinycell H include consistent high quality, excellent adhesion/peel strength, excellent chemical resistance, low water absorption and good thermal/acoustic insulation. Divinycell H is compatible with virtually all commonly used resin and manufacturing systems.

Divinycell PVC foams also feature very low resin uptake, enabling weight and cost saving.

## MECHANICAL PROPERTIES

Property	Test Procedure	Unit		H45	H60	H80	H100	H130	H160	H200	H250
Compressive Strength <sup>1</sup>	ASTM D 1621	MPa	Nominal	0.6	0.9	1.4	2.0	3.0	3.4	5.4	7.2
			Minimum	0.5	0.7	1.15	1.65	2.4	2.8	4.5	6.1
Compressive Modulus <sup>1</sup>	ASTM D1621-B-73	MPa	Nominal	50	70	90	135	170	200	310	400
			Minimum	45	60	80	115	145	175	265	350
Tensile Strength <sup>1</sup>	ASTM D 1623	MPa	Nominal	1.4	1.8	2.5	3.5	4.8	5.4	7.1	9.2
			Minimum	1.1	1.5	2.2	2.5	3.5	4.0	6.3	8.0
Tensile Modulus <sup>1</sup>	ASTM D 1623	MPa	Nominal	55	75	95	130	175	205	250	320
			Minimum	45	57	85	105	135	160	210	260
Shear Strength	ASTM C 273	MPa	Nominal	0.56	0.76	1.15	1.6	2.2	2.6	3.5	4.5
			Minimum	0.46	0.63	0.95	1.4	1.9	2.2	3.2	3.9
Shear Modulus	ASTM C 273	MPa	Nominal	15	20	27	35	50	60	73	97
			Minimum	12	16	23	28	40	50	65	81
Shear Strain	ASTM C 273	%	Nominal	12	20	30	40	40	40	45	45
Density	ISO 845	kg/m <sup>3</sup>	Nominal	48	60	80	100	130	160	200	250

All values measured at +23°C

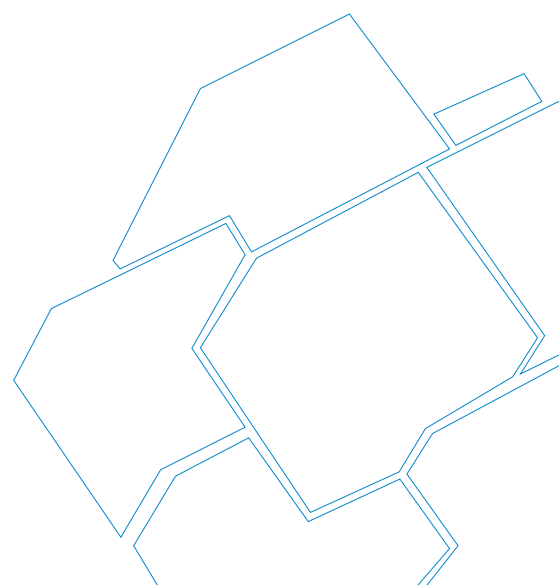
1. Properties measured perpendicular to the plane.

Nominal value is an average value of a mechanical property at nominal density.

Minimum value is a minimum guaranteed mechanical property a material has independently of density.

## PRODUCT CHARACTERISTICS

- Low water absorption
- Superior damage tolerance
- Fast and easy to process
- Good chemical resistance
- Excellent fatigue properties
- Low resin uptake
- Wide range of properties
- Provides excellent mechanical properties to a low weight
- Good temperature resistance





## TECHNICAL CHARACTERISTICS

Characteristics <sup>1</sup>	Unit	H45	H60	H80	H100	H130	H160	H200	H250	Test method
Density variation	%	+15/-10%	+15/-10%	+9/-16%	+15/-10%	+15/-10%	+15/-10%	+15/-10%	+16/-10%	-
Thermal conductivity <sup>2</sup>	W/(m·K)	0.028	0.029	0.031	0.033	0.036	0.040	0.044	0.049	EN 12667
Coeff. linear heat expansion	x10 <sup>-6</sup> /°C	40	40	40	40	40	40	40	40	ISO 4897
Heat Distortion Temperature	°C	+125	+125	+125	+125	+125	+125	+125	+125	DIN 53424
Continuous temp range	°C	-200/+70	-200/+70	-200/+70	-200/+70	-200/+70	-200/+70	-200/+70	-200/+70	-
Max process temp	°C	+90	+90	+90	+110	+110	+110	+110	+110	-
Dissipation factor	-	0.0002	0.0003	0.0005	0.0006	0.0009	0.0012	0.0015	0.0019	ASTM D 2520
Dielectric constant	-	1.05	1.06	1.09	1.11	1.15	1.18	1.23	1.29	ASTM D 2520
Poissons ratio <sup>3</sup>	-	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	D638-08

1. Typical values

2. Thermal conductivity at +20°C

3. Standard deviation is 0.045

The foam can be used in sandwich structures, for outdoor exposure, with external skin temperatures up to +85°C.

Maximum processing temperature is dependent on time, pressure, and process conditions. To confirm that Divinycell H is compatible with users particular processing parameters and for optimal design of applications used in high operating temperatures in combination with continuous load, please contact Diab Technical Services.

## DIMENSIONS

Format		Unit	H45	H60	H80	H100	H130	H160	H200	H250
Plain sheets	Length	mm	2440	2440	2440	2160	1960	1860	1730	1640
	Width	mm	1220	1220	1220	1070	970	915	850	800
GS sheet	Length	mm	1220	1220	1220	1080	980	930	865	-
	Width	mm	813	813	813	1070	970	915	850	-
GS sheet	Length	mm	1220	1220	1220	-	-	-	-	-
	Width	mm	1220	1220	1220	-	-	-	-	-

Tolerances	Unit	Length	Width	Thickness
Plain sheets	mm	-10/+6	-5/+6	-/+ 0.5

## STORAGE OF PRODUCT

The shelf life of Divinycell is unlimited when it is stored in its original package on ambient indoor storage conditions and protected against UV exposure.

**Divinycell H is type approved by:**




*Disclaimer:*

*This data sheet may be subject to revision and changes due to development and changes of the material. The data is derived from tests and experience. If not stated as minimum values, the data is average data and should be treated as such. Calculations should be verified by actual tests. The data is furnished without liability for the company and does not constitute a warranty or representation in respect of the material or its use. The company reserves the right to release new data sheets in replacement.*

*All content in this publication is protected by international copyright laws. Copyright © Diab November 2024.*

### Diab Group

Drottninggatan 7, 5th floor  
SE-252 21 Helsingborg, Sweden  
Tel +46 (0) 430 163 00  
E-mail: info@diabgroup.com

	<p>Ficha Técnica</p> <p>Technical data sheet</p>	<p><b>Resinas Castro S.L.</b>  Pol. Ind. A Granxa, C/Cíes  190, 36400 O Porriño,  Pontevedra, España  Tel.+34 986342953  Email : <a href="mailto:info@castrocomposites.com">info@castrocomposites.com</a></p>
---	--	---

**WR-500**

Tejido Roving 500 Gr/m<sup>2</sup>  
Woven Roving 500 Gr/m<sup>2</sup>

• Composición / Construction :	Urdimbre / Warp	Trama / Weft
1. Tipo de Hilo / T ype of Yarn 2. Densidad cm. / Density cm 3. Peso Gr/m <sup>2</sup> / Weight Gr/m <sup>2</sup> 4. % Peso / % Weight 5. Resistência tracción / Tensile Strength	1200 Tex 2,4 ±1% 288 ±5% 54,5 % 1440 N/ Cm.	1200 Tex 2 ±5% 240 ±5% 45,5 % 1200 N/Cm.
• Tejido / Weave :		
1. Tipo tejido / Type of weave 2. Anchos Estandar cm. / Standard Width cm.  3. Longitud Rollo / Roll Length 4. Presentación / Packing		Tafetán / Plain 10, 15 ,20 ,25,30,40,50,80,125 Anchos especiales de acuerdo con el cliente Especial Width according with a customer  80 Metros / Meters Palet de madera de 900 Kgs Aprox. Wooden pallet of 900 Kgs. Aprox.

## C-WEAVE™ 245T 3K HS

N° FICHE TECHNIQUE : CW 006 Number of datasheet/Technische Daten Nummer	Date d'émission Issue date/Datumssendung	08.12.11
	Indice de révision Inspection Index Überholungszahl	04 du 05.02.14

**Poids/Weight/Gewicht** 245 g/m<sup>2</sup> ± 4%

**Epaisseur indicative/Indicative Thickness/Indikative Dicke** 0,35 mm

### COMPONENTS / Bauelemente

**CHAINE/Warp/Kette** 6,1 ± 0,3 ends/cm FT300B 3K 40B  
**Matière/Substance/Stoff** Carbone/Carbon  
**Poids/Weight/Gewicht** 124 g/m<sup>2</sup> ± 4%

**TRAME/Weft/Schuss** 6,0 ± 0,3 picks/cm FT300B 3K 40B  
**Matière/Substance/Stoff** Carbone/Carbon  
**Poids/Weight/Gewicht** 121 g/m<sup>2</sup> ± 4%

**ARMURE/Weave/Bindung** SERGE 2/2 / Twill / Köper

**AUTRES COMPOSANTS**  
Other components/Andere Bauelemente

**OBSERVATIONS**