



# **OMNIA RACING TEAM: PORTAFOLIO DE DISEÑO E INGENIERÍA**

# PRIMEROS PASOS

## FASES Y PROCESO DE CREACIÓN DEL AUTO

Es importante tener en cuenta desde un inicio, que para llevar a cabo el proceso para la creación de un auto se necesita organizar bien los tiempos para empezar, desarrollar y finalizar con cada una de las etapas, es así que nuestro proceso de llevó a cabo de la siguiente manera:

|   |   |
|---|---|
| > PRIMEROS PASOS.....                                   | 2 |
| Objetivos de la investigación.....                      | 2 |
| Encargados del Diseño e Ingeniería.....                 | 2 |
| Bocetaje.....   | 2 |
| > USO DE SOFTWARE CAD /3D.....                          | 3 |
| Modelado en 3D / CAD.....                               | 3 |
| Resistencia de materiales.....                          | 3 |
| > EVOLUCIÓN DE COMPONENTES.....                         | 4 |
| Ley de Bernoulli y Coeficientes de arrastre.....        | 4 |
| Alerón trasero, alerón delantero y difusor trasero..... | 4 |
| Chasis.....   | 5 |
| Cifras finales.....                                     | 5 |
| Prototipo final.....                                    | 5 |
| > FUNDAMENTOS FÍSICOS ANTES DE MAQUINAR.....            | 6 |
| Investigación de materiales.....                        | 6 |
| Funcionamiento: Sistema de tracción.....                | 6 |
| > PROCESO DE MAQUINADO.....                             | 7 |
| Impresión 3D.....                                       | 7 |
| Maquinado en CNC.....                                   | 8 |
| Empaque final y envío.....                              | 9 |

## OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

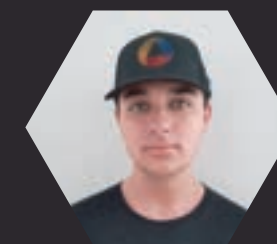
A través de la investigación y la experimentación, Omnia Racing Team definió los objetivos fundamentales desde el inicio de la temporada 2020-2021 para el diseño y la ingeniería del auto para ser pilares en cuanto a los resultados que se buscan obtener en la categoría de Profesional en el desafío STEM de F1 in Schools:

- Diseñar un auto con un estilo representativo para la escudería
- Investigar los materiales más adecuados para la manufactura del auto en cada una de sus partes.
- Analizar y buscar reducir el coeficiente de arrastre y los coeficientes de fricción de cada componente del auto.
- Considerar las dimensiones del auto para siempre estar apegado al buen cumplimiento del reglamento técnico.
- Crear un auto con el peso mínimo posible.

## ENCARGADOS DE DISEÑO E INGENIERÍA



**Adrián Muro**  
Engineering Leader



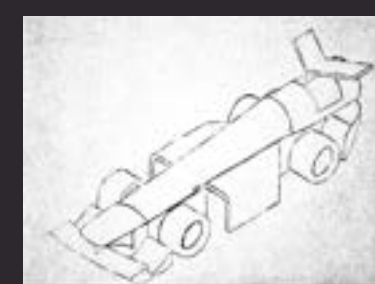
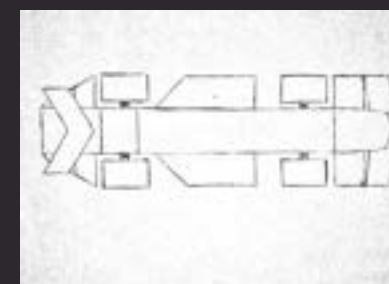
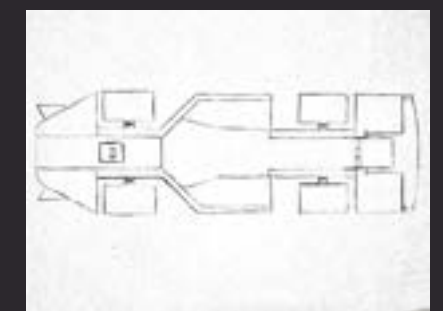
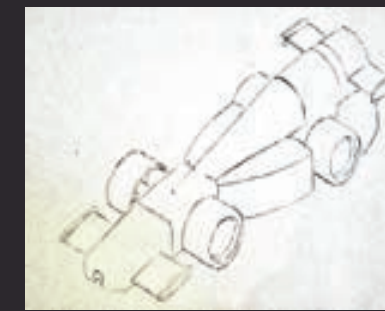
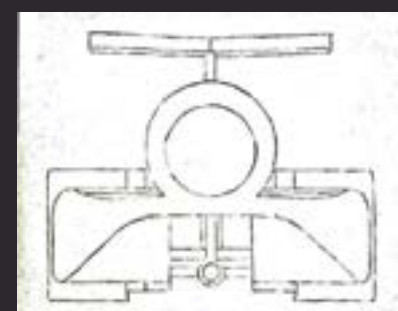
**Emilio Rodriguez**  
Engineering

## BOCETAJE A MANO

Antes de comenzar a diseñar, trazar y experimentar dentro de los programas y software de modelaje en 3D en la computadora, es importante primero empezar plasmando a mano, la lluvia de ideas de diseño y posible funcionamiento del auto con bocetos.

Un boceto sirve para realizar un diseño preliminar de un elemento de cualquier tipo. La finalidad de los primeros bocetos es permitir a los diseñadores e ingenieros, poder dimensionar las medidas del auto a escala, considerar el tipo de materiales, herramientas que se requerirían usar, la implicación aerodinámica, el reglamento y seguridad, y consecuentemente valorar otras ideas y propuestas de diseño, siendo esto primordial para evitar la menor cantidad de modificaciones posibles, ya que de todo ese proceso de corrección de pequeños o grandes detalles, poco a poco la finalización del proyecto se alarga indefinidamente, pudiendo generar contratiempos que a la larga afecten los tiempos de entrega.

De esta forma, se concluyó que es más sencillo modificar detalles en un boceto a mano, que dentro del software de modelaje o incluso el auto ya estando maquinado. Es así que la escudería realizó muchos bocetos a mano de los cuales se escogieron los más convenientes y algunos otros no, pero que sirvieron de inspiración para más futuras ideas.















# USO DE SOFTWARE 3D / CAD

## MODELADO EN 3D / CAD

Autodesk Fusion 360 es un programa con funciones CAD (Diseño asistido por computadora) y CAM (Fabricación asistido por computadora) el cual la escudería escogió para diseñar cada uno de los prototipos del auto.

A diferencia de otros programas, se consideró este como el programa más confiable, con una interfaz amable, herramientas variadas, y sobre que los tipos de archivos en los que permite guardar, facilitan la conversión de formatos del modelo del auto al tipo de formato que se necesite, de forma que se pueda usar con otros programas que serán de utilidad más adelante. Además de que estos mismos archivos pueden ser guardados dentro del ordenador o archivarlos en la nube, función que facilitó el acceso a nuestros archivos con solo usar la misma cuenta, aunque se ingresase desde otro dispositivo, evitando mover de ubicación todos los archivos y tener un respaldo seguro en caso de una pérdida inesperada de archivos. A continuación algunas de las herramientas más útiles que se usaron para el diseño del auto:

### AUTODESK FUSION 360™

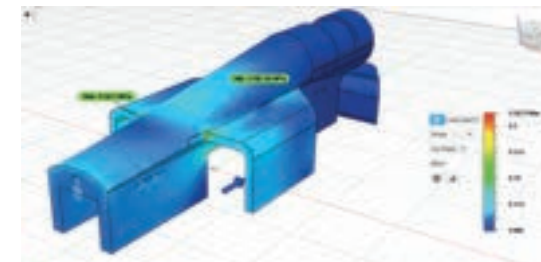
- |  |  |
|--|--|
|  Crear Sketch: usada para crear perfiles geométricos que definen la base de un diseño. (Todo el auto) |  Loft: crea una forma de transición entre dos o más perfiles (4)                        |
|  Medir: muestra la distancia, ángulo, área o posición del objeto seleccionado. (Todo el auto)       |  Revolve: gira un perfil geométrico alrededor de un eje seleccionado (5)               |
|  Extruir: para agregar profundidad a los perfiles geométricos. (1)                                  |  Unión: componente de precisión entre dos cuerpos y define el movimiento relativo (6) |
|  Fillet: redondea los bordes de un cuerpo sólido. (2)   |  Dividir cuerpo: crea nuevos cuerpos dividiendo el cuerpo seleccionado (7)            |
|  Espejo: usada para tener simetría en el auto. (3)  |  Calcomanía: pone una imagen en la cara seleccionada. (8)                             |



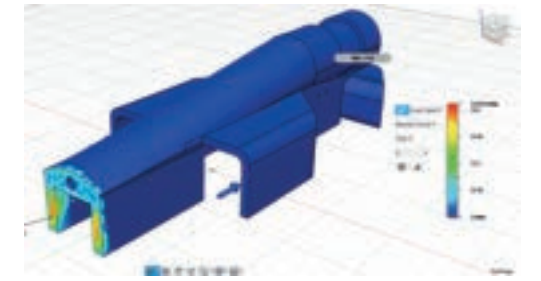
Nota: las partes mostradas usadas con los tipos de herramientas son sólo ejemplos de una de sus múltiples utilidades dentro del diseño del auto.

## RESISTENCIA DE MATERIALES

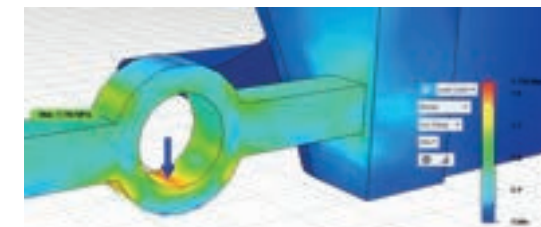
Dentro del programa de Fusion 360, en el apartado de "Simulación", se probaron los distintos materiales con sus respectivos grosores, para analizar si era factible que, por la presión ejercida por el viento durante la carrera, el proceso de manufactura en el CNC, el proceso impresión en 3D de algunas partes del auto y en algunas pruebas de escrutinio, cada una de las partes pudiera soportar las fuerzas ejercidas de forma segura.



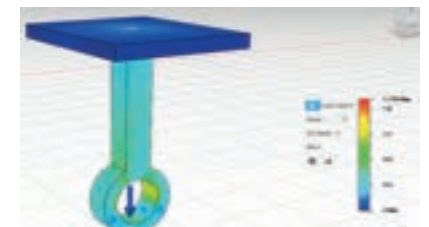
Chasis del auto: fuerza ejercida de 20 m/s (o el equivalente 72km/h) en la parte más delgada del chasis del auto. Se concluye que el grosor mínimo seguro son 3mm.



Chasis del auto: fuerza ejercida de 20 m/s (o el equivalente 72km/h) en la conexión del cuerpo principal y cono de la nariz. Se concluye que el grosor mínimo apropiado son 5mm.



Armella delantera: fuerza ejercida de 200gr (2 Newtons) usando el parametro de tensión de Von Mises. Armella hecha de filamento de PLA, asegurando poder sostener la fuerza requerida con solo 1mm de grosor.



Fuerza ejercida de 200gr (2 Newtons) usando el parametro de tensión de Von Mises. Mismo diámetro que la armella delantera. Armella probada con filamento de PLA, asegurando poder sostener la fuerza requerida con 1mm de grosor.

También se hizo uso del software ANSYS Simulation para poder analizar más a detalle cada uno de los componentes del auto y a su vez, analizar las presiones, resistencia de materiales e incluso la influencia que tendría en la aerodinámica del auto, ya que los materiales juegan un rol muy importante en la buena ejecución del auto estando en carrera.





Nota: en la página no. 6 del portafolio se describe a detalle los materiales usados para maquinar las partes del auto junto con sus características con respecto del rendimiento del auto.



# EVOLUCIÓN DE COMPONENTES

Para poder llegar a un buen diseño de auto, no basta con solamente hacer un prototipo y ya, si no todo lo contrario. La escudería a lo largo del proceso de creación del auto, se enfrentó contra grandes retos en el tema del auto, ya que siempre se buscó tener un equilibrio entre buena ingeniería, aerodinámica, diseño y a su vez, el cumplimiento de las reglas estipuladas en el Reglamento Técnico. Fue así que a lo largo del proceso de diseño y análisis de aerodinámica, hubo que modificar ciertos elementos del auto por los factores ya mencionados. A continuación se muestran los cambios más significativos hechos de acuerdo al análisis de CFD (Computational Fluid Dynamics) en el software de Flow Design:

## LEY DE BERNOULLI Y COEFICIENTES DE ARRASTRE

La ley de Bernoulli es un concepto físico que se aplica a fluidos en movimiento, incluyendo el aire. La ley establece que cuando se aumenta la velocidad del flujo de un líquido, la presión disminuye. Es así, que a lo largo del proceso de evolución de componentes, con ayuda del software CFD, la escudería se apegó a este principio de forma que se buscó aplicar de forma invertida, como en el ala de un avión por ejemplo (Fig. 1) de forma viceversa, provocando que el auto tenga más downforce y más estabilidad en la pista. Además de considerar, los coeficientes de arrastre de formas geométricas existentes, siendo estos dos conceptos pilares para el desarrollo de la investigación para lograr una óptima aerodinámica del auto.

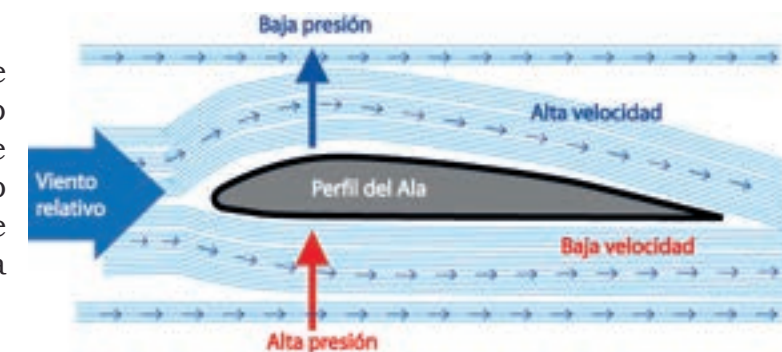
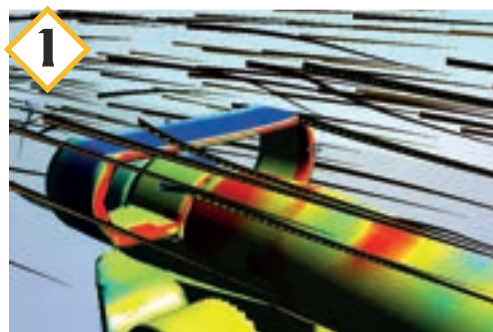


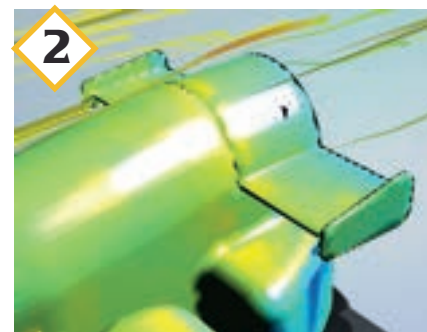
Fig. 1: funcionamiento del ala de un avión

| Forma | Nombre  | Coef. arrastre |
|-------|---|----------------|
|       | Cuerpo ahusado  | 0.04           |
|       | Semicuerpo ahusado  | 0.09           |
|       | Semicuerpo ahusado (elevado del suelo)                      | 0.13           |
|       | Semicuerpo ahusado elevado del suelo redondeado             | 0.09           |
|       | Semicuerpo ahusado elevado del suelo redondeado con llantas | 0.15           |

## ALERÓN TRASERO



En este primer modelo, se diseñó un alerón en forma de óvalo con un espesor de 65mm, tomando el ancho total del auto, sentado sobre el borde de la cámara de tanque de Co2. Como se puede observar en la imagen, existen muchas zonas de colores rojo y anaranjado, representando áreas de impacto directo del viento, consecuentemente, haciendo que el alerón perjudique más que ayudar al auto.



Tomando en cuenta el diseño previo, se optimizó a un alerón en dos partes de 25mm, teniendo una envergadura total de 50mm, siendo el mínimo estipulado en el artículo P9.5.1. El diseño es bastante aerodinámico, pero no ayuda al auto a generar downforce para mantenerse en el suelo, ya que la pendiente de donde comienza el borde de ataque con respecto al borde de salida, es de 0°, además de tener un espesor muy delgado de 1mm, medida fuera del rango aceptado en el artículo P10.5.3.



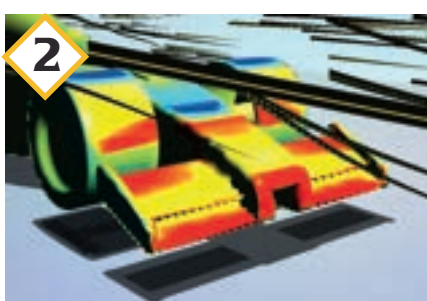
Para el alerón trasero final, se ajustó el diseño para tener forma de 'V' o flecha, tomando en cuenta aspectos de aeronáutica como en los aviones de alta velocidad en los que el aflechamiento alar, reduce la resistencia del aire, además de tener una ligera inclinación de 5° hacia abajo, generando la suficiente downforce para el auto, pero a su vez no teniendo una pendiente tan pronunciada que haga el auto frene (las zonas azules sobre la envergadura del alerón muestran que no existe resistencia del aire aunque el alerón tenga una ligera inclinación).

## ALERÓN DELANTERO

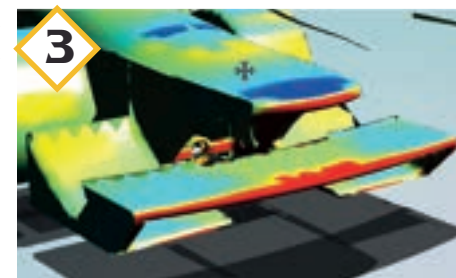


En este primer modelo, se diseñó un alerón en dos partes el cual se caracteriza por tener dos placas a los extremos de cada lado, componente que le da estabilidad y dirige el flujo del aire, pero a pesar de ello la inclinación del alerón es muy poca haciendo que mucho flujo de aire tenga impacto directo con las llantas delanteras,

a su vez teniendo un cono de nariz muy grande, haciendo que se genere una zona grande de color rojo, haciendo que la resistencia del aire sea mayor.



En este segundo modelo, se hizo una optimización del cono de la nariz para que fuera un poco más delgado y tener menos resistencia con el aire, a su vez, se diseñó un alerón en dos partes, un poco más inclinado para poder despejar el flujo de aire hacia las llantas, aunque aún así, las llantas sufrían contacto directo con el viento. La única buena característica fue que el alerón consiste en dos capas la cual tienen la función de reducir la velocidad del aire, de forma que parte del aire entre, entre las dos placas y la superior dirigiendo el flujo de aire hacia arriba.



Como se puede observar, el impacto del aire solo afecta el ala principal, la parte inferior de las rampas, la punta del cono de la nariz y la armella delantera, reduciendo la resistencia del aire lo más posible.

## DIFUSOR TRASERO



En este primer modelo, se diseñó un difusor en forma de triángulo rectángulo hacia atrás, con la intención de evitar que los vórtices de flujo de aire que se generan en la parte posterior del auto no afecten su rendimiento. Se puede observar también que la parte superior del difusor tiene zonas en verde claro y amarillo, con lo que se concluye que debe modificarse a un tamaño más reducido.



En la segunda optimización, se diseñó un difusor en forma de "triángulo", pero esta vez volteado hacia abajo. En diseño, se observa que este modelo tiene rasgos más similares al de un auto aerodinámico, pero a la vez se puede notar que existen zonas en color verde en la parte lateral del difusor, indicando que el aire roza por esa parte y convendrá reducirla para reducir el coeficiente de arrastre.



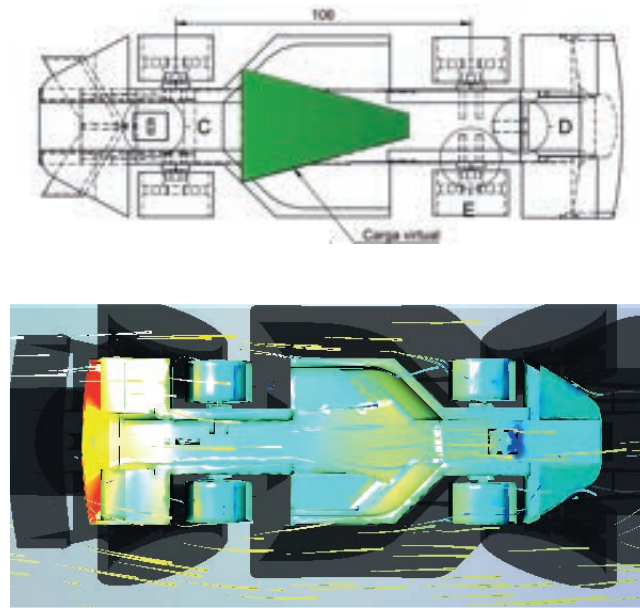
Para el diseño de difusor final, se hizo una combinación entre el primer y segundo modelo de difusor teniendo forma de "triángulo", pero a su vez, con un diseño que parte de afuera hacia adentro para evitar roces con el flujo de aire, además de que estiliza el auto en estética. Esta forma del difusor provoca que los "remolinos" o vórtices de aire que se generan puedan darle un ligero impulso extra desde la parte de abajo del difusor.



# EVOLUCIÓN DE COMPONENTES

## CHASIS

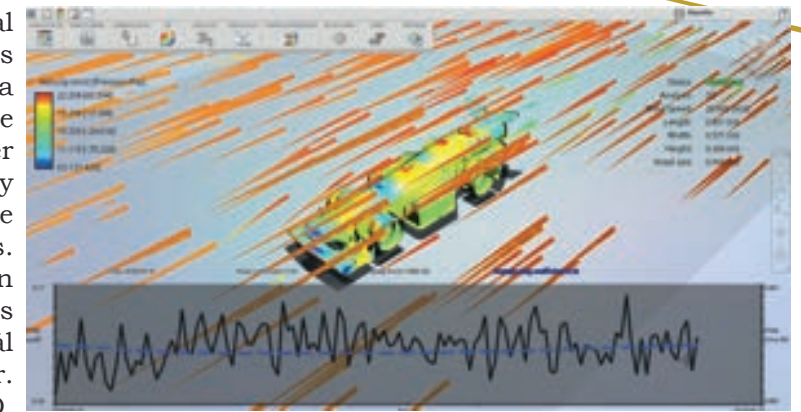
Para el diseño del chasis, primero se tuvo que estructurar una base bien fundamentada a partir del Reglamento Técnico tomando en cuenta todos los máximos y mínimos que se pueden tener en componentes como la carga virtual, separación de las llantas, separación de ejes, ubicación de armellas para el cable de sujeción, además del previo análisis de resistencia de materiales en el poliuretano y a su vez, el peso del Model Block de F1 in Schools, cuyo peso estaba en 110 gramos, y de allí partiendo para reducir al mínimo peso posible, lo que llevo al equipo a decidirse por una forma hueca por debajo del auto y a su vez, una entrada de flujo de aire por en medio y una en cada lado, la cual se analizó a través de CFD, y se observó no había casi ningún aspecto negativo en aerodinámica, ya que el flujo de aire que entra a través del auto es de poca velocidad, aspecto que se puede ver en las paredes laterales, indicando colores azules y verdes.



## CIFRAS FINALES

Para finalizar con la parte del diseño digital del auto, se revisaron tres factores que nos sirvieron como buenos indicadores, para saber si nuestro auto sería lo suficientemente competitivo y aerodinámico para poder alcanzar buenas marcas de velocidad y tiempo a la hora de competir en la pista de 20 metros, tomando el parámetro de 20m/s. Hasta este punto es en donde se probaron cerca de cinco prototipos con sus respectivas modificaciones y donde se pudo analizar cuál de todas las variantes era la mejor. Para estos parámetros se usó el programa CFD, para conocer las cifras de presión y la gráfica drag, indicando coeficiente arrastre y fuerza de arrastre (en Newtons), siendo que entre menor sea la cifra, el mejor rendimiento y menor resistencia del aire y fricción tendrá el auto. Es así que los resultados arrojados por la prueba definitiva del auto para la Final Nacional son:

>Fórmula coeficiente de arrastre:  
 $C_d = (2F_d) / (\rho v^2 A)$



**Presión máxima: 63.394 Pa**  
**Fuerza de arrastre: 0.086 N**  
**Coeficiente de arrastre: 0.16**

## PROTOTIPO FINAL

### Alerón delantero (1)

Con envergadura de 50mm, espesor de 2mm, cuerda de 15mm y separación de 5.15mm de flujo de aire no obstruido y tomando en cuenta los soportes de rampa con una altura máxima de 14mm, se cumplen todas las reglas: P9.5, P9.6 y P9.7.

### Alerón trasero (2)

Con envergadura de 50mm, espesor de 3mm, cuerda de 15mm, soporte con 5mm de altura y con alfechamiento alar, se cumplen todas las reglas de este componente: P10.5, P10.6 y P10.7.

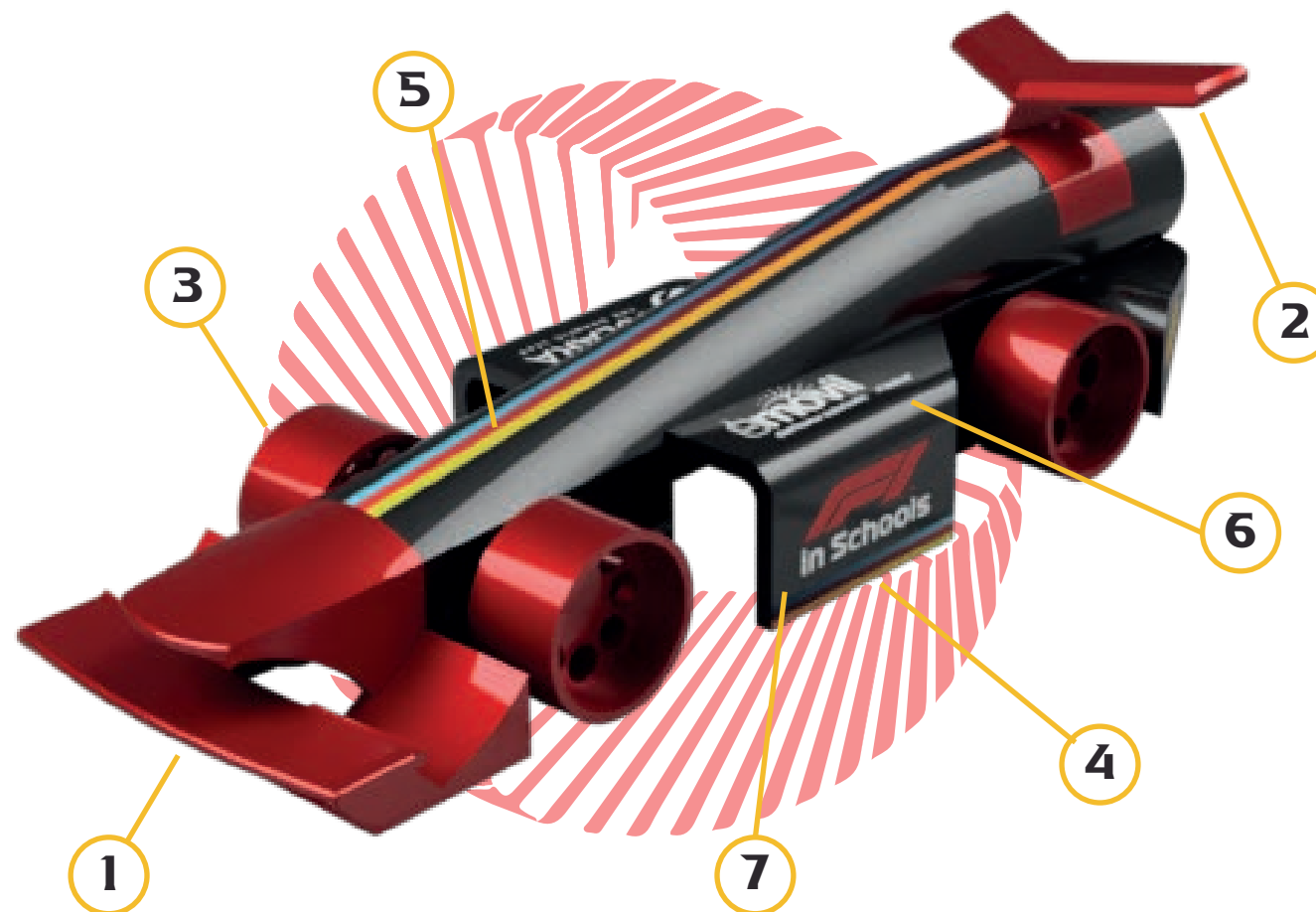
### Llantas (3)

Compuestas por una superficie de rodamiento de 16mm, diámetro de 27mm, separación entre cada una de 32mm, separación de ejes de 105 mm, hechas con fibra de aleación de carbono, hacen que las llantas estén lo más compactas y ligeras para un buen rendimiento, respetando los artículos P7.2, P7.3, P7.4 y P7.5.

### Cuerpo principal (4)

El diseño fue pensado para ser lo más compacto posible pero que a la vez hubiera buen espacio para cada componente, es así que se diseñó para tener un largo de 172mm y sumado a la estructura de alerón delantero y cono de nariz, con una longitud total de 209mm, hacen al auto lo más largo posible dentro del rango permitido, además de estar hueco en algunas partes para reducir el peso, siendo este el componente más grande y voluminoso del auto.

<<<IMPETUS-X>>>



## Nombre y colores

El nombre con el que se le denominó al coche fue "Impetus-X", palabra que viene del latín que significa "ataque" o "impulso", palabras que identifican en su totalidad al auto por su aerodinámica, solvencia y agresividad.

La escudería se decidió por pigmentar de **color rojo** todos los componentes ensamblables al cuerpo principal para mantener uniformidad, evitar mezclar muchos colores y el significado del rojo, dentro de la escudería como el sector de ingeniería. Además de transmitir fuerza, energía, emoción, osadía y atrevimiento de acuerdo a la psicología del color.

El **color negro** fue seleccionado para el cuerpo del auto por ser fácilmente combinable con los colores de la escudería, facilitar el proceso de pintura, siendo un color oscuro y transmitir elegancia, prestigio y sofisticación.

## Estética y significado

**Bandera tricolor (5):** ésta representa a los tres colores de la escudería (azul, amarillo y rojo), dándole estilo al auto como si indicase al aire por donde dirigirse.

**Estampado de patrocinadores (6):** logotipos de patrocinadores más importantes para la escudería en color blanco para darle contraste al auto.

**Calcomanía de F1 in Schools (7):** componente que es colocado por el staff de F1 in Schools para la competencia.

LIBERANDO A LA BESTIA...



# FUNDAMENTOS FÍSICOS ANTES DE MAQUINAR

## MATERIALES A UTILIZAR

Previo al proceso de maquinado en físico, se necesita primero realizar una investigación de materiales, para poder analizar muchas alternativas, considerando sus propiedades físicas, densidad de material, peso, facilidad para imprimir y maquinar, costo, durabilidad, seguridad, y más. Los materiales investigados para maquinar fueron los siguientes:

| MATERIAL                            | VENTAJAS  | DESVENTAJAS   |
|-------------------------------------|---|---|
| ABS                                 | -Alta dureza<br>-Precio bajo<br>-Procesamiento y el moldeo son fáciles  | -Baja fiabilidad<br>-Baja resistencia de impacto<br>-Resolución baja de impresión   |
| CFRP (FIBRA DE CARBONO)             | -Bajo peso (ligereza)<br>-Alta rigidez<br>-Alta resistencia<br>-Baja densidad<br>-No presenta corrosión   | -Precio alto<br>-Producción complicada<br>-Difícil de reciclar                      |
| HIPS (POLIESTIRENO DE ALTO IMPACTO) | -Alta capacidad de mecanizado<br>-Material reciclable<br>-Excelente estabilidad térmica   | -Se amarillea a la intemperie<br>-Baja resistencia<br>-Se cuartea fácilmente        |
| PLA (POLIACIDO LACTICO)             | -Biodegradable<br>-Alta resistencia para procesos de moldeo o soplado<br>-Proceso de ciclo bio-plástico no contamina<br>-Bajo costo de producción | -Corta duración de vida útil<br>-Deformación en exposición a altas temperaturas     |
| POLIURETANO                         | -Fácil de moldear<br>-Resistencia en la estructura<br>-Resistencia a la corrosión<br>-Alta rigidez y poco peso                                    | -Corta duración de vida útil<br>-Libera gases dañinos si se inhala por mucho tiempo |
| RESINA DE FOTOPOLIMERO              | -Fácil de imprimir<br>-Resolución de impresión excelente y de calidad<br>-Alta capacidad de mecanizado  | -Impresión lenta<br>-Libera gases tóxicos<br>-Costo elevado<br>-Frágil              |

De acuerdo al presupuesto de la escudería, las propiedades para cada material investigado y las aprobaciones por la empresa "Solara Quantics", lugar donde se hizo el proceso de maquinado, los materiales que decidimos usar fueron:

- > Poliuretano: para el cuerpo principal, siendo el material obligatorio estipulado en el artículo P1.3 del reglamento.
- > CFRP (fibra de carbono): para las llantas del auto, se hizo uso de este material que aunque rebasaba un poco el presupuesto de la escudería, valía la pena para que las llantas tengan un buen rendimiento en la carrera, favoreciendo al auto en cuanto al coeficiente de fricción.
- > PLA: para el resto de los componentes del auto (alerón delantero, alerón trasero, ejes y armellas), siendo un resistente, con un precio accesible y biodegradable, haciendo que cuidemos el medio ambiente usando este material.

## FUNCIONAMIENTO: SISTEMA DE TRACCIÓN

Para todo vehículo, es muy importante identificar el comportamiento y funcionamiento del sistema de tracción, ya que éste desarrolla la función principal de un auto: moverse. Para el desafío F1 in Schools, el auto corre sobre una pista en línea recta de 20 metros, hecha de madera MDF formica o melamina. Tomando esto en cuenta, aunado al reglamento técnico, la escudería diseñó un modelo de llantas, para que tuvieran la menor cantidad de fricción de acuerdo a los materiales investigados, buena resistencia, seguridad a la hora de correr y facilidad de giro.

Para lograr esto, rompiendo con los diseños incluido en los kits de F1 in Schools, la escudería creó un sistema de ejes independientes entre llantas, para mejorar el peso del auto y evitar perforar el chasis del auto de un lado a otro para conectar ambas llantas. A partir de esto, se adquirieron dos sets de baleros de la empresa ABEC 357, para poder lograr que las llantas pudieran girar con completa libertad y fluidez, siendo estos embonados a cada uno de los cuatro ejes del auto y a su vez, embonados a ellos las llantas hechas por la escudería, con material de CFRP (fibra de carbono).

### Baleros

Consiste principalmente en dos anillos de diferentes diámetros, uno externo y otro interno; dentro de los cuales se posicionan los elementos rodantes los cuales tienen la función de: apoyar el elemento giratorio, reducir la fricción de la rotación, preservar el asiento de rotación y reducir el riesgo de intrusión de polvo y escombros debajo en las áreas de trabajo de los elementos rodantes, haciendo que el auto se vuelva estable y seguro alrodar por la pista. Medidas: diámetro interno = 3mm; diámetro externo = 7mm; grosor = 3mm.



### Ejes

Los ejes consisten de una placa con dos cilindros salientes teniendo un largo de 10mm los delanteros y 4mm los traseros, y otro cilindro central de 4mm de largo y 3mm de diámetro donde se embona el balero a presión.



### Llantas

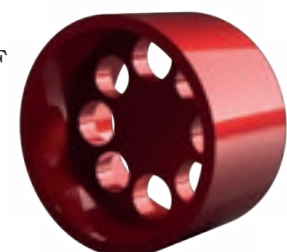
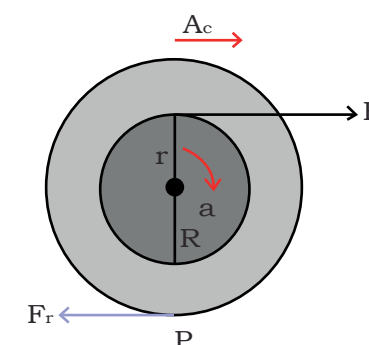
Estas consisten de material CFRP, hechas con un diseño de ocho orificios para darle estética y reducir peso, con medidas de: 16mm de superficie de rodamiento lisa y 27mm de diámetro, siendo las 4 llantas del auto iguales y cumpliendo perfectamente los artículos P7.4, P7.5 y P7.7. Además se tomó en cuenta los valores de coeficiente de arrastre, coeficiente de fricción y momento de inercia, con ayuda del software SolidWorks para tener un diseño aerodinámico.

SOLIDWORKS



Dibujo de la llanta y los componentes ensamblados

|                |   | Coef. de arrastre |
|----------------|---|-------------------|
| Esfera         | → | 0.47              |
| Semiesfera     | → | 0.42              |
| Como           | → | 0.50              |
| Cubo           | → | 1.05              |
| Cubo inclinado | → | 0.80              |



> Coef. de fricción:  
0.235  
> Momento de inercia:  
272.5 g/mm<sup>2</sup>

# PROCESO DE MAQUINADO

Durante el proceso de maquinado del auto, la escudería separó en varios apartados, el desarrollo de los aspectos a considerar, dividiendo en tres partes:

1. Apartado de impresión 3D
2. Apartado de maquinado con CNC
3. Ensamble, retoques y envío final.

Esto para separar apropiadamente los procesos y tener claridad y orden en cada uno de ellos y evitar confusiones y mezclar datos de cada apartado. Importante considerar que en este punto se necesita tener completamente listo el modelo definitivo para maquinar y los renders del auto para darse una idea del acabado final que tendrá, previendo el tener que volver a hacer todo desde cero, perder tiempo y tener que desperdiciar el escaso material que poseíamos.

## IMPRESIÓN 3D

### Impresora 3D

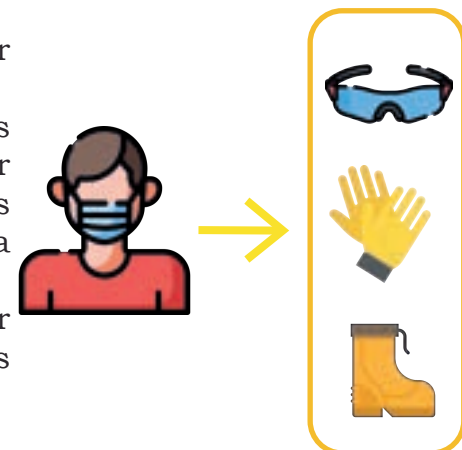
La Impresora 3D que se usó para imprimir el alerón delantero, el alerón trasero, las llantas y la armella trasera, fue una impresora Raise 3D Pro, la cual tenía ventajas por tener cristal transparente para poder revisar fácilmente que el proceso de la impresión 3D se estuviera llevando a cabo de buena manera, dos extrusores los cuales hacían que el tiempo de impresión tuviera el doble de rapidez, un buen sistema de enfriamiento para evitar que la impresora se sobrecalentara y un sistema de coordenadas muy preciso, previendo situaciones como un apagón de luz repentino, que hasta al tener energía de nueva cuenta pudiera seguir imprimiendo de la misma forma y no reiniciarse.



### Equipo de seguridad

En el proceso de impresión en 3D, para evitar accidentes y percances, la escudería utilizó el equipo de seguridad necesario y teniendo un comportamiento responsable a la hora de utilizar las máquinas, estableciendo normas obligatorias a seguir:

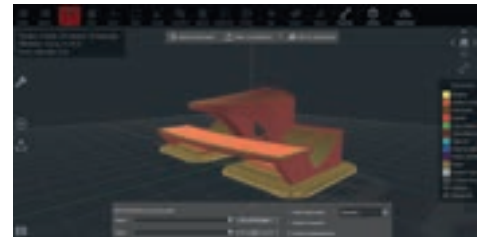
1. No tocar la impresora 3D durante el proceso de impresión.
2. Usar cubrebocas todo el tiempo para evitar inhalar gases tóxicos y por indicación sanitaria (Covid-19).
3. Antes de retirar las piezas, utilizar guantes especiales para abrir la compuerta de la impresora y dejar reposar 15 minutos para dejar que se enfríen las piezas, posteriormente, retirar la cama de la impresora con las piezas con cuidado.
4. Al retirar el filamento de soporte de las piezas usar lentes de protección para evitar que las pequeñas partes sobrantes puedan entrar a los ojos.



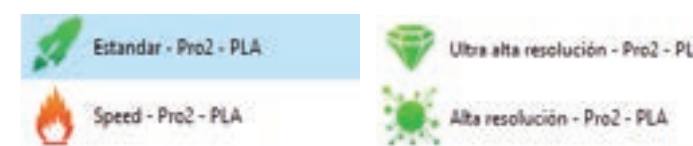
Nota: como parte del outsourcing, todos los procesos descritos a continuación fueron totalmente aprobados por la empresa de maquinado, habiendo gente al cargo del correcto uso de las herramientas.

### Parámetros de la impresión

Para la impresión 3D, se utilizó el software llamado IdeaMaker, propio de la impresora que se usó. Este programa fue muy útil para el buen rendimiento de la impresora 3D, ya que en él, se hicieron previsualizaciones de filamento, tiempo estimado, peso estimado, y rango de error, que por la calidad de la impresora, solo tenía  $\pm 0.1$  mm de posible variación.



A la vez, el programa permite al usuario escoger la calidad del acabado de las piezas a partir del número de capas del componente, no obstante, entre mejor calidad se le configuraba, el peso aumentaba considerablemente. Es así que para los alerones delanteros y traseros, junto con los ejes y armellas, todos estos se imprimieron en calidad estándar, mientras que las llantas fueron impresas en calidad alta, siendo todas las piezas impresas con dos extrusores para mayor rapidez y rigidez en el proceso.

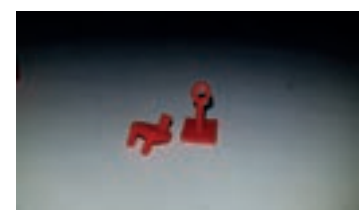


### Resultados

De forma increíble, habiendo estudiado y analizando previamente las propiedades de los materiales y el “modus operandi” de la impresora 3D, junto con su respectivo software, todo el proceso de impresión 3D de componentes con sus respectivas refacciones, no tuvo ningún percance y salió todo a la perfección. Aquí algunas pruebas de nuestros resultados:



Set de piezas con filamento de soporte. El relleno fue retirado con pinzas delgadas para poder quitar todo el sobrante de esquinas y recovecos de difícil acceso.



Armella trasera y eje (soporte para llanta). Componentes de más cuidado en el retiro de filamento por las dimensiones pequeñas que tienen.

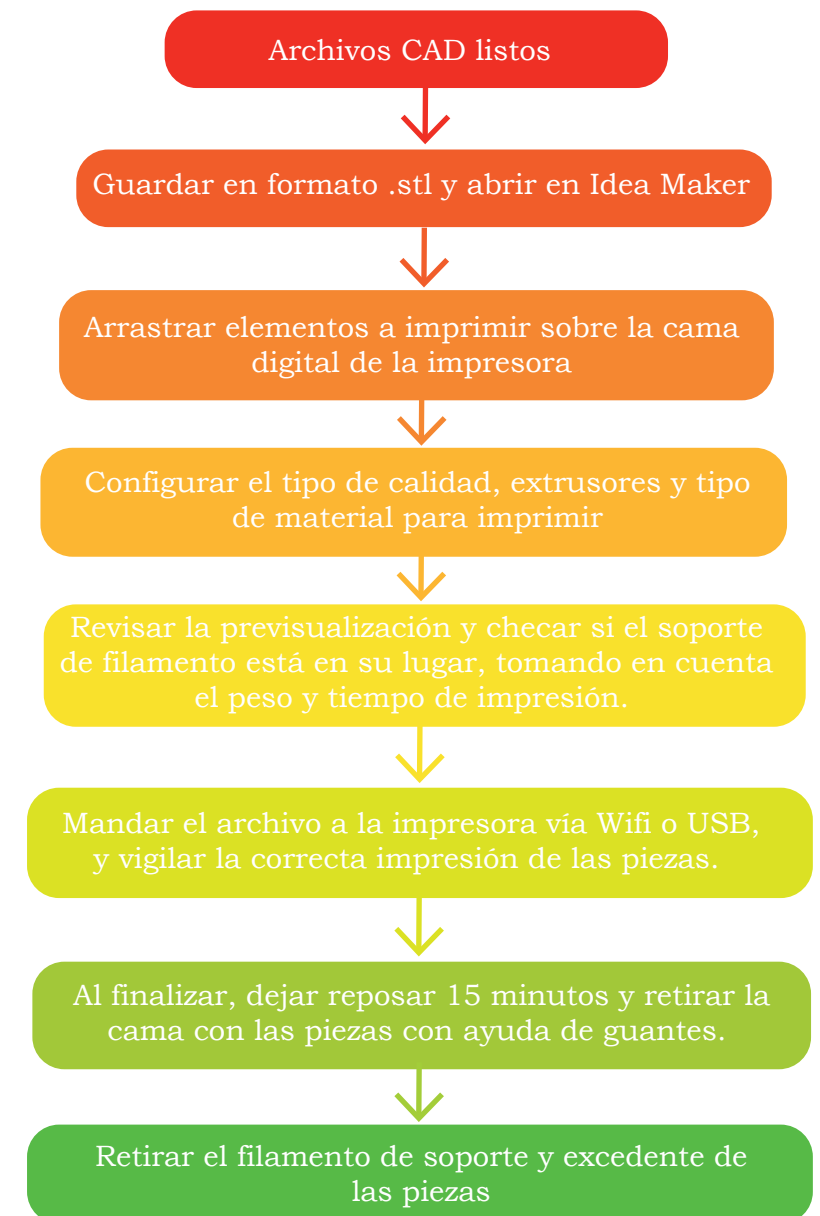


Set de 4 llantas, hechas con aleación de fibra de carbono, con buen acabado para sufrir la menor fricción posible.



Alerón delantero y cono de la nariz. Componente más voluminoso y por ende el que mayor tiempo de impresión requirió (2 horas)

### Proceso de Impresión





# PROCESO DE MAQUINADO

## MAQUINADO EN CNC

Las máquinas CNC son dispositivos electromecánicos que manipulan herramientas de taller utilizando entradas de programación de computadoras, siendo para este proyecto la automatización de una base, con el bloque de poliuretano un taladro, con el que se le dará la forma previamente hecha a computadora. Antes de comenzar es importante considerar varios factores para preveer cualquier situación adversa:

- > El tamaño del bloque
- > La calidad del maquinado
- > El tiempo de maquinado
- > Suficiente material disponible
- > Herramientas necesarias
- > Equipamiento de seguridad
- > Rango de error

Todo esto porque el proceso de maquinado puede ser muy lento y a la vez frustrante si ocurren errores, que aunque sean mínimos, pueden alterar el funcionamiento del auto

### Máquinas usadas

**CNC:** el modelo que se utilizó fue el “OR-40”, para realizar todas las pruebas y maquinados finales en el proceso de manufactura.



**Fresadora:** el modelo usado fue “Sharp”, para una vez maquinado el bloque, tener un buen acabado sobre el poliuretano.



### Medidas y equipo de seguridad:

A diferencia con la impresión 3D, el CNC y la fresadora son máquinas que no trabajan encapsuladas, sino que estas están a la intemperie del taller y a su vez, algunas reglas fueron impuestas para evitar accidentes:

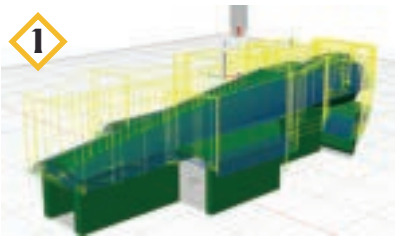
1. No acercarse ni tocar el CNC en un perímetro de un metro, a menos de que se tenga autorización.
2. Usar cubrebocas todo el tiempo para evitar inhalar partículas de poliuretano o madera y por indicación sanitaria (Covid-19)
3. Llevar botas con suela gruesa para evitar pisar residuos que se puedan encajar en las plantas de los pies.
4. Hacer uso de guantes, para un tacto seguro con el material.



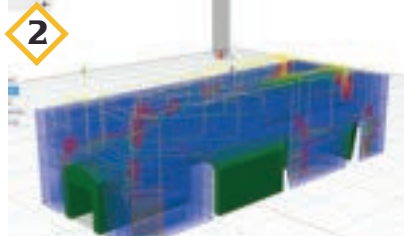
### Preparación del software

Antes de comenzar a maquinar se necesita programar el CNC por computadora para que este pueda trazar su ruta automáticamente y coordinar el movimiento entre coordenadas para que sepa por donde cortar. Es así que la escudería usó el mismo software de Fusion en el apartado de “Manufactura”, para llevar acabo una simulación virtual apropiada.

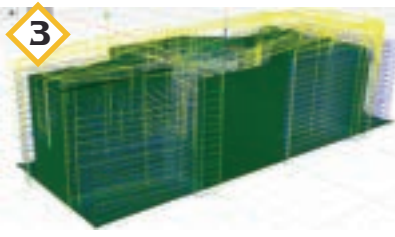
Para asegurarnos de llevar a cabo el proceso de forma ordenada y segura, el maquinado se dividió en 4 etapas o programas, y entre cada una se hizo una revisión sobre las medidas correctas y la resistencia del material:



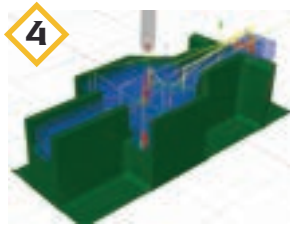
Retirar el material excedente hacia arriba



Retirar las partes laterales excedentes hacia los lados.



El modelo volteado boca-bajo, se perfora en la parte hueca del chasis.



Se le da un acabado a la parte hueca definiendo bien las curvas y el trazo de la carga virtual.

Al haber programado el CNC, se escogen los parámetros de velocidad de giro, tipo de broca, tiempo, acabados, a partir de la capacidad del CNC, seguridad y margen de error.

Al investigar y revisar la disponibilidad de medidas de broca nos decidimos por usar una broca de 6mm de diámetro para los programas #1 y #2, ya que solo implicó remover los excedentes, y para los programas #3 y #4, se usó una broca de 4mm que aunque tardaba un poco más de tiempo en maquinar, podía moldear y afinar los pequeños detalles o zonas de cuidado.



### Parámetros del CNC

Parámetros de CNC para programas #1 y #2:

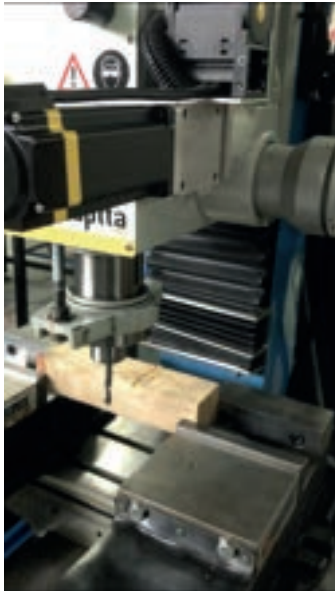
|                     |            |
|---------------------|------------|
| Sprindle Speed      | 2000 rpr   |
| Ramp Sprindle Speed | 2000 rpr   |
| Cutting feedrate    | 300% Max.  |
| Feed per tooth      | 0.10 mm    |
| Lead-in Feedrate    | 300 mm/min |
| Lead-out Feedrate   | 500 mm/min |

Parámetros de CNC para programas #3 y #4:

|                     |             |
|---------------------|-------------|
| Sprindle Speed      | 3500 rpr    |
| Ramp Sprindle Speed | 3500 rpr    |
| Cutting feedrate    | 120% Max.   |
| Feed per tooth      | 0.12 mm     |
| Lead-in Feedrate    | 1020 mm/min |
| Lead-out Feedrate   | 1020 mm/min |

### Primeras pruebas

Con la primera prueba de CNC, se realizó con un bloque de madera con medidas idénticas al Model Block de F1 in Schools, el cual se hizo a la medida con ayuda de una fresadora, para así después probar los programas de CNC y a posteriori, autorizar el usarlos con los bloques de poliuretano, esto con la prevención de que se disponía solo con 5 bloques útiles, teniendo que maquinar obligatoriamente dos y esto por si el programa tenía algún movimiento o medida incorrecta, se pudiera corregir.





# PROCESO DE MAQUINADO

## Primeros resultados

Después de varias horas, el prototipo de madera resultó ser un éxito, exceptuando el acabado, ya que la madera no era de buena calidad, pero el objetivo de analizar la buena ejecución de los programas CNC, se logró.



## Intentos definitivos

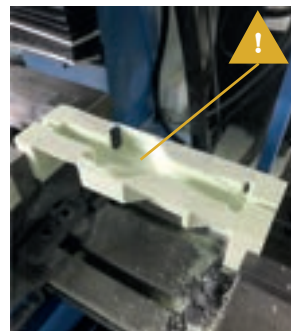
### Primer intento: **Fallido.**

Con el primer Model Block, ocurrió un error inesperado, ya que durante los días de maquinación, existió un clima muy lluvioso y con mucho viento, es así que en múltiples ocasiones del maquinado, el suministro de energía, se iba y volvía a ratos, es así que, el CNC se desconfiguró, perdió su centro y continuó maquinando de forma que se generaron irregularidades (1 y 2).



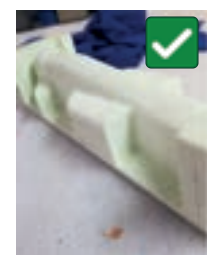
### Segundo intento: **Aceptable.**

En esta ocasión, no hubo errores fuera de nuestro control. Fue así que el maquinado salió de buena forma, exceptuando algunos detalles de la parte hueca del chasis, ya que el acabado era un poco deficiente y la carga virtual no se distinguía del todo. Hubo que corregir el programa #4.



### Tercer y cuarto intento: **Excelentes**

Después de analizar los errores previos, los pequeños detalles fueron solucionados, y el maquinado del chasis del auto fue impecable. Las medidas eran precisas, el material se mantuvo rígido, la forma esperada salió idéntica a la programada por computadora y no hubo ningún tipo de percances.



## Afinación de detalles y ensamblado

Para tener un mejor acabado, se hizo uso de lijas y limas dejando la superficie del poliuretano totalmente lisa, sin imperfecciones e irregularidades. Además de acentuar más los bordes o pequeñas cavidades para rebajarlas justo del tamaño para que componentes como el alerón delantero, el alerón trasero, ejes y armellas pudieran entrar a presión, de forma que sea difícil que se safen de su respectivo acomodo.



Para el ensamble del cuerpo principal con los demás componentes del auto, se hizo uso de un Vernier, para tener las medidas exactas, evitar violar alguna regla y así tener un ensamble preciso y seguro.



A su vez, para mayor solidez, se hizo uso de pegamento adhesivo de cianoacrilato de metilo (Kola-Loka), para unir los distintos componentes con el cuerpo principal, siendo esto totalmente legal de acuerdo al artículo P1.1, mientras no tuviese impacto dimensional.

Este proceso se llevaría a cabo justo después del pintado para evitar que las otras piezas se pinten del color del cuerpo principal (en la foto a la derecha, son solamente los componentes del auto sobrepuestos).



## Proceso de pintado

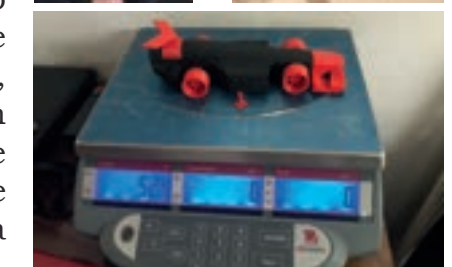
Algo importante antes de pintar es tener mucho en cuenta el tema del peso del chasis y de todos los componentes del auto, ya que la pintura puede afectar al peso según la cantidad de capas que se le apliquen, es así que se considera cuanto peso le hace falta o si ya pasó del límite para poner mucha o poca pintura.

Una vez hecho el pesaje de cada componente, se procede a pintar el cuerpo principal, el cual la escudería designó que fuera de color negro.

El proceso fue sencillo, ya que se utilizó pintura en spray con secado rápido, con un trozo grande de cartón, además de que el día de pintado estuvo soleado, entonces fue cuestión de un lapso de entre 5 a 10 minutos de secado y posteriormente el pesaje definitivo con el coche ya ensamblado: **peso final: 52.4 grs**



- > Cuerpo principal: 20 grs
- > Llantas: 2 grs c/u
- > Ejes con balero: 1 gr c/u
- > Armella trasera: 0.4 gr
- > Alerón delantero: 11.5 grs
- > Alerón trasero: 5.5 grs
- > **Total: 49.4 grs (sin pintar)**



## EMPAQUE FINAL Y ENVÍO

Para el envío de nuestros dos prototipos del "Impetus-X", la escudería se encargó de diseñar un maletín con relleno de espuma de poliestileno con huecos del tamaño del largo y ancho de los dos autos, para evitar que los autos pudieran sufrir daños en el traslado al lugar sede de la competencia. Y dentro de este incluyendo refacciones y el formato de envío de Elementos de Competencia totalmente llenado y firmado de entregado al IDSCEA (Instituto para el Desarrollo de la Sociedad del Conocimiento del Estado de Aguascalientes).





# CONTRAPORTADA

