



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

*DISEÑO,  
DESARROLLO Y  
FABRICACIÓN DE  
SISTEMA DE  
FRENADO PARA  
VEHÍCULO DE BAJO  
CONSUMO*

---

**MEMORIA PRESENTADA POR:**  
*Alessandro Zenone Giménez*

GRADO DE *INGENIERÍA MECÁNICA*

Convocatoria de defensa: septiembre de 2020

## Resumen

En el presente proyecto se detalla el proceso seguido para diseñar, desarrollar y fabricar el nuevo sistema de frenado para el vehículo de bajo consumo del Campus de Alcoi de la UPV.

El actual sistema de frenado se activa mediante las manetas de bicicleta colocadas en el actual manillar del prototipo de equipo IDF Eco-marathon, el sistema se acciona con las manos. La normativa de la competición Shell Eco-marathon, en la que participa el vehículo, tiene nuevas reglas sobre la situación del sistema de frenado que el cumplir. Con este trabajo, se adapta el prototipo a las nuevas características de la normativa mediante la ayuda del programa Siemens NX Nastran.

## Summary

This project details the process followed to design, develop and manufacture the new braking system for the low-consumption vehicle of UPV Campus de Alcoi.

The current braking system is activated by the bicycle handles placed on the current handlebars of the prototype IDF Eco-marathon team; the system is hand operated. The regulations of the Shell Eco-marathon competition, in which the vehicle participates, has new rules on the status of the braking system that the prototype must comply with. With this project, the prototype is adapted to the new features of the regulations through the help of the Siemens NX Nastran software.

**Palabras clave:** Sistema de frenado, Fibra de carbono, Normativa, Prototipo, Maneta de freno

**Keywords:** Brake system, Carbon fiber, Regulation, Prototype, Brake lever

## **Agradecimientos**

Primero de todo, quería agradecer a mis padres, María José y Marco, toda la ayuda y el apoyo a lo largo de este trayecto para conseguir un sueño.

Agradecer a mi padre Marco por inculcarme esta gran pasión y enseñarme a ser trabajador.

Agradecer a mi madre María José enseñarme e inculcarme todos los valores por los que me rijo.

Agradecer a mi entera familia el apoyo incondicional prestado a lo largo de toda mi vida.

Agradecer a mi grupo scout todo el servicio prestado y todo lo que me han dado en valores y sentimientos.

Agradecer a todos mis amigos la muestra inigualable de amistad y compañerismo y por estar siempre ahí a pesar de la distancia.

Agradecer a todos los miembros del equipo IDF Eco-marathon, con los que he disfrutado grandísimos momentos y me han enseñado tanto, en especial a Jeffry, Andrés, Julio, Adrián, Daniel, Ismael y Matías

Un agradecimiento especial es para mi tutor y team mánager del equipo, Vicente Colomer, que ha me ha enseñado un mundo impresionante y ha sido como un padre para mí.

Finalmente, quería agradecer a dos personas que ya no están, mis dos abuelos Antonio y Gabriele, lo que han hecho por mí y todo lo que han enseñado e inculcado.

¡Muchas Gracias a todos!

Grazie mille a tutti!

## Tabla de contenido

|   |    |
|---|----|
| 1.- Introducción a la competición Shell Eco-marathon..... | 8  |
| 1.1.- Las clases de vehículos y las categorías .....      | 8  |
| 1.2.- Equipo UPV Eco-marathon.....                        | 11 |
| 2.- Antecedentes. Reglamento de la competición.....       | 13 |
| 2.1.- Estado del arte.....                                | 13 |
| 2.2.- Antecedentes.....                                   | 14 |
| 2.3.- Normas sobre el sistema de frenado.....             | 17 |
| 3.- Objeto del proyecto.....                              | 17 |
| 3.1.- Objetivos .....                                     | 17 |
| 3.2.- Condiciones técnicas.....                           | 18 |
| 4.- Materiales a utilizar .....                           | 19 |
| 4.1.- Fibra de carbono .....                              | 19 |
| 4.1.1.- Aplicaciones.....                                 | 22 |
| 4.2.- Honey .....   | 24 |
| 5.- Diseño del sistema y de los pedales .....             | 26 |
| 5.1.- Anclaje.....  | 26 |
| 5.2.- Soporte/pieza base .....                            | 30 |
| 5.3.- Pedales .....                                       | 31 |
| 6.- Conjunto completo y modos de unión.....               | 32 |
| 7.- Cálculo de fuerzas .....                              | 34 |
| 8.- Calculo y simulación .....                            | 37 |
| 8.1.- Software .....                                      | 37 |
| 8.2.- Anclaje.....  | 38 |
| 8.2.1.- Introducción de los materiales .....              | 39 |
| 8.2.2.- Mallado.....                                      | 39 |
| 8.2.3.- Laminado.....                                     | 48 |

|  |    |
|--|----|
| 8.2.4.- Simulació.....                             | 60 |
| 8.3.- Peça base / soporte .....                    | 65 |
| 8.3.1- Introducció de los materials .....          | 65 |
| 8.3.2- Mallado.....                                | 66 |
| 8.3.3.- Laminado.....                              | 69 |
| 8.3.4.- Simulació.....                             | 74 |
| 9.- Disseny de los moldes para la fabricació ..... | 81 |
| 10.- Fabricació .....                              | 82 |
| 11.- Conjunt complet.....                          | 83 |
| 12.- Pes.....                                      | 85 |
| 13.- Pressupost .....                              | 85 |
| 14.- Bibliografia.....                             | 85 |
| 15.- Plans .....                                   | 86 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 1: Foto inaugural Shell Eco-marathon Europe 2019 .....                                     | 8  |
| Figura 2: Concepto de prototipo.....  | 9  |
| Figura 3: Ejemplo de Urban-concept .....  | 9  |
| Figura 4: Medida del combustible tras una tanda .....   | 10 |
| Figura 5: Prototipo actual de equipo UPV Eco-marathon .....                                       | 11 |
| Figura 6: UPV Eco-marathon ganador de la Shell Eco-marathon Turkey 2018 .....                     | 12 |
| Figura 7: UPV Eco-marathon en la Shell Eco-marathon de 2019 .....                                 | 12 |
| Figura 8: Ejemplo freno de cantilever.....  | 13 |
| Figura 9: Ejemplo freno de disco .....  | 14 |
| Figura 10: Disco de freno Shimano DEORE XT SM-RT81 .....  | 15 |
| Figura 11: Disco de freno equipado en el coche.....   | 15 |
| Figura 12: Manillar actual de prototipo.....  | 16 |
| Figura 13: Pinza de freno equipada en el vehículo .....   | 16 |
| Figura 14: Fibra de carbono bidireccional .....   | 20 |
| Figura 15: Chasis McLaren MP4/1 de 1981.....  | 22 |
| Figura 16: Avión militar en fibra de carbono .....  | 22 |
| Figura 17: Palo de golf de fibra de carbono.....  | 23 |
| Figura 18: Raqueta de tenis de fibra de carbono .....   | 23 |
| Figura 19: Prepreg.....   | 24 |
| Figura 20: Honeycomb con forma de panal de abeja.....   | 24 |
| Figura 21: honeycomb con fibra de carbono.....  | 25 |
| Figura 22: Parte superior del anclaje .....   | 26 |
| Figura 23: Extrusión con ángulo de salida .....   | 27 |
| Figura 24: Extrusión inferior con ángulo de salida .....  | 27 |
| Figura 25: Sustracción de material .....  | 28 |
| Figura 26: Base del anclaje .....   | 28 |
| Figura 27: Anclaje.....   | 29 |
| Figura 28: Placa horizontal de pieza base.....  | 30 |
| Figura 29: Soporte/Pieza base .....   | 31 |
| Figura 30: Pedal unido a la maneta .....  | 32 |
| Figura 31: Norma DIN 912 .....  | 32 |
| Figura 32: Tornillos cabeza allen M4 .....  | 33 |
| Figura 33: Epoxi Loctite EA 9461 .....  | 33 |
| Figura 34: Conjunto completo .....  | 34 |
| Figura 35: Simulación de la carga .....   | 35 |
| Figura 36: Diagrama de fuerzas .....  | 36 |
| Figura 37: Logo de Siemens NX.....  | 37 |
| Figura 38: Cálculo mediante elementos finitos .....   | 37 |
| Figura 39: Opciones de cálculo .....  | 38 |
| Figura 40: Propiedades fibra de carbono bidireccional suministrada por el patrocinador Gurit..... | 39 |
| Figura 41: Distribución del mallado .....   | 40 |
| Figura 42: Mallado base del anclaje .....   | 40 |
| Figura 43: Mallado redondeo inferior .....  | 41 |
| Figura 44: Mallado redondeo inferior .....  | 41 |
| Figura 45: Mallado redondeo inferior .....  | 42 |
| Figura 46: Mallado redondeo inferior .....  | 42 |
| Figura 47: Mallado cara frontal y posterior con ángulo de salida .....                            | 43 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 48: Mallado cara frontal y posterior con ángulo de salida ..... | 43 |
| Figura 49: Mallado cara superior .....                                 | 44 |
| Figura 50: Calidad del mallado.....                                    | 44 |
| Figura 51: Características recolector de mallas .....                  | 45 |
| Figura 52: Propiedades laminado .....                                  | 45 |
| Figura 53: Datos asociados con la malla .....                          | 46 |
| Figura 54: Orientación de material del elemento .....                  | 46 |
| Figura 55: Orientación del material del elemento.....                  | 47 |
| Figura 56, Laminaciones creadas para la pieza.....                     | 48 |
| Figura 57: Modelador de laminación del laminado baseanclaje .....      | 48 |
| Figura 58: Drapeado laminado baseanclaje.....                          | 49 |
| Figura 59: Aplicación de las láminas .....                             | 49 |
| Figura 60: Comprobación laminado.....                                  | 50 |
| Figura 61: Modelador de laminación de redondeos longitudinales .....   | 50 |
| Figura 62: Drapeado laminado redondeos longitudinales inferiores ..... | 51 |
| Figura 63: Aplicación de las láminas .....                             | 51 |
| Figura 64: Modelador de laminación redondeos esquinas inferiores ..... | 52 |
| Figura 65: Drapeado laminados redondeos esquinas inferiores .....      | 52 |
| Figura 66: Aplicación de las láminas .....                             | 53 |
| Figura 67: Modelador de laminación caras con ángulo de salida.....     | 53 |
| Figura 68: Drapeado caras con ángulo de salida .....                   | 54 |
| Figura 69: Aplicación de las láminas .....                             | 54 |
| Figura 70: Aplicación de las láminas .....                             | 55 |
| Figura 71: Modelador de laminación redondeos esquinas superiores ..... | 55 |
| Figura 72: Drapeado redondear esquinas superiores .....                | 56 |
| Figura 73: Aplicación de las láminas .....                             | 56 |
| Figura 74: Modelador de laminación cara superior.....                  | 57 |
| Figura 75: Drapeado cara superior .....                                | 57 |
| Figura 76: Aplicación de las láminas .....                             | 58 |
| Figura 77: Cómputo de las zonas.....                                   | 58 |
| Figura 78: Restricciones anclaje.....                                  | 60 |
| Figura 79: Aplicación de la fuerza ejercida por el pie .....           | 60 |
| Figura 80: Aplicación del momento .....                                | 61 |
| Figura 81: Desplazamiento del anclaje .....                            | 61 |
| Figura 82: Fuerzas de reacción .....                                   | 62 |
| Figura 83: Patrón baseanclaje.....                                     | 62 |
| Figura 84: Patrón redondeo longitudinal frontal y posterior .....      | 63 |
| Figura 85: Patrón longitudinal de los laterales .....                  | 63 |
| Figura 86: Patrón redondeos esquinas inferiores.....                   | 63 |
| Figura 87: Patrón caras con ángulo de salida frontal y posterior.....  | 63 |
| Figura 88: Patrón caras ángulo de salida laterales .....               | 63 |
| Figura 89: Patrón redondeos esquinas superiores .....                  | 64 |
| Figura 90: Patrón cara superior .....                                  | 64 |
| Figura 91: Propiedades fibra de carbono bidireccional .....            | 65 |
| Figura 92: Propiedades honey ECA-R4.8-64 HONEYCOMB PAPEL .....         | 66 |
| Figura 93: Laminaciones creadas para a pieza.....                      | 66 |
| Figura 94: Distribución del mallado .....                              | 67 |
| Figura 95: Mallado pared izquierda .....                               | 67 |
| Figura 96: Mallado placa horizontal .....                              | 68 |
| Figura 97: Mallado pared derecha.....                                  | 68 |
| Figura 98: Calidad del mallado.....                                    | 69 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 99: Modelador de laminación pared izquierda.....    | 69 |
| Figura 100: Drapeado pared izquierda .....                 | 70 |
| Figura 101: Aplicación de las láminas .....                | 70 |
| Figura 102: Modelador de laminación pared derecha .....    | 71 |
| Figura 103: Drapeado pared derecha .....                   | 71 |
| Figura 104: Aplicación de las láminas .....                | 72 |
| Figura 105: Modelador de laminación placa horizontal ..... | 72 |
| Figura 106: Drapeado placa horizontal.....                 | 73 |
| Figura 107: Aplicación de las láminas .....                | 73 |
| Figura 108: Cómputo de zonas .....                         | 74 |
| Figura 109: Orientación del material del elemento.....     | 75 |
| Figura 110: Restricciones del soporte.....                 | 75 |
| Figura 111: Fuerzas de reacción en el eje X.....           | 76 |
| Figura 112: Fuerzas de reacción en el eje Y.....           | 76 |
| Figura 113: Fuerzas de reacción en eje Z.....              | 77 |
| Figura 114: Aplicación de la carga en el eje X.....        | 77 |
| Figura 115: Aplicación de la carga en el eje Y.....        | 78 |
| Figura 116: Aplicación de la carga en el eje Z.....        | 78 |
| Figura 117: Desplazamiento generado en el soporte.....     | 79 |
| Figura 118: Fuerzas de reacción del soporte .....          | 79 |
| Figura 119: Patrón pared izquierda .....                   | 80 |
| Figura 120: Patrón pared derecha .....                     | 80 |
| Figura 121: Patrón placa horizontal.....                   | 80 |
| Figura 122: Molde del anclaje.....                         | 81 |
| Figura 123: Molde del anclaje.....                         | 81 |
| Figura 124: Alzado sistema de frenado .....                | 83 |
| Figura 125: Sistema de frenado .....                       | 84 |
| Figura 126: Sistema de frenado .....                       | 84 |
| Figura 127: Sistema de frenado .....                       | 84 |



## 1.- Introducci3n a la competici3n Shell Eco-marathon

La Shell Eco-marathon es una competici3n a nivel mundial que se celebra anualmente, en la cual participan estudiantes de institutos y universidades de todo el mundo. En la competici3n los estudiantes est3n retados a dise1nar, fabricar y pilotar un veh3culo eficiente energ3ticamente. La competici3n, organizada y patrocinada por la petrolera neerlandesa Shell, es una de las mayores expresiones de b3squeda de los l3mites de la eficiencia energ3tica inspirando a j3venes estudiantes a ello promoviendo un aprendizaje complementario al grado estudiado.



Figura 1: Foto inaugural Shell Eco-marathon Europe 2019

### *1.1.- Las clases de veh3culos y las categor3as*

La competici3n posee dos tipos de clases de veh3culos de veh3culos.

Por un lado, existen los prototipos. Son veh3culos de tres ruedas que tiene como objetivo ser ultra eficientes. Por ello, son prototipos con un peso muy reducido, suelen ser bastante aerodin3micos y tiene unas peculiares caracter3sticas.



Figura 2: Concepto de prototipo

Por otro lado, se encuentran los Urban-concept. Son vehículos que poseen una forma similar a un coche común de carretera. Son vehículos monoplazas que tienen licencia para poder circular por la calle. No tienen el nivel de eficiencia de los prototipos, pero siguen siendo muy eficientes y más veloces.



Figura 3: Ejemplo de Urban-concept

Las dos clases de vehículos participan según el tipo de combustible en la categoría correspondiente. Dichas categorías son:

- Gasolina
- Etanol
- Diesel
- Eléctricos alimentados con baterías
- Alimentado con células de hidrogeno

Para realizar una marca clasificatoria cada vehículo de recorre alrededor de un circuito una cantidad de vueltas establecidas por la competición dentro de un tiempo determinado que no podrá exceder. Tras la tanda clasificatoria los técnicos de la competición miden la cantidad de combustible consumido para realizar el cálculo, mediante una ecuación, de kilómetros por litro recorrería el vehículo. Los combustibles utilizados tienen un poder calorífico diferente por lo que para equiparar las marcas se extrapolan las marcas a gasolina y generar una clasificación global.



*Figura 4: Medida del combustible tras una tanda*

## ***1.2.- Equipo UPV Eco-marathon***

El equipo UPV Eco-marathon del Campus de Alcoy de la UPV participa en la competición Shell Eco-marathon con un prototipo que participa en la categoría de etanol. Los componentes internos del vehículo han sido diseñados por los integrantes del equipo. El prototipo es un monocasco de fibra de carbono con unas óptimas características de rigidez y aerodinámica gracias a su construcción, la caja situada entre las ruedas frontales del prototipo y el panel ignífugo colocado entre el piloto y el motor. Dicho monocasco es una optimización del anterior.

El prototipo está propulsado por un motor comercial de baja cilindrada de 35 centímetros cúbicos de la marca Honda. Se han realizado las modificaciones pertinentes en el grupo y en el bloque del motor para aumentar la relación de compresión y, de esta manera, se ha logrado reducir el consumo de etanol y aumentarla eficiencia del vehículo. La energía generada por el motor se transfiere a la rueda motriz mediante una transmisión por cadena. En el caso de nuestro prototipo, cuenta con un manillar que sustituye al volante común que favorece el pilotaje del vehículo.



*Figura 5: Prototipo actual de equipo UPV Eco-marathon*

A lo largo de sus 15 años de historia, nuestro equipo ha logrado grandes resultados obteniendo primeras posiciones en diversas competiciones y en categoría de etanol. Se ha conseguido un récord máximo de 1294 Km/L de combustible.



Figura 6: UPV Eco-marathon ganador de la Shell Eco-marathon Turkey 2018

Se buscará mejorar las prestaciones del prototipo mediante las incorporaciones de nuevos componentes juntos a la mejora de los actuales y batir el récord histórico del equipo y los resultados obtenidos en las competiciones.



Figura 7: UPV Eco-marathon en la Shell Eco-marathon de 2019

## 2.- Antecedentes. Reglamento de la competición.

### 2.1.- Estado del arte

Los frenos son unos componentes esenciales en la eficacia y seguridad de los vehículos. Se trata de un elemento de seguridad activa que reducen la velocidad del vehículo. Consiste en un sistema que aplica un rozamiento mecánico a las partes que se encuentran en movimiento giratorio solidario a las ruedas que disipa energía cinética y la transforma en calor, disminuyendo de esta manera la velocidad o deteniendo el vehículo.

En la actualidad existen dos tipos de frenos que se aplican en los vehículos, los frenos de disco y los frenos de tambor.

- Los frenos de tambor consisten en la fricción generada por dos zapatas que se presionan contra una superficie interior de un tambor que gira solidario al vehículo. Fueron los frenos más utilizados antiguamente.
- Los frenos de disco son un concepto más reciente, que su funcionamiento consiste en la aplicación de la fuerza de fricción mediante la presión ejercida por unos ferodos, situados en el interior de una pieza de freno, sobre las caras laterales de un disco freno metálico que gira solidario a la rueda. Suponen grandes mejoras respecto a los frenos de tambor ya que disipan de forma más eficiente el calor generado por la fricción que se traduce en un mejor rendimiento y eficacia del sistema de frenado. Se suelen integrar dentro de un sistema hidráulico.

En el caso de las bicicletas, los sistemas más utilizados son los frenos de cáliper o los frenos de cantilever y los frenos de disco.

- Los frenos de cáliper o cantilever son aquellos que se fijan a la horquilla de la bicicleta mediante tornillos. Se proveen de unos brazos que se extienden hasta la llanta de la rueda donde se sitúan unas zapatas que ejercen presión sobre dicha llanta.



Figura 8: Ejemplo freno de cantilever

- Los frenos de disco de bicicleta poseen el mismo funcionamiento que el de un coche, pero su tamaño es más reducido. Ejercen mayor fuerza de frenado y tiene un rendimiento superior a a lo frenos de cáliper o los de cantilever.



Figura 9: Ejemplo freno de disco

## ***2.2.- Antecedentes***

En la actualidad, El prototipo del equipo UPV Eco-marathon cuenta con un sistema de frenado compuesto por componente de freno de disco de bicicleta. En cada una de las tres ruedas del vehículo se encuentre un disco de freno de bicicleta. Se utiliza este tipo de componentes en virtud de su simpleza y su reducido peso.

Los discos de freno equipados actualmente en el prototipo son los Shimano DEORE XT SM-RT81 de 160 milímetros de diámetro. Cuentan con la aplicación ICE TECHNOLOGIES gracias a la cual se disipa mejor el calor generado por a fuerza de frenado y aumenta el rendimiento

y la eficacia del disco. A su vez, también aumenta la vida útil del disco. Para su fácil montaje y mantenimiento cuenta con el sistema CENTER LOCK. Con esta configuración el peso del disco es de 122 gramos.



Figura 10: Disco de freno Shimano DEORE XT SM-RT81

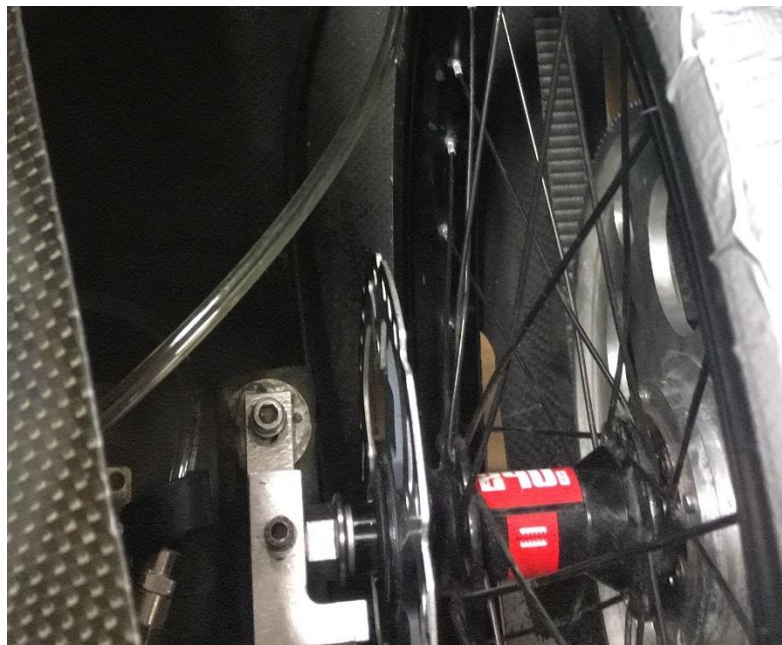


Figura 11: Disco de freno equipado en el coche



Se trata de un sistema hidráulico que funciona con aceite mineral que discurre desde las manetas, que es la encargada de accionar el sistema, hasta las pinzas de freno mediante los latiguillos donde se aloja el aceite mineral.

Las manetas se ubican en el manillar del vehículo y son accionadas con las manos. Esta es su posición natural debido a que en las manos poseemos una gran sensibilidad y, de este modo se controla de manera excelente la fuerza de frenado que se quiere ejercer. Se deben situar horizontalmente para su correcto funcionamiento.



*Figura 12: Manillar actual de prototipo*



*Figura 13: Pinza de freno equipada en el vehículo*

## ***2.3.- Normas sobre el sistema de frenado***

El reglamento de la competición impone a los participantes de normas sobre el diseño y construcción del prototipo y la seguridad de este y, más concretamente, sobre el sistema de frenos que deberán superar las pruebas técnicas previas a la competición para que el vehículo pueda salir a pista.

En el año 2020 se han modificado la normativa sobre el sistema de frenado, haciéndola más exigente respecto a los años anteriores:

Artículo 43: Frenado

- a) Los vehículos deben tener dos sistemas de hidráulicos de frenado, uno para cada eje. Los frenos que actúan directamente sobre las ruedas no se permiten.
  1. Los frenos delanteros deberán poseer un solo pedal accionado por el pie del piloto que controle las ruedas delanteras.
  2. Los/el freno(s) traseros deberán tener una única palanca unida al volante o un solo pedal que controlen la/s ruedas traseras
  3. Se permiten un máximo de dos cilindros para cada, peor deben actuar en un único circuito hidráulico para garantizar el equilibrio adecuado entre la rueda izquierda y la derecha. No está permitido el uso de un cilindro para cada rueda.
  4. Debe ser posible activar los dos sistemas de frenado al mismo tiempo sin separar ninguna de las dos manos del volante
- b) La eficacia de los sistemas de frenado se comprobará durante las inspecciones técnicas previas a la competición. El vehículo se colocará en una plataforma con 20 grados de inclinación con el piloto en su interior. Cada sistema se activará por separado y cada uno de ellos debe mantener el vehículo inmóvil.
- c) Durante las tandas de entrenamientos y en las tandas de competición los frenos deben estar protegidos de cualquier ajuste o modificación que el piloto pueda realizar sobre ellos. La eficiencia de la protección de los frenos será evaluada en las inspecciones técnicas y cada vez que él vaya a entrar a pista. Como adición, se controlarán lo vehículos después de cada tanda. Si algún sistema se ha visto comprometido por algún cambio esa tanda será invalidada y el equipo puede ser penalizado por los comisarios.

## **3.- Objeto del proyecto**

### ***3.1.- Objetivos***

El presente proyecto se centrará en el diseño y desarrollo de los soportes de las manetas de freno para su funcionamiento como un pedal y su posicionamiento variable para el prototipo del equipo UPV Eco-marathon. A su vez, se diseñará una pieza posea forma de pedal con el fin del correcto accionamiento de las manetas. En adición, se hará un estudio de la modificación de los restante componentes de los sistemas de frenado.

Es un trabajo que debe su realización al cambio de normativa respecto al sistema de frenado de la competición Shell Eco-marathon en la cual participa el prototipo.

### ***3.2- Condiciones técnicas***

A continuación, se exponen las condiciones técnicas por las cuales se deben regir el diseño y desarrollo de las piezas a realizar:

- El diseño del conjunto soporte-pedal se debe ajustar al apartado del sistema de frenado de la normativa de la competición.
- Tanto los frenos del eje delantero como freno del eje trasero se accionarán mediante un pedal colocado en la posición de los pies del piloto.
- Los dos ejes de frenado del prototipo funcionarán por medio de dos sistemas hidráulicos independientes.
- El desarrollo de los soportes y de los pedales se realizarán con el uso de fibra de carbono debido a las grandes características de este material y su reducido peso.
- Dede ser un sistema regulable en el eje longitudinal para poder adaptarse a la altura de cada piloto.
- Deberán resistir la agrupación de cargas generadas por el piloto.

## 4.- Materiales a utilizar

El desarrollo de las piezas se va a realizar en un material compuesto que es fibra de carbono con la incorporación en diversas zonas de honey.

### 4.1- Fibra de carbono

La fibra de carbono es un material muy apreciado que se ha llamado la atención desde su creación. Proviene de una reacción química en la que influye un precursor. Lo forman átomos de carbono que se entrelazan entre sí formando configuraciones hexagonales crean finísimas hebras que tienen de 5 a 10 micrómetros de diámetro. Estas configuraciones hexagonales se disponen de forma aleatoria, al contrario de otros materiales. Esta característica es la que proporciona a este material un gran resistencia y rigidez. Gracias a su reducida densidad se consigue que este material tenga una ligereza sorprendente; esto sucede a causa de que para formar una única fibra se necesitan miles de filamentos. Esta peculiaridad la hace muy atractiva a la hora de utilizarla en lugar de otros materiales como pueden ser el acero o el aluminio. Además, resiste excelentemente la corrosión y otros agentes externos, es un conductor térmico y no le afectan los cambios de temperatura. Cabe destacar que la fibra de carbono posee un módulo de resistencia muy elevado y cuentan con una alta resistencia a la tracción.

Tiene un elevado coste ya que su proceso de fabricación es laborioso y complicado. Es preciso mencionar que cada fabricante tiene unas particularidades a la hora de crear fibra de carbono y esto influye en las propias características en el resultado de la fabricación.

La densidad y la ligereza de la fibra de carbono no es única. Según la cantidad de filamentos que se aplican en la fabricación de la fibra están diferentes tipos de fibra. Estos tipos de fibra son 1k, 3k, 6k, 12k, 18k y 24 k.

Otra clasificación implica la orientación de las fibras:

- Unidireccional: en este tipo de fibra de carbono las fibras discurren en una única dirección. Esto restringe sus grandes cualidades a una sola dirección. Se pueden alternar las fibras para conseguir unas propiedades uniformes en todas las direcciones.
- Bidireccional: en esta fibra de carbono las fibras se distribuyen en varias direcciones. Esto genera una ventaja sobre la unidireccional si se van a aplicar esfuerzos en diferentes direcciones de la fibra.

En el caso de este proyecto se va a aplicar solamente esta clase de fibras que van a ser suministradas por la empresa patrocinadora del equipo



*Figura 14: Fibra de carbono bidireccional*

Estas son las características de la fibra de carbono unidireccional y bidireccional cedidas por el patrocinador del equipo Gurit.

| <b>Material Mechanical Properties</b>    |                   | <b>SE84LV / UD HEC300</b> | <b>SE84LV / RC200T</b>     |
|--|-------------------|---------------------------|----------------------------|
|  |                   | <b>Unidirectional</b>     | <b>Balanced woven 0/90</b> |
| Material name                            |                   |                           |                            |
| Material type                            |                   |                           |                            |
| Fibre Volume Fraction                    |                   | 0,56                      | 0,51                       |
| m  | Units             |                           |                            |
| Longitudinal Tensile Modulus             | N/mm <sup>2</sup> | 130330                    | 62450                      |
| Longitudinal Tensile Strength            | N/mm <sup>2</sup> | 1433,6                    | 593,3                      |
| Longitudinal Compressive Modulus         | N/mm <sup>2</sup> | 122350                    | 61200                      |
| Longitudinal Compressive Strength        | N/mm <sup>2</sup> | 1003,3                    | 489,6                      |
| <b>Transverse PROPERTY</b>               |                   |                           |                            |
| Transverse Tensile Modulus               | N/mm <sup>2</sup> | 7220                      | 62450                      |
| Transverse Tensile Strength              | N/mm <sup>2</sup> | 32,5                      | 593,3                      |
| Transverse Compressive Modulus           | N/mm <sup>2</sup> | 7220                      | 61200                      |
| Transverse Compressive Strength          | N/mm <sup>2</sup> | 108,3                     | 489,6                      |
| <b>SHEAR PROPERTIES</b>                  |                   |                           |                            |
| InterLaminar Shear Modulus               | N/mm <sup>2</sup> | 4230                      | 3710                       |
| InterLaminar Shear Strength              | N/mm <sup>2</sup> | 76,1                      | 55,7                       |
| In-Plane Shear Modulus                   | N/mm <sup>2</sup> | 4230                      | 4081                       |
| In-Plane Shear Strength                  | N/mm <sup>2</sup> | 76,1                      | 68,2                       |
| Poissons Ratio (Longitudinal Strain)     |                   | 0,337                     | 0,037                      |
| Poissons Ratio (Transverse Strain)       |                   | 0,018                     | 0,037                      |
| Longitudinal Coeff. of Thermal Expansion | 10-6/°K           | 0,57                      | 2,72                       |
| Transverse Coeff. of Thermal Expansion   | 10-6/°K           | 35,10                     | 2,72                       |
| Density                                  | kg/m <sup>3</sup> | 1514                      | 1485                       |
| Structural Ply Thickness                 | mm                | 0,30                      | 0,22                       |
| Actual Ply Weight                        | g/m <sup>2</sup>  | 454                       | 324                        |
| <b>DERIVED SHEAR PROPERTIES @ ±45°</b>   |                   |                           |                            |
| Shear material name:                     |                   | 2xUCHE300 SE84@+/-45°     | 1 x RC200 SE84@ ±45°       |
| Axial modulus with fibres @±45°          | N/mm <sup>2</sup> | 15079                     | 14483                      |
| Shear modulus with fibres @45°           | N/mm <sup>2</sup> | 32216                     | 29805                      |
| Poisson's ratio with fibres @±45°        |                   | 0,782                     | 0,774                      |
| Shear thickness                          | mm                | 0,60                      | 0,22                       |

**Notes for mechanical properties:**

All properties are given in the fibre direction.

(For biaxials this may be at ±45° to the roll direction)

#### 4.1.1- Aplicaciones

Es un material novedoso, que en virtud de sus características se aplica en una gran variedad de campos. Se utiliza en la fabricación de barcos, en la industria aeronáutica, algunas piezas de aviones, bicicletas, cascos de competición, cañas de pescar, en la industria automovilística, llantas de bicicleta, raquetas de tenis, palos de golf.

Una de las primeras aplicaciones de la fibra de carbono fue en la industria automovilística, más concretamente en la competición de la Formula 1. Uno de los mayores avances realizados en los monoplazas de Formula 1 es el desarrollo por parte del diseñador John Barnard del chasis del McLaren MP4/1 de 1981 en fibra de carbono consiguiendo una rigidez 2 veces y medio mayor que un chasis convencional de aluminio de la época.



Figura 15: Chasis McLaren MP4/1 de 1981.

La aplicación de este material es muy común en aeronaves y aviones ya que suponen una reducción de peso importante en sus estructuras como sustitución del aluminio.



Figura 16: Avión militar en fibra de carbono

En la actualidad, se están realizando más a menudo los palos del golf y las raquetas de tenis de alta gama en fibra de carbono.



*Figura 17: Palo de golf de fibra de carbono*



*Figura 18: Raqueta de tenis de fibra de carbono*

Para amoldar la fibra de carbono y unirla al molde para su fabricación se utiliza una resina epoxi.

En este caso se va a utilizar un concepto de fibra de carbono que se denomina preimpregnado, nombrada comúnmente como prepreg. Este sistema lleva en conjunto la fibra de carbono y la resina y solamente se debe adherir al molde para generar la forma deseada. Este conjunto supone una gran ventaja puesto que se aplica la cantidad de resina epoxi necesaria sin originar desperdicios que con otras técnicas se pueden generar y aumentando el peso de componente creado.



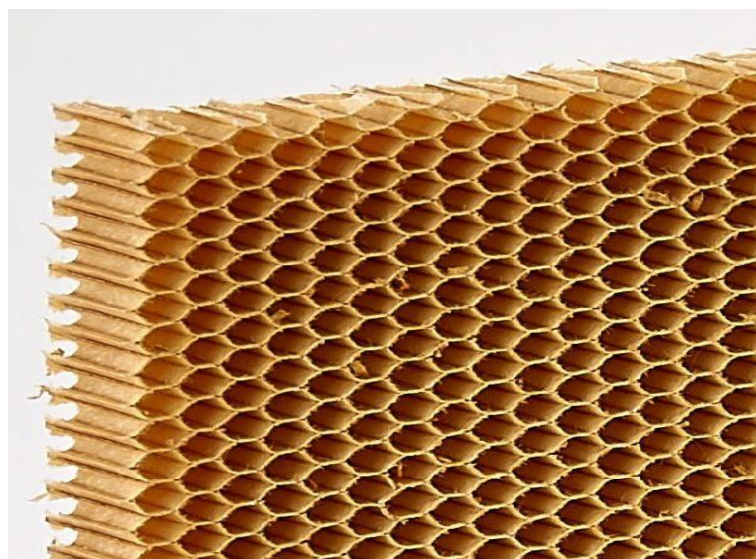


*Figura 19: Prepreg*

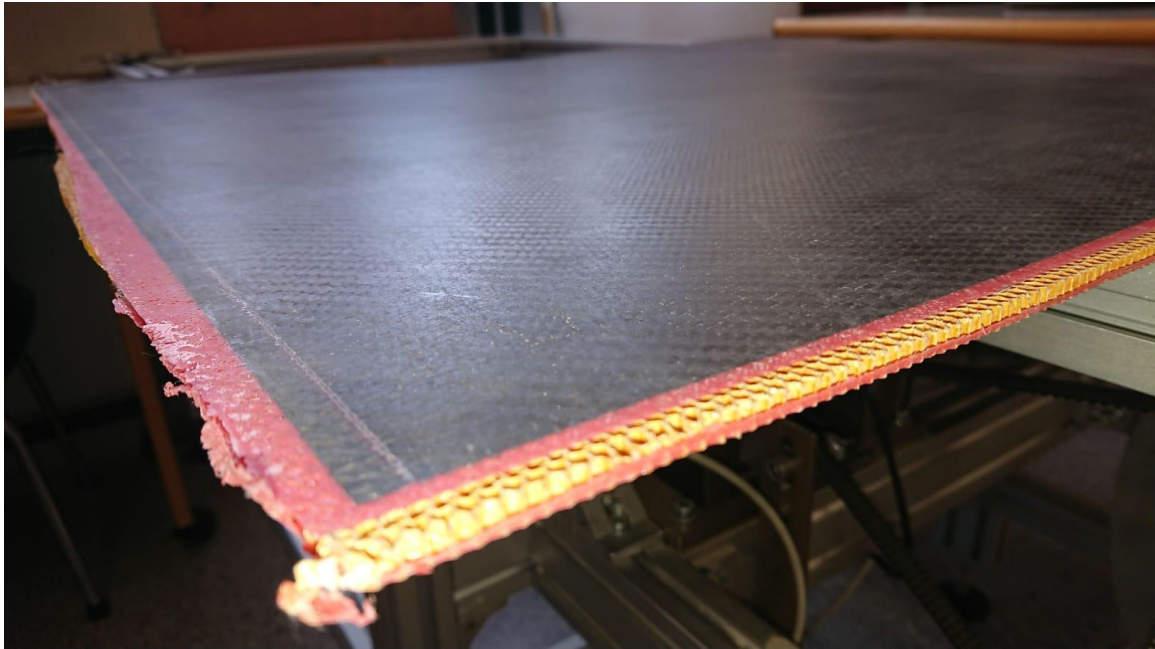
#### ***4.2- Honey***

es un material que sustituye a la fibra de carbono cuando se van a desarrollar piezas de gran espesor y para ello son necesarias muchas láminas de fibra. Se conseguirán una importante reducción de peso

Para este proyecto se va a utilizar el tipo EAC-R8.4-64 HONEYCOMB PAPEL. Esta formado por papel fenólico dispuestos en hexágonos regulares con forma de panal de abeja. Esta disposición hace que puede resistir grandes esfuerzos.



*Figura 20: Honeycomb con forma de panal de abeja*



*Figura 21:honeycomb con fibra de carbono*

## 5.- Diseño del sistema y de los pedales

El sistema se ha realizado en dos partes la cuales se han realizar con los materiales propuestos y es unirán posteriormente con tornillos.

Para el diseño de las piezas se han tenido las restricciones necesarias de las dimensiones del coche y a la hora de fabricar las piezas.

El conjunto total de las piezas tendrá una altura de unos 10 milímetros obteniendo que la maneta se encuentre a la altura la parte con más sensibilidad de pie.

### 5.1- Anclaje

Se Iniciaré por la parte superior del anclaje haciéndola suficientemente ancha y larga y para la correcta aplicación de prepreg sobre el molde.

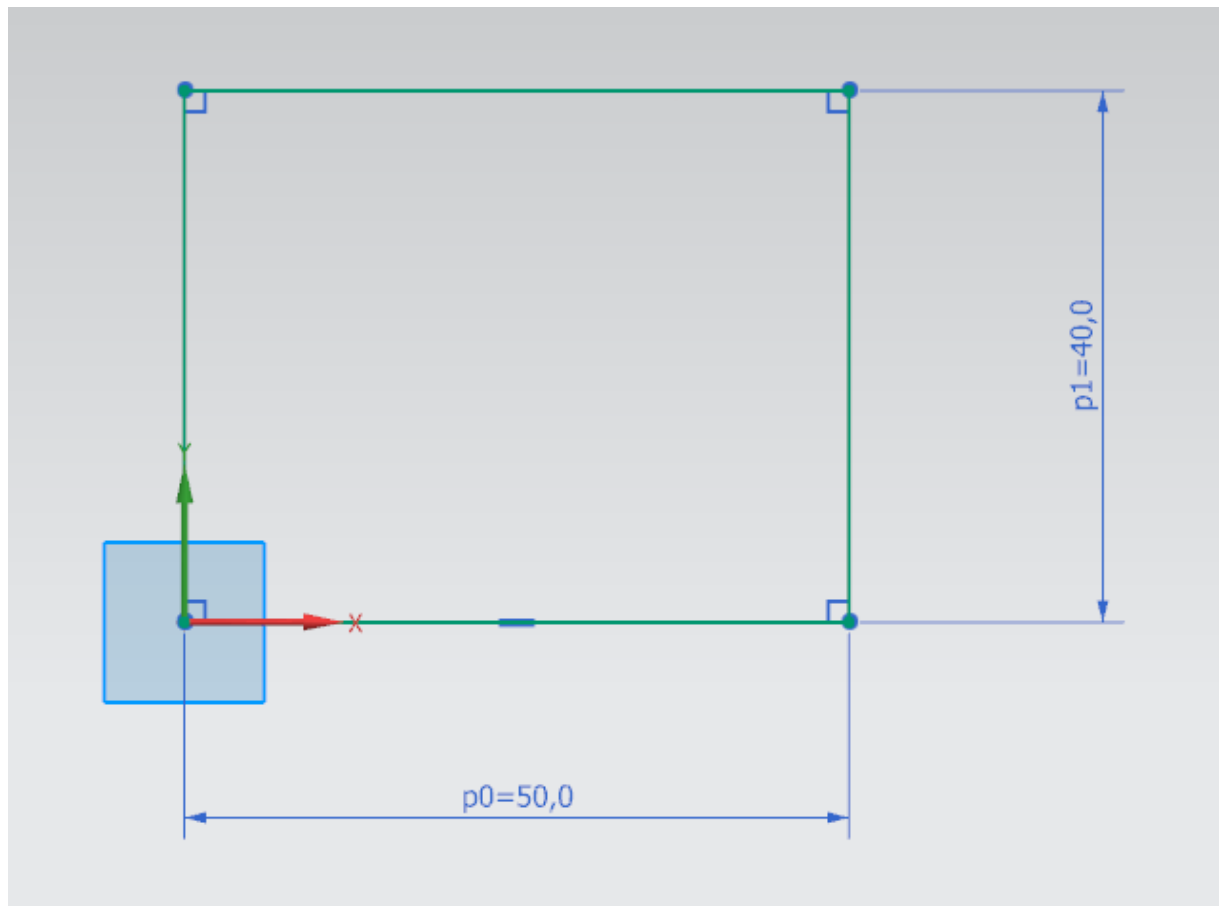


Figura 22: Parte superior del anclaje

A continuación, se facilitará la extracción de la pieza del molde aplicando un ángulo de salida de 6° a la extrusión.

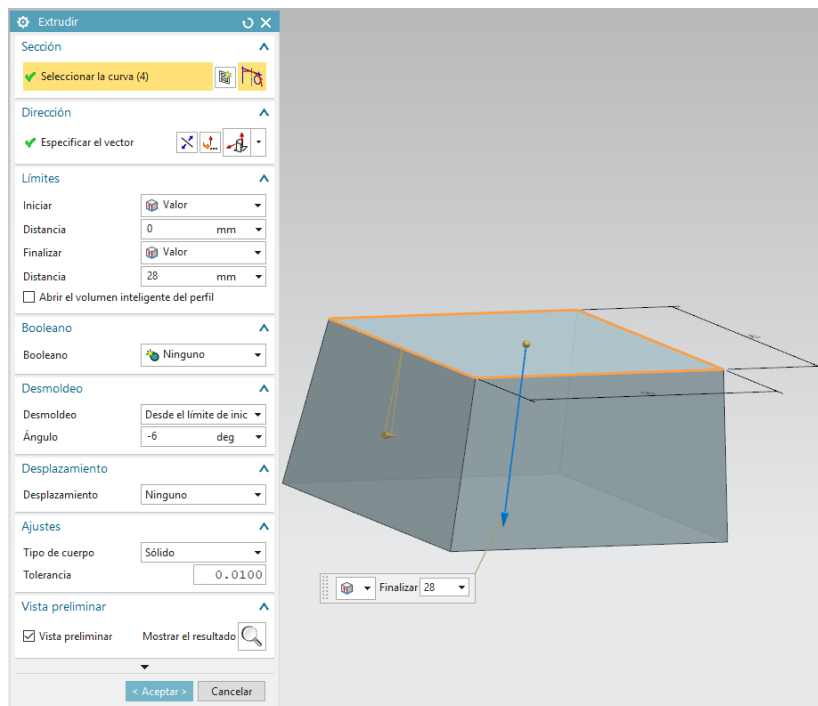


Figura 23: Extrusión con ángulo de salida

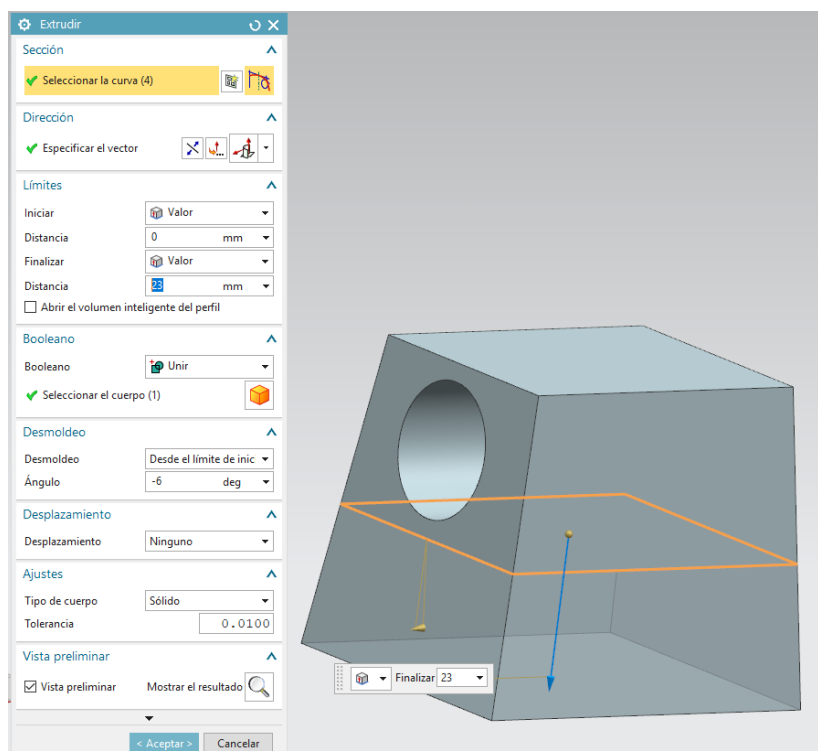


Figura 24: Extrusión inferior con ángulo de salida

Posteriormente se realiza un agujero simple de 22 milímetros para la unión del anclaje con el pasador redondo de fibra de carbono.

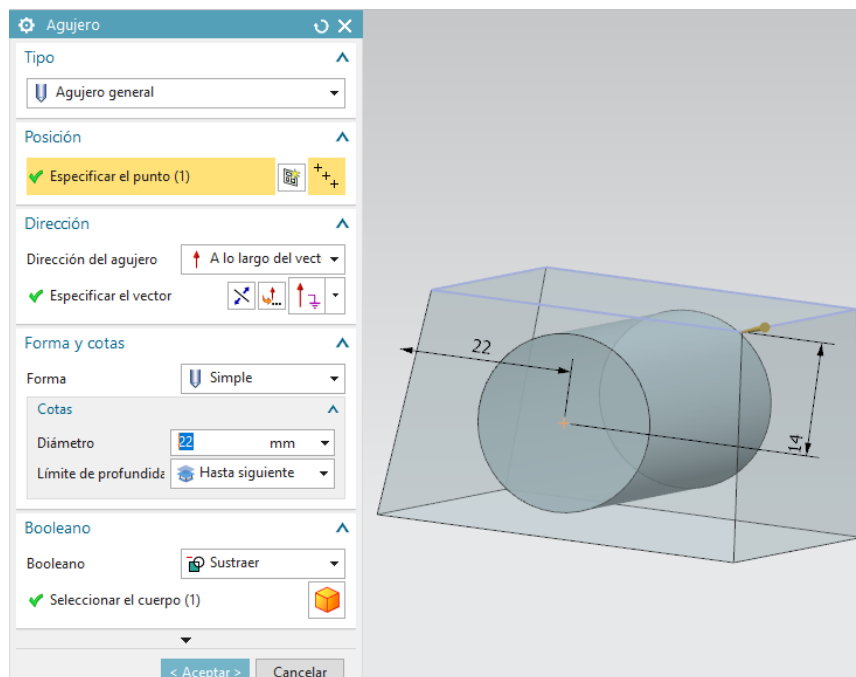


Figura 25: Sustracción de material

Finamente se diseña la base del soporte con los agujeros por donde se introducirán los tornillos para la unión con la otra pieza del sistema.

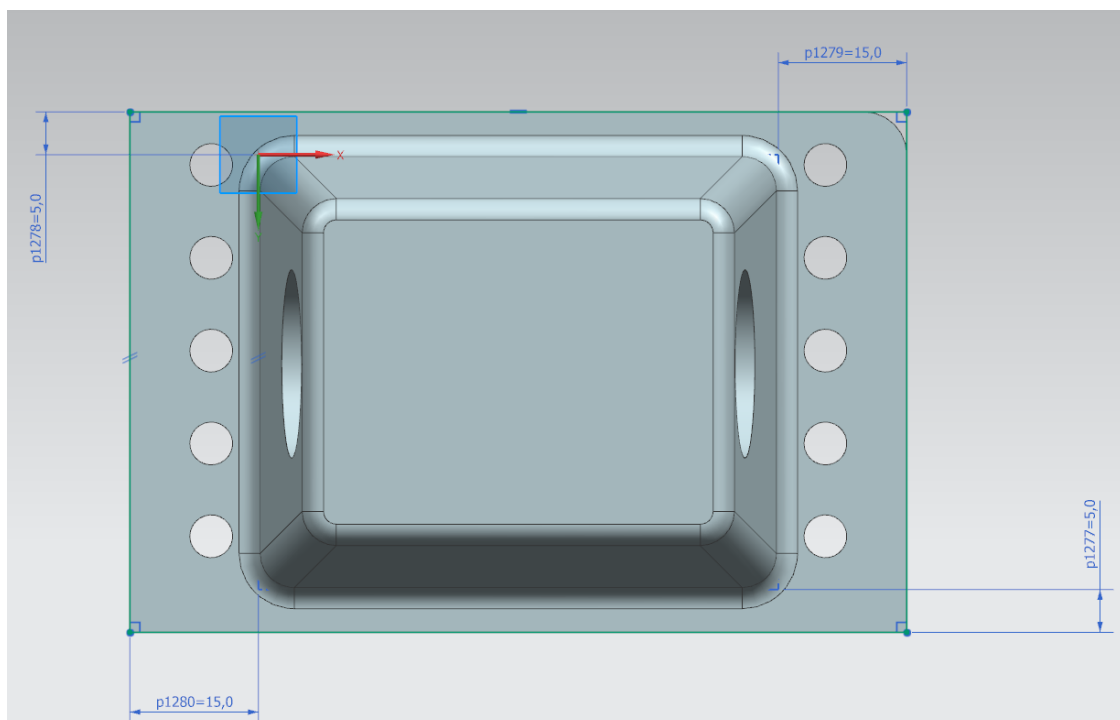
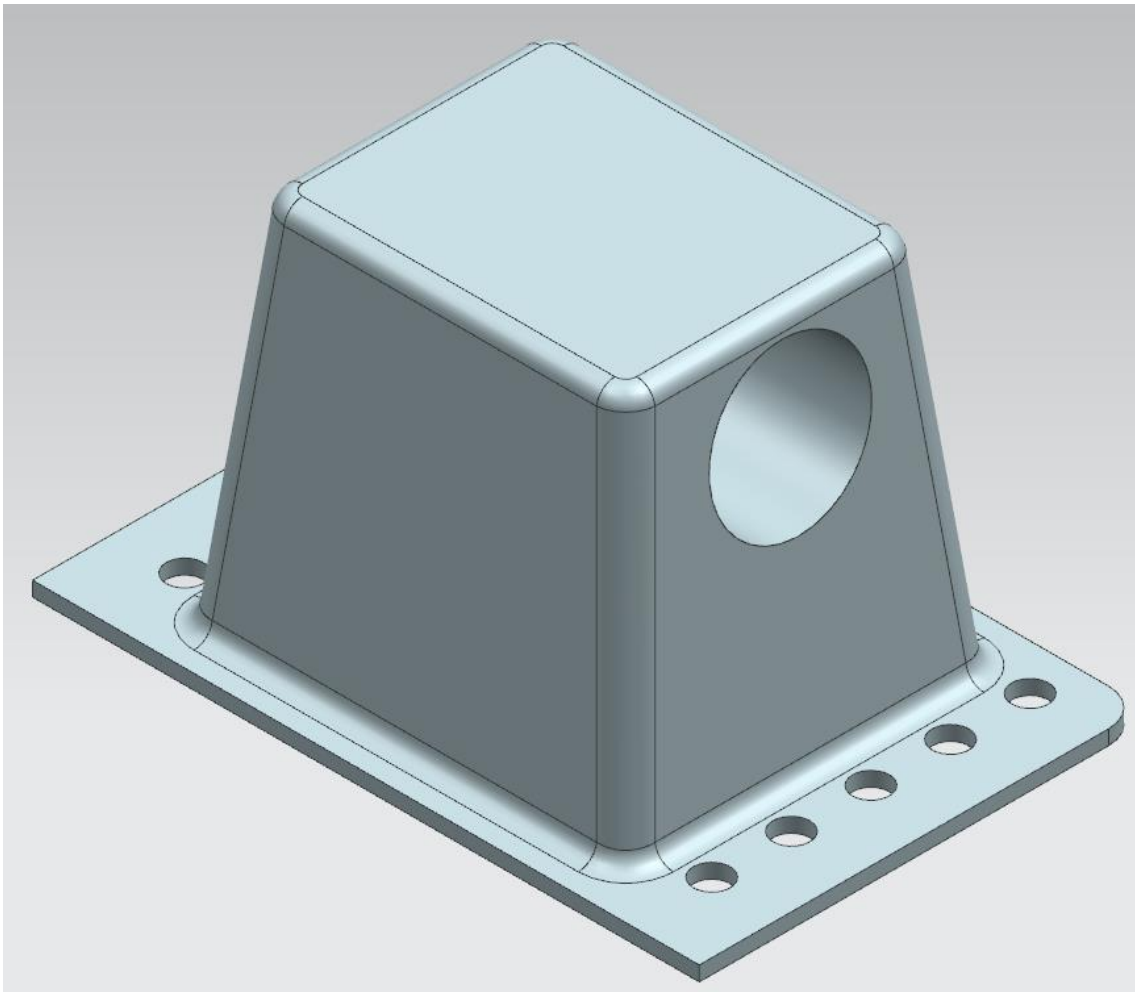


Figura 26: Base del anclaje

Se aplicarán una serie de redondeos para adaptar correctamente el prepreg cuando se aplique en el molde.



*Figura 27: Anclaje*

## 5.2- Soporte/pieza base

En esta pieza se alojarán las tuercas remachables que servirán de unión entre las dos piezas. Para soportar la fuerza que generan las tuercas remachables y la adecuada sujeción de estas, la placa horizontal de esta pieza debe poseer un espesor entre 0.5 y 2 milímetros. Se ha seleccionado un espesor de 1,32 milímetros para la pieza.

El aporte de esta test cantidad de tuercas remachables permite al sistema ser regulable y así poder adaptar la pieza a la altura de cada piloto.

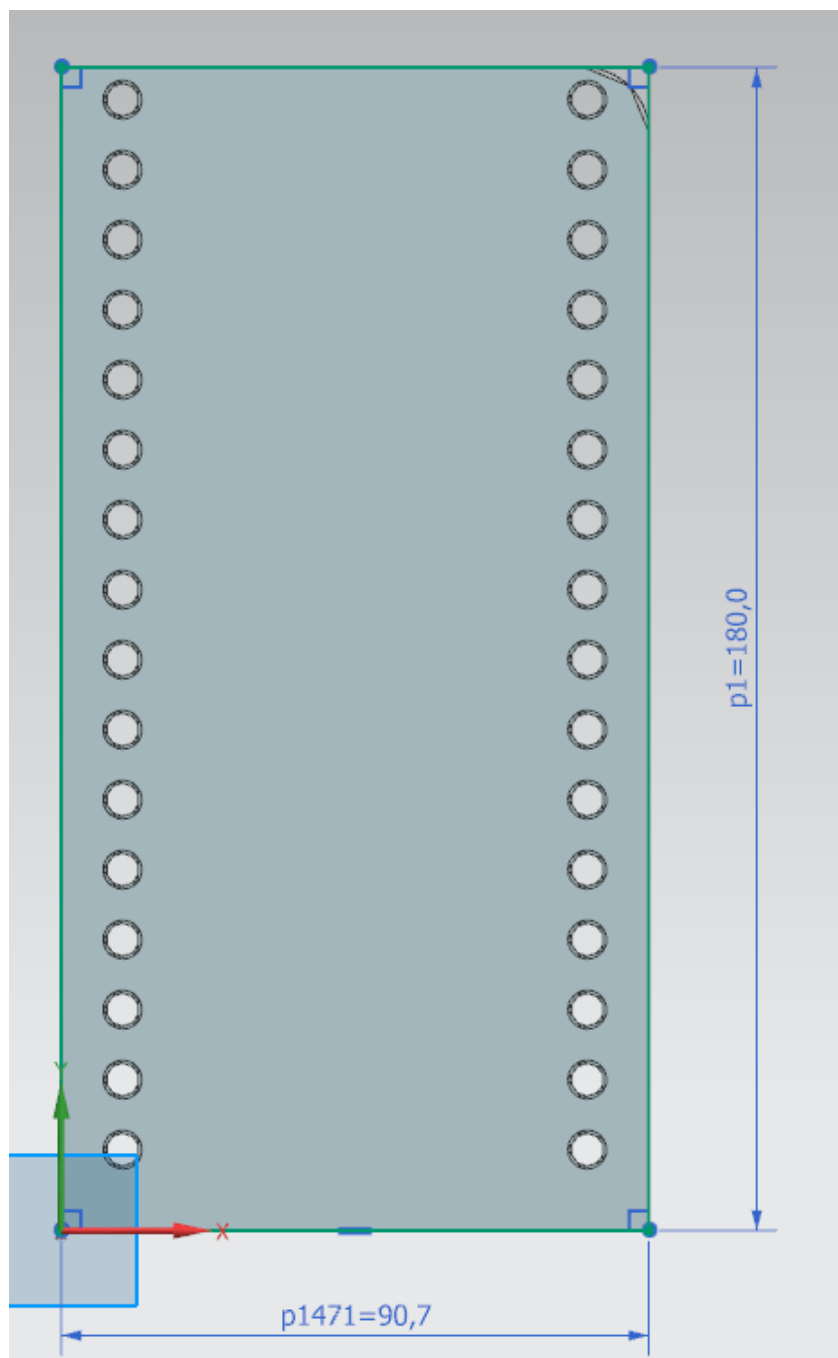


Figura 28: Placa horizontal de pieza base

A continuaci3n, esta pieza se une con el chasis monocasco de fibra de carbono mediante unas paredes verticales extruidas desde la placa horizontal. La parte inferior de las paredes posee la forma de la superficie del prototipo. Esta parte del sistema esta formado por un conjunto de fibra de carbono y honeycomb.

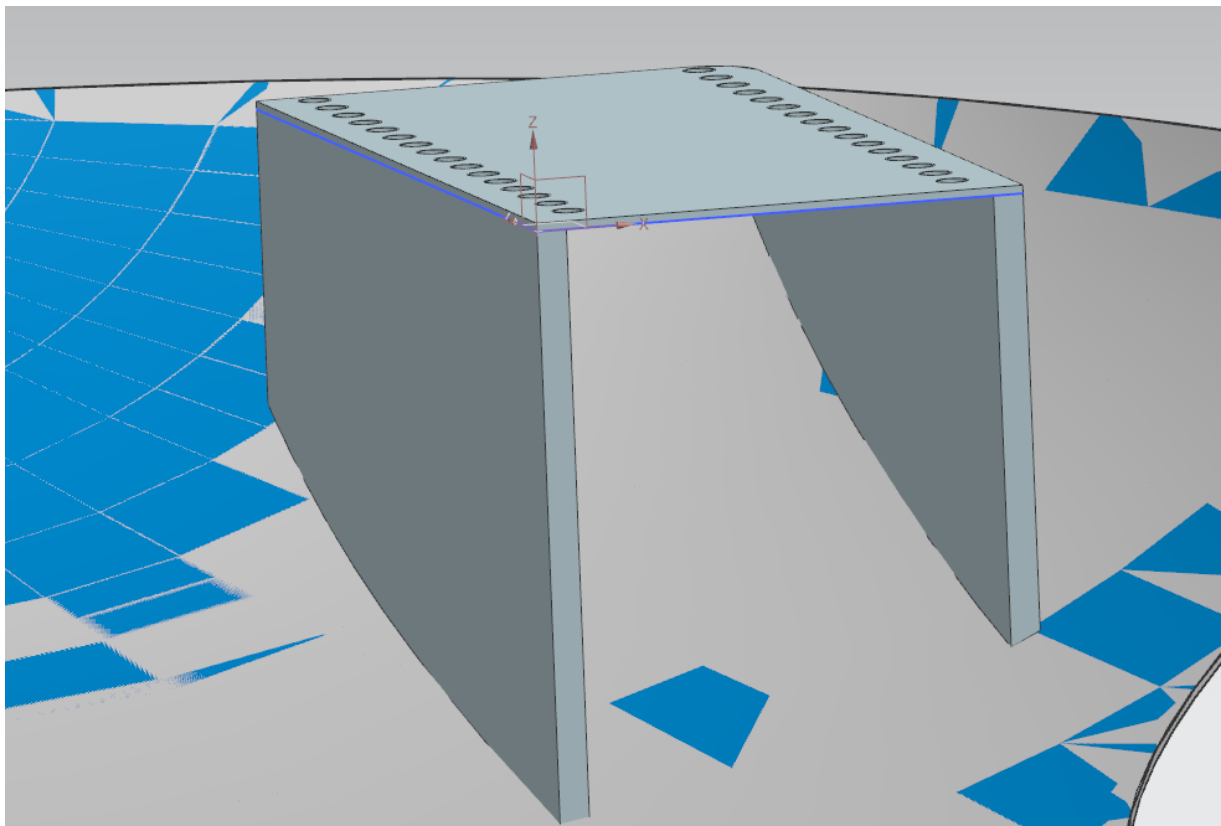


Figura 29: Soporte/Pieza base

### **5.3- Pedales**

se ha dise1ado una peque1a lamina de fibra de carbono que ir1a pegada a la palanca de la maneta de freno. La funci3n de esta peque1a pieza con esta pieza se consiguen una mayor sensibilidad y ergonomía del pie en la aplicaci3n de la fuerza.



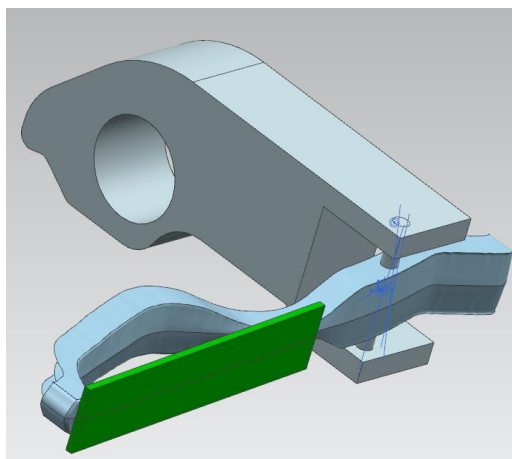


Figura 30: Pedal unido a la maneta

## 6.- Conjunto completo y modos de unión

Se procede a describir los modos de unión entre las piezas.

La unión entre el soporte y el anclaje se realizará mediante tuercas remachables y tornillos de cabeza allen. Como se ha descrito, las tuercas remachables se alojarán en los agujeros de la placa horizontal del soporte y son de métrica 4. Los tornillos de cabeza allen son de M4x12 y se rigen por norma DIN 912.








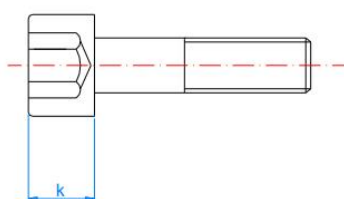
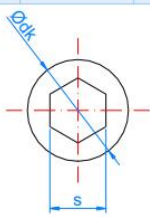
| 2.6 DIN-912   |      | Tornillo Allen   |         |         |         |         |
|---|------|--|---------|---------|---------|---------|
|  |      | <b>Propiedades</b><br> <b>A</b> Acero<br> <b>Z</b> ZINC Recubrimiento zincado<br> Unión chapas |         |         |         |         |
|   |      | <b>Propiedades</b><br> Allen<br> Cabeza cilíndrica<br> Métrica                                 |         |         |         |         |
| MÉTRICA   |      | M4   | M5      | M6      | M8      | M10     |
| Ødk: diámetro de la cabeza  | [mm] | 7  | 8,5     | 10      | 13      | 16      |
| s: distancia entre caras de la huella   | [mm] | 3  | 4       | 5       | 6       | 8       |
| k: espesor cabeza   | [mm] | 4  | 5       | 6       | 8       | 8       |
| Llave de Instalación  |      | Allen 3  | Allen 4 | Allen 5 | Allen 6 | Allen 7 |
|  |      |    |         |         |         |         |

Figura 31: Norma DIN 912



Figura 32: Tornillos cabeza allen M4

Para enlazar el soporte con el monocasco, unir el pedal con la menta y fijar el pasador con el anclaje se usará el adhesivo epoxi EA 9461 del patrocinador del equipo Loctite. Es un adhesivo tenaz y rellena las holguras que puedan existir.



Figura 33: Epoxi Loctite EA 9461

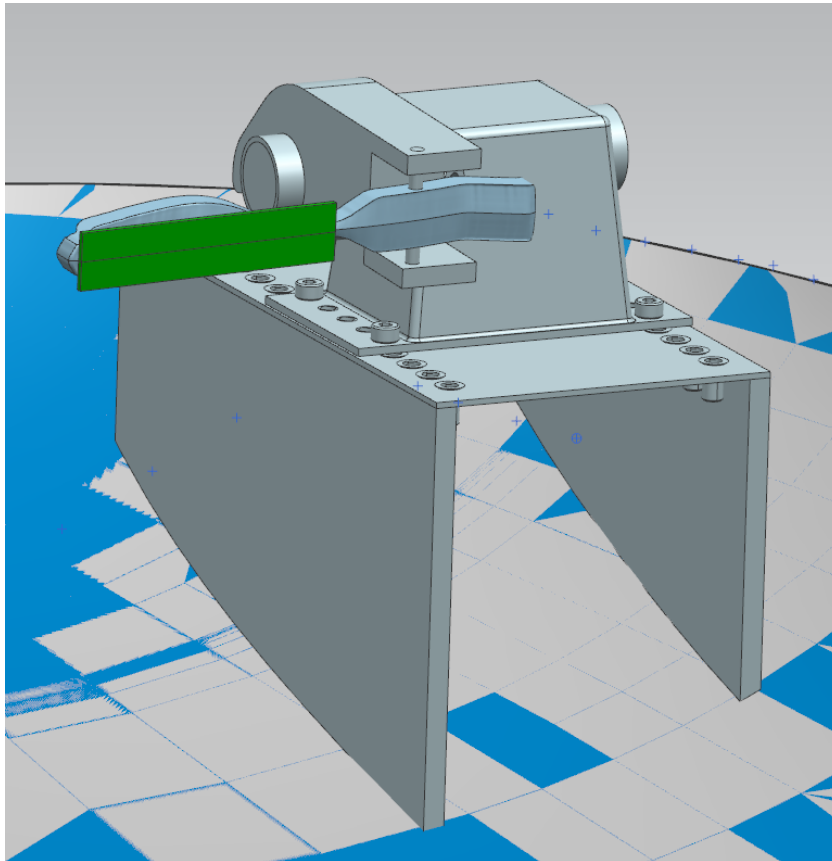


Figura 34: Conjunto completo

## 7.- Cálculo de fuerzas

El sistema de frenado debe resistir las cargas máximas en la situación más perjudicial que se origina en caso de frenada brusca.

Se ha obtenido la carga máxima que se genera en una frenada violenta simulando la forma en la que el piloto se coloca en el prototipo para ejercer fuerza sobre un peso que se sitúa en modo vertical. Se puede observar en la siguiente imagen.



*Figura 35: Simulación de la carga*

Se convierte la carga que se genera de kilogramos a Newtons

$$1 \text{ Kg} \rightarrow 9,81 \text{ N}$$

$$7.5 \text{ Kg} \rightarrow 73,575 \text{ N}$$

Esta fuerza se genera en la dirección longitudinal del prototipo. Además, la fuerza ejercida en la maneta va a generar un momento respecto al pasador que se introducirá en el anclaje

transmitiendo este momento al mismo. La distancia requerida se obtiene midiendo en el ensamble.

$$M = F \times d$$

$$M = 73,575 \times 0,1017489$$

$$M = 7,4861753175 \text{ N} \cdot \text{m} \sim 7,49 \text{ N} \cdot \text{m}$$

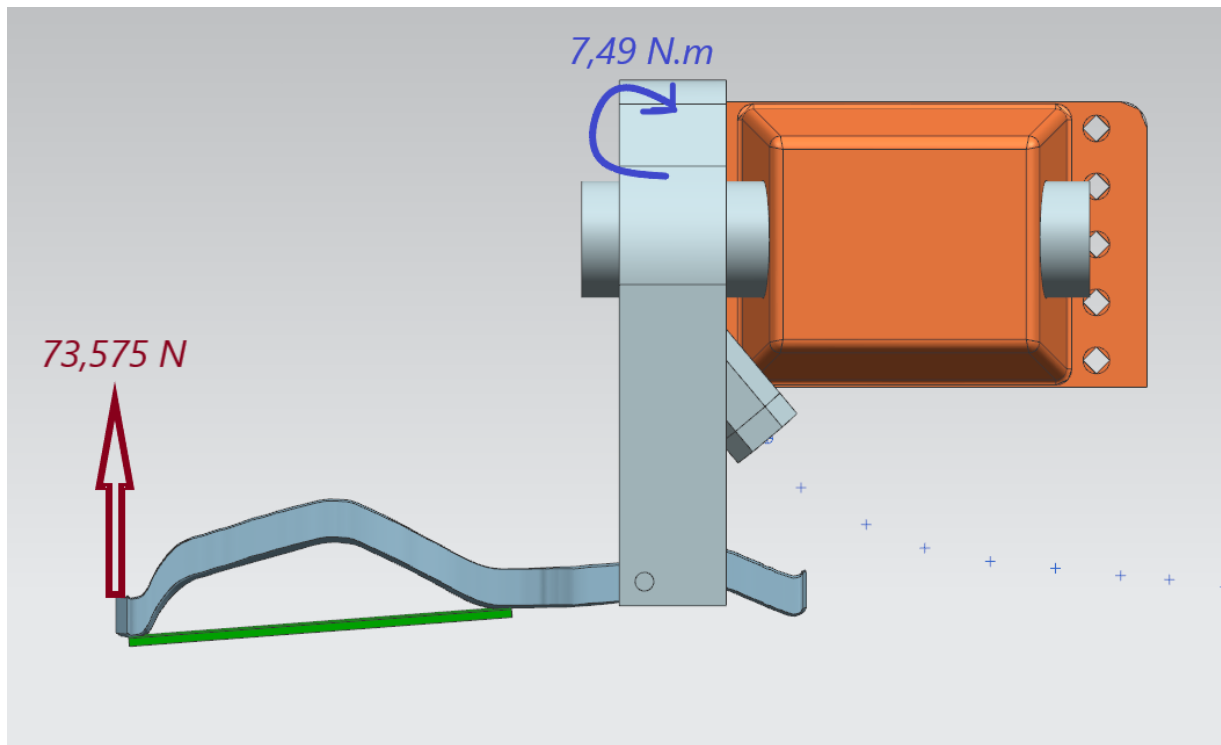


Figura 36: Diagrama de fuerzas

## 8.- Cálculo y simulación

### 8.1.- Software



Figura 37: Logo de Siemens NX

Siemens NX es un potente programa CAD/CAM/CAE para el diseño y fabricación de piezas, productos y maquinaria desarrollado y distribuido por la empresa Siemens PLM. En sus rasgos distintivos destaca el modelado paramétrico y directo sobre sólidos y superficies, cálculo y simulación mediante la partición de piezas en pequeños fragmentos y la posibilidad del análisis de piezas en materiales compuestos.

Este sistema de estudio se denomina cálculo por elementos finitos. Consiste en la división en pequeños fragmentos de la pieza para su posterior estudio aplicando las respectivas cargas y restricciones sobre las piezas, simulando el modo que se comportarían en la realidad.

La función del software NX Nastran o Pre/Post Procesamiento es la encargada de realizar el análisis de piezas en materiales compuestos. Utiliza el procedimiento del cálculo mediante elementos finitos para el estudio y colocación del material en este caso, fibra de carbono para que cumplan el servicio requerido.

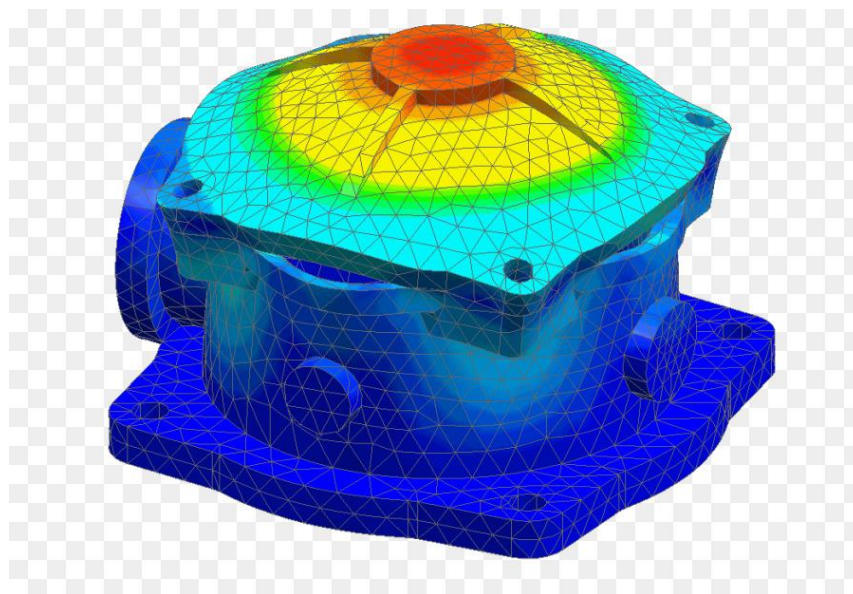


Figura 38: Cálculo mediante elementos finitos

## 8.2.- Anclaje

Es la pieza donde se aplicarán las cargas calculadas. Se han extraído las superficies de la forma de la pieza para trabajar con ellas y propiciar el correcto funcionamiento. Esto se realizará con todas las piezas.

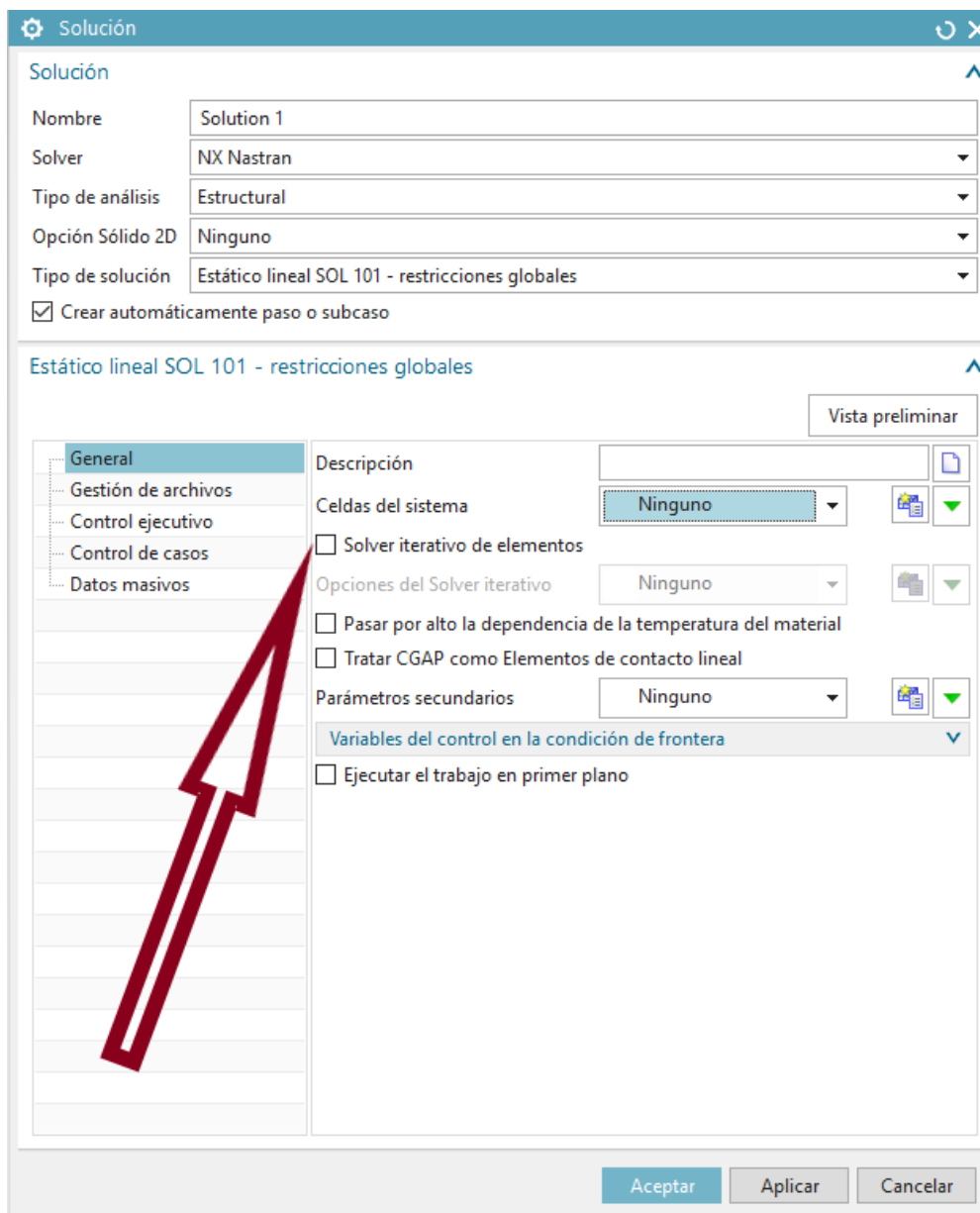
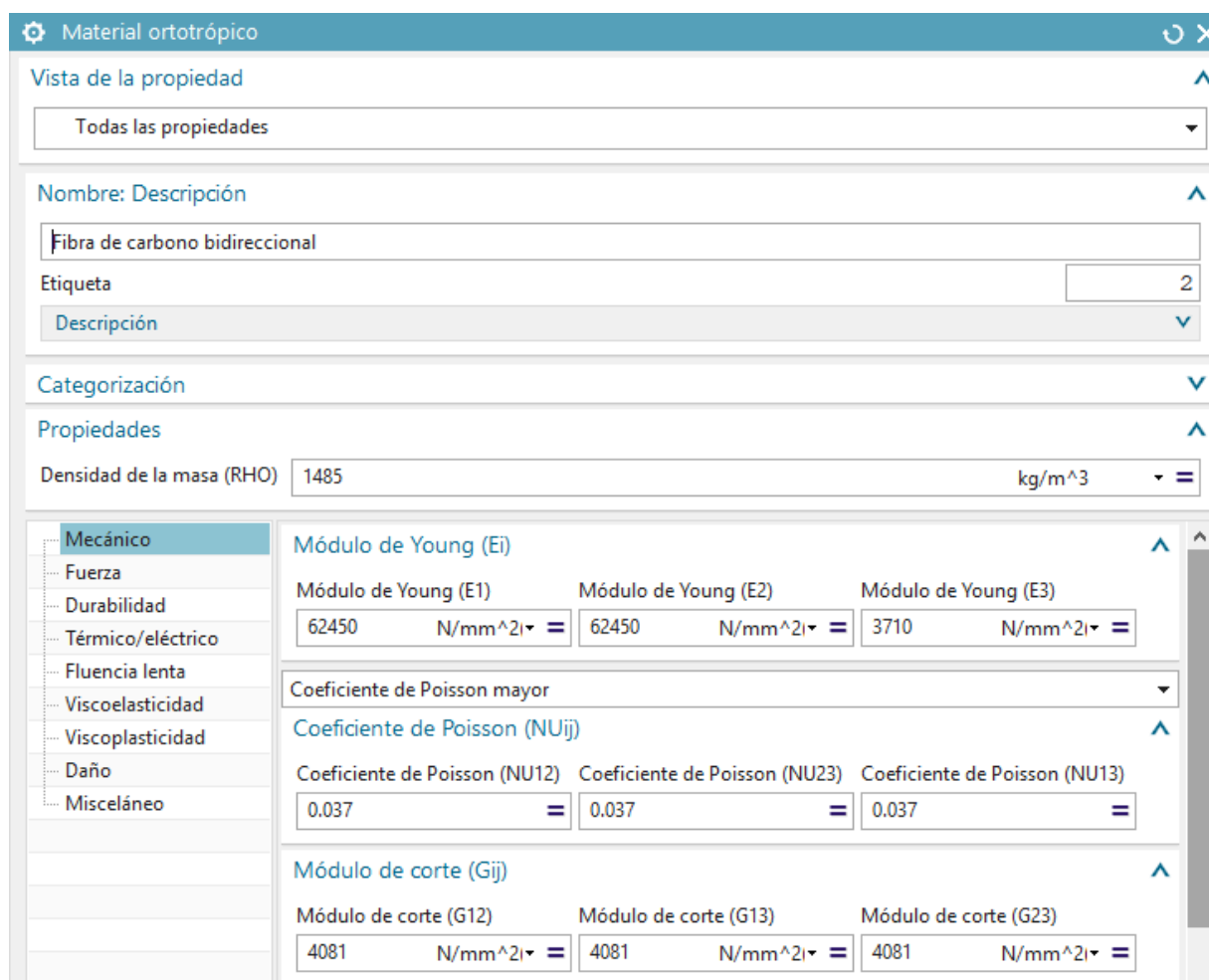


Figura 39: Opciones de cálculo

Se deja sin seleccionar la casilla “Solver iterativo de elementos” para trabajar con las superficies.

### 8.2.1.- Introducci3n de los materiales

En este caso se introduce solamente las característicás de la fibra de carbono bidireccional.



**Material ortotrópico**

Vista de la propiedad: Todas las propiedades

Nombre: Descripción:

Etiqueta:

Categorizaci3n: Descripción

Propiedades

Densidad de la masa (RHO):  kg/m<sup>3</sup>

**Mecánico**

M3dulo de Young (E<sub>i</sub>)

| M3dulo de Young (E1)                                 | M3dulo de Young (E2)                                 | M3dulo de Young (E3)                                |
|--|--|---|
| <input type="text" value="62450"/> N/mm <sup>2</sup> | <input type="text" value="62450"/> N/mm <sup>2</sup> | <input type="text" value="3710"/> N/mm <sup>2</sup> |

Coeficiente de Poisson mayor

Coeficiente de Poisson (NU<sub>ij</sub>)

| Coeficiente de Poisson (NU <sub>12</sub> ) | Coeficiente de Poisson (NU <sub>23</sub> ) | Coeficiente de Poisson (NU <sub>13</sub> ) |
|--|--|--|
| <input type="text" value="0.037"/>         | <input type="text" value="0.037"/>         | <input type="text" value="0.037"/>         |

M3dulo de corte (G<sub>ij</sub>)

| M3dulo de corte (G <sub>12</sub> )                  | M3dulo de corte (G <sub>13</sub> )                  | M3dulo de corte (G <sub>23</sub> )                  |
|---|---|---|
| <input type="text" value="4081"/> N/mm <sup>2</sup> | <input type="text" value="4081"/> N/mm <sup>2</sup> | <input type="text" value="4081"/> N/mm <sup>2</sup> |

Figura 40: Propiedades fibra de carbono bidireccional suministrada por el patrocinador Gurit.

### 8.2.2.- Mallado

Se realiza el mallado 2D de las piezas. Se va a componer de 10 partes la base del anclaje, cuatro redondeos de la zona inferior, cuatro caras con ángulo de salida y la zona del techo del cubo. Se ha elegido esta distribuci3n para que resulte la mejor calidad del mallado posible. a esto ayudará el tamañó del elemento de la malla.



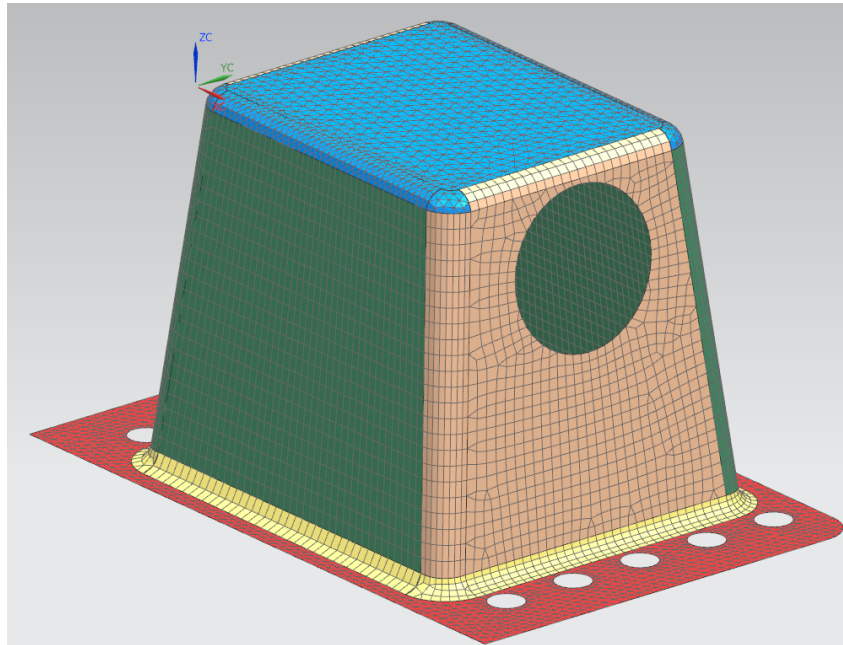


Figura 41: Distribución del mallado

Seguidamente se procede a configurar la malla. Debido a las diferentes formas de las mallas, solo algunas de ellas comparten un mismo tamaño de elementos. Con esta configuración se obtiene el menor número de avisos.

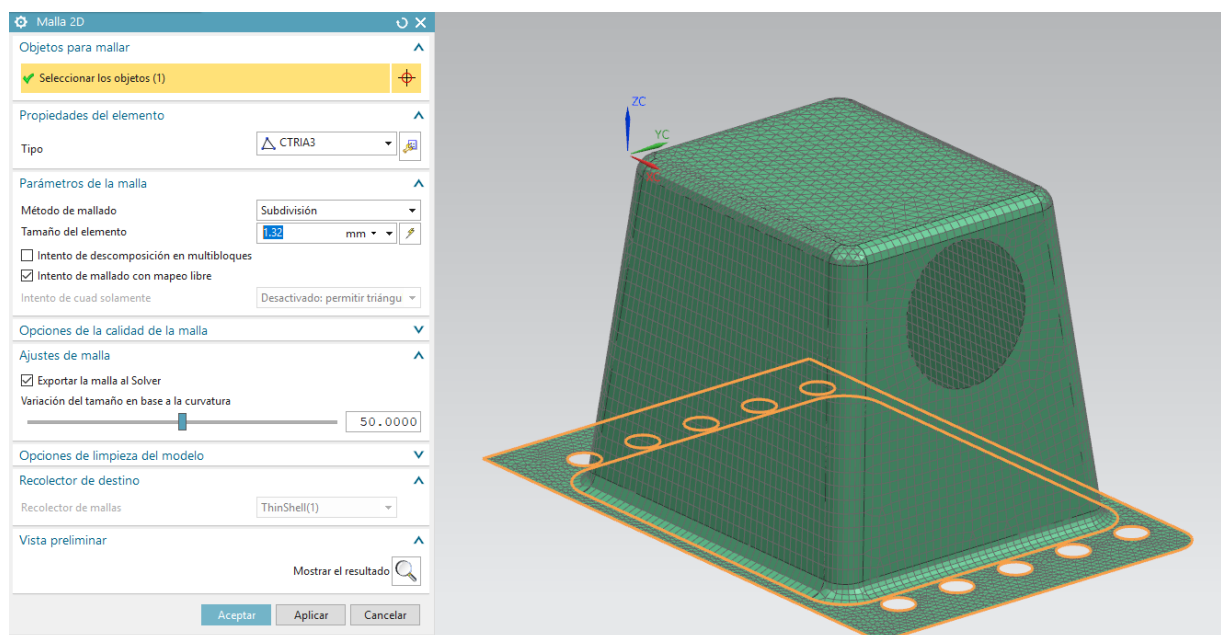


Figura 42: Mallado base del anclaje

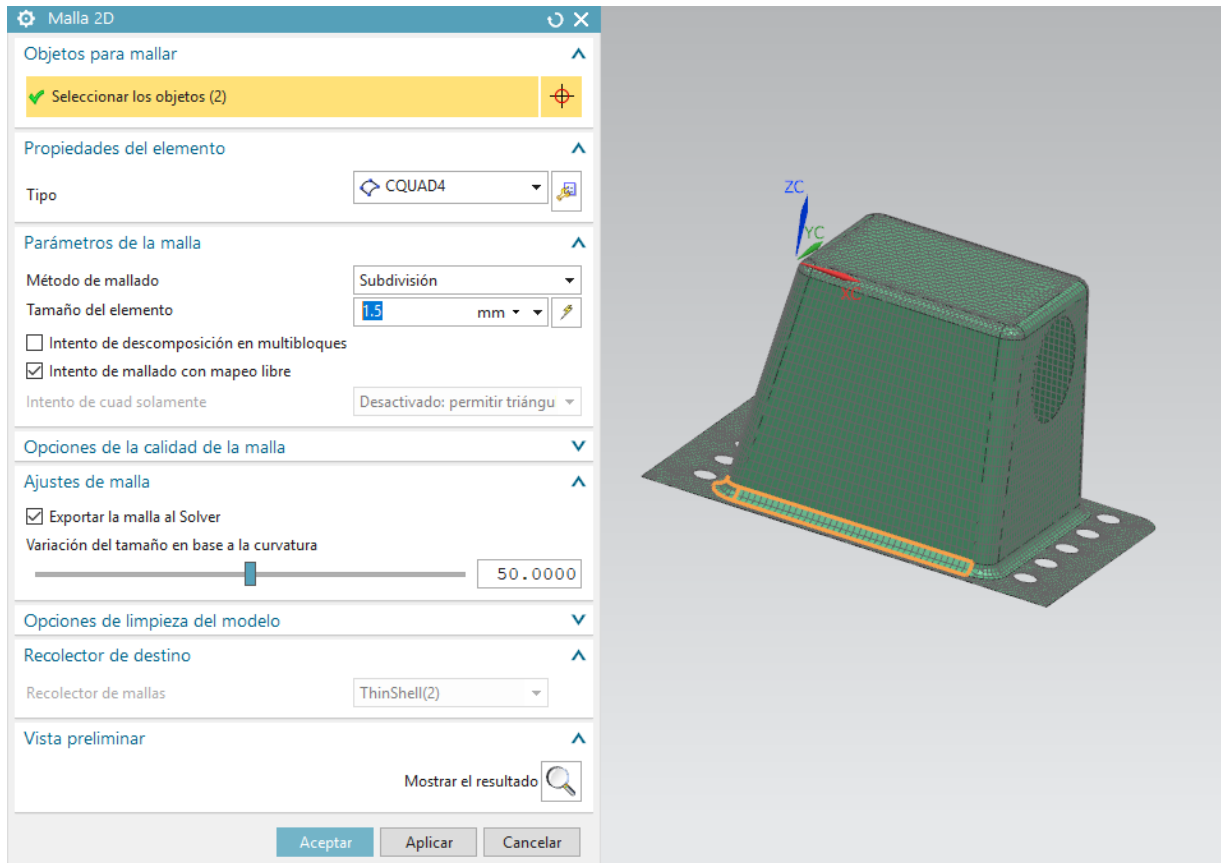


Figura 43: Mallado redondeo inferior

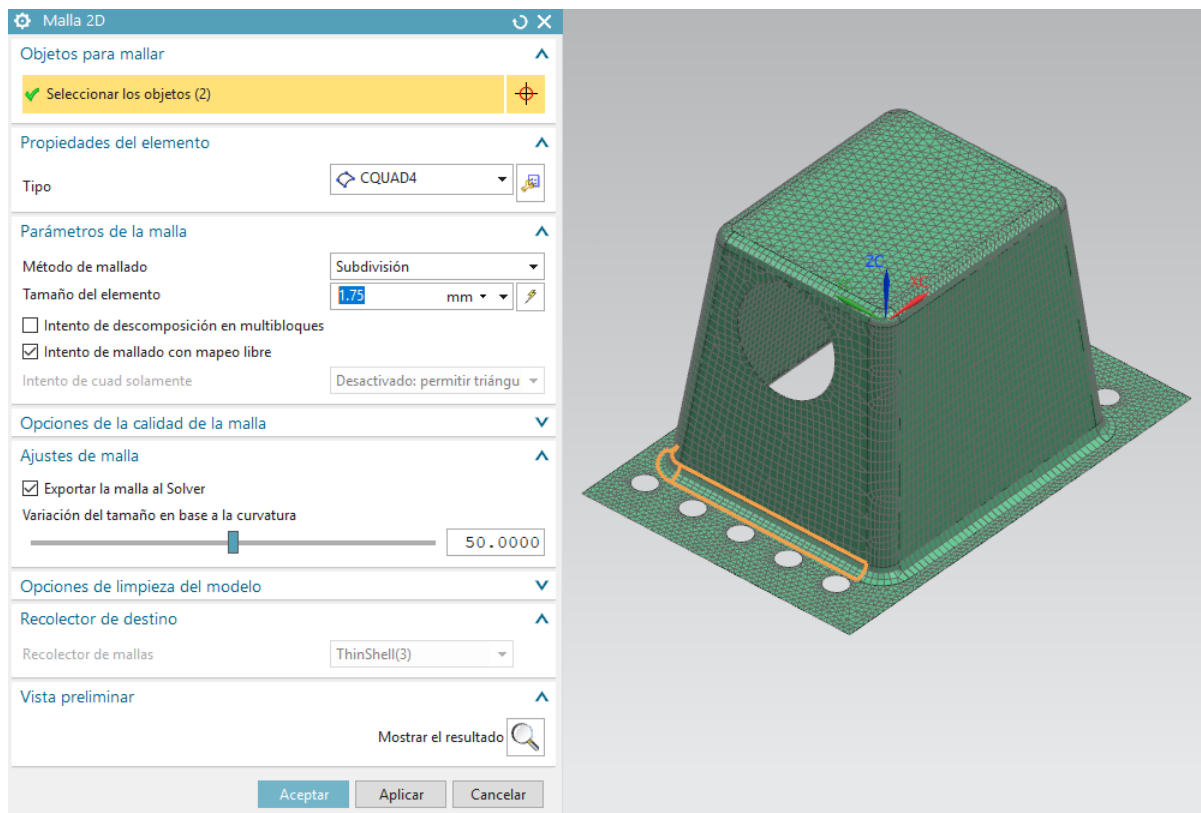


Figura 44: Mallado redondeo inferior

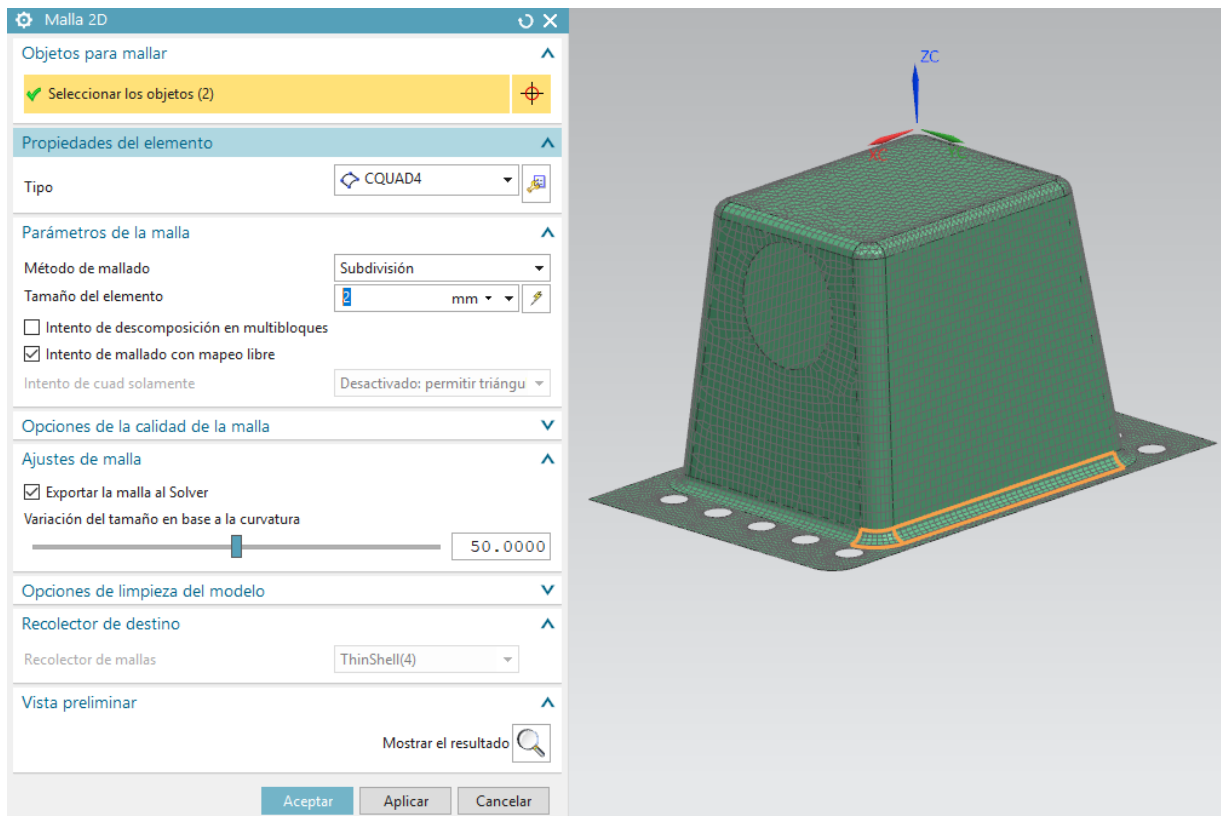


Figura 45: Mallado redondeo inferior

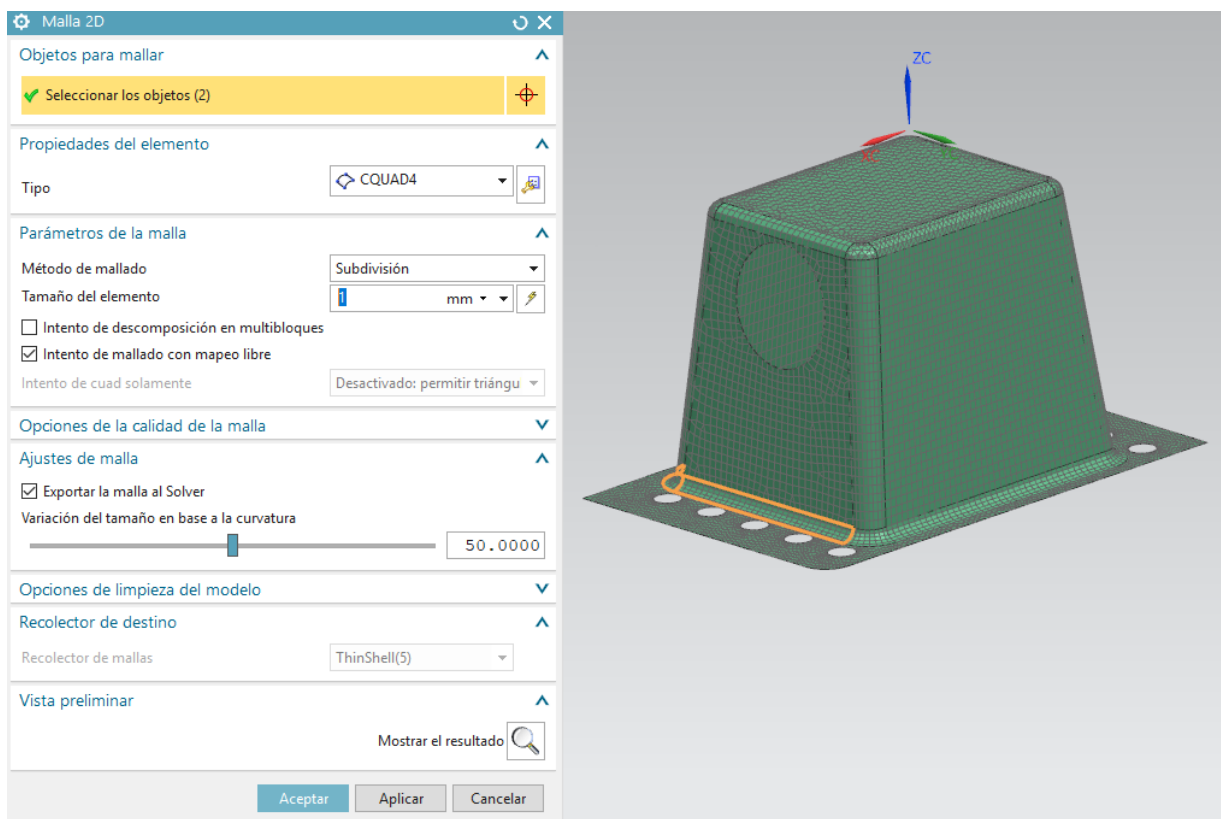


Figura 46: Mallado redondeo inferior

Las caras frontal y posterior con ángulo de salida comparten el mismo tamaño del elemento y este es 4 mm.

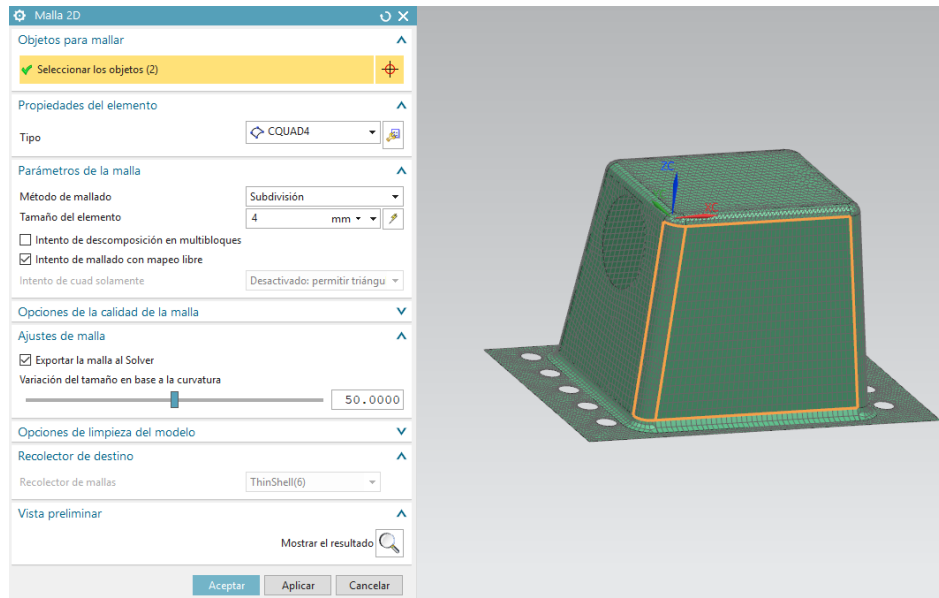


Figura 47: Mallado cara frontal y posterior con ángulo de salida

Las caras laterales con ángulo de salida también comparten el mismo tamaño del elemento siendo este 1,5 mm

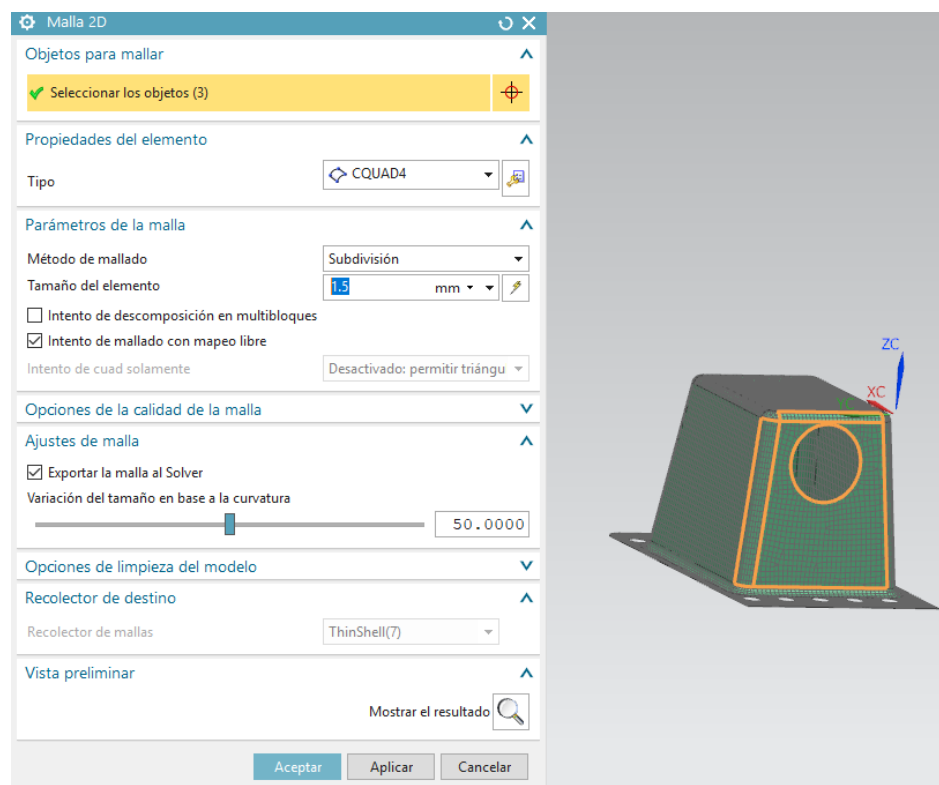


Figura 48: Mallado cara frontal y posterior con ángulo de salida

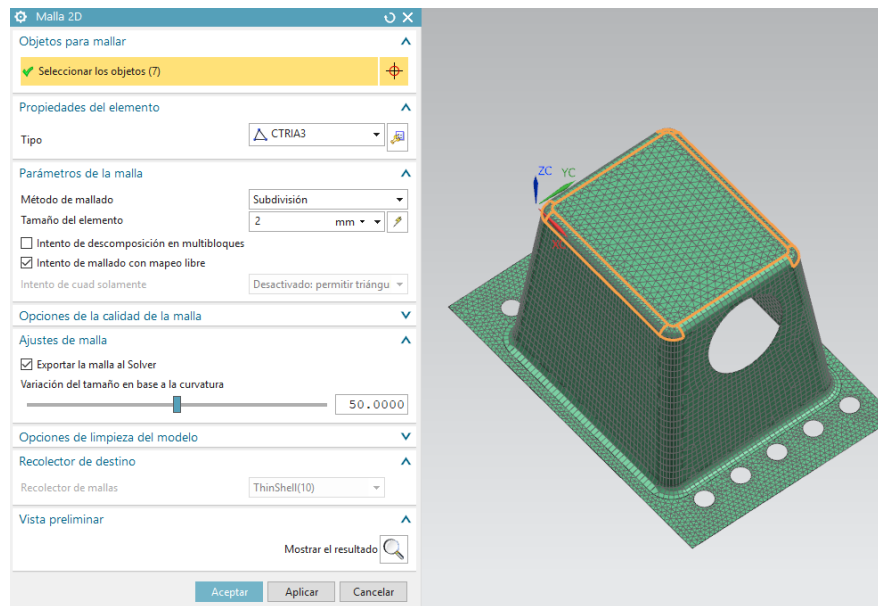


Figura 49: Mallado cara superior

Debido a la cierta complejidad de la pieza se obtiene una calidad de mallado optimo evitando la aparición de errores con esta distribución del mallado y el tamaño del elemento

Archivo de estadísticas de acceso

Archivo(F) Editar(E)

---

Environment: NX Nastran - Structural  
 Solver: NX Nastran

---

Results of Element Shape Check

---

Overview

|          | Number Failed | Number Warning | Number Checked |
|----------|---------------|----------------|----------------|
| Elements | 4             | 1148           | 8375           |

| Check                       | Number Failed | Number Warning | Worst Value |
|-----------------------------|---------------|----------------|-------------|
| Jacobian Sign               | 0             | 0              | -N/A-       |
| Jacobian Zero               | 0             | 4              | 0.07869     |
| Volume                      | 0             | 0              | -N/A-       |
| Axisymmetric                | 0             | 0              | -N/A-       |
| Consistent Y                |               |                |             |
| Axisymmetric +X             | 0             | 0              | -N/A-       |
| Aspect Ratio                | 0             | 0              | 2.86126     |
| Skew Angle                  | 3             | 807            | 26.23442    |
| Maximum Interior Angle      | 0             | 20             | 147.92931   |
| Minimum Interior Angle      | 1             | 13             | 29.98859    |
| Taper                       | 0             | 343            | 0.48946     |
| Warp Factor                 | 0             | 25             | 0.03616     |
| Face Warp                   | 0             | 0              | -N/A-       |
| Coefficient                 |               |                |             |
| Edge Point Included Angle   | 0             | 0              | -N/A-       |
| Edge Point Length Ratio     | 0             | 0              | -N/A-       |
| Element Offset Length Ratio | 0             | 0              | -N/A-       |

Figura 50: Calidad del mallado

A continuación, se cambian las características del recolector de mallas para realizar la laminación.

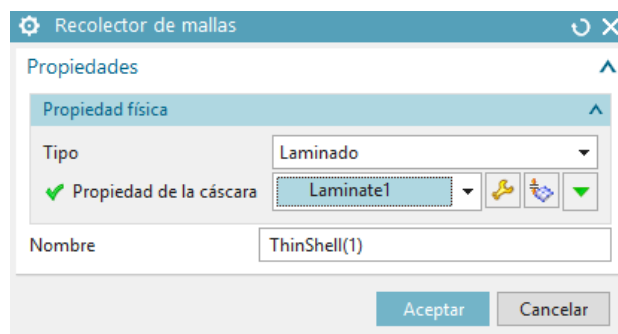


Figura 51: Características recolector de mallas

Después se hace click en el icono situado a la derecha del segundo desplegable para modificar las propiedades del laminado que se va a aplicar posteriormente. En la opción “Formato de salida” se debe seleccionar PCOMPG del desplegable; del desplegable de “Fórmula de apilamiento” se debe elegir Heredado de laminación; en la opción “Teoría de fallo de láminas” se debe elegir Tsai-Wu y, por último, en el apartado “Tensión de corte para unión” se debe introducir el valor 1000000 MPa.

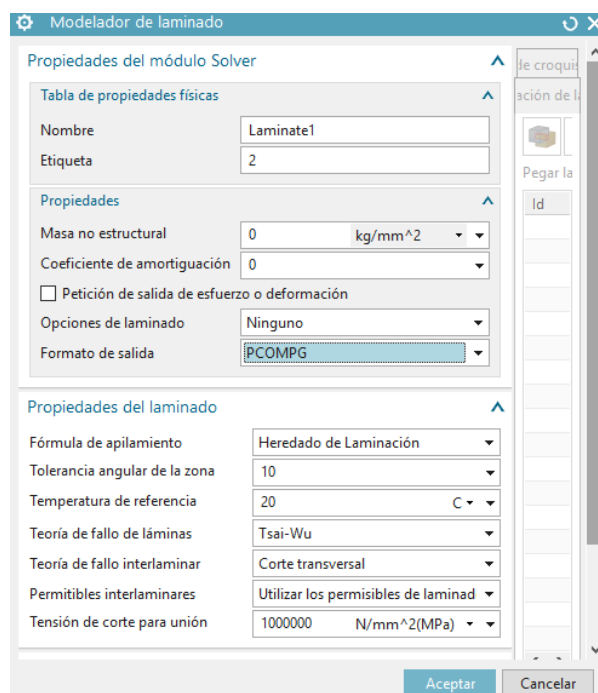


Figura 52: Propiedades laminado

Estas propiedades se aplicarán por igual a todos los recolectores de malla y a los laminados.

Se deben editar los datos asociados con la malla modificando el “Método de la orientación del material” a MCID, seleccionándolos de la siguiente manera:

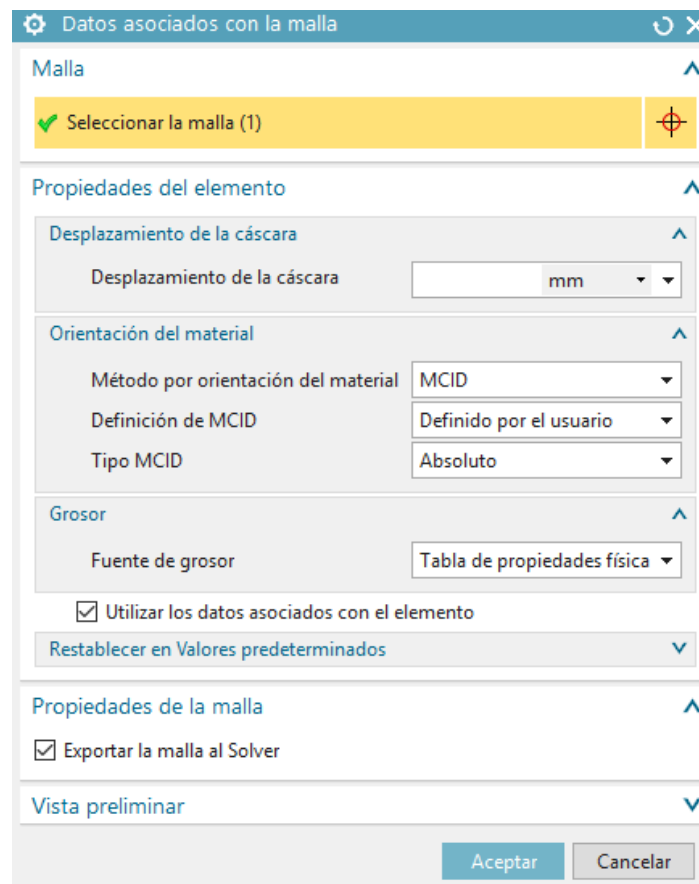


Figura 53: Datos asociados con la malla

Esta sección permite visualizar la orientación del material del elemento:

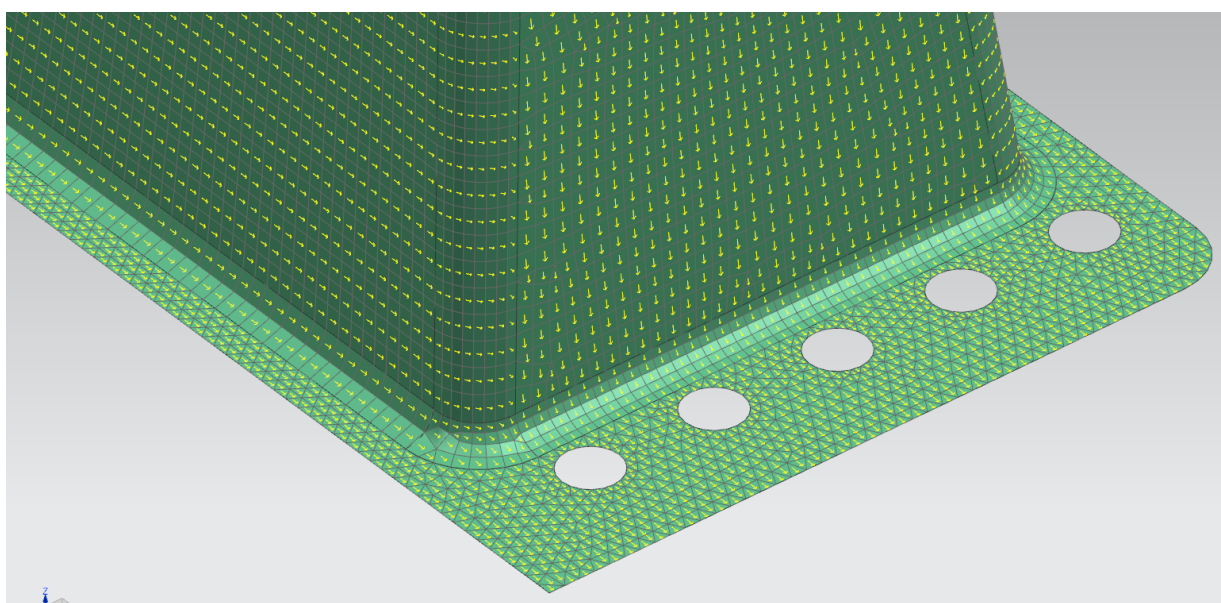
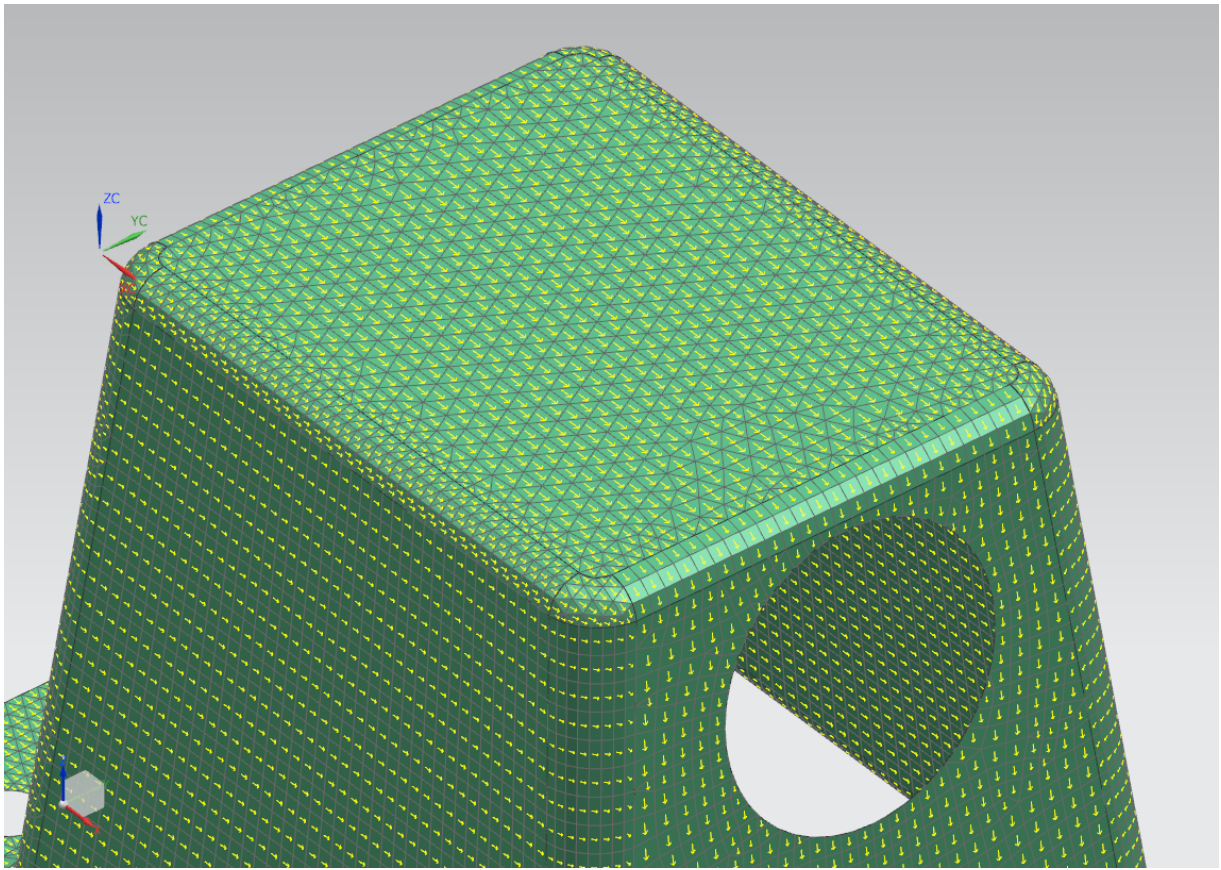


Figura 54: Orientación de material del elemento



*Figura 55: Orientación del material del elemento*

Como se puede observar en las ilustraciones anteriores se obtienen un resultado correcto de la orientación del material del elemento; dentro de cada malla las flechas siguen una misma dirección y sentido.



### 8.2.3.- Laminado

El procedimiento de laminado se realiza con las formas del mallado ligeramente modificadas a fin de que la laminas acoplen de manera correcta. Siguiendo las indicaciones del fabricante, en este caso el patrocinador Gurit, las láminas de fibra de carbono bidireccional se han de colocar con ángulo de  $0^{\circ}$  y  $45^{\circ}$  alternativamente. Con este hecho se consigue que se resista las tensiones generadas en una mayor cantidad de direcciones.

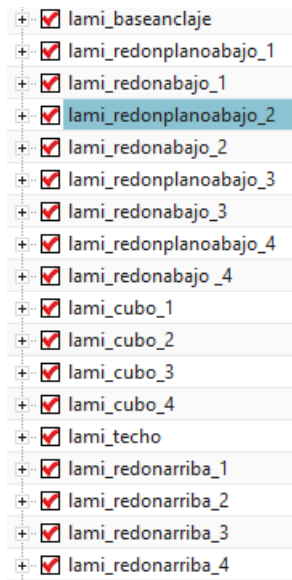


Figura 56, Laminaciones creadas para la pieza

Para empezar, se crea una lámina en el modelador de laminación donde se va a seleccionar el material, en este caso, fibra de carbono bidireccional, el ángulo y su espesor que es 0,22 mm.

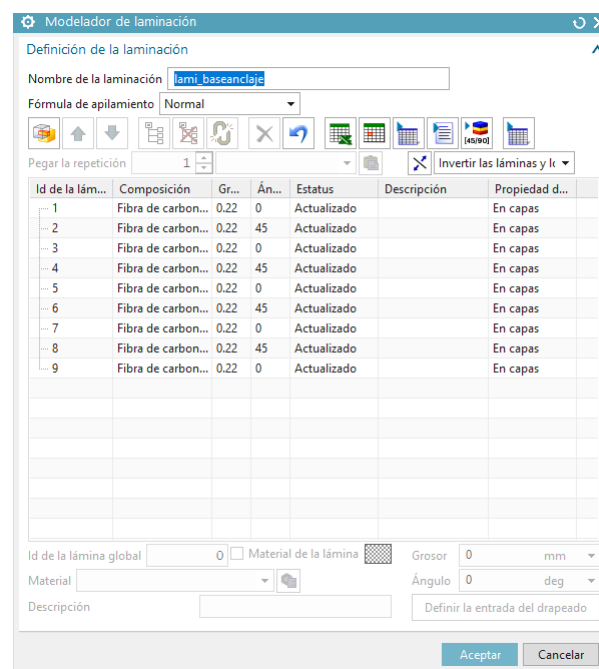


Figura 57: Modelador de laminación del laminado baseanclaje

Como se puede observar en la imagen, la laminas están dispuesta en ángulo  $0^\circ$  y  $45^\circ$  alternativamente. Este laminado contiene esta cantidad de láminas ya que es donde se alojan los tornillos.

A continuación, se procede a insertar las láminas en la respectiva malla. Además, se indica el punto de inicio de inserción de la lámina y la dirección y vector en la que se colocará. Esta operación se denomina drapeado.

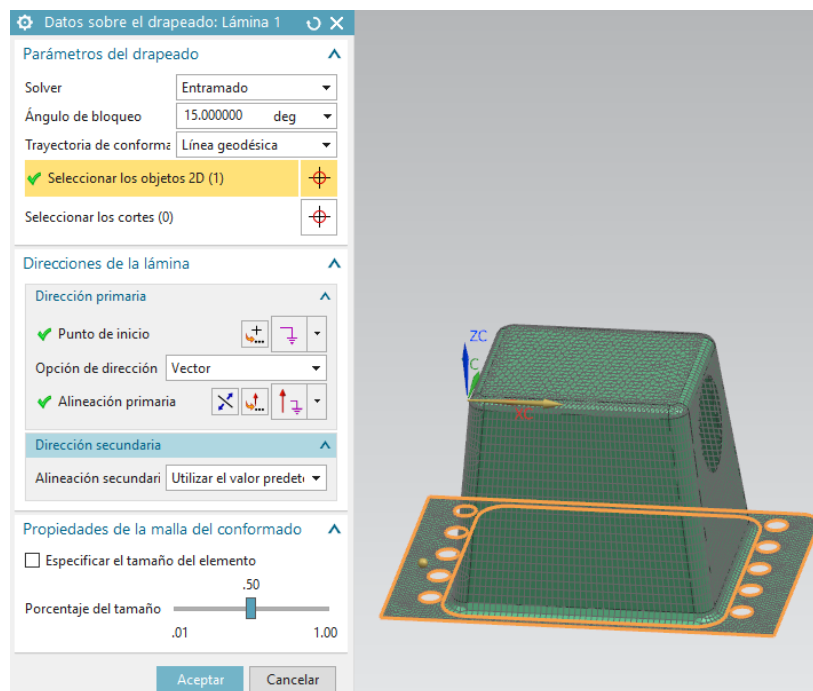


Figura 58: Drapeado laminado baseanclaje

Se actualiza el laminado y se observa que no existe ningún error.

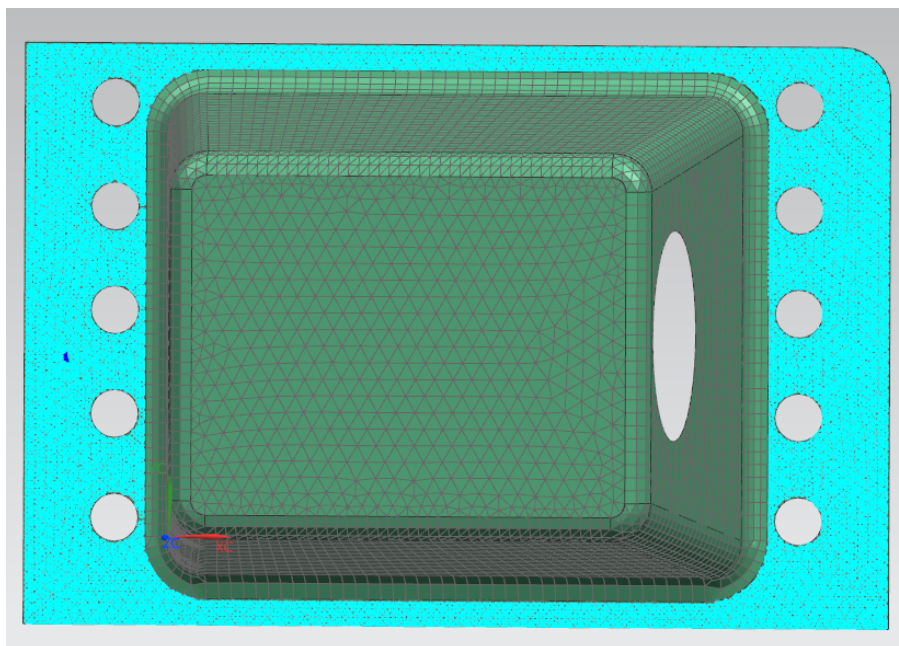


Figura 59: Aplicación de las láminas

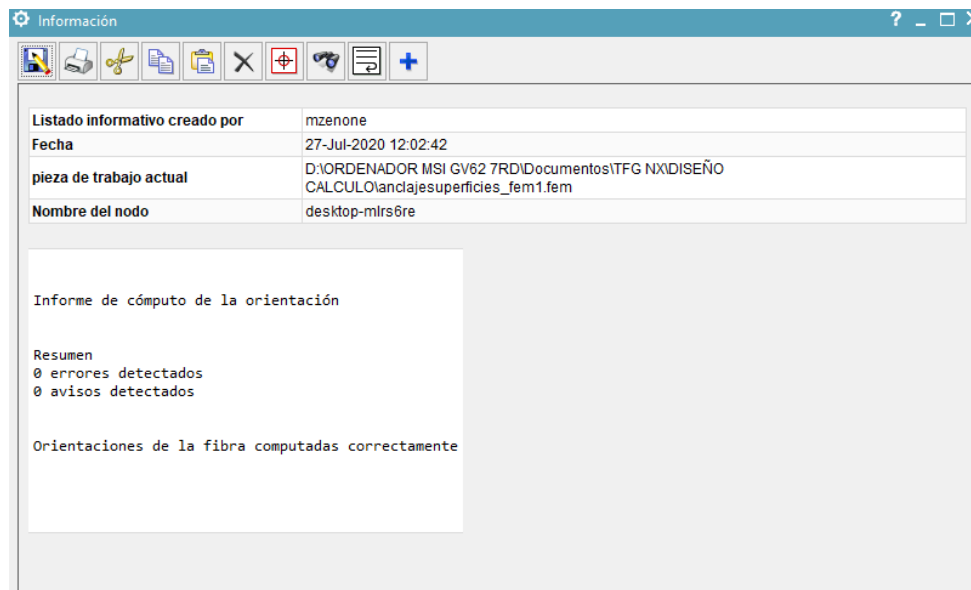


Figura 60: Comprobación laminado.

A continuación, se realizará el mismo desarrollo para todas láminas de las laminaciones de la pieza.

Los redondeos longitudinales de la parte inferior se han laminado de la misma manera.

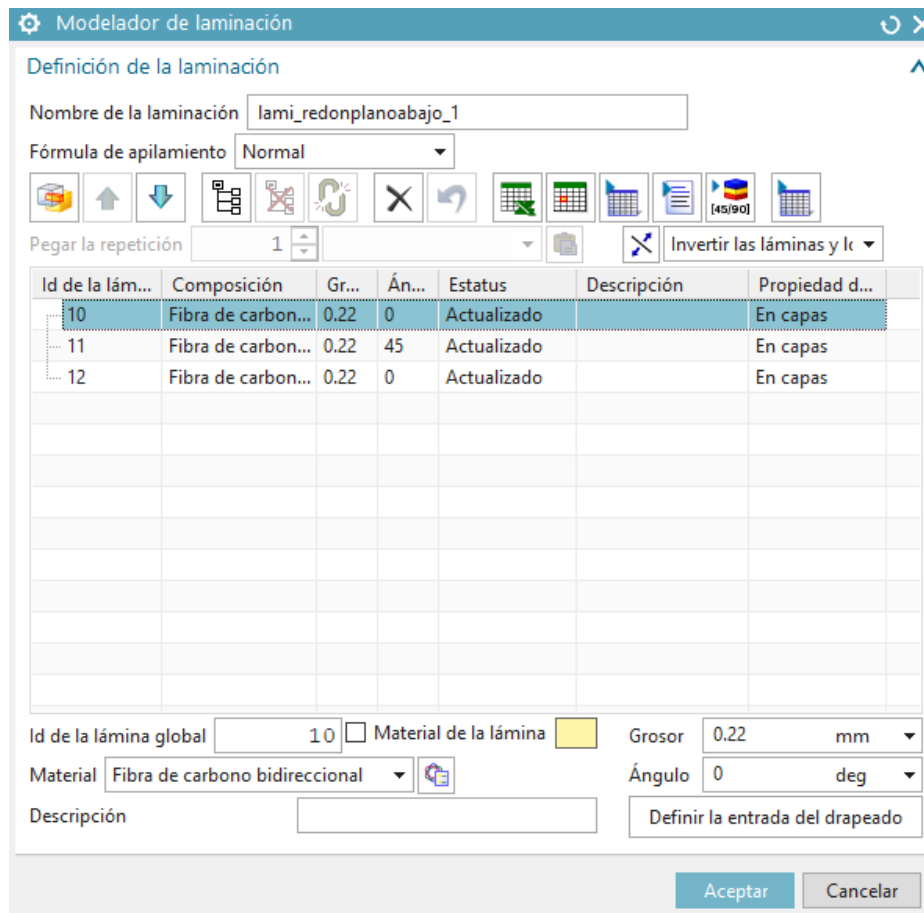


Figura 61: Modelador de laminación de redondeos longitudinales.

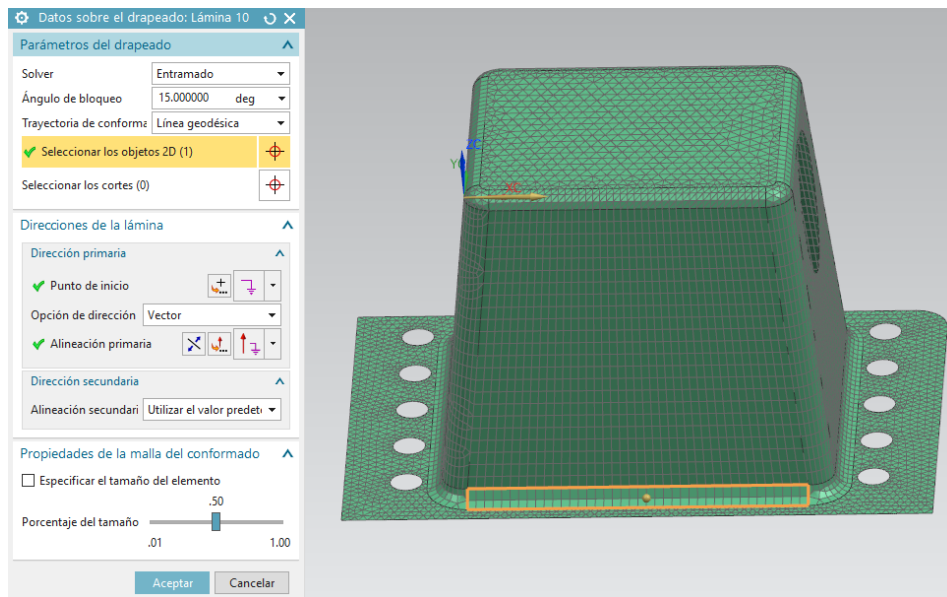


Figura 62: Drapeado laminado redondeos longitudinales inferiores

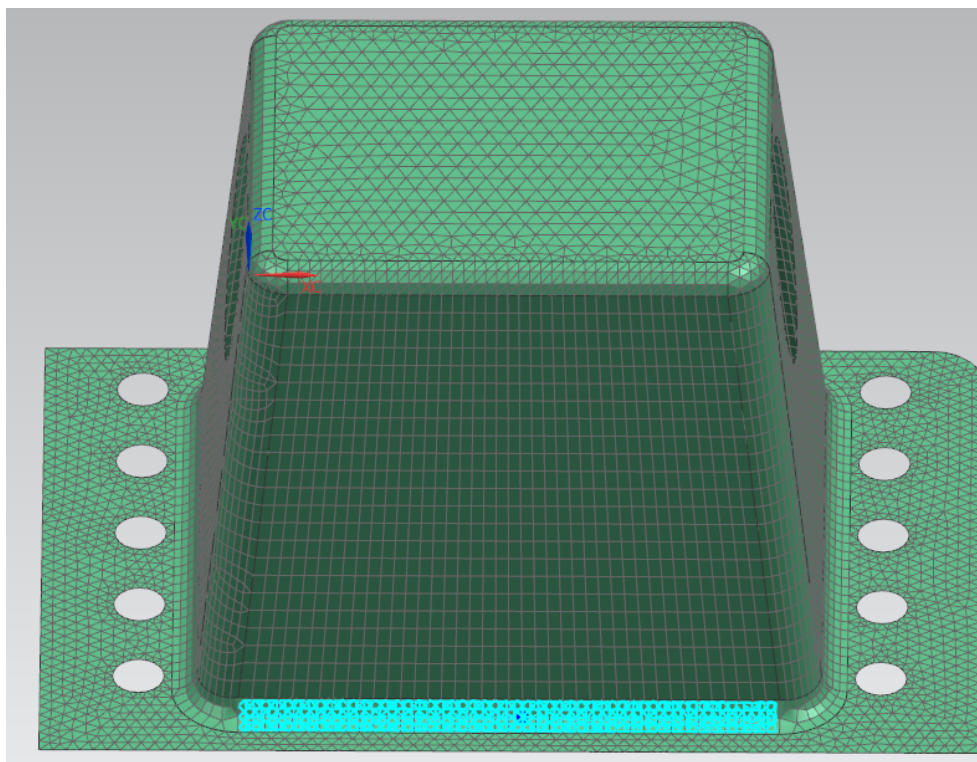


Figura 63: Aplicación de las láminas

Se ha realizado la laminación de las esquinas inferiores por separado para que las láminas acoplen de forma correcta.

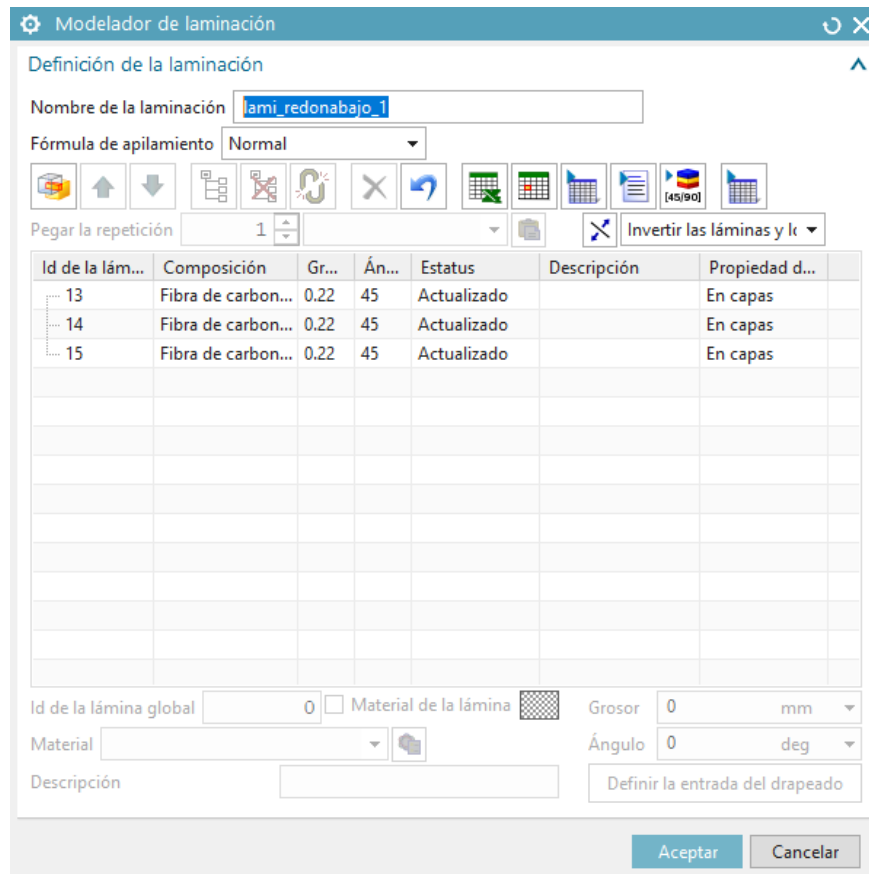


Figura 64: Modelador de laminación redondeos esquinas inferiores

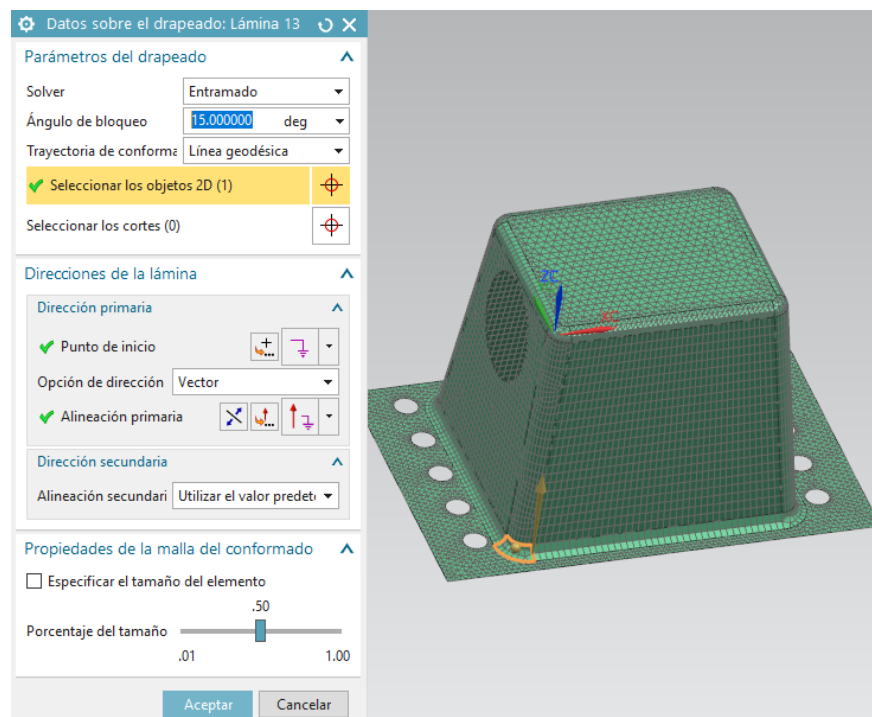


Figura 65: Drapeado laminados redondeos esquinas inferiores

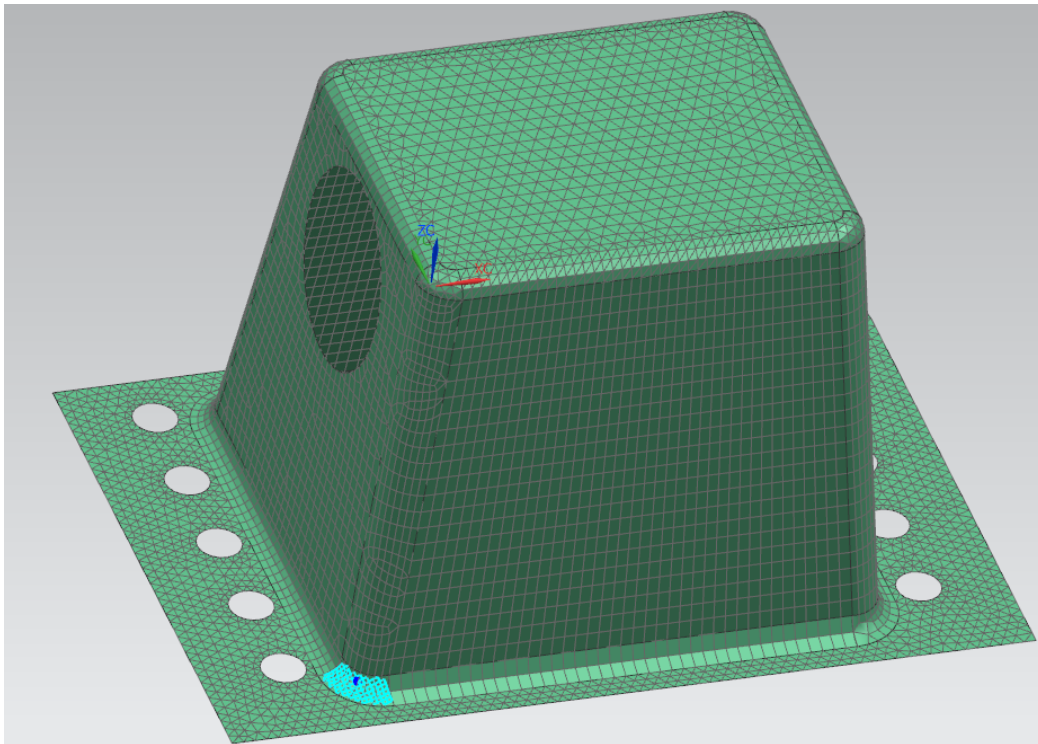


Figura 66: Aplicación de las láminas

Las láminas de las cuatro caras con ángulo de salida poseen la misma configuración.

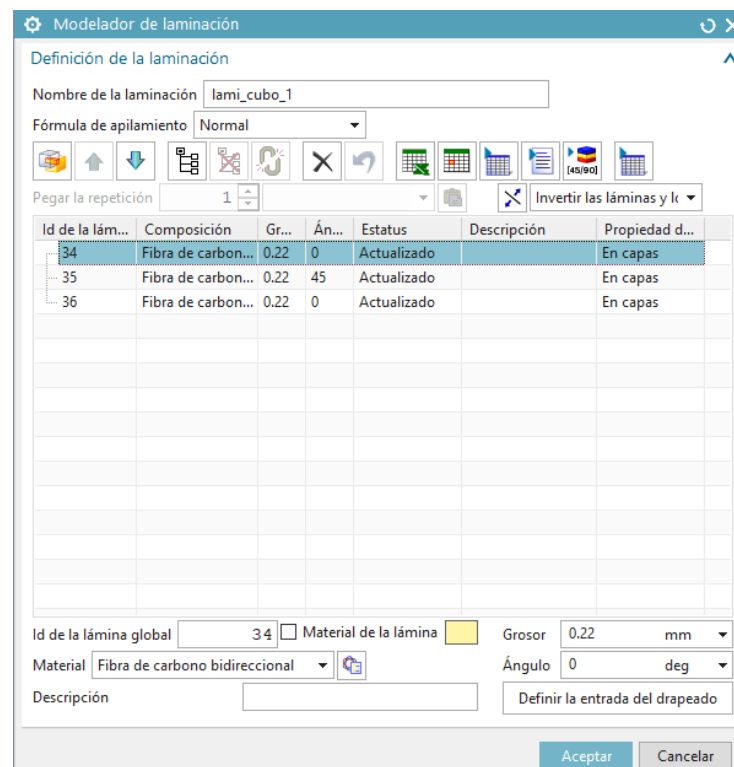


Figura 67: Modelador de laminación caras con ángulo de salida

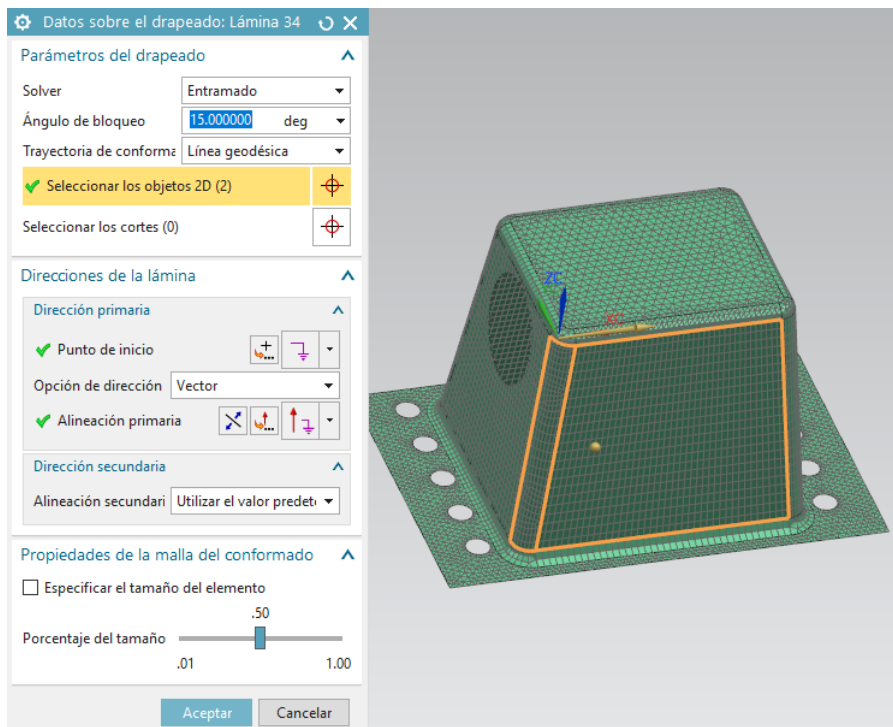


Figura 68: Drapeado caras con ángulo de salida

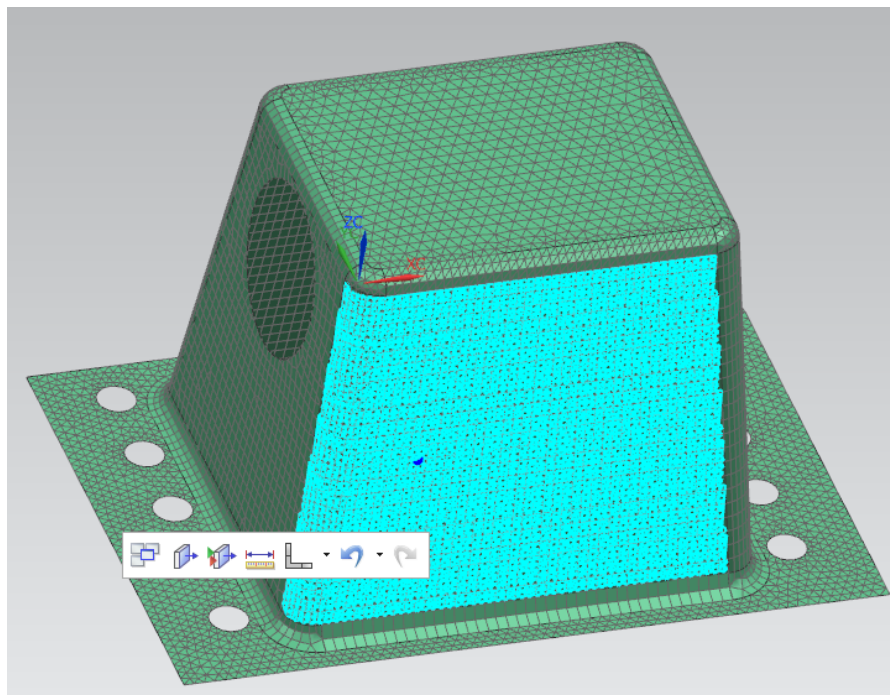


Figura 69: Aplicación de las láminas

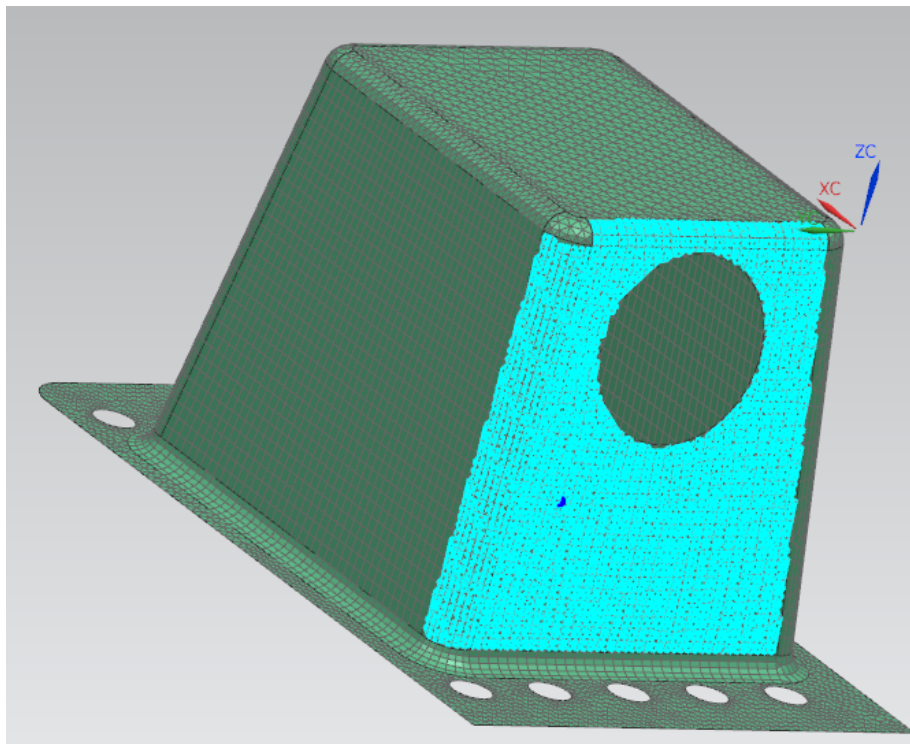


Figura 70: Aplicación de las láminas

Los redondeos de las esquinas superiores se han realizado de manera separada para la óptima aplicación de la laminas.

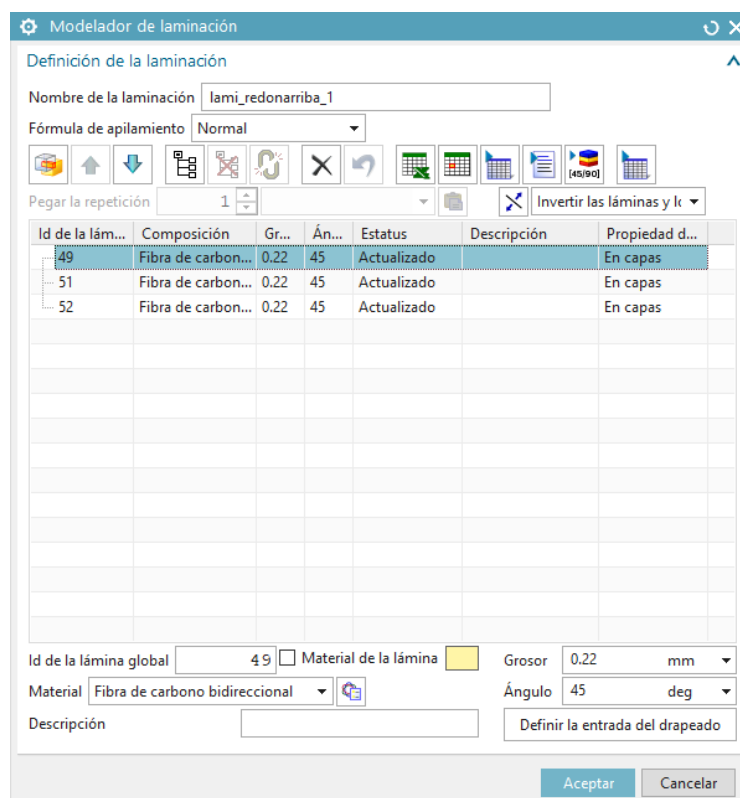


Figura 71: Modelador de laminación redondeos esquinas superiores



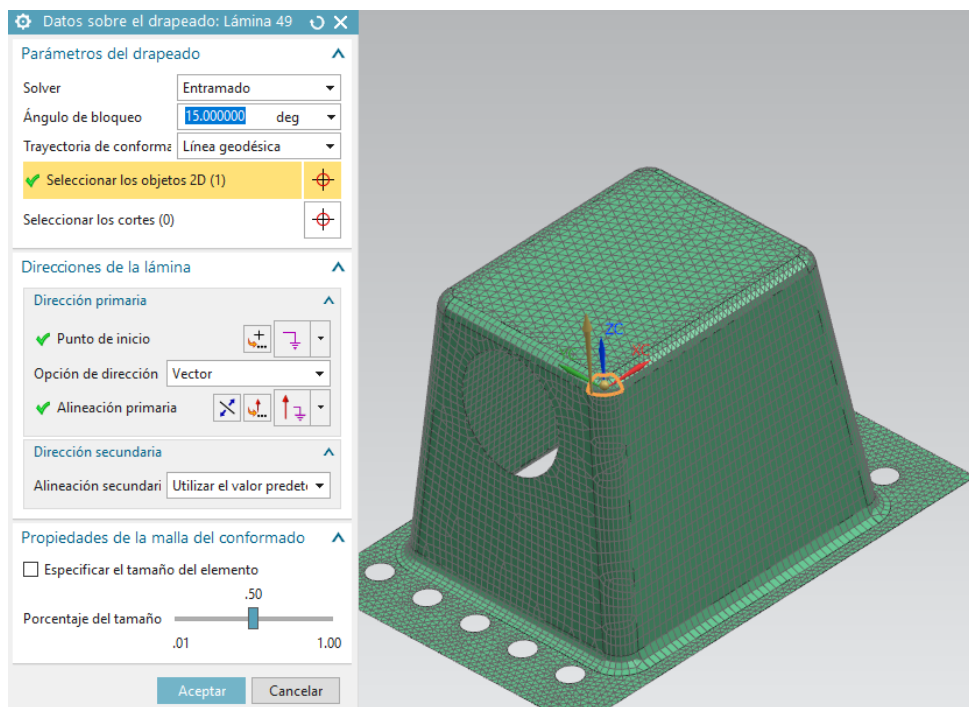


Figura 72: Drapeado redondear esquinas superiores

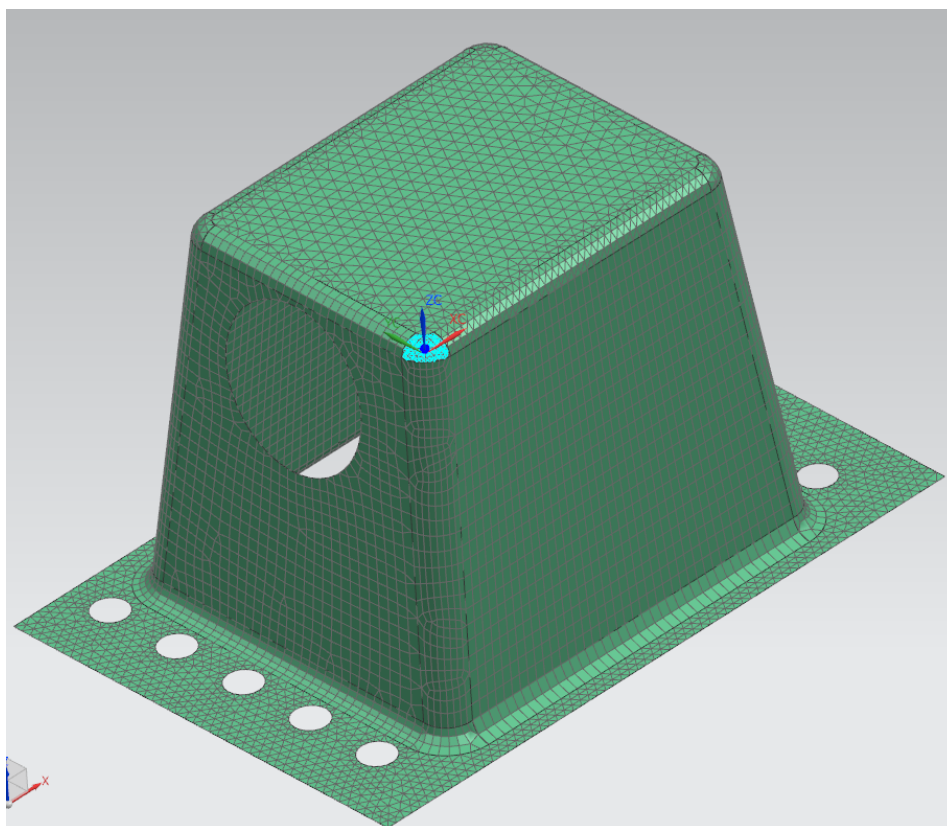


Figura 73: Aplicación de las láminas

Por último, se realiza el mismo proceso en la cara superior de la pieza

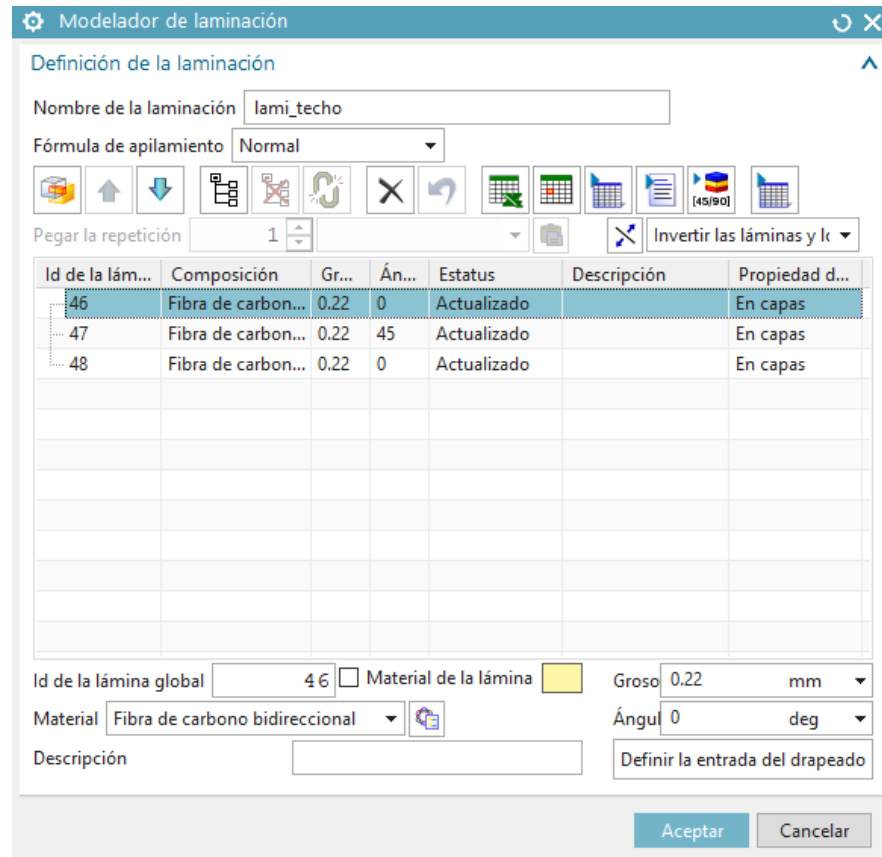


Figura 74: Modelador de laminación cara superior

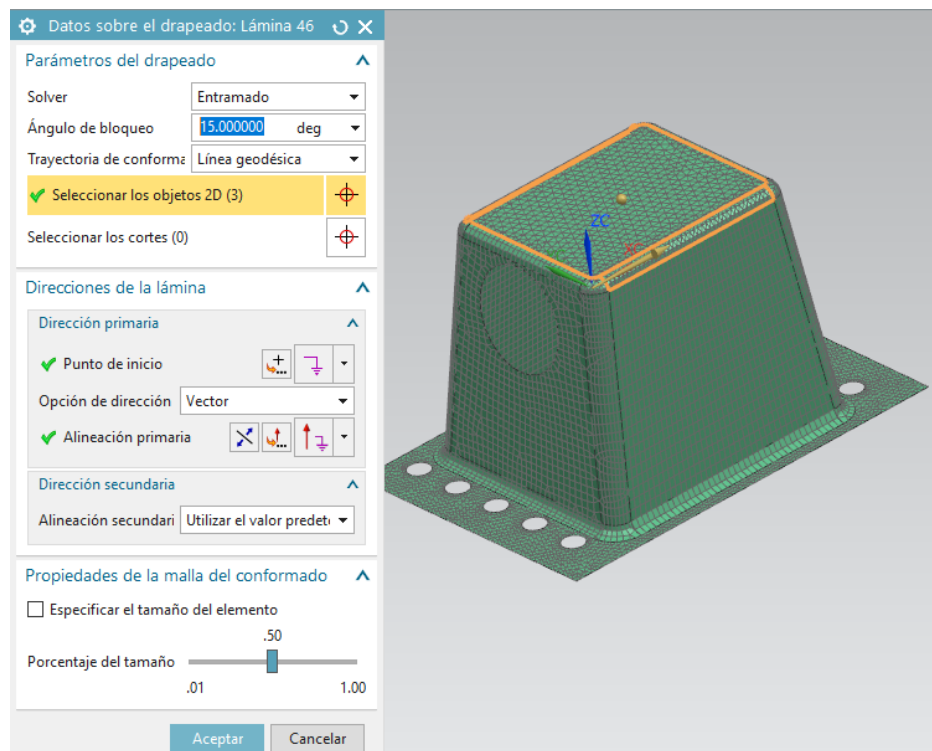


Figura 75: Drapeado cara superior

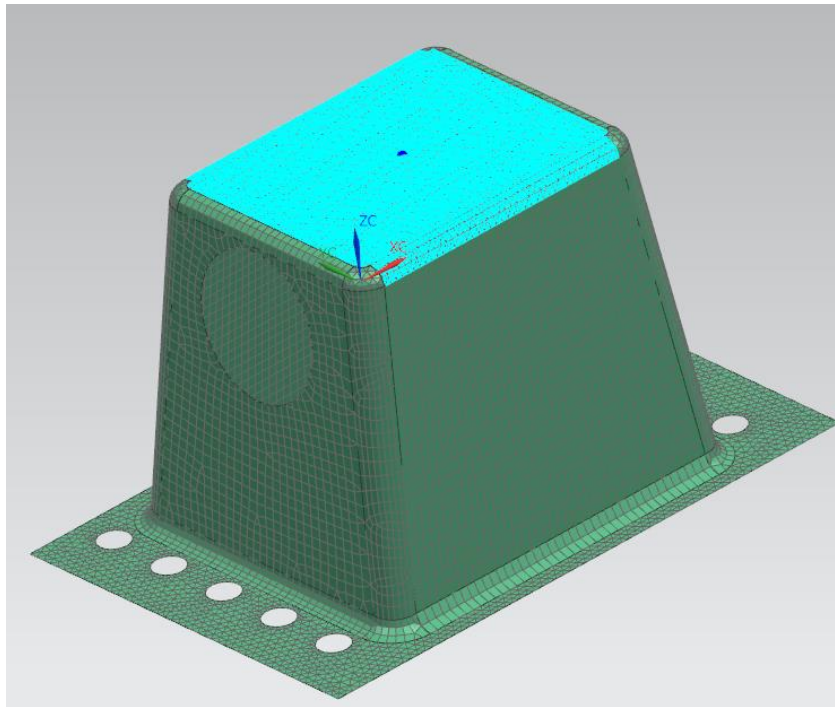


Figura 76: Aplicación de las láminas

Tras realizar todos los laminados, se computan las zonas para comprobar el apilamiento de las láminas.

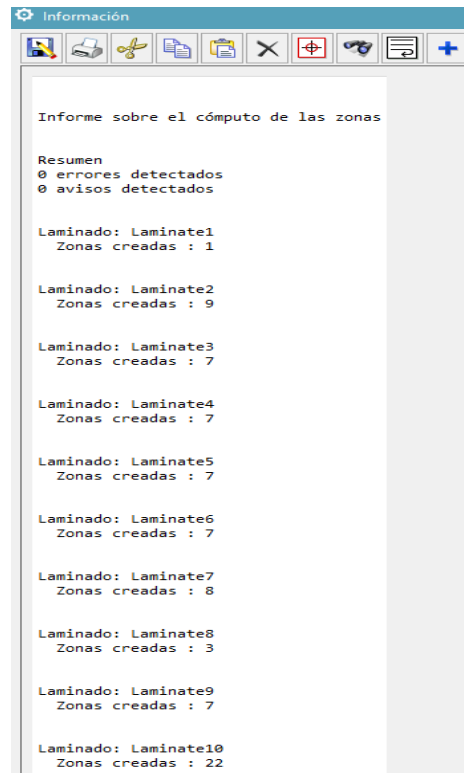


Figura 77: Cómputo de las zonas

En la figura se puede observar que se ha realizado un correcto apilamiento de las láminas sin obtener ningún aviso ni fallo.

A continuación, se muestran la cantidad de láminas que se van a aplicar en cada uno de los laminados:

| Laminado                    | Material                       | nº de láminas | Espesor material | Espesor total |
|-----------------------------|--------------------------------|---------------|------------------|---------------|
| Base ancaje                 | Fibra de carbono bidireccional | 9             | 0,22             | 1,98          |
| Redondeo longitudinal_1     | Fibra de carbono bidireccional | 3             | 0,22             | 0,66          |
| Redondeo longitudinal_2     | Fibra de carbono bidireccional | 3             | 0,22             | 0,66          |
| Redondeo longitudinal_3     | Fibra de carbono bidireccional | 3             | 0,22             | 0,66          |
| Redondeo longitudinal_4     | Fibra de carbono bidireccional | 3             | 0,22             | 0,66          |
| Redondeo esquina inferior_1 | Fibra de carbono bidireccional | 3             | 0,22             | 0,66          |
| Redondeo esquina inferior_2 | Fibra de carbono bidireccional | 3             | 0,22             | 0,66          |
| Redondeo esquina inferior_3 | Fibra de carbono bidireccional | 3             | 0,22             | 0,66          |
| Redondeo esquina inferior_4 | Fibra de carbono bidireccional | 3             | 0,22             | 0,66          |
| Cara con ángulo salida_1    | Fibra de carbono bidireccional | 3             | 0,22             | 0,66          |
| Cara con ángulo salida_2    | Fibra de carbono bidireccional | 3             | 0,22             | 0,66          |
| Cara con ángulo salida_3    | Fibra de carbono bidireccional | 3             | 0,22             | 0,66          |
| Cara con ángulo salida_4    | Fibra de carbono bidireccional | 3             | 0,22             | 0,66          |
| Redondeo esquina superior_1 | Fibra de carbono bidireccional | 3             | 0,22             | 0,66          |
| Redondeo esquina superior_2 | Fibra de carbono bidireccional | 3             | 0,22             | 0,66          |
| Redondeo esquina superior_3 | Fibra de carbono bidireccional | 3             | 0,22             | 0,66          |
| Redondeo esquina superior_4 | Fibra de carbono bidireccional | 3             | 0,22             | 0,66          |
| Cara superior               | Fibra de carbono bidireccional | 3             | 0,22             | 0,66          |

### 8.2.4.- Simulación

Se procede aplicar las cargas calculadas anteriormente sobre la pieza para visualizar su comportamiento. Se aplicará la fuerza generada por el pie sobre la maneta y el momento que produce esta sobre la pieza.

Para empezar, colocaremos las restricciones pertinentes de la pieza. En este caso se situarán en los cuatro agujeros de las esquinas ya en ellos se colocarán los tornillos de fijación sobre la otra pieza que es el soporte.

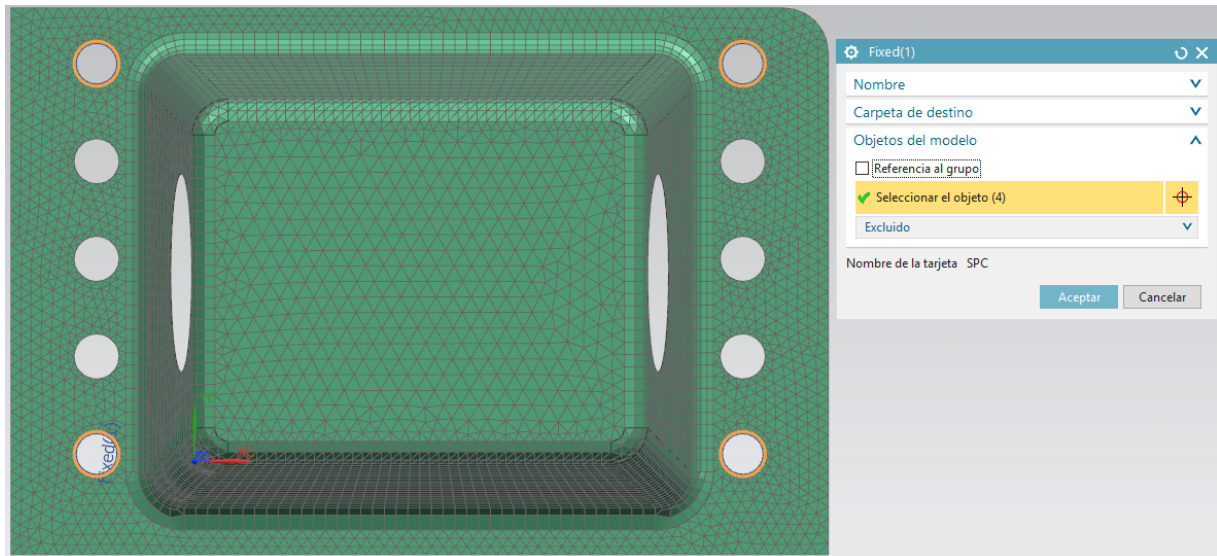


Figura 78: Restricciones anclaje

Se aplican fuerza que ejerce el pie sobre la maneta y momento que genera la misma sobre el pasador que lo transmite a la pieza.

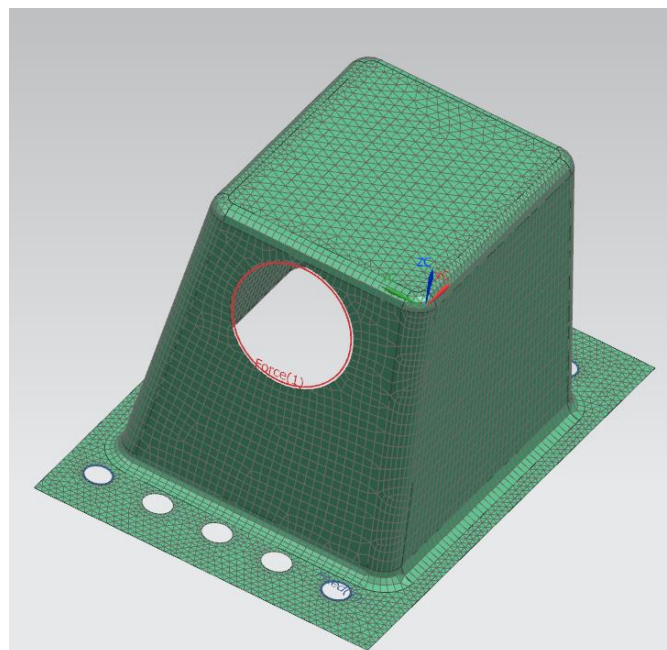


Figura 79: Aplicación de la fuerza ejercida por el pie

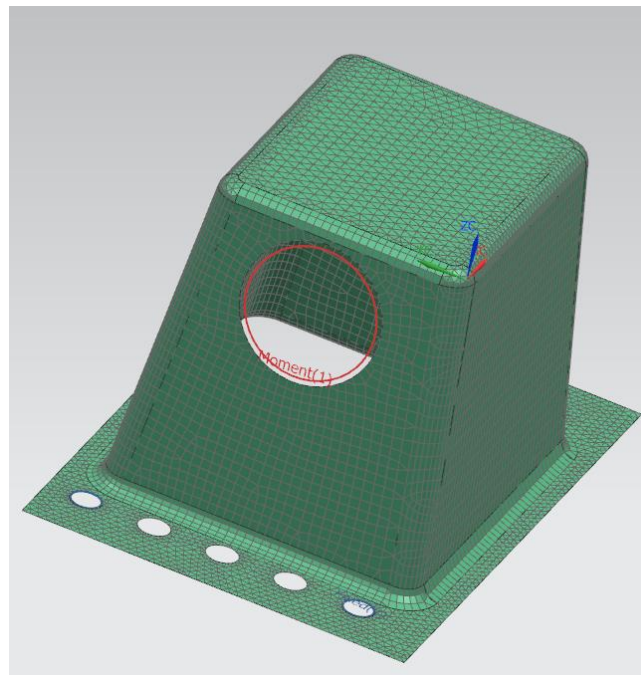


Figura 80: Aplicación del momento

Tras la aplicación de las cargas se procede a analizar los resultados obtenidos de la simulación de la pieza.

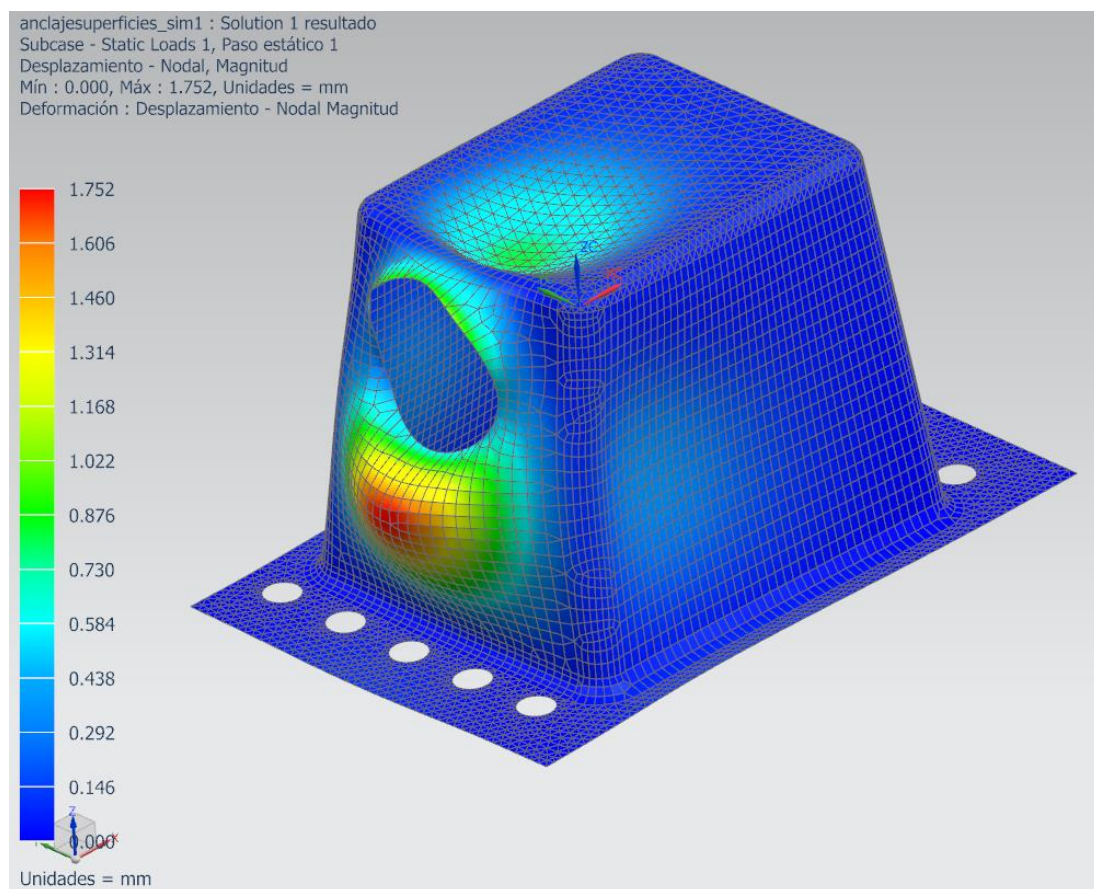


Figura 81: Desplazamiento del anclaje

Como se puede observar, la pieza resiste correctamente las cargas aplicadas y tiene y desplazamiento máximo mínimo lo cual supone una ventaja ya que el piloto a la hora de ejercer la fuerza poseerá una gran sensibilidad.

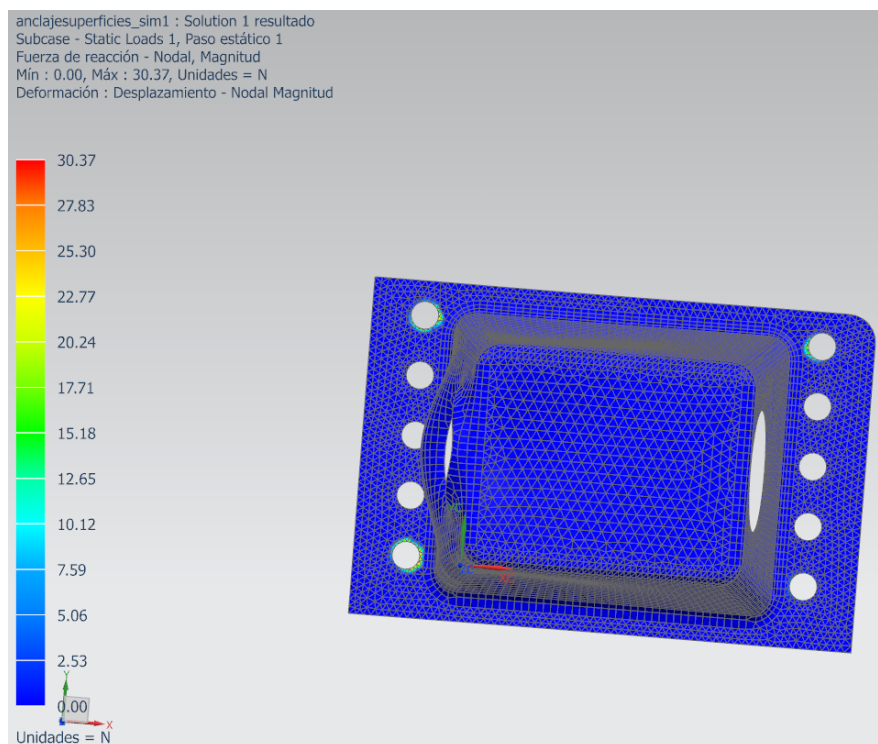


Figura 82: Fuerzas de reacción

Las fuerzas de reacción visualizadas serán las cargas que se apliquen la piezabase / soporte.

Por último, se van a ejemplificar los patrones con la forma exacta que se deben recortar del material para su acople perfecto sobre el molde en la fabricación.

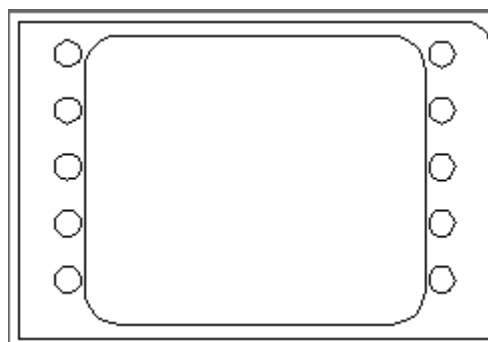


Figura 83: Patrón baseanclaje



Figura 84: Patrón redondeo longitudinal frontal y posterior

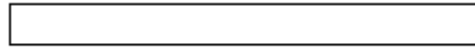


Figura 85: Patrón longitudinal de los laterales

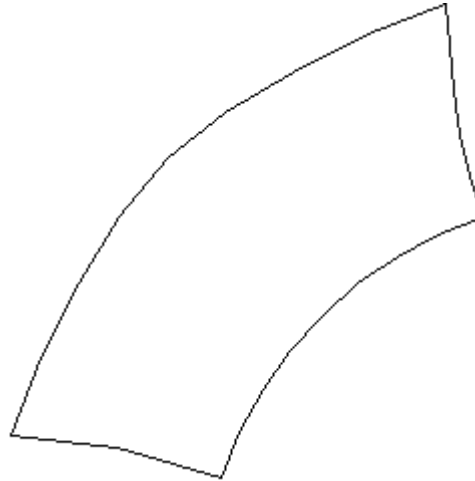


Figura 86: Patrón redondeos esquinas inferiores

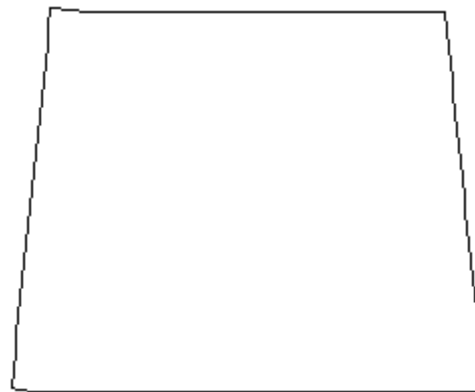


Figura 87: Patrón caras con ángulo de salida frontal y posterior

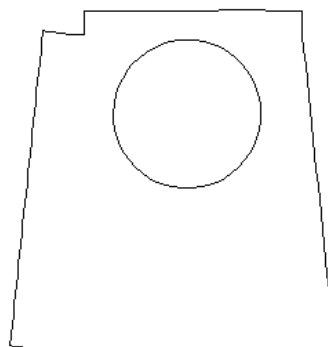
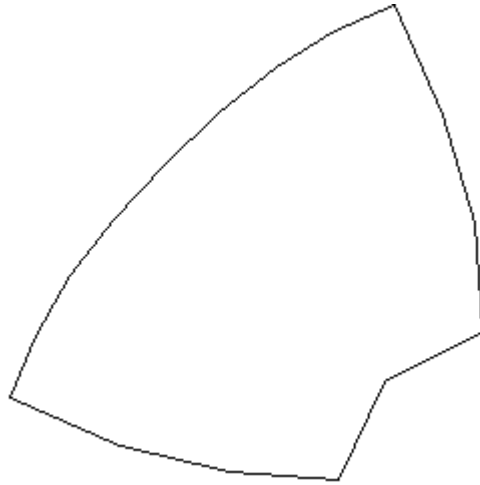
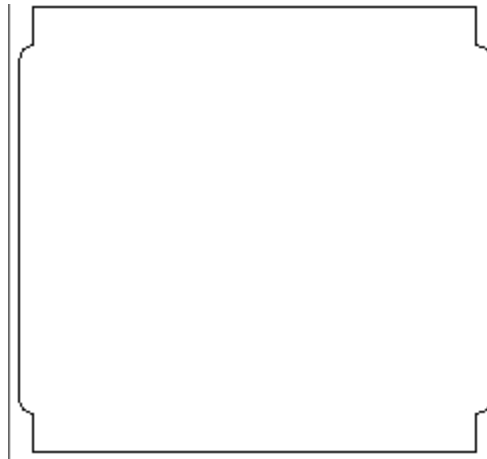


Figura 88: Patrón caras ángulo de salida laterales





*Figura 89: Patrón redondeos esquinas superiores*



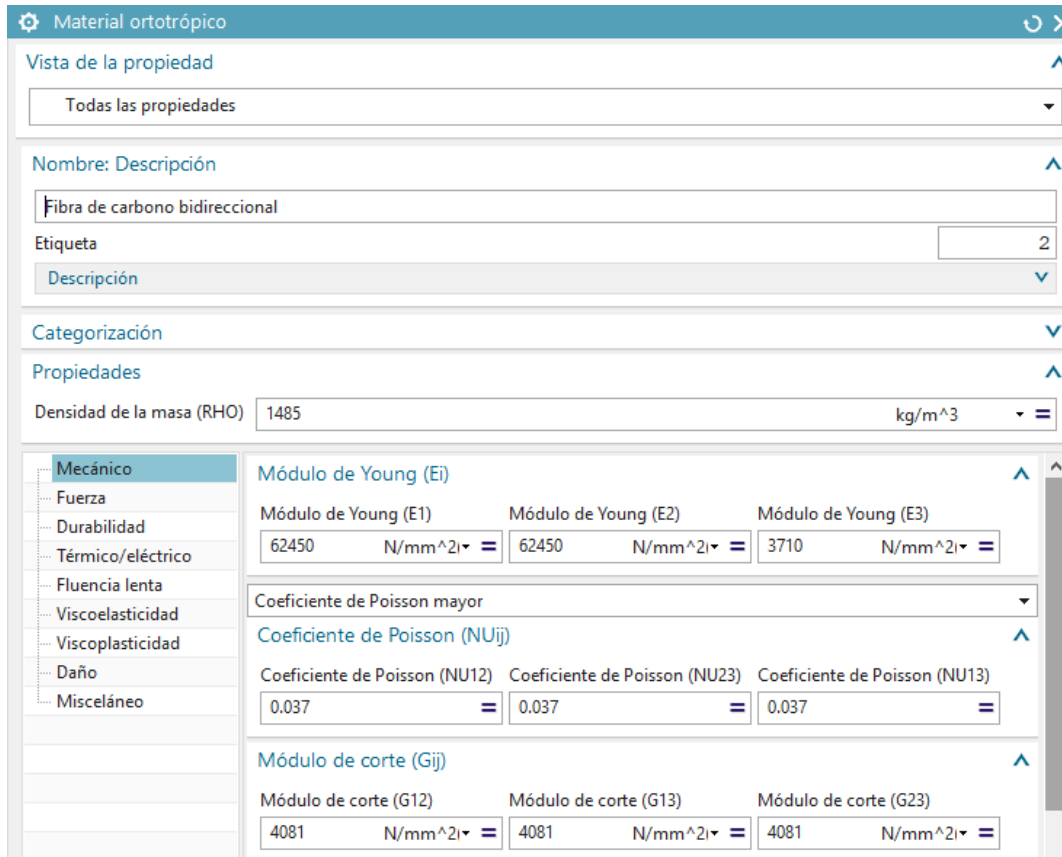
*Figura 90: Patrón cara superior*

El peso total de la pieza indica por el programa es de 1.627347E-002 kg

### 8.3.- Pieza base / soporte

#### 8.3.1- Introducción de los materiales

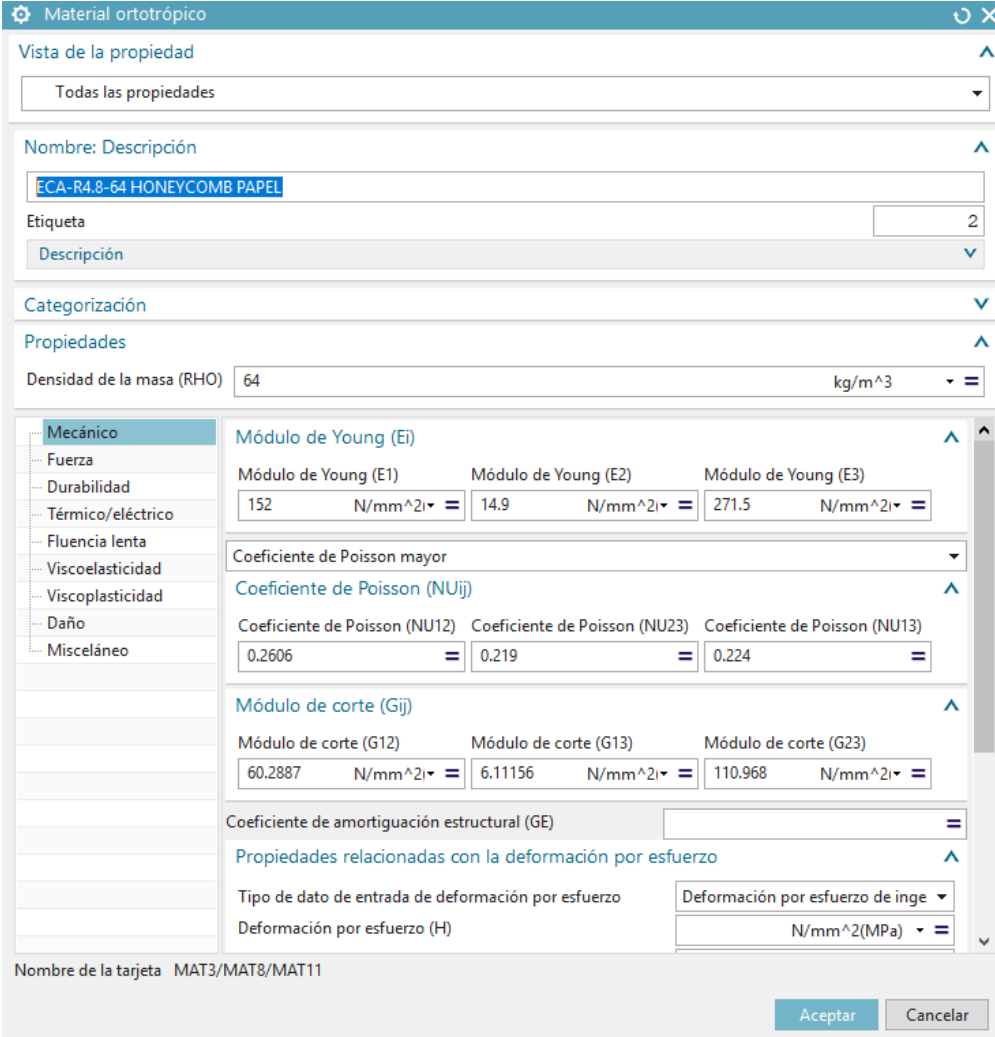
En este caso, debido al gran espesor que tiene la pieza se va a añadir el material honey, además de la fibra, para evitar el uso abundante de fibra de carbono y abaratar el coste de los materiales.



The screenshot shows the 'Material ortotrópico' window with the following details:

- Vista de la propiedad:** Todas las propiedades
- Nombre: Descripción:** Fibra de carbono bidireccional
- Etiqueta:** 2
- Propiedades:**
  - Densidad de la masa (RHO): 1485 kg/m<sup>3</sup>
  - Módulo de Young (Ei):**
    - Módulo de Young (E1): 62450 N/mm<sup>2</sup>
    - Módulo de Young (E2): 62450 N/mm<sup>2</sup>
    - Módulo de Young (E3): 3710 N/mm<sup>2</sup>
  - Coefficiente de Poisson (NUij):**
    - Coefficiente de Poisson (NU12): 0.037
    - Coefficiente de Poisson (NU23): 0.037
    - Coefficiente de Poisson (NU13): 0.037
  - Módulo de corte (Gij):**
    - Módulo de corte (G12): 4081 N/mm<sup>2</sup>
    - Módulo de corte (G13): 4081 N/mm<sup>2</sup>
    - Módulo de corte (G23): 4081 N/mm<sup>2</sup>

Figura 91: Propiedades fibra de carbono bidireccional



Material ortotrópico

Vista de la propiedad  
Todas las propiedades

Nombre: Descripción  
ECA-R4.8-64 HONEYCOMB PAPEL

Etiqueta  
Descripción 2

Categorización

Propiedades  
Densidad de la masa (RHO) 64 kg/m<sup>3</sup>

Mecánico

Módulo de Young (Ei)

| Módulo de Young (E1)  | Módulo de Young (E2)   | Módulo de Young (E3)    |
|-----------------------|------------------------|-------------------------|
| 152 N/mm <sup>2</sup> | 14.9 N/mm <sup>2</sup> | 271.5 N/mm <sup>2</sup> |

Coefficiente de Poisson mayor

Coefficiente de Poisson (NUij)

| Coefficiente de Poisson (NU12) | Coefficiente de Poisson (NU23) | Coefficiente de Poisson (NU13) |
|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 0.2606                         | 0.219                          | 0.224                          |

Módulo de corte (Gij)

| Módulo de corte (G12)     | Módulo de corte (G13)     | Módulo de corte (G23)     |
|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 60.2887 N/mm <sup>2</sup> | 6.11156 N/mm <sup>2</sup> | 110.968 N/mm <sup>2</sup> |

Coefficiente de amortiguación estructural (GE)

Propiedades relacionadas con la deformación por esfuerzo

Tipo de dato de entrada de deformación por esfuerzo  
Deformación por esfuerzo (H) Deformación por esfuerzo de inge N/mm<sup>2</sup>(MPa)

Nombre de la tarjeta MAT3/MAT8/MAT11

Aceptar Cancelar

Figura 92: Propiedades honey ECA-R4.8-64 HONEYCOMB PAPEL

### 8.3.2- Mallado

Se realiza en mismo proceso que con la pieza anclaje. Se extraen las caras del sólido en 3D para poder trabajar con la función NX Nastran. En este caso la pieza se ha dividido en tres partes para el mallado. Junto al tamaño del elemento, se ha elegido esta distribución para generar la mejor calidad del mallado.

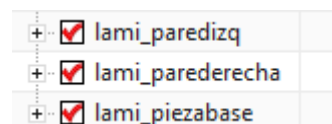


Figura 93: Laminaciones creadas para a pieza

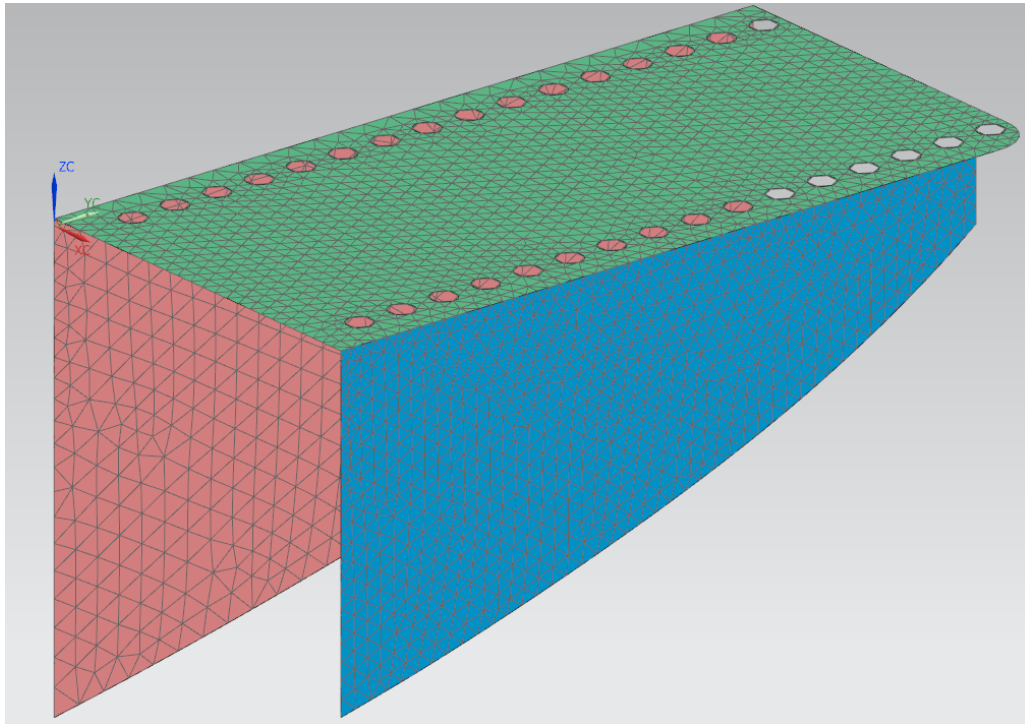


Figura 94: Distribución del mallado

A continuación, se configura el tamaño del elemento del mallado. En cada una de las tres mallas se elige un tamaño del elemento diferente para obtener la mejor calidad del mallado.

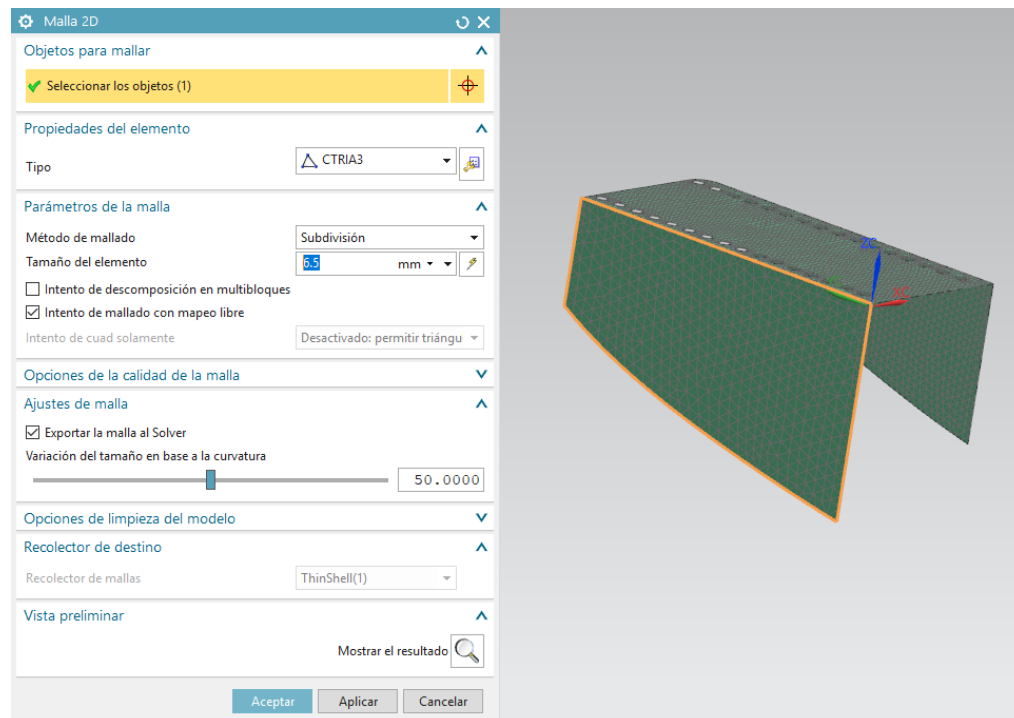


Figura 95: Mallado pared izquierda

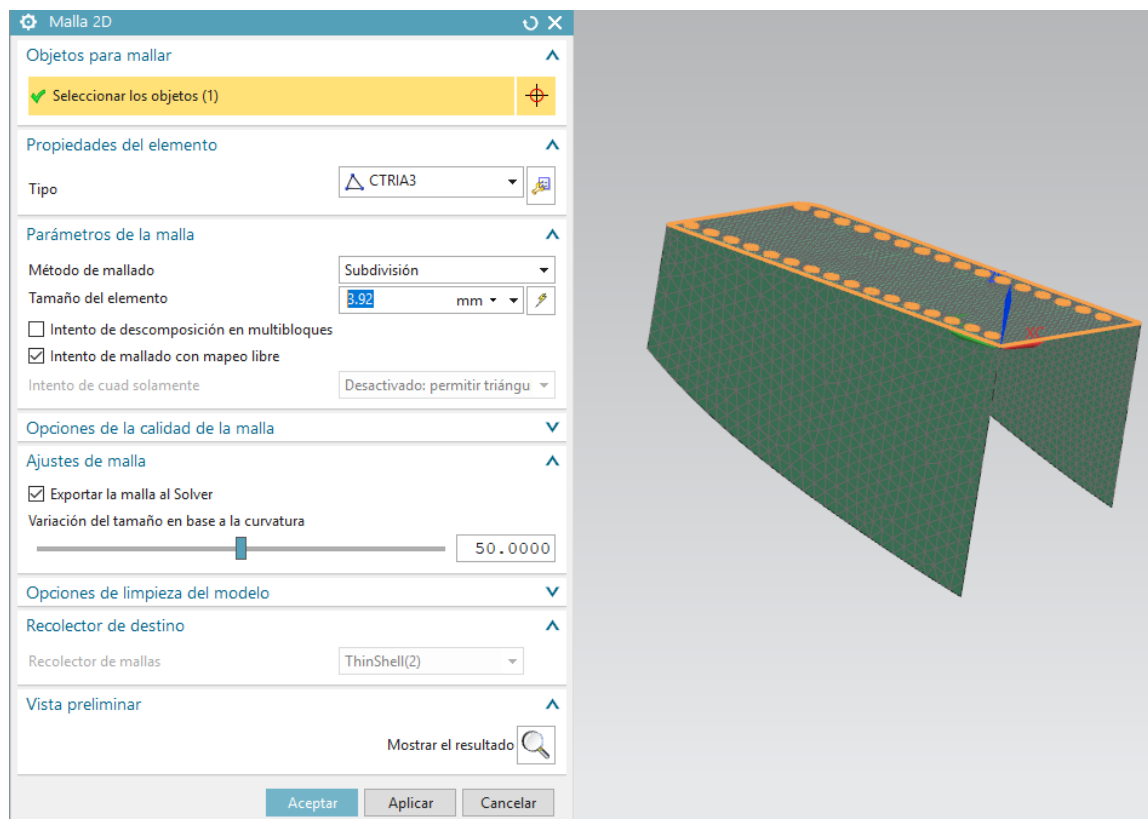


Figura 96: Mallado placa horizontal

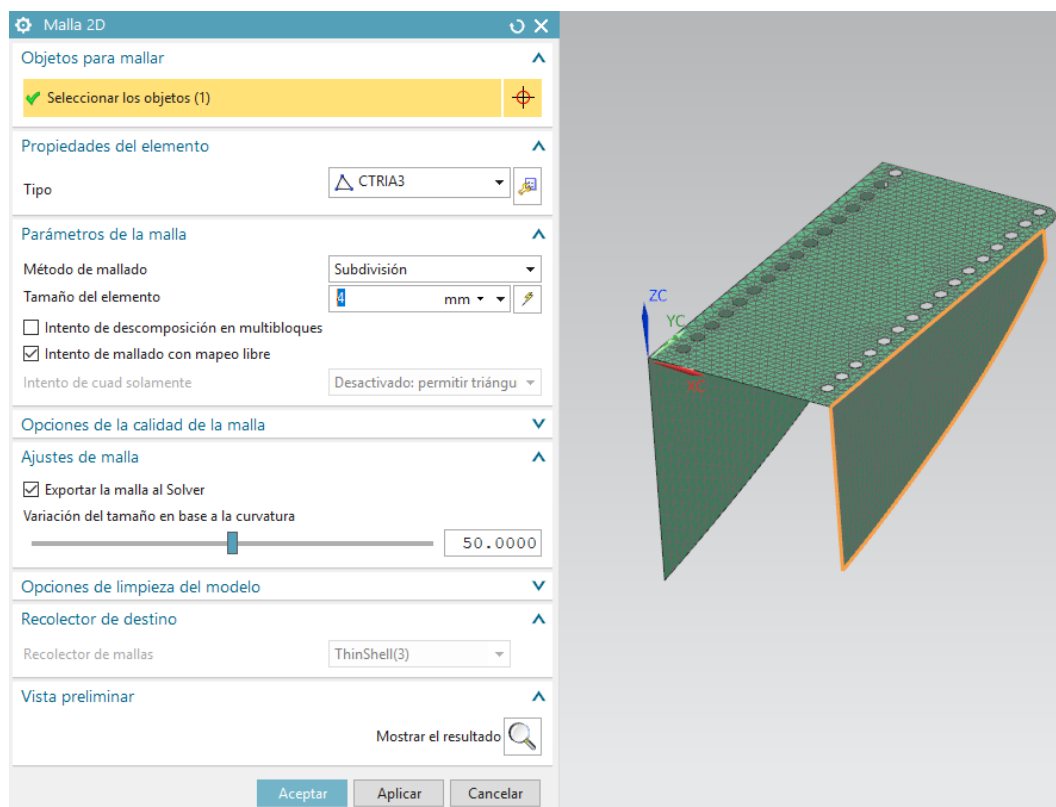
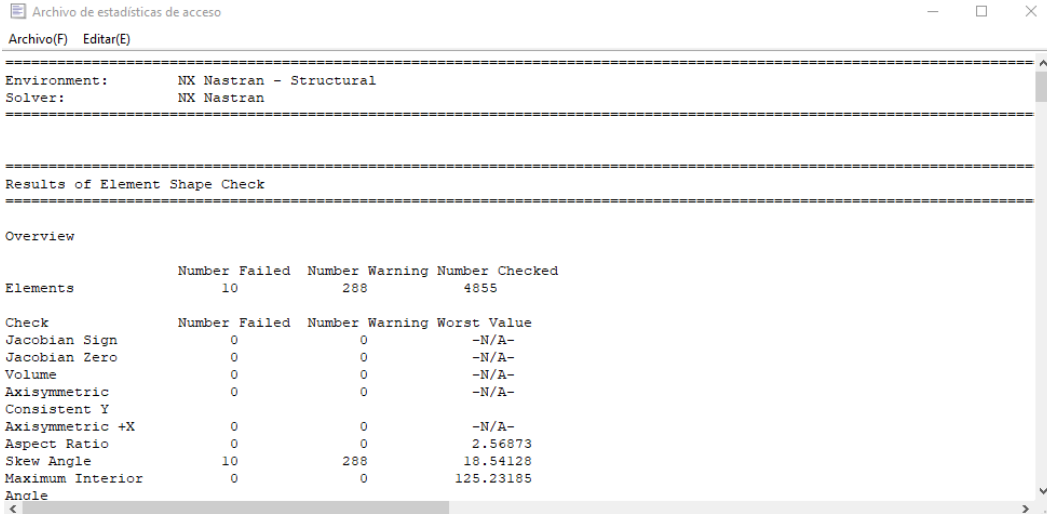


Figura 97: Mallado pared derecha

Seguidamente se va a comprobar la calidad del mallado. Con las ditribuciones aplicada anteriormente se ha logrado el mejor mallado posible.



Archivo de estadísticas de acceso

Environment: NX Nastran - Structural  
Solver: NX Nastran

Results of Element Shape Check

Overview

| Elements | Number Failed | Number Warning | Number Checked |
|----------|---------------|----------------|----------------|
|          | 10            | 288            | 4855           |

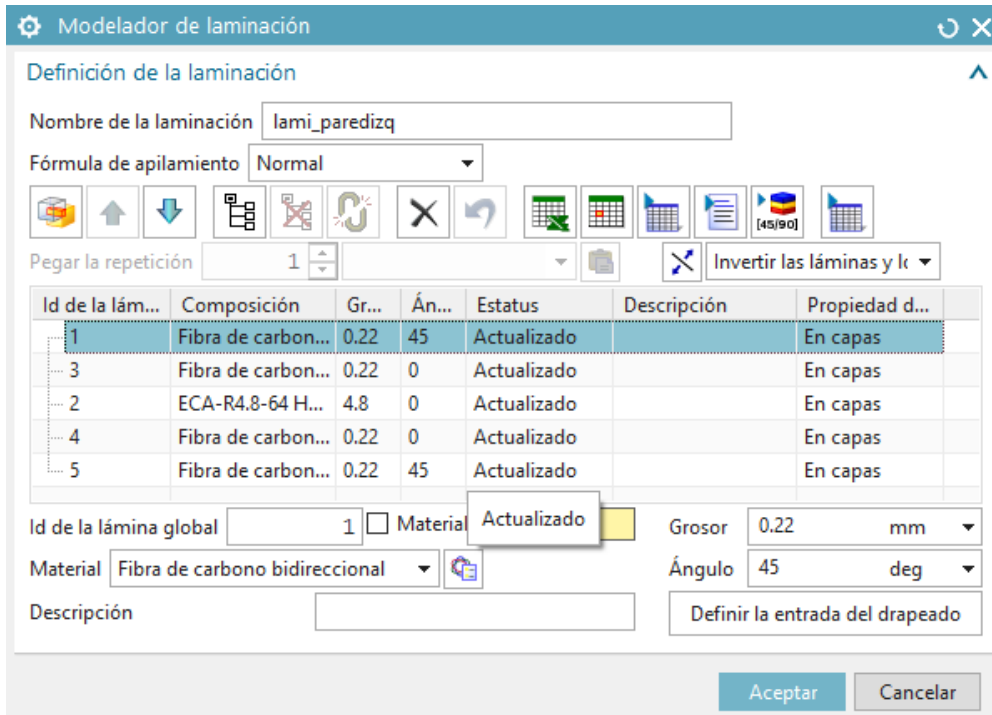
| Check                  | Number Failed | Number Warning | Worst Value |
|------------------------|---------------|----------------|-------------|
| Jacobian Sign          | 0             | 0              | -N/A-       |
| Jacobian Zero          | 0             | 0              | -N/A-       |
| Volume                 | 0             | 0              | -N/A-       |
| Axisymmetric           | 0             | 0              | -N/A-       |
| Consistent Y           |               |                |             |
| Axisymmetric +X        | 0             | 0              | -N/A-       |
| Aspect Ratio           | 0             | 0              | 2.56873     |
| Skew Angle             | 10            | 288            | 18.54128    |
| Maximum Interior Angle | 0             | 0              | 125.23185   |

Figura 98: Calidad del mallado

En este caso la oriental del material del elemento será heredada del laminado.

### 8.3.3.- Laminado

En este caso, los laminados de la pieza seguirán los mismos patrones que el mallado. Las láminas también se colocarán con ángulo de  $0^\circ$  y  $45^\circ$  alternativamente como se ha descrito anteriormente para resistir las cargar en diferentes direcciones.



Modelador de laminación

Definición de la laminación

Nombre de la laminación: lami\_paredizq

Fórmula de apilamiento: Normal

Pegar la repetición: 1

| Id de la lám... | Composición        | Gr... | Án... | Estatus     | Descripción | Propiedad d... |
|-----------------|--------------------|-------|-------|-------------|-------------|----------------|
| 1               | Fibra de carbon... | 0.22  | 45    | Actualizado |             | En capas       |
| 3               | Fibra de carbon... | 0.22  | 0     | Actualizado |             | En capas       |
| 2               | ECA-R4.8-64 H...   | 4.8   | 0     | Actualizado |             | En capas       |
| 4               | Fibra de carbon... | 0.22  | 0     | Actualizado |             | En capas       |
| 5               | Fibra de carbon... | 0.22  | 45    | Actualizado |             | En capas       |

Id de la lámina global: 1  Material Actualizado

Grosor: 0.22 mm

Material: Fibra de carbono bidireccional

Ángulo: 45 deg

Descripción: Definir la entrada del drapeado

Aceptar Cancelar

Figura 99: Modelador de laminación pared izquierda

Como se puede observar en la imagen anterior, la capa de honey es colocada entre las láminas de fibra de carbono.

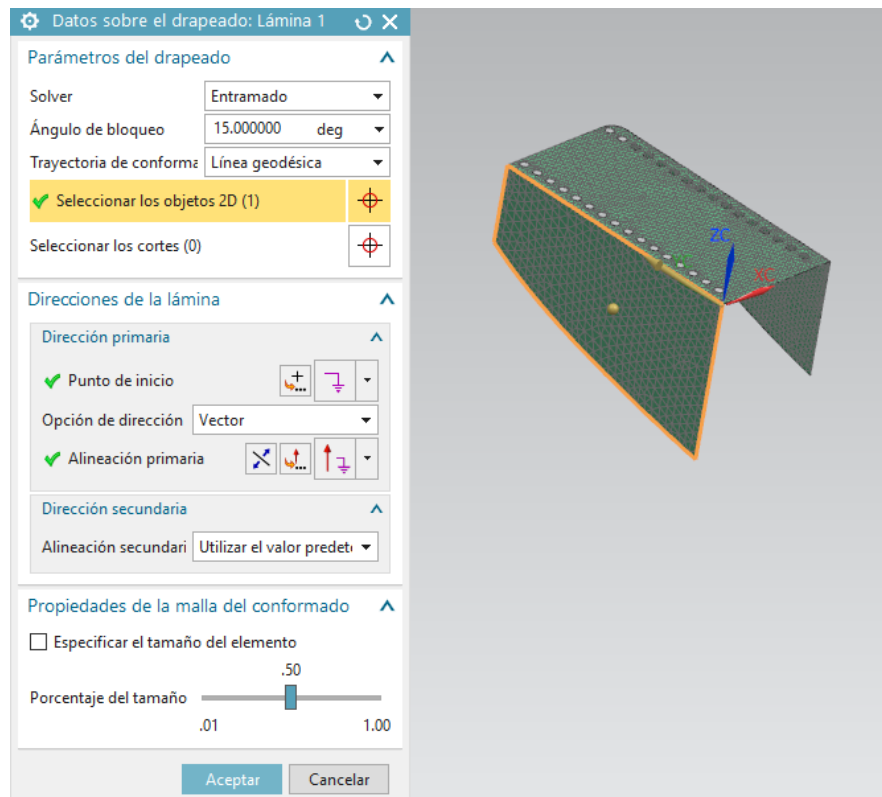


Figura 100: Drapeado pared izquierda

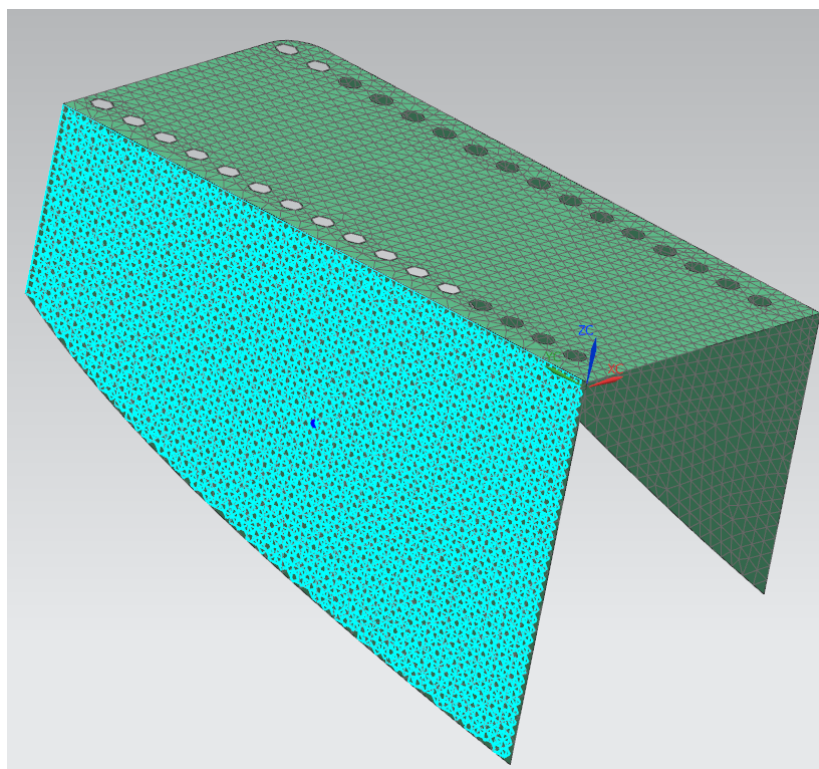


Figura 101: Aplicación de las láminas

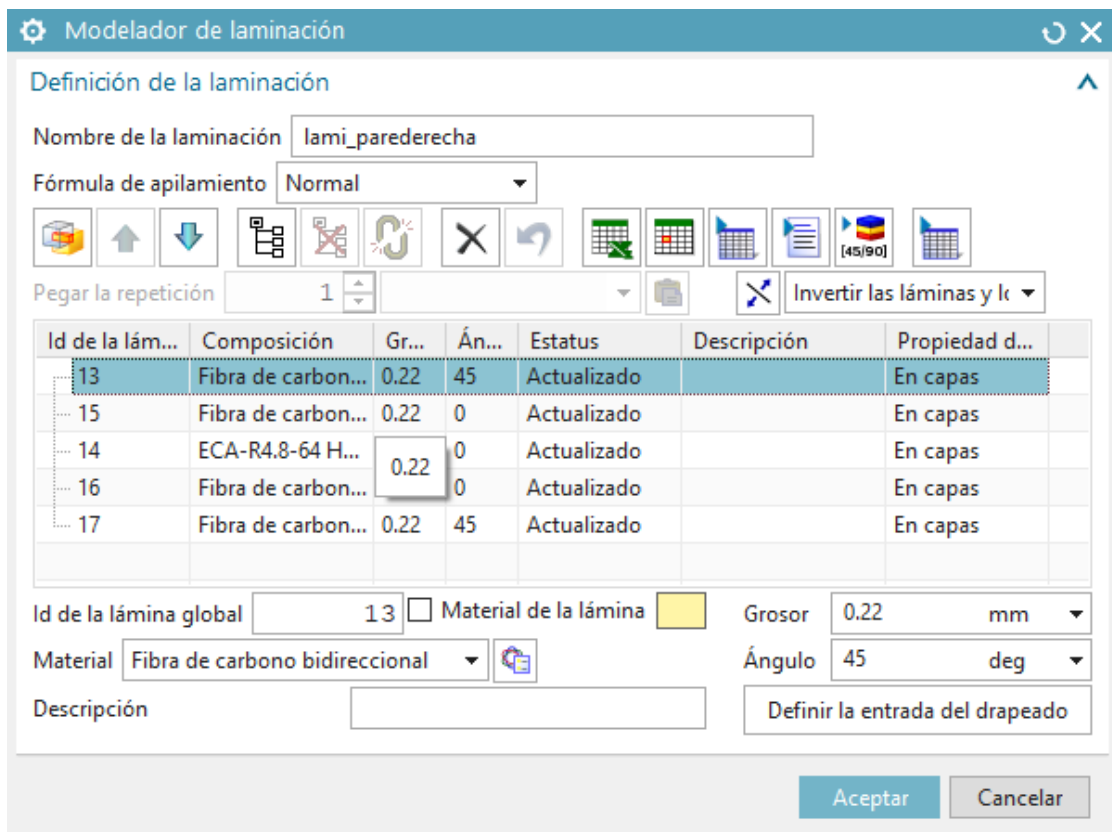


Figura 102: Modelador de laminación pared derecha

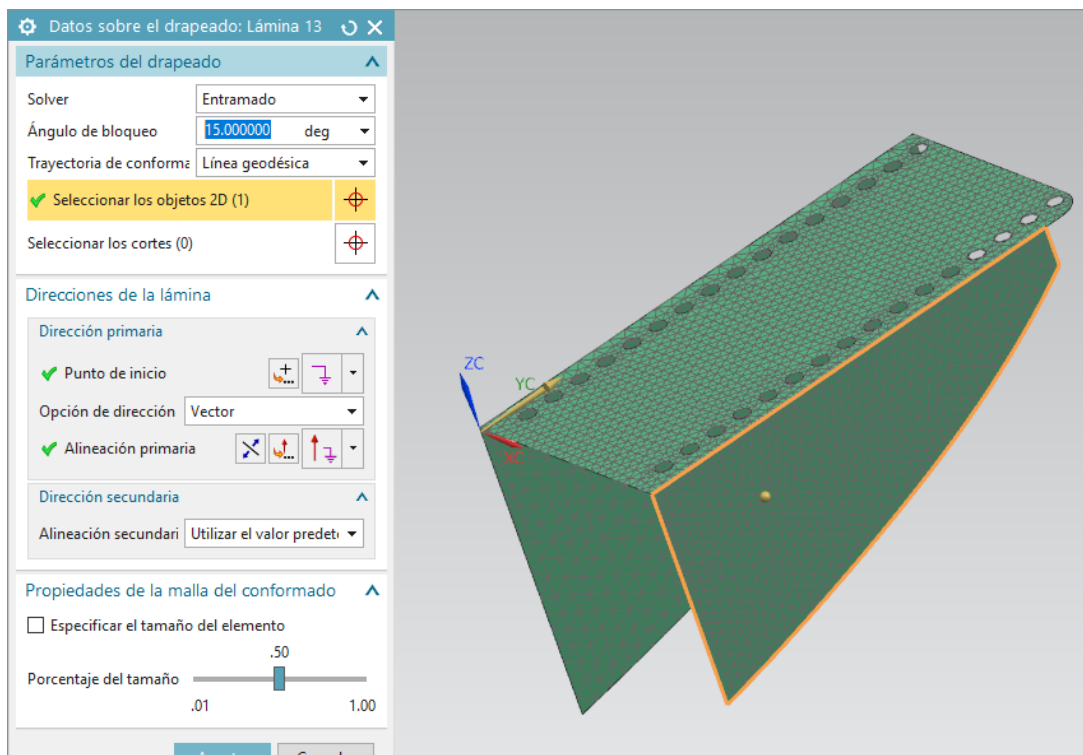


Figura 103: Drapeado pared derecha



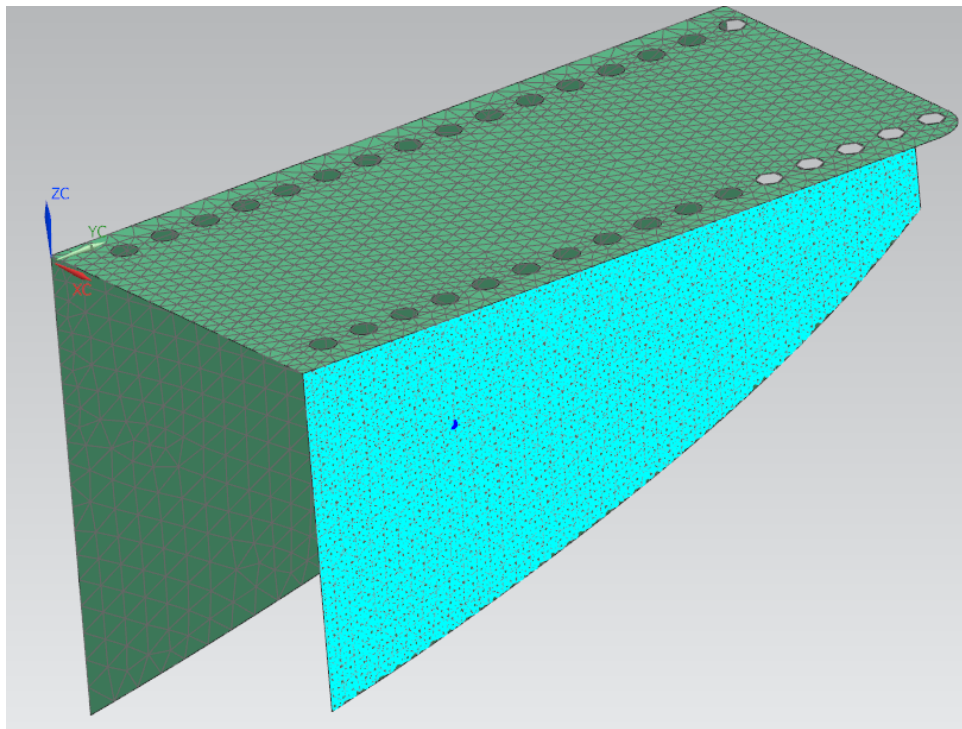


Figura 104: Aplicación de las láminas

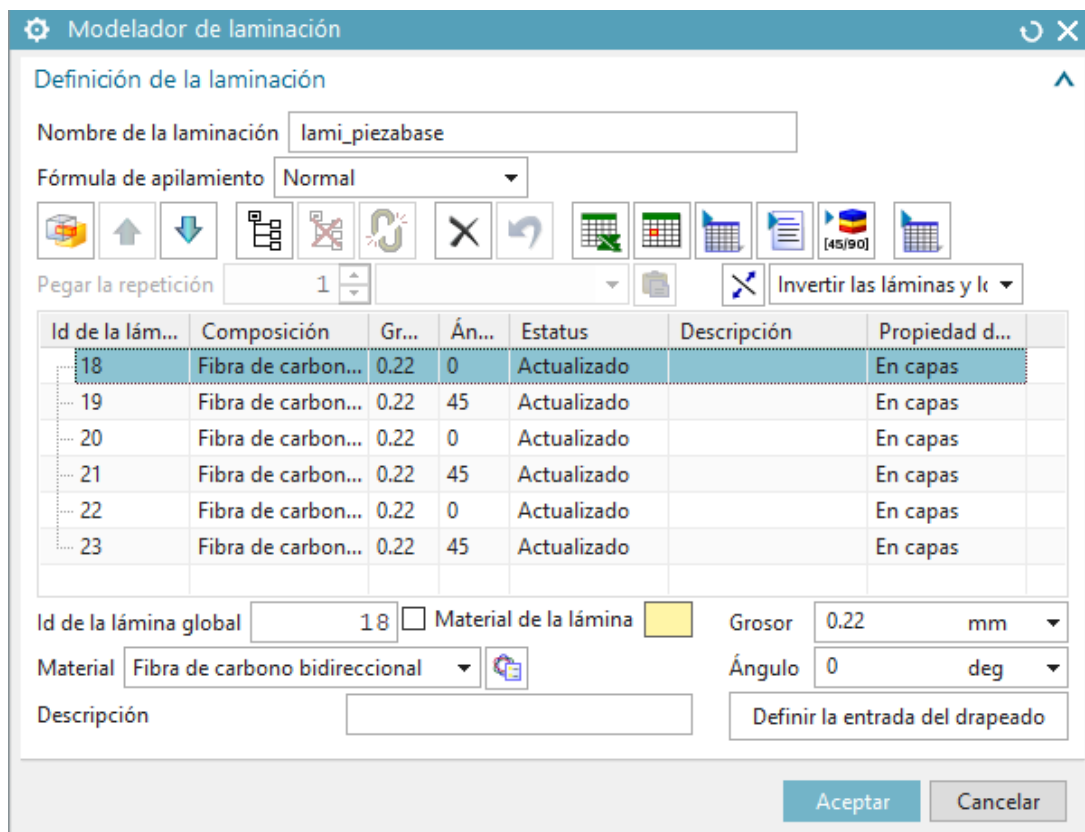


Figura 105: Modelador de laminación placa horizontal

En la imagen se puede visualizar que sean aplicado 6 láminas en placa horizontal. Esto de debe a que es la pieza que contendrá las tuercas remachables.

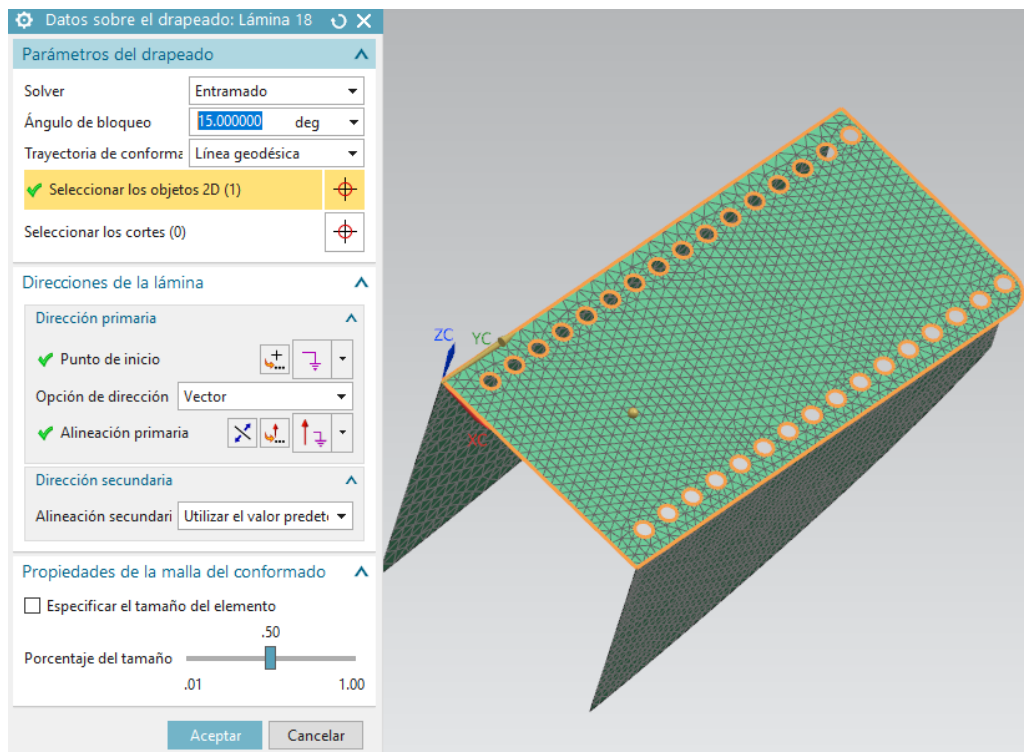


Figura 106: Drapeado placa horizontal

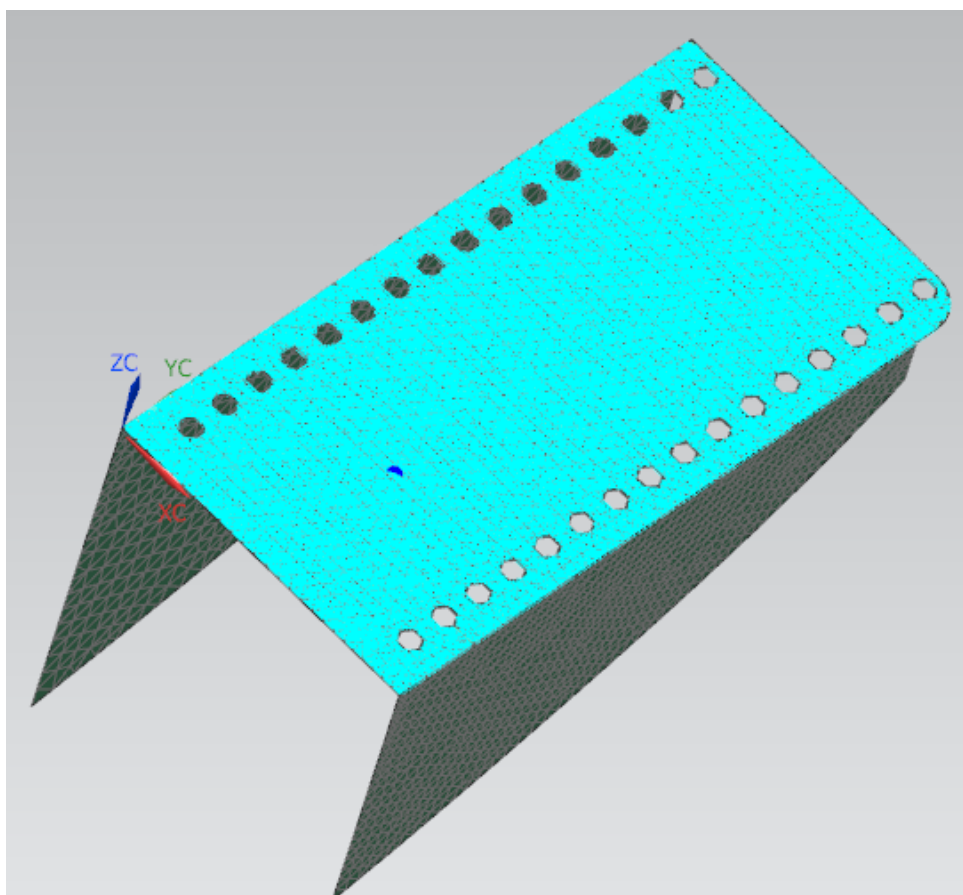


Figura 107: Aplicación de las láminas

Posteriormente se realiza el apilamiento de las láminas computando las zonas de laminado. Como se observa en la siguiente imagen, se obtiene un correcto apilamiento sin fallos.

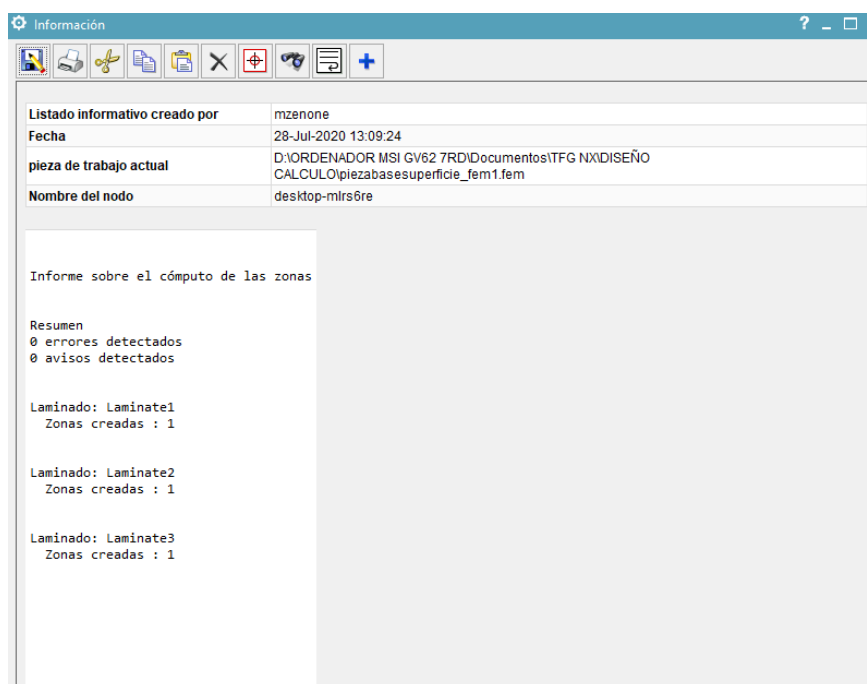


Figura 108: Cómputo de zonas

A continuación, se muestra la cantidad de láminas que se van a aplicar en cada uno de los laminados.

| Laminado         | Material                          | nº de láminas | Espesor materal | Espesor total |
|------------------|-----------------------------------|---------------|-----------------|---------------|
| Pared izquierda  | Fibra de carbono bidireccional    | 4             | 0,22            | 0,88          |
|                  | Honey ECA-R4.8-64 HONEYCOMB PAPEL | 1             | 4,8             | 4,8           |
| Pared derecha    | Fibra de carbono bidireccional    | 4             | 0,22            | 0,88          |
|                  | Honey ECA-R4.8-64 HONEYCOMB PAPEL | 1             | 4,8             | 4,8           |
| Placa horizontal | Fibra de carbono bidireccional    | 6             | 0,22            | 1,32          |

#### 8.3.4.- Simulación

Se procede a analizar el comportamiento de la pieza frente a las cargas que va a resistir. En este caso, las cargas que se van a aplicar al soporte son las fuerzas de reacción que produce el anclaje sobre los agujeros donde irán situados los cuatro tornillos de fijación.

Previamente a introducir las respectivas restricciones y las cargas se deben comprobar la orientación del material del material del elemento del mallado que, en este caso es heredado del laminado.

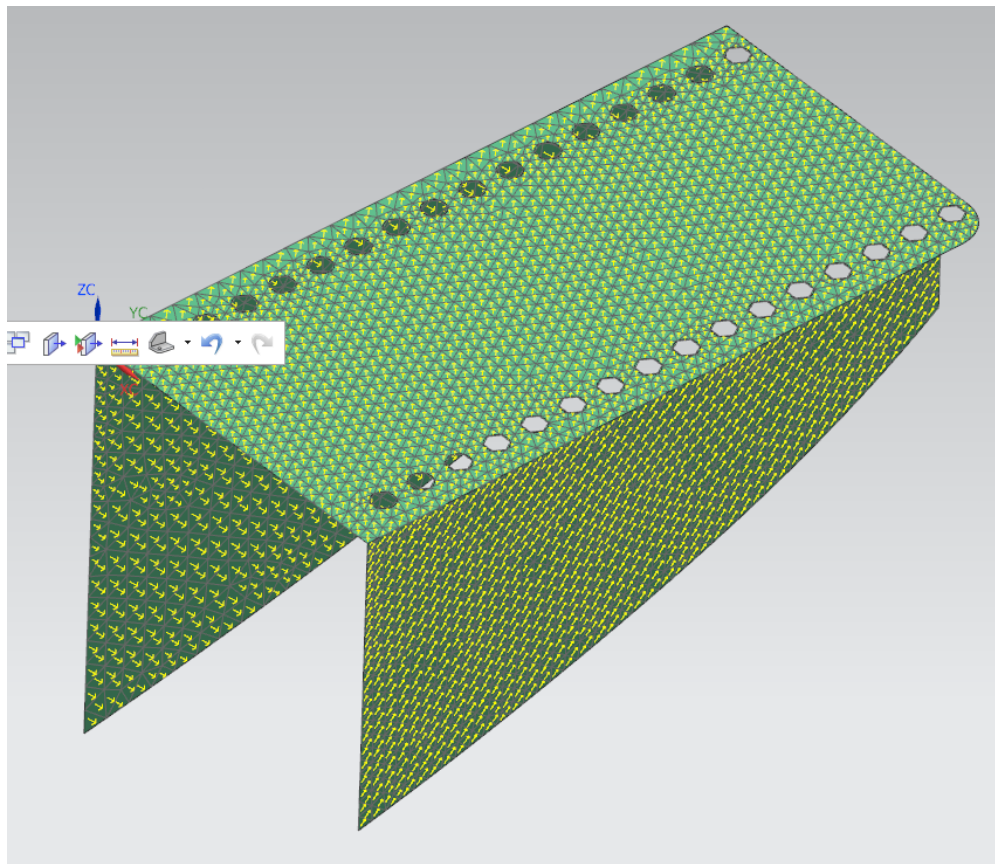


Figura 109: Orientación del material del elemento

En la figura se puede comprobar la correcta orientación de material: las flechas siguen una misma dirección y sentido.

Seguidamente se introducen las respectivas restricciones. Dichas restricciones se aplican en la parte inferior de las paredes compuestas de honey y fibra de carbono bidireccional que poseen la curva curvatura del prototipo.

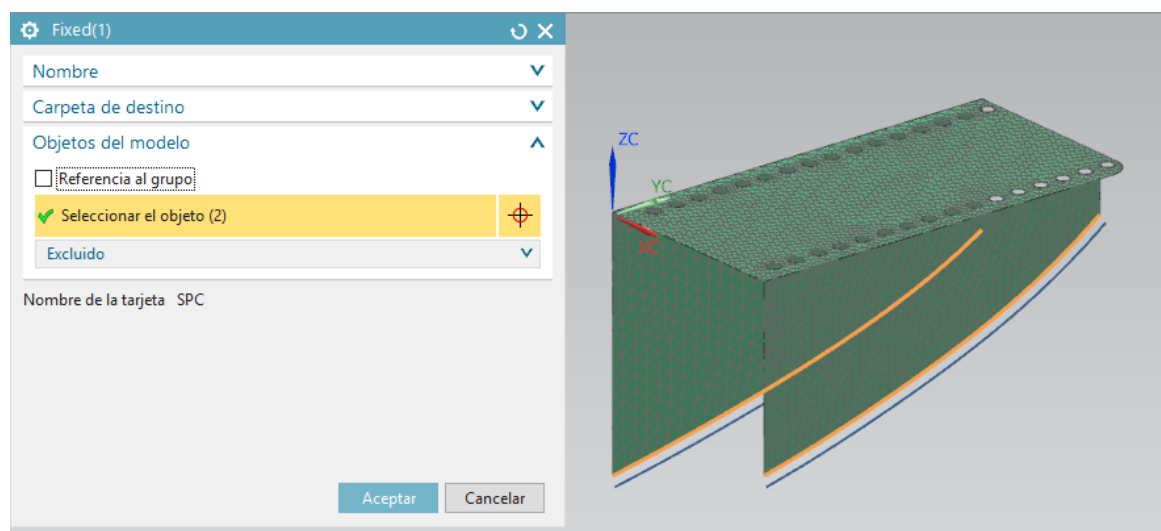


Figura 110: Restricciones del soporte

Para aplicar las cargas producidas por el anclaje se toman sus valores de fuerzas de reacción generadas en sus restricciones que son los cuatro agujeros donde se introducen los tornillos en los tres vectores X, Y y Z. En las siguientes ilustraciones se observan los valores máximos en cada vector.

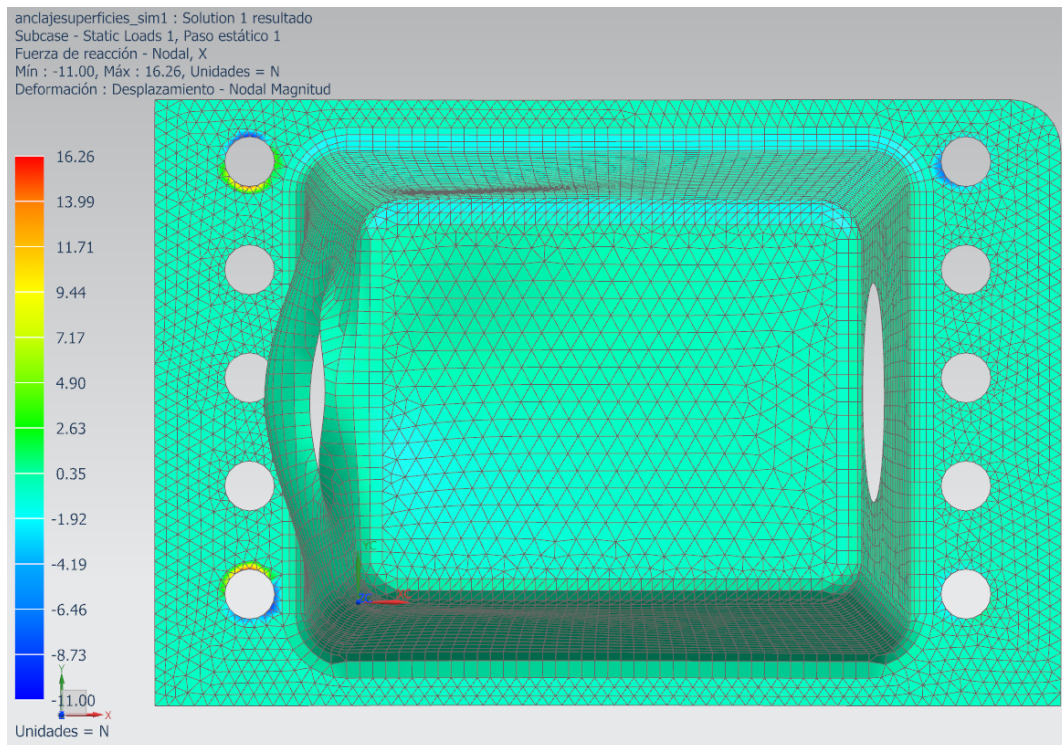


Figura 111: Fuerzas de reacción en el eje X

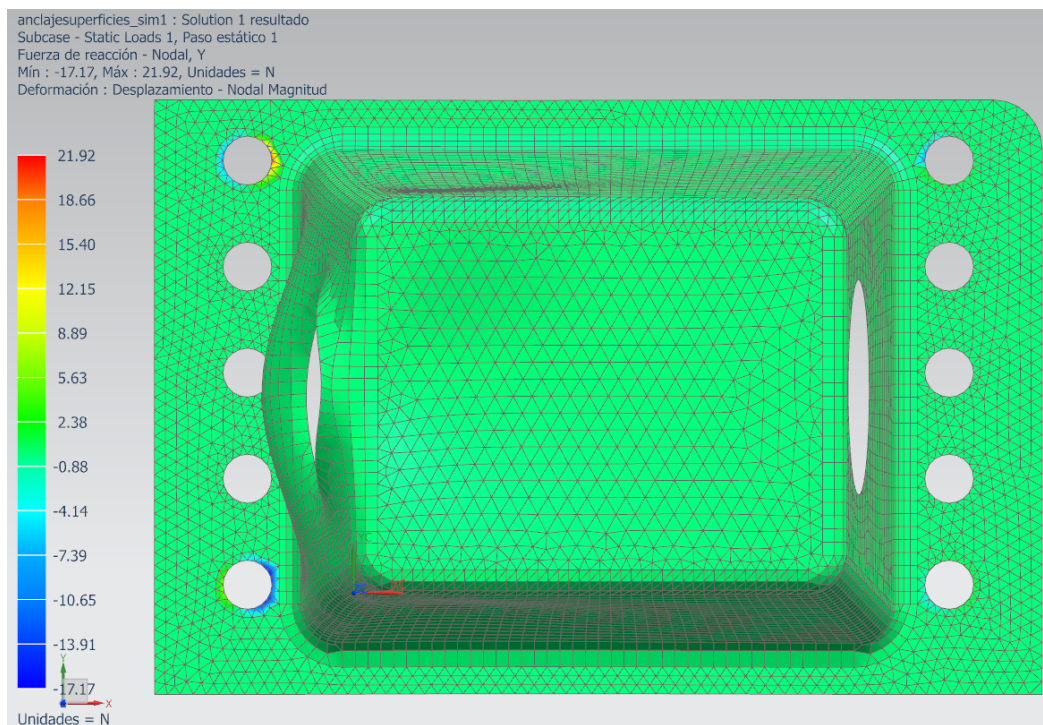


Figura 112: Fuerzas de reacción en el eje Y

Figura 110: Fuerzas de reacción en el eje Y

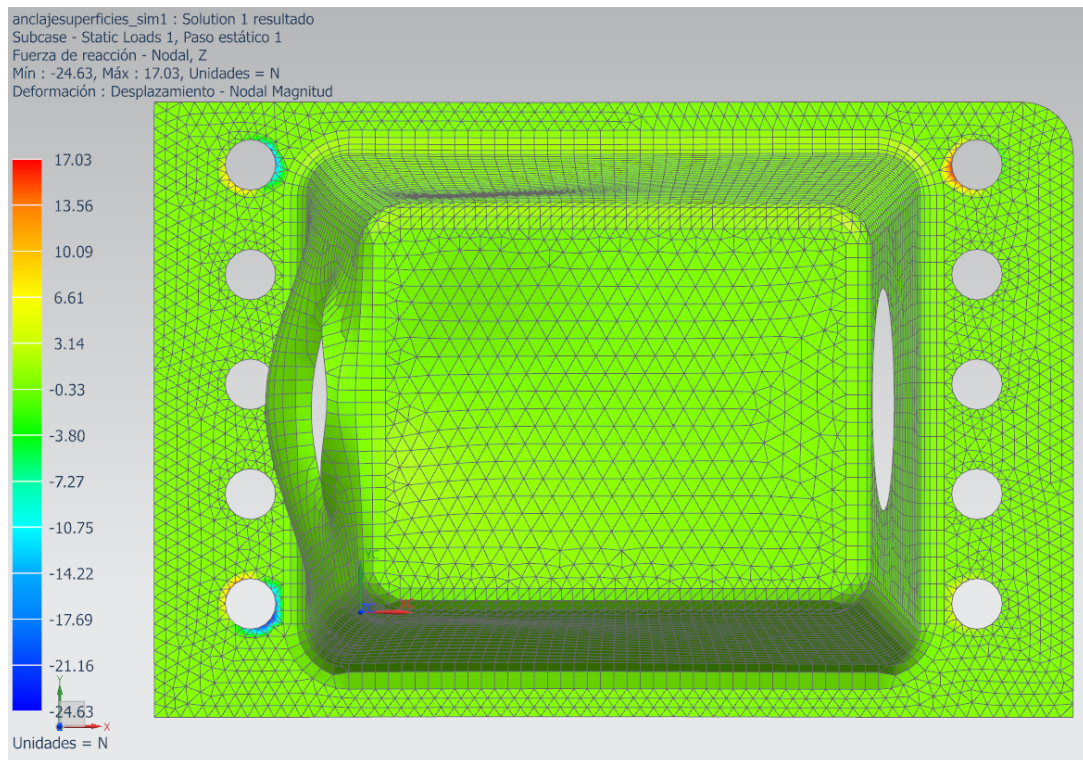


Figura 113: Fuerzas de reacción en eje Z

A continuación, se muestra la aplicación de las cargas

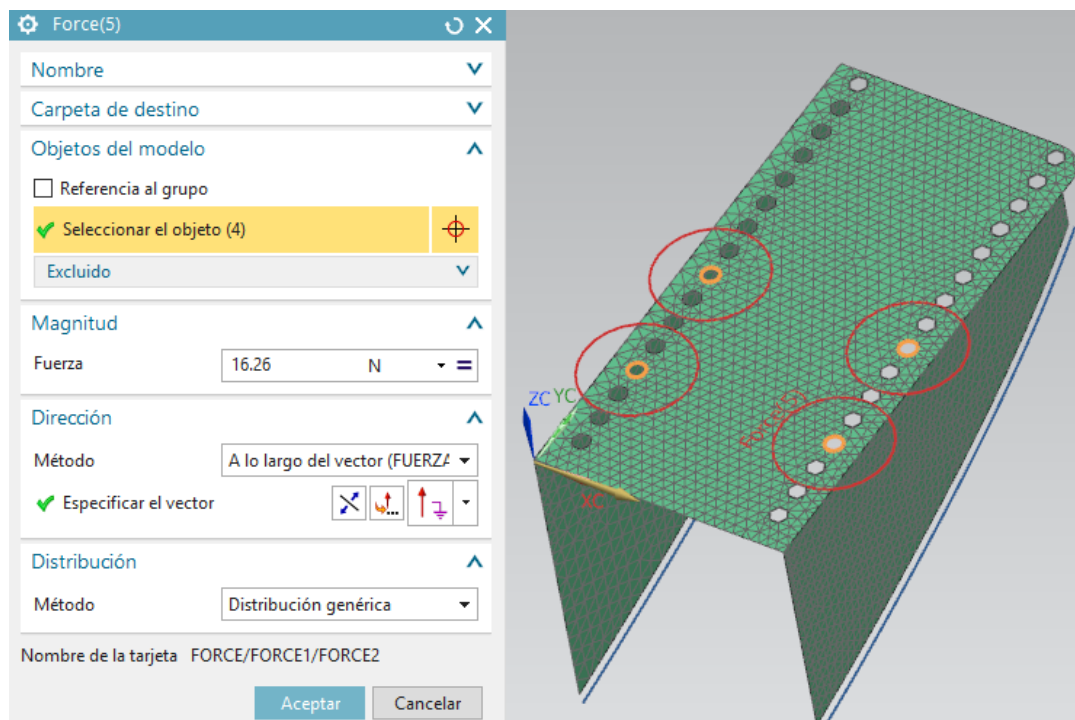


Figura 114: Aplicación de la carga en el eje X

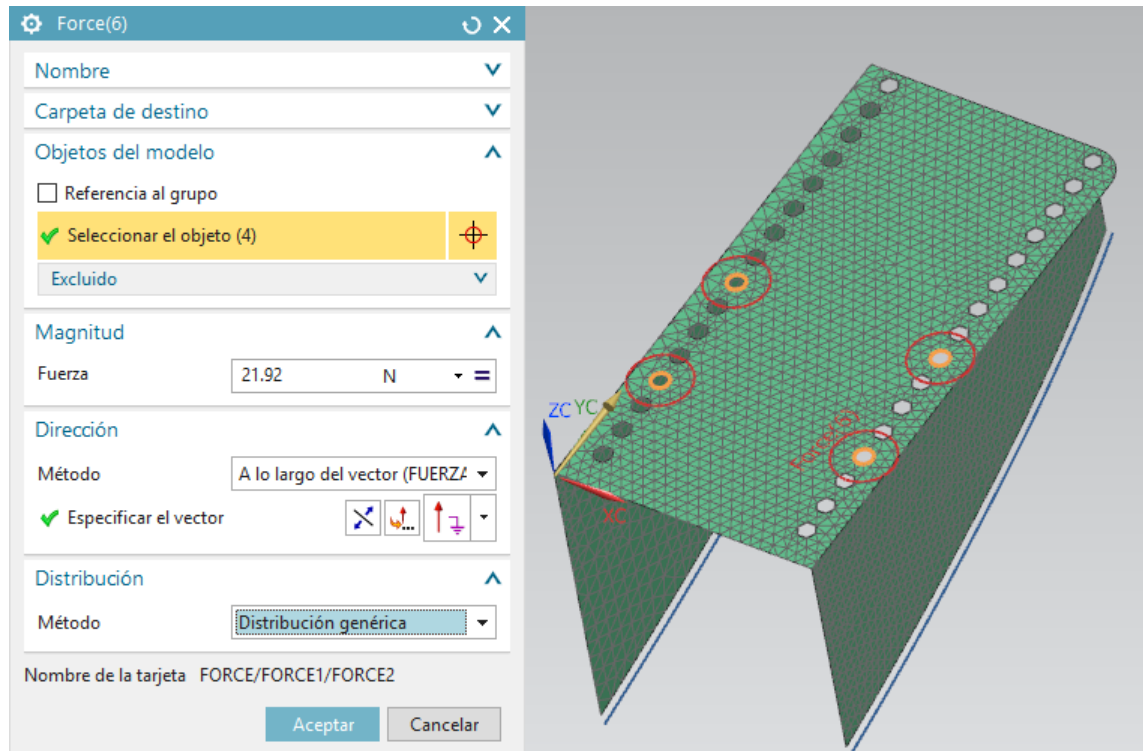


Figura 115: Aplicación de la carga en el eje Y

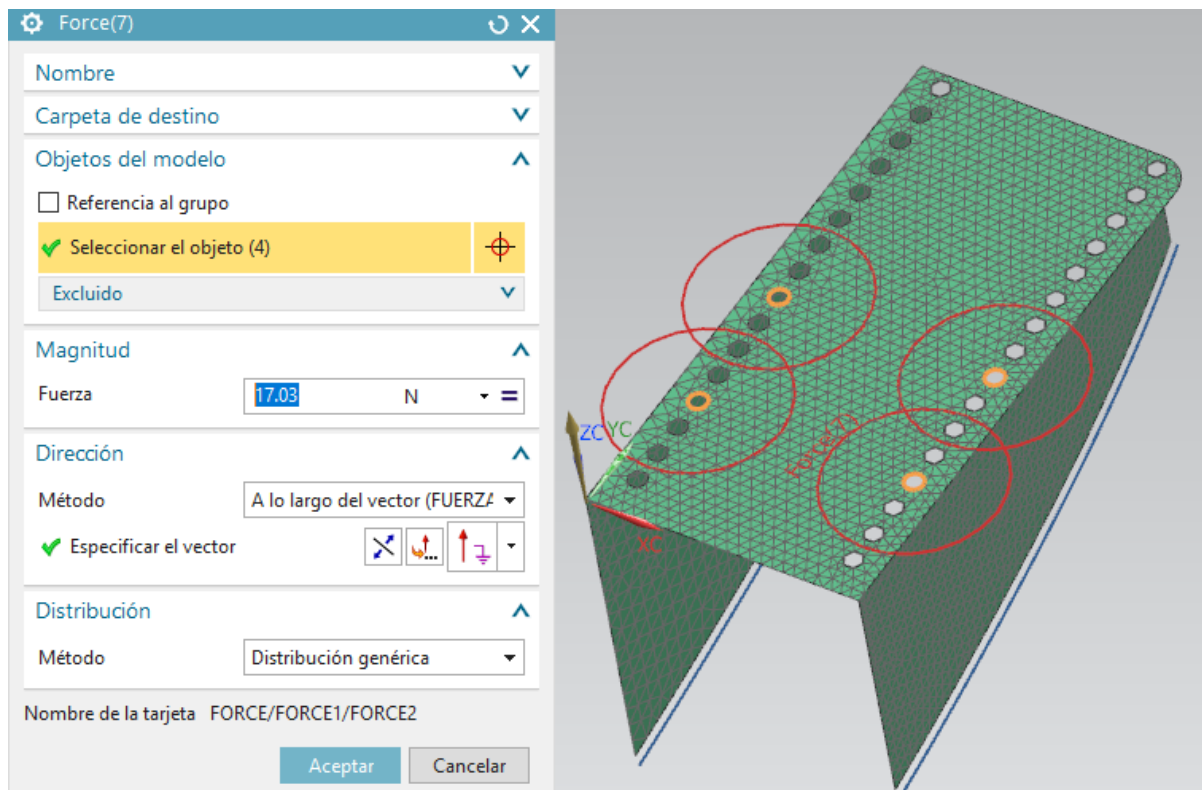


Figura 116: Aplicación de la carga en el eje Z

Tras la aplicación de las cargas se procede a analizar los resultados obtenidos de la simulación de la pieza.

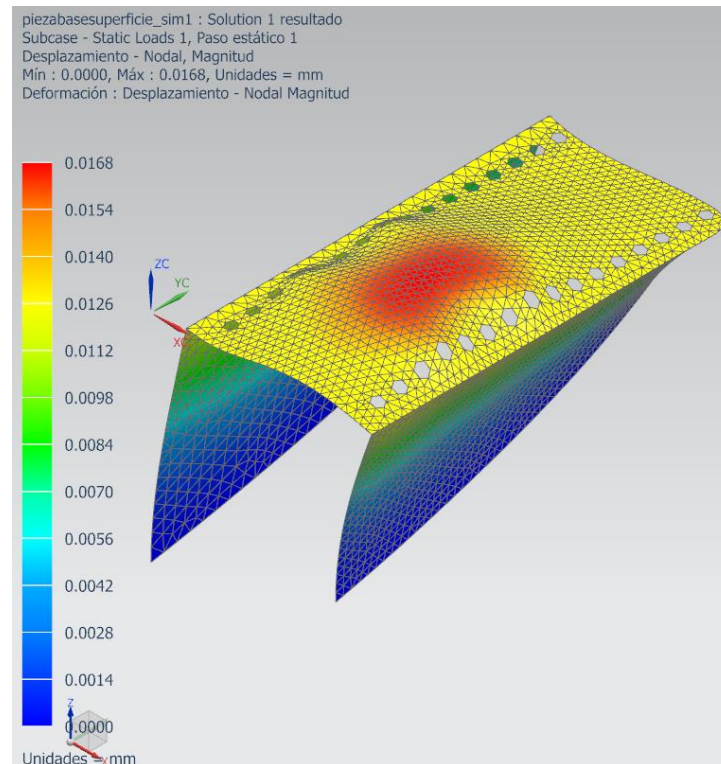


Figura 117: Desplazamiento generado en el soporte

De los resultados se observa un desplazamiento máximo de 0,0168 mm, un desplazamiento aceptable ya que es muy reducido y aumenta la sensibilidad del pie a la hora ejercer la carga. La pieza reíste de forma correcta

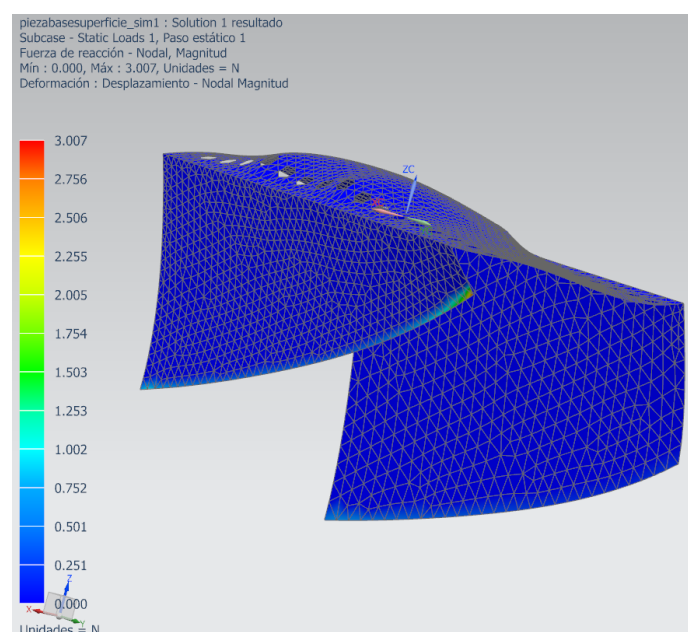


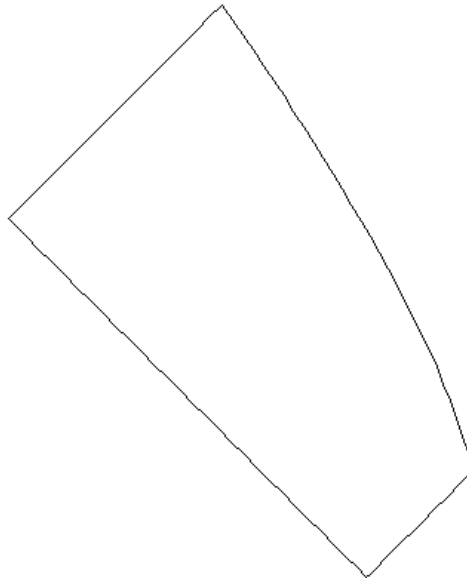
Figura 118: Fuerzas de reacción del soporte



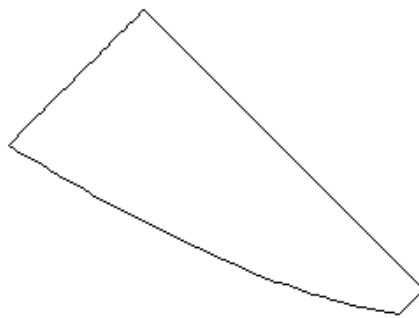
*Figura 116: Fuerzas de reacción del soporte*

Se destaca que las mayores fuerzas de reacción que se provocan en la pieza son en la parte de las restricciones, sobre la unión con el monocasco del prototipo.

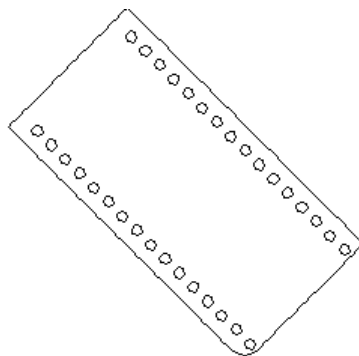
A continuación, se ejemplifican los patrones para la fabricación de esta pieza.



*Figura 119: Patrón pared izquierda*



*Figura 120: Patrón pared derecha*



*Figura 121: Patrón placa horizontal*

Por último, se indica el peso total de la pieza que es de 6.927829E-002 kg.

## 9.- Diseño de los moldes para la fabricación

En este proyecto, se necesita solamente fabricar el molde del anclaje ya que el resto de las piezas se pueden usar de molde una simple chapa metálica o un cristal plano al tratarse de piezas planas.

Para generar el molde se ha dibujado la pieza hueca con sus mismas medidas y se ha añadido 60 mm perimetrales más en la zona de la base del anclaje para crear el vacío, que se explicará en la fabricación.

Las láminas de fibra de carbono se apilan en la zona interior de la pieza.

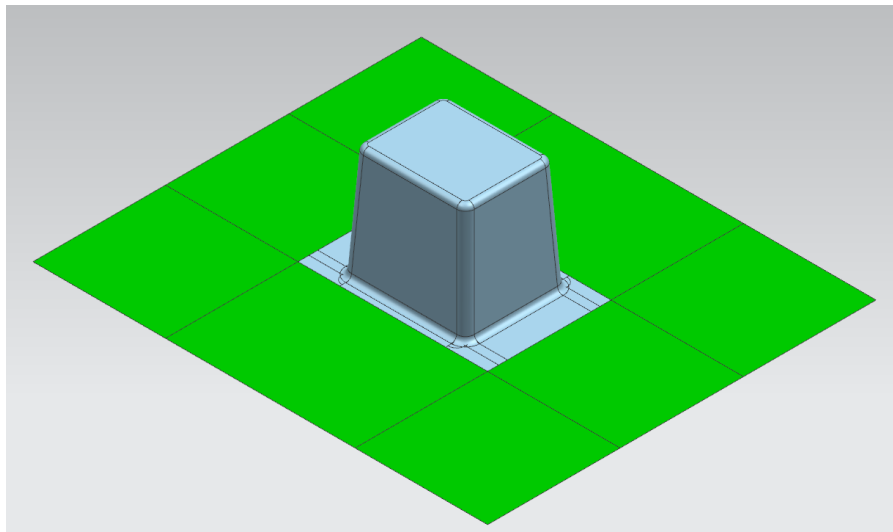


Figura 122: Molde del anclaje

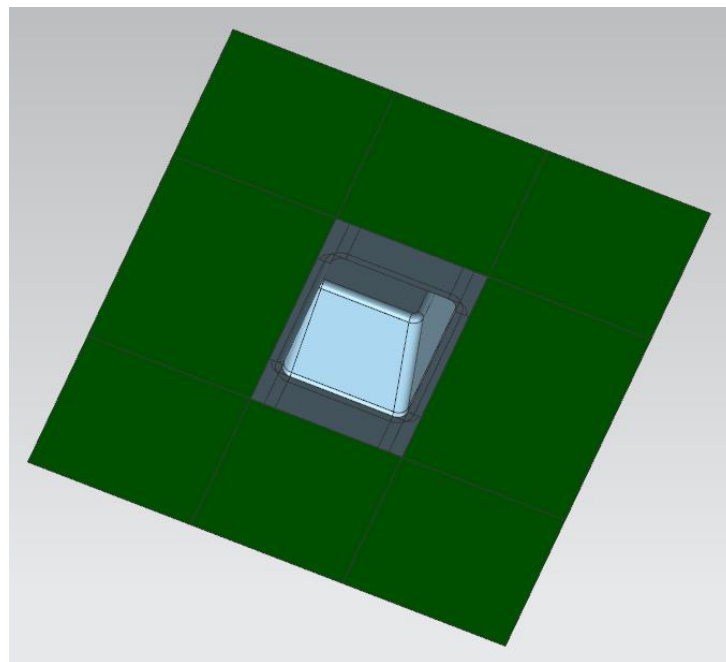


Figura 123: Molde del anclaje

## 10.- Fabricación

La fabricación de piezas en fibras de carbono es un trabajo manufacturado que requiere un gran precisión y exactitud para la obtención de la pieza deseada.

El proceso de fabricación se realiza en una habitación blanca, libre de cualquier impureza o suciedad, que se encuentra a unos 15° - 18° para que durante el tiempo de desarrollo del proceso la resina no pierda sus propiedades y se seque antes de tiempo. el rollo de fibra de carbono se encuentra en un congelador y para su utilización se deben atemperar en la habitación durante 24 horas.

En la habitación blanca también se encuentra el molde fabricado en fibra de vidrio con la forma de la pieza. En él se aplica un desmoldeante para facilitar la extracción final de la pieza.

Se empieza recortando las láminas de fibra de carbono según los patrones obtenidos previamente mediante un cúter o directamente se pueden obtener los patrones a través de un plotter específico para esta tarea.

Se continúa aplicando cuidadosamente las láminas de carbono en el sitio correspondiente. Dependiendo del espesor del material, aproximadamente cada 4 capas de fibra de carbono es necesario compactar las láminas aplicando un vacío sobre ellas. Se produce cubriendo las láminas con una bolsa de vacío. Este proceso se repetirá dependiendo del número de capas de fibra de carbono.

Cuando se tienen colocadas todas las láminas de fibra de carbono se aplican sobre las láminas una capa de PeelPly; es un tejido antiadherente a la resina que absorbe la resina sobrante. Además, facilita la adherencia entre capas. A continuación, se pone un plástico de difusión microperforado que ayuda a fluir la resina. Seguidamente se coloca un manta de difusión que absorbe la resina sobran y finalmente se coloca la bolsa para realizar el vacío.

Por último, este conjunto se introduce en el horno a 120° para realizar el curado a la pieza y conseguir su forma, aspecto y resistencia final. Se mantiene en el horno durante 4 para después extraerlo y atemperarlo. Con la ayuda del desmoldeante y a los ángulos de salida se extrae fácilmente el anclaje.

El resto de las laminaciones del resto de piezas son planas. Esto hace que no sea necesario un molde para crearlas, simplemente con el uso de una chapa metálica o un cristal plano para la aplicación de láminas es suficiente.

Cabe destacar que a causa de la pandemia no se ha podido llevar a cabo la fabricación del sistema de frenado.

## 11.- Conjunto completo

El conjunto total del sistema de frenado se compone por los nuevos soportes de las manetas, los discos de freno, las piezas de freno y los latiguillos por de circula el líquido hidráulico que en este caso es aceite mineral.

Para el montaje de las manetas se giran 180° respecto a suposición habitual. Este cambio genera que en el soporte derecho se fije la maneta izquierda y viceversa. El soporte derecho activa el freno del eje trasero y el soporte izquierdo activa los frenos del eje delantero.

Los discos de freno que se van a instalar son los que actualmente posee el prototipo. Cabe destacar que tras la fabricación del proyecto “DISEÑO Y DESARROLLO DE NUEVO SISTEMA DE LLANTAS DE MATERIALES COMPUESTOS PARA VEHÍCULO DE BAJO CONSUMO” diseñado Sergio Carrillo Mollá se instalarán discos de freno de la Marca Galfer.

Las manetas que se instalarán son el modelo BL-M775 de la marca Shimano.

Los latiguillos poseerán una longitud diferente a la actual. El latiguillo del freno trasero medirá aproximadamente 3292 mm. Se dejará un margen de longitud para que resulte suficientemente largo para llegar a todos los puntos del sistema regulable.

Se aplicará el mismo método con los latiguillos del eje delantero. Este sistema está compuesto por un latiguillo que se une a una pieza con forma de “T” que distribuye el sistema hacia el freno izquierdo y el derecho a través de dos latiguillos independientes; dicha pieza se una a la barra de dirección mediante bridas.

A continuación, se ilustra el conjunto al completo con todos sus componentes.

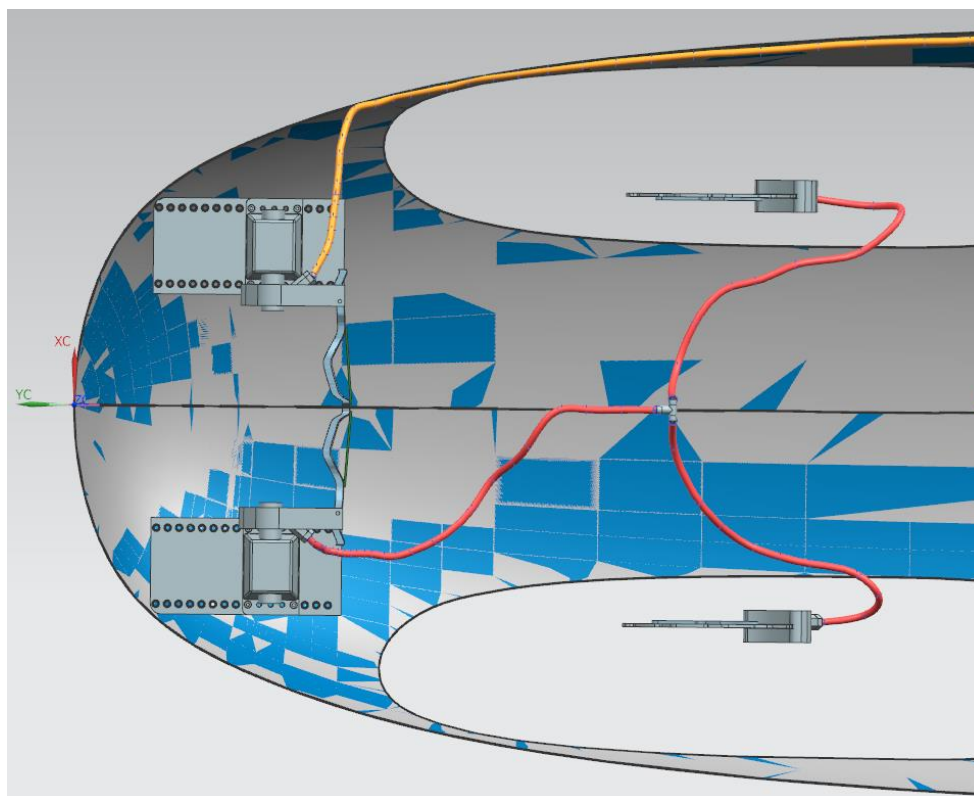


Figura 124: Alzado sistema de frenado

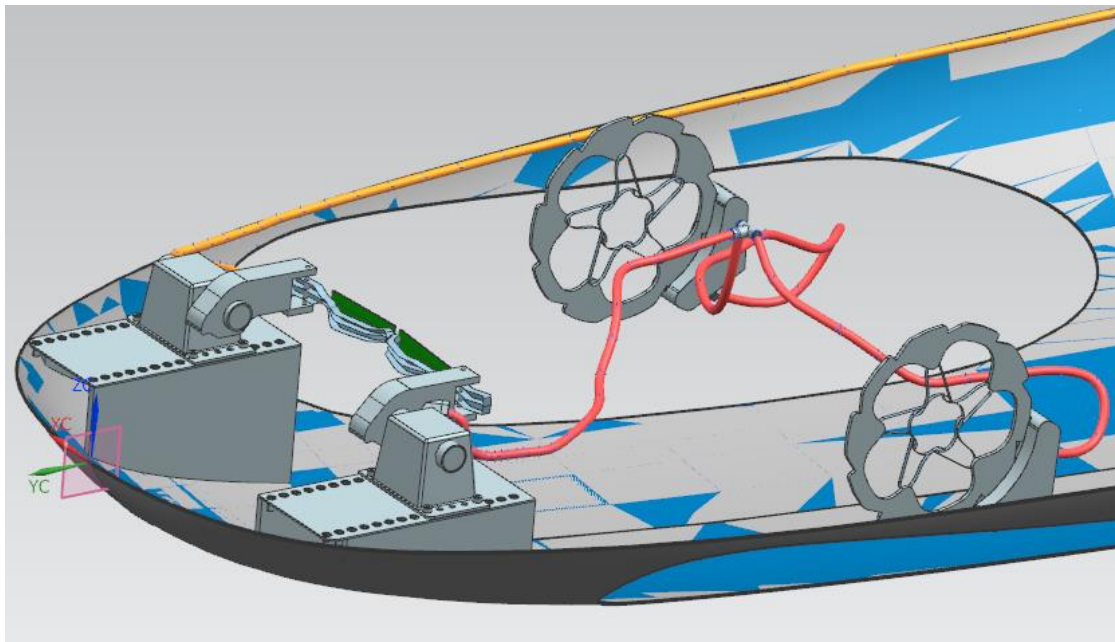


Figura 125: Sistema de frenado

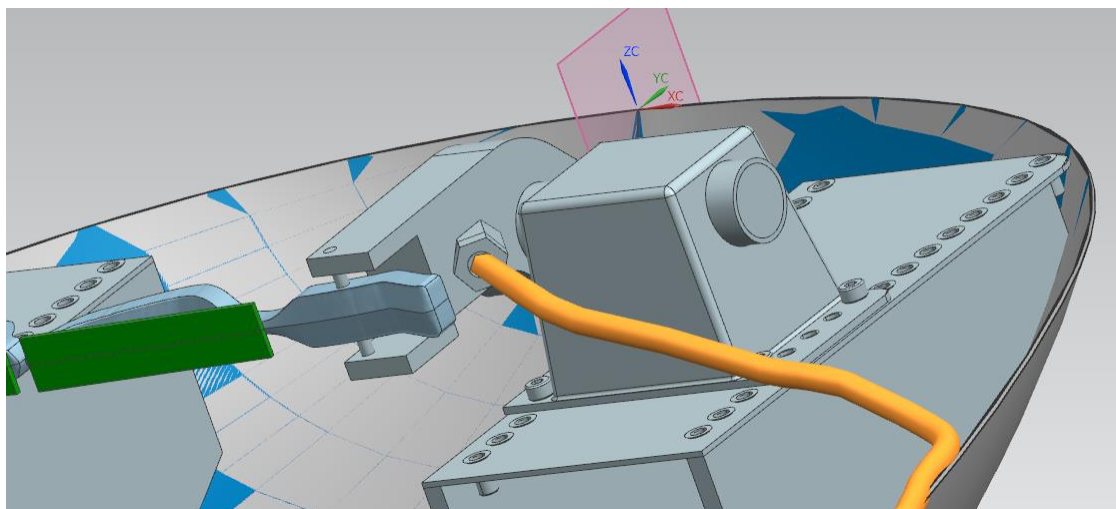


Figura 126: Sistema de frenado

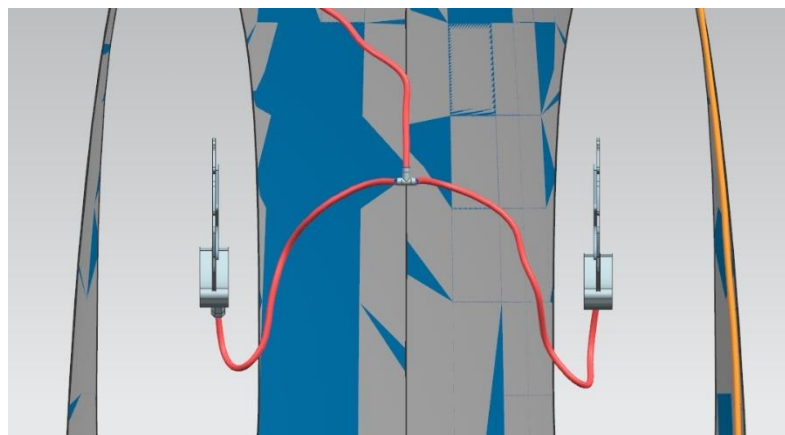


Figura 127: Sistema de frenado

## 12.- Peso

| Componente                | Peso (g) | Cantidad | Peso total (g) |
|---------------------------|----------|----------|----------------|
| Anclaje                   | 1,63     | 2        | 3,26           |
| Soporte                   | 6,93     | 2        | 13,86          |
| Tornillos cabeza allen M4 | 55       | 8        | 440            |
| Tuercas remachables M4    | 15       | 64       | 960            |
| Peso total del conjunto   |          |          | 1417,12        |

Como se puede observar, los tornillos y las tuercas remachables influyen notablemente en el peso.

## 13.- Presupuesto

En el presupuesto final no se tendrá en cuenta la fibra de carbono ya que ésta va a ser suministrada por el patrocinador del equipo Gurit.

| Componente                        | Precio unidad€ | Cantidad | Precio total € |
|-----------------------------------|----------------|----------|----------------|
| Tornillos cabeza allen M4 x 12    | 4,38           | 8        | 35,04          |
| Tuercas remachables M4            | 0,13           | 64       | 8,32           |
| Fabricación espuma                | 300            | 1        | 300            |
| Fabricación molde fibra de vidrio | 600            | 1        | 600            |
| Mterial fungible curado           | 200            | 1        | 200            |
| Precio final                      |                |          | 1.143,36 €     |

## 14.- Bibliografía

[1] *Shell Eco-marathon*. (2020, 29 marzo). Make the future. <https://www.makethefuture.shell/en-gb/shell-eco-marathon>

[2] *Frenos. Definición y significado*. (2013). Diccionario motorgiga. <https://diccionario.motorgiga.com/diccionario/frenos-definicion-significado/gmx-niv15-con-194229.htm>

[3] Colaboradores de Wikipedia. (2020, 27 julio). *Freno*. Wikipedia, la enciclopedia libre. <https://es.wikipedia.org/wiki/Freno>

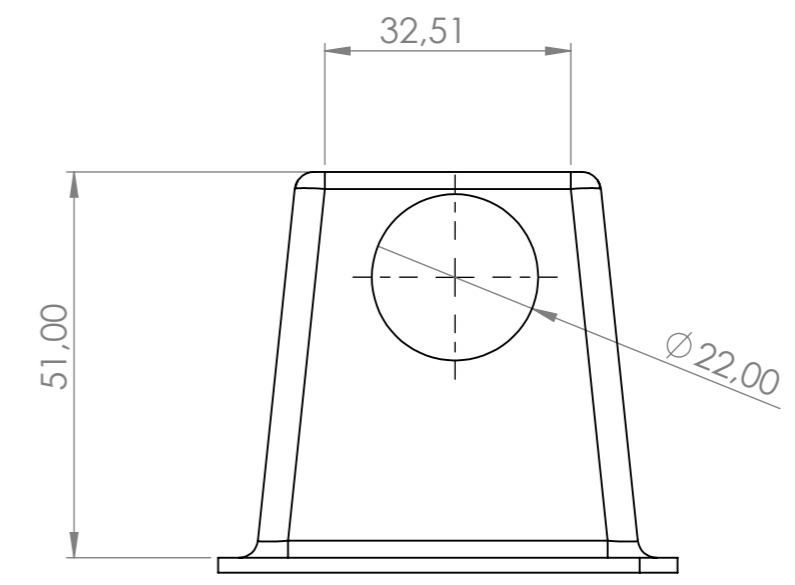
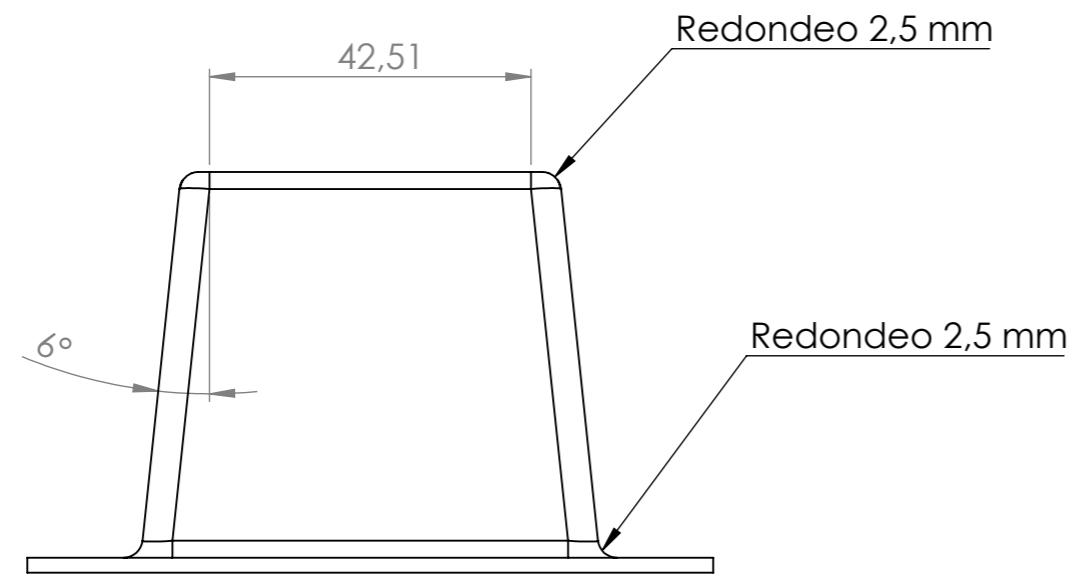
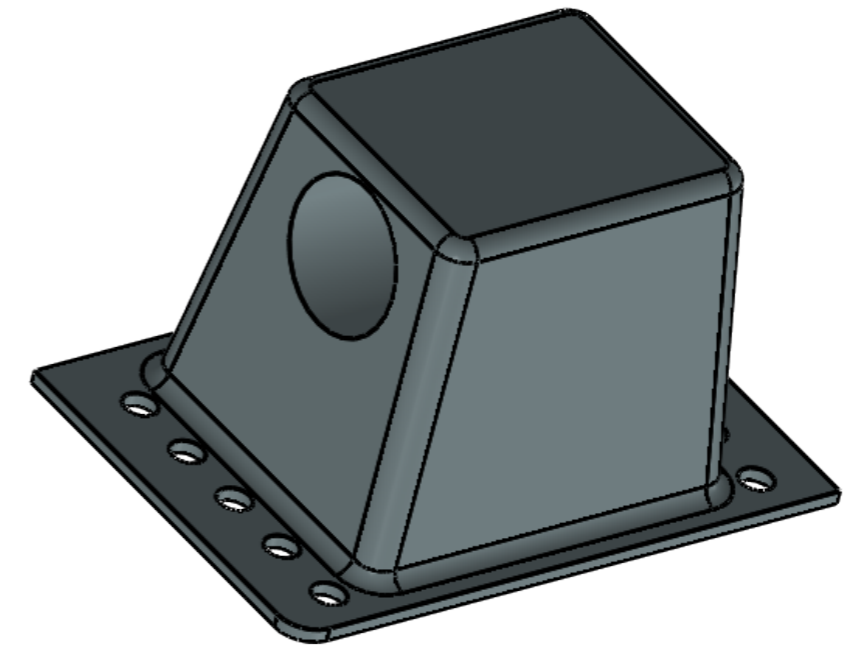
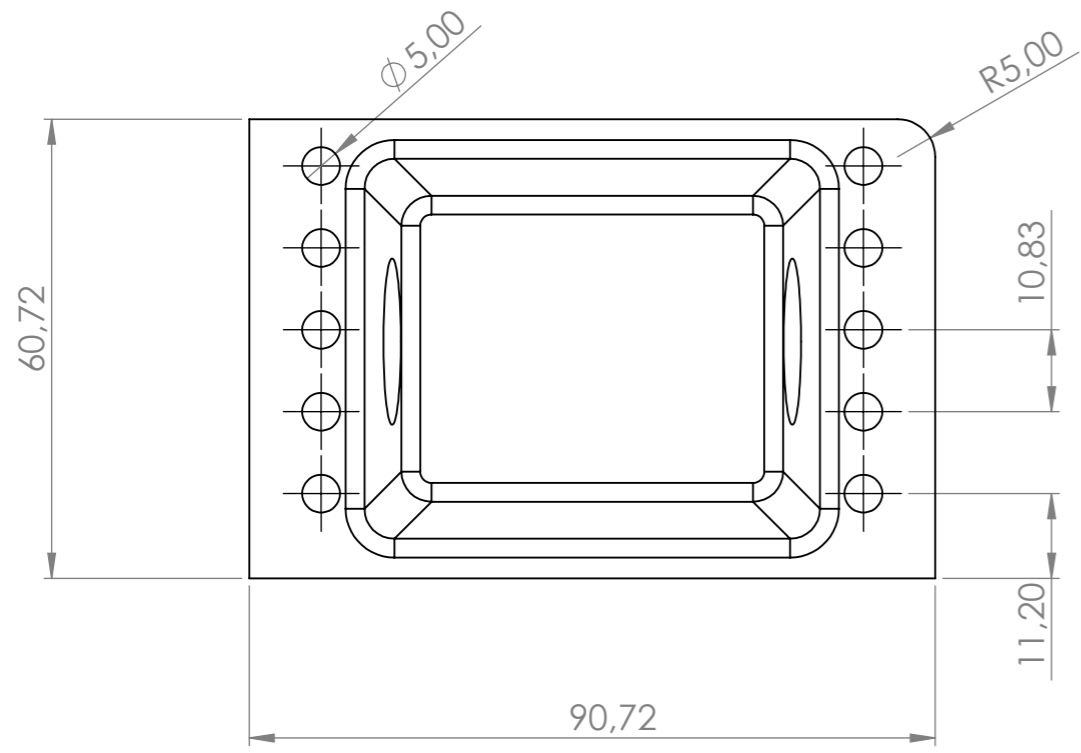
- [4] *Definición de frenos* — *Definicion.de*. (2017). Definición.de. <https://definicion.de/frenos/>
- [5] colaboradores de Wikipedia. (2020a, julio 26). *Freno de bicicleta*. Wikipedia, la enciclopedia libre. [https://es.wikipedia.org/wiki/Freno\\_de\\_bicicleta](https://es.wikipedia.org/wiki/Freno_de_bicicleta)
- [6] López, J. C. (2019, 30 junio). *Fibra de carbono: qué es y por qué es tan atractiva para la electrónica de consumo como para la aeronáutica o...* Xataka. <https://www.xataka.com/investigacion/fibra-carbono-que-que-atractiva-para-electronica-consumo-como-para-aeronautica-automocion>
- [7] Barta, C. (2018, 15 octubre). *Fibra de carbono: Información, estructura y propiedades*. CarboSystem. <https://carbosystem.com/fibra-de-carbono-2/>
- [8] P. (2013, 5 diciembre). *¿Qué es la fibra de carbono?* FibraDeCarbono.es. <https://www.fibradecarbono.es/articulos/que-es-fibra-carbono/>
- [9] *Usos y aplicaciones de la fibra de carbono*. (2018). Tasuns Composite Technology Co., Ltd. <http://www.t-composites.net/info/uses-and-applications-of-carbon-fiber-19051826.html>
- [10] NX. (2020). Siemens Digital Industries Software. <https://www.plm.automation.siemens.com/global/es/products/nx/>
- colaboradores de Wikipedia. (2020a, marzo 6). *NX (Unigraphics)*. Wikipedia, la enciclopedia libre. [https://es.wikipedia.org/wiki/NX\\_\(Unigraphics\)](https://es.wikipedia.org/wiki/NX_(Unigraphics))


## 15.- Planos

8 7 6 5 4 3 2 1

F  
E  
D  
C  
B  
A

F  
E  
D  
C  
B  
A



|   |   |                              |
|---|---|------------------------------|
|  UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA<br>CAMPUS D'ALCOI | TÍTULO:<br><b>DISEÑO, DESARROLLO Y FABRICACIÓN DE SISITEMA DE FRENADO PARA VEHÍCULO DE BAJO CONSUMO</b> |                              |
|   | MATERIAL:<br>Fibra de carbono   | NOMBRE DE DIBUJO:<br>ANCLAJE |
| Realizado por:<br>Alessandro Zenone Giménez   | Nota: el espesor de la base viene dado por la laminación  |                              |
| ESCALA: 1:1   | HOJA 1 DE 1   |                              |

8 7 6 5 4 3 2 1

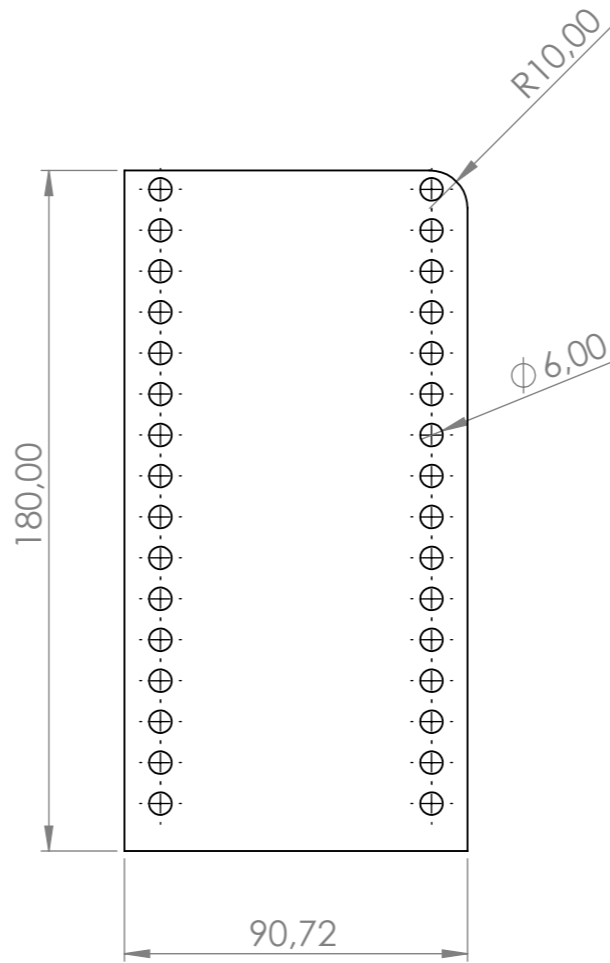
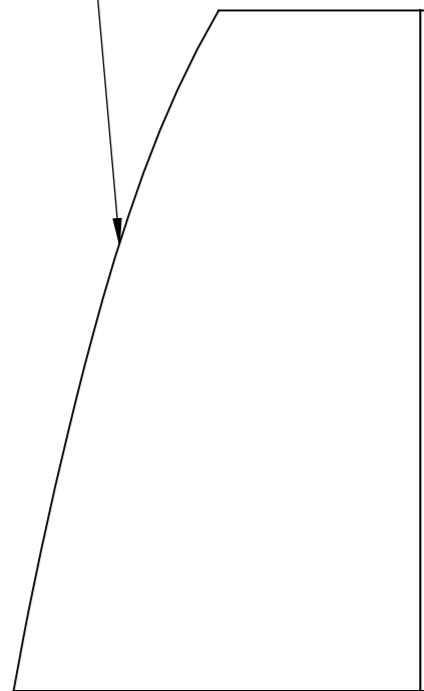


8 7 6 5 4 3 2 1

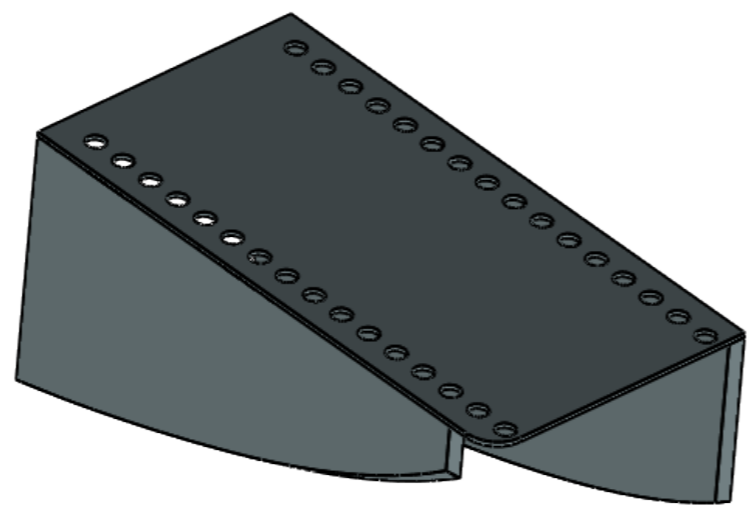
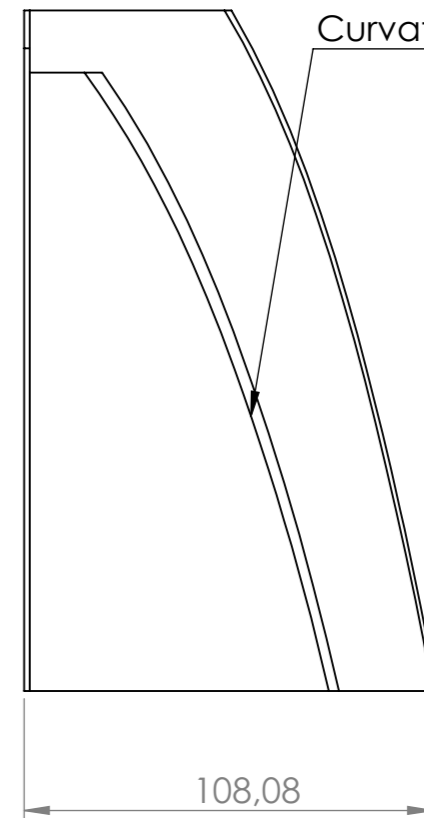
F  
E  
D  
C  
B  
A


F  
E  
D  
C  
B  
A

Curvatura Monocasco



Curvatura Monocasco



|  |   |                                    |
|--|---|------------------------------------|
|  <b>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</b><br>CAMPUS D'ALCOI | TÍTULO:<br><b>DISEÑO, DESARROLLO Y FABRICACIÓN DE SISITEMA DE FRENADO PARA VEHÍCULO DE BAJO CONSUMO</b> |                                    |
|  | MATERIAL: Fibra de carbono HoneyComb  | NOMBRE DE DIBUJO<br><b>Soporte</b> |
| Realizado por:<br>Alessandro Zenone Giménez  | ESCALA: 1:2   | HOJA 1 DE 1                        |