

ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA
INDUSTRIAL Y CENTRO POLITÉCNICO SUPERIOR



MEMORIA 1

DISEÑO Y FABRICACIÓN DEL DEPÓSITO
DE UNA MOTOCICLETA DE COMPETICIÓN



INDICE:

1. DEFINICIÓN.....	3
2. OBJETIVOS.....	4
3. INTRODUCCIÓN.....	5
4. FASE DE DISEÑO.....	6
4.1. DEPÓSITO COMERCIAL	6
4.2. DEFINICIÓN DE LA GEOMETRÍA EXTERIOR.....	8
4.3. ADAPTACIÓN AL REGLAMENTO MOTOSTUDENT	10
4.4. DESPIECE DEL DEPÓSITO	13
4.4.1. CUBIERTA DEL DEPÓSITO	14
4.4.2. ELEMENTOS METÁLICOS.....	17
4.4.3. ELEMENTOS COMERCIALES.....	26
4.4.4. PLANOS GENERADOS	29
5. FASE DE CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO.....	30
5.1. PRESUPUESTO INICIAL DISPONIBLE.	30
5.2. FABRICACIÓN DE PIEZAS.	30
5.2.1. CUBIERTA DEL DEPÓSITO	30
5.2.1.1. MATERIAL EMPLEADO.....	30
5.2.2. ELEMENTOS METÁLICOS Y SU PROCESO DE FABRICACIÓN.	35
5.2.3. MONTAJE DEL CONJUNTO.....	36
5.3. COSTE FINAL DE FABRICACIÓN.....	37
6. ANEJOS.....	41
6.1. NORMATIVAS.	41
6.1.1. MARCADO CE DE LOS MATERIALES UTILIZADOS.....	41
7. BIBLIOGRAFÍA.....	44

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN DEPÓSITO
DE MOTOCICLETA DE COMPETICIÓN

1. DEFINICIÓN.

Un depósito es un lugar en el cual se guarda alguna cosa o se mantiene, generalmente un fluido. El depósito de una motocicleta es concretamente el recipiente que alberga el fluido carburante que hace funcionar el motor.

Este elemento debe de contener cierta cantidad de material líquido con unas características químicas particulares de la gasolina y a una presión igual a la atmosférica, por lo que tiene que estar fabricado de un material o materiales adecuados para estos comportamientos.

La geometría que adopta el depósito depende básicamente de tres factores, de la cantidad de fluido que vaya a albergar, de la posición y su colocación sobre el chasis de la motocicleta y de la aerodinámica que determine el conjunto vehículo.

El recipiente cerrado que conforma la idea de depósito dispone de dos orificios, uno practicado en el punto inferior del recipiente una vez colocado en su posición final sobre el chasis, y otro orificio en la parte superior del elemento. Estos orificios permiten el rellenado y vaciado del depósito que se produce por efecto gravitatorio.

El depósito de una motocicleta dispone de un sistema de válvula que controla el vaciado, situado en el orificio inferior. También dispone de una tapa o tapón situado en el orificio superior evitando que fugue el fluido una vez lleno el depósito e impidiendo también que entren elementos externos que puedan contaminar el líquido retenido, o producir una situación no deseada.



2. OBJETIVOS.

Optimización y ligereza son los términos que mejor definen el conjunto del depósito que se plantea en este proyecto. Optimización implica el estudio de albergar un volumen determinado en una geometría que sepa adaptarse al entorno de la motocicleta donde debe ir colocado. Evitando causar molestias de toda índole a los elementos que lo rodean o soportan y mejorando al mismo tiempo la estética y la aerodinámica del conjunto que compone todo el vehículo. Ligereza es lo que se plantea en un proyecto de competición, donde lo importante es la velocidad de la motocicleta y tratar de transportar la mínima masa posible es algo muy importante. De esta manera, encontrar la combinación de materiales más ligeros y resistentes es otro aspecto importante de este proyecto.

La constante variación del vector aceleración que se produce en la motocicleta cuando esta se encuentra desplazándose por una pista de competición, se ve reflejada también en sus componentes como el depósito, con el problema añadido de que lo que se encuentra en su interior es un fluido libre y esto provoca que el movimiento producido por el fluido bajo estos efectos, ejerza unas fuerzas sobre las paredes del depósito que provocan inestabilidades y se opongan a la fuerza de avance del vehículo.

Evitar el problema explicado es una cuestión difícil de resolver al 100% con los medios que se dispone. Pero es objeto de este estudio diseñar uno o varios sistemas eficaces que eviten que se produzcan estas fuerzas no deseadas, para que al final se opte por aplicar el sistema más eficiente.

3. INTRODUCCIÓN.

Este proyecto es la parte de diseño y fabricación del depósito de la moto de competición de 125cc. que realiza el equipo “Alcañiz.unizar”, al cual pertenecen los proyectistas, inscrito en la competición “MotoStudent”.



Para el diseño y la construcción del depósito se parte de un modelo comercial ya estudiado que se modifica para adaptarlo al entorno de la motocicleta y a las directrices que dictan el reglamento de la competición. Estas variaciones son principalmente geométricas.

Una vez adaptado, se realizan los estudios aerodinámicos para la posterior remodelación de la geometría externa ajustándose a valores aerodinámicos deseados y generando, de esta manera, los planos necesarios para la fabricación del prototipo.

Con el prototipo fabricado se procede al diseño del molde que servirá para la producción de las piezas.

4. FASE DE DISEÑO.

4.1. DEPÓSITO COMERCIAL.

El diseño de un depósito se puede llevar a cabo desde muchos puntos de vista teniendo en cuenta su funcionalidad, su comportamiento y su entorno, y al mismo tiempo puede adoptar infinitas formas y geometrías. Debido a que la distribución del resto de los elementos que conforman el conjunto de la motocicleta que desarrolla el equipo Alcañiz.unizar varía muy poco respecto de las motocicletas que podemos encontrar en el mercado, cuya estética es similar, se toma como referencia el depósito de un vehículo comercial previamente estudiado por sus fabricantes, para comprender su geometría, estudiar posibles mejoras de distinta índole y adaptarlo finalmente al chasis de la motocicleta a desarrollar.

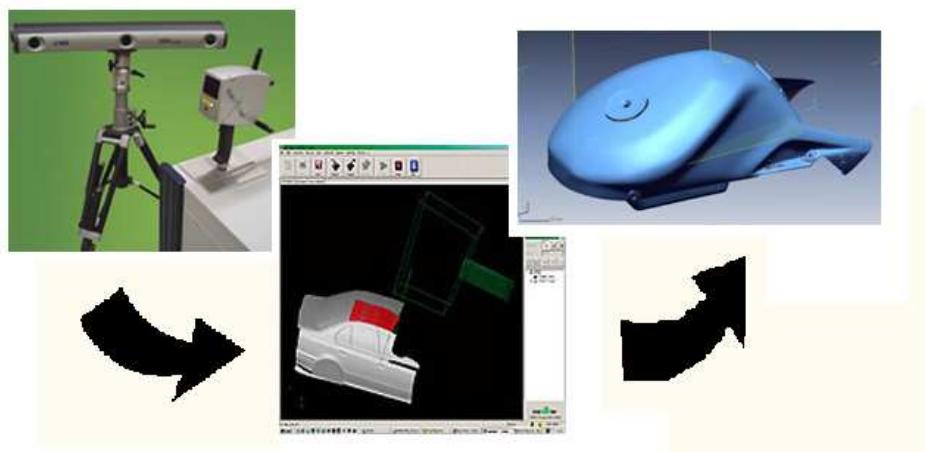


Para realizar estudios de comportamiento y poder hacer modificaciones para adaptar una geometría a la motocicleta en desarrollo, es necesario parametrizar la forma de este depósito y llevarla a un software de ingeniería tridimensional, que pueda tratar superficies de este tipo.

Teniendo en cuenta la dificultad de parametrizar este elemento con funciones que definen complicadas superficies curvas, se recurren a métodos usados a nivel industrial incrementando el coste económico en nuestro diseño.

Colabora con el proyecto la Fundación aiTIIP (Centro tecnológico de Inyección de Plásticos) permitiéndonos el acceso a sus tecnologías de ingeniería inversa con el “Sistema óptico de digitalización 3D y control dimensional”. Los digitalizadores 3D permiten obtener modelos CAD a partir de objetos físicos, es decir permiten introducir en un programa de CAD la geometría correspondiente a cualquier cuerpo físico. La herramienta que usa la Fundación aiTIIP es el T-SCAN, un sistema de digitalizado 3D sin contacto que utiliza un rayo láser visible orientado linealmente mediante espejos para capturar la superficie del objeto escaneado. Esta herramienta permite la obtención de un modelo de malla de polígonos formato STL para fabricación de prototipos 3D.

Modelo obtenido con la tecnología del T-SCAN:



Una vez obtenida la malla en formato STL se procede a realizar una recuperación de superficies de tal forma que se pueda trabajar con el programa informático sin dificultades añadidas. Estas superficies cambiarán en función de la adaptabilidad al chasis sobre el que irá amarrada la pieza final, y también se verán alteradas por otros criterios que los diseñadores impondremos, como pueden ser confortabilidad y estética, hasta alcanzar definitivamente un modelo optimizado y puramente funcional.

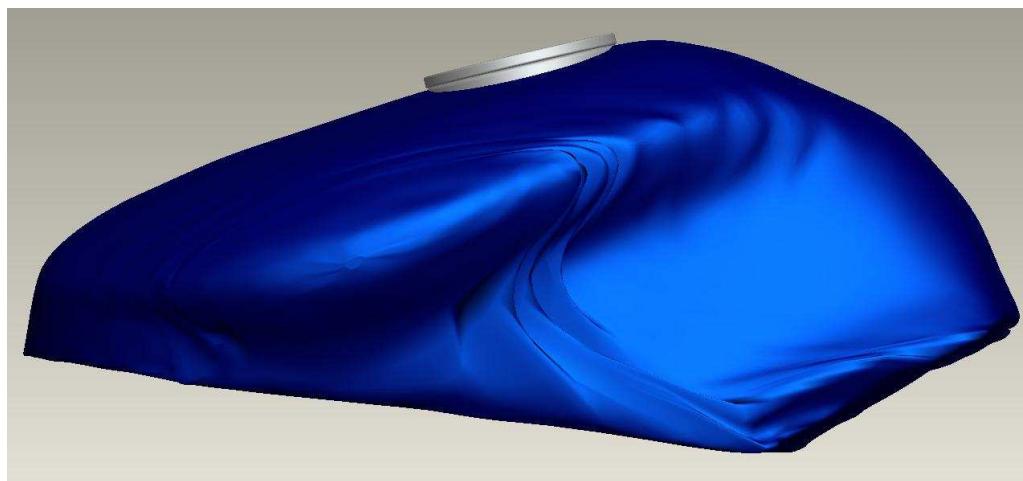
4.2. DEFINICIÓN DE LA GEOMETRÍA EXTERIOR.

Los proyectistas consideran que la parte más importante del diseño de un depósito corresponde a las formas geométricas que adopta la superficie externa del depósito, que está en contacto con el aire exterior y el individuo que va a pilotar la motocicleta. Este último punto se estudia con especial detenimiento, ya que el confort y la seguridad del piloto es de vital importancia para que al desarrollar una carrera de competición el conductor no encuentre dificultades en sus acciones. En definitiva, el depósito, aparte de desarrollar su función principal de almacenar el combustible, se plantea un diseño ergonómico buscando la armonía entre piloto y depósito.

Para definir esta parte del depósito, únicamente adaptamos el modelo obtenido mediante la tecnología T-Scan a las dimensiones que requiere el diseño del chasis y a las que rige el reglamento. Estas operaciones se realizan con el ordenador y se basan en ajustar las dimensiones del recipiente y definir las posiciones de los anclajes. También se tiene en cuenta el tamaño, en cuanto a volumen se refiere, desde el punto de vista estético. Otro de los puntos importantes a definir es la posición del orificio de entrada del combustible y el de salida, así como la forma que debe adoptar esa parte de la superficie de la cúpula del depósito, para ser compatible con las piezas que van a definir cada uno de los elementos, que son el tapón de apertura y cierre del depósito y el filtro de salida de carburante. Una vez tomada dicha geometría el estudio de esta parte del proyecto que, es puramente experimental.

La forma final que se obtiene tras todas las modificaciones oportunas que da ilustrada en la siguiente imagen:





El siguiente paso es comprobar que la geometría obtenida mediante software informático cumple la condición de confort y seguridad para el piloto. Debido a los escasos medios y el poco presupuesto del que se dispuso, no quedó otro remedio que realizar el prototipo artesanalmente, sirviéndose de las indicaciones de los primeros planos obtenidos y la visualización del modelo en tres dimensiones por la pantalla del ordenador. Para ello se utiliza esponja tipo *mossi* como elemento base del modelo. Esta esponja es tallada y modelada hasta conseguir la forma más aproximada posible a la que se ha definido.

La siguiente imagen muestra el depósito modelo apoyado sobre un prototipo de chasis que mantiene las dimensiones reales del chasis final.



Los propios diseñadores del modelo comprueban la adaptabilidad de las piernas a la geometría y que en caso de choque frontal del vehículo, la línea que define el contorno del depósito no impide la despedida del piloto ni puede causarle una rotura de pelvis.

Una vez autentificados todos los requisitos y condiciones a las que se somete la pieza se procede a la realización de los planos de lo que denominamos cúpula exterior del depósito. Estos planos se encuentran en el documento “planos” y corresponde al plano 02.03.

4.3. ADAPTACIÓN AL REGLAMENTO MOTOSTUDENT.

Las condiciones que indica el reglamento técnico de la competición “Motostudent” en su última versión respecto a las características y condiciones que debe cumplir el depósito de la motocicleta citan textualmente;

“Depósito de combustible”

El respiradero del depósito de combustible deberá estar provisto de una válvula de retención. El respiradero deberá verter en el depósito de sobrantes de líquidos.

El depósito de carburante de cualquier tipo deberá ir relleno con material retardante de llama o disponer de otro depósito flexible interno de seguridad. En el caso de los depósitos “no metálicos” es obligatorio el uso de este segundo deposito adicional de goma o resina. El fin de esta vejiga de seguridad no es otro que impedir el derrame de carburante en caso de rotura del depósito.

Está prohibido presurizar el depósito de carburante.

El tanque de gasolina deberá ser calificado como “apto” por la organización antes de la realización de las pruebas en cumplimiento de las consideraciones anteriormente expuestas.

El depósito debe tener una capacidad mínima entre 12-13 litros.

Conductos de combustible

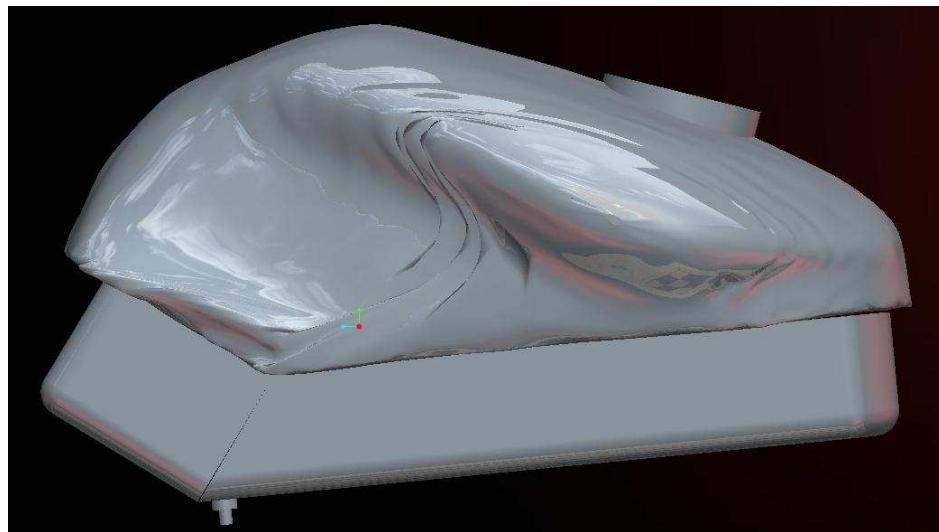
Todos los conductos de combustible del depósito al carburador o sistema de inyección deberán estar provistos de ríacos estancos de seguridad. De manera que en caso de desprendimiento del depósito de la motocicleta sea el ríaco el que se desconecte y no otras uniones del conducto. Por tanto, para la apertura del ríaco la fuerza aplicada deberá ser, máximo, el 50% de la fuerza necesaria para desprender cualquier otra unión o rotura del material componente del conducto.

Sistema de llenado

El tapón del depósito de combustible deberá ser estanco y estar provisto de un sistema seguro de cierre que impida la posibilidad de desprenderse en caso de caída.”

El primer punto que se tiene en cuenta una vez obtenida la geometría exterior que asegura una buena aerodinámica y un buen confort, es la condición de capacidad mínima. Se calcula el volumen que ocupa la superficie exterior diseñada, cerrándola con un plano que une las dos barras casi paralelas del chasis donde se apoya el propio depósito. Este volumen, sencillamente obtenido del cálculo realizado por el software que usamos para el diseño del depósito, ocupa una espacio de 5,55 litos.

Esta capacidad no supera a la establecida por el reglamento por lo que el recinto que almacenará los 12 litros de combustible además de seguir la geometría exterior, se introducirá unos centímetros en el interior del chasis hasta conseguir el volumen establecido, y cuidando de no crear interferencias con otros elementos de la motocicleta que también irán albergados en el mismo lugar y que compartirán el espacio; algunos de estos elementos son el filtro de la gasolina, los conductos de diversos líquidos, el radiador, la centralita eléctrica de encendido, etc.



Un punto importante del reglamento y que también afecta de forma directa al volumen del depósito es la obligatoria posición de material retardante de llama alrededor del recinto que almacena el combustible, lo que nos obliga a diseñar una vejiga interior que pueda estar envuelta de este material.

La solución a este problema fue el diseño de un depósito cuyas paredes fuesen paralelas a la cúpula exterior restándole volumen y dejando aproximadamente 1 centímetro de espesor entre vejiga y cúpula. Este espacio vacío que queda entre los dos elementos está lleno de un material que es retardante de llama, y para ello se utiliza el poliuretano expandido, que va aplicado de la misma manera que se usa en la construcción y cuyas

características cumplen las expectativas de la seguridad y resistencia de un depósito para motocicleta de competición como se observa más adelante. La pieza que es realmente el depósito donde va la gasolina, está fabricada del mismo material que la cúpula, es decir de fibra de vidrio.

El resto del reglamento indica que las conexiones de todos los conductos deben ir provistas de elementos de seguridad que aseguren una buena estanqueidad y que se pueda evitar cualquier tipo de fuga. Un factor a tener en cuenta para cumplir este apartado del reglamento es la elección de un filtro provisto de un sistema ràcord para conectar el tubo que conduce el combustible hasta el carburador.

Otro aspecto importante es el diseño del tapón de apertura y cierre del depósito, se le añade el detalle que permite roscar un ràcord para tubo flexible que permite el agarre seguro de la tubería que cumple la función de respiradero y que es conducida hasta un sobrante de líquidos colocado en la quilla del carenado, como el reglamento indica. Este detalle se puede observar en el apartado “despiece del depósito” cuando se explican las características de los elementos metálicos, concretamente del tapón de cierre.

4.4. DESPIECE DEL DEPÓSITO.

El depósito que se ha desarrollado en este proyecto está compuesto de un total de 18 elementos o piezas, incluida la tornillería. Cinco de estos elementos son producto del diseño realizado en este estudio, el resto de elementos son piezas comerciales.

A continuación se listan cada una de estas unidades que conforman el despiece del depósito. Cada uno de estos elementos se detalla en los siguientes apartados, indicando sus características y justificando sus formas o elección.

LISTA DE MATERIALES:

1. Cubierta exterior del depósito.
2. Vejiga interior del depósito.
3. Capa intermedia de poliuretano entre la cubierta y la vejiga.
4. Válvula y filtro de gasolina.
5. Tapa boca depósito.
6. Tapón cierre depósito.
7. Junta tórica cierre depósito.
8. Tuerca hexagonal de 13étrica 10 para ajuste de filtro.
9. Cinco tuercas hexagonales de métrica 4 para ajuste de la tapa boca depósito.
10. Cinco tornillos allen de 13étrica 4 para el ajuste de la tapa boca depósito.
11. Cinco arandelas de métrica 4 para el ajuste de la tapa boca depósito.
12. Cinco tuercas hexagonales de métrica 4 para apriete de tapa boca depósito.
13. Dos silent-blok para el ajuste del depósito en el chasis.
14. Dos arandelas especiales ranuradas para el ajuste del depósito en el chasis.
15. Dos tornillos allen de métrica 6 para el ajuste de las arandelas en el depósito.
16. Dos arandelas de métrica 6 para el apriete de los tornillos.

17. Dos tuercas hexagonales de métrica 6 para el apriete de los tornillos.
18. Racord para tubo flexible de respiradero.

4.4.1. CUBIERTA DEL DEPÓSITO.

Esta pieza es fundamental y el principal objeto del proyecto como se ha ido explicando a lo largo del estudio. Su geometría ya ha quedado definida y justificada en los estudios previos a este apartado que han sido, un estudio aerodinámico, otro de confort y una última adaptación al reglamento.

Como indica el reglamento, el carburante debe de alojarse en una vejiga interior a la cubierta del depósito para evitar el derrame del fluido en caso de rotura o fisura de dicha cubierta. De este modo se diseña una segunda superficie que determina el verdadero alojamiento de la gasolina cuya geometría es idéntica a la superficie que define la cubierta exterior, disminuyendo únicamente el volumen que ocupa, cumpliéndose que al juntarlas de manera concéntrica las separe un espesor de no más de dos centímetros.

El espacio que queda entre cubierta y vejiga sirve como elemento de seguridad para evitar la fuga de líquidos, por lo que debe de estar rellena de un material que absorba posibles impactos recibidos del exterior, que no altamente inflamable y que sea lo más ligero posible. El material que los proyectistas encuentran adecuado para esta aplicación y cumple los tres requisitos citados, es el poliuretano expandido, cuyas características se citan a continuación.

El poliuretano (PUR) es un polímero que se obtiene mediante condensación de polioles combinados con polisocianatos.

La fórmula está estequiométricamente diseñada para lograr un material (espumado o no) de curado rápido y con una densidad entre 18 y 80 kg/m³.

En este punto destacamos la baja densidad del material permitiendo realizar una pieza muy ligera.

En algunas aplicaciones de poliuretanos flexibles se usan poliuretanos anti-impacto para embalajes de piezas delicadas. Su principal característica es que son de celdas abiertas y de baja densidad (12-15 kg/m³).

Destacamos que también se trata de un material flexible que absorbe impactos evitando que se dañen los objetos que envuelve como es el caso de la vejiga del depósito.

La capacidad de aislamiento térmico del poliuretano se debe al gas aprisionado en las celdillas cerradas del entramado del polímero.

Esta es una ventaja más que se obtiene evitar que la mezcla de carburante que se encuentra en el interior sufra cambios bruscos de temperatura.

Algunos polioles llevan componentes antiflama que hace que sean retardantes de llama. En algunos países es obligatorio el uso de este componente para determinadas aplicaciones, y son clasificados bajo normas de seguridad.

Este punto se considera muy importante por el peligro que existe de que se puedan generar llamas dentro del depósito al contener un fluido altamente inflamable.

Para asegurar este último punto se realizan pruebas de reacción al fuego, sometiendo probetas de este material al contacto con la llama generada por un soplete para soldadura oxiacetilénica.

Finalmente se concluye de los resultados de los ensayos, que el poliuretano se quema con mayor o menor facilidad por ser un material orgánico, pero no es un material inflamable, es decir, en el ensayo de reacción al fuego, una vez retirada la fuente de calor, el poliuretano se apaga solo.

Queda por último definir los materiales con los que se va fabricar la cubierta y la vejiga del depósito, cuyas características son una vez más la resistencia a los agentes químicos que le rodean, la resistencia mecánica y la ligereza. Debido a la geometría que adopta la forma de estos dos elementos, tiene que tratarse de un material fácil de modelar y cuyo procedimiento de fabricación sea rápido y económico.

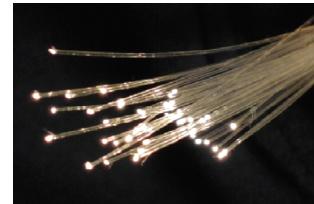
Uno de los materiales que se adapta a todas estas condiciones es lo comúnmente denominado “fibra de vidrio”. Este material está compuesto por unas resinas que compactan la fibra de vidrio y conforman un material resistente y con cierta flexibilidad.

La fibra de vidrio es un material fibroso obtenido al hacer fluir vidrio fundido a través de una pieza de agujeros muy finos (espiral) y al solidificarse tiene suficiente flexibilidad para ser usado como fibra. Sus principales propiedades son:

Buen aislamiento térmico

Inerte ante ácidos

Soporta altas temperaturas.



Estas propiedades y el bajo precio de sus materias primas, le han dado popularidad en muchas aplicaciones industriales. Las características del material permiten que la fibra de vidrio sea moldeable con mínimos recursos, la habilidad artesana suele ser suficiente para la autoconstrucción de piezas.

Las resinas de poliéster (termoestables) son usadas como matriz para la construcción de equipos, y fibras. Para dar mayor resistencia mecánica suelen ir reforzadas con cortante, también llamado endurecedor o catalizador, sin purificar.

El poliéster es una resina termoestable obtenida por polimerización del estireno y otros productos químicos. Se endurece a la temperatura ordinaria y es muy resistente a la humedad, a los productos químicos y a las fuerzas mecánicas. Se usa en la fabricación de fibras, recubrimientos de láminas, etc.



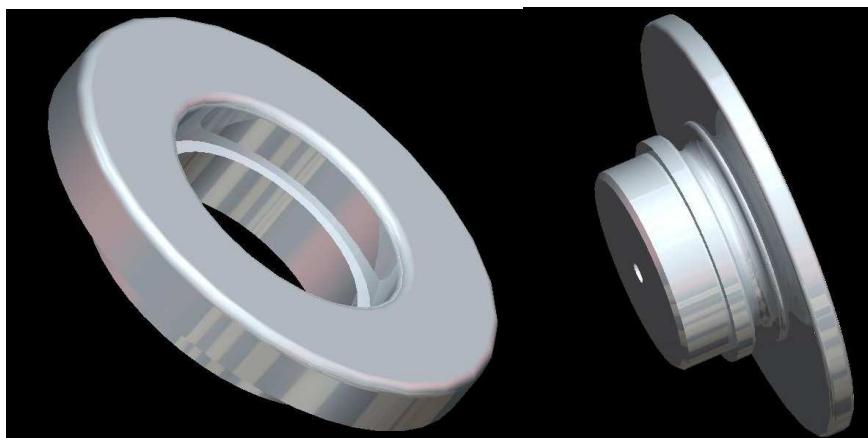
4.4.2. ELEMENTOS METÁLICOS.

Son dos piezas las que se diseñan metálicas y que forman parte del conjunto del carenado. Una de ellas es el conjunto que hace de tapón o abertura del depósito. Del otro tipo de piezas se trata de unas pequeñas arandelas especiales para poder amarrar otra arandela elástica tórica que sirve de sujeción del depósito al chasis.

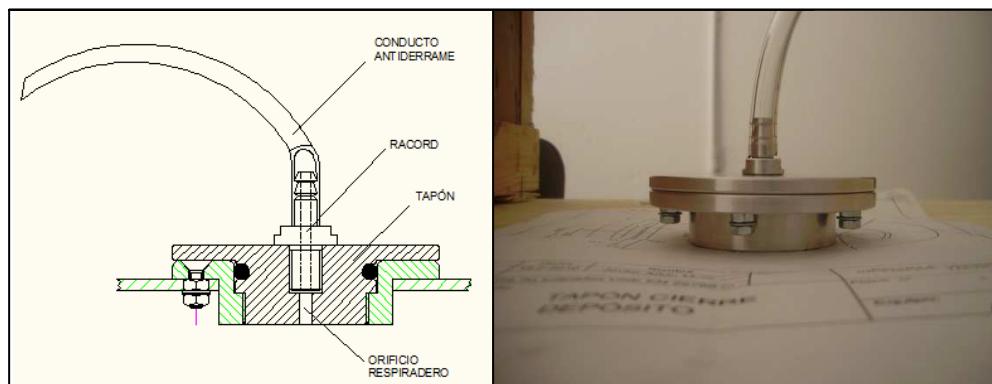
El tapón del depósito se compone de dos elementos que son acoplables, la tapa que hace de boca de depósito y el tapón de cierre del mismo. Estos elementos se utilizan para introducir el carburante en el interior de la vejiga del depósito y también realizar la función de respiradero del recinto para facilitar la admisión del combustible al carburador. Ambos elementos están fabricados de aluminio cuyas características son las más adecuadas para su función, resistente, difícilmente corrosible, ligero y económico.

El diseño es totalmente libre y únicamente se han seguido pautas de funcionalidad y estética. Se ha propuesto una geometría cilíndrica y como elemento de acoplamiento la rosca, reduciendo de este modo los pasos en el proceso de fabricación; en esencia sólo es necesario el uso de un torno.

Imágenes de los elementos generadas por el programa Pro-ENGINEER.

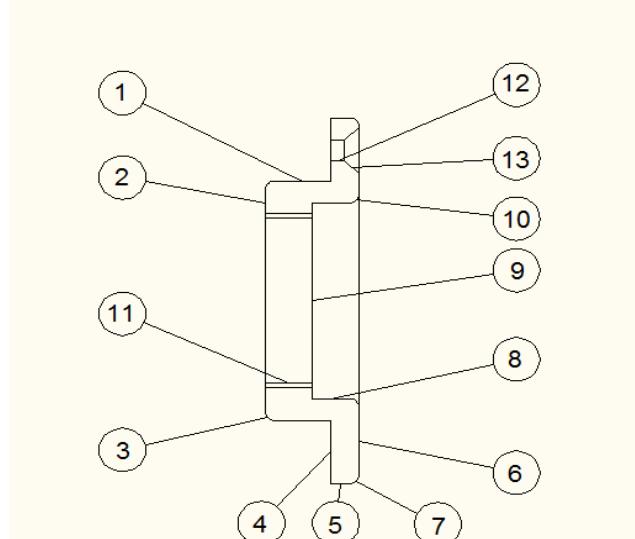


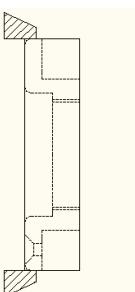
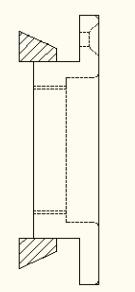
Cuando se diseña el respiradero del depósito, que no es más que un orificio practicado en el tapón de apertura y cierre del recinto que alberga el carburante, se tiene en cuenta que debe de ir provisto de un mecanismo que impida que por este orificio pueda fugar el líquido ante cualquier circunstancia. Por este motivo el orificio lleva practicada una rosca interior, para poder anclar cualquier tipo de elemento que impida que se produzca la fuga. En un principio esta rosca permite adaptar un rácord de métrica 10 que a su vez, mediante la conexión de un tubo, permite conducir la posible fuga hasta un recinto denominado "sobrante de líquidos" que se alberga en la quilla del carenado, en la parte inferior de la motocicleta.



A continuación se detallan las hojas de proceso necesarias para la fabricación de estos elementos.

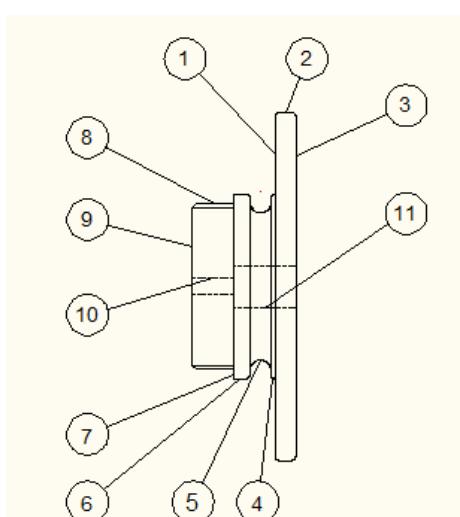
Proceso de mecanizado de la tapa que hace de boca del depósito.

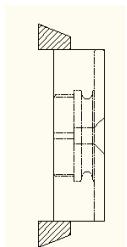
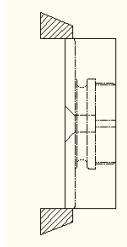
PROCESO DE FABRICACIÓN		Material
	Establecido por: Javier Añón Mata	Aluminio
Pieza: 3	Fecha: 22/02/2010	Nº de piezas: 1
	Departamento: Carenado y depósito.	Marca: Depósito
HOJA ANALÍTICA DE FASES		
		
Fase	Descripción de la fase	Máquina
1	Cortar material en bruto ø 85 mm	Sierra alternativa
2	Mecanizar superficies 1-10	Torno
3	Mecanizar superficies 11 y 12	Taladro de columna

HOJA ANALÍTICA DE OPERACIONES			ALCAÑIZUNIZAR	
Conjunto: Depósito	Material: Aluminio	Máquina: Torno		
Plano: 3				
Hoja Nº: 1 de 2	Nº Piezas: 1	Preparador: Javier Añón		
Fase Nº: 1				
	Datos Técnicos			
Subfase / Operaciones	Nº pasada / Avance / r.p.m /Logitud	Herramientas / Utilajes	Tiempo	
1. Amarre según croquis	-/-/-	Plato de garras duras	-	
1.1 Cilindrar 1 des/acab.	3/M/1500/14	PCLN R 25 25 H 12	-	
1.2 Refrentar 2 des/acab.	1/M/1500/-	PCLN R 25 25 H 12	-	
1.3 Chaflán 3	1/M/1500/-	PSSN/ISO 2 R 20 20 M 12	-	
1.4 Refrentar 4 des/acab.	1/M/1500/-	PCLN R 25 25 H 12	-	
2. Amarre según croquis	-/-/-	Plato de garras duras	-	
2.1 Cilindrar 5 des/acab.	1/M/1500/6	PCLN R 25 25 H 12	-	
2.2 Refrentar 6 des/acab.	1/M/1500/-	PCLN R 25 25 H 12	-	
2.3 Chaflán 7	1/M/1500/-	PSSN/ISO 2 R 20 20 M 12	-	
2.4 Mandrinar 8 des/acab	5/M/1500/10	PCLN R 25 25 H 12	-	
2.5 Refrentar 9 des/acab.	1/M/1500/-	PCLN R 25 25 H 12	-	
2.6 Chaflán 10	1/M/1500/-	PSSN/ISO 2 R 20 20 M 12	-	
2.7 Mandrinar 11 des.	4/M/1500/10	PCLN R 25 25 H 12	-	
2.8 Roscar 11	1/M/1500/10	*		
TIEMPO DE FABRICACIÓN:				
Croquis:				
		1.		2.
Notas.				
Control dimensional:	PIE DE REY			

*Cuchilla de metal duro para roscado de interiores en torno 60°.

Proceso de mecanizado del tapón de cierre del depósito.

PROCESO DE FABRICACIÓN		
Mecanismo	Material	
	Establecido por: Javier Añón Mata	Aluminio
Pieza: 4	Fecha: 22/02/2010	Nº de piezas: 1
	Departamento:	Marca: Depósito
HOJA ANALÍTICA DE FASES		
		
Fase	Descripción de la fase	Máquina
1	Cortar material en bruto ø 85 mm	Sierra alternativa
2	Mecanizar superficies 1-9	Torno
3	Mecanizar superficies 10 y 11	Taladro de columna

HOJA ANALÍTICA DE OPERACIONES			ALCAÑIZUNIZAR	
Conjunto: Depósito	Material: Aluminio	Máquina: Torno		
Plano: 4				
Hoja Nº: 1 de 2	Nº Piezas: 1		Preparador: Javier Añón	
Fase Nº: 1				
Subfase / Operaciones	Datos Técnicos			
	Nº pasada / Avance / r.p.m /Logitud		Herramientas / Utilajes	Tiempo
1. Amarre según croquis	-/-/-		Plato de garras duras	-
1.1 Refrentar 3 des/acab.	1/M/1500/-		PCLN R 25 25 H 12	-
1.2 Cilindrar 2 des/acab.	1/M/1500/5		PCLN R 25 25 H 12	-
1.3 Chaflán	1/M/1500/-		PSSN/ISO 2 R 20 20 M 12	-
2. Amarre según croquis	-/-/-		Plato de garras duras	-
2.1 Cilindrar todo a 6/4	5/M/1500/20		PCLN R 25 25 H 12	-
2.2 Ranurar 5	2/M/1500/5		ISO 7 2 R - - P 20	-
2.3 Refrentar 1 des/acab.	1/M/1500/-		PCLN R 25 25 H 12	-
2.4 Chaflán 4/7	1/M/1500/-		PSSN/ISO 2 R 20 20 M 12	-
2.5 Roscar 8	1/M/1500/10		*	-
2.6 Refrentar 9 des/acab.	1/M/1500/-		PCLN R 25 25 H 12	
TIEMPO DE FABRICACIÓN:				
Croquis:				
		1.		2.
Notas.				
Control dimensional:	PIE DE REY			

Las piezas para el prototipo se fabricaron en un taller situado en el polígono Cogullada de Zaragoza. Fue mecanizada mediante torno y taladro convencional, ya que al tratarse de una única pieza no era conveniente programar el centro de mecanizado de control numérico “CNC” y preparar el utillaje necesario.

Las siguientes imágenes muestran las piezas terminadas con los componentes que conforman el conjunto del tapón.



4.4.3. ELEMENTOS COMERCIALES.

Los elementos comerciales son aquellas piezas cuya fabricación es estándar y son básicamente los elementos de unión necesarios para formar el conjunto depósito.

FILTRO DE GASOLINA

Para que el depósito pueda suministrar de combustible al carburador de la motocicleta es necesario un sistema que controle y asegure esta admisión. En este caso, al tratarse de una motocicleta de competición el equipo decide prescindir de una bomba auto aspirante y que sea la propia gravedad la que actúe de motor inyector. Impuesta esta condición, el orificio de salida del combustible tiene que situarse en el punto más abajo posible del depósito colocado en su posición final sobre el chasis de la motocicleta. Sobre este orificio se coloca una pieza que es un conjunto de filtro y válvula que se atornilla a una arandela roscada que define dicho agujero. El filtro impide que las impurezas que se puedan hallar en el interior del depósito sean arrastradas por el conducto de la válvula y provoquen alguna obstrucción. La válvula cumple la función de dar paso o no a la gasolina hasta el carburador. Este elemento se comercializa en almacenes especialistas en motociclismo y su coste es muy bajo.



TORNILLERÍA

La boca del depósito, que se trata de un elemento de aluminio como se indica en el apartado anterior, va atornillada en unas arandelas con rosca interior sujetas a la fibra de vidrio que compone la cubierta del depósito. Para esta sujeción se proponen cinco tornillos allen de métrica 4 con sus correspondientes arandelas y contratuerzas, que ajustan la pieza sobre el orificio practicado en la cubierta.

A nivel comercial estos elementos son;

Tornillo de cabeza avellanada DIN 7991 M4 x 12 c 10.9.



Arandela plana biselada DIN 125 A2 M4.

Tuerca hexagonal DIN 934 A2.

El reglamento obliga a que las conducciones de líquidos estén aseguradas mediante conexiones seguras que impidan que pueda existir cualquier tipo de fuga. Como se puede observar, el filtro dispone de un sistema rácord para la adaptación del tubo que conducirá la gasolina hasta el carburador de la motocicleta. Es necesario entonces, colocar uno de estos elementos en el respiradero del tapón del depósito para evitar que se derrame el carburante.

Este elemento se encuentra en las clásicas conducciones de fontanería o de aire comprimido. La pieza concreta que se adecúa a la aplicación requerida y cumple con el propósito impuesto es el denominado “rácord para ajuste de tubería flexible”. Dispone de una rosca de métrica normalizada en un extremo que se acopla fácilmente al orificio roscado en el tapón del depósito practicado para esta aplicación como se ha detallado en el apartado anterior. El otro extremo del elemento es un tubo al que se le ha practicado un moleteado especial para permitir un agarre de del conducto.



JUNTA TÓRICA

Tal y como se observa en la siguiente fotografía, es necesario la aplicación de una junta en el tapón del depósito para evitar que el juego y la tolerancia que existe entre los elementos roscados permita que pueda haber un derrame del carburante que contiene el depósito. La única pieza que permite hermetizar las dos piezas roscadas es la junta tórica. Se trata de un elemento elástico, hecho de EPDM, que permite presionarse en la cavidad en la que se alberga.



ARANDELAS ESPECIALES RANURADAS.

Este elemento se sitúa atornillado en los laterales de la cubierta exterior del depósito.



La ranura de geometría redonda que dispone alrededor de toda la circunferencia de la arandela permite sujetar un elemento tórico dándole rigidez al agarre. Sobre esta arandela se sujeta un cordón tórico que, amarrado a otro elemento del chasis, permite la sujeción del depósito, evitando que se despegue del conjunto de la motocicleta.

CORDÓN TÓRICO

Para conseguir el agarre de la forma que se ha comentado en el punto anterior, es necesario un elemento elástico suficientemente rígido para soportar un buen agarre del depósito. Para ello utilizamos arandelas de cordón tórico hechas de EPDM, polímero plástico con buena elasticidad y considerable resistencia para su aplicación.



4.4.4. PLANOS GENERADOS.

Este punto hace referencia al documento “planos” detallando lo que contiene.

Índice de planos

Los planos referidos al conjunto del depósito que alacena la gasolina en la motocicleta, se encuentran en el documento “planos del depósito de carburante”. La numeración que determina cada uno de los planos queda definida a continuación.

- Plano 02.01 Plano de conjunto.
- Plano 02.02 Lista de materiales.
- Plano 02.03 Cúpula depósito.
- Plano 02.04 Posición de filtro.
- Plano 02.05 Boca depósito.
- Plano 02.06 Tapón depósito
- Plano 02.07 Vejiga interior.

5. FASE DE CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO.

5.1. PRESUPUESTO INICIAL DISPONIBLE.

Del total del presupuesto inicial disponible para la fabricación de prototipo del conjunto de la motocicleta de competición, diseñada y construida por el equipo “Alcañiz.unizar”, se destina una cuantía de 200 euros para el diseño y fabricación del depósito.

El presupuesto destinado para la fabricación de todo el conjunto que forma el depósito, descarta cualquier tipo de método industrializado para la conformación de la pieza principal, es decir, de la producción de la cúpula del depósito. Este motivo obliga al equipo a realizar esta pieza de forma artesanal utilizando materiales con características similares a los que utilizan las marcas que se dedican a la explotación de estas piezas.

5.2. FABRICACIÓN DE PIEZAS.

Este apartado detalla todos los pasos seguidos por los componentes del equipo que diseña el depósito, para fabricar ésta pieza vital para el funcionamiento del vehículo. Se detalla el material empleado, el proceso de fabricación y el montaje o ensamblaje final de la pieza.

5.2.1. CUBIERTA DEL DEPÓSITO.

5.2.1.1. MATERIAL EMPLEADO.

El material utilizado para la fabricación del depósito se lista a continuación.

Para la fabricación de los moldes se ha utilizado;

- Esponja mossi ideal: Es un corcho fácilmente moldeable.
- Cola blanca.
- Cúter.
- Espátula.
- Cubeta.
- Hojas de sierra.
- Cinta métrica.
- Esponja abrasiva.
- Lija al agua.
- Escayola E-35 Lenta.
- Agua.



Para la fabricación de la pieza final se ha utilizado;

- Moldes fabricados.
- Guantes de vinilo.
- Esponja sintética.
- Brochas.
- Cubetas.
- Tijeras.
- Alcohol polivinílico.
- Gel Coat.
- Resina de poliéster ortofalica.
- Catalizador.
- Rodillo castor 18 cm.
- Fibra de vidrio.
- Cinta métrica.
- Poliuretano.



La mayoría de estos elementos son nocivos para la salud y pueden ser peligrosos si no se cumplen las indicaciones que acompañan cada uno de estos elementos.

PROCESO DE FABRICACIÓN.

La realización de la cubierta del depósito implica cierta aptitud artesanal y artística, puesto que el primer paso es interpretar unos planos materializándolos en una estructura esponjosa de fácil modelización. La dificultad de las formas y el escaso material instrumental para plasmar lo que los planos indican, hace que el primer molde obtenido únicamente es una buena aproximación geométrica a lo que se ha desarrollado en el ordenador. Para comprobar que el modelo en construcción cumple todas las principales cotas, cuyas dimensiones tienen que ajustarse para permitir la correcta adaptación y encaje entre el resto de elementos, utilizamos un chasis realizado por el equipo, que cumple todas las características del realmente utilizado.



El material esponjoso que se utiliza para modelar la geometría es la esponja “mossi” ideal que se puede observar en la fotografía.

Una vez tallada la forma se cubre de escayola para darle consistencia y permitir el pulido hasta dejar una superficie lisa y suave.

El siguiente paso es fabricar los moldes reales sacados de la preforma obtenida artesanalmente. Para ello el equipo se sirve de dos cajas de cartón, cubiertas con plástico en su interior, que albergarán medio depósito cada una, y al verter escayola líquida, ésta adapta cada una de las formas geométricas que el prototipo conserva. Una vez fraguada la lechada, se procede a desmoldar la preforma dejando relucir la superficie final del molde.



Obtenido el molde se procede a fabricar la pieza. Para ello se utiliza los materiales necesarios para preparar la fibra de vidrio. Una vez dispuesto el material se siguen los puntos detallados a continuación.

Se aplica una capa de CERA DESMOLDANTE (Neutra o especial para desmoldar piezas de Fibra de Vidrio) por lo menos 5 veces de manera que quede perfectamente encerado (las ceras que no son neutras o contienen grasas y/o siliconas NO SIRVEN).

Se añade una película separadora de alcohol polivinílico con la ayuda de la esponja. Se añade una segunda película cuando la primera este totalmente seca.

Una vez seca la película separadora, con la brocha, se extiende una capa de "GEL COAT" por el interior del molde que será la parte reluciente y compacta que queda vista en la pieza final. Para la fabricación de la pieza necesitamos el Gel Coat de tipo ORTOFALICO, que se deberá catalizar para su endurecimiento, con Catalizador (Peróxido de Metil-Etil-Cetona) APLICADO AL 2 %, de la cantidad de Gel Coat.

Sobre la capa de "GEL COAT" una vez está totalmente seco (esperando varias horas), se procede a la aplicación de la fibra de vidrio que se corta en pedazos para ajustarse al molde, se puede deshojar la colchoneta de menos peso (1 onza), abriéndola para que se despelueque y quede de menos espesor.

Lista la fibra, se prepara la resina (no en grandes cantidades, pues puede tardar la aplicación con lo que se catalizará la misma antes de terminar). La proporción de catalizado es también de 2 % en promedio.

Se impregna una ligera capa de resina sobre el GEL COAT, esto es importante pues se acostumbra a poner la fibra directamente sobre el GEL COAT, lo que provoca burbujas y la Fibra no queda encapsulada en resina.

Se coloca la Fibra de Vidrio sobre esta capa de resina, se "PICA" con una brocha y se añade más resina en cada operación, de forma que se moja completamente la Fibra hasta que cambia de color, lo que indicará que está sumergida en la resina. Cuando se pica la Fibra, se debe de tener cuidado en sacar las burbujas de aire hacia los extremos, para que de esta forma quede completamente adherida al Gel Coat y entre una capa de resina.

No interesa una gran cantidad de resina ya que aumenta considerablemente el peso de la pieza, por lo que hay que tener mucha delicadeza en la aplicación de esta sobre la fibra empapándola sin “encharcar”.

Una vez seca la resina se deja reposar en el molde entre 72 y 96 horas antes de proceder a desmoldar.



Tanto el molde como las piezas deberán ser lavados con agua, para de esa forma quitar los residuos de película separadora que se queda adherida a las superficies.

Hay que destacar que las piezas de FIBRA DE VIDRIO con los años sufren modificaciones y deformaciones en su estructura y forma, además de que se vuelven quebradizas, en especial las que se encuentran bajo los rayos del sol o expuestas a calor y frío extremo. Es este motivo por el que sólo se usa este material en la configuración de la moto de competición, porque se espera una vida útil muy corta, ya que puede sufrir roturas tanto en caídas de pilotos como en el constante montaje y desmontaje al que lo someten los mecánicos.

Obtenidas las piezas de fibra de vidrio se unen, utilizando el mismo material con el que han sido fabricadas, constituyendo la geometría final de la pieza. Sobre esta se colocan los elementos de sujeción al chasis de la motocicleta.

La última operación que se realiza sobre esta pieza es el tallado de los orificios donde van a situarse el filtro y el tapón del depósito. Una vez practicados los taladros se colocan las tuercas con la ayuda de masilla de vidrio, que servirán para sujetar el tapón y el filtro.

La siguiente imagen muestra la cubierta del depósito totalmente ensamblada.



5.2.2. ELEMENTOS METÁLICOS Y SU PROCESO DE FABRICACIÓN.

Los elementos metálicos que completan el conjunto del depósito son el filtro de la gasolina, elemento por el que desagua dicha sustancia dando paso al carburador, y el conjunto del tapón del depósito, elemento que permite rellenar el depósito de carburante.

El filtro de la gasolina es un elemento comercial que se adapta perfectamente a los requisitos del prototipo. Esta pieza es un conjunto de dos elementos. Dispone de un filtro de forma cilíndrica y alargada que se encuentra albergado en el interior del depósito y que, como su propio nombre indica, filtra las impurezas que se encuentren en el carburante, impidiendo que estas paren al carburador y provoquen una obstrucción en la vía de paso al cilindro del motor. El otro elemento es una válvula que estrangula el paso de la gasolina, previamente filtrada, al carburador. Esta válvula tiene dos vías que permite desaguar la gasolina de diferentes alturas del filtro, esto se utiliza como indicador de nivel de combustible en el depósito. Este elemento se detalla en el punto 4.4.3. "Elementos comerciales".



Para introducir el carburante dentro del volumen que conforma la cubierta del depósito, es necesario diseñar un orificio en dicha cubierta que pueda ser abierto y cerrado con facilidad y rapidez.

Se diseña y fabrica un elemento que denominamos tapón del depósito. Esta pieza está compuesta de dos bloques. Una boca o entrada circular del depósito, hecha de aluminio, que se ancla a un orificio practicado en la cubierta. Y un tapón que permite cerrar el orificio mediante el sistema de rosca, fabricado también en aluminio dispone de una ranura que permite albergar una junta tórica de EPDM que impide que puedan haber fugas de combustible. Al tapón se le practica un pequeño orificio en el centro para permitir que entre el aire dentro del depósito y así pueda desaguar la gasolina con facilidad por efecto gravitatorio.

Los planos son generados directamente teniendo en cuenta únicamente el diámetro del orificio de entrada, el método de anclaje a la cubierta y el proceso de fabricación en máquina herramienta. No se hace un pre dimensionado porque no interviene ningún efecto resistente.

Estos elementos se encuentran detallados en los planos 02.05 y 02.06 del conjunto del depósito.

Para la fabricación de estos elementos se han seguido unas pautas determinadas en las "hojas analíticas de procesos de fabricación". Las piezas para el prototipo se fabricaron un taller del polígono Cogullada de Zaragoza.



El resto de elementos se encuentran detallados en el apartado 4.4.3. "Elementos comerciales" y se adquieren en industrias dedicadas al suministro de los mismos.

5.2.3. MONTAJE DEL CONJUNTO.

Obtenidas y adquiridas todas las piezas que forman el depósito, se prosigue a realizar su montaje, para el cual se utilizaran herramientas sencillas que se pueden encontrar en cualquier taller de mecánica.

El primer paso es atornillar el filtro y el tapón del depósito, para ello se utiliza una llave Allen de tamaño 4 estandarizado para atornillar los tornillos de cabeza avellanada, una llave fija para turcas de métrica 10 para ajustar el filtro y otra de métrica 4 para las tuercas que aseguran la boca del depósito.

El siguiente paso es atornillar las arandelas ranuradas que servirán de amarre al chasis para asegurar un buen agarre.

El último paso es asegurar los SILENT-BLOCK que servirán para atornillarse al chasis y dar una sujeción segura sobre el chasis.

5.3. COSTE FINAL DE FABRICACIÓN.

Dentro de este apartado se detalla el coste que se origina para la fabricación de cada pieza por separado haciendo referencia a la materia prima de cada una. De esta manera se obtiene el coste de fabricación de las piezas tanto por separado como del prototipo en conjunto.

El presupuesto total del prototipo en conjunto asciende a un total 93,62 (noventa y tres euros con sesenta y dos céntimos).

- CÚPULA DEPÓSITO.

MATERIAL	PRECIO UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO TOTAL
Resina.	3,98 € / kg.	1,5	5,97 €
Fibra de vidrio.	3,35 € / kg.	1	3,35 €
Catalizador.	0,021 € / ml.	30	0,63 €
Masilla de fibra.	18,50 € / bote.	1/2	9,25 €
Alcohol polivinílico.	1,53 € / l.	1/4	0,39 €
Cera.	4,50 € / kg.	1/4	1,13 €
		TOTAL	20,72 €

- VEJIGA DEPÓSITO.

MATERIAL	PRECIO UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO TOTAL
Resina.	3,98 € / kg.	1,5	5,97 €
Fibra de vidrio.	3,35 € / kg.	1	3,35 €
Catalizador.	0,021 € / ml.	30	0,63 €
Masilla de fibra.	18,50 € / bote.	1/2	9,25 €
Alcohol polivinílico.	1,53 € / l.	1/4	0,39 €
Cera.	4,50 € / kg.	1/4	1,13 €
		TOTAL	20,72 €

- BOCA DEPÓSITO.

MATERIAL	PRECIO UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO TOTAL
Boca aluminio	10€/pieza	1	10 €
		TOTAL	10€

- TAPÓN DEPÓSITO.

MATERIAL	PRECIO UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO TOTAL
Tapón aluminio	10/pieza	1	10€
		TOTAL	10€

- ELEMENTOS COMERCIALES.

MATERIAL	PRECIO UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO TOTAL
Arandel epoxy junta cierre.	2,25€/u.	1	2,25€
Racord 1/4	3,82€/u.	1	3,82€
Aranelas junta para amarre	1,47€/u.	2	2,94€
Abrazaderas acero	0,75€/u.	1	0,75€
Tubo cristal 5x7	2,15€/m.	2m.	4,3€
Tornillos din 7991 M4	0,4€/u.	5	2€
Arandela plana din125	0,12€/u.	5	0,6€
Tuerca hexagonal din 934	0,2€/u.	10	2€
Tuerca M10 DIN 934	0,2€/u.	1	0,2€
Grifo gasol. 10/100	3,12€/u.	1	3,12€
Aerosol poliuretano	10,2€/u.	1	10,2€
		TOTAL	32,18€

- TOTAL.

PROTOTIPO	PRECIO
Cúpula	20,72 €
Vejiga.	20,72 €
Boca depósito.	10€
Tapón depósito.	10€
Elementos Comerciales.	32,18 €
PRECIO TOTAL CONJUNTO.	93,62 €

El presupuesto total del prototipo en conjunto asciende a un total de 93,62€ (noventa y tres euros con sesenta y dos céntimos).

6. ANEJOS.

6.1. NORMATIVAS.

Todas las sustancias que intervienen en la fabricación de las piezas que forman el conjunto depósito han de cumplir la normativa vigente. También es de obligatorio cumplimiento todo lo relativo al reglamento proporcionado por la organización directora de la competición. Esta última parte ya queda reflejada en el punto 4.3. "Adaptación al reglamento motostudent".

6.1.1. MARCADO CE DE LOS MATERIALES UTILIZADOS.

Se garantiza que todos los elementos del suministro cumplen con lo estipulado en la Legislación Española vigente y las normas UNE, DIN o ISO así como que han cumplido todos los trámites legales que importan las mismas.

Todos los materiales utilizados para la fabricación de las piezas llevan el sello de garantía que justifica que aportan todas las medidas de seguridad e indicaciones para poder tratar los elementos normalmente en sus aplicaciones correspondientes. Por lo tanto, se garantiza la calidad de la totalidad del suministro y que el mismo está libre de defectos de mano de obra, materiales y fabricación.

Las herramientas de trabajo fueron adquiridas en almacenes de grandes marcas conocidas a nivel europeo, que garantizan la fiabilidad de sus productos. La confianza en la marca fue suficiente para comprobar la calidad debido a que las herramientas utilizadas para la fabricación del depósito son comunes y de muy bajo coste.

En cuanto a la materia prima con la que se desarrolla la fabricación del depósito, se tuvo en cuenta la procedencia del material y que en el etiquetado de los productos estuviese indicado todo lo que la norma europea y la Legislación Española obliga.

Los elementos comerciales, que son básicamente la tornillería, se adquieren en locales que garantizan que sus suministros son de procedencia europea y cumplen las características que las respectivas normas establecen.

Para la fabricación del tapón del depósito se tuvo en cuenta la procedencia del material utilizado, certificando que el aluminio es apto para el uso que va a desempeñar. La fábrica donde fue conformada la pieza cumplía con las siguientes directivas relativas al marcado CE en productos y máquinas industriales.

Directiva de Máquinas 89/392/CEE de 1989

Directiva 93/68/CEE DE 1993

Algunos de los componentes necesarios para la fabricación del prototipo son sustancias consideradas peligrosas para la salud de los usuarios que las controlan y manejan. Para el uso de estos materiales se consideró el etiquetado de los mismos, que se detallan a continuación, y que responden a la “Directriz de Consejo 67/548/EEC”, presentado por la comunidad europea en 1987, que trata la clasificación y etiquetado de las sustancias peligrosas en las comunidades europeas. Por lo tanto, en el etiquetado de la sustancias aparece la simbología recogida en el Anexo III y Anexo IV de la Directriz de Consejo que indican la “Naturaleza de los riesgos especiales inherentes a las sustancias peligrosas”, y los “Consejos de seguridad con respecto a sustancias químicas peligrosas”.

Los materiales considerados sustancias peligrosas son los siguientes;

- RESINA POLIESTER T-A

Este elemento contiene ESTIRENO y ANHIDRIDO FTALICO que puede provocar una reacción alérgica.

Simbología

- R10 INFLAMABLE.
 - R20 NOCIVO POR INHALACIÓN.
 - R36/38 IRRITA LOS OJOS Y LA PIEL.
 - S26 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS, LAVESE INMEDIATA Y ABUNDANTEMENTE CON AGUA Y ACUDA A UN MÉDICO.
 - S37/39 USEN GUANTES ADECUADOS Y PROTECCIÓN PARA LOS OJOS/ LA CARA.
 - S38 EN CASO DE VENTILACIÓN INSUFICIENTE, USEN EQUIPO RESPIRATORIO ADECUADO.
- 

- PEROXIDO DE MEK

Simbología

- R11 FACILMENTE INFAMABLE.
- R20/21/22 NOCIVO POR INHALACIÓN, INGESTION Y CONTACTO CON LA PIEL.
- R34 PROVOCA QUEMADURAS.
- S3/7/9 CONSERVESÉ EN UN LUGAR FRESCO, VENTILADO Y MANTENGASE CERRADO.
- S14 MANTENGASE ALEJADO DE ÁCIDOS ALCALINOS O COMPUESTOS DE METALES PESADOS.
- S26 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS, LAVESE INMEDIATA Y ABUNDANTEMENTE CON AGUA Y ACUDA A UN MÉDICO.



- GEL COAT BLANCO

Este elemento contiene ESTIRENO MONÓMERO.

Simbología

- R10 INFAMABLE.
- R20 NOCIVO POR INHALACIÓN.
- R36 IRRITA LOS OJOS Y LA PIEL.
- S23 NO RESPIRAR LOS VAPORES.



Gilca
S.C.
C.I.F. J-50202571

PRODUCTOS QUÍMICOS - REACTIVOS ANÁLISIS - MAT. LABORATORIO
P.º de las Damas, 27 - Apartado de Correos 447
976 213 651 - Fax 976 239 988
50008 ZARAGOZA
Naves: Pol. Malpica, c/ B, parc. 93, naves c-13-14
E-mail: gilca@gilca.es

GEL COAT BLANCO

Contiene estireno monomero

R/10: Inflamable
R/20: Nocivo por inhalación
R/36: Irrita los ojos y la piel
S/23: No respirar los vapores.

CONTENIDO: 1 KG.



7. BIBLIOGRAFÍA.

- I. Santiago Baselga, "Cálculo de la cadena de transmisión y de las prestaciones del automóvil, Volumen I".
- II. M. Calvo Lalanza, "DIBUJO INDUSTRIAL, Normalización".
- III. J.M.Auria, P.Ibáñez, P.Ubieto "DIBUJO INDUSTRIAL, Conjuntos y Despiece".
- IV. www.tornilleriaragonesa.es
- V. www.extern-biosoft.com
- VI. www.jsolana.com.mx
- VII. www.aitiip.com
- VIII. www.rapidform.com
- IX. www.iscsl.es

ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA
INDUSTRIAL Y CENTRO POLITÉCNICO SUPERIOR



MEMORIA 2



DISEÑO, SIMULACIÓN AERODINÁMICA Y FABRICACIÓN
DE UN CARENADO DE MOTOCICLETA DE COMPETICIÓN



INDICE.

INDICE.....	2
1. DEFINICIÓN.....	4
2. OBJETIVOS.....	5
3. INTRODUCCIÓN	6
4. FASE DE DISEÑO.....	7
4.1. CARENADO COMERCIAL	7
4.2. ADAPTACIÓN AL CHASIS.....	9
4.2.1. TRANSFORMACIÓN DE LA MALLA EN SUPERFICIES. RAPIDFORM XOR.....	10
4.2.2. ADAPTACIÓN DIMENSINAL Y GEOMÉTRICA.....	10
4.3. ESTUDIO AERODINÁMICO	11
4.3.1. SIMULACIÓN INFORMATIZADA.....	14
4.3.1.1. PARAMETRIZACIÓN DE LA GEOMETRIA.....	16
4.3.1.2. CONDICIONES DEL CONTORNO.....	18
4.3.1.3. PROCESO DE CÁLCULO.....	19
4.3.1.3.1. ESTUDIO AERODINÁMICO DEL MODELO BASE.....	21
4.3.1.3.2. ESTUDIO AERODINÁMICO DEL COLÍN.....	25
4.3.1.3.3. ESTUDIO AERODINÁMICO DE LA QUILLA.....	35
4.3.1.3.4. ESTUDIO AERODINÁMICO DE LA CÚPULA FRONTAL	38
4.3.1.3.5. AERODINAMICA FINAL DEL CONJUNTO.....	42
4.3.1.3.6 DETALLES AERODINAMICOS.....	45
4.4. MÉTODO DE UNIÓN DE PIEZAS.....	45
4.4.1. UNIÓN AL CHASIS.....	46
4.5. PROTOTIPO RESULTADO	47
4.5.1. PLANOS GENERADOS.....	47

5. FASE DE CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO	48
5.1. PRESUPUESTO INICIAL DISPONIBLE	49
5.2. DISEÑO DE LOS MOLDES	49
5.2.1. MATERIAL EMPLEADO	49
5.2.2. FABRICACIÓN DE MOLDES	51
5.2.3. COSTE DE LOS MOLDES	51
5.3. FABRICACIÓN DE PIEZAS	54
5.3.1. MATERIAL EMPLEADO	54
5.3.2. METODO DE FABRICACIÓN	55
5.3.3. COSTE DE FABRICACIÓN DE LAS PIEZAS	58
5.4. MONTAJE DEL CONJUNTO	61
6. ANEJOS	62
6.1. PLANOS Y TABLAS UTILIZADAS	62
6.1.1. Resultados de la simulación del modelo base	62
6.1.2. Gráficos de presión	76
6.1.3. Gráficos de velocidad y trayectoria del aire	81
6.2. NORMATIVAS	86
6.2.1. MARCADO CE DE LOS MATERIALES UTILIZADOS	86
7. BIBLIOGRAFÍA	89

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN CARENADO

DE MOTOCICLETA DE COMPETICIÓN

1. DEFINICIÓN.

Se denomina carenado al revestimiento de las motos y otros vehículos de competición, realizado con fibra de vidrio, fibra de carbono, plástico u otro material que se adapta al chasis y subchasis con fines principalmente aerodinámicos, aunque también estéticos. En aeronáutica, el término empleado es carenaje.

Habitualmente el carenado de una motocicleta se divide en 4 secciones:

- Cúpula: Ocupa la parte superior de la moto, incorporando un parabrisas transparente.
- Quilla: Se localiza en la parte inferior, entre las ruedas y por debajo de los escapes.
- Laterales: Habitualmente son los elementos de unión entre cúpula y quilla, para dar continuidad a un carenado completo.
- Colín: Es independiente del resto de partes del carenado.
Ocupa la parte trasera de la motocicleta y alberga el asiento del pasajero.



2. OBJETIVOS.

Diseño y funcionalidad son los términos que mejor definen el conjunto de piezas que se plantean en este proyecto. Diseño implica estética, comodidad y el estudio de nuevos materiales aplicados a estos elementos. Funcionalidad es el conjunto de factores que intervienen y condicionan el diseño optimizando las funciones que cumplen estas piezas.

La potencia obtenida en un motor de combustión aplicado a un vehículo se destina principalmente a vencer las resistencias físicas a las que se somete dicho vehículo. Estas resistencias se pueden dividir en dos grupos, las resistencias pasivas y las resistencias al avance. El trabajo del diseñador es reducir el valor de estas resistencias todo lo posible sin cambiar el propósito para lo que la máquina ha sido diseñada.

La función principal del carenado es reducir el valor de una de las resistencias al avance, la denominada RESISTENCIA AERODINÁMICA. De esta manera, es objetivo principal del proyecto optimizar la aerodinámica del conjunto modificando la geometría de las piezas que forman el carenado.

El calor producido por el rozamiento de los elementos móviles del motor y las reacciones químicas que se producen en su interior, ofrecen unas resistencias pasivas que hacen disminuir su rendimiento. Por este motivo, refrigerar la carcasa del motor es un factor muy importante que hay que tener en cuenta. La forma geométrica del carenado de la motocicleta puede ofrecer la posibilidad de facilitar la evacuación del aire caliente que envuelve la carcasa del motor y así refrigerarlo externamente.

También es objeto de estudio realizar las modificaciones necesarias en la forma del carenado para cumplir con este propósito, sin perjudicar la aerodinámica del conjunto.

Todas las variables que se van a analizar son *variables independientes* teniendo en cuenta que la causa del problema aerodinámico en una motocicleta es el rendimiento en pista. A diferencia de los automóviles, no se tiene en cuenta el agarre que es la capacidad de cohesión del vehículo con la pista producida por la fuerza descendente derivada de la aerodinámica que posea dicho vehículo.

3. INTRODUCCIÓN.

Este proyecto es la parte de diseño, estudio aerodinámico y fabricación del carenado de la moto de competición de 125cc. que realiza el equipo “Alcañiz.unizar”, al cual pertenecen los proyectistas, inscrito en la competición “MotoStudent”.



Para el diseño y la construcción del carenado se parte de un modelo comercial ya estudiado que se modifica para adaptarlo al chasis y subchasis. Estas variaciones son principalmente geométricas.

Una vez adaptado, se realiza los estudios aerodinámicos para su posterior remodelación ajustándose a valores aerodinámicos deseados y generando, de esta manera, los planos necesarios para la fabricación del prototipo.

Con el prototipo fabricado se procede al diseño del molde que servirá para la producción de las piezas.

4. FASE DE DISEÑO.

4.1. CARENADO COMERCIAL.

El carenado comercial en el que se apoya el estudio para tomar referencias se divide en dos piezas que son colín y cúpula. Estas piezas nos las proporciona el señor A. S. , colaborador de la escuela EPS “Centro de Estudios de la Motocicleta” de Barcelona que participa con el equipo en el aspecto técnico y desde el punto de vista del marco competitivo.



Para realizar la adaptación al chasis y el estudio aerodinámico es necesario informatizar la geometría en un formato que pueda ser procesado por software que calcule parámetros de resistencia al avance o coeficiente de penetración.

En un estudio general de los parámetros aerodinámicos del conjunto de la motocicleta se necesita parametrizar todos los componentes que intervengan, y entre ellos, se encuentra el depósito, cuya geometría puede ser variable en función de la aerodinámica y el confort, por esto, también será objeto del diseño aerodinámico la superficie exterior de dicho elemento, y de la misma manera, partimos de un prediseño ya comercializado, proporcionado por el mismo colaborador.



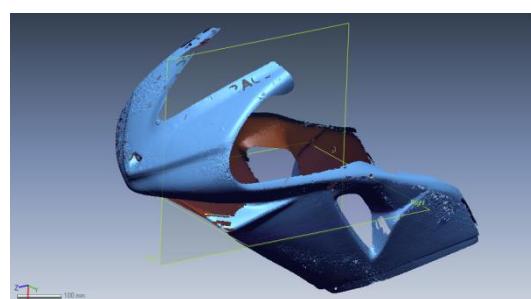
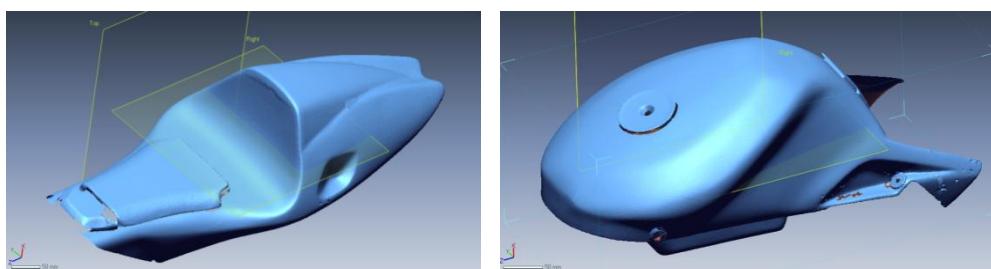
Teniendo en cuenta la dificultad de parametrizar estos tres elementos con funciones que definen complicadas superficies curvas, se recurre a métodos usados a nivel industrial incrementando el coste económico en nuestro diseño.

Colabora con el proyecto la Fundación aiTIIP (Centro tecnológico de Inyección de Plásticos) permitiendo el acceso a sus tecnologías de ingeniería inversa con el “Sistema óptico de digitalización 3D y control dimensional”. Los digitalizadores 3D permiten obtener modelos CAD a partir de objetos físicos, es decir, permiten introducir en un programa de CAD la geometría correspondiente a cualquier cuerpo físico. La herramienta que usa la Fundación aiTIIP es el T-SCAN, un sistema de digitalizado 3D sin contacto que utiliza un rayo láser visible orientado linealmente mediante espejos para capturar la superficie del objeto escaneado.



Esta herramienta permite la obtención de un modelo de malla de polígonos formato STL para fabricación de prototipos 3D.

Modelos obtenidos con la tecnología del T-SCAN:



4.2. ADAPTACIÓN AL CHASIS.

La primera operación realizada con el modelo de malla obtenido es su transformación a formatos de software a los que tenemos acceso para trabajar sobre la geometría. El programa CAD que se utiliza para tratar las geometrías es Pro-ENGINEER, software proporcionado por la organización de MotoStudent con sus respectivas licencias.

"Pro-ENGINEER es la norma en diseño de productos 3D, con herramientas que promueven prácticas recomendadas de diseño. Las soluciones CAD/CAM/CAE 3D paramétricas e integradas permiten diseñar más deprisa y maximizan la innovación y la calidad para la creación de productos".

Pro-ENGINEER es ideal para tratar la geometría tridimensional y trabajar con ella, siempre que esta cumpla unas condiciones paramétricas que pueda interpretar, y no es el caso de la malla obtenida con el T-SCAN, que sí que lo puede interpretar pero es prácticamente imposible trabajar con ella. Por lo tanto, es necesario transformar esa malla en superficies que pueden ser tratadas con mayor facilidad y rapidez. Existe otro tipo de software que permite realizar esa transformación, programas destinados a la recuperación de superficies, como es el caso de Rapidform XOR. Con este programa se convierte la malla en líneas, superficies y volúmenes que permiten trabajar sobre ellos de una manera eficiente para realizar las variaciones pertinentes para la adaptación al chasis.

4.2.1. TRANSFORMACIÓN DE LA MALLA EN SUPERFICIES. RAPIDFORM XOR.

Con los modelos CAD paramétricos a partir de datos de escaneado 3D, Rapidform XOR permite la captura de la intención y los parámetros de diseño de piezas reales que hayan perdido sus propiedades de definición durante el proceso de producción o que nunca hayan tenido una definición CAD.

Rapidform XOR usa herramientas inteligentes para la extracción de los parámetros de diseño a partir de datos de escaneado 3D.

Una vez obtenida la geometría se exportan los archivos en formato STL a Pro-ENGINEER para poder ser trabajada.

4.2.2. ADAPTACIÓN DIMENSINAL Y GEOMÉTRICA.

Una vez obtenida la geometría del carenado comercial, es necesario tener el diseño del resto de los componentes que forman la motocicleta. Cada una de las piezas que componen este conjunto se diseña por separado guardando una relación entre todas ellas. Los componentes que se ensamblan junto con el carenado son objeto de estudio de otros subproyectos del equipo “Alcañiz.unizar”.

Se posiciona virtualmente la geometría del carenado obtenida sobre el conjunto anteriormente comentado; chasis, motor, horquilla, basculante, etc. y se ajusta para que no exista la intersección de dichos elementos con el carenado y que el conjunto quede proporcionado.

Finalmente se obtiene el siguiente resultado.



4.3. ESTUDIO AERODINÁMICO.

El tema de la aerodinámica es relativamente nuevo, ya que se empieza a desarrollar con muchos más estudios y pruebas a partir de 1960, por la necesidad de tener vehículos más estables, seguros y rápidos. La eficacia aerodinámica fue concebida sólo como un método para poder ir más rápido en las rectas, pero en realidad supone enormes mejorías tanto en paso por curvas como en el frenado. El estudio aerodinámico de este proyecto se centrará en mejorar la aerodinámica en recta, ya que al aplicarse sobre una motocicleta es la posición más representativa respecto a las otras. La ecuación general que determina las fuerzas de arrastre y el rendimiento de un vehículo se obtiene al aplicar sobre él la Segunda Ley de Newton en la dirección "x".

$$M \cdot a_x = -(W/g) D_x = -F_{xr} - D_A - W \cdot \sin\alpha$$

donde:

W = peso del vehículo.

g = aceleración de la gravedad.

$D_x = -a_x$ = desaceleración lineal.

F_{xr} = fuerza de rozamiento de fricción.

D_A = resistencia aerodinámica.

α = pendiente

M = masa.

Este proyecto se centra exclusivamente en el arrastre producido por las presiones o resistencias aerodinámicas ya que estas representan el mayor porcentaje en fuerzas de arrastre.

Sobre la superficie de un vehículo desplazándose en un fluido (aire), aparecen unas fuerzas por unidad de superficie que se pueden descomponer en su componente normal a la superficie "N" y su componente tangencial a la misma "T". Así, la resistencia aerodinámica que tendrá que vencer un vehículo de superficie "S", considerando "dS" como un elemento genérico diferencial de la misma es.

$$R_a = S N \cdot i dS + S T \cdot i dS$$

Siendo "i" el versor del eje en la dirección de la marcha.

Estas fuerzas aerodinámicas interactúan con el vehículo causando arrastre, sustentación, fuerzas laterales, momentos y ruido. Todo ello trae como consecuencia alteraciones en el consumo de combustible, el manejo y la estética del vehículo.

Una parte de la potencia del motor de la motocicleta va destinada a vencer esta resistencia que se opone al movimiento. Para un vehículo automóvil "normal", aproximadamente un 65% del arrastre proviene de la carrocería, lo mismo sucede en las motocicletas, incluso incrementando el valor según la forma que adopte el piloto.

La aerodinámica del carenado de una moto de competición tiene como objetivo principal oponer la mínima resistencia al aire y evitar o suavizar así el rozamiento de la atmósfera sobre el material, que supondría la frenada del mismo, es decir, reducir lo máximo posible el valor de la potencia destinada a vencer esta resistencia, o que es lo mismo, reducir dicha resistencia.

Idealmente, al moverse una superficie "S" a velocidad constante "V" desplaza una masa de aire por unidad de tiempo $M(t)$.

$$M(t) = \rho_a \cdot S \cdot V$$

donde " ρ_a " es la densidad del aire desplazado.

De este modo, la potencia teórica necesaria para mover esta superficie será,

$$Pc = \frac{1}{2} M(t) \cdot V^2$$

En un vehículo real no se produce un arrastre de aire sino que aparece un flujo con sus líneas de corriente alrededor del cuerpo en movimiento. Para tener en cuenta las fuerzas de resistencia entre las distintas geometrías aparece un parámetro adimensional que debe determinarse experimentalmente y que cuantifica la fuerza de arrastre al flujo, es el denominado coeficiente de penetración aerodinámica " C_x ". La nueva expresión queda de la forma:

$$Pc = \frac{1}{2} M(t) \cdot V^2 \cdot Cx$$

El principal objetivo de este estudio es variar la geometría del carenado y depósito dentro de lo viable, determinando el valor del coeficiente de penetración que consiga reducir lo máximo posible la potencia necesaria para vencer la resistencia aerodinámica.

También se busca con la aerodinámica conseguir otros efectos cuyos resultados son tanto o más importantes que el propósito anterior. Por ejemplo, uno de estos efectos, es la rápida evacuación del aire caliente generado por la radiación del motor. Esto permite una buena refrigeración del motor y aumenta el rendimiento del mismo.

Para realizar este estudio se dispone de un software con el que se realiza una simulación numérica.

Como se puede comprobar, la expresión que permite calcular la potencia necesaria para vencer la resistencia aerodinámica tiene una dependencia directa con las características del fluido en el cual se está desplazando, en particular y teniendo en cuenta que el vehículo se desplaza en el aire, con la densidad que tenga este aire.

Dado que el valor de la densidad del aire es variable en función de la presión y la temperatura, tomaremos valores estandarizados por la norma DIN 70020 que determina la potencia del motor, siendo las condiciones atmosféricas "estándar" (p_s y T_s).

$$p_s = 1 \text{ bar}$$

$$T_s = 298,15 \text{ K}$$

Suponiendo que el aire se comporta como Gas Ideal y usando la Ecuación de Estado de los Gases Ideales se obtiene el valor de la densidad:

$$pS \cdot v = n \cdot R \cdot TS$$

Para unas condiciones estándar tenemos una densidad del aire de valor:

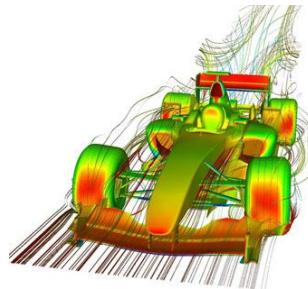
$$\rho_a = 1,168 \text{ Kg/m}^3$$

Establecidas las condiciones de estudio se procede a su realización.

4.3.1. SIMULACIÓN INFORMATIZADA.

La simulación aerodinámica de la geometría de la pieza o prototipo se lleva a cabo con el programa OpenFOAM. Este programa es una aplicación de software libre que puede ser distribuido y/o modificado siempre bajo los términos de la licencia (GNU General Public License) publicada por Free Software Foundation.

¡Error! No se pueden crear objetos modificando códigos de campo. OpenFOAM provee múltiples opciones de solución que combinado con métodos Multigrid para mejorar la convergencia, obtenemos soluciones eficientes y precisas para un amplio regímenes de flujos. La variedad de modelos físicos en ¡Error! No se pueden crear objetos modificando códigos de campo. OpenFOAM permite predecir con ¡Error! No se pueden crear objetos modificando códigos de campo. gran exactitud flujos laminares y turbulentos, transferencia de calor (radiación, convección, conducción), reacciones químicas, flujos multifásicos y otros fenómenos involucrados; teniendo en ¡Error! No se pueden crear objetos modificando códigos de campo. OpenFOAM ¡Error! No se pueden crear objetos modificando códigos de campo. una ¡Error! No se pueden crear objetos modificando códigos de campo. gran capacidad de flexibilidad de mallas, siendo capaz de que automáticamente cambie la malla durante el proceso de solución.



OpenFOAM lleva a cabo las simulaciones usando K-épsilon realizable como modelo turbulencia, desarrollando cada estudio mediante el algoritmo SIMPLE (SIMPLE ALGORITHM) como modelo en estado estacionario (steadyState).

SIMPLE (Semi-Implicit Method for Pressure-Linked Equations) ALGORITHM realiza un procedimiento iterativo con las dos ecuaciones de Navier-Stokes con densidad y viscosidad constantes, cuyo algoritmo es el siguiente:

1. Inicialización.
2. Actualizar las condiciones de contorno.
3. Resuelve la ecuación del momento discretizada y calcula el campo de la velocidad intermedia.
4. Resuelve la ecuación de presión y la aplica bajo el estado estacionario.

-
5. Corrige la velocidad sobre las bases del campo de presión.
 6. Repite desde 1 hasta que converge.

OpenFOAM es un programa de Dinámica de Fluidos Computacional para una gran variedad de flujos, incompresibles (subsónico), medianamente compresibles (transónico) y altamente compresibles (supersónicos e hipersónicos).

Pero es necesario aclarar que el estudio que se ha realizado y que se explica en este proyecto ha sido un estudio numérico, es decir, este estudio tiene como objetivo poder comparar las distintas características aerodinámicas que poseen los prototipos y obtener aquél que mejor se adecúe al avance frente a la resistencia del aire.

Esto se debe a que no se ha realizado un estudio del prototipo en la realidad mediante un túnel de viento por lo que no se puede asemejar el estudio aerodinámico numérico con la realidad. De esta manera, todos los datos cuantitativos que se obtienen no pueden ser utilizados de forma directa para calcular la potencia perdida que tiene la moto al no obtener su porcentaje de exactitud respecto al estudio real, pero sí que pueden ser utilizados como comparación entre los distintos estudios, para comprobar cuál es el mejor prototipo debido a que todos ellos tienen las mismas condiciones de contorno establecidas.

Para el manejo y uso del software colaboran integrantes del área "Mecánica de Fluidos" del "CPS". Alberto Sánchez y Carlos Montañés como instructores técnicos y el Dr. Norberto Fueyo, catedrático del área, como director del estudio aerodinámico.

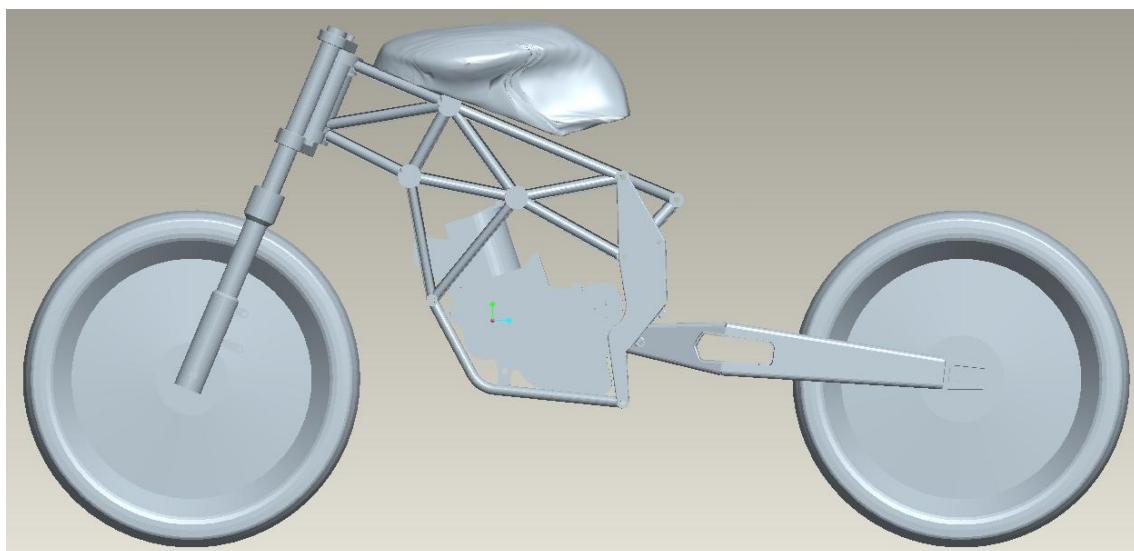
4.3.1.1. PARAMETRIZACIÓN DE LA GEOMETRIA.

Para hacer el estudio aerodinámico mediante una simulación en software es necesario definir la geometría mediante herramientas que el programa pueda procesar. La herramienta que se utiliza para definir esta geometría es PRO-Engineer.

El estudio, evidentemente, se hace del conjunto de la motocicleta y, para más precisión, con la carga aerodinámica que genera el piloto. Por lo tanto es necesario definir la geometría de todos los elementos cuya superficie sea libre al contorno; ruedas, horquilla, basculante, parte del chasis, tubo de escape y otros. Dichos elementos normalizados son los primeros que se informatizan partiendo de las medidas tomadas físicamente y de los planos proporcionados por la empresa fabricante de dichos elementos.

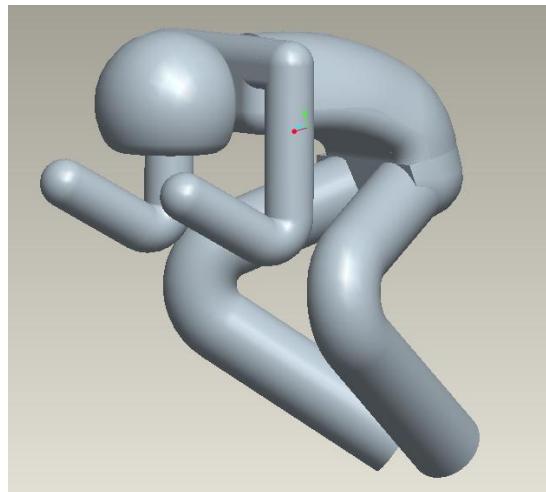
El resto de elementos son de diseño propio y también se realizan mediante PRO-Engineer.

El diseño de chasis, basculante y otros elementos ha sido realizado por otros integrantes del equipo Alcañiz-unizar en sus respectivos proyectos y aquí se recoge el producto de esos estudios parametrizado en las tres dimensiones.

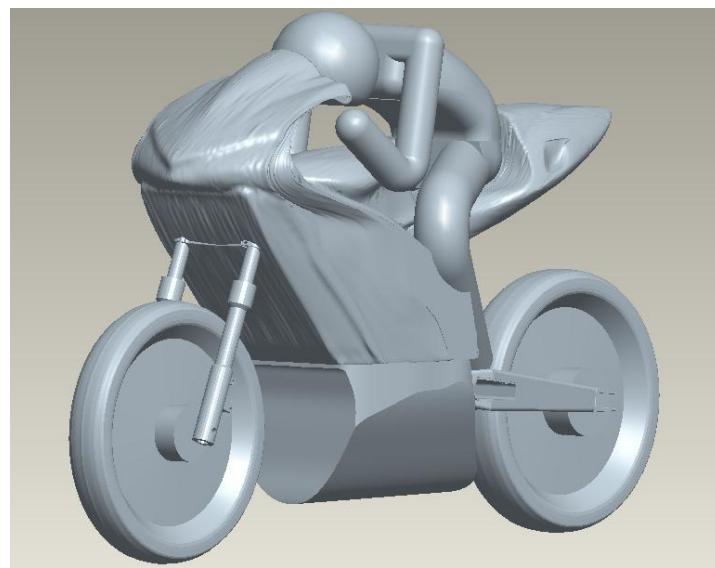


El carenado es el objeto del estudio de este proyecto y la pieza que va a ser modificada en función de los resultados del ensayo. Estas piezas ya han sido informatizadas anteriormente para su adaptación al chasis.

También se realiza el diseño de un piloto maniquí a partir de medidas tomadas en fotografías de pilotos rodando en competición. Una vez diseñado el maniquí con Pro-ENGINEER y con la ayuda de AutoCAD, se ajusta al diseño de nuestro prototipo.



Finalmente se ensamblan todos los elementos y se obtiene el conjunto Moto-Piloto preparado para el estudio aerodinámico.



Una vez obtenida la geometría tridimensional informatizada, para realizar los ensayos, lo primero es pasar los archivos de Pro-ENGINEER al formato de los programas de simulación aerodinámica. Para ello utilizan formatos compatibles.

Este prototipo es el que servirá de base para definir el diseño definitivo del carenado de la motocicleta ya que sus resultados aerodinámicos serán los referentes para comparar las variaciones del modelo y tratar de obtener mejoras en la aerodinámica del conjunto.

4.3.1.2. CONDICIONES DEL CONTORNO.

Como se ha explicado anteriormente OpenFOAM utiliza el algoritmo SIMPLE para el cálculo de las simulaciones, usando K-épsilon realizable como modelo turbulencia.

Para poder resolver el sistema de ecuaciones que utiliza el programa se establece las siguientes condiciones de contorno:

1. Se fija en la entrada del campo de estudio un valor constante de la velocidad y la presión toma valor gradiente nulo.
2. En la salida del campo se establece las condiciones con una presión constante y la velocidad toma valor gradiente nulo.
3. Respecto a la motocicleta, se fija una velocidad constante y la presión toma valor gradiente nulo en la zona posterior.
4. Se aplica un estudio de simetría respecto al plano central.

Los datos que se establecen para realizar el estudio son:

- Una velocidad de 50 m/s^2 .
- Densidad del aire toma valor $1,226 \text{ kg/m}^3$.
- Un área frontal igual a la unidad.

Otro punto a tener en cuenta son los datos que se obtienen del programa. OpenFOAM está programado de tal manera que, para facilitar los cálculos, tanto la densidad como la viscosidad son constantes en las ecuaciones de Navier-Stokes, así que es necesario multiplicar los datos por el término de la densidad dicho anteriormente ($1,226 \text{ kg/m}^3$) para obtener los datos en las unidades correctas.

Por ello, en el caso de que se quiera utilizar los datos tanto de las fuerzas como de la presión (ambas divididas por la densidad) será necesario renormalizarlos con los valores expuestos en este apartado, doblando a su vez el valor de la fuerza que hay en dirección del eje "X" y de la "Y" debido a la condición de simetría, tomando valor nulo en la dirección del eje "Z".

Es de recordar que en este proyecto se va a comparar los datos obtenidos en los diferentes estudios, de tal manera que no será necesario renormalizarlos para comparar.

4.3.1.3. PROCESO DE CÁLCULO.

El arrastre se debe tanto a la fricción del aire sobre la superficie del vehículo como a las alteraciones del flujo en la parte posterior de la moto. Estas alteraciones se producen debido a la separación de la capa límite. La capa límite en el frontal de la moto empieza en el punto de estancamiento. En ésta parte de la dirección del flujo se produce el llamado "Gradiente de Presión Favorable", es decir, debido a que la presión va disminuyendo desde éste punto, el gradiente de presión empuja el aire a lo largo de la capa límite impidiendo su crecimiento. Desafortunadamente, cuando el fluido se voltea nuevamente, la presión se incrementa de nuevo, desacelerando el flujo de la capa límite y haciéndola crecer ("Gradiente de Presión Adverso"). Existe un "Punto de Separación" donde el flujo, cerca de la superficie, es revesado debido a la presión (Zona de Transición). En este punto la tensión sobre la superficie aumenta bruscamente y produce un mayor arrastre. Pasado este punto el flujo principal ya no es adherido al cuerpo y es capaz de "romperse" y alejarse de la superficie (Zona turbulenta). Debido a que trata de ingresar aire desde la región detrás del cuerpo, la presión en esta parte cae a menos de la ambiente. Se forman vórtices y turbulencias y el fluido es muy irregular en esta región.

La presión en la región de separación es menor que la de la parte frontal del vehículo, la diferencia de estas fuerzas totales de presión es la responsable del "Arrastre de Forma". La fuerza de arrastre resultado de la acción de la fricción viscosa en la capa límite de la superficie del carro es la llamada "Arrastre de Fricción".

La combinación de estas fuerzas aplicadas sobre la geometría nos permitirá obtener un coeficiente de penetración "Cx" para el estudio de la aerodinámica del conjunto.

Las operaciones que se realizan en el proceso de cálculo, son las variaciones geométricas de la superficie que eliminan las turbulencias para intentar igualar la presión en los dos extremos de la motocicleta y disminuir el arrastre. La modificación de la geometría da lugar a un cambio en el área frontal de la motocicleta. Estos datos son los puntos clave en los que se centra el estudio ya que son los valores que afectan directamente a la resistencia al avance de la motocicleta.

Hay que destacar que en este estudio aerodinámico no existe una fórmula que resuelva el problema y determine una geometría perfecta para el carenado. Este elemento viene sujeto a unas normas que limitan las modificaciones que se le pueden aplicar.

El estudio es puramente experimental comparando los resultados obtenidos de las distintas geometrías propuestas y generando nuevos prototipos que recogen las mejoras interpretadas en los resultados. Esto se realiza iterativamente, detallando cada vez más el modelo, hasta que los valores convergen en el mejor obtenido. Todos los resultados obtenidos se guardan en una tabla de cálculo que permite compararlos y determinar mejoras del modelo.

A continuación se detallan todos los casos estudiados hasta obtener la geometría cuya resistencia aerodinámica es la menor conseguida.

El estudio comienza con la obtención de los resultados aerodinámicos del modelo base o modelo comercial. Estos resultados serán la referencia para las posteriores modificaciones.

Al final de cada apartado se mostrarán el resumen de todos los estudios. Los datos completos de los estudios tanto gráficos como numéricos se encontrarán en el apartado 6. "ANEJOS".

4.3.1.3.1. ESTUDIO AERODINÁMICO DEL MODELO BASE.

El caso base, es la motocicleta con el carenado que tomamos como referencia y el piloto maniquí que se mantendrá constante a lo largo de todo el ensayo.

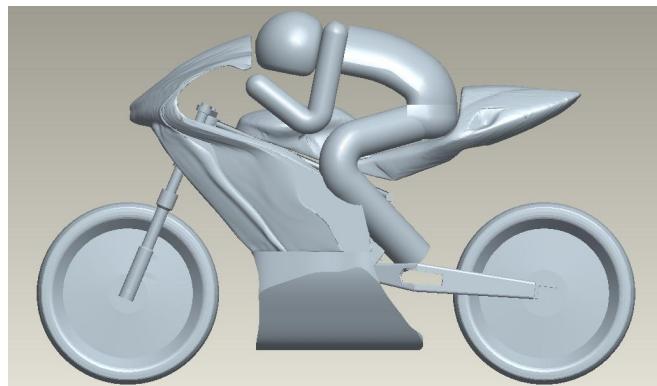
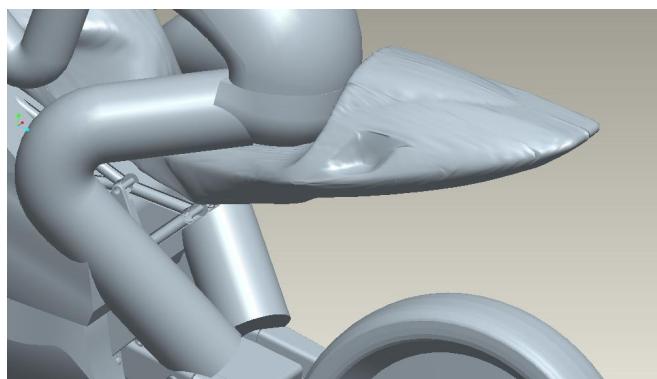
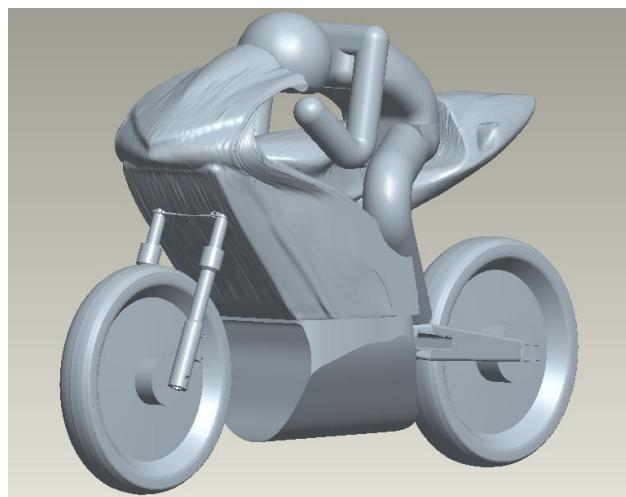


Imagen del modelo base.



Detalle del colín base.

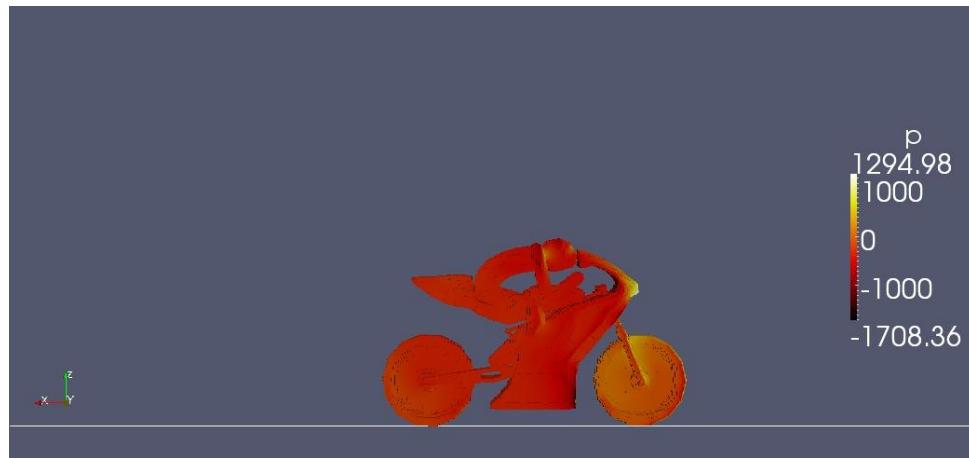
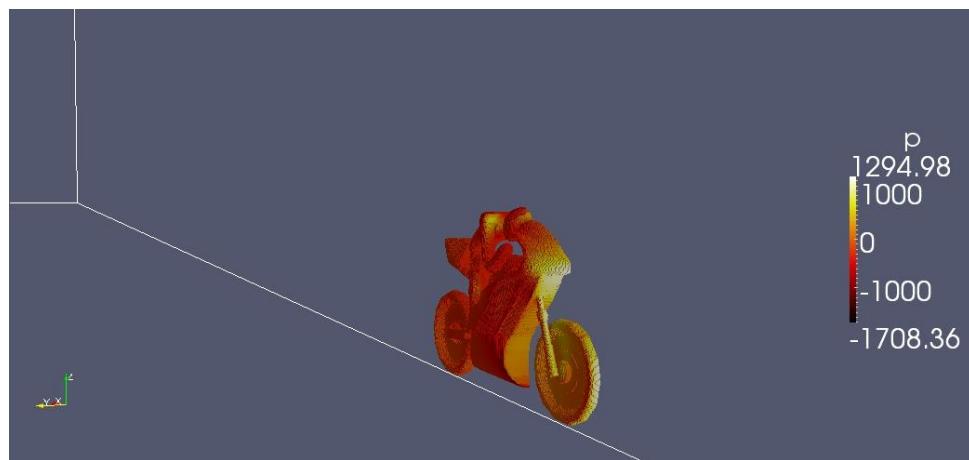


Detalle de la quilla y cúpula.

RESULTADOS MODELO BASE.

Una vez ejecutado el programa con todos los parámetros de contorno indicados en el apartado 4.3.1.2. "Condiciones del contorno", que se mantendrán constante para todas las simulaciones, se obtienen resultados de presión y fuerza partidos por densidad, coeficiente de arrastre y coeficiente de sustentación. Se recuerda que el programa de simulación "OpenFOAM" realiza el estudio resolviendo las ecuaciones mediante un proceso iterativo hasta que alcanza la convergencia y las variaciones entre los resultados son prácticamente nulas. Las iteraciones de este ensayo se encuentran resumidas en el capítulo 6.1. "Planos y tablas utilizadas". Este último valor es el que aparece reflejado en las imágenes de cada uno de los resultados mostrados.

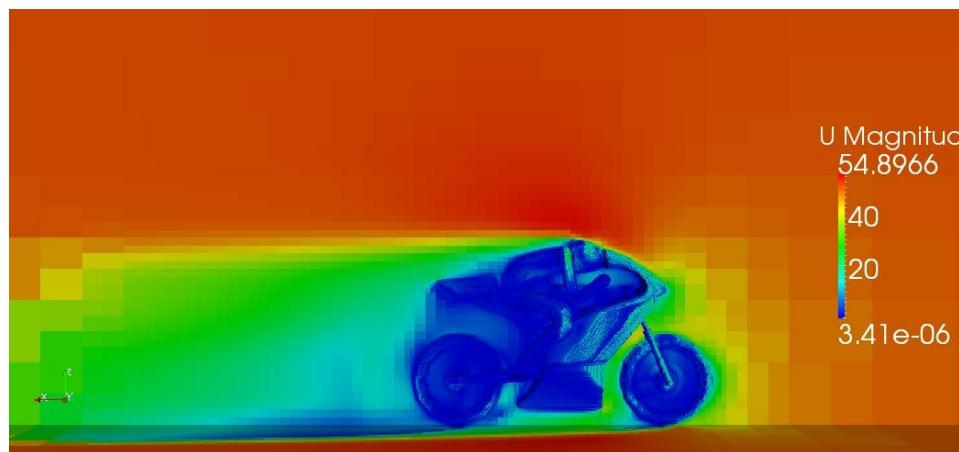
El primer dato que se analiza de la simulación es la distribución de presión partido por densidad a lo largo de la superficie de la motocicleta. Estos valores reflejados de forma gráfica permiten visualizar los puntos donde se concentra un mayor arrastre por fricción.



De los gráficos mostrados se puede determinar lo siguiente.

- La presión partida por densidad máxima se encuentra en zonas de la parte frontal de la motocicleta y piloto. Algunas de las superficies que concentran valores elevados se hallan en el neumático de la rueda delantera y horquilla. Estas zonas no se pueden salvar debido a que el reglamento impide que puedan ser cubiertas por el carenado y, además, revestirlas supondría que las corrientes de aire impidiesen refrigerar el motor con la ayuda del radiador, que se encuentra tras la rueda delantera.

El siguiente dato analizado de la simulación es la distribución de la velocidad del fluido que envuelve a la motocicleta, para observar la estela producida por el flujo y deducir los puntos de mayor turbulencia.



De este grafico se extrae la siguiente conclusión,

Las zonas en las que se produce una aceleración del se encuentran en la parte superior de la motocicleta y en los laterales, alcanzando velocidades con valores próximos a los 55 metros por segundo en módulo. Esto se debe a la ruptura de la capa límite por la pérdida de superficie, cuestión que no se puede tratar debido que el conjunto del vehículo es un elemento finito.

Las zonas que acentúan una tonalidad azul oscura son zonas que presentan bajas presiones, lo cual perjudica al coeficiente de arrastre. Para evitarlo es necesario conseguir una salida suave en el carenado reduciendo la zona de recirculación del aire al impedir el desprendimiento de la capa límite.

Los resultados numéricos obtenidos se detallan a continuación.

- Coeficiente de penetración "Cd" o "Cx".

$$Cd = 0.132666$$

- Coeficiente de sustentación "Cl".

$$Cl = 0.012060$$

- Vectores de fuerza partido por densidad.

$$(x,y,z) [m^4/s^2]$$

$$(328.718 , 590.626 , 0)$$

RESUMEN DE LOS RESULTADOS.

Obtenidos los resultados de la motocicleta con el carenado comercial se puede observar que los mayores puntos de presión se encuentran en el punto frontal de la cúpula, sobre la cabeza del piloto y en la parte inferior de la quilla. Estas superficies son las que ofrecen mayor resistencia al avance y serán desde este momento el centro de atención del resto del estudio.

Otro de los puntos a tener en cuenta es el espacio que se encuentra entre la quilla y las ruedas ya que cuanto menor sea la distancia de separación mejor será la aerodinámica debido a que el aire obtendrá menor resistencia en el avance.

En cuanto al colín, de manera gráfica no podemos observar que influya en gran medida en el resultado. Esto no quiere decir que no cumpla una función aerodinámica concreta, por ello la primera operación que vamos a realizar es el estudio de este elemento para descartar su influencia en el grueso del estudio aerodinámico.

Para estudiar el colín se mantiene constante la geometría del resto de la motocicleta y únicamente se realizan variaciones en la pieza para comprobar que formas favorecen la aerodinámica del conjunto.

4.3.1.3.2. ESTUDIO AERODINÁMICO DEL COLÍN.

Para averiguar cómo depende la aerodinámica del prototipo respecto a la geometría del colín se realiza el estudio de cuatro modelos distintos con características distintas entre ellos. De esta manera se saca la conclusión de cómo afecta su geometría de forma general.

Para seguir un orden en el estudio designaremos a cada modelo con el nombre que determina la pieza precedida de la palabra modelo y seguida de un número que indica orden de ensayo.

Todos los resultados obtenidos en cada estudio se resumen al final de cada apartado. Los resultados completos se en

1. MODELO COLÍN 1.

Las primeras variaciones que se realizan sobre este elemento son de carácter brusco para obtener las principales características aerodinámicas de un colín de motocicleta. Las modificaciones aplicadas se listan a continuación.

- Acortamiento de la longitud del colín en la parte posterior.
- Disminución del volumen del conjunto estrechando los laterales y la parte inferior.
- Se da la forma de fuselaje a partir de medio parabolóide de revolución.

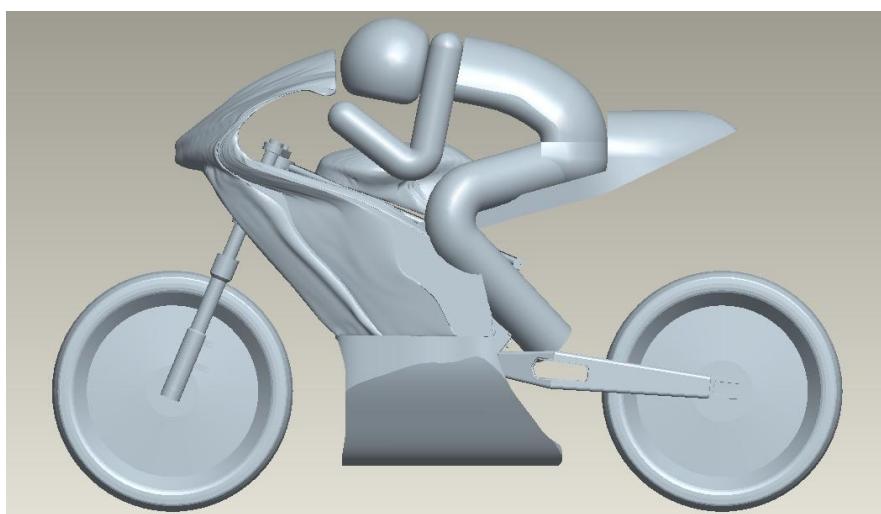
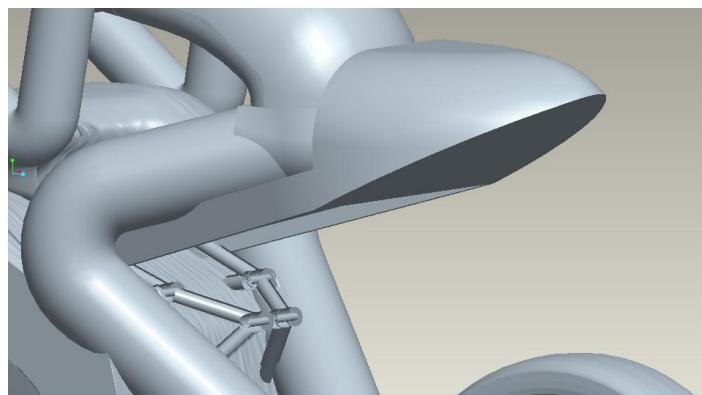


Imagen del conjunto de la motocicleta con la primera variación del colín.



Detalle del colín.

RESULTADOS MODELO COLÍN 1.

En cuanto a la distribución de presión, es prácticamente la misma, ya que este elemento no interfiere con el frontal de la motocicleta.

Los resultados numéricos obtenidos se detallan a continuación.

- Coeficiente de penetración "Cd" o "Cx".

$$Cd = 0,136154$$

- Coeficiente de sustentación "Cl".

$$Cl = 0,0115993$$

- Vectores de fuerza.

$$(x,y,z) \quad [m^4/s^2]$$

$$(336.566 \ , \ 563.436 \ , \ 0)$$

RESUMEN DE LOS RESULTADOS.

Como se puede observar, los resultados de esta primera modificación aplicada al colín son peores que el colín del modelo base. Esto corrobora que el colín es pieza fundamental en la aerodinámica. La diferencia numérica obtenida indica que variando la geometría de la pieza, se puede alcanzar una gran mejora en la aerodinámica de todo el conjunto. Ahora el estudio se centra en la búsqueda de una geometría de colín que mejore la aerodinámica.

La conclusión que extraemos de los resultados es que el tamaño de la pieza influye y que cuanto más se adapte al cuerpo del piloto mejores resultados se obtienen. Teniendo en cuenta este dato realizamos un segundo modelo al que le aplicaremos la forma pertinente.

2. MODELO COLÍN 2.

En este modelo se uniforma la geometría del modelo base para comprobar si los cambios de sección influyen en alguna medida o es puramente estético. Las modificaciones se listan a continuación.

- Relleno de los orificios que presenta el modelo base dejando una superficie lisa.
- Eliminación de las esquinas que forman los cambios de sección.

La geometría de la superficie obtenida tras estas modificaciones es una superficie lisa y continua que mantiene el tamaño de la pieza del modelo base.

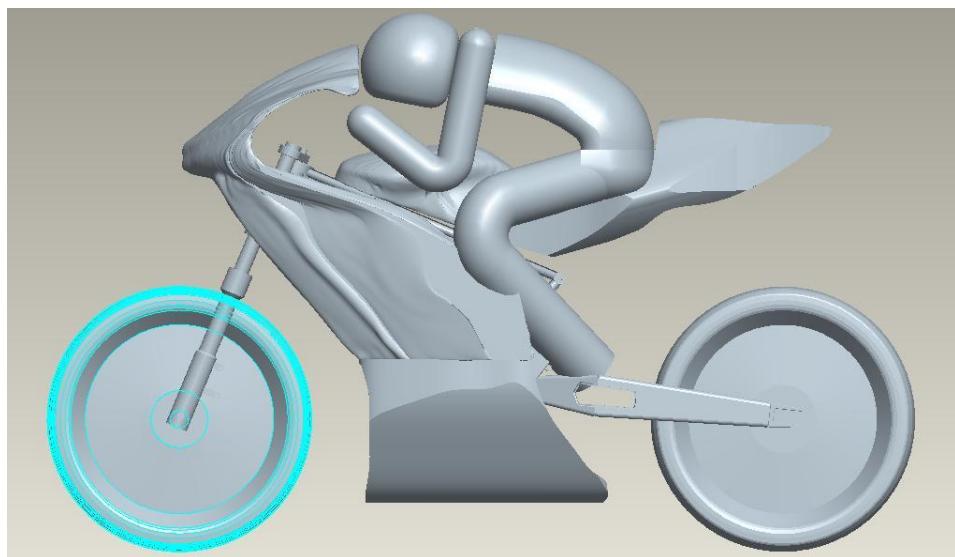
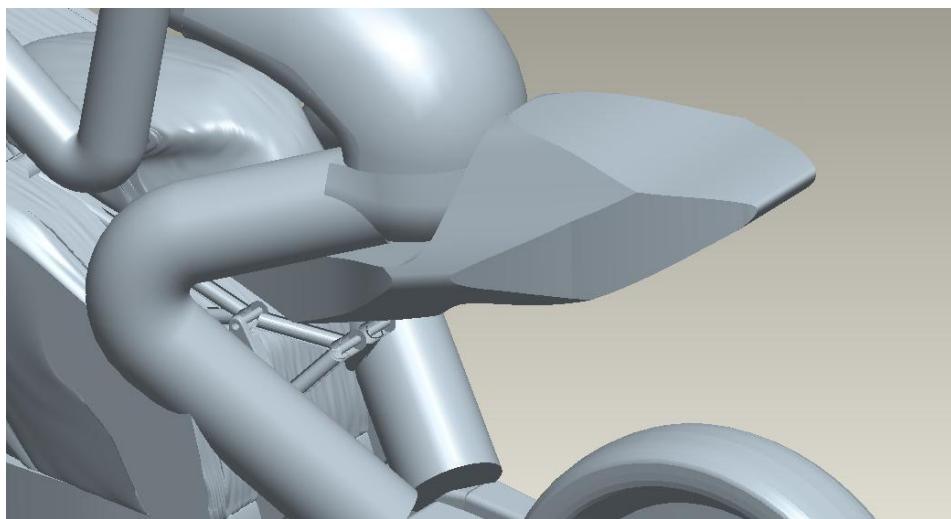


Imagen del conjunto de la motocicleta con el modelo de colín número 2.



Detalle del colín.

RESULTADOS MODELO COLÍN 2.

Los resultados numéricos obtenidos se detallan a continuación.

- Coeficiente de penetración "Cd" o "Cx".

$$Cd = 0,134085$$

- Coeficiente de sustentación "Cl".

$$Cl = 0,00962154$$

- Vectores de fuerza.

$$(x,y,z) \quad [m^4/s^2]$$

$$(332.428 \ , \ 588.95 \ , \ 0)$$

RESUMEN DE LOS RESULTADOS.

En este caso la eliminación de los cambios de sección sigue empeorando los resultados del modelo base, se comprueba que al romper la superficie continua, los puntos la depresión que se originan detrás de la pieza son menores y esto implica un menor arrastre.

En cuanto al tamaño, se puede comprobar que cuanto más se adapte la forma al cuerpo del piloto y mayor sea el tamaño de la pieza, mejores resultados aerodinámicos se obtienen.

Dadas estas conclusiones se continúa el estudio centrándose primero en el tamaño y generando un nuevo modelo cuyo volumen sea mayor al de los tres casos anteriores.

3. MODELO COLÍN 3.

Un volumen aparentemente desproporcionado podrá determinar si existe una mejora aerodinámica aparente. El problema de este modelo es la capacidad de adaptación al reglamento de la competición a la que va sujeto el diseño, el tamaño máximo queda determinado en el reglamento de la siguiente forma.

- La anchura máxima del carenado será de 600 mm.
- Límite posterior: el carenado en ningún caso podrá sobrepasar la vertical posterior trazada tangencialmente a la circunferencia exterior del neumático trasero.
- Entre la altura del asiento y la parte más elevada del colín la cota máxima será de 150 mm.

Este tercer modelo se ajustará lo máximo posible a las medidas máximas establecidas por el reglamento.

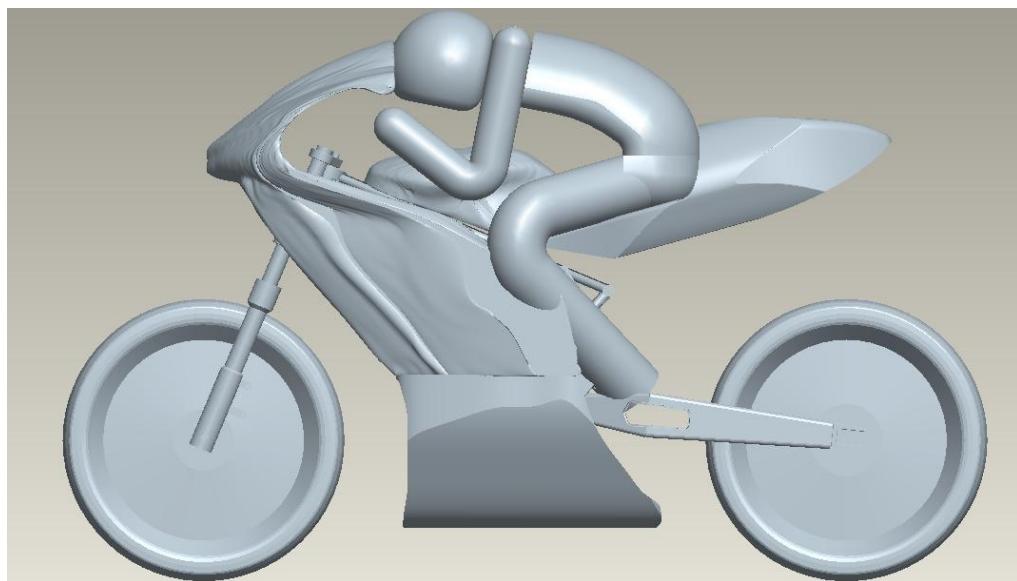
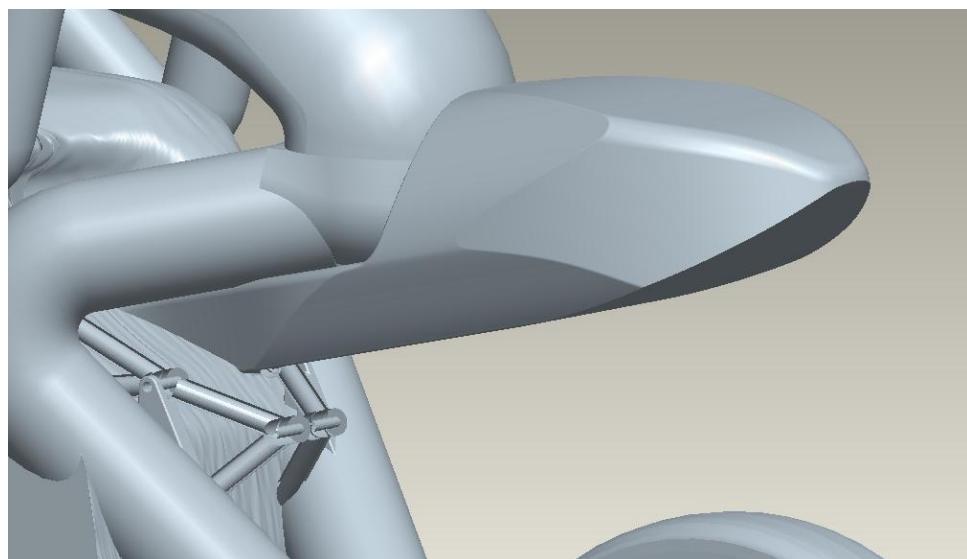


Imagen del conjunto de la motocicleta con el modelo de colín número 3.



Detalle del colín.

RESULTADOS MODELO COLÍN 3.

Los resultados numéricos obtenidos se detallan a continuación.

- Coeficiente de penetración "Cd" o "Cx".

$$Cd = 0,133702$$

- Coeficiente de sustentación "Cl".

$$Cl = 0,0109718$$

- Vectores de fuerza.

$$(x,y,z) \quad [m^4/s^2]$$

$$(330.2 \ , \ 595.85 \ , \ 0)$$

RESUMEN DE LOS RESULTADOS.

Con los resultados de este modelo se puede ratificar que cuanto mayor es el volumen mejor aerodinámica se obtiene. Esto se debe a que la forma geométrica del colín permite que sea una prolongación del cuerpo del piloto como si de un único elemento se tratara. Al no existir un cambio geométrico brusco de continuidad entre colín y piloto la recirculación del aire disminuye al impedir el desprendimiento de la capa límite, mejorando de esta manera el coeficiente de arrastre.

Aun así el resultado sigue siendo negativo respecto al modelo base, pero conocidas todas las bases que intervienen en la aerodinámica del colín de la motocicleta, se diseña un nuevo modelo donde se aplicarán el conjunto de conclusiones extraídas de los modelos anteriores.

4. MODELO COLÍN 4.

Este modelo, que recoge todas las conclusiones obtenidas de los modelos anteriores, parte del colín del modelo base al que se le aplican las siguientes modificaciones;

- Ligero aumento de volumen adaptándose al cuerpo del piloto.
- Aplicación de una cavidad lateral alargada que rompe la continuidad de la superficie cupular de la pieza.

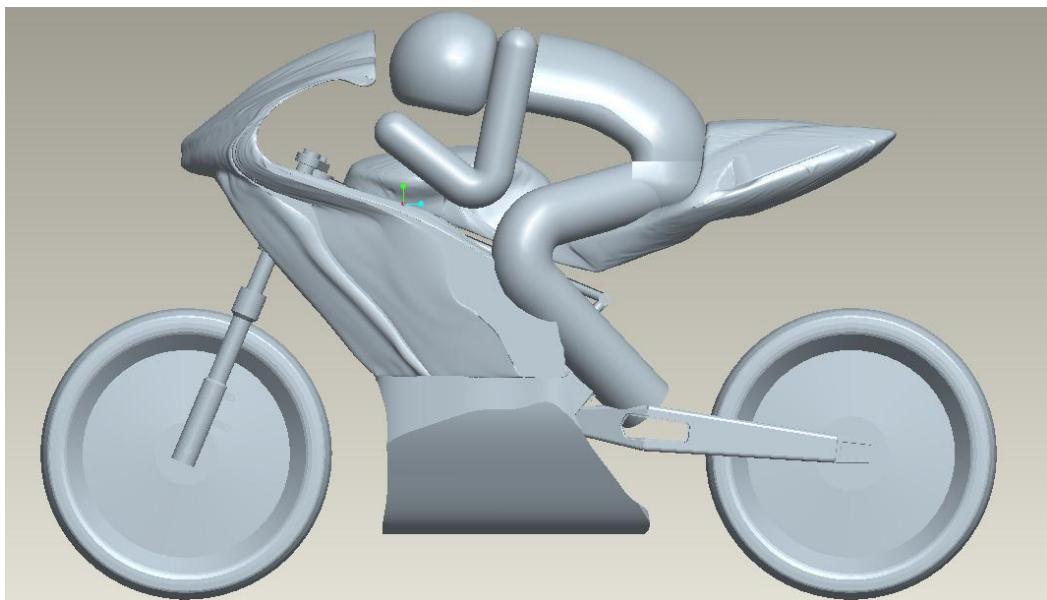
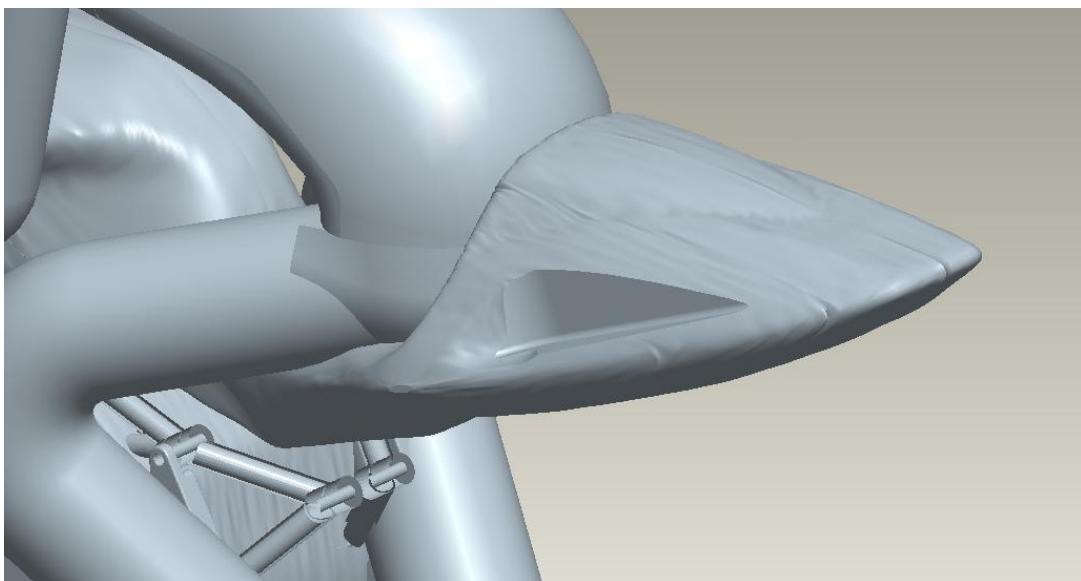


Imagen del conjunto de la motocicleta con el modelo de colín número 4.



Detalle del colín.

RESULTADOS MODELO COLÍN 4.

Los resultados numéricos obtenidos se detallan a continuación.

- Coeficiente de penetración "Cd" o "Cx".

$$Cd = 0,130147$$

- Coeficiente de sustentación "Cl".

$$Cl = 0,014202$$

- Vectores de fuerza.

$$(x,y,z) \quad [m^4/s^2]$$

$$(322.478 , \ 597.16 , \ 0)$$

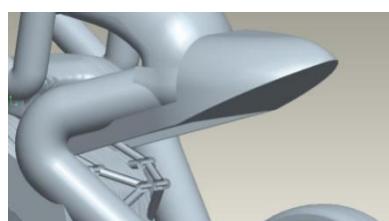
RESUMEN DE LOS RESULTADOS.

Se observa una mejora en el resultado aerodinámico del conjunto que sin duda alguna viene dada por las modificaciones realizadas al colín. De esta manera se da por concluido el estudio aerodinámico de la pieza, obteniendo una ligera mejora.

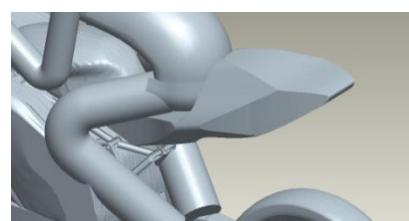
5. RESUMEN COLÍN.

Si se comparan todos los resultados obtenidos en los estudios de los distintos colines se llega a la conclusión de que el mejor colín es el modelo 4 debido a que presenta un coeficiente de penetración menor y recibe una fuerza resistente menor, a pesar de que ambos resultados sean ligeramente cuantitativos.

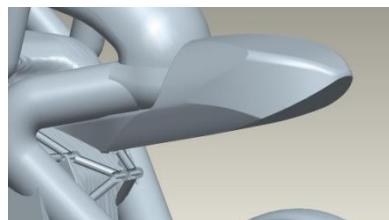
	Coeficientes aerodinámicos		Fuerzas		
	Cd (arrastre)	Cl (sustentación)	X	Y	Z
COLIN COMERCIAL	0,133266	0,0120602	164,359	295,313	0
COLIN 1	0,136154	0,0115993	168,283	281,178	0
COLIN 2	0,134085	0,00962154	166,214	294,475	0
COLIN 3	0,133702	0,0109718	165,1	297,925	0
COLIN 4	0,130147	0,014202	161,239	298,58	0



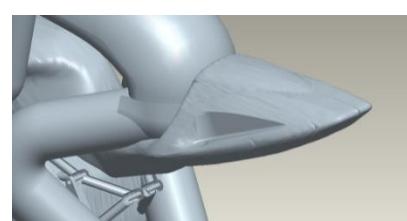
Modelo 1



Modelo 2



Modelo 3



Modelo 4

4.3.1.3.3. ESTUDIO AERODINÁMICO DE LA QUILLA.

Como se indica anteriormente, uno de los puntos donde se obtiene una gran resistencia aerodinámica es en la parte inferior de la motocicleta, concretamente donde se sitúa la quilla del carenado. Este elemento necesita ser modificado para obtener una mejora aerodinámica.

Para el estudio de esta pieza se sigue la misma dinámica que con la pieza anterior. Se mantiene constante la geometría del conjunto de la motocicleta, variando únicamente la pieza que es objeto de estudio, en este caso, la quilla. El carenado que se mantiene constante es el carenado del modelo base. Los modelos generados se siguen designando de la misma manera que el caso anterior.

1. MODELO QUILLA 1.

Son pocas las modificaciones que se pueden aplicar a este elemento debido a su interacción e intersección con otros elementos que conforman la unidad de la motocicleta, como puede ser chasis, motor, tubo de escape, radiador, entre otros. En cuanto a la anchura en la parte superior de la quilla no se le puede aplicar ninguna modificación porque está perfectamente adaptada al chasis, operación realizada en el apartado 4.2. "Adaptación al chasis".

El problema principal de esta pieza es que su geometría ocupa un área en la que las corrientes chocan produciendo un gran arrastre del conjunto. La única modificación que se le puede aplicar a este elemento es la reducción del área frontal proyectada, permitiendo que el aire encuentre menos puntos de resistencia. Para ello se reduce el ancho de la quilla en la parte inferior todo lo posible sin que interfiera con los otros elementos que se encuentran en su entorno.

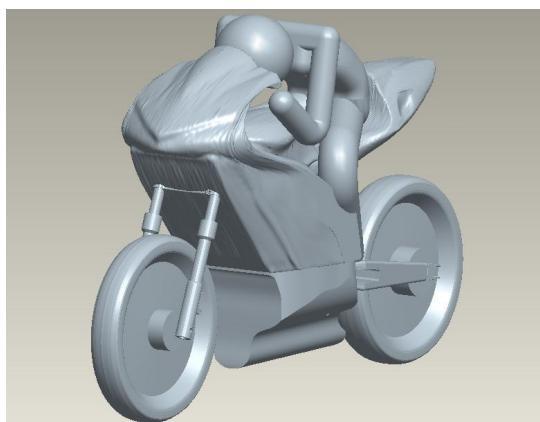


Imagen del conjunto de la motocicleta con el modelo de quilla 1.

RESULTADOS MODELO QUILLA 1.

Los resultados numéricos obtenidos se detallan a continuación.

- Coeficiente de penetración "Cd" o "Cx".

$$Cd = 0,130663$$

- Coeficiente de sustentación "Cl".

$$Cl = 0,0123504$$

- Vectores de fuerza.

$$(x,y,z) \quad [m^4/s^2]$$

$$(321.066 \ , \ 588.946 \ , \ 0)$$

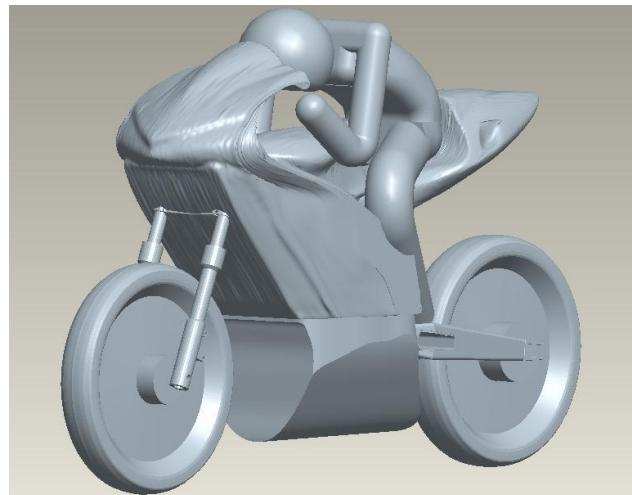
RESUMEN DE LOS RESULTADOS.

Se observa una mejora en el coeficiente de penetración aerodinámica disminuyendo su valor ligeramente. Esto se debe a que se ha reducido parte del área frontal del conjunto de la motocicleta y el fluido se encuentra con menos superficie resistente.

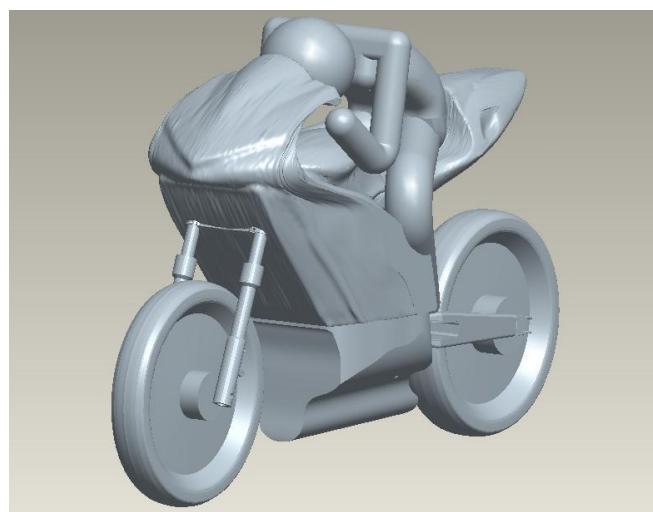
Dado que la posibilidad de realizar una nueva modificación en la quilla, supondría un rediseño de otros componentes de la motocicleta de mayor importancia y que han sido previamente calculados como puede ser radiador y chasis, se opta por dar suficiente validez a este último diseño de quilla, descartando cualquier otra modificación.

La mejora aerodinámica se muestra en el siguiente esquema gráfico que compara los resultados de ambos estudios.

	Coeficientes aerodinámicos		Fuerzas		
	Cd (arrastre)	Cl (sustentación)	X	Y	Z
QUILLA COMERCIAL	0,132666	0,0120602	164,359	295,313	0
QUILLA 1	0,130663	0,0123504	160,533	294,473	0



Quilla comercial



Quilla modelo 1

4.3.1.3.4. ESTUDIO AERODINÁMICO DE LA CÚPULA FRONTAL.

De la misma manera que en el caso de la quilla, la cúpula es la mayor parte donde se produce la resistencia del aire en el avance. Por ello es necesario realizar una disminución de la superficie frontal y mejorar la geometría para que el avance del aire obtenga menor resistencia. Dicha mejora se hará estrechando la zona delantera de la cúpula, sin llegar a cerrarla ya que es necesario que el aire penetre por la cavidad del radiador, y alargando la pieza para evitar la diferencia de distancia que el prototipo comercial posee entre las ruedas y la quilla. De esta manera el aire obtendrá menor resistencia en el avance y fluirá mejor.

Para comprobarlo se realizan dos estudios con dos carenados distintos.

1. MODELO CÚPULA 1.

La variación que se le aplica a este modelo ha sido la variación de su geometría respecto al modelo comercial. Sin embargo, en vez de estrechar la superficie frontal de la motocicleta como se ha comentado anteriormente, se ha aumentado dicha superficie. Esto se debe a que debido a las características geométricas que poseen el resto de las piezas que componen el conjunto del prototipo, siendo el chasis y el radiador recogidos en el apartado 4.2. "Adaptación al chasis", es imposible estrechar su superficie. De esta manera se comprueba si es cierto que con menor superficie frontal se mejora su aerodinámica.

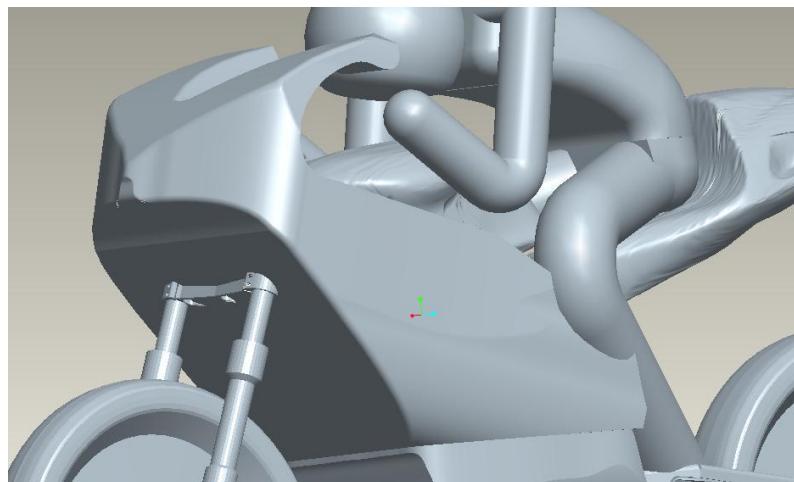


Imagen del modelo cúpula 1

RESULTADOS MODELO CÚPULA 1

Los resultados numéricos obtenidos se detallan a continuación.

- Coeficiente de penetración "Cd" o "Cx".

$$Cd = 0,142436$$

- Coeficiente de sustentación "Cl".

$$Cl = 0,0218082$$

- Vectores de fuerza.

$$(x,y,z) \quad [m^4/s^2]$$

$$(369.65 , \ 573.43 , \ 0)$$

RESUMEN DE LOS RESULTADOS.

Se observa que al aumentar la superficie frontal de la cúpula el aire obtiene mayor resistencia al avance por lo que el coeficiente de penetración ha aumentado notablemente. De esta manera se llega a la conclusión de que cuanto menor sea el área frontal de la motocicleta menor será la resistencia al aire y menor será el coeficiente de penetración.

2. MODELO CÚPULA 2.

La variación que se realiza en el diseño de este modelo ha sido el alargamiento de su longitud con el objetivo de disminuir la distancia de separación que aparece en el modelo comercial entre la rueda y la quilla.

Esta es su única variación ya que como se ha indicado anteriormente es imposible reducir el área frontal debido a las características generales del conjunto del prototipo.

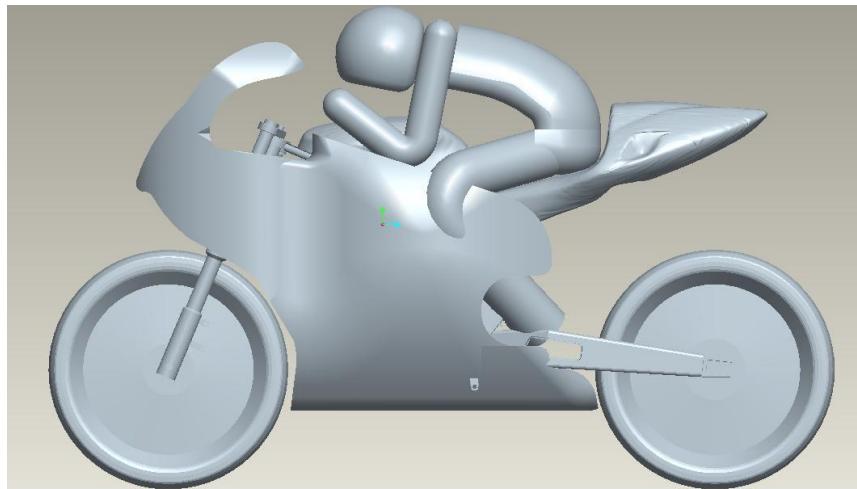


Imagen del modelo cúpula 2

RESULTADOS MODELO CUPULA 2.

Los resultados numéricos obtenidos se detallan a continuación.

- Coeficiente de penetración "Cd" o "Cx".

$$Cd = 0,123838$$

- Coeficiente de sustentación "Cl".

$$Cl = 0,00950402$$

- Vectores de fuerza.

$$(x,y,z) \quad [m^4/s^2]$$

$$(311.99 \ , \ 620.63 \ , \ 0)$$

RESUMEN DE LOS RESULTADOS.

En los resultados se observa una notable mejora en el coeficiente de penetración. Esto se debe a que al eliminar los huecos vacíos que se encontraban entre la rueda y la quilla el aire no entra en dichas cavidades por lo que continúa su marcha y fluye mejor.

Por ello se toma el modelo de cúpula 2 como parte del prototipo final ya que opone menor resistencia al avance como se puede observar tanto en el coeficiente de penetración como en la fuerza resistente que recibe.

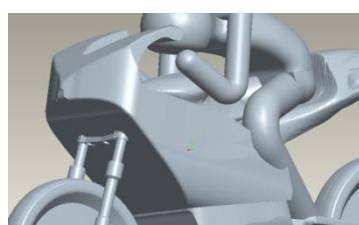
3. RESUMEN DE LAS CÚPULAS.

Si se comparan todos los resultados obtenidos en los estudios de los distintos modelos de cúpulas se llega a la conclusión de que el mejor modelo es el número 2 debido a que presente un coeficiente de penetración menor y recibe una fuerza resistente menor.

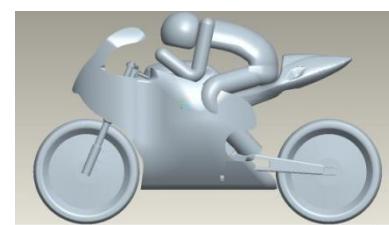
	Coeficiente aerodinámico		Fuerzas		
	Cd (arrastre)	Cl (sustentación)	X	Y	Z
QUILLA COMERCIAL	0,132666	0,0120602	164,359	295,313	0
CÚPULA 1	0,142436	0,0218082	184,825	286,715	0
CÚPULA 2	0,123868	0,00950402	155,995	310,312	0



Modelo comercial



Modelo 1



Modelo 2

4.3.1.3.5. AERODINAMICA FINAL DEL CONJUNTO.

Una vez que se obtiene por separado los distintos coeficientes de penetración y fuerzas resistentes es posible realizar una comparación general entre ellos ya que los estudios se han llevado a cabo todos ellos con las mismas condiciones de contorno. De esta manera, aunque los datos numéricos obtenidos no sean datos reales como se dijo al principio de este apartado, obtenemos las características aerodinámicas de cada prototipo dentro de un caso en particular.

Gracias a los distintos estudios se llega a la conclusión de que para obtener una mejora en la moto comercial es necesario realizar las siguientes modificaciones en cada pieza que forma el prototipo, estando enumeradas a continuación:

1. La primera mejora es profundizar los orificios que se encuentran en el colín. De esta manera se obtiene una ligera mejoría aerodinámica debido a que el aire se introduce en dichos orificios pero posteriormente sale con más suavidad, evitando la brusquedad con la que se produce en el modelo comercial.
2. La siguiente mejora se realiza en la quilla. Con el objeto de disminuir la superficie frontal de la motocicleta se realiza una disminución de la anchura en la parte inferior.
3. Y por último, se aumenta la longitud de la cúpula para disminuir la distancia que el modelo comercial posee entre la rueda y la quilla, y conseguir de este modo que el aire fluya mejor por la superficie.

RESULTADOS DEL MODELO FINAL.

Con el gráfico de la presión frontal se observa como el valor máximo en módulo ha disminuido ligeramente respecto al modelo comercial. Esta variación es baja debido a que la superficie frontal de la motocicleta ha sido disminuida sólo en la parte inferior de la quilla, por lo que el resto de la presión sigue actuando en la misma superficie que en el modelo comercial.

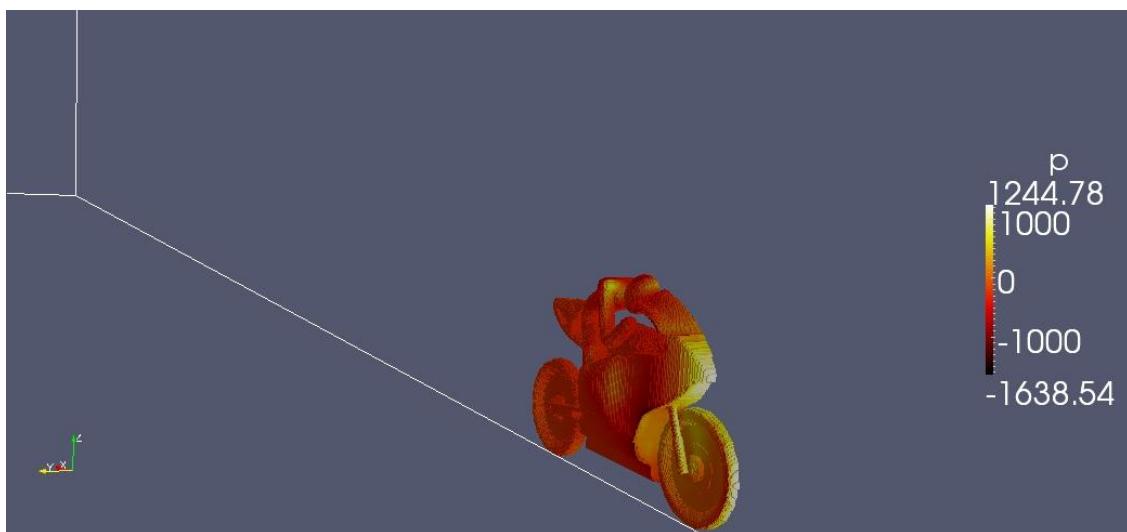


Imagen de la presión frontal modelo final.

Sin embargo, si se observa el gráfico donde se recoge el recorrido y la velocidad del aire se llega a la conclusión de que se obtiene una mejoría notable debido a los cambios que se han hecho tanto en la cúpula como en la quilla.

Por una parte, gracias a la disminución de la anchura de la quilla el aire tiene menos superficie de choque con lo que se encuentra con menor resistencia.

Y por otra parte, al aumentar la longitud de la cúpula se elimina las cavidades que se encontraban entre la rueda y la quilla. Tal y como se observa en el gráfico el aire ya no fluye entre dicho hueco por lo que tiene menor resistencia debido a que no hace un cambio brusco de recorrido.

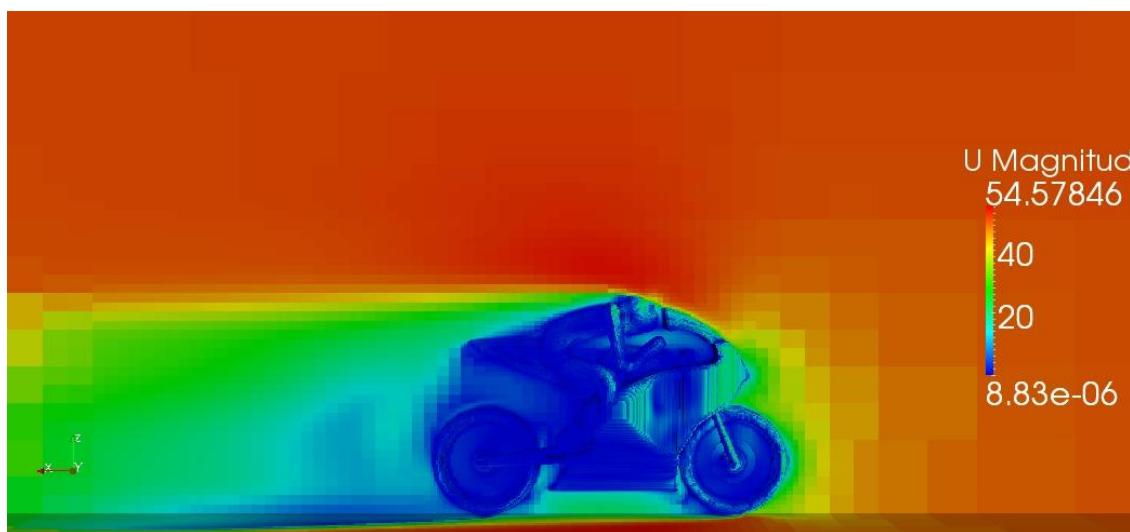


Imagen de la velocidad del fluido sobre el modelo final.

Coeficientes aerodinámicos				
	MODELO COMERCIAL		MODELO MEJORADO	
	Cd	Cl	Cd	Cl
SIN PILOTO	0,130884	0,00870511	0,112734	0,00537474
CON PILOTO	0,132666	0,0120602	0,122112	0,00574184

Fuerzas					
	MODELO COMERCIAL			MODELO MEJORADO	
	X	Y	Z	X	Y
SIN PILOTO	164,825	262,367	0	142,818	283,587
CON PILOTO	164,359	295,313	0	152,411	308,111

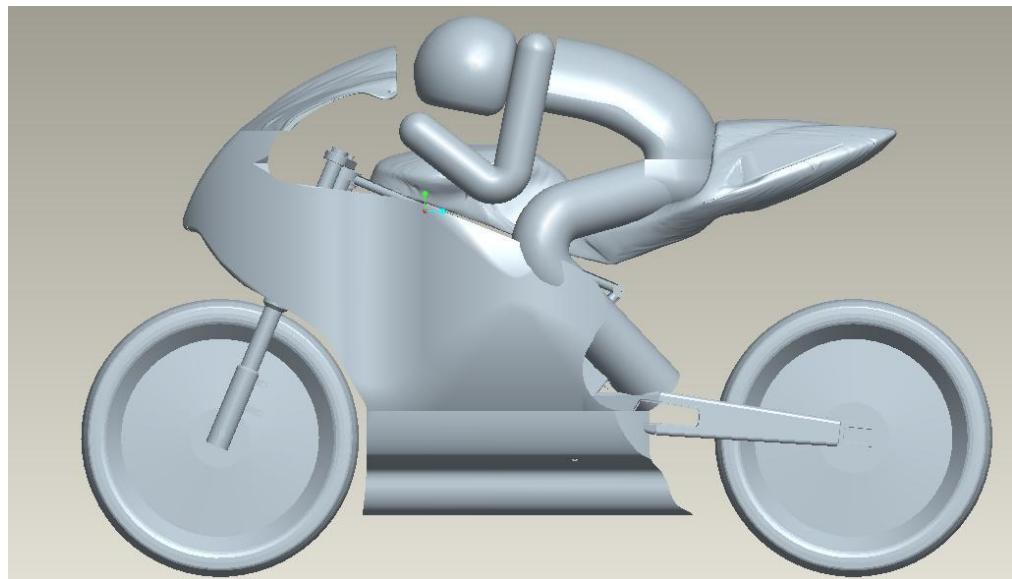
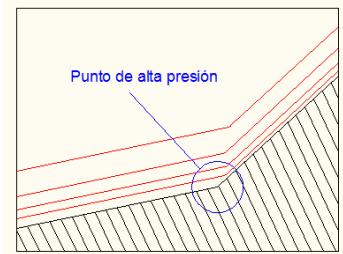


Imagen del modelo mejorado.

4.3.1.3.6 DETALLES AERODINAMICOS.

En este apartado se estudian las formas que debe adoptar el carenado para facilitar la refrigeración del motor. Estas formas deben ser tal que el flujo de aire no se revuelva en su paso hasta el radiador o el bloque motor. Si se vuelve turbulento, no habrá una distribución equitativa de aire refrigerante y el motor tenderá a recalentarse. Conseguir que entre el flujo de aire equilibrado por la toma de aire, con lo que el motor funcione a su máximo rendimiento, es un objetivo primordial.

Una presión negativa se observa cuando el flujo intenta seguir una forma paralela a las líneas de corriente. Cuando hay un cambio de forma “positiva” a la dirección del flujo y este debe de ser “doblado”, se experimenta una alta presión. Es en esta región de alta presión el sitio ideal para colocar entradas de aire que permitan refrigerar el motor.



Si se observa en los gráficos de presión y velocidad obtenidos del modelo final, las regiones de altas presiones se encuentran en los laterales del carenado, justo en la parte delantera del motor.

4.4. MÉTODO DE UNIÓN DE PIEZAS.

Para la unión de las distintas piezas que forman el prototipo en conjunto se utiliza distintos métodos dependiendo de la zona en la que se encuentran cada pieza y la función que tiene cada unión. Es decir, no se debe de igualar la seguridad de las uniones ya que una de ellas se encarga de que el carenado no se desprenda del chasis en caso de colisión, poniendo en peligro la seguridad del piloto y de los que le rodean, y otra de las uniones tiene como función juntar componentes externos que tienen una importancia menor en cuanto a la seguridad.

Por ello se distinguen dos tipos de uniones, las cuales se detallan a continuación.

4.4.1. UNIÓN AL CHASIS.

Es muy importante que el carenado tenga una buena adaptación y unión al chasis ya que si el carenado consiguiera desprenderse del chasis toda la seguridad que posee la motocicleta estaría en peligro, pudiendo causar daños tanto al piloto como al resto de los competidores.

4.4.2. UNIÓN DE LAS PIEZAS.

Para realizar la unión entre las distintas piezas de la motocicleta, ya sea un prototipo o una motocicleta comercial, se pueden conseguir gran variedad de elementos normalizados. La manera de decidirse entre todos ellos depende de la finalidad que tiene cada unión. El caso que se estudia en este proyecto es una moto de competición, por lo que se tiene en cuenta tanto la seguridad como la facilidad de montaje y desmontaje.

Por esta razón se van a utilizar dos tipos distintos de uniones.

1. CÚPULA.

La cúpula se compone de tres piezas distintas, siendo estas en sus dos laterales y la parte frontal. Es necesario tener esto en cuenta ya que aunque se está hablando de la cúpula como si fuera de una pieza única es preciso destacar su forma de unión.

Dicha unión se realiza mediante cuatro tornillos a cada lateral de métrica 5 que se enroscan en las tuercas que están fijas en la parte frontal de la cúpula.

2. QUILLA.

La quilla es la pieza del prototipo que une y da resistencia a cada lateral de la cúpula. La unión entre ellas se realiza mediante tornillos de plástico. La decisión de utilizar tornillos de plástico se debe a que presentan buenas propiedades mecánicas y a su rápido desmontaje, pudiendo ser cortados de manera fácil y ser reemplazados por unos nuevos. Esta decisión se toma debido a ser una motocicleta de competición.

4.5. PROTOTIPO RESULTADO.

El carenado final o prototipo resultado es la solución de todas las transformaciones que sufre desde la adaptación al chasis de la moto, hasta la más pequeña variación geométrica solución del estudio aerodinámico.

4.5.1. PLANOS GENERADOS.

Este apartado es el último en la fase de diseño. Aquí se definen los planos que se van a utilizar para la posterior fabricación de las piezas. En este apartado se hace referencia al documento número dos “Planos” indicando la numeración que les corresponde a cada una de las piezas que aquí se nombran.

El carenado se forma de 3 piezas perfectamente detalladas en los planos.

- i. Plano 01.01: Plano conjunto.
- ii. Plano 01.02: Lista de elementos.
- iii. Plano 01.03: Cúpula.
- iv. Plano 01.04: Quilla.
- v. Plano 01.05: Colín.

5. FASE DE CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO.

Se llega al punto donde todo lo analizado y calculado se transforma en el producto, el cual tiene que cumplir los objetivos de diseño y funcionalidad que se plantean en los objetivos del proyecto.

El producto se compone fundamentalmente de cúpula, quilla y colín, tres elementos compuestos del mismo material que conforman el carenado de una motocicleta de competición.

La forma de estas piezas que constituyen el carenado tiene la ventaja frente a otras de ofrecer menos resistencia aerodinámica. El material con el que se fabrican estas piezas también ofrece ligereza al conjunto.

Por ser un modelo realizado para su uso en la competición, no es objeto de estudio la resistencia del material para grandes impactos, ni una gran durabilidad frente a agentes químicos externos que puedan degradar el modelo.

Bajo el punto de la seguridad es el momento de seleccionar el material que, en medida de lo posible, desencadene el menor peligro de dañar al usuario o piloto en caso de fallo tanto mecánico como humano.

Por supuesto, el material que se seleccione también tiene que cumplir los objetivos aerodinámicos, estéticos, etc.

También es un factor importante el presupuesto del que se dispone. Aquí interviene la elección del material y el proceso industrial que se tiene que seguir para la fabricación de las piezas, ya que este interviene en gran medida en el coste total de la producción.

Todos estos factores desencadenan en la elección de la fibra de vidrio para la fabricación de las piezas, material enormemente usado en el mundo de la competición moto ciclística en el área de carenado y otras piezas del conjunto.

5.1. PRESUPUESTO INICIAL DISPONIBLE.

Del total de los fondos obtenidos para el diseño y construcción del conjunto del vehículo se ha destinado inicialmente 600 € para la construcción del carenado.

5.2. DISEÑO DE LOS MOLDES.

Para diseñar los moldes se parte de la configuración ya existente en el mercado, adquiriendo las piezas y modificándolas con los elementos pertinentes consiguiendo las dimensiones de nuestro diseño, previamente estudiado y calculado para obtener mejores resultados aerodinámicos.

Como se ha explicado en apartados anteriores, esto se consigue con la digitalización del carenado base y exportando todos los datos en formato STL a Pro-Engineer para realizar las modificaciones necesarias y obtener los planos necesarios.

5.2.1. MATERIAL EMPLEADO.

Uno de los materiales seleccionados en la creación de los moldes para las piezas de fibra de vidrio es la escayola, ya que es moldeable y se adapta a la perfección a las formas geométricas de dichas piezas. Aunque se trata de un material fácilmente degradable, es suficiente para la única fabricación de la pieza prototipo.

Pero también es necesario el uso de los siguientes materiales en la fabricación general de todo el prototipo de la motocicleta:

- Poliestireno expandido de baja densidad.
- Cola blanca.
- Cúter.
- Espátula.
- Cubeta.
- Hojas de sierra.
- Cinta métrica.
- Esponja abrasiva.
- Lija al agua.
- Agua.

Y en la fabricación de los moldes finales se ha utilizado;

- Guantes de vinilo.
- Esponja sintética.
- Brochas.
- Cubetas.
- Tijeras.
- Escayola.

Es necesario recordar que el uso de materiales químicos es perjudicial para la salud si no se cumplen las condiciones que acompañan a cada material.

5.2.2. FABRICACIÓN DE MOLDES.

Es necesario destacar que todos los moldes que se necesitan para la fabricación del prototipo general de la motocicleta se realizan de la misma manera.

A partir de los planos del diseño adquiridos mediante pro-Engineer, se realiza el molde mediante láminas de poliestireno expandido de baja densidad. Debido a la baja densidad del material su moldeo es fácil con la ayuda de una lija de agua, cuchilla o material incandescente.

Una vez que se tiene los moldes de poliestireno expandido se cubre con escayola para obtener unos moldes de mayor densidad y resistencia.

Cuando la escayola ha fraguado se procede a retirar el molde de poliestireno expandido y se cubre el molde de escayola con una capa de cera.

5.2.3. COSTE DE LOS MOLDES.

En este apartado se detalla el coste que se origina para la fabricación de cada molde por separado haciendo referencia a la materia prima de cada una. De esta manera se obtiene el coste de fabricación de las piezas tanto por separado como del prototipo en conjunto.

El presupuesto total del prototipo en conjunto asciende a un total de 114,51 € (ciento catorce euros con cincuenta y un céntimos de euro).

- CÚPULA.

MATERIAL	PRECIO UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO TOTAL
Lamina poliestireno extruido.	12 €	5	60 €
Escayola.	4,25 € /saco	1/3	1,42 €
Cola blanca.	2,25 € / bote	1/3	0,75 €
TOTAL			62,17 €

- QUILLA.

MATERIAL	PRECIO UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO TOTAL
Lamina poliestireno extruido.	12 €	2	24 €
Escayola.	4,25 € /saco	1/3	1,42 €
Cola blanca.	2,25 € / bote	1/3	0,75 €
TOTAL			26,17 €

- COLIN.

MATERIAL	PRECIO UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO TOTAL
Lamina poliestireno extruido.	12 €	2	24 €
Escayola.	4,25 € /saco	1/3	1,42 €
Cola blanca.	2,25 € / bote	1/3	0,75 €
TOTAL			26,17 €

- CONJUNTO.

MATERIAL	PRECIO UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO TOTAL
Lamina poliestireno extruido.	12 €	9	108 €
Escayola.	4,25 € /saco	1	4,25 €
Cola blanca.	2,25 € / bote	1/3	0,75 €
TOTAL			112,25 €

PROTOTIPO	PRECIO
Cúpula.	62,17 €
Quilla.	26,17 €
Colín.	26,17 €
PRECIO TOTAL CONJUNTO.	114,51 €

El presupuesto total del prototipo en conjunto asciende a un total de 114,51 € (ciento catorce euros con cincuenta y un céntimos de euro).

5.3. FABRICACIÓN DE PIEZAS.

La fabricación de las piezas es el proceso posterior a la realización de los moldes. En este apartado se muestra el algoritmo que hay que realizar para llegar a la geometría final de la pieza. Más adelante se detalla los pasos finales necesarios a realizar en cada pieza, debido a que tienen características distintas entre sí (sujeciones, refuerzos...), y así obtener el producto listo para la utilización.

5.3.1. MATERIAL EMPLEADO.

Las piezas están hechas principalmente de fibra de vidrio, que por excelencia se encuentra en el mercado y es de nuestro alcance económico para el diseño del prototipo.

Dentro de los tipos de fibra de vidrio, están las A, D, E, entre otras. Según la disposición espacial, están los roving, mats y velos. El utilizado para la construcción de las piezas es el roving.

Se trata de un material ligero de baja densidad, de carácter frágil, inerte ante ácidos y que soporta altas temperaturas y que sirve como aislante térmico. Material que se adapta muy bien a las necesidades de una moto de competición de 125cc.

Las características del material permiten que sea moldeable con mínimos recursos. De esta manera, la fibra de vidrio se moldea hasta adquirir la geometría final del prototipo.

Es necesario recordar que los compuestos químicos con los que se trabaja en su moldeo dañan la salud, lo que hace que sea necesario el uso de equipos de protección vía respiratoria y su fabricación en zonas aireadas.

El resto de materiales y herramientas necesarios en la fabricación del prototipo general de la motocicleta se detallan a continuación:

- Guantes.
- Mascarilla.
- Brochas.
- Cubetas.
- Estopa.
- Tijeras.
- Cera desmoldante.
- Película separadora.
- Gel Coat o masilla de fibra de vidrio.
- Resina de poliéster.
- Catalizador.

5.3.2. METODO DE FABRICACIÓN.

A continuación se va a explicar de forma general los pasos necesarios para la fabricación de todas las piezas que entran en el conjunto del carenado, detallando posteriormente los pasos finales necesarios que se realizarán a cada pieza ya que no todas tienen las mismas sujetaciones ni refuerzos o elementos adicionales.

El proceso es el siguiente:

- a) Se aplica una capa de cera desmoldante, adecuada para la fibra de vidrio, de manera que quede perfectamente encerado y se pueda desmoldar la fibra con facilidad.
- b) Se añade una película separadora de alcohol polivinílico con la ayuda de la esponja. Una vez seca se añade una capa más.
- c) Mientras el alcohol polivinílico se seca se procede a ir preparando los trozos de fibra de vidrio que se van a utilizar para hacer el prototipo. Para ello es necesario cortar la fibra en trozos (con una superficie próxima a la palma de la mano) para que se ajuste correctamente al molde.
- d) Cuando la fibra de vidrio esté lista se comienza la preparación de la resina que impregna la fibra y le da resistencia. Para ello es necesario mezclar la resina con el catalizador (peróxido de Metil-Etil-Cetona) con una proporción del 2% respecto a la resina utilizada. Es recomendable no utilizar grandes cantidades de resina ya que si el proceso de aplicación de fibra es largo la resina puede catalizarse antes de terminar y quedar inutilizable. Si esto ocurriese en mitad del proceso de la aplicación de la fibra será necesario volver a realizar la mezcla explicada en este apartado.
- e) Después de que el alcohol polivinílico esté seco, y tanto la fibra como la resina estén preparados, se comienza a cubrir el molde con capas fibra de vidrio impregnada de resina.
- f) Para ello es necesario cubrir ligeramente la superficie del molde con resina para que la primera capa de fibra tenga la resistencia que necesita. Una vez que se impregna de resina la superficie se coloca todos los trozos de fibra de forma uniforme, para conseguir una buena resistencia en toda la superficie de la pieza, y se vuelve a impregnar de resina cada trozo evitando la aparición de burbujas de aire en el interior, ya que si esto sucede la pieza no alcanza la resistencia deseada. El proceso se repite hasta conseguir la resistencia necesaria. En este caso tendrá un espesor aproximado a seis capas.

- g) Una vez que se finaliza el proceso anterior se deja secar durante 72 horas y se desmolda para realizar una comprobación de cómo está la pieza. En el caso de que se encuentre una burbuja de aire se debe de reparar. Para ello se debe de lijar la superficie hasta que quede uniforme y se rellena el espacio vacío de la burbuja con masilla de fibra.
- h) Cuando la pieza está totalmente seca se lija para que la superficie quede próxima a la geometría final, y si es necesario se rellena con masilla de fibra. A partir de aquí se obtiene una aproximación de la pieza final.
- i) A continuación se realiza la colocación de todos los componentes externos necesarios para la sujeción y refuerzo de la pieza que serán necesarios para el ensamblaje con el conjunto. Este apartado se explicará más adelante detallando todos los pasos necesarios que se llevan a cabo en cada pieza.
- j) Una vez que tenemos la pieza próxima al estado final es necesario darle la forma uniforme que presentará una vez acabada la pieza. De esta manera se aplica una capa de masilla a toda la superficie de la pieza y se lija hasta llegar a la geometría final de la pieza. Para ello es necesario realizar un proceso de lijado continuo comenzando por una lija de grano gordo hasta acabar con un grano fino.
- k) El siguiente paso es lavar la pieza con agua para quitar todos los residuos que se quedan en la superficie y darle una imprimación de pintura blanca.
- l) Para finalizar se pinta la pieza con pintura al agua o básica del color deseado y se deja secar.

Hay que resaltar que las piezas de FIBRA DE VIDRIO con los años sufren modificaciones y deformaciones en su estructura y forma, además de que se vuelven quebradizas, en especial las que se encuentran bajo los rayos del sol o expuestas a calor y frío extremo. Es este motivo por el que sólo usamos este material en la configuración de la moto de competición, porque se espera una vida útil muy corta, ya que puede sufrir roturas tanto en caídas de pilotos como en el constante montaje y desmontaje al que lo someten los mecánicos.

5.3.2.1. COMPONENTES EXTERNOS DE LA CÚPULA.

Una vez que tengamos una aproximación de la pieza final se colocan los siguientes componentes (ver plano 01.03):

- Tubo de acero en la parte principal de la cúpula como refuerzo frontal del carenado. Este tubo deberá de tener unas dimensiones próximas a las que se utilizan en los tubos utilizados en la fabricación del chasis, cuyo proyecto es de recordar que está realizado por otros miembros del equipo.
- Componentes de enganche para la unión de la cúpula y la quilla. Estas uniones se realizarán mediante tornillos de plástico con la finalidad de sujetar ambas piezas y que su desmontaje sea rápido y fácil.
- Componentes de sujeción al chasis. Estas sujeciones se harán mediante unas abrazaderas que se sujetarán en unas poleas unidas a silent-blocks. De la misma manera que la sujeción entre cúpula y quilla, se realiza esta sujeción para la facilidad de desmontaje en caso de que fuera necesario.

5.3.2.2. COMPONENTES EXTERNOS DE LA QUILLA.

Una vez que tengamos una aproximación de la pieza final se colocan los siguientes componentes (ver plano 01.04):

- Componentes de enganche para la unión de la cúpula y la quilla. Estas uniones se realizarán mediante tornillos de plástico con la finalidad de sujetar ambas piezas y que su desmontaje sea rápido y fácil.

5.3.2.3. COMPONENTES EXTERNOS DEL COLÍN.

Una vez que tengamos una aproximación de la pieza final se colocan los siguientes componentes (ver plano 01.05):

- Componentes de sujeción al subchasis. Estas sujetaciones se harán mediante unas abrazaderas que se sujetarán en unas poleas unidas a silent-blocks. De la misma manera que se sujetó la cúpula al chasis.
- Componentes de enganche para el asiento. Para ello se usa unos tornillos de plástico que tienen función de remache. Con ellos se consigue un fácil y rápido montaje.

5.3.3. COSTE DE FABRICACIÓN DE LAS PIEZAS.

Dentro de este apartado se detalla el coste que se origina para la fabricación de cada pieza por separado haciendo referencia a la materia prima de cada una. De esta manera se obtiene el coste de fabricación de las piezas tanto por separado como del prototipo en conjunto.

El presupuesto total del prototipo en conjunto asciende a un total de 48,26 € (cuarenta y ocho euros con veintiséis céntimos de euro).

- CÚPULA.

MATERIAL	PRECIO UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO TOTAL
Resina.	3,98 € / kg.	1,5	5,97 €
Fibra de vidrio.	3,35 € / kg.	1	3,35 €
Catalizador.	0,021 € / ml.	30	0,63 €
Masilla de fibra.	18,50 € / bote.	1/2	9,25 €
Alcohol polivinílico.	1,53 € / l.	1/4	0,39 €
Cera.	4,50 € / kg.	1/4	1,13 €
		TOTAL	20,72 €

- QUILLA.

MATERIAL	PRECIO UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO TOTAL
Resina.	3,98 € / kg.	1	3,98 €
Fibra de vidrio.	3,35 € / kg.	1/2	1,68 €
Catalizador.	0,021 € / ml.	20	0,42 €
Masilla de fibra.	18,50 € / bote.	1/3	6,17 €
Alcohol polivinílico.	1,53 € / l.	1/4	0,39 €
Cera.	4,50 € / kg.	1/4	1,13 €
		TOTAL	13,77 €

- COLÍN.

MATERIAL	PRECIO UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO TOTAL
Resina.	3,98 € / kg.	1	3,98 €
Fibra de vidrio.	3,35 € / kg.	1/2	1,68 €
Catalizador.	0,021 € / ml.	20	0,42 €
Masilla de fibra.	18,50 € / bote.	1/3	6,17 €
Alcohol polivinílico.	1,53 € / l.	1/4	0,39 €
Cera.	4,50 € / kg.	1/4	1,13 €
		TOTAL	13,77 €

- CONJUNTO.

MATERIAL	PRECIO UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO TOTAL
Resina.	3,98 € / kg.	3,5	13,93 €
Fibra de vidrio.	3,35 € / kg.	2	6,70 €
Catalizador.	0,021 € / ml.	70	1,47 €
Masilla de fibra.	18,50 € / bote.	1,2	21,60 €
Alcohol polivinílico.	1,53 € / l.	3/4	1,17 €
Cera.	4,50 € / kg.	3/4	3,39 €
		TOTAL	48,26 €

PROTOTIPO	PRECIO
Cúpula.	20,72 €
Quilla.	13,77 €
Colín.	13,77 €
PRECIO TOTAL CONJUNTO.	48,26 €

El presupuesto total del prototipo en conjunto asciende a un total de 48,26 € (cuarenta y ocho euros con veintiséis céntimos de euro).

5.4. MONTAJE DEL CONJUNTO.

Una vez finalizadas todas las piezas se lleva a cabo el montaje de todas ellas. Para ello se utilizan herramientas sencillas y el montaje no es complicado, con la finalidad de que si es necesario desmontar el carenado sea de forma rápida y sencilla ya que se habla siempre de una moto de competición.

En primer lugar se fija la cúpula al chasis. Para ello se une todos los componentes de sujeción que se encuentran repartidos en la superficie al chasis, y se fija el refuerzo colocado en la parte delantera de la cúpula al chasis para soportar las grandes cargas de presión que se originan durante la carrera. Sólo es necesario colocar un refuerzo en la parte delantera de la cúpula ya que es el punto donde se aplica el valor máximo de presión.

Una vez que la cúpula esté unida al chasis se coloca la quilla mediante los elementos de unión que se han instalado en la quilla, fijando la quilla al chasis a través de la cúpula.

Y para finalizar, se coloca el colín. Para ello se realiza el mismo procedimiento que para el resto de las piezas, es decir, se fija el colín al subchasis mediante los elementos de sujeción, quedando el colín fijo al chasis de forma que el piloto pueda realizar todos los movimientos sin tener dificultades. Cuando el colín quede fijado al chasis si coloca el asiento mediante tornillos de plástico que se colocan en la superficie del colín.

6. ANEJOS.

6.1. PLANOS Y TABLAS UTILIZADAS.

6.1.1. Resultados de la simulación del modelo base.

Cd: Coeficiente de penetración.

Cl: Coeficiente de sustentación.

Cm: Coeficiente de momento.

MODELO BASE

Time	Cd	Cl	Cm
1	3.56849	0.36602	0
2	3.21282	0.293806	0
3	0.943976	-0.0427573	0
4	-0.805817	-0.265846	0
5	-0.882051	-0.208141	0
6	0.0371799	-0.0162872	0
7	0.81562	0.10253	0
8	0.875233	0.0707176	0
9	0.467412	-0.0288605	0
10	0.0887778	-0.0896188	0
11	0.0140231	-0.0762455	0
12	0.161328	-0.0281195	0
13	0.313131	0.00330888	0
14	0.339878	-0.000175291	0
15	0.267358	-0.0206627	0
16	0.190525	-0.0341593	0
17	0.167448	-0.0324245	0
18	0.188625	-0.023233	0
19	0.213124	-0.0169419	0

20	0.215048	-0.0167525	0
21	0.198274	-0.0192396	0
22	0.18123	-0.0201025	0
23	0.176472	-0.0186808	0
24	0.180516	-0.0165646	0
25	0.184536	-0.0155785	0
26	0.182777	-0.0155823	0
27	0.176631	-0.0156994	0
28	0.170607	-0.0152508	0
29	0.167972	-0.0142271	0
30	0.168187	-0.0133543	0
31	0.168765	-0.0129601	0
32	0.167816	-0.0128567	0
33	0.165492	-0.0127756	0
34	0.162833	-0.0124716	0
35	0.160207	-0.0119317	0
36	0.159243	-0.0112845	0
37	0.159247	-0.0108919	0
38	0.159055	-0.0106015	0
39	0.158139	-0.0102821	0
40	0.15681	-0.00997048	0
41	0.155516	-0.00956873	0
42	0.155056	-0.0091045	0
43	0.154526	-0.00862225	0
44	0.153846	-0.00815135	0
45	0.152881	-0.00767166	0
46	0.152077	-0.00719438	0
47	0.151505	-0.00671105	0
48	0.151064	-0.00622809	0
49	0.15063	-0.00573866	0
50	0.150568	-0.00540804	0
51	0.150019	-0.00494904	0
52	0.149221	-0.00443031	0
53	0.14845	-0.00383876	0
54	0.148145	-0.00328158	0
55	0.148105	-0.00287352	0
56	0.147877	-0.00245018	0
57	0.147426	-0.00195769	0

58	0.146819	-0.00143136	0
59	0.146488	-0.000905935	0
60	0.146312	-0.000450382	0
61	0.146356	-0.000125878	0
62	0.145263	0.000607325	0
63	0.145524	0.000822998	0
64	0.14536	0.00121774	0
65	0.145782	0.0013178	0
66	0.145104	0.00184457	0
67	0.145002	0.00207255	0
68	0.144166	0.00257685	0
69	0.144203	0.00275311	0
70	0.143827	0.00312338	0
71	0.143929	0.00326573	0
72	0.14337	0.00367711	0
73	0.143228	0.00387516	0
74	0.14334	0.00396672	0
75	0.142601	0.00443846	0
76	0.142363	0.00470505	0
77	0.142389	0.00484153	0
78	0.142448	0.00494029	0
79	0.142341	0.00505987	0
80	0.142154	0.00523569	0
81	0.141886	0.00550635	0
82	0.141653	0.00571514	0
83	0.141477	0.00585117	0
84	0.141328	0.00596028	0
85	0.141186	0.00607227	0
86	0.141047	0.00619809	0
87	0.14091	0.00633963	0
88	0.140781	0.00647938	0
89	0.140664	0.00660095	0
90	0.140557	0.00670456	0
91	0.140457	0.00680098	0
92	0.140361	0.00689397	0
93	0.140267	0.00698441	0
94	0.140173	0.00707281	0
95	0.140077	0.00716038	0

96	0.139976	0.00724586	0
97	0.139875	0.00733749	0
98	0.13977	0.00743168	0
99	0.139665	0.00752567	0
100	0.139559	0.00761538	0
101	0.139456	0.00770703	0
102	0.139354	0.00780042	0
103	0.139257	0.00789525	0
104	0.13916	0.00798299	0
105	0.139068	0.00806461	0
106	0.138983	0.00814361	0
107	0.138907	0.00822001	0
108	0.138837	0.00829135	0
109	0.138775	0.00835852	0
110	0.138721	0.00842109	0
111	0.138672	0.00847751	0
112	0.138623	0.00852695	0
113	0.138581	0.0085752	0
114	0.138538	0.00861931	0
115	0.138495	0.00866441	0
116	0.138448	0.00870604	0
117	0.138397	0.00874989	0
118	0.138342	0.00879402	0
119	0.138282	0.008837	0
120	0.138215	0.00888522	0
121	0.138144	0.00893506	0
122	0.13807	0.00898616	0
123	0.137992	0.00903802	0
124	0.13791	0.00909318	0
125	0.13783	0.00914396	0
126	0.13775	0.00919127	0
127	0.13766	0.00925323	0
128	0.137583	0.00928616	0
129	0.137493	0.00936066	0
130	0.137418	0.00939474	0
131	0.137332	0.00947023	0
132	0.13726	0.00948954	0
133	0.13718	0.00956966	0

134	0.137107	0.00959341	0
135	0.137033	0.00967236	0
136	0.136966	0.00969004	0
137	0.136897	0.0097618	0
138	0.136832	0.00978266	0
139	0.136772	0.00983604	0
140	0.136715	0.00985953	0
141	0.136666	0.00991363	0
142	0.136621	0.00993199	0
143	0.136578	0.00997481	0
144	0.136542	0.00999136	0
145	0.136504	0.0100241	0
146	0.136472	0.0100488	0
147	0.136452	0.0100605	0
148	0.136427	0.0100741	0
149	0.136396	0.0100912	0
150	0.136373	0.0101109	0
151	0.136349	0.0101307	0
152	0.136309	0.0101463	0
153	0.136286	0.0101622	0
154	0.136261	0.0101793	0
155	0.136208	0.0101945	0
156	0.136179	0.0102118	0
157	0.136125	0.0102376	0
158	0.136092	0.0102555	0
159	0.136024	0.0102881	0
160	0.135989	0.0103044	0
161	0.135921	0.0103429	0
162	0.135883	0.0103575	0
163	0.135837	0.0103848	0
164	0.13576	0.0104397	0
165	0.135715	0.0104507	0
166	0.135667	0.0104695	0
167	0.135616	0.010501	0
168	0.135541	0.0105913	0
169	0.135493	0.0105988	0
170	0.135441	0.0106126	0
171	0.135391	0.0106335	0

172	0.135345	0.0106763	0
173	0.135292	0.0107665	0
174	0.135248	0.0107752	0
175	0.135202	0.0107881	0
176	0.13516	0.0108113	0
177	0.135126	0.0108513	0
178	0.135102	0.010897	0
179	0.135083	0.0109041	0
180	0.135059	0.0109164	0
181	0.135031	0.0109482	0
182	0.135015	0.0109804	0
183	0.135008	0.010988	0
184	0.135	0.0109924	0
185	0.134994	0.0109892	0
186	0.134984	0.0109989	0
187	0.134973	0.0110081	0
188	0.134962	0.0110141	0
189	0.134953	0.01101	0
190	0.134944	0.011018	0
191	0.134936	0.0110257	0
192	0.134921	0.011023	0
193	0.134906	0.0110298	0
194	0.134887	0.0110367	0
195	0.134849	0.0110327	0
196	0.134827	0.0110402	0
197	0.134803	0.0110516	0
198	0.134776	0.0110643	0
199	0.134709	0.0110854	0
200	0.134682	0.0110906	0
201	0.134652	0.0111057	0
202	0.134618	0.0111254	0
203	0.134541	0.0111946	0
204	0.134509	0.0111952	0
205	0.134473	0.0112008	0
206	0.134438	0.0112142	0
207	0.134408	0.0112303	0
208	0.134382	0.0112554	0
209	0.13436	0.0112973	0

210	0.134335	0.0113097	0
211	0.134305	0.0113312	0
212	0.134274	0.0114159	0
213	0.134246	0.0114211	0
214	0.134217	0.0114225	0
215	0.134192	0.0114252	0
216	0.134174	0.0114324	0
217	0.134164	0.0114433	0
218	0.134159	0.0114545	0
219	0.134158	0.0114605	0
220	0.134154	0.0114732	0
221	0.134151	0.0114892	0
222	0.13415	0.0114988	0
223	0.134152	0.0115021	0
224	0.134152	0.0115042	0
225	0.134153	0.0114999	0
226	0.134158	0.0114559	0
227	0.134152	0.0114614	0
228	0.134146	0.01147	0
229	0.134139	0.0114784	0
230	0.134128	0.0114839	0
231	0.134113	0.0114805	0
232	0.134089	0.0114636	0
233	0.134073	0.0114635	0
234	0.134059	0.011469	0
235	0.134045	0.0114774	0
236	0.134024	0.011468	0
237	0.134	0.0114723	0
238	0.133972	0.0114869	0
239	0.13394	0.0115047	0
240	0.133911	0.0114949	0
241	0.133821	0.011568	0
242	0.133795	0.0115803	0
243	0.133771	0.011588	0
244	0.133752	0.0115876	0
245	0.133737	0.0115879	0
246	0.133725	0.0115981	0
247	0.133717	0.0116199	0

248	0.13371	0.0116401	0
249	0.133701	0.0116613	0
250	0.13369	0.0116811	0
251	0.133679	0.0117002	0
252	0.133666	0.011723	0
253	0.13366	0.0117286	0
254	0.13365	0.0117317	0
255	0.133641	0.0117334	0
256	0.13363	0.0117368	0
257	0.133624	0.0117392	0
258	0.13362	0.0117414	0
259	0.133616	0.0117431	0
260	0.133614	0.0117463	0
261	0.13361	0.0117446	0
262	0.133609	0.0117509	0
263	0.13361	0.0117548	0
264	0.133612	0.0117541	0
265	0.133606	0.011756	0
266	0.13361	0.0117157	0
267	0.133607	0.0117139	0
268	0.133605	0.0117145	0
269	0.133601	0.0117143	0
270	0.133594	0.01172	0
271	0.133585	0.011724	0
272	0.133571	0.0117112	0
273	0.133557	0.0117067	0
274	0.133539	0.0116928	0
275	0.133526	0.0116979	0
276	0.133511	0.0117156	0
277	0.133492	0.0117106	0
278	0.133471	0.0117179	0
279	0.133446	0.0117145	0
280	0.133427	0.0117317	0
281	0.133406	0.0117379	0
282	0.133328	0.0118433	0
283	0.133309	0.0118485	0
284	0.13329	0.0118444	0
285	0.133276	0.0118351	0

286	0.133267	0.01183	0
287	0.133263	0.0118325	0
288	0.133267	0.0118443	0
289	0.133271	0.0118502	0
290	0.133276	0.011866	0
291	0.13328	0.0118779	0
292	0.133281	0.0118915	0
293	0.133283	0.0119031	0
294	0.133278	0.0119261	0
295	0.133281	0.0119253	0
296	0.133285	0.0119126	0
297	0.133283	0.0119106	0
298	0.133281	0.0119029	0
299	0.13328	0.0118929	0
300	0.133274	0.0118941	0
301	0.13327	0.0118917	0
302	0.133268	0.0118671	0
303	0.133266	0.0118676	0
304	0.133262	0.0118733	0
305	0.13326	0.0118804	0
306	0.133255	0.0118804	0
307	0.133251	0.0118762	0
308	0.133247	0.0118711	0
309	0.133241	0.0118615	0
310	0.133232	0.0118518	0
311	0.133226	0.0118554	0
312	0.133218	0.0118539	0
313	0.133212	0.0118589	0
314	0.133203	0.011853	0
315	0.133194	0.0118371	0
316	0.133184	0.0118384	0
317	0.133171	0.0118364	0
318	0.133157	0.0118503	0
319	0.133148	0.011846	0
320	0.133133	0.0118533	0
321	0.133114	0.0118586	0
322	0.1331	0.0118738	0
323	0.133082	0.0118857	0

324	0.133068	0.0119043	0
325	0.133058	0.0119123	0
326	0.133039	0.0119238	0
327	0.133031	0.0119302	0
328	0.133019	0.0119429	0
329	0.133012	0.0119516	0
330	0.132999	0.0119665	0
331	0.132998	0.0119706	0
332	0.132997	0.0119718	0
333	0.132994	0.0119864	0
334	0.132996	0.0119914	0
335	0.133001	0.0119876	0
336	0.133003	0.0119968	0
337	0.133007	0.0119978	0
338	0.133008	0.0120041	0
339	0.133015	0.0119961	0
340	0.133017	0.0119963	0
341	0.133023	0.0119876	0
342	0.133025	0.0119857	0
343	0.133028	0.0119794	0
344	0.133031	0.0119724	0
345	0.133034	0.0119648	0
346	0.133033	0.011957	0
347	0.133032	0.0119492	0
348	0.13303	0.0119459	0
349	0.133028	0.0119399	0
350	0.133025	0.0119329	0
351	0.133023	0.0119378	0
352	0.133019	0.0119346	0
353	0.133013	0.0119273	0
354	0.133006	0.0119182	0
355	0.133002	0.0119209	0
356	0.132997	0.0119217	0
357	0.132987	0.0119193	0
358	0.132974	0.0119312	0
359	0.132964	0.0119317	0
360	0.132956	0.0119245	0
361	0.132946	0.0119308	0

362	0.132933	0.0119383	0
363	0.132921	0.0119453	0
364	0.13291	0.0119595	0
365	0.132903	0.011966	0
366	0.132889	0.0119709	0
367	0.132878	0.0119812	0
368	0.132872	0.0119902	0
369	0.132862	0.0120017	0
370	0.132855	0.0120066	0
371	0.132848	0.0120158	0
372	0.13284	0.0120288	0
373	0.132842	0.0120306	0
374	0.132842	0.0120335	0
375	0.132845	0.0120286	0
376	0.132845	0.0120344	0
377	0.132844	0.0120447	0
378	0.132846	0.0120429	0
379	0.132849	0.012042	0
380	0.132854	0.0120346	0
381	0.132856	0.0120356	0
382	0.13286	0.0120385	0
383	0.132865	0.0120299	0
384	0.132864	0.0120264	0
385	0.132868	0.0120228	0
386	0.132875	0.0120154	0
387	0.132876	0.0120094	0
388	0.132877	0.0120035	0
389	0.132878	0.0120004	0
390	0.132878	0.0119961	0
391	0.132878	0.0119906	0
392	0.132877	0.0119847	0
393	0.132876	0.0119877	0
394	0.132874	0.011985	0
395	0.132873	0.0119806	0
396	0.132867	0.0119722	0
397	0.132863	0.0119659	0
398	0.132858	0.0119674	0
399	0.132852	0.0119701	0

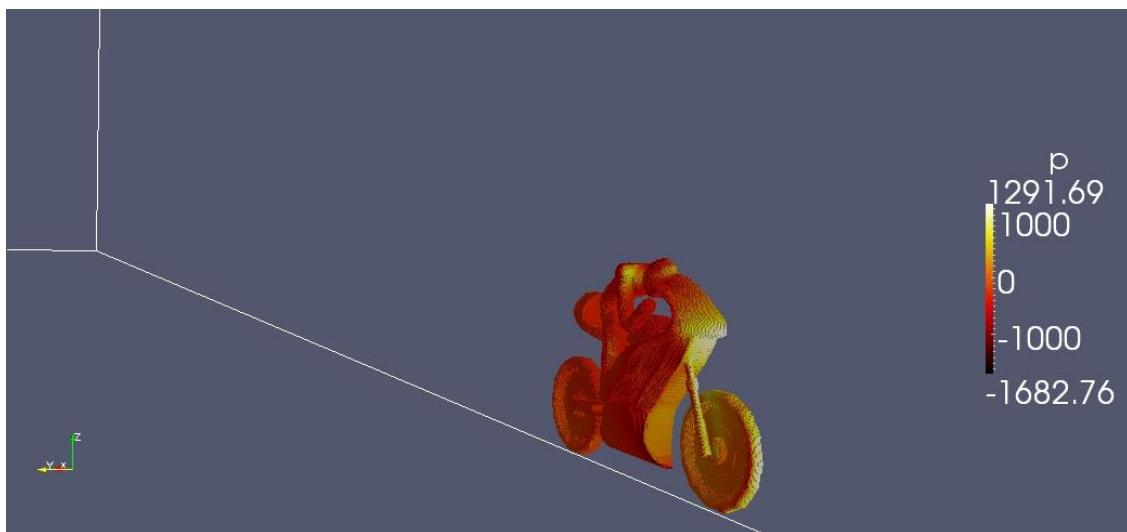
400	0.132846	0.0119718	0
401	0.132842	0.0119718	0
402	0.132833	0.0119676	0
403	0.132827	0.0119672	0
404	0.132808	0.0120028	0
405	0.132805	0.0120076	0
406	0.132798	0.012011	0
407	0.132791	0.0120114	0
408	0.13278	0.0120118	0
409	0.132772	0.0120153	0
410	0.132764	0.0120228	0
411	0.132756	0.0120339	0
412	0.132756	0.0120397	0
413	0.132756	0.0120474	0
414	0.132754	0.0120532	0
415	0.132752	0.0120575	0
416	0.13275	0.0120528	0
417	0.132749	0.0120561	0
418	0.132747	0.0120628	0
419	0.132746	0.0120688	0
420	0.13275	0.0120631	0
421	0.13275	0.012064	0
422	0.132753	0.0120672	0
423	0.132752	0.0120682	0
424	0.13276	0.0120596	0
425	0.13276	0.0120581	0
426	0.132764	0.0120565	0
427	0.132763	0.0120542	0
428	0.132789	0.0120112	0
429	0.132789	0.0120084	0
430	0.132789	0.0120073	0
431	0.13279	0.0120085	0
432	0.132793	0.0120176	0
433	0.132793	0.0120199	0
434	0.132791	0.0120179	0
435	0.132788	0.0120141	0
436	0.132787	0.0120111	0
437	0.132782	0.0120073	0

438	0.132775	0.0120116	0
439	0.132773	0.0120105	0
440	0.13277	0.0120073	0
441	0.132765	0.0120014	0
442	0.132763	0.0119984	0
443	0.132755	0.0120032	0
444	0.132751	0.0120036	0
445	0.132749	0.0120033	0
446	0.13274	0.012003	0
447	0.132731	0.0120079	0
448	0.132727	0.0120229	0
449	0.132725	0.0120293	0
450	0.13272	0.0120363	0
451	0.132715	0.0120406	0
452	0.13271	0.012043	0
453	0.132703	0.0120474	0
454	0.132698	0.0120529	0
455	0.132696	0.0120601	0
456	0.132694	0.0120671	0
457	0.132691	0.0120782	0
458	0.132691	0.0120821	0
459	0.132692	0.0120836	0
460	0.132694	0.0120752	0
461	0.132693	0.0120748	0
462	0.132691	0.0120771	0
463	0.132691	0.0120818	0
464	0.132691	0.0120829	0
465	0.132691	0.0120817	0
466	0.132692	0.0120792	0
467	0.132695	0.0120752	0
468	0.132713	0.0120401	0
469	0.132713	0.0120389	0
470	0.132713	0.01204	0
471	0.132712	0.0120444	0
472	0.132717	0.0120506	0
473	0.132717	0.0120502	0
474	0.132718	0.0120482	0
475	0.132718	0.012045	0

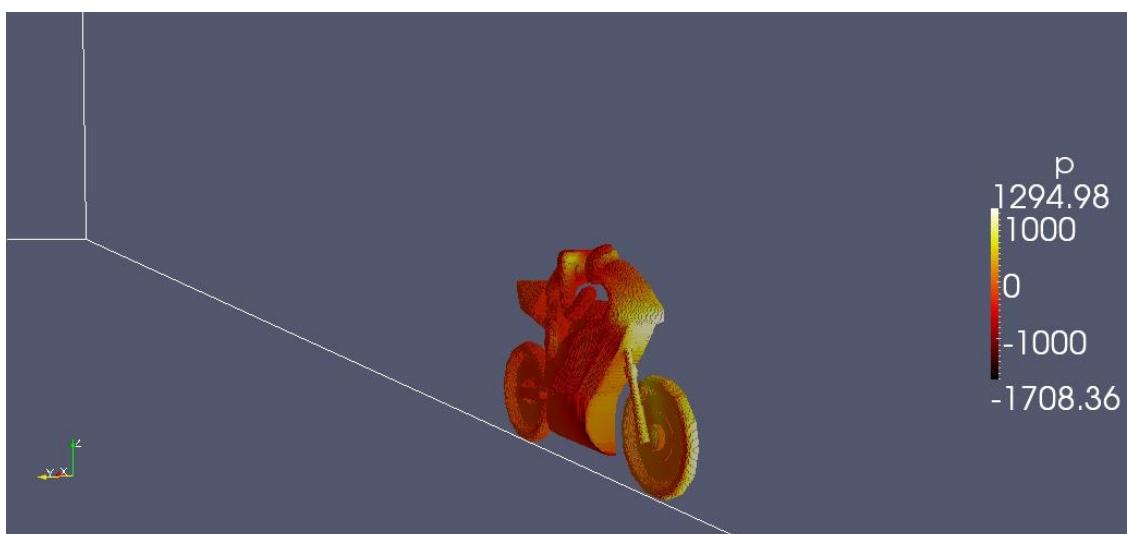
476	0.132717	0.012042	0
477	0.132717	0.0120389	0
478	0.132716	0.0120367	0
479	0.132715	0.0120338	0
480	0.132715	0.0120319	0
481	0.132713	0.0120298	0
482	0.13271	0.012028	0
483	0.132707	0.0120272	0
484	0.132704	0.012027	0
485	0.132702	0.012027	0
486	0.1327	0.0120268	0
487	0.132697	0.0120268	0
488	0.132696	0.0120265	0
489	0.132693	0.0120266	0
490	0.13269	0.0120273	0
491	0.132686	0.0120285	0
492	0.132683	0.0120304	0
493	0.13268	0.0120328	0
494	0.132678	0.0120358	0
495	0.132676	0.0120384	0
496	0.132675	0.012042	0
497	0.132672	0.0120483	0
498	0.13267	0.0120514	0
499	0.132668	0.012055	0
500	0.132666	0.0120602	0

6.1.2. Gráficos de presión.

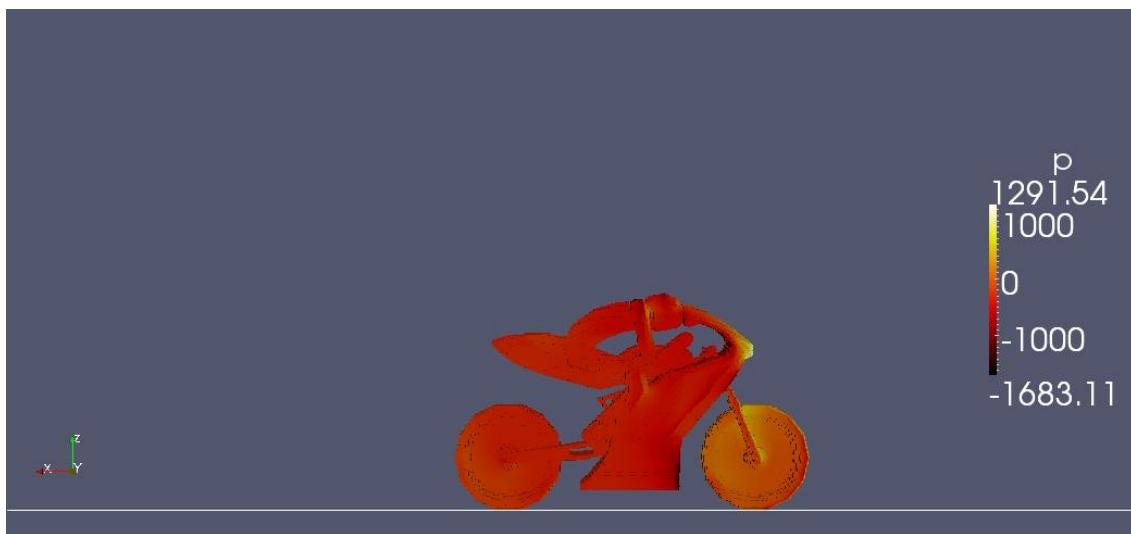
- COLÍN MODELO 1



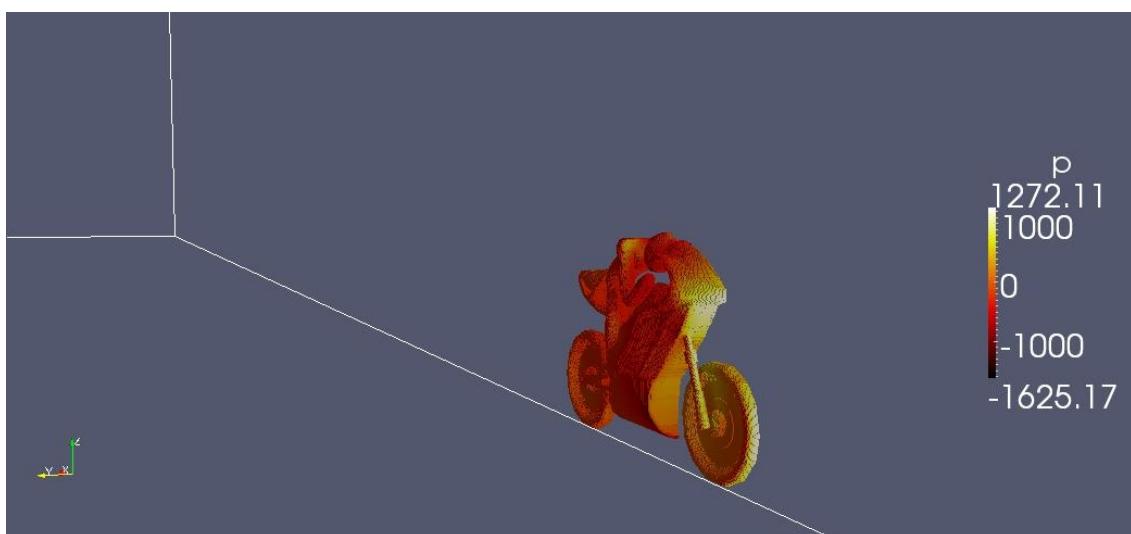
- COLÍN MODELO 2



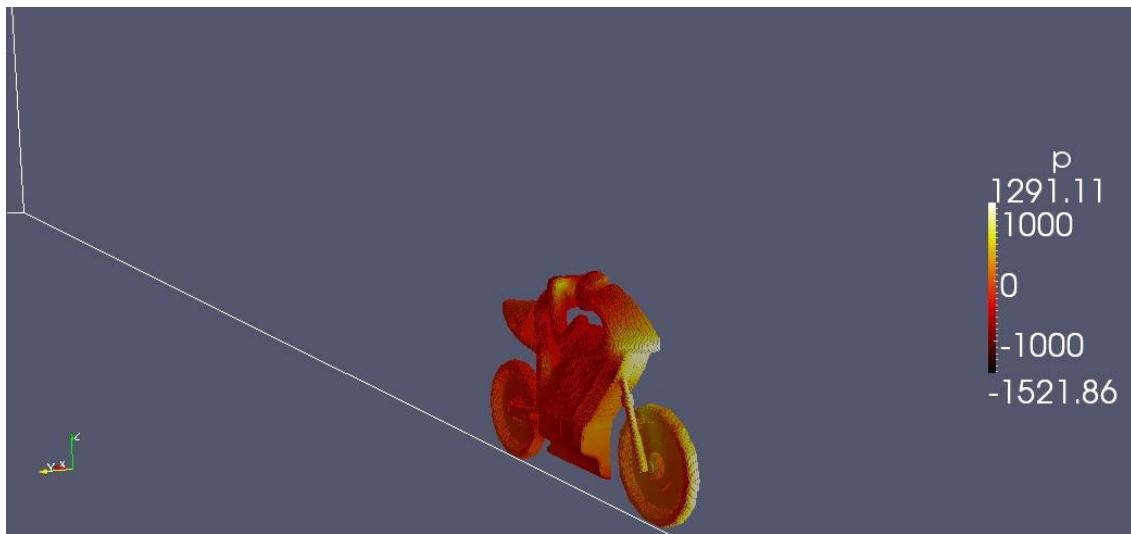
- COLÍN MODELO 3



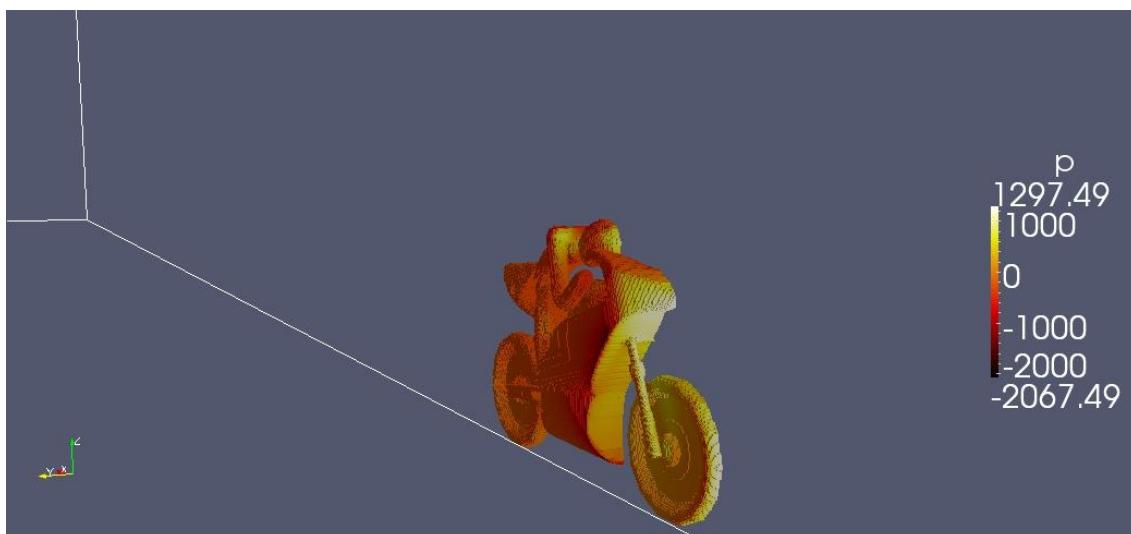
- COLÍN MODELO 4



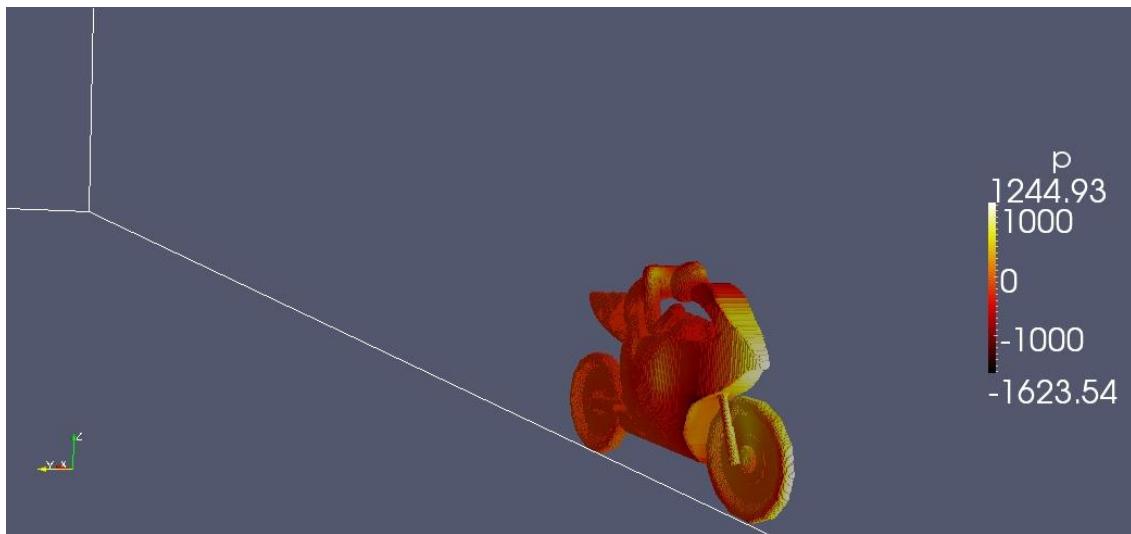
- QUILLA MODELO 1



- CÚPULA FRONTAL MODELO 1



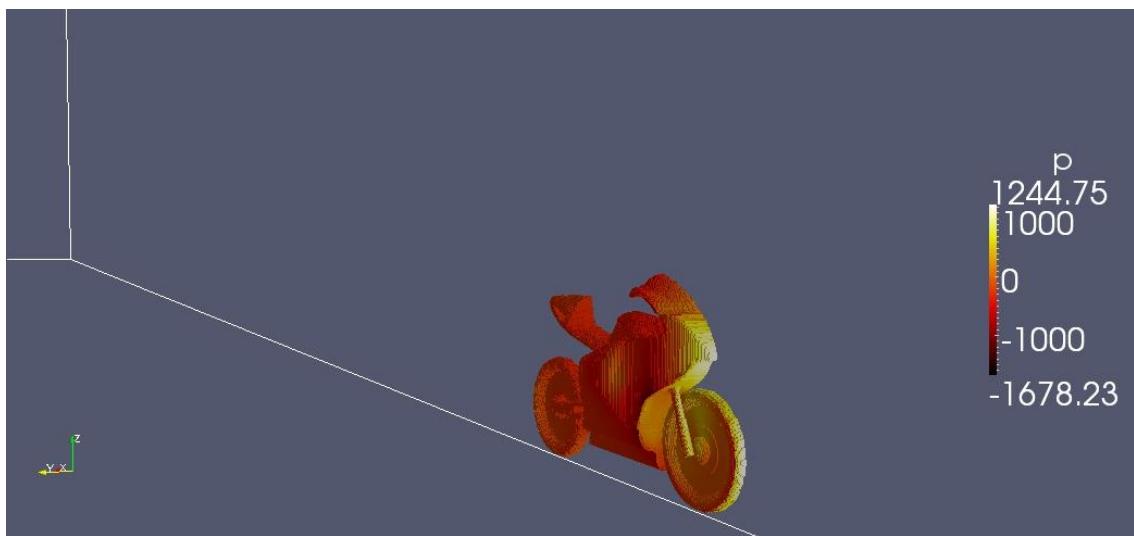
- CÚPULA FRONTAL MODELO 2



- MOTO BASE SIN PILOTO

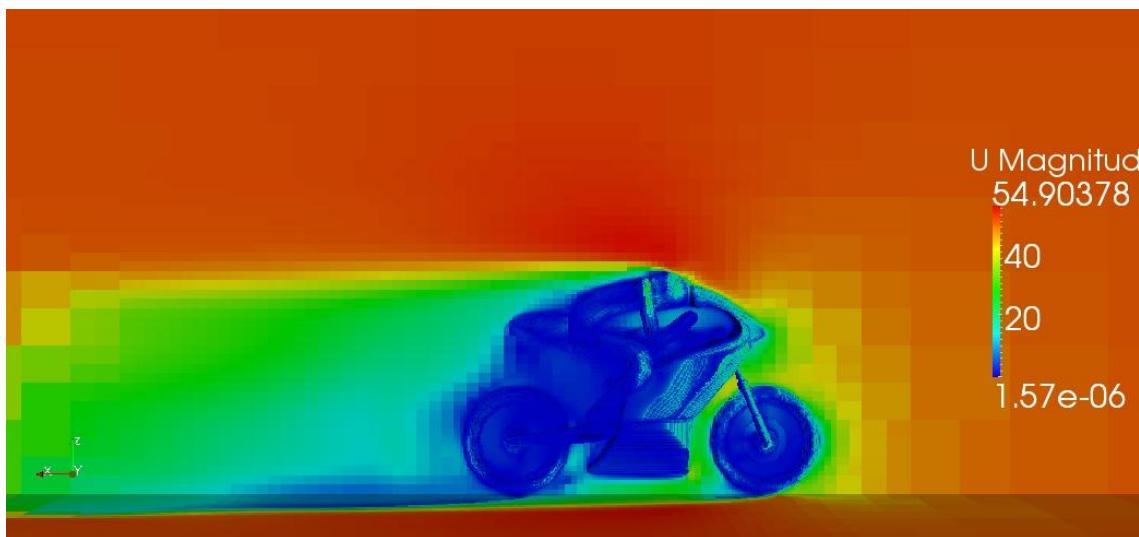


- MOTO FINAL SIN PILOTO

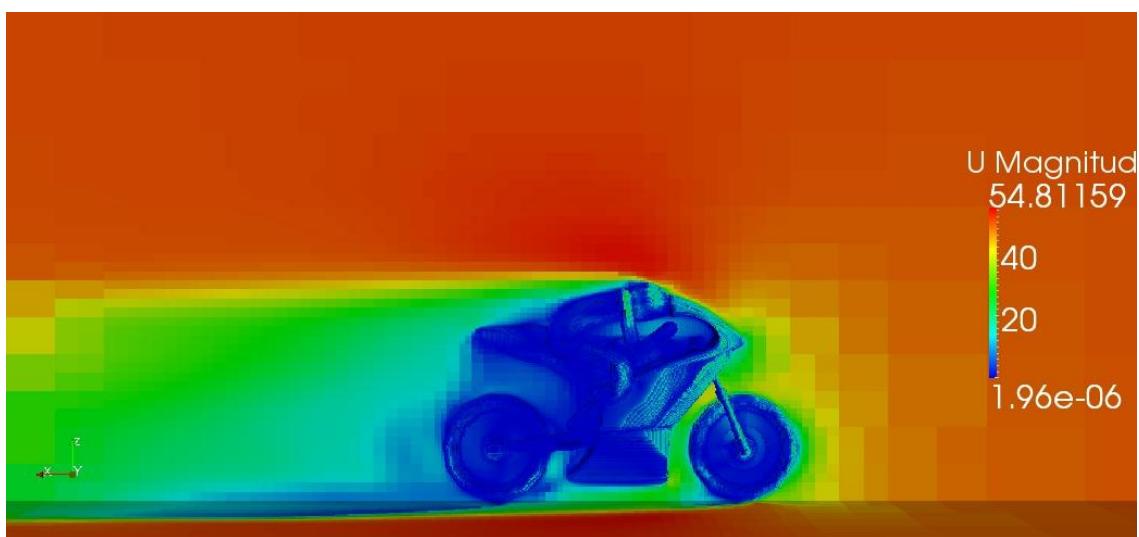


6.1.3. Gráficos de velocidad y trayectoria del aire.

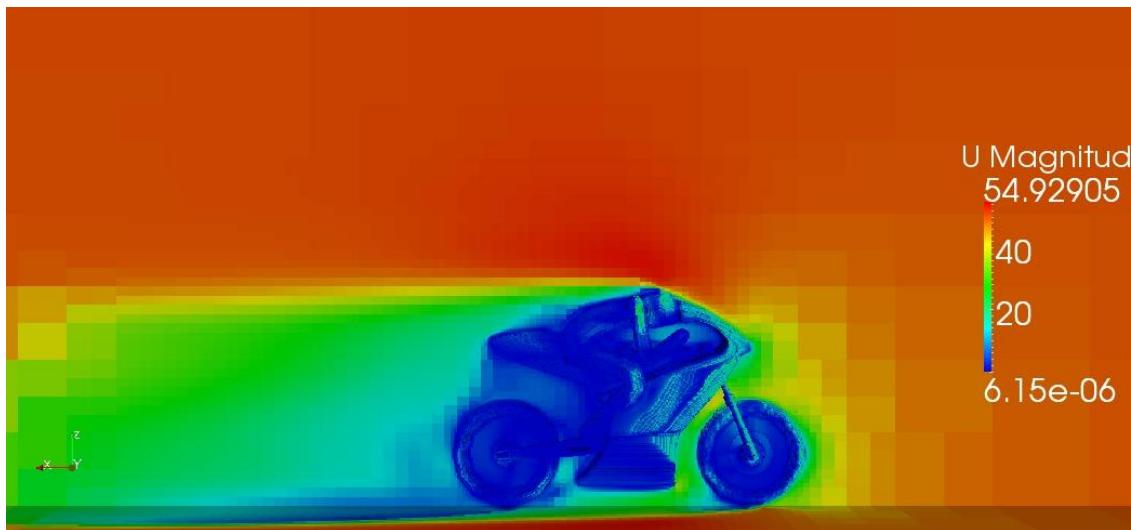
- COLÍN MODELO 1



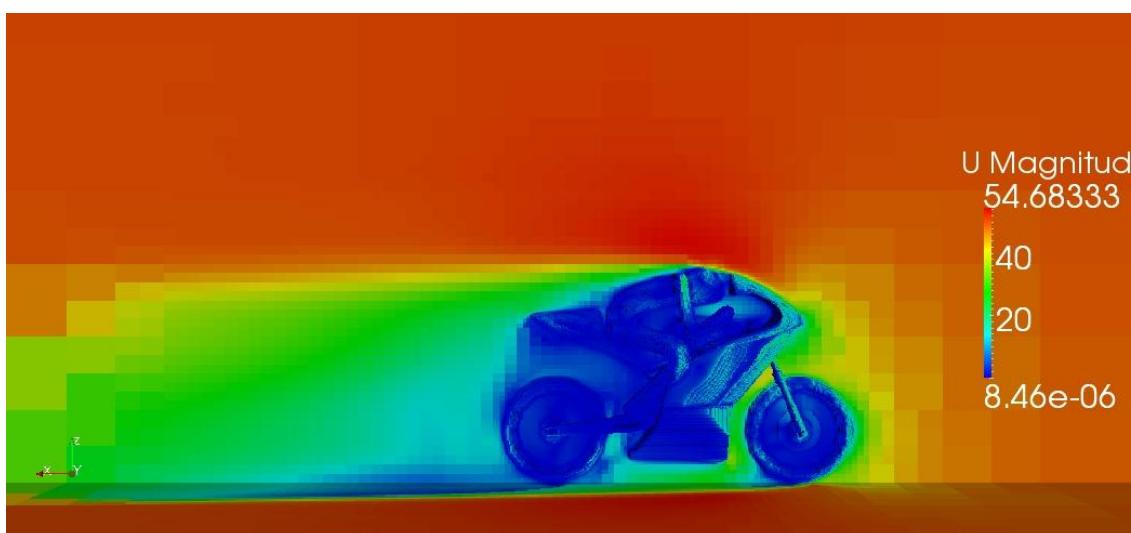
- COLÍN MODELO 2



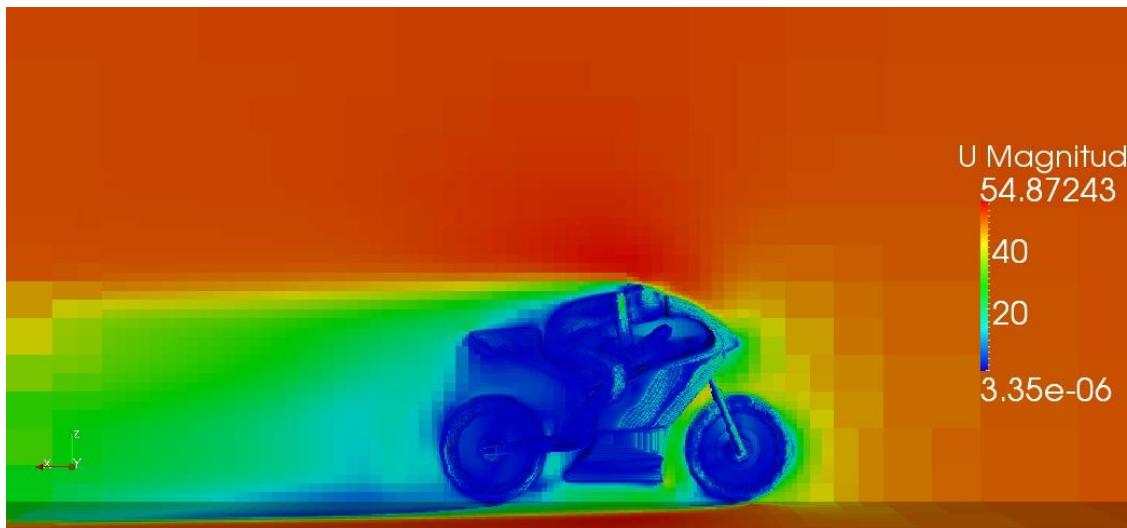
- COLÍN MODELO 3



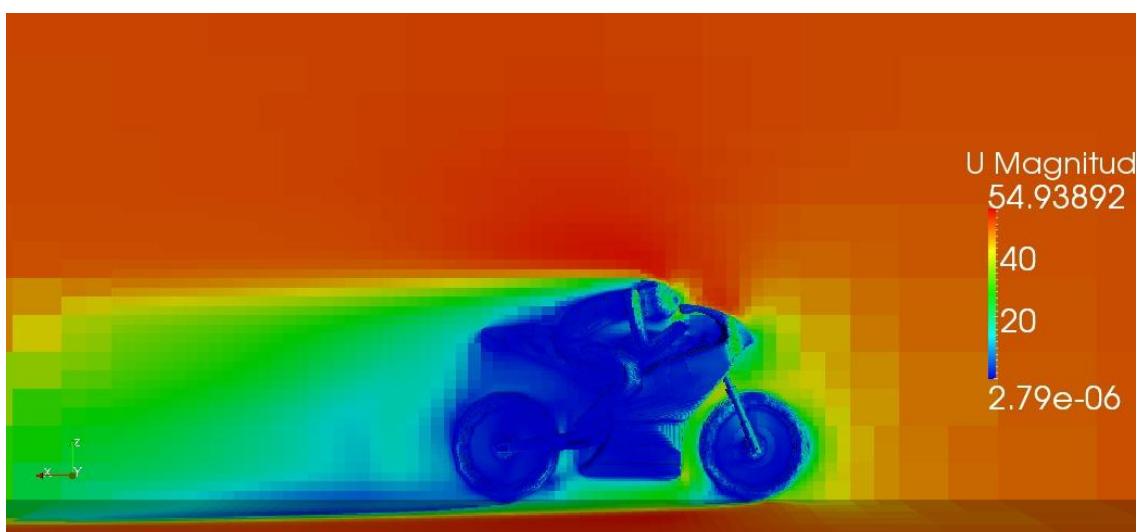
- COLÍN MODELO 4



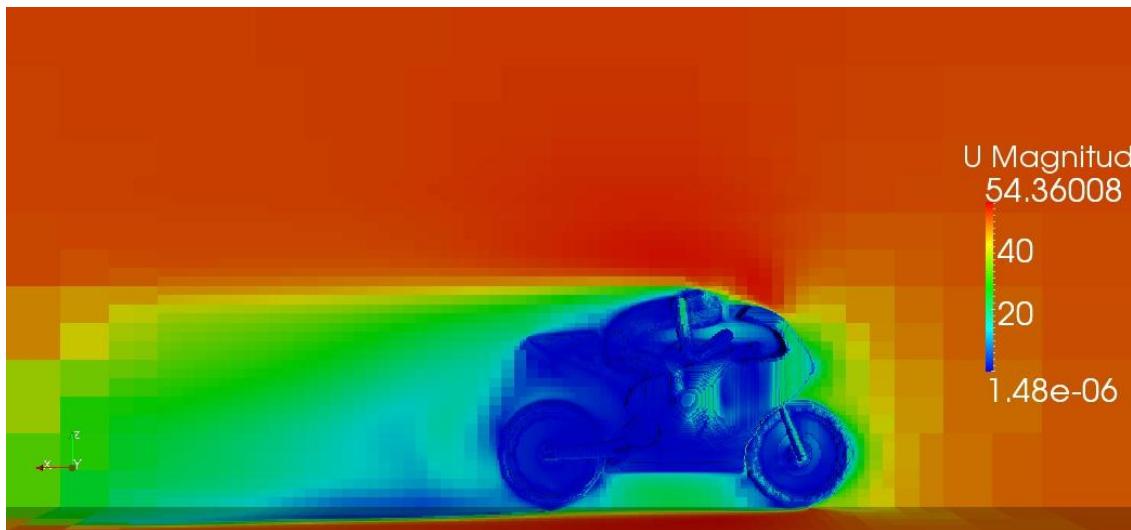
- QUILLA MODELO 1



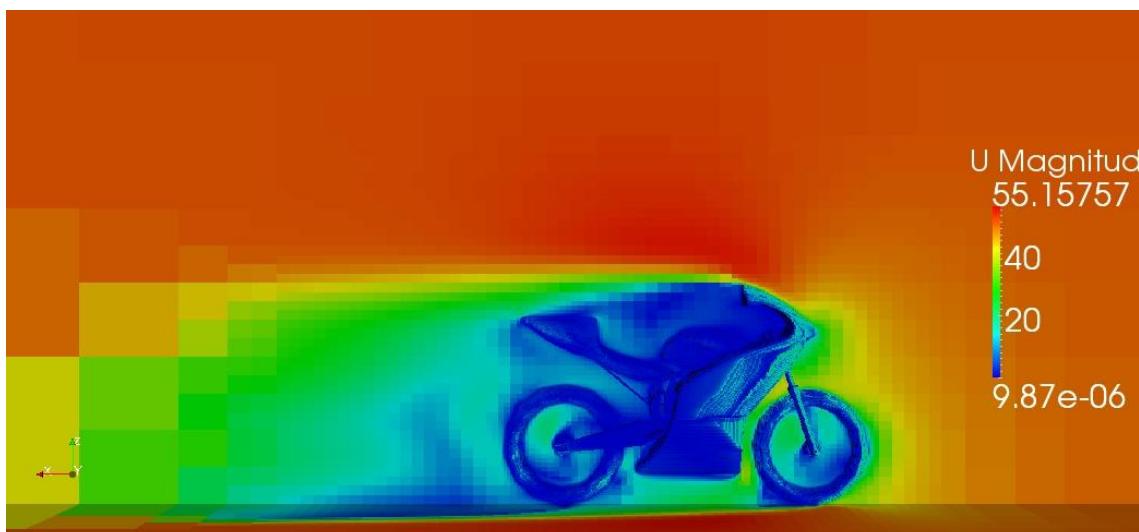
- CÚPULA FRONTAL MODELO 1



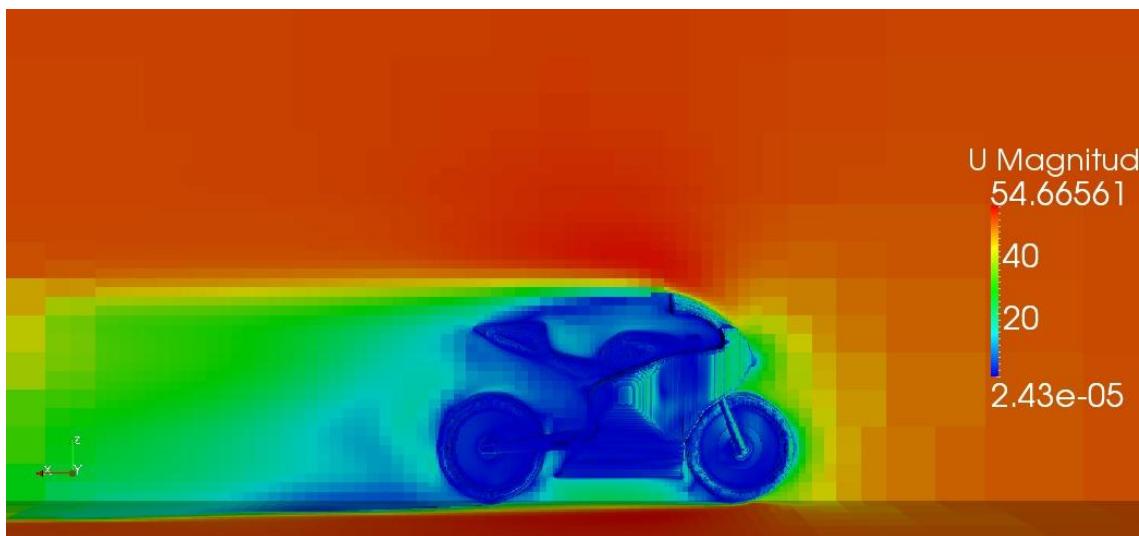
- CÚPULA FRONTAL MODELO 2



- MOTO BASE SIN PILOTO



- MOTO FINAL SIN PILOTO



6.2. NORMATIVAS.

Todas las sustancias que intervienen en la fabricación de las piezas que forman el conjunto carenado han de cumplir la normativa vigente. También es de obligatorio cumplimiento todo lo relativo al reglamento proporcionado por la organización directora de la competición.

6.2.1. MARCADO CE DE LOS MATERIALES UTILIZADOS.

Se garantiza que todos los elementos del suministro cumplen con lo estipulado en la Legislación Española vigente y las normas UNE, DIN o ISO así como que han cumplido todos los trámites legales que importan las mismas.

Todos los materiales utilizados para la fabricación de las piezas llevan el sello de garantía que justifica que aportan todas las medidas de seguridad e indicaciones para poder tratar los elementos normalmente en sus aplicaciones correspondientes. Por lo tanto, se garantiza la calidad de la totalidad del suministro y que el mismo está libre de defectos de mano de obra, materiales y fabricación.

Las herramientas de trabajo fueron adquiridas en almacenes de grandes marcas conocidas a nivel europeo, que garantizan la fiabilidad de sus productos. La confianza en la marca fue suficiente para comprobar la calidad debido a que las herramientas utilizadas para la fabricación del carenado son comunes y de muy bajo coste.

En cuanto a la materia prima con la que se desarrolla la fabricación del depósito, se tuvo en cuenta la procedencia del material y que en el etiquetado de los productos estuviese indicado todo lo que la norma europea y la Legislación Española obliga.

Los elementos comerciales, que son básicamente la tornillería, se adquieren en locales que garantizan que sus suministros son de procedencia europea y cumplen las características que las respectivas normas establecen.

Algunos de los componentes necesarios para la fabricación del prototipo son sustancias consideradas peligrosas para la salud de los usuarios que las controlan y manejan. Para el uso de estos materiales se consideró el etiquetado de los mismos, que se detallan a continuación, y que responden a la "Directriz de Consejo 67/548/EEC", presentado por la comunidad europea en 1987, que trata la clasificación y etiquetado de las sustancias peligrosas en las comunidades europeas. Por lo tanto, en el etiquetado de la sustancias aparece la simbología recogida en el Anexo III y Anexo IV de la Directriz de Consejo que indican la "Naturaleza de los riesgos especiales inherentes a las sustancias peligrosas", y los "Consejos de seguridad con respecto a sustancias químicas peligrosas".

Los materiales considerados sustancias peligrosas son los siguientes;

- RESINA POLIESTER T-A

Este elemento contiene ESTIRENO y ANHIDRIDO FTALICO que puede provocar una reacción alérgica.

Simbología

- R10 INFLAMABLE.
- R20 NOCIVO POR INHALACIÓN.
- R36/38 IRRITA LOS OJOS Y LA PIEL.
- S26 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS, LAVESE INMEDIATA Y ABUNDANTEMENTE CON AGUA Y ACUDA A UN MÉDICO.
- S37/39 USEN GUANTES ADECUADOS Y PROTECCIÓN PARA LOS OJOS/ LA CARA.
- S38 EN CASO DE VENTILACIÓN INSUFICIENTE, USEN EQUIPO RESPIRATORIO ADECUADO.



- PEROXIDO DE MEK

Simbología

- R11 FACILMENTE INFLAMABLE.
- R20/21/22 NOCIVO POR INHALACIÓN, INGESTION Y CONTACTO CON LA PIEL.
- R34 PROVOCA QUEMADURAS.
- S3/7/9 CONSERVESÉ EN UN LUGAR FRESCO, VENTILADO Y MANTENGASE CERRADO.
- S14 MANTENGASE ALEJADO DE ÁCIDOS ALCALINOS O COMPUESTOS DE METALES PESADOS.
- S26 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS, LAVESE INMEDIATA Y ABUNDANTEMENTE CON AGUA Y ACUDA A UN MÉDICO.



- GEL COAT BLANCO

Este elemento contiene ESTIRENO MONÓMERO.

Simbología

- R10 INFAMABLE.
- R20 NOCIVO POR INHALACIÓN.
- R36 IRRITA LOS OJOS Y LA PIEL.
- S23 NO RESPIRAR LOS VAPORES.



GEL COAT BLANCO

Contiene estireno monómero

*R10: Inflamable
R20: Nocivo por inhalación
R36: Irrita los ojos y la piel
S23: No respirar los vapores.*

CONTENIDO: 1 KG.



7. BIBLIOGRAFÍA.

- I. Santiago Baselga, "Cálculo de la cadena de transmisión y de las prestaciones del automóvil, Volumen I".
- II. Thomas D. Gillespie, "Fundamentals of Vehicle Dynamics" , SAE, Inc.
- III. M. Calvo Lanza, "DIBUJO INDUSTRIAL, Normalización".
- IV. J. H. Ferziger, M. Peric, Computational Methods for Fluid Dynamics, Springer, 3rd Ed., 2001.
- V. H. Jasak, Error Analysis and Estimation for the Finite Volume Method with Applications to Fluid Flows, Ph.D. Thesis, Imperial College, London, 1996.
- VI. www.extern-biosoft.com
- VII. www.jsolana.com.mx
- VIII. www.aitiip.com
- IX. www.rapidform.com
- X. www.iscsl.es