



UNAM -Facultad de Arquitectura  
CIDI - Facultad de Ingeniería

Propuesta de  
**Diseño de Volante**

Tesis Profesional que para obtener el Título de  
Diseñadora Industrial

Presenta  
**Jessica Isabel Hernández Suárez**

Director de Tesis  
D.I. Roberto Gonzáles Torres

CIUDAD DE MÉXICO      2018





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.





UNAM -Facultad de Arquitectura  
CIDI - Facultad de Ingeniería



# PROPUESTA DE DISEÑO DE VOLANTE



Reporte de Investigación que para obtener el  
Título de Diseñadora Industrial Presenta



**Jessica Isabel Hernández Suárez**

Director de Tesis  
D.I. Roberto Gonzáles Torres

Asesores de tesis  
M.D.I. Hector Lopez Aguado Aguilar  
M.I. Mariano Garcia del Gallego  
M.I. Claudio Hansberg Pastor  
D.I. Agustin Moreno Ruiz

AÑO DE IMPRESION 2018





UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

Coordinación de Exámenes Profesionales  
Facultad de Arquitectura, UNAM  
**PRESENTE**

**EP01** Certificado de aprobación de  
impresión de Tesis.

El director de tesis y los cuatro asesores que suscriben, después de revisar la tesis del alumno

NOMBRE **HERNANDEZ SUAREZ JESSICA ISABEL** No. DE CUENTA **307167932**

NOMBRE TESIS **DISEÑO DE UN VOLANTE SAE**

OPCION DE TITULACIÓN **ACTIVIDAD DE INVESTIGACIÓN**

Consideran que el nivel de complejidad y de calidad de **EL REPORTE DE INVESTIGACION**, cumple con los requisitos de este Centro, por lo que autorizan su impresión y firman la presente como jurado del

**Examen Profesional que se celebrará el día** \_\_\_\_\_ **a las** \_\_\_\_\_ **horas.**

Para obtener el título de **DISEÑADORA INDUSTRIAL**

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
Ciudad Universitaria, D.F. a 14 de septiembre de 2018

NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE D.I. ROBERTO GONZALEZ TORRES	
VOCAL M.D.I. HÉCTOR LÓPEZ AGUADO AGUILAR	
SECRETARIO ING. MARIANO GARCIA DEL GALLEGO	
PRIMER SUPLENTE M.I. CLAUDIO HANSBERG PASTOR	
SEGUNDO SUPLENTE D.I. AGUSTIN MORENO RUIZ	

ARQ. MARCOS MAZARI HIRIART

Vo. Bo. del Director de la Facultad





**Declaro que este proyecto de tesis es totalmente de mi autoría y que no ha sido presentado previamente en ninguna otra Institución Educativa y autorizo a la UNAM para que publique este documento por los medios que juzgue pertinentes”.**



## Objetivo

Diseñar un volante para un auto Formula SAE.



# Indice

---

## I. Introducción

- Formula SAE y escudería UNAM Motorsport.
- Autos de la escudería UNAM Motorsport.
- Objetivos.

7

## 19 II. Antecedentes para el diseño de un auto Formula SAE

- Sistemas en un auto de carreras.
- Reglamentación.
- Controls y Cockpit

## III. El volante anterior

- Formula SAE vs Formula 1.  
*El piloto.*  
*Análisis de un volante.*
- El volante anterior y diseño de ingeniería.

31

## 45 IV. Diseño de un nuevo volante

- Reacomodo de componentes
- Investigación de materiales.
- Piloto y volante
- Diseño

## V. Resultados

- Mi experiencia
- Anexos

*Reglamento, planos, fotos de la competencia.*

87



## Resumen

El objetivo principal del diseño de este volante es mejorar la interacción entre el piloto y el auto para poder satisfacer las necesidades del piloto y mejorar su rendimiento durante la competencia, adecuando su sistema de producción, materiales, valores dentro los lineamientos de la competencia.

Se realizaron estudios y practicas con grupos multidisciplinarios, de entre los cuales, se tuvo la colaboración de estudiantes de ingeniería mecánica, mecatrónica, industrial, química y compañeros, profesores de la UNAM y personal de diversas instituciones del sector automotriz.

La recopilación para la investigación documentada consiste en entrevistas, esquemas, libros, videos, pruebas de reacción, para sustentar el diseño para los pilotos de la escudería UNAM MOTORSPORTS.

En el aspecto productivo y funcional se adaptaron todas las piezas de acuerdo con los métodos de producción y patrocinios disponibles de los patrocinadores; se emplearon análisis diversos de: hapticidad, memoria muscular, colores, texturas para generar una memoria táctil en piloto y favorecer su desempeño.





## Agradecimientos

Gracias a mi padres por su apoyo durante todo este tiempo, a mi profesores que supieron aconsejarme y guiarme durante todo este proceso, a mis compañeros de equipo que hicieron esto posible y a mis amigos que no dejaron de creer en mi

La dedico a esas personas tan importantes que ya no estan conmigo y que me dieron amor

A Francisca y Alese



## Formula SAE y escudería UNAM MOTORSPORTS

Formula SAE es una competencia en diseño de ingeniería para estudiantes donde el objetivo es crear y construir un auto deportivo monoplaza tipo Formula 1, con el mejor paquete aerodinámico, de manufactura, desempeño y costo.

Dentro de la competencia de Formula SAE se promueven las carreras universitarias, especialmente Ingeniería y Diseño ya que esta abarca todos los aspectos del diseño automotriz, incluyendo la investigación, diseño, fabricación, pruebas, desarrollo, comercialización y finanzas.

Los estudiantes interesados en el desarrollo automotriz especialmente ingenieros y diseñadores aplican la filosofía de "Aprender haciendo", la teoría aprendida en el aula. Todos ellos durante su formación adquieren una gran experiencia en diferentes áreas, como liderazgo, administración, trabajo en equipo e innovación. Por lo tanto, estos equipos, de estudiantes ya organizados participan en la competencia, desarrollando un auto para Formula SAE la escudería UNAM Motorsports.

Para entrar a la competencia se debe generar una compañía de manufactura ficticia que está contratada para diseñar un auto tipo Fórmula 1 de carreras y su prototipo. Este auto es evaluado por su potencial de producción dentro de una empresa real, dentro de la cual los alumnos del equipo diseñan, construyen y prueban el prototipo. Para el diseño del auto se siguen una serie de reglas cuyo propósito es asegurar que éste cumpla con las condiciones según la normatividad de la sede de la competencia.



Fig 1. Prototipo UM-426 en la competencia de Lincoln Nebraska

## **PRUEBAS DE LA COMPETENCIA**

Durante la competencia el jurado conformado por expertos y especialistas de la industria en diseño automotriz, aeroespacial y otras, someten al auto y al piloto a una serie de pruebas dinámicas y estáticas para las que el equipo se prepara.

### **PRUEBAS ESTÁTICAS**

#### **COST REPORT** (reporte de costos).

En esta evaluación se revisa qué tan económica y precisa fue la construcción del auto donde cuentan los siguientes procesos; manufactura, selección de materiales, automatización, control de calidad y la facilidad de producción de las piezas.

#### **DESIGN**

En el evento de presentación del auto, el jurado interactúa con cuatro miembros de la escudería realizando preguntas con base en el reporte enviado por el equipo al terminar la fase de diseño, los jueces profundizan en la toma de decisiones que llevó a desarrollar el diseño, construcción y manufactura del auto, tales como:

1. Uso o preferencia de materiales y procesos de manufactura
2. Uso de CAD's (Solidworks, CATIA, STAR CCM, Hiper Works, Maple, Matemática, Hipper Mesh, etc.)
3. Determinación los parámetros de diseño
4. Rediseño de elementos y sus fallos
5. Procesos nuevos aplicados
6. Avances de la escudería en cuanto a prácticas de ingeniería llevadas a cabo en las pruebas previas a la construcción del prototipo
7. Nuevos elementos experimentación

#### **PRESENTATION EVENT** (evento de presentación)

Aquí los competidores hacen una presentación a ejecutivos de nivel superior de una empresa imaginaria. La presentación debe vincular todos los factores que podrían influir en la comerciabilidad, la viabilidad de fabricación y la rentabilidad en cuanto al mantenimiento del vehículo. Debe incluir una comprensión del mercado al que va dirigido: a los pilotos no profesionales, definidos como "corredores de autocross de fin de semana". Para cada evento es posible sumar un máximo de mil puntos distribuidos entre varias pruebas, así como mostrar cómo el diseño que realizó el equipo cumple con los requisitos para cada uno de los puntos requeridos.

#### **TECNICAL INSPECTION** (inspección técnica)

El inspector se encarga de comprobar que el auto cumpla los lineamientos por medio de una revisión exhaustiva de todo el auto montando y desmontando carrocería, revisando el calibre del chasis, las "templates" que se encargan de ver los espacios internos y las dimensiones de todos los elementos del tren motriz, así como que el piloto pueda salir en menos de cinco segundos del auto teniendo puesto todo el equipo de seguridad.

- **Mechanical Scrutineering** (Escrutinio mecánico) consiste en la verificación de que el equipo consta con todo el equipamiento para estar en la competencia.
- **Tilt Table Testing** (Prueba de mesa inclinable) consta en subir el auto a una plataforma que inclina el auto a 45° y 60° para verificar que no derrame líquidos o se voltee.
- **Brakes Test** (Prueba de frenado) consiste en ver el tiempo y la reacción de frenado.
- **Noise Test** (Prueba de ruido) se evalúa que el sonido del auto no rebase los 110 decibeles.

Una vez que el auto ha aprobado la inspección técnica se le permite presentar las pruebas dinámicas más importantes, ya que da más puntos a la evaluación, que son:

### **PRUEBAS DINÁMICAS**

- **Acceleration** (Aceleración). Se toma el tiempo en que el auto recorre 75 m del punto de partida a la línea límite.
- **Skid Pad** (Aceleración lateral). Su objetivo es medir la capacidad máxima de viraje del auto dando 2 vueltas a la derecha y 2 a la izquierda. Esta medición se realiza dos veces y cada recorrido ocupa un piloto diferente.
- **Autocross** (Circuito de pruebas). Manejo del auto en un recorrido de 800 metros que se practica 2 veces, en cada recorrido se usa un piloto diferente
- **Endurance and Fuel Efficiency** (Resistencia y eficiencia de combustible). Durabilidad donde el auto corre 2 vueltas en un circuito ratonero de 11 km, para evaluar la durabilidad del auto y el consumo de gasolina. En cada vuelta se cambia de piloto.

### **CALIFICACIÓN**

Al final las puntuaciones obtenidas en las pruebas se suman dando la calificación final del auto.

#### Máxima puntuación de pruebas estáticas:

Technical Inspection	Sin puntos
Cost and Manufacturing	100 puntos
Presentation	75 puntos
Design	150 puntos

#### Máximas puntuaciones de las pruebas dinámicas:

Acceleration	75 puntos
Skid pad	50 puntos
Autocross	150 puntos
Efficiency	100 puntos
Endurance	300 puntos

## Autos de la escudería UNAM Motorsport

La historia de la escudería nos ayuda a entender como ha evolucionado el proyecto y los resultados obtenidos dentro de la competencia, los problemas recurrentes y los avances.

### PRIMERA PARTICIPACIÓN FORMULA SAE CON LA ESCUDERÍA UNAM MOTORSPORTS 2010

Para la primera participación en Formula SAE, sede California año 2010, la ESCUDERÍA UNAM MOTORSPORTS estaba en formación y tardo dos años en fabricar su primer prototipo, debido a la falta de experiencia en el proceso de desarrollo de proyectos de esta magnitud y la falta de patrocinio. Este auto fue diseñado con un chasis tubular y carrocería de fibra de vidrio de 8 capas. Fabricándose así para asegurar la resistencia de los componentes durante las pruebas dinámicas, lo cual hizo que fuera muy pesado y no se aprovechara la potencia del motor. Tuvo un mes de pruebas antes de la competencia, lo cual dio al equipo confianza en el diseño, pese a sus fallos. El auto tuvo una participación completa en las pruebas *estáticas, dinámicas y de resistencia*, logrando así una participación sobresaliente, posicionándose en el puesto 26 de la tabla general mostrándose como el mejor equipo mexicano y latinoamericano, obteniendo el premio al Novato del año (William C. Rookie Award). (unammotorsports. (2018). Retrieved from <http://www.unammotorsports.com/>)

**Año de la competencia: 2010**  
**Sede: California**  
**Prototipo: UM-311**  
**Número de competencia: 1.º**  
**Tiempo de desarrollo: 2 años**  
**Patrocinadores: ICAT,**  
**Facultad de Ingeniería, Bosch.**



Fig 2. Prototipo UM-311 en el Circuito de California

## SEGUNDA PARTICIPACIÓN ESCUDERIA UNAM MOTORSPORTS 2011

### Diseño y Fabricación

Se hizo en menor tiempo, por lo tanto, se manejó como una iteración del UM-311 tratando de solucionar sus fallos y ajustar los elementos sobrados, lográndolo al quitar las cubiertas laterales, los "sidepods" y la tapa del motor lo que influyó en el sistema de refrigeración y el mantenimiento del auto. Debido a los ajustes de peso, el cambio de diferencial y otros elementos que se diseñaron con mayor precisión, mejoró el desempeño del motor y la potencia del auto.

### Fallos

El UM-362 el tiempo disponible para manufactura no permitió comprobar los ajustes del auto tampoco pudo probarse el coche en circuito, motivos por los cuales la escudería no tenía la misma confianza que la del año anterior; perdió 16 puestos de la competencia 2010 a la 2011.

### Logros

Obtuvo los reconocimientos como el primer equipo mexicano entre otros y el auto más potente, quedando en la posición 42 de 84 de las mejores universidades que participaron ese año. (unammotorsports. (2018). Retrieved from <http://www.unammotorsports.com/>).

**Año de la competencia: 2011**  
**Sede: California**  
**Prototipo: UM-362**  
**Número de competencia: 2.º**  
**Tiempo de desarrollo: 1 año**  
**Patrocinadores: CIDI,**  
**Facultad de Ingeniería y Bosch**



Fig 3. Prototipo UM-362 en el Circuito de California

## TERCERA PARTICIPACIÓN

### Diseño y Fabricación

En la competencia 2012, con sede en Lincoln Nebraska, al auto diseñado UM513 se cambió la apariencia, del negro y rojo, utilizados en los primeros dos prototipos, por el blanco perlado, el azul eléctrico y gris metálico, donados por Dupont, quien se encargó de la pintura de la carrocería del auto. El cambio en la carrocería pierde las líneas rectas características de la nariz del UM-311 y del UM-362, dando paso a una figura más curvada que se ve reflejada en la tapa del motor y la línea de la carrocería que bordea el habitáculo.

### Logros

La escudería UNAM MOTORSPORT siguió en su posición como el mejor equipo mexicano y segundo latinoamericano, además se le reconoció como uno de los prototipos más estéticos de la competencia.

(unammotorsports. (2018). Retrieved from <http://www.unammotorsports.com/>).

**Año de la competencia: 2012**

**Sede: Lincoln Nebraska**

**Prototipo: UM-513**

**Número de competencia: 3.º**

**Tiempo de desarrollo: 1 año**

**Patrocinadores: ICAT,**

**Instituto de Ingeniería, CIDI, Dupont, SEFI.**



Fig 4. Prototipo UM-513 en el Estadio Universitario



## CUARTA PARTICIPACIÓN

### Diseño y Fabricación

Con el UM-552 se consolidó una identidad de marca con los colores blanco perlado, azul eléctrico y gris metálico; también retomaron las líneas de la nariz de los primeros autos UM-311 y UM-362 y las armonizan con la línea del área de cockpit (habitáculo del piloto) y los sidepods (toberas laterales). Se implementan como forma de manufactura la impresión 3D para algunas piezas como el volante y algunos soportes.

### Fallos

La carrocería siguió siendo de fibra de vidrio y resina, lo cual la dejó como uno de los elementos más pesados del auto.

### Logros

Siguió manteniendo su lugar como mejor equipo mexicano y segundo mejor latinoamericano, teniendo presencia en todas las pruebas dinámicas y categorizado como uno de los más bellos.

(unammotorsports. (2018). Retrieved from <http://www.unammotorsports.com/>).

**Año de la competencia: 2013**

**Sede: Lincoln Nebraska**

**Prototipo: UM-524**

**Número de competencia: 4.º**

**Tiempo de desarrollo: 1 año**

**Patrocinadores: Bosch, ICAT, Instituto de Ingeniería, Diseño Industrial, Dupont, SEFI, Kuo, DAI, Axalta; JM Tor Par, Publi Tec, CD Adapco.**

Fig 5. Prototipo UM-524 frente a Biblioteca Central

## QUINTA PARTICIPACIÓN

### Diseño y Fabricación

Con el diseño del auto UM-515 se experimentaron nuevos métodos de manufactura, como el proceso de infusión de materiales en Kevlar, fibra de carbono y fibra de vidrio, corte láser, corte por chorro de agua, CNC de 3 y 5 ejes para la fabricación de piezas y maquinado tanto en acero como en aluminio.

### Fallos

Al experimentar con estos nuevos métodos, se retrasó el proceso de manufactura, puesto que hubo que hacer un gran número de ajustes. Este auto no tuvo tiempo de prueba y afrontó una gran cantidad de problemas en la competencia. No pudo completar las pruebas dinámicas y pasar a "endurance".

### Logros

La carrocería disminuyó un total de 11kg con respecto al UM-552 debido a los cambios en materiales y en manufactura. Aún así, siguió como el mejor equipo mexicano y dentro de la competencia se posicionó en el lugar 336 dentro del ranking mundial.

(unammotorsports. (2018). Retrieved from <http://www.unammotorsports.com/>).

**Año de la competencia: 2014**

**Sede: Lincoln Nebraska**

**Prototipo: UM-515**

**Número de competencia: 5.º**

**Tiempo de desarrollo: 1 año**

**Patrocinadores: Bosch, National Instruments, Continental, Chrysler, JL láser, Calspan, Morph, Kuo, CD Adapco, MSC Software, TESIS DYNA ware, Maribel Muñoz Galindo.**



Fig 6. Prototipo UM-515 en la sede de Lincoln

## SEXTA PARTICIPACIÓN

### Diseño y Fabricación

El UM-426 fue el primer prototipo que experimentó con cargas aerodinámicas y que redirigió de forma eficiente el flujo de aire hacia el sistema de enfriamiento. También hace uso de software para calcular la vibración y las resistencias de los materiales para emplear el proceso de infusión en fibra de vidrio, aramidas y fibra de carbono.

### Fallos

Tuvo problemas con el motor y con los frenos (se bloqueó una llanta).

### Logros

Fue el primer auto en tener una telemetría funcional, lo cual le dió una gran puntuación en innovación. Se mantuvo como el mejor equipo mexicano y segundo latinoamericano, además de obtener el tercer lugar en reporte de costos, onceavo lugar de presentación de proyecto y una notoria mejoría en las pruebas estáticas.

**Año de la competencia: 2015**

**Sede: Lincoln Nebraska**

**Prototipo: UM-426**

**Número de competencia: 6.º**

**Tiempo de desarrollo: 1 año**

**Patrocinadores: Bosch, National Instruments, Continental, FCA, JL láser, Calspan, Morph, Kuo, CD Adapco, MSC Software, TESIS DYNA ware, J JM, MOTUL, LOZADA, FERRUM, Fundación UNAM, NOMMO, Del Río Power, FUSIÓN, Solid Works, PMM, DimE, 3M, Dupont, ACA Police.**



Fig 7. Prototipo UM-426 frente al MUAC

## SÉPTIMA PARTICIPACIÓN

### Diseño y Fabricación

En este prototipo UM-467, se manufacturó toda la carrocería en fibra de carbono bajo el proceso de infusión, a pesar de usar este material el equipo decidió mantener la identidad lograda con los tres autos anteriores, manteniendo los rasgos de la carrocería, tales como la nariz y los "sidepods" así como los tres colores en la misma. El chasis permaneció en azul eléctrico.

### Fallos

El auto tuvo problemas con el motor durante la competencia, por lo cual no presentó la prueba de endurance.

### Logros

Fue el primer prototipo en tener paquete aerodinámico que incluía un difusor trasero de cinco canales y un piso plano que generaba el flujo de aire para la carga aerodinámica. El equipo se mantuvo como el mejor equipo mexicano, logrando la posición número 20 en las pruebas estáticas y la participación en pruebas dinámicas.

Este año aumento de forma considerable el numero de patrocinadores del equipo.  
(unammotorsports. (2018). Retrieved from <http://www.unammotorsports.com/>).

**Año de la competencia: 2016**

**Sede: Lincoln Nebraska**

**Prototipo: UM-467**

**Número de competencia: 7.º**

**Tiempo de desarrollo: 1 año**

**Patrocinadores: Bosch, National Instruments, Continental, FCA, JL láser, Calspan, Morph, Kuo, MSC Software, TESIS DYNA ware, J JM, MOTUL, FERRUM, Fundación UNAM, NOMMO, Del Río Power, Solid Works, PMM, 3M, Dupont, ACA Police, Racing Colors, Bolton Works, BOCAR GROUP, AEM, Ovi-GRADE, SAGE, AVL, Cortina Motorworks, AIRTECH, Ricardo, SIEMENS, UNI-T, AG, Razor Robot Design, Exprint3R, Wagon BLEU, Logify, Grupo CURTO.**



Fig 8. Prototipo UM-467 en la pista de pruebas

# Objetivos

## Objetivo General de la Escudería

El objetivo del desarrollo del auto UM-426 fue participar en la competencia de Formula SAE con sede en Lincoln Nebraska 2015 y acreditar todas las pruebas y tratar de quedar dentro del top 10. Para llevar a cabo el diseño del UM-426 se estudiaron los pros y contras del desempeño de la competencia anterior, llevada a cabo en la temporada 2014 con el auto UM-515. Al analizar el diseño de este auto, fueron corregidos todos los fallos que tuvo el UM-515, de tal manera que el diseño fuera superior y quedara en mejor posición.

## Objetivos para la iteración del UM-426

- Reducir el peso ó tener un máximo de 210 kg.
- Participar en las pruebas dinámicas y terminirlas satisfactoriamente.
- Terminar Endurance.
- Tener al menos 3 meses de pruebas.
- Validar los diseños con análisis por computadora.
- Validar diseños en físico (pruebas e instrumentación).
- Integrar los sistemas.
- Garantizar manufactura precisa y económica, preferentemente patrocinada.
- Ganar Lincoln 2015

## Objetivos personales

Apasionada por las carreras de autos, busqué tener la experiencia de estar en una escudería y participar en el desarrollo de un prototipo de auto de carreras y contribuir con mi trabajo en el diseño, confort y la seguridad al piloto, mejorar la estética del auto y conocer mas de materiales compuestos, del funcionamiento y producción de un prototipo.



# Sistemas en un auto de carreras

## ANTECEDENTES

Para entender como desarrollar un auto de esta índole es importante conocerlo a fondo y, con esto, las funciones de sus sistemas. Los sistemas de un auto tipo F1 se dividen en secciones para poder repartir el trabajo de acuerdo a la especialidad de cada grupo de ingeniería, y se tengan los requerimientos específicos de lo que se necesita en resistencia a torsión, fricción, compresión, etc. Igualmente, se requiere un estudio muy detallado para cada área de diseño, lo mismo pasa en nuestra escudería. La información de el siguiente capítulo fue tomada de los Archivos internos del Escudería UNAM MOTORSPORTS

### Descripción de los sistemas:

#### 1. Frame (chasis).

Su principal objetivo es brindar rigidez y estructura en sus soportes. Con esto se da seguridad y protección al piloto y al motor, debe de tener el menor peso posible para permitir a la suspensión desarrollar la mejor maniobrabilidad. Se debe construir el frame de tal manera que no se deforme y a su vez absorba las vibraciones de la suspensión.

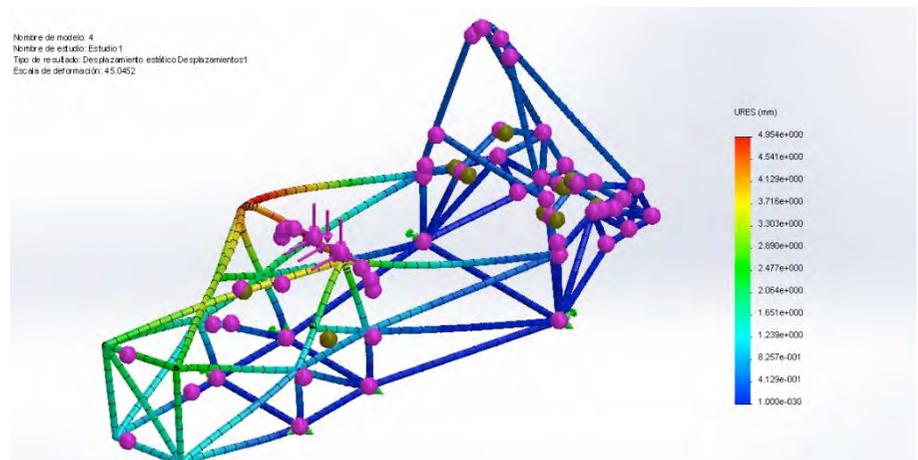


Fig 9. Iteración número 4 del Frame

#### 2. Suspensión

Este sistema actúa entre el chasis y las ruedas, las cuales reciben de forma directa las irregularidades del terreno. En este caso, los integrantes del sistema de suspensión también se encargan del desarrollo de la dirección del auto, considerándolo como una pieza clave de su geometría. Esto es básico para el diseño del volante. Igualmente la suspensión misma que nos indica las coordenadas sobre las cuales vamos a poder diseñar el auto.

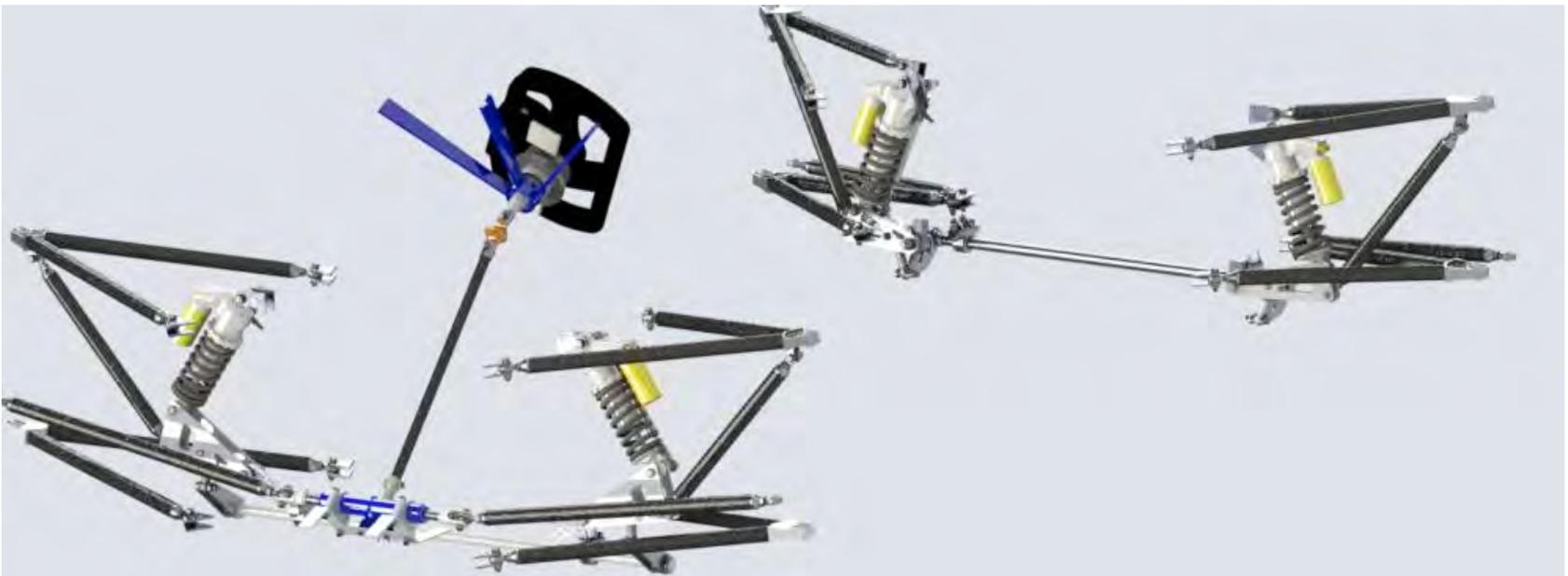


Fig 10. Suspensión Pull delantera, columna de dirección y suspensión Push trasera

### 3. USM (Masa no suspendida)

En un vehículo con suspensión, la USM está constituida por la amortiguación, ruedas y otros componentes directamente conectados a la misma, como rodamientos, neumáticos, amortiguadores y los frenos del vehículo. La USM de una rueda influye tanto en su capacidad de seguir irregularidades, como en el aislamiento de las vibraciones.

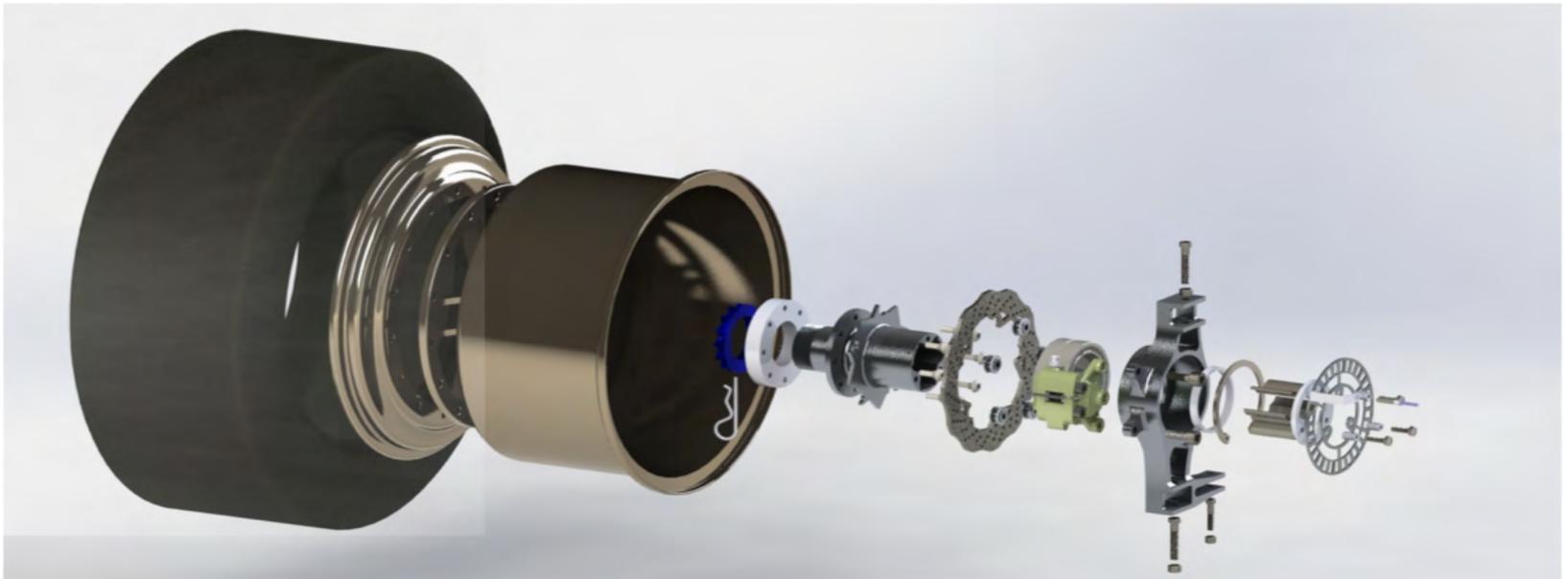


Fig 11. Despliegue de los elementos de la Masa no suspendida dentro de la llanta

### 4. Engine (motor).

Es uno de los sistemas más importantes y se encarga de:

- a) El buen estado y las modificaciones físicas de este, como el cambio de inyectores.
- b) Hacer el mapeo del motor que sirve para controlar la mezcla estequiométrica (la proporción ideal de aire y combustible), la chispa y el tiempo de consumo que, de tal forma, este entregue su mejor rendimiento y potencia según las condiciones de pista.

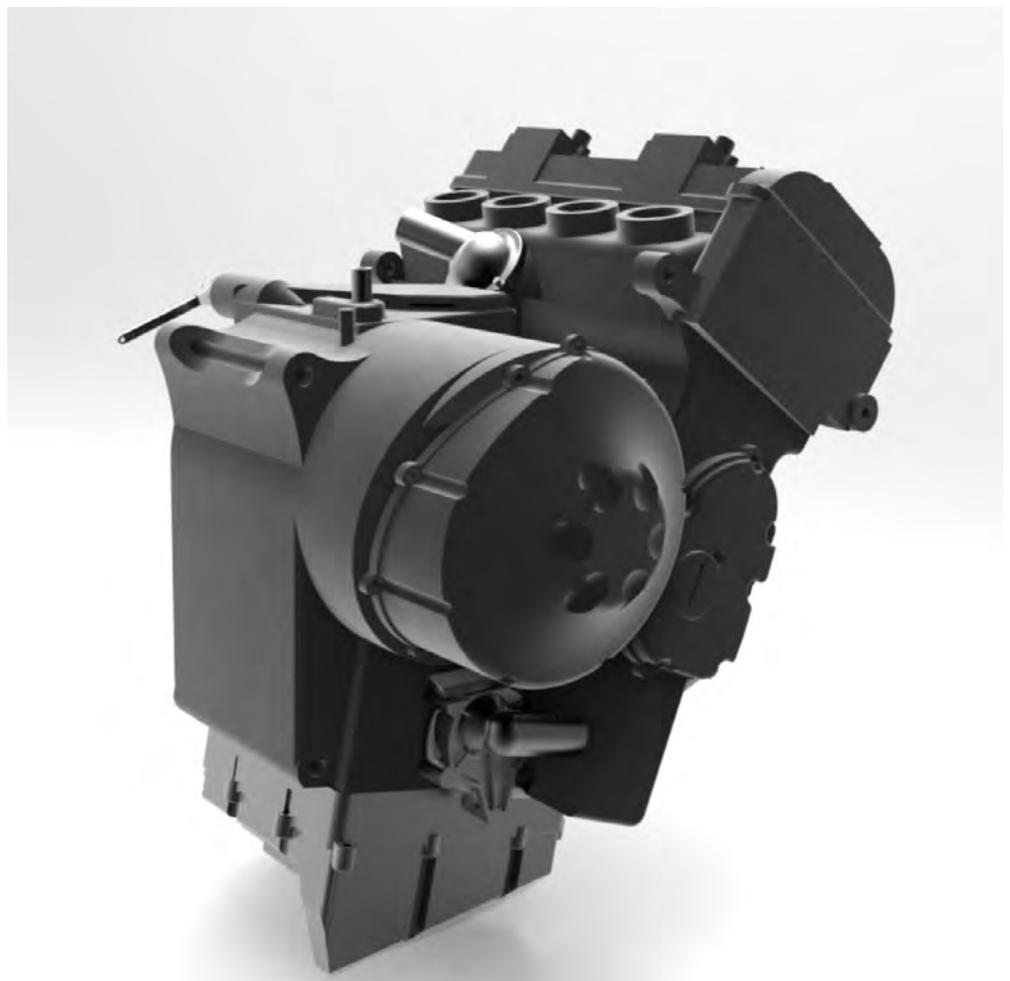


Fig 12. Motor de Yamaha 600 usado en el UM-426

## 5. Drivetrain (Transmisión).

Su objetivo es transmitir con la mayor eficiencia posible la energía que entrega el motor hacia las llantas traseras del auto (tenemos tracción trasera).

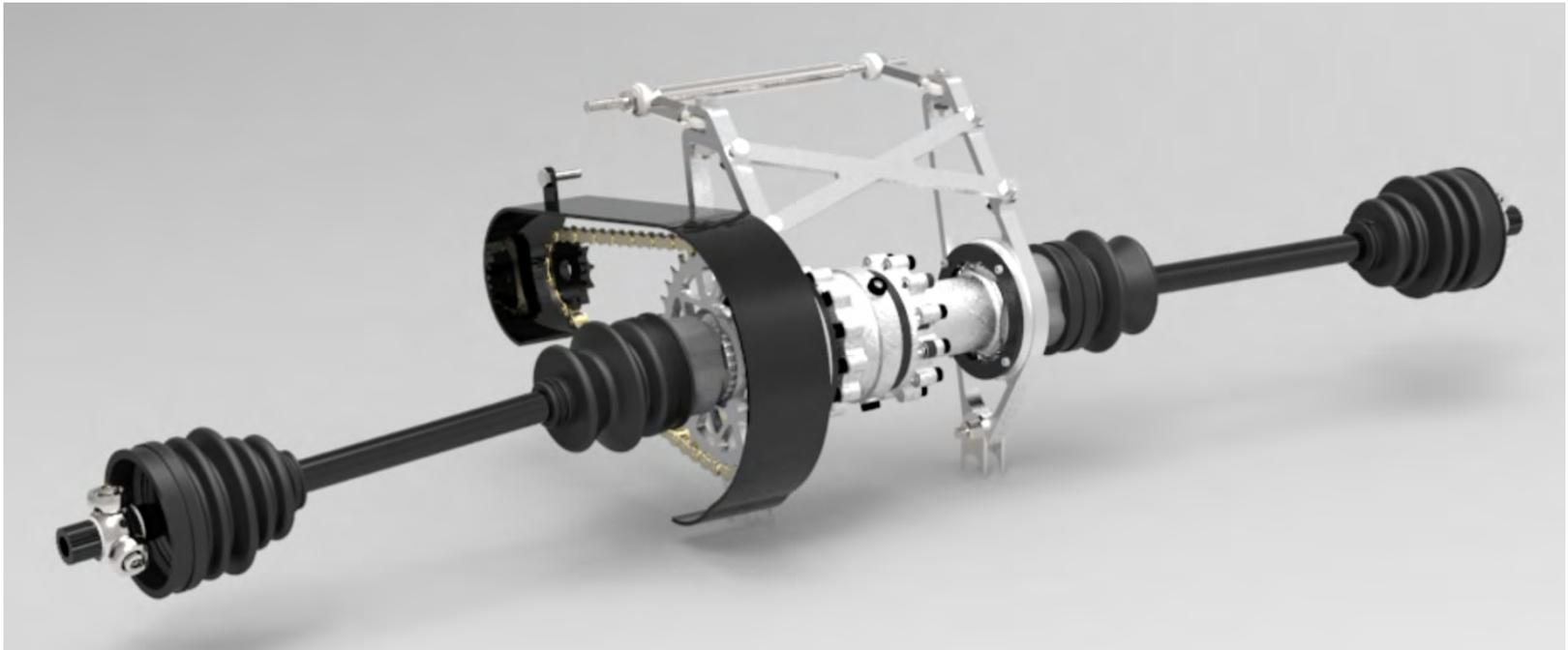


Fig 13. Ensamble del tren motriz del auto

## 6. Data Acquisition (adquisición de datos).

El sistema de adquisición de datos es un sistema pasivo que interactúa con la gran mayoría de los sistemas del auto a través de sensores, los cuales son sumamente delicados por lo que en el diseño se busca que cada sistema tenga la sujeción óptima de estos sensores para garantizar su seguridad y, de esta manera, se logre una lectura fidedigna. En las pruebas del vehículo, Data Acquisition, se encarga de rectificar el funcionamiento de todo el auto, su desempeño y registrar el tiempo donde suceden los fallos para poder hacer ajustes y mejoras.

Gracias al hardware de National Instruments, ha crecido la cantidad de sensores en el vehículo proporcionando la mayor cantidad de herramientas al piloto y desarrollando sistemas de control de arranque, entre otras.

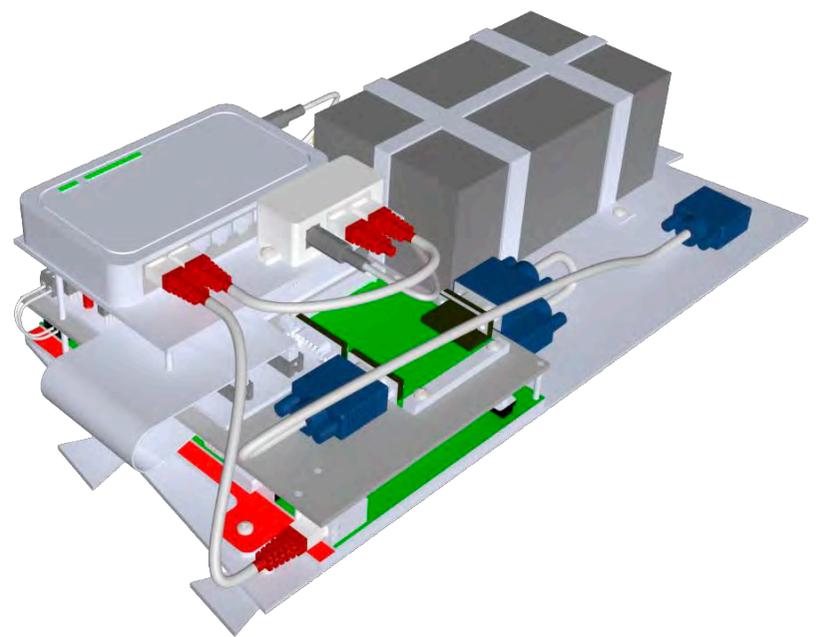


Fig 14. Modelado 3D del empaquetamiento de Data



Fig 15. Modelado 3D del exhaust

## 8. Intake & Exhaust (Admision y escape).

El trabajo del sistema de admisión (Intake) es regular el flujo de aire limpio y filtrado a la temperatura adecuada para el motor, así como proporcionar vacío y operar otros dispositivos. Está diseñado para generar el menor ruido posible mientras que el sistema de escape (Exhaust) ayuda a eliminar los gases usados del cilindro, entregando estos gases a la parte trasera del vehículo para evitar que el piloto lo respire y reducir el ruido del motor en el habitáculo del piloto.

## 9. Fuel & cooling (combustible y enfriamiento).

El trabajo de este sistema es optimizar la geometría del tanque de gasolina (Fuel) que alimenta el motor de combustible con base al reglamento de Formula SAE.

Cooling se encarga del enfriamiento del motor, trabaja en conjunto con aerodinámica para dirigir el flujo de aire a los sidepods y a los ventiladores para enfriar el sistema.



Fig 16. Modelado 3D del tanque de gasolina

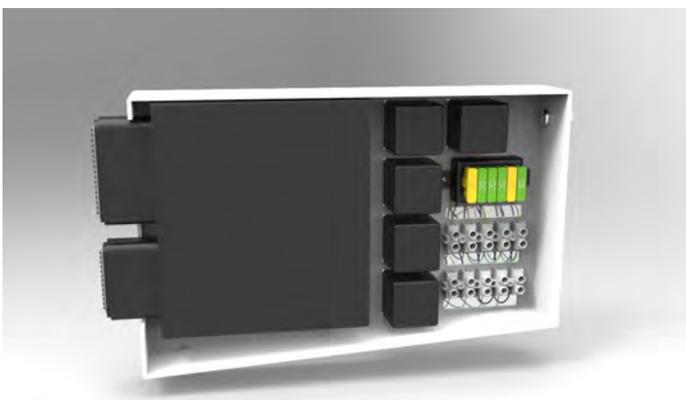


Fig 17. Modelado 3D de electronics

## 10. Electronics (electrónica).

El sistema de Electronics se toma como una parte del sistema de motor para tener un mejor entendimiento eléctrico del circuito que controla a este. También se incluyen otros elementos como la instrumentación interna del auto para el piloto tales como el control y cambio de velocidades por medio del paddle shifter (paletas de cambios) e instrumentación.

## 11. Aerodinámica.

El sistema de aero se encarga de reducir el arrastre y las turbulencias del auto, por esto el diseño de la estética exterior de la carrocería, depende de los espacios externos que nos entrega al recubrir el frame, logrando que redirija el flujo del aire y sea utilizado a beneficio del auto para eliminar el arrastre y enfriar el motor.

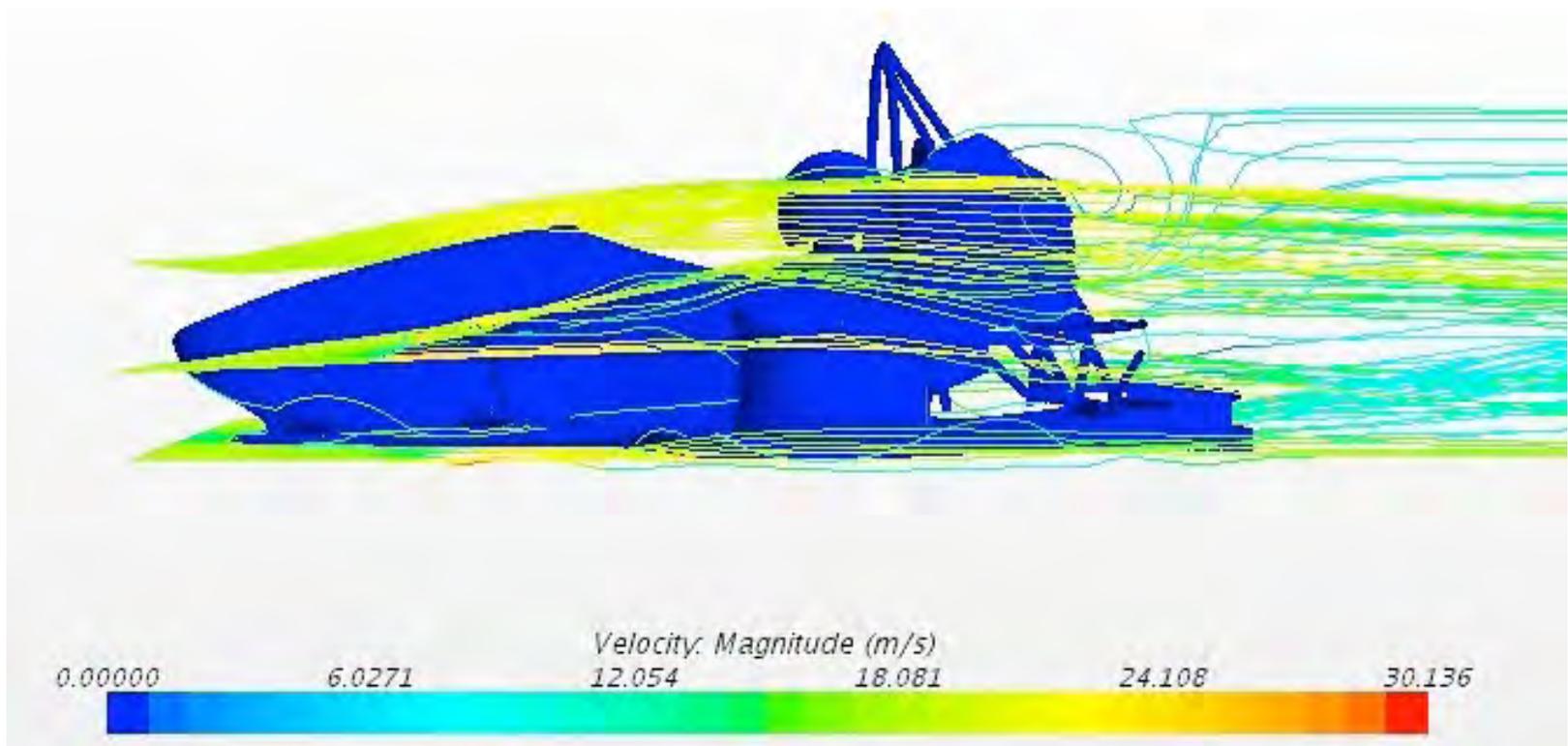


Fig 18. Análisis de túnel de viento.

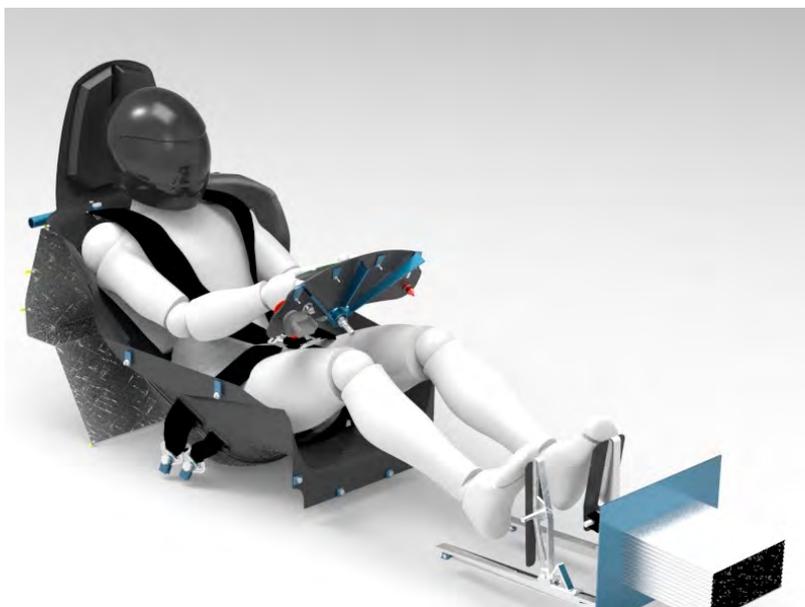


Fig 19. Modelado 3D del sistema controls.

## 12. Controls (controles).

El sistema de Controls se encarga de la interacción del piloto con el auto, ésto incluye el habitáculo del piloto, el control del auto que consta de pedallera, volante y tablero. Lo referente a su comodidad, que es el asiento y su seguridad, es por medio del impact, sujeciones de sus partes y cinturones de seguridad.

## Management (administración).

Aunque no se encuentra dentro del paquete de sistemas del auto, se considera dentro de estos porque se encarga de conseguir; patrocinios, la administración de recursos de la escudería, la planificación del proyecto, el manejo de eventos, coordinación de juntas, promoción del equipo, Cost Report, y el Presentation Event, entre otros.

# REGLAMENTACIÓN

Ahora que se conocen los sistemas, la gente que desea entrar, pertenecer al equipo y participar como miembro de la escudería UNAM MOTORSPORT, tiene como primer requisito leer, comprender y memorizar cada una de las normas contenidas dentro del libro reglamentario **"Formula SAE Rules Book"** (2013 SAE INTERNATIONAL / 2014 Formula SAE® Rules Book.).

En mi caso, para diseñar el volante que refiere esta tesis profesional, estudié las normas que se refieren al **"Cockpit y al Sistema Controls"** (2015 Formula SAE® Rules"pág. 23 a 57 Normas directas al volante) poniendo especial atención en los **"Requerimientos Técnicos Generales"**, ya que éstos son los que validan el diseño en la competencia. Por esta razón, realicé un breve resumen que a continuación presento:

Con todos los índices antes mencionados nos da una idea general de los requerimientos base para poder concursar, Además, nos da algunos de los requisitos obligatorios dentro del diseño y marca la **"Quick Release"** como elemento de sujeción rápida, y la resistencia requerida y procesos de manufactura para el volante que refiere esta tesis.

## REGLAMENTO SAE

### Norma T2

No debe haber aperturas en la carrocería en el espacio del habitáculo del piloto desde el front, el main hoop y barra antivuelco de la firewall (pared cortafuegos), excepto los requeridos para la apertura de cabina y de la suspensión delantera. (esto es para proteger al piloto de elementos externos).

### Norma T2.5 Acceso Visible.

Todos los artículos en el formulario de inspección deben ser claramente visibles para los inspectores técnicos sin usar instrumentos como endoscopios o espejos. El acceso visible se puede proporcionar mediante la eliminación de paneles del cuerpo o proporcionando paneles de acceso extraíbles. (Para que los técnicos puedan inspeccionar de forma sencilla el auto).

### Norma T3.2

Los requisitos generales en la estructura del vehículo deben incluir dos marcos que se encuentren y hagan una conexión no deformable, un panel frontal con sistema de soporte, atenuador de impacto, y estructuras de impacto lateral (Esta hace referencia a cómo estructurar el auto para evitar daños al piloto en caso de accidente).

### T3.3 Definiciones

Las siguientes definiciones se aplican a todo el documento de Reglas:

- a. Main Hoop: Una barra antivuelco ubicada al costado o justo detrás del torso del conductor.
- b. Front Hoop: Una barra antivuelco ubicada sobre las piernas del conductor cerca del volante.
- c. Roll Hoop: Tanto el Front Hoop como el Main Hoop se clasifican como "Roll Hoops".
- d. Roll Hoop Bracing Supports: La estructura desde el extremo inferior del Roll Hoop Bracing se apoya en el Roll Hoop.
- e. Frame Member: Una sola pieza mínima representativa de tubería continua sin cortar.

f. Frame: Es el conjunto estructural fabricado que admite todos los sistemas funcionales del vehículo. Este conjunto puede ser una sola estructura soldada, estructuras soldadas múltiples o una combinación de estructuras compuestas y soldadas

g. Primary Structure: La estructura principal se compone de los siguientes elementos de marcos:

I. Main Hoop

II. Front Hoop

III. Roll Hoop Braces and Supports

IV. Side Impact Structure

V. Front Bulkhead

VI. Front Bulkhead Support System

VII. Todos los Frame Members, guías y soportes que transfieren carga del sistema de restricción del conductor a los elementos 1 a 6.

h. Major Structure Frame: La parte del marco que se encuentra dentro de la envoltura definida por la Primary Structure. La parte superior del Main Hoop y el Main Hoop Bracing no están incluidos en la definición de este.

i. Front Bulkhead: Una estructura plana que define el plano delantero de la estructura principal del marco y funciones para proporcionar protección a los pies del conductor.

j. Impact Attenuator: Un dispositivo de absorción de energía deformable ubicado delante del cabezal frontal.

k. Side Impact Zone: El área del costado del automóvil que se extiende desde la parte superior del piso hasta 350 mm (13.8 pulgadas) sobre el suelo y desde el Front Hoop hasta el Main Hoop.

l. Triangulación de nodo a nodo: Una disposición de miembros del marco proyectada sobre un plano, donde una carga coplanar aplicada en cualquier dirección, en cualquier nodo, de como resultado únicamente fuerzas de tracción o compresión en los miembros del marco, esto también es lo que significa "triangulado correctamente".

#### Norma T3.4 Requisitos mínimos de material

##### Fijación de sujetadores:

T11.2.1 Todos los pernos, tuercas y otros sujetadores críticos en la dirección, el frenado, el arnés del conductor y la suspensión deben asegurarse de un aflojamiento involuntario mediante el uso de mecanismos de bloqueo positivo.

T11.2.2 Los mecanismos de bloqueo positivo incluyen:

- Cableado de seguridad instalado correctamente
- Pasadores de chaveta
- Tuercas de seguridad de nylon
- Tuercas de bloqueo de par predominantes

P.ej: arandelas de bloqueo y compuestos de bloqueo de rosca, p. Loctite®, NO cumple con el requisito de bloqueo positivo.

Nota: La reglamentación para Controls esta enfocada en la seguridad del piloto.

Norma T6.5.6

El volante no debe tener superficies cóncavas ni cortadas, lo cual da la pauta de que un volante corte mariposa no es una opción, ya que una figura cerrada es mucho mas fácil de estructurar.

Norma T6.5.7

El volante no puede sobrepasar el Front Hoob en ninguna posición, esto es para protección del piloto en caso de que el auto se voltee.

Norma T6.5.8

Esta Norma acepta que los sistemas dentro del volante usen cables pero necesitan la documentación adecuada en donde certifique el sistema estructural y que estos funcionen adecuadamente. También el volante ser desmontable y que el cableado no impida esta función,

Norma T6.5.9

El volante debe tener una union mecánica a la columna de dirección que se retire de forma rápida para la entrada y salida del piloto.

Norma T6.5.10

Pide que las uniones sean mecánicas y visibles para la inspección técnica y no pueden estar sin un respaldo (esto debido a la posibilidad de que se presente una falla ocasionada por la naturaleza de los materiales).

*Nota: Esta es una traducción que realice de las normas, las normas se encuentran como en el idioma original en el Anexo I.*

## Controls y Cockpit

El sistema Controls se encarga del diseño de Cockpit o habitáculo del piloto y los elementos que generan la interacción entre ambos como: la pedalera, asiento, volante, tablero, impact, firewall y cinturón de seguridad. El conocimiento de estos sistemas, su función e interacción nos permiten entender para generar una propuesta de diseño.

·Pedalera ·Asiento ·Volante ·Impact ·Firewall

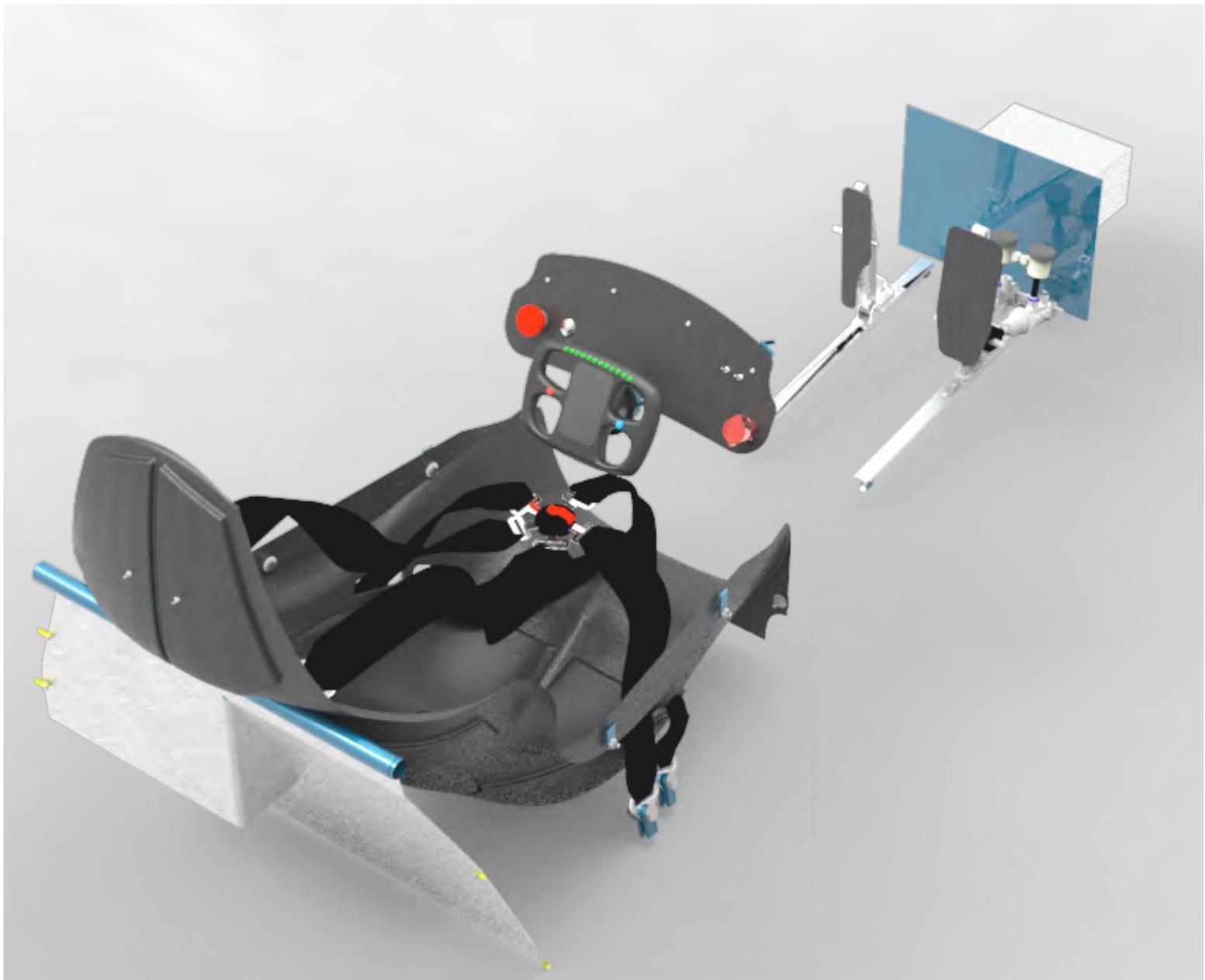


Fig 20. Ensamble completo del sistema de Controls.

Dentro del sistema Controls, veremos sus elementos y sus interacciones principales con otros sistemas, la forma en que estas nos afectan, ya sea directa o indirectamente, con **el manejo de los espacios, geometría o la forma de sujeción.**

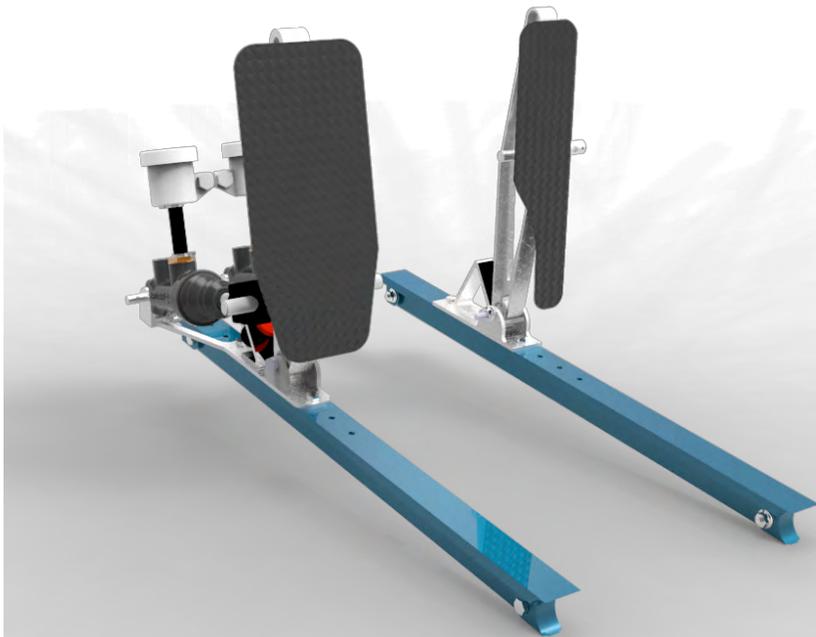


Fig 21. Pedalera.

**La Pedalera** tiene relación directa con:

- **Frame:** Nos da las sujeciones y define el espacio del habitáculo.
- **USM:** Nos da las fuerzas de frenado del piloto, el Pedalratio y al diámetro del Master Cylinder.
- **Intake:** Nos da el cuerpo y el chicote de la aceleración.
- **Data Acquisition:** Nos da el TPS, el sensor de posición y de presión del freno.
- **Electronics:** Nos da su relación por el Overtravel.

**El impact** es el atenuador de impactos frontales, ya que el chasis no está diseñado para dispersar la energía en caso de una colisión. Tiene relación directa con:

- **Frame:** Determina el tamaño del Bulkhead.
- **Body:** El Bulkhead y el tamaño del atenuador de impactos definen la nariz del auto.



Fig 23. Asiento, cinturones de seguridad y firewall.



Fig 22. Impact.

**El asiento** es uno de los elementos más importantes para el área de diseño y está vinculado con:

- **Frame:** Por las sujeciones del asiento y las del cinturón de seguridad de 5 puntos.
- **Data y Electronics:** Los núcleos de estos están protegidos bajo el asiento.
- **Suspensión:** Determina altura y posición del piloto.



Fig 24. Tablero.

**El volante y tablero** son los elementos de conexión entre el auto y el piloto y se conectan con los siguientes sistemas:

- **Electronics:** Entre ambos se decide el espacio y donde irán los componentes así como la forma de colocar diferentes elementos del volante.
- **Suspensión:** Estos se relacionan por el ángulo de inclinación de la columna, que manda el ángulo resultante para la diagonal del volante, sin contar con la altura que éste le da con referencia al Front Hoop.
- **Frame:** Marca las distancias y los espacios entre la columna y el punto crítico mas alto del volante y las sujeciones del tablero.



Fig 25. Volante.



## Formula 1 vs Formula SAE

En Formula SAE tomamos como parámetro un auto tipo F1 para el análisis del proyecto, refiriéndonos a todo el estudio que tienen para el desarrollo de la propuesta del volante .

Un auto F1 debe reaccionar con gran precisión y velocidad ante las necesidades del piloto. En una carrera de Formula SAE la velocidad máxima a la que corre un Formula SAE no se compara con la de un F1 pero la dificultad del **circuito ratonero** requiere de una gran precisión por parte de nuestro piloto y auto, ya que se están evaluando continuamente las habilidades del piloto, los tiempos de reacción del auto y cómo dificulta o ayuda la dirección al piloto a realizar el recorrido.

Durante el recorrido nuestro piloto debe estar atento a diversos factores como: la presencia de conos para esquivar, curvas cerradas, el estado del asfalto (ya que no conoce el circuito), los tiempos del motor para el cambio de velocidad, el estado en que se encuentra el auto, la cantidad de gasolina restante, las indicaciones de ingeniería durante las pruebas y el tiempo que está haciendo o estado anímico si estamos en días previos a la competencia, ya que el estrés puede afectar la reacción del piloto.

Un auto como el que desarrolla escudería UNAM Motorsports aspira a tener un desarrollo similar al de un F1 en aspectos tales como su precisión, la optimización de la potencia del motor, sus estándares de seguridad, la paquetería aerodinámica, la tecnología en producción de piezas o simplemente la experimentación con materiales de nueva generación, como el carbotanium usado en las carrocerías de La Ferrari o el grafeno de algunos de sus componentes.

Para llegar a esto, la escudería debe tener un tiempo de pruebas (cosa que no ha sido posible en las últimas temporadas), no sólo para tener un auto confiable y a punto, sino también para que el piloto pueda practicar y familiarizarse con los cambios que se hacen cada temporada en todos los sistemas, ya que tomar las decisiones y llevarlas a cabo debe ser posible en cuestión de milésimas de segundo.

Todo esto nos importa, porque podemos aprender mucho de cómo desarrollan ellos la carrera, entrenan a sus pilotos y hacen cambios en el auto.

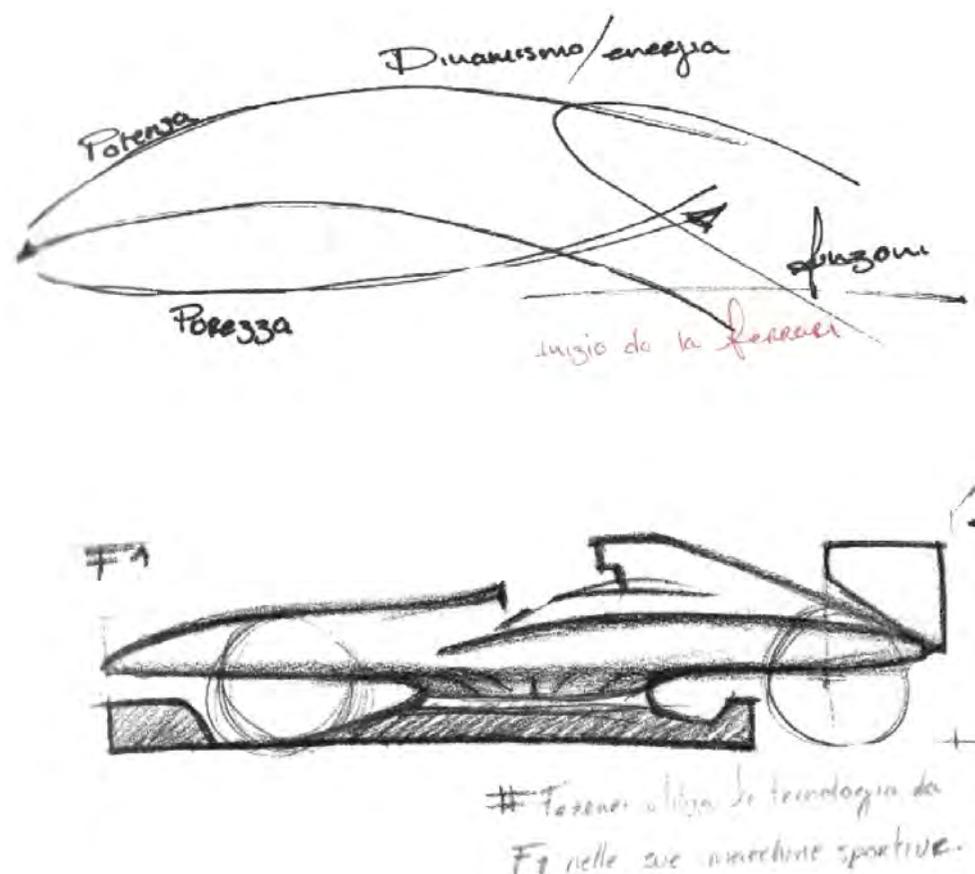


Fig 26. Analisis de las líneas de la nariz de un F1.

Así mismo podemos ver como funciona un F1 y pensar en factores que nos den una ventaja en la competencia.

La F1 muestra como se comporta el piloto, sobre todo con el volante. Ésta es una pieza clave dentro de la carrera y su diseño, según cada piloto, ya que éste se hace a medida de sus falanges y los alcances de extensión que tienen.

Con base a publicaciones de documentos oficiales de F.SAE, las diferentes escuderías que participan pueden aplicar nuevos procesos o emular el trabajo en la industria, como el **VIP** (vacuum infusión process), el manejo de aramidas ó materiales compuestos y los últimos avances.



Fig 27. Sebastian Vettel al terminó de la calificación de el premio de Monza.

## El piloto de F1

Cada piloto tiene una mecánica diferente y esto nos refiere a que el diseño del volante se hizo específicamente para él, pensado en cómo reacciona, los comandos que más ocupa, la disminución de su rango de visión por el casco, el uso de su vista periférica para localizar el resto de las cosas en la cabina, la dificultad que tiene para moverse con los guantes, el cambio de distensión de sus manos con los guantes, la rapidez que requiere para accionarlos, el rango de alcance de sus falanges y la fuerza que puede aplicar en ellas, así como la presión que es capaz de ejercer en momentos de estrés.

Los pilotos poseen capacidades que les ayudan con el trabajo desempeñan pero para terminar de desarrollarlas existen áreas de la medicina que los ayudan a llevarlas al máximo. Esto nos importa por diferentes motivos, uno de los más relevantes, es la velocidad de reacción del piloto, pero para realizarlo a la velocidad que lo hace debe poder efectuarlo de forma automática y no pensar en cual botón tienen que oprimir para llamar a pits o para cambiar de velocidad.

El tener la vista siempre en la pista, nos habla que su referencia es solo con su visión periférica pero, aun así, debe ser capaz de realizar todas las acciones anteriores. Ésto se logra conociendo a conciencia su volante y, sobre todo, teniendo mecanizados los movimientos que lo guían a cada acción. Él sabe donde esta el comando para llamar a pits y que debe de oprimir para cambiar la tracción y la posición de los alerones.

*Los pilotos de Formula 1 tienen los cerebros mas optimizados, porque para mantenerse hora y media al límite no solo necesitas el físico, necesitan concentración masiva, autoestima y que "La sincronización entre el cerebro y el cuerpo sea perfecta"* (Formula Medicine. (2015). Riccardo Ceccarelli from Formula Medicine [Video]. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=VTJaRgP-B4A>)



Fig 28. Marcus Ericsson en entrenamientos de coordinación.

Un piloto de F1 pasa cerca de 4 horas diarias entrenando su cerebro para aumentar su concentración durante la pretemporada. Para esto se realiza todo un monitoreo de pruebas físicas y mentales. Generalmente se busca alternar el orden de estas para que el piloto pueda lidiar con el estrés físico y el cansancio mental. Hay días donde inician con el circuito de pruebas de reacción y el piloto llega mentalmente agotado a ejercicios físicos y a las pruebas de coordinación, en otros días se inicia modificando esta secuencia.

#### **Entrenamiento mental:**

Los pilotos son sometidos a pruebas de velocidad, de diferenciación (velocidad a la que el piloto puede señalar las diferencias), memoria, reacción a estímulos mixtos, manejo de estrés y, por último, relajación. Ésto con el fin de que el piloto tenga una recuperación muy rápida pasando el momento de estrés máximo, lo cual le va a permitir seguir con la carrera en un estado mental óptimo.

#### **Entrenamiento físico:**

Se centra en ejercicios que le preparen para soportar las fuerzas G que se pueden generar en una curva como cardio, fuerza en brazos y velocidad en piernas. Para ésto, hace circuitos con poco peso y varias repeticiones, ejercicios específicos para fortalecer cuello y espalda (es importante para proteger las vértebras). El cardio sirve para mantener un alto nivel de pulsaciones y eso le da un mejor rendimiento, resistencia y mantener ligero al piloto.

#### **Entrenamiento de coordinación:**

Hay rutinas que practican para estimular la coordinación visual con manos y pies, estos ejercicios consisten en activar la visión central y periférica del piloto en coordinación con múltiples acciones de manos o pies.



Fig 29. Ejercicios de fortalecimiento para cuello.

## Volante de F1

En vehículos muy complejos como los de F1, todo el contacto que el piloto puede tener con su equipo de mecánicos es a través del volante, donde se encuentran los siguientes elementos: pantalla de avisos, punto muerto, el diferencial, activar el radio, la bebida, bomba de aceite (cuando los mecánicos lo piden), la mezcla de combustible, ajustes a los neumáticos, salida, lluvia, embrague, cambio de pantalla de avisos, ok (forma de responder a una orden), multifunción, la carga KERS (Kinetic Energy Recovery Sistem), limitador de potencia KERS, revoluciones, etc.

Los volantes de F1 son realmente complejos, pero tienen mucho que enseñarnos, tal como los procesos que pueden ocupar los pilotos y los diseñadores para memorizarlos, ya que se utilizan diversos factores para hacerle más fácil la memorización de las posiciones como la hapticidad y los factores cognitivos. Parte importante de los resultados dentro de las pruebas dinámicas son por el piloto, razón por la cual nos interesa que pueda maniobrar y tener una buena visibilidad de los controles y el espacio dentro o fuera de auto, ya que el piloto controla y mejora el desempeño del auto y por esto se hace de sus necesidades parte de los objetivos de diseño del auto.



Fig 30. Volantes de la temporada 2017 de Raikönen y Vettel de La Ferrari.

Sabemos que nadie es igual, pero queda más que claro al ver dos volantes de F1. Podemos notar que existen ciertas diferencias entre ambos volantes de la misma temporada, la variable que crea este cambio entre ambos es el piloto. La más obvia son las empuñaduras, pero también son las distancias a las que están posicionados los comandos y en que rangos de movimiento. Ferrari ha tenido una gran ventaja esta temporada y no se debe al motor, su nueva ventaja es que el volante les permite sentir de mejor manera el auto a los pilotos.

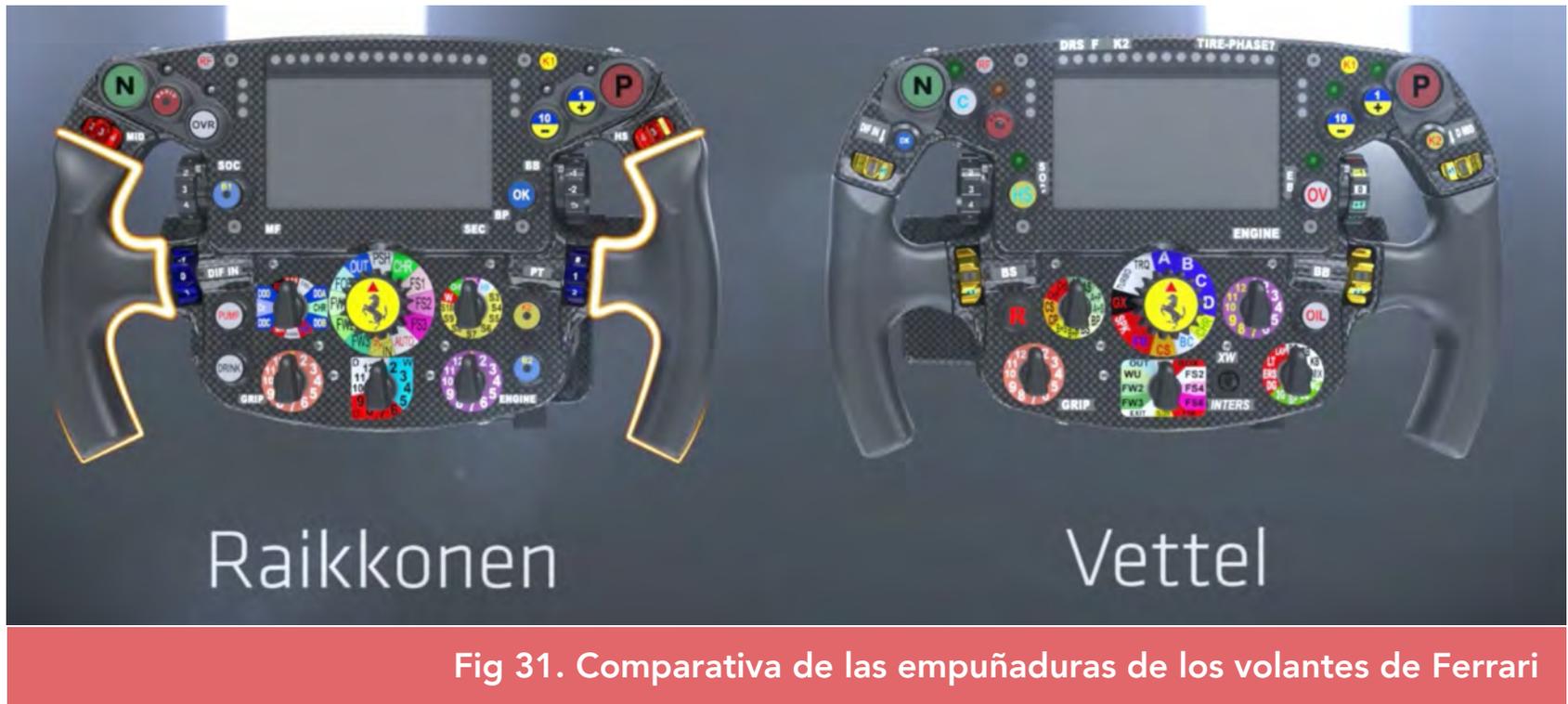


Fig 31. Comparativa de las empuñaduras de los volantes de Ferrari

El de Vettel tiene agarres para las manos más cortos y anchos, ésto para que tenga un mejor agarre, ya que las fuerzas que experimentan son mayores, mientras que el volante de Raikkönen tiene un agarre más largo, con un cambio de forma mucho más largo para brindarle descanso a sus pulgares y facilitarle lá movilidad.

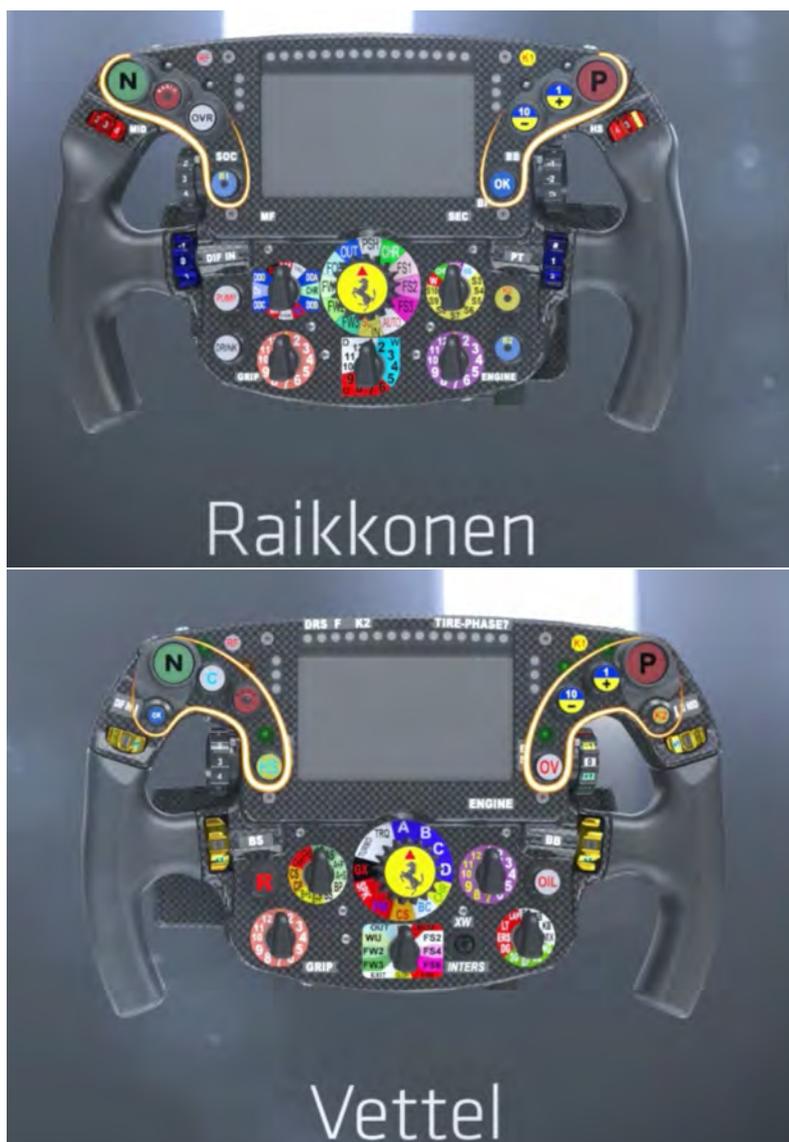


Fig 32. Distribución de elementos

Hay muchos detalles que diferencian a ambos, entre ellos, la distribución de los botones de radio, ok, agua, así como la diferencia de colores, ya que cada uno tiene una forma peculiar de memorizar sus comandos. Para el volante de Vettel, los ajustes del auto están marcados en amarillo, mientras que en el volante de Raikkönen son en azul marino. La distancia a la que están ubicados los marcadores de velocidad también es diferente y, sobre todo, las ruedas de configuraciones tienen una disposición diferente, en el volante de Raikkönen.

Están distribuidas al centro flanqueadas por los botones, mientras que en el volante de Vettel estos mismos botones están dentro del rango de movimiento del pulgar, que mantiene la configuración de las ruedas en forma de medio círculo, mas espaciadas y libres de la interferencia de botones.

Ellos priorizan su secuencia de movimientos al conducir, a esto se llega con repetidas iteraciones, probando con qué configuración se sienten más cómodos y cuál es la mejor velocidad de reacción.

Analisi Tecnica F1 | Il funzionamento di un volante di Formula 1 - F1inGenerale. (2018). Retrieved from <https://f1ingenerale.com/analisi-tecnica-f1-il-funzionamento-di-un-volante-di-formula-1/>

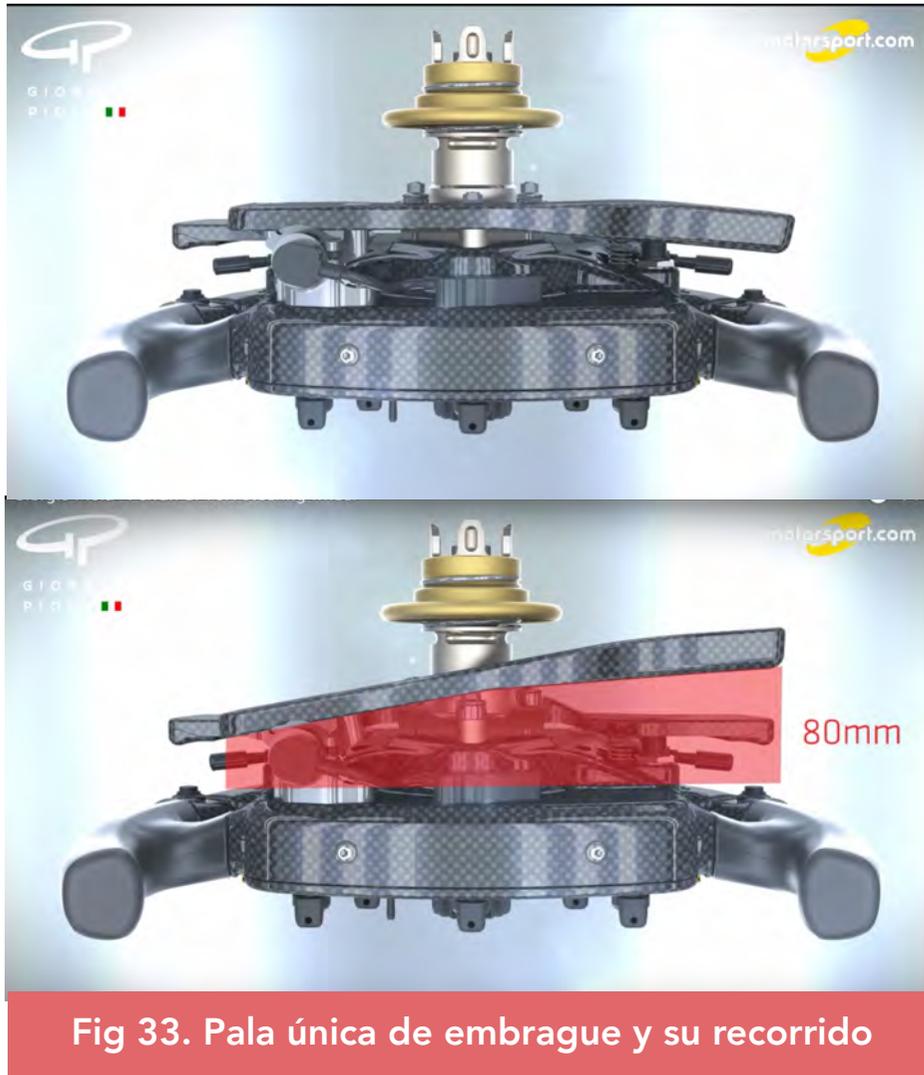


Fig 33. Pala única de embrague y su recorrido

Una de las ventajas para Ferrari fue que utilizaron la nueva reglamentación de solo tener una mano en el embrague durante el arranque a su favor y configuraron su volante para solo tener una pala de embrague. Ellos extendieron la distancia en que pivotea a 80mm, lo cual es un recorrido muy grande para una pala de cambios normal (figura 33).

Ésto les dio ventaja en el arranque, porque al tener una distancia mayor para recorrer les permite a sus pilotos sentir y liberar de forma más precisa el embrague del auto lo que les brinda la oportunidad de una salida mucho más fuerte.

Giorgio Piola - Il volante della Ferrari SF70H - Formula 1 Video. (2018). Retrieved from <https://it.motorsport.com/f1/video/giorgio-piola-il-volante-della-ferrari-sf70h-88238/237699/>

## El volante anterior y diseño de ingeniería.

El desarrollo del trabajo del volante del UM-515 (2014) fue intermitente, ya que en esa temporada no había un sistema que se dedicara al diseño del habitáculo y, por tanto, lo trabajaron de forma alterna los integrantes de los sistemas de *Aero* y *Suspensión* que eran los sistemas que más interacción tenían con el piloto. Fue diseñado por los ingenieros, haciendo la placa base y se dejó en espera el resto de su manufactura.

La principal razón para el diseño, fue que *Electronics* decidió quitar sus componentes del volante, ya que no era posible implementar las paletas de cambio en esa temporada y pasó al tablero el resto de sus aditamentos para facilitar las pruebas, razón por la cual cambió la configuración de un volante hueco en impresión 3D, a uno de alma rígida con empuñaduras.

Este volante es muy simple y su única complicación es que las empuñaduras debían corregirse  $5^\circ$  con respecto al ángulo de la muñeca para que el piloto no se dañara y lastimara las articulaciones durante el tiempo de manejo del auto.

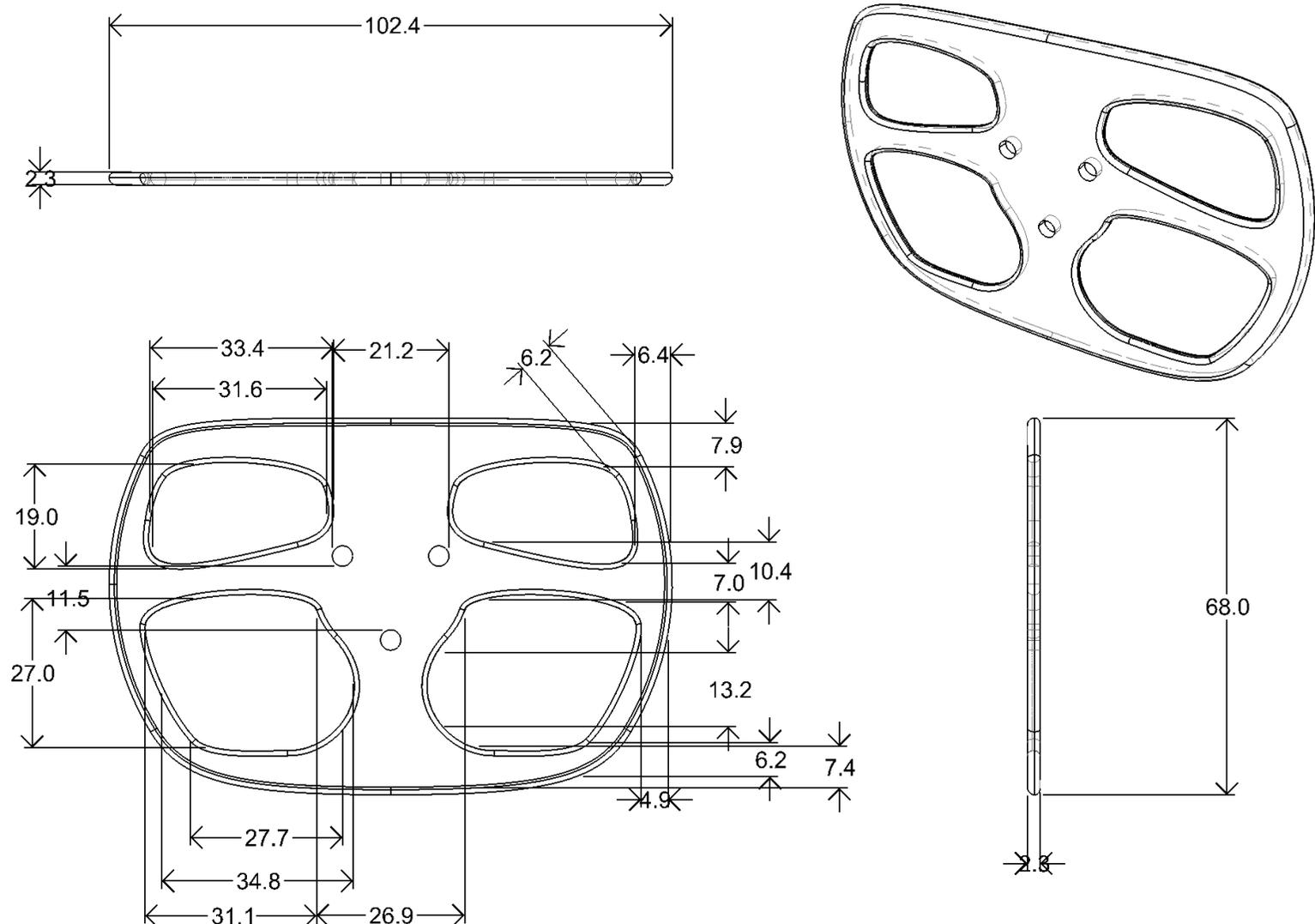


Fig 34. Plano de la placa base del volante (proporcionado por el equipo)

Así mismo, durante esta temporada, Aero estaba experimentando con el Kevlar para la carrocería y decidieron también experimentar con el alma del volante. La experimentación con el Kevlar fue un problema durante la etapa de investigación de materiales para el volante, se dejó de lado para tomar como solución un material conocido, aunque no tan ligero, por lo que sólo bajó 30 gr. en comparación con el volante de impresión 3D del UM-552, lo cual representó una mejora mínima.

El sistema de Aero comenzó el diseño de la placa pensando en los objetivos de la temporada por lo cual se llevó a cabo un proceso de diseño de ingeniería, donde el peso de las decisiones fue con base en los análisis por computadora, antes de hacer una prueba física.



Este volante no cumplía con las necesidades para el UM-426 ya que no contaba con los siguientes elementos:

- Espacio para los circuitos del volante.
- Espacio para la pantalla.
- Facilidad para la inserción de led's
- Las empuñaduras óptimas para combinarlas con el uso de las paletas de cambio.
- La distancia necesaria entre las empuñaduras y el centro del volante no permitía el desplazamiento de los pulgares para activar botones sin hacer una hiper-extensión de estos ó que el piloto tuviera que buscarlos.
- Esta diseñado para compensar un ángulo diferente al que se tiene en la columna de dirección del UM-426.
- No contaba el espacio entre la columna y el tablero por lo que las manos del piloto con los guantes tenían una movilidad muy restringida.
- Las empuñaduras carecían de textura que ayudara a que no se resbalaran las manos del piloto.
- Mantenía una distancia muy corta entre el punto crítico y el front hoop.

Fig 35. Volante del UM-515

## PROCESO DE DISEÑO DE INGENIERIA DEL VOLANTE

El proceso de diseño en ingeniería es diferente al que se maneja en el campo del diseño, ya que para ellos el diseño es definir una función o fórmula para las resistencias del elemento.

Para los ingenieros es importante ver la resistencia de las piezas antes de su fabricación. Ésta es su forma de justificar y optimizar una pieza antes de su fabricación y con esto pueden prever su comportamiento ante diferentes fuerzas y deformaciones.

Para validar las decisiones en la competencia es necesario presentar las iteraciones de los análisis de deformación justificando así los materiales empleados y su geometría.

Uno de los primeros análisis de ingeniería es el de elemento finito, sirven para optimizar la forma, viendo qué puntos resultan conflictivos dentro del diseño, ya sea que estén sometidos a mayores esfuerzos o son áreas con poca deformación y se les resta material para ajustar las curvas de la geometría.

En un segundo plano está la reducción de fallos generales de áreas en particular, esta gráfica es mucho mas fácil de interpretar, debido a que nos muestra el comportamiento del cuerpo en general. Como las que vemos en esta etapa de pruebas.

Los análisis de elemento finito fueron utilizados para ver el comportamiento del material en cuanto al desplazamiento o deformación de este ante una fuerza aplicada de 50 N que representa la fuerza que el piloto puede aplicar en su punto máximo de esfuerzo. Lo que se quiere encontrar es cuánto se deforma la pieza ante esta fuerza máxima y si la deformación es crítica (que rebasa el límite de la deformación plástica del material).

Para entender las gráficas del análisis la nomenclatura es la siguiente: En azul, las áreas que presentan una deformación mínima dentro del rango elástico del material y en rojo, las áreas con un desplazamiento o deformación plástica en donde puede no regresar a su forma original y sufrir una deformación dentro del rango plástico del material.

URES (mm)

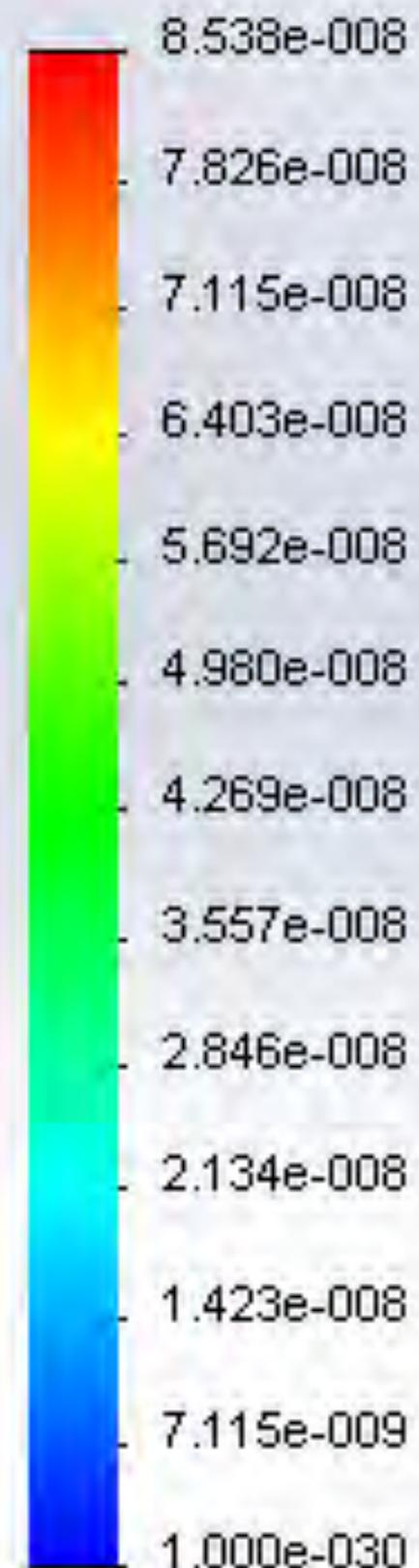


Fig 36. Nomenclatura para el análisis

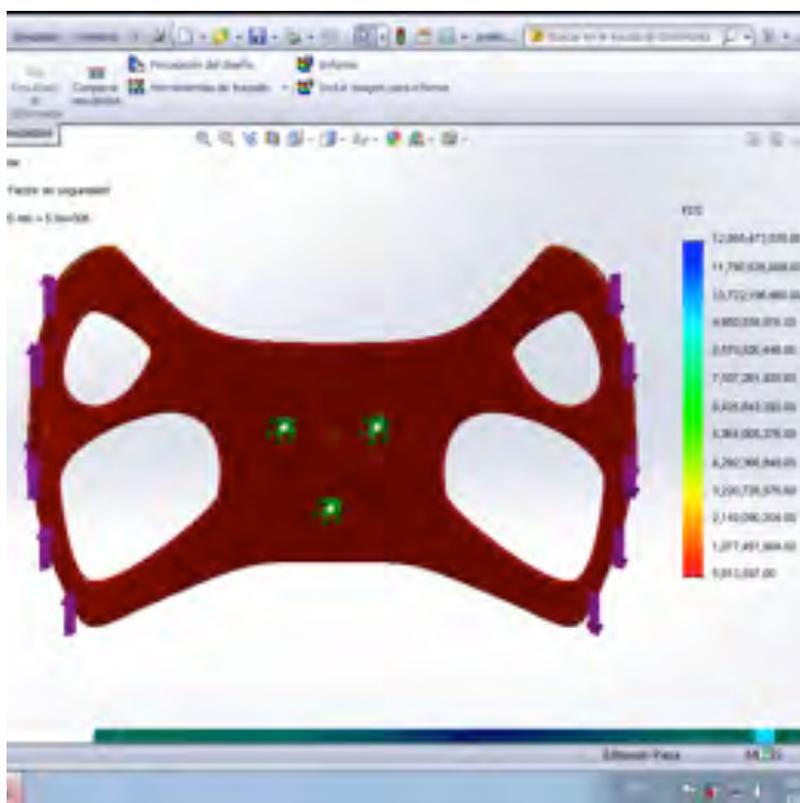
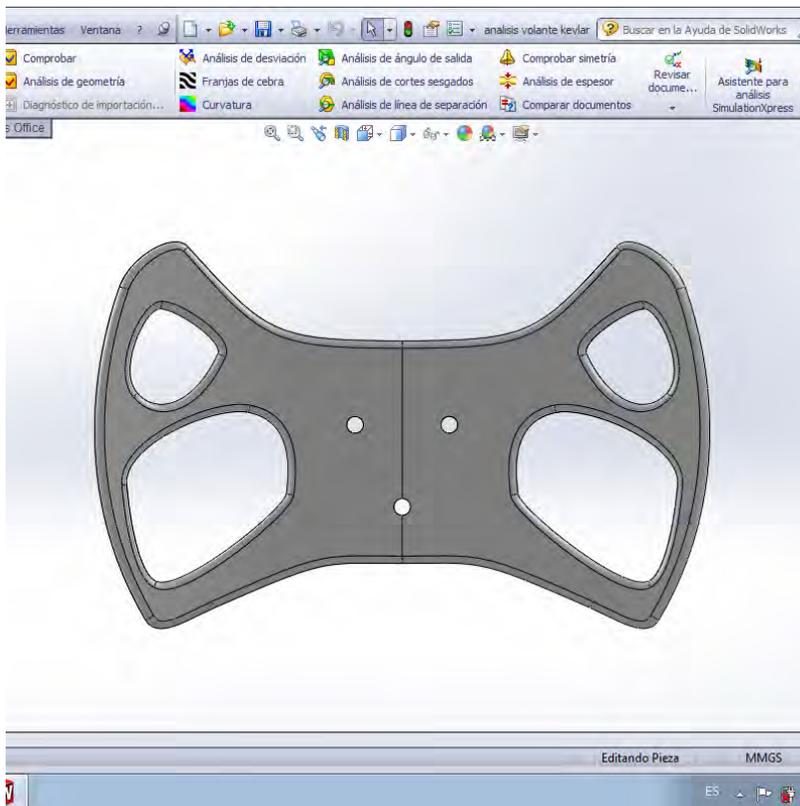


Fig 37. Gráficas de la primera iteración

Para el diseño del alma del volante la pieza en análisis, nos interesa que no llegue a puntos críticos ya que esto puede poner en riesgo al piloto, en esto ingeniería decide la forma inicial.

### PRIMERA ITERACIÓN

En esta iteración, después de que Electronics tomo la decisión de mover sus componentes al tablero, se utilizó solamente Kevlar como material principal para la creación del alma del volante, mismo que fue descartado por su falta de rigidez al ser sometido al proceso de infusión y analizado, por lo que se determinó que era forzoso que el Kevlar llevara alma. Cuando se realizó el primer análisis de Kevlar con alma no se logro obtener datos ciertos debido a la falta de conocimiento y manejo del programa de análisis del elemento finito. En esta iteración también se realizaron los primeros análisis de deformaciones unitarias. En los que se ve la falta de rigidez del Kevlar (corroborado con prueba física).

En los análisis de torsión la fuerza que se comprobó fue de 50 N (Fox, S. (2010). Cockpit Control Forces or How Robust Do Driver Controls Really Need To Be?[Ebook] (1st ed.). Michigan: SAE. Retrieved from <http://www.fsaonline.com/content/Cockpit%20Control%20Forces%20SI%20SAE.pdf>) esto con el fin de simular la fuerza que se le imprime al volante. Pero el Kevlar aún con alma (fibra de vidrio) no mantenía las mismas propiedades después del proceso de infusión al vacío (VIP), por lo que se cambio de nuevo su configuración buscando una estable. Aquí una imagen del análisis de factor de seguridad (figura 37).

**Nota:** La persona encargada del diseño del volante no leyó el reglamento de Cockpit durante las primeras iteraciones retrasando el proceso.

### Segunda propuesta.

Las aramidas no tienen una alta dureza por sí solas, al ser materiales anisotrópicos la alcanzan por medio de la resina y el alma dentro de las capas de fibra, lo cual le da un comportamiento más estable.

El alma dentro de la pieza de *kevlar* no era endeble, la geometría interna del alma tenía la resistencia requerida, la falla estaba en las propiedades del *kevlar*, debido a la flexibilidad con la que permanece después del proceso de infusión mientras que el alma permanece rígida dentro de un cuerpo flexible, lo que provoca que las capas se separen del material intermedio, ya que a diferencia de otras fibras el *kevlar* no alcanza una gran dureza después del proceso (figura 38).

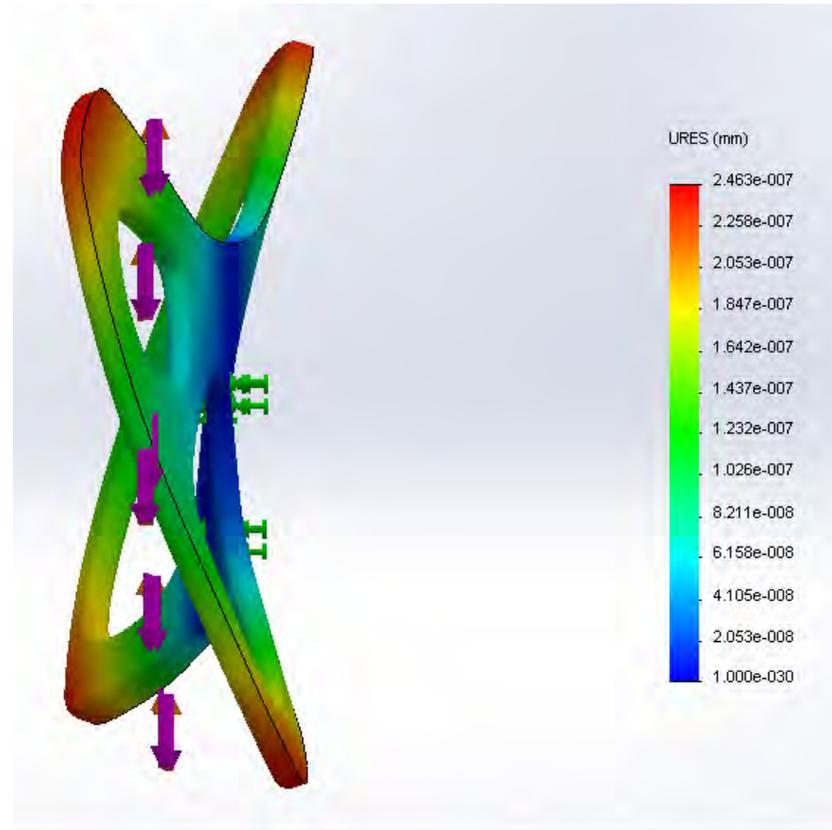


Fig 38. Gráficas de la segunda iteración

### Tercera propuesta.

Los ingenieros encargados de esta primera parte revisaron de forma tardía las reglas de la competencia y se vio que no era permitido que el volante tuviese superficies cóncavas por lo que el diseño de un volante de corte mariposa no era posible ya que esto podría representar un peligro para el piloto.

Razón por la que se modificó la forma del volante, utilizando una forma semi oval con un saque central para tener una mejor visibilidad del tablero, ya que los componentes de electronics estarían posicionados dentro del tablero (Figura 39).

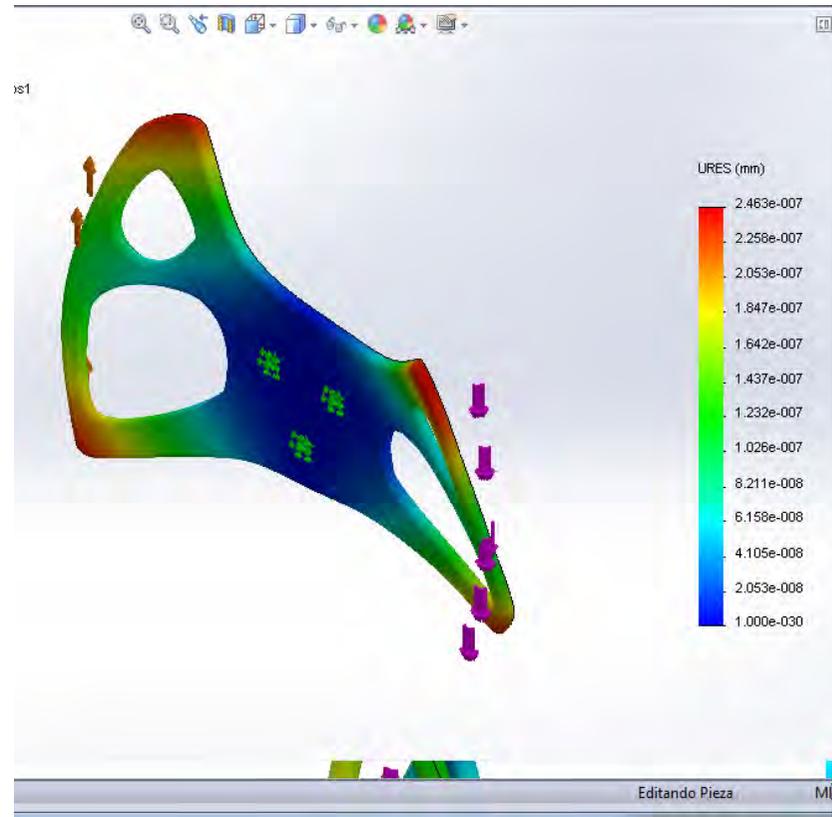
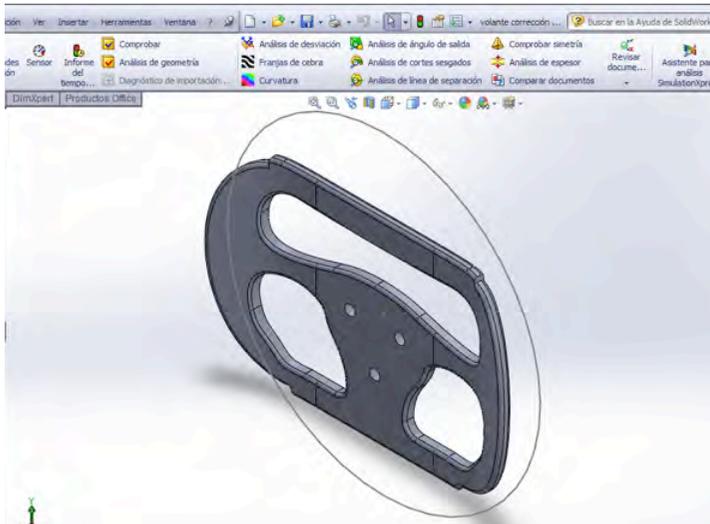


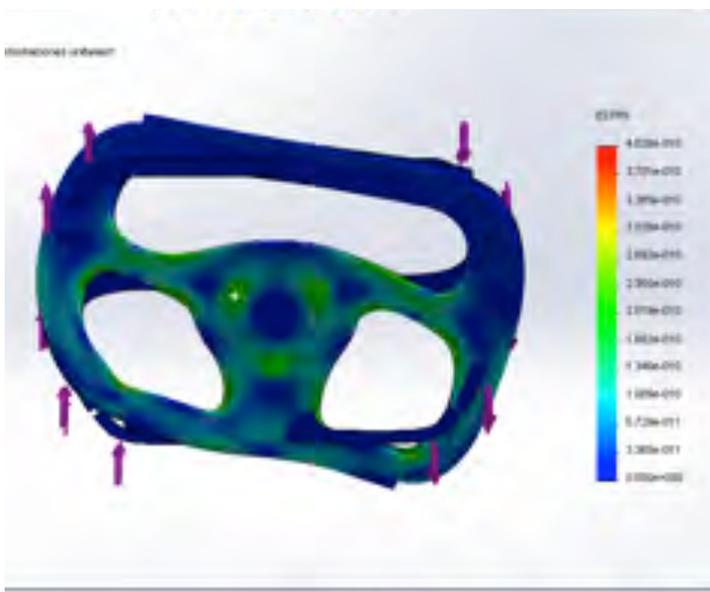
Fig 39. Gráficas de la tercera iteración



En esta prueba el Kevlar sigue sin arrojar buenos resultados en cuanto a resistencia y deformaciones unitarias, sigue sin saberse como rigidizarlo después del VIP (Vacuum Infusion Process).

#### Cuarta propuesta.

En esta última propuesta es donde queda definida la geometría del volante, se toma la decisión de eliminar el Kevlar y se sustituye por aluminio comercial. Al hacer el análisis de la pieza los resultados son los adecuados e incluso exceden la resistencia solicitada para los esfuerzos de la pieza.



Debido a lo sobrado se volvió a ajustar la forma con la intención de dejarla con el material justo, para no tener exceso de peso (reducción del espesor de la pieza). Se volvió a rediseñar para dejarla con el material justo. También se pensó en la ergonomía del piloto y se ajustaron los espesores pasando de 12 a 6 mm.

Debido al ángulo de la columna de dirección las empuñaduras debían compensar el ángulo poco natural que daba esto a las muñecas y que no fuera tan deformable ante las fuerzas del piloto.

Las empuñaduras se pensaron en una silicona, esto para mantener un agarre suave, pero debido a la presión y torsión a la que es sometido el material se optó por una resina Smooth-Cast® 66D.

Nota: Mi integración al equipo fue después de este proceso por lo cual me fue entregada esta información para resolver la siguiente etapa del volante.

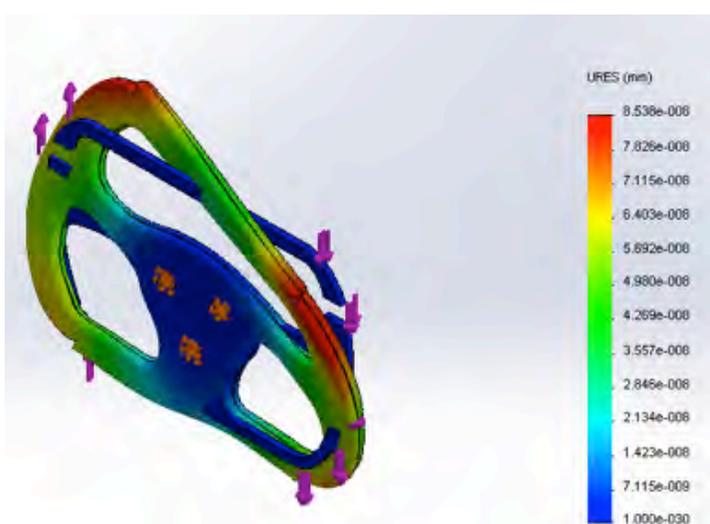


Fig 40. Gráficas de la cuarta iteración

En la temporada 2014 el equipo que diseñaba la dirección del auto decidió volver a cambiar el ángulo de la columna, lo cual implicó un cambio en el ángulo del volante, creando una inclinación poco favorable para el piloto, porque se volvía un ángulo negativo para las muñecas, por esta razón las empuñaduras tenían que compensarlo.

Esta se hizo generando:

- Un mayor espesor en la parte superior trasera del volante
- Una reducción de espesor de las empuñaduras en la parte inferior trasera y delantera.

El resultado del análisis fue satisfactorio con el aluminio de 5 mm (calibre 6) de espesor, reduciendo el peso en comparación con la temporada anterior. También se adecuaron los agarres para mejorar la ergonomía, provocando un aumento en el material para las empuñaduras y en el peso programado.

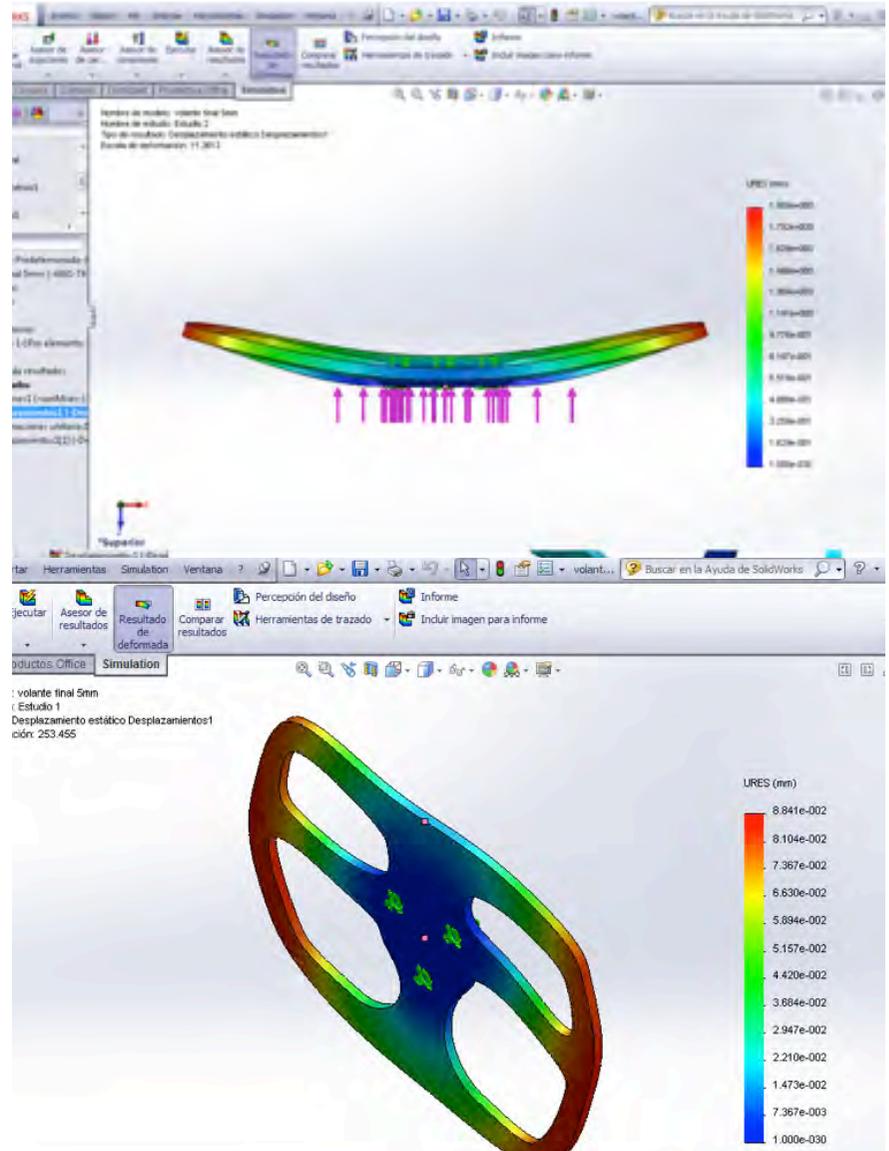


Fig 41 Analisis de la ultima iteración



Fig 42 Foto comparativa UM-515 y UM-426

## Problemáticas en el Habitáculo

Para no cometer los errores de diseño de la temporada anterior, inicié el proceso de una forma diferente, leyendo el reglamento y marcando normas definitivas al tiempo que se fijaban los objetivos de temporada del equipo, entre ellos el patrocinio de las manufacturas, y poniéndonos de acuerdo con los integrantes de *Controls* y de *Electronics* para entender qué era lo que pretendían colocar en el volante.

Los integrantes del sistema de *Electronics* tenían planeados grandes cambios para el auto, el uso de paddel shifter, implementar un tacómetro de r.p.m., un marcador para que el piloto supiera en que velocidad estaba, algunos ajustes para encender o apagar telemetría y el encendido electrónico del auto. Tuvimos una discusión de si ponerlos dentro del volante o mandarlo al tablero. Ellos creían que era mas fácil para el piloto dejar todo esto fuera de su volante y que él estuviera viendo el tablero, como si fuera un auto convencional, desde mi punto de vista era muy complicado, contando que en temporadas anteriores una de las piezas que se dejaban al final para su manufactura era el tablero para que pudiese ajustarse con la carrocería (un punto débil del equipo).

Analizando el diseño del tablero y su posición respecto al piloto sugerí que se integraran al volante los elementos más usados por el piloto, para estar todos de acuerdo nos reunimos con los 2 pilotos oficiales del equipo y estos estuvieron de acuerdo con la sugerencia. Los pilotos tenían detectados los puntos incomodos del habitáculo como la palanca de cambios, que tenían en el lateral derecho del frame en el UM-515 les resultaba muy incomoda. Entonces comenzamos a enumerar con los pilotos los problemas que tenían con el habitáculo y los cambios que ellos percibían como necesarios para mejorar la comodidad dentro del auto.

### Problemas detectados por los pilotos:

1. La palanca de cambios era muy corta e incomoda de manipular, sin contar con que tenían que buscarla y para esto tenían que bajar la vista.
2. Los comandos en el tablero eran difíciles de activar mientras estaban corriendo el auto.
3. Falta de espacio entre los pedales.
4. Los ángulos de la espalda del piloto en posición no coincidían con los del asiento.
5. Las manos del piloto con guantes chocaban con el tablero.
6. El volante estaba muy distante



Fig. 43 Entrevista al piloto Daniel Alonso.

### Problemas que se detectaron.

Los comentarios de los pilotos hacen percibir que había muchos detalles con respecto al equipo de seguridad que no estábamos considerando y que estos limitaban al piloto para realizar ciertas acciones. Se debía a que cuando hacían las pruebas en el taller no se usaba el equipo de protección del piloto.



Fig. 44 Piloto 2 con casco.

### LA REDUCCION PARCIAL DE LA VISTA CON EL CASCO.

El casco limita el campo visual del piloto, restringiendo su visión periférica razón por la cual nuestros pilotos encontraban tan complicado el uso de la palanca lateral ya que tenían que moverse para poder meterla en su campo visual.

### LOS MATERIALES Y COLORES

Al ser un vehículo abierto, el sol incide de forma directa en el habitáculo del piloto, por lo que si el volante es de aluminio y el tablero de color blanco, brillante en determinados ángulos, se refleja la luz de forma molesta para el piloto, cegándolo para la ubicación de ciertos componentes.



Fig. 45 Ciertos componentes no se percibían por la reflexión de la luz.



Fig. 46 Los guantes dificultan el tacto fino.

Las superficies muy lisas o con poca textura se resbalan con el uso de guantes.

Los guantes restan sensibilidad para percibir cambios de nivel pequeños o texturas finas, así como accionar interruptores complicados.

Otro punto a solucionar es que para cada piloto le resulta diferente su experiencia dentro del habitáculo debido a sus diferentes complejidades.

Pensando en cómo solucionar los problemas anteriores, se decidió que lo mejor era reubicar los componentes de tal forma que fueran más eficientes para el piloto, llegando a la conclusión de que el mejor lugar era el volante.

### Reacomodo de componentes:

1. Pasar los cambios de velocidad al volante y dentro del rango de visión del piloto.
2. Reubicar dentro del tablero comandos para encendido y apagado de telemetría dentro del rango de visión del piloto.
3. Meter el clutch dentro de las paddel shifter para reducir a dos pedales.
4. Ajustar la distancia para que el piloto no hiper extienda los brazos.
5. Ampliar el espacio detrás del volante para que puedan accionar las paddel y las manos del piloto no choquen.

### Componentes para el volante y/o Tablero

- Indicador de rpm's (panel de 10 leds).
- Led blanco para indicar el momento del cambio de velocidad.
- Display de 8 segmentos para el indicador de la velocidad.
- Botones de cambio de velocidad.
- Paletas de cambio para meter Clutch.
- Circuito impreso para los cambios de velocidad.
- Arduino para los leds.
- Cables.
- Quick Release.
- Tornillería.



Fig 47. Arduino.

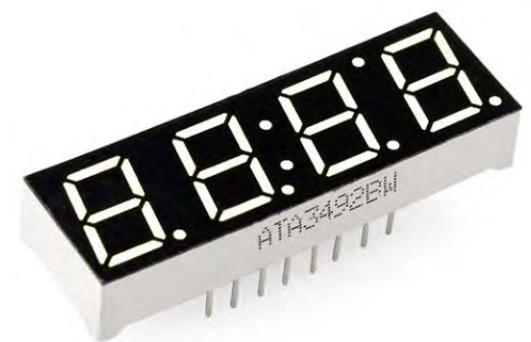


Fig. 48 Display 8 segmentos.



Fig. 49 Botones led.



Fig. 50 Circuito impreso.



Fig. 51 Leds.

# Investigación de Materiales

Una de las metas de la temporada era que tanto los materiales como la manufactura fueran patrocinados, así que comenzamos con investigación para fibra de carbono que, aunque no era patrocinado, era uno de los materiales más solicitados para realizar múltiples piezas ya que para el volante requeríamos una resistencia de 50N en torsión.

Pero como nosotros no teníamos gran experiencia con ello tuvimos que investigar para poder comparar. Por un lado podíamos obtener pellets de plásticos de ingeniería por parte de DuPont o podíamos comprar fibra de carbono para elaborar las piezas.

Inicié por los plásticos, seleccionando de la gama de Dupont para que el material fuera patrocinado y al mismo tiempo investigué una alternativa en fibra de carbono. Los plásticos que se mencionan a continuación fueron investigados en la pagina oficial de DuPont (Automotive Industry | DuPont | DuPont USA. (2018). Retrieved from <http://www.dupont.com/industries/automotive.html>)

## DuPont® Sorona® EP polímero termoplástico

Es un polímero termoplástico que contiene entre 20% y 37% (en peso) de un material renovable derivado del maíz. Este material presenta características de desempeño y moldeo similares a las del PBT (tereftalato de polibutileno) de alto desempeño.

Además de su fuerza y rigidez los estudios indican una mejoría en la apariencia de la superficie y buena estabilidad dimensional haciéndolo muy atractivo para una amplia variedad de aplicaciones en partes y componentes automotrices, en sistemas eléctricos y electrónicos.

El polímero termoplástico DuPont® Sorona® EP es un derivado del maíz con DuPont Tate & Lyle Susterra™ renewably sourced™ propanodiol como intermediario clave. El porcentaje exacto de contenido de fuente renovable.

## Hytrel®

Cambiar por Hytrel® Elastómero de poliéster termoplástico, proporciona una combinación decisiva para muchas piezas y componentes. Les confiere la flexibilidad de los cauchos, la resistencia de los plásticos y la conformabilidad de los termoplásticos. Se pueden transformar fácilmente por inyección, soplado, moldeo rotacional y pueden también ser extruídos fundidos por colada. Hytrel® retiene sus propiedades a temperaturas entre -40°C y 110°C, e incluso hasta 150°C (con estabilizadores de calor).

Los grados estándar de Hytrel® ® están disponibles en una gama completa de dureza Shore D, desde 35 a 82. Grados especiales incluyen estabilizadores de calor, retardantes de flama, aprobaciones FDA, refuerzos de fibra de vidrio, entre otros.

Hytrel® RS (Renewably Sourced) puede ayudarte a reducir la huella ecológica de tus productos sin sacrificar desempeño. Grados de Hytrel® que contienen de 35% a 65% de contenido proveniente de fuentes renovables han sido desarrollados para entregar las mismas propiedades en desempeño y procesabilidad que el Hytrel® original. Para mas información, consulta: Properties and Processing information for Hytrel® RS.

Para poder implementar el uso de estos plásticos en la manufactura este debería ser fabricado en impresión 3D, ya que el equipo no considera hacer un molde inyección.

## Fibra de carbono

Como nuestro conocimiento del manejo de la fibra de carbono, no era muy amplio decidí contactar a una de las escuderías que si tenia una buena experiencia con la fibra de carbono, esta fue el POLITO (Politecnico di Torino) ellos me asesoraron con un par de documentos propios del equipo y de Formula Student It. Para que yo pudiera tener mayor información de como ellos lograban piezas muy complejas en fibra de carbono con una manufactura perfecta (LAVORAZIONE FIBRA DI CARBONIO E MATERIALI COMPOSITI. (2018). Retrieved from <http://www.epigroup.eu/>).

Los que han trabajado con el material saben que la fibra de carbono por sí sola no tiene utilidad; necesita de otros materiales, como las resinas, los endurecedores o catalizadores para formar un material compuesto CFRP (Plástico Reforzado con Fibra de Carbono) y utilizan en su fabricación fibras sintéticas unidas con resinas, que nos dan materiales de alta calidad con baja densidad la cual representa menor peso, gran durabilidad y resistencia.

En todo material compuesto se distinguen dos elementos:

- La matriz, que se presenta en fase continua, actuando como ligante (la resina).
- El refuerzo, en fase discontinua, es el elemento resistente (fibra).

Además, otras cargas y aditivos dotan al material compuesto de características peculiares para cada tipo de fabricación y aplicación.

Estos funcionan de tal forma que las fibras soportan las cargas, absorben los esfuerzos de tracción en la dirección axial de las mismas y dan rigidez al conjunto. Las resinas transmiten las cargas a las fibras, aportan cohesión al conjunto, obligando a las fibras a trabajar de forma conjunta, aíslan las fibras entre ellas y trabajan de forma separada, evitando la propagación de fisuras y facilitando rigidez y protección ante los agentes ambientales y químicos. Las matrices termoestables son las más empleadas en materiales compuestos de altas prestaciones. Se fabrican a partir de polímeros líquidos o semilíquidos, que se endurecen, irreversiblemente, cuando polimerizan al final del proceso, convirtiéndose la resina líquida en un sólido duro con cadenas moleculares entrecruzadas. (POLIMI. (2015). Materiali e tecnologie per l'innovazione del prodotto industriale [Ebook] (1st ed.). Milano. Retrieved from <https://beep.metid.polimi.it/documents/115455458/0/Rink%201.pdf?>)

Esto es en cuanto a la fibra, pero, cómo se logra esto es algo diferente.

## Técnicas de fabricación

Para fabricar piezas de fibra de carbono se utilizan diferentes técnicas; entre ellas, se encuentra la de moldeo por contacto a mano, que consiste en la fabricación de piezas de material compuesto haciendo uso de brochas y rodillos para favorecer la impregnación de las fibras de refuerzo con resinas termoestables de baja o media viscosidad.

La infusión consiste en la fabricación de piezas de materiales compuestos, haciendo uso del vacío para favorecer la impregnación de las fibras de refuerzo con resinas termoestables de baja viscosidad.

Los materiales preimpregnados son semiproductos listos para su empleo y destinados a la producción de grandes series. Consisten en un proceso manual que emplea láminas de fibra de carbono en cualquier presentación de las mencionadas anteriormente.

Están impregnadas en resina reactiva en estado inicial de polimerización (termoendurecible) y precisan de un procesado final para su completa polimerización; normalmente, mediante calor (140°) se obtiene el producto

termoendurecible. (POLIMI. (2015). *Materiali e tecnologie per l'innovazione del prodotto industriale* [Ebook] (1st ed.). Milano. Retrieved from <https://beep.metid.polimi.it/documents/115455458/0/Rink%201.pdf?>)

Por último, una de las técnicas más utilizadas en fabricación con estos materiales compuestos, consiste en la utilización de estructuras tipo sándwich, que forman un núcleo y dos recubrimientos, que actúan como una unidad, debido a que están pegados. El núcleo puede ser de aramida o aluminio honeycomb, madera de balsa, PVC, corcho, etc., y los dos recubrimientos monolíticos, de fibra de carbono.

Debido a que nuestra pieza debe resistir al menos 50N en torsión, debíamos implementar una mezcla de procesos teniendo una estructura tipo sándwich, pero las curvaturas requeridas y mantener los espacios huecos implicaba la necesidad de más de un molde. Fabricarlo sin alma requería más material y no aseguraba la precisión de la pieza (de 8 capas con alma y 14 capas sin alma).

Otro de los factores que nos hizo desistir de hacer el volante en fibra de carbono fue que aun no se tenía un buen manejo del proceso VIP. Sin embargo se le planteo a *Controls* el realizar las paddel shifter de fibra de carbono, ya que según nos había compartido sus resultados de experimentación el POLIMI ellos habían logrado con 6 capas en forma de T y dos extras en la cabeza la flexibilidad y resistencia necesaria como para lograr un clutch cómodo y con un recorrido adecuado.

Al final realizamos una tabla para la toma de desiciones.

Fibra de carbono	Impresión 3D
Requiere moldes complejos	No requiere moldes
Requiere maquinados después de el proceso de infusión para la inserción de elementos	No requiere maquinados
La precisión de la manufactura depende de los moldes y la infusión.	La precisión depende del dibujo en Cad.
Muy resistente	Requiere inserto de tuercas para asegurar la durabilidad de las sujeciones.
Requiere pulido para el acabado final	Requiere remover el material de aporte y pulido de la pieza
Lo paga el equipo	Patrocinado

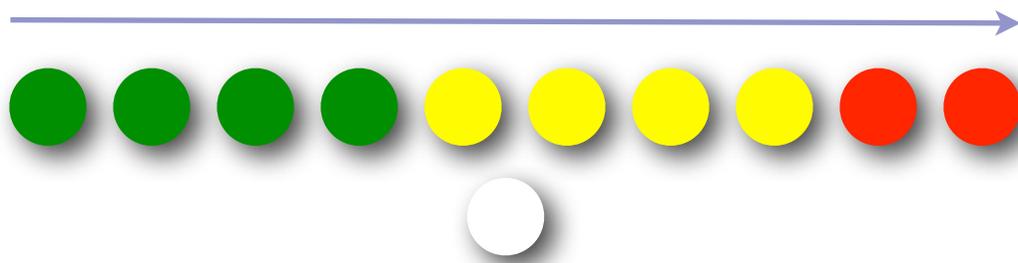
Fig 52. Tabla de desiciones.

## Piloto y volante

Los resultados dentro de las pruebas dinámicas se deben en gran parte a las habilidades del piloto, razón por la cual nos interesa que pueda maniobrar y tener una buena visibilidad de los controles y el espacio dentro o fuera del auto. Sus necesidades se vuelven parte de los objetivos de diseño.

Comenzamos consultando como quería el equipo de electronics poner el indicador de revoluciones por minuto ( $Rpm$ ) y de cambio de velocidad, el esquema inicial era el siguiente.

Dirección de lectura: Izquierda a derecha.  
Señal de cambio: led blanco



La intención de este es que cuando los LED's rojos encendieran también lo hiciera el LED blanco colocado por debajo de los LED's de colores, indicando el momento para cambiar velocidad.

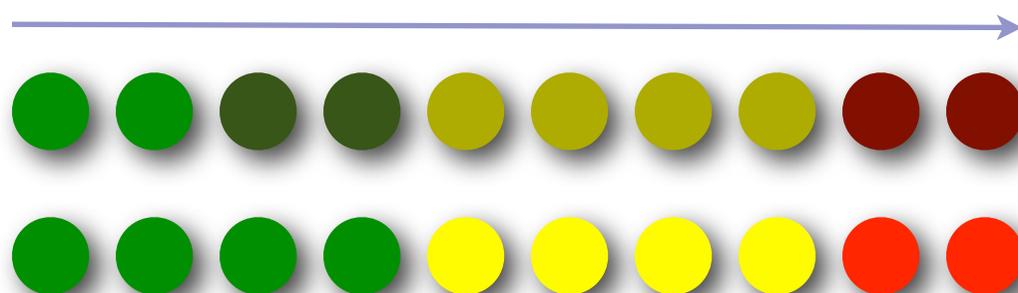
El problema de este sistema era que a los pilotos les tomaba 0.38s (tiempo promedio) identificar cuando encendía el LED blanco, por lo que decidimos solo avisara por medio del encendido progresivo de los LED's, de forma que no requiriéramos ningún aditamento extra para avisar el cambio.

Por esto desarrollamos 3 patrones y les hicimos pruebas a los pilotos para ver cuál era el código visual más claro para el cambio de velocidades.

### Patrón 1:

Dirección de lectura: Izquierda a derecha.

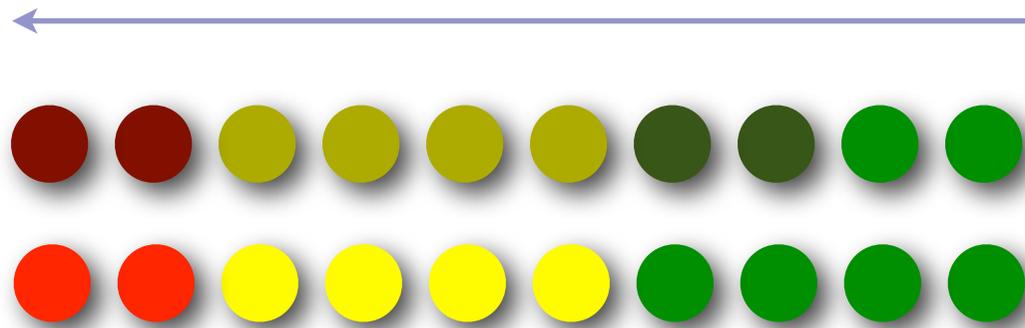
Señal de cambio: se encienden todos los LED's terminando con los dos rojos de la derecha.



**Patrón 2:**

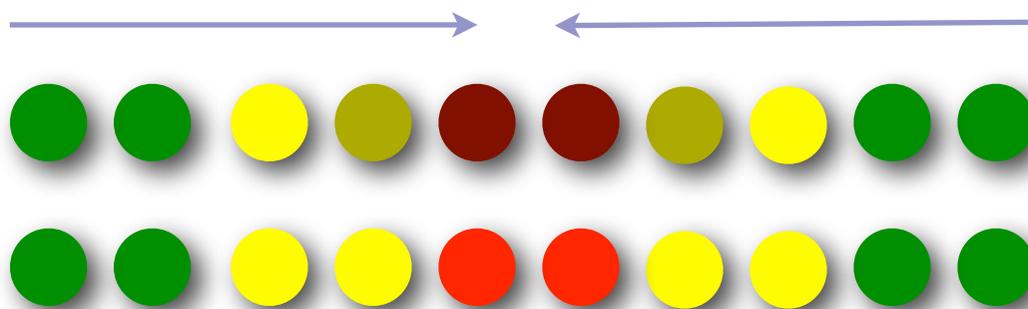
Dirección de lectura: Derecha a Izquierda

Señal de cambio: el encendido de los LED's rojos de la orilla izquierda.

**Patrón 3:**

Dirección de lectura: De extremos a centro

Señal de cambio: cuando ambos LED's rojos encienden en el centro de la línea



Nota: para evaluar los patrones y ver con cuál podíamos ayudar a nuestros pilotos, les hicimos algunas pruebas de reacción.

	Piloto 1			Piloto 2			Promedio
Patrón	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio
<b>Patrón 1</b>	0.48s	0.47s	0.30s	0.51s	0.27s	0.24s	0.38s
<b>Patrón 2</b>	1.02s	0.52s	0.46s	1.06s	0.58s	0.45s	0.54s
<b>Patrón 3</b>	.30s	0.23s	0.19s	0.21s	0.20s	0.17s	0.21s

Fig. 53 Tabla de resultados de las pruebas de reacción aplicadas a piloto 1 y 2

Esta prueba me sirvió para evaluar la legibilidad del código visual para indicar el cambio de velocidad.

### Evaluación de los Patrones de led's

Para evaluar el funcionamiento del indicador se hizo una prueba de reacción en la que los pilotos tenían que seguir el patrón de encendido y, una vez que encendieran los dos LED's rojos, pulsaran un botón. El tiempo comenzaba a contar en el momento en que el ultimo led rojo se encendía y terminaba cuando el piloto presionaba el botón.

#### Patrón 1:

A pesar de estar en el sentido de lectura requería que el piloto siguiera la línea de iluminación de los led's. El hecho de realizar un recorrido visual para cerciorarse de que ambos LED's rojos están encendidos toma más tiempo. El máximo tiempo fue de 0.51s y el mínimo de 0.24s teniendo un tiempo promedio de 0.38s

#### Patrón 2:

Fue mucho más complicado de leer para los pilotos, ya que el sentido de lectura era inverso y el cambio les forzó a no sólo seguir la línea de luz, también a cerciorarse de que el segundo led rojo estuviera encendido para poder hacer el cambio, por lo cual su tiempo mínimo de 0.45s y su tiempo promedio 0.54s siendo superior al tiempo promedio del patrón 1.

#### Patrón 3:

Manifestó una mayor claridad en la lectura, ya que la línea de r.p.m. convergía en el centro y esto se alineaba con el campo de visión central del piloto, esto le facilitaba ver el cambio sin tener que seguir la línea de led's, esto hizo que la velocidad de reacción en la lectura bajara a la mitad de tiempo de el patrón 1, teniendo un tiempo mínimo de 0.17s y un tiempo promedio de 0.21s

Esto nos importó ya que fue una forma de disminuir el número de distracciones, favoreciendo la concentración del piloto durante las pruebas y mejoró su interacción con el auto, ya que este no forzaba el motor. Mantener los componentes y de manejo del auto dentro del campo de visión central del piloto nos fue de vital importancia porque, como ya mencionamos, el campo de visión del piloto disminuye al momento de ponerse el casco.

### El Rango de Visión

El rango de visión de una persona sin casco es de 190° en horizontal y 120° en vertical. Con casco estos ángulos disminuyen de manera considerable, quedando con 120° en horizontal y 60° en vertical. Esto provoca que todo aquello que esté fuera del campo de visión central le sea difícil de ubicar, más aún si es dentro de una distancia menor al alcance de los brazos, ya que el cono de visión se amplía con la distancia (Figura 56).

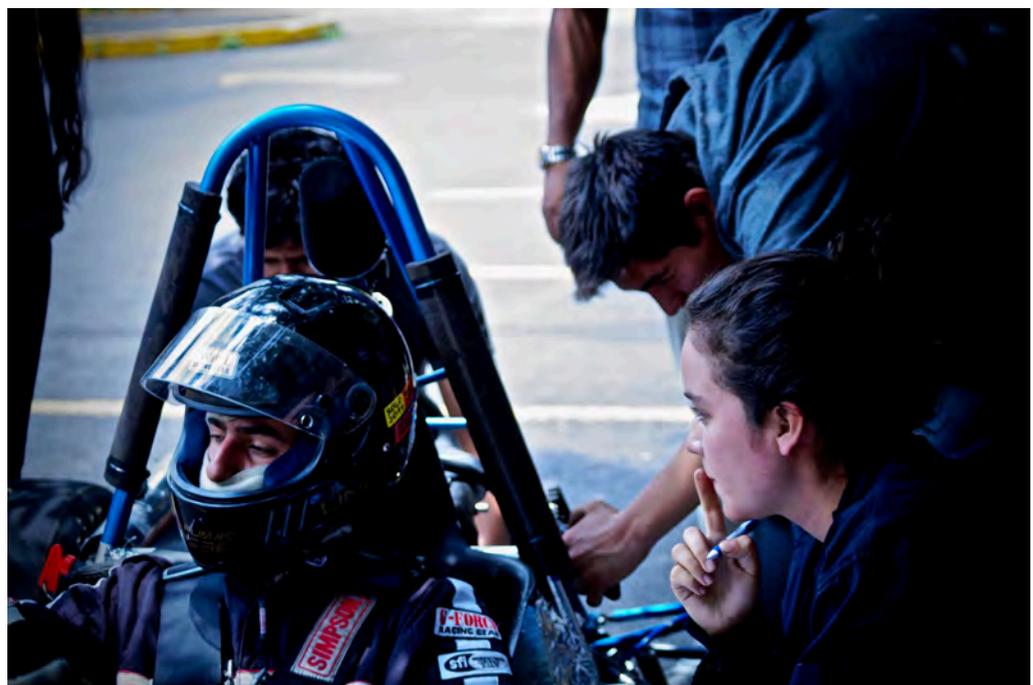


Fig. 54 Piloto reportando los puntos problemáticos

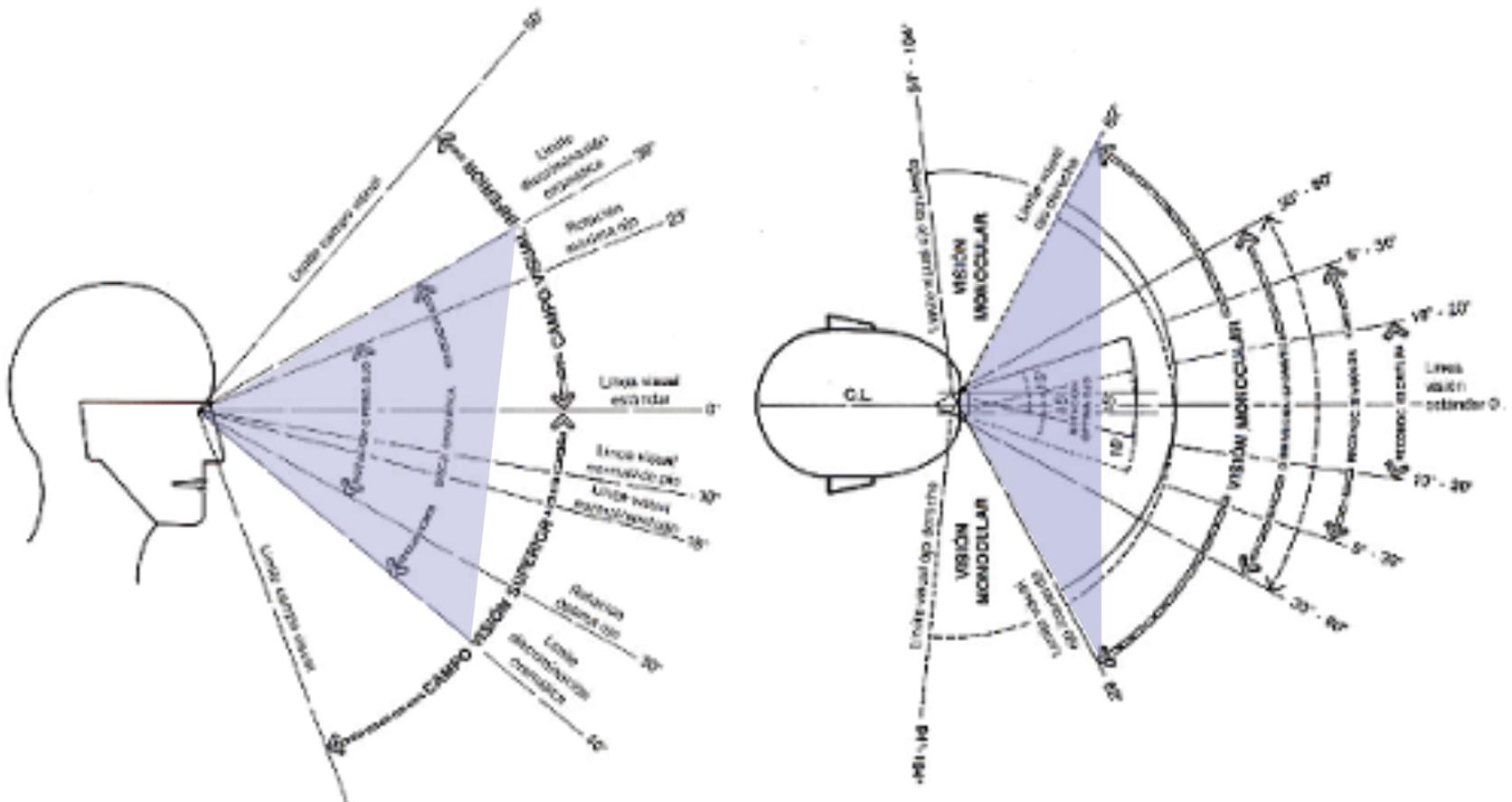


Fig. 56 Marco de visión que tienen nuestros pilotos una vez tienen puesto el casco

Como todo aquello que colocáramos fuera de este cono le implicaba una búsqueda al piloto tratamos de hacer que todos los comandos estuvieran lo más centrados con éste y, sobre todo, con códigos visuales muy claros.

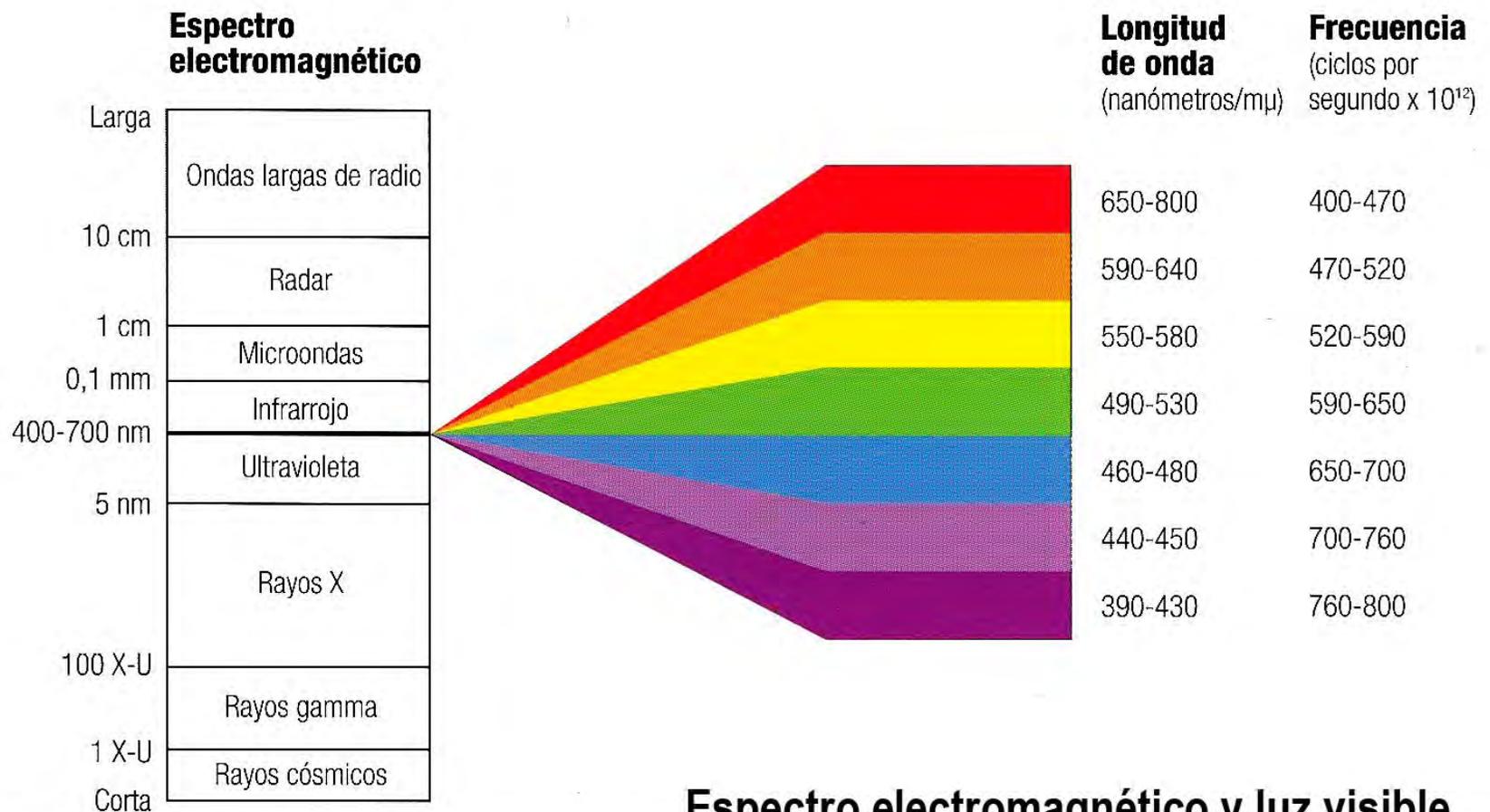
### Luz y color

Otro factor que nos afectó es la luz, nuestro prototipo es un vehículo abierto por lo cual todos sus componentes están expuestos a la luz del sol, lo cual en ciertos casos impide verlos. Para evitar los incómodos reflejos se decidió que el material base del volante fuera en negro mate, ya que éste refleja menos la luz y nos crea un mayor contraste con los colores de los indicadores y la pantalla del volante.

Para facilitar más aún el visualizar el medidor y el tiempo de cambio, se seleccionaron como indicadores colores de onda corta, media y larga para marcar el cambio.

Ya que la línea de luz se centraba con su visión para indicarle el cambio de velocidad los colores se ordenaron por intensidad y facilidad de lectura; por eso el espectro de color de la línea de luz comienza en una intensidad media y termina en el centro con un color de alta intensidad, para que aún a la luz del sol se perciba el encendido de los LED's.

Comenzamos con el color verde (Longitud de onda 490-530) este nos marca que las revoluciones son bajas, subiendo la intensidad con el amarillo (Longitud de onda 550- 580) y finalmente con el color rojo (longitud de onda 650-800) que está posicionado al centro, para indicar el momento de cambio de velocidad, ya que es el color más brillante. (Boeri, C. (2015). Colore e variabili percettive. Le interazioni del colore [Ebook] (1st ed.). Milano: Scuola del Design - Politecnico di Milano. Retrieved from <https://beep.metid.polimi.it/web/2015-16-colore-e-percezione-cristina-boeri-/documenti-e-media?>)



1 nanómetro = 1 milimicrón (mμ) = 10<sup>-9</sup>m

Fig. 57 Espectro electromagnético y de luz visible

**Nota:** Hasta este punto se tenía pensado el uso de paletas de cambio para las velocidades, hasta que los integrantes del sistema Electronics nos informaron que antes de las paletas se probaría primero con botones.

Para saber de que color poner en el botón para subir la velocidad y cuál para bajarla, les cuestionamos a los pilotos qué color relacionaban con el aumento y cuál con la disminución. A lo que respondieron que para ellos el rojo significaba aumento ya que lo relacionaban con diferentes conceptos como acción, aumento de temperatura y niveles de riesgo, mientras que el azul era relacionado con la disminución, ya que estaba correlacionado con conceptos como baja temperatura, calma, estabilidad y seguridad. Por lo cual se dejó el botón azul para la acción de bajar de velocidad y el rojo para subir de velocidad.

## Haptividad y memoria muscular

Ya que el equipo de protección de nuestro piloto le resta sensibilidad a varios estímulos, que generalmente utilizamos para interactuar mejor con los objetos, tenemos que compensarlo de alguna forma, ya que el piloto recibe impulsos físicos a través del volante que le entrega una retroalimentación de las condiciones del auto.

Para esto nos vimos en la necesidad de entender cómo es que se relaciona la capacidad táctil y la memoria muscular.

### Haptividad.

Esta relacionada con la capacidad táctil para captar y procesar los estímulos de nuestro cuerpo, nos conecta con el entorno, a través de estos somos capaces de procesar la información e interactuar con el entorno, en nuestro caso nos referimos al habitáculo del piloto.

Esto nos permite tomar decisiones sobre las texturas de los objetos, la resistencia física que puede tener un punto de contacto o entregar una respuesta sobre un canal distinto al auditivo o visual.

(Pallasmaa, J. (2009). Tocando el Mundo – espacio vivencial, visión y haptividad[Ebook] (1st ed.). Helsinki, Finlandia: Universidad de Helsinki, Finlandia. Retrieved from <http://revistas.ubiobio.cl/index.php/AS/article/view/826>)

Esto va de la mano de la biomecánica, ya que ésta nos puede dar la explicación de cómo funcionan ciertas reacciones o que estímulos son los más adecuados o los rangos de movimiento para determinadas acciones o las distancias máximas, esto nos lleva a la memoria muscular y táctil que nos ayuda a orientarnos. Esta le va a dar indicativos a nuestro piloto cuáles son nuestras áreas de agarre, los botones y el funcionamiento de estos o qué zonas son más frágiles o no están hechas para ser manipuladas de forma constante.

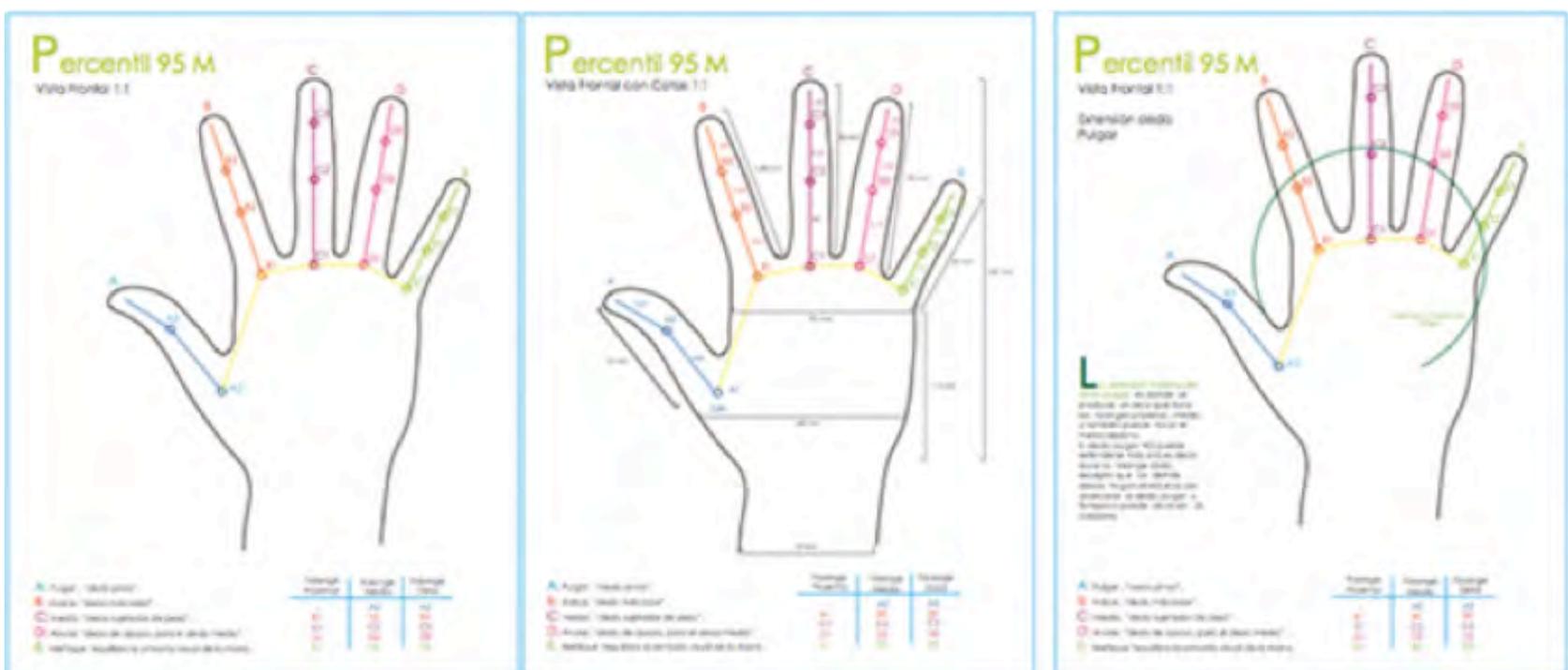


Fig. 58 Medidas básicas de una mano del 95 percentil masculino

Después de un tiempo de estudio y uso prolongado del volante, nuestro piloto va a ser capaz de recordar las superficies, botones y acciones de cada parte de éste, sin necesidad de verlo, lo cual hace más eficiente su trabajo durante la competencia.



Fig. 59 Medición de las manos de los pilotos

Pero para que esto pase, los elementos del volante tenían que estar en las distancias de los rangos de movimiento de las manos de ambos pilotos (ya que sólo se haría una pieza). Por lo tanto tomé medidas a las manos de los dos pilotos principales para poder sacar un promedio de sus rangos de movimiento y, aunque nuestros pilotos tenían una altura similar, las diferencias de dimensiones en ambos eran considerables.

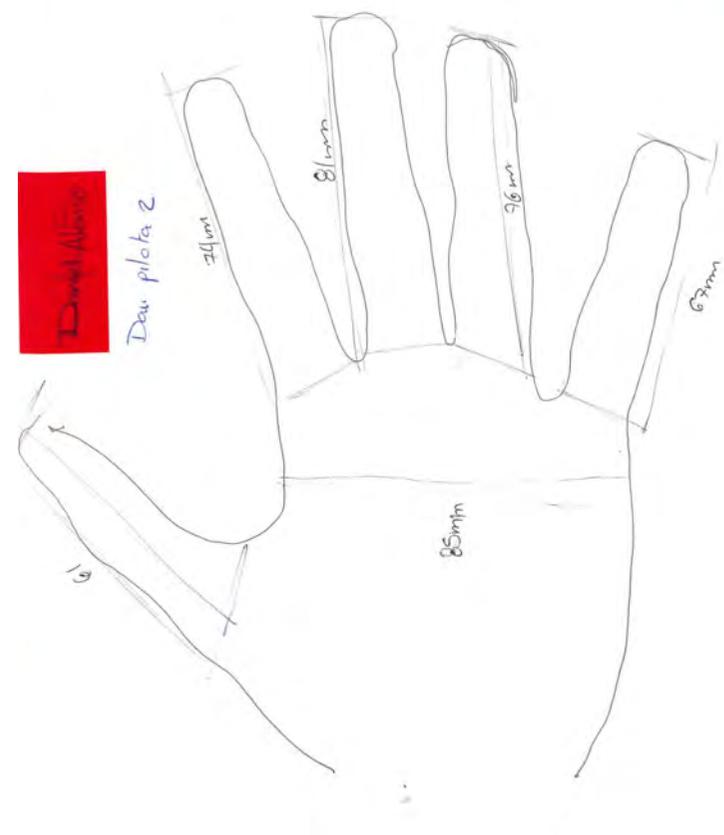
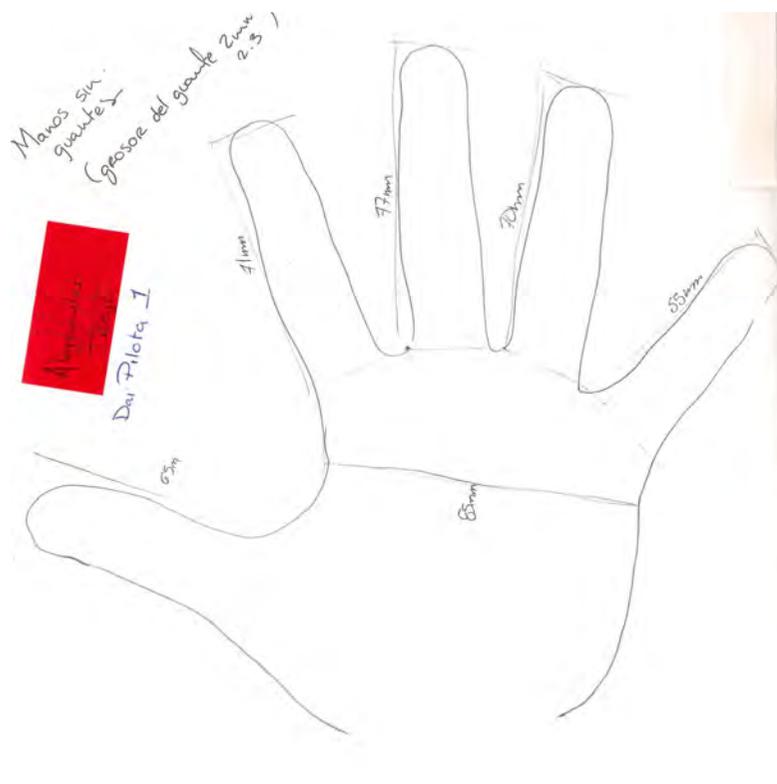


Fig. 60 Manos de los pilotos sin guantes.

Áreas	Piloto 1	Piloto 2
Pulgar	65 mm	61 mm
Indice	71 mm	74 mm
D. Medio	77 mm	81 mm
Anular	70 mm	96 mm
Meñique	55 mm	67 mm
Ancho de la palma	85 mm	83 mm
Largo de la palma	111 mm	117 mm
Largo Antebrazo	260 mm	280 mm
Largo brazo extendido.	510 mm	650 mm

**Fig.61** Tabla de medidas de pilotos

Estas medidas se tomaron como referencia para generar los primeros simuladores ergonomicos del volante.

En un simulador se probaron las medidas a las que debe estar el volante y tablero para que el piloto tubiera el espacio adecuado, ángulo al que debe estar la espalda, extensión de brazos, el espacio necesario para que las manos del piloto no choquen con el tablero y a su vez le permitan activar los circuitos y la transmisión de datos a la EQ.

En la investigación ergonómica y de los movimientos biomecánicos de las manos para ver longitudes y poder dar un ángulo optimo de  $115^\circ$  para los brazos (apertura de codos), con la intención de que la muñeca se mantenga en una posición natural la cual le ayude a maniobrar al piloto. La distancia entre el pecho del piloto y el volante es tentativamente de 400 a 450 mm.

Esto esta pensado para ajustarse con los percentiles que solicita el reglamento. Para poder tener estos ángulos es necesario ajustar distancia y el ángulo en que cierra la curva que sostiene la columna y la zona lumbar o ajustar la distancia de la pedalera.



**Fig. 62** Prueba en el simulador con el piloto 1

Areas a medir	Piloto 1	Piloto 2
Ancho espalda	460 mm	480 mm
Ancho codos	510 mm	470 mm
Altura posición sedente a hombro	615 mm	600 mm
Altura posición sedente a cabeza	940 mm	930 mm
longitud Nalga-Rodilla	585 mm	600 mm
Altura rodilla sentado	580 mm	560 mm
Distancia hombro a codo	330 mm	345 mm
Alcance frontal	690 mm	670 mm
profundidad máxima	290 mm	195 mm

Fig. 63 Medidas generales de piloto 1 y 2

Esto nos sirvió para hacer una propuesta de los ángulos que debían tener los elementos del habitáculo del piloto y darle las dimensiones a Percy (95 percentil de la población americana que se plantea pueda ser el sujeto de evaluación del auto).

Todo esto pensado para ajustarse con los percentiles que solicita el reglamento, para poder tener estos ángulos es necesario ajustar distancia y el ángulo en que cierra la curva que sostiene la columna y la zona lumbar o ajustar la distancia de la pedalera.

Con la construcción del simulador de el habitáculo, se vieron los ángulos de los pedales, asiento, distancia al volante y distancia al tablero.

Se realizaron análisis antropométricos de los pilotos.

Se tomó el percentil máximo para las pruebas. En la construcción del simulador se vieron las variables de los ángulos del asiento, ángulos propios para evitar forzar la muñeca en los giros del volante. Y que peguen las manos del piloto con sus rodillas al dar el máximo de giro.

Se decidió que el volante estuviera a 430 mm de el pecho del piloto y a 45 cm de piso del auto, para evitar choques. Tanto la distancia como el ángulo de flexión de codos de 115° son para que el piloto tenga una buena movilidad dentro del habitáculo y, sobre todo en caso de un choque no se lesionen articulaciones (figura 64).

Durante las pruebas del primer simulador del asiento y habitáculo del piloto se llego a la conclusión que los mejores ángulos en espalda, cuello y cabeza, para la adecuada y cómoda postura del piloto serian los siguientes.

Ángulo de brazos. 115°

Distancia de pecho a volante: 431mm

Dentro de las pruebas se contemplan los rangos de pulgar, extensión de falanges, diámetros de empuñadura, la distancia y fuerza de presión que pueden generar sin esfuerzo los dedos indice, medio, anular y meñique.

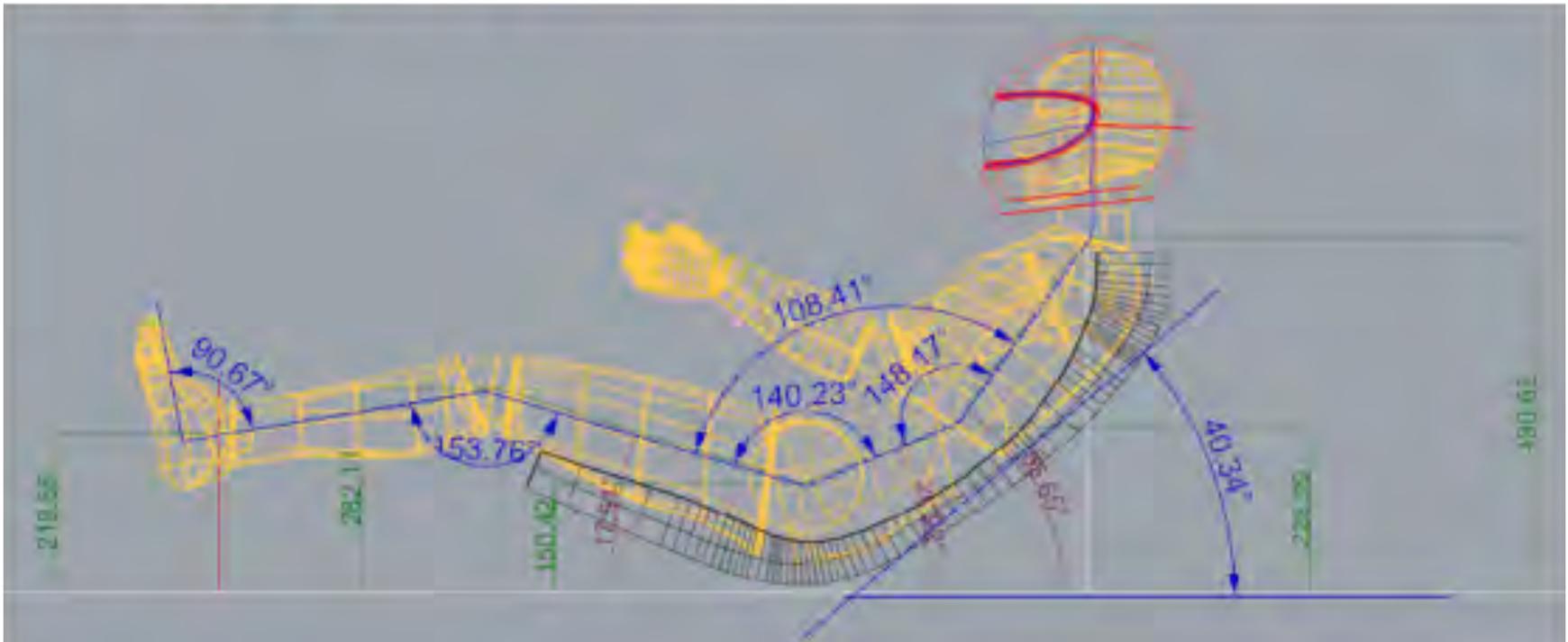


Fig. 64 Medidas y ángulos a los que se va a encontrar nuestro piloto

Con esto comenzamos a establecer los ángulos adecuados para el agarre y posicionamiento de manos, oscilando entre un diámetro de 18 a 53 mm, aunque los más utilizados a causa de los guantes tienen un diámetro de 30mm y son ovalados, esto es para mantener un buen agarre.

## Diseño

Con los elementos anteriores pudimos comenzar a trabajar con posibles configuraciones para el volante. Con los elementos que sabíamos que estarían presentes en su configuración.

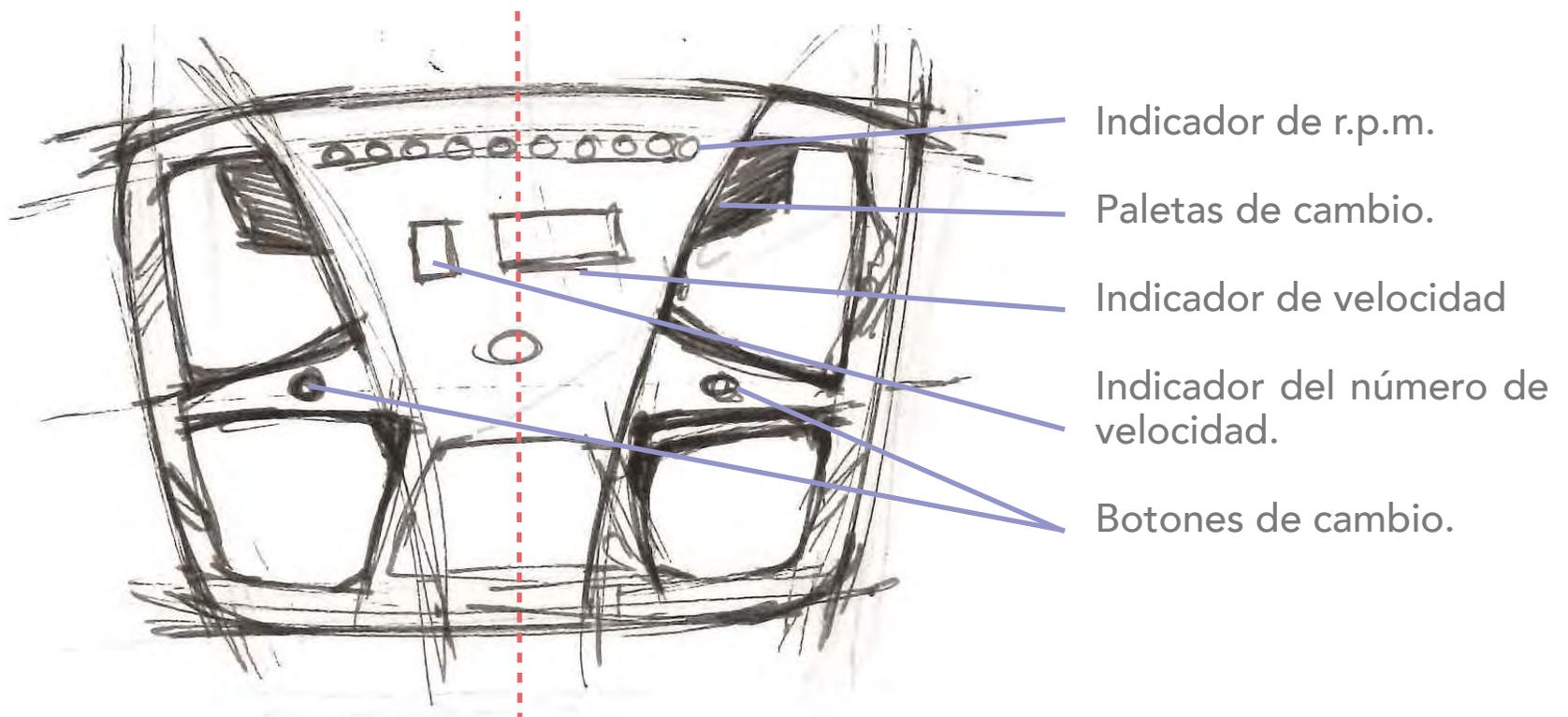


Fig. 65 Primer boceto con elementos

Ya que nuestros pilotos no tienen el entrenamiento se busca mantener la simetría de los elementos para que se acostumbren de forma rápida a las posiciones de los comandos.

Por nuestra reglamentación no podemos tener elementos cóncavos dentro del perímetro del volante por lo cual se mantuvieron las líneas curvas al exterior.

En este primer acercamiento se mantiene una parte cerrada y sólo al centro una zona para el almacenamiento de los componentes de electronics. Esta área es de fácil acceso, ya que sólo se tenía que desatornillar en cuatro puntos para que pudiéramos acceder al interior de éste. Los elementos, como ya habíamos dicho, se siguen manteniendo dentro de la línea de visión central del piloto.

En la parte superior trasera ubicamos las paletas del cambio para que nuestro piloto pudiera utilizar los dedos índice y anular para accionar el clutch de forma suave.

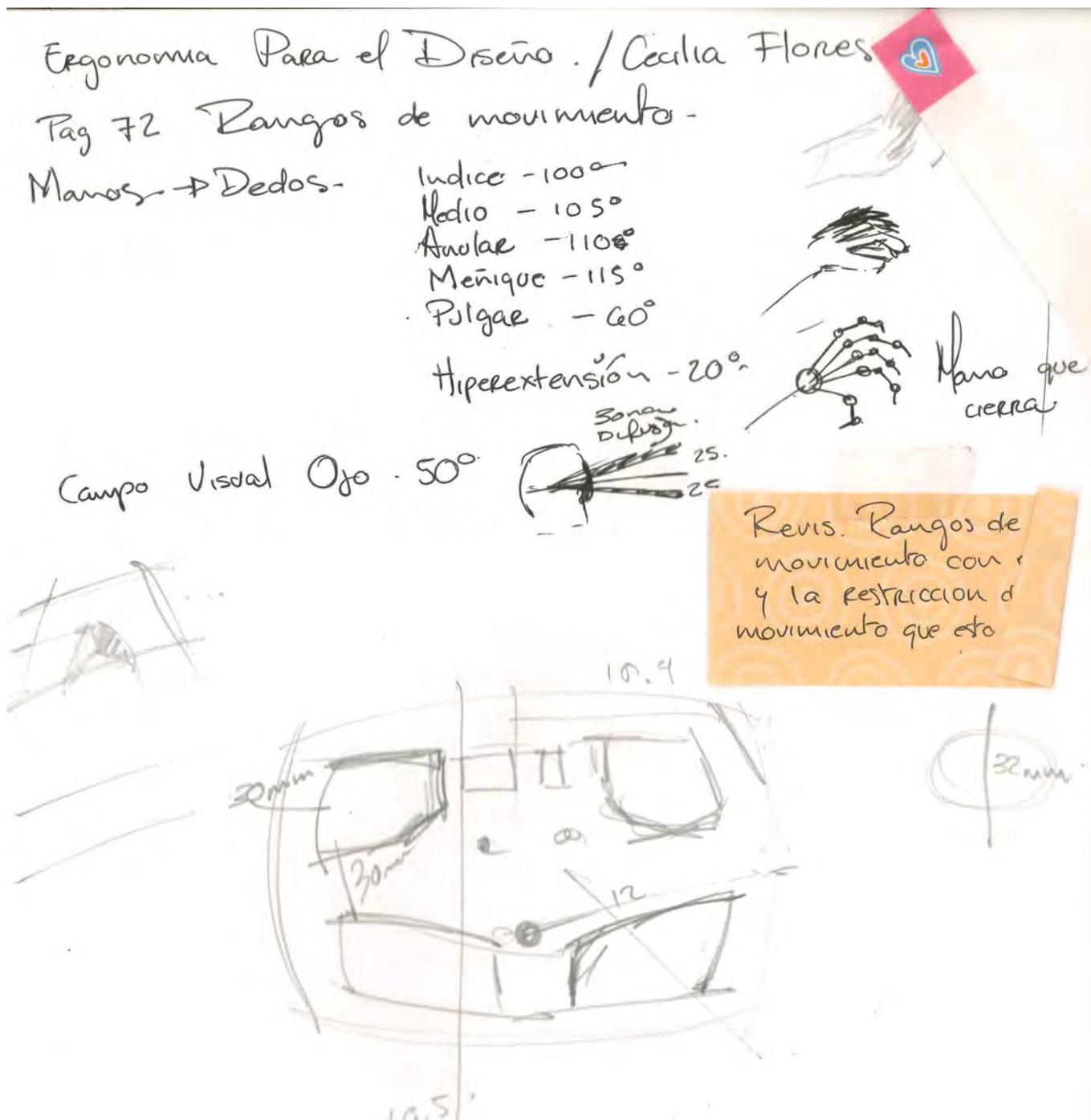


Fig. 66 Primeros dimensionamientos del volante y ángulos de movimiento de falanges

Debido a que sólo se realizaría un prototipo de volante, éste debía de ajustarse a ambos pilotos por ello, como primer acercamiento, después de ubicar los componentes, comencé a dimensionar con base a las medidas de los pilotos, para posteriormente ver si faltaba o sobraba espacio para los componentes internos de *Electronics*.

En este momento el sistema de *electronics* planteaba como pantalla un display de 8 segmentos, por lo que no se pensaba que fuera a requerir gran espacio interno, y podíamos jugar con las líneas del espacio interno del volante.

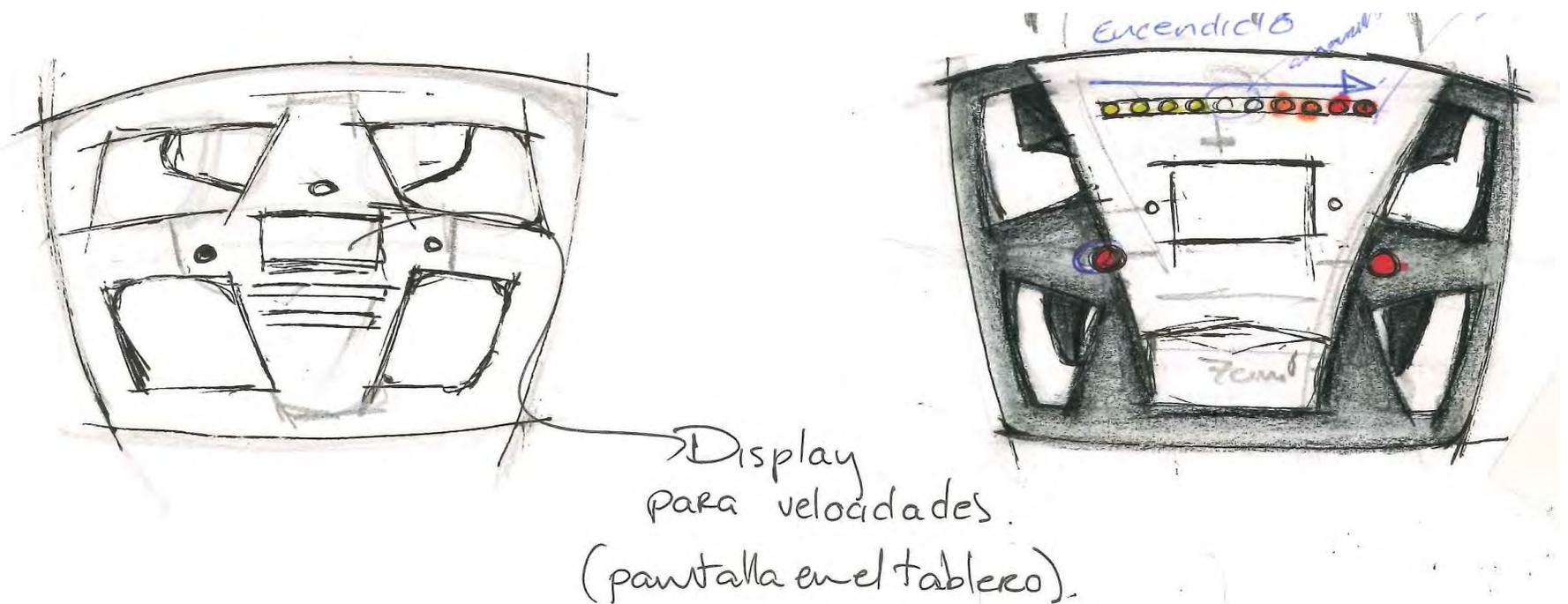


Fig. 67 Sketches para acomodo de elementos



Fig. 68 Configuración menos rectangular

El hecho de que *Electronics* en ese momento no requiriera de gran espacio me permitió dejar de lado las configuraciones masivas al centro, para darle más espacio a las manos del piloto y reducir el ángulo crítico del volante volviendolo más cuadrado.

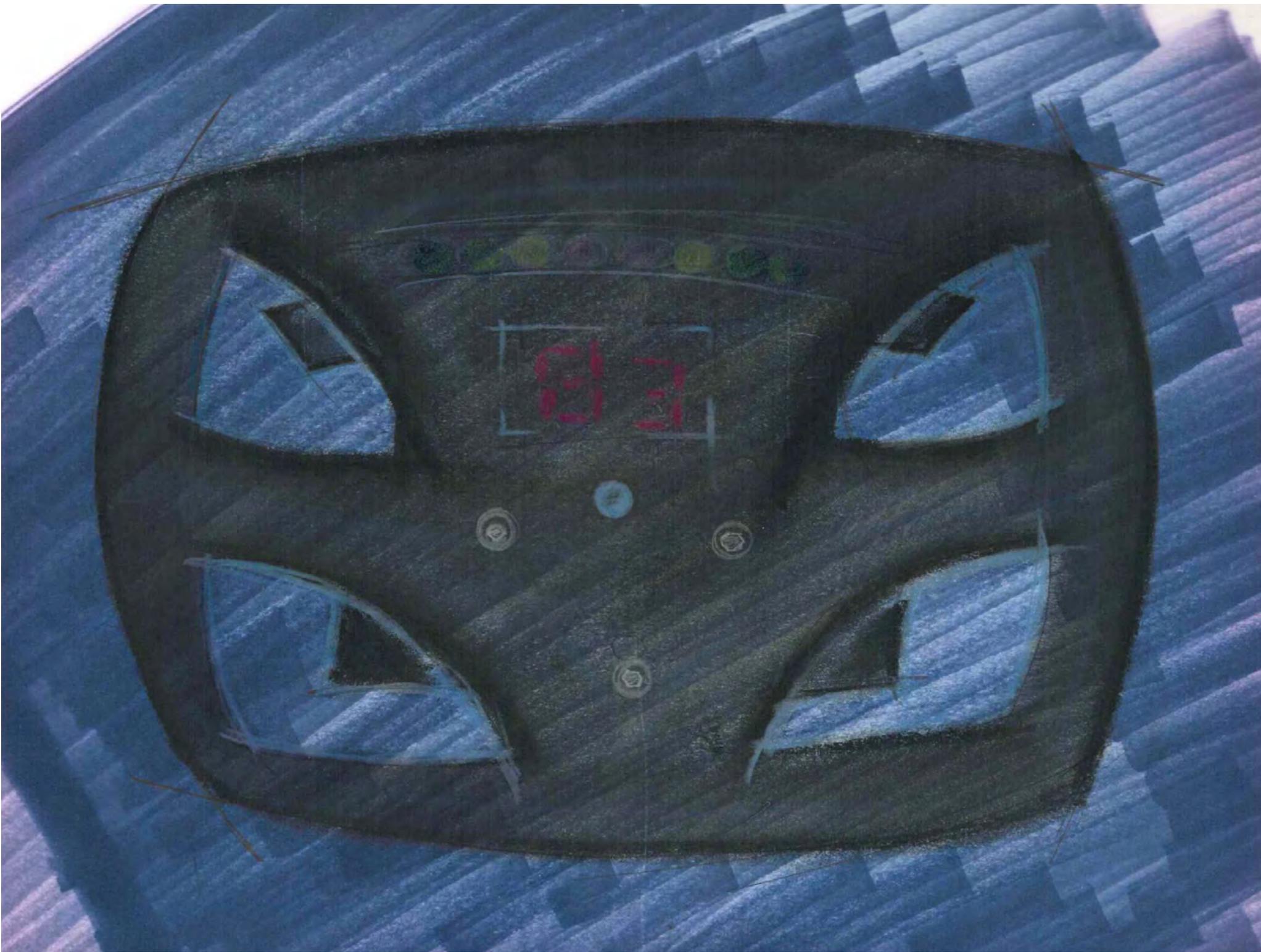


Fig. 69 Primer boceto sin paletas de cambio

También durante esta temporada electronics nos pidió que empezáramos a ver como implementar el clutch y el cambio de velocidades con paletas de cambios, por lo cual quitamos de la configuración los botones de cambio reemplazándolo por paletas cortas y paletas de actuador largo.

Teniendo en las paletas de abajo el cambio de velocidad y en las paletas superiores el clutch.

En este boceto también volvemos a dejar más espacio para los circuitos y se atornilla todo el conjunto a la *quick release*.



Fig. 70 Boceto con tapa independiente de las sujeciones de la "Quick Release"

Segunda versión de la configuración mostrada en la página anterior

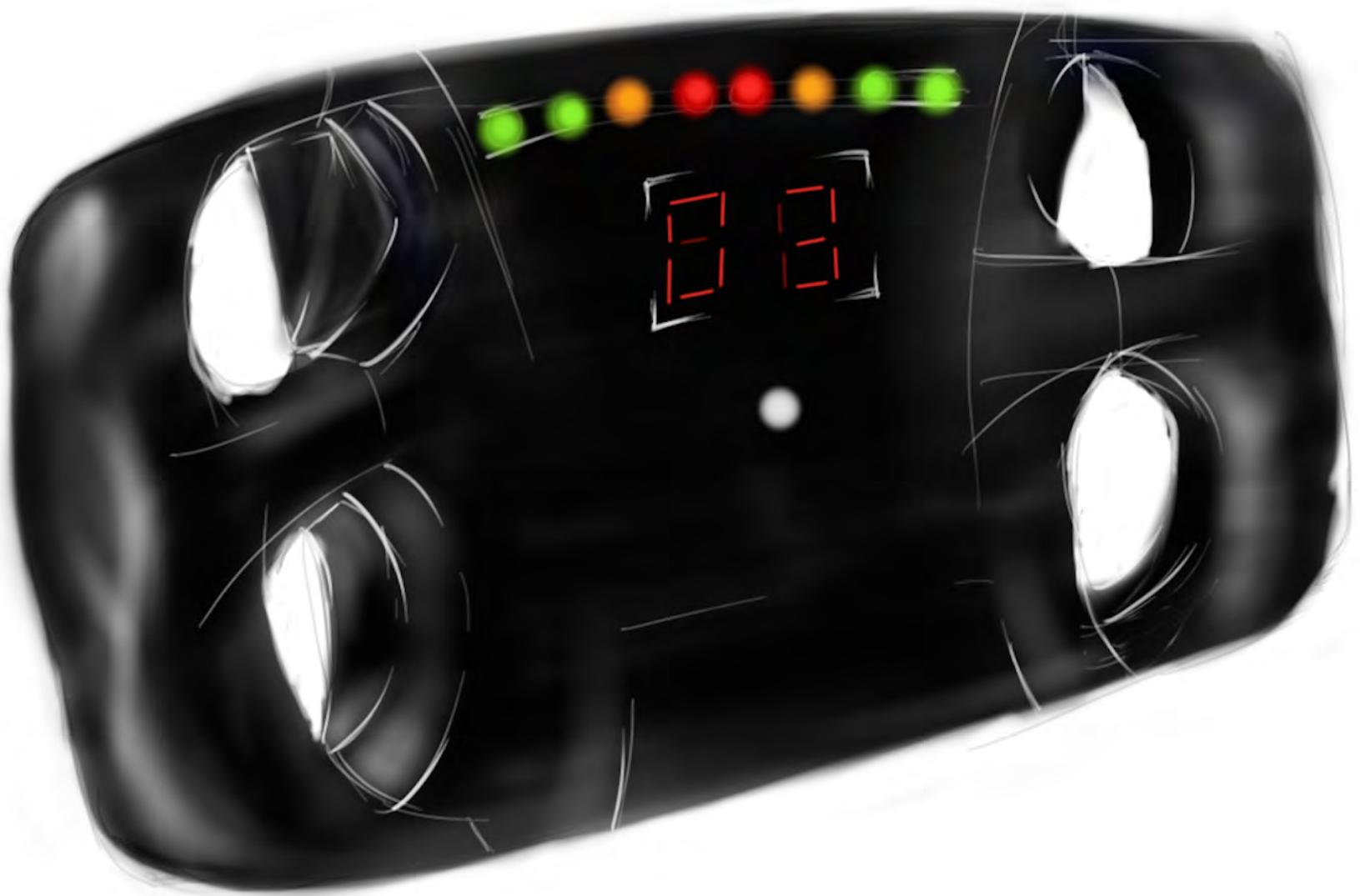


Fig.71 Cambio a un volante más rectangular

Esta fue la configuración de volante que más les gustó a los pilotos, sin contar que fue con la que mejor se acomodaron, aunque era más alargado por el rango de giro de la dirección del auto no pegaban sus manos con las rodillas y tenían más espacio y control.

Después de esto, National Instruments, uno de nuestros patrocinadores, nos dio acceso a una plataforma para poder crear una aplicación para generar diferentes avisos al piloto, con esta podíamos mostrarle diferentes elementos de telemetría, que le permitían ver como estaba el rendimiento del auto durante el recorrido.

Nota: la aplicación fue diseñada por los miembros del sistema de *Electronics*.

## La propuesta

Objetivos del rediseño del volante:

- Tener un volante multifunción para mejorar el desempeño del auto y piloto.
- Facilitar su interacción con los mandos del auto (comodidad).
- Mejorar sus tiempos (eficiencia del piloto).
- Facilitar la maniobrabilidad del auto.
- Proporcionar la información al piloto durante el recorrido.
- Reducir espacio y peso.
- Ganar puntos en diseño en el "Presentation Event".

Metodo

- Detectar los problemas que dificultan la conducción del piloto.
- Reubicar los elementos de forma que el piloto obtenga un mejor desempeño.
- El desempeño del piloto se evalúa por su tiempo de reacción, por lo tanto las configuraciones serán evaluadas conforme al tiempo.

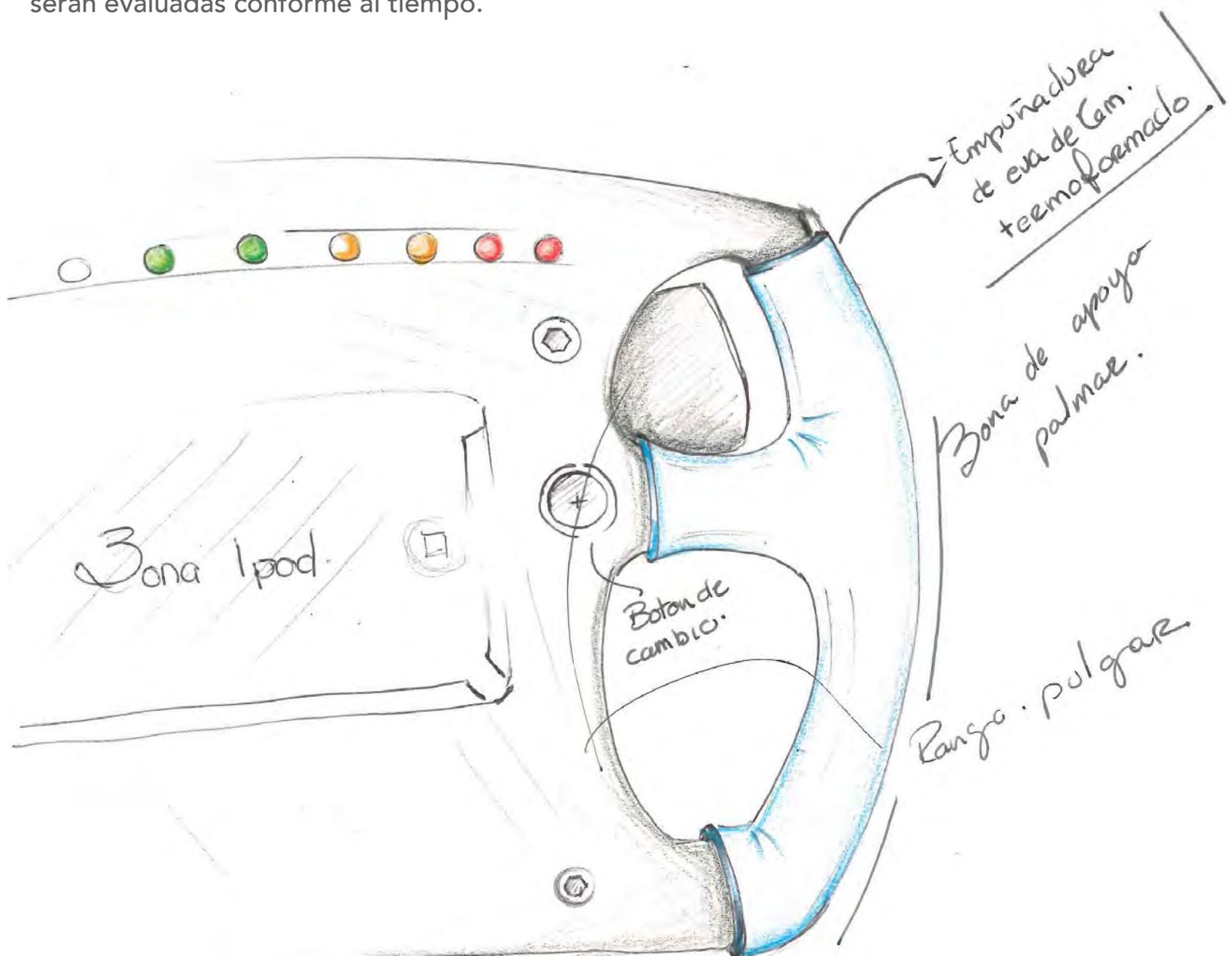


Fig. 72 Boceto del diseño final con notas de elementos (elemento en simetría).

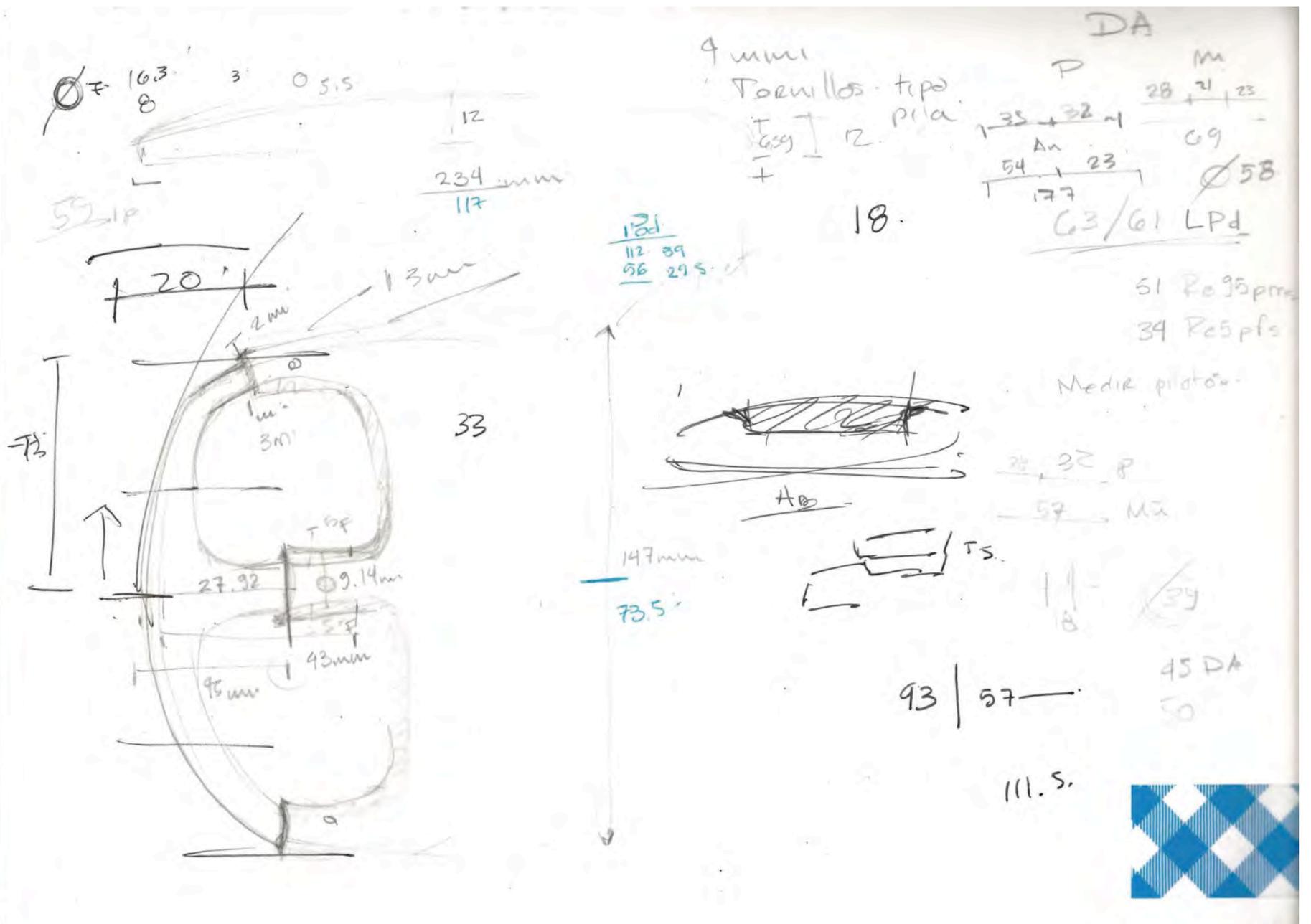


Fig. 73 Boceto con las medidas de todos los elementos. Puntos de inicio de curvas, distancias intermedias, radios, espesores y segmentos de todas las piezas del volante que se fueron armando de acuerdo a los pilotos.

Aquí comencé con el dimensionamiento para generar el modelado de la pieza en Solid Works, viendo las medidas a las que se posicionarían los diferentes elementos y las dimensiones de estos para que quedaran dentro o fuera del rango de contacto con el piloto.

En ese sketch anoté los ángulos, las diagonales, centros de curva, radios, desbastes, distancias promedio de las falanges de los pilotos, espesores, cuan sobresaliente podía estar el área. Todo con la intención de que en un momento donde hubiera que volver a hacer el modelado o ajustes a la pieza (cosa que paso en repetidas ocasiones) y tuviera un respaldo de todo sin tener que estar midiendo todo del cad anterior y tener un registro de cada dimensión y poder sustentar el diseño. Este bosquejo me ayudó a solucionar en detalle las formas de ensamble con los otros componentes.

También con esto arme esquemas para saber como sería la secuencia de inclusión de los elementos, producción, la forma en que serían posicionados y que estaría fijado a qué. El orden que se decidió para los componentes internos fue:

- *Quick release* a la base del volante y tornillería en sentido inverso.

Dentro del volante:

- Circuito impreso.
- Arduino.
- Cables y botones para volante.
- Circuito de led's.
- iPod.
- Protección para iPod.
- Tapa del volante y 4 tornillos cabeza allen para cerrar el volante.

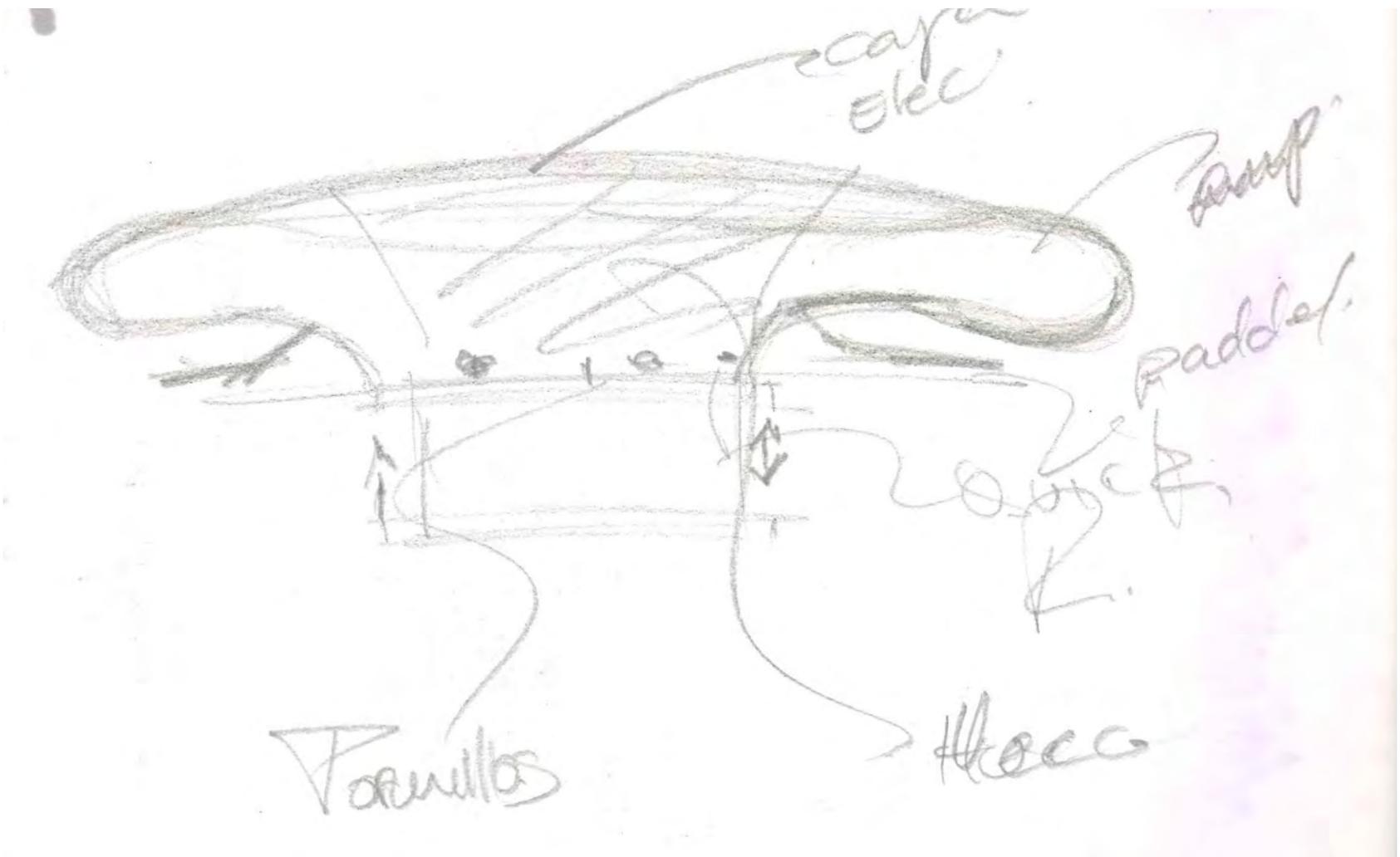


Fig.74 Boceto del esquema de orden de los elementos

Mostrando las curvas de volante y la dirección de accionamiento de los elementos móviles, para considerar los espacios y evitar colisiones que no dejen que el mecanismo se accione por completo, que las manos del piloto no tengan el espacio o sea muy justo para su función.

Como el volante es la interfase mediante la cual el piloto transmite a las ruedas el movimiento de la dirección y en el UM-515 se tenía un volante mono-función, mientras que para el UM-426 se quería un volante multifunción que permitiera controlar los cambios de velocidades, el clutch, la comunicación con el equipo y la visualización de los medidores y pantallas de avisos.

Para esto el volante debe alojar y proteger una serie de elementos que permitan el control de estas funciones, por esto se atiende a las condicionantes de ser un elemento rígido, con una alta resistencia a la torsión, para poder cumplir con su función principal que es brindar control de la dirección del auto.

El volante mantiene en gran parte una estructura hueca reforzada por nervaduras y otra sólida con insertos de tuercas misma que le permite atornillarse a la *quick release*, que es la base sólida del volante y tiene tuercas inserto para asegurar su unión mecánica, que lo conecta con la columna de dirección.

A pesar de su estructura hueca, el volante es resistente a las fuerzas de torsión y flexión aplicadas por el piloto al momento de maniobrar, gracias a el espesor de las paredes internas, las nervaduras, la calidad de impresión y el material (previamente seleccionado de una amplia gama por su resistencia).

La estructura es hueca y le permite albergar todos los componentes de electronics que están armados de tal forma que se sujetan con los tornillos, que unen la parte inferior del volante con la *quick release*.

Como es importante poder dar servicio, cargar baterías o poder conectarse al arduino para cambiar la programación, la cubierta del volante debe poder quitarse con cierta facilidad, pero asegurar que ningún componente se mueva de su lugar, por esto se une mediante 4 tornillos allen y estos cuentan con sus contrapartes insertadas dentro de la base del volante. La cubierta del volante tiene un acrílico protector para la pantalla del iPod, que puede ser removido en caso de que se estén cambiando los datos de la aplicación y no se quiera tener que desmontar todo para acceder al dispositivo.



Fig .75 Corte de la pieza inferior del volante

Unido por medio de tornillería a la *quick release* para poder conectarse a la columna de dirección del Formula.



Fig. 76 Vista superior e inferior de la tapa del volante con el acrílico montado



Fig. 77 Montaje de las piezas que van en la carcasa superior

Nota: tanto los botones como el iPod se posicionan sobre el circuito impreso al que Electronics agrego unos pequeños soportes para evitar el movimiento de sus partes al momento de montarlo o desmontarlo y en el interior de los botones LED's para mejorar la visualización del color.

1 Se dejo una salida de cable en caso de que electronics decidiera hacer la conexión por medio de cableado fijo.

Para que la pieza cumpla con sus funciones es necesario que la producción sea la adecuada y dado que era una pieza única, se decidió que fuera por impresión 3D. La siguiente información proviene de el siguiente texto. (POLIMI. (2015). *Materiali e tecnologie per l'innovazione del prodotto industriale* [Ebook] (1st ed.). Milano. Retrieved from <https://beep.metid.polimi.it/documents/115455458/0/Rink%201.pdf?>)

¿Cuál es el proceso para la impresión 3D?

El aditivo de fabricación se lleva a planos virtuales de CAD o el software de modelado, se encuentran en secciones digitales para la máquina para utilizar sucesivamente una guía para la impresión.

Dependiendo de la máquina que se utiliza, el material o un material de unión se deposita sobre la plataforma hasta que el material se dispone y el modelo 3D final ha sido "impreso". Una interfaz estándar de datos entre el software CAD y de las máquinas es el formato de archivo STL es un formato de archivo informático de diseño asistido por computadora (CAD) que define geometría de objetos 3D, excluyendo información como color, texturas o propiedades físicas que sí incluyen otros formatos CAD). Un archivo STL se aproxima a la forma de una pieza o un ensamblaje utilizando facetas triangulares. Facetas más pequeñas producen una superficie de mayor calidad. CAPA es un formato de archivo de entrada analizador generado, y VRML (WRL) o archivos a menudo se utilizan como entrada para las tecnologías de impresión 3D que son capaces de imprimir a todo color.

Un gran número de tecnologías en competencia están disponibles para la impresión 3D; sus principales diferencias se encuentran en la forma en la que las diferentes capas son usadas para crear piezas. Algunos métodos usan fundido o ablandando el material para producir las capas, por ejemplo sinterizado de láser selectivo (SLS) y modelado por deposición fundida (FDM), mientras que otros depositan materiales líquidos que son solidificados con diferentes tecnologías, en el caso de manufactura de objetos laminados, se cortan capas delgadas para ser moldeadas y unidas juntas, la tecnología SLA utiliza resinas líquidas foto poliméricas que se solidifican cuando son expuestas a la luz emitida por un láser ultravioleta. De esta forma se van creando capas superpuestas de resina sólida que van creando el objeto.

En el caso del volante se optó por el uso de tecnología FDM, esto debido a que este tipo de tecnología permite el uso de plásticos de ingeniería, los cuales poseen la resistencia necesaria para el correcto funcionamiento de la pieza.

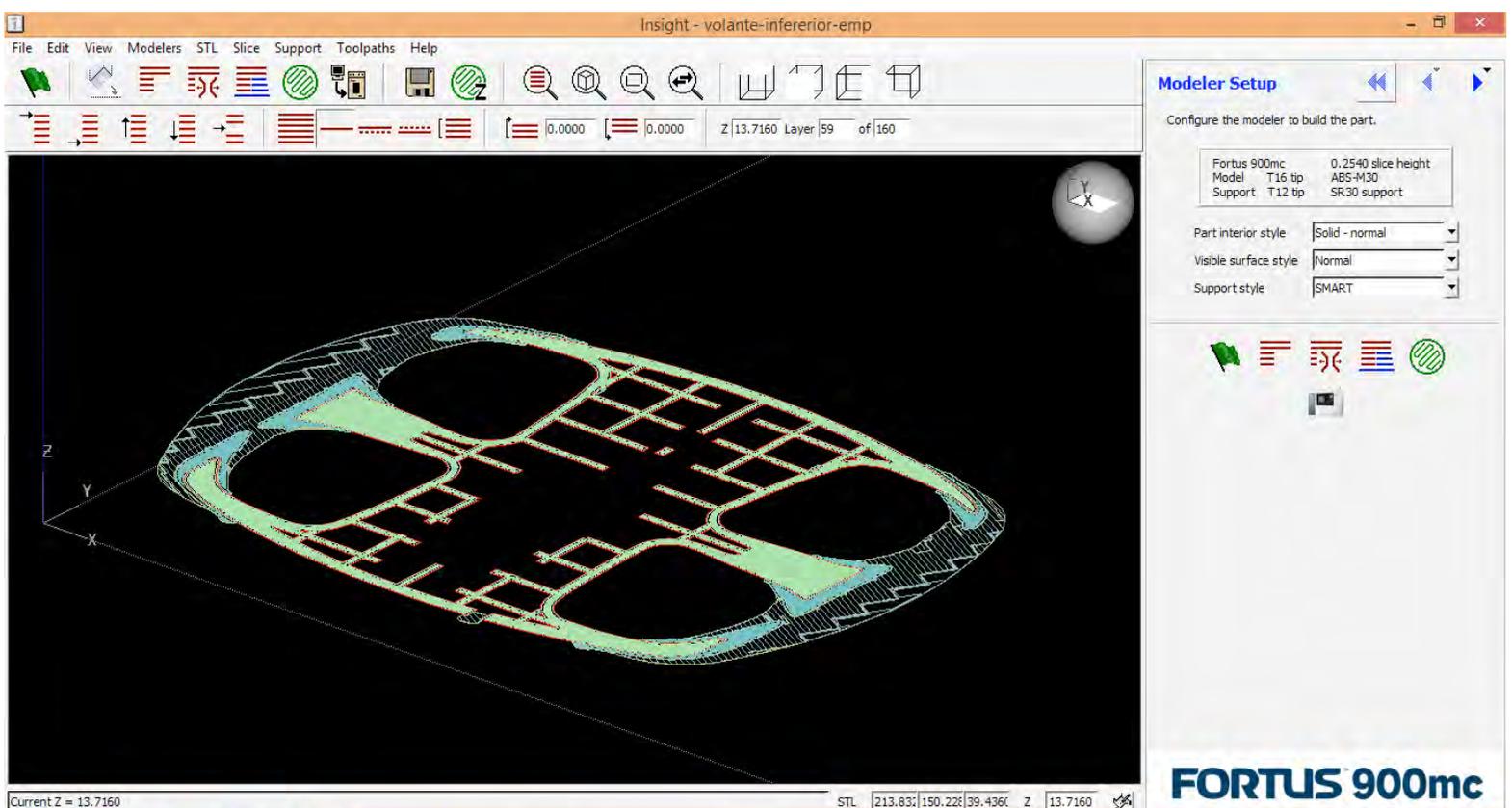
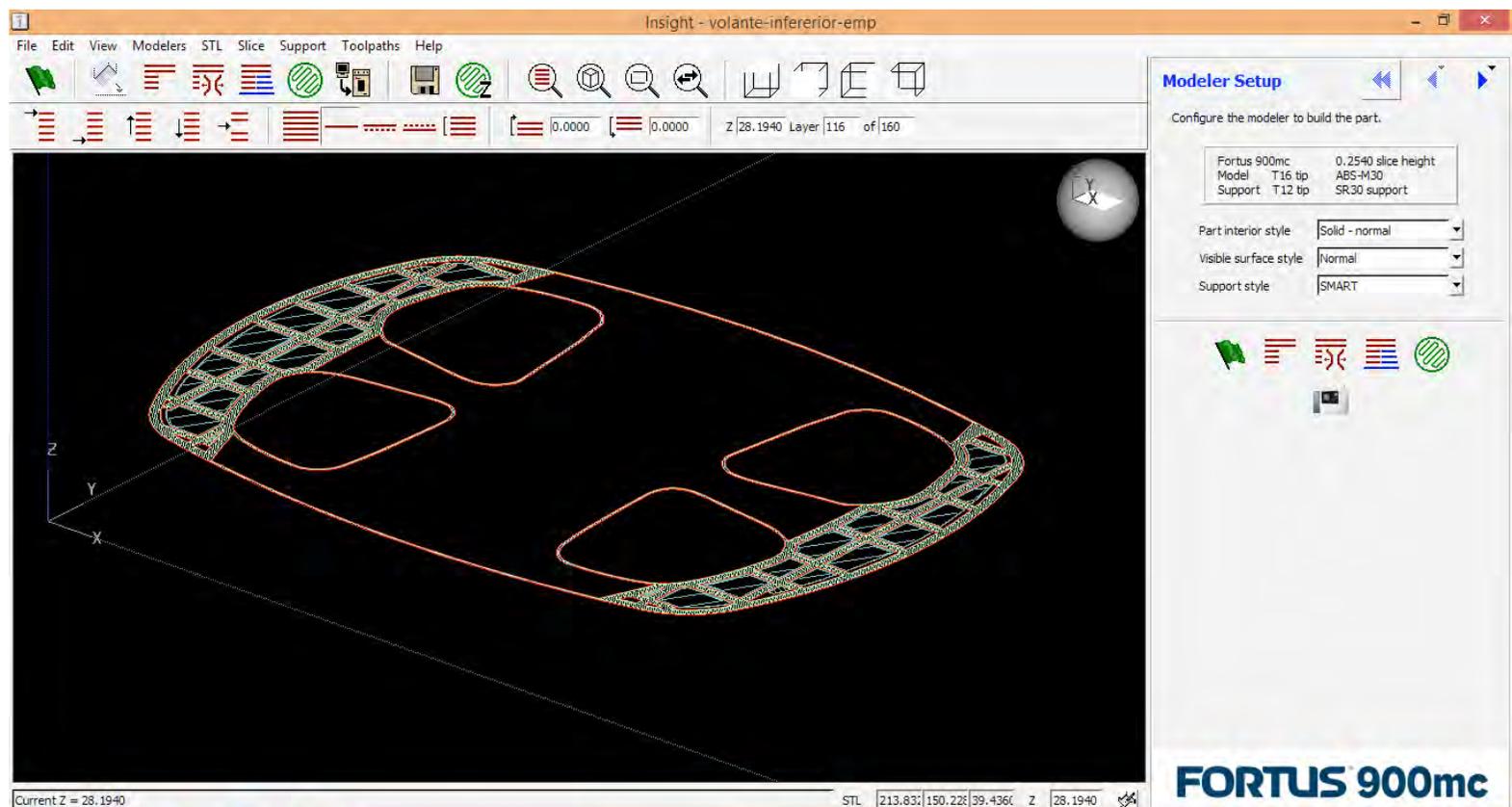
La pieza requirió el uso de una capa de impresión de 2.25 mm debido al tamaño de los muros del volante, para ofrecer una mayor cantidad de capas dentro de los mismos, dando una mayor resistencia a la flexión y torsión.

El usar una medida de capa tan fina influye dentro del tiempo y costo de impresión, sin embargo, al ser una pieza única hace que este proceso sea el idóneo para la fabricación, ya que permite el desarrollo de la pieza en un tiempo menor a un routeo de la misma con una menor cantidad de merma y un costo inferior.

Para asegurar las uniones con los diferentes componentes la impresión debe de llevar tuercas de seguridad, al menos en la base donde se conecta con la quick release. En el proceso de manufactura aditiva al realizar piezas, las cuales requieran de una unión mediante herrajes, permite configurar la impresión para "agregar" estos componentes a la impresión, permitiendo la colocación de los mismos aprisionando el componente en la pieza pero sin deteriorar el herraje o impedir su uso.

### ¿Cómo se va a imprimir?

En el caso de la sección inferior del volante se posiciono la parte posterior de la misma en contacto con la cama de impresión, permitiendo un ahorro en material de impresión, soporte y tiempo. El posicionamiento de la pieza durante la impresión también nos permitió el insertar las 3 tuercas de seguridad de la base para su union con la *quick release* y en capas posteriores para las contrapartes de los tornillos de la tapa. Teniendo un tiempo aproximado de 10 horas y 37 min con una calidad alta.



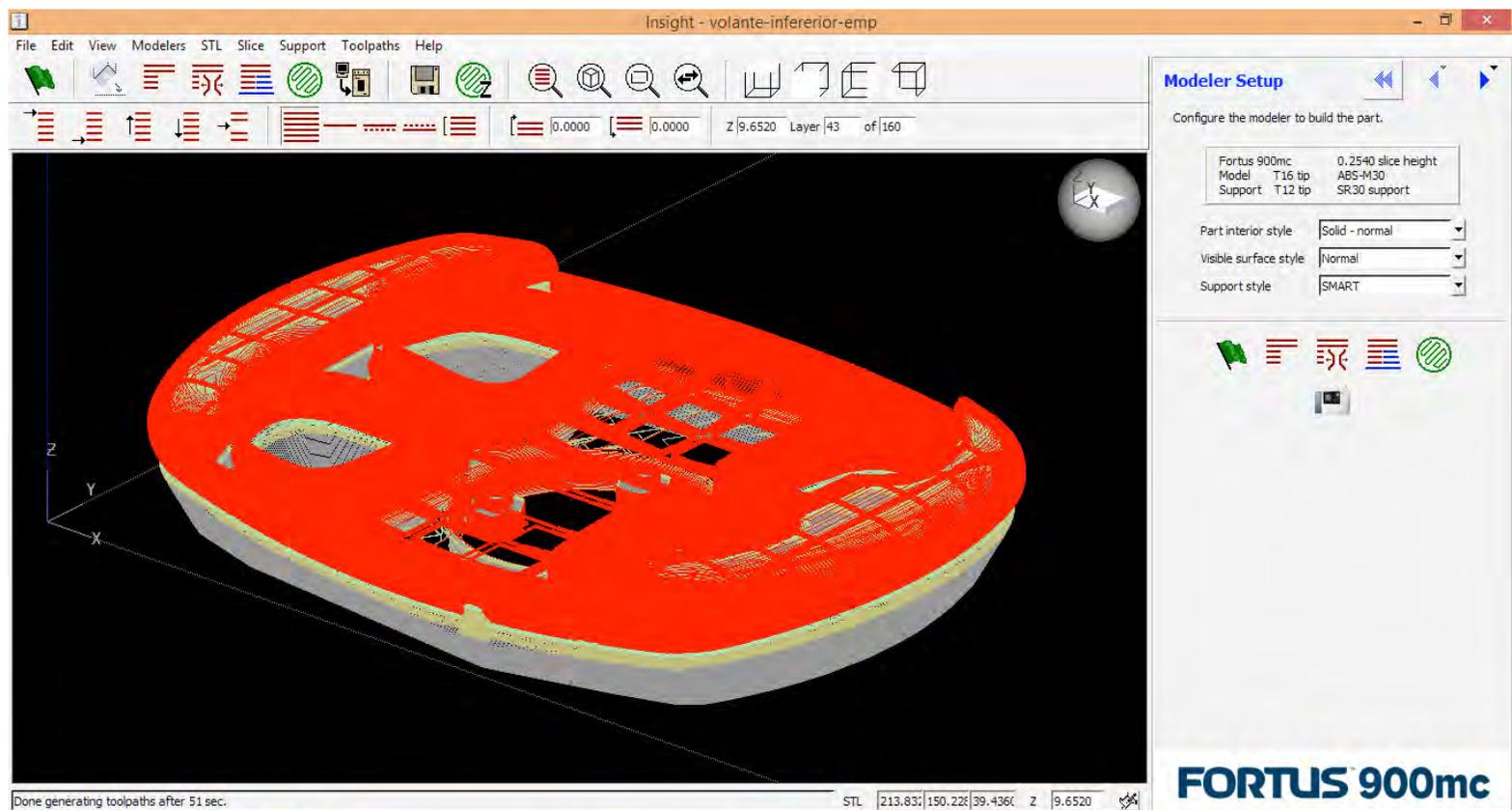


Fig. 78 Proceso de impresión 3D de la parte inferior del volante

Para el componente superior del volante se colocó con la parte frontal en contacto con la cama de impresión para no tener un soporte innecesario y cuidar los acabados de la pieza, esto también nos beneficia en que se disminuye el tiempo de impresión y de material utilizado evitando que tengamos que remover material de soporte de áreas delicadas o donde necesitamos insertar algún componente de forma precisa y sin que se mueva, como en el caso de los LED's.

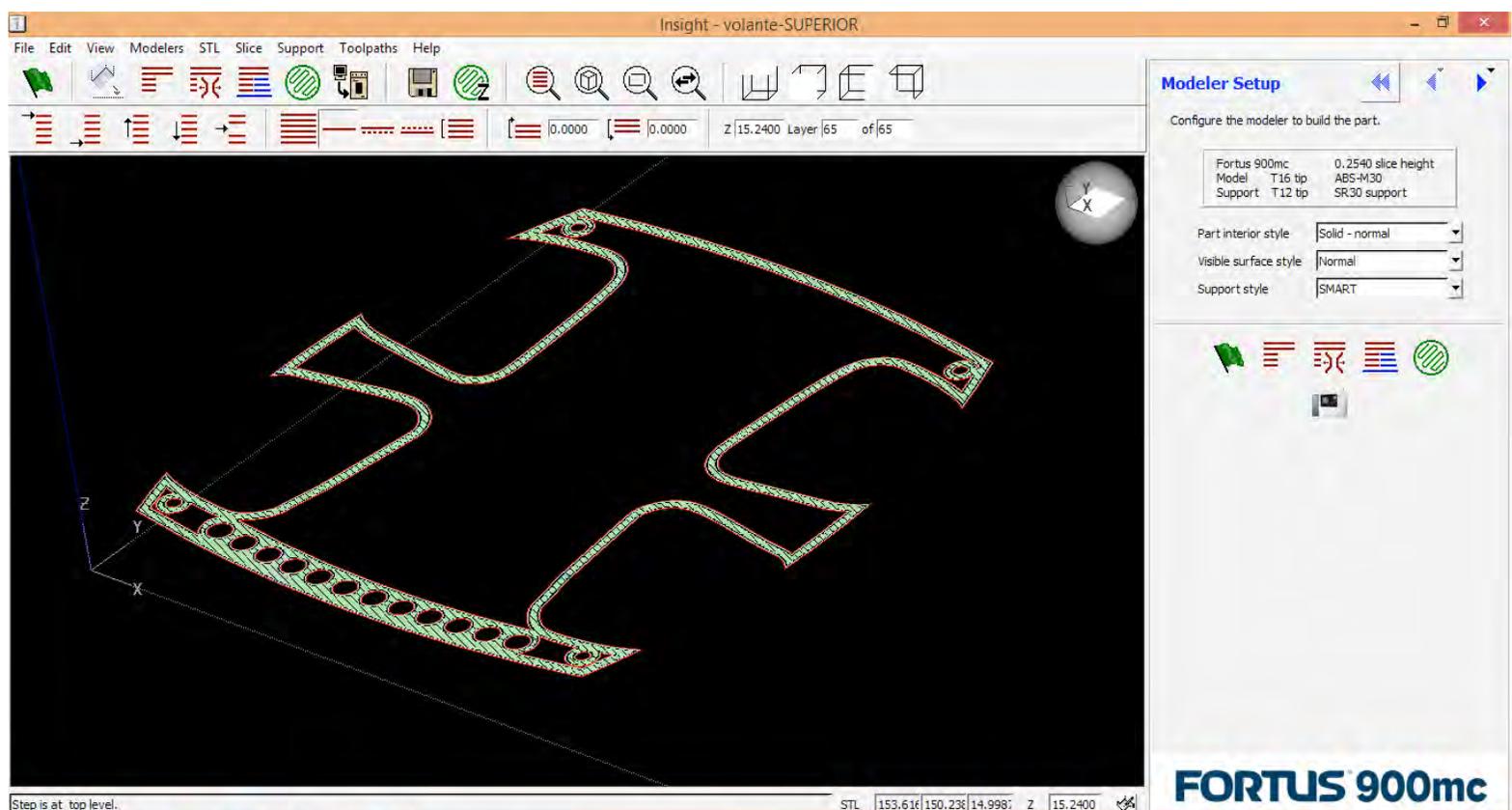




Fig. 79 Proceso de impresión 3D de la parte superior del volante

Los botones se imprimieron en posición vertical inversa para evitar la acumulación de soporte en la parte interna de la pieza y que esto pudiera impedir el uso correcto de la misma

Material para impresión translúcida:

Para los botones se utilizó PC-14, un material que permite resistencia a la tensión y a la compresión y da un acabado translucido en la pieza, para los indicadores de uso.

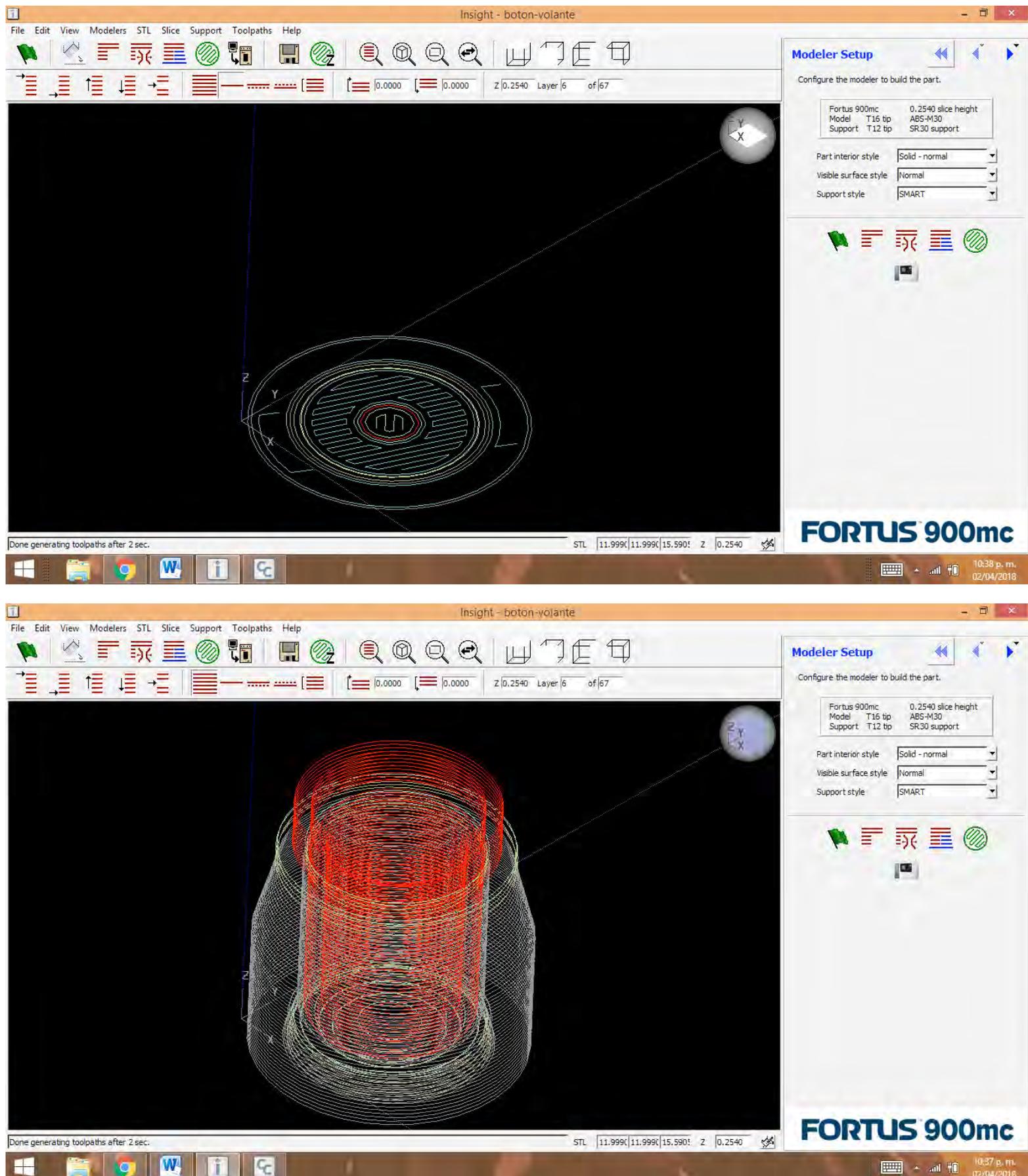


Fig. 80 Proceso de impresión 3D de los botones del volante

Es muy importante que la impresión de la parte inferior del volante se imprima en una sola pieza ya que esto es parte fundamental para que la estructura trabaje de la misma forma que en el análisis y el material conserve sus propiedades

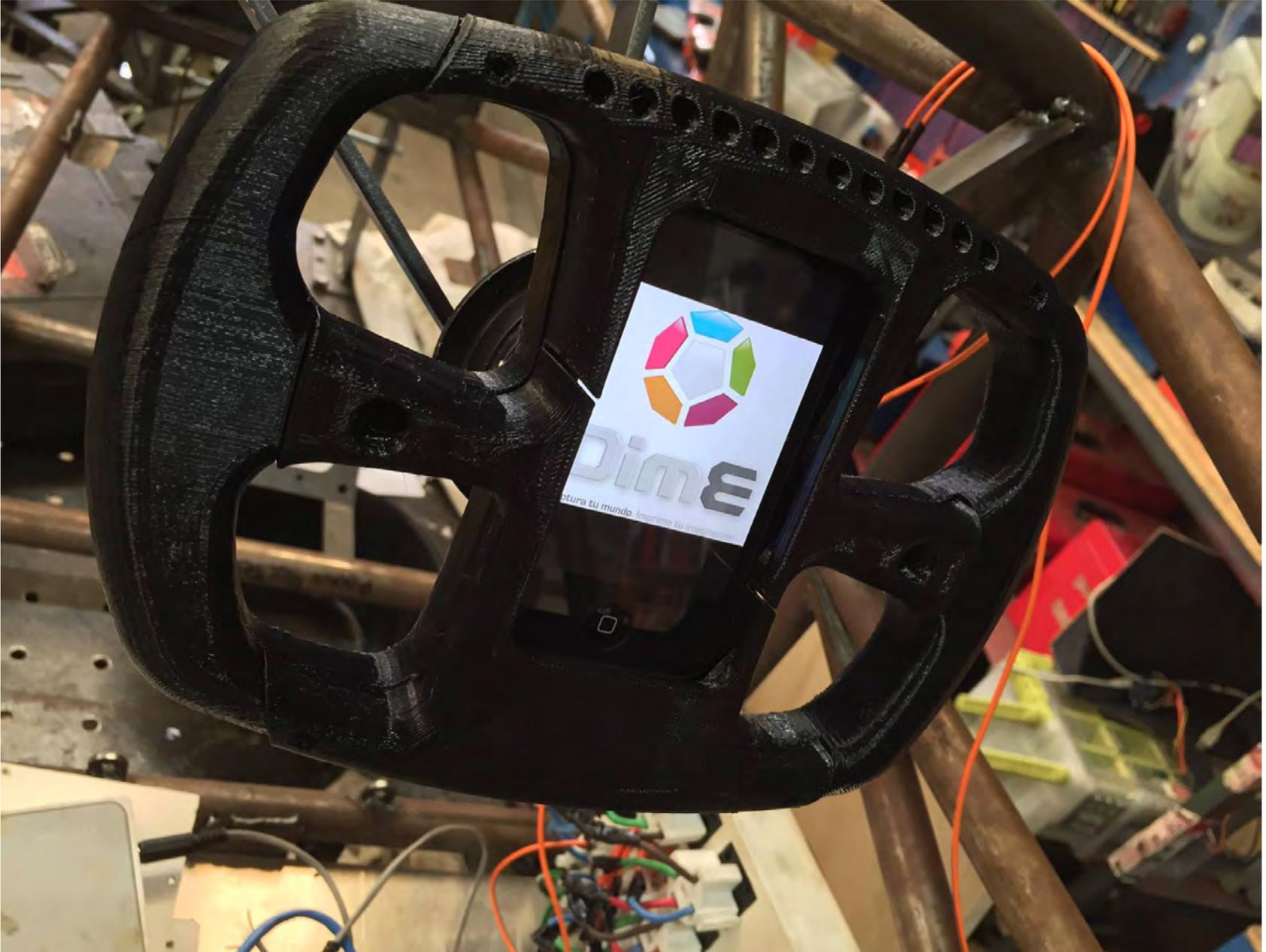


Fig. 81 Foto de la impresión del volante

Durante la impresión se tuvieron varias dificultades ya que no se consiguió la máquina de impresión compatible con los pelets del plástico seleccionado, y debido al tamaño de la pieza el patrocinador decidió imprimir la base de la pieza por mitades y luego unirlos, lo cual sumado al cambio de material resto de forma considerable la resistencia de la pieza.

Después de la impresión 3D es importante retirar el material de aporte, una vez terminada esta parte del proceso se procedería a fabricar las empuñaduras. Estas tenían dos opciones: vaciado de poliuretano de alta densidad, para generar los agarres o termoformado de EVA 8 mm, para que después del proceso quedara en 6 mm y estos pegarlos y forrarlos con cinta de terciopelo para evitar el reflejo de la luz sobre estas y evitar que los guantes se derraparan.

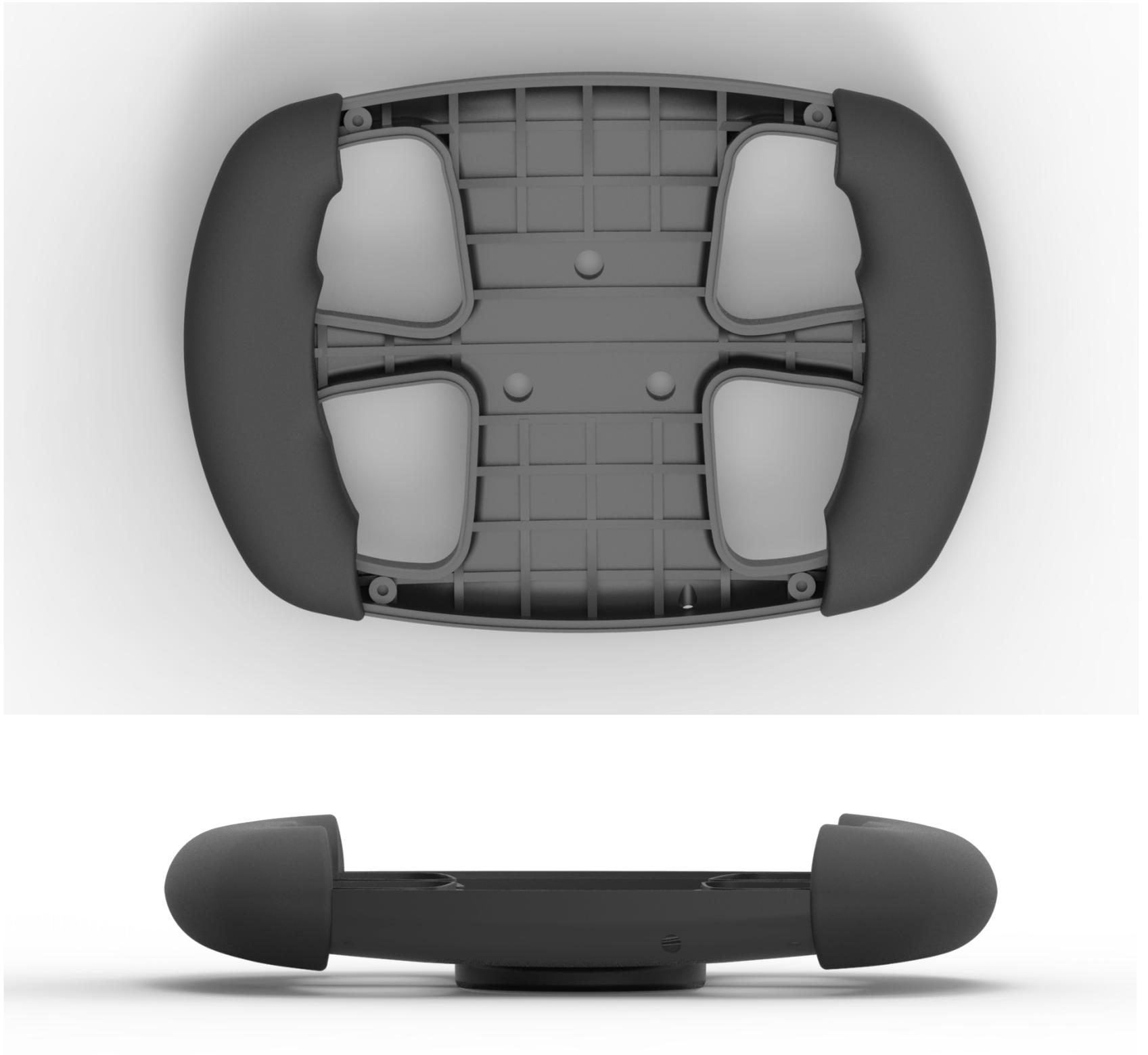


Fig. 82 Vista de la parte inferior del volante con las empuñaduras

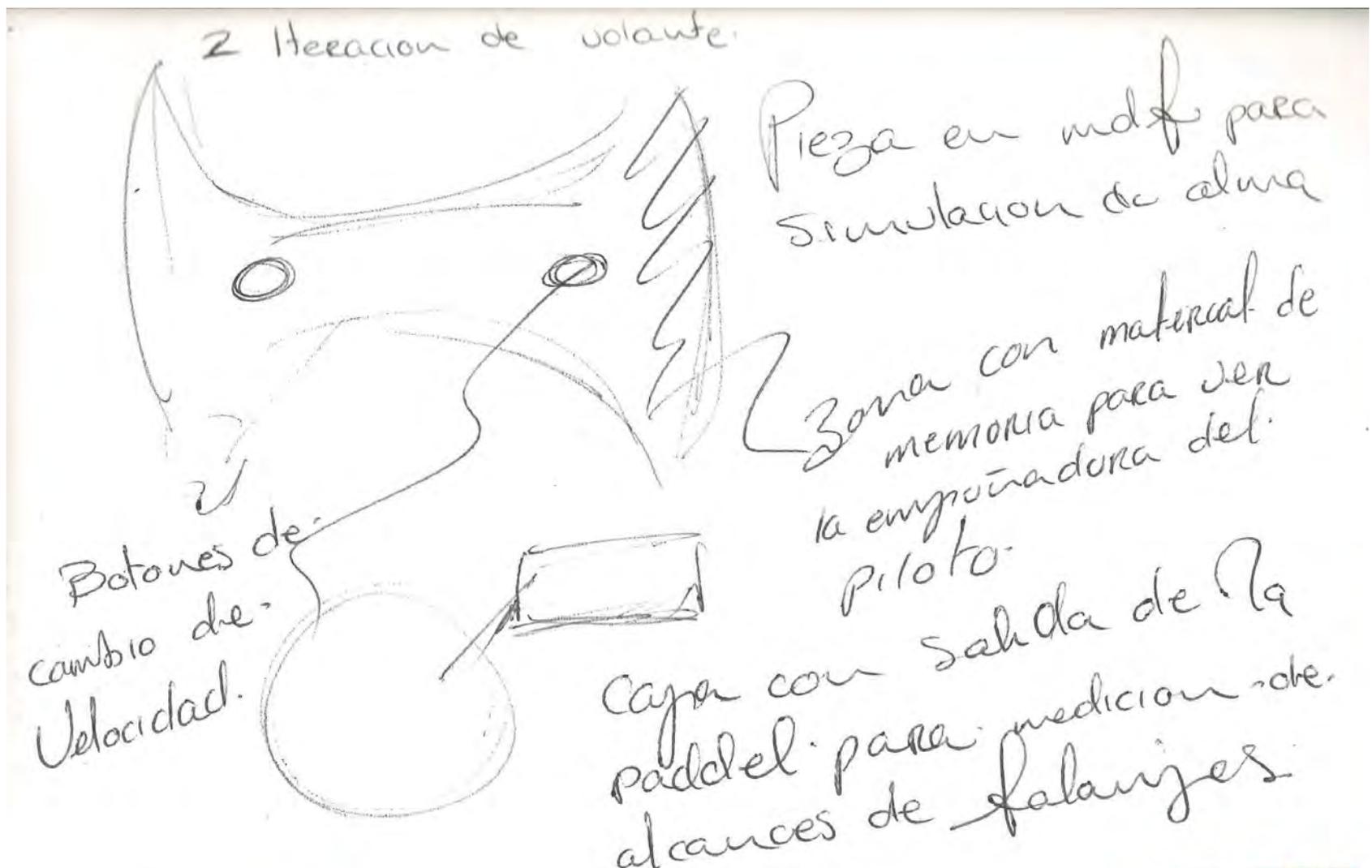


Fig. 82 Boceto de las áreas de el volante

Los cambios tanto de nivel como de material, texturas y colores aplicados, según los resultados de las evaluaciones de los pilotos.

Las texturas del volante son diferentes según su función, el color predominante es el negro mate, con la intención de que éste no le refleje la luz del sol al piloto y facilite ver los controles, la iluminación del nivel de rpm's y en que LED está o si debe de cambiar de velocidad. El color negro también crea contraste para resaltar el color de los botones de cambio, y resalta más ya que pasa de una superficie negro mate a una de color brillante y pulida de los botones o LED's.

En la zona de empuñadura el material es negro mate, pero esta vez en silicona de 6 mm y para tener la una empuñadura acolchada, que sea más suave pero que evite derrape de los guantes del piloto, ya que en múltiples acciones él depende de éste como un apoyo para generar un punto de soporte (figura 83).

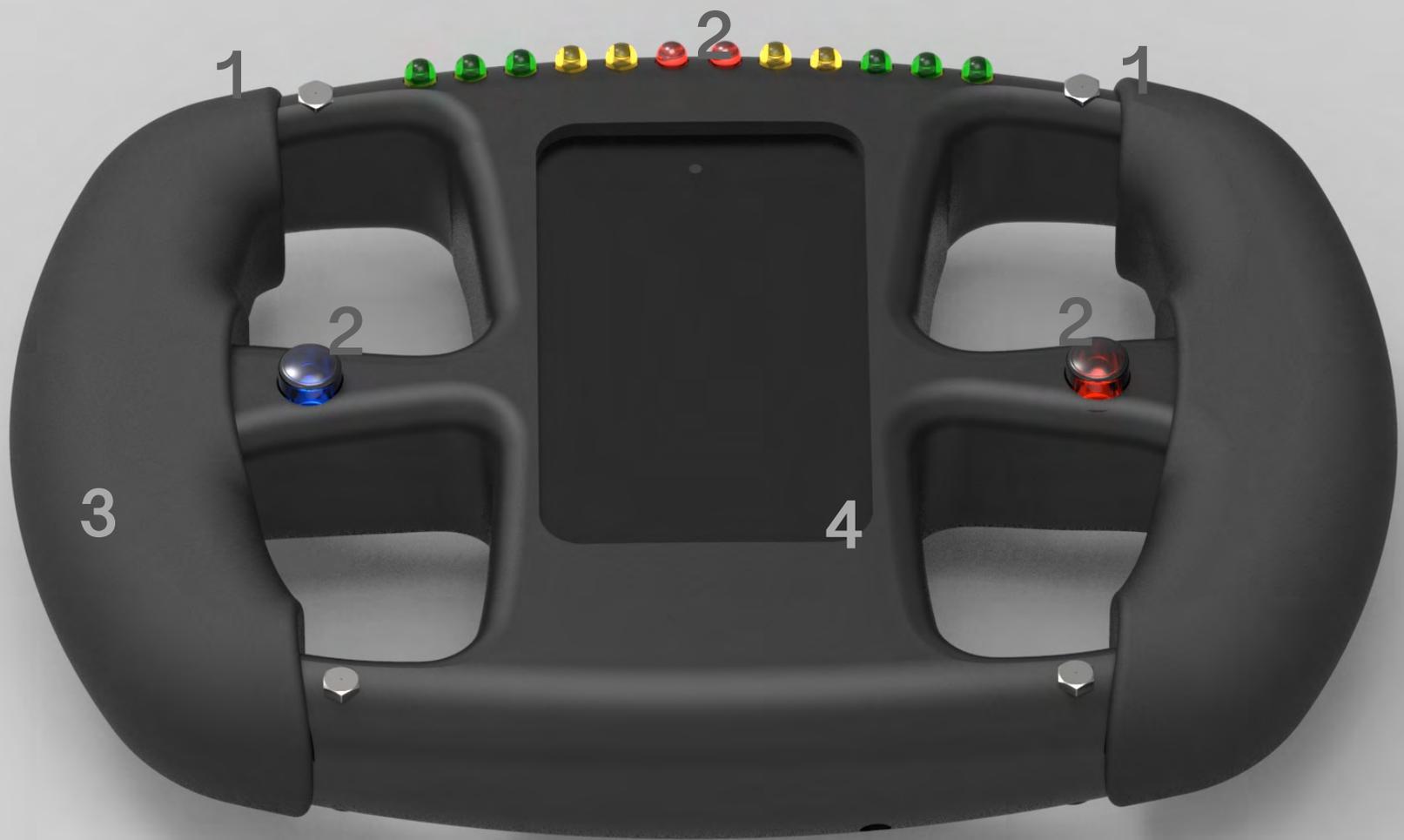


Fig. 83 Partes del volante

**1. Materiales y colores:**

Un 90% de la superficie del volante es de color negro mate y textura rugosa, la cual se debe a dos causas, la primera es que favorece el agarre del piloto y la segunda es que así nos entrega la pieza la impresión 3D. Mientras que el color evita reflejos al piloto y generar contraste con los indicadores que tenemos en colores vivos.

**2. Indicadores de luz.**

El indicador de r.p.m. indica el nivel de las revoluciones cambiando de verde, en niveles bajos, al amarillo en un nivel medio y a rojo en los altos, momento en el cual se debe realizar el cambio de velocidad.

**3. Empuñaduras:**

Es la zona de contacto para la palma de la mano y que permite sostener el volante con firmeza para conducir.

**4. Pantalla de avisos**

Está configurada para mostrarle al piloto los elementos de telemetría que fueron considerados convenientes para la carrera, como el nivel de gasolina o la temperatura.



Esquema de áreas

Cuando el piloto maneja, su mano realiza diferentes acciones de forma simultánea. Para explicar qué partes de la mano están interactuando, con qué componentes y en qué acciones están presentes, se marcaron con diferente color.

**Rojo:** Área de mayor movilidad; pulgar, base del pulgar, índice y anular.

**Verde:** Área de agarre y se aferran a las empuñaduras mientras el pulgar o los dedos índice y anular están accionando los controles

**Amarillo:** Área de apoyo que se encarga de mantener contacto o soporte en todo momento durante la conducción.

### Rojo:

Esta es el área que lleva la mayor movilidad, ya que el pulgar o los dedos índice y anular se encargan de oprimir los botones de cambio y jalar, además, la palanca del clutch.

La postura de la mano en amarillo es cuando el piloto está en posición neutral y en rojo como se desplaza para hacer el cambio de velocidad.

Para oprimir los botones de cambio el pulgar debe de dejar su posición sobre la empuñadura y rotar en dirección al botón de cambio.

Los dedos índice y anular sueltan el respaldo del volante para poder jalar la palanca del clutch, estos son los que más fuerza requieren para jalar la paleta y activar el clutch. A su vez, se ven apoyados por el resto de la mano que se sostiene del volante para darse un punto de apoyo y poder realizar la acción de jalar con mayor fuerza y menor esfuerzo (eficiencia).

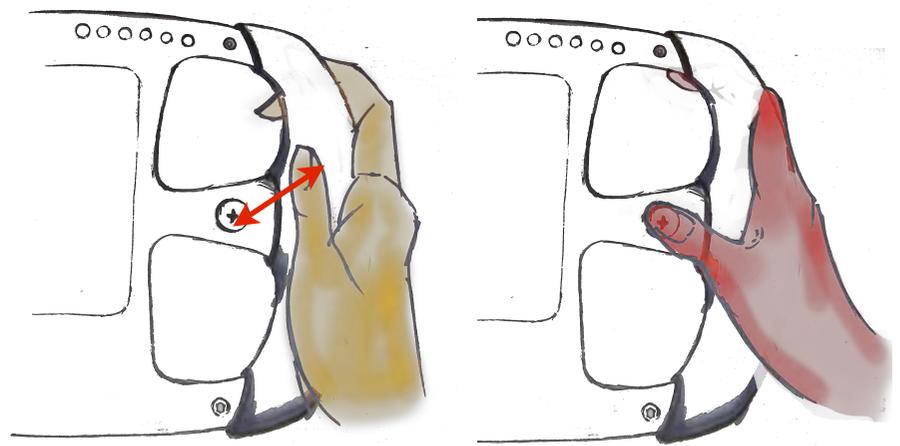


Fig 84. Movilidad del pulgar. Posición 1 y 2.

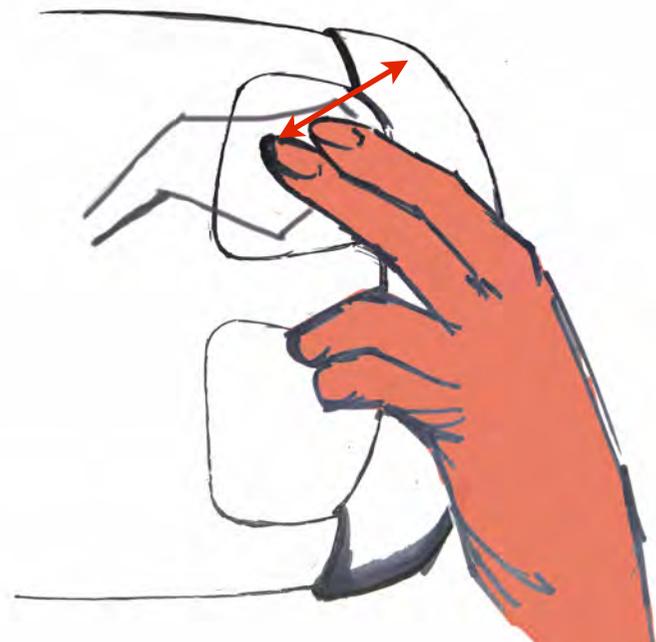


Fig.85 Movilidad del anular e índice

### Evaluación de la posición de los botones de cambio.

Para evaluar la posición de los botones de cambio se probaron varias configuraciones, pero los dos más relevantes son que se presentan los esquemas que se presentan para de evaluar cuál es la configuración más adecuada se hicieron pruebas de reacción del piloto.

La prueba se realizó contabilizando el tiempo desde que los dos LED's rojos encendían, hasta que el piloto accionaba el botón de cambio.

**Esquema 1:** en éste los botones estaban próximos a la zona central del volante y, a pesar de que estaban dentro del rango de movimiento del pulgar y en una zona de alta visibilidad, el recorrido era mayor en comparación al esquema 2.

**Esquema 2:** en éste los botones están a mayor distancia del centro, pero el recorrido de la zona donde descansa el pulgar al botón de cambio es menor a la que se maneja en el esquema 1, aunque con una menor visibilidad de éste.

Se seleccionó la segunda debido a que los tiempos de las pruebas de reacción la marcaron como la que tenía un tiempo menor. Esto sucede por la mecanización de movimientos y memoria muscular, que recuerda con mayor facilidad la posición de un objeto cuando la distancia a un objeto con el que se tiene contacto recurrente es menor.

Primera configuración de los botones de cambio

Primera configuración de los botones de cambio

	Esquema 1.				Esquema 2.			
	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio
Piloto 1	0.45s	0.48s	0.38s	0.43s	0.42s	0.39s	0.37s	0.41s
Piloto 2	0.31s	0.35s	0.30s	0.32s	0.34s	0.30s	0.28s	0.31s

Fig. 86 Esquemas de configuraciones y tabla de resultados

Como se había mencionado anteriormente, los guantes entorpecen el tacto del piloto, razón por la cual los botones de cambio de velocidad sobresalen 3 mm de la superficie de las empuñaduras, esto con la intención de que sea claro percibirlos con los guantes, ya el piloto desliza el pulgar de la empuñadura al botón y éste no debe representar una barrera para que el pulgar pueda accionarlos; al mismo tiempo manejan los colores determinados para indicar aumento y disminución de velocidad. Para que pueda encontrarlos dentro del recorrido de sus dedos y después del uso repetido el piloto genere una memoria del volante; este hecho de generar memoria táctil es lo que hace tan importante la simetría, ya que si el botón sobresale en lado derecho resulta mas fácil para el cuerpo prever que sobresaldrá en la misma posición del lado izquierdo.

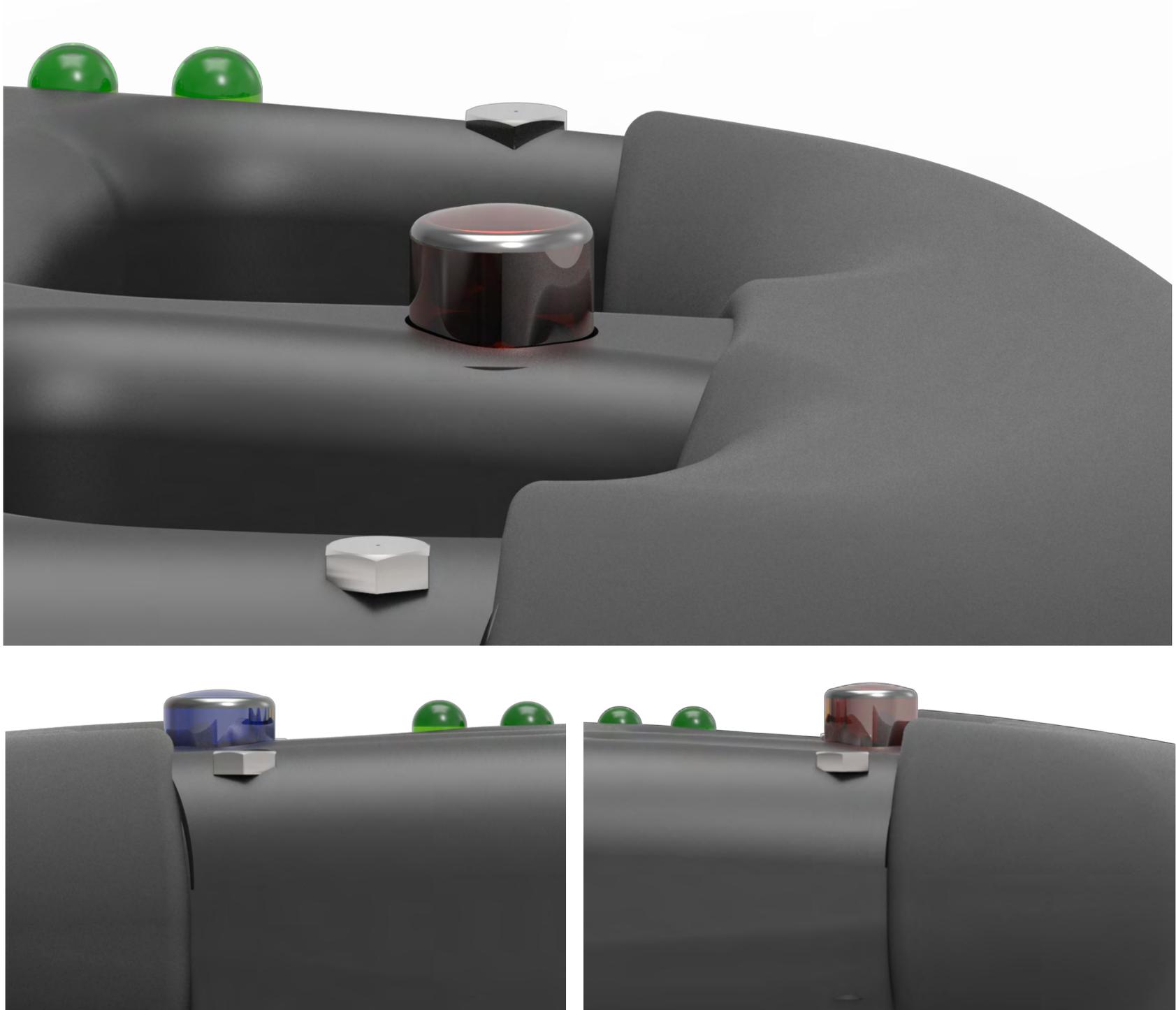


Fig. 87 Alturas de los botones respecto a la empuñadura

El volante, como en la mayoría de los componentes de un auto, no debe tener ningún elemento que no sea estrictamente necesario, por esto traté que tanto las líneas como los colores reflejaran eficiencia, confiabilidad y comodidad.

La **eficiencia** la reflejamos a través de formas simples, que no tiene ornamentos, siendo claros donde esta cada elemento, donde inicia uno y termina otro. Los contrastes de color y de volumetrias son contundentes ya que son cambios de nivel de 2 y 3 mm, los relieves que remarcan los componentes por medio de sombras determinado que es lo puedes activar ya que es lo que se encuentra en primer plano, y en último plano las áreas con las que casi no se tiene contacto.

Pasamos de una textura rugosa o "pesada" para indicar que un elemento es para ser accionado y dejamos las texturas lisas para marcar los elementos que no necesitan ser accionados esto con el fin de generar una memoria táctil de el volante. Esto le da una gran importancia a la simetría ya que esto termina de marcar la eficiencia del volante.

El volante tiene que ser un elemento **confiable** y mas si es algo que resiste tanta tensión, por esto se busco darle una apariencia sólida, no dejando elementos demasiado delicados, pequeños o delgados en comparación con su propia escala. Esto mas la solidez del color negro lo hace ver como un elemento "Pesado" visualmente ya que los elementos de colores vivos son menores a la cantidad de negro que se tiene.

Es cómodo por que es evidente de forma visual que no tiene aristas o elementos que puedan verse "agresivos" al tacto, las zonas de agarre tienen una textura marcada que nos indica que es un material ligeramente deformable y esto le indica al usuario que esa parte en especifico tiene un revestimiento acojinado.

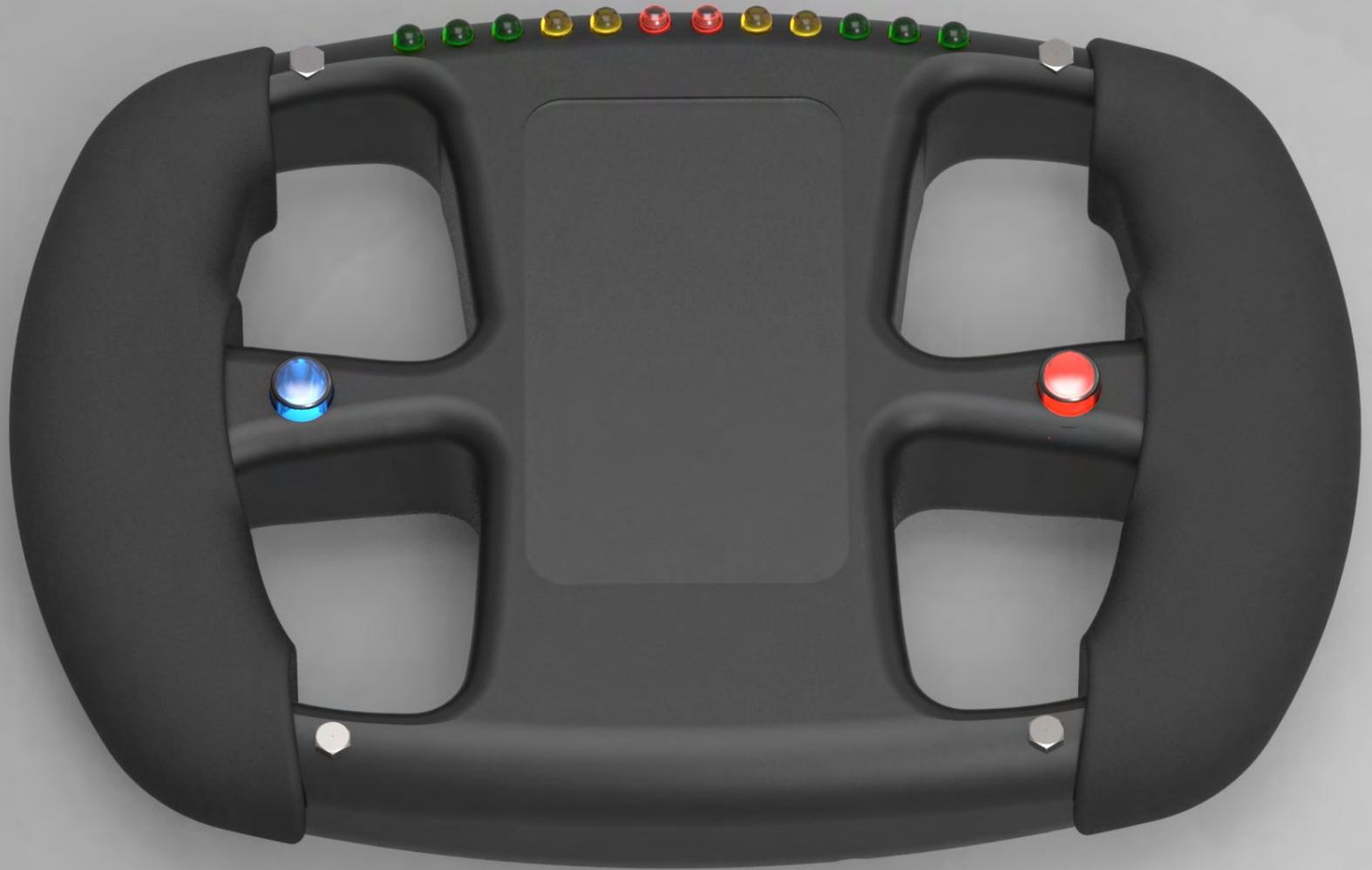


Fig. 88 Imágenes previas al prototipo final.



## Resultados

Al integrarme como diseñadora industrial al sistema de Controls y realizando el análisis de la interacción del piloto con el auto, las necesidades de los pilotos y como respuesta a la problemática que describieron los pilotos y lo que observe se plantearon los siguientes objetivos:

- Tener un volante multifunción para mejorar el desempeño del auto y piloto.
- Facilitar su interacción con los mandos del auto (comodidad).
- Mejorar sus tiempos (eficiencia del piloto).
- Facilitar la maniobrabilidad del auto.
- Proporcionar la información al piloto durante el recorrido.
- Reducir espacio y peso.
- Ganar puntos en diseño en el "Presentation Event".

La propuesta que logró cumplir de mejor manera los objetivos de diseño, fue el concentrar dentro de un solo elemento los cambios de velocidad, clutch, el tacómetro y pantalla de avisos. Con esto se logró aumentar la concentración del piloto y disminuir sus tiempos, reflejándose en la eficiencia del auto.

Gracias al diseño de circuitos, la app para la pantalla de avisos; y otros elementos que diseñaron los integrantes del sistema Electronics, se obtuvieron los tiempos del piloto tanto para las dinámicas de prueba como para el prototipo final. Lo anterior permitió transmitirle información al piloto durante el recorrido del circuito, hacer cambios durante el mismo y tener un mejor entendimiento del comportamiento del auto para mejorar su eficiencia.

Entender las limitaciones que tiene el piloto con el equipo de protección fue la clave para saber cómo tenían que posicionarse los elementos, de forma que estuvieran alineados con su campo de visión central. Además, después del uso repetido durante las pruebas, estos comandos podrían ser accionados como un acto de reflejo. También, al mecanizar los movimientos se disminuyeron los tiempos



Fig. 88 Foto del UM-426 en la competencia

Al final, dentro de la competencia, se lograron los objetivos pese a los problemas que tuvimos con la manufactura. Por estos mismos, el tiempo de duración del producto no fue el deseado, sin embargo, se sumaron puntos por innovación en la evaluación del auto, uno de los objetivos generales de la escudería. Finalmente, el volante se mostró como un elemento de importancia para la interacción del auto y ambos pilotos tuvieron un mejor desempeño.

Como experiencia personal, el trabajar con un equipo tan grande en un proyecto tan complejo implicó un reto; no solo por la interacción de los sistemas del auto, sino también por el número de personas con las que se trabaja y el tiempo que requiere, ya que, al mismo tiempo, todos deben tomar clases y realizar otros proyectos. Muchas veces todo se convierte en algo muy complicado debido a la organización y compromiso que esto requiere.

El estar dentro de la Escudería UNAM- MOTORSPORTS, me vinculó con las empresas patrocinadoras, mismas que, como parte de la industria automotriz, nos ofrecieron su asesoría. Lo anterior resulta ser algo muy valioso para alguien interesado en trabajar en esta industria, ya que representa la posibilidad de mirar tras la cortina de la creación de un auto.

En cuanto al equipo, me quedo con grandes satisfacciones, recuerdos y amigos.



**Fig. 89 Foto del equipo que construyó el UM-426.**





## ANEXO 1

### Artículo 2: General Design Requirements

#### T2.2 Bodywork

There must be no openings through the bodywork into the driver compartment from the front of the vehicle back to the roll bar main hoop or firewall other than that required for the cockpit opening. Minimal openings around the front suspension components are allowed.

#### T2.5 Visible Access

All items on the Inspection Form must be clearly visible to the technical inspectors without using instruments such as endoscopes or mirrors. Visible access can be provided by removing body panels or by providing removable access panels.

#### T3.1 Vehicle Structure - 2 Options

Teams may, at their option, design their vehicle to comply with either of two (2) separate, but related, sets of requirements and restrictions. Specifically, teams may elect to comply with either:

- a. Part T Article 3 "Drivers Cell" as defined below or
- b. Part AF "Alternate Frame Rules" as found in Appendix AF and the FSAE website.

T3.1.1 Notice Requirement – Teams planning to use the Part AF "Alternate Frame Rules" must notify the Rules committee of their intent by the date posted on the SAE Website. The instructions for notification appear in Part AF. The Rules Committee will review the submission and notify the team if the request is granted. Part AF has significant analytical requirements and as it is still in development this application process will insure that the Committee can handle the workload and give teams the support they may require to show certification as well as insure the teams have the technical capability to analyze their design and prove compliance with the AF Rules.

T3.1.2 Alternate Frame Rules use requires the submission of the "Structural Requirements Certification Form (SRCF)" which supersedes the "Structural Equivalency Spreadsheet". Teams submitting a Structural Requirements Certification Form (SRCF) do not have to submit a Structural Equivalency Spreadsheet (SES).

#### T3.2 General Requirements

Among other requirements, the vehicle's structure must include two roll hoops that are braced,

### Artículo 3: Driver's Cell

a front bulkhead with support system and Impact Attenuator, and side impact structures.

#### T3.3 Definitions

T3.1.2 Alternate Frame Rules use requires the submission of the "Structural Requirements Certification Form (SRCF)" which supersedes the "Structural Equivalency Spreadsheet".

Teams submitting a Structural Requirements Certification Form (SRCF) do not have to submit a Structural Equivalency Spreadsheet (SES).

#### T3.2 General Requirements

## GENERAL DESIGN REQUIREMENTS.

Among other requirements, the vehicle's structure must include two roll hoops that are braced, a front bulkhead with support system and Impact Attenuator, and side impact structures.

### T3.3 Definitions

The following definitions apply throughout the Rules document:

- a. Main Hoop - A roll bar located alongside or just behind the driver's torso.
- b. Front Hoop - A roll bar located above the driver's legs, in proximity to the steering wheel.
- c. Roll Hoops – Both the Front Hoop and the Main Hoop are classified as "Roll Hoops"
- d. Roll Hoop Bracing Supports – The structure from the lower end of the Roll Hoop Bracing back to the Roll Hoop(s).
- e. Frame Member - A minimum representative single piece of uncut, continuous tubing.
- f. Frame - The "Frame" is the fabricated structural assembly that supports all functional vehicle systems. This assembly may be a single welded structure, multiple welded structures or a combination of composite and welded structures.
- g. Primary Structure – The Primary Structure is comprised of the following Frame components:

26 © 2014 SAE International. All Rights Reserved 2015 Formula SAE® Rules – 09/17/2014 Revision

- i. Main Hoop,
- ii. Front Hoop,
- iii. Roll Hoop Braces and Supports,
- iv. Side Impact Structure,
- v. Front Bulkhead,
- vi. Front Bulkhead Support System and
- vii. All Frame Members, guides and supports that transfer load from the Driver's Restraint System into items 1 through 6.
- h. Major Structure of the Frame – The portion of the Frame that lies within the envelope defined by the Primary Structure. The upper portion of the Main Hoop and the Main Hoop Bracing are not included in defining this envelope.
- i. Front Bulkhead – A planar structure that defines the forward plane of the Major Structure of the Frame and functions to provide protection for the driver's feet.
- j. Impact Attenuator – A deformable, energy absorbing device located forward of the Front Bulkhead.
- k. Side Impact Zone – The area of the side of the car extending from the top of the floor to 350 mm (13.8 inches) above the ground and from the Front Hoop back to the Main Hoop.
- l. Node-to-node triangulation – An arrangement of frame members projected onto a plane, where a co-planar load applied in any direction, at any node, results in only tensile or compressive forces in the frame members. This is also what is meant by "properly triangulated".

### T3.4 Minimum Material Requirements

#### Securing Fasteners

T11.2.1 All critical bolt, nuts, and other fasteners on the steering, braking, driver's harness, and suspension must be secured from unintentional loosening by the use of positive locking mechanisms. Positive locking mechanisms include:

- Correctly installed safety wiring

## GENERAL DESIGN REQUIREMENTS.

- Cotter pins
- Nylon lock nuts
- Prevailing torque lock nuts

Note: Lock washers and thread locking compounds, e.g. Loctite®, DO NOT meet the positive locking requirement.

T11.2.2 There must be a minimum of two (2) full threads projecting from any lock nut.

T11.2.3 All spherical rod ends and spherical bearings on the steering or suspension must be in double shear or captured by having a screw/bolt head or washer with an O.D. that is larger than spherical bearing housing I.D.

T11.2.4 Adjustable tie-rod ends must be constrained with a jam nut to prevent loosening.



# Glosario

## Anisotrópicos

Es la propiedad general de la materia según la cual cualidades como: elasticidad, temperatura, conductividad, velocidad de propagación de la luz, etc. varían según la dirección en que son examinadas.<sup>1</sup> Algo anisótropo podrá presentar diferentes características según la dirección. La anisotropía de los materiales es más acusada en los sólidos cristalinos, debido a su estructura atómica y molecular regular.

Los tipos de anisotropía que presenta un material están asociados siempre a subgrupos del grupo ortogonal  $O(3)$ , por lo que cada tipo de anisotropía viene caracterizada por un grupo puntual. Entre los tipos de anisotropía están:

- Anisotropías con subgrupos de simetría continuos:
- hemitropía, donde el grupo ortogonal especial  $SO(3)$  es un grupo de simetría pero no las reflexiones espaciales.

Isotropía transversal, donde existe un eje de simetría, por lo que el grupo de simetría es  $O(2)$ , siendo todas las direcciones perpendiculares a dicho eje equivalentes. Este tipo de material es un caso particular de material ortótropo. Un material compuesto por fibras longitudinales simétricas tiene este tipo de isotropía, como es el caso de la madera o las aramidas.

## Aramidas

Las fibras de aramida son fibras de origen sintético y se obtienen por hilado de poliamidas aromáticas del tipo politereftalato de polifenilendiamina con radicales aromáticos, unidos los radicales de sencillo, resultando unas fibras mucho más resistentes, térmica y mecánicamente. Las fibras son fabricadas por diferentes procesos de hilado y extrusión. El grupo de fibras de aramida es uno relativamente nuevo y potencialmente importante, basado en la rigidez y en la alta resistencia, que se obtiene en polímeros completamente alineados.

Según el procedimiento de fabricación, se distinguen dos tipos de fibras de aramida según su rigidez: fibras de bajo módulo ( $E=70$  GPa) y de alto módulo ( $E=130$  GPa). Los materiales compuestos de fibra de aramida no tienen resistencia a la compresión pero se consideran de altas prestaciones, debido a sus características mecánicas son muy elevadas. Se utiliza para vestidos, paracaídas, cuerdas y cables, ya que tiene una alta resistencia y un módulo elástico intermedio.

### Propiedades de la fibra de aramida

-Alta resistencia específica a la tracción, debido a su alto grado de cristalinidad. Sus cadenas moleculares son alimentadas y hechas rígidas mediante anillos aromáticos con uniones de hidrógeno. Ejemplo: es 5 veces más resistente que el acero.

- Alto módulo de elasticidad y una baja elongación a la rotura.
- Gran tenacidad, no son frágiles, alta resistencia al impacto y alta capacidad de absorción de energía.
- Buena estabilidad mecánica en el rango térmico  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}/200^{\circ}\text{C}$ . Es recomendable trabajar con este tipo de fibra en el rango térmico de estabilidad.
- Es químicamente bastante estable, aunque es susceptible de ser atacada por ácidos fuertes. Son resistentes a la llama.
- Baja resistencia a compresión y flexión, a diferencia del resto de las fibras que tienen valores similares para la resistencia a la tracción y compresión.
- Dentro el rango de temperaturas de estabilidad mecánica, la existencia de humedad puede provocar pérdidas de resistencia hasta un 10%.
- Baja adherencia a determinadas matrices, como el caso de las termoplásticas.

### Arrastre

Es la 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. La resistencia es siempre de sentido opuesto al de dicha velocidad, por lo que habitualmente se dice de ella que, de forma análoga a la de fricción, es la fuerza que se opone al avance de un cuerpo.

El arrastre o resistencia de un objeto en un medio fluido como el aire o el agua. Es utilizado en la ecuación de arrastre, en donde un coeficiente de arrastre bajo indica que el objeto tendrá menos arrastre aerodinámico o hidrodinámico. El coeficiente de arrastre está siempre asociado con una superficie particular.<sup>1</sup>

El coeficiente de arrastre de cualquier objeto comprende los efectos de dos contribuciones básicas al arrastre dinámico del fluido: el arrastre de forma y la fricción de superficie. El coeficiente de arrastre de un perfil aerodinámico o hidrodinámico incluye también los efectos de la resistencia inducida.

### Barra Antivuelco

Es un componente de la suspensión de un automóvil, diseñada para permitir solidarizar el movimiento vertical de las ruedas opuestas, minimizando con ello la inclinación lateral que sufre la carrocería de un vehículo cuando es sometido a la fuerza centrífuga, especialmente en las curvas.

### Body & Aerodynamics

Dentro de la Escudería de UNAM MOTORSPORTS se le denomina así a la fusión de dos equipos para el desarrollo de la carrocería del auto.

### Bulkhead

Pieza o aparato que llevan exteriormente los automóviles en la parte delantera y trasera, para amortiguar los efectos de un choque.

### Carbotanium

Es una combinación de fibras de carbono y titanio que forma un material compuesto con una alta resistencia y tolerancia al daño. Es un material que se utiliza en la industria aeronáutica y automotriz (en competición). Se trata de un material relativamente nuevo, que en sus orígenes se empezó a

utilizar en el mundo de la aeronáutica para la construcción de aeronaves, pero se está empezando a introducir en el ámbito de la automoción.

### Chasis

Es un armazón esquelético en el que varias piezas mecánicas, como el motor, los neumáticos, los conjuntos de eje, los frenos, la dirección, etc., están atornillados. El chasis se considera el componente más importante de un automóvil. Es el elemento más crucial que le da fuerza y estabilidad al vehículo bajo diferentes condiciones. Los marcos de automóviles brindan resistencia y flexibilidad al automóvil. La columna vertebral de cualquier automóvil, es el bastidor de soporte al que se fijan el cuerpo de un motor, conjuntos de eje. Las barras de unión, que son partes esenciales de los marcos automotrices, son elementos de sujeción que unen diferentes piezas de automóviles.

### Circuito Ratonero

Los circuitos que tienen entre 600 y 1700 metros de longitud, y un ancho de entre 8 y 15 metros. Suelen ser de grava similares a las carreteras convencionales, están expuestos a las condiciones meteorológicas, suelen tener unas curvas cerradas, lo cual hace que la técnica de conducción adquiera un papel muy significativo, además de encontrar mayores complicaciones en caso de que el estado del auto no sea el óptimo.

### Cockpit

(c a b i n a / h a b i t á c u l o )

En aeronaves, camiones y otros vehículos automóviles o de uso industrial, recinto reservado para el piloto, conductor y demás personal técnico.x

### Controls

Dentro de la Escudería de UNAM MOTORSPORTS se le denomina así al sistema que se encarga de lo referente al habitáculo del piloto

1. m. puesto de control.
2. m. Regulación, manual o automática, sobre un sistema.
3. m. Mando o dispositivo de regulación.

### Data acquisition

Dentro de la Escudería de UNAM MOTORSPORTS se le denomina así al sistema que se encarga de recopilar los datos de la EQ.

La adquisición de datos o adquisición de señales consiste en la toma de muestras del mundo real (sistema analógico) para generar datos que puedan ser manipulados por un ordenador u otros dispositivos electrónicos (sistema digital). El elemento que hace dicha transformación es el módulo de digitalización o tarjeta de adquisición de datos.

### Deformación plástica

La deformación plástica es irreversible o permanente. Modo de deformación en que el material no regresa a su norma original después de retirar la carga aplicada. Esto sucede porque, en la deformación plástica, el material experimenta cambios termodinámicos irreversibles al adquirir

mayor energía potencial elástica. La deformación plástica es lo contrario a la deformación reversible.

### Deformación unitaria

Tanto para la deformación unitaria como para el tensor deformación se puede descomponer el valor de la deformación en:

- Deformación plástica, irreversible o permanente. Modo de deformación en que el material no regresa a su norma original después de retirar la carga aplicada. Esto sucede porque, en la deformación plástica, el material experimenta cambios termodinámicos irreversibles al adquirir mayor energía potencial elástica. La deformación plástica es lo contrario a la deformación reversible.
- Deformación elástica, reversible o no permanente, el cuerpo recupera su forma original al retirar la fuerza que le provoca la deformación. En este tipo de deformación, el sólido, al variar su estado tensional y aumentar su energía interna en forma de energía potencial elástica, solo pasa por cambios termodinámicos reversibles.

### Electronics (ECU)

Dentro de la Escudería de UNAM MOTORSPORTS se le denomina así al sistema que se encarga de lo referente a la ECU y a todo el sistema electrónico del auto o directamente a la ECU.

Unidad de control de motor o ECU (sigla en inglés de engine control unit) es una unidad de control electrónico que administra varios aspectos de la operación de combustión interna del motor. Las unidades de control de motor más simples sólo controlan la cantidad de combustible que es inyectado en cada cilindro en cada ciclo de motor. Las más avanzadas controlan el punto de ignición, el tiempo de apertura/cierre de las válvulas, el nivel de impulso mantenido por el turbocompresor, y control de otros periféricos.

Las unidades de control de motor determinan la cantidad de combustible, el punto de ignición y otros parámetros monitorizando el motor a través de sensores. Estos incluyen: sensor MAP, sensor de posición del acelerador, sensor de temperatura del aire, sensor de oxígeno y muchos otros. Frecuentemente esto se hace usando un control repetitivo (como un controlador PID).

### Elemento Finito

Visualización de como un vehículo se deforma en un impacto asimétrico, obtenido usando elementos finitos.

El análisis por elementos finitos (FEA, siglas en inglés de Finite Element Analysis) es una técnica de simulación por computador usada en ingeniería. Usa una técnica numérica llamada método de los elementos finitos (FEM).

Existen muchos paquetes de software, tanto libres como no libres. El desarrollo de elementos finitos en estructuras, suele basarse en análisis energéticos como el principio de los trabajos virtuales

### Engine

Dentro de la Escudería de UNAM MOTORSPORTS se le denomina así al sistema del Motor.  
(motor)

2. m. Máquina destinada a producir movimiento a expensas de otra fuente de energía.
3. f. Embarcación menor provista de motor.

## Firewall

Es una parte de un sistema o una red que está diseñada para bloquear el acceso no autorizado, permitiendo al mismo tiempo comunicaciones autorizadas.

Se trata de un dispositivo o conjunto de dispositivos configurados para permitir, limitar, cifrar o descifrar el tráfico entre los diferentes ámbitos sobre la base de un conjunto de normas y otros criterios.

## Frame

Dentro de la Escudería de UNAM MOTORSPORTS se le denomina así al sistema que se encarga de lo referente al chasis del auto.

Marco es la estructura principal del chasis de un vehículo de motor. Todos los demás componentes se sujetan a él; un término para esto es el diseño es la construcción cuerpo sobre bastidor.

## Front hoop

Marco estructural dentro del Frame que sirve de referencia para las distancias dentro del auto.

## Grafeno

El grafeno es una sustancia compuesta por carbono puro, con átomos dispuestos en un patrón regular hexagonal, similar al grafito. Es un material opaco. Una lámina de un átomo de espesor es unas 200 veces más resistente que el acero actual más fuerte, siendo su densidad más o menos la misma que la de la fibra de carbono, y unas cinco veces más ligero que el aluminio. Siendo su peso de  $0.54 \text{ g/cm}^3$ .

Es un alótropo del carbono, un teselado hexagonal plano formado por átomos de carbono y enlaces covalentes que se generan a partir de la superposición de los híbridos  $sp^2$  de los carbonos enlazados.

## Handling

Es la capacidad de conducción de un automóvil en relación con la maniobrabilidad y la respuesta activa. Si en un automóvil estándar se dice que la maniobrabilidad se ha mejorado, el automóvil es más fácil de conducir, por lo tanto, menos exigente y más eficaz en las maniobras de conducción (en curvas, el efecto de sobreviraje y subviraje, etc.).

## Hapticidad

El término háptica designa la ciencia del tacto, por analogía con la acústica (el oído) y la óptica (la vista). Y hace referente la interacción de los objetos con la memoria táctil.

## Honeycomb

Son estructuras hechas de manera natural o artificial las cuales permiten el desarrollo de estructuras complejas usando la menor cantidad de material y someter a la estructura al menor peso posible a través de la superposición de hexágonos aludiendo a un panal de abejas.

## Impact

El atenuador de impactos es un elemento de seguridad que por normativa ha de estar en la parte frontal de todos los monoplaza que quieran participar en cualquiera de las competiciones organizadas por Formula SAE.

Este dispositivo es el elemento que, en caso de impacto absorberá la energía de la colisión evitando que el vehículo y en especial el piloto sufran daños.

## Intake

Un filtro de aire es un dispositivo que elimina partículas sólidas como por ejemplo polvo, polen y bacterias del aire. Los filtros de aire encuentran una utilidad allí donde la calidad del aire es de relevancia, especialmente en sistemas de ventilación de los motores tales como los de combustión interna, compresores de gas, compresores para bombonas de aire, turbinas de gas y demás.

## Intake & Exhauste

Dentro de la Escudería de UNAM MOTORSPORTS se le denomina así al sistema que se encarga de lo referente al intake y exhaust.

## Iteración

Es el acto de repetir un proceso con la intención de alcanzar una meta deseada, objetivo o resultado. Cada repetición del proceso también se le denomina una "iteración", y los resultados de una iteración se utilizan como punto de partida para la siguiente iteración.

## KERS

En inglés kinetic energy recovery system, «sistema de recuperación de energía cinética» es un dispositivo que permite reducir la velocidad de un vehículo transformando parte de su energía cinética en energía eléctrica. Esta energía eléctrica es almacenada para un uso futuro.

## Kevlar

El Kevlar® o poliparafenileno tereftalamida es una poliamida sintetizada muy resistente y su mecanización resulta muy difícil. La ligereza y la excepcional resistencia a la rotura de estas poliamidas hacen que sean empleadas en neumáticos, velas náuticas y en chalecos antibalas.

## Master cilinder

Es un artefacto que permite la conversión de presión no hidráulica en presión hidráulica ej. La presión del pie del conductor convertida en potencia y aceleración, este está ubicado en el sistema hidráulico.

### Paddle shifter

La palanca de cambio de un vehículo automotor, es un elemento utilizado para activar o desactivar las relaciones correspondientes de la caja de cambios de un vehículo, como un automóvil, con caja de cambios manual o varios tipos comunes de transmisión automática.

El dispositivo se utiliza para cambiar de marcha, en un vehículo de transmisión manual. Esta acción se hace normalmente mientras se pulsa el pedal de embrague con el pie izquierdo para liberar el motor de la transmisión y las ruedas.

### Pedal box

1. m. Palanca que acciona un mecanismo con el pie.

2. m. Mús. En algunos instrumentos, como el piano o el órgano, cada uno de los dispositivos o grandes teclas que se gobiernan con los pies y que sirven para modificar la sonoridad o para producir determinados sonidos.

### Quick release

Elemento mecánico capaz de separarse rápida y fácilmente.

En el caso referente a esta tesis es un mecanismo para que el piloto pueda liberar de manera rápida el volante permitiendo el ascenso y descenso al vehículo.

### Suspensión

Dentro de la Escudería de UNAM MOTORSPORTS se le denomina así al sistema que se encarga de lo referente al sistema de suspensión.

En los automóviles, vagones del ferrocarril y cualquier otro vehículo, conjunto de las piezas y mecanismos destinados a hacer elástico el apoyo de la carrocería sobre las ruedas.

### USM(unidad de masa no suspendida)

Dentro de la Escudería de UNAM MOTORSPORTS se le denomina así al sistema que se encarga de lo referente al la unidad de masa no suspendida.

En un vehículo terrestre con suspensión, la masa no suspendida está constituida por la masa de la amortiguación, ruedas u orugas y otros componentes directamente conectados a ellos, como rodamientos, neumáticos, amortiguadores y los frenos del vehículo si están incluidos fuera del chasis.

La masa del cuerpo y otros componentes soportados por la suspensión constituyen la masa suspendida.

### VIP (vacuum infusion process)

Infusión de resina. La infusión de resina es un proceso mediante el cual el vacío succiona resina hacia un laminado de fibra seca en un molde de un solo lado. Se coloca una membrana de película rígida o flexible sobre la parte superior y se sella alrededor de la periferia del molde.



## Listado de Imagenes

- Fig 1. Prototipo UM-426 en la competencia de Lincoln Nebraska unammotorsports. (2018). Retrieved from <http://www.unammotorsports.com/>
- Fig 2. Prototipo UM-311 en el Circuito de California. unammotorsports. (2018). Retrieved from <http://www.unammotorsports.com/>
- Fig 3. Prototipo UM-362 en el Circuito de California. unammotorsports. (2018). Retrieved from <http://www.unammotorsports.com/>
- Fig 4. Prototipo UM-513 en el Estadio Universitario. unammotorsports. (2018). Retrieved from <http://www.unammotorsports.com/>
- Fig 5. Prototipo UM-524 frente a Biblioteca Central. unammotorsports. (2018). Retrieved from <http://www.unammotorsports.com/>
- Fig 6. Prototipo UM-515 en la sede de Lincoln. unammotorsports. (2018). Retrieved from <http://www.unammotorsports.com/>
- Fig 7. Prototipo UM-426 frente al MUAC. unammotorsports. (2018). Retrieved from <http://www.unammotorsports.com/>
- Fig 8. Prototipo UM-467 en la pista de pruebas unammotorsports. (2018). Retrieved from <http://www.unammotorsports.com/>
- Fig 9. Boletín interno de UNAMMOTORSPORTS.
- Fig 10. Suspensión Pull delantera, columna de dirección y suspensión Push trasera.
- Fig 11. Despliegue de los elementos de la Masa no suspendida dentro de la llanta.
- Fig 12. Motor de Yamaha 600 usado en el UM-426.
- Fig 13. Ensamble del tren motriz del auto.
- Fig 14. Modelado 3D del empaquetamiento de Data.
- Fig 15. Modelado 3D del exhaust.
- Fig 16. Modelado 3D del tanque de gasolina .
- Fig 17. Modelado 3D de electronics.
- Fig 18. Análisis de túnel de viento.
- Fig 19. Modelado 3D del sistema controls.
- Fig 20. Ensamble completo del sistema de Controls.
- Fig 21. Pedalera.
- Fig 22. Impact.
- Fig 23. Asiento, cinturones de seguridad y firewall.
- Fig 24. Tablero.
- Fig 25. Volante.
- Fig 26. Análisis de las líneas de la nariz de un F1.
- Fig 27. Sebastian Vettel al terminó de la calificación de el premio de Monza.

Giorgio Piola - Il volante della Ferrari SF70H - Formula 1 Video. (2018). Retrieved from <https://it.motorsport.com/f1/video/giorgio-piola-il-volante-della-ferrari-sf70h-88238/237699/>

Fig 28. Marcus Ericsson en entrenamientos de coordinación.

Canal F1. (2015). Marcus Ericsson in Formula Medicine [Video]. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=tVriQ1oeZCs>

Fig 29. Ejercicios de fortalecimiento para cuello.

Canal F1. (2015). Marcus Ericsson in Formula Medicine [Video]. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=tVriQ1oeZCs>

Fig 30. Volantes de la temporada 2017 de Raikönen y Vettel de La Ferrari.

Giorgio Piola - Il volante della Ferrari SF70H - Formula 1 Video. (2018). Retrieved from <https://it.motorsport.com/f1/video/giorgio-piola-il-volante-della-ferrari-sf70h-88238/237699/>

Fig 31. Comparativa de las empuñaduras de los volantes de Ferrari.

Giorgio Piola - Il volante della Ferrari SF70H - Formula 1 Video. (2018). Retrieved from <https://it.motorsport.com/f1/video/giorgio-piola-il-volante-della-ferrari-sf70h-88238/237699/>

Fig 32. Distribución de elementos.

Giorgio Piola - Il volante della Ferrari SF70H - Formula 1 Video. (2018). Retrieved from <https://it.motorsport.com/f1/video/giorgio-piola-il-volante-della-ferrari-sf70h-88238/237699/>

Fig 33. Pala única de embrague y su recorrido.

Giorgio Piola - Il volante della Ferrari SF70H - Formula 1 Video. (2018). Retrieved from <https://it.motorsport.com/f1/video/giorgio-piola-il-volante-della-ferrari-sf70h-88238/237699/>

Fig 34. Plano de la placa base del volante (proporcionado por el equipo).

Fig 35. Volante del UM-515

Fig 36. Nomenclatura para el análisis.

Fig 37. Gráficas de la primera iteración.

Fig 38. Gráficas de la segunda iteración.

Fig 39. Gráficas de la tercera iteración.

Fig 40. Gráficas de la cuarta iteración.

Fig 41 Analisis de la ultima iteración.

Fig 42 Foto comparativa UM-515 y UM-426.

Fig. 43 Entrevista al piloto Daniel Alonso.

Fig. 44 Piloto 2 con casco.

Fig. 45 Ciertos componentes no se percibían por la reflexión de la luz.

Fig. 46 Los guantes dificultan el tacto fino.

Fig 47. Arduino.

Fig. 48 Display 8 segmentos.

Fig. 49 Botones led.

Fig. 50 Circuito impreso.

Fig. 51 Leds.

Fig 52. Tabla de desiciones.

Fig. 53 Tabla de resultados de las pruebas de reacción aplicadas a piloto 1 y 2.

Fig. 54 Piloto reportando los puntos problemáticos.

Fig. 56 Marco de visión que tienen nuestros pilotos una vez tienen puesto el casco.

Pallasmaa, J. (2009). Tocando el Mundo – espacio vivencial, visión y hapticidad[Ebook] (1st ed.). Helsinki, Finlandia: Universidad de Helsinki, Finlandia. Retrieved from <http://revistas.ubiobio.cl/index.php/AS/article/view/826>

Fig. 57 Espectro electromagnético y de luz visible. Google imágenes.

Fig. 58 Medidas básicas de una mano del 95 percentil masculino.

Ergonomía y Experiencia de usuario #EUX - User Experience Designers. (2018). Retrieved from <http://www.uxd.cl/2013/12/articulos/experiencia-de-usuario/ergonomia-y-experiencia-de-usuario-eux/>

Fig. 59 Medición de las manos de los pilotos

Fig. 60 Manos de los pilotos sin guantes.

Fig.61 Tabla de medidas de pilotos.

Fig. 62 Prueba en el simulador con el piloto 1.

Fig. 63 Medidas generales de piloto 1 y 2.

Fig. 64 Medidas y ángulos a los que se va a encontrar nuestro piloto.

Fig. 65 Primer boceto con elementos.

Fig. 66 Primeros dimensionamientos del volante y ángulos de movimiento de falanges.

Fig. 67 Skeches para acomodo de elementos.

Fig. 68 Configuración menos rectangular.

Fig. 69 Primer boceto sin paletas de cambio.

Fig. 70 Boceto con tapa independiente de las sujeciones de la Quick Release.

Fig. 71 Cambio a un volante más rectangular.

Fig. 72 Boceto del diseño final con notas de elementos (elemento en simetría).

Fig. 73 Boceto con las medidas de todos los elementos.

Fig. 74 Boceto del esquema de orden de los elementos.

Fig. 75 Corte de la pieza inferior del volante.

Fig. 76 Vista superior e inferior de la tapa del volante con el acrílico montado.

Fig. 77 Montaje de las piezas que van en la carcasa superior.

Fig. 78 Proceso de impresión 3D de la parte inferior del volante.

Fig. 79 Proceso de impresión 3D de la parte superior del volante.

Fig. 80 Proceso de impresión 3D de los botones del volante.

Fig. 81 Foto de la impresión del volante.

Fig. 82 Vista de la parte inferior del volante con las empuñaduras.

Fig. 82 Boceto de las áreas de el volante.

Fig. 83 Partes del volante.

**Fig. 84** Movilidad del pulgar. Posición 1 y 2.

**Fig.85** Movilidad del anular e Índice.

**Fig. 86** Esquemas de configuraciones y tabla de resultados.

**Fig. 87** Alturas de los botones respecto a la empuñadura.

**Fig. 88** Imágenes previas al prototipo final.

# Bibliografía

unammotorsports. (2018). Retrieved from <http://www.unammotorsports.com/>

Archivos internos del Escudería UNAMMOTORSPORTS

Ergonomía y Experiencia de usuario #EUX - User Experience Designers. (2018). Retrieved from <http://www.uxd.cl/2013/12/articulos/experiencia-de-usuario/ergonomia-y-experiencia-de-usuario-eux/>

Travieso García, D. (2002). Desarrollos contemporáneos en la Psicología del tacto[Ebook] (1st ed., pp. 167-173). Madrid: Universidad de Madrid.

Mühlhäuser, M. (2008). Constructing Ambient Intelligence [Ebook] (2nd ed., pp. 1-3, 139 -146, 158-164). Darmstadt, Germany: Springer. Retrieved from <https://www.springer.com/la/book/9783540853787#otherversion=9783540853794>

JIMÉNEZ DE LA ROSA, R. LA HÁPTICA Y SU APLICACIÓN A LA ARQUITECTURA. [Ebook] (1st ed., pp. 13 - 60). Zacatecas: UNIVERSIDAD AUTONOMA DE DURANGO. Retrieved from <https://es.scribd.com/document/254488781/La-Haptica-y-Su-Aplicacion-a-La-Arquitectura>

Pallasmaa, J. (2009). Tocando el Mundo – espacio vivencial, visión y hapticidad[Ebook] (1st ed.). Helsinki, Finlandia: Universidad de Helsinki, Finlandia. Retrieved from <http://revistas.ubiobio.cl/index.php/AS/article/view/826>

Arias López, L. (2012). Morfolia Vol. 4 [Ebook] (1st ed., pp. 14-23). Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Retrieved from <https://revistas.unal.edu.co/index.php/morfolia/article/view/31373/31379>

Biomecanica mano. (2018). Retrieved from <https://es.slideshare.net/yadycristina1/biomecanica-mano>

Fox, S. (2010). Cockpit Control Forces or How Robust Do Driver Controls Really Need To Be?[Ebook] (1st ed.). Michigan: SAE. Retrieved from <http://www.fsaeonline.com/content/Cockpit%20Control%20Forces%20SI%20SAE.pdf>

Canal F1. (2015). Marcus Ericsson in Formula Medicine [Video]. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=tVriQ1oeZCs>

Formula Medicine. (2015). Riccardo Ceccarelli from Formula Medicine [Video]. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=VTJaRgP-B4A>

Canal F1. (2016). SAINZ, VERSTAPPEN, LECLERC... ESCUELAS DE PILOTOS DE FÓRMULA 1 (Ferrari y Red Bull) [Video]. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=3aeBqkHd94E>

Giorgio Piola - Il volante della Ferrari SF70H - Formula 1 Video. (2018). Retrieved from <https://it.motorsport.com/f1/video/giorgio-piola-il-volante-della-ferrari-sf70h-88238/237699/>

Cómo funciona un volante de F1 con Fernando Alonso - Fórmula 1 Videos. (2018). Retrieved from <https://lat.motorsport.com/f1/video/como-funciona-un-volante-de-f1-con-fernando-alonso-91354/202928/>

Analisi Tecnica F1 | Il funzionamento di un volante di Formula 1 - F1inGenerale. (2018). Retrieved from <https://f1ingenerale.com/analisi-tecnica-f1-il-funzionamento-di-un-volante-di-formula-1/>

Analisi Tecnica F1 | Il funzionamento di un volante di Formula 1 - F1inGenerale. (2018). Retrieved from <https://f1ingenerale.com/analisi-tecnica-f1-il-funzionamento-di-un-volante-di-formula-1/>

García, A. (2018). Los sistemas de protección del habitáculo serán una realidad en 2017. Retrieved from [http://cadenaser.com/ser/2016/02/24/deportes/1456324595\\_541751.html](http://cadenaser.com/ser/2016/02/24/deportes/1456324595_541751.html)

El diseño de Mercedes para proteger a los pilotos. (2018). Retrieved from <https://www.abc.es/deportes/f1/20150827/abci-mercedes-proteccion-pilotos-201508261934.html>

Pallasmaa, J. (2014). La mano que piensa. Barcelona: Gustavo Gili.

La percezione aptica – Andrea Maglie – Medium. (2018). Retrieved from <https://medium.com/@TechIsFun/una-piattaforma-per-il-rendering-audio-aptico-di-interazioni-continue-cap-1-d76c38058645>

Pitscheider, K. (2011). Grammatiche visuali per la percezione aptica applicate a format per il racconto del territorio. [Ebook] (1st ed.). Milano. Retrieved from [https://www.politesi.polimi.it/bitstream/10589/21822/1/2011\\_07\\_Pitscheider.pdf](https://www.politesi.polimi.it/bitstream/10589/21822/1/2011_07_Pitscheider.pdf)

Izquierdo, C. (2018). Karting para principiantes. Retrieved from <https://ingenieriadeautomocion.wordpress.com/2015/01/21/karting-para-principiantes/>

Especificaciones Técnicas - Protex Karting. (2018). Retrieved from <http://www.protexkarting.com/es/especificaciones-tecnicas/>

Bélgica, G. (2018). Elementos que salvan vidas en la Fórmula 1. Retrieved from <https://formula1.lne.es/general/1551/elementos-que-salvan-vidas-en-la-formula-1.html>

Automotive Industry | DuPont | DuPont USA. (2018). Retrieved from <http://www.dupont.com/industries/automotive.html>

LAVORAZIONE FIBRA DI CARBONIO E MATERIALI COMPOSITI. (2018). Retrieved from <http://www.epigroup.eu/>

Boeri, C. (2015). Colore e variabili percettive. Le interazioni del colore [Ebook] (1st ed.). Milano: Scuola del Design - Politecnico di Milano. Retrieved from <https://beep.metid.polimi.it/web/2015-16-colore-e-percezione-cristina-boeri/documenti-e-media?>

POLIMI. (2015). Materiali e tecnologie per l'innovazione del prodotto industriale [Ebook] (1st ed.). Milano. Retrieved from <https://beep.metid.polimi.it/documents/115455458/0/Rink%201.pdf?>