



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Politécnica Superior de Alcoy

Propuesta de fabricación, cálculo y rediseño de un volante aligerado

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Mecánica

AUTOR/A: Nuín Yagüe, Pablo

Tutor/a: Moreno García, Virginia

Cotutor/a: Ivorra Martínez, Juan

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024

Resumen

Propuesta de fabricación, cálculo y rediseño de un volante aligerado

Desde que se fabricó el primer automóvil han pasado muchos años, estos vehículos han ido evolucionando en función de las necesidades de cada momento, así como todas sus piezas, y los volantes no han sido una excepción.

En un primer momento eran elementos muy sencillos hechos a partir de metales o madera, hoy en día están fabricados con una amplia variedad de materiales, además de poseer múltiples funciones a parte de la principal, girar la dirección del coche. Un objetivo común desde los inicios del automóvil es la reducción del peso de los componentes con el fin de tener un mayor rendimiento y una menor contaminación, lo que hoy en día es un problema importante, que cada vez va a más.

En este trabajo se va a tratar de rediseñar el volante del mítico Ferrari f40, se diseñará de tal forma que cumpla con los dos puntos anteriores, se tratará de que pese menos para aumentar el rendimiento y por tanto bajar los consumos de este automóvil. Además, se emplearán materiales ecosostenibles, se utilizarán materiales compuestos naturales, los cuales iban a ser desechados o utilizados para otro fin, por lo que se le estará dando una segunda vida a estos materiales y de esta forma se reducirá el impacto medioambiental.

Es importante resaltar que en este trabajo se mostrarán diversas habilidades que tienen los ingenieros mecánicos, como el rediseño y el análisis de diseños mediante simulaciones, el estudio de estados de tensión, el análisis de resistencia, la selección de materiales, el estudio del proceso de producción y el presupuesto del diseño, entre otras.

Palabras clave: reducción de peso, rediseño, materiales compuestos naturales

Summary

Many years have passed since the first automobile was manufactured, these vehicles have evolved according to the needs of each moment, including all their components, with steering wheels being no exception.

Initially, they were very simple, made from metals or wood. Nowadays, they are manufactured using a wide variety of materials and serve multiple functions beyond their primary role, which is steering the vehicle. A common objective since the beginning of automobiles has been the reduction of component weight to achieve greater performance and lower pollution, which is increasingly significant in today's context.

This project aims to redesign the steering wheel of the legendary Ferrari F40 with the objective of reducing weight to enhance performance and thereby decrease fuel consumption. Furthermore, eco-sustainable materials will be employed, specifically natural composite materials that would otherwise be discarded or used for different purposes, giving these materials a second life and reducing environmental impact.

It is important to highlight that this work will showcase various skills of mechanical engineers, such as redesigning and analyzing designs through simulations, studying stress states, strength analysis, material selection, production process evaluation, and design budgeting...

Keywords: weight reduction, restyling, natural composite materials

Resum

Des de que es va fabricar el primer automòbil han passat molts anys, aquests vehicles han anat evolucionant en funció de les necessitats de cada moment, així com totes les seues peces, i els volants no han sigut una excepció.

En un primer moment eren elements molt senzills fets a partir de metalls o fusta, hui en dia estan fabricats amb una àmplia varietat de materials, a més de posseir múltiples funcions a més de la principal, girar la direcció del cotxe. Un objectiu comú des dels inicis de l'automòbil és la reducció del pes dels components amb la finalitat de tindre un major rendiment i una menor contaminació, la qual cosa hui en dia és un problema important, que cada vegada va a més.

En aquest treball es tractarà de redissenyar el volant del mític Ferrari F40, es dissenyarà de tal forma que complisca amb els dos punts anteriors, es tractarà que pese menys per a augmentar el rendiment i per tant baixar els consums d'aquest automòbil. A més, s'empraran materials ecosostenibles, s'utilitzaran materials compostos naturals, els quals anaven a ser rebutjats o utilitzats per a un altre fi, per la qual cosa se li estarà donant una segona vida a aquests materials i d'aquesta manera es reduirà l'impacte mediambiental.

És important ressaltar que en aquest treball es mostraran diverses habilitats que tenen els enginyers mecànics, com el redisseny i l'anàlisi de dissenys mitjançant simulacions, l'estudi d'estats de tensió, l'anàlisi de resistència, la selecció de materials, l'estudi del procés de producció i el pressupost del disseny, entre altres.

Paraules clau: reducció de pes, redisseny, materials compostos naturals

Tabla de Contenidos

Resumen	1
Summary	2
Resum	3
Tabla de Contenidos	4
Listado de figuras.....	7
Abreviaturas y simbología.....	12
Listado de tablas	13
Listado de ecuaciones	14
I. Memoria	15
I.1. Objetivos	16
Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).....	17
I.2. Introducción.....	19
Antecedentes	19
Sistema de dirección	20
Historia del volante para automóviles	22
Geometría de los volantes.....	28
Seguridad en volantes.....	29
Estructura de los volantes	30
I.3. Normativa	32
I.4. Diseño en SolidWorks.....	34
I.5. Selección de materiales	39
Fibra de yute	41

Fibra de bambú	43
Fibra de basalto.....	44
Resina epoxi	46
I.6. Cálculos.....	48
I.7. Simulaciones	49
I.8. Proceso de fabricación	50
I.9. Presupuesto.....	51
I.10. Conclusiones	52
I.11. Referencias bibliográficas	53
II. Anexos	61
A.1. Cálculos	62
A.2. Simulaciones.....	65
Simulación de la estructura de magnesio	68
Simulaciones con fibra de yute.....	77
Comparación de los resultados de las simulaciones	85
A.3. Proceso de fabricación.....	87
Moldeado por preimpregnado de vejiga	87
A.4. Estudio económico	90
Coste de material	90
Coste de diseño y simulación	92
Coste del molde	93
Coste de la vejiga.....	95
Coste energético	95
Coste de la mano de obra	96
Coste total.....	96

III. Planos	99
.....	100
IV. Pliego de condiciones	101
Definición y alcance del pliego de condiciones	102
Objetivo	102
Normativas y estándares.	102
Condiciones particulares.....	103
Requisitos de pruebas	104
Condiciones económicas	104
Condiciones legales	105
V. Imágenes adicionales	106

Listado de figuras

Ilustración 1 Volante del Ferrari F40	16
Ilustración 2 Evolución del diseño del Volkswagen Golf.....	20
Ilustración 3 Ejemplo sistema de dirección	21
Ilustración 4 Primer automóvil con volante redondo.....	23
Ilustración 5 Panhard Levassor.....	24
Ilustración 6 Ford Model T	25
Ilustración 7 Ejemplo del Diseño de un Cadillac.....	26
Ilustración 8 Ejemplo de un volante multifunción.....	27
Ilustración 9 Diferentes formas de volantes	27
Ilustración 10 Comparación del diseño de los volantes.....	28
Ilustración 11 Volantes de competición.....	29
Ilustración 12 Primer airbag	30
Ilustración 13 Estructura interna de magnesio	31
Ilustración 14 Interior de un volante actual.....	31
Ilustración 15 Diseño 3d del volante del Ferrari F40	34
Ilustración 16 Dimensiones del volante.....	35
Ilustración 17 Comienzo del diseño	36
Ilustración 18 Generación del aro exterior.....	37
Ilustración 19 Diseño de la parte central del volante	37
Ilustración 20 Dimensiones de los orificios centrales	38
Ilustración 21 Diseño final del reestyling	38
Ilustración 22 Estructura interna de magnesio	39
Ilustración 23 Ejemplo de un material compuesto	40

Ilustración 24 Planta de yute.....	41
Ilustración 25 Hilos de yute.....	42
Ilustración 26 Caña de bambú.....	43
Ilustración 27 Filamento de bambú.....	44
Ilustración 28 Roca de basalto.....	45
Ilustración 29 Fibra de basalto.....	45
Ilustración 30 Resina epoxi.....	46
Ilustración 31 Web Dyna-mess.....	66
Ilustración 32 Maquina para ensayar volantes.....	67
Ilustración 33 Par máximo que es capaz de ejercer.....	68
Ilustración 34 Propiedades de la aleación de magnesio.....	69
Ilustración 35 Apoyos para la simulación.....	70
Ilustración 36 Aplicación de la carga axial.....	70
Ilustración 37 Resultados de la tensión Von Mises con la carga axial.....	71
Ilustración 38 Resultados de la deformación con la carga axial.....	72
Ilustración 39 Resultados del factor de seguridad con la carga axial.....	73
Ilustración 40 Resultados de la tensión Von Mises con la carga tangencial.....	74
Ilustración 41 Resultados de la deformación con la carga tangencial.....	74
Ilustración 42 Resultados del factor de seguridad con la carga tangencial.....	75
Ilustración 43 Propiedades físicas del volante.....	76
Ilustración 44 Disposición de las capas de fibra.....	77
Ilustración 45 Resultados de la tensión Von Mises con la carga tangencial para la fibra de yute.....	78
Ilustración 46 Resultados de la deformación con la carga tangencial para la fibra de yute.....	79

Ilustración 47 Resultados del factor de seguridad Tsai-Wu con la carga tangencial para la fibra de yute	80
Ilustración 48 Resultados del factor de seguridad Tsai-Hill con la carga tangencial para la fibra de yute	80
Ilustración 49 Resultados del factor de seguridad T-max con la carga tangencial para la fibra de yute.....	81
Ilustración 50 Resultados de la tensión Von mises con la carga axial para la fibra de yute	82
Ilustración 51 Resultados deformación con la carga axial para la fibra de yute.....	82
Ilustración 52 Resultados del factor de seguridad Tsai-Wu con la carga axial para la fibra de yute.....	83
Ilustración 53 Propiedades físicas del volante de fibra de yute	84
Ilustración 54 Ejemplo del moldeado por preimpregnado de vejiga.....	88
Ilustración 55 Ejemplos de diseños hechos con bladder molding.....	89
Ilustración 56 Ejemplo de disposición de un prepeg	91
Ilustración 57 Molde del reestyling.....	93
Ilustración 58 Resultados del factor de seguridad T-max con la carga axial para la fibra de yute.....	107
Ilustración 59 Resultados del factor de seguridad Tsai-Hill con la carga axial para la fibra de yute.....	107
Ilustración 60 Resultados de la tensión Von Mises con la carga tangencial para la fibra de basalto.....	108
Ilustración 61 Resultados de la deformación con la carga tangencial para la fibra de basalto.....	108
Ilustración 62 Resultados del factor de seguridad Tsai-Hill con carga tangencial para la fibra de basalto	109
Ilustración 63 Resultados del factor de seguridad Tsai-Wu con carga tangencial para la fibra de basalto	109

Ilustración 64 Resultados del factor de seguridad T-max con carga tangencial para la fibra de basalto	110
Ilustración 65 Resultados de la tensión Von Mises con la carga axial para la fibra de basalto	110
Ilustración 66 Resultados de la deformación con la carga axial para la fibra de basalto	111
Ilustración 67 Resultados del factor de seguridad Tsai-Hill con carga axial para la fibra de basalto	111
Ilustración 68 Resultados del factor de seguridad Tsai-Wu con carga axial para la fibra de basalto	112
Ilustración 69 Resultados del factor de seguridad T-max con carga axial para la fibra de basalto	112
Ilustración 70 Propiedades físicas del volante con fibra de basalto.....	113
Ilustración 71 Resultados de la tensión Von Mises con la carga tangencial para la fibra de bambú.....	113
Ilustración 72 Resultados de la deformación con la carga tangencial para la fibra de bambú	114
Ilustración 73 Resultados del factor de seguridad Tsai-Hill con carga tangencial para la fibra de bambú.....	114
Ilustración 74 Resultados del factor de seguridad Tsai-Wu con carga tangencial para la fibra de bambú.....	115
Ilustración 75 Resultados del factor de seguridad T-max con carga tangencial para la fibra de bambú.....	115
Ilustración 76 Resultados de la tensión Von Mises con la carga axial para la fibra de bambú	116
Ilustración 77 Resultados de la deformación con la carga axial para la fibra de bambú	116
Ilustración 78 Resultados del factor de seguridad Tsai-Hill con carga axial para la fibra de bambú.....	117
Ilustración 79 Resultados del factor de seguridad Tsai-Wu con carga axial para la fibra de bambú.....	117

Ilustración 80 Resultados del factor de seguridad T-max con carga axial para la fibra de bambú	118
Ilustración 81 Propiedades físicas del volante de fibra de bambú	118

Abreviaturas y simbología

C	Coste
d	Distancia
€	euro
F	Fuerza
f	Factor de desperdicio
kg	Kilogramo
kWh	Kilovatio hora
M	Par
Máx	Máximo
m	Metro
MPa	Megapascal
mm	Milímetro
N	Newton
Nm	Newton metro
P	Peso
ρ	Densidad
r	Radio
t	Tiempo
V	Volumen

Listado de tablas

Tabla 1 Comparación de resultados para los diferentes materiales	86
Tabla 2 Tiempos de trabajo de la máquina	95
Tabla 3 Consumo energético de las máquinas	96
Tabla 4 Comparación de los costes	97
Tabla 5 Variación del coste por unidad	98
Tabla 6 Representación del coste por unidad	98

Listado de ecuaciones

Ecuación 1 Fórmula de par	62
Ecuación 2 Despeje de la fórmula de par.....	62
Ecuación 3 Cálculo de la fuerza necesaria	62
Ecuación 4 Fórmula del peso.....	63
Ecuación 5 Cálculo del peso.....	63
Ecuación 6 Fórmula del volumen	64
Ecuación 7 Cálculo del volumen del aro exterior.....	64
Ecuación 8 Cálculo del volumen de magnesio	64
Ecuación 9 Cálculo del volumen de cuero	64
Ecuación 10 Cálculo del peso del cuero	65
Ecuación 11 Cálculo del peso total del volante	65
Ecuación 12 Fórmula del coste de material	91
Ecuación 13 Cálculo del coste de material.....	92
Ecuación 14 Cálculo del coste de diseño y simulación	92
Ecuación 15 Cálculo del volumen del molde.....	93
Ecuación 16 Cálculo del peso del molde.....	94
Ecuación 17 Cálculo del coste del molde.....	94
Ecuación 18 Cálculo del coste de fabricación del molde.....	94
Ecuación 19 Cálculo del coste total del molde	94
Ecuación 20 Cálculo del coste de la vejiga	95
Ecuación 21 Cálculo del coste energético.....	96
Ecuación 22 Cálculo del coste de la mano de obra.....	96
Ecuación 23 Cálculo del coste total del volante	97

I. Memoria

I.1. Objetivos

El principal objetivo de este proyecto es conseguir un rediseño que permita rebajar el peso del volante, además de implementar materiales ecosostenibles que reduzcan la contaminación.

La reducción de peso se realizará mediante el rediseño del volante de tal forma que por dentro sea hueco, a diferencia del diseño original. Por otro lado, al utilizar materiales compuestos naturales, los cuales son bastante resistentes, no hará falta utilizar una estructura interna de metal. Además, al utilizar estos materiales compuestos naturales, se les está dando una segunda vida, por lo que no se tendrán que producir materiales específicos para la fabricación de este volante.



Ilustración 1 Volante del Ferrari F40

Los materiales que se suelen utilizar para el exterior del volante suelen ser sintéticos o derivados del cuero, los cuales se degradan fácilmente a lo largo de los años. Sin embargo, los materiales compuestos orgánicos no sufren casi degradación con el tiempo, por lo que al emplearlos en el volante se conseguirá además de una mayor vida útil, una reducción de peso y un menor impacto medioambiental al utilizarlos.

Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) son una serie de 17 metas globales establecidas por las Naciones Unidas en 2015, como parte de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Estos objetivos buscan abordar los desafíos más relevantes que enfrenta el mundo, incluyendo la pobreza, la desigualdad, el cambio climático, la degradación ambiental, la paz y la justicia.

Este es el listado de los 17 ODS:

1. Fin de la pobreza
2. Hambre cero
3. Salud y bienestar
4. Educación de calidad
5. Igualdad de género
6. Agua limpia y saneamiento
7. Energía asequible y no contaminante
8. Trabajo decente y crecimiento económico
9. Industria, innovación e infraestructura
10. Reducción de las desigualdades
11. Ciudades y comunidades sostenibles
12. Producción y consumo responsable
13. Acción por el clima
14. Vida submarina
15. Vida de ecosistemas terrestres

16. Paz, justicia e instituciones sólidas

17. Alianzas para lograr los objetivos

En el presente trabajo de final de grado se han abordado varios de los ODS anteriormente mencionados, en concreto los siguientes:

ODS 8: Trabajo Decente y Crecimiento Económico

La investigación y el desarrollo de nuevos materiales compuestos naturales pueden generar nuevas oportunidades de empleo en sectores como la agricultura, la manufactura y la investigación. Esto puede fomentar el crecimiento económico sostenible y la creación de empleo en áreas rurales y urbanas.

ODS 9: Industria, Innovación e Infraestructura

El desarrollo de un volante de coche utilizando materiales compuestos naturales fomenta la innovación en la industria automotriz. Esta innovación puede llevar a la creación de nuevos materiales y procesos industriales que sean más sostenibles y eficientes.

ODS 11: Ciudades y Comunidades Sostenibles

Los materiales sostenibles en la fabricación de componentes de automóviles, como un volante, contribuyen a la creación de productos más ecológicos que son esenciales para el desarrollo de ciudades y comunidades sostenibles. Esto incluye la promoción de la movilidad sostenible y la reducción de residuos.

ODS 12: Producción y Consumo Responsables

Utilizar materiales compuestos naturales en la fabricación de volantes puede reducir la dependencia de materiales sintéticos y no renovables. Esto promueve patrones de consumo y producción más sostenibles, ya que los materiales naturales tienden a tener un menor impacto ambiental en términos de extracción, procesamiento y desecho.

ODS 13: Acción por el Clima

Los materiales compuestos naturales suelen tener una huella de carbono más baja en comparación con los materiales tradicionales como plásticos o metales. Al reducir las emisiones de carbono asociadas con la producción y el ciclo de vida del volante, este proyecto contribuiría a la mitigación del cambio climático.

ODS 15: Vida de Ecosistemas Terrestres

La utilización de materiales compuestos naturales puede incluir fibras de origen vegetal que son biodegradables y que, al final de su vida útil, tienen un menor impacto negativo sobre los ecosistemas terrestres. Además, el cultivo de las plantas utilizadas puede contribuir a la restauración de suelos y a la biodiversidad.

Este proyecto al enfocarse en el desarrollo de un volante de coche hecho de materiales compuestos naturales no solo representa una innovación tecnológica y de diseño, sino que también alinea sus objetivos con varias metas globales de sostenibilidad.

I.2. Introducción

Antecedentes

Hoy en día prácticamente todas las personas que viven en un país desarrollado tienen un vehículo o lo utilizan recurrentemente para desplazarse, como podría ser el transporte público o taxis.

Desde que se empezaron a comercializar los primeros vehículos han ido evolucionado en función de las necesidades del momento. Para ello ha sido necesario que las marcas de coches estuviesen al tanto de que se buscaba en cada momento, así como de las tendencias.

Algunos ejemplos de esta evolución podrían ser el cambio de diseño exterior de los vehículos, pasando de estilos más rectos a otros más curvados. Otro ejemplo sería el cambio de materiales del interior, pasando de madera y cuero a plásticos y telas compuestas para abaratar costes. La Figura 1 muestra un ejemplo de lo comentado en este párrafo.



Ilustración 2 Evolución del diseño del Volkswagen Golf

A lo largo del presente trabajo se irá explicando qué y cómo se conforma el sistema de dirección de los automóviles. Además, se explicará brevemente la historia de los volantes. Por último, se examinarán las deficiencias de diseño en los modelos actuales dando paso a una serie de alternativas y soluciones para abordarlas.

Sistema de dirección

El volante es el primer elemento del sistema de dirección. Es el instrumento que el conductor utiliza para orientar las ruedas donde éste desee. Se pueden encontrar diferentes sistemas, pero el más común es el que se observa en la Ilustración 2

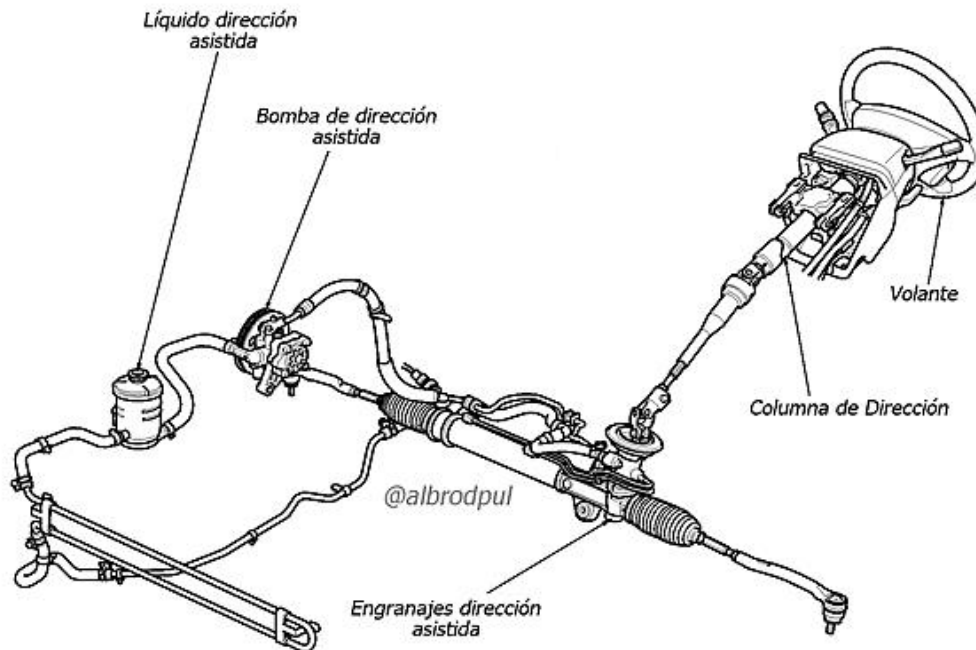


Ilustración 3 Ejemplo sistema de dirección

El volante es el instrumento que el conductor gira para controlar la dirección del vehículo [1]. Este componente fundamental transmite el movimiento del conductor al sistema de dirección. El siguiente elemento es la columna de dirección, la cual conecta el volante con los engranajes de dirección asistida. Su función es transmitir el movimiento del volante hacia el sistema de dirección, asegurando que las órdenes del conductor se ejecuten correctamente.

La bomba de dirección asistida es la encargada de generar la presión hidráulica necesaria para asistir el movimiento del volante. Esta bomba es accionada por el motor del vehículo, facilitando el giro del volante con menor esfuerzo.

Esta bomba necesita de un líquido para funcionar, este es un fluido hidráulico que transmite la fuerza generada por la bomba de dirección asistida hacia los engranajes de dirección asistida.

Por último, se encuentran los engranajes de dirección asistida, estos son los mecanismos que convierten la presión hidráulica en movimiento mecánico. Estos engranajes ayudan a girar las ruedas del vehículo.

En conjunto, estos componentes trabajan para proporcionar una conducción más suave, permitiendo que el conductor maniobre el vehículo con menos esfuerzo y mayor precisión.

Estos sistemas han ido cambiando y evolucionando con paso del tiempo, se han ido implementando nuevos componentes o creando nuevas tecnologías. Si reconocemos al volante como un elemento para modificar la trayectoria del vehículo, este no solo se encuentra en los automóviles, está en casi todos los vehículos, excepto en los que se mueven por carriles, como bicicletas, motos o mandos de aviones. Respecto a los vehículos, se debe mencionar que los volantes no siempre han sido circulares, ya que han ido cambiando su geometría desde los primeros modelos.

Historia del volante para automóviles

Como se ha comentado anteriormente, existen diversas configuraciones de volantes. Sin embargo, estos elementos con forma redonda no aparecieron con los coches, si no que anteriormente ya se habían utilizado en embarcaciones.

La historia del automóvil es un poco difusa debido a la gran cantidad de patentes e inventores. Se tiene registrado que, en el 1472, Roberto Valturio construyó un aparato que era capaz de moverse solamente con la inercia del viento mediante un conjunto de paletas y poleas. Posteriormente en el 1482 [2], Da Vinci inventó un vehículo que, con un sistema de muelles, podía moverse unos metros con la ayuda de dos personas.

Más tarde, Nicholas Joseph Cugnot fabricó un vehículo de vapor para desplazar piezas de artillería [3]. Lo diseñó utilizando como base un carro utilizado para el transporte de cañones militares, y a este le instaló una caldera de vapor con dos cilindros en posición vertical, que transmite su fuerza a una única rueda delantera.

Unos años después, en el 1860, Jean-Joseph Etienne Lenoir patentó y fabricó un motor de combustión interna [4], este constaba de un cilindro alimentado con gases procedentes del alumbrado y un aceite que se inflamaba mediante una chispa.

Sin embargo, no fue hasta el 1864 cuando alguien diseñó el primer automóvil con volante redondo y cuatro ruedas. El autor de este invento fue Siegfried Marcus [5].



Ilustración 4 Primer automóvil con volante redondo

Posteriormente en el 1894, Alfred Vacheron para la carrera París-Rouen modificó su panhard 4hp, cambiando el timón por un aro metálico para dirigir la dirección del vehículo [6]. Aunque esta modificación tuvo bastante éxito, no pasaron varios años hasta que se viera el primer coche comercial con esta mejora.

No está claro cuándo se empezó a comercializar este modelo, pero se mencionan dos fechas bastante cercanas. La primera es 1894, cuando tras el éxito del volante en la carrera París-Rouen, el fabricante Panhard incorporó el primer volante en su modelo Levassor. La segunda es 1902, fecha en la que el fabricante estadounidense Rambler lo incluyó en todos sus modelos de serie.



Ilustración 5 Panhard Levassor

En los años siguientes los volantes cambiando bastante en cuanto a la geometría, materiales utilizados y tamaños empleados. Pero el automóvil aún era un producto para gente adinerada.

Fue así hasta que en 1908 Henry Ford transformó el sector automovilístico con sus innovadoras líneas de ensamblaje [7]. Esto permitió incrementar la producción y reducir los costes, haciendo que el Model T se volviera accesible para un público mucho más amplio

Antes de este avance la ubicación del volante variaba considerablemente, pudiendo estar a la derecha, a la izquierda o incluso en el centro del vehículo. El Model T que se puede observar en la Figura 5 se convirtió en el referente para las futuras generaciones de automóviles, ya que presentaba un volante de metal situado a la izquierda del coche.



Ilustración 6 Ford Model T

En los siguientes años los volantes no variaron demasiado. Con el paso del tiempo los automóviles comenzaron a aumentar el tamaño de sus volantes para reducir el esfuerzo necesario al girar las ruedas, ya que, con un mayor radio, se requiere menos fuerza para girar el vehículo.

En la década de los 30, el volante empezó a ganar importancia en el diseño de los vehículos. Se comenzaron a producir con diversos materiales y estilos. Las marcas de lujo, como Cadillac, comenzaron a implementar materiales más elegantes como la madera. Además, se modificaron los radios del volante y se le añadieron otros accesorios. Un accesorio destacado fue la bocina, que hasta entonces consistía en un saco accionado manualmente, pero que a partir de este momento se transformó en un botón central. Esto facilitó el uso de la bocina sin importar la posición del volante, permitiendo al conductor mantener las manos en el volante sin interrupciones prolongadas.

En este punto de la historia empezó a cobrar vital importancia la seguridad en los vehículos.

En la década de los 60 los volantes comenzaron a recubrirse con materiales más blandos para mejorar el agarre y para evitar posibles lesiones si el conductor impactara con el volante.



Ilustración 7 Ejemplo del Diseño de un Cadillac

En los siguientes años los sistemas de dirección evolucionaron bastante implementando sistemas como la columna reclinable o el airbag, los cuales han salvado millones de vidas al volante.

Posteriormente en la década de los 90 las marcas de automóviles comenzaron a implementar nuevas funciones a los volantes, como botones que anteriormente estaban situados en el habitáculo. Esta modificación ayudaba a que el conductor no tuviese que soltar el volante para acceder a ellos, por lo que mejoraba la seguridad en la conducción.



Ilustración 8 Ejemplo de un volante multifunción

Hoy en día cada marca de coches tiene sus propios diseños de volante como se puede observar la Figura 8. Gran parte son de forma circular, pero algunos optan por hacerlos con formas extravagantes, por diseño y por ahorrar espacio en el habitáculo. Estos diseños proporcionan una mayor comodidad en la conducción además de poseer diversos controles multifunción.



Ilustración 9 Diferentes formas de volantes

Geometría de los volantes

Tras analizar brevemente la evolución de los volantes se debería contestar porque después de todos estos años, en la mayoría de los casos la forma del volante sigue siendo circular.



Ilustración 10 Comparación del diseño de los volantes

Esto se debe a varios motivos principales: el primero es su gran ergonomía, ya que al tener una forma redonda permite realizar grandes giros con las manos. Al ser redondo no importa por donde se agarre. Por otro lado, un aspecto para tener en cuenta es que cuantas menos aristas tenga el volante, en caso de accidente éste será más seguro. Otro factor para tener en cuenta es la producción, ya que cuanto más simple sea el diseño, más barato será el volante.

Sin embargo, otros coches de carácter deportivo como los f1 o los rallys optan por diseños de volantes achatados o casi rectangulares, esto se puede observar en la Figura 10, ya que no hacen muchas maniobras y su sensibilidad de giro es muy grande por lo que al girar un poco el volante giran mucho las ruedas. [8]



Ilustración 11 Volantes de competición

Seguridad en volantes

A continuación, se analizará el volante respecto a la seguridad, ya que en caso de impacto es una de las piezas del interior del vehículo con más importancia, debido a que desde hace mucho tiempo en su interior reside un airbag.

El sistema de seguridad conocido como airbag [9] fue inventado por la marca Mercedes en el 1971, el funcionamiento de un airbag comienza con la detección del impacto. Los sensores ubicados en diversas partes del vehículo detectan un choque o una desaceleración brusca y envían una señal a la unidad de control del airbag.

Una vez que la unidad de control procesa la información recibida de los sensores, si el impacto es lo suficientemente fuerte, envía una señal para activar el inflador del airbag. El inflador, que contiene una mezcla de productos químicos, se activa produciendo una reacción química que genera una gran cantidad de gas nitrógeno en muy poco tiempo.

Este gas infla el airbag, que se despliega rápidamente desde su compartimento. El airbag proporciona una superficie blanda que amortigua el impacto del ocupante contra el interior del vehículo, ayudando a reducir las lesiones al absorber parte de la energía del impacto y distribuirla de manera más uniforme sobre el cuerpo del ocupante.



Ilustración 12 Primer airbag

Inmediatamente después de desplegarse, el airbag comienza a desinflarse. Los pequeños orificios en el airbag permiten que el gas escape, haciendo que el airbag se desinfe y no obstruya la vista del conductor ni impida el movimiento.

Teniendo en cuenta que la mayoría de los accidentes son de colisión frontal, el hecho de que se tenga un airbag en el volante para reducir los daños del conductor es de vital importancia.

Estructura de los volantes

Una vez analizada la geometría de los volantes y sus elementos de seguridad, nos podríamos preguntar, ¿De qué material está compuesta su estructura?

Antiguamente se necesitaba fabricar los volantes de materiales duros ya que no existía la dirección asistida, por lo que se debía hacer bastante fuerza para girar el volante. Si éste no estaba hecho de un material muy resistente y duradero podría sufrir deformaciones y por tanto empeorar su funcionamiento con el paso del tiempo. Por lo

que se empleaban núcleos metálicos para tener una estructura resistente. En concreto, se comenzó a utilizar el magnesio debido a sus excelentes propiedades.



Ilustración 13 Estructura interna de magnesio

El magnesio es un elemento muy ligero a la vez que resistente. Tras inventarse la dirección asistida, la fuerza necesaria para girar el volante disminuyó en gran medida por que la estructura interna de los volantes fue reduciendo su espesor. Hoy en día, los impactos son los únicos esfuerzos destacables que sufren los volantes, por lo que las estructuras son muy finas, o directamente los volantes están hechos de fibras que soportan los esfuerzos sin necesidad de una estructura interna.



Ilustración 14 Interior de un volante actual

I.3. Normativa

En cuanto al diseño del volante, no se ha encontrado ninguna regulación específica que defina sus dimensiones dentro del ámbito de la automoción. Durante la investigación, se ha verificado que, si se sustituye el volante original por uno diferente, éste debe estar homologado por una empresa especializada. Frecuentemente, la propia marca del vehículo se encarga de esta homologación y proporciona detalles sobre los volantes que pueden reemplazar al original.

A pesar de que el volante tiene que estar homologado, el RD 866/2010 impone varios requisitos:

- El airbag debe ser el original y no puede ser reemplazado por otro en caso de rotura o mal funcionamiento, siempre y cuando el volante original disponga de él. En este contexto, el alojamiento del airbag debe ser adecuado, y solo se puede modificar el aro exterior del volante sin afectar el alojamiento del airbag.

- El conductor debe poder operar los intermitentes sin quitar las manos del volante. En ocasiones, al cambiar el volante por uno homologado, se puede alterar la distancia entre el volante y los intermitentes, dificultando su uso. Por lo tanto, no debe modificarse la distancia entre el aro del volante y los intermitentes.

- El nuevo volante no debe exceder el 10% del diámetro exterior del original. Por lo tanto, el diámetro del aro debe coincidir con el del volante original.

- La instalación del nuevo volante debe ir acompañada por un certificado de montaje expedido por el taller donde se realice el cambio, asegurando que la instalación ha sido realizada por profesionales.

Por otro lado, en el diseño y fabricación de volantes de coche, se deben cumplir ciertas normativas y estándares que aseguren la seguridad, funcionalidad y calidad del producto.

Normativas aplicables:

SAE J1140 - Steering Wheel and Column Assembly Test Procedure:

Esta norma establece procedimientos de prueba para evaluar la resistencia y durabilidad de los volantes y columnas de dirección. Incluye pruebas de impacto, torsión y fatiga. Asegura que los volantes sean capaces de resistir las cargas y condiciones que se encuentran durante el uso normal y en situaciones de colisión.

UNE-EN ISO 13077:2011 - Road Vehicles - Steering Equipment - Column Strength Test Methods:

Establece métodos de prueba para evaluar la resistencia de las columnas de dirección, incluyendo los volantes, bajo diversas cargas. Verifica que la columna de dirección y el volante puedan soportar cargas extremas sin fallar.

Reglamento (UE) 2018/858 del Parlamento Europeo y del Consejo:

Regula la homologación y vigilancia del mercado de los vehículos de motor y sus componentes, incluyendo los sistemas de dirección y volantes. Asegura que los volantes cumplan con los requisitos de seguridad antes de ser comercializados en la Unión Europea.

ISO 9001 - Sistemas de Gestión de la Calidad:

Proporciona los requisitos para un sistema de gestión de calidad efectivo. Asegura que el proceso de diseño y fabricación de los volantes siga procedimientos de calidad estandarizados.

ISO 14001 - Sistemas de Gestión Ambiental:

Establece los criterios para un sistema de gestión ambiental efectivo. Promueve prácticas sostenibles y ambientalmente responsables en la fabricación de volantes.

I.4. Diseño en SolidWorks

Una vez hecha la introducción sobre los volantes, se procede a hacer el rediseño del volante en 3D utilizando Solidworks como software, el cual se utilizará también para ensayar la pieza a esfuerzos y simulaciones.

Tras realizar una búsqueda se ha podido comprobar que las marcas de vehículos no suelen dar datos técnicos sobre las medidas de los volantes, y más en este caso ya que el modelo de coche es antiguo. Sin embargo, existe una página web que se dedica a vender diseños de volantes para ser utilizados en simuladores. En dicha web se encontró la medida del diámetro exterior del volante [10]. Se pueden ver las dimensiones en la ilustración 17.



Ilustración 15 Diseño 3d del volante del Ferrari F40

DESCRIPCIÓN DEL MODELO 3D

AC Simracing Ferrari F40 Volante por AC3D

Diseño para simracing del clásico Ferrari F40, apto para bases de todas las marcas utilizando acoplamiento o cierre rápido de 70mm.

330 mm de longitud.

Centro de 70 mm.

Opcional pedir la placa base archivo .dxf para cortar en CNC aluminio o fibra de carbono de 4 mm.

Cierre rápido no incluido.

Hardware:

(Puede utilizar tornillos con la cabeza que desee. Por ejemplo: Cabeza avellanada en el panel frontal).

15 = M4x20

6 = M6

15 = M4 Tuercas

6 = Tuercas M6

Uso exclusivamente personal, prohibida la venta del modelo y sus impresiones.

Uso personal - No se permiten derivados

En caso de necesitar algo personalizado, diferentes tallas o estilo puedes contactar via mensaje privado o email.

Correo electrónico de contacto: ac3d.impresiones@gmail.com

Ilustración 16 Dimensiones del volante

Por ello, para realizar el rediseño, se utilizarán las mismas medidas de partida. Además de ello se descargó una fotografía frontal del volante para utilizarlo como referencia dentro del software. De esta manera se pudo comprobar si las proporciones de las medidas eran correctas.



Ilustración 17 Comienzo del diseño

Para el diseño solo se tendrán en cuenta las partes que proporcionan resistencia mecánica al volante. En primer lugar, se hizo el aro exterior del diámetro original (330 mm). Este tiene un grosor exterior de 28 mm que se obtuvo a partir de la ilustración 17.

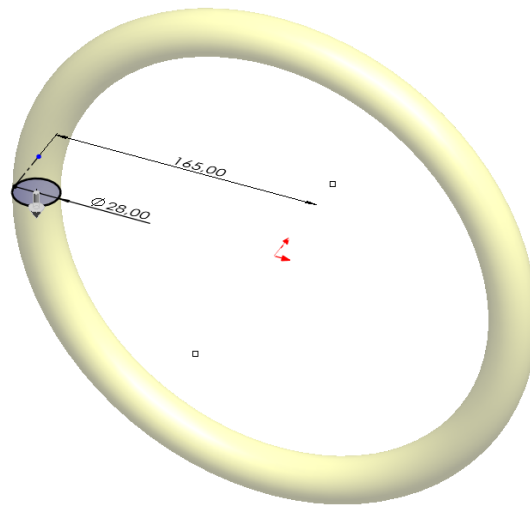


Ilustración 18 Generación del aro exterior

Una vez definido aro exterior se diseñó la parte central, la cual incide dentro del aro para proporcionar una mayor rigidez estructural.

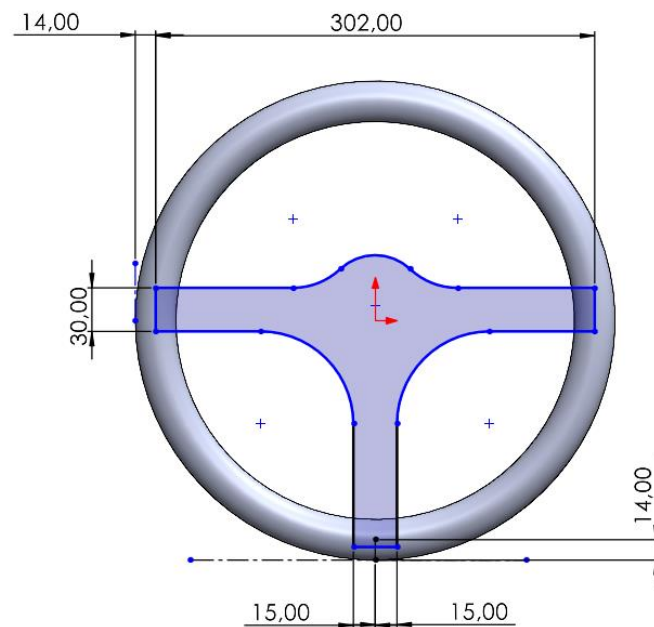


Ilustración 19 Diseño de la parte central del volante

Tras diseñar la parte central se hicieron los cortes pertinentes en la parte central para poner el claxon/airbag y para unir el volante a la columna de dirección.

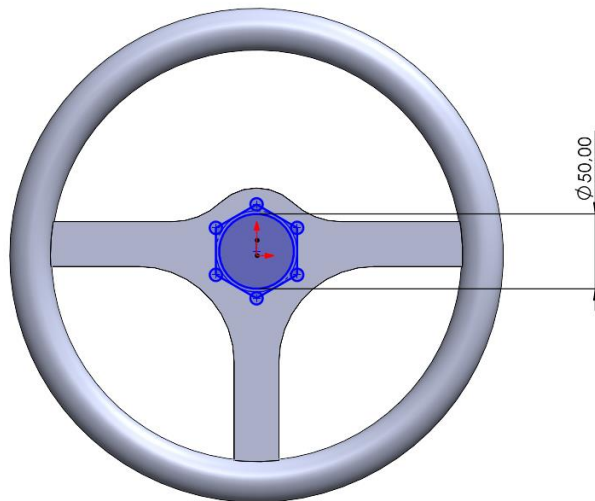


Ilustración 20 Dimensiones de los orificios centrales

Por último, se hicieron varios redondeos en la parte central y en la unión del aro para mejorar así el diseño original y aumentar la ergonomía.



Ilustración 21 Diseño final del reestyling

I.5. Selección de materiales

Los materiales más empleados en el diseño de los automóviles son los metales y los plásticos. Con ellos se podría fabricar prácticamente un coche entero, incluyendo el volante.

En la mayoría de los automóviles la estructura del volante está hecha de magnesio y recubierta por algún plástico o cuero para mejorar el agarre y hacerlo más seguro por si hubiese un impacto. Como se ha comentado anteriormente, se van a realizar diversas simulaciones utilizando el programa SolidWorks, simulando primero la estructura del volante original, que está fabricada con magnesio. De esta forma, se podrán comparar los resultados con diferentes materiales posteriormente.

El magnesio es un metal que ha cobrado importancia en la industria automotriz debido a sus destacadas propiedades. Tal y como se comentó al principio, una de sus características más apreciadas de este elemento es su ligereza: el magnesio es aproximadamente un 33% más liviano que el aluminio, y un 75% más que el acero. Esta notable reducción en el peso total del vehículo se traduce en una mayor eficiencia del combustible y una reducción de las emisiones de gases contaminantes.



Ilustración 22 Estructura interna de magnesio

Además de ser ligero, el magnesio presenta una alta relación resistencia-peso, lo que significa que, a pesar de su bajo peso, tiene una buena resistencia mecánica. Esto lo hace ideal para su uso en componentes estructurales y de seguridad dentro de

los vehículos. Su capacidad para ser moldeado y trabajado con facilidad permite a los diseñadores y fabricantes crear componentes complejos y de formas diversas, lo que aumenta la flexibilidad en el diseño automotriz.

Tal y como se comentó anteriormente, el principal objetivo del proyecto es conseguir rebajar el peso del volante utilizando materiales compuestos naturales.

Un material compuesto es aquel que está formado por la combinación de diferentes componentes de tal manera que se consigue un efecto sinérgico en las propiedades finales, obteniéndose materiales con prestaciones muy superiores a las de los componentes individuales.

Los materiales compuestos principalmente tienen dos componentes: la matriz y los elementos de refuerzo. La matriz se encarga de actuar como soporte del elemento de refuerzo y proporcionar la resistencia térmica y ambiental. La función de la matriz es aportar procesabilidad y coherencia al conjunto del material compuesto. Normalmente se suelen utilizar resinas.

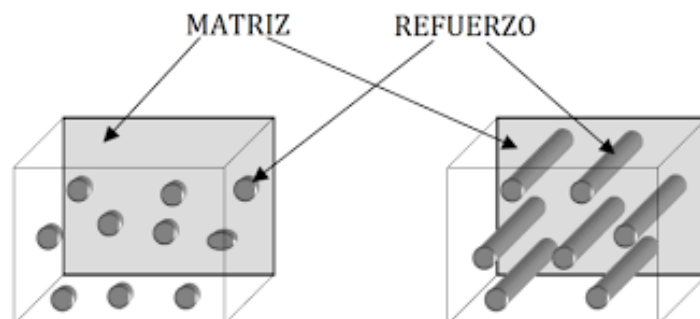


Ilustración 23 Ejemplo de un material compuesto

Por otro lado, los elementos de refuerzo proporcionan las propiedades mecánicas al material compuesto. Son materiales que presentan unas excelentes propiedades mecánicas, pero, no obstante, presentan dificultades para ser procesados. Normalmente suelen utilizarse fibras.

Una vez definidos los elementos de un material compuesto se escogieron diferentes materiales para simular el reestyling. La universidad politécnica de Valencia, en concreto el campus de Alcoy cuenta con una base de datos de materiales

compuestos naturales. De esta base de datos se escogieron 3 materiales interesantes para el estudio ya que tienen propiedades diferentes.

Los materiales escogidos fueron:

- Fibra de yute
- Fibra de Bambú
- Fibra de Basalto

Fibra de yute

La fibra de yute proviene de las plantas del género *Corchorus*. [11] Se cultiva principalmente en regiones tropicales como India y Bangladesh. Esta fibra natural y renovable ha ganado popularidad en diversas industrias, incluyendo la sección automotriz.



Ilustración 24 Planta de yute

Una de las principales ventajas de la fibra de yute es su sostenibilidad. Es una fibra ecológica, biodegradable y reciclable, lo que la convierte en una opción ideal para aquellos que buscan reducir el impacto ambiental de sus productos. Además, al ser una fibra natural, su producción y desecho son menos perjudiciales para el medio ambiente en comparación con los materiales sintéticos.

La ligereza de la fibra de yute es otra de sus propiedades destacadas. Es significativamente más liviana que muchos materiales tradicionales, lo que contribuye a la reducción del peso total de los productos en los que se utiliza. Esto es particularmente beneficioso en la industria automotriz, donde la reducción de peso puede mejorar la eficiencia del combustible y reducir las emisiones de gases contaminantes.



Ilustración 25 Hilos de yute

A pesar de su ligereza, la fibra de yute ofrece una buena resistencia mecánica y durabilidad, lo que la hace adecuada para diversas aplicaciones industriales. Además, posee excelentes propiedades de aislamiento térmico y acústico. Estas características ayudan a mejorar el confort en los productos finales, como vehículos, al reducir el ruido y mantener una temperatura más constante en el interior.

Finalmente, esta fibra es una opción económica en comparación con muchas fibras sintéticas y otros materiales compuestos.

Fibra de bambú

La fibra de bambú, extraída de la planta de bambú, se cultiva principalmente en regiones de Asia como China y Japón.



Ilustración 26 Caña de bambú

Una de las principales ventajas de la fibra de bambú es su sostenibilidad [12]. El bambú es una planta de rápido crecimiento y no requiere pesticidas ni fertilizantes, lo que lo convierte en una opción ecológica. Además, la fibra de bambú es biodegradable y reciclable, lo que contribuye a reducir el impacto ambiental.

La ligereza de la fibra de bambú es otra de sus propiedades destacadas. Es significativamente más liviana que muchos materiales tradicionales, lo que ayuda a reducir el peso total de los productos. A pesar de su ligereza, la fibra de bambú es muy resistente y duradera. Estas propiedades mecánicas la hacen adecuada para diversas aplicaciones industriales.



Ilustración 27 Filamento de bambú

Otra ventaja destacable de la fibra de bambú es su suavidad y flexibilidad, lo que permite su uso en una amplia gama de aplicaciones, desde componentes estructurales hasta interiores de vehículos.

En cuanto al coste, la fibra de bambú es competitiva en comparación con muchas fibras sintéticas y otros materiales compuestos. Su combinación de sostenibilidad, funcionalidad y costo eficiente la convierte en una alternativa atractiva para la industria automotriz

Fibra de basalto

La fibra de basalto [13], derivada de la roca volcánica basáltica, se ha vuelto cada vez más relevante en diversas industrias, incluida la automotriz, debido a sus excepcionales propiedades.



Ilustración 28 Roca de basalto

Una de las principales ventajas de la fibra de basalto es su sostenibilidad. Al ser una fibra natural extraída de una fuente abundante y no renovable, su producción tiene un impacto ambiental relativamente bajo en comparación con las fibras sintéticas. Además, la fibra de basalto es reciclable, contribuyendo así a prácticas más ecológicas en la fabricación de productos.

La ligereza de la fibra de basalto es otra de sus propiedades destacadas. Es más ligera que muchos materiales tradicionales utilizados en la industria automotriz. A pesar de su ligereza, la fibra de basalto posee una excelente resistencia mecánica. Es conocida por su alta resistencia a la tracción y su durabilidad, lo que la hace ideal para aplicaciones que requieren materiales robustos y de larga duración.



Ilustración 29 Fibra de basalto

Otra ventaja destacable de la fibra de basalto es su resistencia a la corrosión y a los productos químicos. Esto mejora la vida útil de los componentes fabricados con este material.

En términos de coste, la fibra de basalto es competitiva en comparación con muchas fibras sintéticas y otros materiales compuestos. Su combinación de sostenibilidad, funcionalidad y costo eficiente la convierte en una alternativa atractiva para la fabricación de productos diversos.

Resina epoxi

Como se ha explicado anteriormente para poder generar una coherencia con las diferentes fibras se necesita una matriz, en este caso se utilizará resina epoxi.

La resina epoxi es un material sintético ampliamente utilizado como matriz para reforzar diversas fibras, incluidas la fibra de yute, bambú y basalto, en aplicaciones industriales y automotrices. [14]



Ilustración 30 Resina epoxi

Esta resina destaca por su alta resistencia mecánica, proporcionando una excelente resistencia a la tracción, compresión y flexión cuando se utiliza como matriz para fibras naturales y sintéticas. Esto mejora significativamente la resistencia y durabilidad de los materiales compuestos. Además, una de sus características más destacadas es su capacidad de adhesión. La resina epoxi se adhiere firmemente asegurando una unión fuerte y duradera entre la matriz y las fibras de refuerzo.

Otra ventaja clave de la resina epoxi es su excelente resistencia a la corrosión y a muchos productos químicos, lo que resulta especialmente beneficioso en aplicaciones automotrices donde los componentes pueden estar expuestos a ambientes corrosivos y productos químicos agresivos. Además, posee una alta estabilidad térmica, permitiéndole mantener sus propiedades mecánicas y adhesivas en un amplio rango de temperaturas.

La durabilidad y longevidad son también puntos fuertes de la resina epoxi. Los materiales compuestos reforzados con esta resina tienen una vida útil prolongada, reduciendo la necesidad de reemplazo frecuente y el mantenimiento de los componentes.

Por otro lado, tiene una gran versatilidad de procesamiento lo que permite su uso en diversas técnicas de manufactura, como moldeo por inyección, laminación y pultrusión, facilitando la creación de componentes de formas y tamaños variados.

A pesar de su alta resistencia, esta resina es relativamente ligera, lo que contribuye a la reducción del peso total del material compuesto.

I.6. Cálculos

En este apartado se hicieron varios cálculos manuales, los cuales eran necesarios para poder realizar las simulaciones. Estos se encuentran explicados detalladamente en el anexo de Cálculos.

El primer paso fue calcular la fuerza tangencial necesaria. En el software SolidWorks no se puede aplicar par, por lo que se tuvo que convertir el par máximo que puede ejercer la máquina, en una fuerza puntual. La máquina de ensayos puede aplicar un máximo de 120 Nm y conociendo que la distancia es de 0,1065 m hasta el centro del volante, la fuerza resultante fue de 1127 N.

A continuación, se calculó el peso de la estructura interna de magnesio del volante usando el volumen obtenido del diseño de SolidWorks (279,46 cm³) y la densidad del magnesio (1,8 g/cm³), se determinó un peso de 505 g.

Para completar el anexo de cálculos, se calculó el peso de la cubierta de cuero. Primero, se halló el volumen del aro exterior, utilizando la ecuación para el volumen de un toroide, obteniendo un volumen de 294,5 cm³. Posteriormente, se restó el volumen del aro de magnesio (175,9 cm³) para obtener el volumen del cuero, que resultó ser 118,5 cm³. Con una densidad de 0,9 g/cm³, se calculó un peso de 106,7 g.

Finalmente, sumando el peso de la estructura de magnesio y la cubierta de cuero, el volante original del Ferrari F40 pesa 611,7 g.

I.7. Simulaciones

Tras realizar los cálculos manuales se realizaron simulaciones con diferentes materiales para evaluar su comportamiento en la estructura del volante. Estas simulaciones se encuentran en su anexo correspondiente.

A falta de normativas específicas para volantes de automóviles, se utilizaron los ensayos y especificaciones de empresas como DYNA-MESS e IPG Automotive, que someten los volantes a cargas axiales y tangenciales, respectivamente.

Primero, se simuló la estructura original de magnesio con una carga axial de 1000 N y una tangencial equivalente a 120 Nm (1127 N). Los resultados mostraron que el material soporta bien las tensiones y deformaciones, con un factor de seguridad de 8,21 para la carga axial y 3,34 para la tangencial.

Posteriormente, se probó el rediseño del volante usando fibra de yute. Esta fibra, al ser ortotrópica, se dispuso en capas con distintos ángulos. Los ensayos mostraron una buena resistencia, con tensiones Von Mises de 35,4 MPa y un factor de seguridad de 2,13 bajo carga tangencial, cumpliendo los requisitos mínimos para la homologación. Con 52 capas en total, la estructura de fibra de yute pesó 368 g, logrando una significativa reducción de peso respecto al magnesio (505 g).

Finalmente, se compararon los resultados con fibras de bambú y basalto. La fibra de basalto alcanzó un factor de seguridad de 2, pero resultó ser más pesada (774 g). La fibra de bambú, a pesar de ser más liviana, no alcanzó el mínimo factor de seguridad necesario.

En conclusión, la fibra de yute con resina epoxi es la mejor opción para el rediseño del volante, ya que ofrece un equilibrio óptimo entre peso, resistencia y costo.

I.8. Proceso de fabricación

Una vez simulado el rediseño, se debe elegir el proceso de fabricación adecuado. Dado que las fibras naturales son difíciles de procesar y el número de unidades a fabricar es bajo, tras valorar otros métodos, se optó por el moldeado por preimpregnado de vejiga.

Este método es ideal para piezas de formas complejas y alta calidad mecánica, utilizado en industrias como la aeroespacial y automotriz. El proceso comienza colocando capas de fibra preimpregnadas con resina en un molde rígido, y una vejiga flexible se inserta dentro del material. La vejiga se infla para aplicar presión uniforme y conformar las capas al molde. Luego, el conjunto se somete a curado en un horno o autoclave, donde la resina se endurece y la pieza adquiere su forma final.

Tras el curado, la pieza se desmoldea y pasa por un proceso de acabado, como lijado o recubrimiento. Este método ofrece un excelente control de tolerancias, precisión y acabado superficial, aunque implica bastante trabajo manual.

Es un proceso común en la fabricación de cuadros de bicicletas, barras antivuelco y raquetas de tenis, ya que proporciona una alta rigidez estructural en geometrías complejas. Las principales ventajas son el corto tiempo de cocción, la reutilización de moldes y vejigas, y la alta calidad del producto final. Sin embargo, requiere trabajo manual posterior para perfeccionar el acabado.

I.9. Presupuesto

Después de seleccionar el proceso de fabricación para el reestyling, se realiza el estudio económico. Al igual que los apartados anteriores este presupuesto se encuentra explicado detalladamente en su respectivo anexo.

Para hacer el estudio económico se parte de varias hipótesis, como la disponibilidad de un local y la maquinaria necesarios. Además, se asume que alguna empresa podría interesarse en incluir este diseño en su catálogo. El análisis abarca los costes de material, diseño, moldes, energía y mano de obra. Se destaca que muchos de estos costes son estimaciones basadas en productos similares, por lo que la obtención de cifras exactas es compleja.

Para el coste de material se estima un precio de 8 €/kg para el prepeg de fibra de yute. Con un peso de 368 g y un factor de desperdicio de 0,2, el coste del material es de 3,68 €.

El coste de diseño y simulación se calcula en función de un salario de 14,62 €/h y 32 horas de trabajo, lo que da un coste total de 467,84 €.

Para el coste del molde se selecciona como material el acero inoxidable con un coste de 5 €/kg. Con un volumen de 0,016 m³, el peso del molde es de 128 kg, resultando en un coste de material de 640 €. El proceso de fabricación, estimado en 50 horas a 30 €/h, añade 1500 €, por lo que el coste total del molde asciende a 4280 €.

Para la vejiga se selecciona un modelo de silicona, con un coste estimado de 150 €.

Se estima un coste energético total de 1,74 € para el proceso de fabricación de la pieza.

Por último, el coste de mano de obra es de 8,28 €/h, se necesitan 2 h, resultando en un coste de 15,56 €.

Al sumar todos los costes anteriores da un coste total del volante de 4918,82 €, considerando que es una producción única.

No obstante, en un escenario de fabricación en serie, el coste por unidad se reduce significativamente, bajando hasta 69,96 € para 100 unidades.

I.10. Conclusiones

Tras realizar el estudio económico, se puede concluir comentando que, por norma, el empleo de materiales compuestos naturales para diseños de este tipo es difícil, debido a que sus propiedades son inferiores a su competencia directa, la cual podría ser la fibra de carbono y la fibra de vidrio.

Sin embargo, en este trabajo se ha conseguido el objetivo principal del proyecto. Tras probar varios materiales y diferentes disposiciones de estos, se ha reducido el peso del volante original, logrando que el rediseño pese un 40% menos, además de cumplir con las normativas establecidas

Mediante el uso de fibra de yute, un material natural y renovable, se ha logrado el objetivo principal de este TFG. La reducción de peso no solo contribuye a mejorar la eficiencia del combustible del vehículo y a reducir las emisiones de CO₂, sino que también reduce el impacto medioambiental al utilizarse un material que iba a ser destinado para otros fines. Por otro lado, el proceso de fabricación escogido para la producción del rediseño necesita de mano de obra, por lo que de manera indirecta se han creado nuevos puestos de trabajo.

Las simulaciones realizadas han confirmado que el rediseño no solo cumple, sino que supera el factor de seguridad mínimo requerido para su fabricación y uso en vehículos. Esto demuestra que los materiales compuestos sostenibles pueden ser una alternativa viable a los materiales tradicionales, sin sacrificar la seguridad ni el rendimiento.

Este proyecto no solo contribuye al avance en el uso de materiales sostenibles en la industria automotriz, sino que también establece una base sólida para futuras investigaciones y aplicaciones de fibras naturales en componentes de los vehículos. La implementación de este tipo de innovaciones es crucial para avanzar hacia una industria automotriz más sostenible y eficiente, alineada con los objetivos globales de reducción de emisiones y conservación de recursos.

I.11. Referencias bibliográficas

- [1]. Todo Renting. (s.f.). *Columna de dirección*. <https://todorenting.es/columna-de-direccion/>
- [2]. Benjumea, C. (2018, 31 de mayo). Así se movía el carro autopropulsado de Da Vinci que ideó el coche autónomo. Noticias Coches. <https://noticias.coches.com/videos/leonardo-da-vinci-coche-autonomo/293927>
- [3]. Excelencias del Motor. (2019, mayo 23). El primer automóvil de la historia se llamó “carreta a vapor”. Excelencias del Motor. <https://www.excelenciasdelmotor.com/curiosidades/el-primer-automovil-de-la-historia-se-llamo-carreta-vapor>
- [4]. Biografías y Vidas. (s.f.). Étienne Lenoir. <https://www.biografiasyvidas.com/biografia/l/lenoir.htm>
- [5]. American Society of Mechanical Engineers. (s.f.). *Siegfried Marcus Car*. <https://www.asme.org/about-asme/engineering-history/landmarks/203-siegfried-marcus-car>
- [6]. Álvarez, S. (s.f.). De volantes hexagonales, octogonales, abiertos o aplanados. *Diariomotor*. <https://www.diariomotor.com/opinion/volantes-no-redondos/>

- [7]. Martínez, J. (2023, enero 13). *100 años de Ford en cadena o cuando Ford reinventó la industria*. Motorpasión. <https://www.motorpasion.com/industria/100-anos-de-ford-en-cadena-o-cuando-ford-reinvento-la-industria>
- [8]. Motorsport. (s.f.). Evolución de los volantes en la Fórmula 1 desde 1950. *Motorsport*. <https://es.motorsport.com/f1/news/evolucion-volantes-formula1-desde-1950/9979833/>
- [9]. Motorpasión. (2006, septiembre 23). Y Mercedes inventó el airbag. Motorpasión. <https://www.motorpasion.com/mercedes/y-mercedes-invento-el-airbag>
- [10]. Cults. (s.f.). *AC SimRacing Ferrari F40 Steering Wheel*. <https://cults3d.com/es/modelo-3d/juegos/ac-simracing-ferrari-f40-steering-wheel>
- [11]. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (s.f.). *Future Fibres: Yute*. FAO. <https://www.fao.org/economic/futurefibres/fibres/jute/es/>
- [12]. Velfont. (s.f.). Fibra de bambú: El nuevo material textil natural, fresco, antibacterias y ecológico. Velfont. <https://velfont.com/fibra-de-bambu-el-nuevo-material-textil-natural-fresco-antibacterias-y-ecologico/>
- [13]. Castro Composites. (2023). Basalto. Castro Composites. <https://www.castrocompositesshop.com/es/146-basalto>
- [14]. Rodator. (2022, octubre 25). ¿Qué es la resina epoxi? Rodator. <https://www.rodator.com/que-es-resina-epoxi/>

[15]. Ministerio de Trabajo y Economía Social. (s.f.). Guía de la Inspección de Trabajo y Seguridad Social.

https://www.mites.gob.es/es/Guia/texto/guia_6/contenidos/guia_6_13_2.htm

Ilustración 1:

https://www.shutterstock.com/es/image-photo/ferrari-f40-steering-wheel-small-depth-2248927101?utm_campaign=image&utm_medium=googleimages&utm_source=schema

Ilustración 2:

<https://www.autofacil.es/reportajes/rompe-golf-anos/4379.html>

Ilustración 3:

<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.timetoast.com%2Ftimelines%2Flinea-de-tiempo-sistema-de-direccion-en-vehiculos&psig=AOvVaw1z0lh1qfVVvGvEbiy1CQ7z&ust=1711712980916000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBIQjRxqFwoTClii-LxloUDFQAAAAAdAAAAABAJ>

Ilustración 4:

<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.enlacejudio.com%2F2019%2F12%2F10%2Fel-origen-judio-del-automovil-y-la-marca-mercedes-benz%2F&psig=AOvVaw2zKKyqu24MbuazxnigdyD-&ust=1711733218054000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBIQjRxqFwoTCND63qS9I4UDFQAAAAAdAAAAABAc>

Ilustración 5:

<https://www.jonathan-wood.co.uk/for-sale/1900-panhard-et-levassor-m4e/>

Ilustración 6:

<https://silodrome.com/history-model-t-ford/>

Ilustración 7:

<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fclassicmoto.rs%2Fes%2Fauto%2Fcadillac-series-62-1950-cmaYOd.html&psig=AOvVaw0eWeh7qajiUlgTffqCfQOw&ust=1711734153406000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBIQjRxqFwoTCKCRz-XAI4UDFQAAAAAdAAAAABAD>

Ilustración 8:

https://www.expansion.com/fueradeserie/motor/album/2020/05/21/5eba6c44e5fdea6a758b4603_10.html

Ilustración 9:

<https://www.autobild.es/noticias/nuevo-raro-volante-llevaran-todos-mercedes-651059>

https://www.hibridosyelectricos.com/coches/polemico-volante-yoke-tesla-es-peor-imaginaba_68486_102.html

Ilustración 10:

<https://www.actualidadmotor.com/mercedes-volante-tactil-capacitivo-2020/>

Ilustración 11:

<https://ohcmotors.com/es-es/products/ohc-motors-carbon-fiber-steering-wheel-for-audi-r8-ttrs-tt>

https://www.pccomponentes.com/thrustmaster-formula-wheel-add-on-ferrari-sf1000-edition?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwk6SwBhDPArisAJ59Gwff5S7_YZW60tn67UiEfVg_KF1RKIDD37H2Hs_0EqvA0GAqFyzbodYaAnzjEALw_wcB

Ilustración 12:

https://ayeryhoyrevista.com/hace-50-anos-octubre-1971-mercedes-patenta-el-airbag/#google_vignette

Ilustración 13:

<http://www.ortal.co.il/category/products/steering/>

Ilustración 14:

<https://www.amazon.es/Volante-carbono-prefabricado-costuras-2016-2020/dp/B08C5GTWRL>

Ilustración 15:

<https://cults3d.com/es/modelo-3d/juegos/ac-simracing-ferrari-f40-steering-wheel>

Ilustración 22:

https://es.made-in-china.com/co_ella-amgainmagnesium/product_Die-Casting-Az91d-Magnesium-Alloy-Steering-Wheel-Made-by-China-Manufacturer_eioioihuy.html

Ilustración 23:

<https://es.slideshare.net/slideshow/materiales-compuesto/85292150>

Ilustración 24:

https://es.wikipedia.org/wiki/Corchorus_olitorius

Ilustración 25:

<https://www.iberocaribe.net/es/productos/yute/>

Ilustración 26:

https://www.google.com/search?sca_esv=838ca97d1d112653&rlz=1C1ONGR_esES1032ES1032&sxsrf=ADLYWIIJ1Mo9Jyyv4u2IE3JwOqLHfhqCA:1721148148093&q=ca%C3%B1a+de+bambu%C3%A7&udm=2&fbs=AEQNm0CbCVgAZ5mWEJDg6aoPVcBgWizR0-0aFOH11Sb5tINhd9L2WHVzAvhMQbvbuARNpGDGcIDN-ATZZD3iyXIHu_peMRDDMYCtecRUt724I4eGoRbZ0sXMXTyEpcdGbDxXh1AAmOkVPzuCcUZV-dXmg-hbhx8Q0LI3xha4eBEAWfgxNkyCQg2mKE2j0k1CiB11MeDdl_ir&sa=X&ved=2ahUKEwjI9OO_gKyHAXVxfKQEHVOvB80QtKqLegQIChAB&biw=958&bih=918&dpr=1#vhid=xlHbKLzmE_OxvM&vssid=mosaic

Ilustración 27:

<https://www.ropainteriorjulia.es/blog/tejidos-con-fibras-de-bambu/>

Ilustración 28:

<https://geotecniafacil.com/basalto/>

Ilustración 29:

[https://www.google.com/url?sa=i&url=http%3A%2F%2Fpolusgold.net%2Ffibra-de-basalto&psig=AOvVaw0RDKgIW6xGfhINsxILnDlo&ust=1718743421685000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBEQjRxqFwoTCMjKpqzA44YDFQAAAAAdAA
AAABAS](https://www.google.com/url?sa=i&url=http%3A%2F%2Fpolusgold.net%2Ffibra-de-basalto&psig=AOvVaw0RDKgIW6xGfhINsxILnDlo&ust=1718743421685000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBEQjRxqFwoTCMjKpqzA44YDFQAAAAAdAA
AAABAS)

Ilustración 30:

<https://spanish.alibaba.com/product-detail/Epoxy-Resin-2-Gallon-Kit-1-1600666555276.html>

Ilustración 55:

https://m.media-amazon.com/images/I/4144LZrxS8L. AC_UF894,1000_QL80 .jpg

Ilustración 56:

[https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.researchgate.net%2Ffigure%2FSchematic-of-prepreg-processing-Several-prepreg-sheets-are-stacked-at-different_fig2_326117641&psig=AOvVaw2y8V4ZPZW1Fmz8LbyR_LdJ&ust=1719591325898000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBEQjRxqFwoTCNie64KX
IYDFQAAAAAdAAAAABAS](https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.researchgate.net%2Ffigure%2FSchematic-of-prepreg-processing-Several-prepreg-sheets-are-stacked-at-different_fig2_326117641&psig=AOvVaw2y8V4ZPZW1Fmz8LbyR_LdJ&ust=1719591325898000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBEQjRxqFwoTCNie64KX
IYDFQAAAAAdAAAAABAS)

II. Anexos

A.1. Cálculos

El primer cálculo que se realizó fue el de la fuerza tangencial necesaria para realizar las simulaciones posteriores. Se sabe que la máquina de ensayos puede someter al volante a un máximo de 120 Nm, en el software utilizado para realizar las simulaciones no es posible aplicar un par de esa forma, por lo que se calculó una fuerza puntual equivalente a los 120 Nm.

Para ello se utilizó la siguiente ecuación, en el que la (M) significa par, la (F) significa fuerza y la (d) distancia.

$$M = F * d$$

Ecuación 1 Fórmula de par

Sabiendo que se quiere conseguir una fuerza equivalente a 120 Nm y se conoce a que distancia del centro del volante se aplica la fuerza, se despeja la ecuación quedando de la siguiente forma.

$$F = \frac{M}{d}$$

Ecuación 2 Despeje de la fórmula de par

Una vez despejada la incógnita a calcular, se sustituyen los datos en la ecuación dando como resultado la fuerza necesaria.

$$F = \frac{120}{0,1065} = 1127N$$

Ecuación 3 Cálculo de la fuerza necesaria

Una vez calculada la fuerza necesaria se procedió a calcular el peso de la estructura interna de magnesio. Tras realizar el diseño en SolidWorks el propio programa facilita el volumen del volante. En este caso fue de 279,46 cm³.

Tras conocer el volumen ocupado por el diseño de la estructura del magnesio es necesario saber cuál es la densidad del propio material. El material que se utiliza para las estructuras internas de los volantes es una aleación de magnesio específica, esta tiene una densidad de $1,8 \text{ g/cm}^3$.

Para calcular el peso se utilizó la siguiente fórmula en la que la (P) es el peso, la (V) es el volumen y la (ρ) es la densidad.

$$P = V * \rho$$

Ecuación 4 Fórmula del peso

Una vez conocidos los datos se procede a calcular el peso.

$$P = 279,46 \text{ cm}^3 * 1,81 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 505 \text{ g}$$

Ecuación 5 Cálculo del peso

Uno de los principales objetivos del trabajo es la reducción de peso del volante original, para saber cuánto pesa el volante original se debe conocer el peso de la estructura interna, que en este caso es de magnesio. Además de ello se debe conocer el peso del material que recubre esta estructura. En el caso del volante del Ferrari f40 el material que recubre la estructura es el cuero.

Este material posee una densidad de $0,9 \text{ g/cm}^3$. Sin embargo, se desconoce el volumen ocupado por el cuero, por lo que se procede a calcular dicho volumen para conocer el peso final del volante original.

Para ello se debe conocer el grosor del aro exterior del volante y el diámetro del volante, este posee un grosor de 28 mm y un diámetro de 330 mm. Con estos datos se puede calcular el volumen del aro exterior.

Para conocer el volumen se usará la siguiente ecuación, esta se utiliza para calcular el volumen de un toroide. Donde la (V) significa volumen, la (r) es el radio desde el centro del volante hasta la mitad del grosor del volante y la (R) es la mitad del grosor.

$$V = 2\pi^2 * R * r^2$$

Ecuación 6 Fórmula del volumen

Una vez conocidos los datos se sustituyen en la ecuación dando como resultado el volumen del aro exterior.

$$V = 2\pi^2 * 151 * (14)^2 = 294,5 \text{ cm}^3$$

Ecuación 7 Cálculo del volumen del aro exterior

Calculado el volumen del aro exterior se debe calcular el volumen del aro de magnesio para restarlo al anterior y de esta forma conocer el volumen de la parte que es recubierta por el cuero.

Para ello se repite el mismo proceso.

$$V = 2\pi^2 * R * r^2 = 2\pi^2 * 157,5 * (7,5)^2 = 175,9 \text{ cm}^3$$

Ecuación 8 Cálculo del volumen de magnesio

Tras calcular el volumen del aro de magnesio solamente queda conocer la diferencia de estos y multiplicarlo por la densidad del cuero empleado.

$$V = 294,5 - 175,94 = 118,5 \text{ cm}^3$$

Ecuación 9 Cálculo del volumen de cuero

La densidad del cuero es de $0,9 \text{ g/cm}^3$ por lo que si se multiplica por el volumen da como resultado el peso de la parte recubierta por el cuero.

$$P = \rho * V = 118.56 * 0,9 = 106.7 \text{ g}$$

Ecuación 10 Cálculo del peso del cuero

Por último, si se suman los pesos de la estructura de magnesio y el peso de la parte de cuero da como resultado el peso total del volante original del Ferrari f40.

$$P = 505 + 106.7 = 611.7 \text{ g}$$

Ecuación 11 Cálculo del peso total del volante

A.2. Simulaciones

Una vez explicados los cálculos, se realizaron las simulaciones. Concretamente se harán dos simulaciones para cada material.

No se han encontrado normativas que regulen volantes para automóviles. Sin embargo, existen empresas que se dedican a ensayar diferentes partes de vehículos.

La empresa DYNA-MESS fabrica máquinas encargadas de realizar ensayos a varios elementos de los automóviles, entre ellos el volante. Las máquinas constan de una prensa que somete a los volantes a una carga axial y una tangencial, mientras se sostiene el volante por el buje central.

La empresa indica que sus máquinas ejercen una fuerza axial inferior a 1 kN.



The image is a screenshot of the DYNA-MESS website. At the top left is the logo 'DYNA-MESS PRÜFSYSTEME'. To the right are flags for Germany, UK, France, Spain, and Italy. Below the logo is a navigation menu with 'CASA', 'PRODUCTOS', 'APLICACIONES', 'NOTICIAS', 'SOBRE NOSOTROS', and 'CONTACTO'. A search bar is on the right. The main content area is divided into two columns. The left column lists application areas: 'Automotor' (with sub-items: Asientos, Volantes, Columnas de dirección, Pedales, Simulación de cambio de marcha, Componentes de caucho / metal, Correas dentadas), 'Elastómeros', 'Médico' (with sub-item: Cuerdas, cadenas y dispositivos de elevación), and 'Ensayo de materiales'. The right column features a section titled 'Prueba del volante' with a gear icon, followed by a paragraph explaining that DYNA-MESS offers machines for fatigue tests on steering wheels. Below this is a section titled 'Prueba de fatiga' with a paragraph explaining the test parameters and a list of directions: axial and tangential. To the right of this list is a photograph of a steering wheel mounted on a test machine.

Ilustración 31 Web Dyna-mess

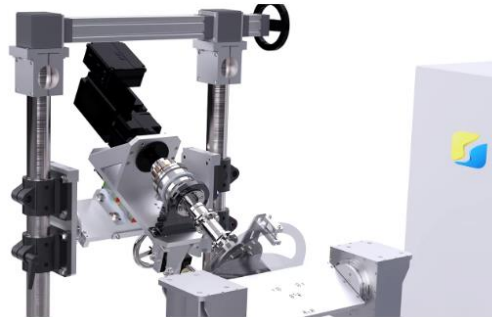
Para saber que fuerza tangencial se debe ejercer se ha escogido otra empresa llamada IPG Automotive.



Ilustración 32 Maquina para ensayar volantes

Tras observar las características de la máquina, se indica por el fabricante que el par máximo capaz de ejercer por la maquina es de 120 Nm. Por otro lado, también se indica la forma de aplicación, este esfuerzo se somete en el radio derecho del volante, fijándolo por el buje central.

Steering wheel actuator



- Peak torque: 120 Nm
- Mean torque: 50 Nm
- Maximum steering wheel velocity: 1800 deg/s

Ilustración 33 Par máximo que es capaz de ejercer

La primera simulación se hizo de la estructura original de magnesio, para conocer cómo se comporta estructuralmente y poder comparar posteriormente los resultados con las simulaciones de los otros materiales.

Simulación de la estructura de magnesio

En un primer lugar se hicieron las simulaciones para la carga axial, para realizarlas el primer paso fue definir tanto el material que se va a utilizar como sus propiedades. Este es una aleación de magnesio específica para el sector automotriz. Se debe recalcar que este material es isotrópico.

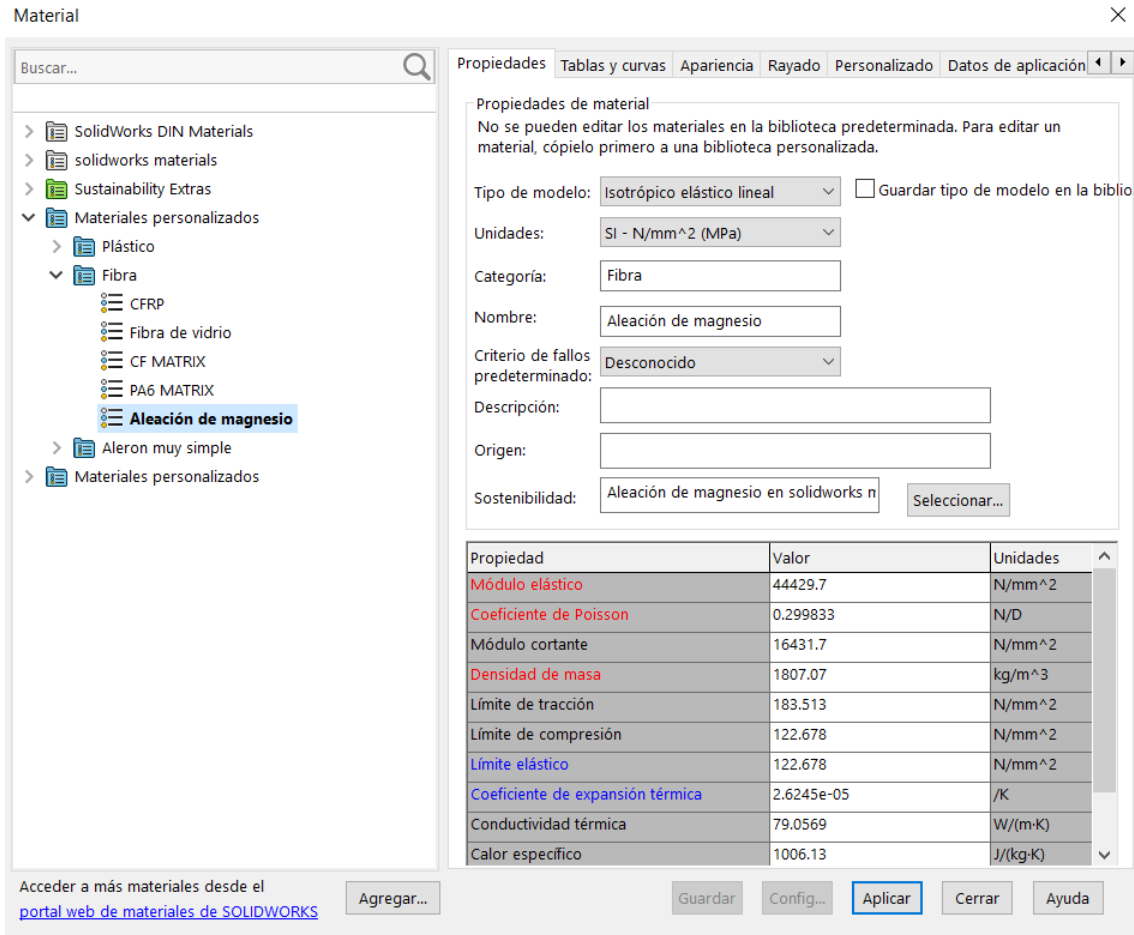


Ilustración 34 Propiedades de la aleación de magnesio

Tras definir el material, se escogieron porque zonas se sujeta el volante, en este caso, el agujero central es para el claxon y la unión se hace por los agujeros por los que pasaran unos tornillos para anclarlo a la dirección.

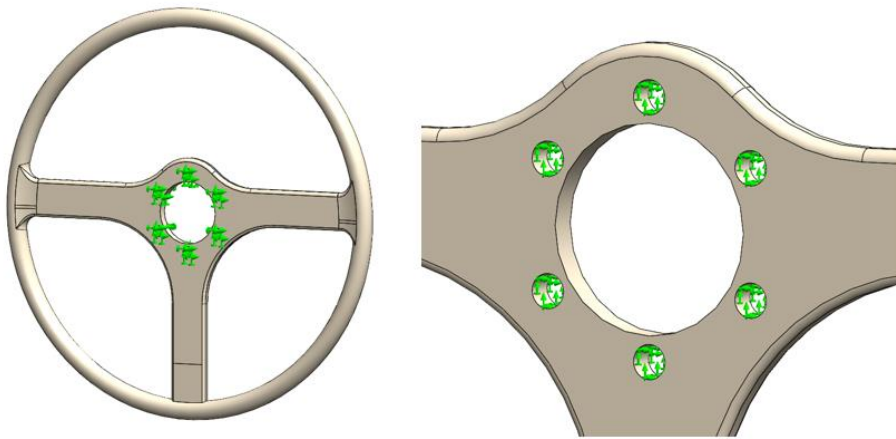


Ilustración 35 Apoyos para la simulación

Simulación de la carga axial con magnesio

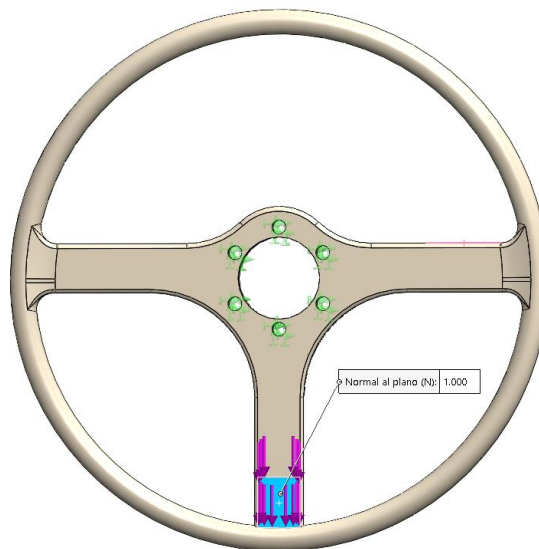


Ilustración 36 Aplicación de la carga axial

Una vez seleccionados los puntos de anclaje se definió donde se aplica la carga. Como se ha explicado anteriormente se puso una carga axial de 1000 N. El último paso fue mallar la pieza, se probaron diferentes calidades de mallado y no se encontraron diferencias notables en los resultados tras probar varios tipos de malla, aun así, se hicieron las simulaciones con la calidad de mallado más alta que permite el software.

Tras definir el tanto el material como las sujeciones, la carga y la calidad del mallado se procede a ejecutar el estudio.

El primer resultado que se muestra son las tensiones de Von Mises. Como se puede observar la zona más afectada la del radio central ya que la fuerza se aplica en la parte inferior de este. La mayor tensión es de 14,9 MPa, esta se encuentra en el agujero inferior del centro. El límite elástico del material es de 123 MPa por lo que se podría decir que la estructura original de magnesio soporta fácilmente la carga.

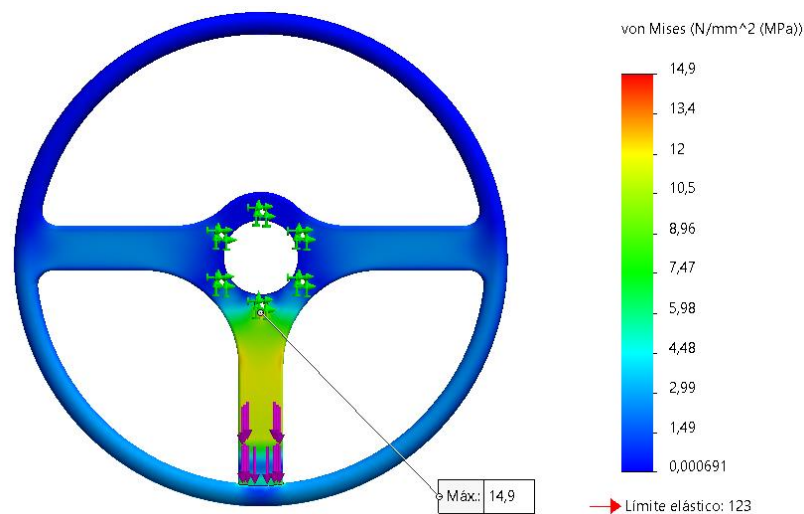


Ilustración 37 Resultados de la tensión Von Mises con la carga axial

En el segundo resultado se puede observar cómo se deforma la pieza, en este caso la mayor deformación es de 0,319 mm y ocurre en la parte inferior del aro.

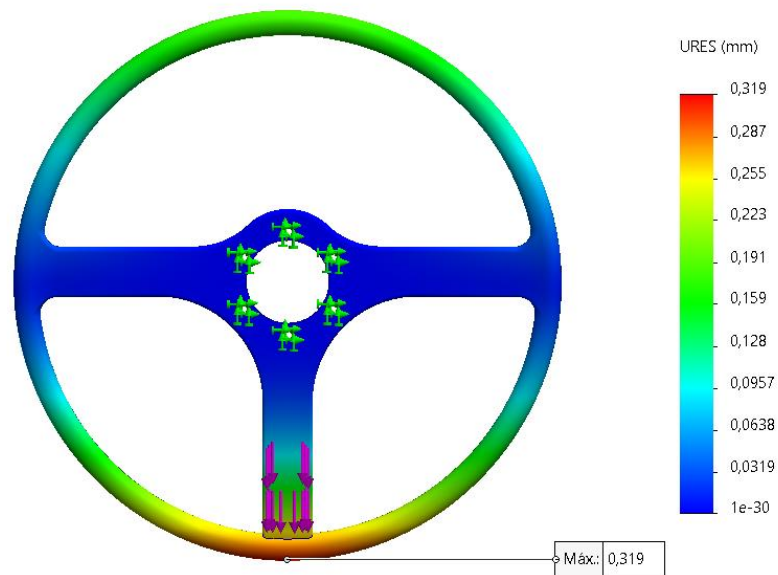


Ilustración 38 Resultados de la deformación con la carga axial

Por último, el tercer resultado muestra el factor de seguridad, este es un coeficiente utilizado en el diseño y análisis de componentes mecánicos para asegurar que el componente puede soportar las cargas aplicadas sin fallar.

Para calcular el factor de seguridad, se compara la resistencia máxima del material con la tensión máxima que se espera que el componente experimente durante su uso. En este caso el factor de seguridad es de 8,21 por lo que el diseño del volante es capaz de soportar el 8,21 la carga aplicada antes de fallar.

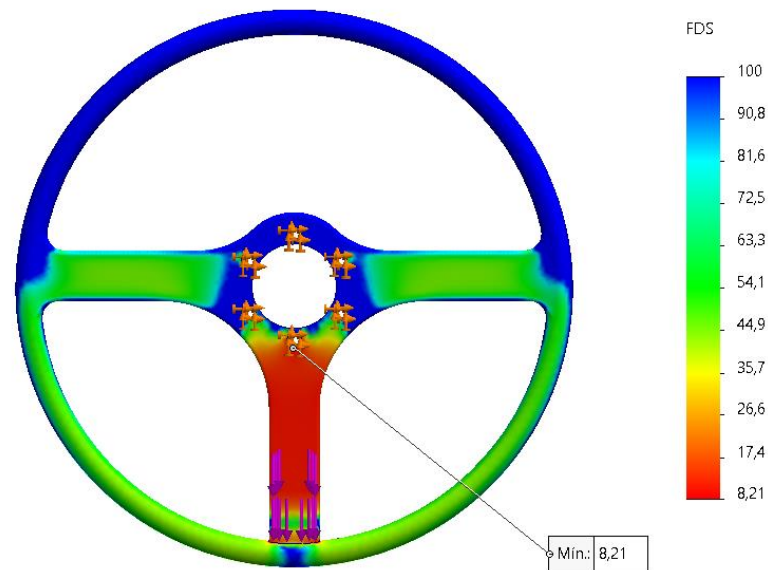


Ilustración 39 Resultados del factor de seguridad con la carga axial

Simulación de la carga tangencial con magnesio

Tras analizar el comportamiento de la estructura de magnesio aplicando la carga axial, se procede a realizar el ensayo con la carga tangencial, como se ha comentado anteriormente la máquina encargada de ejercer la fuerza aplica en un radio del volante 120 Nm.

En el software no se pueden aplicar cargas tangenciales de esta forma, por lo que en los cálculos manuales se calculó cuanta carga vertical se tendría que aplicar para que sea equivalente a 120 Nm, esta fue de 1127 N.

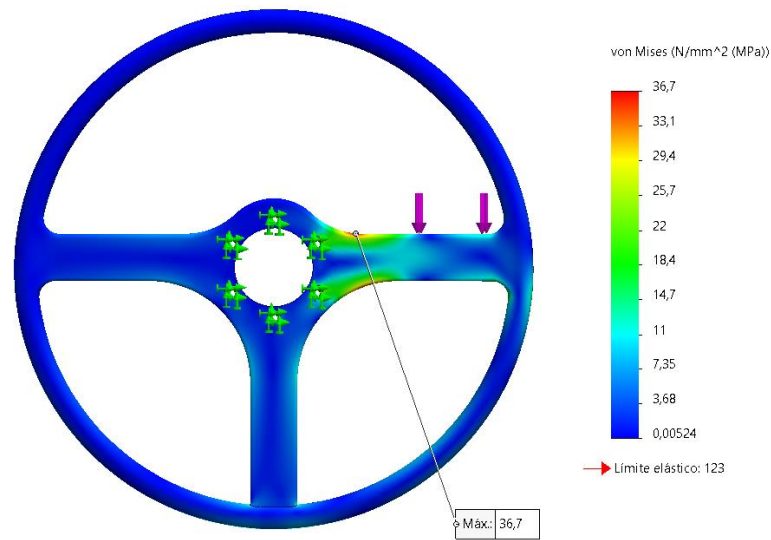


Ilustración 40 Resultados de la tensión Von Mises con la carga tangencial

Una vez definida la carga se procedió a realizar el estudio. El primer resultado muestra la tensión Von mises, en este caso la mayor tensión es de 36,7 MPa y esta aparece al principio del radio.

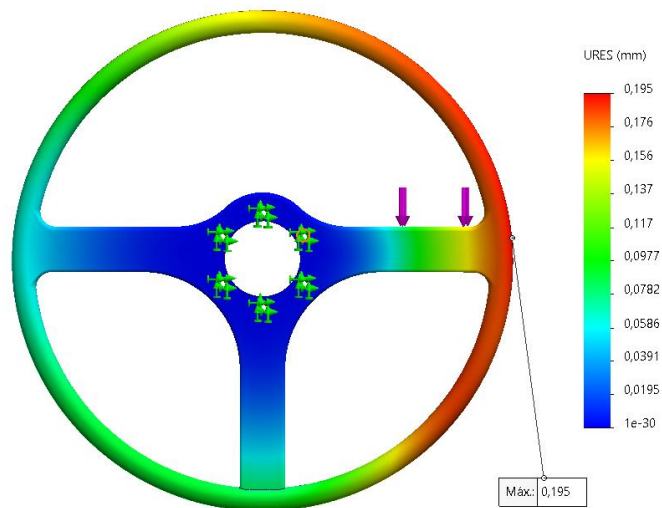


Ilustración 41 Resultados de la deformación con la carga tangencial

El segundo resultado muestra cómo se deforma el volante y la mayor deformación ocurre en la parte derecha del aro exterior, esta es de 0,195 mm.

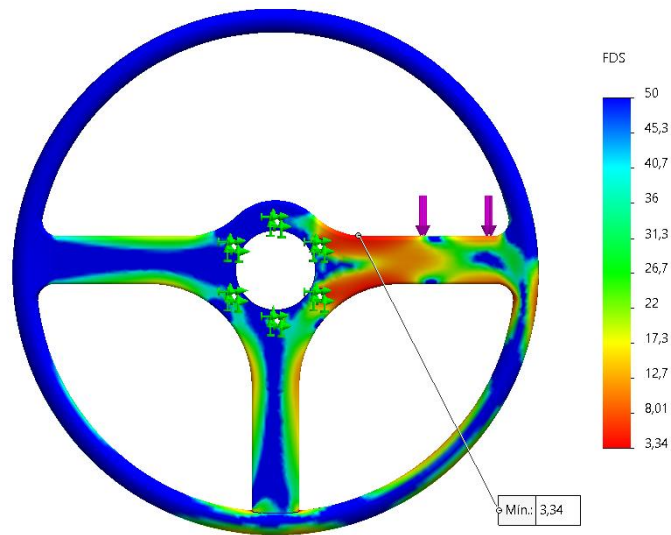


Ilustración 42 Resultados del factor de seguridad con la carga tangencial

Por último, el tercer resultado muestra el factor de seguridad, el cual es menor que cuando se aplica la carga axialmente, este es de 3,34 y gracias a los colores del gráfico se ve como la parte central derecha es la que más sufre y donde se encuentra el factor de seguridad más desfavorable.

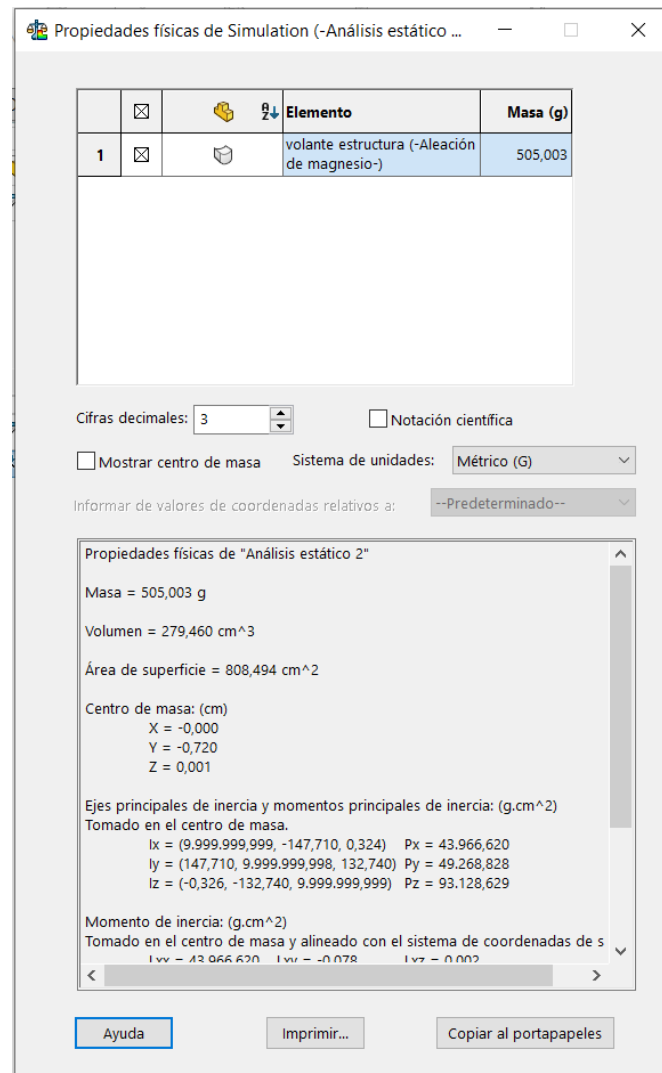


Ilustración 43 Propiedades físicas del volante

El objetivo principal del trabajo es conseguir un rediseño que pese menos, para ello antes de pasar a las simulaciones de las fibras se ha visto cuanto pesa la estructura de magnesio para poder compararlo más tarde.

Gracias a los cálculos manuales y a los datos ofrecidos por el software se pudo comprobar que la estructura pesa 505 g, por otro lado, si se le suma el cuero exterior el volante pesaría 611 g.

Una vez que se conoce como se comporta la estructura de magnesio se procede a simular el rediseño con las fibras que se han presentado anteriormente.

Simulaciones con fibra de yute

El proceso para simular es igual que con la estructura de magnesio, se definen las sujeciones, la carga, se malla... Sin embargo, en la selección del material existen algunas diferencias.

Para ello, el primer paso es decirle al software que el material es ortotrópico (un material es ortotrópico cuando sus propiedades físicas varían a lo largo de tres direcciones ortogonales entre sí), posteriormente se selecciona la opción de definir vaciado por caras seleccionadas y se seleccionan todas las caras del diseño.

Como en el aro exterior no recae ninguna carga directa se han hecho dos disposiciones de fibras distintas. En la parte central se ha dimensionado con más material ya que tiene mayores tensiones y deformaciones y en el aro exterior se ha usado menos material, esto se ha hecho con el fin de reducir material y por tanto que la pieza pese menos.

La disposición del material se hace de la siguiente manera, se van poniendo capas de esta fibra con diferentes ángulos para ir formando un material isotrópico. Un material es isotrópico si sus propiedades mecánicas son las mismas en todas las direcciones. Poco a poco se fueron añadiendo capas y se fue simulando el volante hasta que se consiguió una disposición que soportase las cargas.

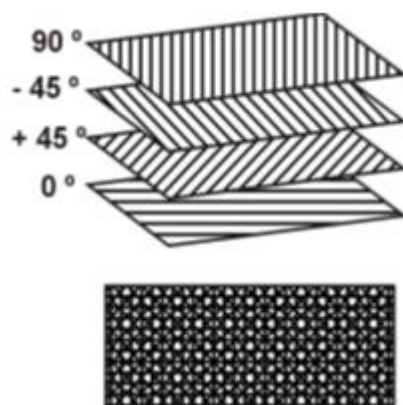


Ilustración 44 Disposición de las capas de fibra

Se utilizaron capas de material de 0,1mm y la disposición de las capas fue la siguiente. La primera capa se puso en un ángulo de 90 °, la siguiente con un ángulo de -45 °, la siguiente con un ángulo de 45 ° y la última con un ángulo de 0 °. Se fue repitiendo este patrón hasta que el volante mostrase buenos resultados en las simulaciones.

Simulación de la carga tangencial con fibra de yute

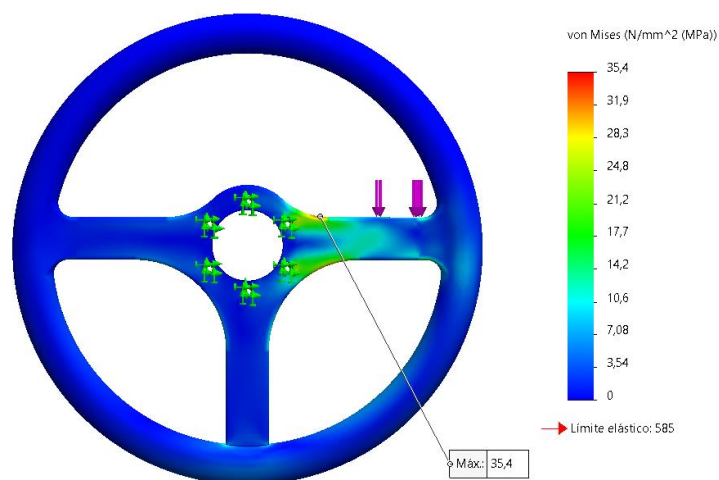


Ilustración 45 Resultados de la tensión Von Mises con la carga tangencial para la fibra de yute

El primer resultado muestra la tensión Von mises la cual tiene su valor máximo de 35,4 en el principio del radio. Muy lejos del límite elástico del material.

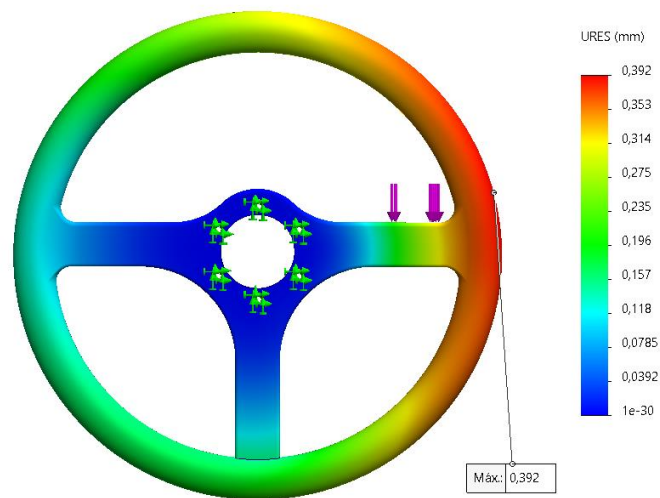


Ilustración 46 Resultados de la deformación con la carga tangencial para la fibra de yute

El segundo resultado muestra la deformación, la máxima deformación ocurre en la parte derecha del aro con un valor de 0,392 mm.

Por último, el tercer resultado muestra el factor de seguridad, para fibras existen tres criterios diferentes para conocer este valor. Estas son las siguientes:

- Criterio de Tsai-Wu
- Criterio de Tsai-Hill
- Criterio de tensión máxima

Para cada carga y material variaba cual era el criterio más desfavorable por lo que se ha sacado el factor de seguridad por los 3 métodos y después se eligió cual tenía el valor mínimo de ellos.

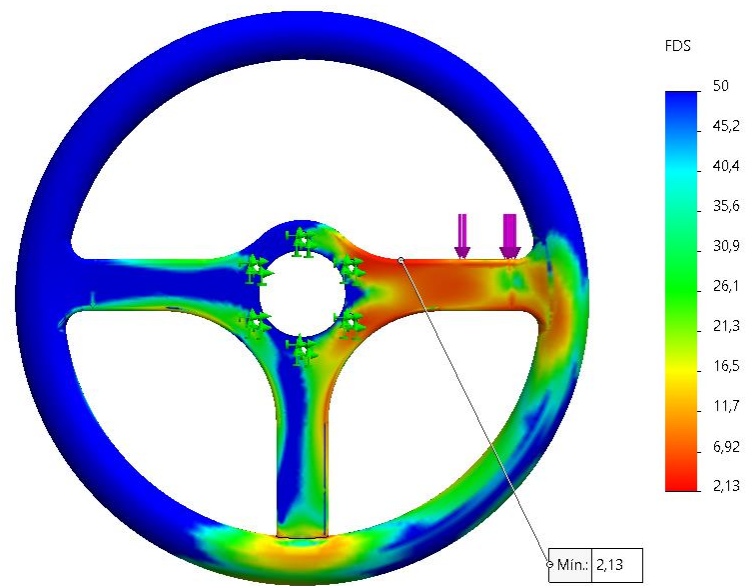


Ilustración 47 Resultados del factor de seguridad Tsai-Wu con la carga tangencial para la fibra de yute

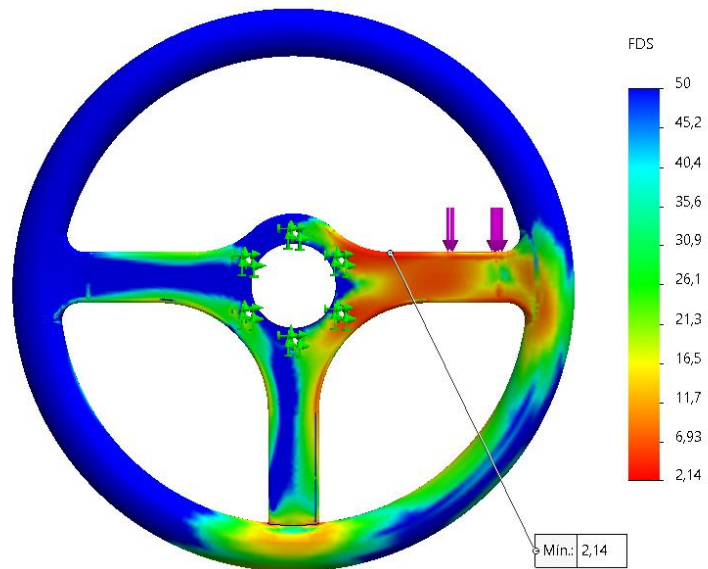


Ilustración 48 Resultados del factor de seguridad Tsai-Hill con la carga tangencial para la fibra de yute

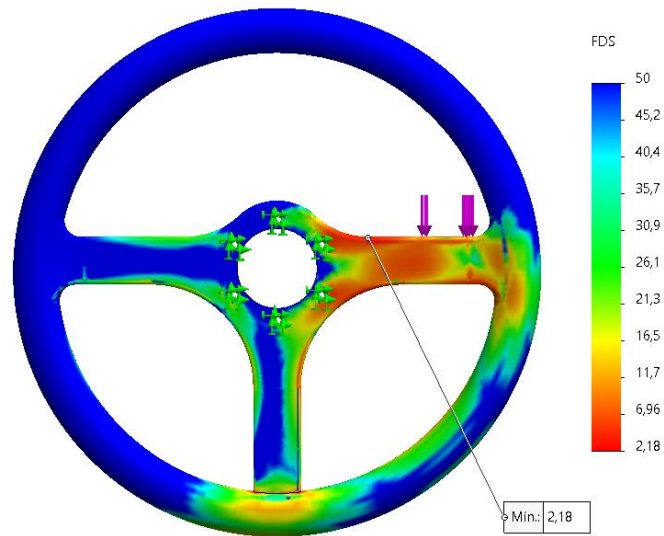


Ilustración 49 Resultados del factor de seguridad T-max con la carga tangencial para la fibra de yute

En este caso el criterio que obtuvo el factor de seguridad más desfavorable fue el de Tsai-Wu con un valor de 2,13. Tras revisar la normativa de homologación los elementos de un vehículo deben tener al menos un factor de seguridad superior a 2. Por lo que con la fibra de yute se podría fabricar este volante.

Una vez aplicada la carga tangencial se volvió a realizar la simulación con las mismas capas de material con la carga axial.

Simulación de la carga axial con fibra de yute

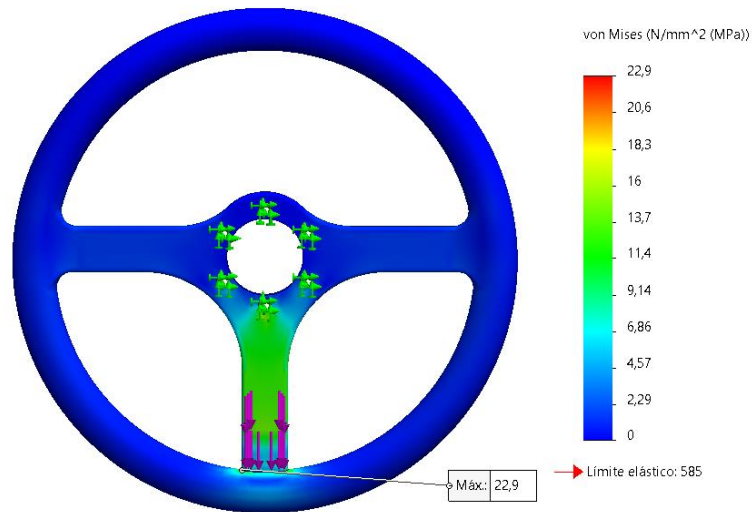


Ilustración 50 Resultados de la tensión Von mises con la carga axial para la fibra de yute

El primer resultado fue la tensión von mises el cual tuvo como valor máximo 22,9 MPa, una tensión menor que la que se obtuvo al simular el volante con la carga tangencial. Este valor máximo ocurrió en el final del radio inferior.

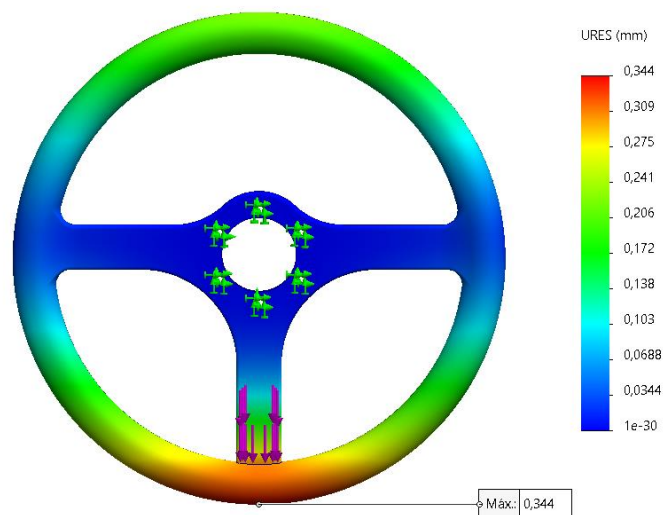


Ilustración 51 Resultados deformación con la carga axial para la fibra de yute

El segundo resultado fue la deformación, la máxima deformación tuvo un valor de 0,344 mm, en la parte inferior del aro exterior.

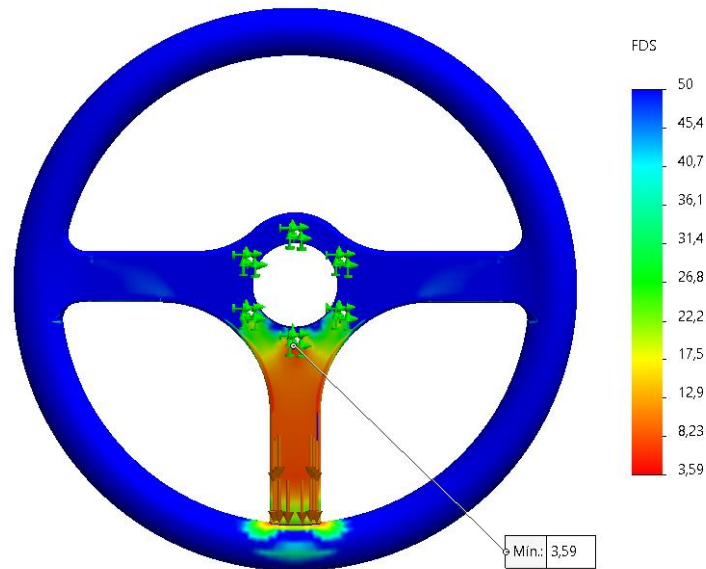


Ilustración 52 Resultados del factor de seguridad Tsai-Wu con la carga axial para la fibra de yute

Por último, el tercer resultado muestra el factor de seguridad, en este caso el más desfavorable fue sacado a partir del criterio de Tsai-Wu con un valor mínimo de 3,59. Este ocurre en el agujero inferior central.

Para conseguir que el volante llegase al factor de seguridad de 2 aplicando la carga tangencial se pusieron 30 capas de material en la parte central con un espesor total en esa parte de 3 mm. En el aro exterior se pusieron 22 capas con un espesor total de 2,2 mm.

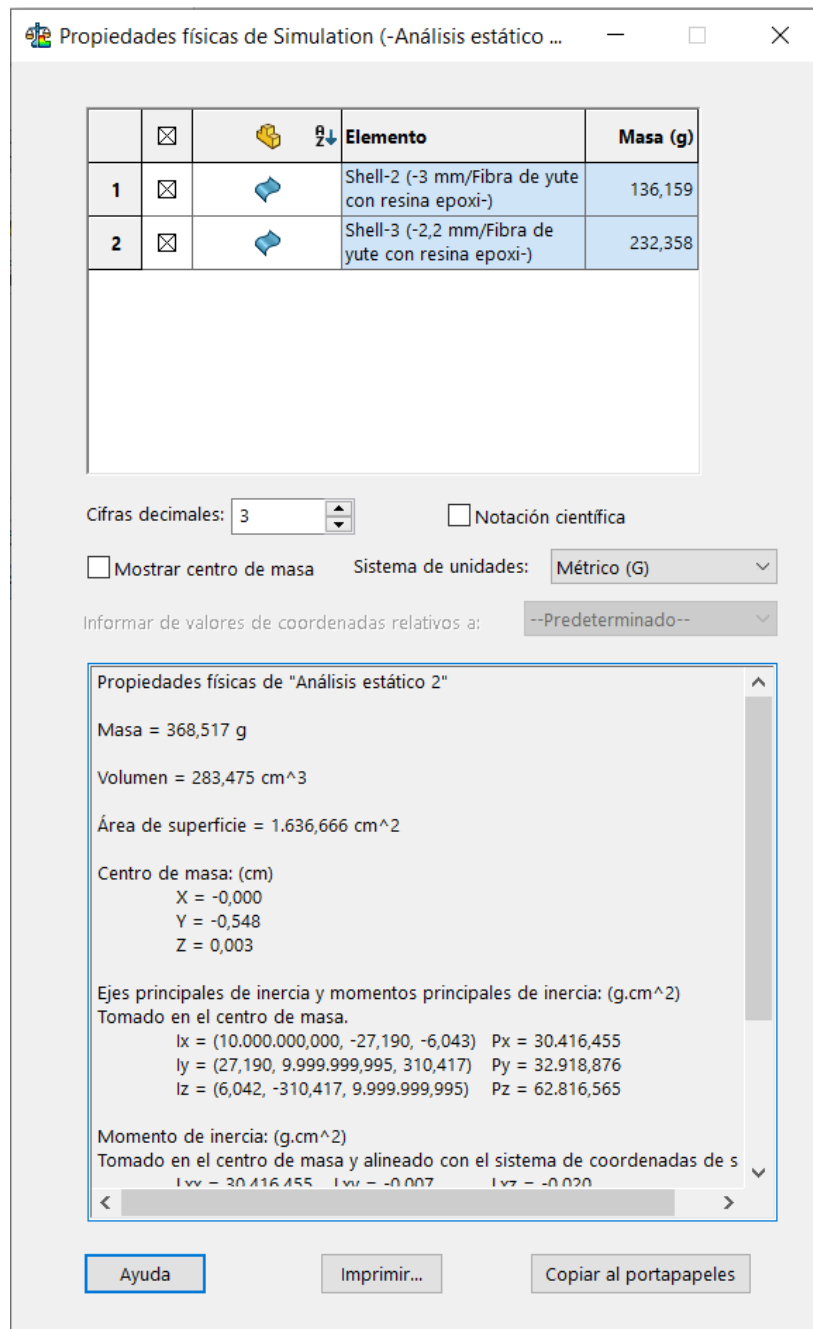


Ilustración 53 Propiedades físicas del volante de fibra de yute

SolidWorks permite ver cuanto pesa la pieza, en este caso el reestyling de fibra de yute con resina epoxi pesa 368,517g consiguiendo una reducción considerable de peso en comparación con el volante original.

Comparación de los resultados de las simulaciones

Tras estudiar los ensayos con la fibra de yute, se realizaron los mismos ensayos con la fibra de bambú y con la fibra de basalto, para no repetir lo mismo para cada material, se ha optado por poner todos los resultados en una tabla y así poder compararlos fácilmente.

En la Tabla 1 se comparan los resultados de la estructura original de magnesio con los resultados obtenidos del reestyling con las diferentes fibras. A su vez se compara con el precio de cada material, para poder decidir cuál es la mejor opción para fabricar el volante.

El precio de las fibras de bambú, basalto y yute varía significativamente dependiendo de diversos factores como la calidad, el proveedor, el país de origen y las cantidades compradas. Navegando por internet se ha visto que el precio de la fibra de bambú oscila entre 5€ y 20€ por kg dependiendo de su calidad y del proveedor.

En el caso de la fibra de basalto es un poco más cara debido a su proceso de producción y sus propiedades especiales, el precio de esta puede oscilar entre 7€ y 15€ por kg. Por último, la fibra de yute es generalmente más económica y puede costar entre 1€ y 4€ por kg, dependiendo de la calidad y de la magnitud del pedido.

Los resultados de las simulaciones que se van a comparar son extraídos del ensayo en el que se aplica la carga tangencial ya que los valores son más desfavorables que cuando se aplica la carga axial. Para los precios se escogió el precio más caro de los vistos por internet.

Tabla 1 Comparación de resultados para los diferentes materiales

Resultados fuerza tangencial	Magnesio	Fibra de yute	Fibra de basalto	Fibra de bambú
Tensión Von Mises (MPa)	36,7	35,4	44,5	51,9
Deformación (mm)	0,195	0,392	0,138	0,758
Factor de seguridad	3,34	2,13	2	1,35
Capas del aro exterior	-	22	26	33
Capas del núcleo	-	30	33	33
Capas totales	-	52	59	66
Peso (g)	505	368	774	613
Precio del material (€/kg)	2,31	4	15	20
Precio por unidad (€)	1,16	1,472	11,61	12,26

El objetivo principal es rebajar el peso del volante utilizando fibras naturales. En el caso de la fibra de basalto se consiguió llegar al factor de seguridad de 2 con 59 capas de material, 33 en la parte central y 26 en el aro exterior. Al ser un material más denso, el peso del volante es el más alto de todos los casos.

En el caso de la fibra de bambú tras poner el máximo de capas que permitía el diseño (33 en la parte central y 33 en el aro, 66 en total) no se consiguió llegar al factor mínimo de seguridad para poder homologar el reestyling, por lo que no sería un buen material para realizar el volante.

Sin embargo, al colocar la fibra de yute fue sencillo lograr el objetivo, tras poner 52 capas totales de material, se consiguió llegar a un valor de 2,13 de factor de seguridad. Tanto la tensión Von mises como la deformación obtuvieron buenos resultados, es la fibra que menos densidad tiene por lo que al utilizar menos capas que en el resto, se consiguió un peso inferior a la estructura original de magnesio, sin contar el cuero exterior. Por último, de las 3 fibras es la más barata.

Por lo que una vez comparados los resultados de los materiales simulados se ha llegado a la clara conclusión de que la fibra de yute con resina epoxi es mejor combinación para llevar a cabo el reestyling.

A.3. Proceso de fabricación

Una vez elegido el material con el que se va a hacer el reestyling del volante se debe establecer el proceso por el que se va a fabricar.

Como las fibras naturales presentan una compleja procesabilidad, se reduce el número de procesos por los que se podría llevar a cabo del diseño. En la mayoría de los procesos se requiere trabajo manual. Un aspecto para tener en cuenta es el volumen de fabricación deseado, en este caso no se desea fabricar muchas unidades ya que a día de hoy quedan muy pocas unidades del Ferrari f40.

Teniendo en cuenta las necesidades requeridas para el volante se realizó una búsqueda de procesos por los que se podría fabricar el reestyling. Tras compararlos se eligió el moldeado por preimpregnado de vejiga.

Moldeado por preimpregnado de vejiga

El moldeo por preimpregnado de vejiga, conocido en inglés como "bladder molding with prepreg," es una técnica utilizada en la fabricación de piezas compuestas, ideal para obtener componentes con formas complejas y propiedades mecánicas excelentes. Este proceso se emplea comúnmente en industrias como la aeroespacial, automotriz y de deportes de alto rendimiento.

El proceso comienza con la preparación del material, donde se utiliza un material compuesto preimpregnado (prepreg), este compuesto consiste capas de fibra con resina ya aplicada. Posteriormente, se preparan los moldes rígidos que darán forma a la pieza final y una vejiga flexible que se inflará durante el proceso.

A continuación, se procede a la colocación del prepreg en el molde. Las capas de prepreg se cortan y se posicionan cuidadosamente dentro del molde rígido. La orientación de las fibras y la secuencia de las capas se planifican meticulosamente para asegurar las propiedades mecánicas deseadas en la pieza final.

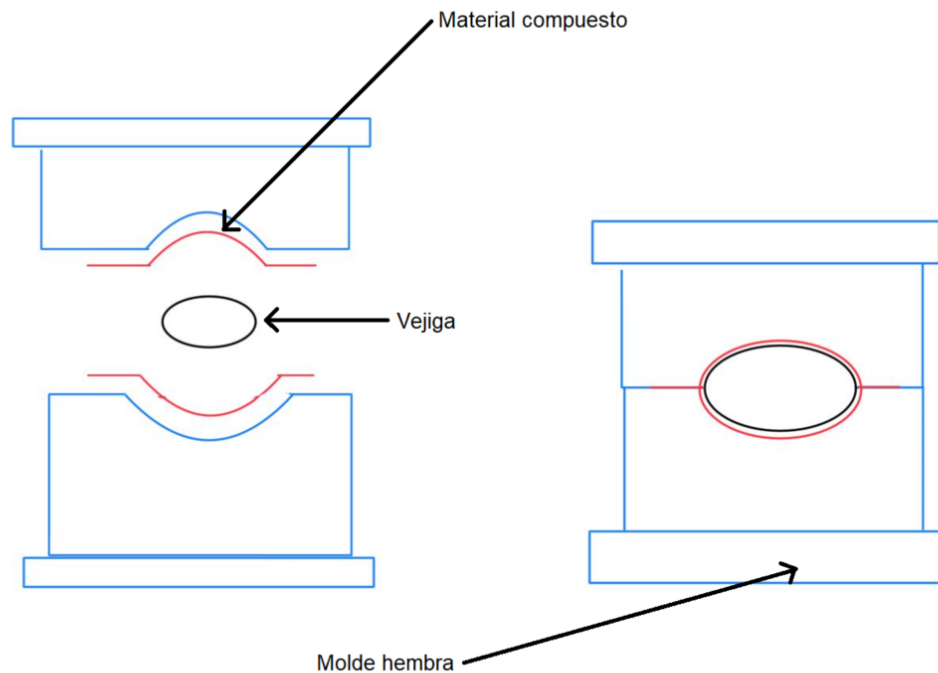


Ilustración 54 Ejemplo del moldeo por preimpregnado de vejiga

Una vez que el prepreg está en su lugar, se inserta una vejiga flexible dentro del material compuesto. Esta vejiga, generalmente es de goma o silicona, está diseñada para inflarse y aplicar presión desde el interior de la pieza. Posteriormente, el molde se cierra herméticamente alrededor del prepreg y la vejiga, asegurando un ajuste preciso y sin fugas.

El siguiente paso es el inflado de la vejiga. Utilizando aire, gas inerte o incluso agua, la vejiga se infla dentro del molde. Al hacerlo, se aplica presión uniformemente sobre el prepreg, obligándolo a adoptar la forma del molde y garantizando el prensado de las capas de material compuesto sin huecos.

Con la vejiga inflada y la presión aplicada, el molde se somete a un proceso de curado. El molde se coloca en un horno o autoclave donde se aplican temperatura y presión controladas. Este ambiente activa la resina del prepreg, endureciéndola y fijando la forma de la pieza. Durante el curado, la vejiga sigue inflada, asegurando una consolidación adecuada del material compuesto y eliminando posibles burbujas de aire.

Una vez completado el curado, el molde se abre y la vejiga se desinfla. La pieza curada se retira del molde en el paso de desmoldeo. En este punto, la pieza puede requerir algunos acabados, como el recorte de bordes o el alisado de superficies, para alcanzar las especificaciones exactas

Finalmente, la pieza pasa por una inspección y acabado. Se verifica que la pieza cumpla con los estándares de calidad y las especificaciones requeridas. Si es necesario, se realizan acabados adicionales, como la aplicación de recubrimientos protectores o pintura.

El moldeo por preimpregnado de vejiga permite la fabricación de piezas compuestas de alta calidad, con excelente precisión y propiedades mecánicas optimizadas, siendo una tecnología esencial para diversas aplicaciones industriales avanzadas.

Como se ha comentado anteriormente es el método más utilizado para fabricar cuadros de fibra de carbono para bicicletas o motos, para fabricar barras antivuelco de coches de competición o para fabricar raquetas de tenis.



Ilustración 55 Ejemplos de diseños hechos con bladder molding

Alguna de las ventajas de este proceso es que se tiene un control preciso de las tolerancias a la vez que un excelente acabado. Por otro lado, el ciclo de cocción es corto y la vejiga y molde son reutilizables.

Con este método se pueden obtener piezas de geometrías complejas aportando una rigidez estructural muy alta. Sin embargo, es un proceso bastante manual ya que una vez sacada la pieza del molde se requiere un proceso de lijado de imperfecciones.

A.4. Estudio económico

Tras seleccionar el proceso más adecuado para fabricar el reestyling, se procede a explicar el estudio económico del volante.

Antes de comenzar con la explicación, se deben indicar algunas hipótesis que se van a tener en cuenta. La primera hipótesis es que se dispone de un local y la maquinaria necesaria para la fabricación del diseño. Se podría asumir que alguna empresa dedicada a la fabricación de volantes esté interesada en implementar en su catálogo el reestyling del Ferrari f40.

A continuación, se indican los costes de diseño, de los moldes, del material, energéticos, y el de la mano de obra, que en este caso es alto ya que gran parte del proceso es manual.

Es importante tener en cuenta que los siguientes costes son aproximados, ya que algunos de los valores utilizados para los cálculos se han estimado basándose en comparaciones con productos similares y por tanto la obtención de cifras precisas es muy complicada.

Coste de material

El primer coste para tener en cuenta es el del material, C_1 , se tiene una producción de una pieza con una masa (m), afectada por un factor de desperdicio (f), se podría calcular con la siguiente fórmula.

$$C = \frac{m * C_m}{(1 - f)}$$

Ecuación 12 Fórmula del coste de material

Anteriormente en la selección del material se escogió por sus optimas propiedades la fibra de yute con resina epoxi, sin embargo, para el método seleccionado para la fabricación del volante se necesita un prepeg.

Al ser un material compuesto natural no se han encontrado precios de prepeg de fibra de yute, sin embargo, se puede hacer una estimación comparando la diferencia de precio entre la fibra de carbono y el prepeg de fibra de carbono.

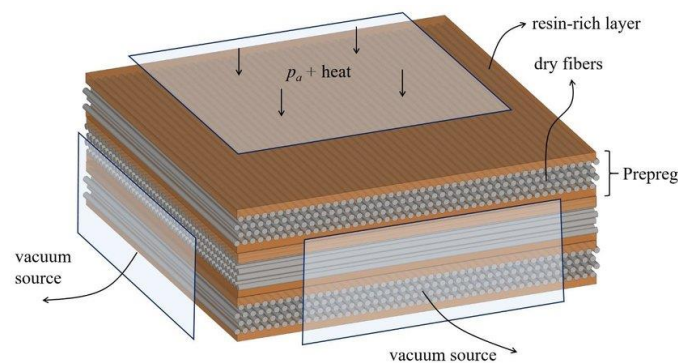


Ilustración 56 Ejemplo de disposición de un prepeg

La fibra de carbono tiene un coste desde 20 a 40 €/kg, sin embargo, el prepeg de fibra de carbono cuesta entre 50 y 100 €/kg. Esto supone un incremento de casi el doble de precio entre la propia fibra y el prepeg. Por lo que se puede asumir que el prepeg de fibra de yute costará aproximadamente el doble que la propia fibra.

Anteriormente, en la comparación de las propiedades de los materiales, se estimó un precio de la fibra de yute de 4 €/kg por lo que se supone que el prepeg costaría unos 8 €/kg.

Se utilizará un factor de desperdicio de material de 0,2, ya que se asume que se intentará desperdiciar el menor material posible durante el proceso de fabricación.

Teniendo en cuenta que el peso del volante con la fibra de yute era de 368 g se introducen los valores en la ecuación anterior, dando como resultado el coste del material:

$$C_1 = \frac{m * C_m}{(1 - f)} = \frac{0,368 * 8}{(1 - 0,2)} = 3,68 \text{ €}$$

Ecuación 13 Cálculo del coste de material

Coste de diseño y simulación

En primer lugar, se aproxima el coste de diseño del volante y de los moldes, ya que este podría variar por diversos factores, como imprevistos, cambios en el proceso de producción etc. Se ha supuesto que es el mismo ingeniero el que realiza las simulaciones anteriores.

Para calcular el coste de diseño y de simulación se debe tener en cuenta el coste por hora del ingeniero que se encargue de hacer el diseño y las horas totales que tarde en efectuar el diseño del molde [15].

Tras investigar se ha comprobado que el salario promedio de los ingenieros mecánicos en España es de 28.500 € al año, lo que se podría traducir a 14,62 €/h. Se ha supuesto que se tardaron 4 días en realizar el diseño del molde, es decir 32 horas laborables.

Por lo que conociendo todos los datos necesarios se procede a calcular el coste del diseño y de simulación.

$$C_2 = \frac{C}{t} * t = 32 * 14,62 = 467,84 \text{ €}$$

Ecuación 14 Cálculo del coste de diseño y simulación

Coste del molde

Una vez calculado el coste de diseño y simulación, se debe calcular el coste del material del molde y el coste del mecanizado de este.

El material para el molde debe ser bastante resistente a la corrosión, ya que estará en contacto con productos químicos que pueden deteriorarlo, además debe tener un buen mecanizado para conseguir la forma de la pieza deseada.

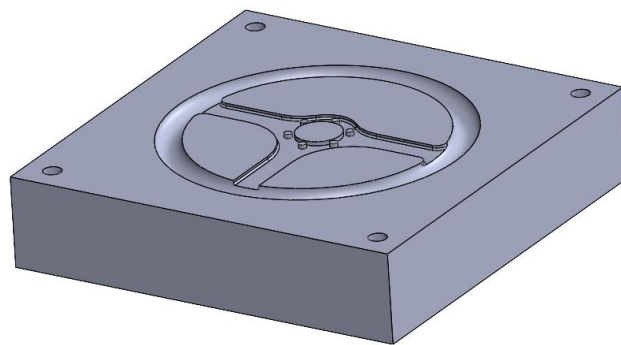


Ilustración 57 Molde del reestyling

Por ello se ha escogido el Acero inoxidable debido a que encaja perfectamente con las necesidades para el molde. El coste del acero inoxidable se ha extraído del software Ces Edupack, este es de 5 €/Kg y la tarifa del taller para la fabricación es de 30 €/h.

Dado que cada parte del molde mide 40 cm x 40 cm x 10 cm, primero se calculará el volumen y luego el peso del acero necesario.

$$V = 0,4 * 0,4 * 0,4 = 0,016 \text{ m}^3$$

Ecuación 15 Cálculo del volumen del molde

La densidad del acero inoxidable es de aproximadamente 8000 kg/m³ por lo que teniendo un volumen de 0,016 m³ se puede calcular el peso:

$$P = d * V = 128 \text{ kg}$$

Ecuación 16 Cálculo del peso del molde

Conociendo el coste del material y su peso, se calcula el precio:

$$C = P * \frac{C}{P} = 128 \times 5 = 640 \text{ €}$$

Ecuación 17 Cálculo del coste del molde

Una vez conocido el coste del material que se tiene que utilizar para el molde se debe conocer el precio de la fabricación de este. Para determinar el coste de la mano de obra, se estima un tiempo total de fabricación de 50 horas.

$$C = t * \frac{C}{t} = 50 \times 30 = 1500 \text{ €}$$

Ecuación 18 Cálculo del coste de fabricación del molde

Tras calcular el coste de fabricación se puede saber el coste total del molde, como este consta de dos partes simétricas se duplicará el precio total:

$$C_3 = (640 + 1500) * 2 = 4280 \text{ €}$$

Ecuación 19 Cálculo del coste total del molde

Coste de la vejiga

Encontrar información sobre las vejigas no ha sido tarea fácil, tras investigar se ha visto que el coste de una vejiga puede variar significativamente dependiendo de varios factores, como el material, el tamaño y las especificaciones requeridas.

Las vejigas se fabrican con materiales flexibles y duraderos como el látex, la silicona o el poliuretano, sin embargo, la silicona es el material más utilizado en aplicaciones que requieran un diseño complejo debido a su resistencia a altas temperaturas y durabilidad.

El precio de las vejigas de silicona oscila entre 50 € y 150 € cada una. Se escogerá el precio más alto ya que esta deberá tener unas dimensiones específicas para garantizar un buen desempeño en el molde del volante.

Como solo se necesitará una vejiga para el reestyling el cálculo es rápido.

$$C_4 = 1 * 150 = 150 \text{ €}$$

Ecuación 20 Cálculo del coste de la vejiga

Coste energético

Para saber el coste energético del proceso de fabricación se deben conocer los tiempos de trabajo de la maquina

Tabla 2 Tiempos de trabajo de la máquina

Proceso	Cierre del molde	Inyección del aire	Curado de resina
Tiempo	15s	10s	3600s

Una vez conocido el tiempo que tarda cada maquina en efectuar su trabajo se procede a estimar el consumo energético de estas.

Tabla 3 Consumo energético de las máquinas

Máquina	Prensa	Inyectora	Horno
Potencia	7.5 KWh	1 KWh	3 KWh
Consumo/ciclo	0.03125 KW	0.00277 KW	3 KW

Actualmente el precio medio de la luz en España es de 0,1506 €/kWh por lo que conociendo los gastos energéticos de cada maquina se procede a calcular el coste

$$C_5 = C * E * t = 0,1506 * 11,5 * 1.006 = 1.74 \text{ €}$$

Ecuación 21 Cálculo del coste energético

Coste de la mano de obra

Debido a que el proceso de posicionar el prepeg de fibra de yute en el molde tiene una complejidad alta, se debe hacer de manera manual. Por ello se contratará a una persona que se dedique a ello.

Actualmente el salario mínimo es de 8,28 €/h, se estima que el operario tarda dos horas en pegar el prepeg y supervisar la inyección y curado por lo que:

$$C_6 = \frac{C}{t} * t = 8,28 * 2 = 15,56 \text{ €}$$

Ecuación 22 Cálculo del coste de la mano de obra

Coste total

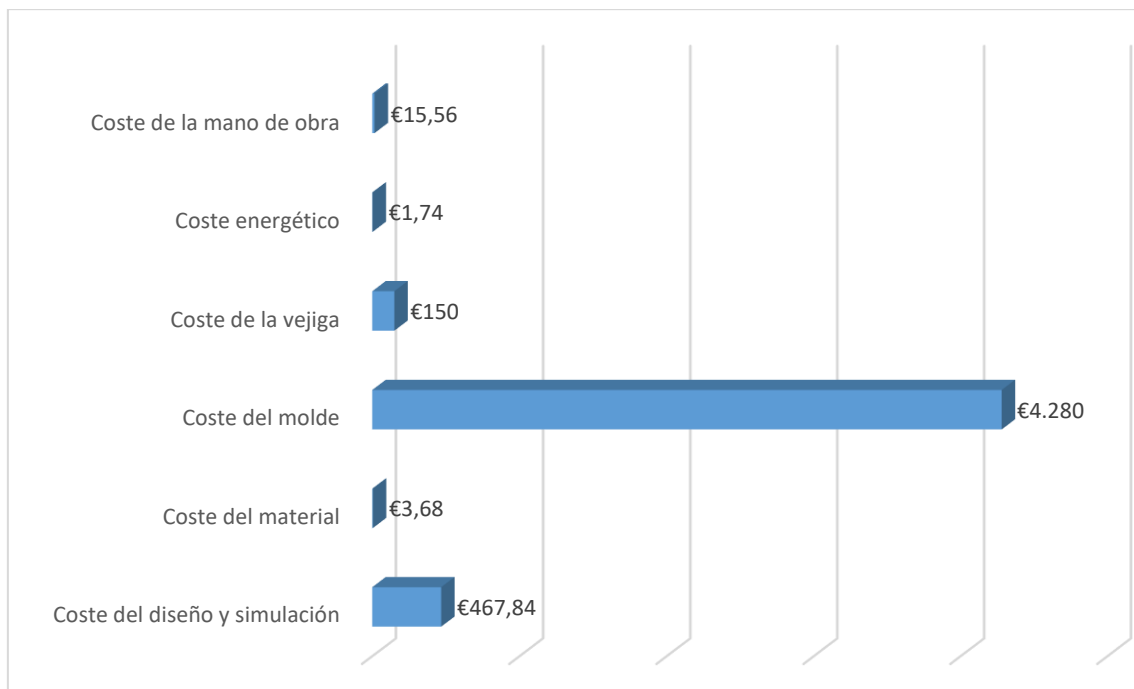
Para conocer el coste total solamente hay que sumar todos los costes anteriormente calculados.

$$C_t = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6 = 4918,82 \text{ €}$$

Ecuación 23 Cálculo del coste total del volante

En el siguiente gráfico se ve representada la proporción de cada coste en el presupuesto total.

Tabla 4 Comparación de los costes



Este estudio económico se ha hecho para un solo volante. Se ha de aclarar que este coste es alto debido a que se ha tenido que fabricar el molde específicamente para el reestyling, lo que encarece el presupuesto.

Este no es un caso real, ya que, al tener el molde hecho, se suele aprovechar para hacer más unidades. Por ello se va a realizar un estudio que refleja como varía el coste total dependiendo de cuantas unidades se quieran fabricar.

Se va a realizar el estudio para un pedido de 5, 10, 25 y 100 unidades. Esto se calculará multiplicando los costes variables por el número de unidades, como son el coste de mano de obra, coste energético y el coste del material. Sin embargo, como ya se tiene hecho el molde y la vejiga, se le sumara al coste final.

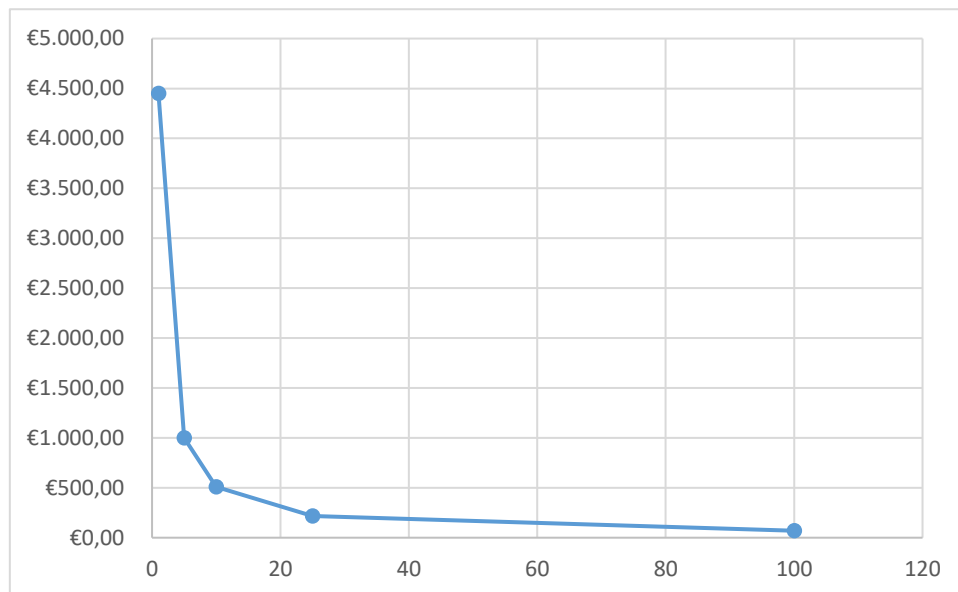
Para una mejor comparación de los resultados se ha realizado la siguiente tabla.

Tabla 5 Variación del coste por unidad

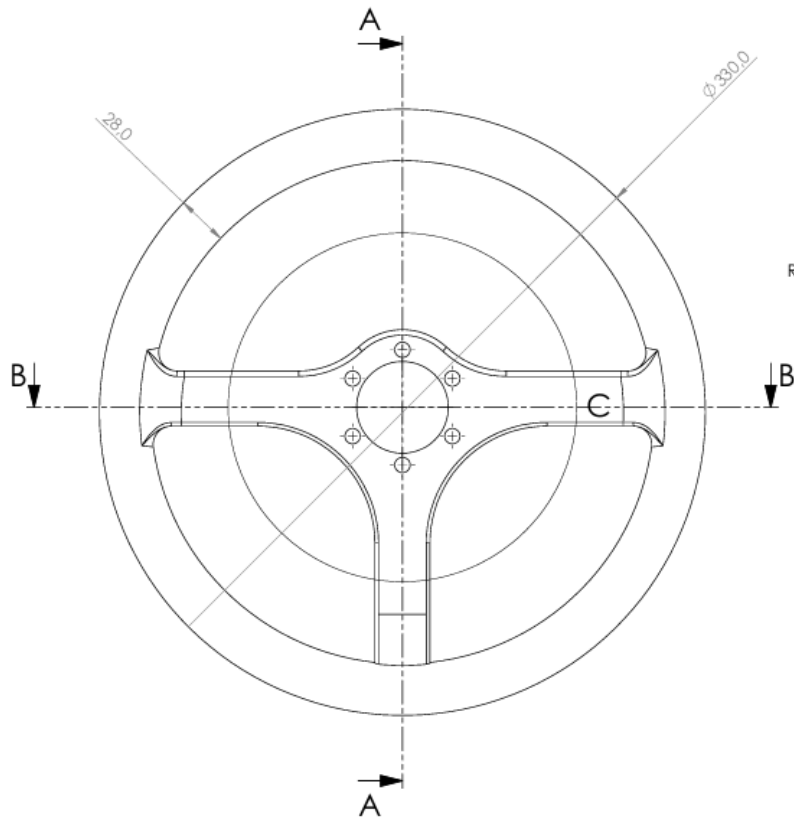
Unidades	Coste total	Coste por unidad
1	4.918,82 €	4.450,98 €
5	5.002,74 €	1.000,55 €
10	5.107,64 €	510,76 €
25	5.422,34 €	216,89 €
100	6.995,84 €	69,96 €

Como se puede observar el coste total no varía en exceso, sin embargo, a medida que se fabrican más unidades el coste por unidad disminuye drásticamente. Se ha representado la variación del coste en la siguiente gráfica.

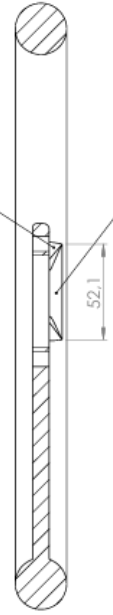
Tabla 6 Representación del coste por unidad



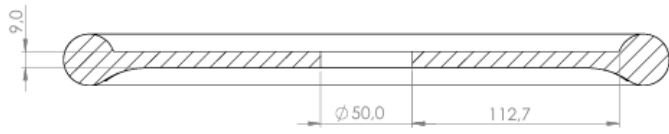
III. Planos



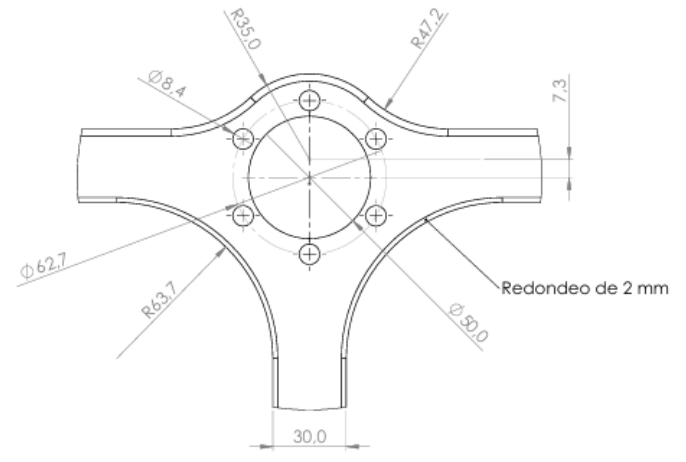
Redondeo de 10 mm Redondeo de 40 mm



SECCIÓN A-A



SECCIÓN B-B



DETALLE C
ESCALA 1 : 1.5

		Si no se indica contrario las cotas se expresan en mm. Tolerancias generales: dimensiones según ISO 2768-m Desviaciones respecto al valor nominal:		NOMBRE: Pablo Nuin Yagüe FECHA:	
DIBUJADO: REVISADO: COMPROBADO:		TRATAMIENTO TÉRMICO: -		DESCRIPCIÓN: Cálculo y rediseño de un volante hecho a partir de materiales compuestos naturales	
MÁS DE: 0.5 3 4 30 120 480 1000 2000 HASTA: 3 4 30 120 480 1000 2000 4000 TOLERANCIA: ±0.1 ±0.1 ±0.2 ±0.3 ±0.5 ±0.8 ±1.2 ±2.0		TRATAMIENTO SUPERFICIAL: -		N.º DE DIBUJO: Plano 1	
REFERENCIA COMERCIAL: -		MATERIAL: -		ESCALA: 1:2	
GRADO DE INGENIERÍA MECÁNICA		PESO: 348 g		CANTIDAD: 1	

IV. Pliego de condiciones

Definición y alcance del pliego de condiciones

Se describe de forma general el objetivo y el alcance del presente proyecto, y se establecen las condiciones que se llevarán a cabo, a su vez se describen las características técnicas y generales del volante.

Objetivo

El presente TFG pretende desarrollar el diseño de un volante hecho a partir de materiales compuestos naturales, empleando todas las herramientas necesarias y conocimientos para lograr un buen diseño, enfocado en mejorar la sostenibilidad y el rendimiento del producto final.

El objetivo es conseguir una reducción de peso del rediseño respecto al diseño original empleando un material compuesto natural. Además de reducir peso se garantiza una excelente resistencia a esfuerzos sobrepasando el Factor mínimo de seguridad en el sector automovilístico.

Normativas y estándares.

En el diseño y fabricación de volantes de coche, se deben cumplir diversas normativas y estándares que aseguren la seguridad, funcionalidad y calidad del producto.

Normativas aplicables:

SAE J1140 - Steering Wheel and Column Assembly Test Procedure:

Esta norma establece procedimientos de prueba para evaluar la resistencia y durabilidad de los volantes y columnas de dirección. Incluye pruebas de impacto, torsión y fatiga. Asegura que los volantes sean capaces de resistir las cargas y condiciones que se encuentran durante el uso normal y en situaciones de colisión.

UNE-EN ISO 13077:2011 - Road Vehicles - Steering Equipment - Column Strength Test Methods:

Establece métodos de prueba para evaluar la resistencia de las columnas de dirección, incluyendo los volantes, bajo diversas cargas. Verifica que la columna de dirección y el volante puedan soportar cargas extremas sin fallar.

Reglamento (UE) 2018/858 del Parlamento Europeo y del Consejo:

Regula la homologación y vigilancia del mercado de los vehículos de motor y sus componentes, incluyendo los sistemas de dirección y volantes. Asegura que los volantes cumplan con los requisitos de seguridad antes de ser comercializados en la Unión Europea.

ISO 9001 - Sistemas de Gestión de la Calidad:

Proporciona los requisitos para un sistema de gestión de calidad efectivo. Asegura que el proceso de diseño y fabricación de los volantes siga procedimientos de calidad estandarizados.

ISO 14001 - Sistemas de Gestión Ambiental:

Establece los criterios para un sistema de gestión ambiental efectivo. Promueve prácticas sostenibles y ambientalmente responsables en la fabricación de volantes.

Condiciones particulares

Se describen todas las características técnicas, económicas y legales que se deberán llevar a cabo a lo largo del proyecto, dichas condiciones quedan acordadas previamente con el ingeniero encargado de dirigir el proyecto.

Requisitos de pruebas

Se realizará mediante un software estilo CAD que permita la realización de ensayos.

Para la homologación de un volante se requiere hacer dos ensayos o simulaciones. Uno que someta al diseño a una carga axial y otro que someta al diseño a una carga tangencial.

Para ello se fija el volante, se aplica la fuerza pertinente y se va modificando el espesor del material hasta que cumpla. Si en ambos casos el diseño supera el FDS mínimo se podrá homologar.

Condiciones económicas

En el estudio previo de proyectos de este tipo es imprescindible establecer un acuerdo económico entre el contratista y el ingeniero, donde se engloba el precio acordado por todo el proyecto, marcar la forma de pago y los tiempos.

En cuanto al presupuesto, el ingeniero realiza un estudio económico para poder realizar la propuesta al contratista. En dicho estudio económico se deberá tener en cuenta los costes del diseño, los costes de fabricación y los costes de material.

Una vez que se calcula el presupuesto total se le tiene que aplicar la tasa imponible del 21% (I.V.A). En caso de que el contratista apruebe el presupuesto solo se necesitaría conocer el metodo de pago y los tiempos marcados.

Para el presente proyecto se le exige al contratista un 50% del presupuesto total antes de comenzar el proyecto, un 30% cuando el volante ya se haya fabricado y un 20% pasados 30 días de prueba.

En caso de que el contratista quiera abandonar el proyecto, tendrá que pagar todos los gastos hasta el momento y abonar un 12% del presupuesto total por penalización.

Condiciones legales

El ingeniero junto al contratista debe firmar un contrato donde quede reflejada toda la información necesaria sobre la legalidad de este proyecto, así como los contratos de los trabajadores e indemnizaciones en caso de accidente de trabajo. El volante tendrá una garantía de 2 años, en caso de defecto de fábrica el contratista tendrá derecho de exigir una reparación o sustitución.

V. Imágenes adicionales

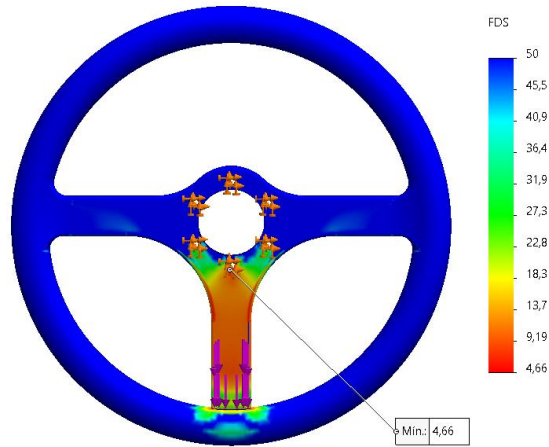


Ilustración 58 Resultados del factor de seguridad T-max con la carga axial para la fibra de yute

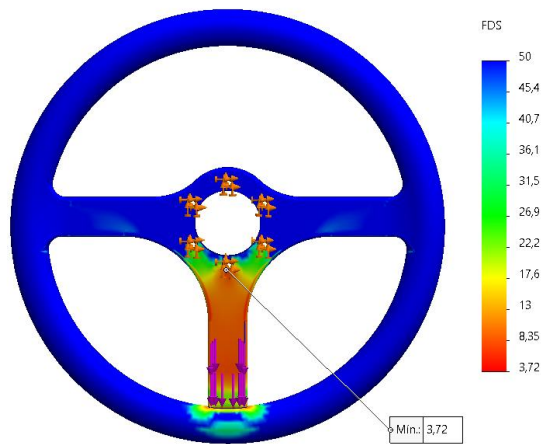


Ilustración 59 Resultados del factor de seguridad Tsai-Hill con la carga axial para la fibra de yute

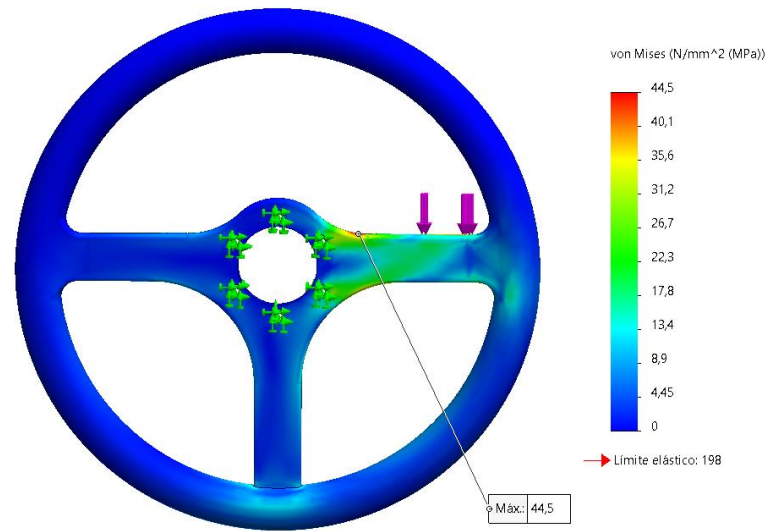


Ilustración 60 Resultados de la tensión Von Mises con la carga tangencial para la fibra de basalto

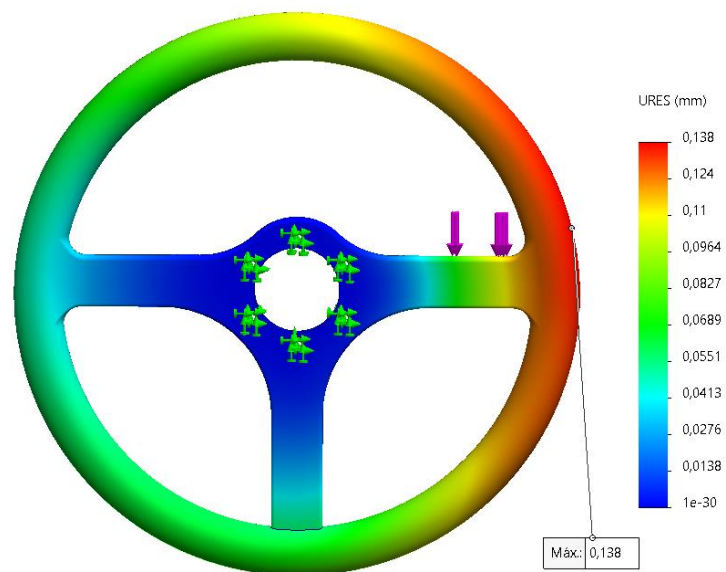


Ilustración 61 Resultados de la deformación con la carga tangencial para la fibra de basalto

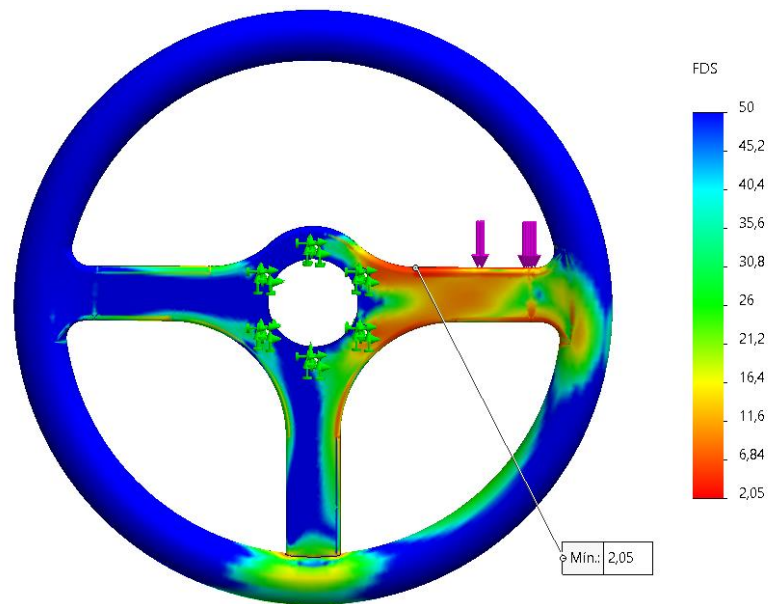


Ilustración 62 Resultados del factor de seguridad Tsai-Hill con carga tangencial para la fibra de basalto

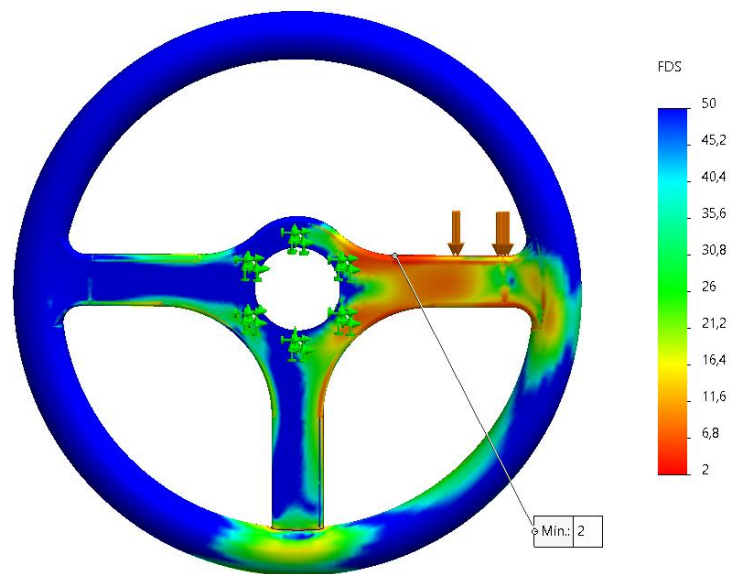


Ilustración 63 Resultados del factor de seguridad Tsai-Wu con carga tangencial para la fibra de basalto

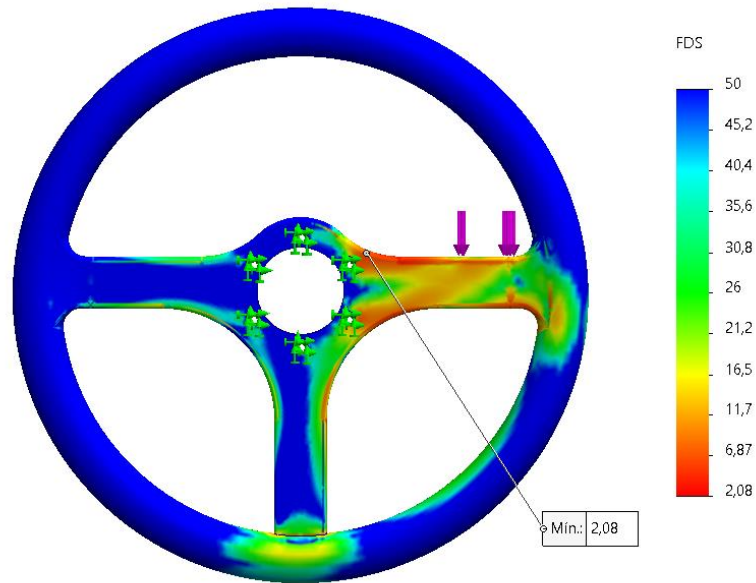


Ilustración 64 Resultados del factor de seguridad T-max con carga tangencial para la fibra de basalto

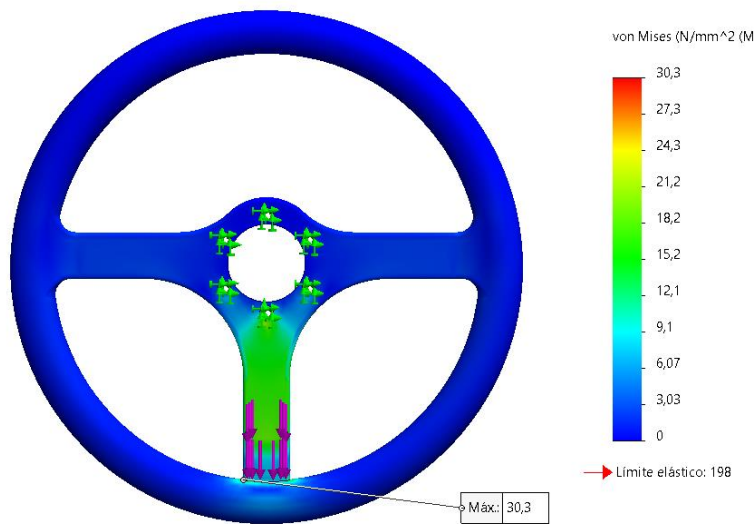


Ilustración 65 Resultados de la tensión Von Mises con la carga axial para la fibra de basalto

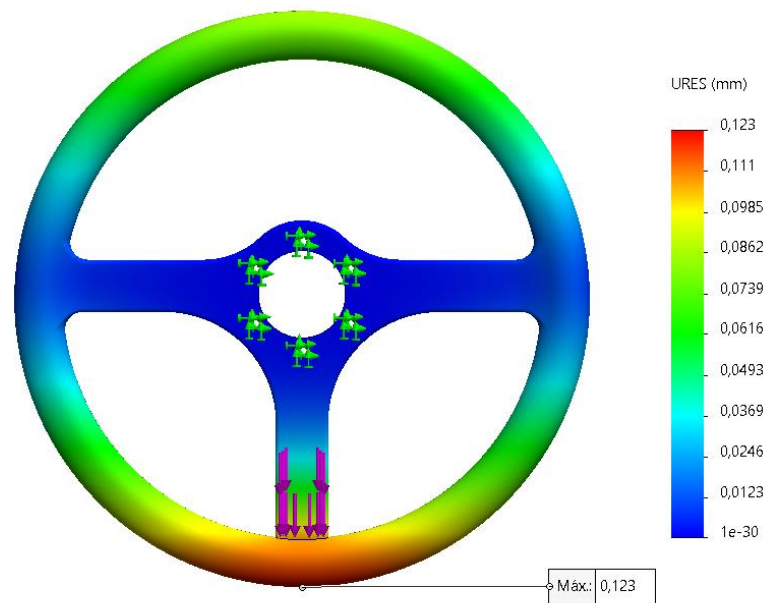


Ilustración 66 Resultados de la deformación con la carga axial para la fibra de basalto

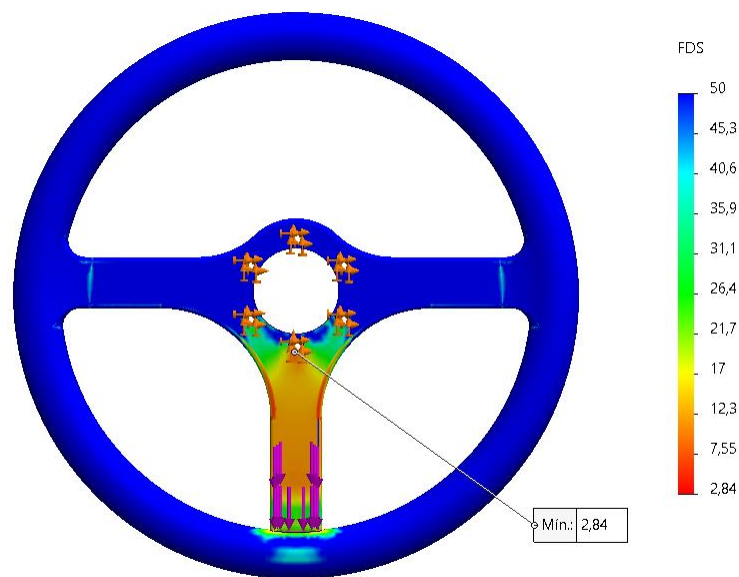


Ilustración 67 Resultados del factor de seguridad Tsai-Hill con carga axial para la fibra de basalto

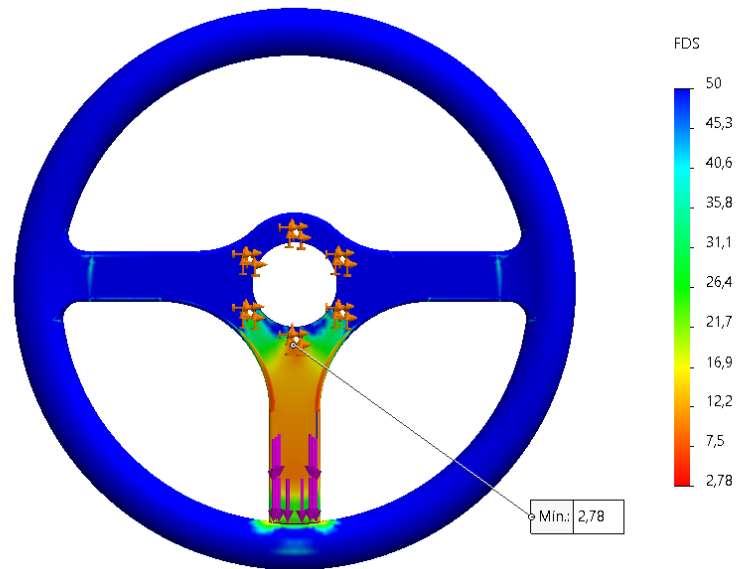


Ilustración 68 Resultados del factor de seguridad Tsai-Wu con carga axial para la fibra de basalto

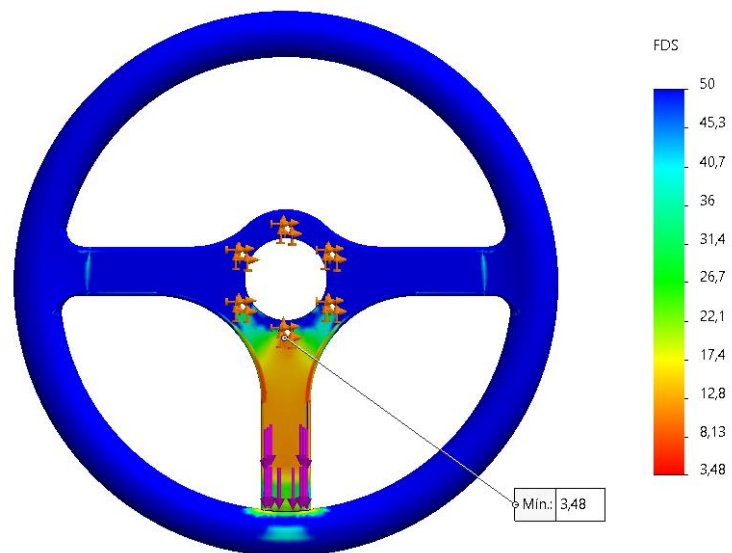


Ilustración 69 Resultados del factor de seguridad T-max con carga axial para la fibra de basalto

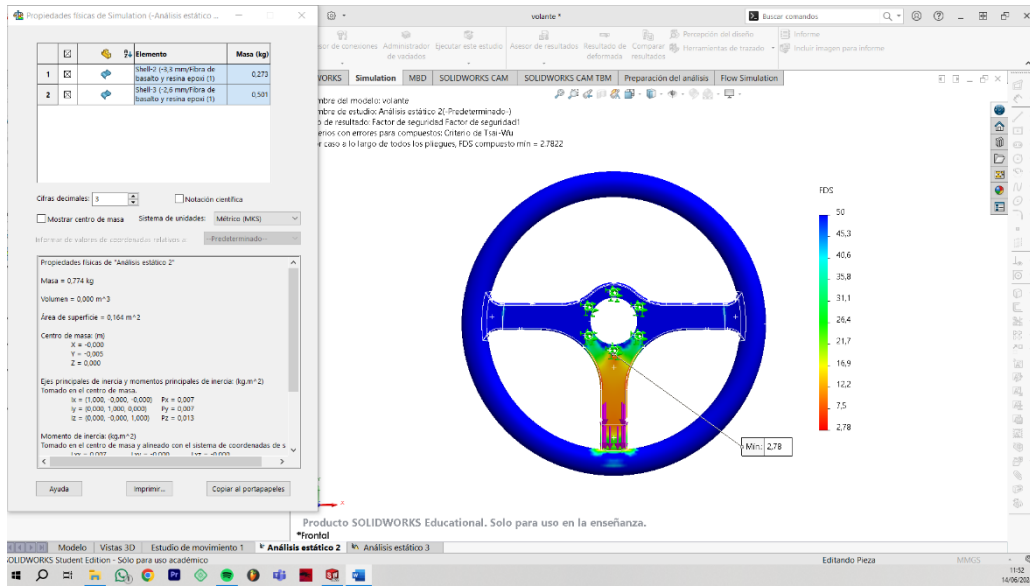


Ilustración 70 Propiedades físicas del volante con fibra de basalto

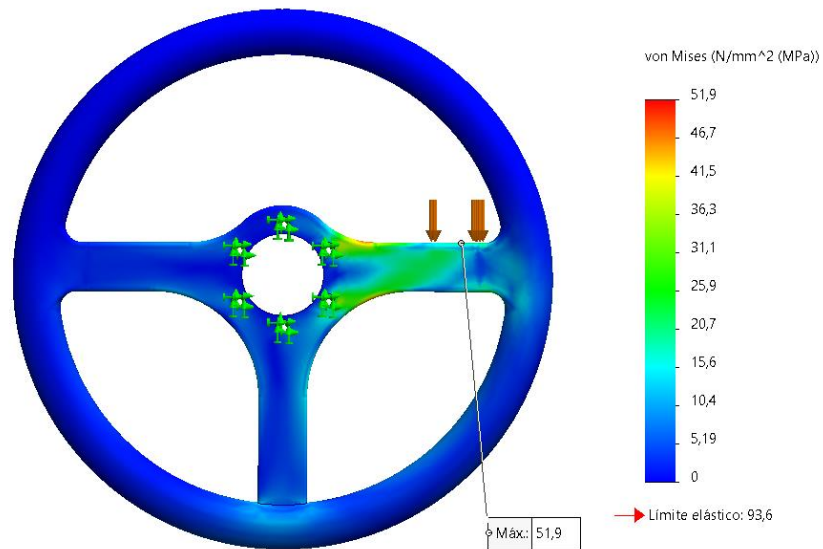


Ilustración 71 Resultados de la tensión Von Mises con la carga tangencial para la fibra de bambú

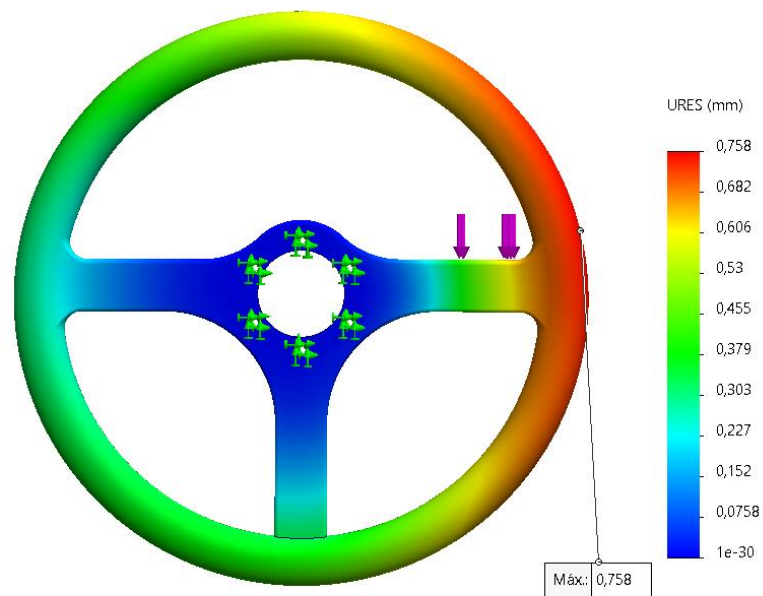


Ilustración 72 Resultados de la deformación con la carga tangencial para la fibra de bambú

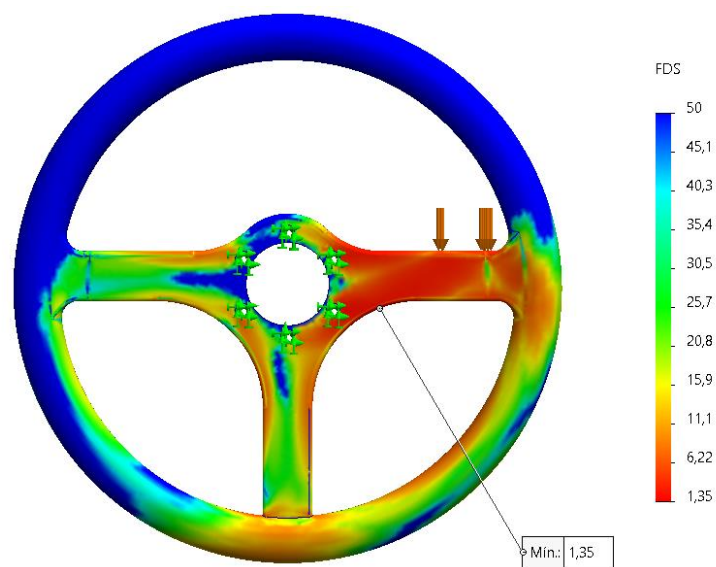


Ilustración 73 Resultados del factor de seguridad Tsai-Hill con carga tangencial para la fibra de bambú

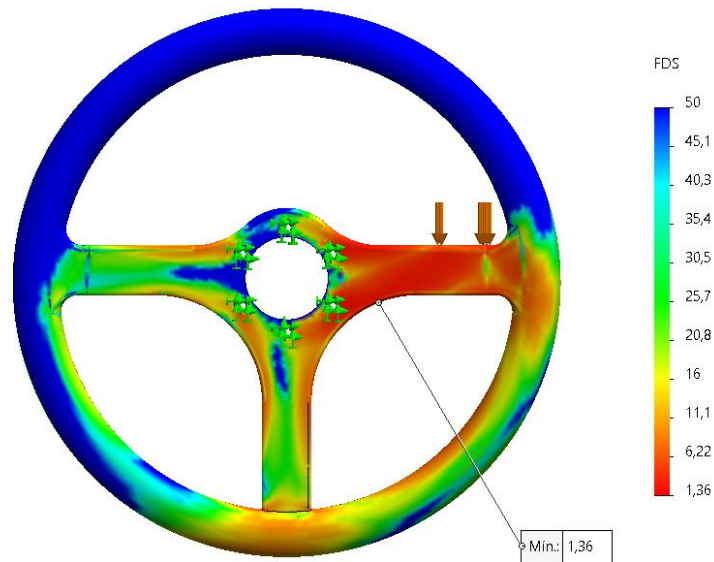


Ilustración 74 Resultados del factor de seguridad Tsai-Wu con carga tangencial para la fibra de bambú

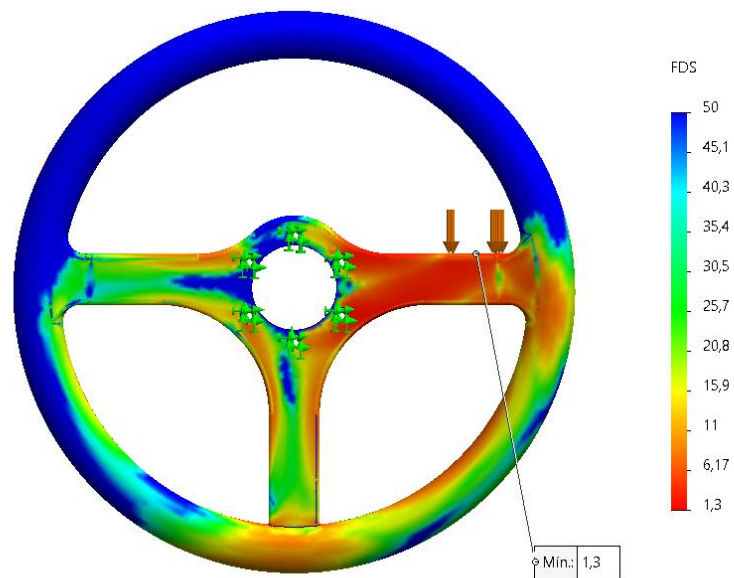


Ilustración 75 Resultados del factor de seguridad T-max con carga tangencial para la fibra de bambú

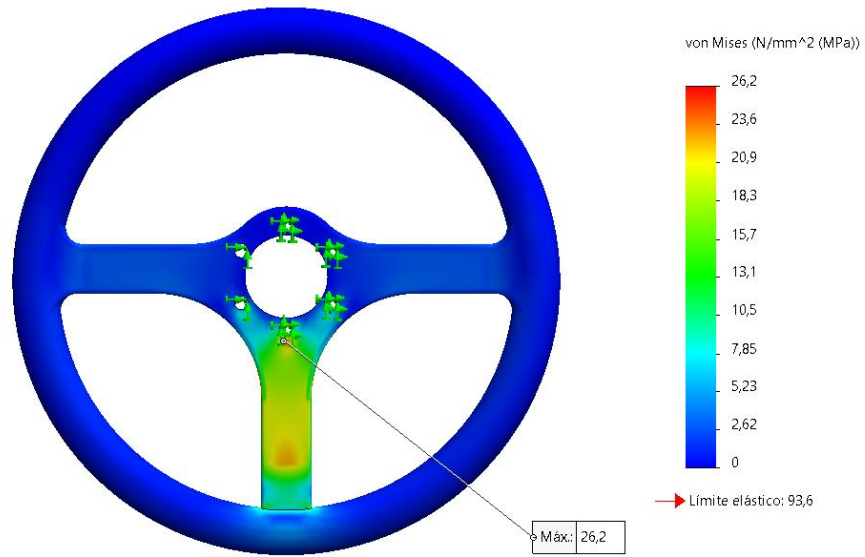


Ilustración 76 Resultados de la tensión Von Mises con la carga axial para la fibra de bambú

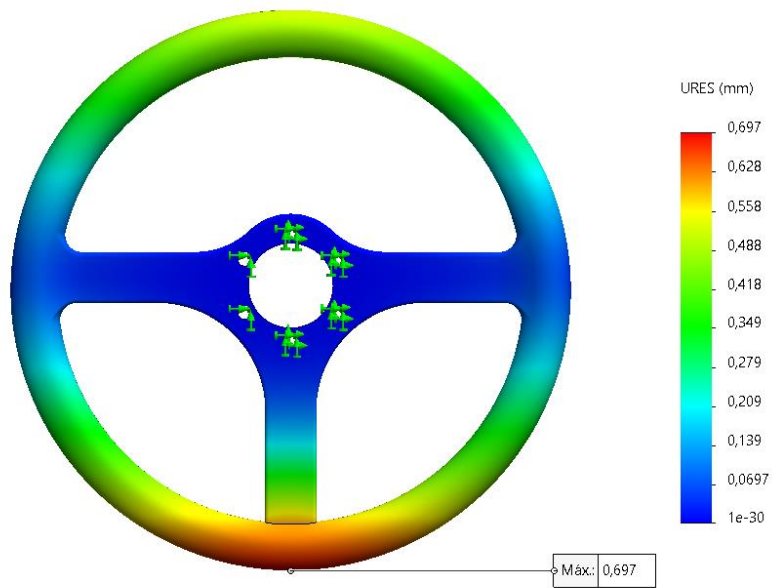


Ilustración 77 Resultados de la deformación con la carga axial para la fibra de bambú

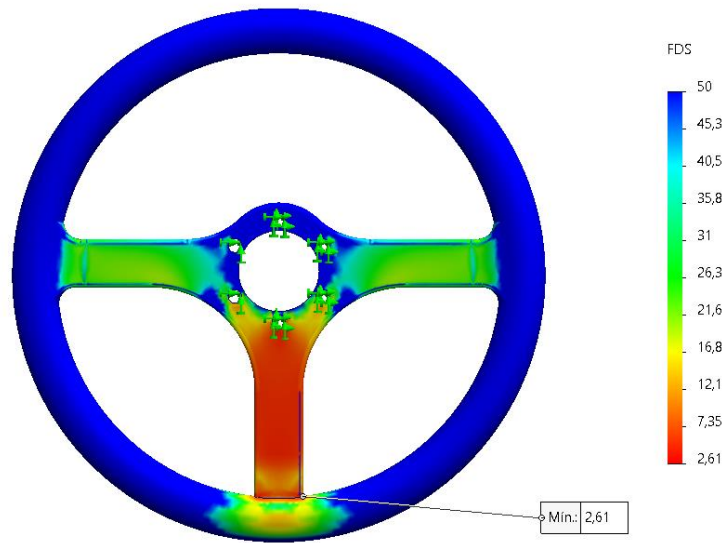


Ilustración 78 Resultados del factor de seguridad Tsai-Hill con carga axial para la fibra de bambú

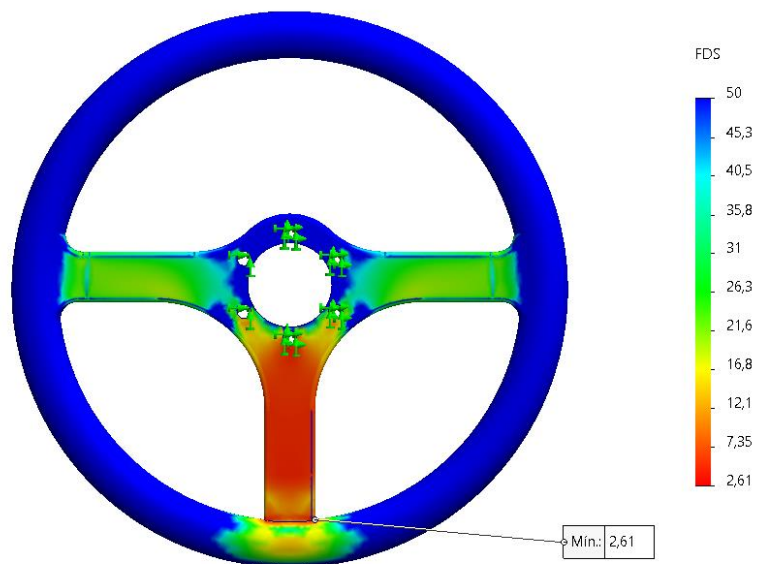


Ilustración 79 Resultados del factor de seguridad Tsai-Wu con carga axial para la fibra de bambú

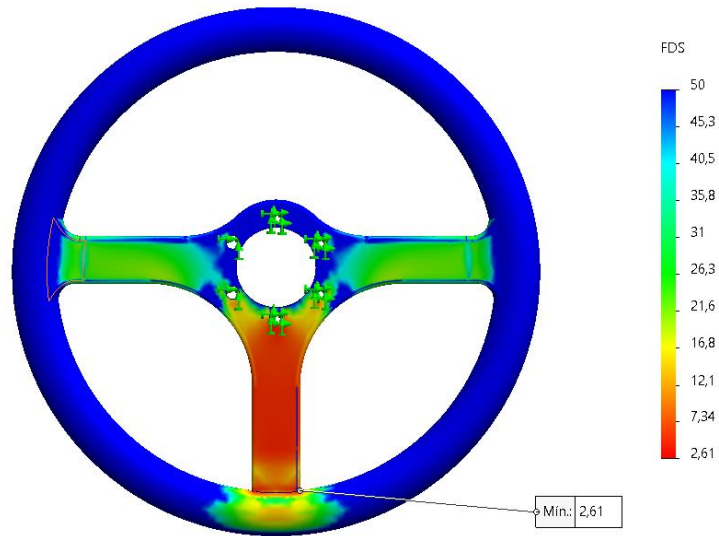


Ilustración 80 Resultados del factor de seguridad T-max con carga axial para la fibra de bambú

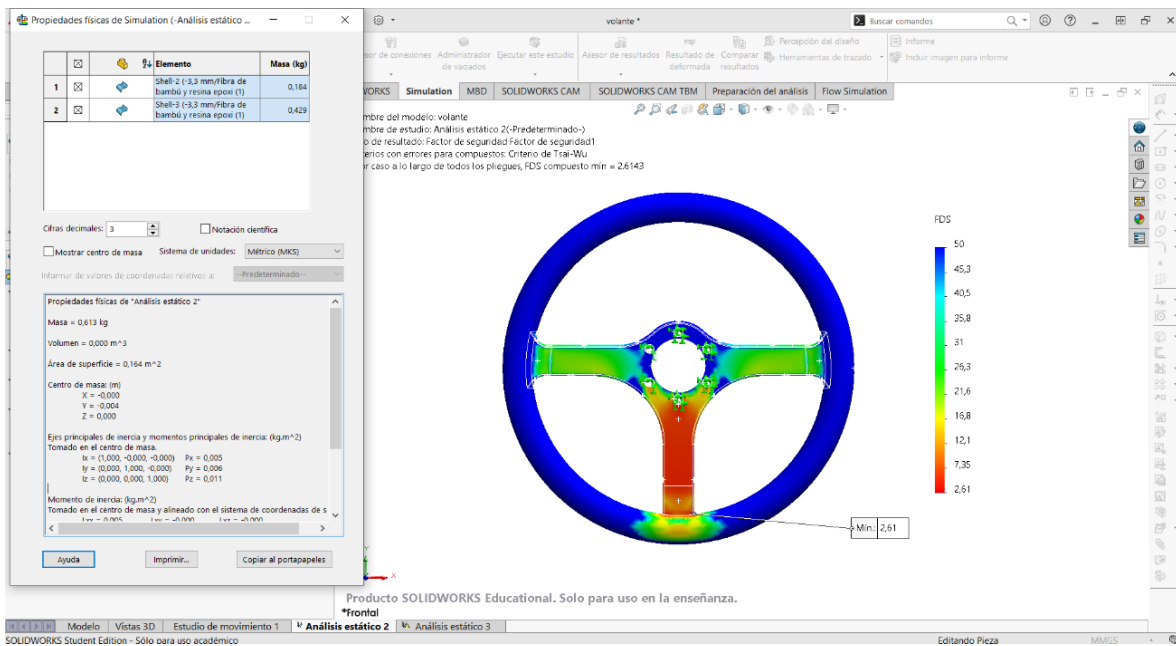


Ilustración 81 Propiedades físicas del volante de fibra de bambú