



## **UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ**

### **DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN MOLDE PARA CHASIS DE PATINES DE CARRERAS EN FIBRA DE CARBONO**

**Autor:** Cristian De La Hoz

C.I 21.301.057

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego  
Teléfono (0241) 8714240 (máster) – Fax: (0241) 871239



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN MOLDE PARA CHASIS DE PATINES DE  
CARRERAS EN FIBRA DE CARBONO**

Proyecto de Trabajo de Grado para optar al título de

**INGENIERO MECÁNICO**

**Autor:**

Cristian De Jesús La Hoz  
C.I 21.301.057

**Tutor:**

Ing. Donato Romanello

San diego, Abril del 2021



FI-N-005-2020-3CR (TG)

Valencia, 24 de marzo de 2021

Ciudadano:  
De La Hoz, Cristian De Jesús. .  
CI. 21.301.057  
Presente-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 04-2021 de fecha 21-01-2021 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado **DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN MOLDE PARA CHASIS DE PATINES DE CARRERAS EN FIBRA DE CARBONO** presentado por usted (es) como requisito para optar al título de Ingeniero Mecánico

Se ratifica la designación del Ing. Donato Romanello C.I: 4.131.877 como Tutor Académico que lo asesorara en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Francisco', with a large, stylized flourish extending upwards and to the right.

**Dr. Francisco Gelanzé Sevilla.**  
Decano



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**ACEPTACIÓN DEL TUTOR**

Quien suscribe, Ingeniero. Donato Romanello, portador de la cédula de identidad N° V-4..131.877, en mi carácter de tutor del Trabajo de Grado presentado por el ciudadano Cristian De Jesús De La Hoz, portador de la Cédula de Identidad N° V-21.301.057, titulado **DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN MOLDE PARA CHASIS DE PATINES DE CARRERAS EN FIBRA DE CARBONO** presentado como requisito parcial para optar al título de **INGENIERO MECÁNICO** considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los 26 días del mes de abril del año dos mil veintiuno.

---

Ing. Donato Romanello

V-4.131.877

## ÍNDICE

<b>CONTENIDO</b>		<b>Pg</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURA</b> .....		xii
<b>ÍNDICE DE TABLA</b> .....		xv
<b>RESUMEN</b> .....		xi
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....		1
<b>CAPÍTULO</b>		
<b>I EL PROBLEMA</b>		
1.1 Planteamiento del Problema.....		3
1.2 Formulación.....		5
1.3 Objetivos de la Investigación.....		4
1.3.1 Objetivo General.....		4
1.3.2 Objetivos específicos.....		4
1.4 Justificación.....		4
1.5 Alcance.....		5
<b>II MARCO TEÓRICO</b>		
2.1 Antecedentes.....		7
2.1.1 Antecedente internacionales		7
2.1.2 Antecedentes nacionales		9
2.2 Bases Teóricas.....		9
2.2.1 Aspectos fundamentales en la construcción de moldes		9
2.2.2 Investigaciones Previa.....		10
2.2.3 3Sistemas CAD/CAM.....		10
2.2.4 4Fibra de Carbono .....		11
2.2.5 Propiedades Mecánicas.....		13
2.2.6 Propiedades de las tensiones y esfuerzos.....		14
2.2.6.1 Compresión.....		14
2.2.6.2 Tracción.....		15
2.2.6.3 Corte.....		16
2.2.6.4 Deformación unitaria.....		16
2.2.6.5 Esfuerzo de fluencia.....		16
2.2.6.6 Módulo elástico a tracción.....		17
2.2.6.7 Fatiga.....		18

2.2.7	Aspectos fundamentales del patinaje de Velocidad.....	19
2.2.8	World skate.....	21
2.2.9	Definición de fluido.....	22
2.2.9.1	Propiedades de un fluido.....	22
2.2.9.2	Densidad.....	23
2.2.9.3	Presión de los fluidos.....	23
2.2.9.4	Viscosidad.....	24
2.2.9.5	Número de Reynolds.....	25
2.2.9.6	Ecuación de balance .....	26
2.2.9.7	Ecuación de Bernoulli.....	30
2.2.9.8	Ley de kutta-Joukovsky.....	32
2.2.10	Airfoil.....	34
2.2.11	Generalidades sobre el patinaje de velocidad.....	36
2.2.12	Capa limite.....	37
2.2.13	Coeficiente de sustentación.....	38
2.2.14	Coeficiente de arrates.....	38
2.2.15	Coeficiente de presión.....	39
2.2.16	Carga aerodinámica.....	39
2.2.17	Chasis de patinaje de velocidad.....	42
2.2.18	Generalidades sobre perfiles aerodinámico.....	45
2.2.19	Federación internacional de patinaje (FIRS).....	47
2.3	Definición de términos.....	49

### **III MARCO METODOLÓGICO**

3.1	Tipo de la Investigación.....	52
3.2	Diseño de Investigación.....	53
3.3	Nivel de la Investigación.....	53
3.4	Población y Muestra.....	54
3.5	Técnica e instrumentos de recolección de datos.....	54
3.6	Fases Metodológicas.....	54

### **IV RESULTADOS**

4.1	Diseñar un molde con todas las dimensiones adecuadas y características para poder trabajar fácilmente la fibra de carbono	57
4.1.1	Realizar diseño de molde chasis tomando en cuenta todos los parámetros que afecte el diseño.....	57
4.2	Diseñar y establecer el comportamiento del chasis al estar sometido a esfuerzos combinados.....	69
4.2.1	Tensiones en Bases delanteras y traseras.....	72
4.2.2	Desplazamiento en Bases delanteras y traseras.....	73

4.2.3	Deformación en Bases delanteras y traseras.....	74
4.3	Simular el proceso aerodinámico por medio del uso de la herramienta CFD SOLIDWORKS.....	78
4.3.1	Cálculo del área de arrastre.....	78
4.3.2	Simulación bajo condiciones aerodinámicas de otro chasis que existe en el mercado usando dinámica de fluidos computacional.....	82
4.4	Diseñar el molde de monocasco con todas las dimensiones en sus respectivas piezas machos y hembra.....	84
4.5	Determinar un diseño propuesto para la manga que se utilizara en el molde al momento de realizar el chasis de FC.....	
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	100
	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	102
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	103
	<b>ANEXOS</b>	105
A	Chasis en aluminio de patinaje de carrera con más de 10 años.....	105
B	Chasis en fibra de carbono con más de 5 años en el mercado.....	106
C	Chasis de fibra de carbono con perforaciones con más de 5 años.....	107
D	Ruedas 110mm de patines profesionales.....	108
E	Patines completos ensamblados con botas profesionales .....	109

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURAS		Pág.
1	fibra de carbono.....	13
2	Representación de esfuerzo a compresión.....	15
3	representación de esfuerzo a tensión.....	16
4	representación de esfuerzo cortante.....	16
5	Diagrama carga-deformación.....	18
6	Gráfica tensión-deformación.....	19
7	Cigüeñal fracturado consecuencia de la fatiga.....	20
8	Evolución de los patines de (1876 a 1999).....	21
9	Mundial de patinaje Italia 2012.....	22
10	Logo de la world skate.....	23
11	Fuerza sobre una superficie y el área.....	25
12	Representación del balance de masa en un ducto.....	28
13	Representación de la validez de la ecuación de Bernoulli para flujos estacionarios e incompresibles.....	31
14	Representación gráfica del caso de un cilindro inmerso en un fluido que lo remonta. ....	33
15	Relación elevación – arrastre a diferentes ángulos de incidencia de un fluido sobre un perfil alar.....	36
16	desprendimiento de la capa límite en un perfil alar a diferentes ángulos de ataque del fluido.....	38
17	Downforcé o carga aerodinámica en analogía a la elevación.....	41
18	rango del ángulo de incidencia de un perfil aerodinámico para modificar la carga sobre él mismo.....	43

19	chasis de fibra de carbono.....	44
20	mili metraje de ruedas de patines.....	45
21	Terminología básica de perfiles alares.....	46
22	Datos adquiridos en un test a un atleta de patinaje .....	58
23	Test de fuerza máxima (Sentadilla Profunda) .....	58
24	Test de salto Máximo.....	59
25	Diagrama de cuerpo libre de sentadilla profunda.....	59
26	Angulo de inclinación en la técnica de Recta.....	61
27	Técnica de Curva a las altas velocidades (trenzado en curva) ...	62
28	Técnica de salida estática (arranque).....	63
29	Técnica de espacata (llegada).....	63
30	Técnica del doble Empuje.....	64
31	Vista isométrica de Avión ADIFO.....	65
32	Vista lateral de Avión ADIFO.....	65
33	Imagen de Platillo voladores (OVNIS).....	66
34	Diseño del chasis.....	67
35	Diseño del chasis (base trasera) .....	68
36	Diseño del chasis (Base Delantera) .....	68
37	Propiedades de la Fibra de carbono con resina epoxi.....	69
38	Diseño del chasis (Base Delantera) .....	69
39	Propiedades por capa de pliegues de fibra de carbono.....	70
40	Mallado del volumen de control de la simulación.....	71
41	Análisis estático tensión principal.....	72
42	Análisis estático del desplazamiento.....	73
43	Análisis estático de deformación unitaria.....	74
44	Tabla de fuerzas resultantes en el estudio de la pieza.....	74
45	Empuje lateral en la técnica de patinaje.....	75

46	Análisis estático de tensión de empuje lateral.....	75
47	Análisis estático del desplazamiento con el empuje lateral.....	76
48	Análisis estático de la deformación unitaria al realizar el empuje lateral.....	77
49	Fuerzas resultantes del empuje lateral.....	77
50	Calculo del área de arrastre del diseño propuesto .....	78
51	Presión relativa del viento sobre el vehículo.....	79
52	Flujos de corriente.....	79
53	Resultados de la fuerza de fricción.....	80
54	Tabla de propiedades de aire a presiones de 1 atm.....	81
55	Calculo del área de arrastre del diseño que ya está en el mercado.....	82
56	Comportamiento del flujo a través de la primera zona de estudio del chasis que está en el mercado por medio de sombras de velocidades.....	83
57	Resultados de la fuerza de fricción del chasis en el mercado.....	83
58	Molde monocasco de acero para cuadro de bicicleta en fibra de carbono.....	85
59	Adherencia de los cortes de FC en el molde monocasco.....	86
60	Cuadros de bicicletas de ruta en fibra de Carbono.....	86
61	Hembra Nro1 del molde monocasco para el chasis de FC.....	87
62	Diseño en SolidWorks de Hembra Nro1 del molde monocasco para el chasis de FC.....	88
63		
64	Diseño en SolidWorks de Hembra Nro1 con Guías para ensamblar.....	89

65	Diseño en SolidWorks de Hembra Nro1 del molde monocasco para el chasis de FC.....	90
66	Conexión de aire presurizado en el macho.....	91
67	Molde montado en la prensa de la fábrica de bicicletas LOOK...	91
68	Plano 2D de macho vista lateral.....	92
69	Plano 2D de macho vista frente.....	92
70	Plano 2D de Herma2 vista lateral.....	93
71	Plano 2D de Herma2 vista frente.....	93
72	Plano 2D de Herma1 vista frente.....	94
73	Plano 2D de Herma1 vista planta.....	94
74	Vista final de molde monocasco armado.....	95
75	Vista explosionada del sistema de molde monocasco.....	95
76	Vista de la curvatura en forma de avión ADIFO.....	96
77	Diseño de la manga termoestable.....	97
78	Acercamiento de la vista isométrica de la manga.....	98
79	Dimensiones propuestas para la manga.....	98

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA</b>	<b>Pág.</b>
1 Datos adquiridos en test.....	58



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PAÉZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN MOLDE PARA CHASIS DE PATINES DE  
CARRERAS EN FIBRA DE CARBONO**

**Autores:** De La Hoz C.

**Tutor:** Ing. Donato Romanello

**Fecha:** Octubre 2020.

**RESUMEN INFORMATIVO**

El presente trabajo de grado tuvo como objetivo diseñar y simular el molde para un chasis de fibra de carbono de patinaje de carreras, con este molde se busca crear un diseño de chasis que se adapte a las necesidades de los atletas de alto rendimiento en el mundo del patinaje de velocidad. Buscando mejorar las propiedades mecánicas así como mejorar su comportamiento al estar sometidos a esfuerzos simulados por computadoras y a su vez analizando sus propiedades aerodinámicas. Estos esfuerzos serán esfuerzos semejantes a los que este chasis experimentaría en el mundo físico a su vez las propiedades de aerodinámica serán estudiadas por medio de simuladores CFD (computational fluid dynamics por sus siglas en inglés. Por otro lado, el proceso de análisis de esfuerzos se realizará por medio de software computarizado como SolidWorks. Con esta investigación se busca obtener un chasis que mejore las capacidades competitivas de los atletas en la rama de velocidad y fondo, haciéndolo mucho más ligero ayudando a no desgastar tanta energía en su manejo y a su vez dando ventajas al momento de enfrentar corrientes de vientos ya que se busca que tenga menos resistencia al viento que los chasis convencionales.

**Palabras claves:** Fibra de Carbono, patinaje de carrera, aerodinámica y Esfuerzos

## INTRODUCCIÓN

Desde la invención de los patines en 1760 por Jean Joseph Merlin, los patines han venido evolucionando de una manera muy rápida, esta evolución se ha acelerado más desde el año 1900 donde la población practicante de este deporte se organizó para empezar a realizar competencia en distintas zonas del mundo. Este cambio hizo que se dieran constantes cambios que permitieron mejorar el rendimiento de los patines a tal punto de lograr hoy día velocidades de hasta 110km/h, este rendimiento se pudo lograr mejorando cualidades en dichos patines como: su ligereza, agrandamiento de las ruedas y por último en las últimas décadas su aerodinámica, parámetro que a sido estudiado desde hace años solo por la industria aeronáutica y aeroespacial. Hoy día existen muchos tiempos de patines ya sean para hacer grandes saltos como los competidores de patinaje agresivo, para realizar piruetas artísticas como los utilizados en el patinaje artístico o para desarrollar grandes velocidades como los que estaremos estudiando a continuación.

El patinaje de velocidad es un deporte considerado extremo ya que suelen suceder diversos accidentes en los cuales los atletas practicantes de este deporte salen con ciertas lesiones, estos accidentes se deben muchas veces a las altas velocidades que se logran alcanzar con sus patines. Dichos patines especialmente creados para lograr desarrollar altas velocidades y así poder recorrer grandes distancias cada vez en menos tiempo. En el patinaje de velocidad sin existe sin embargo la necesidad de desarrollar más velocidad de la que ya se a alcanzado, para esto se necesita más ligereza y más aerodinámica, debido a estos se realizan diversas mejoras tanto en botas, ruedas, rolineras y chasis, este último será en lo que concentraremos este proyecto.

La presente investigación tiene como meta diseñar y simular un molde para chasis de patines de carreras en fibra de carbono, todo esto bajo las regulaciones impuestas por la federación internacional de patinaje (FIRS - Fédération Internationale de Patinage a Roulettes) y el organismo actual reconocido por el COI (Comité Olímpico

Internacional) para los deportes sobre ruedas World-Skates. Todas estas regulaciones están vigentes al presente año 2020, cumpliendo así los términos más recientes y logrando que el presente chasis en caso de ser realizado en físico real, pueda participar sin problemas en cualquiera de estos eventos nacionales e internacionales. Para realizar este estudio, se contó con el empleo de herramientas y software computacionales de diseño asistido SolidWorks (CAD) y técnicas de aproximación numérica CFD (computational fluid dynamics por sus siglas en inglés) softwares de simulación, con el fin de proveer una alternativa, eficiente, eficaz y más económica para realizar este estudio. Este trabajo de grado se desglosa en cuatro capítulos con los cuales se buscó ser lo más preciso, conciso y lógico:

En el **Capítulo I**, se presenta todo lo que es el planteamiento del problema, la formulación del problema, los objetivos de la investigación, la justificación de la investigación, así como su alcance y limitación.

En el **Capítulo II**, se presentan la fundamentación teórica de este proyecto de investigación y los antecedentes de la misma, con el fin de proveer las bases necesarias en donde se construirá este proyecto.

En el **Capítulo III**, se establece la metodología que será empleada para lograr los objetivos establecidos previamente en el capítulo I.

Y en el **Capítulo IV** se muestran los resultados obtenidos en la investigación

# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1 Planteamiento del problema**

En el mundo deportivo la ingeniería así como las distintas ciencias han influido mucho en el alto rendimiento. Año tras años los atletas han podido romper récords mundiales y olímpicos gracias a los avances tecnológicos que se han venido presentando en el mundo científico sobre todo desde el siglo XX, con estos avances tecnológicos cada vez los científicos e ingenieros han tenido que usar todo su conocimiento para poder ofrecer mayor comodidad y rendimiento.

En el mundo deportivo de las pruebas contra reloj lo que domina en términos de ingenieros son los materiales más ligeros y que ofrecen mayor resistencias, así como su aerodinámica a la hora de enfrentarse a diversos fluidos, sean agua o viento.

Entre los materiales que predominaban en el mundo del deporte por muchos años, el más usado fue el acero pero en el siglo XX salió a relucir un nuevo material que ha venido revolucionando el mundo de las altas velocidades, se trata de la fibra de carbono, un material que no solamente influyó en el mundo de las carreras deportivas, sino que, es muy atractivo para el mundo de la aeronáutica y la automoción, solucionando el problema del peso y de la resistencia en muchos artefactos de última tecnología haciéndola ideal para el deporte de alto rendimiento como Formula1, ciclismo, atletismo entre otros. Además en las últimas décadas ha influenciado mucho en el mundo de patinaje de Velocidad.

En el mundo del patinaje ya la fibra de carbono ha venido usándose en las botas desde hace décadas, pero solo desde el 2012 algunas empresas como EO SKATES y POWERSLIDES han empezado a utilizar la fibra de carbono en los chasis de estos patines, esto dio buenos resultados dudosos a largo plazo, ya que los chasis Vendidos en Venezuela por la empresas INVERSIONES ALLMARKET sufrieron facturas y grietas en distintas zonas. Con esto dejando abierta la problemática de los chasis de fibra de carbonos para patines, de poder resolver este problema, dichos chasis en fibra

de carbono lograran obtener mejor rendimiento que los chasis convencionales hechos de aluminio eh aluminio con magnesio y a su vez logrando ser tan ligeros como las piezas de plásticos.

## **1.2 Formulación del problema**

¿Cómo se puede predecir el comportamiento del chasis de los patines, en lo que respecta a su resistencia, ligereza y aerodinámica?

## **1.3 Objetivos de la investigación**

### **1.3.1 Objetivo General**

Diseñar y simular un molde para chasis de patines en fibra de carbono

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

1. Diseñar un molde con todas las dimensiones adecuadas y características para poder trabajar fácilmente la fibra de carbono
2. Realizar el modelado computarizados para tener un diseño aerodinámico buscando mejorar su rendimiento
3. Diseñar y establecer el comportamiento del chasis al estar sometidos a esfuerzos combinados y fatiga
4. Simular el proceso aerodinámico por medio del uso de la herramienta CFD SOLIDWORKS.
5. Determinar los métodos de protección de acuerdo a la simulación.

## **1.4 Justificación de la investigación**

Con los avances tecnológicos que se han venido dando en este siglo XXI le es más fácil a los científicos de ingenieros fabricar mejores implementos deportivos para así maximizar el rendimiento de los atletas élites, haciendo posible establecer nuevos récords mundiales y olímpicos y en las diferentes disciplinas deportivas. El patinaje de Velocidad por otro lado no pasa por alto este efecto, ya que en cada año se ha podido romper los récords del mundo y esto se debe en cierta forma a que la tecnología aplicada en las botas, ruedas, chasis y rolineras es cada vez más complejas.

Ahora, si bien existen muchos métodos para mejorar el rendimiento en los patinadores, el problema de hacer que los chasis sean más ligeros, resistentes y aerodinámicos aun es un problemas que existen entre la mayoría de las empresas de patines a nivel mundial, son muy pocas las empresa que han logrado superar la problemática de un chasis más ligero y fuerte, capaz de superar las condiciones extremas a las que son expuestos en entrenamientos y competencia años consecutivos sin fracturarse o presentar alguna grieta.

En la actualidad, por otro lado las empresas que si han logrado diseñar chasis capaces de superar las condiciones extremas, son las empresas que hoy día están dominando el mercado a nivel mundial, ya que los atletas prefieren sus productos debido a que con estos chasis de última generación se les es más fácil superar sus propias marcas personales. Al momento de romper sus marcas personales esto les trae al atleta como a la empresa grandes beneficios económicos y adquisitivos. Esto haciendo que las empresas que no han podido desarrollar chasis de fibra de carbono queden obsoletas debido a que sus productos no pueden ayudar a subir el rendimiento de los atletas de elites.

A pesar de que varias empresas han logrado dominar esta técnica de fabricación de chasis de fibra de carbono, no toda la producción salen efectivos, ya que varios de los chasis vendidos por la empresa INVERSIONES ALL MARKET han salidos con defecto, estos muestra dice que aunque ya tienen un gran avance en este tema aún hay cabos sueltos que no ayudan a maximizar la calidad de la producción para así tener un rango menor de producción con defectos de fabrica

### **1.5 Alcance**

Este proyecto de Diseño tiene como objetivo estudiar y predecir los comportamientos de las propiedades mecánicas de los chasis de fibra de carbono que se están utilizando en la actualidad en aproximadamente 84 países en el mundo, para así poder ofrecer un una variedad de soluciones a los problemas de agrietamiento y fractura en los chasis de fibra de carbono, con la finalidad de poder llegar a un diseño

que pueda garantizar una vida más útil y duradera que la que hoy día han logrado llevar, así como también buscaremos mejorar sus propiedades aerodinámicas.

### **1.6 Limitaciones**

Entre las limitaciones de este proyecto está que las simulaciones de los procesos serán solamente computarizadas por medio de programas como solidworks, y no un análisis físico experimental.

Esto también dando como limitación el no saber el rendimiento que tendrá a la hora de utilizarse en carrera ya que no podremos ponerlo a prueba con patinadores de distintos pesos y tamaños, así como distintas técnicas de patinar.

También se tomara en cuenta que los comportamientos aerodinámicos serán plenamente realizados por simuladores computarizados, debido a que se cuenta con túneles de viento a disposición.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes

El análisis del presente trabajo de grado tiene como antecedentes, trabajos anteriores de los cuales brindan apoyo para proyectar y profundizar todos los conocimientos necesarios para la elaboración de un molde para un chasis de patines de velocidad en fibra de carbono

##### 2.1.1 Antecedente Internacional

Silva, P (2016), egresada de la Universidad San Francisco de Quito desarrollo una investigación titulada: **Refuerzo Estructural con Fibra de Carbono**. Quito-Ecuador, para optar al título de ingeniero mecánico. La presente investigación tuvo como propósito evaluar es comparar la resistencia teórica a tracción calculada con ensayos experimentales de probetas de acero reforzado con fibras de carbono, para establecer los efectos de la misma y determinar con precisión si se consigue o no una mejora en la resistencia de este elemento estructural. Pedro Silva: Plantea que “con este sistema compuesto, se obtienen resultados muchos más efectivos que con el hormigón, se logran mejoras debido a la resistencia, pues la resistencia del hormigón a tracción es mucho menor que el de la resina, por lo que cuando este ya se encuentra en etapas de fisura miento, la fibras de carbono empiezan a trabajar sin desprenderse”.

Silva también concluyo que, los diseños y las aplicaciones de materiales compuestos deben ser realizados por especialistas con importante experiencia en el área para obtener mejores resultados, observo que los resultados a tracción evaluados, demuestran que a tracción la fibra de carbono es considerablemente más resistente y liviano que el acero, determino que la fibra de carbono tiene un mejor comportamiento al estar expuesta a la intemperie que el mismo acero y que es fundamental mantener la superficie del acero de contacto libre de impurezas para

logar la mayor adherencia posible con la fibra de carbono. El estudio se realiza bajo los lineamientos de una investigación descriptiva y explicativa de campo.

Este trabajo de grado es de gran importante para nuestra investigación, debido a que nos ayudar a reforzar nuestros cálculos a la hora de analizar la resistencia, flexibilidad y dureza de la fibra de carbono, dándonos una aproximación muy optima del material, esto es bueno saberlo debido a que este material será con el que trabajara nuestro molden al momento de estar listo.

Así mismo Fonseca, A (2018), egresado de la Universidad Técnica De Ambato. Ambato-Ecuador, elaboro un proyecto de tesis titulado: **“Diseño y construcción de un molde de inyección para el soporte unión entre el casco y la carcasa de la orejera para la empresa Halley Corporación”**. Para optar al título de ingeniero mecánico, este proyecto consiste en realizar el mecanizado tanto manual como en maquinaria CNC de la mayoría de las partes de un molde para después realizar el montaje de estas piezas y proceder a realizar las pruebas necesarias en la maquina inyectora de la empresa Halley Corporación, demostrando que lo realizado tuvo éxito en base a toma de decisiones y selección de parámetros tanto de diseño como geométricos. Al final del proyecto Fonseca Antonio concluyo que: Gracias a los avances de la tecnología CAD fue mucho más sencillo alcanzar los parámetros geométricos en dicho molden, logrando un excelente acabado de las piezas hechas, también concluyo que debido a las dos cavidades que colocaron en el molde, fue más fácil la inyección del polímero ayudando en gran manera el acabado de las piezas a realizar, también observo que utilizando la tecnología CAD se ahorra mucho del presupuesto económico y también era más fácil seleccionar los materiales a utilizar en dicho proyecto. El estudio se realiza bajo los lineamientos de una investigación descriptiva y explicativa de campo.

Este proyecto nos ayuda en gran manera a nuestro trabajo de grado ya que nos da una guía muy clara de cómo realizar el diseño de nuestro molde para un chasis de fibra de carbono, dando grandes aportaciones también en los términos de diseño y elección de materiales.

### **2.1.2 Antecedente Nacional**

Abruscato Z. Antonio J (2019), egresado de la Universidad José Antonio Páez, elaboro una investigación para su trabajo de grado titulada: **diseño aerodinámico del alerón delantero de un monoplaza de fórmula 1 bajo las condiciones del autódromo nazionale di monza mediante el uso de técnicas de aproximación numérica cfd**. San Diego - Venezuela. Para optar al título de Ingeniero mecánico Esta investigación consiste en el diseño del alerón delantero de un monoplaza de fórmula 1 mediante el estudio del comportamiento de su campo de flujo y su influencia bajo las condiciones del Autodromo Nazionale di Monza utilizando técnicas de aproximación numérica CFD (computational fluid dynamics por sus siglas en inglés). Antonio Abruscato con la utilización de softwares de diseño y análisis SimScale Workbench, Autodesk Flow Design y SolidWorks logro determinar la curva y el valor de la carga descendente necesaria para igualar el mejor tiempo registrado de la categoría Fórmula 1 en dicho autódromo. Siendo el valor de carga necesario de  $12.501,9004\text{ N}$  a una velocidad de trazado de  $185\text{ km/h}$ , equivalentes a  $51,38\text{ m/s}$ ; el alerón delantero diseñado genera una fuerza descendente  $6,6615\%$  inferior a la anteriormente referida, siendo su valor de  $11.669,082\text{ N}$ , por lo que se considera un diseño de buen rendimiento para el punto crítico estudiado debido a la mínima diferencia en las magnitudes determinadas.

Este trabajo de grado esta relacionado con el nuestro debido que el en mundo del patinaje de velocidad se manejan velocidades hasta de  $110\text{km/h}$  y es necesario tener un diseño del chasis que sea además de fuerte y resistente, debe poseer cualidades aerodinámicas para que el chasis pueda dar un buen rendimiento en el mundo del patinaje profesional

## **2.2 Bases Teórica**

### **2.2.1 Aspectos fundamentales en la construcción de moldes**

Los aspectos fundamentales previos a considerar en el diseño de un molde son normalmente requerimientos estéticos, económicos y de formas del producto que

intentamos fabricar en masa. Normalmente se empieza de una descripción o especificación del mismo, dada por el diseñador o empresa que o desea, con esto podemos deducir: el método de producción seleccionado, tamaño complejidad de la pieza, Coste del producto (Cantidad de piezas a producir) y requerimiento del acabado superficial.

### **2.2.2 Investigaciones Previa**

Desde los años 60 desde que Iván Sutherland inventa en el laboratorio Lincoln del (MIT) el primer sistema grafico CAD llamado "Sketchpad" y por otro lado El Dr. Patrick Hanratty concebía en 1957 el primer software CAM llamado "PRONTO" por eso el Dr. Hanratty ha sido muchas veces llamado el padre del CAD/CAM, gracias a estos hombres los diseños y fabricación de moldes en el mundo fueron revolucionados en gran manera. Estos sistemas serán los más adecuados para diseñar el molden que queremos hacer, todo por medio de os sistemas CAD/CAM

### **2.2.3 Sistemas CAD/CAM.**

Las siglas de ambos sistemas provienen de su denominación en inglés. Para diseñar usaremos el C.A.D. (Computer Aided Design) en español (Diseño asistido por ordenador), mientras que para la fabricación se emplea el C.A.M. (Computer Aided Manufacturing) en español (Fabricación asistida por ordenador).

El diseño y fabricación con ayuda de computador, comúnmente llamado CAD/CAM, es una tecnología que podría descomponerse en numerosas disciplinas pero que normalmente, abarca el diseño gráfico, el manejo de bases de datos para el diseño y la fabricación, control numérico de máquinas herramientas, robótica y visión computarizadas, las CAD Y CAM son dos disciplinas se han ido mezclando gradualmente hasta conseguir una tecnología suma de las dos, de tal forma que los sistemas CAD/CAM son considerados, hoy día, como una disciplina única identificable.

#### **2.2.4 Fibra de Carbono**

La fibra de carbono es un material de alta resistencia, durabilidad y flexible. Se comercializa en forma de fieltros y de telas. Entre sus principales características están la resistencia, un aspecto bastante elegante y su peso ligero. Es un polímero que se obtiene a partir de otro llamado poliacrilonitrilo, consiste en hebras muy finas de carbono, las cuales se tuercen y agrupan para formar un hilo con varias hebras, al colocarse sobre un molde se le vierte una resina o plástico a fin de pegar estos hilos tejidos y darles forma en sus diversas aplicaciones.

La podemos ver en el diseño y la industria de aviones, automóviles, naves espaciales, carreras, etc. En el caso concreto de la construcción de automóviles, se utilizan la práctica totalidad de los componentes de acero, pero cuando se usa la fibra de carbón, se reduce casi a la mitad el peso.

Se utiliza a fin de reforzar materiales como plásticos reforzados o en la filtración de gases a elevadas temperaturas. Este material lo componen principalmente átomos de carbono, constituyéndose entre sí en cristales alineados con el propio eje longitudinal de la fibra que le da esa alta resistencia tan característica.

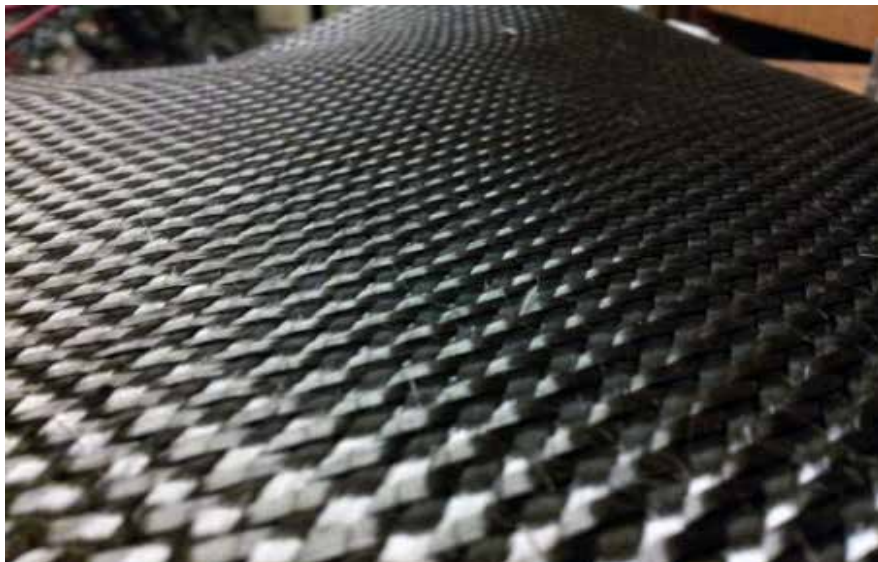
En cuanto a su fortaleza puede llegar a ser cinco veces más fuerte que el acero, pero con la misma resistencia e incluso más ligero que el mismo aluminio siendo así en la construcción de un coches muy beneficioso.

Este material hace al vehículo mucho más ligero, reduciéndose el consumo de combustible y minimizando de igual manera los gases de efecto invernadero, estos aspectos son positivos no solo para los propios consumidores sino también para el medio ambiente que es algo muy importante.

Pese a que la fibra de carbono no es un material que pueda ser fácilmente reciclable, ya hay estudios donde proponen su posible reciclaje con técnicas

novedosas. También es bastante duradero. La fibra es altamente resistente a la corrosión, a la humedad, a la formación de metal-carburos y de resistencia al calor. Por su baja expansión térmica, es posible que adopte muchas formas, contando con una enorme absorción de energía. En el 2018 estudio dirigido por la Universidad de Tecnología de Chalmer, ha demostrado que las fibras de carbono pueden funcionar como electrodos de baterías, almacenando energía directamente en el mismo vehículo. Esto significa que la fibra de carbono se convierte en parte del sistema de energía, lo que podría implicar una solución al problema del peso de las baterías en coches y aviones del futuro.

El aspecto de la fibra de carbono se le considera elegante y cuenta con una textura de tejido que suele dar la impresión de lujo por ese color negro brillante con el que cuenta. Uno de los materiales que es importante en el presente y en el futuro próximo aumentará su presencia (Ver Figura 1).



**Figura 1.** Fibra de Carbono

Fuente: <https://carbosystem.com/fibra-de-carbono-2/>

### 2.2.5 Propiedades Mecánicas

Los materiales tienen diferentes propiedades mecánicas, las cuales están relacionadas con las fuerzas exteriores que se ejercen sobre ellos. Las propiedades mecánicas de los materiales son: Elasticidad, plasticidad, maleabilidad, ductilidad, dureza, tenacidad y fragilidad.

**Elasticidad:** Cualidad que presenta un material para recuperar su forma original al cesar el esfuerzo que lo deformó. Por ejemplo, un globo.

**Plasticidad:** Cualidad opuesta a la elasticidad. Indica la capacidad que tiene un material de mantener la forma que adquiere al estar sometido a un esfuerzo que lo deformó. Por ejemplo, un envase de plástico.

**Maleabilidad:** Se refiere a la capacidad de un material para ser conformado en láminas delgadas sin romperse. Ejemplo, aluminio.

**Ductilidad:** Los materiales dúctiles son aquellos que pueden ser estirados y conformados en hilos finos o alambre. Por ejemplo, el cobre.

**Dureza:** Resistencia que opone un cuerpo a ser penetrado por otro. Esta propiedad nos informa sobre la resistencia al desgaste contra los agentes abrasivos. Ejemplo, diamantes.

**Tenacidad:** Resistencia a la rotura de un material cuando está sometido a esfuerzos lentos de deformación. Ejemplo, acero.

**Fragilidad:** Es el opuesto de la tenacidad, es la facilidad con la que se rompe un material sin que se produzca deformación elástica. Por ejemplo, el vidrio

## **2.2.6 Propiedades de las tensiones y esfuerzos que interactúan en una pieza**

Las tensiones que se puedan originar en un cuerpo cualquiera pueden ser Compresión, Tracción o Corte, todo dependiendo de la posición y dirección de la carga que lo produce. Una tensión puede producir tres de estos estados ya mencionados a la vez, así como también puede producir solo dos o un. Adicional a esto hay otras propiedades de las cuales hablaremos un poco.

### **2.2.6.1 Compresión**

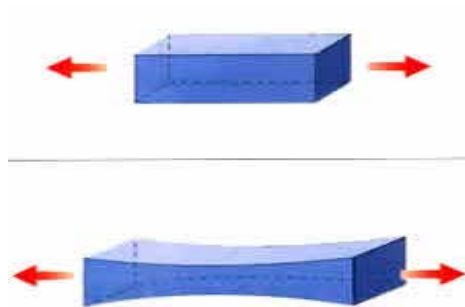
El esfuerzo o tensión a compresión es representada en ecuaciones

La ecuación general que se utiliza para hacer este esfuerzo está representada por:

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

### 2.2.6.2 Tracción

Cuando estiramos un cuerpo, aplicamos dos fuerzas de igual magnitud, igual dirección y con sentidos opuestos, se podría decir que estamos traccionando ese objeto. Esto es lo que conocemos como esfuerzo a tracción (Ver Figura 3).



**Figura 3.** Representación de Esfuerzo a tensión.

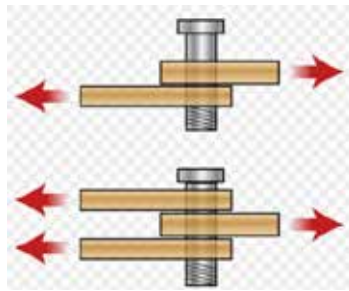
**Fuente:** <https://post.geoxnet.com/geologia-estructural/>

. Este esfuerzo también se representado por la letra sigma  $\sigma$  y se calcula de la misma forma en la que calculamos el esfuerzo a compresión.

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

### 2.2.6.3 Corte

Conocemos como esfuerzo cortante al esfuerzo que resulta de aplicar dos fuerzas paralelamente a una superficie y en sentido contrario. De esta forma se puede dividir a un objeto en dos partes, haciendo que las secciones deslicen una sobre otra (Ver Figura 4).



**Figura 4.** Representación de Esfuerzo Cortante.

Fuente: <https://www.freepng.es/png-9h225p/>

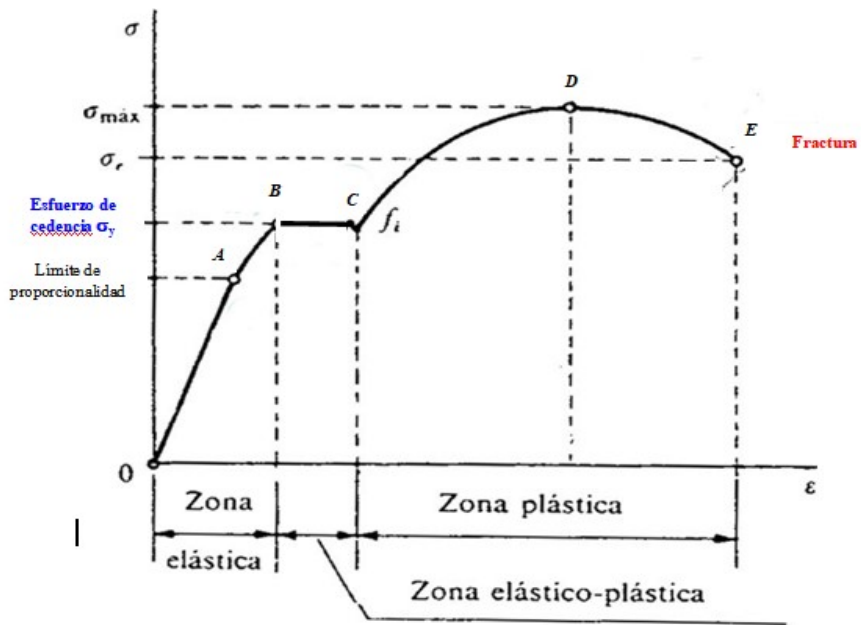
### 2.2.6.4 Deformación Unitaria

la deformación total y la longitud inicial del elemento, la cual permitirá determinar la deformación del elemento sometido a esfuerzo de tensión o compresión axial. Esta viene dada por la ecuación.

$$D_u = \frac{L_f - L_o}{L_o} = \frac{\delta}{L_o}$$

### 2.2.6.5 Esfuerzo de fluencia

Este esfuerzo está representado por ( $S_y$ ), este es el que indicación del esfuerzo máximo que se puede desarrollar en un material sin causar una deformación plástica. Es el esfuerzo en el que un material exhibe una deformación permanente especificada y es una aproximación práctica de límite elástico. El límite elástico convencional está determinado a partir de un diagrama carga-deformación (Ver Figura 5).



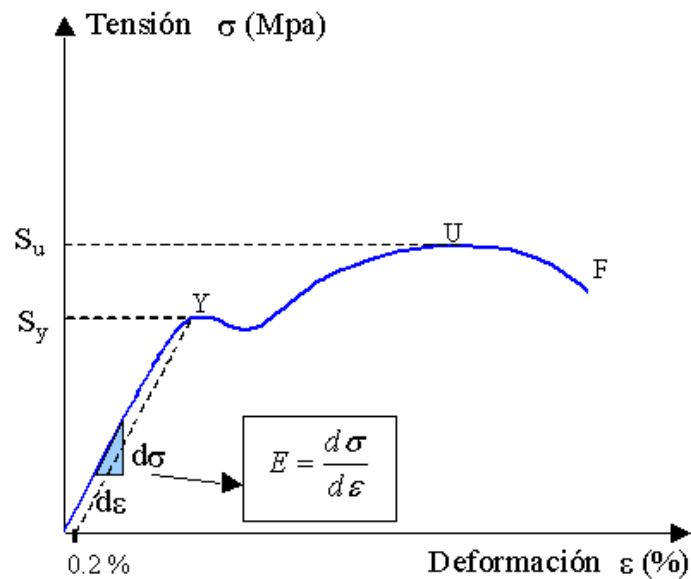
**Figura 5.** Diagrama carga-deformación

Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Fluencia>

### 2.2.6.6 Módulo Elástico a tracción

El módulo de elasticidad es una constante elástica que, al igual que el límite elástico, puede encontrarse empíricamente mediante ensayo de tracción del material. Además de este módulo de elasticidad longitudinal, puede definirse el módulo de elasticidad transversal de un material.

Si graficamos  $\sigma$  vs  $\epsilon$ , podemos observar algunas propiedades de los materiales ferrosos como resistencia a la fluencia  $\sigma_y$ , resistencia a la tracción o esfuerzo último,  $\sigma_u$ , módulo de elasticidad,  $E$ , entre otras (Ver Figura 6).



**Figura 6.** Gráfica tensión-deformación (s-e)

Fuente: [http://www.mecapedia.uji.es/modulo\\_de\\_elasticidad.htm](http://www.mecapedia.uji.es/modulo_de_elasticidad.htm)

### 2.2.6.7 Fatiga

En ingeniería y, en especial, en ciencia de los materiales, se llama fatiga de materiales a un fenómeno que ocurre por el cual la rotura de los materiales bajo cargas dinámicas y cíclicas se produce más fácilmente que con cargas estáticas. Es un proceso de daño que se produce en los elementos mecánicos cuando se someten a cargas variables, incluso aunque estas sean varias veces inferiores a las que producirían la rotura ante una carga constante. Puede definirse como un proceso de cambio estructural permanente, progresivo y localizado que se produce en algún punto del material sujeto a condiciones que producen tensiones y deformaciones fluctuantes y que puede terminar en la aparición de grietas y la fractura completa después de un número suficiente de fluctuaciones.

Ejemplos de fallos por fatiga se pueden encontrar en multitud de sistemas mecánicos. Desde los ferrocarriles hasta los aviones, pasando por los automóviles, barcos o muy diversos tipos de máquinas empleadas en la industria o la agricultura. En los últimos años son también frecuentes los fallos por fatiga en equipos electrónicos sometidos a

variaciones de temperatura durante su funcionamiento. Los ciclos térmicos generan tensiones variables en los materiales, que producen un daño progresivo.

Una característica de los fallos por fatiga es su espontaneidad, ya que normalmente se producen de forma repentina sin dar tiempo para tomar medidas que lo eviten, con las consecuencias catastróficas que puede tener en muchos casos. Una idea de la importancia del fenómeno nos la da el hecho de que aproximadamente tres de cada cuatro fallos mecánicos producidos en las máquinas y vehículos de distinto tipo son debidos a la fatiga (Ver Figura 7).



**Figura 7.** Cigüeñal Fracturado Consecuencia de la Fatiga

**Fuente:** <http://elementosi.blogspot.com/2013/06/ciguenal-fracturado-consecuencia-de-la.html>

### **2.2.7 Aspectos fundamentales del patinaje de Velocidad**

Uno de los primeros modelos de patines en línea fue diseñado por John Joseph Merlín quien era un ingeniero Mecánico e inventor belga de origen escocés, a mediados del siglo XIX. La primera patente en los Estados Unidos se concedió a Ernest Kahlert en julio de 1953, y los primeros patines en línea los comercializó en Estados Unidos la empresa Rollerblade en 1987. Casi una década después nace oficialmente el patinaje de velocidad sobre ruedas a nivel competitivo, una modalidad de carrera de patinaje que se realiza con patines en línea. Los competidores deben

realizar vueltas a una pista ovalada con el objetivo de llegar a la una meta en el menor tiempo posible (Ver Figura 8).



**Figura 8.** Evolución de los patines de (1876 a 1999)

**Fuente:** [https://twitter.com/planet\\_roller/status/1034938908398772231?lang=da](https://twitter.com/planet_roller/status/1034938908398772231?lang=da)

El patinaje es un deporte que demanda una alta preparación física y mental; por lo tanto un deporte aeróbico ya que requiere de un ritmos constantes de oxígeno, al igual que se requiere una alta demanda anaeróbica, por la necesidad de explosión en un momento dado en las pruebas de poca distancia. En el patinaje se combina fuerza, habilidad y resistencia, planeando estrategias que lleven a los atletas cruzar la línea de meta en el primer lugar.

El organismo rector del patinaje de velocidad sobre patines en línea es la World Skate, donde existe su propio comité y presidente que gestiona la modalidad

de patinaje siendo denominado Comité Internacional de Patinaje de Velocidad (CIC). La competición internacional más prestigiosa de este deporte es el Campeonato del Mundo de Patinaje de velocidad sobre patines en línea, organizada cada año por dicho y los World Roller Games que se realizan cada dos años. El primer campeón oficial fue los Estados Unidos en Roma 1992 y el actual campeón es Colombia. Ambos países son los que más títulos han ganado, con 9 para Estados Unidos y 15 para Colombia, luego de coronarse campeón de la última versión del campeonato 2019 realizado en Barcelona España. A partir del 2017 y cada dos años, el mundial de patinaje de velocidad se disputa en el marco de los llamados World Skate (Juegos Mundiales de Patinaje), donde se integra la competencia del patinaje de velocidad con otras competencias de patinaje (Ver Figura 9).



**Figura 9.** Mundial de patinaje Italia 2012

**Fuente:** De La Hoz (2012)

### **2.2.8. World Skate**

Es el organismo organizativo actual reconocido por el COI (Comité Olímpico Internacional) para los deportes sobre ruedas , que incluyen patineta , hockey sobre patines , hockey en línea , patinaje de velocidad en línea, alpino en línea, descenso, derby de ruedas, estilo libre sobre ruedas, estilo libre en línea, patineta de estilo libre , patinaje en línea agresivo , patinaje artístico y en patinaje artístico sobre ruedas . La organización es el resultado de la fusión de la Fédération Internationale de

Roller Sports (FIRS) y la Federación Internacional de Skateboarding (ISF) en septiembre de 2017 después de que se rechazara la participación de la ISF con los eventos de patinaje programados en los Juegos Olímpicos de Japón 2020 (Ver Figura 10).



**Figura 10.** Logo de la World Skate

**Fuente:** <http://www.worldskate.org/>

### **2.2.9. Definición de fluido**

Un fluido es como se considera uno de los estados de la materia, esta se convierte una sustancia capaz de fluir, que se adapta a la forma de los recipientes que los contienen. Fluir significa desplazarse y deformarse a la vez. Por ello el término de fluido incluye a todos los líquidos y gases.

#### **2.2.9.1 Propiedades de un fluido**

Entre las propiedades de un fluido se encuentran su densidad, viscosidad, presión del fluido y el número de Reynolds de los cuales explicaremos a continuación.

### 2.2.9.2. Densidad

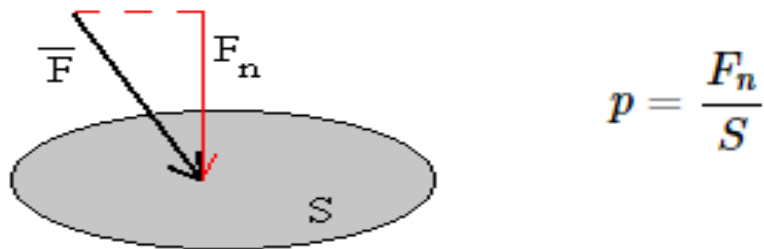
La densidad se suele representar con la letra “rho” del alfabeto griego ( $\rho$ ), depende los factores, como la temperatura y la presión a la que se encuentra sometido el fluido. Para un líquido la densidad varía muy poco dentro de los márgenes de presión y la temperatura mientras que la densidad de un gas sí es muy sensible a los cambios en la temperatura y la presión. Su ecuación fundamental está representada como:

$$\rho = \frac{dm}{dV}$$

Siendo: ( $\rho$ ) la densidad, ( $m$ ) la masa y ( $V$ ) el volumen de la sustancia.

### 2.2.9.3. Presión de los fluidos

Se define presión como el cociente entre la componente normal de la fuerza sobre una superficie y el área de dicha superficie. La forma en que una fuerza actúa sobre un fluido y sobre un sólido es distinta. Para un sólido no existen restricciones sobre la dirección de la fuerza, mientras que para un fluido en reposo la fuerza de superficie siempre estará dirigida en ángulo recto a la superficie. Los fluidos no logran resistir fuerzas tangenciales o esfuerzo cortante, lo que les da su capacidad característica de cambiar su forma y fluir. Esto es debido a que un fluido cuando está en reposo no puede soportar una fuerza tangencial, de aplicarse una fuerza tangencial sobre este, esto simplemente hace que las capas fluidas se deslicen unas sobre otras, realizando así un movimiento de fluido haciendo que este alcance un equilibrio. La presión es una cantidad escalar. La unidad del SI (Sistema Internacional) de presión es Pascal, esta unidad se denomina así en honor al científico francés Blas Pascal, otras unidades son el bar (1 bar = 103 Pa), la atmósfera (1 atm = 14.7 lb/plg<sup>2</sup> = 1.01 x 103 Pa) también se encuentra la unidad de milímetro de mercurio o Torr (760 mm Hg = 760 Torr = 1 atm), esta última unidad fue denominada así en honor al matemático italiano Evangelista Torricelli (Ver Figura 11).



**Figura 11.** Fuerza sobre una superficie y el área

**Fuente:** <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica3/fluidos/24cuación/24cuación.html>

Siendo: (p) la presión del aire, ( $F_n$ ) la componente normal de la fuerza y (S) el área de dicha superficie.

#### 2.2.9.4. Viscosidad

La viscosidad de un fluido es aquella propiedad que determina la resistencia opuesta a las fuerzas cortantes. La viscosidad se debe principalmente a las interacciones entre las moléculas del fluido. El físico y matemático inglés Sir Isaac Newton, encontró esta evidencia experimental, así como el análisis dimensional de las variables que intervienen y propuso la célebre ley de viscosidad newtoniana que se expresa de la siguiente manera:

$$\tau = \mu \frac{dv}{dy}$$

Esta establece que la fuerza por unidad de área es proporcional a la disminución de la velocidad (v) con la distancia (y). Donde la constante de proporcionalidad  $\mu$  se denomina viscosidad del fluido, este factor recibe el nombre de viscosidad dinámica, o también viscosidad cortante y sus unidades en el SI son (N.s

Sir George Gabriel Stokes.

### 2.2.9.5 Número de Reynolds

Osborne Reynolds en 1883 estudiaba el comportamiento de las corrientes de los fluidos en las tuberías, usó tubos de diferentes tamaños y empleó diversos líquidos y fluidos, encontrando que a pequeñas velocidades la corriente era uniforme o laminar, mientras que a grandes velocidades se tornaría turbulenta. Reynolds demostró que el hecho que la corriente fuese laminar o turbulenta dependía de una relación entre la velocidad del fluido, la sección de paso del fluido, la densidad del fluido y el coeficiente de viscosidad dinámica del mismo. Esta es la relación conocida como número de Reynolds.

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu}$$

Esta relación “sustituyendo D por otra dimensión lineal”, tiene una importancia fundamental en aerodinámica, siendo así el número de Reynolds quedaría.

Siendo:  $\nu$ ) la viscosidad cinemática y (l) la consecuencia de dividir la densidad por  $\mu$

$$Re = \frac{v l}{\nu}$$

Este número es adimensional, y combina los efectos de las variables más importantes que intervienen en las fuerzas aerodinámicas. Podemos observar que para un número de Reynolds dado, la relación entre las fuerzas debidas a la densidad y las

fuerzas debidas a la viscosidad es constante. En un sistema adecuado de unidades, se tendría que la fuerza debida a la densidad quedaría así:

$$F\rho = \rho S v^2 = \rho l^2 v^2$$

Cuando la fuerza debida a la viscosidad, en dos placas cuadradas paralelas de lado L, que tuvieran una velocidad relativa V, sería:

$$F\mu = l^2 \frac{\mu V}{L} = \mu v l$$

Por lo tanto:

$$\frac{F\rho}{F\mu} = \frac{\rho v^2 l^2}{\mu V l} = \frac{\rho v^2 l}{\mu} = Re$$

Dicha relación sería constante e igual al valor del número de Reynolds dado. Una de las más importantes aplicaciones del número de Reynolds es que permite con los resultados obtenidos, deducir los resultados que podrán obtenerse con un perfil aerodinámico de baja resistencia.

#### **2.2.9.6 Ecuaciones de balance**

Las ecuaciones de Navier-Stokes reciben su nombre de Claude Louis Navier y George Gabriel Stokes. Estas ecuaciones gobiernan la atmósfera terrestre, las corrientes oceánicas y el flujo alrededor de vehículos o proyectiles y, en general, cualquier fenómeno en el que se involucren fluidos newtonianos.

Con ellas lograron deducir un juego de expresiones diferenciales con las cuales en principio es posible encontrar matemáticamente aquellas funciones que las caracterizan. Se trata de las llamadas ECUACIONES DE BALANCE y para los fluidos con un solo componente químico y en una sola fase, son las siguientes:

- **Ecuación de Balance.**
- **Ecuaciones de Balance De Momento**
- **Ecuación de Balance De Energía**

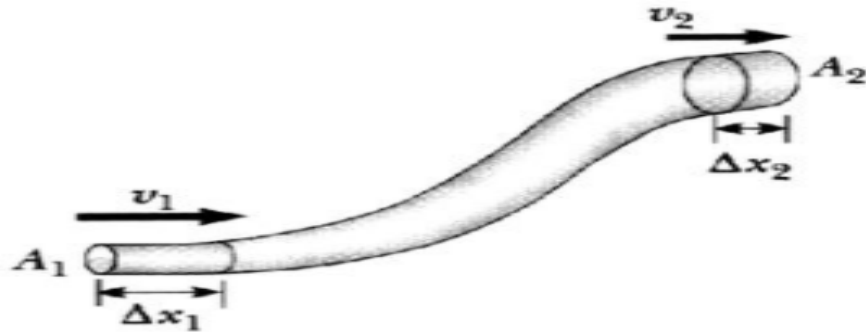
Dentro de estas ecuaciones la última ecuación no será considerada ya que no juega un papel relevante en el proyecto que buscamos realizar.

#### **Ecuación de balance de masa**

Esta ecuación nos habla acerca la conversión de la masa que es un principio fundamental en el mundo de la Ciencia. Esta ecuación reafirma que la masa no puede ser creada ni destruida, por lo que masa de un volumen de control debe conservarse siempre. Dicha ecuación se representa como:

$$\rho_1 A_1 v_1 = \rho_2 A_2 v_2$$

(Ver Figura 12).



**Figura 12.** Representación del balance de masa en un ducto

**Fuente:**

<https://slideplayer.es/slide/4032675/13/images/4/Ecuaci%C3%B3n+continuidad+La+figura+representa+un+fluido+que+fluye+en+el+interior+de+un+tubo+de+tama%C3%B1o+no+uniforme%2C+en+un+flujo+estable.jpg>

### **Ecuación de balance de momento**

Para lograr describir el movimiento de un fluido, debemos dividir el fluido en elementos infinitesimales de volumen, a los que llamaremos partículas fluidas posteriormente seguiremos el movimiento de cada una de estas partículas. Podemos darles coordenadas  $(x, y, z)$  a cada una de estas partículas de fluidas, para luego describirlas como funciones del tiempo  $(t)$  y la posición inicial de la partícula la representaremos como  $X_0, Y_0$  y  $Z_0$ . El procedimiento mostrado es el fundamento del concepto de la mecánica de la partícula y fue desarrollado por Joseph Louis Lagrange. Aunque un fluido perfecto no existe, es útil suponer su existencia para el desarrollo de algunas teorías, aunque para su aplicación práctica tengan que ser posteriormente verificadas.

La segunda Ley de Newton para un sistema de masa ( $m$ ) sometido a una fuerza neta  $F$  se expresa como:

$$\sum \vec{F} = m\vec{a} = m \frac{d\vec{V}}{dt} = \frac{d}{dt}(m\vec{V}) \quad \text{ó} \quad \sum \vec{F} = \frac{d}{dt} \int_{sist} \rho \vec{V} dv$$

Donde  $\rho dv$  es la masa de un elemento diferencial de volumen,  $dv$ , y  $\rho \vec{V} dv$  es su cantidad de movimiento. Por lo tanto, la segunda ley de Newton puede enunciarse como la suma de todas las fuerzas externas que actúan sobre un sistema es igual a la razón de cambio respecto al tiempo del momento lineal de ese sistema.

La ecuación anterior es para una masa dada de un sólido y es de uso limitado en la mecánica de fluidos, ya que la mayoría de los sistemas de flujo se analizan con el uso de volúmenes de control. El teorema del transporte de Reynolds proporciona las herramientas necesarias para pasar de la formulación de sistema a la de volumen de control.

El teorema del transporte de Reynolds puede expresarse para el momento lineal como:

$$\frac{d(m\vec{V})_{sist}}{dt} = \frac{d}{dt} \int_{VC} \rho \vec{V} dV + \int_{SC} \rho \vec{V} (\vec{V} \cdot \vec{n}) dA$$

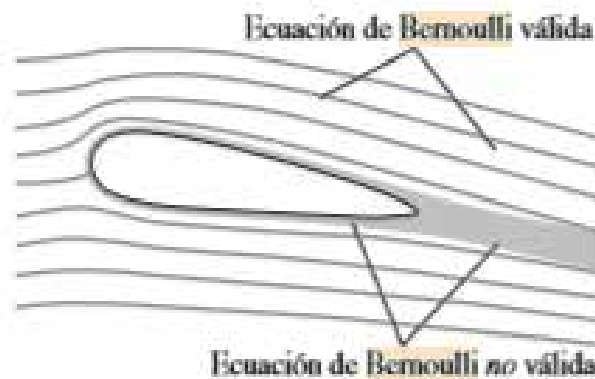
Sin embargo, por la ecuación 11, la parte izquierda de esta ecuación es igual a  $F$ . Cuando se sustituye, se obtiene que la forma general de la ecuación del momento lineal que se aplica a los volúmenes de control fijo, en movimiento o deformación, es:

$$\sum \vec{F} = \frac{d}{dt} \int_{VC} \rho \vec{V} dV + \int_{SC} \rho \vec{V} (\vec{V} \cdot \vec{n}) dA$$

Lo cual se puede enunciar como la suma de todas las fuerzas externas que actúan sobre un volumen de control, es igual a la razón del cambio respecto al tiempo del momento lineal del contenido de volumen de control en adición con el flujo neto del momento lineal hacia fuera de la superficie de control por el flujo de masa.

### 2.2.9.7. Ecuación de Bernoulli

La ecuación de Bernoulli es una relación aproximada entre la presión, la velocidad y la elevación, y es válida en regiones de flujo estacionario e incompresible en donde las fuerzas netas de fricción son despreciables (Ver Figura 13).



**Figura 13.** Representación de la validez de la ecuación de Bernoulli para flujos estacionarios e incompresibles.

**Fuente:** Cengel y Cimbala (2006)

$$\frac{p}{\rho} + \frac{v^2}{2} + gz = \text{constante}$$

Ésta es la famosa ecuación de Bernoulli, la cual es de uso común en mecánica de fluidos para el flujo estacionario e incompresible, a lo largo de una línea de corriente, en las regiones no viscosas del flujo. El valor de la constante puede evaluarse en cualquier punto de la línea de corriente donde se conozcan la presión, la

densidad y elevación. La ecuación de Bernoulli también puede escribirse entre dos puntos cualesquiera sobre la misma línea de corriente como:

$$\frac{p_1}{\rho} + \frac{v_1^2}{2} + gz_1 = \frac{p_2}{\rho} + \frac{v_2^2}{2} + gz_2$$

La ecuación de Bernoulli se obtiene a partir de la conservación de la cantidad de movimiento para una partícula de fluido que se desplaza a lo largo de una línea de corriente.

Describiendo el movimiento de una partícula en términos de su distancia ( $s$ ), a lo largo de una línea de corriente, se describe la velocidad por:

$$V = \frac{ds}{dt}$$

Tomando la velocidad  $v$  de una partícula de fluido como una función de  $s$  y  $t$  se expresa matemáticamente, de esta manera, cuando se toma la diferencial total de  $V(s, t)$  y se dividen ambos miembros entre  $dt$  da:

$$dV = \frac{\partial v}{\partial s} ds + \frac{\partial v}{\partial t} dt$$

Y

$$\frac{dv}{dt} = \frac{\partial v}{\partial s} \frac{ds}{dt} + \frac{\partial v}{\partial t}$$

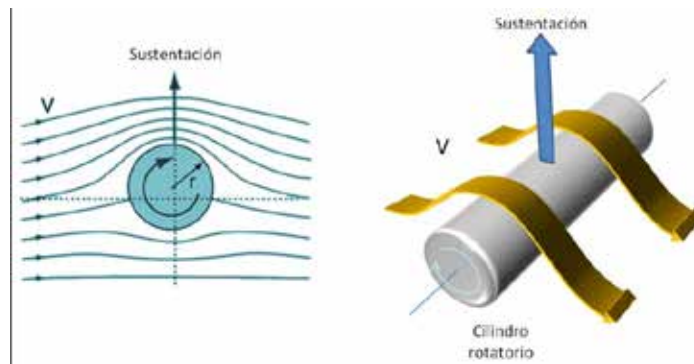
De manera análoga, cuando se usan los 2 términos de las expresiones anteriores, se puede demostrar que la ecuación de Bernoulli para el flujo no estacionario y compresible es:

$$\int \frac{dp}{\rho} + \int \frac{\partial v}{\partial t} ds + \frac{v^2}{2} + gz = \text{constante}$$

### 2.2.9.8. Ley de Kutta-Joukovsky

Este teorema relaciona la fuerza de sustentación generada por un cilindro recto con la velocidad del fluido por el cilindro, la densidad del fluido, y la circulación. La circulación es la integral de la línea del fluido, en una curva cerrada que contiene al cilindro. El teorema se refiere al flujo bidimensional alrededor de un cilindro (o un cilindro de envergadura de ala infinito) y determina la sustentación generadora por unidad de envergadura

Este es el teorema de Kutta-Joukovsky, es uno de los teoremas fundamental de la aerodinámica. Este teorema fue estudiado por el alemán Martin Wilhelm Kutta, en 1902, al aplicarlo al caso particular del cilindro con base circular, su aplicación fue extendida en 1905 por Nicolái Yegórovich Zhukoviski “transcrito también como Joukovsky”. Puede ser entendido como la cantidad total “hilado” del fluido alrededor del cilindro. En las descripciones del teorema de Kutta-Joukovsky el cilindro recto por lo general es limitado a un cilindro circular o un perfil alar (Ver Figura 14).



**Figura 14.** Representación gráfica del caso de un cilindro inmerso en un fluido que lo remonta.

**Fuente:** <https://1.bp.blogspot.com/-ZUg3wTogo/W4MPzNKm6AI/AAAAAAAAASPo/DIGjxKI9Y10njyZcBuXJDUdtm3KppwuvQCLcBGAs/s1600/Picture1.jpg>

unidad del cilindro puede ser calculada en primera aproximación usando la ecuación siguiente:

$$L = \rho v \Gamma$$

$$\Gamma = \oint v \cos \theta ds$$

Otra interpretación es la que hacen los autores del libro “fundaciones de la aerodinámica: base del diseño aerodinámico” Arnold M. Kuethe y Julius D. Schetzer que aclaran el teorema de Kutta-Joukovsky como, la fuerza por unidad de longitud que actúa sobre un cilindro recto de cualquier sección transversal tiene  $\rho V$  y dirección ortogonal a  $v$ .

Para el caso en el cual se considera una superficie sustentadora fina de cuerda  $c$  y envergadura infinita, moviéndose a través del aire de densidad  $\rho$ . Dejando el perfil alar que sea inclinado al flujo de acercamiento a producir una velocidad de aire  $v$  sobre la superficie, la circulación es:

$$\Gamma = (v + \Delta v)c - (v)c = \Delta v c$$

encontrar mediante la aplicación de la ecuación de Bernoulli:

$$\frac{\rho}{2} (v^2) + (p + \Delta p) = \frac{\rho}{2} (v + \Delta v)^2 + p$$

Desarrollando el binomio cuadrado, se tiene: Factorizando se obtiene

$$\frac{\rho}{2} (v^2) + \Delta p = \frac{\rho}{2} (v^2 + 2v\Delta v + \Delta v^2)$$

Factorizando se obtiene:

$$\Delta p = \rho v \Delta v + \frac{\rho}{2} v^2$$

Si se ignora el último término de la ecuación, resulta:

$$\Delta p = \rho v \Delta v$$

Entonces la fuerza de sustentación por unidad de envergadura es:

$$L = \Delta p c = \rho v \Delta v c = \rho v \Gamma$$

Una versión diferencial de este teorema se aplica sobre cada elemento de la placa y es la base de la teoría del perfil alar delgado.

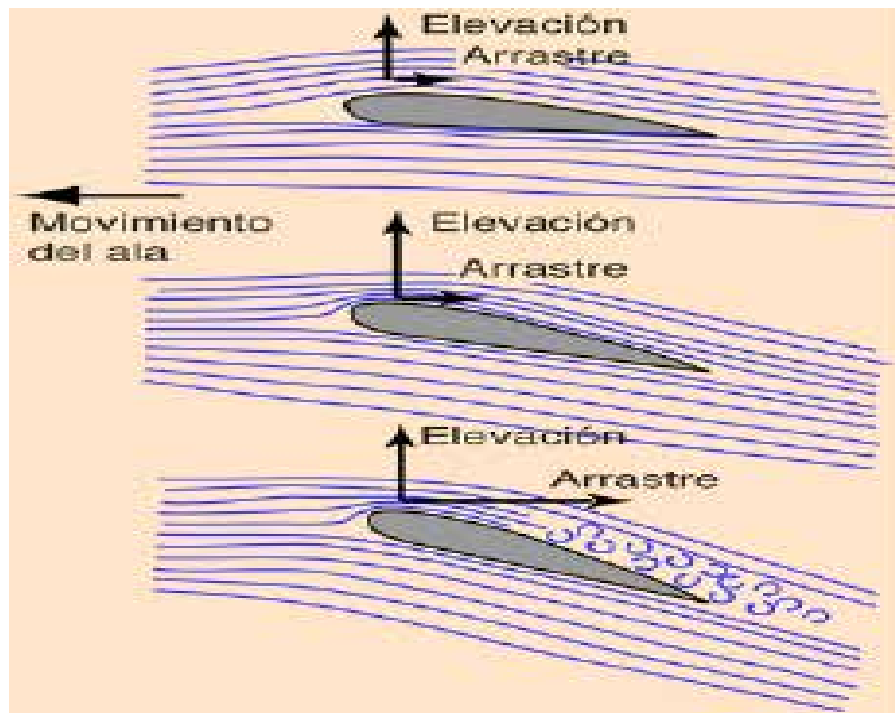
### 2.2.10. Airfoil

El aire a través de la parte superior de una superficie aerodinámica convencional experimenta un estrechamiento de las líneas de flujo e incrementa la velocidad relativa del aire en el ala. Éste causa una disminución de la presión en la parte superior de acuerdo con la ecuación de Bernoulli y produce una fuerza de sustentación. La aerodinámica usa el modelo de Bernoulli para relacionar las medidas de presión realizadas en los túneles de viento y afirman que cuando se realizan las medidas de presión en varios lugares alrededor de la superficie de sustentación y se suman, están razonablemente de acuerdo con la elevación observada.

Existe además la apelación al modelo basado en la ley de Newton y afirma que la sustentación principal, viene como resultado del ángulo de ataque. Parte del

modelo de la ley de Newton de una parte de la fuerza de sustentación, implica la fijación de la capa límite de aire sobre la parte superior del ala, con el resultado de una caída de flujo de aire por detrás del ala. Si el ala le da al aire una fuerza hacia abajo, entonces por la tercera ley de Newton, el ala experimenta una fuerza en la dirección opuesta -elevación.

El incremento del ángulo de ataque proporciona una mayor elevación proveniente de la componente vertical de la presión ejercida sobre la parte de abajo del ala. Esa fuerza de elevación puede considerarse como una fuerza de reacción derivada mediante la tercera ley de Newton por la fuerza que ejerce hacia abajo el ala sobre el aire. Con un ángulo de ataque demasiado alto, se incrementa drásticamente la turbulencia del flujo y la aeronave entra en pérdida (Ver Figura 15).



**Figura 15.** Relación elevación – arrastre a diferentes ángulos de incidencia de un fluido sobre un perfil alar.

**Fuente:** physics-links.blogspot.com.

### **2.2.11. Generalidades sobre el patinaje de velocidad:**

Los patines en línea son unos aparatos utilizados para deslizarse sobre alguna superficie debido al giro de sus ruedas acopladas a la estructura del patín, su principal característica es que las ruedas están ensambladas una tras otra formando una línea recta; está compuesto por una bota o zapatilla, la cual le permite acoplar y sujetar los patines al deportista; un chasis elaborado en aluminio o fibra de carbono que une las ruedas con la zapatilla, las ruedas encargadas del desplazamiento en los patines, fabricadas en materiales poliméricos y sus tamaños comprenden desde los 80 a 110 mm de diámetro y por último, los rodamientos para reducir la fricción que provoca el ensamble de las ruedas desnudas con los tornillos ejes.

La forma de patinar de los deportistas ha ido evolucionando a través del tiempo debido a diversos factores tales como: el cambio de patines convencionales a patines en línea, el tamaño de las ruedas y la intención de reducir el esfuerzo físico del patinador para realizar la misma distancia con menos energía. En el patinaje de velocidad se desarrolló la técnica de doble empuje para mejorar el rendimiento, esta técnica ha provocado fallas en el chasis del patín debido a los esfuerzos a los que es sometido. A partir de una caracterización del material, de un análisis de la cinemática del movimiento y el cálculo de las cargas estáticas generadas en el punto más crítico del ciclo de la técnica, se elaboran modelos computacionales para dos tipos de chasis y mediante simulación numérica se obtienen los esfuerzos y se realiza un análisis de falla, para posteriormente elaborar una optimización geométrica.

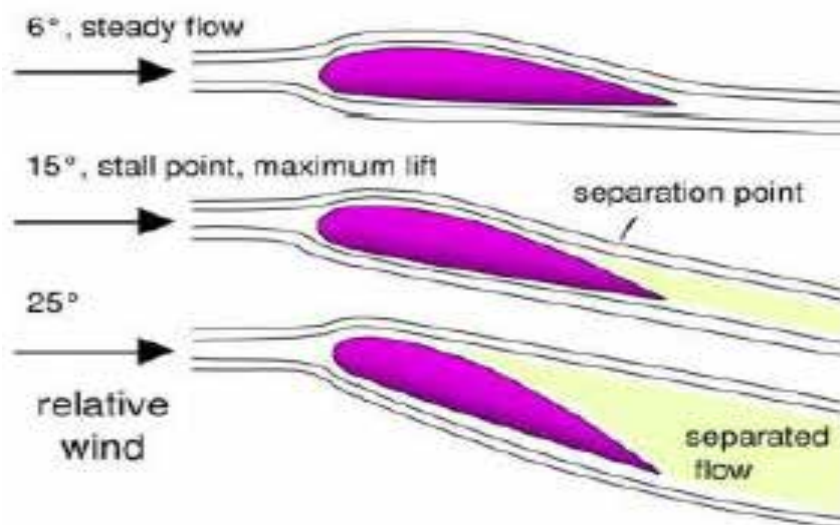
Debido a la evolución del patinaje a través del tiempo y principalmente al cambio de patines convencionales a patines en línea y el interés de reducir el esfuerzo físico, surge la técnica de doble empuje, la cual consiste en que el patinador realiza su desplazamiento hacia delante describiendo una trayectoria curvilínea (similar a lo que sucede con el Sprint en el ciclismo), mediante la flexión de las rodillas y el tronco, con el fin de ganar estabilidad al bajar el centro de gravedad del cuerpo, de ésta forma, el impulso se genera por las extremidades inferiores y por el peso del cuerpo

del deportista al desplazar el centro de gravedad en función de tener una propulsión continua en todo el desplazamiento.

### 2.2.12. Capa límite

En mecánica de fluidos, la capa límite o capa fronteriza de un fluido es la zona donde el movimiento de este es perturbado por la presencia de un sólido con el que está en contacto. La capa límite se entiende como aquella en la que la velocidad del fluido. Respecto al sólido en movimiento varía desde cero hasta el 99% de la velocidad de la corriente no perturbada. El espesor de la capa límite en la zona del borde de ataque o de llegada es pequeño, pero aumenta a lo largo de la superficie. Todas estas características varían en función de la forma del objeto (menor espesor de capa límite cuanto menor resistencia aerodinámica presente la superficie: ej. forma fusiforme de un perfil alar).

El flujo laminar va perdiendo velocidad a lo largo de la capa límite, hasta que finalmente se para o incluso retrocede, provocando que la capa límite se desprenda y el flujo ya no siga la forma de la superficie (Ver Figura 16).



**Figura 16.** Desprendimiento de la capa límite en un perfil alar a diferentes ángulos de ataque del fluido.

Fuente: Interiot (2006).

### 2.2.13. Coeficiente de sustentación

La sustentación es la fuerza generada sobre un cuerpo que se desplaza a través de un fluido, de dirección perpendicular a la de la velocidad de la corriente incidente. La aplicación más conocida es la del ala de un ave o un avión, superficie generada por un perfil alar.

Como con otras fuerzas aerodinámicas, en la práctica se utilizan coeficientes adimensionales que representan la efectividad de la forma de un cuerpo para producir sustentación y se usan para facilitar los cálculos y los diseños.

El modelo matemático de la fuerza de sustentación es:

$$L = \frac{1}{2} \rho V^2 A C_l$$
$$C_l = \frac{L}{\frac{1}{2} \rho V^2 A}$$

### 2.2.14. Coeficiente de arrastre

En Mecánica de Fluidos, el coeficiente de arrastre (comúnmente denotado como:  $c_d$ ,  $c_x$  o  $c_w$ ) es una cantidad adimensional que se usa para cuantificar la resistencia de un objeto en un medio fluido como el aire o el agua. Es utilizado en la ecuación de resistencia, en donde un coeficiente de resistencia bajo indica que el objeto tendrá menos resistencia aerodinámica o hidrodinámica. El coeficiente de arrastre está siempre asociado con una superficie particular.

El coeficiente de arrastre de cualquier objeto comprende los efectos de dos contribuciones básicas a la resistencia dinámica del fluido: la resistencia de forma y de superficie. El coeficiente de resistencia de un perfil aerodinámico o hidrodinámico incluye también los efectos de la resistencia inducida. El coeficiente de arrastre de una estructura completa como una aeronave incluye también los efectos de la resistencia de interferencia.

$$F_d = \frac{1}{2} \rho V^2 C_d A \qquad C_d = \frac{2F}{\rho V^2 A}$$

### 2.2.15. Coeficiente de presión

El coeficiente de presión es un número adimensional que describe la presión relativa a través de un campo de flujo en dinámica de fluidos. El coeficiente de presión es usado en aerodinámica e hidrodinámica. Cualquier punto inmerso en el flujo de un fluido tiene su propio y único coeficiente de presión,  $C_p$ .

En algunas situaciones en aerodinámica e hidrodinámica, el coeficiente de presión de un punto cerca de un cuerpo es independiente del tamaño del cuerpo.

En consecuencia, un modelo ingenieril puede ser probado en un túnel de viento o en un túnel de agua, de esta forma se pueden calcular los coeficientes de presión en puntos críticos alrededor del modelo, y estos coeficientes de presión pueden ser usados para estimar la presión del fluido en esos puntos críticos en el prototipo a escala real.

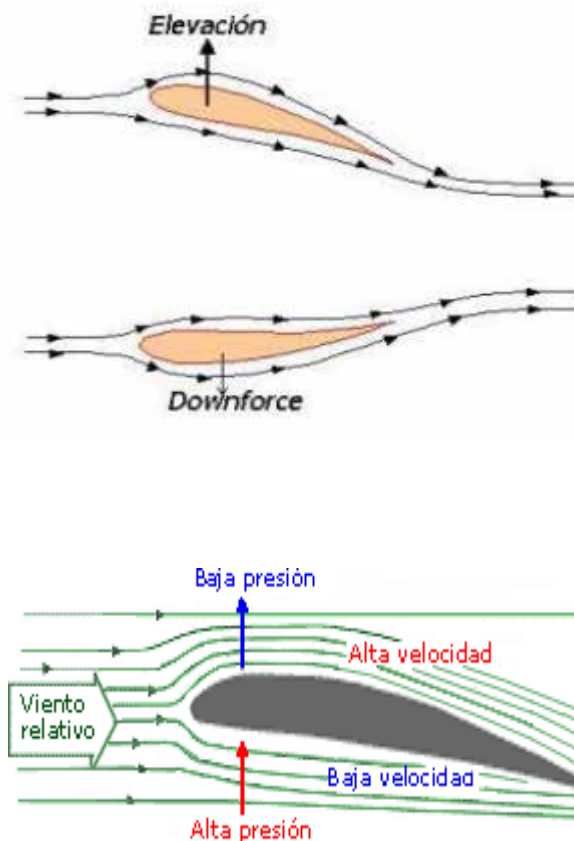
$$C_p = \frac{p - p_\infty}{\frac{1}{2} \rho_\infty V_\infty^2}$$

### 2.2.16. Carga aerodinámica

La carga aerodinámica o downforce es una fuerza vertical descendiente. El propósito de la carga aerodinámica es aumentar la fuerza vertical de los neumáticos y así tener más adherencia y poder tomar las curvas más rápido. Para aumentar la adherencia de los neumáticos también se podría añadir peso al coche, el problema es que este haría que el coche fuese más lento porque pesa más, lo que se usa para no penalizar el ritmo por vuelta es la carga aerodinámica, que aumenta la adherencia de los neumáticos y hace un coche mucho más rápido.

Un avance vino inspirado en las alas de los aviones, pero simplemente con una función inversa, ya que estas alas están fabricadas para hacer todo lo contrario en lo que respecta a la aviación, teniendo como objetivo utilizar el aire en pro al agarre del auto, empujándolo hacia abajo, de manera que se pierda lo menos posible el contacto de las llantas contra el suelo.

Los alerones de un F1 operan igual que las alas de un avión pero al revés. El aire fluye a diferentes velocidades por los dos lados del ala por tener que recorrer distancias diferentes y esto crea una diferencia de presión según el principio de Bernoulli. En los aviones esa diferencia de presiones produce sustentación para mantenerlo en el aire, y en un F1 produce lo contrario a la sustentación, es decir, carga aerodinámica empujándolo hacia abajo (Ver Figura 17).



**Figura 17.** Downforce o carga aerodinámica en analogía a la elevación.

**Fuente:** formulatmosphere (2018).

La fórmula del downforce está determinada por la **velocidad al cuadrado**, esto significa que la carga aerodinámica es exponencial. Esto quiere decir que si un coche va a 300 km/h tendrá cierta carga aerodinámica, pero a 320 km/h tendrá muchísima más porque sigue una trayectoria exponencial y a medida que aumenta un poco la velocidad, la carga aerodinámica aumenta muchísimo. Además, que la velocidad esta elevada al cuadrado significa que en las curvas lentas la aerodinámica prácticamente no hará efecto, pero en las curvas de alta velocidad y en las rectas la aerodinámica estará trabajando a pleno rendimiento.

$$Carga\ Aerodinámica = (0.5)\rho C_d A V_c^2$$

En cuanto a la carga aerodinámica necesaria para evaluar la estabilidad y permanencia de un monoplaza en una curva, puede determinarse conociendo su carga descendente, la cual se calcula teniendo en cuenta su masa  $m$ , su velocidad, el coeficiente de fricción entre los neumáticos y el asfalto  $\alpha$ , y el radio de curvatura por el cual éste atraviesa  $r$ .

$$K = \frac{v_c^2 m}{\alpha r}$$

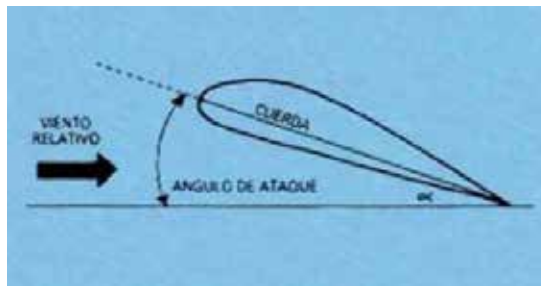
Posteriormente, se procede a sustraer la carga descendente ejercida por acción de la fuerza de gravedad, resultando de esta manera la carga aerodinámica necesaria en una curva.

$$Carga\ Aerodinámica = K \cdot g$$

La carga aerodinámica se puede conseguir por diversos métodos:

- Mediante la altura de la pieza: por ejemplo un coche más bajo creará más succión que uno muy alto, por lo tanto el coche se pegará más al asfalto.

- Aumentando los apéndices aerodinámicos: la carga aerodinámica es muy fácil de conseguir, pones un montón de alerones y ya está. Lo realmente difícil es que esa carga sea eficiente y no se pierda velocidad punta.
- Aumentando el ángulo de ataque de los alerones: el problema de este método es que aumenta la resistencia aerodinámica y si el ángulo de ataque es muy elevado puede aparecer el desprendimiento de la capa límite. (Ver Figura 18).



**Figura 18.** Rango del ángulo de incidencia de un perfil aerodinámico para modificar la carga sobre él mismo.

**Fuente:** formula1atmosphere (2018).

### 2.2.17 Chasis de patinaje de velocidad:

Los patines profesionales están conformados por botas, chasis, rolineras y ruedas, el chasis de patinaje de velocidad son piezas de acero, aluminio o fibra de carbono que van adaptados en la parte inferior de las botas de patines, es una pieza con propiedades mecánicas muy especiales ya que se sometida constantemente en su uso a esfuerzos combinados y fatiga. Adicional a esto estos chasis de patinaje poseen una ligereza alta para poder ser maniobrados fácilmente por el atleta que los utiliza.

Otra característica de estos chasis es que son chasis que poseen características aerodinámicas ya que deben ayudar al patinador a hacerle la menor resistencia al viento al momento de desplazarse. Actualmente existen muchos chasis de carreras que no tienen propiedades aerodinámicas, de hecho estos chasis no son considerados actos para el mundo de las carreras de alto rendimiento y se limitan a ser usados

solamente en competencias de categorías menores. Combinar estas características es algo realmente importante en el mundo del patinaje de carreras y puede marcar la diferencia entre un primer lugar y un segundo lugar en una prueba.

Cada chasis de patinaje lleva de forma alineada cuatro ruedas de distintos milímetros, en la actualidad se han desarrollado chasis con ruedas con diámetros muchos más grandes por lo que se les ha tenido que reducir el número de ruedas para garantizar un largo del chasis ideal a la hora de maniobrarlo. Ya estos chasis de tres ruedas se usaban con anterioridad pero solo en niños y en categorías de aficionados, hoy día se está empezando a utilizar en el mundo profesional siempre y cuando cumpla con las normativas de la FIRS (Ver Figura 19).



**Figura 19.** Chasis de Fibra de Carbono

**Fuente:** <http://patines.co/2015/07/08/patin-profesional-un-chasis-para-cada-patinador/>

En la actualidad los chasis utilizados tienen distintas medidas, estas se separan por las edades o categorías según las normas de cada país, por lo general se suele

buscar un chasis que sea muy corto para que el atleta pueda maniobrarlo con mucha más facilidad en las curvas sobre todo en las que son más cerradas, las medidas de los chasis actuales son: (Ver figura 20).

(4×100) montura 195

¡El chasis de moda!

(4×110) 195



**Figura 20.** Mili metraje de ruedas de patines

**Fuente:** <http://patines.co/2015/07/08/patin-profesional-un-chasis-para-cada-patinador/>

El diámetro o el tamaño de la rueda, es una medida de la circunferencia de la misma expresada en milímetros (mm). Los diámetros comerciales son: 42, 48, 52, 56, 60 (gama baja), 72, 76, 80, 84 (gama media), 90, 100, 110, 115 (gama alta). Las de 42 y 48mm se emplean como Anti-rocker en los patines agresivos, y las de 115mm son de reciente aparición en el mercado para patines de velocidad y freeskate, pero también son usadas en el patín de Cross-country. A medida que aumenta el diámetro de la rueda se puede alcanzar una mayor velocidad, y si éste disminuye la velocidad desarrollada será menor. Por otra parte, la estabilidad lateral y la maniobrabilidad también se ven afectada de manera proporcional, siendo que mientras más grandes sean tendremos más dificultad para mantener el equilibrio y para maniobrar. También, al aumentar el diámetro disminuirá la vibración.

### **2.2.18. Generalidades sobre perfiles aerodinámicos**

Cada alerón tiene un perfil variable con forma aerodinámica; estos perfiles tienen un extremo, que es el borde de ataque, mientras que el otro extremo, de forma afilada, es el borde de salida. Los perfiles tienen distintos nombres según su geometría. Se denomina biconvexo si el intradós (cara inferior) y el extradós (cara superior) son convexos y plano-convexos si tienen el extradós convexo y el intradós plano y de doble curvatura si el intradós y el extradós son cóncavos. En el estudio de los perfiles se ignora la configuración en proyección horizontal del alerón, como así también los efectos de extremo del alerón: flecha y otras características de diseño, para facilitar su cálculo. En el diseño de perfiles aerodinámicos es necesario mantener claro una serie de conceptos.

I. **La línea de cuerda** es una línea recta que une al borde de ataque y el borde de salida del perfil.

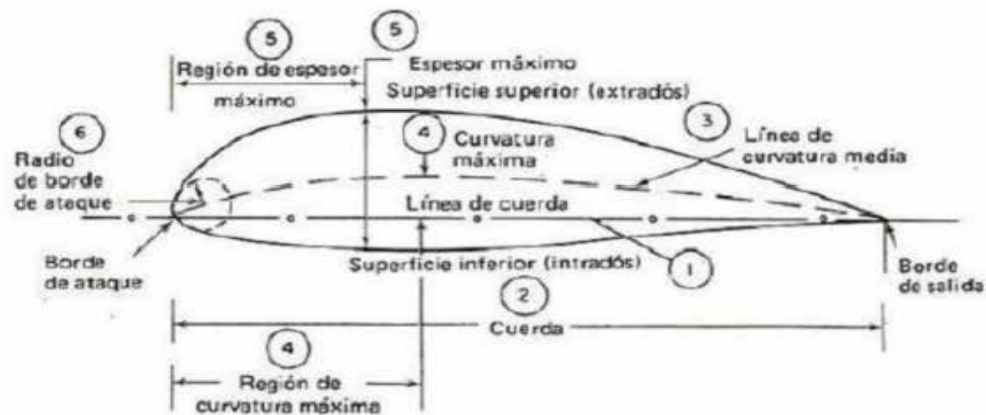
II. **La cuerda** es la longitud de esa línea. Todas las dimensiones de los perfiles se miden en términos de la cuerda.

III. **La línea de curvatura** es la línea media entre el extradós y el intradós, tomadas como segmentos perpendiculares de la cuerda, a lo largo de ella.

IV. **Curvatura máxima** es la distancia máxima entre la línea de curvatura media y la línea de cuerda. La posición de la curvatura máxima es importante en la determinación de las características aerodinámicas de un perfil.

V. **Espesor máximo** es la distancia máxima entre la superficie superior e inferior (extradós e intradós). La localización del espesor máximo también es importante.

VI. **Radio de borde de ataque** es una medida de la curvatura del borde de ataque. Puede variar desde cero, para perfiles supersónicos afilados o hasta un 2% (de la cuerda) para perfiles más bien achatados. (Ver Figura 21).



**Figura 21.** Terminología básica de perfiles alares.

**Fuente:** González Francisco (2008).

Configuración de la línea de curvatura media. Si esta línea coincide con la línea de cuerda, el perfil es simétrico. En los perfiles simétricos la superficie superior e inferior tiene la misma forma y equidistan de la línea de cuerda.

Espesor.  
Localización del espesor máximo.

Radio del borde de ataque. Configuración de la línea de curvatura media.

### **2.2.19 Federación Internacional de Patinaje (FIRS)**

Creada el año 1924 como Fédération Internationale de Patinage a Roulettes (FIPR), cambió a su actual denominación de FIRS bajo la presidencia de Victoriano Oliveras de la Riva (presidente de 1964 hasta 1973). A mediados de la década de 1970 obtuvo el reconocimiento del COI y a mediados de la década siguiente el de ARISF. El primer campeonato del mundo que organizó fue el de hockey sobre patines de 1936.

La Federación Internacional de Patinaje (en francés: Fédération Internationale de Roller Sports, FIRS) fue el organismo deportivo que gobierna las diversas disciplinas del patinaje: hockey sobre patines, patinaje artístico sobre ruedas, patinaje de velocidad sobre patines en línea, hockey sobre patines en línea, patinaje freestyle en línea, patinaje de descenso y Alpino en línea.

La FIRS promueve los deportes del patinaje a nivel internacional, y trabaja para que el Comité Olímpico Internacional (COI) incluya alguna de las disciplinas en el programa de los Juegos Olímpicos de verano. La única experiencia olímpica fue la inclusión del hockey sobre patines como deporte de exhibición en los Juegos Olímpicos de Barcelona de 1992.

En septiembre de 2017 se fusiona con la International Skateboarding Federation (ISF), formando la World Skate.

La autoridad de la FIRS es reconocida por los siguientes organismos:

Comité Olímpico Internacional (COI);

Asociación General de Federaciones Deportivas Internacionales (GAISF);

Asociación Internacional de Juegos Mundiales (IWGA);

Organización Deportiva Panamericana;

Association of Recognized IOC International Sports Federations (ARISF);

La FIRS reconoce las siguientes confederaciones continentales:

África - Federación Africana de Patinaje (FAROS);  
América - Confederación Panamericana de Patinaje;  
Asia - Confederación de Patinaje de Asia (CARS);  
Europa - Confederación Europea de Patinaje (CERS);  
Oceanía - Confederación de Patinaje de Oceanía (OCRS);

Las disciplinas deportivas tienen su propio comité y presidente que las gestiona:

hockey sobre patines - Comité Internacional de Hockey sobre Patines (CIRH);  
patinaje artístico - Comité Internacional de Patinaje Artístico (CIPA);  
patinaje de velocidad - Comité Internacional de Patinaje de Velocidad (CIC);  
hockey sobre patines en línea - Comité Internacional de Hockey sobre Patines en Línea (CIRILH);  
Patinaje freestyle en línea - Comité Internacional de Patinaje Freestyle (FFTC);

La FIRS reunió a más de 100 federaciones nacionales, incluidos países de todos los continentes y estaban afiliados a la Federación Internacional de Skateboarding. El skateboarding se convertirá en un deporte olímpico en 2020.

En septiembre de 2017 se ratificó una propuesta para disolver la federación y fusionarse con la "International Skateboarding Federation (ISF)", formando un nuevo organismo conocido como World Skate, después de que se rechazara la participación de la ISF con los eventos de skate (patinaje) programados en los Juegos Olímpicos de Japón 2020.

#### **2.2.20 Criterio de falla de Von Mises**

La tensión de Von Mises y el criterio de fallo elástico asociado debe su nombre a Richard Edler Von Mises (1913) propuso que un material dúctil sufría fallo elástico cuando la energía de distorsión elástica rebasaba cierto valor. Sin embargo, el criterio fue claramente formulado con anterioridad por Maxwell en 1865 más tarde también Huber (1904), en un artículo en polaco anticipó hasta cierto punto la teoría de fallo de

Von Mises. Por todo esto a veces se llama a la teoría de fallo elástico basada en la tensión de Von Mises como teoría de Maxwell-Huber-Hencky- Von Mises y también teoría de fallo.

La tensión de Von Mises es una magnitud física proporcional a la energía de distorsión. En ingeniería estructural se usa en el contexto de las teorías de fallo como indicador de un buen diseño para materiales dúctiles.

La tensión de Von Mises puede calcularse fácilmente a partir de las tensiones principales del tensor tensión en un punto de un sólido deformable, mediante la expresión:

$$\sigma_{VM} = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2}}$$

Siendo  $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$  las tensiones principales, y habiéndose obtenido la expresión a partir de la energía de distorsión en función de las tensiones principales:

$$E_{\text{def,dist}} = \frac{1}{6G} \left[ \frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2} \right]$$

### 2.3 Definición de Términos Básicos

**Epoxi:** El término “epoxi” hace referencia tanto a cualquiera de los componentes como al producto final (curado) de las denominadas resinas epoxi. También es el nombre coloquial para el grupo funcional epóxido.

**Molde:** Es una pieza, o un conjunto de piezas acopladas, interiormente huecas pero con los detalles e improntas exteriores del futuro sólido que se desea obtener.

**Infusión (RTI):** Se realiza colocando la resina semidura y el tejido de carbón en un molde, los cuales se combinan con calor y vacío, para finalizar el proceso se realiza el curado o polimerización ya sea a temperatura ambiente, al calor o al vacío.

**Catalizador:** Sustancia capaz de favorecer o acelerar una reacción química sin intervenir directamente en ella; al final de la reacción el catalizador permanece inalterado. Los catalizadores más usados son los constituidos por platino, paladio y vanadio o por óxidos de cobre y de níquel. La sustancia catalizadora necesita un soporte, constituido generalmente por materias inertes. Se hace mucho uso de los catalizadores en el campo de las pinturas acrílicas y de los plásticos, para acelerar el proceso de polimerización, o en los silenciadores denominados precisamente catalíticos, para reducir la contaminación. El empleo de un catalizador en una pintura permite su endurecimiento en poco tiempo, pero exige también una técnica especial de pulverización.

**Monocasco:** También llamado piel estructural, es un sistema estructural en el que las cargas son soportadas por la piel externa de un objeto, similar a una cáscara de huevo. La palabra monocasco es un término francés para "monocasco" o (de barcos) "monocasco".

Utilizado por primera vez para barcos, un verdadero monocasco lleva fuerzas de tracción y compresión dentro de la piel y se puede reconocer por la ausencia de un marco interno que soporte la carga. Pocos aviones de metal pueden considerarse estrictamente monocascos puros, ya que utilizan una carcasa de metal o láminas reforzadas con marcos remachados a la piel, pero la mayoría de los aviones de madera se describen como monocascos, aunque también incorporan marcos.

**Patines de lineales:** El patín en línea o más conocido como roller es un tipo de patín sobre ruedas en el que dos, tres o cuatro de éstas se sitúan una a continuación de la otra (a diferencia de los patines clásicos donde las cuatro ruedas forman parejas en

cada eje). En algunos casos incorporan un taco de caucho para frenar el patín, (solo uno) que se sitúa tras la última rueda

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

La presente investigación tiene una modalidad del tipo de proyecto factible, Pallella y Martins (2010) definen a este tipo de investigación como aquella que “consiste en elaborar una propuesta viable destinada a atender necesidades específicas, determinadas a partir de una base diagnóstica” (p.91), de acuerdo a esto, al ofrecer un modelo de chasis con mejoras en su estructura y diseño, por medio de los diagnósticos adquiridos por simulaciones computarizadas, se busca aumentar la vida de útil de dichos chasis, así como sus propiedades aerodinámicas para maximizar las necesidades de los atletas de alto rendimientos que practican esta disciplina. Esto haciendo que dicha investigación tenga todas las características de este tipo de investigación.

A su vez Arias (2006) explica el marco metodológico como el “Conjunto de pasos, técnicas y procedimientos que se emplean para formular y resolver problemas” (p.16). La metodología utilizada en general llevada a cabo en esta investigación, especifica tópicos tales como: diseño de la investigación, fases de la investigación, población y muestra, y técnicas e instrumentos de recolección de datos, así mostrando todas las características ya antes mencionadas.

#### **3.1 Tipo de investigación**

Según Tamayo y Tamayo M. (1997) (Pág. 35), en su libro Proceso de Investigación Científica, la investigación descriptiva “comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, y la composición o proceso de los fenómenos. El enfoque se hace sobre conclusiones dominantes o sobre grupo de personas, grupo o cosas, se conduce o funciona en presente”. Al mostrar lo expuesto expresado por Tamayo y Tamayo M (1997), se puede evidenciar esta investigación realizada se identifica como una investigación descriptiva.

De acuerdo con Hurtado y Toro (2000), este tipo de investigación “tiene como objetivo analizar un evento y comprenderlo en términos de sus aspectos más evidentes (...) propicia el estudio y la comprensión más profunda del evento en estudio” (p.269). Mostrando una vez más que esta investigación es de carácter descriptiva y a su vez analítica.

### **3.2 Diseño de la investigación**

El diseño y simulación de un molde para chasis de patines de carreras en fibra de carbono es un proyecto planteado está bajo el enfoque de una investigación descriptiva debido a que su objetivo es estudiar las variables que determinan un determinado comportamiento aerodinámico y las características mecánicas de la pieza al ser sometida a distintas tensiones. Sabino (1986) expresa “Mediante este tipo de investigación, que utiliza el método de análisis, se logra caracterizar un objeto de estudio o una situación concreta, señalar sus características y propiedades. Combinada con ciertos criterios de clasificación sirve para ordenar, agrupar o sistematizar los objetos involucrados en el trabajo indagatorio. Al igual que la investigación que hemos descrito anteriormente, puede servir de base para investigaciones que requieran un mayor nivel de profundidad”. De esta forma podemos obtener una idea más concisa de los lineamientos a seguir en el trayecto de esta investigación.

### **3.3 Nivel de la investigación**

El siguiente trabajo de investigación tuvo como objetivo diseñar, el molde de un chasis de fibra de carbono y a su vez logra predecir el comportamiento de la pieza ya al estar culminada su elaboración. Arias, (2012) establece que: La investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere (p.23). Tomando en cuenta lo dicho anteriormente por Arias se decidió llevar a cabo esta investigación bajo un esquema descriptivo. Debido a que este estudio permitió analizar la variación del comportamiento mecánico en la

estructuras del chasis de fibra de carbono mediante la aplicación de un análisis computacional y así generar a su vez resultados muy aproximados a los que se darían en la realidad.

### **3.4 Población y Muestra**

Castro (2003), Establece que la población puede ser según su tamaño clasificada en dos tipos: Población finita: cuando el número de elementos que la forman es finito. Población infinita: cuando el número de elementos que la forman es infinito, o tan grande que pudiesen considerarse infinitos (p.75). Así mismo Balestrini (2006) señala que " una muestra es una parte representativa de una población, cuyas características deben producirse en ella, lo más exactamente posible". Por lo tanto la población a estudiar su puede considerar infinita ya que esta, está constituida por un número considerablemente grande, de ser llevado a la realidad este chasis estaría disponible para más de 100 países en los que se practica esta modalidad.

### **3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Tamayo y Tamayo, M (1997), establece que: “La recolección de datos depende en gran parte del tipo de investigación y del problema planteado para la misma” (p.121). Así mismo Tamayo y Tamayo (1997) define que: “Un instrumento de recolección de datos es cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información” (p. 69).

En la presente investigación se utilizara la técnica de revisión de antecedentes y recursos electrónicos, para la recolección de datos. Dentro del análisis bibliográfico, se utilizaron procesos como lo es la observación experimental, presentación resumida, resumen analítico y análisis crítico. Así mismo el instrumento que se empleara en este proyecto será una computadora para la captación, registro y almacenamiento la data obtenida.

### **3.6 Fases de la investigación**

**Fase I. Investigar y identificación de las variables que influyen en el diseño de un molden, así como identificar las propiedades de la fibra de carbono y recabando los datos necesarios para realizar la simulación por computadora.**

Como primera fase y se debe realizar la búsqueda de información correspondiente a las condiciones que demanda un molde, en esta fase se sugiere el material del molde así como se establece de una vez las propiedades mecánicas del material que será implementado, que en este caso sería la fibra de carbono. Para esto es necesario indagar sobre las propiedades de otros chasis en fibra de carbono y analizando las fallas de estos hayan podido tener.

**Fase II. Modelado mediante una herramienta CAD para establecer gráficas en el tiempo del comportamiento mecánico del chasis, con proyecciones en años en el futuro, y analizar los resultados.**

Una vez identificadas todas estas variables se procede a emplear el software computacional de diseño y simulación SolidWorks 2016, esto con el propósito de modelar el chasis en el material a estudiar, y se simulara el chasis con los esfuerzos a tracción, compresión y fatiga a la que posiblemente será sometido en la realidad.

En esta fase procederemos a darle valor a cada uno de los esfuerzos, graduándolos con los datos recolectados en investigaciones previas, y así poder estimar con más exactitud el tiempo de vida del chasis para poder así predecir si la pieza tendrá fracturas futuras a lo largo del tiempo y a su vez calcular si su periodo de vida es considerado un periodo adecuado para este tipo de pieza, garantizando así que el diseño es un diseño que cubrirá las necesidades de los patinadores

**Fase III. Simulación bajo condiciones aerodinámicas del chasis en fibra de carbono.**

En esta fase se usa una de las técnicas más utilizadas en la actualidad en la rama de mecánica de fluido, nos referimos a las técnicas de CFD por sus siglas en inglés Computational Fluid Dynamics (Dinámica de Fluidos Computacional), existe una gran variedad de estos programas, pero para efectos de la presente investigación se sugiere utilizar (FlowSimulation – SolidWorks). Esta fase nos permitirá producir estudios del chasis modelado por medio de la simulación del flujo alrededor del mismo, estableciendo los valores de las variables que influyen en este estudio,

permitiendo adaptar estos valores a los valores que serán presentados en competiciones.

**Fase IV: Evaluación de los resultados en función de las características funcionales registradas para las condiciones de operación.**

En esta fase todos los datos para ser evaluados de manera directa y sencilla serán representados en distintas tablas y gráficas que faciliten su lectura y comprensión, por consiguiente, su evaluación se observara libre de dificultad y de distracciones, permitiendo comprobar la factibilidad y el desempeño del diseño llevado a cabo.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS**

En el presente capítulo se efectuará el desarrollo de las fases metodológicas establecidas en el capítulo III de la investigación, de esta manera, cumplir los objetivos relacionados con el diseño del molde para un chasis de patinaje de carrera en fibra de carbono mediante el análisis de simulación estática de esfuerzos y simulación de FlowSimulation de SolidWorks.

#### **4.1. Diseñar un molde con todas las dimensiones adecuadas y características para poder trabajar fácilmente la fibra de carbono**

Debido a que el diseño de dicho casis está siendo analizado bajo condiciones específicas, se debe explicar de manera concisa todo el conjunto de variables que se necesitan para poder realizar un correcto diseño y así unos resultados teóricos con buenos rendimientos. A continuación, se presentan las variables más relevantes para la elaboración de este molden.

##### **4.1.1 Realizar diseño de molde chasis tomando en cuenta todos los parámetros que afecte el diseño**

Debido a que el estudio es aplicado a las condiciones de competencias que se pudieran presentar en competiciones, se debe conocer las variables tales como: el esfuerzo que pueda desarrollar un patinador en cada zancada que realizada en la arrancada y en el empuje que seguirá desarrollando a alta velocidad. Dichos valores fueron calculados a través de un test de fuerza realizado en el 2020 a él patinador venezolano Sebastián Guzmán, quien es Campeón mundial en esta disciplina y es el mejor patinador de Venezuela en la actualidad, en dicho test fue un test de fuerza máxima en sentadillas profunda y explosividad de salto, en este test de fuerza se obtuvieron resultados como la masa máxima que era capaz de levantar, el peso del atleta, altura del atleta y capacidad de salto.(ver figuras de la 23 a la 25)

**Tabla 1 Datos obtenidos en test de fuerza máxima en sentadilla profunda al patinador Sebastián Guzmán:**

<b>Masa Levantada en Sentadilla Profunda</b>	<b>Masa Levantada en Media Sentadilla</b>	<b>Masa del Atleta</b>	<b>Altura del Atleta</b>	<b>Altura en Salto</b>
240 kg	340kg	68 kg	1.69 m	1.52m

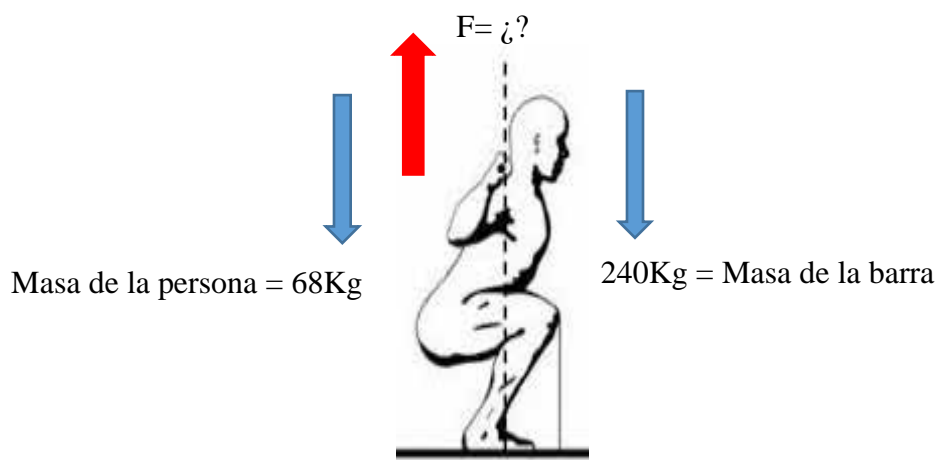
**Fuente:** Sebastián Guzmán (2020).



**Figura 23. Test de fuerza máxima (Sentadilla Profunda).**  
**Fuente:** Sebastián Guzmán (2020).



**Figura 24.** Test de salto Máximo.  
**Fuente:** Sebastián Guzmán (2020).



**Figura 25.** Diagrama de cuerpo libre de sentadilla profunda  
**Fuente:** Cristian De La Hoz (2020).

Cálculo del peso total por ley de Newton:

$$F = m \cdot a$$

$$F = (m_1 + m_2) (g) = (68\text{Kg} + 240\text{Kg}) (9.81\text{m/s}^2)$$

$$F = 3021\text{N}$$

Con estos valores se procede a calcular los valores para los esfuerzos a los que debería estar sometido dichas piezas. Para calcular el valor máximo recurrimos también a la famosa segunda ley de Newton para saber que fuerza que se necesita para levantar dichas masas, y a su vez la fuerza máxima que aplica en la parte inferior del cuerpo.

$$F = m \cdot a$$

**Donde:**

m = masa a levantada

a = aceleración de la gravedad

F = fuerza ejercida

**Sustituimos valores y calculamos fuerza en sentadilla profunda:**

$$F = (240\text{kg}) (9.81\text{m/s}^2)$$

$$F = 2354.4 \text{ N}$$

**Cálculo de fuerza en Media sentadilla:**

$$F = (340\text{kg}) (9.81\text{m/s}^2)$$

$$F = 3335.4 \text{ N}$$

Ahora podemos ver que el esfuerzo mayor sería con una media sentadilla por lo tanto escogeremos este valor para trabajar y que es el más alto. Como dicho esfuerzo el atleta lo realiza como ambas piernas podríamos dividirlo entre dos y trabajar con la mitad de esta magnitud, pero dando un margen de seguridad trabajaremos con la magnitud completa en cada pierna. Ósea con el doble de la fuerza que pudiera ser empleada normalmente por dicho atleta.

### **Cálculo por pierna independiente:**

Para calcular el esfuerzo aplicado al chasis tomamos el esfuerzo de trabajo que es 3335.4N se divide entre dos que es el número de bases que recibirán el esfuerzo en dicho chasis, esto dará un valor de carga de trabajo de 1667.7N aplicado por bases.

Dichas bases son las que transfieren todo el esfuerzo a las ruedas a la hora de patinar, ya luego de esto la velocidad adquirida depende del buen manejo de los patines del atleta, así como de su técnica, entre más limpia y perfecta sea su técnica mejor será la transferencia de energía entre las piernas y las ruedas. Para esto presentaremos un ejemplo breve de la técnica lateral del patinador con sus inclinaciones. (Ver figura 26)

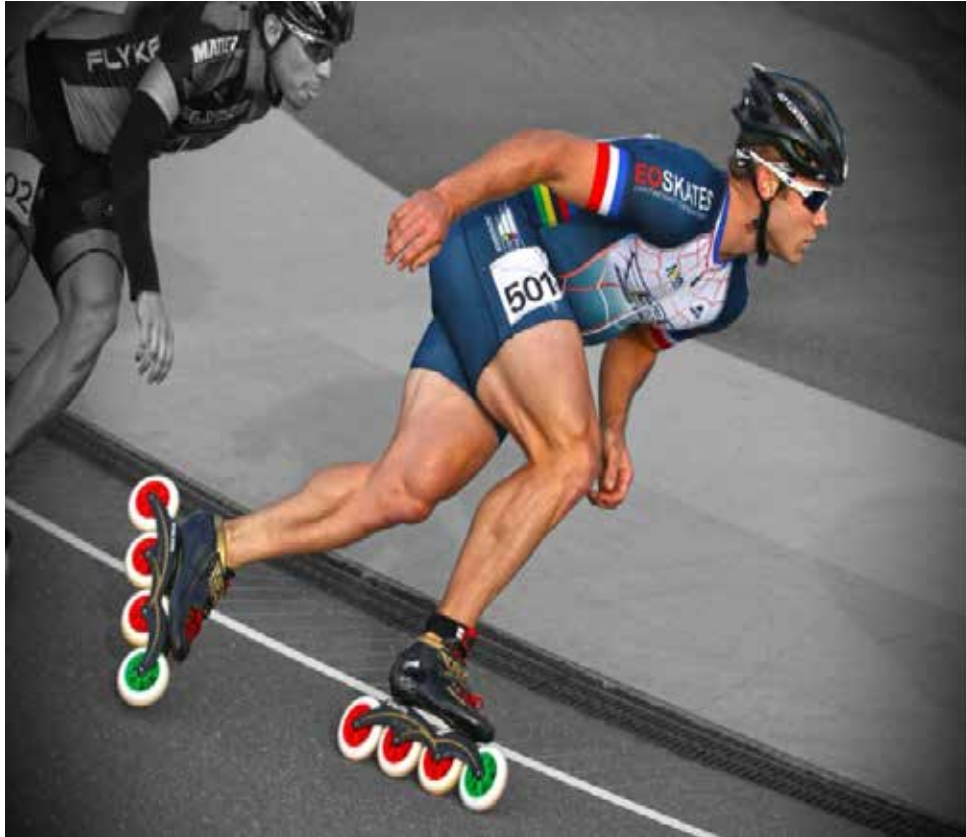


**Figura 26.** Ángulo de inclinación en la técnica de Recta

**Fuente:**

[http://www.exxostenerife.com/speedsk8/downloads/consideracionessobrebiomecanic\\_aenelpatinajeint.pdf](http://www.exxostenerife.com/speedsk8/downloads/consideracionessobrebiomecanic_aenelpatinajeint.pdf)

Estos ángulos son aproximados debido a que dependen mucho de la técnica de cada patinador a su vez su somatotipo, pero si se sabe que estos ángulos están entre los más adecuados para patinar a altas velocidades. (ver figura 27)



**Figura 27.** Técnica de Curva a las altas velocidades (trenzado en curva)

**Fuente:** <http://4.bp.blogspot.com/>-

Esta técnica del trenzado fue desarrollada especialmente para lograr altas velocidades sin perder el equilibrio y así poder tener un centro de gravedad mas estable a la hora cruzar curvas muy cerradas.(ver figuras de la 28 a la 30)



**Figura 28.** Técnica de salida estática (arranque)  
**Fuente:** <https://1.bp.blogspot.com/-PSVPEu-X6Rk/WMiR->



**Figura 29.** Técnica de espacata (llegada)  
**Fuente:** <https://www.desktopbackground.org/do>



**Figura 30.** Técnica del doble Empuje

**Fuente:** <https://i.ytimg.com/vi/55YXOkf6n8Q/maxresdefault.jpg>

Esta técnica es muy utilizada en las competencias de largas distancias por los patinadores, con esta técnica se le aplica la fuerza lateral no solamente de un lado sino de ambos lados con el mismo pie, algo que no se ve en patinadores convencionales que suelen empujar y hacer fricción con el suelo empujando solo de adentro hacia afuera, con esta técnica también empujas de afuera hacia adentro, esta es únicamente una técnica usada por patinadores profesionales.

Como se observan son distintas técnicas y movimientos a los que será sometida esta pieza que saldrá de este molde a diseñar.

Una vez obtenidas las fuerzas de trabajo se continúa dibujando el chasis por medio de software en 3D de SolidWorks, este diseño tenía que ser no solo resistente sino aerodinámico, por esto se realizaron estudios por diversos medios y se descubrió que la forma más aerodinámica hasta ahora conocida por ingenieros es la forma de aviones ADIFO, estos son aviones con formas de disco cuya superficie completa es un ala, y de acuerdo con los creadores, opera a baja velocidad como un quadcopter drone o helicóptero quadrotor, mientras que a alta velocidad, es similar a un avión supersónico.

Basándose en estos estudios se decidió que el diseño fuera lo más parecido a un avión ADIFO para lograr una máxima aerodinámica en dicho chasis y así la fricción y con el aire ayudara a mejorar el rendimiento de los atletas sobre todo cuando logren alcanzar velocidades comprendidas de 60 a 110km/h.(ver figuras 31 y 32)



**Figura 31.** Vista isométrica de Avión ADIFO

**Fuente:** <https://www.neoteo.com/wp-content/uploads/2019/08/01-25.jpg>



**Figura 32.** Vista lateral de Avión ADIFO

**Fuente:** <https://www.neoteo.com/wp-content/uploads/2019/08/01-25.jpg>

Coincidentemente ese diseño de ADIFO en aviones es muy similar para no decir que idéntico a el diseño de los objetos no identificados (OVNIS) que se muestran hoy o día en las noticias mejor conocidos como platillos volares, esto se debe a que cumplen con todas las leyes aerodinámicas utilizadas en aeronáutica, de hecho en la actualidad son cada vez más los estudios que se realizan en aviones con esta forma de platillos.(ver figura 33)



**Figura 33.** Imagen de Platillo voladores (OVNIS).

**Fuente:** <https://w7.pngwing.com/pngs/362/147/png-transparent-area-51-unidentified-flying-object-spacecraft-circular-wing-ufo->

Así diseñando con el software SolidWorks 2020 logramos diseñar este chasis en material de fibra de carbono.(ver figura 34)



**Figura 34.** Diseño del chasis.

**Fuente:** Cristian De La Hoz (2021).

Las propiedades obtenidas de dicho diseño fueron las mostradas en la figura 35

Propiedades de masa de chasisfinal (2)		
Configuración: Predeterminado		
Sistema de coordenadas: -- predeterminado --		
Densidad = 0.00 kilogramos por milímetro cúbico		
Masa = 0.40 kilogramos		
Volumen = 255590.65 milímetros cúbicos		
Área de superficie = 99709.83 milímetros cuadrados		
Centro de masa: ( milímetros )		
X = 11.39		
Y = 19.56		
Z = -0.03		
Ejes principales de inercia y momentos principales de inercia: ( kilogramos * Medido desde el centro de masa.		
lx = ( 1.00, 0.04, 0.00)	Px = 253.50	
ly = (-0.04, 1.00, 0.00)	Py = 3557.51	
lz = ( 0.00, 0.00, 1.00)	Pz = 3611.15	
Momentos de inercia: ( kilogramos * milímetros cuadrados )		
Obtenidos en el centro de masa y alineados con el sistema de coordenadas		
Lxx = 258.65	Lxy = 130.39	Lxz = -0.16
Lyx = 130.39	Lyy = 3552.36	Lyz = 0.14
Lzx = -0.16	Lzy = 0.14	Lzz = 3611.15
Momentos de inercia: ( kilogramos * milímetros cuadrados)		
Medido desde el sistema de coordenadas de salida.		
lxx = 411.18	lxy = 219.19	lxz = -0.28
lyx = 219.19	lyy = 3604.06	lyz = -0.06
lzx = -0.28	lzy = -0.06	lzz = 3815.38

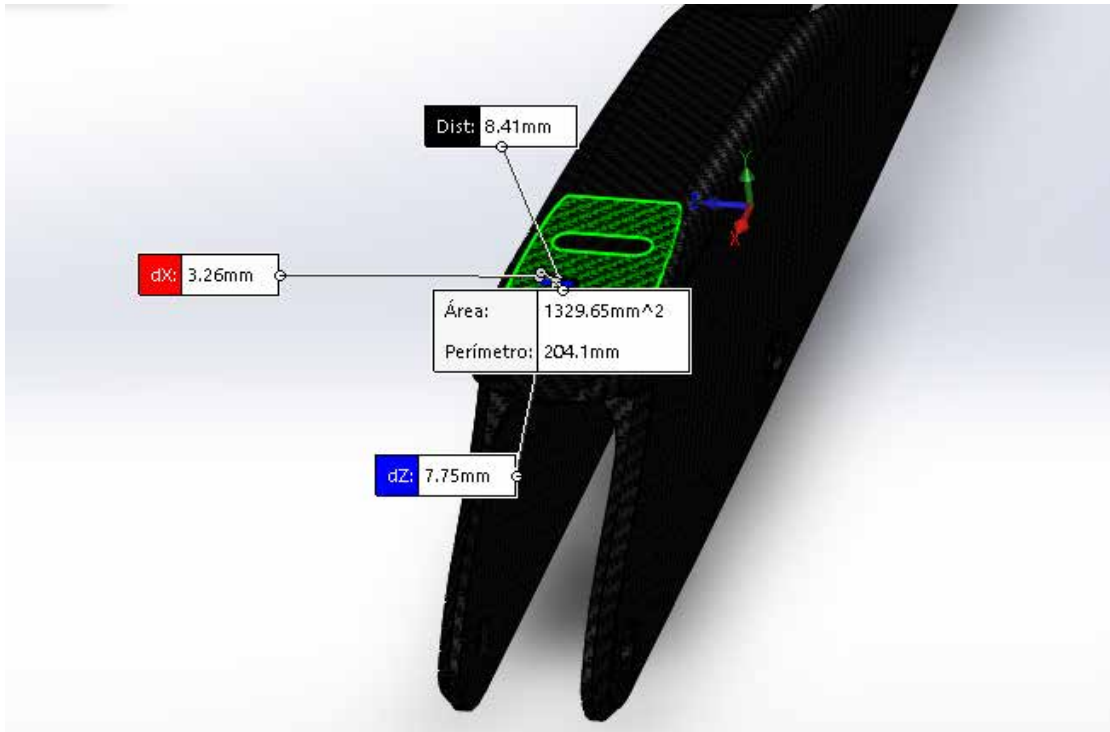
**Figura 35.** Tabla de propiedades de la pieza (chasis).

**Fuente:** SolidWorks (2021).

De acuerdo con estas propiedades se aplicaron las fuerzas en las bases del diseño del chasis por medio de la herramienta de simulación estática de SolidWorks.

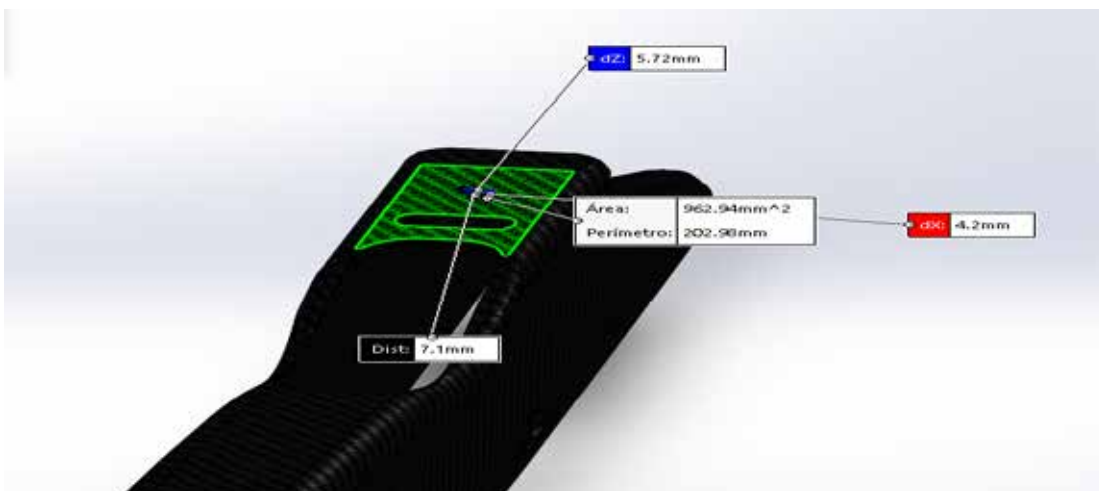
Primero se realizó el estudio en las bases delanteras de chasis donde va ubicada la bota del patín, estas bases son las que prácticamente reciben directamente los esfuerzos constantemente al momento de usar los patines.(ver figura 36 y 37)

**Área de la Base trasera:**



**Figura 36.** Diseño del chasis (base trasera).  
**Fuente:** Cristian De La Hoz (2021).

**Área de la base Delantera:**

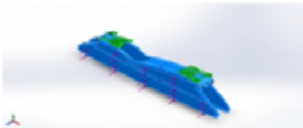


**Figura 37.** Diseño del chasis (Base Delantera).  
**Fuente:** De La Hoz (2021).

## 4.2 Diseñar y establecer el comportamiento del chasis al estar sometido a esfuerzos combinados

Posteriormente se aplicó en el área de la base delantera trasera del chasis la fuerza calculada de 1667.7N, para luego crear un mallado por toda la pieza y calcular los esfuerzos y analizar si la pieza falla. Esto utilizando el software SolidWorks 2021, seleccionamos un material de Fibra de carbono con Resina epoxi con las siguientes propiedades.(ver figura 38 y 39)

### Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p><b>Nombre:</b> lamina carbono epoxi 60 (2)</p> <p><b>Tipo de modelo:</b> Ortotrópico elástico lineal</p> <p><b>Criterio de error predeterminado:</b> Desconocido</p> <p><b>Límite elástico:</b> 1,35e+09 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Límite de tracción en x:</b> 1,5e+09 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Límite de compresión en x:</b> 9e+08 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Módulo de elasticidad en x:</b> 2,28927e+11 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Coefficiente de Poisson en xy:</b> 0,26</p> <p><b>Densidad:</b> 1.560 kg/m<sup>3</sup></p> <p><b>Módulo cortante en xy:</b> 5,432e+09 N/m<sup>2</sup></p>	<p>Conjunto de superficies 1(Superficie-Equidistancia1)(chasis liso)</p>
Datos de curva:N/A		

**Figura 38.** Propiedades de la Fibra de carbono con resina epoxi.

**Fuente:** SolidWorks (2021).

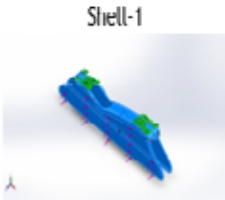
### Unidades

<b>Sistema de unidades:</b>	Métrico (MKS)
<b>Longitud/Desplazamiento</b>	mm
<b>Temperatura</b>	Kelvin
<b>Velocidad angular</b>	Rad/seg
<b>Presión/Tensión</b>	N/m <sup>2</sup>

**Figura 39.** Diseño del chasis (Base Delantera).

**Fuente:** De La Hoz (2021).

Para el grosor de esta pieza se seleccionó 8 fibras con un grosor de 0.7mm, cada una de ellas tienen 45 grados de inclinación entre tejido entre cada una de ellas, con simetría entre las 8 capas.(ver figura 40)

Nombre de documento y referencia	Propiedades							
	Número total de pliegues: 8 Simétrico: Si							
	Pliegue	Espesor(mm)	Ángulo(deg)	Área(m <sup>2</sup> )	Volumen(m <sup>3</sup> )	Densidad(kg/m <sup>3</sup> )	Masa(kg)	Peso(N)
	1	0,7	0	0,0538162	3,76713e-05	1.560	0,0587673	0,575919
	2	0,7	45	0,0538162	3,76713e-05	1.560	0,0587673	0,575919
	3	0,7	-45	0,0538162	3,76713e-05	1.560	0,0587673	0,575919
	4	0,7	0	0,0538162	3,76713e-05	1.560	0,0587673	0,575919
	5	0,7	0	0,0538162	3,76713e-05	1.560	0,0587673	0,575919
	6	0,7	-45	0,0538162	3,76713e-05	1.560	0,0587673	0,575919
	7	0,7	45	0,0538162	3,76713e-05	1.560	0,0587673	0,575919
8	0,7	0	0,0538162	3,76713e-05	1.560	0,0587673	0,575919	
Nombre de documento: C:\Users\Cristian\Desktop\carpetas\Tesis 1\chasisiso.SLDPR Fecha de modificación: Mar 18 23:55:09 2021								

**Figura 40.** Propiedades por capa de pliegues de fibra de carbono.  
**Fuente:** De La Hoz (2021).

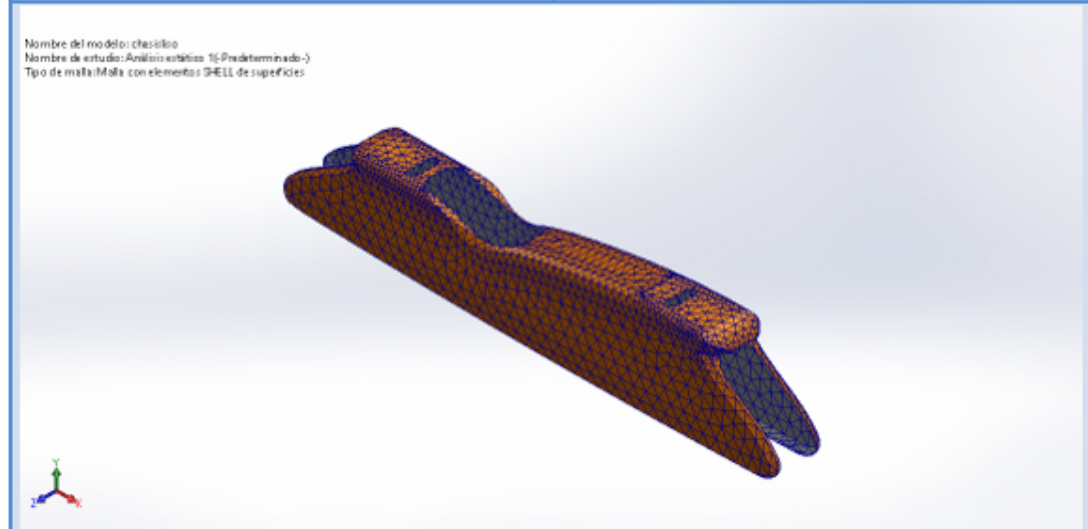
Luego de esto se creó un mallado con elementos Shell por toda la pieza para obtener el siguiente análisis(ver figura 41)

### Información de malla

Tipo de malla	Malla con elementos SHELL de superficies
Mallador utilizado:	Malla basada en curvatura de combinado
Verificación jacobiana para el vaciado	Activar
Tamaño máximo de elemento	9,27879 mm
Tamaño mínimo del elemento	3,0929 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

### Información de malla - Detalles

Número total de nodos	7039
Número total de elementos	3412
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:21
Nombre de computadora:	

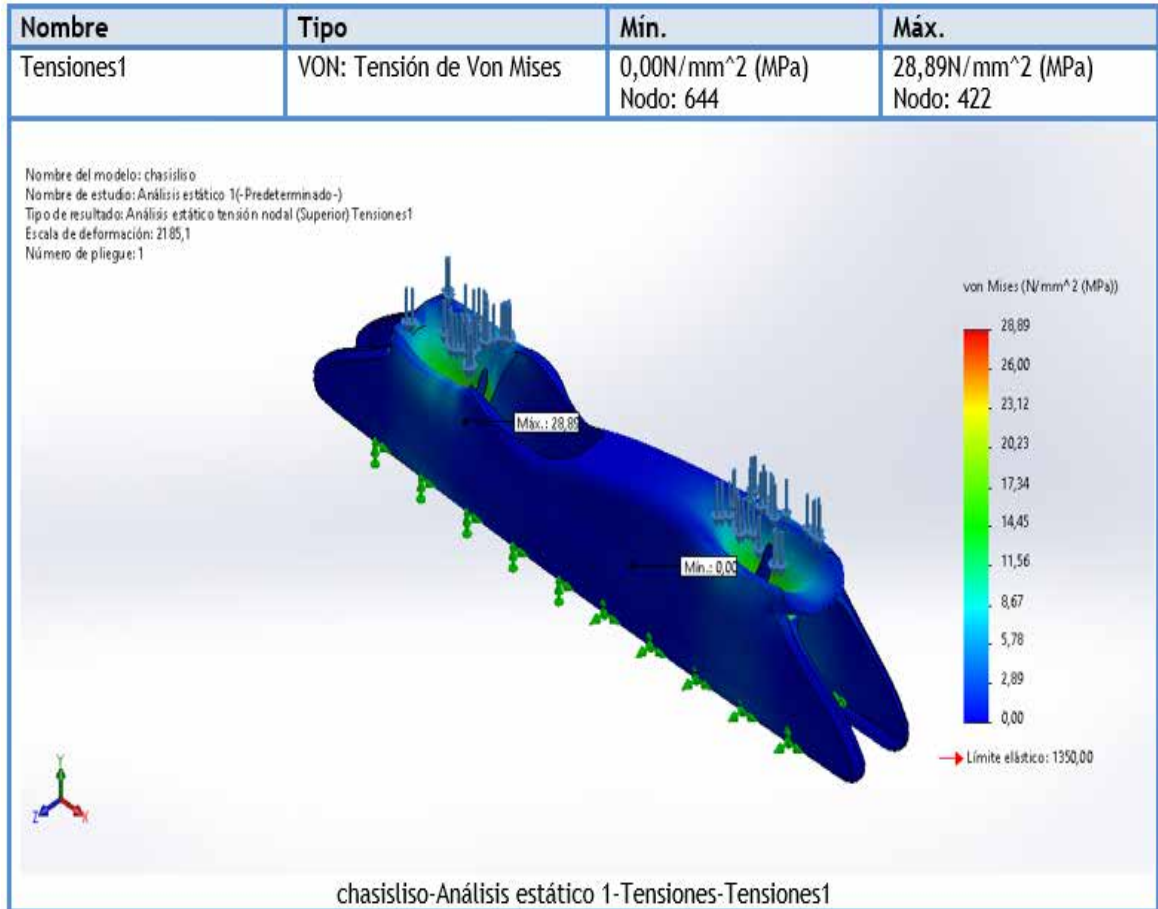


**Figura 41.** Mallado del volumen de control de la simulación.

**Fuente:** De La Hoz (2021)

Una vez que el solver de SolidWorks empieza a resolver dichos esfuerzos, obtenemos los resultados de tensiones, desplazamientos y deformación que se refleja en la figura 42:

#### 4.2.1 Tensiones en Bases delanteras y traseras:

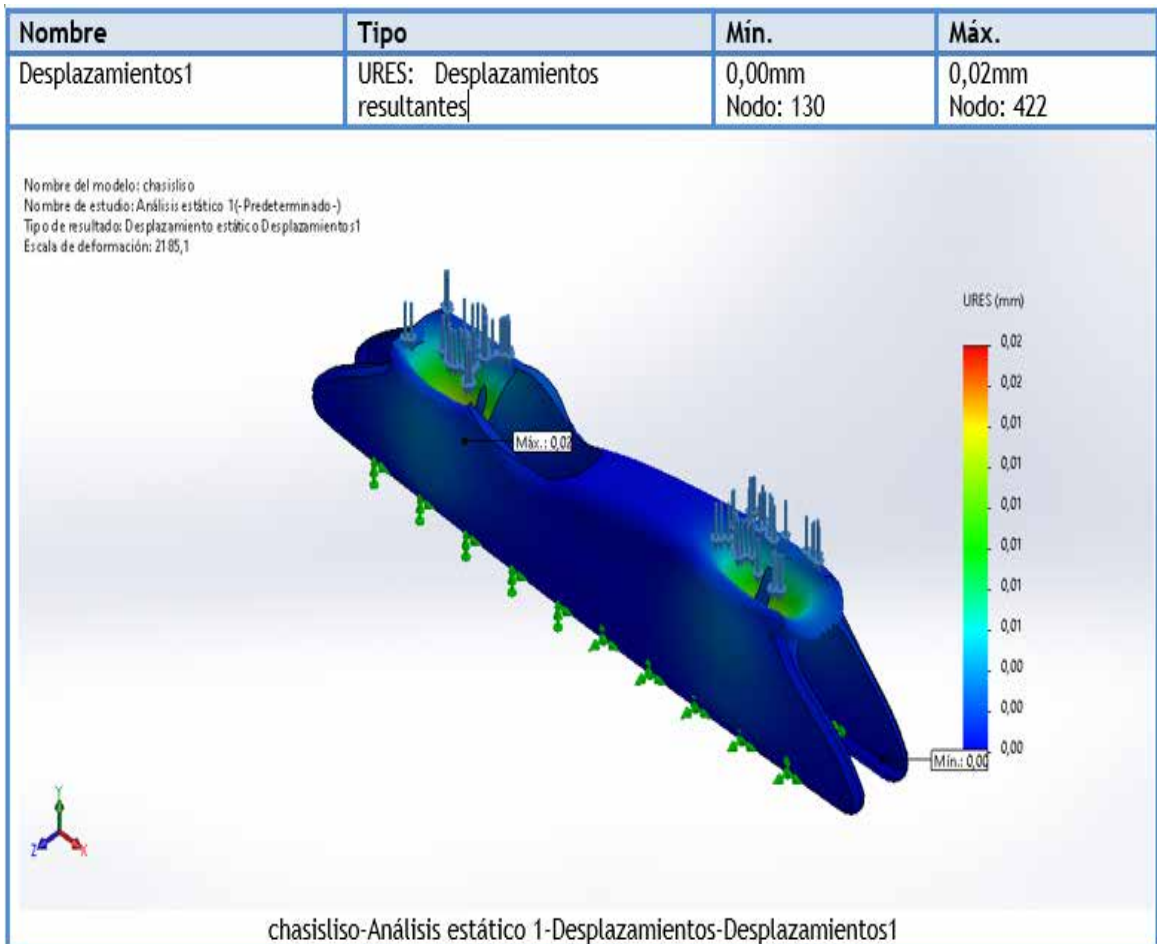


**Figura 42.** Análisis estático tensión principal  
**Fuente:** De La Hoz (2021).

Como se puede apreciar en la simulación estática, el límite elástico está por encima del Límite de Von Mises para que el chasis falle el valor de falla debería ser superior a los 1350MPa y el valor según el criterio de Von Mises es de 28,89

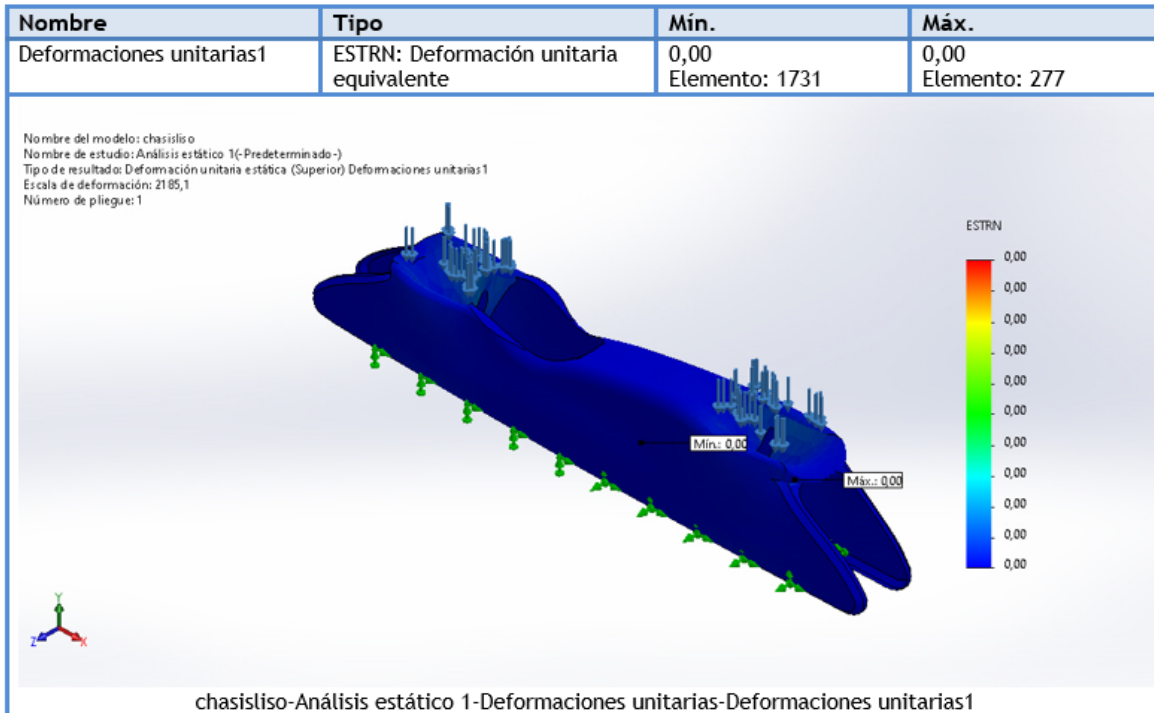
#### 4.2.2 Desplazamiento en Bases delanteras y traseras:

En cuanto al desplazamiento de la pieza no es muy alto, esto debido a las propiedades del material este desplazamiento es aceptable a que la fibra de carbono suele comportarse con alta elasticidad.(ver figura 43 y 44)



**Figura 43.** Análisis estático del desplazamiento.  
**Fuente:** De La Hoz (2021).

### 4.2.3 Deformación en Bases delanteras y traseras:



**Figura 44.** Análisis estático de deformación unitaria.

**Fuente:** De La Hoz (2021).

Las fuerzas resultantes en estos estudios se muestran en la figura 45

#### Fuerzas resultantes

##### Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	4,05312e-06	3.335,4	-1,0848e-05	3.335,4

##### Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	-0,451329	-0,000416158	0,000424089	0,45133

##### Fuerzas de cuerpo libre

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	-2,48416e-05	0,00180343	1,88832e-05	0,0018037

##### Momentos de cuerpo libre

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	-0,451329	-0,000415827	0,000424187	0,45133

**Figura 45.** Tabla de fuerzas resultantes en el estudio de la pieza.

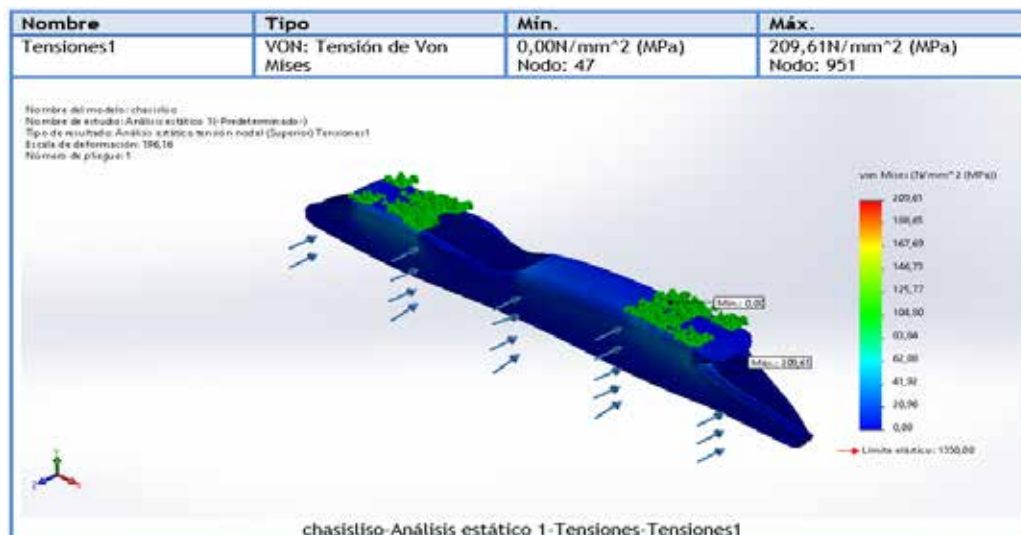
**Fuente:** SolidWorks (2021).

Ahora se calculan las tensiones, deformaciones y desplazamientos que se aplicarían al momento del patinador empujar lateralmente para lograr desplazarse hacia adelante, esto por medio del mismo simulador estático en SolidWorks.(ver figura 46)



**Figura 46.** Empuje lateral en la técnica de patinaje.  
**Fuente:** Sebastián Guzmán.

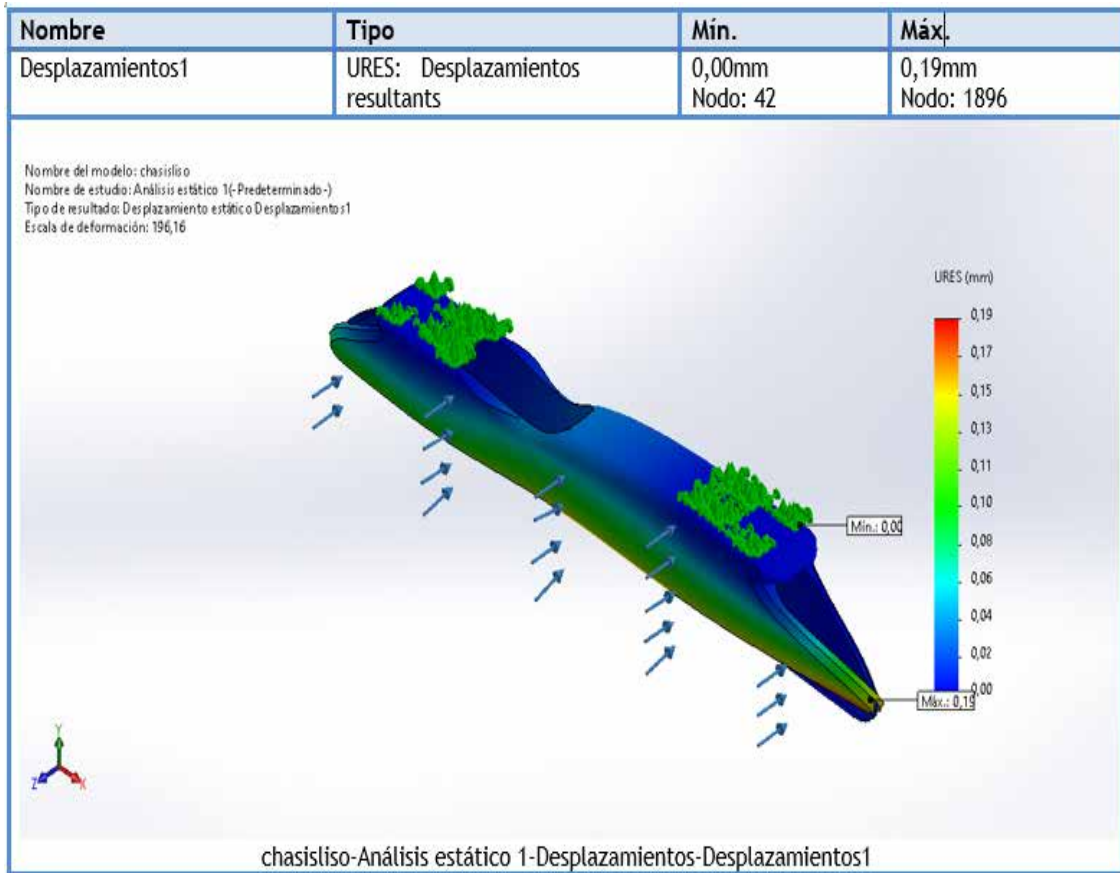
**Tensiones de empuje lateral:**



**Figura 47.** Análisis estático de tensión de empuje lateral.  
**Fuente:** De La Hoz (2021).

En estos resultados observamos que las tensiones más altas se presentan debajo de la base trasera con un valor de 209,61 MPa(ver figura 47) y que el límite elástico de esa pieza es de 1350, por lo tanto, la pieza resistirá según estos resultados este esfuerzo sin problemas.

**Desplazamiento de empuje lateral:**

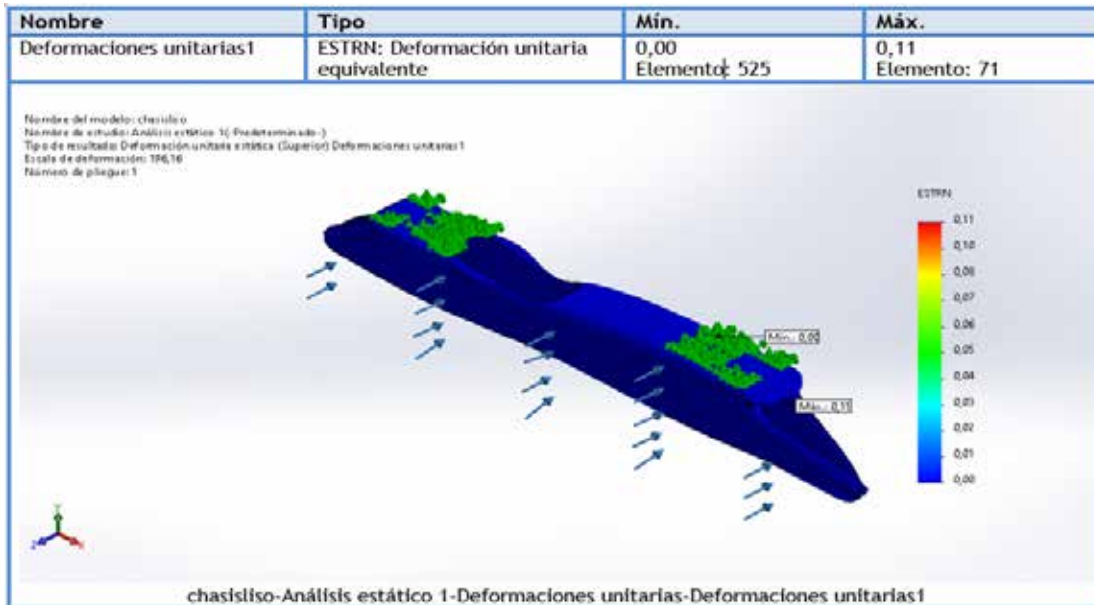


**Figura 48.** Análisis estático del desplazamiento con el empuje lateral.

**Fuente:** De La Hoz (2021).

En el estudio de desplazamiento podemos ver que el desplazamiento máximo solo se desliza 0.19mm magnitud muy aceptable( ver figura 48) para lo que será empleada este chasis.

### Deformación unitaria de empuje lateral:



**Figura 49.** Análisis estático de la deformación unitaria al realizar el empuje lateral.

**Fuente:** De La Hoz (2021).

En el estudio de la deformación unitaria ( ver figura 49) se observó que no para los 0.11 unidades métricas, lo cual nos da una muy buena referencia del material que estamos trabajando.

**Fuerzas:** En medio de este estudio se tomaron en cuenta diversas fuerzas que logro captar el solver de SolidWorks, entre estas fuerzas obtenidas están en la figura 50

#### Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	-0,000230789	-9,23426	1.661,93	1.661,95

#### Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	-43,9747	0,0113346	-0,938349	43,9848

#### Fuerzas de cuerpo libre

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	-0,000113904	-2,99215e-05	-0,000486374	0,000500429

#### Momentos de cuerpo libre

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	-43,9747	0,0113345	-0,93835	43,9848

**Figura 50.** Fuerzas resultantes del empuje lateral.

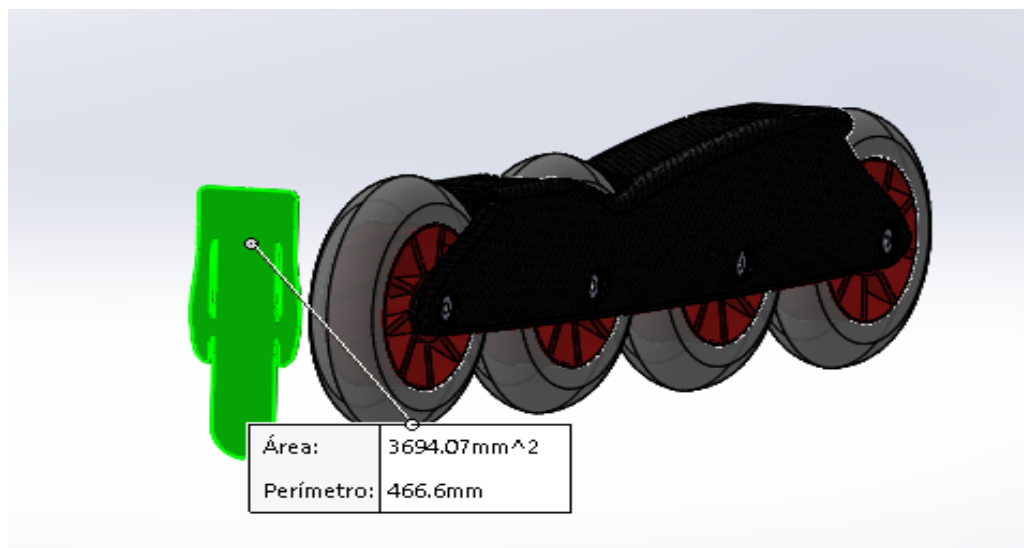
**Fuente:** De La Hoz (2021).

### 4.3 Simular el proceso aerodinámico por medio del uso de la herramienta CFD SOLIDWORKS.

#### 4.3.1 Cálculo del área de arrastre

Para obtener un chasis eficiente de competición, es necesario que la pieza diseñada sea una pieza que no tenga mucha resistencia aerodinámica, por esto decidimos cálculos las fuerzas de arrastre aerodinámicas con las que se va a enfrentar la pieza en condiciones de competencia.

Una vez diseñada la pieza se procede a realizar un ensamble en el que se le coloca las 4 ruedas con las cuales el chasis va a trabajar en competencias, posteriormente calculamos el área de arrastre que le hará frente al viendo a velocidades de entre 60 a 70km/h. Dicha área da un valor de  $3694.07\text{mm}^2$  esto es igual a  $0.00369407\text{m}^2$ . (ver figura 51)

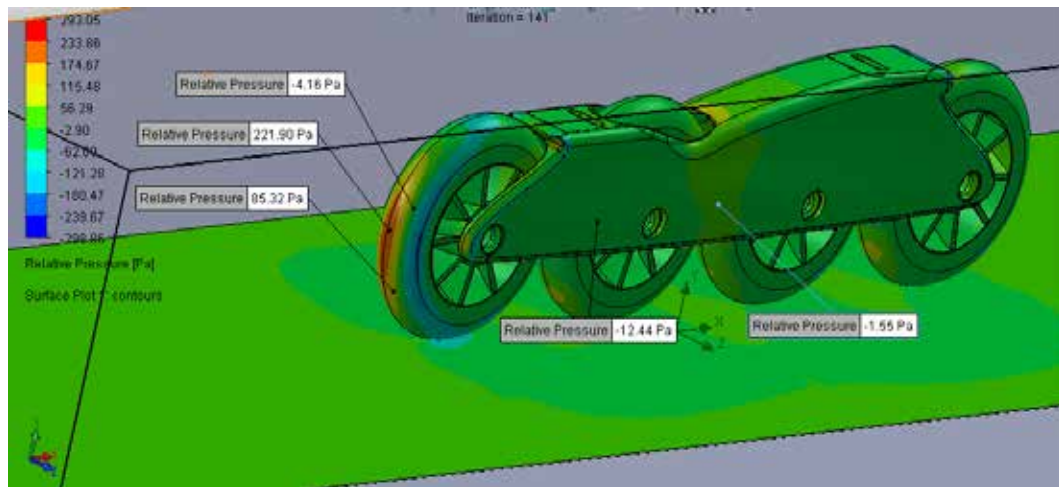


**Figura 51.** Cálculo del área de arrastre del diseño propuesto.

**Fuente:** De La Hoz (2021).

Luego de calcular el área procedemos a entraren el comando de FlowSimulation de SolidWorks para calcular la fuerza de arrastre, así como para observar el comportamiento de las líneas de viendo en la pieza. Para poder calcular la presión relativa del viendo sobre el vehículo en distintas partes como veremos a

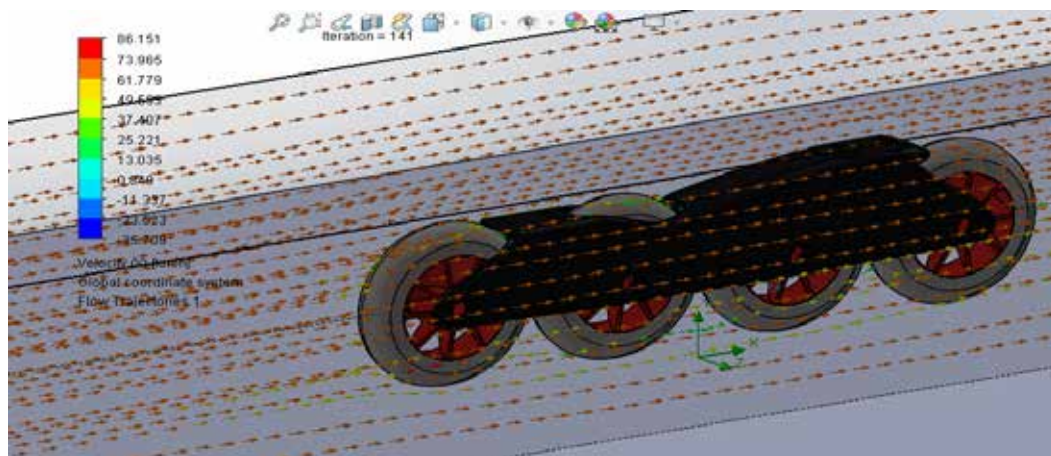
continuación en la imagen. En esta imagen se puede ver que la presión máxima (ver figura 52) está localizada al frente de la primera rueda, esta presión es la presión máxima es de 221.9Pa mientras que en resto del sistema las presiones son muy inferiores a esta.



**Figura 52.** Presión relativa del viento sobre el chasis.

**Fuente:** De La Hoz (2021).

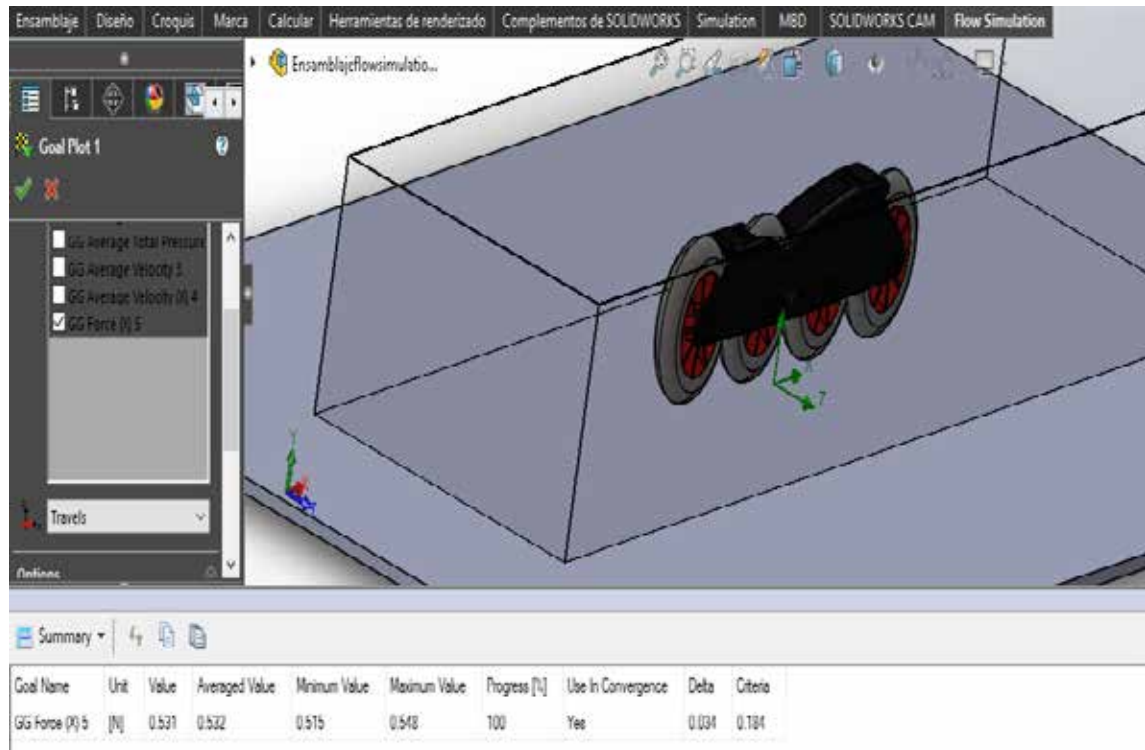
Por medio de la herramienta FlowSimulation en SolidWorks (ver figura 53) se pudo activar los flujos de corriente y así ver el recorrido del viento al chocar con la pieza diseñada.



**Figura 53.** Flujos de corriente.

**Fuente:** De La Hoz (2021).

El paso que sigue es por medio de la herramienta Goal Plot, calcular la fuerza de fricción promedio que se movió en el eje X.(ver figura 54) Dicha fuerza dio un valor de 0.532 como se puede apreciar en la imagen.



**Figura 54.** Resultados de la fuerza de fricción.  
**Fuente:** De La Hoz (2021).

El siguiente paso es calcular el coeficiente de arrastre aerodinámico, seguido por su ecuación:

$$C_d = \frac{2F}{\rho V^2 A}$$

Donde:

F = Fd = Fuerza de fricción = 0.532

V = Velocidad que desarrolla el patinador

A = área de Referencia proyectada

Se calcula la densidad del aire según los siguientes valores tabulados, (ver figura 55) para el aire se toma una temperatura de 25°C para una presión de 1 atm, este valor nos da 1,184 Kg/m<sup>3</sup>

Propiedades del aire a la presión de 1 atm

Temp., T, °C	Densidad, $\rho$ , kg/m <sup>3</sup>	Calor específico, $c_p$ , J/kg · K	Conductividad térmica, $k$ , W/m · K	Difusividad térmica, $\alpha$ , m <sup>2</sup> /s	Viscosidad dinámica, $\mu$ , kg/m · s	Viscosidad cinemática, $\nu$ , m <sup>2</sup> /s	Número de Prandtl, Pr
-150	2.866	983	0.01171	$4.158 \times 10^{-6}$	$8.636 \times 10^{-6}$	$3.013 \times 10^{-6}$	0.7246
-100	2.038	966	0.01582	$8.036 \times 10^{-6}$	$1.189 \times 10^{-5}$	$5.837 \times 10^{-6}$	0.7263
-50	1.582	999	0.01979	$1.252 \times 10^{-5}$	$1.474 \times 10^{-5}$	$9.319 \times 10^{-6}$	0.7440
-40	1.514	1002	0.02057	$1.356 \times 10^{-5}$	$1.527 \times 10^{-5}$	$1.008 \times 10^{-5}$	0.7436
-30	1.451	1004	0.02134	$1.465 \times 10^{-5}$	$1.579 \times 10^{-5}$	$1.087 \times 10^{-5}$	0.7425
-20	1.394	1005	0.02211	$1.578 \times 10^{-5}$	$1.630 \times 10^{-5}$	$1.169 \times 10^{-5}$	0.7408
-10	1.341	1006	0.02288	$1.696 \times 10^{-5}$	$1.680 \times 10^{-5}$	$1.252 \times 10^{-5}$	0.7387
0	1.292	1006	0.02364	$1.818 \times 10^{-5}$	$1.729 \times 10^{-5}$	$1.338 \times 10^{-5}$	0.7362
5	1.269	1006	0.02401	$1.880 \times 10^{-5}$	$1.754 \times 10^{-5}$	$1.382 \times 10^{-5}$	0.7350
10	1.246	1006	0.02439	$1.944 \times 10^{-5}$	$1.778 \times 10^{-5}$	$1.426 \times 10^{-5}$	0.7336
15	1.225	1007	0.02476	$2.009 \times 10^{-5}$	$1.802 \times 10^{-5}$	$1.470 \times 10^{-5}$	0.7323
20	1.204	1007	0.02514	$2.074 \times 10^{-5}$	$1.825 \times 10^{-5}$	$1.516 \times 10^{-5}$	0.7309
25	1.184	1007	0.02551	$2.141 \times 10^{-5}$	$1.849 \times 10^{-5}$	$1.562 \times 10^{-5}$	0.7296
30	1.164	1007	0.02588	$2.208 \times 10^{-5}$	$1.872 \times 10^{-5}$	$1.608 \times 10^{-5}$	0.7282
35	1.145	1007	0.02625	$2.277 \times 10^{-5}$	$1.895 \times 10^{-5}$	$1.655 \times 10^{-5}$	0.7268
40	1.127	1007	0.02662	$2.346 \times 10^{-5}$	$1.918 \times 10^{-5}$	$1.702 \times 10^{-5}$	0.7255
45	1.109	1007	0.02699	$2.416 \times 10^{-5}$	$1.941 \times 10^{-5}$	$1.750 \times 10^{-5}$	0.7241
50	1.092	1007	0.02735	$2.487 \times 10^{-5}$	$1.963 \times 10^{-5}$	$1.798 \times 10^{-5}$	0.7228
60	1.059	1007	0.02808	$2.632 \times 10^{-5}$	$2.008 \times 10^{-5}$	$1.896 \times 10^{-5}$	0.7202
70	1.028	1007	0.02881	$2.780 \times 10^{-5}$	$2.052 \times 10^{-5}$	$1.995 \times 10^{-5}$	0.7177
80	0.9994	1008	0.02953	$2.931 \times 10^{-5}$	$2.096 \times 10^{-5}$	$2.097 \times 10^{-5}$	0.7154
90	0.9718	1008	0.03024	$3.086 \times 10^{-5}$	$2.139 \times 10^{-5}$	$2.201 \times 10^{-5}$	0.7132
100	0.9458	1009	0.03095	$3.243 \times 10^{-5}$	$2.181 \times 10^{-5}$	$2.306 \times 10^{-5}$	0.7111
120	0.8977	1011	0.03235	$3.565 \times 10^{-5}$	$2.264 \times 10^{-5}$	$2.522 \times 10^{-5}$	0.7073
140	0.8542	1013	0.03374	$3.898 \times 10^{-5}$	$2.345 \times 10^{-5}$	$2.745 \times 10^{-5}$	0.7041
160	0.8148	1016	0.03511	$4.241 \times 10^{-5}$	$2.420 \times 10^{-5}$	$2.975 \times 10^{-5}$	0.7014
180	0.7788	1019	0.03646	$4.593 \times 10^{-5}$	$2.504 \times 10^{-5}$	$3.212 \times 10^{-5}$	0.6992
200	0.7459	1023	0.03779	$4.954 \times 10^{-5}$	$2.577 \times 10^{-5}$	$3.455 \times 10^{-5}$	0.6974
250	0.6746	1033	0.04104	$5.890 \times 10^{-5}$	$2.760 \times 10^{-5}$	$4.091 \times 10^{-5}$	0.6946
300	0.6158	1044	0.04418	$6.871 \times 10^{-5}$	$2.934 \times 10^{-5}$	$4.765 \times 10^{-5}$	0.6935
350	0.5664	1056	0.04721	$7.892 \times 10^{-5}$	$3.101 \times 10^{-5}$	$5.475 \times 10^{-5}$	0.6937
400	0.5243	1069	0.05015	$8.951 \times 10^{-5}$	$3.261 \times 10^{-5}$	$6.219 \times 10^{-5}$	0.6948
450	0.4880	1081	0.05298	$1.004 \times 10^{-4}$	$3.415 \times 10^{-5}$	$6.997 \times 10^{-5}$	0.6965

**Figura 55.** Tabla de propiedades de aire a presiones de 1 atm

**Fuente:** [https://imgv2-1-](https://imgv2-1-f.scribdassets.com/img/document/428034371/original/a36eaffecc/1615324708?v=1)

[f.scribdassets.com/img/document/428034371/original/a36eaffecc/1615324708?v=1](https://imgv2-1-f.scribdassets.com/img/document/428034371/original/a36eaffecc/1615324708?v=1).

Sustituyendo valores en la ecuación del coeficiente de arrastre, tenemos que:

$$Cd = \frac{2(0.532)}{(1.184)(70)^2(0.00369407)}$$

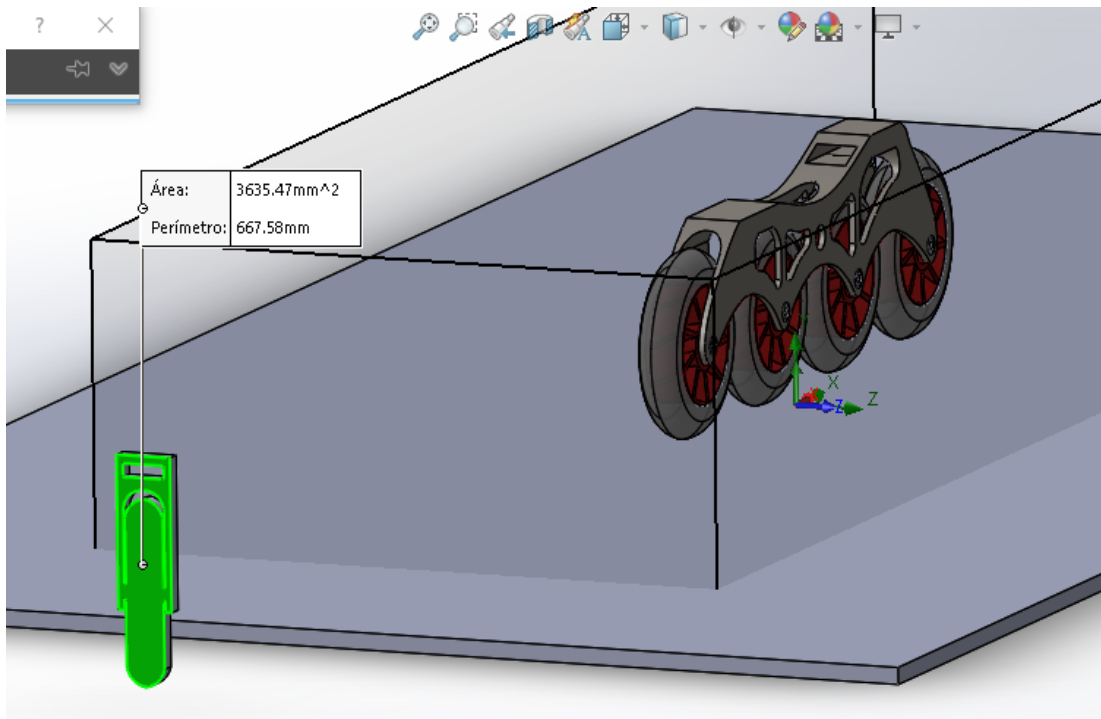
$$Cd = 0.04964$$

Ahora estos valores serán comparados ahora con los valores que se le realizaran a un chasis comercial que tiene tiempo dentro del mercado del patinaje de velocidad.

#### 4.3.2 Simulación bajo condiciones aerodinámicas de otro chasis que existe en el mercado usando dinámica de fluidos computacional.

Para saber si dicho valores que obtuvimos son adecuados le aplicaremos los mismos estudios aerodinámicos a otro chasis más comercial que tiene tiempo en el mercado. A este chasis le se realizara una a una las mismas pruebas que le realizamos a chasis diseñado. Empezamos primero realizando el chasis en 3D para posteriormente hacer un ensamblaje con las ruedas.

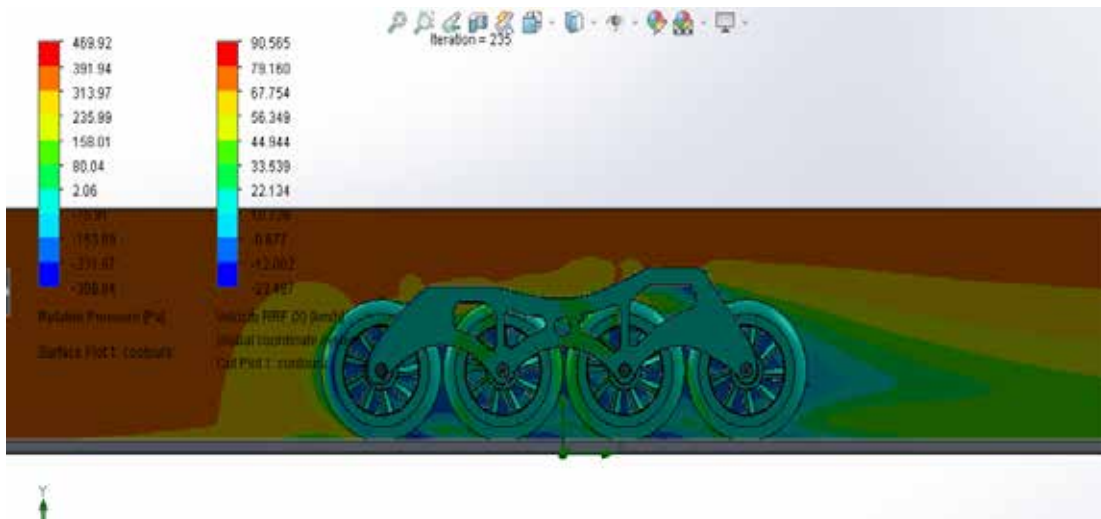
Luego se verifica el área de estudio por donde va a fluir el aire(ver figura 56) para luego calculas el área referente de proyección que chocara frontalmente con el aire en el eje X. Esta área después de se dibuja calculada nos arrojó un valor de  $3635.47\text{mm}^2$  que sería equivalentes a  $0.00363547\text{m}^2$ .



**Figura 56.** Calculo del área de arrastre del diseño que ya está en el mercado.

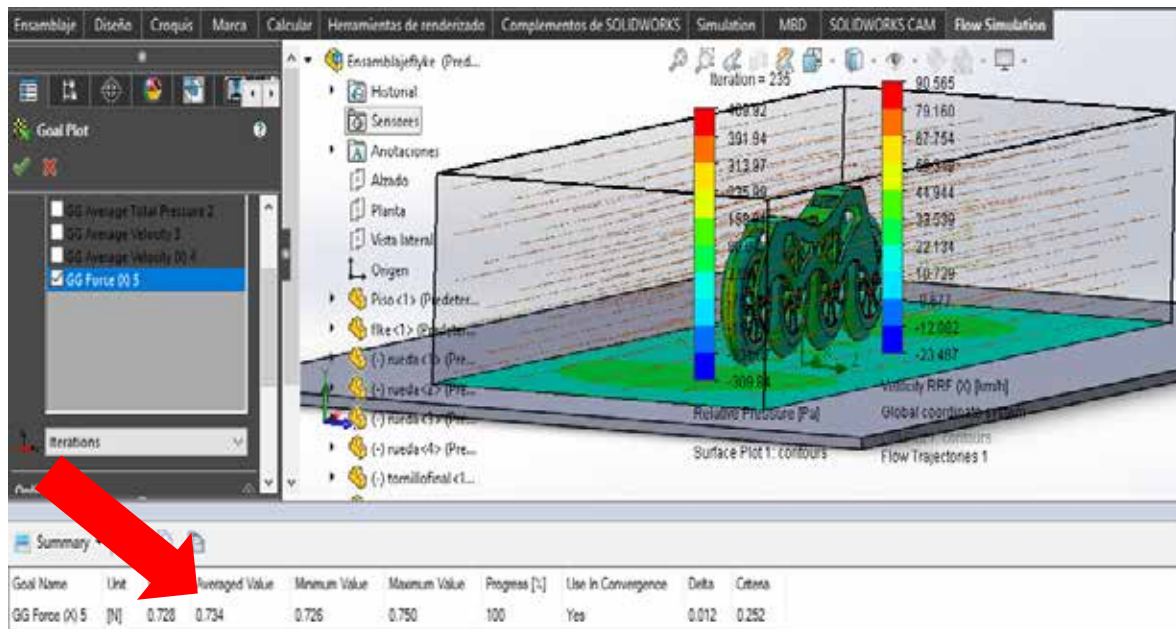
**Fuente:** De La Hoz (2021).

Luego se crea una vista lateral para poder estudiar bien las velocidades( ver figura 57 y 58 ) del viento y comparar así con los resultados de chasis diseñado anteriormente con el diseño inspirado en el platillo volador.



**Figura 57.** Comportamiento del flujo a través de la primera zona de estudio del chasis que está en el mercado por medio de sombras de velocidades.

**Fuente:** De La Hoz (2021).



**Figura 58** Resultados de la fuerza de fricción del chasis en el mercado.

**Fuente:** De La Hoz (2021).

Al terminar el estudio de las corrientes de vientos por medio de Goal Plot, calculamos la Fd (Fuerza de arrastre aerodinámico) al que está siendo sometido el chasis. Esto no da un valor de la fuerza promedio de 0.734, esto es 27.5% más que la fuerza de arrastre que el chasis que diseñamos por lo que es un valor que afecta positivamente el diseño.

Con estos valores procedemos a sustituirlos en la ecuación de coeficiente de arrastre con los valores de Fd y el área calculado:

$$Cd = \frac{2(0.734)}{(1.184)(70)^2(0.00363547)}$$
$$Cd = 0.06960$$

Podemos concluir que el Coeficiente de arrastre obtenido por el chasis que diseñamos es un 28.67% menos al coeficiente obtenido por chasis convencionales en el mercado, esto nos da un gran avance en el proceso de diseño de nuestro chasis a que los resultados teóricos prometen un gran rendimiento aerodinámico en competencias, así como una gran resistencia mecánica y ligereza.

#### **4.4 Diseñar el molde de monocasco con todas las dimensiones en sus respectivas piezas machos y hembra**

En esta etapa es indispensable tomar en cuenta los factores que influirán al momento de hacer el montaje el desmontaje de la pieza, así como el material a trabajar este molde. Por ellos seleccionaremos el diseño de un molde monocasco que es el más exitoso hoy día en el mercado ya que se ajusta a las especificaciones que requerimos para este tipo de desempeños en donde se necesita gran rigidez, fuerza y a su vez ligereza. Estos moldes son los mismos moldes utilizados para la fabricación de los cuadros de bicicletas de Rutas que se utilizan en el muy a menudo en el tour de Francia. Estos moldes están diseñados para ser sometidos a altas presiones al momentos de ser ensamblados, estos permiten ser sometidos al altas temperaturas para mejorar las propiedades mecánicas de los materiales compuestos como la fibra de carbono y también permite realizarles aperturas en distintas partes del moldes para

poder introducirles bolsas plásticas termoestables mejor conocidas como mangas para lograr inyectar aire presurizados en el interior de los moldes y asegurarse que el material en el interior del molde quede bien adherido a las paredes de este garantizando que no hayan arrugas en el acabado final y cada superficie quede donde deba estar.(ver figura 59)



**Figura 59.** Molde monocasco de acero para cuadro de bicicleta en fibra de carbono  
**Fuente:** [https://www.youtube.com/watch?v=SVi\\_RFco2-4&t=70s](https://www.youtube.com/watch?v=SVi_RFco2-4&t=70s).

Con este método se utiliza fibras de carbono Prepreg (preimpregnadas), estas fibras vienen de distintas formas de tejidos, cada tejido está elaborado para un tipo de resistencia en específico, algunos tejidos son para soportar mejores fuerzas axiales, otros tejidos son para soportar mejores fuerzas radiales y otros son más eficientes para fuerzas perpendiculares. Es importante tener en cuenta los esfuerzos anteriormente estudiados para saber en qué zonas deben ir el tipo de fibra más adecuado. Una vez ya determinado esto se proceden a cortar los pedazos de fibra de carbono con la forma más adecuada, la cantidad de capas será dependiendo el grosor de la fibra con la que

se trabaje, una vez cortadas las piezas se procede a pegar los cortes en el molde cada uno en el lugar que le corresponda según el diseño realizado.( ver figura 60)



**Figura 60.** Adherencia de los cortes de FC en el molde monocasco

**Fuente:** [https://www.youtube.com/watch?v=SVi\\_RFco2-4&t=70s](https://www.youtube.com/watch?v=SVi_RFco2-4&t=70s)

Con este proceso se obtiene cuadros muchos más ligeros y resistentes que los cuadros de bicicletas convencionales elaborados en aluminio. (ver figura 61)



**Figura 61.** Cuadros de bicicletas de ruta en fibra de Carbono

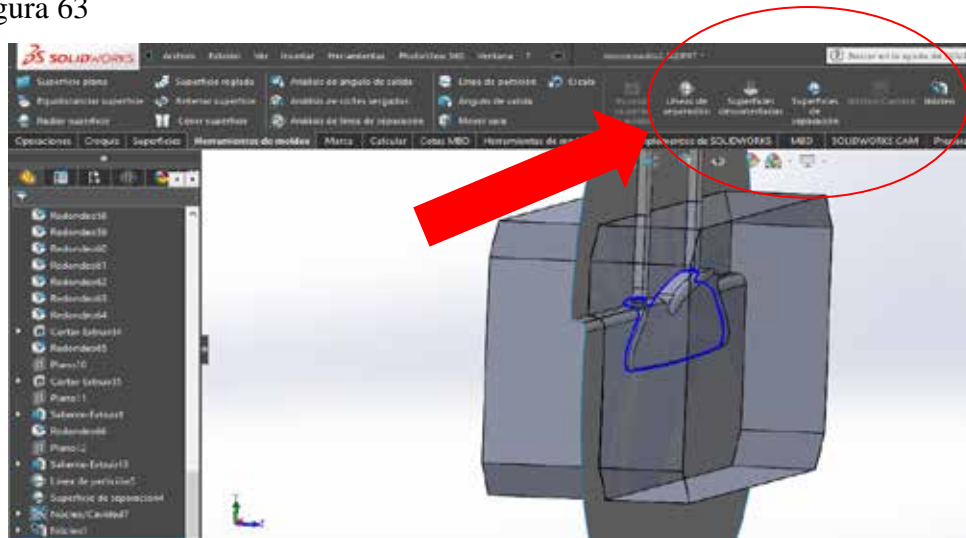
**Fuente:** <https://cdn.brujulabike.com/media/2450/conversions/cici-1000.jpg>

Una vez ya establecido el modelo del molde procedemos a calcular el tamaño y la complejidad de este, un tamaño excesivamente grande puede condicionar la fabricación de la pieza por razones de espacio, proceso constructivo, coste del material y sobre todo las herramientas, por esto decidimos hacer un molde proporcional al tamaño de la pieza, para dicho molden seleccionamos un bloque con las siguientes medidas 540mm ancho, con 240mm de altura y 150mm de profundidad con chaflanados de 30mm en los bordes , debido a que su tamaño no es muy grande nos permite abaratar costos en materiales y poder seleccionar para su diseño un material resistente como acero H13 que es especial para trabajo a altas temperaturas con una excelente combinación de dureza y resistencia a la fractura, con el mantenimiento de estas propiedades a temperaturas de hasta 600 ° C, la resistencia a los choques térmicos y grietas por fatiga térmica, este acero también tiene niveles maquinabilidad, pulido y la respuesta al importante texturización para el segmento de fabricación de moldes para inyección de plástico, dicho moldes también se elaboran el aluminio pero las propiedades mecánicas son mejores en moldes de acero, así mismo por su complejidad decidimos que dicho bloque sea dividió en 3 partes, de las cuales 2 serían hembras solo un macho. En las hembras se plasmará la superficie lateral del chasis y parte de la superficie superior y en el macho dará solo con la parte interior de este: a continuación, presentaremos el diseño plano de estas 3 piezas que fueron realizadas con el software computacional SolidWorks.(ver figura 62)



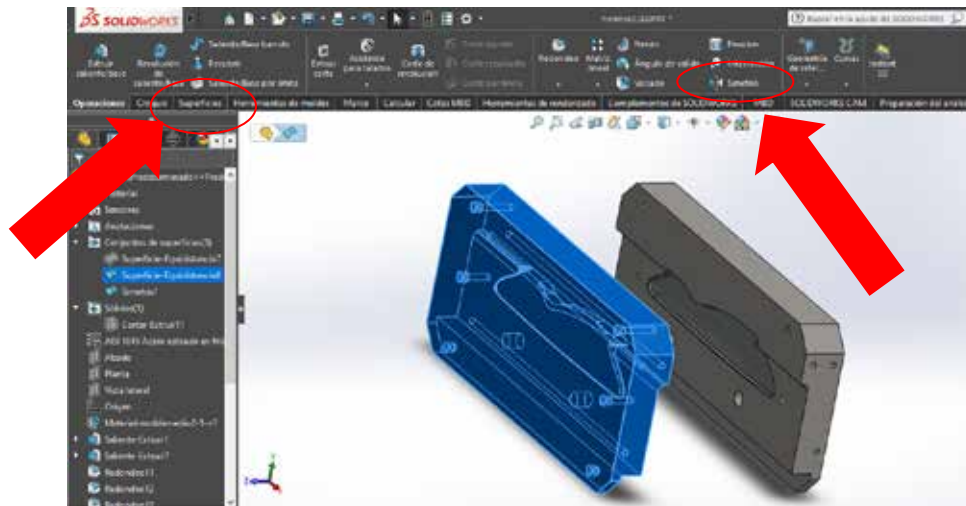
**Figura 62.** Hembra Nro1 del molde monocasco para el chasis de FC  
**Fuente:** De La Hoz (2021)

Para la elaboración de estas piezas se procedió a cortar el diseño final del chasis y someterlo a las “herramientas de moldes” en SolidWorks aplicándoles “Líneas de separación”, “superficies de separación” y por último la operación “núcleo y cavidad” para así poder separar una parte de la otra como eremos a continuación en la figura 63



**Figura 63.** Diseño en SolidWorks de Hembra Nro1 del molde monocasco para el chasis de FC  
**Fuente:** De La Hoz (2021)

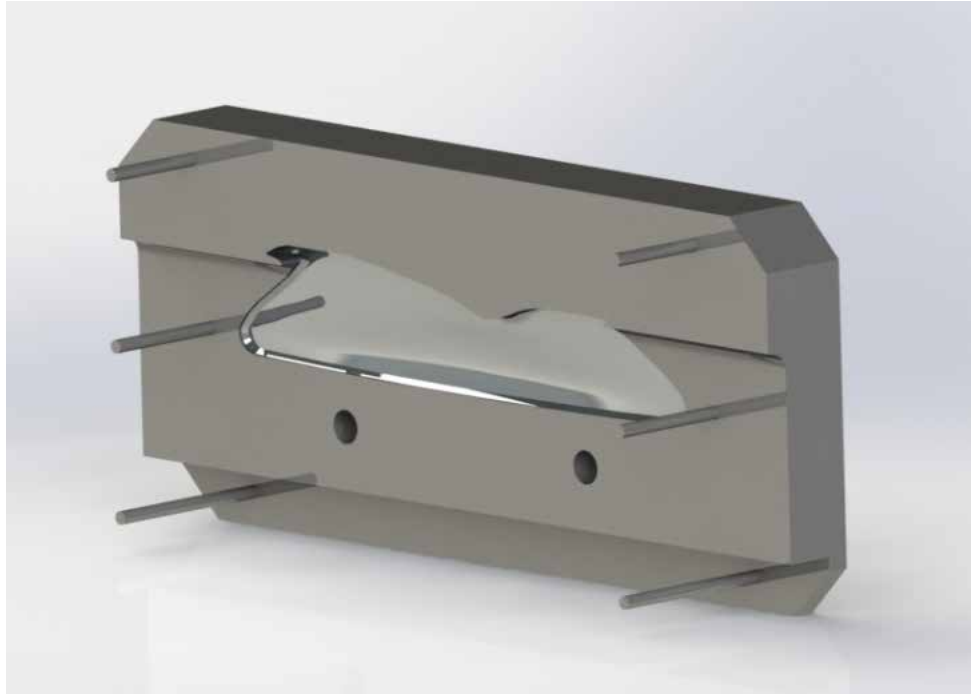
Para la realización de la Hembra Nro2 se tomó la Hembra número uno y juntando las operaciones de superficies y simetría logramos copiar simétricamente una copia exacta pero que de el lado opuesto a la que ya se tenía.(ver figura 64)



**Figura 64.** Diseño en SolidWorks de Hembra Nro2 del molde monocasco para el chasis de FC

**Fuente:** De La Hoz (2021)

Luego de realizar esta parte del molde procedemos a realizarle 6 guías de 8mm de diámetro para que sirvan a la hora de ensamblar dichos moldes en las prensas se puedan mover más fácilmente sin necesidad de utilizar tornillos.



**Figura 65.** Diseño en SolidWorks de Hembra Nro1 con Guías para ensamblar  
**Fuente:** De La Hoz (2021)

Posteriormente a la elaboración de las dos hembra elaboramos el macho de este molden, este macho será elaborado con el macho que realizamos al comienzo y luego con una operación de superficies y simetrías copiamos la contraparte que dará frente con la hembra Nro2, luego de tener la pieza lista en ambos lados extruimos una cavidad que saldrá por la tarde superior central de la pieza, esta abertura será por donde se conectara la válvula para inyección de aire presurizado y a su vez será por donde pase la manga o bolsa termoestable que hará que se adhieran bien las láminas de fibra con el molden en el momento de montarlas en la presa.

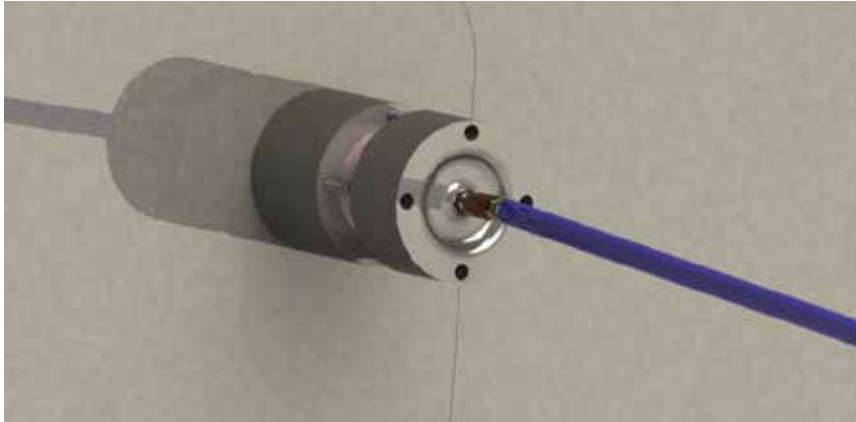


**Figura 66.** Diseño en SolidWorks de Hembra Nro1 del molde monocasco para el chasis de FC

**Fuente:** De La Hoz (2021)

Estas tres piezas se tomaron con el Software de SolidWorks un gradiente de desmoldeo de 0.25 a 1° máximo, para estos moldes de monocasco su gradiente no debe ser grande a que diferencia de los moldes a inyección su desmoldeo es mucha más lenta y elaborados a diferencia de los moldes de inyección plástica que si necesitan un desmontaje que sea más sencillos rápidos, de igual manera se recomiendo en caso de que este molde será elaborado en físico que se le realice un buen rodaje de molde ya que esta comprobado que un molde nuevo tiene mayor tendencia adherir que un molde usados ya varias veces, por esto es recomendable aplicar mínimo 6 capas de algún agente desmoldeantes antes de fijar la fibra de carbono prepreg, este agente puede ser cualquier barrera filmógenas (APV) o las ceras clásicas de desmoldeo.

Así mismo procedemos diseñar la pata a prueba de presiones altas que va a lado del macho, esta tapa es una tapa especial que se asegura que el aire no se escape entre el molde y la conexión de aire, esta tapa tendrá 4 tornillos que serán fijados en el macho de dicho molde asegurando una alta presión entre la manga y el molde.



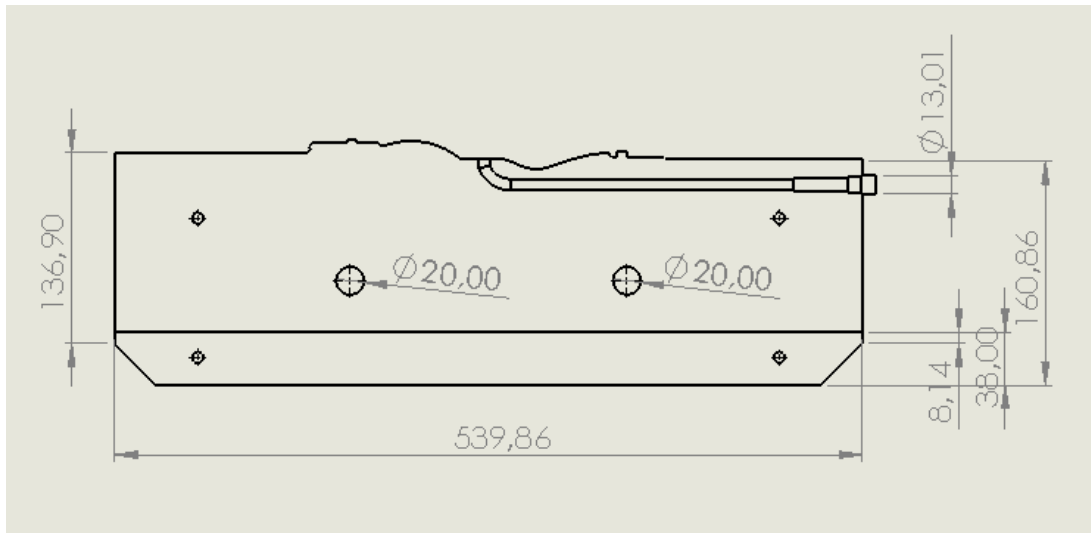
**Figura 67.** Conexión de aire presurizado en el macho  
**Fuente:** De La Hoz (2021)

Una vez que este molde este ensamblado será colocado en unas prensas para ser sometidos gradualmente a las altas presiones, según el documentas hecho por GNC en español las empresas fabricantes de bicicletas como LOOK usan presiones que oscilan de entre 2 a 10 Bares durante 45 minutos a 170° C de temperatura, otras empresas como

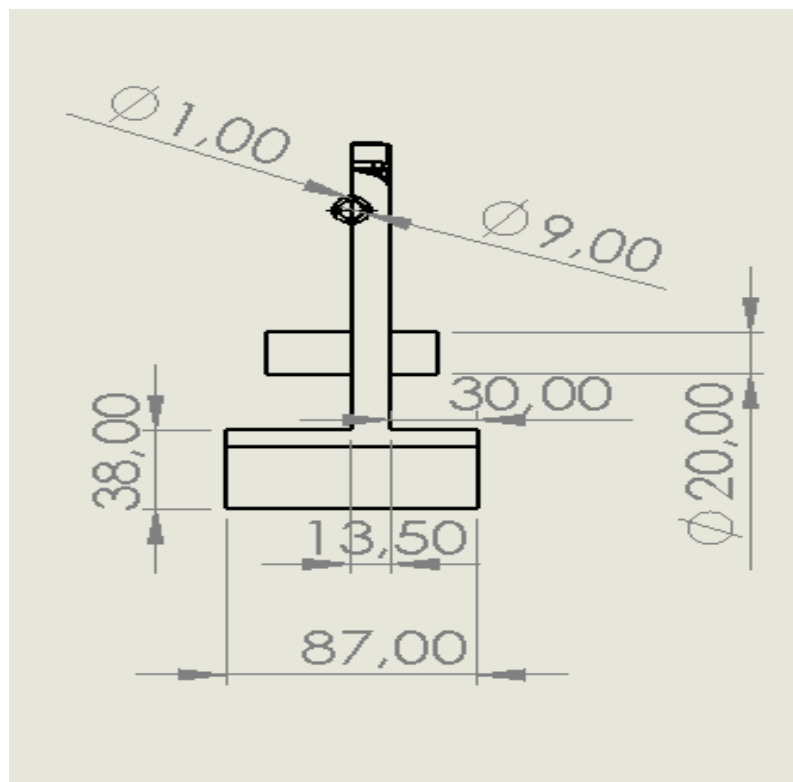


**Figura 68.** Molde montado en la prensa de la fábrica de bicicletas LOOK  
**Fuente:** <https://www.youtube.com/watch?v=pk-0XV1Ro8o&t=556s>

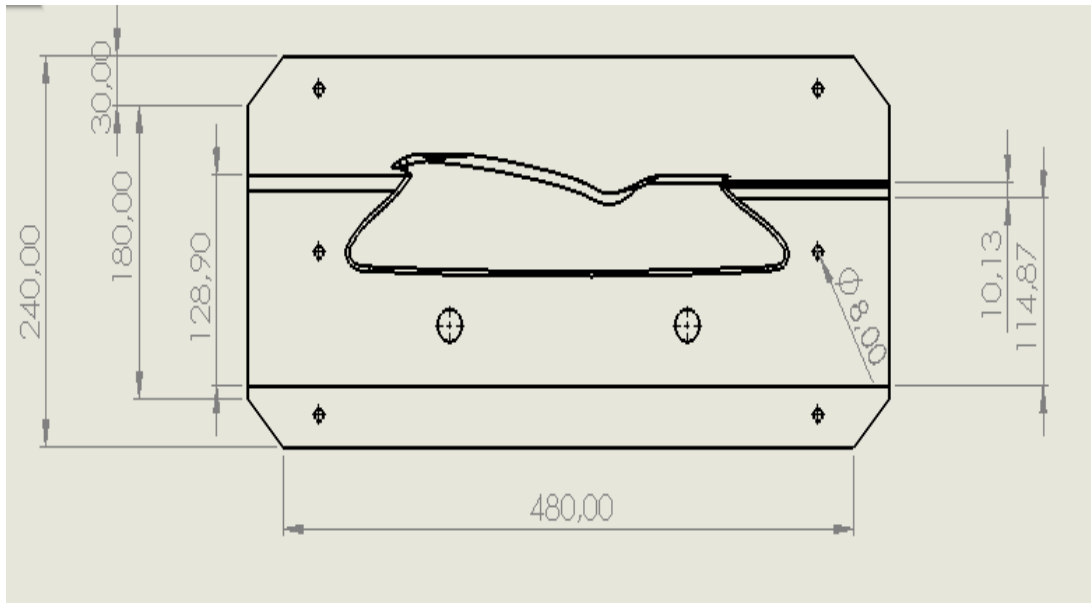
A continuación, mostraremos un plano en 2D de las piezas diseñadas en este trabajo de grado con medidas especificadas:



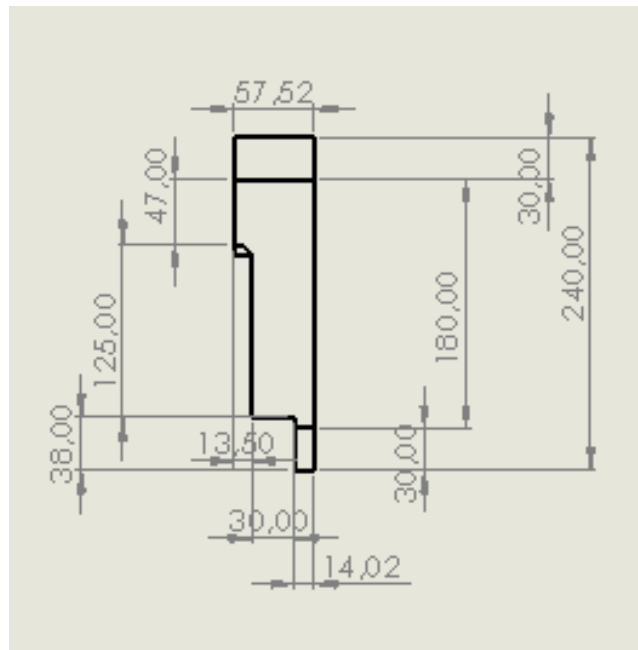
**Figura 69.** Plano 2D de macho vista lateral  
**Fuente:** De La Hoz (2021)



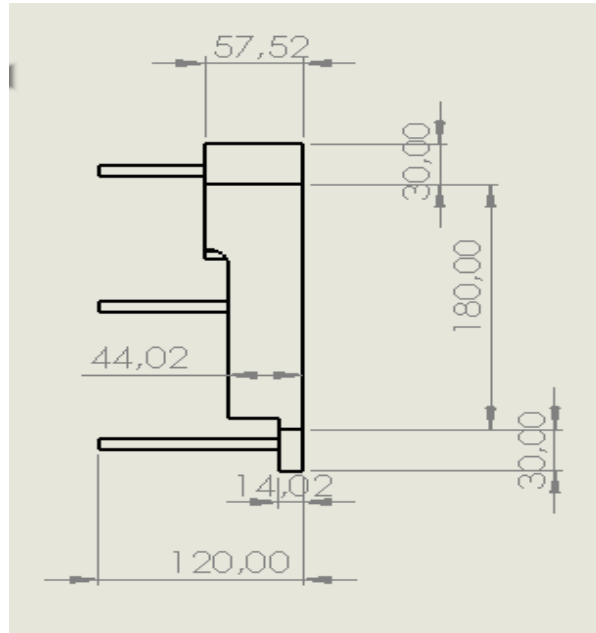
**Figura 70.** Plano 2D de macho vista frente  
**Fuente:** De La Hoz (2021)



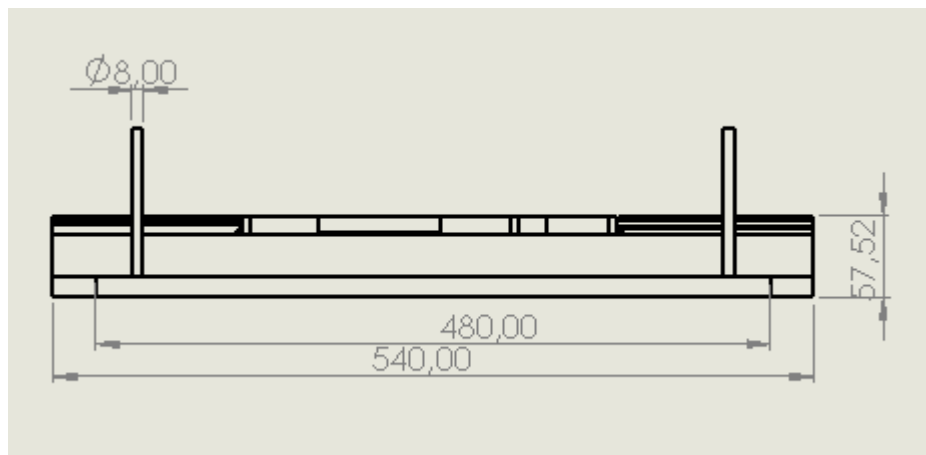
**Figura 71.** Plano 2D de Herma2 vista lateral  
**Fuente:** De La Hoz (2021)



**Figura 72.** Plano 2D de Herma2 vista frente  
**Fuente:** De La Hoz (2021)



**Figura 73.** Plano 2D de Herma1 vista frente  
**Fuente:** De La Hoz (2021)



**Figura 74.** Plano 2D de Herma1 vista frente  
**Fuente:** De La Hoz (2021)

Así que una vez realizadas nuestras piezas procedemos a hacer un ensamblaje completo de todas las piezas para verificar que cada pieza quede donde debería además de crear nuevas piezas que logren dar una mejor visualización de las cavidades donde van las resistencias y las conexiones de aire presurizado para

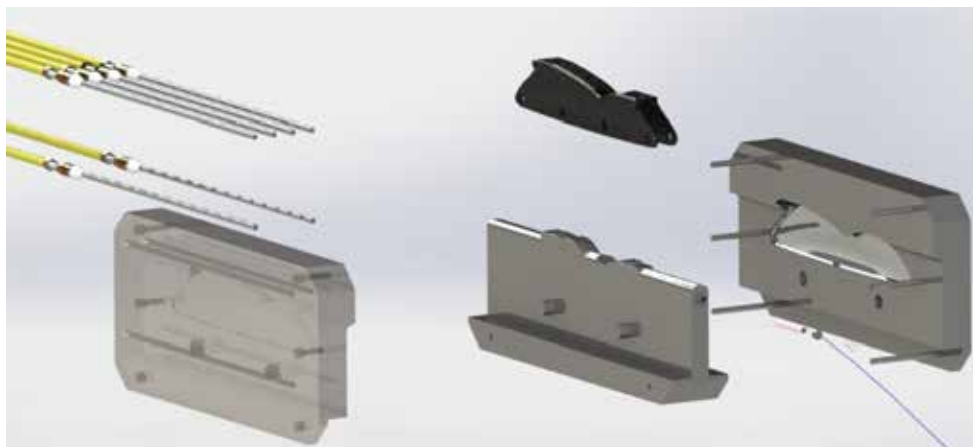
asegurarnos de que este molde tiene las medidas más adecuadas para realizar su trabajo.



**Figura 75** Vista final de molde monocasco armado

**Fuente:** De La Hoz (2021)

Aquí podemos observar el molde ensamblado totalmente, podemos observar como 3 resistencias que penetran a las piezas hembras para generar las temperaturas que deseamos buscar y a su vez podemos ver ya conectado el paso para el aire presurizado. También podemos detallar en la siguiente imagen una breve explosión de este sistema. (Ver imagen 70)



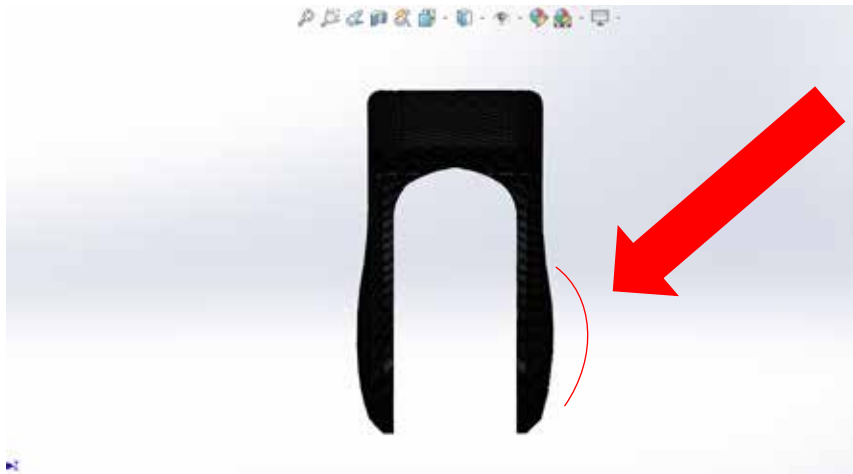
**Figura 76.** Vista explosión del sistema de molde monocasco

**Fuente:** De La Hoz (2021)

#### 4.5 Determinar un diseño propuesto para la manga que se utilizara en el molde al momento de realizar el chasis de FC

Para diseñar la manga es necesario que sea completamente a prueba de temperaturas mayores a los 170° C y a su vez que aguante altas presiones para que al momento de inyectar el aire no se rompa o pierda sus propiedades físicas. Estas mangas son bolsas especiales fabricadas por empresas especializadas en esta rama de inyección. Son muy comunes en los moldes de inyección de botellas plásticas.

El diseño seleccionado para esta bolsa es un diseño inspirado en la forma de los pulmones de los seres humanos dicha forma asegura que al momento de ser comprimido el aire la parte lateral del chasis logre quedar con la forma de avión ADIFO que es el diseño que originalmente buscamos. Una vez el proceso de moldeado allá finalizado esta bolsa se retira ayudando también a que la estructura hueca a los laterales del chasis logre mayor ligereza.



**Figura 77.** Vista de la curvatura en forma de avión ADIFO  
**Fuente:** De La Hoz (2021)



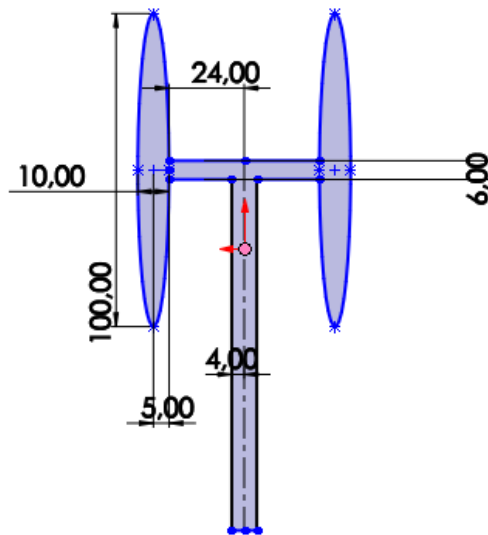
**Figura 77.** Diseño de la manga termoestable

**Fuente:** De La Hoz (2021)

Esta manga va justo en medio de las capas de fibra de carbono que van fijadas en el macho y en las hembras antes del empezar el proceso de moldeo, una vez utilizadas muchas veces se desecha a que no pueden ser reutilizables, así como hay otras que son especiales para y si son reutilizables, esto depende de la empresa que fabrique dicha manga.



**Figura 78.** Acercamiento de la vista isométrica de la manga  
**Fuente:** De La Hoz (2021)



**Figura 79.** Dimensiones propuestas para la manga  
**Fuente:** De La Hoz (2021)

## CONCLUSION

Al elaborar un diseño de un molden para un chasis en fibra de carbono por medio de este software SolidWorks nos permite identificar las capacidades que tiene dicho molden al momento de fabricar la pieza y a su vez podemos predecir el comportamiento de la pieza antes de que este fabricada.

Después de realizar el diseño propuesto por el diseñador logramos someter a esta pieza a distintas pruebas de esfuerzos de tensiones y compresiones obteniendo resultados buenos, debido a que la capacidad del límite elástico de la pieza nos dio de 1350MPa y el esfuerzo mayor obtenido fue algunas penas de 209,61Mpa magnitud que esta muy lejos de hacer que nuestra pieza falle, a su vez gracias a el simulador FlowSimulation de SolidWorks logramos hacer el análisis aerodinámico a la pieza diseñada y a su vez pudimos comparar estos resultados con otros chasis ya existentes en el mercado obteniendo resultados muy satisfactorios esto debido que a pesar de que el área de arrastre de nuestra pieza diseñada es mayor que el área de arrastre de las ya existentes en el mercado la pieza diseñada resulto dar una fuerza de fricción de 0,515 y la pieza en el mercado de 0.728, ósea nuestra pieza obtuvo un resultado 27,5% mejor que el de las piezas en el mercado, a su vez el Coeficiente de arrastre aerodinámico bajo de ser 0,06968 en la pieza en el mercado a ser 0,04964 en la pieza diseñada.

Con estos resultados podemos considerar que la pieza daría muy buenas resultados al momento de ser fabricada de ser sometidas a estas condiciones, por otra parte el diseño exterior de molde con sus proporciones indicadas en este estudio nos permite ver que tendrá un fácil manejo a la hora de ser ensamblado en cualquier tipo de presan y a su vez garantiza una producción rápida sin retrasos lo que asegura una producción en masa eficiente a la hora que el proyecto se quiera plasmar en físico por alguna empresa, a su vez los resultados obtenidos nos permite considerar que dicha pieza que se conseguirá con este sistema de moldeado será una pieza única que permitirá un alto rendimiento a los patinadores profesionales que logren alcanzar velocidades superiores a los 60Km/h. Adicional a esto podemos considerar que el

molden realizado tendrá una vida útil de largo alcance debido a que las condiciones de presión con las que se trabajan no superó los 12 bares, esto se debe a que el material seleccionado para este fue un acero AISI 1045 el cual tiene un límite de elasticidad más que adecuado para este trabajo.

## **RECOMENDACIONES**

En este estudio se considera prudente la recomendación de analizar primero el tipo y modelo de presa con el que se va a trabajar, esto es debido a que dependiendo la prensa con la que se trabaje los grosores de las paredes puedan ser modificadas a grosores más angostos logrando así abaratar costos en caso de querer fabricar dicho molden.

Cabe destacar que, debido al alto límite de elasticidad obtenido en dicho estudio, podemos jugar con el diseño, específicamente con el grosor de las paredes laterales para así posibilitar una mejora en el peso total de dicha pieza logrando mayor ligereza en esta. A su vez recomendamos hacer un análisis de transmisión vibracional esta recomendación mencionada permite aumentar el rendimiento de dicha pieza en condiciones de suelos poco lisos, así como podría tener cierta influencia en la salida del patinador a la hora de pruebas contra reloj.

## REFERENCIAS

- Abruscato Z. Antonio J. (2019) **“Diseño aerodinámico del alerón delantero de un monoplaza de fórmula 1 bajo las condiciones del autódromo nazionale di Monza mediante el uso de técnicas de aproximación numérica CFD”**. Venezuela- San Diego: Universidad José Antonio Páez
- Arias (2006) **“El proyecto de investigación”** Sexta edición. Editorial Episteme
- Arias, F (2012). **El proyecto de investigación**. Introducción a la metodología científica. (6ª. Ed.). Caracas, Venezuela. Editorial Episteme
- Balestrini, M (2006). **Como se elabora el proyecto de investigación**. (7ª. Ed.) Caracas, Venezuela
- Castro (2003) **“El proyecto de investigación y un esquema de elaboración”**. 2da Edición.
- Cengel, Y. (2007): **Fundamentos de Mecánica de Fluidos**. (2ª ed.). Mexico D.F: McGraw Hill Education.
- EUGENE A. AVALLONE, THEODORE BAUMEISTER III y ALI M. SADEGH (2007) **Standard Handbook for Mechanical Engineers”**. New York:
- Fonseca A. (2018) **“Diseño y construcción de un molde de inyección para el soporte unión entre el casco y la carcasa de la orejera para la empresa Halley Corporación”**. Disponible en:  
<https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/28173/1/Tesis%20I.%20M.%20467%20-%20Fonseca%20Muncha%20Antonio%20Fernando.pdf>
- Hurtado I. y Toro G. (2000): **Paradigmas y métodos de investigación en tiempos de cambio**. (4ta ed) Venezuela: Valencia.

Pallella, S & Martins, F. (2010). **Metodología de la investigación cuantitativa**. (2ª. Ed.). Caracas, Venezuela

Prada R. y Acosta J. (2017) **“El moldeo en el proceso de inyección de plásticos para el logro de objetivos empresariales”**. Disponible en:  
[https://www.researchgate.net/publication/313266708\\_El\\_Moldeo\\_en\\_el\\_Proceso\\_de\\_Inyeccion\\_para\\_el\\_Logro\\_de\\_Objetivos\\_Empresariales\\_The\\_Molds\\_in\\_The\\_Injection\\_Process\\_for\\_the\\_Achievement\\_of\\_Business\\_Objectives\\_O\\_Moldeo\\_no\\_Processo\\_de\\_Injecao\\_para\\_Alcancar\\_os\\_](https://www.researchgate.net/publication/313266708_El_Moldeo_en_el_Proceso_de_Inyeccion_para_el_Logro_de_Objetivos_Empresariales_The_Molds_in_The_Injection_Process_for_the_Achievement_of_Business_Objectives_O_Moldeo_no_Processo_de_Injecao_para_Alcancar_os_)

Rocha J. y González O. (2014) **“Factibilidad del uso de fibra de carbono reciclada como reforzante mecánico en poliuretano”**. Disponible en:  
<https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/757/1/Juan%20Rocha%20Gonz%C3%A1lez%20Oscar%20de%20Santiago%20Gonz%C3%A1lez%20MN.pdf>

Sabino, Carlos A. (1986): **“Conocimiento y método, en El proceso de investigación”**. Humanista. Buenos Aires

Silva Pedro A. (2016) **“Refuerzo Estructural con Fibra de Carbono”**. Disponible en: <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/5412/1/124328.pdf>

Tamayo & Tamayo, M (1997). **El Proceso de la Investigación científica**. México. Editorial Limusa S.A.

World skate (2020) **Speed**  
Fuente Digital: <http://www.worldskate.org/speed.html>

## **ANEXOS**

**ANEXO A**  
**CHASIS EN ALUMINIO DE PATINAJE DE CARRERA CON MAS DE 10 AÑOS**  
**EN EL MERCADO**



**ANEXO B**  
**CHASIS EN FIBRA DE CARBONO CON MAS DE 5 AÑOS EN EL MERCADO**



**ANEXO C**  
**CHASIS DE FIBRA DE CARBONO CON PERFORACIONES CON MAS DE 5**  
**AÑOS EN EL MERCADO**



**ANEXO D**  
**RUEDAS 110MM DE PATINES PROFESIONALES**



**ANEXO E**  
**PATINES COMPLETOS EMSABLADOS CON BOTAS PROFESIONALES DE**  
**LA MARCA VENEZOLANA ALHOZ SKATES**



