

## Trabajo Fin de Grado

Diseño de un vehículo para el concurso Michelin Challenge Design, Estudio aerodinámico y diseño de interiores

Autor

David Cruz Puri

Director/es

David Ranz Angulo  
Ramón Miralbés Buil

Escuela de Ingeniería y Arquitectura  
2015

1/2

# DISEÑO DE UN VEHÍCULO PARA EL CONCURSO MICHELÍN CHALLENGE DESIGN, ESTUDIO AERODINÁMICO Y DISEÑO DE INTERIORES

## RESUMEN

El presente TFG tiene como objetivo principal el diseño de un vehículo para el concurso Michelin Challenge Design, un rediseño del mismo gracias a la realización de un estudio aerodinámico y finalmente el diseño del interior del vehículo. Para la realización del mismo se realizará una primera fase de documentación sobre vehículos en la actualidad y posibles líneas a seguir en una estética futurista, ya que el vehículo planteado por el brief de Michelin es un vehículo para el 2030 que muestre la pasión por conducir.

Este proyecto se divide en dos partes principales, las cuales son el diseño del vehículo para el concurso, y el rediseño del mismo para dotarlo de una estética más adecuada y mejorarlo aerodinámicamente. Cada una de estas partes se divide en diferentes fases bien estructuradas para la consecución de los objetivos previstos.

En cuanto a la primera parte del proyecto, se realiza una primera fase de documentación en la cual se estudian los diferentes tipos de vehículos, las formas de propulsión, el entorno y otros aspectos relevantes para llegar a una serie de conclusiones que servirán de apoyo para marcar unas especificaciones a la hora de diseñar el vehículo. Una vez realizadas diferentes propuestas de vehículo, se evolucionan formal y funcionalmente para la preparación de unos paneles con los renders del coche para el concurso.

La segunda parte del proyecto, una vez que ya se ha elaborado el coche para el concurso, se procede a realizar un estudio aerodinámico y calcular el  $C_x$  aerodinámico del coche. La finalidad de este estudio es mejorar el coche aerodinámicamente, además de darle una estética más adecuada para la actualidad. Se tiene en cuenta este estudio aerodinámico a la hora de plantear el nuevo concept car. Una vez rediseñado el coche se desarrolla el interior tanto formal como funcionalmente. El interior se diseña teniendo en cuenta la estética del coche, las dimensiones, pasajeros y funcionalidad del mismo. Finalmente se realiza una comparativa entre ambos coches y se calcula el porcentaje de mejora aerodinámica que se ha realizado.

# 0. Índice

<b>0. Fase Previa</b>	<b>5</b>
0.1 Objeto	5
0.2 Alcance	5
0.3 Planificación	5
0.4 Metodología	6
<b>1. Fase de Documentación</b>	<b>7</b>
1.1 Carreteras icónicas	7
1.2 Estudio de mercado	7
1.2.1 Tipos de automóvil	8
1.2.2 Coches de competición	8
1.2.3 Motocicletas	8
1.3 Análisis de usuario	9
1.3.1 Test de usuario	9
1.3.2 Perfil de usuario	9
1.4 Formas de propulsión y medioambiente	9
1.4.1 Coches eléctricos hoy	10
1.4.2 Análisis estructural	10
1.5 Conclusiones	10
<b>2. Fase Michelin car</b>	<b>11</b>
2.1 Especificaciones de diseño	11
2.2 Entorno de aplicación	11
2.3 Panel de influencias	12
2.4 Evolución Formal	12
2.5 Diseño de ruedas	15
2.6 Paneles concurso	18

# 0. Índice

<b>3. Fase Rediseño</b>	<b>20</b>
<b>3.1 Fase I</b>	<b>21</b>
3.1.1 Puntos críticos	21
3.1.2 Gráficas	22
3.1.2 Cálculo aerodinámico	22
<b>3.2 Fase II</b>	<b>24</b>
3.2.1. Ergonomía	24
<b>3.3 Fase III</b>	<b>31</b>
3.3.2 Metodología	32
3.3.3 Desarrollo formal	34
3.3.4 Renders	41
<b>3.4 Fase IV</b>	<b>42</b>
3.4.1 Especificaciones de diseño	42
3.4.2 Evolución formal y funcional	43
3.4.3 Diseño final y displays	45
<b>3.5 Fase V</b>	<b>47</b>
3.5.1 Cálculo aerodinámico	47
<b>3.6 Fase VI</b>	<b>50</b>
3.6.1 Comparativas	50
3.6.2 Renders finales	51
3.6.3 Conclusiones	53
<b>4. Bibliografía</b>	<b>54</b>



# 0. Fase Previa

## 0.1 Objeto

El presente TFG consiste en el desarrollo conceptual de un vehículo para el concurso Michelin Challenge Design, después se procederá a realizar un estudio aerodinámico para mejorar el coche en este aspecto y un desarrollo conceptual del interior del coche.

## 0.2 Alcance

El Trabajo Fin de Grado consiste en el diseño conceptual de un vehículo para el concurso Michelin Challenge design, en el estudio aerodinámico y en el desarrollo del interior.

El diseño de este tipo de productos implica decisiones estéticas, estructurales, elección de tecnologías, aplicación de interfaz para el producto, y dentro de un mercado en expansión con un gran potencial y nuevo. Por otro lado la complejidad de este producto sólo permitirá un grado de desarrollo conceptual, pero puesto que el objetivo es el desarrollo de un vehículo, este método es totalmente válido.

Las tareas a realizar son las siguientes:

- Identificación de perfil de usuario
- Búsqueda de información sobre vehículos, formas de propulsión, materiales, y otros aspectos relevantes para el diseño.
- Identificación de especificaciones de diseño para el desarrollo del vehículo.
- Desarrollo formal y funcional del vehículo.
- Realización en 3D del vehículo.
- Desarrollo de un sistema innovador de ruedas.
- Estudio aerodinámico del coche
- Rediseño del vehículo teniendo en cuenta los cálculos aerodinámicos
- Diseño del interior del coche.
- Comparativa aerodinámica entre los dos cálculos realizados
- Realización de renders
- Defensa del proyecto

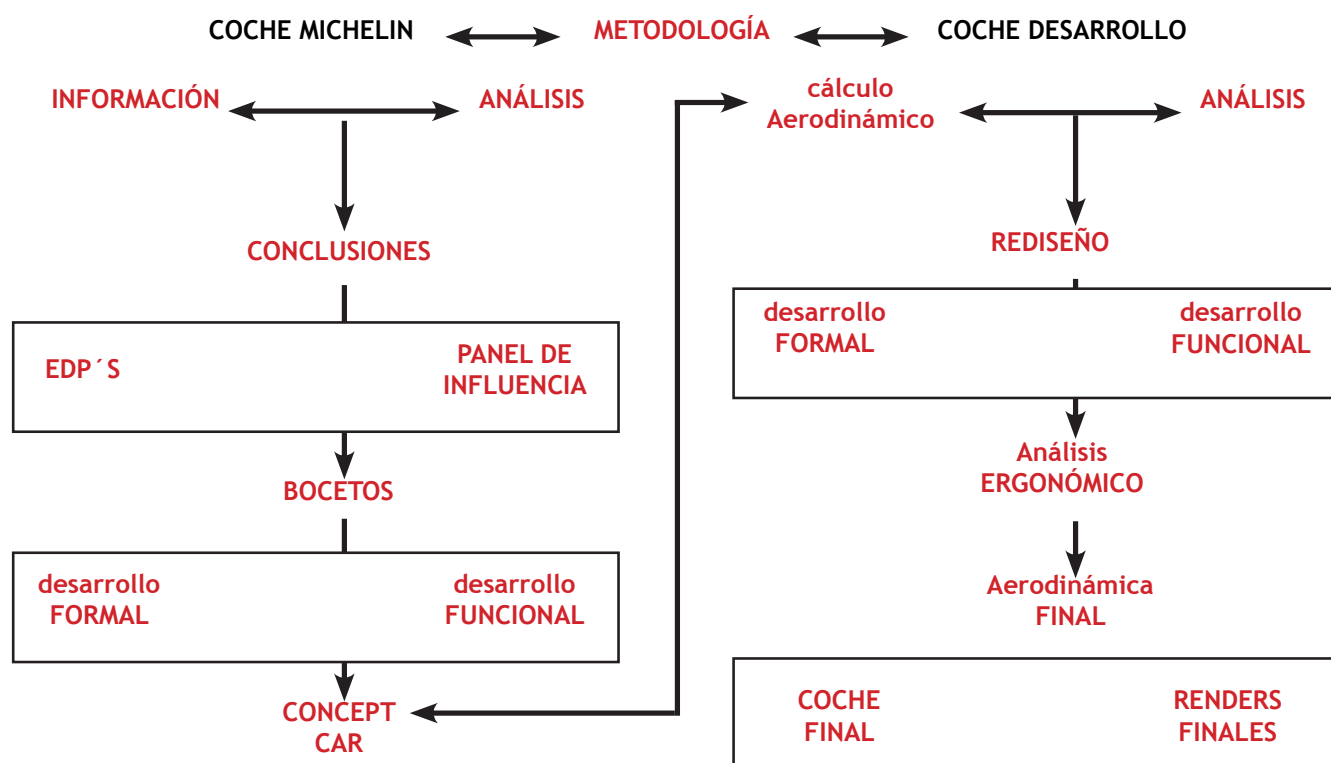
## 0.3 Planificación

Para llevar a cabo la planificación del proyecto se lleva una estructuración clara y estudiada para llegar a unos resultados óptimos. Esta planificación se encuentra en el punto “Ver 0.1 Calendario” en el que se muestran los hitos y las tareas a realizar.

# 0. Fase Previa

## 0.4 Metodología

La metodología que se va a llevar a cabo para realizar el proyecto, consta de diferentes fases para llegar a un resultado óptimo. Esta metodología se muestra en el apartado "Ver 0.4 Metodología" en la que se expresan las diferentes fases para la consecución del proyecto, así como el planteamiento del método de trabajo planteado para realizarlo.



# 1. Fase de Documentación

La siguiente fase se divide en: carreteras icónicas, estudio de mercado, definiciones, usuario(donde se realiza test de usuario e identificación del usuario potencial), formas de propulsión, medio ambiente, análisis estructural y conclusiones.

## 1.1 Carreteras icónicas

En este apartado se trata de una documentación sobre las carreteras icónicas propuestas por Michelin que son: Khardung Pass(India), Highway 1 (California), Rubicon Trail (California), Ruta 40 (Argentina), Stelvio Pass (Italia) y Karakoram Highway (China). Se realiza un estudio sobre las características de estas carreteras y los entornos por los cuales atraviesa para finalmente elegir una que se ajuste más a las características que se desea que tenga el coche. Toda la información acerca de las carreteras en “1.1 Carreteras icónicas”.

## 1.2 Estudio de mercado

Se realiza una búsqueda de posibles coches, en la mayoría concept cars, que se puedan ajustar a las premisas ya nombradas y poder estudiar la estética y la tecnología que estos aportan “1.2 Estudio de mercado”.



# 1. Fase de Documentación

## 1.2.1 Tipos de automóvil

Se realiza una búsqueda de información acerca de los diferentes tipos de automóvil "1.4 Tipos de Automóvil", sacando sus características para observar qué tipo de automóvil se puede asociar a algún entorno ya estudiado. Los tipos de automóviles estudiados son: utilitario, compacto, berlina, sedán, crossover, monovolumen, ranchera, deportivos, todoterreno. pick-up v limusinas.



## 1.2.2 Coches de competición

Se estudian los diferentes coches de competición por separado "Ver 1.5 Coches de competición" para intentar adecuar uno de estos coches que todo usuario amante de los coches querría conducir, a un coche para la calle para la emoción y la pasión

## 1.2.3 Motocicletas

Se realiza un estudio sobre motocicletas y sus tipos por si durante el desarrollo de conceptos surgiera la idea de realizar un vehículo híbrido entre un coche y una moto. "1.6 Motocicletas".

# 1. Fase de Documentación

## 1.3 Análisis de usuario

Se realiza un exhaustivo examen de los posibles usuarios a los que irá dirigido el coche “ver 1.7 Análisis de usuario”. Estos usuarios tendrán una serie de características comunes y con un poder adquisitivo medio-alto. El vehículo que se va a desarrollar se trata de un coche para disfrutar de la conducción, un automóvil distinto al utilitario, utilizado para su tiempo libre y como hobby.

### 1.3.1 Test de usuario

Una vez estudiadas las carreteras y observado los diferentes coches, se intenta dar solución a la otra premisa de Michelin la cual es que el coche debe mostrar la pasión por conducir. Es por ello que se realiza un test de usuario “Ver 1.7.1 Test de usuario” para saber qué es para los usuarios la pasión por los coche y por conducir.

### 1.3.2 Perfil de usuario

El perfil de usuario es en casi un 100% masculino, con una edad comprendida entre los 30 y 40 años, con una actividad profesional con formación cualificada, o con orden de autónomo, lo que indica que son perfiles con un nivel económico medio-alto, sin problemas económicos, y con un grado cultural medio-alto, posicionados en lugares con responsabilidades por encima de la media.

## 1.4 Formas de propulsión

Se estudian los diferentes tipos de propulsión eficientes de vehículos existentes en la actualidad “Ver 1.8 Formas de propulsión”, a saber: electricidad, gasolina, hidrógeno, gas natural, aire comprimido, agua y biodiesel. Se estudian las ventajas e inconvenientes de cada forma de propulsión y se realiza una valoración sobre la energía más eficiente y limpia. Finalmente se elige la electricidad como forma de propulsión por que la electricidad es una tecnología limpia y segura. A día de hoy ofrece una autonomía de 250 km, por lo que en 2030 y con el avance de la tecnología la potencia y autonomía de los motores eléctricos se habrán desarrollado notablemente.

# 1. Fase de Documentación

## 1.4.1 Coches eléctricos hoy

Tras elegir la electricidad como forma de propulsión del coche se realiza un estudio sobre los diferentes coches eléctricos y sus tipos. Se plantea un coche eléctrico que funciona con baterías y se plantea una nueva manera de recarga de batería que es novedosa y además rápida. La forma de recarga elegida es el recambio rápido de baterías en la cual el usuario llega a la estación de repostaje y se realiza un cambio de batería de la suya propia gastada por otra nueva recargada. Se establecen las ventajas que tiene la tecnología elegida con el medio ambiente “Ver 1.10 Medio ambiente”

## 1.4.2 Análisis estructural

Estudio acerca de la disposición de los elementos mecánicos que puede llevar el coche como son las baterías, el motor eléctrico, convertidor, inversor y los elementos necesarios para el funcionamiento correcto de los coches eléctricos.

## 1.7 Conclusiones

Se obtienen unas conclusiones que mejor pueden adaptarse al desarrollo del vehículo según el brief de Michelin y según oportunidades de diseño observadas en esta búsqueda de información. Tras realizar el estudio se observa que uno de los modos más corrientes para disfrutar de la conducción es la velocidad ya que está al alcance de todos los conductores y no es necesaria una técnica trabajada como podríamos observar en otros modos de conducción. Es por ello que la finalidad del coche será ser un vehículo aerodinámico preparado para correr y trazar curvas. El entorno elegido será la carretera del brief de Michelin Challenge design, Highway 1 de California. Carretera que combina largas rectas con tramos de curvas. El usuario desea ver en el coche: líneas deportivas, tecnología, eficiencia, comodidad y velocidad. Es decir un vehículo diferente al resto del que se pueda presumir y disfrutar de su conducción.



## 2. Fase Michelin Car

La siguiente fase se basa en el diseño del vehículo para el concurso de Michelin. Para ello se plantean unas especificaciones de diseño apoyadas en las conclusiones obtenidas de la fase de documentación, un panel de influencias y unos objetivos para desarrollar formal y funcionalmente el coche hasta llegar a un resultado adecuado para este tipo de concurso.

### 2.1 Especificaciones de diseño

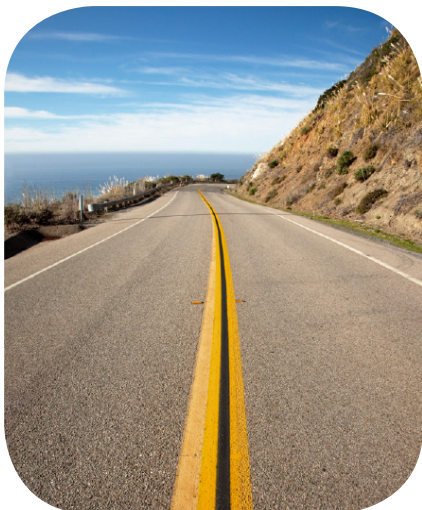
Se marcan unas edp's como fase previa al diseño del vehículo. Como conclusión de estas especificaciones se decide diseñar un coche monoplace "Ver 2.7 `Pasajeros", eléctrico con estética futurista y con carácter deportivo y aerodinámico."Ver 2.1 Edp's".

### Objetivos

El coche que se va a desarrollar va a ser un coche deportivo. El principal objetivo de este segmento es una elevada sofisticación y un diseño exótico. Es por ello que la estructura, ruedas, suspensión, propulsión, aerodinámica y un bajo centro de gravedad son las claves prioritarias.

### 2.2 Entorno de aplicación

Una vez estudiados los diferentes entornos propuestos por Michelin y tras establecer unas especificaciones de diseño sobre cómo será el coche se elige la carretera Highway 1 (California) debido a que es la carretera que mejor se ajusta a las características del coche, ya que se trata de un entorno para poder correr y tomar curvas a lo largo de cientos de km de carretera.



## 2. Fase Michelin Car

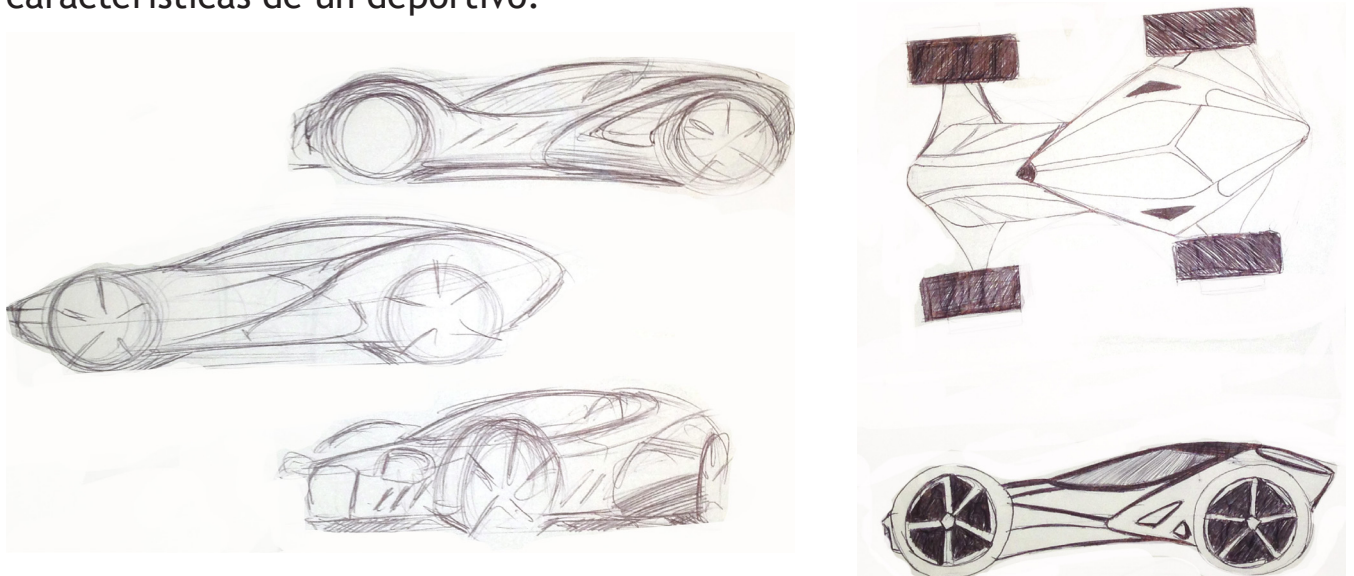
### 2.3 Panel de influencias

Se buscan vehículos y formas aerodinámicas como fuente de inspiración para el diseño del coche.



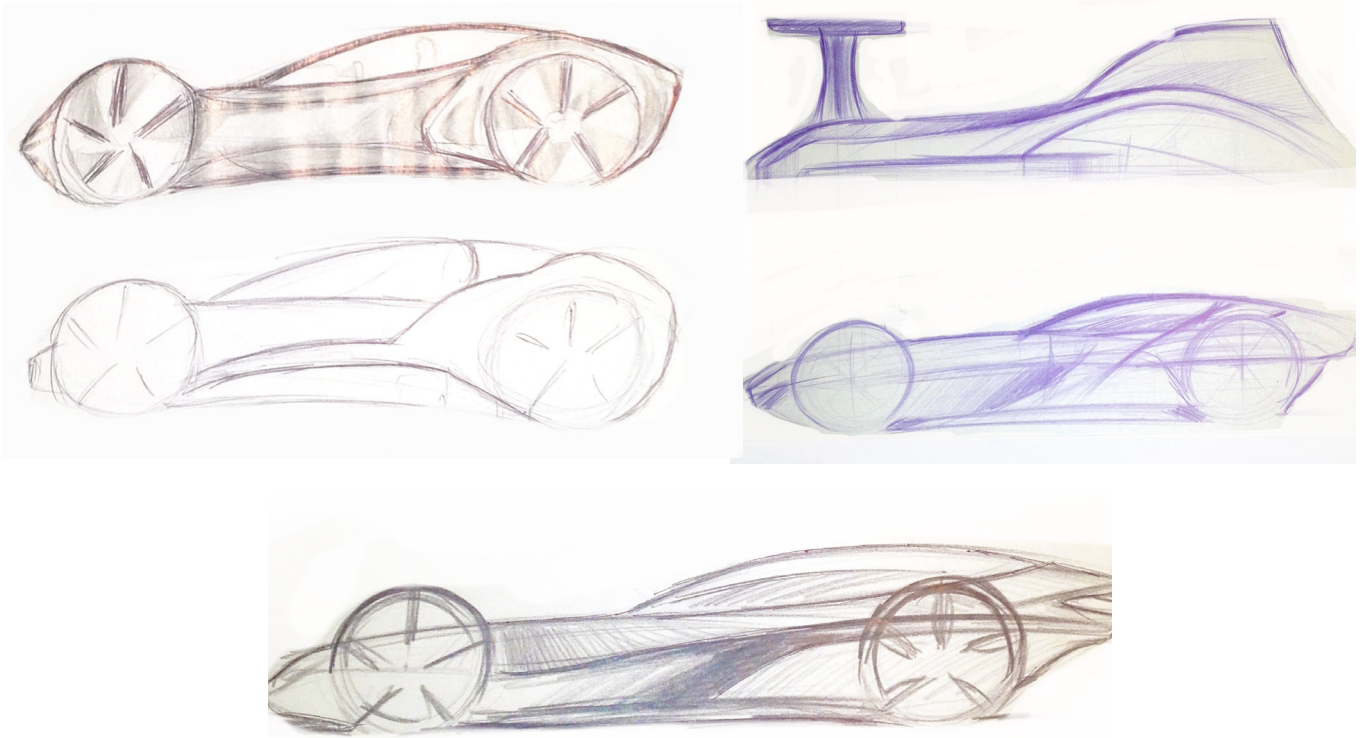
### 2.4 Evolución Formal

Siguiendo los targets que se habían marcado al principio de dicha fase se comienza a realizar numerosos bocetos, con una forma aerodinámica. Tiene que ser un coche aerodinámico y es por ello que se plantea la idea de coche en forma de flecha, con las ruedas al aire, similar a un formula 1 pero con unas características de un deportivo.

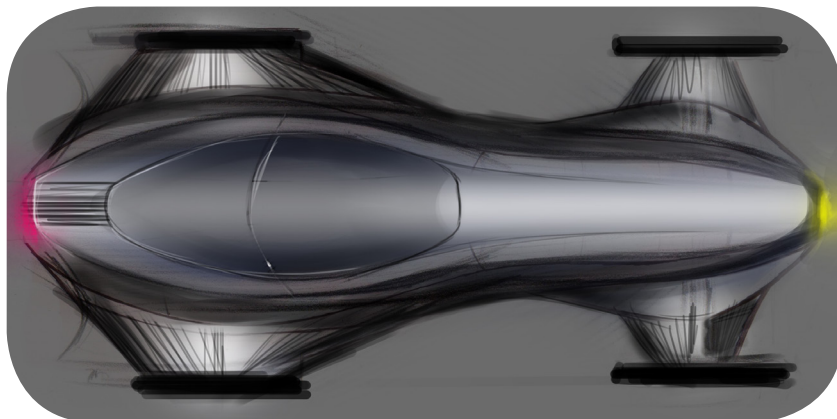
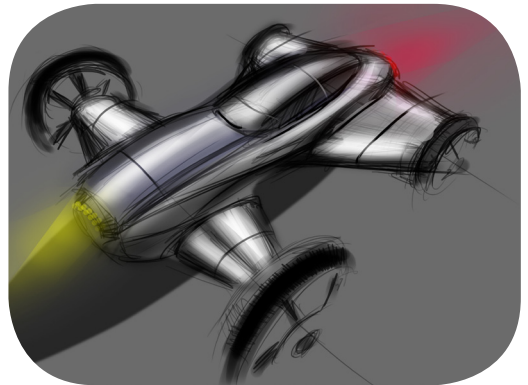
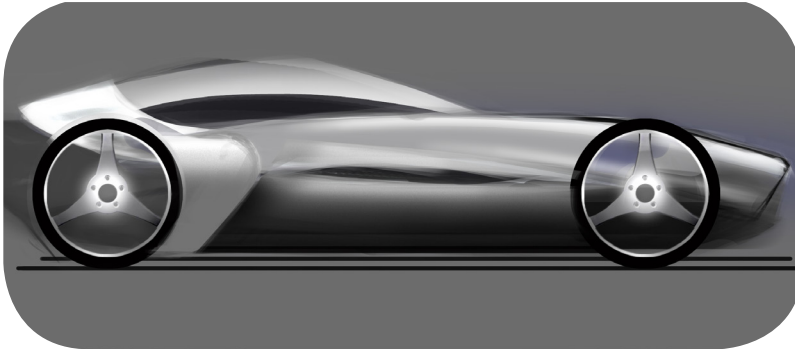




## 2. Fase Michelin Car



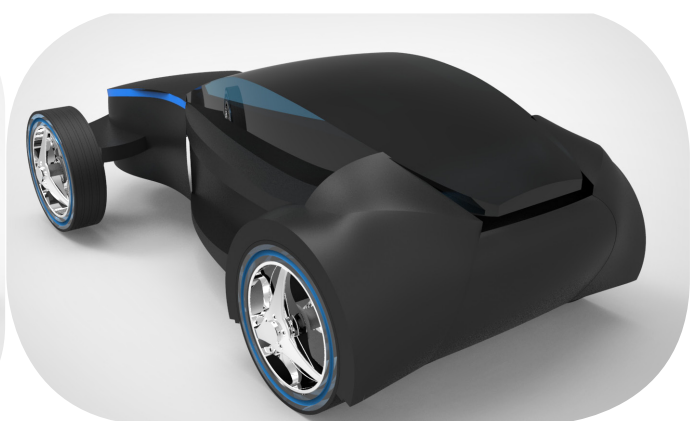
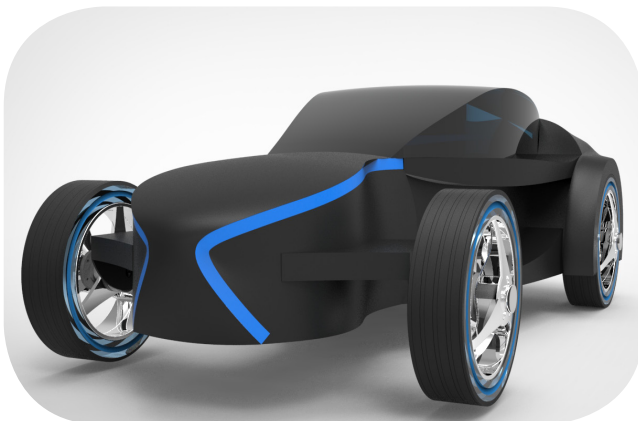
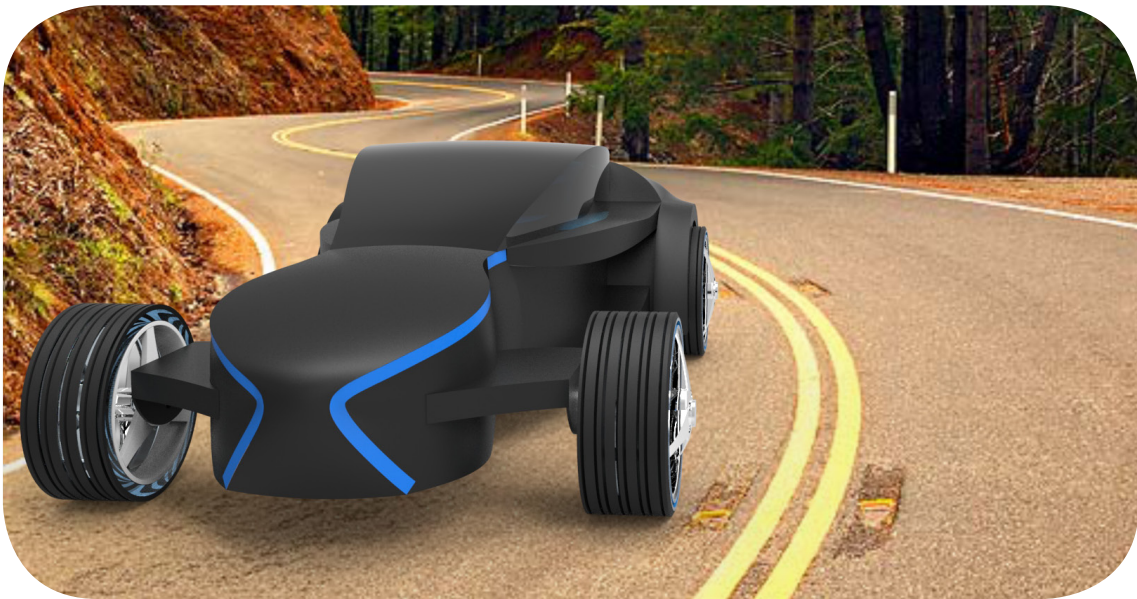
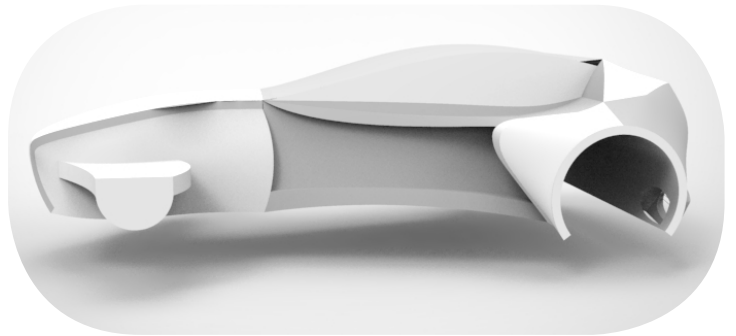
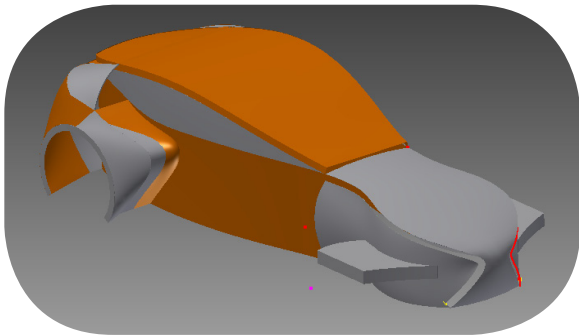
Tras desarrollar diferentes formas y propuestas se desarrolla la alternativa que más se ajusta formalmente y estéticamente a los objetivos planteados. “Ver 2.8 Evolución Formal”.



## 2. Fase Michelin Car

### 2.4 Evolución Formal

Tras una primera fase de bocetaje se procede a desarrollar en su totalidad el coche. Para ello se realizará el diseño 3D mediante autodesk Inventor en el que se podrán observar las superficies conflictivas y poder cambiarlas para llegar a un resultado adecuado y correcto. Una vez desarrollado el 3D del coche se realizarán los renders necesarios para la preparación de los paneles de presentación para el concurso. “Ver 2.9 Desarrollo”



## 2. Fase Michelin Car

### 2.5 Diseño de ruedas

Debido a que es un concurso para Michelin, el cual es un referente en fabricación de ruedas se plantea una innovación en el sistema de ruedas que existe en la actualidad. En un primer momento es necesario elegir qué tipo de rueda es adecuada para la funcionalidad y estética del diseño. En las ruedas existentes en el mercado es necesario elegir ruedas para diferentes terrenos y funciones. Una vez estudiadas brevemente las diferentes posibilidades de ruedas se dispone a innovar en la configuración y características de estas “Ver 2.10 Diseño de ruedas”.



Debido a las características del coche, y tras varias tutorías realizadas con el tutor del proyecto se llega a la conclusión de que, lo ideal para este tipo de coche es innovar en el ancho y perfil de la rueda de forma que con un sistema innovador se pueda conseguir ambas configuraciones en una misma rueda.

### IDEA DE INNOVACIÓN

Variar el tamaño de la rueda en perfil y ancho de modo que:

- 1- Permite conseguir más velocidad el coche cuando esté en recta reduciendo el ancho de rueda debido a que el rozamiento es menor.
- 2- De igual manera ampliar el ancho de la rueda cuando el coche necesite más agarre, por ejemplo en las curvas, de esta manera se conseguiría un mayor rozamiento.



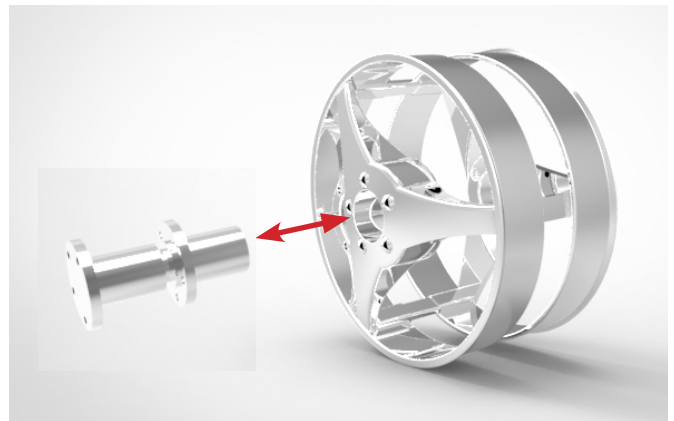
## 2. Fase Michelin Car

### 2.5 Diseño de ruedas

Es por ello que para la innovación de la rueda es necesario diseñar cada elemento de forma individual.

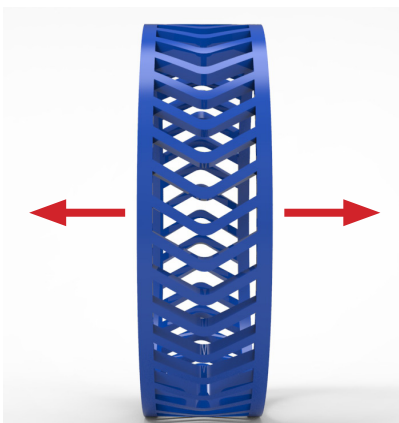
#### 2.5.1 LLanta

Debido a que lo que se propone es la variación del ancho de rueda una manera de conseguirlo es una llanta extensible, es decir, se podrá extender y juntar gracias a unas guías diseñadas para que encajen a la perfección. Esto se logra gracias a la integración de un eje hidráulico que permitirá este movimiento y que irá integrado en el interior de la rueda.



#### 2.5.2 Tira elástica

Tira elástica de nanofibra para dar consistencia a la rueda y a la vez, facilitar el ensanche y el estrechamiento de la rueda cuando el usuario lo desee. Esta parte de la rueda es indispensable debido a que sirve de guía al material ductil y además le da la consistencia y la presión que pueda tener una rueda convencional. Esta tira elástica permite doblarse con facilidad gracias a las características de su material y a unas hendiduras diseñadas para doblarse cuando el ancho de rueda sea modificado.



## 2. Fase Michelin Car

### 2.5.3 Cámara dúctil

Para variar el perfil de la rueda es necesario un tipo de cámara que se pueda ajustar a las llantas extensibles. Este tipo de material, es un material futurista, dúctil y con una gran capacidad de recuperación. Podría asemejarse a un material similar al gel, el cual te da una cierta consistencia y además se puede modificar su tamaño con mucha facilidad. Esta pieza es la pieza esencial, además de las llantas y el eje hidráulico para que la rueda pueda variar en perfil y banda de rodadura con la carretera.



### 2.5.4 Banda de rodadura

La banda de rodadura tiene un diseño, de modo que permita encajarse a la hora de estrechar la rueda y extenderse fácilmente. Esto se consigue gracias a la forma que tiene la banda de rodadura. Con este diseño no es necesario cambiar toda la rueda cuando se desgaste, simplemente sería necesario cambiar la banda de rodadura, un método más barato y sencillo.



## 2. Fase Michelin Car

### 2.6 Paneles concurso

Se realizan los renders del coche y del sistema de ruedas para presentarlos al concurso internacional Michelin Challenge Design.

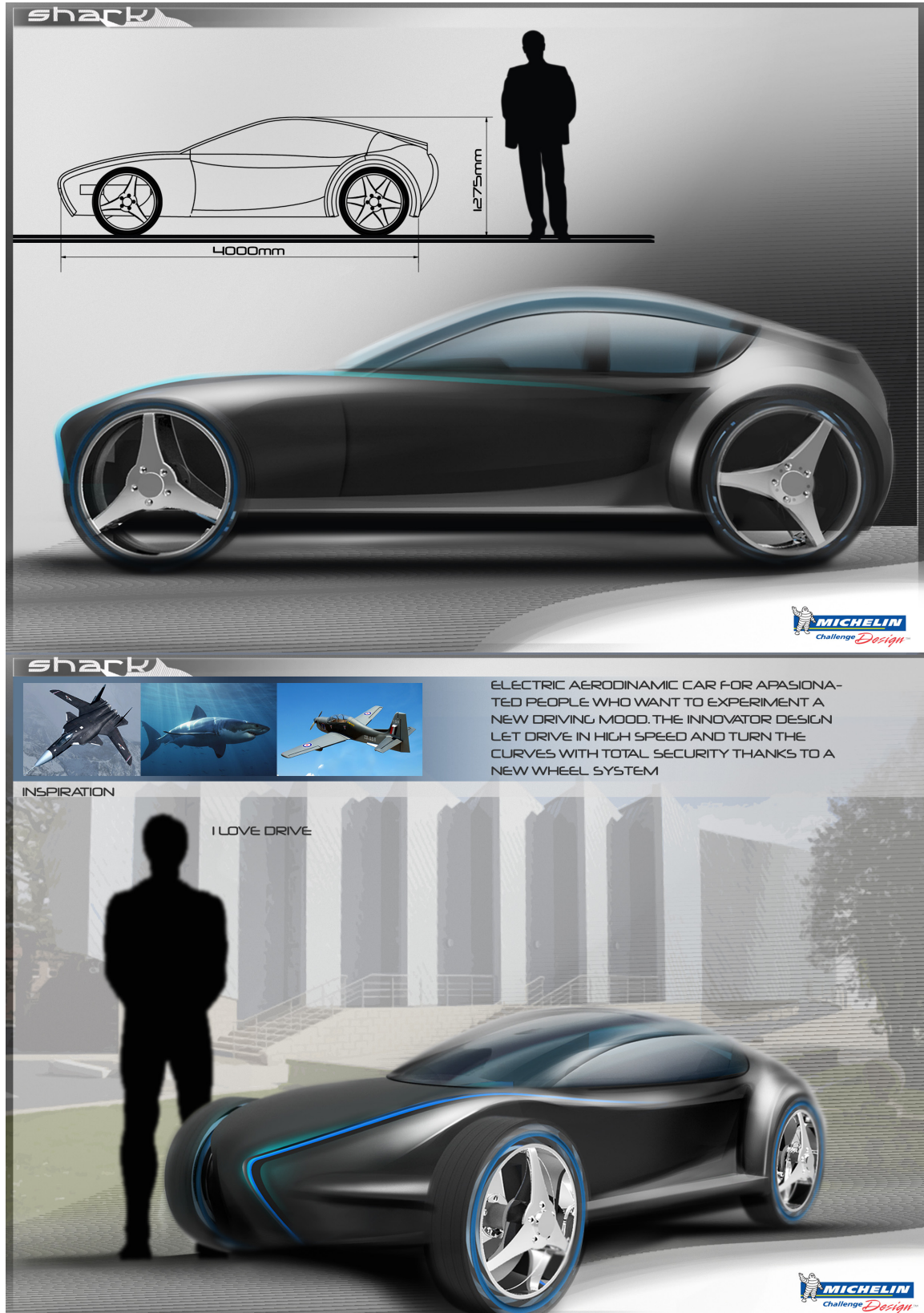




## 2. Fase Michelin Car

### 2.6 Paneles concurso

Se diseña un logo “Ver 2.11 Diseño de Logotipo” para el coche, que muestre los valores de este. El coche se llama shark car.



### 3. Fase Rediseño

Una vez realizado el coche para el concurso de Michelin Challenge Design 2014, se va a realizar la continuación del proyecto para desarrollarlo en su totalidad. En esta fase se prosigue con el propósito inicial del proyecto que se basa en:

- Estudio aerodinámico con Flow Design.
- Rediseño del coche para mejorar su aerodinámica.
- Diseño de interiores.
- Ergonomía.
- Cálculo final aerodinámico.

#### Desarrollo

Para satisfacer los objetivos marcados en el apartado anterior, se va a seguir una metodología de trabajo estructurada en fases.

FASE I Cálculo aerodinámico del coche Michelin

FASE II Ergonomía del interior del coche

FASE III Evolución Formal del coche

FASE IV Diseño del interior del coche

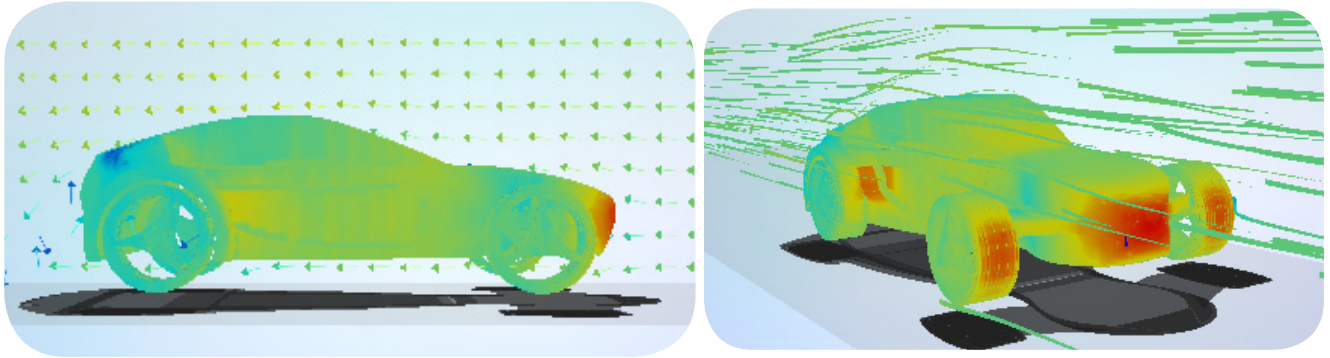
FASE V Cálculo aerodinámico del nuevo coche

FASE VI Comparativa y Renders finales



### 3.1.1 Puntos críticos

Se realiza un estudio aerodinámico del coche desarrollado para el concurso de Michelin para calcular los puntos críticos en el tunel de viento, con la herramienta Flow Design, así como la energía turbulenta, las fuerzas de arrastre y sustentación y el coeficiente de penetración aerodinámica.



El rediseño se va a basar en los puntos que mayor resistencia oponen al aire y son:

- Frontal
- Paso de rueda trasero
- Altura de coche

### Aerodinámica coches

Se realiza un estudio sobre la aerodinámica de los coches para conocer cual es el alcance y la metodología a realizar para calcular el Cx del coche. Se denomina resistencia aerodinámica, o simplemente resistencia, a la fuerza que sufre un cuerpo al moverse a través del aire, y en particular a la componente de esa fuerza en la dirección de la velocidad relativa del cuerpo respecto del medio.

$$R = \frac{1}{2} d \times v^2 \times A \times C_x$$

R = Resistencia aerodinámica (N)

d = Densidad del aire (kg/m<sup>3</sup>)

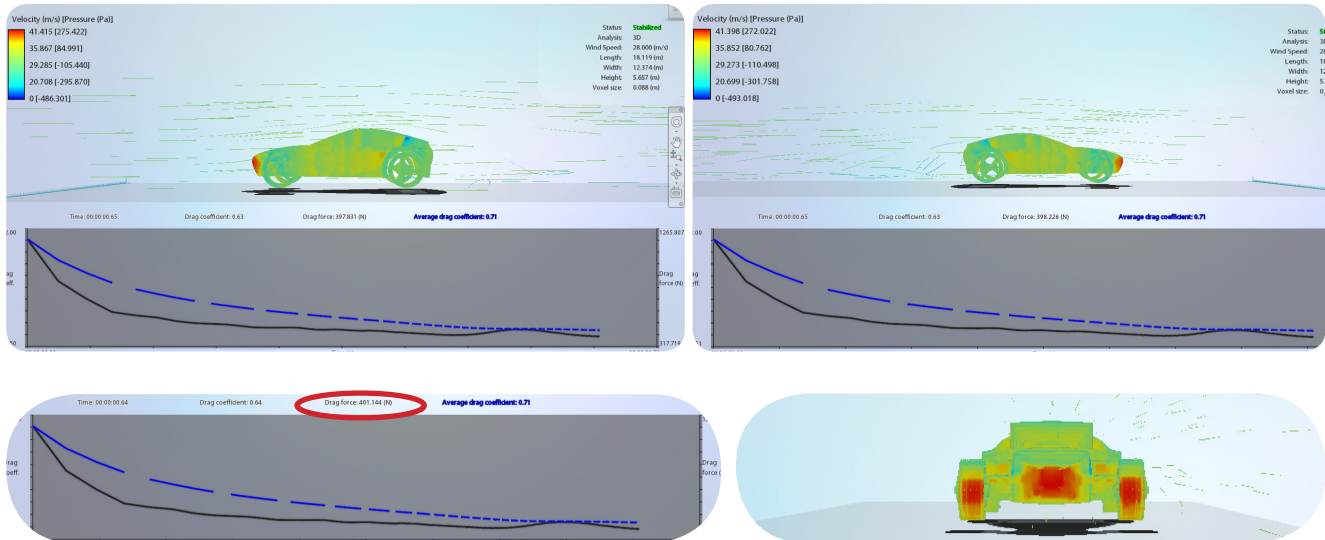
v<sup>2</sup> = velocidad al cuadrado (m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>)

A = Superficie frontal (m<sup>2</sup>)

C<sub>x</sub> = Coeficiente de resistencia aerodinámica

### 3.1.2 Gráficas

En este apartado se realiza un estudio aerodinámico mediante Flow Design para obtener la resistencia que ejerce el aire al avance del coche. Estas gráficas se encuentran en “1.4 Gráficas”.



### 3.1.3 Cálculo aerodinámico

Se realiza el cálculo aerodinámico para obtener el Cx del coche. El Cx de los coches que salen a producción a día de hoy oscilan entre 0.25 y 0.40. Para calcular el Cx del coche es necesario conocer el resto de factores que se obtendrán por diferentes medios.

#### Resistencia aerodinámica

Una vez realizados los cálculos aerodinámicos para una velocidad de 28 m/s (100 km/h) se obtiene una resistencia al avance valorada en Newton “Ver 1.4 Gráficas”

**R= 400N**

#### Densidad del aire (d)

La densidad del aire a una temperatura ambiente de 20°C es la siguiente:  
**d = 1.2 (kg/m<sup>3</sup>).**

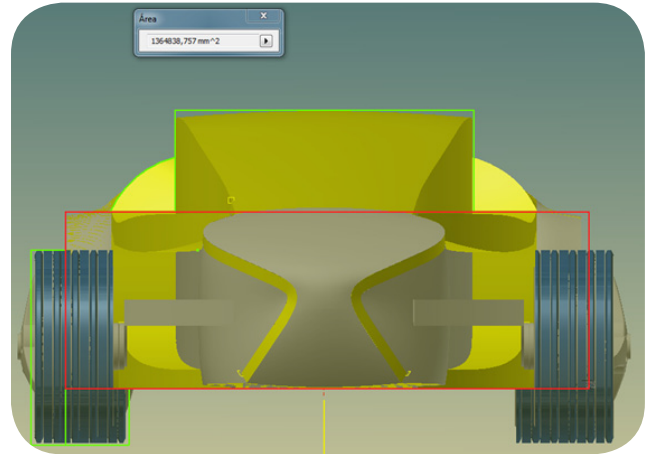
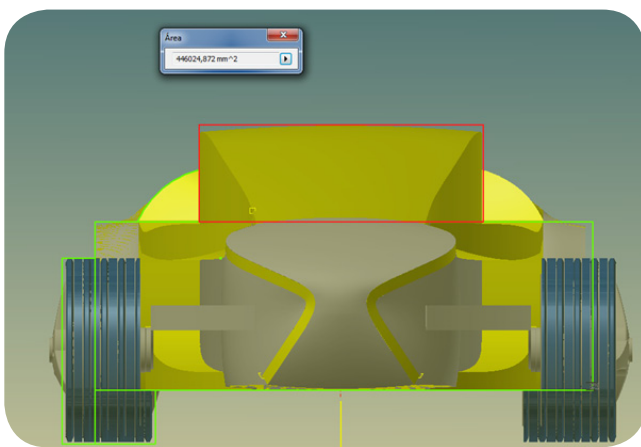
#### Velocidad al cuadrado (v<sup>2</sup>)

La velocidad que se elige para calcular el Cx es de 28m/s, es decir, 100km/h

**V<sup>2</sup> = 784 m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>**

#### Superficie Frontal (A)

Para calcular la superficie frontal se efectuará realizando el sumatorio de las partes frontales que ejercen una resistencia al aire. Este cálculo se realizará mediante el programa de modelado 3D Autodesk Inventor.”Ver 1.3 estudio aerodinámico”.



Finalmente se realiza el sumatorio de las partes de la superficie frontal proyectada.

$$\text{Superficiecoche} = 0.5 + 1.4 + 0.068 + 0.3$$

$$\text{Superficiefrontal (A)} = 2.3 \text{ m}^2$$

#### Cálculo de Cx

Una vez calculados todos los datos necesarios es el momento de calcular el Cx.

$$400(R) = \frac{1}{2} 1.2(d) \times 784 (V^2) \times 2.3(A) \times (Cx)$$

$$\text{Cx} = 0.37$$

En esta fase se realizará un cálculo ergonómico del interior del coches de modo que el coche pueda ser utilizado por el mayor número de personas posibles. Toda la información acerca de esta fase se puede encontrar en “2. Fase II Ergonomía”.

### 3.2.1 Ergonomía

Para realizar el cálculo ergonómico del interior del vehículo es necesario conocer los diferentes factores que influyen en este cálculo.

#### Entorno y contexto

Se trata de un vehículo monoplace que consta de pedales, volante y asiento para poder realizar la tarea de conducir con facilidad.

#### Tareas que se van a realizar

La respuesta nos dirá la postura que debe adoptar el usuario para desempeñar la tarea. La posición de nuestro usuario ha de ser la más confortable posible para el desarrollo de las tareas.

- Tareas de dirección: Manejar el volante
- Tareas de movimiento: Frenar, acelerar, embragar.
- Tareas de confort: Regulación de asiento y volante

#### ¿A quién va dirigido?

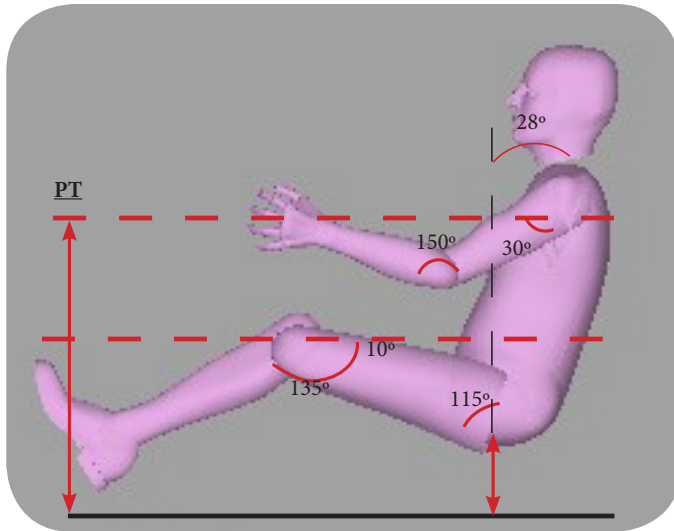
Dirigido a hombres y mujeres, mayores de edad y en edad activa. Se elegirá un percentil 95 hombre y un 5 mujer para realizar los cálculos.

#### Especificaciones

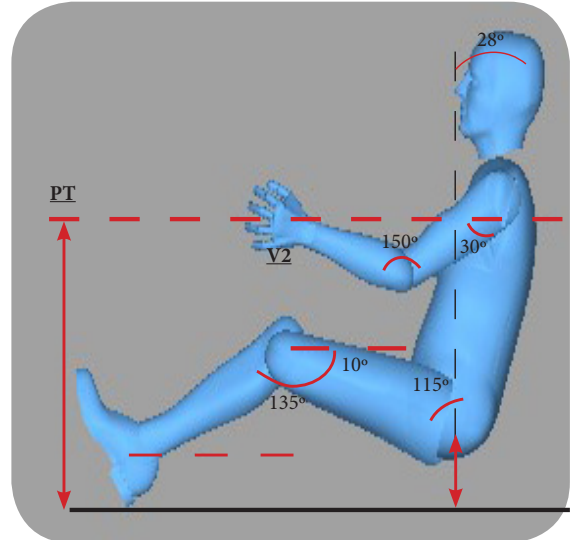
Tanto el asiento como el volante son regulables longitudinalmente y en altura. Es por ello que el interior se comenzará a dimensionar a partir del único punto fijo del coche, los pedales.

### Postura

La elección de la postura es tomada según el tipo de vehículo que se posea. Para los coches deportivos como es nuestro caso, la altura del asiento del conductor es mantenida lo más cercana al suelo que se pueda, Se elige una postura con el centro de gravedad bajo, estipulando los ángulos de confort entre las articulaciones para que la tarea de conducir sea placentera. La postura para la tarea de conducción es la que se muestra a continuación.



P5 MUJER



P95 HOMBRE

### 3.2.1.1 Cálculo del asiento

El cálculo ergonómico se realiza desde el único punto fijo del coche, que son los pedales, se sienta a los usuarios extremos en la postura de confort y se calculan los elementos de interacción a partir de sus medidas antropométricas.

### Profundidad

Se calcula la profundidad del asiento mirando las tablas antropométricas del usuario restrictivo. En este caso se trata del Percentil 5 Mujer por lo que la profundidad del asiento según su distancia poplíteo trasero es de 470mm.

### Altura respaldo

En este caso coincide con el usuario más alto por lo que la altura del respaldo según su medida entre el trasero y los hombros es de 640mm.

### Anchura del asiento

La anchura del asiento vendrá condicionado por la anchura de las caderas del usuario más grande, en este caso el percentil 95 Hombre. La anchura del asiento según las medidas antropométricas de la población será de 450mm.

### 3. Fase Rediseño

## Fase II

#### Regulación del asiento

Para que la acción de conducir pueda ser desempeñada por el mayor número de usuarios posibles se piensa en un asiento regulable de altura y distancia a los pedales.

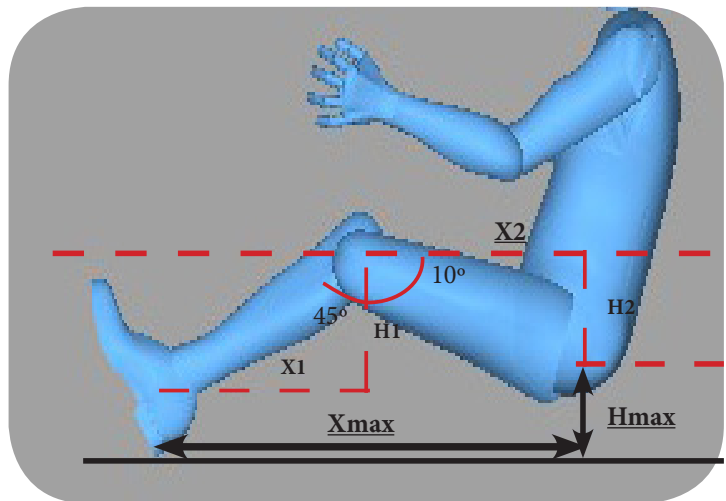
#### Altura máxima del asiento

Se calcula la altura máxima del asiento teniendo en cuenta las medidas antropométricas del usuario de mayor tamaño y la relación de ángulos entre las articulaciones propuestas en la postura de confort.

##### Cálculo

$$\begin{aligned} L_{\text{poplitea}} H95 &= 468 \text{ mm} \\ L_{\text{popliteo-trasero}} H95 &= 545 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$H_{\text{max}} = H_1 - H_2 = 240 \text{ mm}$$



#### Altura mínima asiento

Se realiza lo mismo que en el apartado anterior pero con las medidas antropométricas del percentil 5 Mujer.

$$H_{\text{min}} = 175 \text{ mm}$$

#### Distancia máxima asiento-pedales

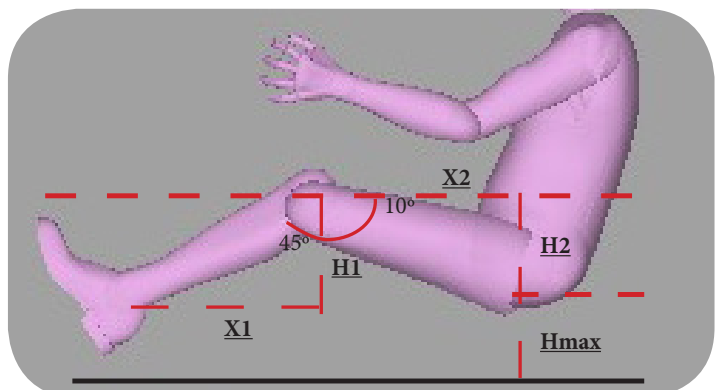
Es la distancia entre el talón del usuario hasta el trasero, es decir, la regulación del asiento en horizontal para que el usuario pueda acceder perfectamente a los pedales con los ángulos de confort propuestos

##### Cálculo

$$X_{\text{max}} = X1 + X2 = 865 \text{ mm}$$

#### Distancia mínima asiento-pedales

$$X_{\text{min}} = 695 \text{ mm}$$



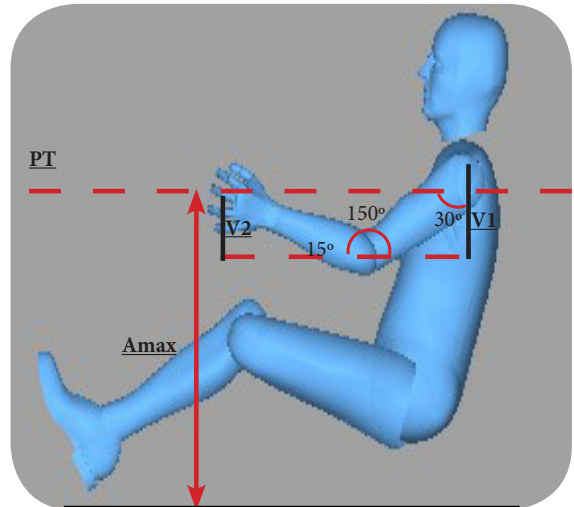
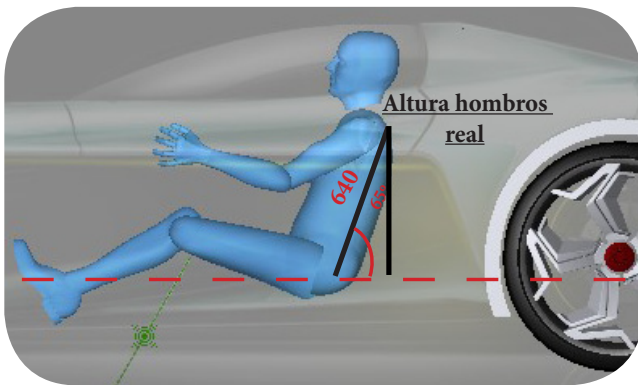


### 3.2.1.2 Volante

Para calcular la disposición del volante, el plano de trabajo debe de coincidir con la zona de agarre del usuario. Debido a que va a ser un volante regulable se calcula la altura a la que debe quedar para el usuario de mayor tamaño y posteriormente el del más pequeño.

#### Altura máxima volante

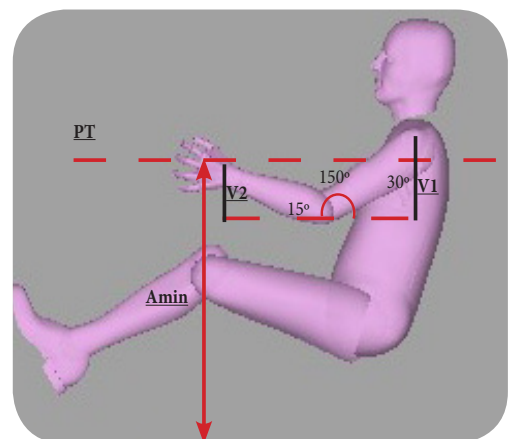
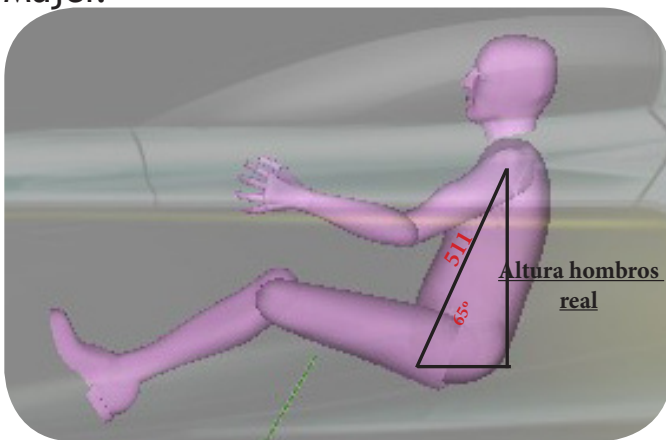
Para obtener la altura del volante nos sacamos la altura del puño de nuestro usuario para luego sumar la altura de la cadera. “Ver 2.6 Calculo volante”.



$$\text{Altura}_{\text{max}} \text{ Volante} = 240(\text{Altura cadera}) + 395(\text{Altura puño}) = 575 \text{ mm}$$

#### Altura mínima volante

Para obtener la altura del volante nos sacamos la altura del puño de nuestro usuario para luego sumar la altura de la cadera. En este caso el percentil 5 Mujer.



$$\text{Altura}_{\text{mix}} \text{ Volante} = 175(\text{Altura cadera}) + 273 = 450 \text{ mm}$$

### 3. Fase Rediseño

## Fase II

#### Distancia mínima volante-pedal

Para obtener la ubicación del volante en la posición para el usuario más grande se resta la distancia máxima entre los pedales y el trasero de este usuario a la distancia hombro puño de este usuario.

##### Cálculo

Longitud codo-hombro= 399 mm

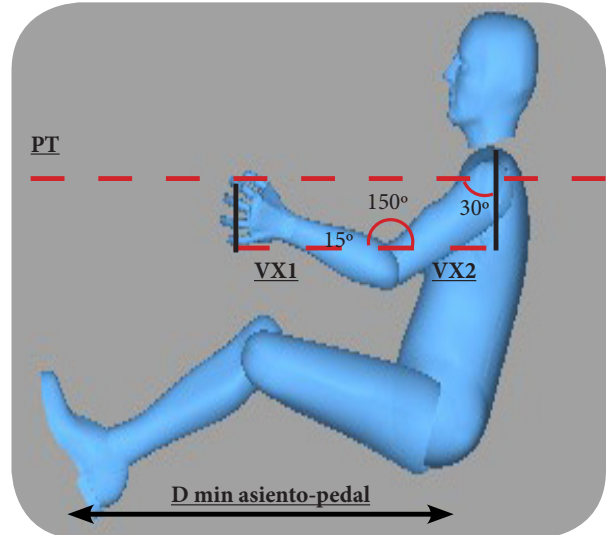
Longitud codo-puño= 380 mm

$$VX_1 = 399 \sin 30 = 172.5 \text{ mm}$$

$$VX_2 = 380 \cos 15 = 367 \text{ mm}$$

$$D_{\text{max volante pedal}} = 865 - 367 - 172.5$$

$$D_{\text{min volante pedal}} = 325.5 \text{ mm}$$



#### Distancia máxima volante-pedal

Se realiza lo mismo que en el apartado 2.9.3 pero con la distancia mínima asiento-pedal y las medidas antropométricas del usuario más pequeño.

##### Cálculo

Longitud codo-hombro= 303 mm

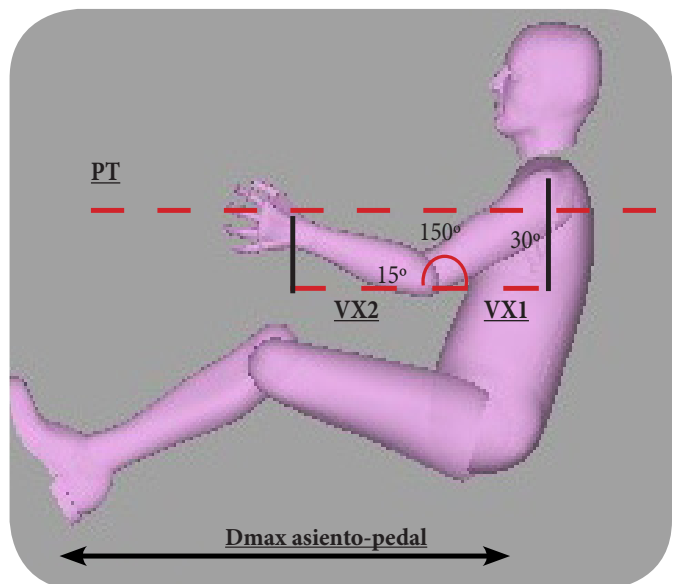
Longitud codo-puño= 281 mm

$$VX_1 = 303 \sin 30 = 151.5 \text{ mm}$$

$$VX_2 = 281 \cos 15 = 271.5 \text{ mm}$$

$$D_{\text{max volante pedal}} = 695 - 151.5 - 271.5$$

$$D_{\text{max volante pedal}} = 423 \text{ mm}$$





### 3.2.1.3 Pedales

Se diseñan los pedales del coche de modo que el tamaño sea el adecuado para su utilización y su ubicación coincidiendo el freno con el centro del asiento del conductor así como con el volante

#### Acelerador

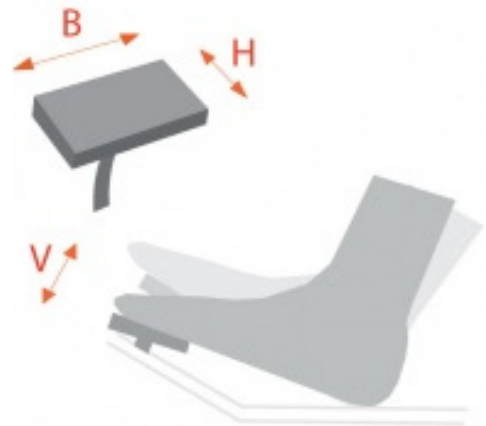
Este pedal en particular es el más usado por lo tanto es necesario que el usuario tenga una correcta superficie de contacto ya que gracias a este va a poder controlar la velocidad del coche.

H=215 mm

\*según la longitud del usuario menor

B= 70 mm

\*según la anchura del usuario menor



#### Freno

Este pedal en particular estará colocado en la parte central del coche. La superficie de contacto será de menor tamaño al acelerador para no entorpecer al usuario a la hora de conducir

H=115 mm

B=70 mm

#### Embrague

Se dimensiona exactamente igual que el freno.

#### Distancia entre pedales

**Distancia freno acelerador= 150 mm**

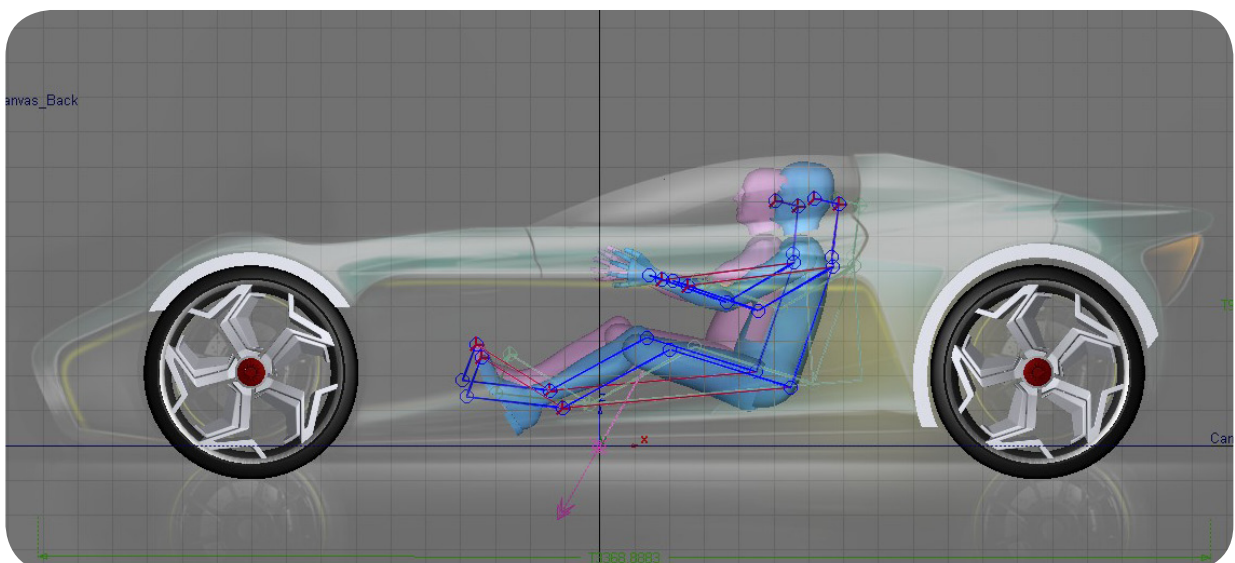
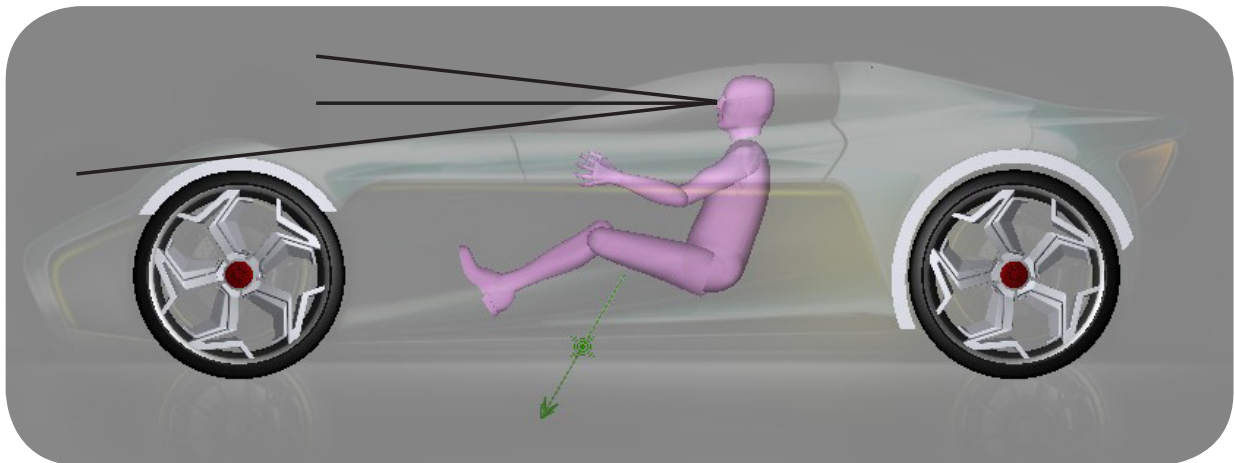
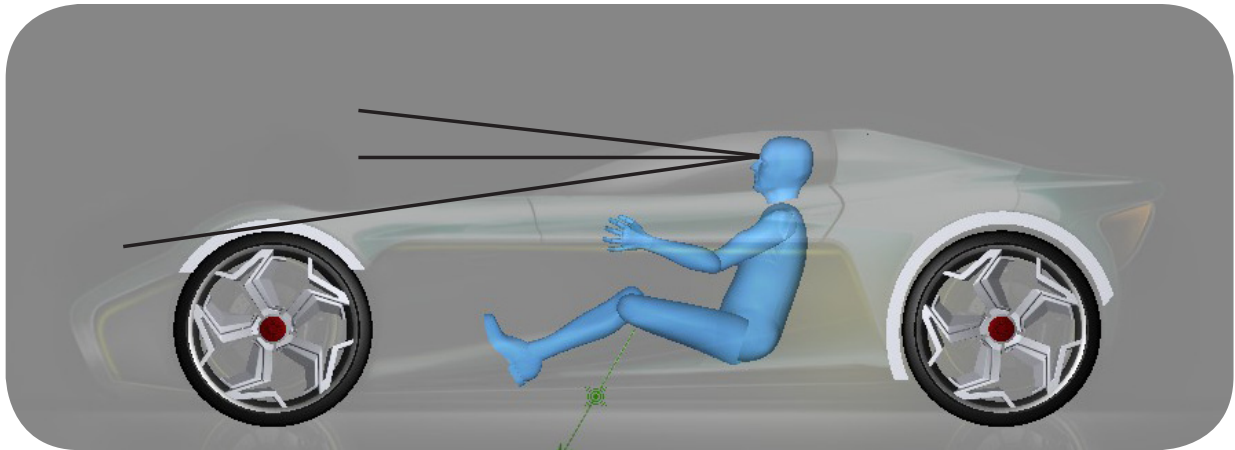
*Distancia para no entorpecer el uso de estos dos pedales que se accionan con los mismos pies*

**Distancia freno embrague= 100**

*Menor distancia puesto que se accionan con distintos pies*

### 2.1.4 Comprobación final

Mediante 3D y con las distancias calculadas anteriormente se comprueba la ubicación de los usuarios dentro del coche así como la visión de estos. Los elementos calculados quedarán colocados a razón de estos.

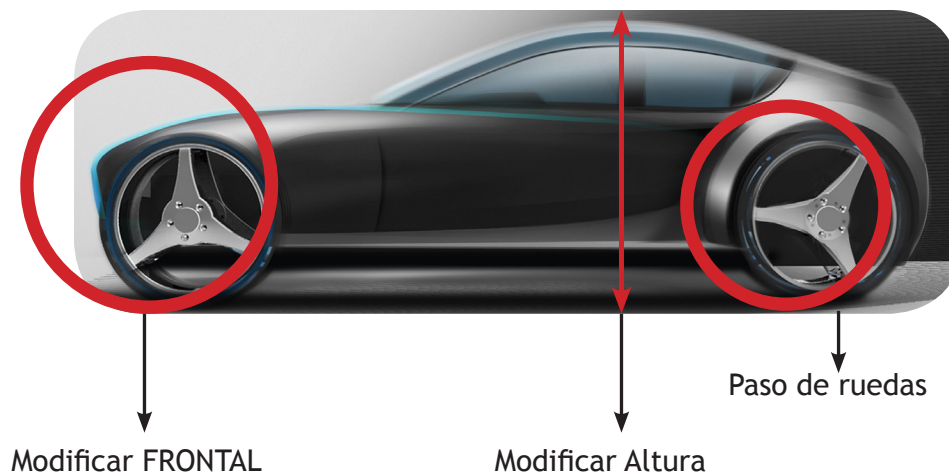


En esta fase se realizará el rediseño del coche para mejorarlo aerodinámicamente y dotarlo de una estética más adecuada para la actualidad. Es por ello que se realizará una evolución formal del coche partiendo del coche diseñado para el concurso y teniendo en cuenta los puntos conflictivos observados en el estudio aerodinámico 1.1 Puntos críticos.

### Objetivos

Los objetivos marcados para el rediseño del coche se basan en los siguientes puntos:

- Continuar con la línea del coche.
- Modificar frontal del coche.
- Modificar la trasera del coche
- Modificar proporciones.
- Hacer el coche más bajo para mejorar la aerodinámica.
- Diseñar el interior y los elementos de interacción.

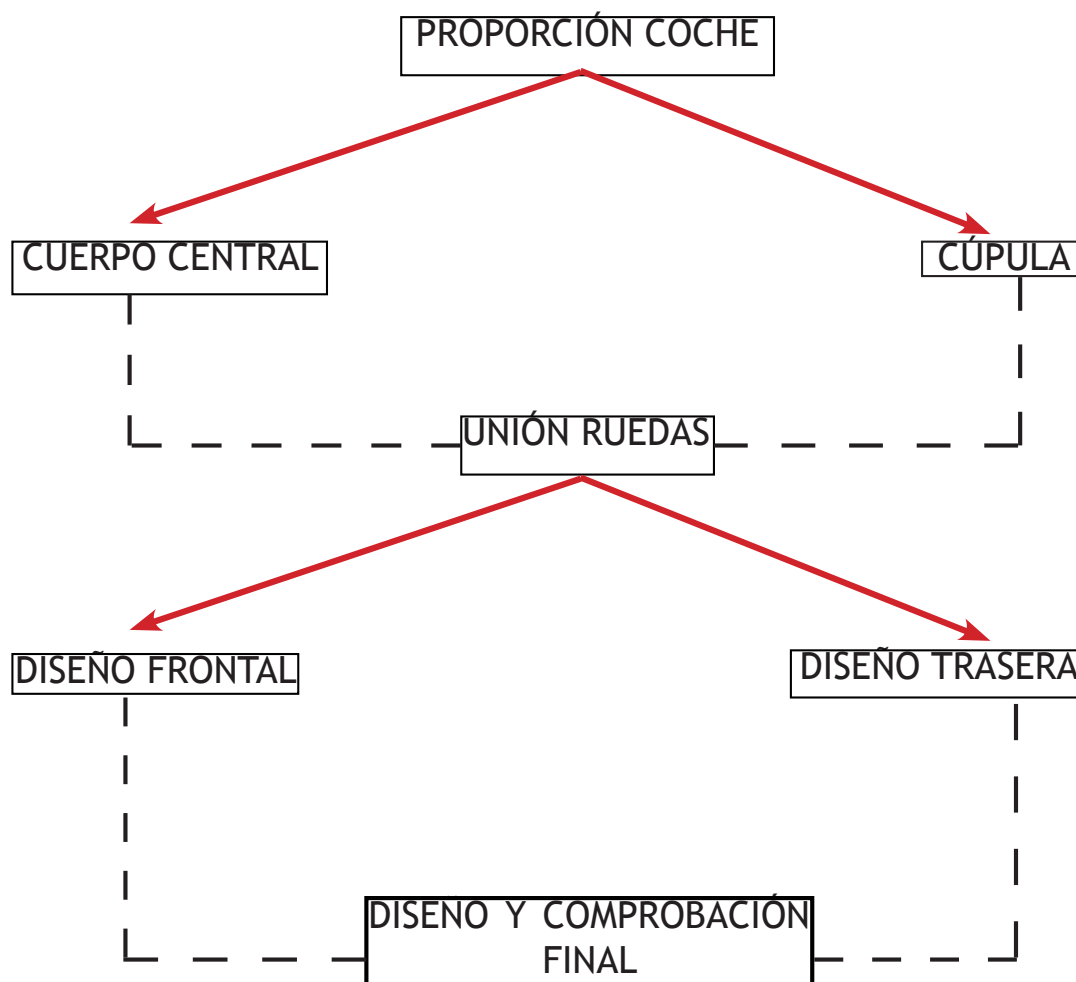


### 3.3.1 Metodología

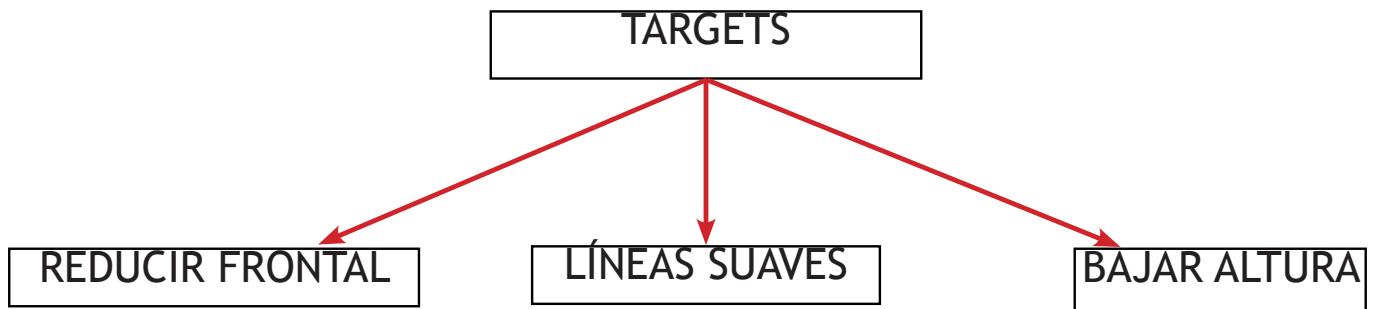
Para realizar el rediseño del coche se ha realizado siguiendo dos metodologías complementarias. Por un lado una evolución formal teniendo en cuenta los puntos conflictivos”3.1.1 Puntos críticos”, y modificando la estética formal del coche.

Por otro lado se ha realizado una metodología aerodinámica, modificando cada elemento del coche en relación a la resistencia aerodinámica que ofrecía y realizando pruebas periódicas según su evolución.

### Metodología formal Esquema

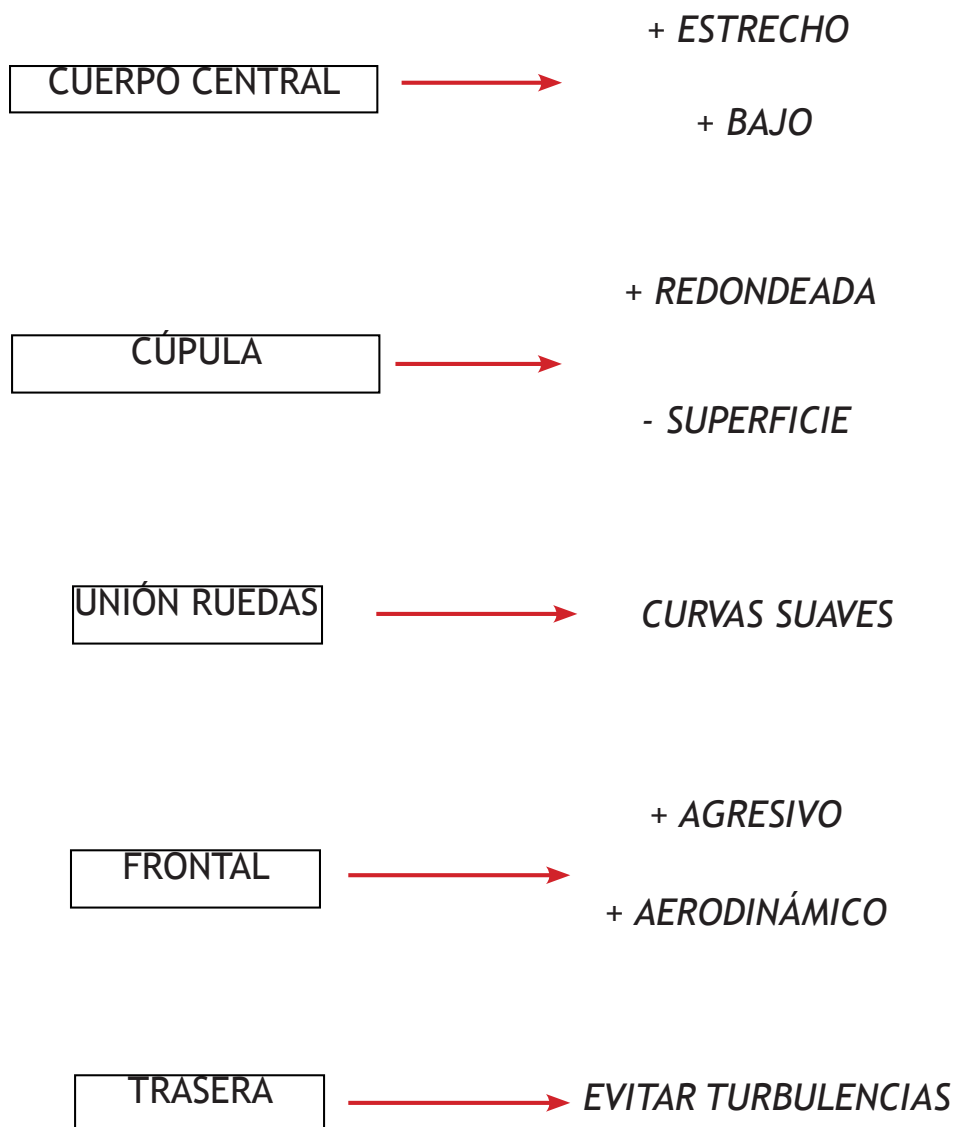


### 3.3.1 Metodología 3D aerodinámica Esquema



#### Partes 3D

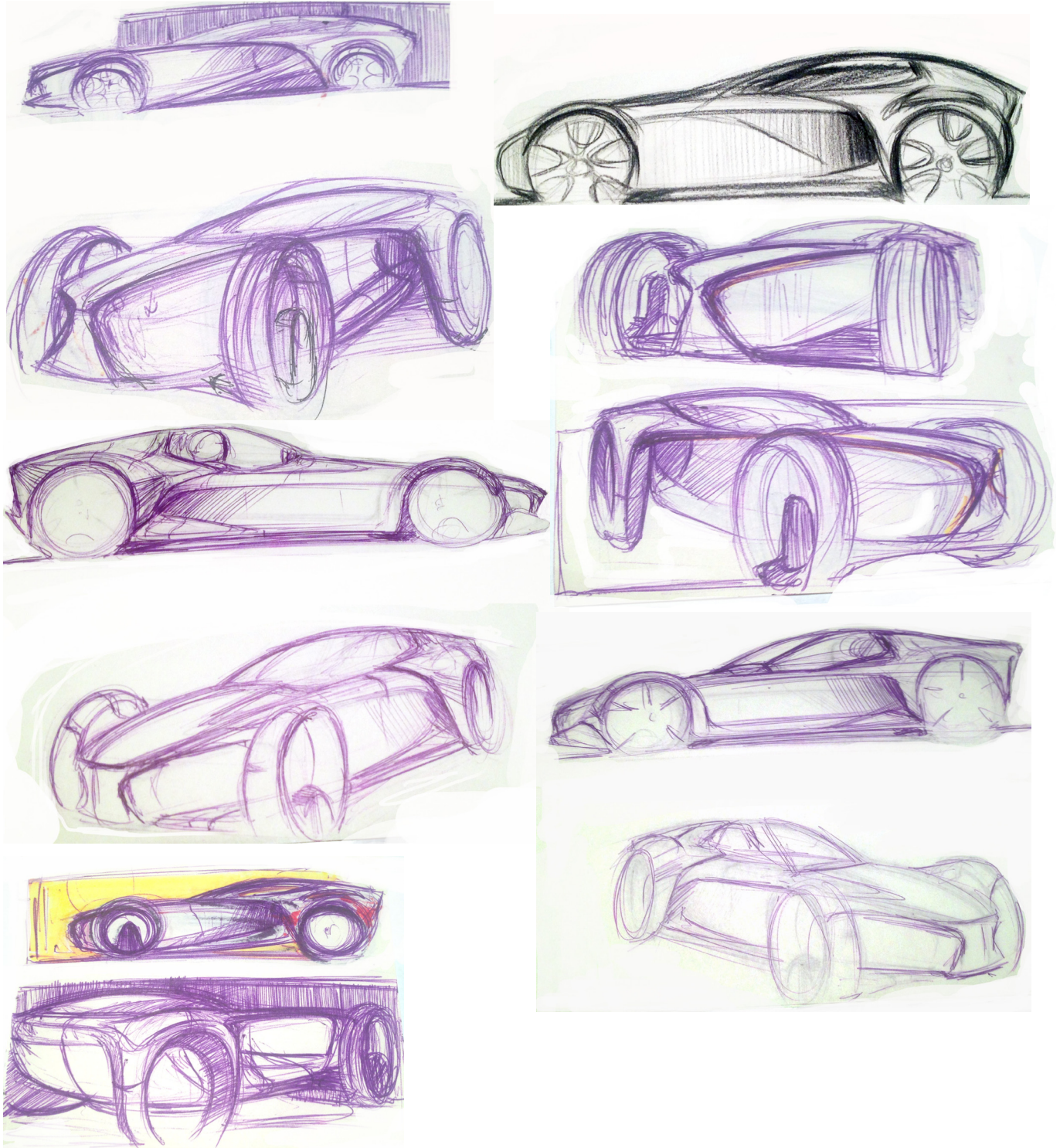
#### OBJETIVOS





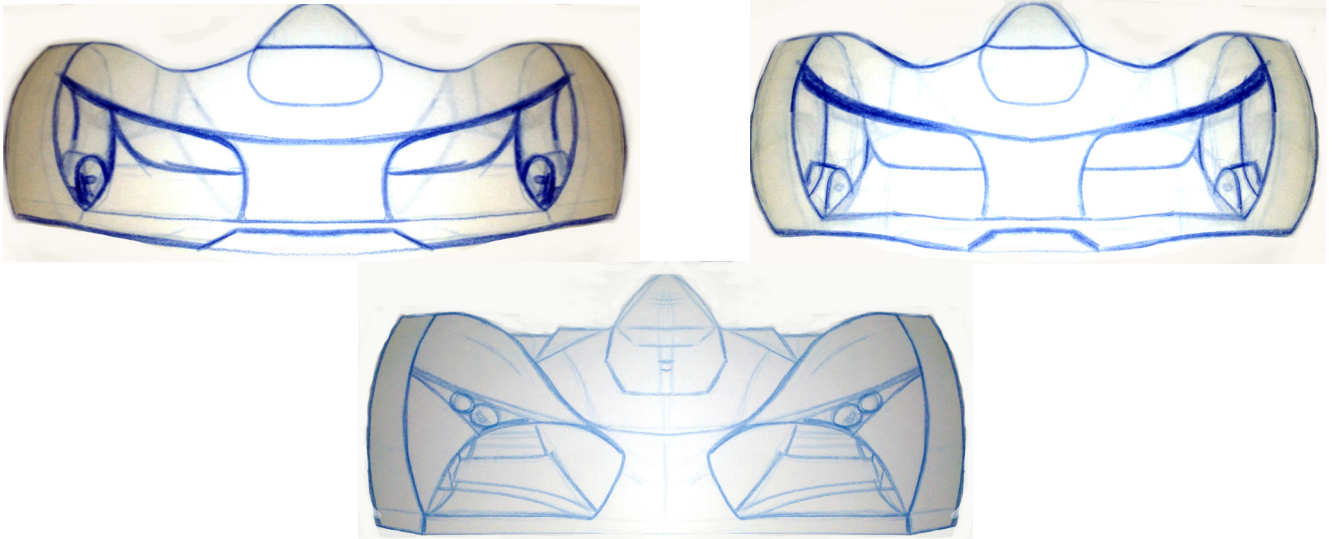
### 3.3.2 Desarrollo Formal

Se comienza rediseñando el coche partiendo de la misma línea pero diseñándolo más bajo. En esta primera fase de bocetaje se le da solución a la altura del coche, Se plantea la posibilidad de dejar la rueda trasera al aire para mejorar la aerodinámica y se diseña alguna posibilidad de frontal para ser desarrollada en su totalidad mediante 3D y comprobando la resistencia del aire de las diferentes propuestas.



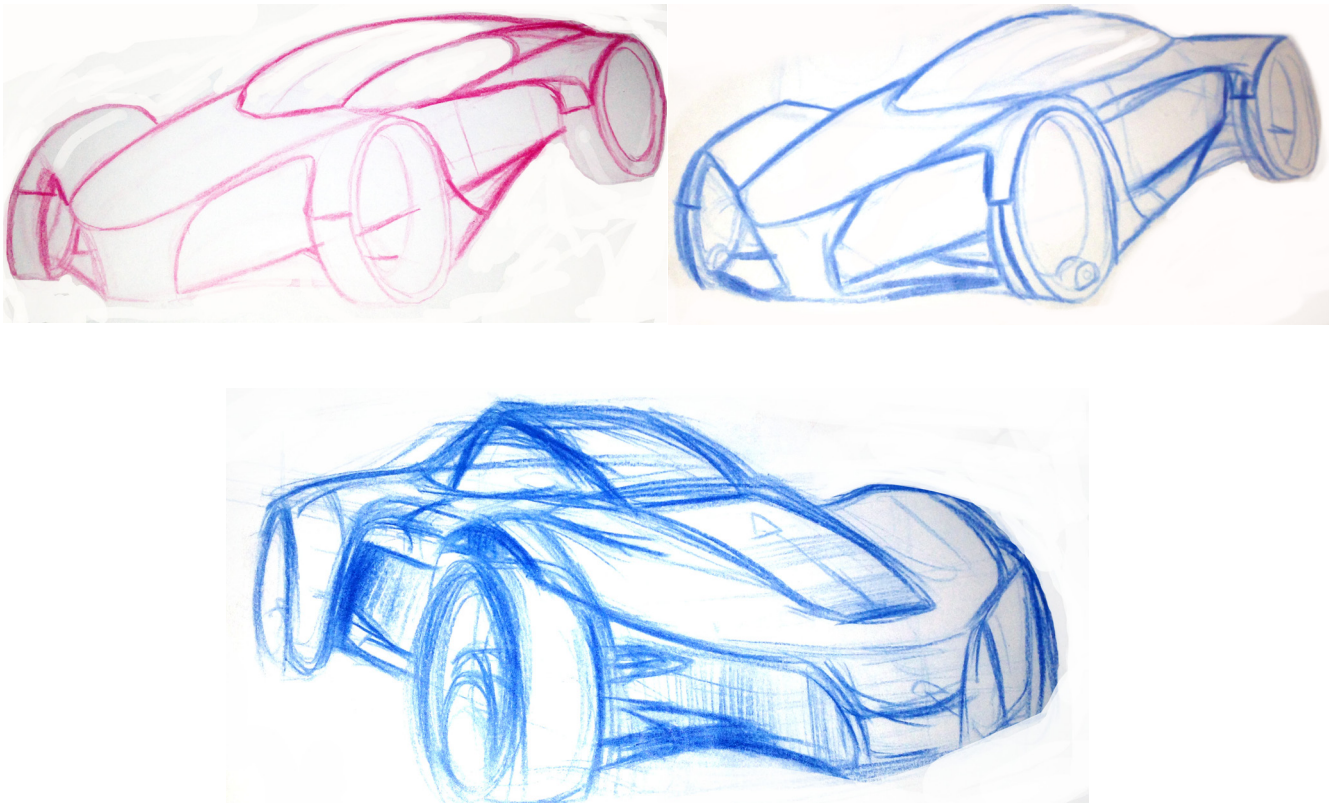
#### Frontal

Una vez planteado ligeramente el frontal del coche en las anteriores configuraciones, es necesario meterse de lleno en esta parte, ya que va a ser muy influyente en el cálculo aerodinámico final del coche. Se plantea un frontal agresivo, deportivo y aerodinámico.



#### Perspectivas

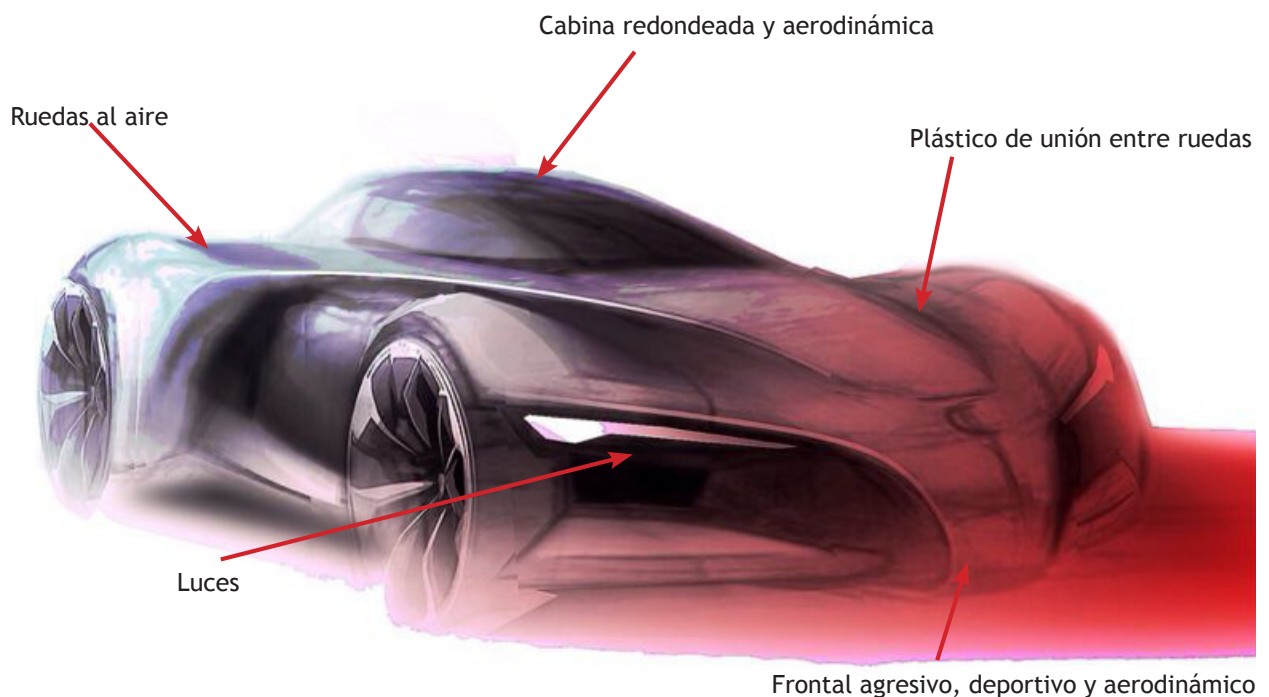
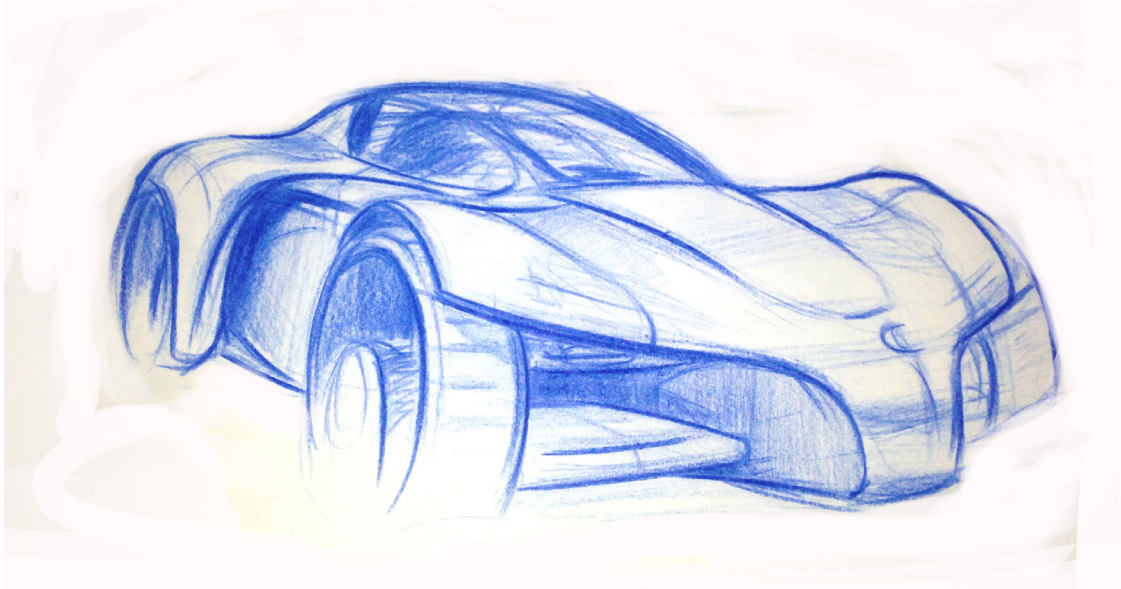
Se continua desarrollando en coche, teniendo en cuenta los frontales desarrollados y planteando la cúpula.





#### Diseño final de bocetos

Finalmente y siguiendo la línea formal del coche se diseña lo más desarrollado posible para poder modelarlo en 3D y poder realizar las pruebas aerodinámicas pertinentes para saber el grado de mejora del coche.



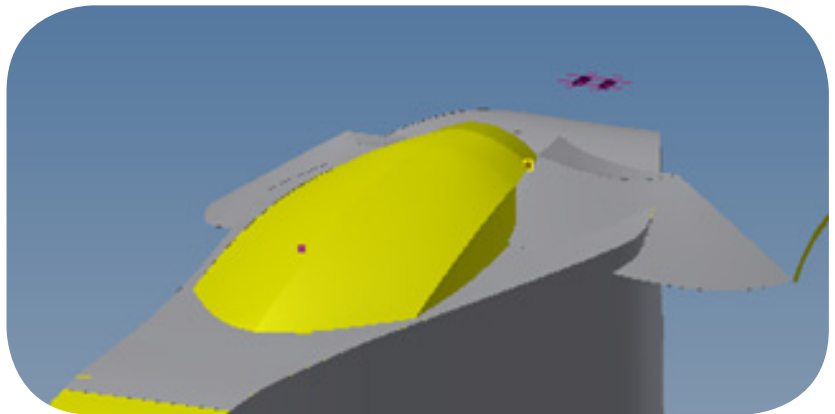
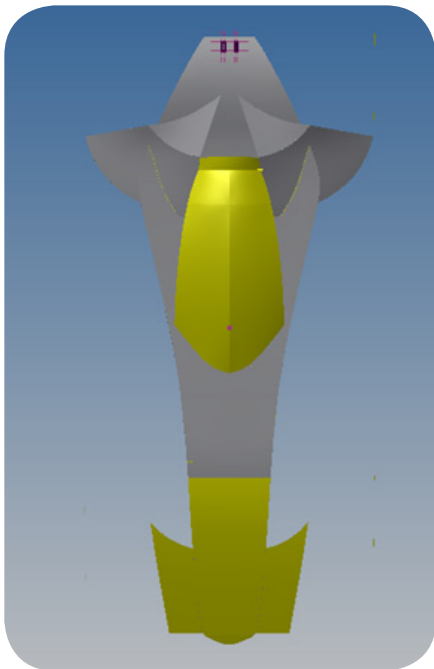


#### Metodología 3D

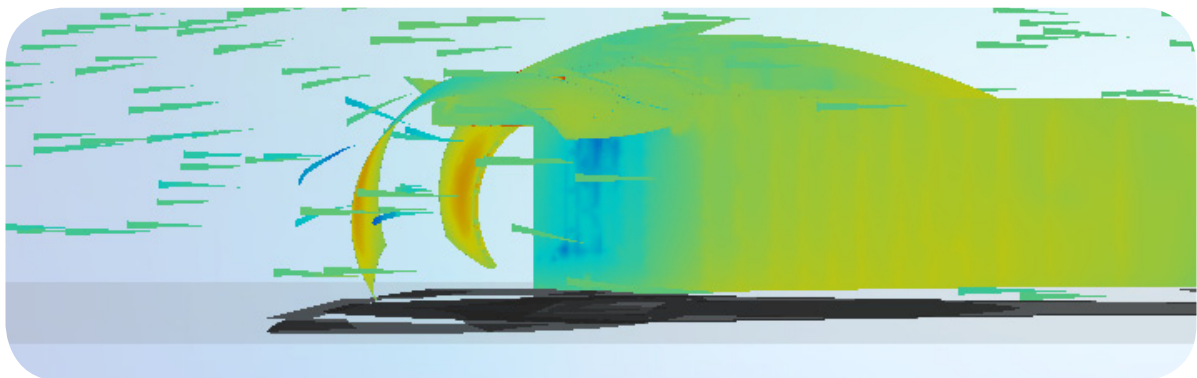
Una vez desarrollado el coche formalmente se diseña en 3D y se realizan pruebas aerodinámicas que van a servir para modificar las líneas del coche y modificar alguna parte que no funcione bien aerodinámicamente.

#### Cuerpo central y cúpula

Se modela el cuerpo central del coche, diseñándolo más bajo y estrecho y con forma aerodinámica. Se realiza lo mismo con la cúpula.

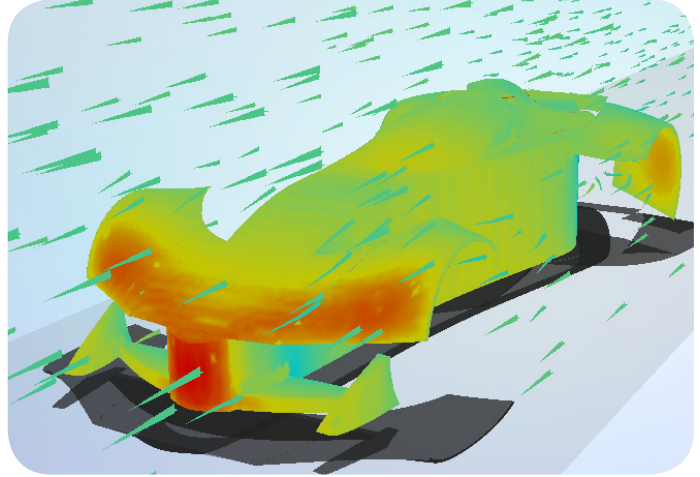
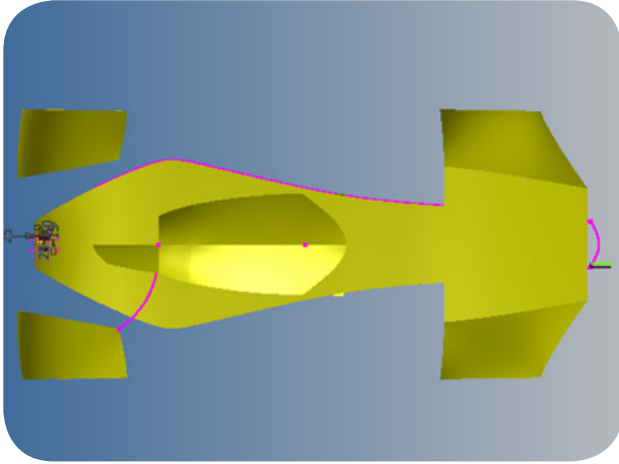


Se comprueba la aerodinámica de la cúpula y el cuerpo central y se observa que su configuración es correcta

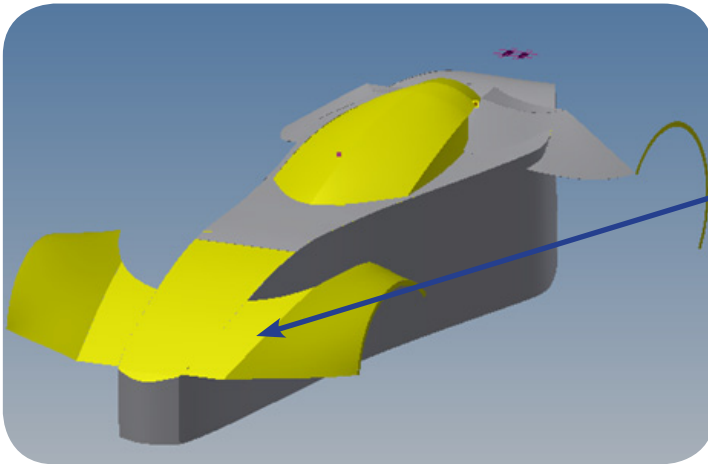


#### Frontal del coche

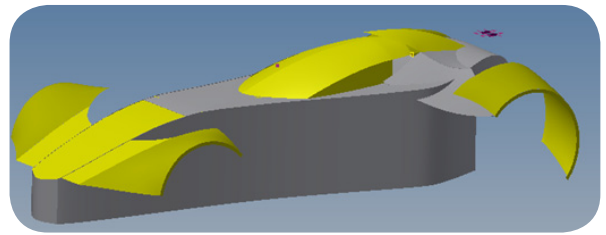
Se diseña el frontal del coche según la evolución formal y se comprueba su eficiencia aerodinámica.



Tras comprobar el frontal con el programa Flow Design, se decide curvar más la parte de unión de ruedas para mejorar su aerodinámica.

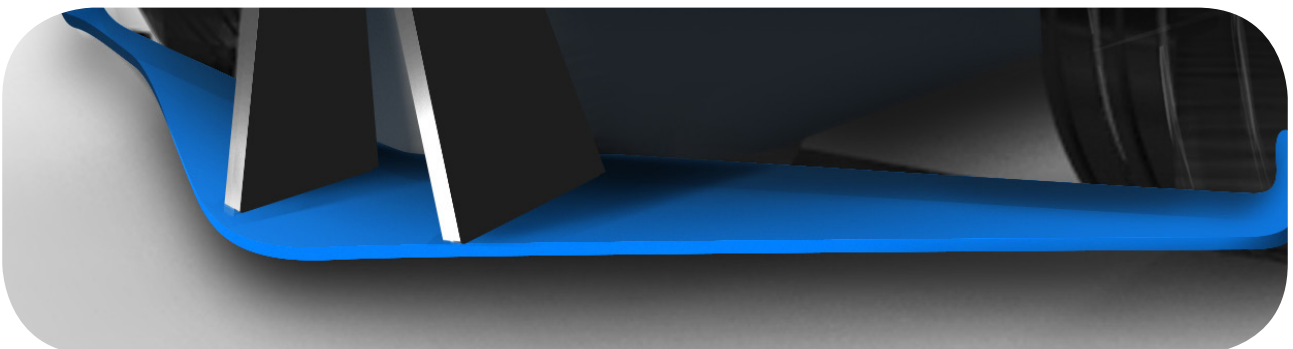


FRONTAL MÁS CURVADO



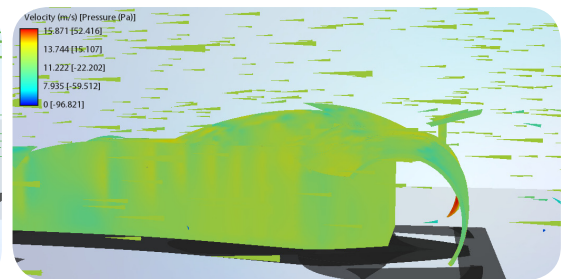
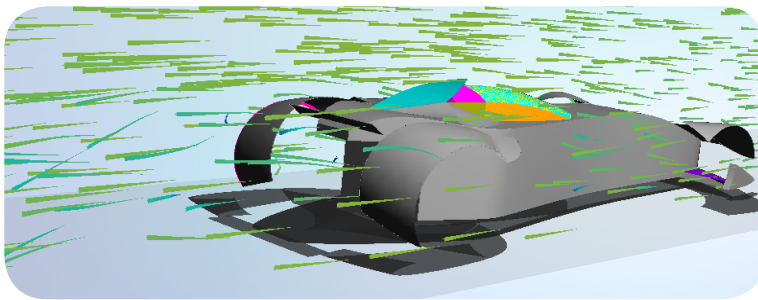
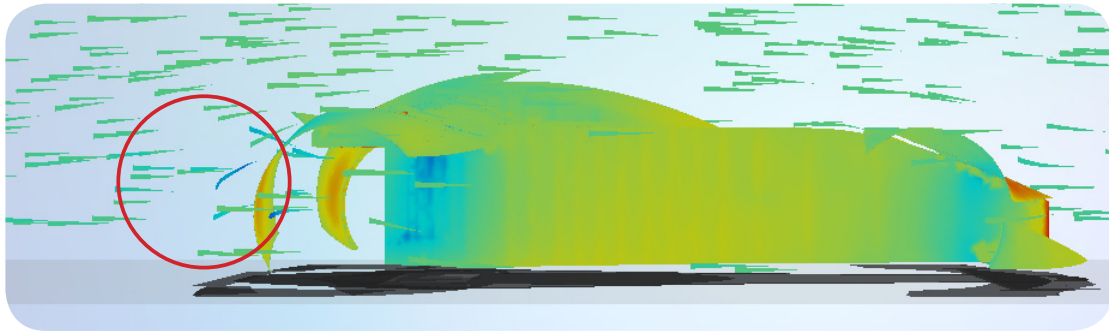
#### Alerón delantero

En este apartado se realiza un alerón más aerodinámico y fino para mejorar la eficiencia de este. “Ver 3.5 Diseño aerodinámico”.

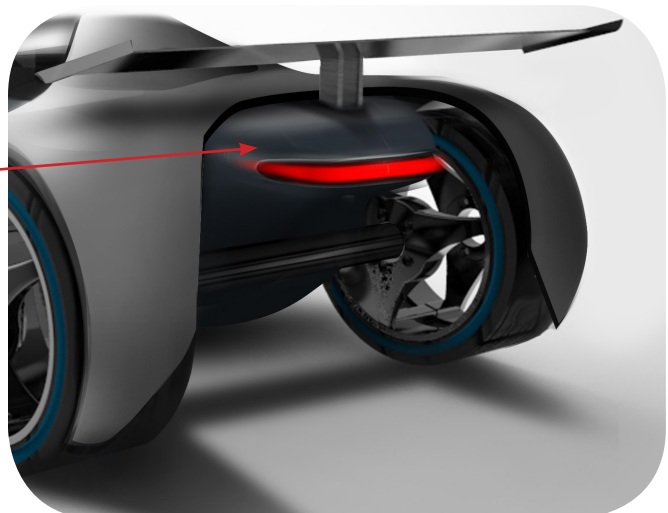
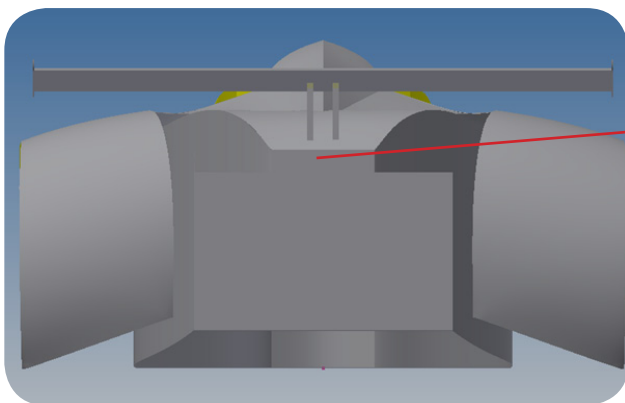


#### Trasera coche

Se desarrolla la parte trasera del coche tal y como se había desarrollado en la evolución formal, pero debido a los estudios realizados se cae en la cuenta que la forma elegida origina muchas turbulencias por lo que se decide colocar un alerón trasero y se le da una mayor curvatura a esta parte.



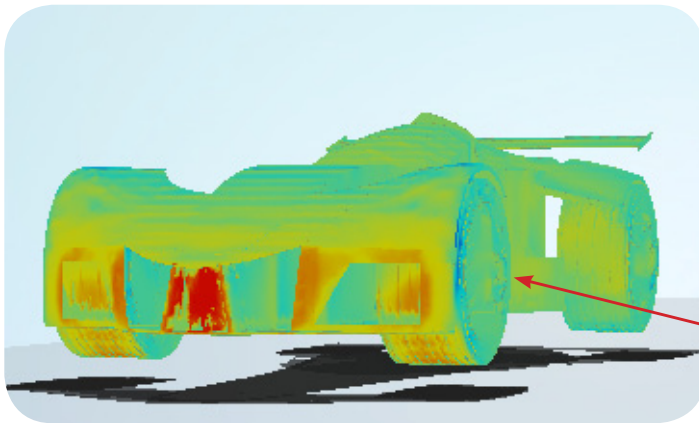
Finalmente se redondea la parte trasera y se coloca el eje entre las ruedas así como las luces traseras.



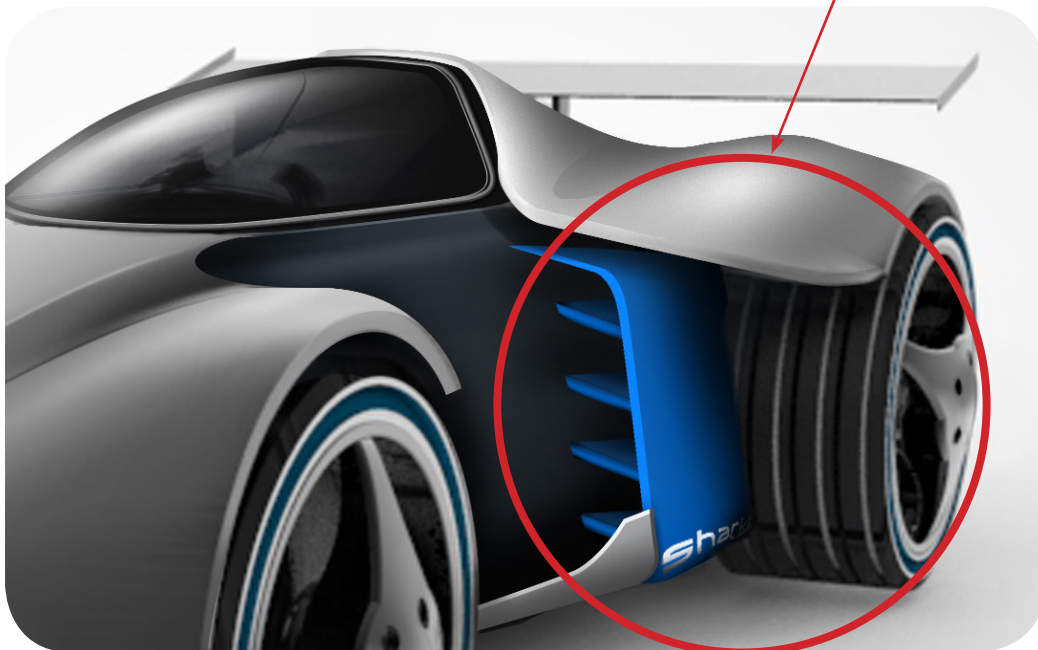
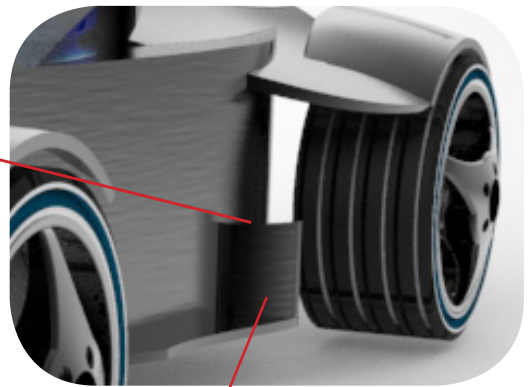
#### Paso de rueda trasero

Para evitar que el aire pegue directamente en la rueda trasera se realiza una prueba colocando una forma que expulse el aire hacia fuera. Como aerodinámicamente se comprueba que funciona se diseña una entrada de aire con dos propósitos:

- Mejorar la aerodinámica
- Refrigerar frenos traseros

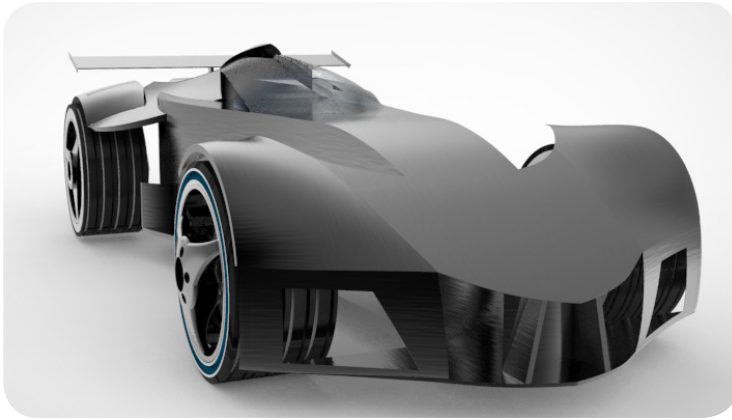


EVITAR RESISTENCIA EN  
RUEDA TRASERA

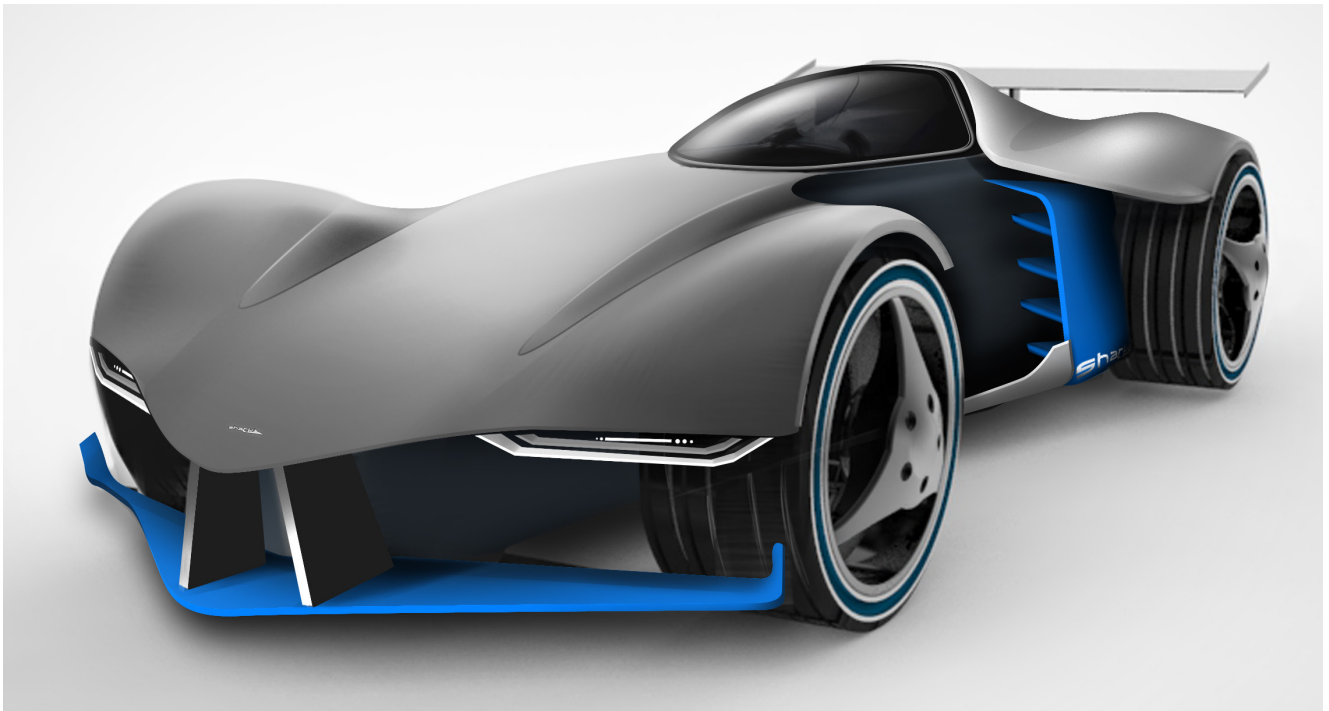
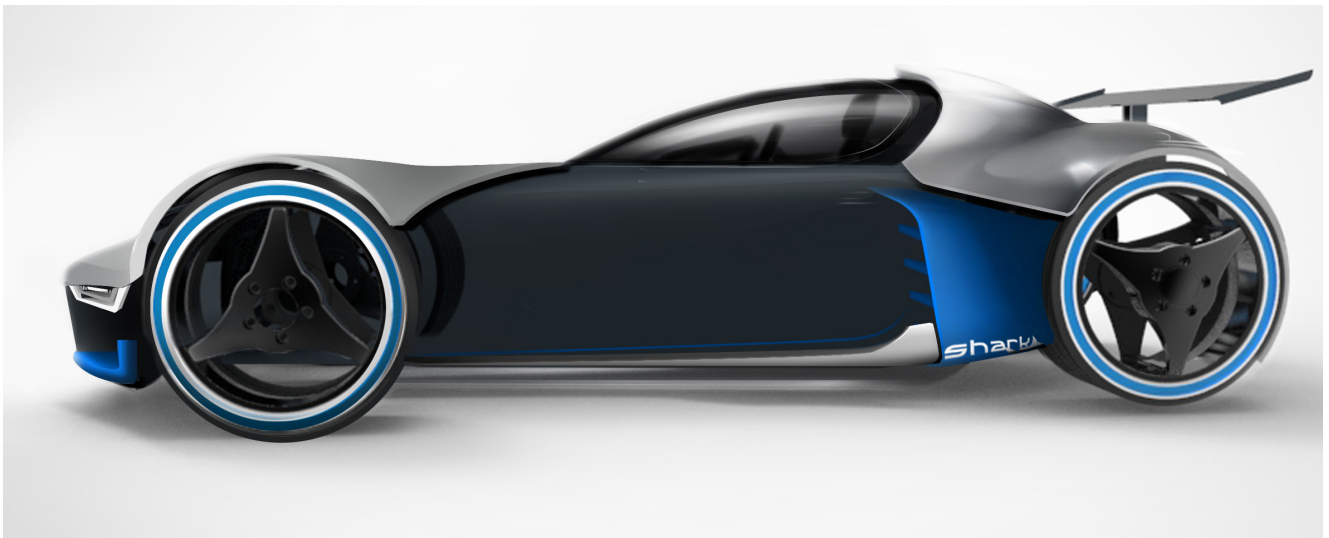




### 3.3.3 Renders finales



Finalmente se colocan las luces delanteras y se ponen los detalles del coche.



En esta fase se realiza el diseño del interior del coche. Este interior estará ligado a la estética exterior del coche además de las medidas ergonómicas calculadas en la fase II

### Metodología

Para desarrollar el interior del coche, es necesario, marcarse unas pautas sobre lo que realmente se quiere del interior así como las funciones, displays y accesorios que pueda tener. Un concepto importante a entender es que el interior debe ser seguro, por lo que cada componente está diseñado para reducir lesiones a los ocupantes durante una colisión.

#### 3.4.1 Especificaciones de diseño

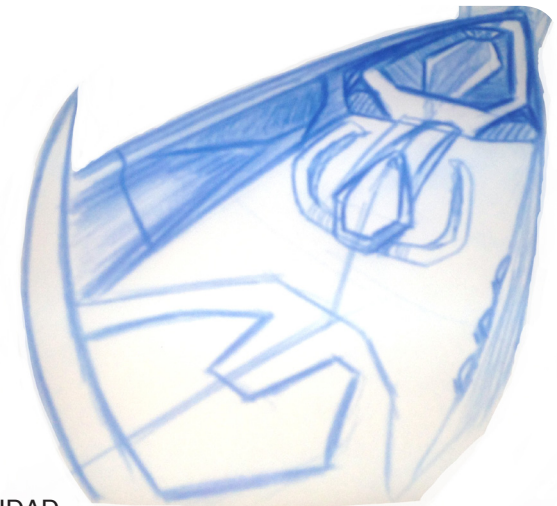
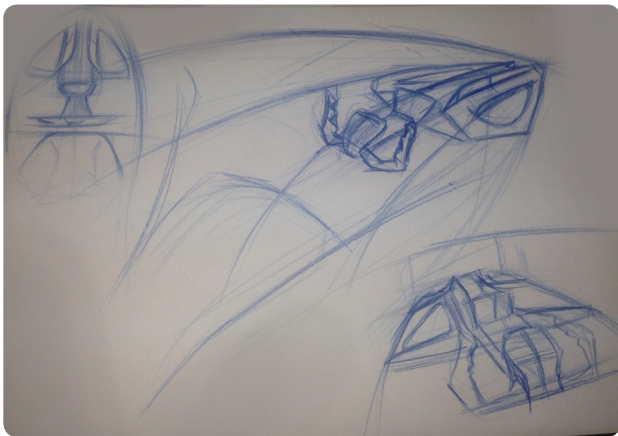
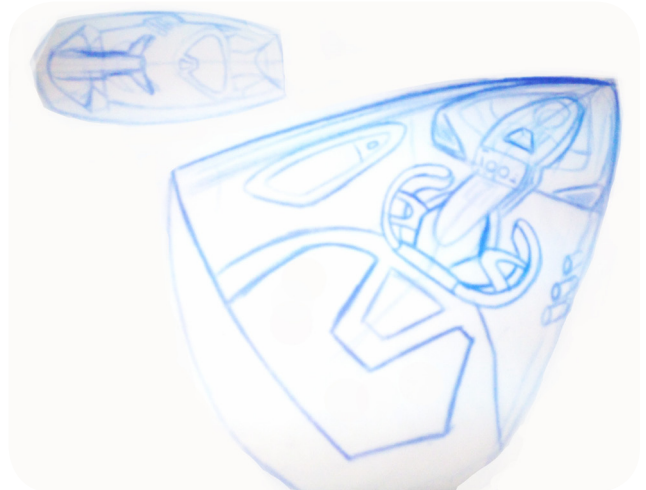
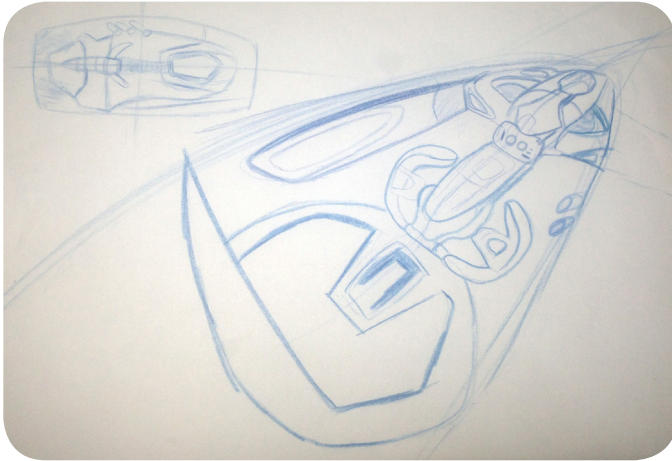
Se marcan unas pautas para empezar a diseñar el interior del coche.

- SEGURO
- MINIMALISTA
- ESTÉTICA FUTURISTA
- ASIENTO ERGONÓMICO
- MARCHAS EN EL VOLANTE
- INDICADOR DE VELOCIDAD
- INDICADOR DE REVOLUCIONES
- INDICADOR GPS
- FUNCIONES ESENCIALES COMO: INTERMITENTES, LUCES, BOCINA, AIRE ACONDICIONADO
- CLIMATIZADOR

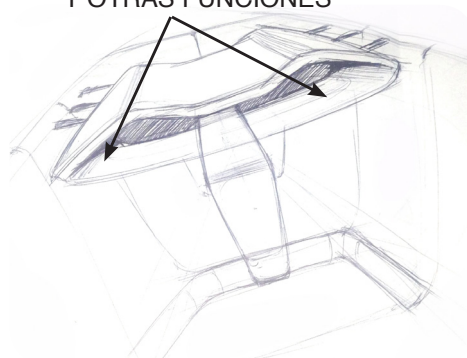


### 3.4.2 Evolución Formal

En esta parte de desarrollo no se tiene en cuenta el asiento que se diseñará en un apartado aparte aunque sí se tendrá en cuenta el diseño del volante ya que es un punto de referencia a tener en cuenta en el diseño del interior. El volante tendrá una fase de diseño análogo al diseño del interior y se desarrollará simultáneamente.”Ver 4.2 Evolución Formal”.



INDICADORES DE VELOCIDAD  
Y OTRAS FUNCIONES



#### Volante

Este elemento tan importante en el interior del coche debe llevar un proceso de diseño especial ya que desde el volante se controlará muchos de los elementos para manejar el coche. "Ver 4.4 Volante". Estos elementos son:

- Dirección
- Intermitentes
- Cambio de marchas
- Luces
- Indicador de marcha

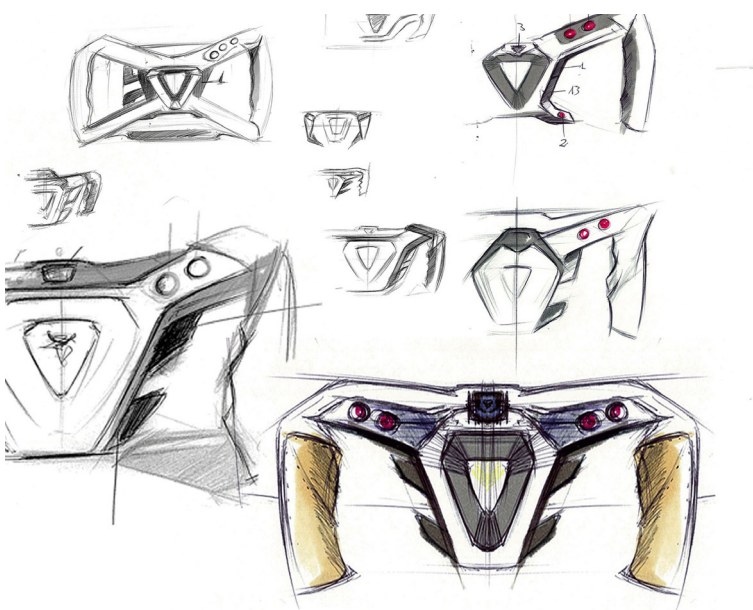
#### Evolución formal

Para el diseño del volante se plantean diferentes formas futuristas para el desarrollo de este, se elige una de ellas y se desarrolla.



Se elige esta forma ya que es la que más se ajusta a lo que se busca del volante.

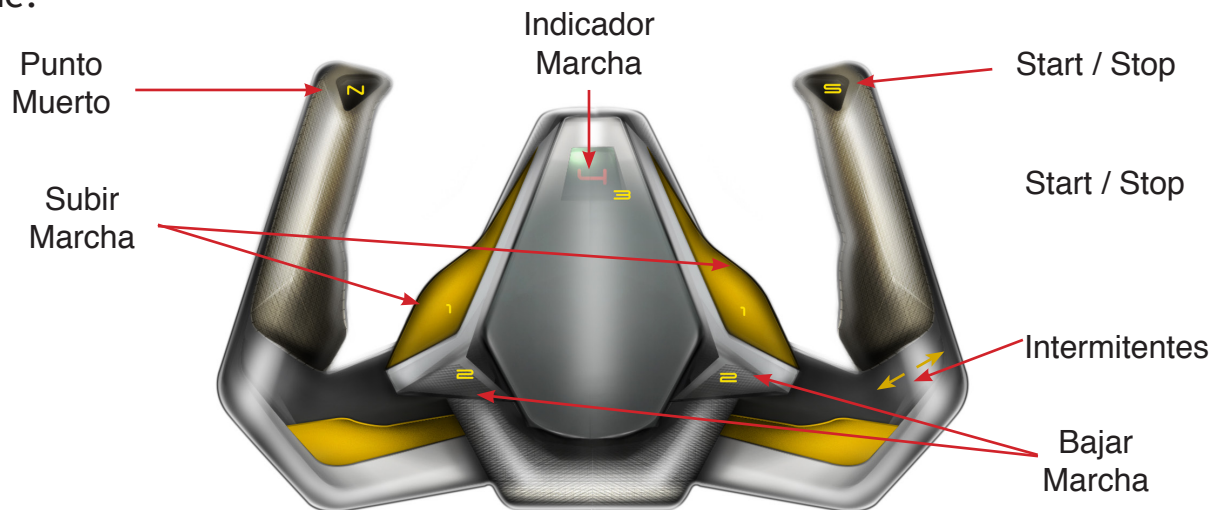
Se continúa desarrollando esta forma proponiendo diferentes posiciones hasta decantarnos por la posición inicial debido a la comodidad de agarre del usuario.





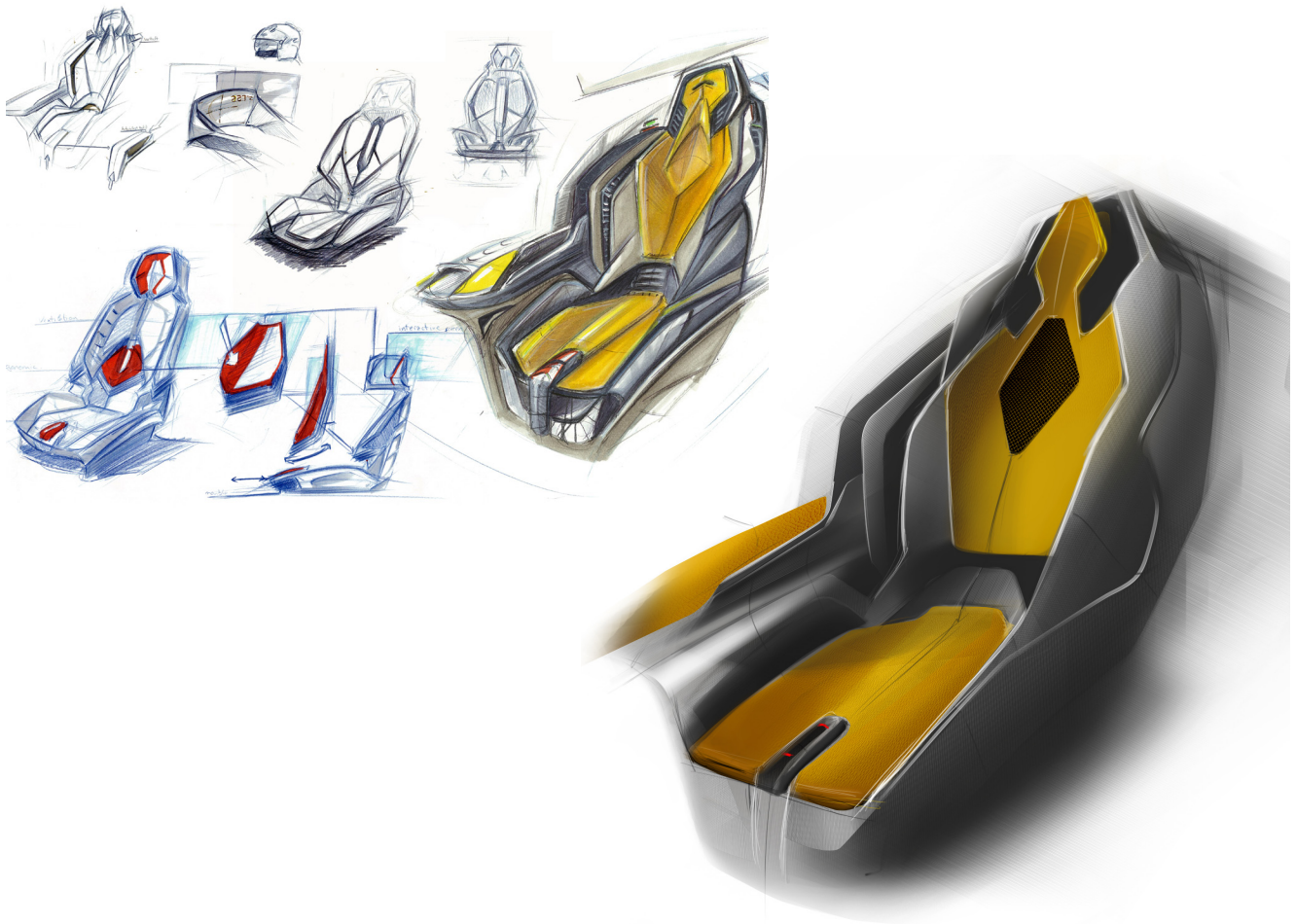
### 3.4.3 Diseño final y displays

Finalmente se desarrolla el volante y se diseñan los displays para manejar el coche.



### Asiento

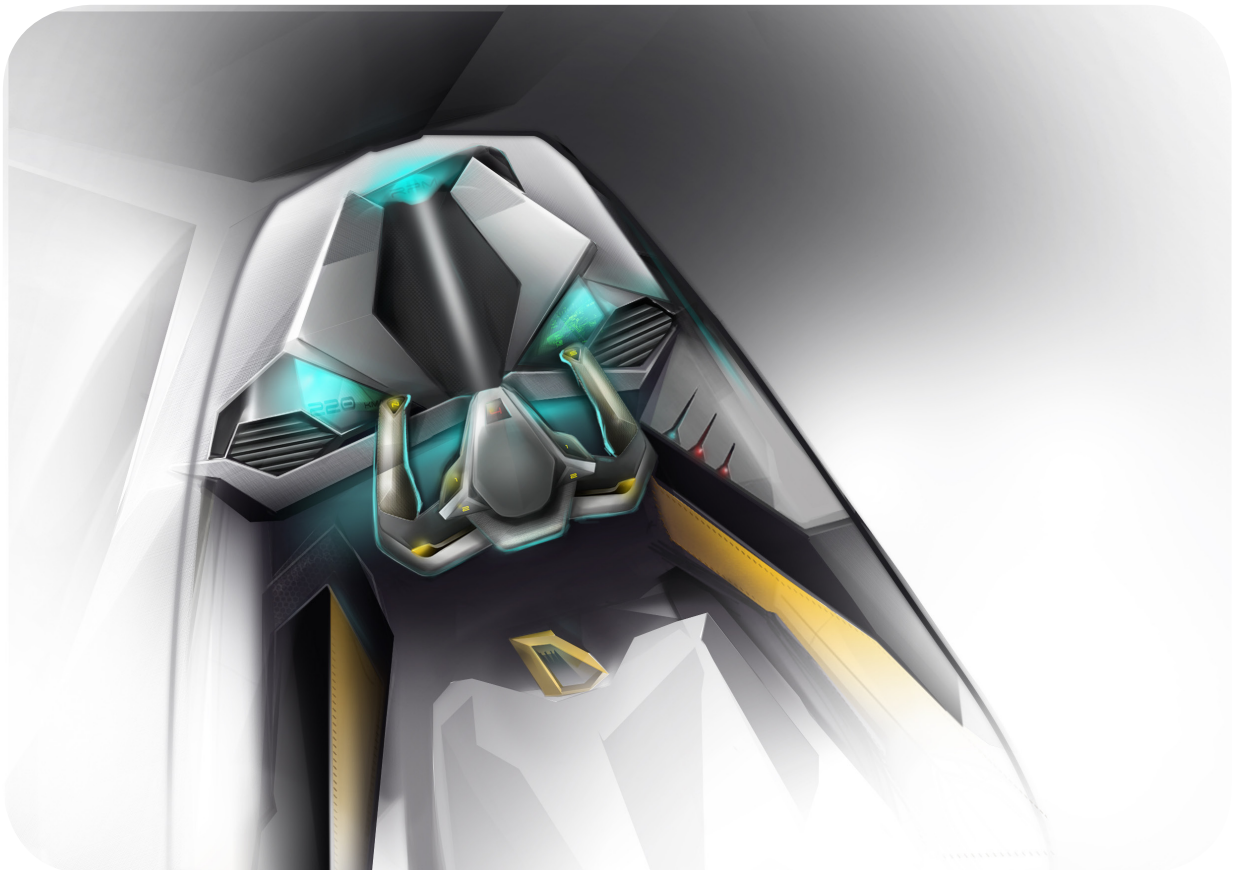
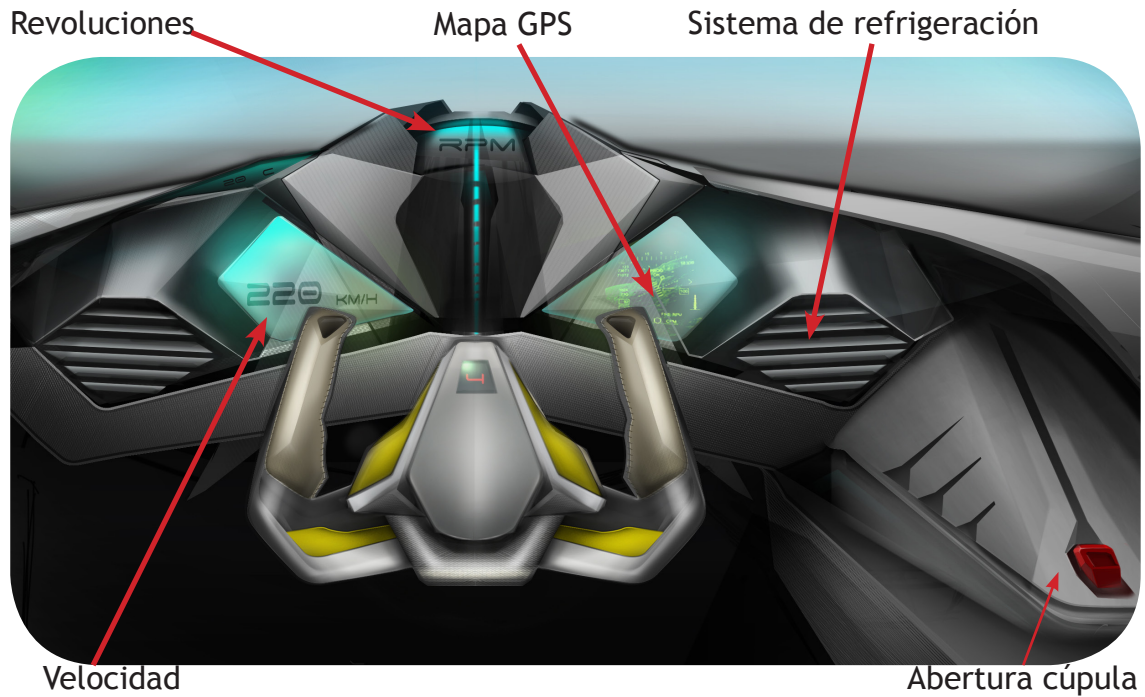
Para comenzar a diseñar el asiento del coche se comenzará realizando una fase de evolución formal y bocetaje siguiendo unas pautas iniciales que se marcarán en una primera instancia."Ver 4.5 Asiento".



### 3. Fase Rediseño

### Fase IV

Tras la evolución formal del interior se pasa a realizar los renders mediante Adobe Photoshop en el que se colocarán los displays del interior.



Una vez diseñado el exterior y el interior del coche en esta fase se realiza la prueba aerodinámica final para obtener el Cx. El proceso de calcularlo es el mismo que el realizado en la fase I por lo que se procederá a realizar directamente el cálculo de los factores para calcular el Cx de nuevo coche.

### 3.5.1 Cálculo aerodinámico

#### Densidad del aire

La misma densidad con la que se ha calculado el Cx del primer coche.

$$d = 1.2 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

#### Velocidad al cuadrado

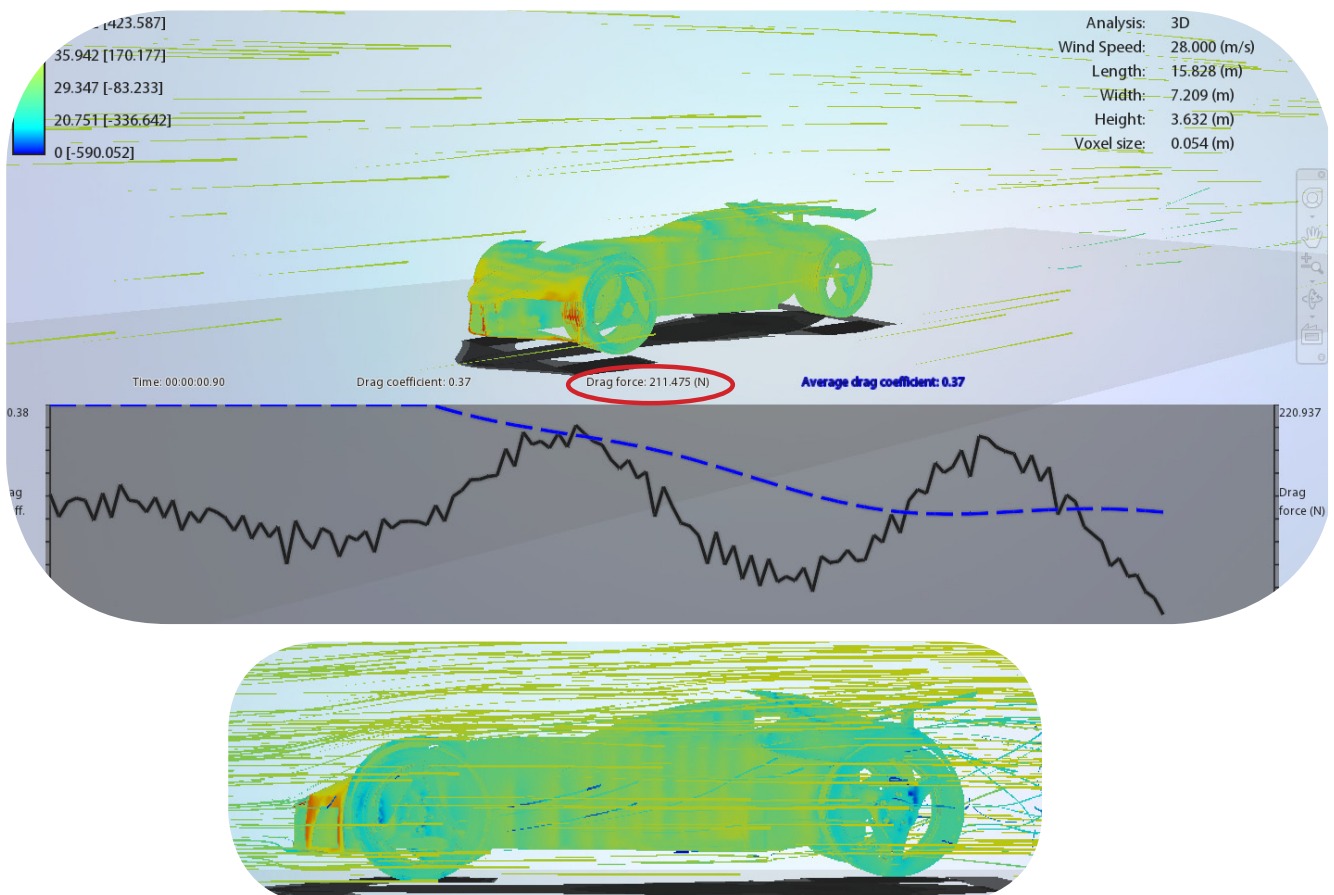
$$v = 28 \text{ m/s}$$

$$v^2 = 784 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

#### Resistencia al aire

La resistencia al aire se calcula gracias al programa Flow Design en el que se introduce el coche bajo las mismas condiciones que en la Fase I.

#### Gráficas





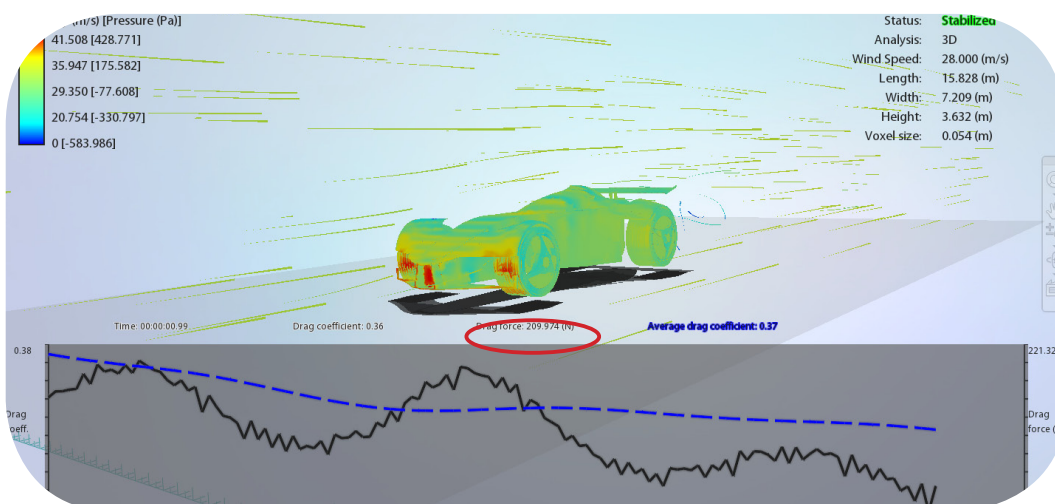
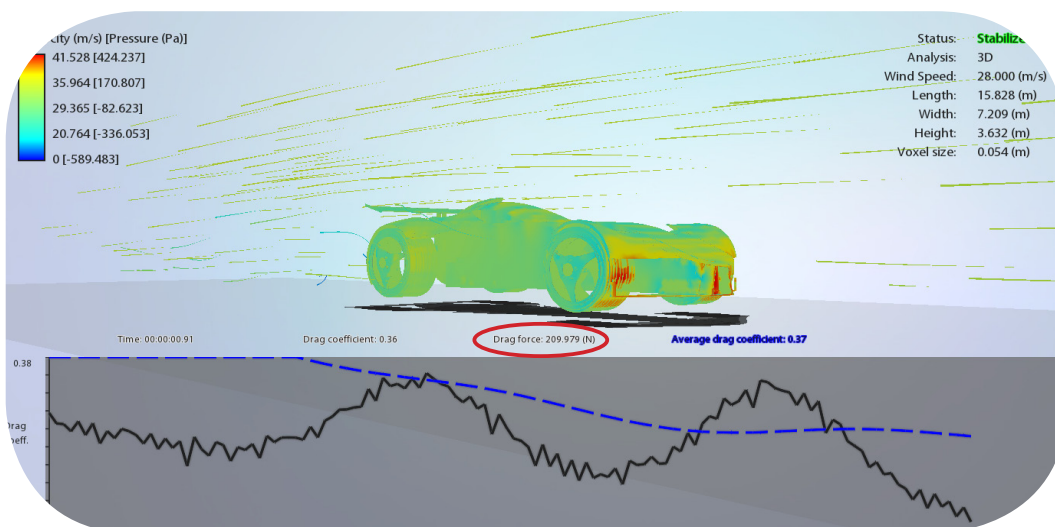
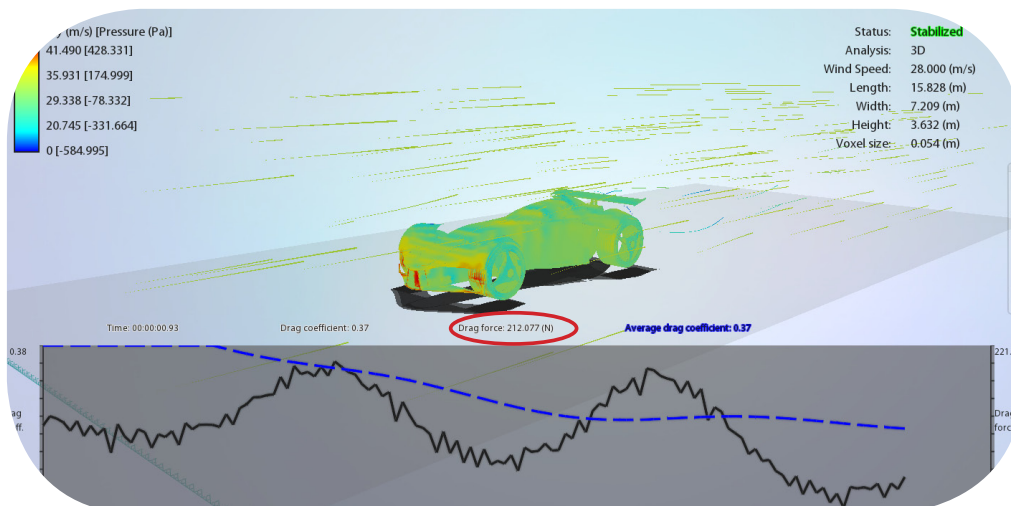
### 3. Fase Rediseño

### Fase V

#### Resistencia al aire

La resistencia al aire, tal y como se muestra en las gráficas oscila entre 205N Y 215N, es por ello que la resistencia que se elige para realizar los diferentes cálculos aerodinámicos es de 210N. “Ver 5.2 Gráficas”.

R=210 N

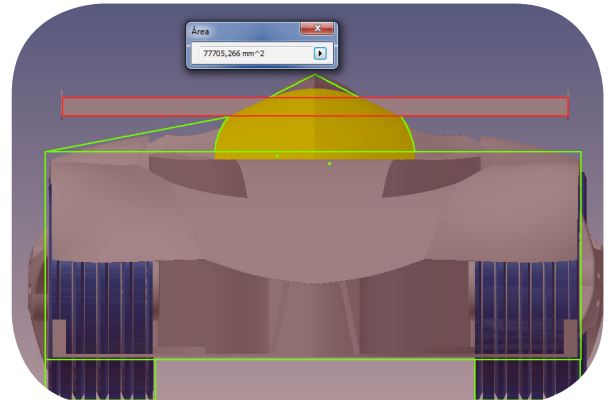
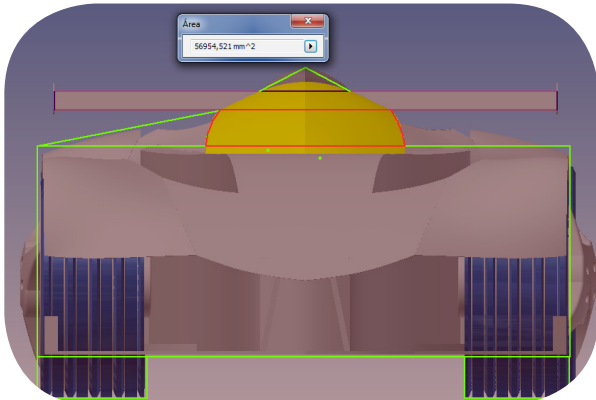
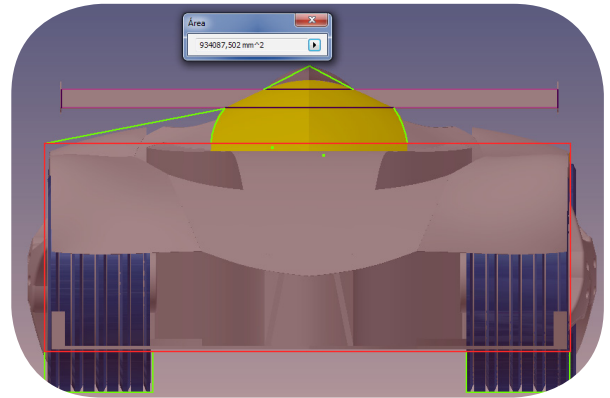
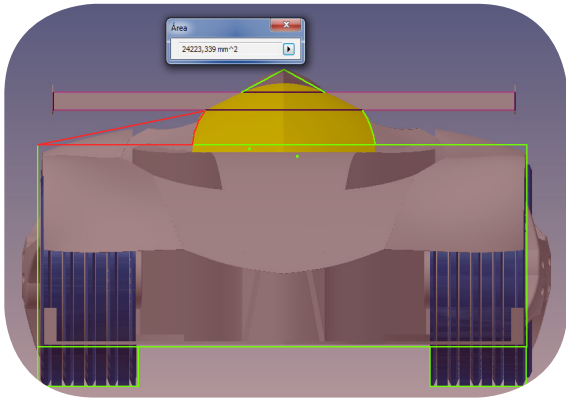




#### Superficie frontal

Para calcular la superficie frontal se realiza mediante el programa Autodesk Inventor, y tras realizar el sumatorio de todas las superficies frontales proyectadas se obtiene que:

Superficie frontal (A)= 1.5m<sup>2</sup>



#### Cálculo de Cx

Una vez obtenidos todos los factores necesarios es el momento de calcular el Cx del coche y observar la mejora aerodinámica que se ha realizado sobre este.

**Resistencia aerodinámica:**

$$R = \frac{1}{2} \rho \times v^2 \times A \times C_x$$

$$210(R) = \frac{1}{2} 1.2(\rho) \times 784(V^2) \times 1.5(A) \times C_x$$

$$\underline{C_x = 0.29}$$

Es por ello que se ha realizado una mejora sustancial del coche debido a que el Cx obtenido en el primer diseño era de 0.37.

En esta fase se realiza una comparativa entre la superficie, resistencia y el Cx de los coches diseñados así como el porcentaje de mejora aerodinámica realizado.

### 3.6.1 Comparativa superficial

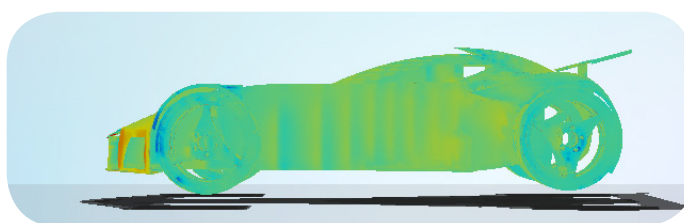
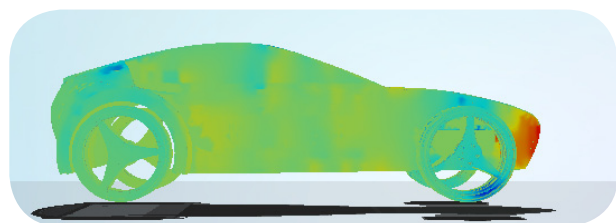
Una de las premisas para mejorar la aerodinámica del coche era reducir la superficie frontal del coche para que este ejerza menos resistencia al aire cuando el coche está en movimiento.

COCHE	FRONTAL	SUPERFICIE	ALTURA
Michelin	Lineas rígidas	2.3m <sup>2</sup>	1.5m
Coche rediseño	Líneas suaves	1.5m <sup>2</sup>	1m

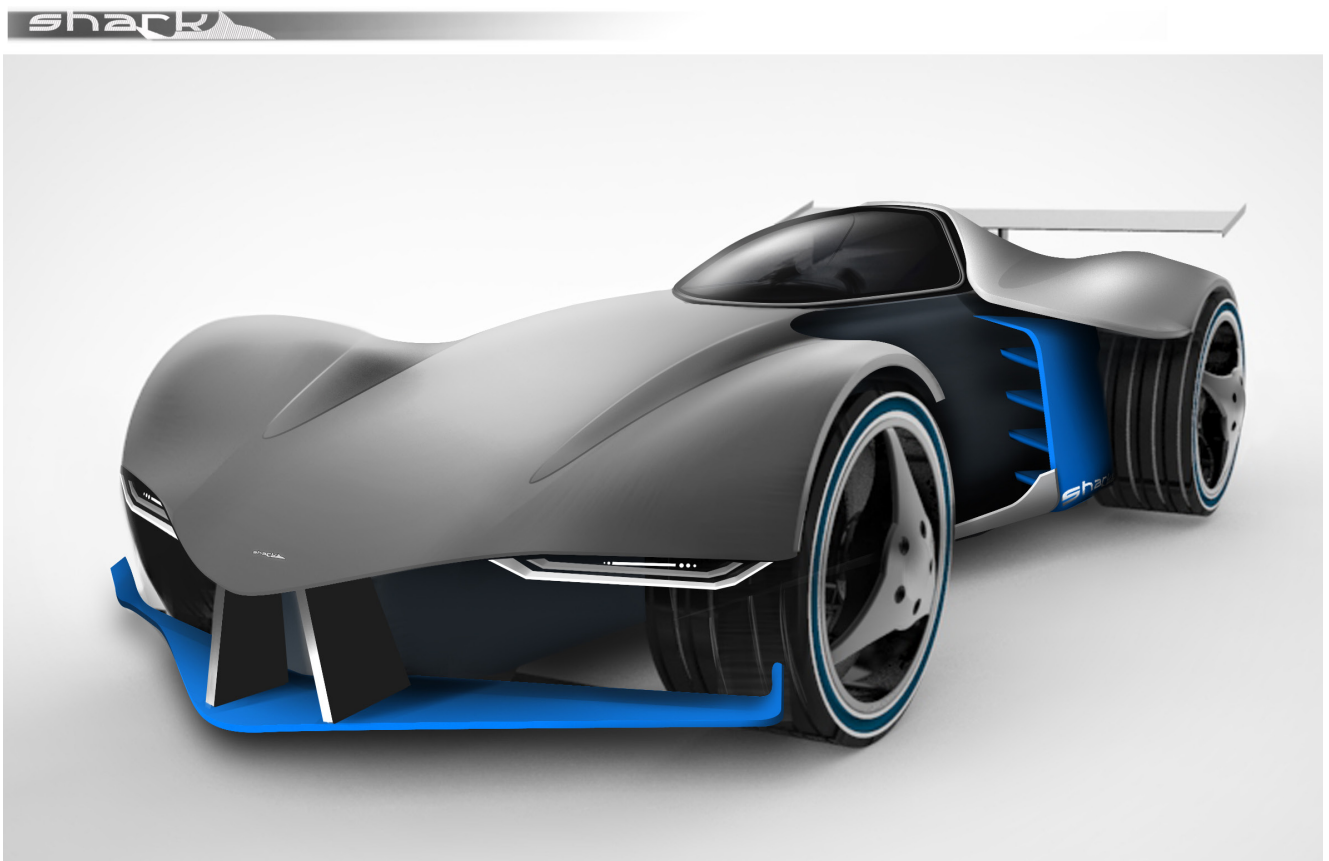
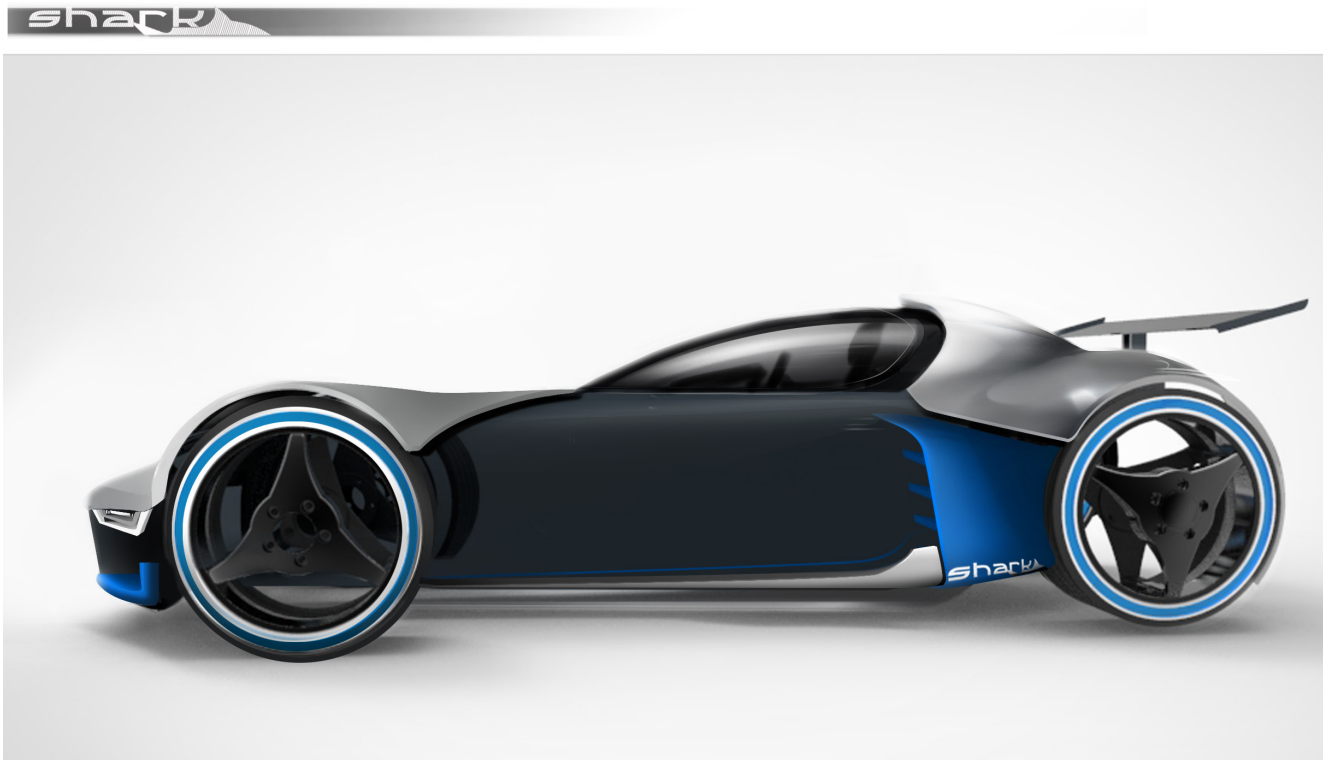
### 3.6.2 Comparativa aerodinámica

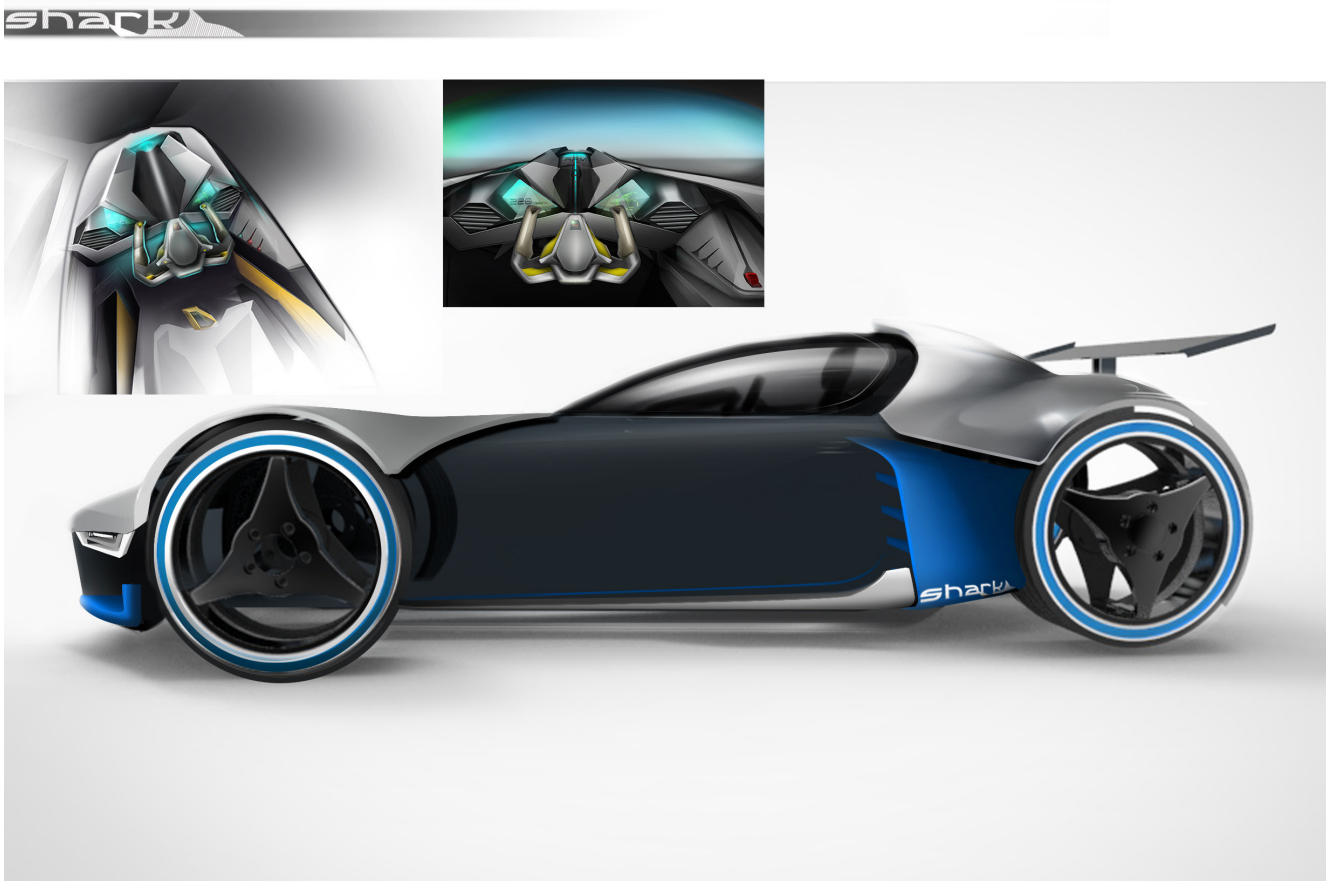
Para finalizar el estudio aerodinámico se realiza una comparativa entre los cálculos aerodinámicos realizados en el coche diseñado para el concurso Michelin Challenge Design y el rediseño realizado posteriormente para mejorar la aerodinámica de este coche.

	COCHE MICHELIN	COCHE REDISEÑO	MEJORA AERODINÁMICA
Resistencia al aire	400N	210 N	47.5%
Cx	0.38	0.29	22.7%



### 3.6.3 Renders y paneles finales







# Conclusiones

El método de trabajo para llevar a cabo este proyecto, ha sido diferente al de otros proyectos realizados ya que por una parte se ha diseñado un coche para el concurso Michelin Challenge Design y por otro lado se ha rediseñado dicho coche para mejorarlo aerodinámicamente.

Este proyecto me ha ayudado a comprender la metodología llevada para el diseño de coches y entender su complejidad para desarrollar un coche para un concurso de nivel internacional.

Este proyecto lo valoro de una forma positiva ya que me ha ayudado a mejorar mis capacidades de diseño y mejorar mi portfolio de cara a encontrar trabajo.

He mejorado en algunos aspectos de diseño como el modelaje 3D la fase de sketch además de desarrollar mis aptitudes para el renderizado.

Se ha desarrollado un concept car para el concurso Michelin, en una primera parte del proyecto, y luego se ha realizado un estudio aerodinámico y un rediseño del mismo para mejorar la resistencia aerodinámica.

Se ha planteado la solución conceptual del salpicadero, volante y asiento, además de realizar un estudio ergonómico del interior del coche.

La evolución formal de cada concepto se ha desarrollado de una manera diferente, ya que en el primer diseño la premisa era desarrollar un coche para el 2030, el cual debía de expresar la idea de pasión por conducir. El segundo concepto se ha desarrollado para mejorarlo aerodinámicamente y adecuarlo a los tiempos de hoy en día.

La realización de un proyecto de mayor alcance y duración me ha ayudado a organizar los tiempos y tareas de una manera más específica y seria, ya que de no haber sido así, la consecución de dicho proyecto hubiera sido más ardua y duradera.

Llevar a cabo un proyecto de tales dimensiones, y con un producto tan complejo como es un coche, me ha dado la suficiente confianza como para salir al mundo laboral con buenas sensaciones, ya que el abanico de productos diseñados es muy amplio, desde productos sencillos como una huevera hasta máquinas de cierta complejidad como un gadget o, en este caso, aunque sin llegar a un desarrollo total, un coche.

# Bibliografía

## Soporte físico

### Libros

H Point. The fundamentals of car design and packaging by Stuart Maceg with Geoff Wardle

A creativity-based design process for innovative product design (Shih-Wen Hsiao and JuhRong Chou, Taiwan)

Concept Cars. El diseño del futuro by Richard Dredge

### Artículos

Aerodinámica y análisis aero pos rig en coches de competición

Design team details the development cars by Tom Phillips

A robust design approach for enhancing the feeling quality of a product: a car profile case study (Hsin-Hsi Lai, Yu-Ming Chang, Hua-Cheng Chang)

## Soporte físico

GOOGLE

[www.carbodydesign.com](http://www.carbodydesign.com)

WIKIPEDIA

[www.forocoches.com](http://www.forocoches.com)

Página oficial de Michelin  
([www.michelin.com](http://www.michelin.com))

Página oficial de Autodesk  
[www.autodesk.com](http://www.autodesk.com)

[www.debate.coches.net](http://www.debate.coches.net)

[www.ccardesign.com](http://www.ccardesign.com)