UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa

TREBALL DE FI D'ESTUDIS

Diseño de un body kit para un vehículo del segmento C

Documento:
Memoria

Autor/Autora:
González Escalante, Pol

Director/Directora - Codirector/Codirectora:
Diaz Gonzalez, Carlos Gustavo

Titulación:
Grau en Ingeniería Mecánica

Convocatoria:
Primavera 2024

Resumen

En la realización de mi Trabajo de Fin de Estudios, he realizado un proyecto apasionante: el diseño 3D de un body kit para el Volkswagen Golf MK1. Mi interés en combinar estética y funcionalidad me llevó a explorar las profundidades de la ingeniería automotriz y la aerodinámica.

El proceso comenzó con una extensa fase de investigación, donde hice un exhaustivo análisis de materiales, técnicas de fabricación, normativa y homologaciones, y búsqueda de patentes para conservar la originalidad. Por otra parte, también me centré en el diseño conceptual, donde creé numerosos bocetos y exploré diversas formas y estilos para el body kit. Este proceso creativo me permitió conceptualizar diseños que no solo mejoraban la apariencia del vehículo, sino que también ofrecían beneficios funcionales, como la mejora de la aerodinámica.

Uno de los aspectos más técnicos de mi proyecto fue el análisis de las diferentes opciones de anclaje, el estudio de pesos y la validación del diseño, para lo cual realicé cálculos básicos pero claves. Estos cálculos fueron fundamentales para asegurar que el diseño no solo fuera estéticamente agradable, sino también funcionalmente viable, mejorando la estabilidad y el rendimiento del vehículo a altas velocidades.

Mi trabajo está centrado en las etapas de diseño, modelado, y validación aerodinámica. Esta decisión se tomó para enfocarme profundamente en el aspecto innovador del diseño y en los desafíos técnicos asociados con la impresión 3D, dejando la producción para futuras investigaciones.

De este modo representa un equilibrio entre la creatividad y la ingeniería, demostrando cómo la tecnología de impresión 3D con poliuretano puede revolucionar el diseño de body kits para vehículos clásicos, al ofrecer una personalización sin precedentes y ventajas aerodinámicas significativas. Este proyecto no solo ha sido una oportunidad para profundizar en mis conocimientos técnicos sino también para contribuir a la evolución de la personalización de vehículos mediante tecnologías emergentes.

Abstract

In the realization of my Final Project, I have carried out an exciting project: the 3D design of a body kit for the Volkswagen Golf MK1. My interest in combining aesthetics and functionality led me to explore the depths of automotive engineering and aerodynamics.

The process started with an extensive research phase, where I did an exhaustive analysis of materials, manufacturing techniques, regulations and homologations, and patent searches to preserve originality. I also focused on conceptual design, where I created numerous sketches and explored various shapes and styles for the body kit. This creative process allowed me to conceptualize designs that not only improved the appearance of the vehicle, but also offered functional benefits, such as improved aerodynamics.

One of the most technical aspects of my project was the analysis of the different anchoring options, the weight study and the validation of the design, for which I performed basic but key calculations. These calculations were fundamental to ensure that the design was not only aesthetically pleasing, but also functionally viable, improving the stability and performance of the vehicle at high speeds.

My work is focused on the design, modeling, and aerodynamic validation stages. This decision was made to focus deeply on the innovative aspect of the design and the technical challenges associated with 3D printing, leaving production for future research.

It thus represents a balance between creativity and engineering, demonstrating how polyurethane 3D printing technology can revolutionize the design of body kits for classic vehicles by offering unprecedented customization and significant aerodynamic advantages. This project has not only been an opportunity to deepen my technical knowledge but also to contribute to the evolution of vehicle customization through emerging technologies.

Índice

Resumen I
Abstract Ii
Índice Iii
Índice de tablas V
Índice de figuras Vi
1. Introducción 1
1.1 OBJETO 1
1.2 ALCANCE 2
1.2.1 Paquete de Trabajo 1: Investigación Preliminar 2
1.2.2 Paquete de Trabajo 2: Diseño Conceptual 2
1.2.3 Paquete de Trabajo 3: Desarrollo y Modelado en 3D 2
1.2.4 Paquete de Trabajo 4: Presupuestos 2
1.3 REQUERIMENTOS 3
1.3.1 Especificaciones Básicas 3
1.3.2 Restricciones 3
1.3.3 Normativa referente a las modificaciones del vehículo 4
1.3.4 ¿Cómo homologar el Kit de carrocería en la Ficha Técnica? 5
1.4 JUSTIFICACIÓ 6
2 Antecedentes y revisión de l'estado del arte 8
2.1 ESTADO DEL ARTE 8
2.1.1 Avances en materiales 8
2.1.2 Técnicas de fabricación 11
2.1.3 Diseño aerodinámico 13
2.1.4 Productos en el mercado 14
2.2 ANÁLISIS DE LA COMPETENCIA 19
2.3 BÚSQUEDA DE PATENTE 21
2.4 INTEGRACIÓN EN MI TFE 23
2.4.1 ¿Por qué la Impresión 3D con Poliuretano? 24
2.4.2 Propuesta de Innovación para Trabajo con Poliuretano en Impresión 3D 25
2.4.3 Modelo Golf 3D 26
3 Metodologia 27
3.1 DISEÑO CONCEPTUAL 27
3.2 DESARROLLO Y MODELADO EN 3D 27
3.3 ANÁLISIS Y CONCLUSIONES 27
4 Diseño conceptual 28
4.1 OPCIONES DE ANCLAJE 32
4.2 ELECCIÓN DE ANCLAJE 35
5 Desarrollo y modelado 3D 39
5.1 ESCALA Y MODELO 39
5.2 ESTUDIO DE PESOS 45
5.3 SIMULACIONES CFD 47
5.4 JUSTIFICACIÓN E INTEGRACIÓN DEL DISEÑO DEL BODY KIT 50
5.5 PLANOS Y PUNTOS DE CONTROL PARA EL MONTAJE 56

6 Presupuesto 57
6.1 COSTE DE INGENIERÍA 57
6.2 COSTE DE FABRICACIÓN 57
6.2.1 Costes de material.....57
6.2.2 Costes comerciales.....58
6.2.3 Costes de software.....59
6.3 COSTE TOTAL 59
7 Análisi i valoración de las Implicaciones Ambientales I Sociales 60
8 Conclusiones 61
9 Bibliografia 62

Índice de tablas

TABLA 1. COMPARATIVA DE LOS COEFICIENTES DE ARRASTRE Y SUSTENTACIÓN CON Y SIN BODY KIT (FUENTE:SIMSCALE) 49

TABLA 2. APROXIMACIÓN DEL COSTE DE INGENIERÍA 57

TABLA 3. APROXIMACIÓN DEL COSTE DEL MATERIAL 57

TABLA 4. APROXIMACIÓN DEL COSTE COMERCIAL 58

TABLA 5. APROXIMACIÓN DEL COSTE DE SOFTWARE.....59

TABLA 6. APROXIMACIÓN DEL COSTE TOTAL.....59

Índice de figuras

Figura 1. Vista frontal del Golf mk1 (Fuente: Car.blog) 7
Figura 2. Vista posterior del Golf mk1 (Fuente: Motor1.com) 7
Figura 3. Body kit hecho con Poliuretano (Fuente: KBD Body Kits)..... 9
Figura 4. Body kit hecho con Plástico ABS (Fuente: Automobile-spareparts).....10
Figura 5. Body kit hecho con Fibra de Carbono (Fuente: JKS Racing) 10
Figura 6. Ejemplo de Laminación Preimpregnada (Fuente: Gazechim).....11
Figura 7. Proceso de Moldeo por Transferencia de Resina (Fuente: ppcomposite).....12
Figura 8. Impresora 3D (Fuente: Proyectaestudio) 12
Figura 9. Body Kit ABT RS6-S (Fuente: ABT).....14
Figura 10. Body Kit McLaren 720S (Fuente: Liberty Walk).....15
Figura 11. Nissan 350Z Polyurethane Full Body Kit (Fuente: KBD).....16
Figura 12. Gran Veloce Series Body Kit Corvette (Fuente: Duraflexbodykits).....16
Figura 13. Diseño de opción 1 del spoiler delantero (Fuente: Sketchbook).....29
Figura 14. Diseño de opción 2 del spoiler delantero (Fuente: Sketchbook).....29
Figura 15. vista perfil del diseño (Fuente: Sketchbook).....30
Figura 16. Diseño de opción 1 del spoiler trasero (Fuente: Sketchbook).....30
Figura 17. Diseño de opción 2 del spoiler trasero (Fuente: Sketchbook).....31
Figura 18. Anclaje de un paso de rueda con tornillos (Fuente: mlin.es) 32
Figura 19. Anclaje de un parachoques con clips (Fuente: mundicoche.com).....33
Figura 20. Anclaje con adhesivo en la carrocería de un coche (Fuente: 16valvulas.com).....34
Figura 21. Placa magnética muy fuerte para unir piezas de un parachoques (Fuente: magdaddy.com).....34
Figura 22. Zona de anclaje con adhesivo del spoiler trasero en la carrocería del coche (Fuente: CATIA).....37
Figura 23. Zona de anclaje con adhesivo del spoiler delantero en la carrocería del coche (Fuente: CATIA).....38
Figura 24. Zona de anclaje con adhesivo de la talonera en la carrocería del coche (Fuente: CATIA).....38
Figura 25. Golf Mk1 reconvertido de STL a CATIA (Fuente: CATIA) 40
Figura 26. Reconstrucción del modelo en CATIA (Fuente: CATIA) 40
Figura 27. Medida de la longitud del modelo del coche CATIA (Fuente: CATIA) 41
Figura 28. Zoom de la medida de la longitud del modelo del coche CATIA (Fuente: CATIA).....41
Figura 29. Medida de la altura del modelo del coche CATIA (Fuente: CATIA) 41
Figura 30. Medida de la anchura del modelo del coche CATIA (Fuente: CATIA) 42
Figura 31. Zoom de la medida de la anchura del modelo del coche CATIA (Fuente: CATIA).....42
Figura 32. Vista isométrica del modelo completo con su body kit (Fuente: CATIA)..43
Figura 33. Vista de perfil del modelo completo con su body kit (Fuente: CATIA).....43
Figura 34. Vista trasera del modelo completo con su body kit (Fuente: CATIA) 44
Figura 35. Vista frontal del modelo completo con su body kit (Fuente: CATIA).....44
Figura 36. Fórmula de la densidad (Fuente: www.webdelmaestro.com) 45
Figura 37. Spoiler trasero del body kit hecho en CATIA (Fuente: CATIA).....46
Figura 38. Spoiler delantero del body kit hecho en CATIA (Fuente: CATIA).....46
Figura 39. Talonera del body kit hecho en CATIA (Fuente: CATIA) 46
Figura 40. Body kit entero con un peso aproximado de 5.12 kg (Fuente: CATIA).....47
Figura 41. Vista frontal del coche como sólido (Fuente: CATIA) 47
Figura 42. Vista isométrica frontal del coche como sólido (Fuente: CATIA).....48
Figura 43. Vista isométrica trasera del coche como sólido (Fuente: CATIA) 48

FIGURA 44. GRÁFICA DEL COEFICIENTE DE ARRASTRE SIN BODY KIT (FUENTE: SIMSCALE).....51
FIGURA 45. GRÁFICA DEL COEFICIENTE DE SUSTENTACIÓN SIN BODY KIT (FUENTE: SIMSCALE) 51
FIGURA 46. ANÁLISIS AERODINÁMICO CON BODY KIT DE LA PRESIÓN SUPERFICIAL (FUENTE: SIMSCALE).....52
FIGURA 47. ANÁLISIS AERODINÁMICO SIN BODY KIT DE LA PRESIÓN SUPERFICIAL (FUENTE: SIMSCALE).....52
FIGURA 48. . ANÁLISIS AERODINÁMICO SIN BODY KIT DE LA ENERGÍA CINÉTICA TURBULENTA (FUENTE:SIMSCALE).....53
FIGURA 49. ANÁLISIS AERODINÁMICO CON BODY KIT DE LA ENERGÍA CINÉTICA TURBULENTA 54
FIGURA 50. ANÁLISIS AERODINÁMICO SIN BODY KIT DE LAS LÍNEAS DE FLUJO (FUENTE: SIMSCALE).....55
FIGURA 51. ANÁLISIS AERODINÁMICO CON BODY KIT DE LAS LÍNEAS DE FLUJO (FUENTE: SIMSCALE).....55

1. Introducción

1.1 Objeto

Este Trabajo de Fin de Estudios (TFE) se centra en la implementación de un body kit para vehículos del segmento C, específicamente para un Volkswagen Golf de primera generación, abarcando desde el estado del arte, análisis de la competencia, pasando por la viabilidad técnica y la selección de materiales, hasta el desarrollo de un prototipo en CAD 3D y el cálculo básico para su validación. El objetivo principal es diseñar un body kit que no solo mejore la estética y la aerodinámica del vehículo, sino que también sea viable desde el punto de vista técnico, económico y ambiental.

El proyecto comienza con un exhaustivo estado del arte y análisis de la competencia, con especial atención en la búsqueda de patentes. Este estudio permite identificar las tendencias actuales en el diseño de body kits, las tecnologías emergentes en materiales y métodos de fabricación, así como las lagunas existentes en el mercado que el proyecto podría llenar. Se realizará una investigación detallada en bases de datos de patentes para asegurar la originalidad del diseño y evitar infracciones de propiedad intelectual.

La fase de viabilidad técnica evalúa las opciones de arquitectura del vehículo y los materiales disponibles, con el fin de seleccionar aquellos que ofrezcan el mejor equilibrio entre resistencia, peso, costo y sostenibilidad. Se consideran tanto materiales tradicionales como innovadores, incluyendo composites y polímeros avanzados, para optimizar el diseño del body kit en términos de rendimiento y estética. También se estudiarán las diferentes técnicas de fabricación que se podrían implementar.

En la fase de prediseño, se desarrollará un concepto inicial basado en los hallazgos de las fases anteriores. Se realizarán estudios detallados sobre los materiales seleccionados y las opciones de anclaje para asegurar una integración segura y efectiva del body kit con la estructura existente del vehículo.

Posteriormente, se diseñará un 3D del coche utilizando software CAD, lo que permite una evaluación precisa de la viabilidad dimensional y técnica del diseño. Este modelo tridimensional también facilita el estudio de pesos, esencial para mantener el equilibrio y la manejabilidad del vehículo. La simulación en 3D es una herramienta clave para previsualizar el resultado final y realizar ajustes antes de la fabricación física.

Las conclusiones del trabajo destacan la viabilidad de implementar un body kit innovador en vehículos del segmento C, que combine mejoras en estética y aerodinámica con consideraciones de sostenibilidad y coste-eficiencia. El objetivo es demostrar, mediante una cuidadosa selección de materiales y técnicas de diseño avanzadas, es posible crear un producto que satisfaga las necesidades del mercado actual y se destaque en un entorno competitivo.

1.2 Alcance

El proyecto se organiza en torno a varios paquetes de trabajo, cada uno con sus respectivos entregables, para abordar de manera integral el diseño, desarrollo, y validación de un body kit innovador para vehículos del segmento C. A continuación, se detallan los componentes clave del alcance:

1.2.1 Paquete de Trabajo 1: Investigación Preliminar

- Informe del estado del arte y análisis de la competencia.
- Documento de revisión de patentes existentes y análisis de posibles infracciones.
- Selección y justificación de los materiales a utilizar.
- Selección y justificación de técnicas de fabricación

1.2.2 Paquete de Trabajo 2: Diseño Conceptual

- Bocetos preliminares del body kit.
- Informe sobre las opciones de anclaje evaluadas y su viabilidad.

1.2.3 Paquete de Trabajo 3: Desarrollo y Modelado en 3D

- Modelos 3D detallados del diseño del body kit.
- Estudio de la distribución de pesos y su impacto en el vehículo.
- Simulaciones de flujo de aire y análisis aerodinámico.
- Realización de planos y puntos de control para el montaje

1.2.4 Paquete de Trabajo 4: Presupuestos

- Coste de ingeniería
- Coste de fabricación
- Coste total

1.2.5 Paquete de Trabajo 5: Conclusiones

- Análisis y valoración final de los todos los resultados y todo lo que implica la fabricación del body kit.

1.3 Requerimientos

1.3.1 Especificaciones Básicas

- **Compatibilidad:** El diseño del body kit debe ser específicamente compatible con el Volkswagen Golf MK1, adaptándose a las dimensiones y características estructurales del vehículo sin necesidad de modificaciones permanentes en la carrocería original.

- **Materiales:** Utilización de materiales ligeros y resistentes que no incrementen significativamente el peso del vehículo. Se priorizarán materiales sostenibles y reciclables para minimizar el impacto ambiental.

- **Aerodinámica**: Mejora en la aerodinámica del vehículo, demostrada a través de simulaciones computacionales y validada, para reducir la resistencia al aire y, potencialmente, mejorar el consumo de combustible.

- **Estética:** El diseño debe respetar y complementar la estética icónica del Golf MK1, aportando un aspecto moderno y atractivo que pueda atraer tanto a entusiastas de los coches clásicos como a un público más amplio interesado en las modificaciones de vehículos.

- **Instalación:** El body kit debe ser diseñado para una instalación simple y reversible, permitiendo a los usuarios montarlo y desmontarlo sin necesidad de herramientas especializadas o modificaciones permanentes en el vehículo.

1.3.2 Restricciones

- **Normativas de Seguridad:** El diseño y los materiales utilizados deben cumplir con las normativas de seguridad vehicular aplicables, garantizando que el body kit no comprometa la seguridad del vehículo ni de sus ocupantes.

- **Impacto Ambiental:** Se deben minimizar los efectos negativos sobre el medio ambiente, tanto en la selección de materiales como en el proceso de fabricación.

- **Integridad Estructural:** El body kit no debe afectar negativamente la integridad estructural del vehículo ni alterar su comportamiento en carretera de manera adversa.

- **Legalidad:** El diseño final debe cumplir con las leyes y regulaciones locales sobre modificaciones vehiculares, asegurando que el vehículo pueda circular legalmente en carretera con el body kit instalado.

1.3.3 Normativa referente a las modificaciones del vehículo

La normativa vigente relativa a las modificaciones en la carrocería de vehículos viene establecida en el artículo 8.50 del Manual de Reformas del Vehículo, cuya última revisión numero 7 data del 1 de noviembre de 2022 y que se puede encontrar online fácilmente en el portal del Ministerio de Industria, Energía y Turismo. Según dicha normativa, se considera una modificación exterior del vehículo la instalación de elementos tales como:

- **Alerones** (no pueden superar la anchura del vehículo, tener superficies cortantes ni estar hechos de metal).
- **Defensas** (no pueden superar la anchura del vehículo ni ser del tipo “quitanieves”).
- **Estribos y taloneras**.
- **Modificación del parachoques** (también su desinstalación).
- **Cabrestante**.
- **Pasos de rueda ensanchados**.
- **Incorporación de portaequipajes** en lugares distintos a lo previsto.
- **Soportes para rótulos o carteles**; instalación de un sistema de alumbrado específico.
- **La sustitución de cualquier elemento original** del exterior del vehículo por otro elemento distinto, pero con la misma función.

Por otra parte, también se puede instalar otros elementos que no se consideran como una "reforma" propiamente dicha y por tanto no necesitan ser incluidos en la ficha técnica ni suponen ningún impedimento para superar la ITV. Algunos de estos elementos son:

- **Sensores de aparcamiento.**
- **Embellecedores.**
- **Embellecedores de faros que no afecten a la zona de salida de luz.**
- **La instalación de un soporte para la rueda de repuesto en los bajos del vehículo.**
- **Antenas de radio o TV.**
- **Portabicicletas y porta motos.**

En general, todas aquellas modificaciones que se puedan realizar sin herramienta alguna o, en su defecto, con las propias herramientas suministradas por el fabricante.

1.3.4 ¿Cómo homologar el Kit de carrocería en la Ficha Técnica?

Para homologar el kit de carrocería en la ficha técnica es necesario obtener previamente varios documentos:

- **Certificado de Taller**: para demostrar que las piezas cuentan con homologación: La ejecución de la reforma debe estar certificada por un taller registrado. La redacción de este documento la realizan ingenieros para asegurar que cumple todos los requisitos del RD 866/2010.

  El Real Decreto 866/2010 es una normativa de España que regula ciertos aspectos del tráfico, vehículos, y conductores. En concreto, este real decreto trata sobre el procedimiento de inspección técnica de vehículos en España. El objetivo principal del RD 866/2010 es establecer las normas y procedimientos que deben seguirse durante las inspecciones técnicas periódicas de los vehículos, asegurando que estos cumplen con los estándares de seguridad y emisiones medioambientales requeridos para operar en las vías públicas.

  Este decreto es parte de los esfuerzos por mantener un parque automovilístico seguro y minimizar el impacto ambiental de los vehículos en España, asegurando que todos los vehículos en circulación sean seguros tanto para sus ocupantes como para el resto de los usuarios de la vía.

- **Proyecto Técnico:** Debe estar realizado por un ingeniero especializado en reformas de vehículos.

- **Certificado de dirección de final de obra:** Se emite una vez certificada la reforma en el taller, lo emite normalmente el mismo ingeniero que emite el proyecto técnico.

- **Informe de conformidad:** Lo emite un laboratorio de homologaciones acreditado por ENAC. Este documento está incluido en todos los procesos de reforma en cumplimiento de la normativa vigente.

Estos requerimientos y restricciones son fundamentales para guiar el desarrollo del proyecto, asegurando que el diseño final no solo sea innovador y atractivo, sino también práctico, seguro, y legal. La claridad en estas especificaciones básicas facilitará la toma de decisiones durante las etapas de diseño y desarrollo, y ayudará a evitar posibles problemas en fases posteriores del proyecto.

1.4 Justificación

En el contexto global actual, la industria automotriz se enfrenta a constantes desafíos relacionados con la innovación en diseño, la sostenibilidad ambiental y la personalización de vehículos. Los consumidores demandan no solo vehículos eficientes y respetuosos con el medio ambiente, sino también opciones que les permitan expresar su individualidad y estilo personal a través de sus automóviles. En este escenario, la modificación de vehículos, específicamente a través de la implementación de body kits, emerge como una vía para satisfacer estas demandas, ofreciendo mejoras estéticas y aerodinámicas.

El Volkswagen Golf MK1, un ícono dentro de la industria automovilística representa una plataforma ideal para este tipo de innovaciones. A pesar de su lanzamiento hace décadas, mantiene una base de aficionados leal y apasionada, interesada en mantener la esencia clásica del vehículo mientras se exploran formas de modernizar su apariencia y rendimiento. La falta de soluciones específicas en el mercado que aborden directamente la modernización aerodinámica y estética de modelos clásicos como el Golf MK1, con un enfoque en la sostenibilidad y la eficiencia, destaca una oportunidad significativa.

Este proyecto busca llenar ese vacío, proponiendo el diseño y desarrollo de un body kit específico para el Volkswagen Golf MK1 que no solo mejore su aerodinámica y estética, sino que también sea un referente de sostenibilidad e innovación. La justificación se asienta en tres pilares fundamentales:

- **Innovación en Diseño:** Desarrollar un producto que combine la estética clásica con líneas modernas y características aerodinámicas mejoradas, ofreciendo una opción única en el mercado para los propietarios de un Golf MK1.

- **Sostenibilidad:** Seleccionar materiales y procesos de fabricación que minimicen el impacto ambiental, alineando el proyecto con las crecientes demandas globales por prácticas sostenibles en la industria automotriz.

- **Personalización y Mejora del Rendimiento:** Ofrecer a los aficionados y propietarios del Golf MK1 la posibilidad de personalizar sus vehículos de una manera que no solo mejore su estética sino también su rendimiento en carretera, aumentando el valor y la satisfacción del usuario.

La realización de este trabajo me permitirá abordar estas necesidades desde una perspectiva innovadora, contribuyendo no solo al campo del diseño automotriz sino también a las prácticas sostenibles y personalizadas en la industria.

Esta justificación centra y contextualiza el trabajo, estableciendo una base sólida sobre la cual desarrollar el proyecto, y resalta su importancia tanto para la comunidad de aficionados del Golf MK1 como para la industria automotriz en general.

Figura 1. Vista frontal del Golf mk1 (Font: Car.blog)

Figura 2. Vista posterior del Golf mk1 (Font: Motor1.com)

2 Antecedentes y revisión del estado de la cuestión

En mi Trabajo de Fin de Estudios sobre la implementación de un body kit en un vehículo del segmento C, considero esencial dedicar una parte significativa de mi proyecto al estado del arte y análisis de la competencia, centrado en la búsqueda de patentes. Este componente es crucial no solo para asentar mi trabajo sobre una base sólida de conocimiento e innovaciones existentes, sino también para asegurarme de que mi propuesta sea original y no infrinja derechos de propiedad intelectual. A continuación, describo cómo planeo abordar cada parte de esta fase:

2.1 Estado del Arte

Empiezo investigando exhaustivamente para comprender los desarrollos más recientes y las tendencias actuales en el diseño y fabricación de body kits, enfocándome particularmente en vehículos del segmento C. Esto implica:

- Revisar literatura académica, páginas web y artículos para entender los avances en materiales, técnicas de fabricación, y diseño aerodinámico.
- Identificar productos en el mercado para conocer qué se ofrece actualmente, quiénes son los principales fabricantes, y cuáles son las características más apreciadas por los consumidores.
- Explorar tecnologías emergentes que están siendo aplicadas o que podrían aplicarse en el diseño y producción de body kits.

Un body kit para automóviles es un conjunto de componentes exteriores modificados o adicionales que se instalan en un vehículo para mejorar su apariencia estética y, en algunos casos, su rendimiento aerodinámico. Generalmente, un body kit incluye partes como faldones laterales, parachoques delanteros y traseros, y alerones. Estos componentes pueden estar hechos de materiales como fibra de vidrio, poliuretano o carbono, y están diseñados para darle al vehículo un aspecto más bajo, más agresivo o más deportivo. Además de las mejoras visuales, algunos body kits pueden influir en la dinámica del vehículo al mejorar la aerodinámica, lo que puede ayudar a reducir el levantamiento y aumentar la estabilidad a altas velocidades.

El segmento C de vehículos, conocido por incluir automóviles compactos que combinan versatilidad, eficiencia y accesibilidad, ha sido históricamente un foco de innovación en el diseño automotriz. En este contexto, los body kits emergen como una herramienta clave para mejorar no solo la estética de estos vehículos sino también su rendimiento aerodinámico y eficiencia.

2.1.1 Avances en materiales

Los avances en materiales juegan un rol crucial en la evolución de los body kits. Materiales como la fibra de carbono, polímeros reforzados con fibra de vidrio (PRFV), y plásticos de ingeniería ofrecen una combinación óptima de ligereza, resistencia y flexibilidad, fundamentales para la eficiencia aerodinámica y la estabilidad del vehículo. La literatura académica resalta la investigación en nanomateriales y compuestos avanzados que prometen revolucionar el sector, ofreciendo mejoras significativas en términos de

resistencia al impacto y reducción de peso. A continuación, explicaré con detalle las diferentes posibles opciones de materiales elegidos para el trabajo:

Poliuretano

El poliuretano es apreciado por su flexibilidad y durabilidad, ofreciendo una excelente resistencia a impactos menores sin romperse. Aunque es más costoso de producir que otros materiales, como la fibra de vidrio, su nivel de acabado y ajuste suele ser superior, lo que lo hace más fácil de instalar sin temor a que se agriete durante la instalación. Sin embargo, es más pesado que otros materiales y puede deformarse bajo calor extremo.

Figura 3. Body kit hecho con Poliuretano (Fuente: KBD Body Kits)

Plástico ABS

El ABS es un polímero termoplástico conocido por su resistencia al impacto, rigidez y durabilidad, lo que lo hace popular en la fabricación de partes de body kits como parachoques y paneles. Ofrece una buena superficie para aplicar pintura y, aunque menos flexible que el poliuretano, su resistencia a daños físicos y químicos lo convierte en una opción valiosa. Es más caro que la fibra de vidrio, pero su calidad y acabado son comparables al poliuretano.

Figura 4. Body kit hecho con Plástico ABS (Fuente: Automobile-spareparts)

Fibra de Carbono

La fibra de carbono se destaca por su extrema ligereza y fuerza, lo que la hace ideal para aplicaciones de carreras o cualquier situación que requiera fortaleza sin añadir peso. Aunque su costo es más alto comparado con otros materiales, la fibra de carbono es muy valorada tanto por su funcionalidad como por su estética distintiva. No requiere acabado de pintura, ya que viene con una capa transparente aplicada.

Figura 5. Body kit hecho con Fibra de Carbono (Fuente: JKS Racing)

2.1.2 Técnicas de fabricación

Las técnicas de fabricación han evolucionado desde métodos tradicionales a procesos altamente tecnológicos.

Para la fabricación de un body kit una técnica de producción destacada es la laminación preimpregnada. Esta técnica implica el uso de materiales preimpregnados con resina, que luego se moldean bajo calor y presión para curar. Aunque esta técnica es más costosa comparada con otros métodos, ofrece un control más preciso sobre la cantidad de resina y, por lo tanto, sobre la calidad final del producto, siendo especialmente útil en aplicaciones de alto rendimiento donde la consistencia del material es crítica.

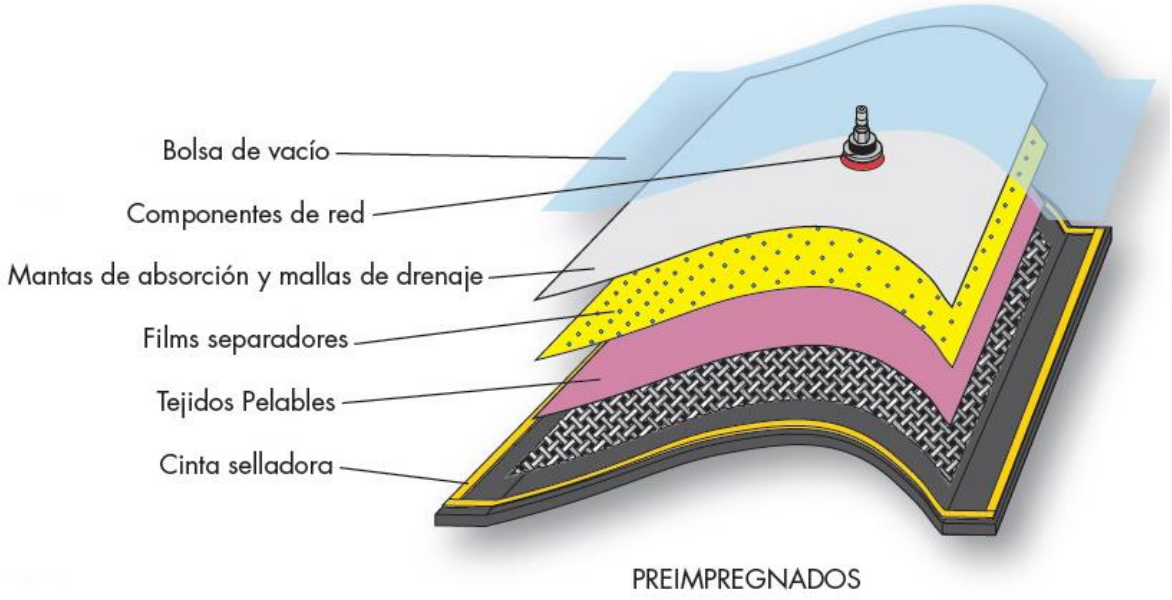

Figura 6. Ejemplo de Laminación Preimpregnada (Fuente: Gazechim)

Otro método que podría ser particularmente interesante es el moldeo por transferencia de resina (RTM). Este proceso implica colocar fibra seca en un molde y luego inyectar la resina bajo presión. RTM es excelente para la producción a mayor volumen, ofreciendo un buen acabado superficial en ambos lados de la pieza y una distribución uniforme de la resina, lo que resulta en componentes de alta calidad con propiedades mecánicas consistentes.

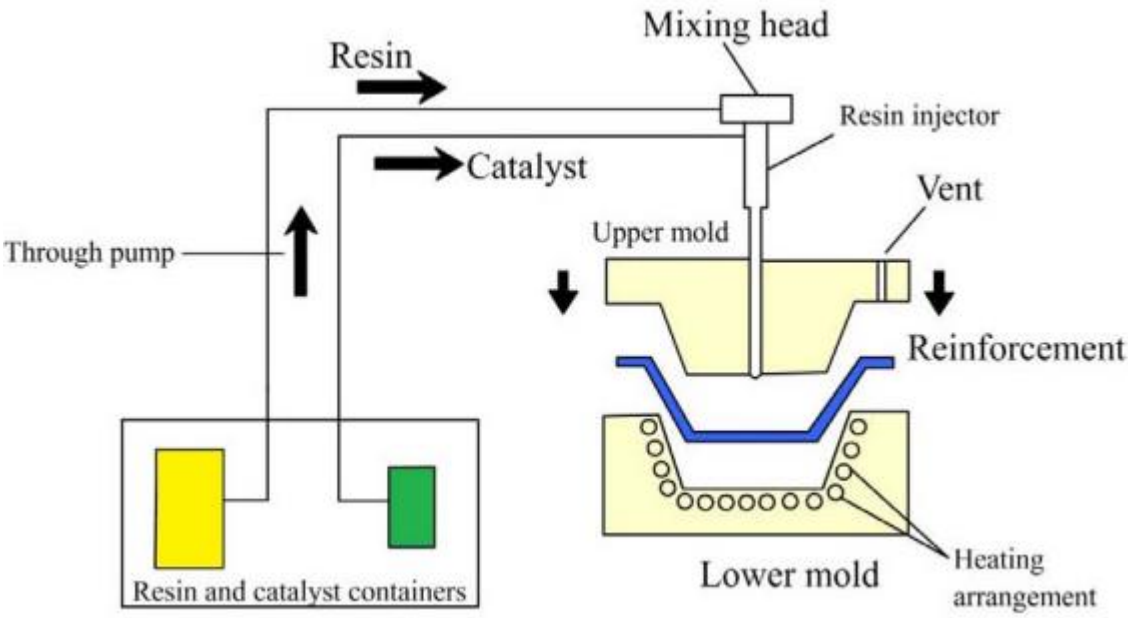

Figura 7. Proceso de Moldeo por Transferencia de Resina (Fuente: Eppcomposites)

Por otro lado, la manufactura aditiva, conocida comúnmente como impresión 3D, ha surgido como una técnica revolucionaria, especialmente relevante para la producción de componentes automotrices complejos y personalizados. Esta tecnología permite una producción más eficiente y flexible, adaptándose a diseños específicos con un alto grado de precisión y permitiendo la creación de piezas que serían difíciles o imposibles de fabricar mediante métodos tradicionales. Un ejemplo notable de su aplicación es la producción de baterías de estado sólido para vehículos eléctricos, que prometen mayor densidad energética y capacidad de carga rápida, ilustrando cómo la impresión 3D puede mejorar significativamente el rendimiento y la eficiencia de los componentes automotrices.

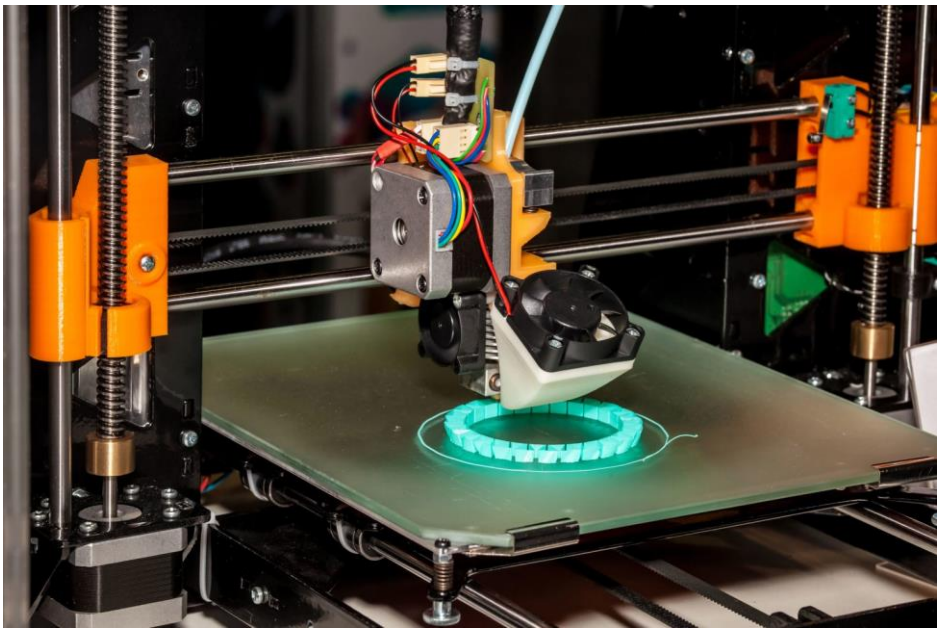

Figura 8. Impresora 3D (Fuente: Proyectaestudio)

2.1.3 Diseño aerodinámico

Para la fase de diseño aerodinámico de un parachoques utilizando técnicas de fabricación modernas, la dinámica de fluidos computacional (CFD) se destaca como la herramienta más avanzada y efectiva. La CFD permite a los ingenieros simular y analizar el flujo de aire alrededor del parachoques en diferentes condiciones, optimizando así su diseño para reducir la resistencia al aire y mejorar la eficiencia del combustible. Este enfoque no solo facilita un desarrollo de producto más eficiente al reducir la necesidad de prototipos físicos costosos y consumidores de tiempo, sino que también permite una exploración detallada de cómo los cambios en el diseño afectan el rendimiento aerodinámico del vehículo.

En la práctica, la aplicación de CFD en el diseño de parachoques implica modelar el parachoques utilizando software especializado y luego ejecutar simulaciones que calculan propiedades físicas como la velocidad del aire, la presión, la viscosidad, la densidad y la temperatura alrededor del diseño. Estas simulaciones están basadas en las ecuaciones de Navier-Stokes, que describen el movimiento de fluidos viscosos. Para asegurar resultados precisos, es crucial seleccionar adecuadamente las condiciones operativas, los métodos numéricos y los modelos físicos que se aplicarán en el análisis CFD.

Existen diversos métodos y técnicas para realizar estas simulaciones CFD, como el método de volúmenes finitos y el uso de mallas para discretizar el dominio del flujo. Cada uno de estos enfoques tiene sus ventajas y puede ser más adecuado para ciertos tipos de análisis aerodinámicos. Por ejemplo, la laminación preimpregnada y el moldeo por transferencia de resina (RTM), junto con la impresión 3D para la creación de moldes, podrían integrarse con las simulaciones CFD para desarrollar un parachoques optimizado tanto en términos aerodinámicos como de fabricación.

La elección de CFD como técnica de diseño para el desarrollo de parachoques se fundamenta en su capacidad para predecir de manera precisa y eficiente el rendimiento aerodinámico, permitiendo así la optimización del diseño antes de la fabricación física. Este enfoque no solo mejora la eficiencia del combustible y el rendimiento del vehículo, sino que también contribuye a una reducción significativa en el tiempo y el costo de desarrollo del producto

Para realizar simulaciones de dinámica de fluidos computacional (CFD) enfocadas en el diseño aerodinámico de parachoques automotrices, se pueden utilizar varios programas especializados. Uno de los más accesibles y poderosos para este propósito es SimScale.

SimScale ofrece una plataforma de CFD totalmente basada en la nube, lo que elimina la necesidad de hardware de computación de alto rendimiento tradicionalmente requerido para este tipo de análisis. La plataforma proporciona una amplia gama de herramientas de simulación para modelar el flujo de aire alrededor de estructuras automotrices, incluyendo los parachoques, permitiendo a los diseñadores e ingenieros optimizar sus diseños para mejorar la eficiencia aerodinámica.

2.1.4 Productos en el mercado

Una revisión de los productos disponibles en el mercado revela una diversidad creciente en el diseño de body kits para el segmento C. Marcas líderes como ABT Sportsline, Carbon Creations, y Liberty Walk ofrecen soluciones que varían desde modificaciones sutiles hasta transformaciones radicales, demostrando la amplia gama de preferencias de los consumidores. Las reseñas de productos y los estudios de mercado indican una demanda creciente por opciones que combinan estilo y funcionalidad, con un interés particular en soluciones sostenibles y de fácil instalación.

ABT Sportsline se destaca por su especialización en Audi y Volkswagen, ofreciendo body kits que no solo mejoran la estética, sino que también potencian el rendimiento de los vehículos. A través de su sitio web, presentan varias opciones de personalización de body kits que prometen mejoras notables tanto en el aspecto visual como en la aerodinámica y el rendimiento del vehículo. Utiliza una variedad de materiales de alta calidad para fabricar sus body kits. La fibra de carbono es ampliamente empleada debido a su ligereza y alta resistencia, el plástico reforzado con fibra de vidrio (FRP) también es común por su buena relación costo-rendimiento, proporcionando resistencia y durabilidad esenciales para componentes expuestos a impactos y condiciones adversas. Además, ABT utiliza polímeros de alta calidad y ABS plástico, conocido por su capacidad de moldearse en formas complejas, lo que permite detallar contornos precisos y asegurar un ajuste perfecto.

Figura 9. Body Kit ABT RS6-S (Fuente: ABT)

Liberty Walk es conocida por sus body kits widebody que transforman radicalmente la apariencia de los vehículos. Un ejemplo notable es el McLaren 720S con el kit widebody de Liberty Walk, que incluye cambios significativos como un nuevo spoiler frontal, paneles laterales, y un difusor trasero potente. Esta transformación no solo mejora la apariencia del vehículo, sino que también impacta en su comportamiento aerodinámico. La tienda oficial de Liberty Walk ofrece una amplia gama de body kits para diversos modelos de vehículos, enfatizando su compromiso con la personalización y la mejora del rendimiento. Utiliza principalmente fibra de vidrio y fibra de carbono para fabricar sus body kits.

Figura 10. Body Kit McLaren 720S (Fuente: Liberty Walk)

La tendencia en el mercado hacia la personalización y la mejora del rendimiento se ve claramente reflejada en las ofertas de estas marcas, donde la demanda por soluciones que combinan estilo, funcionalidad y sostenibilidad está en aumento. Los consumidores buscan opciones que no solo realcen la estética de sus vehículos, sino que también ofrezcan beneficios tangibles en términos de aerodinámica y eficiencia de combustible.

Entre las empresas especializadas en la fabricación de body kits usando poliuretano, KBD Urethane y Couture Polyurethane destacan por su compromiso con la calidad, durabilidad y diseño innovador. Ambas marcas utilizan poliuretano por sus propiedades superiores, incluyendo flexibilidad extrema y una resistencia casi indestructible, lo que asegura una durabilidad y un ajuste OEM en sus productos.

KBD Urethane se centra en ofrecer productos con un diseño preciso y una instalación sencilla. Se enorgullecen de su fórmula de poliuretano propietaria, que permite que sus paneles de carrocería sean de los más duraderos disponibles en el mercado. Además, cada

pieza es creada desde un concepto hasta la producción final en su instalación en Fullerton, California, garantizando una alta calidad en todos sus componentes.

Figura 11. Nissan 350Z Polyurethane Full Body Kit (Fuente: KBD)

Por otro lado, Couture Polyurethane revolucionó la industria con su línea aerodinámica de lujo. Cada producto de Couture es cuidadosamente diseñado y fabricado, resultando en una creación de alta calidad que incluye guías de instalación, kits de hardware, mallas de aluminio en color negro brillante, y una tarjeta de autenticidad. Couture se recomienda para el entusiasta serio que busca especificaciones OEM en términos de calidad, ajuste y durabilidad.

Figura 12. Gran Veloce Series Body Kit Corvette (Fuente: Duraflexbodykits)

Los enfoques y estilos de diseño de KBD Urethane y Couture Polyurethane reflejan sus filosofías únicas hacia la personalización automotriz, diferenciándose principalmente en su aproximación a la estética y la funcionalidad:

KBD Urethane

- **Enfoque en Durabilidad y Flexibilidad**: KBD Urethane destaca por su fórmula de poliuretano propietaria que hace que sus productos sean extremadamente duraderos y virtualmente indestructibles. Este enfoque garantiza que los body kits puedan soportar el desgaste sin sufrir daños significativos.

- **Diseño Orientado a la Comunidad:** A menudo, KBD responde directamente a las necesidades y deseos de la comunidad de personalización automotriz, desarrollando productos que no solo son funcionales, sino que también realzan la estética de los vehículos en los que se instalan.

- **Variedad para Diversas Marcas:** A través de su amplia gama de productos, KBD busca ofrecer opciones de personalización para una variedad de marcas y modelos de automóviles, lo que indica una flexibilidad en el diseño para adaptarse a las especificaciones particulares de cada vehículo.

Couture Polyurethane

- **Luxury Aerodynamic Line**: Couture se centra en una línea aerodinámica de lujo, poniendo énfasis en la creación de productos que no solo mejoran la apariencia de los vehículos, sino que también optimizan su rendimiento aerodinámico. Su catálogo sugiere un interés por combinar estética con funcionalidad de vanguardia.

- **Alta Calidad y Especificaciones OEM:** Couture promete un nivel de durabilidad y ajuste comparable al de las piezas OEM, lo que sugiere un enfoque en la calidad y la precisión. Esto es especialmente atractivo para los propietarios de automóviles que buscan mejoras que se integren sin problemas con el diseño original de su vehículo.

- **Innovación en el Diseño:** A través de la utilización de poliuretano, Couture busca innovar en el diseño de sus productos, ofreciendo kits aerodinámicos que son tanto revolucionarios en apariencia como en funcionalidad.

Ambas marcas se dedican a utilizar el poliuretano para superar los límites tradicionales de los body kits en términos de durabilidad, flexibilidad y diseño. Mientras KBD Urethane se enfoca en la amplia aplicabilidad y la resistencia de sus productos, Couture Polyurethane pone un mayor énfasis en el lujo aerodinámico y la alta calidad que se ajusta a las especificaciones OEM.

Las piezas OEM, que significan "Original Equipment Manufacturer" (Fabricante de Equipamiento Original), son componentes fabricados por la misma empresa que produjo las partes originales utilizadas cuando el vehículo fue construido por primera vez. Estas

piezas están diseñadas para coincidir exactamente con las que vienen de fábrica con el vehículo, asegurando la misma calidad, ajuste y rendimiento.

Las piezas OEM se distinguen por varias razones clave:

- **Calidad y Ajuste Garantizados:** Dado que son fabricadas por el mismo fabricante del vehículo o bajo sus especificaciones exactas, las piezas OEM aseguran el mejor ajuste y funcionamiento, manteniendo la integridad original del vehículo.

- **Garantía:** Las piezas OEM suelen venir con garantía del fabricante, ofreciendo tranquilidad en caso de defectos o problemas.

- **Durabilidad:** Al ser de la misma calidad que las partes con las que el vehículo salió de la fábrica, las piezas OEM tienden a tener una vida útil más larga comparadas con las alternativas de menor costo.

- **Compatibilidad:** No hay necesidad de preocuparse por problemas de compatibilidad con piezas OEM, ya que están hechas específicamente para modelos y configuraciones particulares de vehículos.

Las piezas OEM suelen ser más caras que las piezas de reemplazo no originales debido a su calidad superior y garantía de ajuste exacto. Sin embargo, para muchos propietarios de vehículos y profesionales de la reparación, el costo adicional vale la pena por la paz mental y el rendimiento garantizado que ofrecen.

2.2 Análisis de la competencia

Continúo mi investigación entendiendo el panorama competitivo específico para los body kits en vehículos del segmento C:

- Lista de los competidores relevantes, incluyendo empresas o diseñadores que ofrecen productos similares.
- Evaluaré los productos de la competencia en términos de diseño, materiales, precios, y características distintivas.
- Comprenderé el posicionamiento en el mercado de estos productos, incluyendo su segmentación de clientes, estrategias de marketing, y canales de distribución.

Para expandir detalladamente el análisis de la competencia en relación con los body kits de poliuretano para vehículos del segmento C, voy a centrarme en considerar las empresas que he identificado anteriormente: KBD Urethane y Couture Polyurethane.

KBD Urethane

- **Productos Ofrecidos:** KBD Urethane se especializa en body kits de poliuretano que se caracterizan por su durabilidad y flexibilidad superior. Su catálogo incluye una amplia gama de componentes como parachoques, taloneras, spoilers y pasa ruedas.
- **Diseño y Materiales:** Los productos de KBD están diseñados para ofrecer un equilibrio entre estética y funcionalidad, utilizando poliuretano de alta calidad que asegura resistencia y adaptabilidad. Sus diseños se adaptan perfectamente a los vehículos, mejorando tanto la apariencia como el rendimiento aerodinámico.
- **Precios y Características Distintivas:** Los precios de KBD Urethane son competitivos dentro del mercado de body kits de poliuretano, ofreciendo una excelente relación calidad-precio. La característica distintiva de KBD es su tecnología de poliuretano que permite una instalación fácil y un ajuste perfecto, eliminando prácticamente la necesidad de modificaciones adicionales.
- **Posicionamiento en el Mercado:** KBD Urethane se posiciona como una marca líder en el segmento de body kits de poliuretano, apuntando a entusiastas del automovilismo y dueños de vehículos que buscan productos de alta calidad y fácil instalación. Utilizan estrategias de marketing digital y colaboraciones con influencias del automovilismo para ampliar su alcance.

Couture Polyurethane

- **Productos Ofrecidos:** Couture Polyurethane ofrece una línea de productos de lujo que incluye parachoques, taloneras, y otras piezas de carrocería diseñadas específicamente para mejorar la estética y la aerodinámica de los vehículos.
- **Diseño y Materiales**: Sus productos están elaborados con poliuretano de alta gama, lo que garantiza una durabilidad excepcional y resistencia a impactos. Los diseños de Couture son reconocidos por su elegancia y por complementar las líneas originales de los vehículos.

- **Precios y Características Distintivas:** Couture se posiciona en un segmento de precio más alto, reflejando la calidad premium y el diseño exclusivo de sus productos. Su distintivo radica en la combinación de funcionalidad aerodinámica y un acabado de lujo que eleva el perfil de cualquier vehículo.

- **Posicionamiento en el Mercado:** Se dirigen a un segmento de mercado de alta gama, enfocándose en propietarios de vehículos que buscan no solo mejorar la funcionalidad sino también la exclusividad de su automóvil. Su marketing se basa en la exclusividad y la calidad superior, utilizando canales como eventos de autos y colaboraciones con talleres de personalización de renombre.

Comparativa y Conclusiones

Ambas marcas, KBD Urethane y Couture Polyurethane, se especializan en el uso de poliuretano para la fabricación de body kits, pero se dirigen a segmentos de mercado ligeramente diferentes. KBD Urethane es ideal para consumidores que valoran la durabilidad, la flexibilidad y la relación calidad-precio, mientras que Couture Polyurethane apela a aquellos que buscan una combinación de lujo, diseño exclusivo y mejora aerodinámica.

2.3 Búsqueda de patente

La búsqueda de patentes es fundamental en mi proyecto. Me aseguro de:

- Acceder a bases de datos de patentes como Google Patents, WIPO, o la Oficina de Patentes y Marcas de mi país para buscar patentes relacionadas con body kits y tecnologías asociadas.

- Estudiar las patentes encontradas para entender el alcance de la protección que ofrecen, los detalles técnicos de las soluciones patentadas, y cualquier limitación potencial a mi trabajo.

- Identificar brechas o áreas de oportunidad que no estén ampliamente cubiertas por patentes existentes, lo cual podría indicar oportunidades para innovar.

Después de una extensa búsqueda en varias fuentes como OMPI, Google Patents, y otros sitios web dedicados a patentes y tecnologías innovadoras, encontré una amplia gama de patentes relacionadas con la impresión 3D y el poliuretano. Sin embargo, entre todas las opciones disponibles, decidí centrarme en resumir dos patentes que me parecieron particularmente interesantes por su relevancia y potencial para contribuir significativamente a los avances en el campo de la impresión 3D y el reciclaje de materiales.

Estas patentes ofrecen soluciones novedosas y prometedoras para mejorar las técnicas de impresión 3D utilizando poliuretano, tanto en términos de procesos de fabricación como de sostenibilidad ambiental. Ambas representan ejemplos destacados de cómo la innovación en materiales y procesos puede abrir nuevas posibilidades para la impresión 3D y el uso eficiente de recursos reciclados.

Análisis de Patentes Relacionadas con Impresión 3D de Poliuretano

- **Patente:** "Dual Cure Polyurethane Formulations for 3D Printing Applications" - Henkel AG & Co. KGaA

- **Resumen:** Esta patente se enfoca en formulaciones de poliuretano para aplicaciones de impresión 3D, destacando la importancia de la adhesión entre capas para lograr objetos tridimensionales estables. Los términos clave incluyen "extrudate strand" para describir la forma del material impreso, y el proceso de curado que puede ser activado por radiación o calor para transformar la composición de un estado flexible a uno más duro, "extrudate strand" se refiere a la hebra o filamento de material que es extruido durante el proceso de impresión 3D. Este término es común en la impresión 3D para describir el material que se deposita capa por capa para formar el objeto tridimensional. La calidad del "extrudate strand" es crucial para asegurar una buena adhesión entre las capas, lo que es fundamental para la integridad estructural y la estabilidad del objeto impreso.

- **Patente:** "Method for Recycling and Reusing Polyurethane Foam"

- **Resumen:** Aunque esta patente se centra más en el reciclaje de espuma de poliuretano para su reutilización en resinas fotocurables, incluye aplicaciones de impresión 3D. Utiliza fotoiniciadores eficaces en el rango de luz UV-visible para curar las resinas, que pueden contener entre el 50% y el 90% de espuma de poliuretano reciclada. La invención se describe como adecuada para diferentes tipos de espuma de poliuretano, ofreciendo un proceso de reciclaje de baja

temperatura, alta eficiencia y requisitos de equipo simples. La patente proporciona ejemplos detallados de cómo reciclar espuma de poliuretano en resinas fotocurables para impresión 3D, mostrando los parámetros específicos de tratamiento térmico y composición de materiales

2.4 Integración en mi TFE

Al integrar estos tres componentes en mi TFG, no solo establezco una base sólida para mi proyecto, demostrando un conocimiento profundo del campo, sino que también identifico una dirección clara para mi innovación. Este enfoque me permite:

- Justificar la necesidad y relevancia de mi propuesta de body kit.
- Garantizar que mi diseño es único y no infringe patentes existentes.
- Distinguir claramente mi trabajo de los productos de la competencia.
- Realizar esta fase con detenimiento y profundidad es crucial para el éxito de mi proyecto, ya que proporciona la justificación y el marco necesarios para desarrollar una propuesta de valor clara y bien fundamentada.

Para mi proyecto, considerando un equilibrio entre precio, rendimiento y estética, el poliuretano emerge como la mejor opción. Ofrece una combinación única de flexibilidad, durabilidad y facilidad de instalación, lo cual es crucial para aplicaciones de body kits en vehículos.

Después de un análisis detallado del mercado de body kits para vehículos del segmento C, he decidido centrar más mi proyecto en la filosofía y productos de KBD Urethane. Esta decisión se basa en varios factores clave que alinean a KBD Urethane estrechamente con los objetivos y criterios de mi proyecto.

KBD Urethane se distingue en la industria por su compromiso con la innovación práctica y la accesibilidad. Su enfoque en la utilización de poliuretano de alta calidad para la fabricación de body kits no solo asegura una durabilidad y flexibilidad superiores, sino que también garantiza un ajuste perfecto y una instalación sencilla. Estas características son fundamentales para mi proyecto, ya que busco soluciones que puedan ser fácilmente adoptadas por entusiastas del automovilismo y propietarios de vehículos del segmento C sin requerir modificaciones extensas o especializadas.

Además, la relación calidad-precio que ofrece KBD Urethane es especialmente atractiva. Sus productos proporcionan un equilibrio óptimo entre rendimiento, estética y costo, lo que los hace accesibles para una amplia gama de usuarios. Este enfoque pragmático y enfocado en el cliente resuena con la visión de mi proyecto, que aspira a mejorar la accesibilidad y practicidad de las modificaciones de vehículos.

Sin embargo, para la producción del parachoques de mi body kit, he optado por adoptar una técnica de fabricación que difiere de los métodos convencionales utilizados por la empresa. En lugar de utilizar moldes preexistentes, mi enfoque será emplear la impresión 3D.

Por estos motivos, la impresión 3D se presenta como una opción viable para la fabricación en poliuretano, permitiendo una rápida iteración del diseño y la fabricación de prototipos a un costo reducido.

2.4.1 ¿Por qué la impresión 3D con poliuretano?

Flexibilidad y Durabilidad

El poliuretano es conocido por su flexibilidad y durabilidad, características que son esenciales para los componentes de body kits que deben soportar impactos y vibraciones sin dañarse. La impresión 3D permite diseñar estructuras complejas que maximizan estas propiedades, creando piezas que pueden absorber mejor los impactos y adaptarse a las especificaciones exactas del vehículo.

Personalización

La impresión 3D sobresale en la producción de componentes personalizados y de ajuste preciso. Dado que los body kits a menudo necesitan adaptarse a modelos específicos de vehículos, la capacidad de personalizar cada pieza para un ajuste perfecto es una ventaja significativa. Esto es especialmente relevante para vehículos del segmento C, donde la estética y el rendimiento aerodinámico pueden ser tan críticos como la funcionalidad.

Eficiencia de Producción

Comparada con métodos de fabricación tradicionales, la impresión 3D puede ser más eficiente en términos de tiempo y costos, especialmente para series pequeñas o prototipos. Esto permite un desarrollo de producto más ágil y reduce los costes de inventario, ya que las piezas se pueden producir bajo demanda sin necesidad de moldes costosos.

Sostenibilidad

El uso de poliuretano en combinación con la impresión 3D favorece prácticas de producción sostenibles. Esta técnica minimiza el desperdicio de material al usar solo la cantidad necesaria para cada pieza, y los materiales sobrantes o las piezas defectuosas pueden ser reciclados o reutilizados de manera más eficiente que con otras técnicas de fabricación.

La combinación de poliuretano con la impresión 3D ofrece una solución potente para la fabricación de body kits. Esta metodología no solo aprovecha las propiedades inherentes del material elegido, sino que también responde a la demanda de personalización, eficiencia y sostenibilidad en la producción automotriz moderna. La capacidad de crear diseños complejos y personalizados, junto con la reducción de desperdicios y la adaptabilidad del proceso, hace que la impresión 3D sea la técnica de fabricación ideal para este proyecto.

Específicamente, me he enfocado en investigar la tecnología proporcionada por Chromatic 3D Materials, que permite la creación de piezas elastoméricas duraderas y flexibles mediante el uso de elastómeros termoestables de poliuretano. Esta decisión está motivada por varias consideraciones clave:

Personalización y Complejidad del Diseño

La impresión 3D me ofrece una flexibilidad sin precedentes en el diseño, permitiéndome experimentar con formas y estructuras complejas que serían difíciles, si no imposibles, de lograr con moldes tradicionales. Esto es especialmente relevante para mi proyecto donde la innovación y la personalización son fundamentales.

Propiedades del Material

El poliuretano termoestable utilizado en la tecnología de Chromatic 3D Materials ofrece las propiedades de durabilidad y flexibilidad que busco para mi body kit. Estas propiedades aseguran que el componente no solo tenga un excelente rendimiento y resistencia al impacto, sino que también mantenga una estética de alta calidad.

Integración con Tecnología Avanzada

La decisión de utilizar impresión 3D refleja un compromiso con la integración de tecnologías avanzadas en el diseño y la fabricación automotriz. Al adoptar este enfoque, mi proyecto no solo explora las capacidades actuales de la fabricación aditiva, sino que también anticipa futuras innovaciones en el campo.

En conclusión, aunque me inspiro en la filosofía de una empresa líder en el uso de poliuretano para componentes automotrices, he decidido avanzar con un método de fabricación que aprovecha las últimas innovaciones en impresión 3D proporcionadas por Chromatic 3D Materials. Esta elección estratégica me permite explorar nuevas fronteras en el diseño de body kits.

2.4.2 Propuesta de innovación para trabajo con poliuretano en impresión 3D

Basándome en el análisis de las patentes anteriores, una posible innovación podría ser el desarrollo de una formulación de resina de poliuretano reciclado optimizada para aplicaciones de impresión 3D específicas, como piezas o componentes para la industria automotriz, donde se requieran propiedades mecánicas ajustadas y personalizadas. Esta formulación podría:

- Incorporar un sistema de curado dual (como se menciona en la primera patente), permitiendo una manipulación inicial fácil de las piezas impresas seguida de un curado final más intenso para propiedades mecánicas mejoradas.
- Aprovechar los avances en el reciclaje de poliuretano (segunda patente) para mejorar la sostenibilidad del proceso de fabricación, utilizando poliuretano reciclado como componente principal de la resina.
- Personalización según la aplicación: Desarrollar varias fórmulas enfocadas en diferentes aplicaciones, ajustando propiedades como la flexibilidad, la resistencia al impacto y la durabilidad, dependiendo del uso final de la pieza impresa.
- Este enfoque no solo impulsa la economía circular al reducir la necesidad de poliuretano virgen, sino que también abre nuevas aplicaciones para materiales reciclados, potencialmente mejorando las propiedades de los objetos impresos en 3D y ampliando las capacidades de la impresión 3D con poliuretano.

La innovación de la patente no solo aporta una diferenciación clave en el mercado, sino que también garantiza que mi diseño sea único y no infrinja patentes existentes. Esta singularidad es fundamental por varias razones.

Al desarrollar un body kit que incorpora elementos innovadores patentados, minimizo el riesgo de enfrentar demandas por infracción de patentes, un aspecto crucial en la industria automotriz donde los derechos de propiedad intelectual se toman muy en serio y las disputas legales pueden ser costosas. Esta estrategia no solo me protege legalmente, sino que también me proporciona una ventaja competitiva en el mercado. Al ser el único autorizado para utilizar la innovación patentada en mis body kits, puedo ofrecer características exclusivas que no están disponibles en los productos de la competencia.

Además, la obtención de una patente es un reconocimiento oficial de la novedad y utilidad de mi innovación, lo cual no solo refuerza la posición de mi diseño en el mercado, sino que también atrae a clientes que valoran la tecnología avanzada y la exclusividad. Con una patente, también tengo la opción de licenciar mi tecnología a otros fabricantes, creando una nueva fuente de ingresos. Esta estrategia puede ser particularmente útil si decido expandir mi alcance en el mercado sin incurrir en los costos asociados con la fabricación y distribución a gran escala.

2.4.3 Modelo Golf 3D

Para optimizar mi tiempo y enfocarme exclusivamente en el diseño del body kit, decidí descargar un modelo 3D gratuito de un Volkswagen Golf Mk1 del año 1974 a escala 1:12 desde la página Sketchfab. Este enfoque me permite concentrarme en los detalles específicos y las modificaciones del body kit sin la carga adicional de modelar todo el vehículo desde cero, una tarea que hubiera requerido un tiempo de trabajo significativamente mayor e inalcanzable para mis objetivos actuales.

Inicialmente, el modelo 3D del Volkswagen Golf Mk1 que encontré estaba creado en Blender, un popular software de modelado 3D, y estaba guardado en formato STL (Standard Triangle Language). Este formato es comúnmente utilizado para la impresión 3D y la visualización de modelos, pero para mi proyecto necesitaba trabajar en CATIA, una plataforma avanzada de diseño e ingeniería. Para lograr esto, utilicé un módulo específico dentro de CATIA llamado STL Rapid Prototyping. Este módulo está diseñado para facilitar la importación y conversión de archivos STL a formatos compatibles con CATIA, permitiéndome así manipular y adaptar el modelo con todas las herramientas avanzadas que ofrece CATIA para el desarrollo del body kit. Este proceso fue crucial para asegurar que los detalles del diseño se mantuvieran precisos y que el modelo final pudiera ser utilizado eficazmente para simulaciones y evaluaciones más complejas.

3 Metodología

3.1 Diseño conceptual

- **Bocetos Preliminares del Body Kit:** Comenzaré por realizar bocetos preliminares del body kit, utilizando tanto técnicas de dibujo manual como ayuda de software de diseño asistido por computadora (CAD) para explorar diferentes estilos y formas que complementen la estética general del vehículo. Estos bocetos serán la base para definir la dirección estilística del proyecto.

- **Informe sobre las Opciones de Anclaje Evaluadas y su Viabilidad:** Investigaré diversas opciones de anclaje para el body kit, considerando tanto soluciones existentes como posibles innovaciones. Analizaré su viabilidad técnica y la integración con el vehículo. Este proceso culminará con un informe detallado que presentará las opciones de anclaje consideradas, justificando la elección final basada en criterios de seguridad, eficiencia aerodinámica y facilidad de instalación.

3.2 Desarrollo y modelado en 3D

- **Estudio de la Distribución de Pesos y su Impacto en el Vehículo:** Analizaré cómo el body kit afecta la distribución de pesos del vehículo. Este estudio me permitirá hacer ajustes necesarios para asegurar que el diseño final sea tanto estéticamente agradable como funcionalmente eficaz.

- **Modelos 3D Detallados del Diseño del Body Kit:** Con los bocetos preliminares como referencia, procederé a desarrollar modelos 3D detallados utilizando software CAD. Esto me permitirá perfeccionar el diseño, ajustar las dimensiones y preparar el modelo para las simulaciones aerodinámicas.

- **Simulaciones de Flujo de Aire y Análisis Aerodinámico:** Utilizaré software de dinámica de fluidos computacional (CFD) para realizar simulaciones de flujo de aire alrededor del body kit. Esto me ayudará a optimizar el diseño para mejorar la eficiencia aerodinámica y reducir la resistencia al aire.

3.3 Análisis y conclusiones

- **Comparación, análisis y valoración de la implementación del body kit en todas las implicaciones**

Este enfoque me permitirá abordar cada aspecto crítico del diseño y fabricación del body kit de manera estructurada, desde la conceptualización hasta la presentación final del proyecto, asegurando un producto final bien fundamentado y técnicamente viable.

4 Diseño conceptual

Para la fase de diseño de mi proyecto, comencé explorando una amplia variedad de bocetos y formas para el body kit destinado a instalarse en un Volkswagen Golf Mk1. Este proceso inicial fue vital para desbloquear mi creatividad y visualizar las múltiples posibilidades que podrían complementar estéticamente el vehículo y mejorar su rendimiento aerodinámico. Me sumergí en la creación de varios diseños, experimentando con líneas, contornos y elementos que pudieran capturar la esencia de una mejora tanto funcional como visualmente atractivo.

Enfrenté algunas dificultades con el dibujo a mano. No soy muy diestro en esa técnica, lo que inicialmente me frustraba porque no conseguía plasmar mis ideas de manera precisa en el papel. Sin embargo, encontré una solución eficaz al incorporar herramientas de diseño digital en mi proceso creativo.

Una de las herramientas que revolucionó mi manera de trabajar fue Sketchbook, una aplicación disponible para iPad. Esta aplicación me permitió aprovechar la tecnología del lápiz de Apple, diseñado específicamente para ofrecer una experiencia de dibujo más natural y detallada. La sensibilidad a la presión y la precisión del lápiz me ayudaron a crear bocetos mucho más precisos y detallados, acercándome más al diseño que tenía en mente.

El uso de Sketchbook me facilitó experimentar con diferentes estilos y técnicas sin el temor de desperdiciar materiales o tener que empezar de nuevo desde cero cada vez. Además, la aplicación ofrece una gama de herramientas y pinceles que simulan diferentes texturas y efectos, lo que enriqueció mi proceso de diseño. Realicé numerosos bocetos, explorando diversas ideas y concepto. Sin embargo, decidí seleccionar y utilizar solo aquellos bocetos que consideré que quedaron más acorde con el resultado final. Siempre partía del modelo de Golf 3D que había editado.

Algunas de las formas más complejas y detalladas que había imaginado resultaron ser extremadamente difíciles de modelar de manera precisa en Catia, lo que podría comprometer la viabilidad de producción y la funcionalidad del producto final. Esta realidad me obligó a revisar y refinar mis diseños, buscando un equilibrio entre la estética deseada y las restricciones prácticas de la modelación y fabricación 3D.

Reducir la complejidad no significó comprometer la innovación o la funcionalidad del diseño. En cambio, se convirtió en una oportunidad para concentrarme en las características más impactantes y realizar ajustes que no solo facilitaran la manufactura del body kit, sino que también aseguraran su desempeño aerodinámico y su compatibilidad con el vehículo. Este proceso de iteración y adaptación fue esencial para avanzar hacia un diseño final que fuera tanto técnicamente factible como estéticamente agradable, alineándose con los objetivos de mi proyecto.

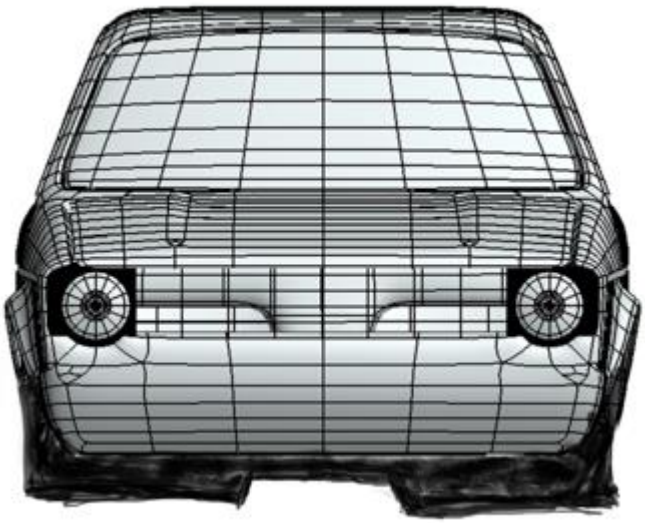

Figura 13. Diseño de opción 1 del spoiler delantero Fuente: (Sketchbook)

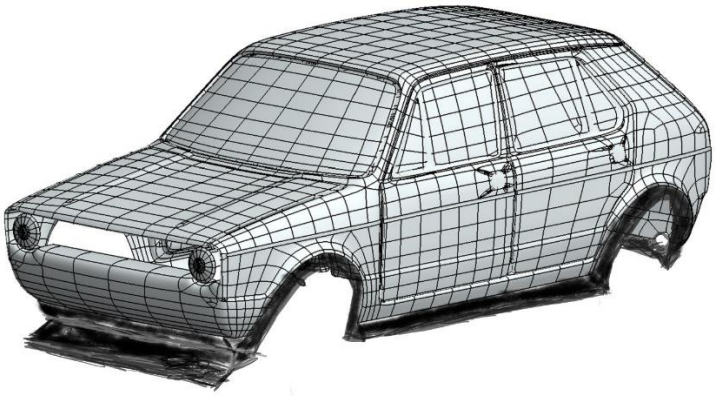

Figura 14. Diseño de opción 2 del spoiler delantero (Fuente: Sketchbook)

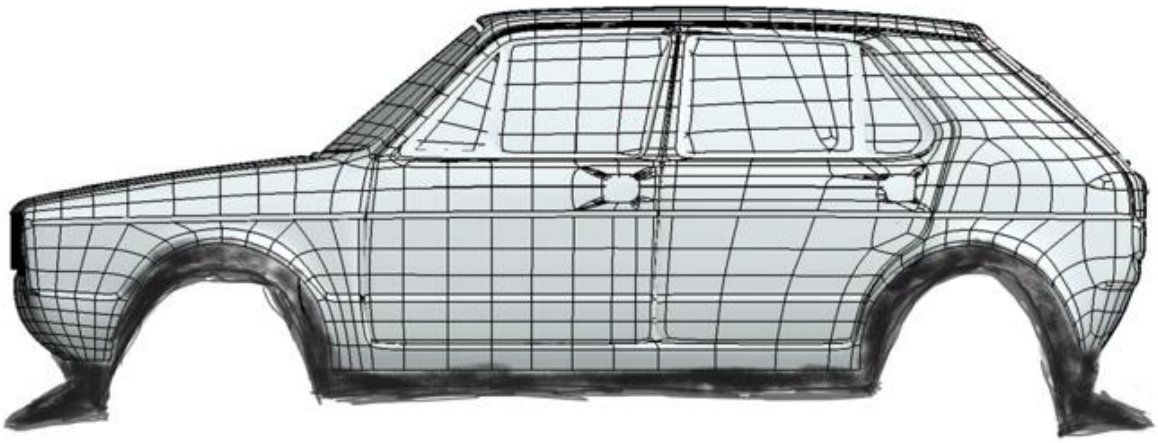

Figura 15. Vista perfil del diseño (Fuente: Sketchbook)

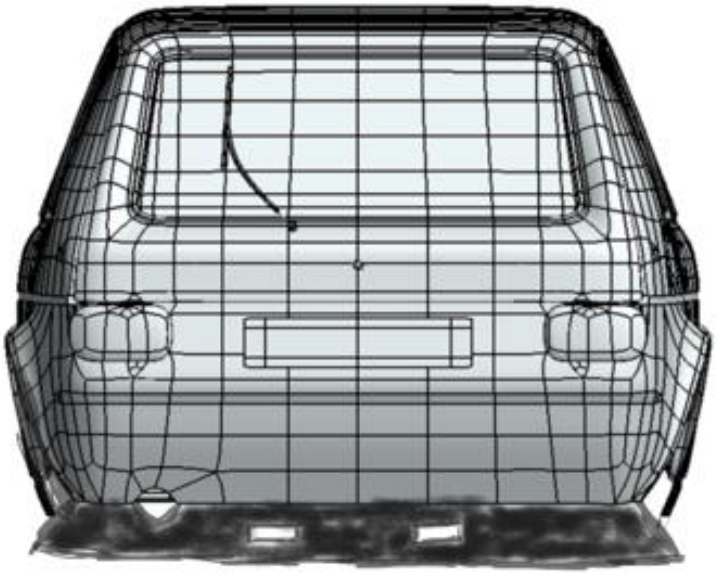

Figura 16. Diseño de opción 1 del spoiler trasero Fuente: (Sketchbook)

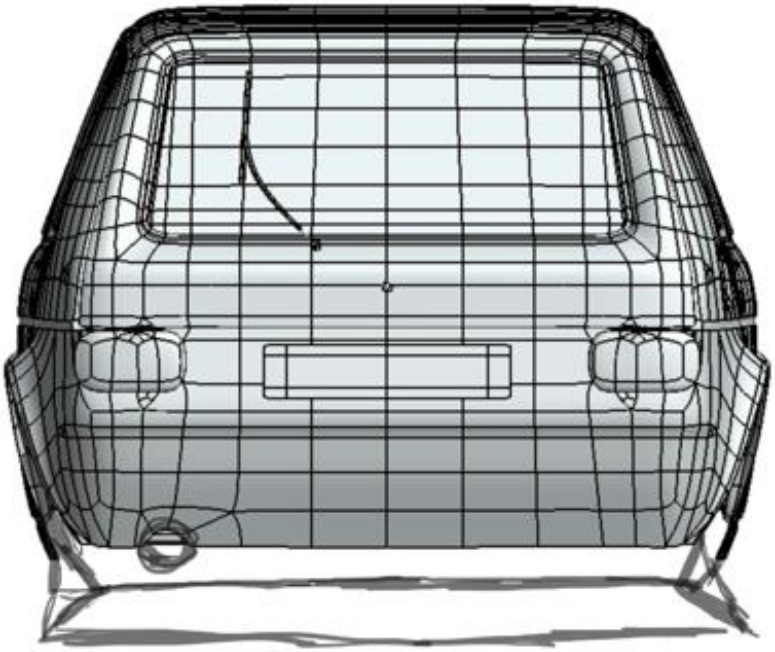

Figura 17. Diseño de opción 2 del spoiler trasero Fuente: (Sketchbook)

4.1 Opciones de anclaje

Una vez elegida la técnica de fabricación y el material para el body kit, la selección de las opciones de anclaje es fundamental. Considerando los criterios de seguridad, eficiencia aerodinámica y facilidad de instalación, he hecho una comparativa de las mejores opciones:

Anclajes Mecánicos Directos:

- **Ventajas:** Proporcionan una conexión sólida y segura entre el body kit y el vehículo. Son relativamente fáciles de instalar y remover, lo que facilita las reparaciones y el mantenimiento.
- **Desventajas:** Pueden requerir perforaciones en la carrocería del vehículo, lo cual podría aumentar el riesgo de corrosión si no se tratan adecuadamente.
- **Aplicación:** Ideal para partes del body kit que experimentan altas cargas aerodinámicas, como el spoiler delantero y el difusor trasero.

Figura 18. Anclaje de un paso de rueda con tornillos (Fuente: mlin.es)

Sistemas de Encaje y Clip:

- **Ventajas:** Eliminan la necesidad de perforar la carrocería, preservando la integridad estructural del vehículo. Son muy fáciles de instalar y desmontar, lo que los hace ideales para aplicaciones temporales o ajustes rápidos.

- **Desventajas:** Pueden no ofrecer la misma rigidez que los anclajes mecánicos, lo que podría ser una desventaja en condiciones de alta velocidad.

- **Aplicación:** Perfectos para faldones laterales y extensiones de parachoques, donde las cargas aerodinámicas son menores.

Figura 19. Anclaje de un parachoques con clips (Fuente: mundicoche.com)

Adhesivos Automotrices de Alta Resistencia:

- **Ventajas:** Proporcionan una instalación limpia y sin perforaciones, manteniendo la aerodinámica y la estética del vehículo. Los adhesivos modernos ofrecen una adherencia excepcional y durabilidad.

- **Desventajas:** Una vez aplicados, los componentes son difíciles de remover sin dañar la pintura o el material del body kit. La preparación de la superficie es crítica para garantizar una buena adhesión.

- **Aplicación:** Ideal para spoilers, alerones y otros componentes aerodinámicos que requieren una superficie de contacto suave y continua para funcionar eficazmente.

Figura 20. Anclaje con adhesivo en la carrocería de un coche (Fuente: 16valvulas.com)

Sistemas de Anclaje Magnético:

- **Ventajas:** Permiten una instalación y remoción extremadamente rápida y fácil, sin dañar la carrocería del vehículo. Son reutilizables y ajustables.

- **Desventajas:** Los imanes deben ser lo suficientemente fuertes para soportar las fuerzas aerodinámicas, lo que puede incrementar el costo. Además, pueden no ser adecuados para todas las partes del body kit debido a limitaciones de peso y tamaño.

- **Aplicación:** Adecuados para aplicaciones donde se requiere flexibilidad y un cambio frecuente de componentes, como en el automovilismo.

Figura 21. Placa magnética muy fuerte para unir piezas de un parachoques (Fuente: magdaddy.com)

4.2 Elección de anclaje

Dado el uso de poliuretano como material y la impresión 3D como técnica de fabricación para el body kit, la opción de anclaje que elijo es el uso de adhesivos automotrices de alta resistencia. A continuación, detallaré el por qué esta opción es la más adecuada:

Compatibilidad Material-Adhesivo

El poliuretano posee una excelente adherencia a los adhesivos diseñados específicamente para la industria automotriz. Estos adhesivos están formulados para crear uniones fuertes y duraderas con una variedad de plásticos y polímeros, asegurando una integración sólida y confiable del body kit al vehículo.

Integridad Estructural

Utilizar adhesivos evita la necesidad de perforar tanto el body kit de poliuretano como la carrocería del vehículo. Esto preserva la integridad estructural del automóvil y evita potenciales puntos débiles o entradas para la corrosión, manteniendo la resistencia original del material y la carrocería.

Aerodinámica Mejorada

La impresión 3D permite diseñar y fabricar componentes con superficies complejas y optimizadas aerodinámicamente. La unión adhesiva facilita una transición suave entre el body kit y la carrocería del vehículo, eliminando irregularidades que puedan perturbar el flujo de aire, crucial para mantener y mejorar las características aerodinámicas del vehículo.

Facilidad de Instalación y Remoción

Aunque los adhesivos crean uniones fuertes, existen disolventes y técnicas específicas que permiten su remoción sin dañar el poliuretano o la pintura del vehículo. Esto proporciona cierta flexibilidad para futuras modificaciones, reparaciones, o en caso de necesitar reemplazar alguna parte del body kit.

Durabilidad y Resistencia a las Condiciones Ambientales

Los adhesivos automotrices de alta resistencia están diseñados para soportar extremas condiciones ambientales, incluyendo variaciones de temperatura, humedad, exposición UV, y sustancias químicas como aceites y combustibles. Esto asegura que el body kit permanezca firmemente unido al vehículo a lo largo de su vida útil, sin comprometer la calidad o la seguridad.

Conclusión

En lo que respecta el tipo de adhesivo, para garantizar que la opción de anclaje seleccionada sea la más adecuada, es importante llevar a cabo una evaluación exhaustiva de las propiedades del adhesivo en relación con las características específicas del poliuretano utilizado y las demandas del entorno operativo. Esto implica considerar factores como la resistencia a la tracción, la flexibilidad, la resistencia a la temperatura y la compatibilidad química con el poliuretano.

La resistencia a la tracción es vital para asegurar que la unión pueda soportar las fuerzas aerodinámicas a las que se enfrentará el vehículo a altas velocidades sin fallo mecánico. Por otro lado, la flexibilidad del adhesivo es esencial para absorber las vibraciones y los impactos, evitando la propagación de grietas o desprendimientos en el body kit durante el uso normal.

La resistencia a la temperatura garantiza que el adhesivo mantenga su integridad y propiedades adhesivas a lo largo de las variaciones de temperatura que pueda experimentar el vehículo, desde condiciones de frío extremo hasta el calor generado en el compartimiento del motor o por la fricción aerodinámica a altas velocidades. Además, la compatibilidad química entre el adhesivo y el poliuretano es importante para prevenir reacciones adversas que puedan debilitar la unión o degradar el material del body kit.

Por ello habría que consultar fichas técnicas y estudios de caso proporcionados por fabricantes de adhesivos para identificar productos que hayan demostrado un rendimiento bueno en aplicaciones similares. También podría ser beneficioso establecer colaboraciones con instituciones de investigación o empresas especializadas en materiales para realizar pruebas de laboratorio que simulen las condiciones reales a las que estará sujeto el body kit. Estas pruebas pueden incluir ensayos de tracción, envejecimiento acelerado, ciclos de temperatura y análisis de compatibilidad química, proporcionando una base sólida para la selección del adhesivo más adecuado.

La documentación detallada de los resultados de las pruebas y la justificación de la elección del adhesivo no solo respaldarían la viabilidad técnica del proyecto, sino que también reforzarán la originalidad y la innovación del diseño del body kit, aspectos clave para la protección de la propiedad intelectual y la diferenciación en el mercado.

Debido a la complejidad y los recursos limitados de mi proyecto, no podré llevar a cabo la evaluación exhaustiva necesaria para garantizar la elección óptima del adhesivo. Esto incluye la investigación detallada sobre la resistencia a la tracción, flexibilidad, resistencia a la temperatura y compatibilidad química con el poliuretano, así como pruebas de laboratorio avanzadas y consultas con fabricantes y expertos en materiales.

Por lo tanto, aunque la idea de utilizar adhesivos como método de anclaje es prometedora y podría diferenciar significativamente mi proyecto en el mercado, debo priorizar enfoques que se ajusten mejor a las capacidades actuales y al alcance definido para mi investigación.

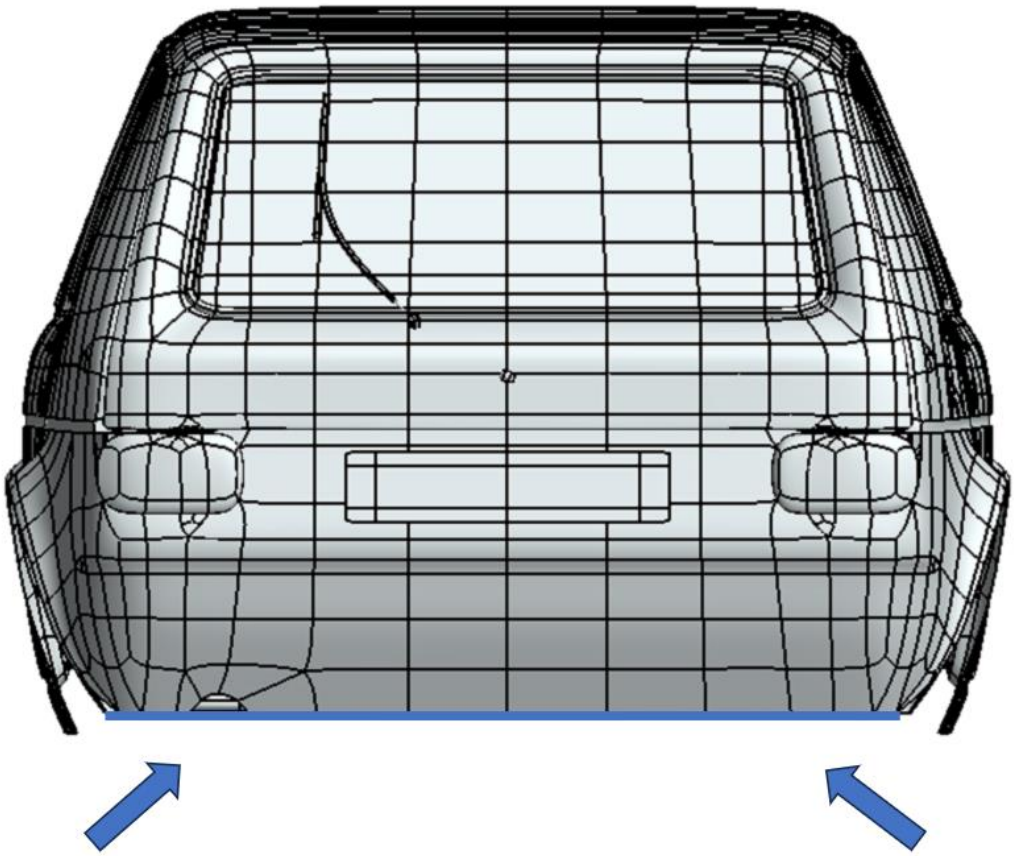

Figura 22. Zona de anclaje con adhesivo del spoiler trasero en la carrocería del coche (Fuente: CATIA)

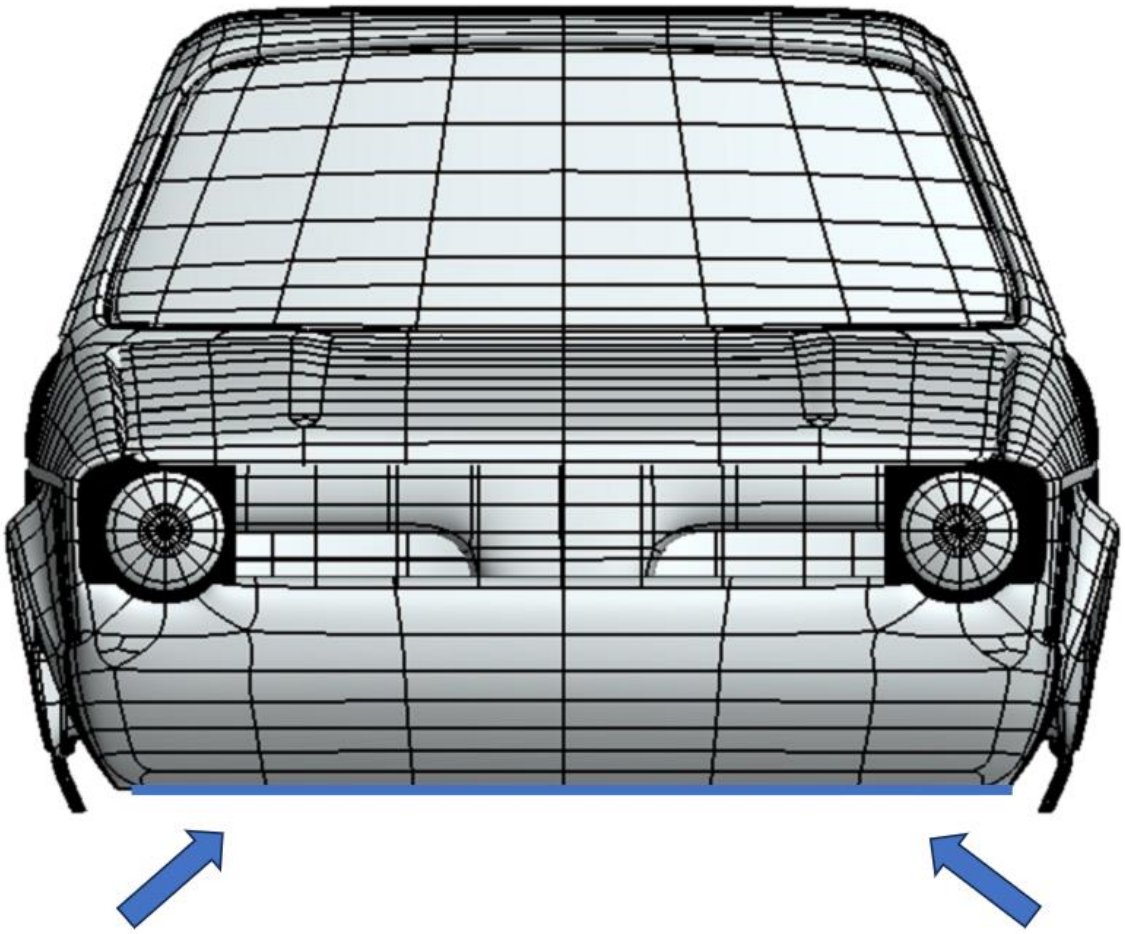

Figura 23. Zona de anclaje con adhesivo del spoiler delantero en la carrocería del coche (Fuente: CATIA)

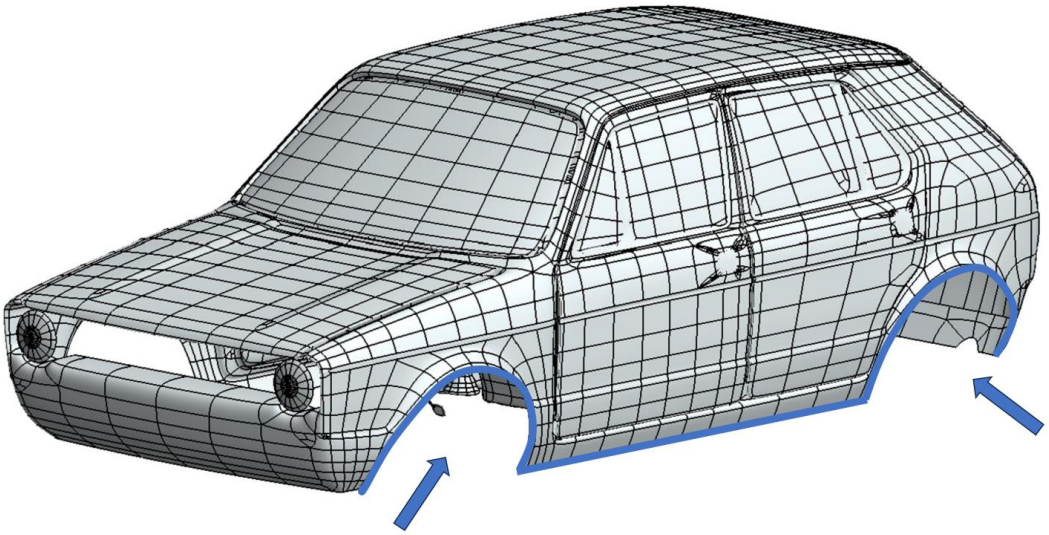

Figura 24. Zona de anclaje con adhesivo de la talonera en la carrocería del coche (Fuente: CATIA)

5 Desarrollo y modelado en 3D

5.1 Escala y modelo

En el desarrollo de mi trabajo, opté por trabajar con un modelo de diferente escala real del Volkswagen Golf MK1. La decisión de utilizar una escala de 1:12 fue estratégicamente pensada para optimizar la manejabilidad y la eficiencia computacional durante las simulaciones y análisis de datos.

Justificación de la Escala

La reducción de escala significa que todas las dimensiones físicas del vehículo son reducidas a una doceava parte de su tamaño original. Esta decisión es crucial para la gestión de recursos computacionales y para asegurar la precisión en los análisis. Al emplear un modelo de menor tamaño, los requisitos de memoria y procesamiento se ven significativamente reducidos. Esto es especialmente importante cuando se realizan simulaciones detalladas que involucran complejas redes de elementos finitos o se procesan grandes volúmenes de datos en estudios de dinámica vehicular.

El empleo de un modelo a escala 1:12 me permite realizar múltiples iteraciones de pruebas en un entorno controlado, facilitando ajustes rápidos y eficientes en los parámetros de estudio. Además, la escala reducida posibilita una simplificación en los modelos de simulación, lo cual disminuye el error computacional y acelera los tiempos de procesamiento sin sacrificar la precisión de los resultados.

Dado que todas las propiedades físicas, como la masa, la inercia y las fuerzas involucradas, se ajustan conforme a la escala, es fundamental recalibrar los modelos matemáticos para garantizar que los resultados sean extrapolables al tamaño real. Propiedades como la rigidez estructural y la aerodinámica necesitan ser ajustadas proporcionalmente para reflejar las condiciones reales que experimentaría el vehículo a tamaño completo.

Una ventaja adicional de utilizar un modelo a menor escala es la reducción en el costo computacional asociado con pruebas de colisión y simulaciones aerodinámicas. Estas pruebas, cuando se realizan en modelos a escala completa, pueden requerir una cantidad considerable de recursos y largos tiempos de cálculo. Al reducir la escala, logro una mayor eficiencia, permitiendo la ejecución de más simulaciones en menos tiempo, lo que es vital dado las limitaciones de tiempo y recursos en un contexto académico.

En conclusión, la elección de trabajar con un modelo a escala 1:12 del Volkswagen Golf MK1 no solo ha permitido una gestión más eficiente de los recursos computacionales, sino que también ha facilitado un entorno más ágil para la experimentación y validación de teorías y modelos de comportamiento vehicular en mi investigación.

Diseño 3D

Comencé con la idea de diseñar un coche completo por mí mismo, pero pronto me di cuenta de que era una tarea enorme, así que opté por una estrategia más práctica. Decidí utilizar un modelo ya hecho de un Golf MK1 en un formato apto para impresión 3D. Aunque esto simplificaba las cosas, me enfrenté a un desafío inesperado: necesitaba una licencia de CATIA, que es bastante costosa, para convertir el archivo STL de impresión 3D al formato de CATIA. Hablé con mi empresa y, afortunadamente, pude obtener la licencia necesaria.

Sin embargo, cuando realicé la conversión, me encontré con que el coche había perdido muchas piezas en el proceso. Me vi en la tarea de reconstruir el modelo en CATIA, y casi me costó tanto trabajo como si lo hubiera diseñado desde cero, aunque de una forma más sencilla.

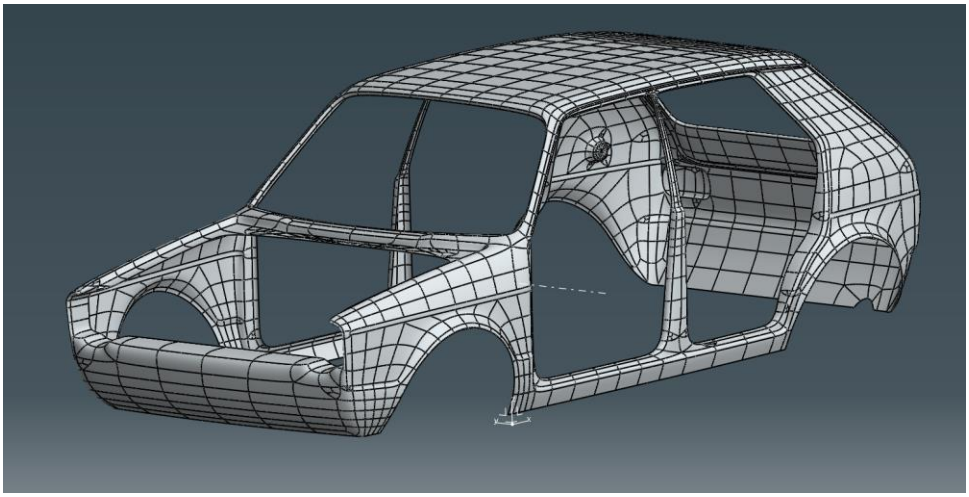

Figura 25. Golf Mk1 reconvertido de STL a CATIA (Fuente: CATIA)

La primera fase consistió en tomar medidas precisas del vehículo. Esto incluyó las dimensiones generales del coche, así como los puntos específicos donde se instalarían las piezas del kit, como el parachoques delantero, las taloneras y el parachoques trasero. Utilizando software de diseño asistido por computadora (CAD), en este caso CATIA, modelé cada componente con gran detalle, asegurándome de que las dimensiones coincidieran exactamente con las áreas correspondientes en el vehículo. Este proceso garantiza que cada parte del body kit se adapte sin problemas, manteniendo suficiente espacio para el movimiento normal del vehículo y evitando interferencias con componentes críticos como las ruedas o el sistema de escape. Al hacer las mediciones del vehículo se cogieron los puntos más extremos del modelo y me dieron valores adecuados en relación con la escala a la que estaba hecho el coche, con una altura de 116.380 mm, una anchura de 161.099 mm y una longitud de 365.019 mm.

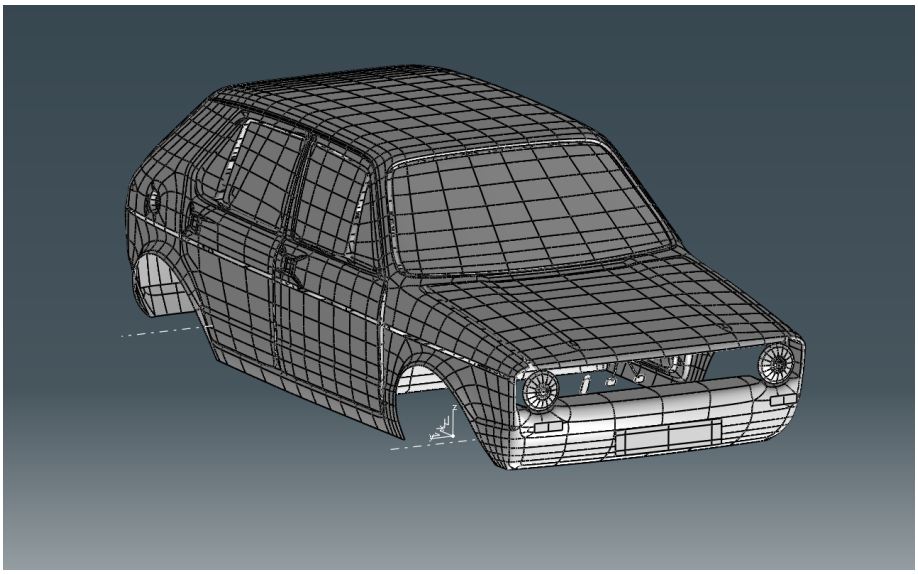

Figura 26. Reconstrucción del modelo en CATIA (Fuente: CATIA)

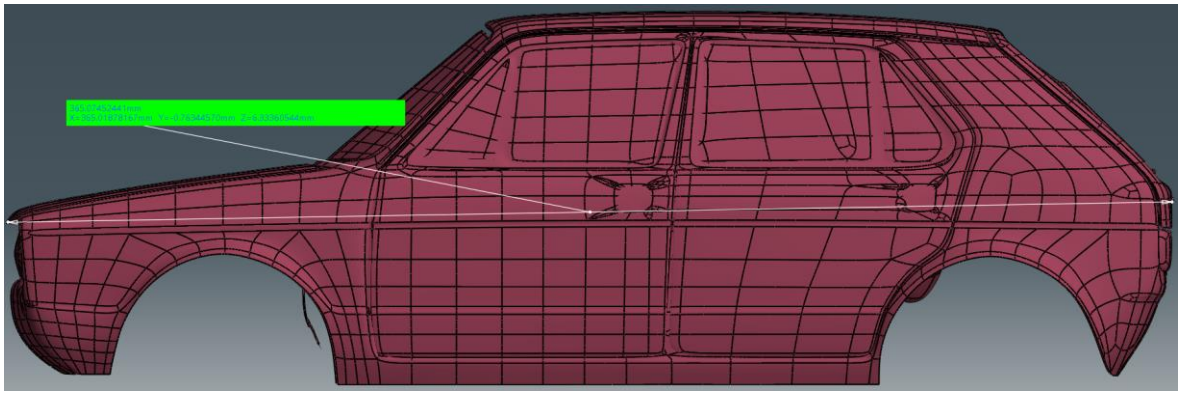

Figura 27. Medida de la longitud del modelo del coche CATIA (Fuente: CATIA)

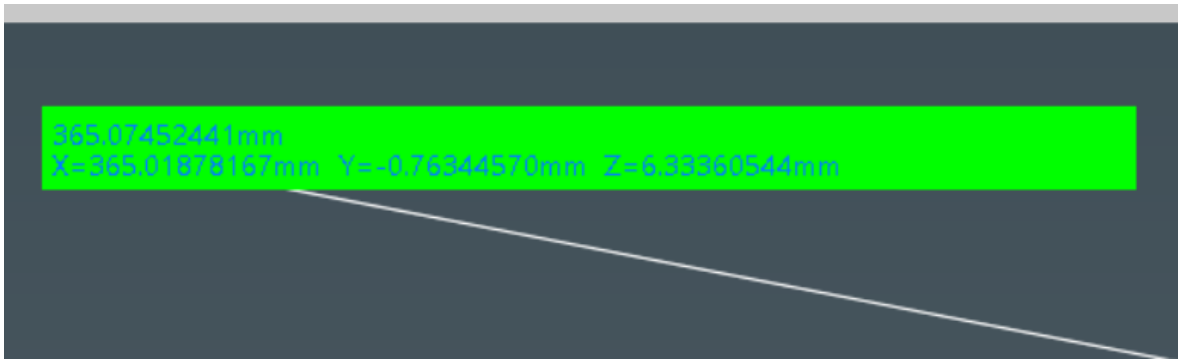

Figura 28. Zoom de la medida de la longitud del modelo del coche CATIA (Fuente: CATIA)

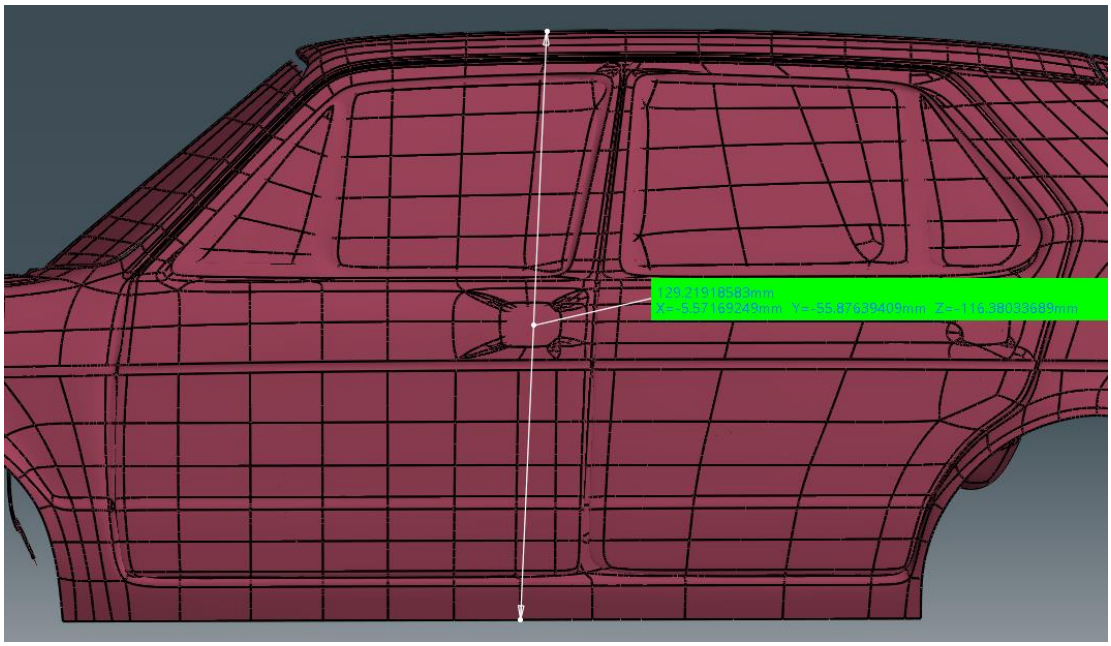

Figura 29. Medida de la altura del modelo del coche CATIA (Fuente: CATIA)

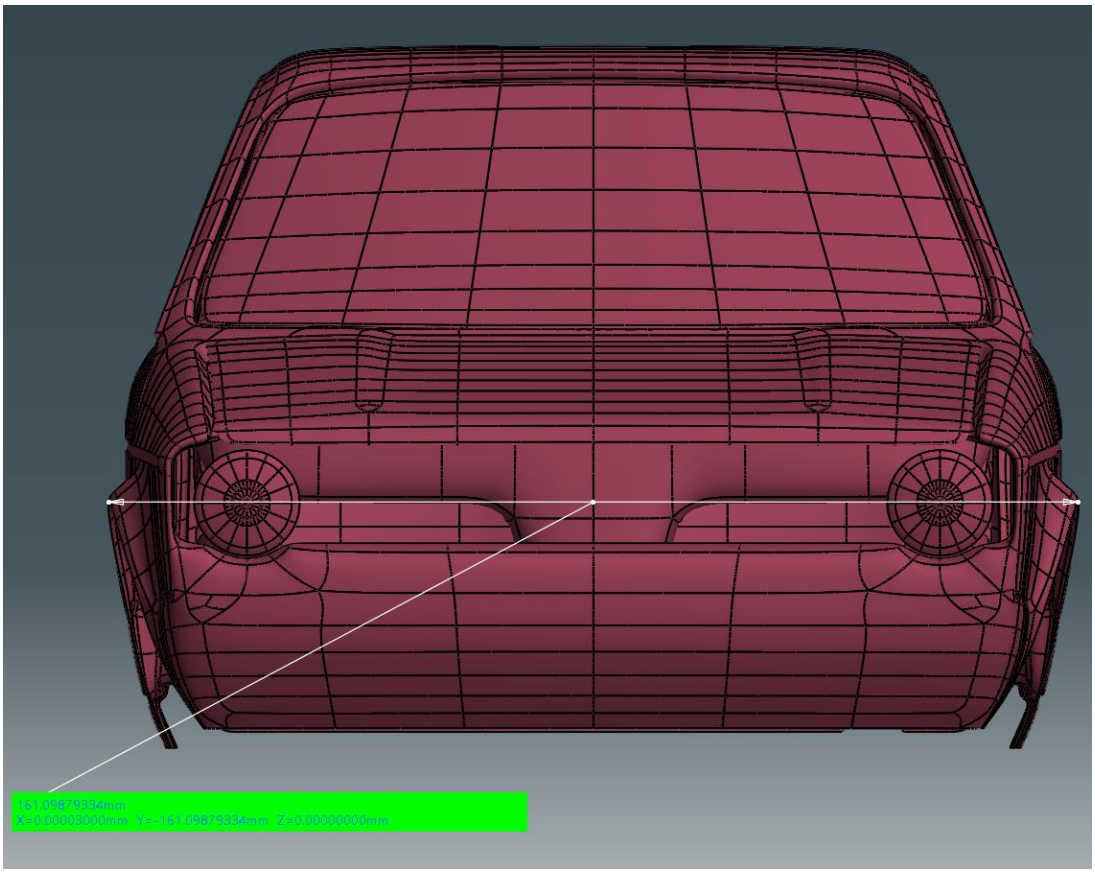

Figura 30. Medida de la anchura del modelo del coche CATIA (Fuente: CATIA)

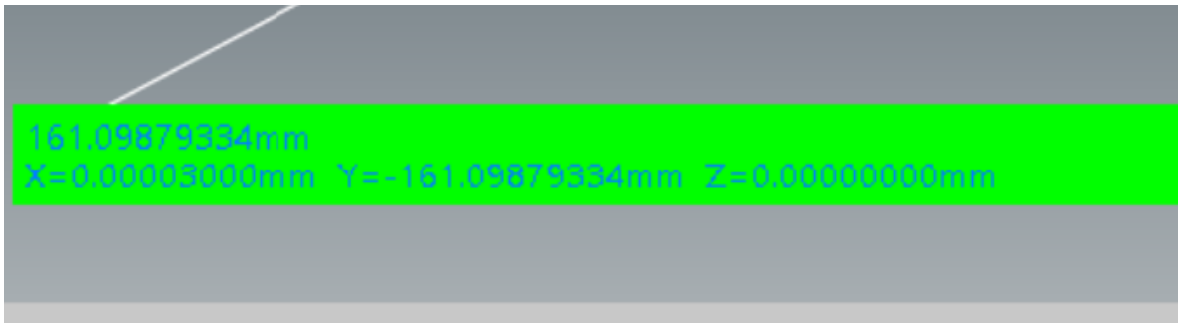

Figura 31. Zoom de la medida de la anchura del modelo del coche CATIA (Fuente: CATIA)

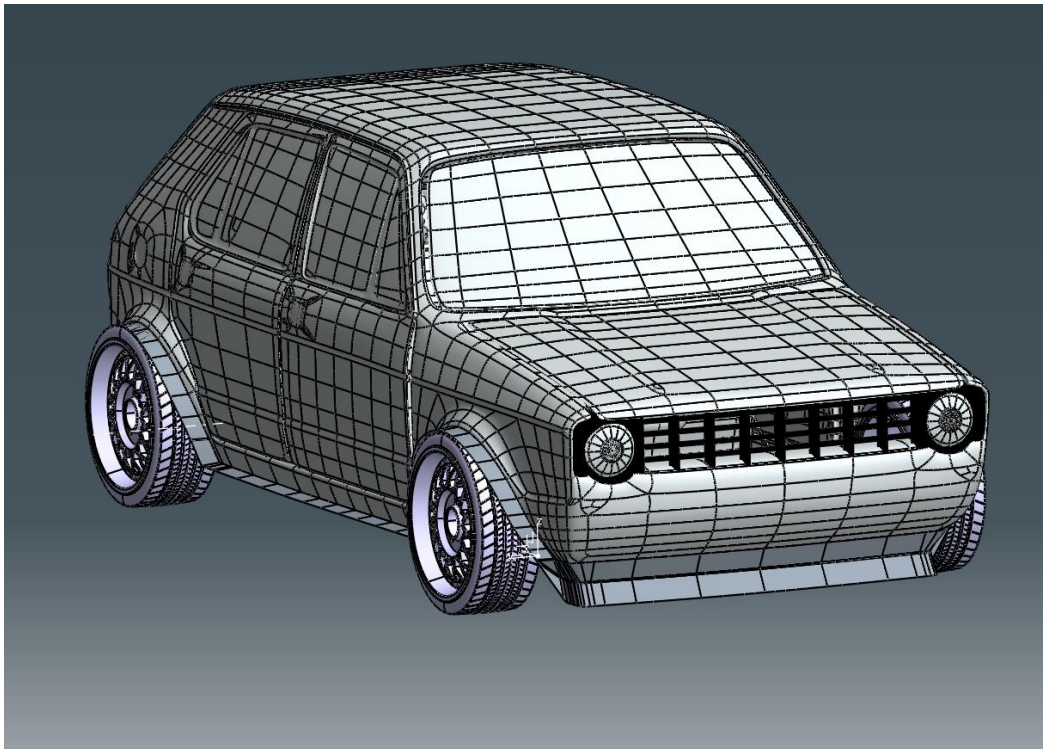

Figura 32. Vista isométrica del modelo completo con su body kit (Fuente: CATIA)

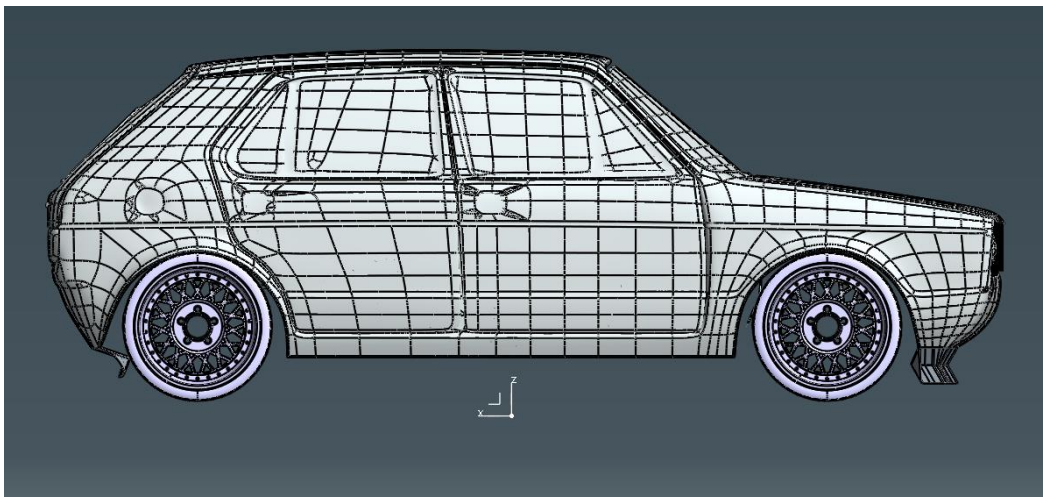

Figura 33. Vista de perfil del modelo completo con su body kit (Fuente: CATIA)

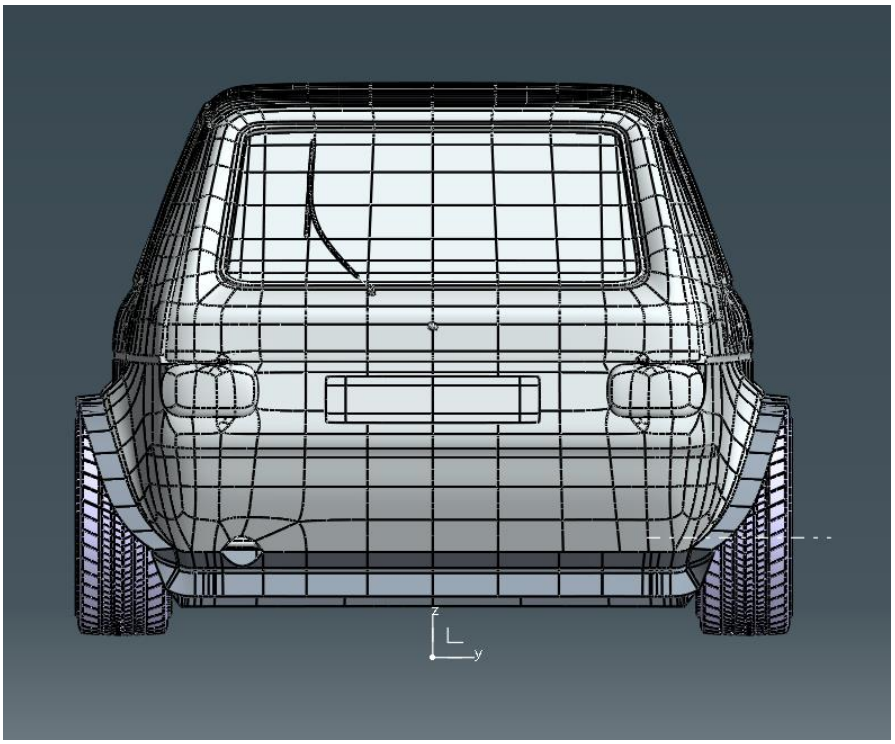

Figura 34. Vista trasera del modelo completo con su body kit (Fuente: CATIA)

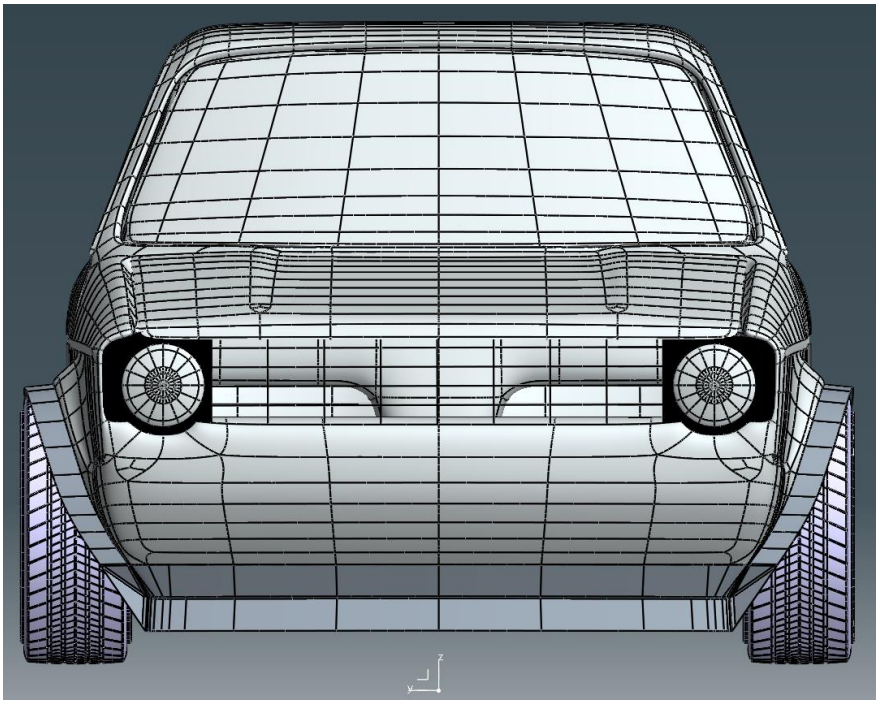

Figura 35. Vista frontal del modelo completo con su body kit (Fuente: CATIA)

5.2 Estudio de pesos

Para mi modelo de coche a escala 1:12, en esta fase inicial del diseño, determiné el volumen del modelo del body kit en CATIA, que resultó ser de 0.001 litros o 1 cm³.

Con base en la densidad media del poliuretano, que es de aproximadamente 1.25 g/cm³, procedí a calcular el peso que tendría el body kit a tamaño real. La escala del modelo a 1:12 significa que cada dimensión del modelo es 1/12 de su tamaño real. Así que, para obtener el volumen real a partir del volumen a escala, lo ajusté utilizando el cubo de la escala de tamaño, resultando en un volumen real de 4096 cm³ cuando se escala del modelo 1:12 al tamaño completo.

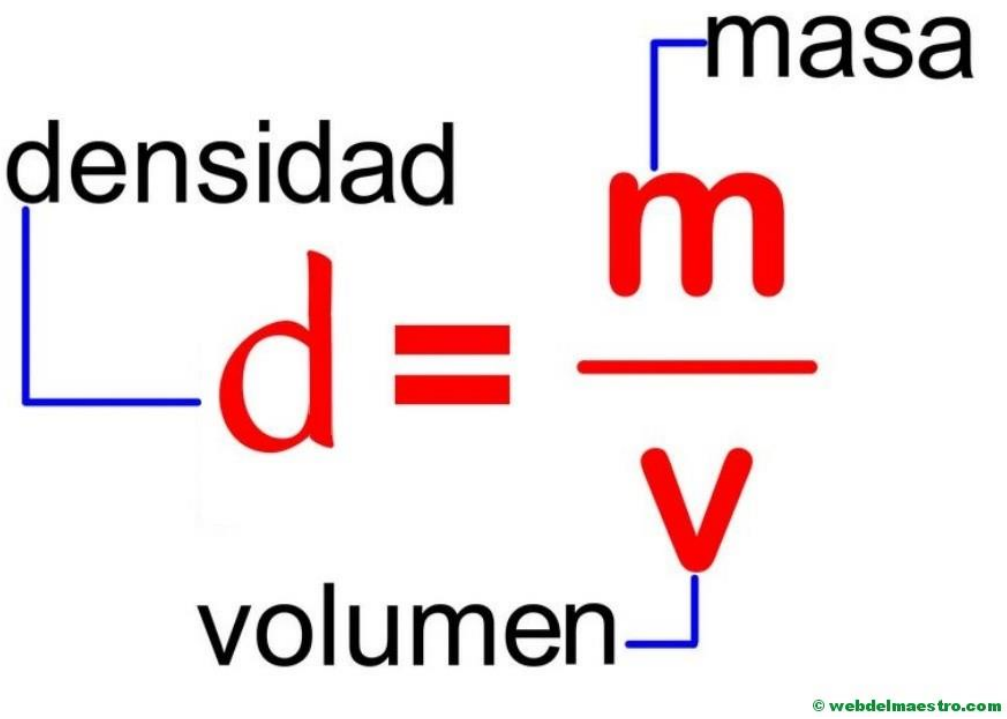

Figura 36. Fórmula de la densidad (Fuente: www.webdelmaestro.com)

Aplicando la densidad del poliuretano al volumen real calculado, estimé que el peso del body kit completo para un vehículo de tamaño completo sería de 5120 gramos, o 5.12 kilogramos. Este peso es consistente con lo que se ve en los body kits de poliuretano para vehículos reales, los cuales incluyen componentes como taloneras, spoiler y parachoques, y cuyo peso puede variar, pero generalmente se encuentra en un rango similar.

Este cálculo me permite validar la viabilidad del diseño del body kit, asegurando que el peso estimado es práctico para la producción y comparable con productos similares en el mercado automotriz. Estos resultados subrayan la utilidad de la modelización y el cálculo basado en la densidad del material en el diseño de ingeniería, facilitando predicciones precisas sobre las propiedades físicas del producto antes de su fabricación.

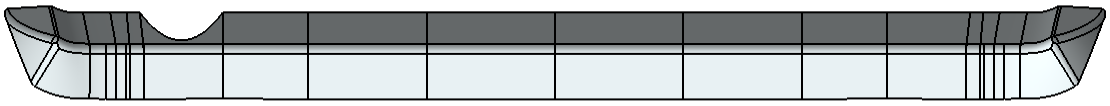

Figura 37. Spoiler trasero del body kit hecho en CATIA (Fuente: CATIA)

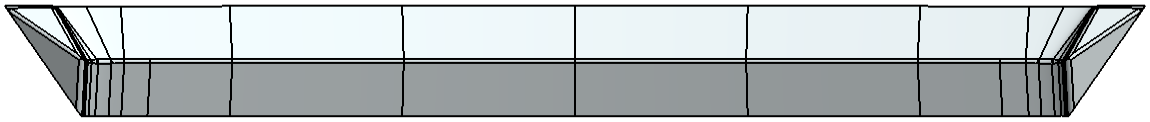

Figura 38. Spoiler delantero del body kit hecho en CATIA (Fuente: CATIA)

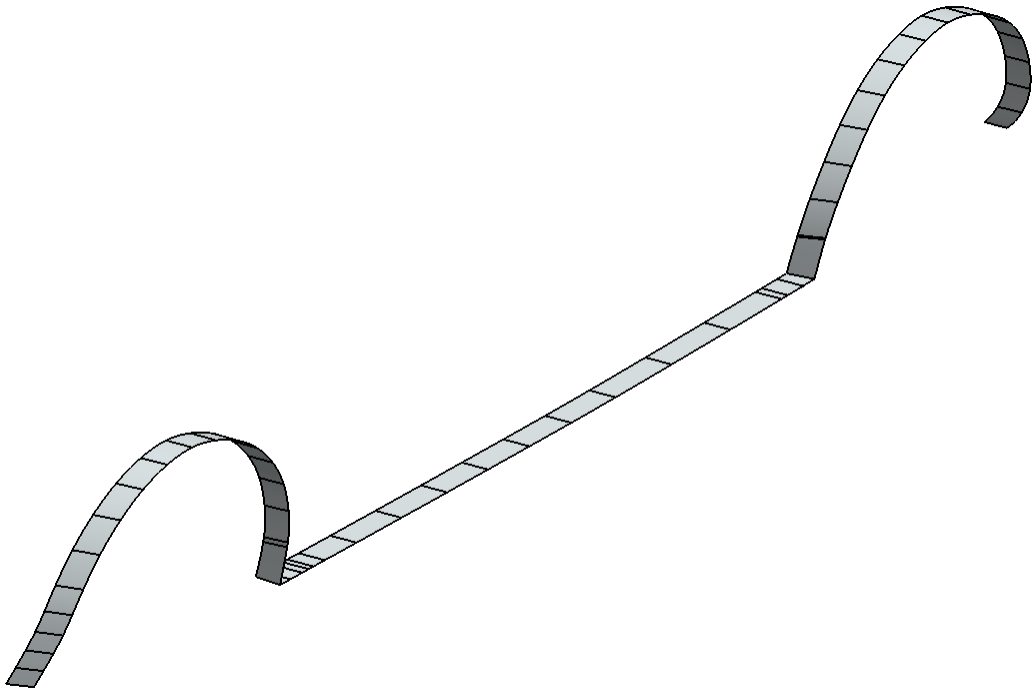

Figura 39. Talonera del body kit hecho en CATIA (Fuente: CATIA)

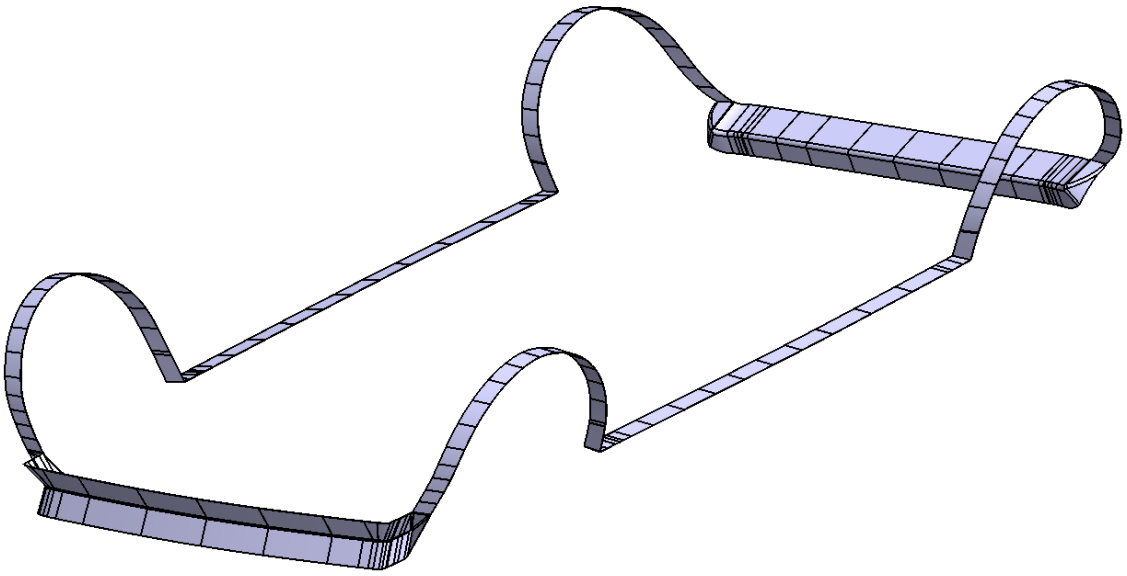

Figura 40. Body kit entero con un peso aproximado de 5.12 kg (Fuente: CATIA)

5.3 Simulaciones CFD

Cuando llegó el momento de hacer la simulación de dinámica de fluidos computacional (CFD), me encontré con más obstáculos. El software requería que todo el coche fuera un único sólido, así que tuve que cerrar todas las superficies manualmente, lo cual fue un proceso extremadamente laborioso. Eventualmente, debido a la magnitud del trabajo, decidí crear una versión más simplificada del coche para poder llevar a cabo todas las simulaciones de CFD necesarias.

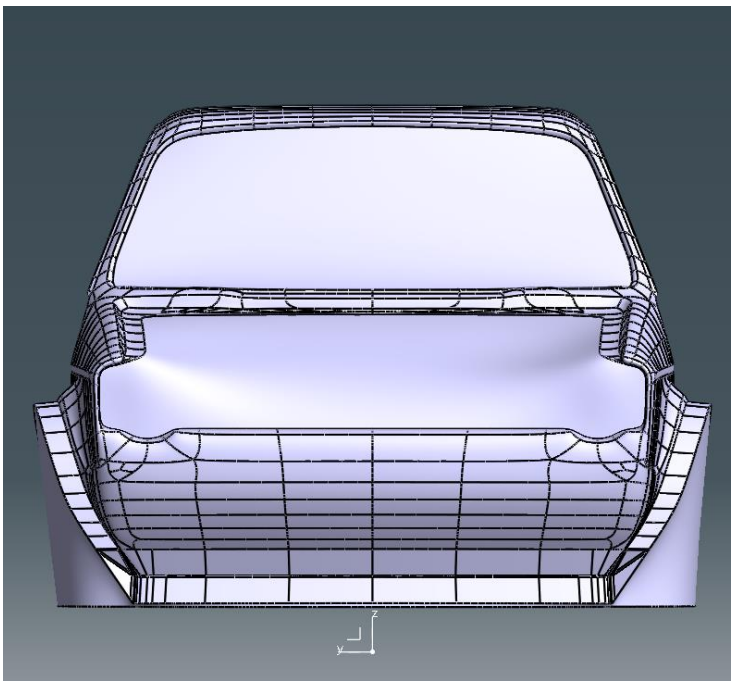

Figura 41. Vista frontal del coche como sólido (Fuente: CATIA)

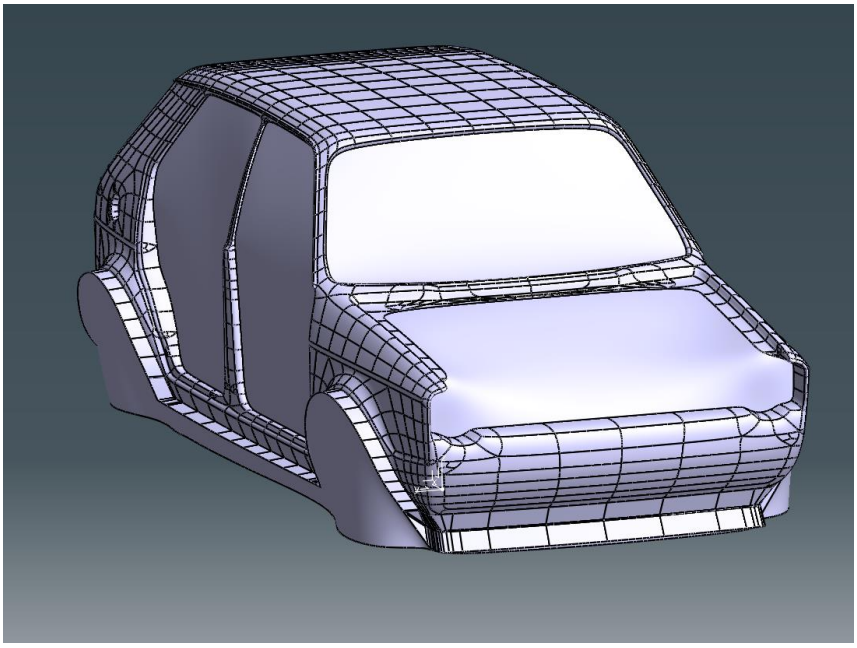

Figura 42. Vista isométrica frontal del coche como sólido (Fuente: CATIA)

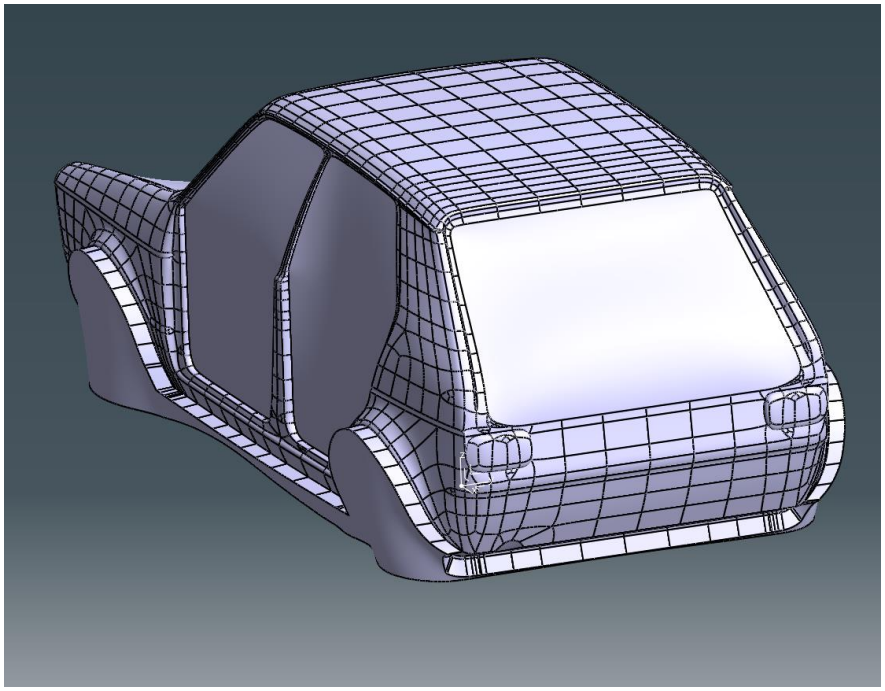

Figura 43. Vista isométrica trasera del coche como sólido (Fuente: CATIA)

Procedí a hacer la simulación del Volkswagen Golf MK1 a escala 1:12 en dos fases distintas para profundizar en cómo las modificaciones externas afectan la aerodinámica del vehículo. Esta metodología permitió realizar un análisis comparativo detallado de las características aerodinámicas con y sin modificaciones.

Inicialmente, simulé el modelo del Golf MK1 en su configuración estándar, es decir, sin ningún añadido externo como el body kit. Este enfoque me permitió establecer una línea base de cómo el vehículo se comportaría bajo condiciones normales de conducción. Al mantener el modelo libre de modificaciones, pude obtener datos importantes sobre la resistencia aerodinámica, la distribución de presiones alrededor del vehículo y otros datos relevantes que reflejan el desempeño aerodinámico del diseño original.

Posteriormente, incorporé el body kit al modelo, lo que me permitió examinar los efectos de estas modificaciones en la aerodinámica del coche. La simulación con el body kit instalado es importante para entender cómo estas adiciones alteran el flujo de aire alrededor del vehículo. Ambas simulaciones se han hecho con los mismos datos de velocidades de entrada y condiciones para que el resultado fuera el más real posible. La simulación fue realizada siguiendo los pasos del tutorial que SimScale proporciona en su página web.

Con los datos recopilados de ambas configuraciones, procedí a comparar los resultados para identificar las diferencias concretas en el comportamiento aerodinámico con y sin el body kit. El análisis detallado de los efectos aerodinámicos de los body kits en modelos a escala aporta una comprensión valiosa sobre cómo tales modificaciones podrían ser optimizadas para mejorar el rendimiento del vehículo real, asegurando que las mejoras estéticas no comprometan la funcionalidad esencial.

Los resultados de las simulaciones aerodinámicas que he obtenido para mi modelo a escala 1:12 del Volkswagen Golf MK1, revelan cambios interesantes en los coeficientes de arrastre (drag) y de sustentación (lift) que son fundamentales para evaluar el impacto del body kit en el rendimiento aerodinámico del vehículo. La obtención de los datos y la realización de las simulaciones detalladas para mi proyecto se han hecho posibles gracias al uso de SimScale, un software de simulación basado en la nube. SimScale ofrece diversas herramientas de análisis de fluidos y dinámica computacional (CFD), análisis estructural (FEA) y dinámica térmica, lo que me ha permitido realizar múltiples simulaciones aerodinámicas de forma accesible y eficiente.

Análisis de los Datos

	Coeficiente de Arrastre (C_d)	**Coeficiente de Sustentación (C_l)**
Sin Body Kit	**0.0008314**	**−0.0001530**
Con Body Kit	**0.0006420**	**−0.0003383**

Tabla 1. Comparativa de los Coeficientes de arrastre y sustentación con y sin body kit

(Fuente: SimScale)

El coeficiente de arrastre mide la resistencia que enfrenta el vehículo al moverse a través del aire. Un coeficiente más bajo indica menos resistencia, lo que generalmente se traduce en mejor eficiencia de combustible y mayor velocidad máxima. He observado que la instalación del body kit ha reducido el coeficiente de arrastre de 0.0008314 a 0.0006420, lo que sugiere una mejora notable en la aerodinámica del vehículo.

El coeficiente de sustentación refleja la fuerza aerodinámica que actúa perpendicularmente a la dirección del flujo de aire. Un coeficiente negativo significa que la fuerza aerodinámica actúa hacia abajo, mejorando la adherencia del vehículo al suelo, lo cual es deseable para aumentar la estabilidad. Con el body kit, este coeficiente se ha vuelto más negativo, indicando una mayor fuerza hacia abajo, lo que potencialmente mejora la estabilidad y el manejo del vehículo.

5.4 Interpretación y justificación del diseño del body kit

Aspectos Positivos: La disminución en el coeficiente de arrastre con el body kit es claramente beneficiosa desde una perspectiva de rendimiento aerodinámico, contribuyendo a una mayor eficiencia de combustible y velocidades máximas más altas. Por otro lado, el aumento en la fuerza de sustentación negativa mejora la estabilidad del vehículo, haciéndolo más seguro y controlable a altas velocidades, lo cual es especialmente útil en escenarios de conducción deportiva o en condiciones adversas.

Aspectos Negativos: Compromisos en Diseño: Aunque los resultados son muy positivos en términos aerodinámicos, es importante considerar otros factores como el peso adicional que podría introducir el body kit, así como el costo de implementación y mantenimiento.

Conclusión: La incorporación del body kit en mi modelo del Golf MK1 a escala ha demostrado ser beneficiosa en términos de mejorar tanto el coeficiente de arrastre como el de sustentación. Esto sugiere que el body kit no solo mejora la estética del vehículo, sino que también contribuye positivamente a su comportamiento aerodinámico, optimizando tanto la eficiencia como la estabilidad. Estos resultados apoyan la idea de que el diseño del body kit es una adición válida y efectiva para mejorar el rendimiento aerodinámico del Golf MK1 en mis simulaciones.

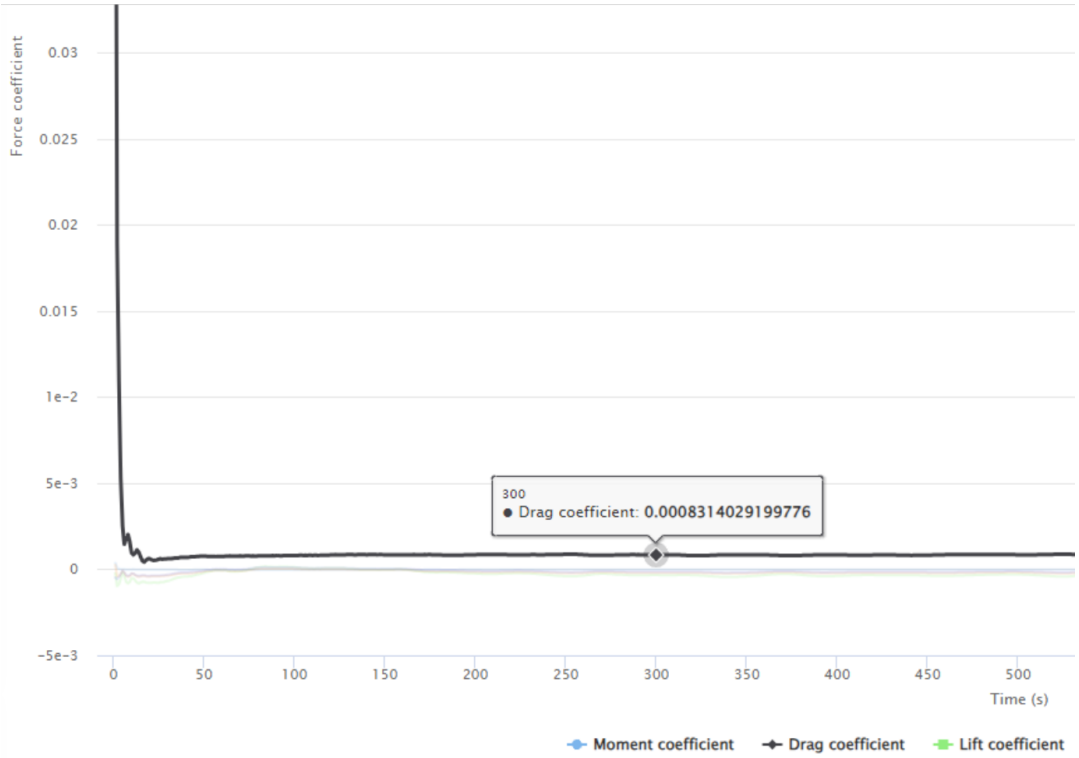

Figura 44. Gráfica del Coeficiente de Arrastre sin body kit (Fuente: SimScale)

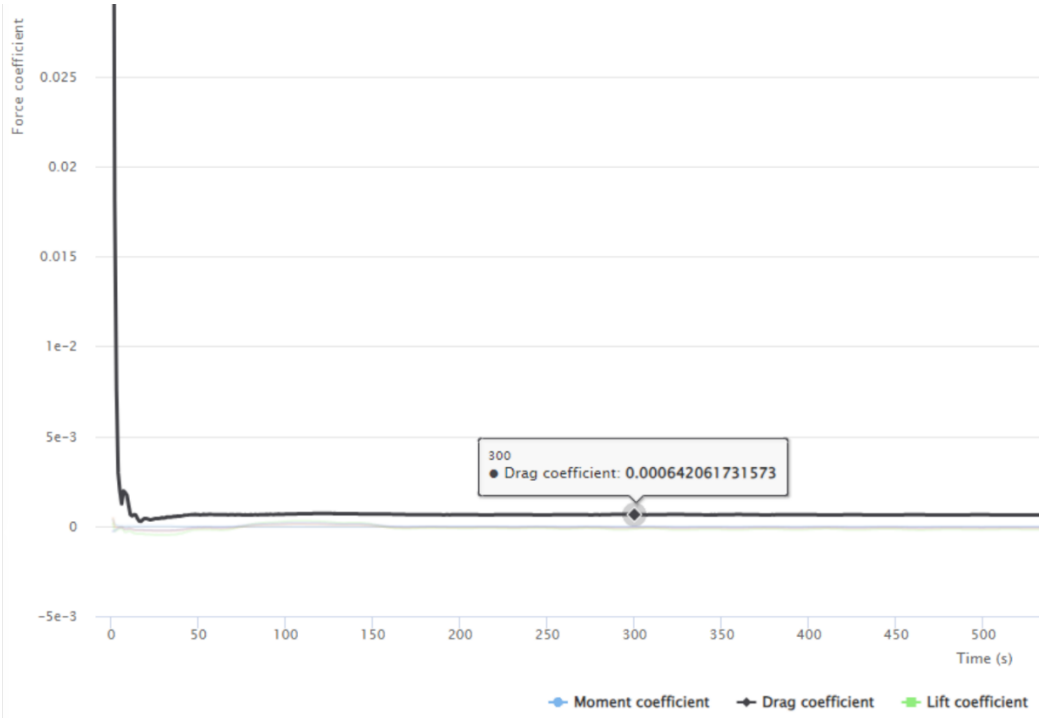

Figura 45. Gráfica del Coeficiente de Sustentación sin body kit (Fuente: SimScale)

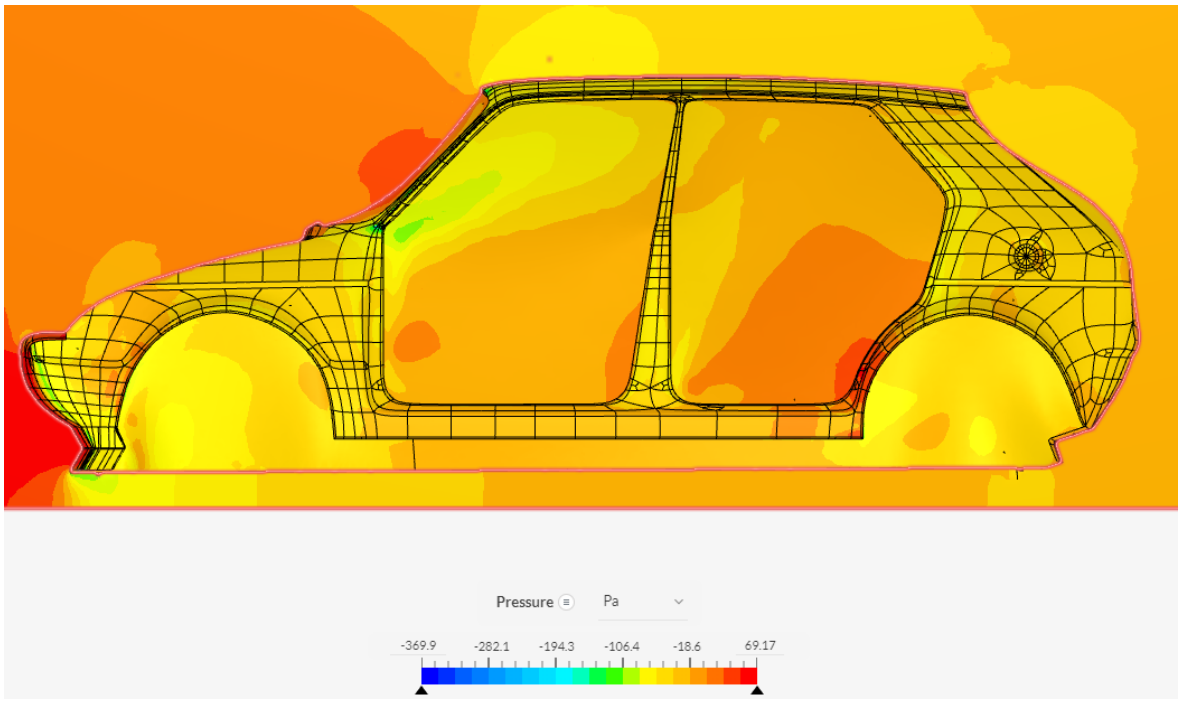

Figura 46. Análisis aerodinámico con body kit de la presión superficial (Fuente: SimScale)

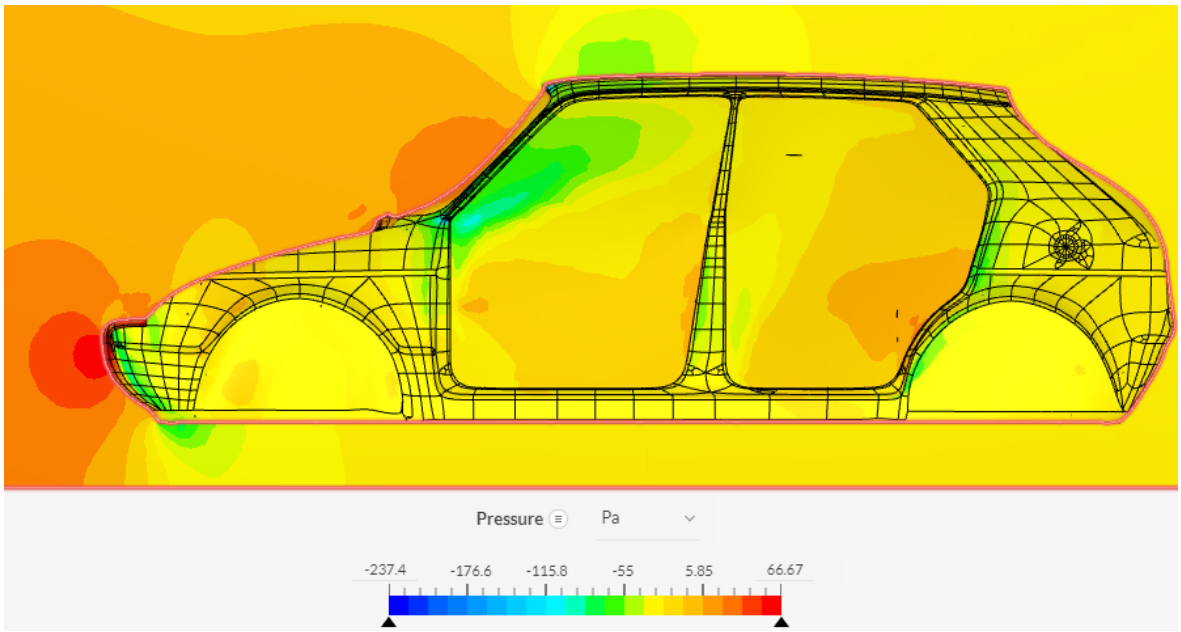

Figura 47. Análisis aerodinámico sin body kit de la presión superficial (Fuente: SimScale)

Para comparar las imágenes de presiones aerodinámicas del Golf MK1 con y sin body kit, me enfocaré en la distribución de colores que indican las zonas de presión en la superficie del vehículo. En este gráfico, los colores más cálidos indican presiones más altas, mientras que los colores más fríos señalan presiones más bajas.

Sin el body kit, se observa una zona de alta presión (colores rojizos) al frente del coche, especialmente en el área del parachoques delantero y la parte baja del capó. La parte superior del capó y el parabrisas muestran una transición a una presión menor (verde a amarillo), indicando un flujo de aire suave sobre estas superficies. En la parte trasera, hay

una clara zona de baja presión, que es típica en el flujo separado donde el aire deja de seguir el contorno del vehículo, creando un área de turbulencia.

Con body kit, la zona de alta presión en el frente parece haberse desplazado ligeramente hacia arriba en el parachoques, probablemente debido a los componentes aerodinámicos del body kit que influyen en cómo el aire choca con el vehículo. La transición a través del capó y el parabrisas hacia la parte superior del vehículo parece más suave, con menos áreas de transición brusca (verde a amarillo), lo que podría indicar un mejor manejo del flujo de aire. En la parte trasera, parece que hay una reducción en la zona de baja presión, lo que puede sugerir que el body kit está ayudando a mantener el flujo de aire más cerca del cuerpo del vehículo, reduciendo la turbulencia detrás del coche.

La aplicación del body kit parece influir positivamente en la aerodinámica del vehículo. Al alterar el patrón de flujo de aire alrededor del coche, el body kit puede estar ayudando a reducir la resistencia aerodinámica en la parte delantera y a minimizar la zona de baja presión detrás del vehículo, lo que podría resultar en un mejor rendimiento aerodinámico general. Esta mejora podría traducirse en una mayor eficiencia de combustible y estabilidad a altas velocidades.

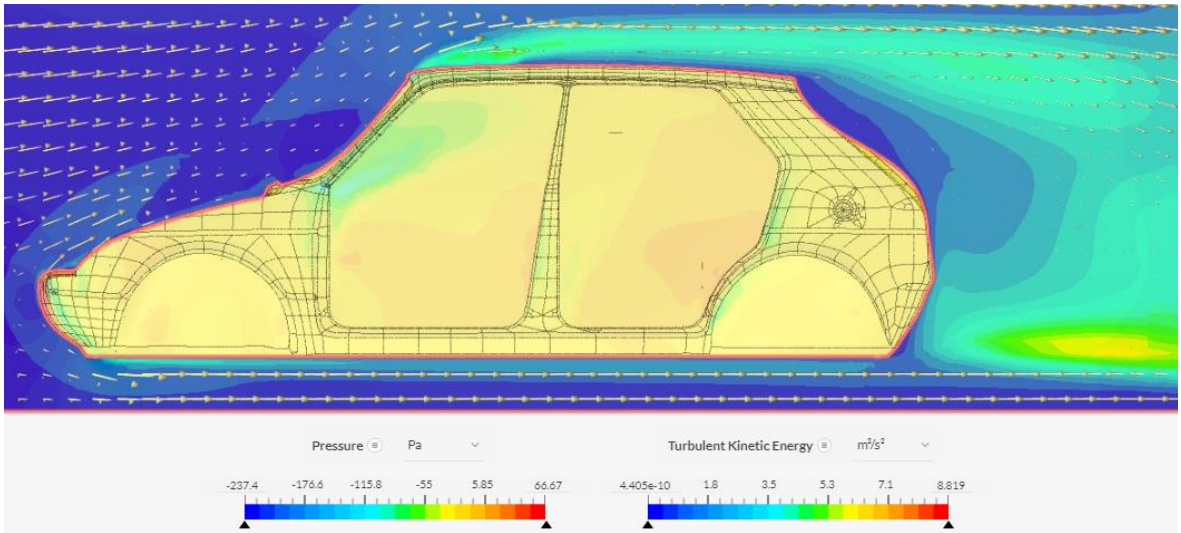

Figura 48. Análisis aerodinámico sin body kit de la energía cinética turbulenta (Fuente: SimScale)

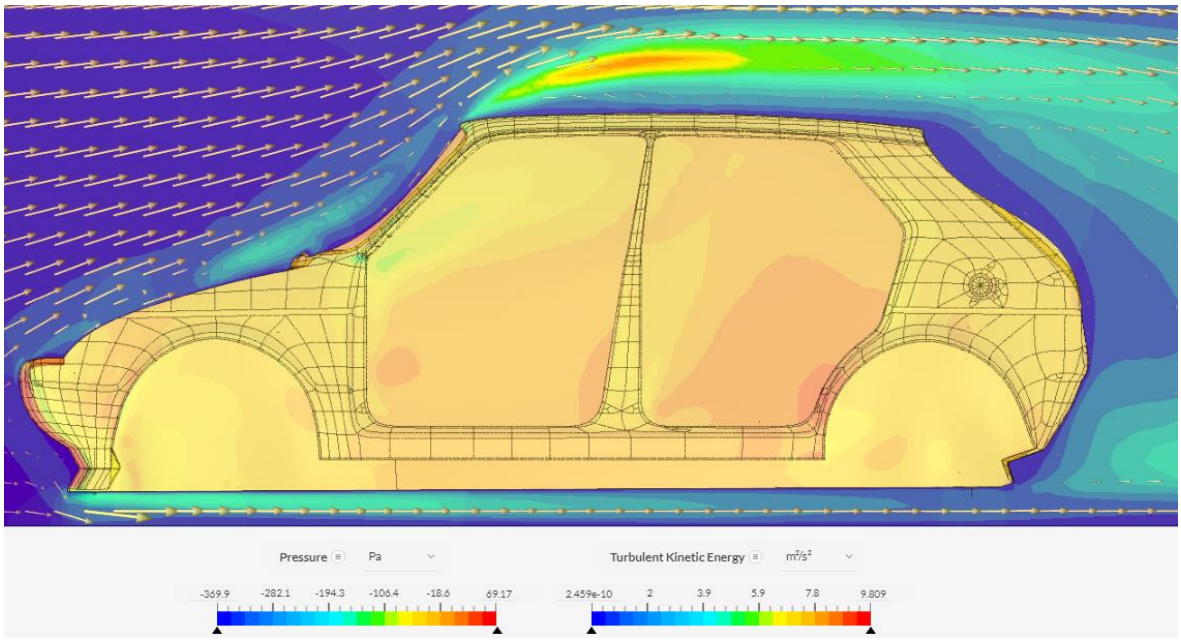

Figura 49. Análisis aerodinámico con body kit de la energía cinética turbulenta (Fuente: SimScale)

Para comparar estas dos imágenes, me centraré en la energía cinética turbulenta en la superficie del vehículo, así como en la dirección y longitud de las líneas de flujo, que representan la velocidad y dirección del viento relativo.

Sin body kit, hay una zona de alta energía cinética turbulenta detrás del vehículo, donde las líneas de flujo indican turbulencia y separación del flujo de aire. La turbulencia generada detrás del vehículo es un indicador de arrastre aerodinámico, lo que puede ser perjudicial para la eficiencia del combustible y la estabilidad a altas velocidades.

Con body kit, las líneas de flujo son más uniformes y menos turbulentas detrás del vehículo, lo que sugiere una disminución en la separación del flujo de aire y una posible reducción en la resistencia aerodinámica. La energía cinética turbulenta parece estar más controlada, con una zona de alta turbulencia menos extensa, lo que indica un diseño más eficiente aerodinámicamente.

La implementación del body kit parece haber tenido un impacto positivo en la aerodinámica del vehículo. Las imágenes sugieren que el body kit ha ayudado a suavizar el flujo de aire sobre y alrededor del vehículo, reduciendo las zonas de alta turbulencia y mejorando potencialmente tanto la eficiencia del combustible como la estabilidad del vehículo a altas velocidades. Estos cambios en la distribución de presiones y en la energía cinética turbulenta pueden traducirse en mejoras en el rendimiento aerodinámico del vehículo.

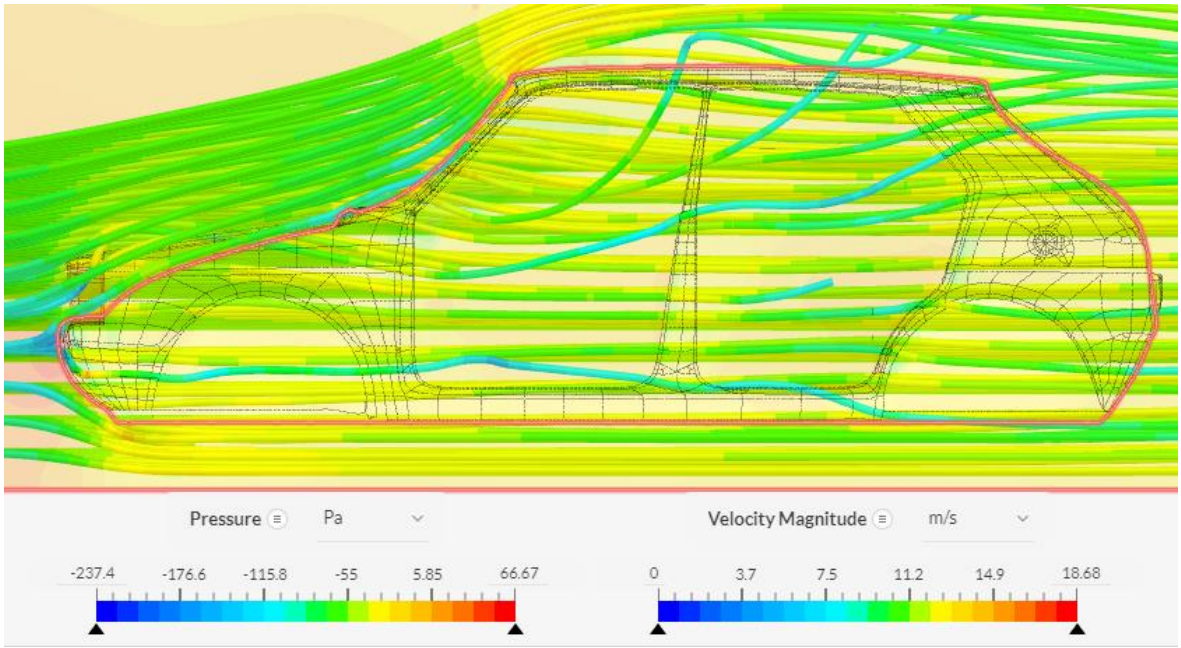

Figura 50. Análisis aerodinámico sin body kit de las líneas de flujo (Fuente: SimScale)

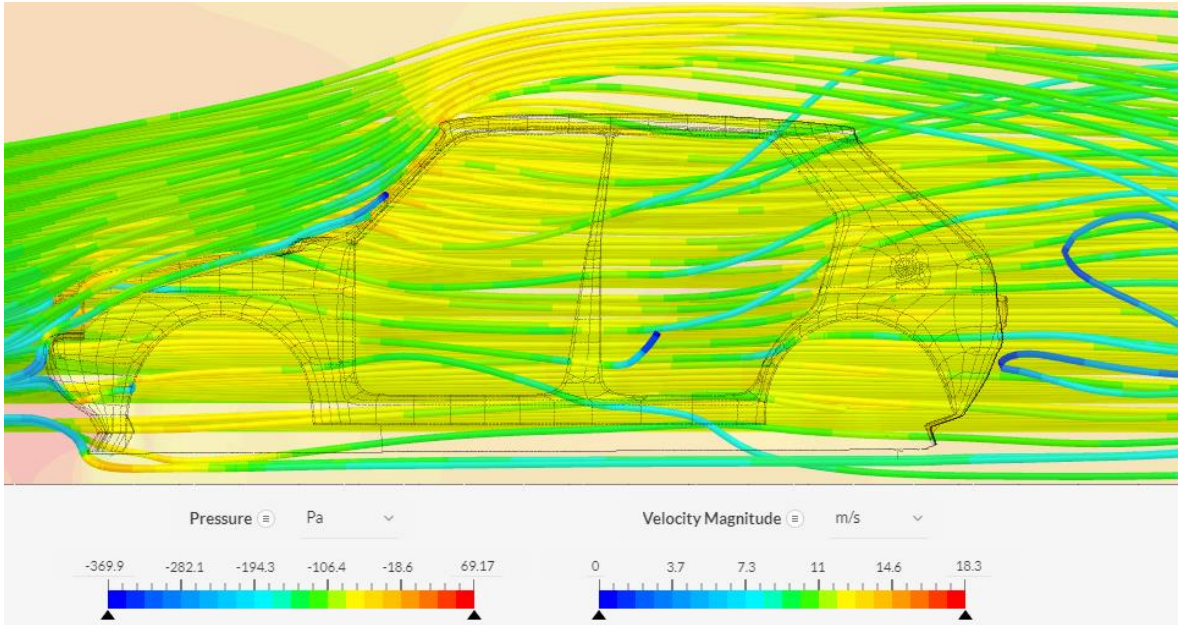

Figura 51. Análisis aerodinámico con body kit de las líneas de flujo (Fuente: SimScale)

En la primera imagen, sin el body kit, noté que las líneas de flujo se separaban del cuerpo del vehículo en la parte trasera, lo que es indicativo de turbulencia y posiblemente de un arrastre más elevado. Esta separación puede generar vórtices que son perjudiciales para la eficiencia y la estabilidad a velocidades más altas.

En cambio, en la segunda imagen, con el body kit, las líneas de flujo se mantenían más adyacentes a la superficie del coche a lo largo de la parte trasera. Esto me sugiere que el body kit está realizando un trabajo efectivo en guiar el flujo de aire y reducir la separación, lo que podría disminuir el arrastre.

A través de mi observación, he concluido que el body kit tiene un impacto positivo en la dinámica de flujo del vehículo. Al mantener las líneas de flujo más cercanas al coche, se reduce la turbulencia detrás del vehículo y, por lo tanto, se mejora la eficiencia aerodinámica.

5.5 Planos y puntos de control para el montaje

En la elaboración de los planos para el diseño de mi body kit, me encontré con una serie de desafíos significativos debido a la complejidad de las formas de las piezas. Esta complejidad hizo imposible utilizar métodos de acotación estándar en ciertas áreas, lo cual podría haber dificultado el correcto montaje y alineación de las piezas. Para superar este obstáculo, implementé Requisitos de Performance del Sistema (RPS) que son, esencialmente, criterios definidos que garantizan la funcionalidad, calidad, y fiabilidad del montaje de las piezas. Los RPS detallan especificaciones cruciales como puntos de fijación, métodos de ensamblaje, y tolerancias críticas que deben seguirse durante la fabricación y el montaje.

Además, para mantener la integridad estructural y la estética del diseño, estipulé un espesor uniforme de 3 mm para todas las piezas del body kit. Este espesor se seleccionó cuidadosamente para equilibrar la flexibilidad y la resistencia necesarias para el rendimiento óptimo del body kit bajo condiciones normales de uso. A través de esta estrategia, aseguro que, a pesar de las limitaciones en la acotación convencional, todos los aspectos críticos del diseño y montaje están claramente definidos y controlados para cumplir con los estándares de calidad y rendimiento esperados.

6 Presupuesto

El objetivo de este apartado es hacer un cálculo aproximado del coste del proyecto para el diseño y la fabricación del body kit.

Para ello a continuación detallaré el coste de todas las partes que lo forman.

6.1 Coste de ingeniería

Tarea	Tiempo (h)	Precio(€/h)	Coste(€)
Project Charter	24	30	720
Investigación	120	30	3600
Estudio	100	30	3000
Diseño	200	40	8000
Cálculos	50	40	2000
Planos	25	40	1000
Memoria	140	30	4200
Total	624	**Total**	**22520**

Tabla 2. Aproximación del coste de ingeniería

He asumido que el coste aproximado de investigación y diseño esta aproximado en 10 €/h y de diseño, cálculo y planos de 15/€ ya que es más cualificado.

6.2 Coste de fabricación

En esta tabla me centraré en todos los materiales y todo aquello necesario para poder fabricar una sola unidad del body kit entero, es decir un spoiler delantero, un spoiler trasero y dos taloneras. Voy a dividir los costes de fabricación en dos tablas que serán las siguientes: costes del material y costes comerciales.

6.2.1 Costes de material

Material	Cantidad (kg)	Coste (€/kg)	Total (€)
Poliuretano para impresión 3D	5.12	64.4	**329.7**

Tabla 3. Aproximación del coste del material

6.2.2 Costes comerciales

Componente	Cantidad	Coste (€)
Impresora 3D especial con poliuretano	1	20000
Adhesivo especial para poliuretano 300ml	1	20
Coste energético	2kW	0.768
Total	-	**20028**

Tabla 4. Aproximación del coste comercial

Para calcular el costo energético de crear un body kit de poliuretano de 5.18 kg con una impresora 3D especializada, necesitaba algunos parámetros clave como el consumo de energía de la impresora y el costo por kWh de electricidad. Sin embargo, he hecho una estimación basada en suposiciones estándar.

- **Consumo de energía de la impresora**: Las impresoras 3D para aplicaciones industriales pueden variar considerablemente en su consumo de energía. Supongo un consumo medio de 2 kW (2000 vatios).

- **Tiempo de impresión:** Basado en un cálculo anterior, si la impresión de cada kg de material toma aproximadamente 0.5 horas, para 5.12 kg se necesitarían alrededor de 2.56 horas.

- **Costo por kWh:** Este varía dependiendo de la región, pero he tomado como referencia un costo medio de 0.15 euros por kWh.

Cálculo:

Energía total usada: 2 kW * 2.56 horas = 5.12 kWh

Costo total de energía: 5.12 kWh * 0.15 euros/kWh = 0.768 euros

6.2.3 Costes de software

Se ha utilizado el programa CATIA para el diseño 3D y estudio de todo el body kit y SimScale para la simulación CFD.

Software	Precio licencia (€)	Horas de uso (h)	Precio hora (€/h)	Total (€)
CATIA	11200	200	6,5	1300
SimScale	Gratuita	15	0	0
Total	-	215	**-**	**1300**

Tabla 5. Aproximación del coste de software

6.3 Coste total

Coste total del estudio y el diseño

Descripción	Coste (€)
Ingeniería	22520
Materiales	329.7
Elementos comerciales	20028
Software	1300
Total	**44177**

Tabla 6. Aproximación del coste total

7 Análisis y valoración de las implicaciones ambientales y sociales

La implementación de la impresión 3D en la producción de body kits personalizados para el Volkswagen Golf Mk1 no solo celebra la individualidad dentro de la comunidad de aficionados a los coches, sino que también contribuye a preservar la herencia automotriz. Al revitalizar modelos clásicos con tecnología moderna, se fortalece la conexión entre generaciones de entusiastas y se asegura que el legado de vehículos icónicos continúe evolucionando con el tiempo.

Este enfoque de fabricación, al estar en la frontera de las prácticas industriales, también desempeña un papel educativo. Informa y sensibiliza sobre las posibilidades de las nuevas tecnologías de manufactura, inspirando así a futuros ingenieros y diseñadores. Puede estimular la creatividad y la innovación dentro de la comunidad automotriz, posibilitando que los usuarios no solo sean consumidores, sino también creadores activos y participativos en la personalización de sus vehículos.

Desde la perspectiva del empleo, el proceso de impresión 3D exige habilidades técnicas avanzadas y conocimientos de diseño, lo cual puede catalizar la creación de programas de formación y certificación. Estos programas podrían colaborar con instituciones educativas y fabricantes de impresoras 3D para desarrollar un currículo que prepare a la fuerza laboral para las demandas del futuro del sector automotriz.

En términos de responsabilidad social empresarial, al incorporar prácticas de fabricación innovadoras y materiales avanzados como el poliuretano, se establecen precedentes en la fabricación consciente. El compromiso con la calidad y la seguridad no solo mejora la percepción del producto entre los consumidores, sino que también refuerza la imagen de la industria automotriz como líder en adopción de prácticas sostenibles y responsables.

Por último, el menor impacto ambiental de la impresión 3D proporciona una narrativa potente para las campañas de marketing, permitiendo a las empresas alinearse con los valores de los consumidores conscientes del medio ambiente. Al priorizar la sostenibilidad y la eficiencia en la cadena de suministro, el proyecto de body kit para el Volkswagen Golf Mk1 puede servir de ejemplo para otras iniciativas en el sector automotriz, promoviendo un cambio significativo hacia procesos de producción más verdes y eficientes.

8 Conclusiones

Desarrollar un body kit para el Golf MK1 utilizando impresión 3D con poliuretano ha sido un proceso riguroso que combina innovación con respeto a la herencia automotriz. Desde la concepción del diseño hasta la validación técnica, cada etapa se ha abordado meticulosamente, asegurando que el proyecto no solo cumple con los requisitos estéticos y de rendimiento, sino que también se alinea con las consideraciones de seguridad y sostenibilidad.

En la fase de diseño, se generaron múltiples bocetos, buscando formas que complementaran la estética clásica del Golf MK1 al tiempo que ofrecían mejoras aerodinámicas. La selección de poliuretano como material fue crucial debido a su versatilidad y rendimiento en la impresión 3D, lo que permite complejidades en el diseño que son difíciles de lograr con métodos tradicionales.

Las simulaciones de CFD y los cálculos de elementos finitos en SimScale jugaron un papel importante en la validación de los diseños. Me aseguré de que las adiciones no comprometieran la dinámica de conducción ni la seguridad, haciendo también un estudio de pesos totalmente válido. A pesar de las limitaciones iniciales, como la necesidad de simplificar diseños para la modelización en 3D y la complejidad de las simulaciones, se han logrado resultados prometedores.

El proyecto también ha mantenido una perspectiva de sostenibilidad. El uso del poliuretano, un material con posibilidades de reciclaje, y la impresión 3D, una técnica de fabricación aditiva que minimiza los residuos refleja un compromiso con prácticas ecológicas. Socialmente, el proyecto tiene el potencial de revitalizar el interés en los modelos clásicos a través de la modernización y personalización, ofreciendo a los entusiastas una nueva forma de expresar su pasión por los automóviles.

Aunque el presupuesto inicial para el desarrollo del body kit pueda parecer elevado, es importante considerar que este costo se asocia a un producto único y personalizado. Esta inversión inicial en diseño y fabricación debe verse como un paso esencial para asegurar la calidad y la exclusividad del producto. Además, al evaluar la viabilidad de una futura producción en serie, los costos unitarios podrían reducirse significativamente, haciendo este proyecto no solo viable, sino también potencialmente rentable a largo plazo. Por lo tanto, mientras que el gasto inicial es considerable, los beneficios y las oportunidades que se derivan de esta inversión podrían justificar el costo al expandir el proyecto a una producción más amplia.

En conclusión, este Trabajo de Fin de Estudios ha culminado en un body kit innovador que respeta la integridad del Golf MK1 original al tiempo que utiliza tecnología avanzada para mejorar y personalizar la experiencia automotriz. La integración exitosa de diseño avanzado, sostenibilidad y mejoras técnicas no solo fortalece las credenciales académicas del proyecto, sino que también ofrece una contribución significativa al campo de la personalización de automóviles.

9 Bibliografía

1) <<Normas relativas a los Kits de carrocería>>, *Ruta 401 El blog de profesionales del taller.* Consulta: 12 septiembre 2023. [En línea] Disponible en: https://blog.reparacion-vehiculos.es/normas-kits-carroceria

2) <<Manual de reformas de vehículos>>, *Ministerio de Industria, Comercio y Turismo.* Consulta: 12 septiembre 2023. [En línea] Disponible en: https://industria.gob.es/CalidadIndustrial/vehiculos/Documents/Manual%20de%20Reformas%20de%20Veh%C3%ADculos%20Revisi%C3%B3n%207.pdf

3) <<¿Qué son los body kits?>> *Siempreauto.* Consulta: 12 septiembre 2023. [En línea] Disponible en: https://siempreauto.com/que-son-los-body-kits-para-personalizar-tu-auto/

4) <<¿Qué tipo de material debería elegir en mi body kit?>>, *CariD.* Consulta: 24 septiembre 2023. [En línea] Disponible en: https://www.carid.com/articles/what-type-of-body-kit-material-should-i-choose.html

5) <<¿Cuál es el mejor material para mi body kit?>> *Rhonium.* Consulta: 4 octubre 2023. [En línea] Disponible en: https://www.rhonium.com/autotrends/what-is-the-best-body-kit-material-for-my-car/

6) <<Impulsar la sostenibilidad: Materiales avanzados en la fabricación de automóviles>> *Articulo en Automotive Technology*. Consulta: 15 octubre 2023. [En línea] Disponible en: https://www.automotive-technology.com/articles/driving-sustainability-advanced-materials-in-automotive-manufacturing

7) Phillip Keane, <<Fabricación aditiva para automoción en 2022>> *3Dprinting diciembre 30, 2022.* Consulta: 23 octubre 2023. [En línea] https://3dprinting.com/automotive/how-3d-printing-is-changing-auto-manufacturing/

8) Ian Wright, <<El camino hacia el coche impreso en 3D>> *Engineering Jun 14, 2023.* Consulta: 23 octubre 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.engineering.com/story/road-to-the-3d-printed-car-9-ways-additive-is-changing-the-auto-industry

9) <<Polyurethane 3D Printing Resins>> *Formalabs.* Consulta: 24 octubre 2023. [En línea] Disponible en: https://formlabs.com/materials/engineering/polyurethane/

10) <<Técnicas de fabricación>> *Formlabs.* Consulta: 10 noviembre 2023. [En línea]. Disponible en: https://formlabs.com/es/blog/laminacion-fibra-carbono-materiales-compuestos/

11) <<¿Qué es la dinámica de fluidos computacional?>> *Simscale.* Consulta: 15 noviembre 2023. [En línea] Disponible en : https://www.simscale.com/docs/simwiki/cfd-computational-fluid-dynamics/what-is-cfd-computational-fluid-dynamics/

12) Toshio Kobayashi, Kozo Kitoh, <<Revisión de los métodos CFD y su aplicación a la aerodinámica del automóvil>> *SAE international 1992-02-01.* Consulta: 21 noviembre 2023. [En línea] . Disponible en: https://www.sae.org/publications/technical-papers/content/920338/

13) <<Análisis y comparativa de productos y materiales>> *ABT sportsline.* Consulta: 25 noviembre 2023. [En línea] Disponible en: https://www.abt-sportsline.com/tuning

14) <<Creaciones con carbono>> *Andysautosport.* Consulta: 4 diciembre 2023. [En línea] Disponible en: https://www.andysautosport.com/shopbybrand/carbon_creations.html

15) <<Couture Kits de carrocería y aerodinámica de poliuretano>> *2009 - 2024 Driven By - Style LLC.All Rights Reserved.* Consulta: 10 diciembre 2023. [En línea] . Disponible en: https://www.duraflexbodykits.com/couture-polyurethane/

16) <<Análisis y comparativa de productos utilizando poliuretano>> *KBDbodykits.* Consulta: 14 diciembre 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.kbdbodykits.com

17) <<¿Qué es el Número OEM de un Coche?>> *Drivecar.* Consulta: 15 diciembre 2023. [En línea] . Disponible en: https://drivecar.es/cual-es-el-numero-oem-de-mi-coche/

18) Shubham M. Desai, Rushikesh Y. Sonawane, Aarti P. <<Poliuretano termoplástico para aplicaciones de impresión tridimensional>> *Polymers for advanced technologies Volume 34, Issue 7, 27 March 2023.* Consulta: 20 diciembre 2023. [En línea]. Disponible en: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/pat.6041

19) Mengyuan Hao, <<Mechanical dependence of 3D-printed thermoplastic polyurethane reinforced with minor continuous carbon fibres>> *Virtual and Physical Prototyping Volume 18, 2023 - Issue 1* Consulta: 21 diciembre 2023. [En línea] Disponible en: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17452759.2023.2224304

20) Jessica Mauriello, <<3D/4D Printing of Polyurethanes by Vat Photopolymerization>> *Volume8, Issue23 Special Section: Advanced 3D and 4D Printing of Functional Materials 24 May 2023.* Consulta: 23 diciembre 2023. [En línea] Disponible en: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/admt.202300366

21) <<Las solicitudes de patentes en impresión 3D crecieron ocho veces más rápido que la media de todas las tecnologías en la última década>> *Epo. 19.09.2023.* Consulta: 23 diciembre 2023. [En línea] Disponible en : https://www.epo.org/en/news-events/news/patent-filings-3d-printing-grew-eight-times-faster-average-all-technologies-last

22) <<Modelo 1974 Volkswagen Golf Mk1>> *Sketchfab.* Consulta: 23 diciembre 2023. [En línea] Disponible en: 1974 Volkswagen Golf Mk1 (LP) - Download Free 3D model by KrStolorz (Krzysztof Stolorz) (@KrStolorz) [2193b76] (sketchfab.com)

23) Poeller, Sascha y otros, DUAL CURE POLYURETHANE FORMULATIONS FOR 3D PRINTING APPLICATIONS>> *United States Patent Application 20220055285 Kind Code:A1 02/24/2022.*Consulta: 2 enero 2024. [En línea] . Disponible en: https://www.freepatentsonline.com/y2022/0055285.html

24) TAO XIE, NING ZHENG, ZENGHE LIU, ZIZHENG FANG, QIAN ZHAO << METHOD FOR RECYCLING AND REUSING POLYURETHANE FOAM>> Jan 5, 2023 Consulta: 11 enero 2024. [En línea] Disponible en :https://patents.justia.com/patent/20230002585

25) <<Tutorial: Incompressible Turbulent Airflow Around a Spoiler>> *Simscale.*Consulta: 20 enero 2024. [En línea] . Disponible en: https://www.simscale.com/docs/tutorials/incompressible-turbulent-airflow-around-a-spoiler/

26) <<Diferentes tipos de fijaciones en automoción>> *Rapiddirect.* Consulta: 25 enero 2023. [En línea] Disponible en: https://www.rapiddirect.com/blog/types-of-automotive-fasteners/

27) <<Opciones de anclaje magnéticas>>*Magdaddyusa.* Consulta: 25 enero 2023. [En línea] Disponible en: https://magdaddyusa.com

28) <<Diferentes tipos de adhesivos industriales>>*Usa.sika.* Consulta: 2 febrero 2024. [En línea] Disponible en: https://usa.sika.com/en/construction/repair-protection/multi-purpose-epoxies/anchoring.html

29) <<The Best Glue for Automotive Plastic>> *Thomasnet.* Consulta: 2 febrero 2024. [En línea] Disponible en: https://www.thomasnet.com/articles/adhesives-sealants/best-glue-for-automotive-plastic/

30) <<Cual es la densidad del poliuretano>> *La-respuesta, 25.05.2021.* Consulta: 5 febrero 2024. [En línea] Disponible en: https://la-respuesta.com/preguntas-mas-frecuentes/Cual-es-la-densidad-del-poliuretano/

31) Andrew Wood, <<Aerodynamic Lift, Drag and Moment Coefficients>> *Fundamentals Of Aircraft Design 28 September 2022.* Consulta: 8 febrero 2024. [En línea] Disponible en: https://aerotoolbox.com/lift-drag-moment-coefficient/

32) <<Tutorial: Aerodynamics Simulation of Flow Around a Vehicle>> *Simscale.* Consulta: 10 febrero 2024. [En línea] Disponible en: https://www.simscale.com/docs/tutorials/aerodynamic-simulation-vehicle/