UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALCOY

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

"Diseño, simulación y análisis de una guía de triskate"

Autor:

D. Vicent Sanz Tortosa

Dirigido por:

Dr. Miguel Ángel Sellés Cantó

Convocatoria Julio de 2018

RESUMEN

En el presente Trabajo de Final de Grado se va a realizar un estudio de diseño y simulación de una guía de triskate para un uso más profesional, patinadores con más experiencia que busquen un salto cualitativo y un aumento de la velocidad en su patinaje, que puede ser acoplado en cualquier bota con el sistema de anclaje más utilizado, y que ofrezca mejoras en estabilidad y velocidad.

El principal objetivo de la realización de este proyecto es que el patinador consiga mayor maniobrabilidad durante el recorrido, ya que la velocidad se ve implementada con el uso de un patín con ruedas de mayor diámetro, frente a un patín convencional de 4 ruedas de menor diámetro. Con la unión de estos dos factores, el patinador debería ser capaz de mejorar el rendimiento de su patinaje y por lo tanto ser más competitivo frente al resto de patinadores.

Primeramente, se realizará una introducción al mundo del patinaje, y más concretamente al patinaje de competición de velocidad, que es donde especialmente se utilizan este tipo de patines. Expuestas las necesidades, se pasará a la realización de los diseños en un software CAD, posteriormente se deberá realizar una selección de materiales con un software específico para ello. Con dichas partes realizadas, se realizará una simulación de esfuerzos y cargas, así como un pequeño estudio aerodinámico, y así obtener los resultados finales de nuestro estudio. Por último, se realizará una selección del proceso de fabricación que se necesitará para su producción, y un pequeño estudio sobre la viabilidad económica del proyecto.

SUMMARY

In the present Final Degree Project, a design and simulation study of a triskate guide for competition will be carried out, which can be coupled to any boot with the most used anchoring systems and will offer improvements in stability and speed.

The main objective of the realization of this project is for the skater to achieve greater maneuverability during the course, since the speed is implemented with the use of a skate with wheels of greater diameter, compared to a conventional skate with 4 wheels of smaller diameter. With the union of these two factors, the skater should be able to improve the performance of his skating and therefore be more competitive against the other skaters.

First, there will be an introduction to the world of skating, and more specifically to speed competition skating, which is where these types of skates are used especially. Exposed the needs, it will happen to the realization of the designs in a software CAD, later it will have to realize a selection of materials with a specific software for it. With these parts performed, a simulation of efforts and loads will be carried out, as well as a small aerodynamic study, in order to obtain the final results of our study. Finally, a selection will be made of the manufacturing process that will be needed for its production, and a small study on the economic viability of the project.

RESUM

En el present Treball de Final de Grau es va a realitzar un estudi de disseny i simulació d'una guia de triskate per a competició, que pot ser acoblat a qualsevol bota amb el sistema d'ancoratge més utilitzat, i que ofereixi millores en estabilitat i velocitat.

El principal objectiu de la realització d'aquest projecte és que el patinador aconsegueixi major maniobrabilitat durant el recorregut, ja que la velocitat es veu implementada amb l'ús d'un patí amb rodes de major diàmetre, enfront d'un patí convencional de 4 rodes de menor diàmetre . Amb la unió d'aquests dos factors, el patinador hauria de ser capaç de millorar el rendiment del seu patinatge i per tant ser més competitiu davant la resta de patinadors.

Primerament, es realitzarà una introducció al món del patinatge, i més concretament al patinatge de competició de velocitat, que és on especialment es fan servir aquest tipus de patins. Exposades les necessitats, es passarà a la realització dels dissenys en un programari CAD, posteriorment s'haurà de realitzar una selecció de materials amb un programari específic per a això. Amb aquestes parts realitzades, es realitzarà una simulació d'esforços i càrregues, així com un petit estudi aerodinàmic, i així obtenir els resultats finals del nostre estudi. Finalment, es realitzarà una selecció del procés de fabricació que es necessitarà per a la seva producció, i un petit estudi sobre la viabilitat econòmica del projecte.

LISTADO DE FIGURAS

ILUSTRACIÓN 1. DISEÑO DE JOSEPH MERLIN 14
ILUSTRACIÓN 2.PRIMEROS DISEÑOS DE PATINAJE EN LÍNEA 15
ILUSTRACIÓN 3.UNOS DE LOS PRIMEROS DISEÑOS DE PATÍN EN LÍNEA ROBERT JOHN TYERS 1823. 15
ILUSTRACIÓN 4.PATINES EN LÍNEA CON DOS RUEDAS, MARCA PECK & SNYDER CO (1900) 16
ILUSTRACIÓN 5.PATINES DE LOS HERMANOS OLSON 17
ILUSTRACIÓN 6.PATÍN DE 1979, MUY SIMILAR A LOS PATINES DE VELOCIDAD ACTUALES 18
ILUSTRACIÓN 7.PATÍN DE VELOCIDAD REGLAMENTARIO, MARCA POWERSLIDE 19
ILUSTRACIÓN 8.PATÍN DE VELOCIDAD PARA PRUEBA DE MARATÓN 19
ILUSTRACIÓN 9. TIPOS DE PERFILES DE RUEDA 21
ILUSTRACIÓN 10.SEPARADOR PARA RODAMIENTOS DE ANCHO 6MM 22
ILUSTRACIÓN 11.BOTA DE CAÑA ALTA 23
ILUSTRACIÓN 12.BOTA DE CAÑA BAJA 24
ILUSTRACIÓN 13.CHASIS SEBA PARA FREESKATE 243MM 25
ILUSTRACIÓN 14.CHASIS PARA PATINAJE AGRESIVO 25
ILUSTRACIÓN 15.CHASIS MARCA ALPHA 4X90MM 26
ILUSTRACIÓN 16.CHASIS DE VELOCIDAD MARCA POWERSLIDE, 4X110MM 26
ILUSTRACIÓN 17.CHASIS CON ANCLAJE TIPO UFS 29
ILUSTRACIÓN 18.CHASIS CON EL TIPO DE ANCLAJE FSK 29
ILUSTRACIÓN 19.CHASIS Y BOTA DEL ANCLAJE TRINITY 31
ILUSTRACIÓN 20.COMPARATIVA DE DISTANCIA RECORRIDA POR VUELTA DE LA RUEDA SEGÚN DIÁMETRO 32
ILUSTRACIÓN 21.DETALLE DE UNA GUÍA QUE COMPARTE ESPACIO PARA 3 Y 4 RUEDAS DE DIFERENTES DIÁMETROS 33
ILUSTRACIÓN 22.EJEMPLO DE CHASIS EN EL QUE LAS DOS RUEDAS TRASERAS ESTÁN MÁS JUNTAS 34
ILUSTRACIÓN 23.DISPOSICIÓN FLAT 34
ILUSTRACIÓN 24.DIFERENTES TIPOS DE DISPOSICIONES ROCKERING 35
ILUSTRACIÓN 25.CONFIGURACIÓN HI-LO 36
ILUSTRACIÓN 26.TORNILLO FRENO MARCA INERCIA 37
ILUSTRACIÓN 27.TORNILLO DE FIJACIÓN AUTORROSCANTE 37
ILUSTRACIÓN 28.TORNILLO EXCÉNTRICO CON FRENO 38
ILUSTRACIÓN 29.GRAFICA REPRESENTATIVA DE LA ENERGÍA ACUMULADA FRENTE A IMPACTO 41
ILUSTRACIÓN 30.GRAFICA COMPARATIVA ENTRE DENSIDAD Y MÓDULO DE YOUNG 41
ILUSTRACIÓN 31.LISTADO DE MATERIALES PROVISIONAL 42
ILUSTRACIÓN 32.LISTA DE MATERIALES POSIBLES DEFINITIVA 43
ILUSTRACIÓN 33. TABLA DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA 44
ILUSTRACIÓN 34. TABLA RESUMEN ALUMINIO 7075-T6 44
ILUSTRACIÓN 35.IMAGEN DEL CROQUIS INICIAL 47

ILUSTRACIÓN 36.IMAGEN DE LA EXTRUSIÓN....48
ILUSTRACIÓN 37.CROQUIS REALIZADO SOBRE LA EXTRUSIÓN....48
ILUSTRACIÓN 38.FORMA DESPUÉS DEL SÓLIDO DESPUÉS DEL RECORTE....49
ILUSTRACIÓN 39.IMAGEN DE LOS RECORTES PARA OPTIMIZACIÓN AERODINÁMICA Y REDUCCIÓN DE PESO....49
ILUSTRACIÓN 40.IMAGEN DEL PRIMER DISEÑO ACABADO....50
ILUSTRACIÓN 41.TORNILLO AUTORROSCANTE QUE UNIRÁ LAS RUEDAS CON EL CHASIS....51
ILUSTRACIÓN 42.EJEMPLO DE RUEDA CON LLANTA....51
ILUSTRACIÓN 43.ENSAMBLAJE CON CUATRO RUEDAS DE 80MM....52
ILUSTRACIÓN 44.ENSAMBLAJE CON 3 RUEDAS DE 110MM....52
ILUSTRACIÓN 45.VISTA DEL ALZADO DE LA NUEVA PIEZA DONDE SE APRECIAN LOS REFUERZOS INTERNOS....53
ILUSTRACIÓN 46.SEGUNDO DISEÑO DEL CHASIS....54
ILUSTRACIÓN 47.IMAGEN EN LA QUE SE PUEDE OBSERVAR EL CENTRO DE MASA LIGERAMENTE HACIA LA PARTE TRASERA DEL CHASIS....54
ILUSTRACIÓN 48.DISTRIBUCIÓN DE CARGAS EN EL CHASIS DEL PATÍN....58
ILUSTRACIÓN 49.ACTIVACIÓN DEL MODO DE ANÁLISIS ESTÁTICO....59
ILUSTRACIÓN 50.DESIGNACIÓN DE GEOMETRÍA FIJA....60
ILUSTRACIÓN 51. INTRODUCCIÓN DE LAS CARAS DE GEOMETRÍA FIJA....60
ILUSTRACIÓN 52. CARACTERÍSTICAS DEL MALLADO....61
ILUSTRACIÓN 53. INTRODUCCIÓN DE LAS FUERZAS....62
ILUSTRACIÓN 54.RESULTADOS FIJACIONES 3 RUEDAS....62
ILUSTRACIÓN 55.RESULTADOS PARA 4 FIJACIONES....63
ILUSTRACIÓN 56. DESPLAZAMIENTOS CON 3 FIJACIONES....64
ILUSTRACIÓN 57.RESULTADOS DESPLAZAMIENTO CON 4 FIJACIONES....64
ILUSTRACIÓN 58.RESULTADOS VON MISES CON 3 FIJACIONES Y REFUERZO INTERNOS....65
ILUSTRACIÓN 59.RESULTADOS DE LOS DESPLAZAMIENTOS RESULTANTES CON 3 FIJACIONES Y REFUERZOS INTERNOS....66
ILUSTRACIÓN 60.RESULTADOS DE LAS TENSIONES DE VON MISES CON 4 FIJACIONES Y REFUERZOS INTERNOS....66
ILUSTRACIÓN 61.RESULTADOS DE LOS DESPLAZAMIENTOS CON 4 FIJACIONES Y REFUERZOS INTERNOS....67
ILUSTRACIÓN 62. COMPARACIÓN DE LAS TENSIONES DE VON MISSES CON Y SIN REFUERZOS INTERNOS....67
ILUSTRACIÓN 63.REPRESENTACIÓN SEGÚN NORMATIVA DEL ENSAYO DE IMPACTO FRONTAL....68
ILUSTRACIÓN 64.CARACTERÍSTICAS DE LA PIEZA CREADA....70
ILUSTRACIÓN 65.COMPONENTES SELECCIONADOS....71
ILUSTRACIÓN 66.DISEÑO COMPLETO MALLADO....71
ILUSTRACIÓN 67. CONFIGURACIÓN DEL IMPACTO....72
ILUSTRACIÓN 68. RESULTADOS SEGÚN VON MISES DE LAS TENSIONES CREADAS EN EL IMPACTO PARA 3 RUEDAS....72
ILUSTRACIÓN 69. RESULTADOS DE DEFORMACIÓN....73
ILUSTRACIÓN 70.RESULTADO DE LAS TENSIONES DE VON MISES PARA 4 RUEDAS....74
ILUSTRACIÓN 71. RESULTADOS DE LA DEFORMACIÓN CON 4 RUEDAS....75
ILUSTRACIÓN 72. FIGURA EXPLICATIVA DE LA REALIZACIÓN DEL IMPACTO VERTICAL....76

ILUSTRACIÓN 73. DIRECCIÓN DEL IMPACTO 77
ILUSTRACIÓN 74. TENSIONES DE VON MISES FRENTE A IMPACTO VERTICAL 77
ILUSTRACIÓN 75.DEFORMACIONES POR IMPACTO VERTICAL 78
ILUSTRACIÓN 76. TENSIONES DE VON MISES FRENTE A IMPACTO VERTICAL 79
ILUSTRACIÓN 77. DEFORMACIONES POR IMPACTO VERTICAL 79
ILUSTRACIÓN 78.SELECCIÓN DE UNIDADES 81
ILUSTRACIÓN 79.TIPO DE ANÁLISIS A REALIZAR 81
ILUSTRACIÓN 80.SELECCIÓN DEL FLUIDO DE CÁLCULO 82
ILUSTRACIÓN 81. PARÁMETROS DEL FLUIDO 83
ILUSTRACIÓN 82.RESTRICCIÓN DEL VOLUMEN DE CONTROL 84
ILUSTRACIÓN 83.PRIMERAS CARAS EN ENTRAR EN CONTACTO CON EL FLUIDO 84
ILUSTRACIÓN 84.GOALS INTRODUCIDOS 85
ILUSTRACIÓN 85.PRECISIÓN DE CÁLCULO 85
ILUSTRACIÓN 86.TRAYECTORIAS INDICADORAS DE LA PRESIÓN 86
ILUSTRACIÓN 87.TABLA RESUMEN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS 86
ILUSTRACIÓN 88.TRAYECTORIAS DEL FLUIDO EN AVANCE LATERAL 88
ILUSTRACIÓN 89. PROCESOS DE FABRICACIÓN POSIBLES 92
ILUSTRACIÓN 90. PROCESO DE DEFORMACIÓN Y MECANIZADO 92
ILUSTRACIÓN 91. ESQUEMA DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DEL PUNZONADO Y TROQUELADO 93
ILUSTRACIÓN 92.PROPIEDADES DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE ESTAMPADO 93
ILUSTRACIÓN 93. ESQUEMA DEL CORTE POR PLASMA 94
ILUSTRACIÓN 94.PROPIEDADES DEL CORTE CON PLASMA 94
ILUSTRACIÓN 95. REPRESENTACIÓN DE LOS 5 EJES 96
ILUSTRACIÓN 96.TRABAJOS REALIZADOS CON MECANIZADO 96
ILUSTRACIÓN 97. PROPIEDADES FÍSICAS DEL FRESADO 97
ILUSTRACIÓN 98. PRECIO DEL MATERIAL 99
ILUSTRACIÓN 99. PRESUPUESTO DE LA FABRICACIÓN 100
ILUSTRACIÓN 100. PRESUPUESTO UNITARIO PARA 100UN 101
ILUSTRACIÓN 101.CENTRO DE MASA DEL TRISKATE 102

LISTADO DE ABREVIATURAS

CAD	Diseño asistido por ordenador
FSK	Sistema de anclaje freeskate
FIRS	Federación internacional de patinaje
CIC	Comité internacional de carreras
COI	Comité olímpico internacional
PU	Poliuretano
ABEC	Annular Bearing Engineers Committee
UFS	Sistema de anclaje antiguo, actualmente para patinaje agresivo
STEP	Archivo estándar para la importación de modelos en 3D
CAM	Fabricación asistida por ordenador
CNC	Control numérico por ordenador
FEM	Cálculo mediante elementos finitos
UNE	Asociación española de normalización
F	Fuerza en Newtons
m	Masa en kilogramos
g	Aceleración de la gravedad m/s^2
UV	Radiación ultravioleta
Ec	Energía cinética en Julios
v	Velocidad en m/s
ρ	Densidad en kg/m^3
V	Volumen en m^3
A	Área expresada en m^2
Cx	Coeficiente aerodinámico
Fz	Fuerza aplicada en Newtons en la dirección del eje Z
Fx	Fuerza aplicada en Newtons en la dirección del eje X

Contenido

RESUMEN 2

SUMMARY 3

RESUM 4

LISTADO DE FIGURAS 5

LISTADO DE ABREVIATURAS 8

0.OBJETIVOS DEL TFG 11

Objetivos específicos 12

Objetivos tecnológicos. 12

Objetivos empresariales o estratégicos. 13

Objetivos medioambientales. 13

INTRODUCCIÓN 14

Los patines en línea. 14

Patines de velocidad. 18

Diseños actuales. 20

Ruedas 20

Botas 23

Chasis 24

Características 27

Anclaje chasis-bota 28

Altura 31

Tamaño y disposición de las ruedas. 32

Tornillería. 36

SELECCIÓN DE MATERIALES. 39

DISEÑO PROPUESTO. 46

SIMULACIÓN. 56

Normativa 56
Simulación carga estática sobre sujeciones fijas. 57
Simulación primer modelo sin refuerzos internos 59
Simulación segundo modelo con refuerzos internos 64
Simulación a impacto frontal 68
Simulación de impacto vertical 76
Simulación aerodinámica frontal 80
Simulación aerodinámica lateral 88
FABRICACIÓN. 90
Deformation-Stamping 93
Machining-Thermal-Plasma arc cutting 94
Mecanizado 95
Conclusión 97
ESTUDIO ECONÓMICO: VIABILIDAD 98
Estudio de mercado 98
CONCLUSIONES. 102
AGRADECIEMIENTOS 104
ANEXOS 105
Bibliografía 105
Normativa 107
Planos 108

0.OBJETIVOS DEL TFG

Dentro del mundo del patinaje los triskate son relativamente jóvenes, aunque al principio de la aparición del patinaje en línea durante el siglo XVIII y XIX se intentaron realizar diseños, no ha sido hasta el siglo en el que nos encontramos donde se ha investigado y desarrollado más profundamente este sistema de patinaje. Desde que se empezaron a realizar competiciones a nivel internacional de patinaje de velocidad se han utilizado patines en línea de 4 o 5 ruedas de diámetros que oscilaban entre 90 y 100mm, pero es cierto que al aumentar el diámetro de las ruedas la velocidad de los patinadores, experimentados y con una buena técnica, aumentaba notablemente, a expensas de una drástica reducción de su estabilidad. Por ello, en la actualidad, y así lo contempla el reglamento de la FIRS, solo se permite la utilización de patines triskate con ruedas de 125mm de diámetro en la prueba de maratón.

El objetivo global de este proyecto es ofrecer a los patinadores más experimentados en el mundo del patinaje un guía que pueda incrementar su sensación de estabilidad sin reducir la velocidad, ya que en el mundo de esta competición la diferencia entre perder o ganar es cuestión de unos pocos segundos e incluso décimas de segundo.

Si se consiguiese dichas cualidades, los triskate podrían introducirse en otras de las pruebas que también se realizan durante los campeonatos mundiales.

Al realizar un estudio sobre las fuerzas que se aplican sobre la guía y analizar la simulación, se podría conseguir alargar la vida útil del producto, mejorando aquellas zonas donde podría sufrir más por sobreesfuerzos, reduciendo así su desgaste prematuro con un uso continuado.

Objetivos específicos

Para conseguir llegar al objetivo general, se han planteado una serie de objetivos específicos que se deberán cumplir y tener como prioridad durante el desarrollo de todo el proyecto.

Objetivos tecnológicos.

Para incrementar la estabilidad de la guía, uno de los factores más determinantes es intentar bajar el centro de gravedad lo máximo posible, algo complicado de realizar por el gran diámetro de las ruedas que se incorporan, pero que influye directamente en la sensación de maniobrabilidad que pueda tener el patinador, y que le permitirá trazar las curvas u obstáculos con comodidad y seguridad, factores que unidos, incrementarán la velocidad del patinador.

La velocidad es un factor crucial en el mundo del patinaje, por ello, se debe conseguir un diseño optimizado aerodinámicamente, que influya lo más mínimo en el rendimiento global del patín ofreciendo la menor oposición posible al aire.

Conseguir los objetivos anteriores dependerá en gran medida de la elección del material, deberá ser un material ligero para entorpecer lo más mínimo el peso final del patín y cumplir con la normativa vigente, pero a la vez, sin renunciar a unas propiedades mecánicas excepcionales que asegurarán una buena resistencia al impacto, a las vibraciones, a la torsión y una vida elevada en servicio.

El montaje de la guía al patín se realiza con un sistema mundialmente conocido, aunque en la actualidad existen diversos tipos, el sistema FSK es el más utilizado. Por ello, el diseño de este proyecto deberá cumplir con el objetivo de acoplar perfectamente a cualquier bota que monte este famoso sistema.

Objetivos empresariales o estratégicos.

Otro de los objetivos con los que cuenta este proyecto es el de obtener una guía de triskate que pueda competir con las que ya están en el mercado actual, por avances tecnológicos y por precio.

Es por ello que se va a realizar un pequeño estudio sobre la viabilidad económica del proyecto, para ello se deberá tener en cuenta durante todo el desarrollo especialmente el precio del material y el proceso de fabricación. Para ello es primordial realizar un buen diseño que no renuncie a las características del objetivo general, pero que puede ser accesible para la mayoría de equipos de competición actuales, e incluso para patinadores no tan profesionales que busquen evolucionar y mejorar en este sector.

Objetivos medioambientales.

En el mundo en el que vivimos, en el que las energías renovables, el transporte público y sobre todos los medios de transporte no contaminantes toman cada vez más fuerza, es importantísimo ofrecer a la sociedad mejoras en cualquiera de los ámbitos que ayuden al mundo a crecer respetando el medioambiente.

Uno de los objetivos de este proyecto es el de innovar y evolucionar en el mundo del patinaje en línea, ya que muchas de las innovaciones de productos que nos rodean han surgido del mundo de la competición y se han acoplado poco a poco a la sociedad. Aportando mejoras e innovaciones, el patinaje en línea se puede convertir en un medio de transporte no contaminante que permita a las personas realizar pequeños desplazamientos con total rapidez y seguridad.

INTRODUCCIÓN

Los patines en línea.

El patinaje como en la actualidad se conoce lleva en desarrollo desde hace más de 250 años, y tiene su origen en el mundo de la música y de los espectáculos como forma de lograr conseguir la atención de los espectadores más exigentes durante conciertos, óperas, ballets u obras de teatro.

Aunque los orígenes reales del patinaje se remontan a hace cerca de 3000 años, a consecuencia de buscar un medio de transporte por el hielo en las zonas más frías del mundo, el cual fuese eficaz y rápido.

Pero es a partir de mediados del siglo XVIII cuando se empieza a desarrollar el patinaje en línea sobre ruedas, ya no solo por la música y el espectáculo, sino porque el patinaje sobre hielo del que se hablaba anteriormente ya no solo era un medio de transporte, se había convertido en diversión para muchos, con lo cual se debía inventar un tipo de patín que se pudiese utilizar en épocas más calurosas.

Los primeros patines en línea eran acoplados a botas de uso diario, a las cuales se les unía una guías metálicas y ruedas de madera o metálicas también.

La primera patente se le registra a un musico belga llamado Joseph Merlin quien en 1750 inventó los que se conocen como los primeros patines sobre ruedas.

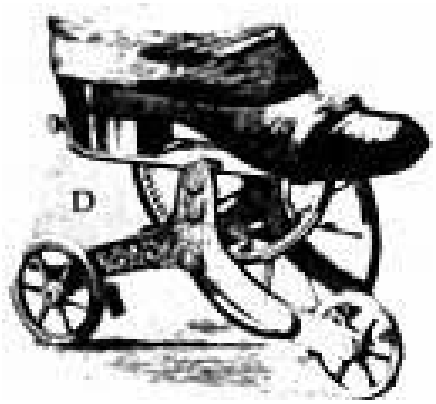


Ilustración 1. Diseño de Joseph Merlin

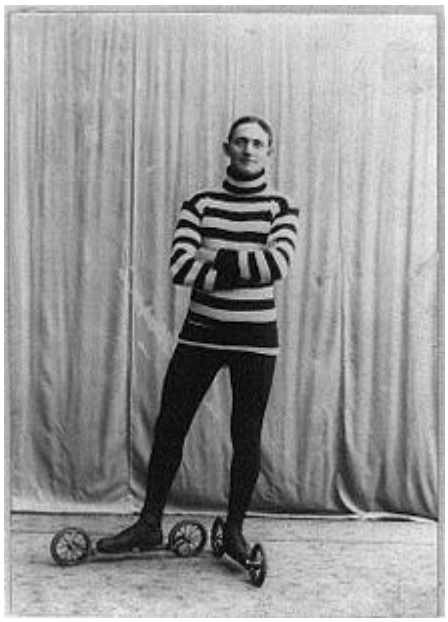


Ilustración 2.Primeros diseños de patinaje en línea

Estos diseños eran completamente rígidos y muy complicados de manejar, su extrema rigidez no permitía apenas maniobrabilidad, al llevar ruedas de metal o de madera el frenar era una tarea muy complicada y junto con las velocidades que se conseguían que no eran muy elevadas ya que no contaban con rodamientos, la evolución del patinaje no fue destacada hasta mediados del siglo XIX.

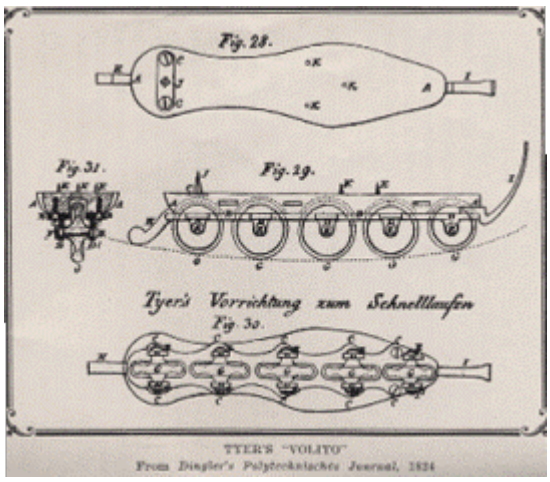


Ilustración 3.Unos de los primeros diseños de patín en línea Robert John Tyers 1823.

A mediados y finales del siglo XIX, aparecen los primeros clubs y pistas de patinaje en muchos países europeos y también en ciudades estadounidenses. El patinaje

se convierte en una moda y comienza a ser muy popular, lo que propicia una serie de mejoras e invenciones una tras otra, se incorporan rodamientos a las ruedas, se patenta un sistema de frenado, se inventan patines de ruedas en paralelo y en línea de diferentes formas, ruedas de caucho, la forma de las guías se va perfeccionando mejorando el acoplamiento a la bota y el acoplamiento a las ruedas etc.

Ilustración 4.Patines en línea con dos ruedas, marca Peck & Snyder Co (1900)

La próxima nueva aparición fueron las ruedas poliuretano, reviviendo al máximo la práctica del patinaje en línea, que por su dificultad de práctica por el uso de materiales poco prácticos (ruedas de madera, guías metálicas muy pesadas, acoplamiento a la bota incomodo…), no conseguía marcar una diferencia.

Con este espíritu de querer evolucionar e innovar, aparece el primer prototipo del patinaje en línea actual, creados por los hermanos Olson en el año 1980, a partir de unos patines de principios del siglo XX.

Ilustración 5.Patines de los hermanos Olson

Estos dos hermanos fundan la empresa Rollerblade, que, gracias a sus continuas innovaciones y evoluciones, consigue hacer del patinaje en línea uno de los más practicados en todo el mundo.

Mejoras en materiales, para las ruedas, guías de metales menos pesados y de materiales compuestos, botines con guías intercambiables, sistemas de frenado…

A partir entonces aparecen diversas empresas que intentan competir con Rollerblade y propician una competitividad que sigue en la actualidad y que aportan mejoras e innovaciones de forma continua, fomentando el uso del patín y la creación de diversas modalidades.

Patines de velocidad.

El estudio de este proyecto se va a centrar en el patinaje en línea de velocidad, una de las primeras modalidades que aparecen durante toda la evolución que sufre el patinaje desde sus inicios.

Ilustración 6.Patín de 1979, muy similar a los patines de velocidad actuales

Desde la fundación de la FIRS, aparece un comité específico para gestionar la modalidad de velocidad, el CIC. Teniendo como principal referencia en competición el campeonato del mundo de patinaje de velocidad sobre patines en línea, donde se desarrolla la mayor evolución de los patines en línea y donde se pueden encontrar las últimas novedades ofrecidas por las marcas más prestigiosas. El patinaje de velocidad está reconocido por el COI, pero no se incluye en los Juego Olímpicos.

Existen diversos tipos de competición, según las distancias, número de participantes, recorrido etc. El caso en el que se centra este proyecto es la competición de larga distancia, que es donde por el momento se permite el uso de patines con guías de tres ruedas o triskate.

El uso de guías de triskate con ruedas de 125mm de diámetro, está legalizado en competición desde el año 2016 por la FIRS, debido a los numerosos avances que se están apareciendo recientemente.

Según la normativa vigente se permitirá el uso de patines en línea de hasta 5 ruedas, con un máximo de 110mm por rueda, exceptuando la categoría de maratón que se permitirán el mismo número de ruedas, pero sin exceder de 125mm de diámetro.

La guía sobre la que van montadas las ruedas y acoplada a la bota en ningún caso superará los 500mm de longitud y sin sistema de frenado.

Los triskate más utilizados siguen siendo los de 110mm, pero cada vez más aparecen deportistas en las competiciones con patines montados sobre ruedas de 125mm, demostrándose así que ofrecen mejoras y que poco a poco se convertirán en los patines más utilizados.

Ilustración 7.Patín de velocidad reglamentario, marca Powerslide

Ilustración 8.Patín de velocidad para prueba de maratón

Diseños actuales.

Tal y como se ha comentado anteriormente los triskate actuales más comunes son los que montan 3 ruedas de 110mm de diámetro. Los chasis de 4 ruedas aportan al patinador una mayor maniobrabilidad en curvas, en cambio, el tamaño de la rueda afecta directamente con la velocidad. Actualmente en el mercado existe guías para todas las dimensiones de ruedas y longitudes de patín. La mayoría de guías son intercambiables para cualquier bota y para cualquier rueda (altura adecuada), debido a que los sistemas de anclaje se han estandarizado para ofrecer facilidades al patinador.

A continuación, se va a pasar a describir todas las partes que componen un patín como el que se pretende diseñar. Las partes constan de la bota, la guía o chasis y las ruedas.

Ruedas

Una de las cosas más importantes de un patín en línea son las ruedas. Es la pieza que permite el movimiento, e influye directamente en casi todos los factores del patinaje, estabilidad, velocidad, maniobrabilidad etc. Todos estos factores dependen del diámetro, dureza, ángulo de la superficie de rodadura(perfil) y también de los rodamientos que montan para ser fijadas al chasis del patín.

Normalmente están fabricadas en PU termoplástico, un material con gran resistencia al desgaste, al desgarre y a ser golpeado.

La dureza de las ruedas se mide con el método Shore, que expresa sus medidas con un valor numérico y las letras A, D u OO, en el caso de las ruedas de patines se utiliza la letra A y los valores numéricos de 74 a 100, de más blando a más duro.

Cuanta mayor sea la dureza de las ruedas proporcionará una mayor velocidad y se verá reducido su desgaste, en cambio el patinador notará mayor cantidad de vibraciones y tendrá menos adherencia a la superficie sobre la que patine.

Por otro lado, las ruedas más blandas absorben mucho mejor las vibraciones del terreno pegándose más al suelo, por el contrario, sufrirán un desgaste mucho más rápido.

Posteriormente hay que analizar también la sección o perfil de las ruedas, que será el valor que proporcionará el área que este en contacto entre rueda y superficie por la que se patine. Cuanto más elíptica sea la sección de la rueda ofrecerá una menor resistencia al movimiento y una mayor velocidad al tener mucha menos superficie en contacto con el suelo. Por otra parte, las ruedas de sección plana son sinónimo de tracción, agarre, durabilidad y estabilidad, pero se renuncia a la velocidad de deslizamiento.

En la actualidad las ruedas más empleadas son las que están en término medio de las dos anteriores, un perfil redondo sin llegar a ser plano ni afilado, que reúne características de ambas.

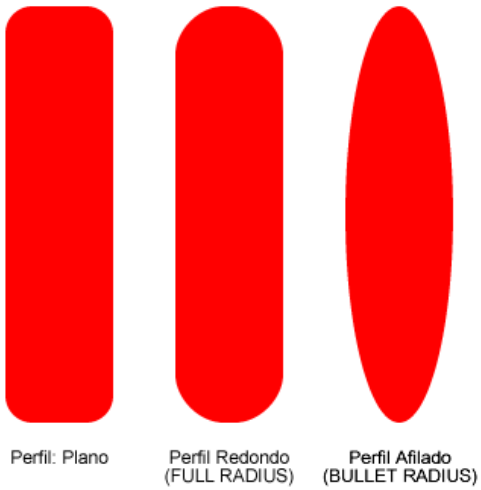


Ilustración 9. Tipos de perfiles de rueda

El último apartado que queda por estudiar es el diámetro, es el factor que más directamente influye con la velocidad, ya que a mayor diámetro mayor superficie de avanzada en cada vuelta de rueda, además al tener mayores dimensiones las vibraciones pueden ser más fácilmente absorbidas y no pasan tan rápido a las otras partes del patín.

Otro de los factores en los que influye el diámetro es en la maniobrabilidad y la estabilidad, a mayor diámetro más alto se encuentra el centro de gravedad del patinador lo que reduce la estabilidad. Por otra parte, el aumento de la velocidad de giro de la

rueda propicia la creación de una fuerza que dificulta más el giro del patín, reduciéndose drásticamente su velocidad.

Los diámetros utilizados en el patinaje en línea van desde 42mm hasta los 125mm, a mayor diámetro, mayor preparación debe de tener el patinador por el aumento de velocidad y la reducción de estabilidad. Durante este proyecto, se ha mencionado con más hincapié el patinaje de velocidad, con lo que las ruedas estudiadas serán desde 80mm hasta los 125mm.

Junto con las ruedas, el otro elemento giratorio más importantes son los rodamientos que se alojan en el interior de las mismas. Se sitúan dos rodamientos dentro de cada rueda, a los extremos del agujero de la llanta, para llenar el espacio entre ambos rodamientos y permitir un movimiento más limpio es necesaria la utilización de un separador con el mismo diámetro de agujero que los rodamientos para permitir el paso del eje.

Ilustración 10.Separador para rodamientos de ancho 6mm

Los rodamientos normalmente empleados son los de bolas, que permiten una mayor velocidad y larga duración si tienen un buen mantenimiento. En el caso del patinaje en línea la norma que estandariza los requisitos de calidad está regida por el estándar ABEC, que denota la calidad de la precisión con la que están fabricados mediante números impares del 1 al 11, siendo el 1 el rodamiento de menor calidad.

Botas

Debido a la multitud de disciplinas en las que se puede dividir el patinaje en línea, en el mercado existen dos tipos de botas claramente diferenciados, botas con la caña alta y botas de caña baja.

Las botas caña alta tienen la principal característica de que permiten ofrecer una mayor seguridad al patinador por tener una gran longitud de la pierna sujeta, por el contrario, reduce la maniobrabilidad durante el patinaje.

Estas botas están destinadas a la mayoría de modalidades de patinaje, freeskate, freestyle, agresivo…

Ilustración 11.Bota de caña alta

Por otro lado, para ofrecer mayor sensación de libertad a patinadores más expertos aparecen las botas de caña baja, que cubren hasta la parte del tobillo del patinador, y permiten realizar giros más rápidos e impulsos más fuertes que aumentará la velocidad durante el patinaje.

Las botas de caña baja están destinadas a patinadores más experimentados, por ser más complejos los movimientos que permite y aumentar la probabilidad de tener lesiones como esguinces, roturas oseas o distensiones musculares.

Ilustración 12.Bota de caña baja

Además, existe una gran variedad de materiales con los que se realizan las botas para el patinaje en línea, los más comunes suelen ser plásticos técnicos con buenas características mecánicas y para los más profesionales existen botas con partes realizadas en materiales compuestos, principalmente con fibra de vidrio y de carbono, para conseguir una gran rigidez en la parte inferior de la bota y conseguir un fuerte anclaje a la guía .Los anclajes se sitúan a una distancia de 165 o 195mm desde el anclaje delantero al trasero, siendo el más utilizado el de 165mm.

Chasis

La última parte del patín que queda por describir, es en la que se centra el estudio de este proyecto, el chasis o guía del patín. Es la parte que se une a la bota y que lleva acopladas en su interior las ruedas sobre las que se desliza el patín.

Para la modalidad de freeskate son guías relativamente cortas de 243mm a 255mm, para montar 4 ruedas de 80mm de diámetro normalmente.

Ilustración 13.Chasis Seba para freeskate 243mm

Para la realización de patinaje agresivo, aparecen las guías más cortas del mercado de 240mm a 250mm, además de ser las que menor altitud poseen porque albergan ruedas de pequeño diámetro. El anclaje a la bota es distinto al del resto de guías, posteriormente serán explicados los anclajes tipo FSK y UFS. En el caso del patinaje agresivo la que se utiliza es el estándar UFS.

Ilustración 14.Chasis para patinaje agresivo

Al pasar a la modalidad fitness las longitudes ya se ven incrementadas hasta los 270mm, montando ruedas de mayor tamaño que las de freeskate. Están destinadas para albergar tanto 4 como 3 ruedas.

Ilustración 15.Chasis marca Alpha 4x90mm

Por último, aparecen los chasis destinados a la velocidad, los más largos del mercado, desde 260mm hasta 345mm, capaces de albergar 3 y 4 ruedas de diámetros grandes desde 80mm hasta 125mm de diámetro.

Ilustración 16.Chasis de velocidad marca Powerslide, 4x110mm

Uno de los objetivos de este proyecto, es poder introducir en el mercado una guía no excesivamente larga como las de competición, ni demasiado corta como las de freeskate, para logra conseguir un equilibrio entre longitud, tamaño y numero de ruedas.

Características

Este proyecto va estudiar la creación de un chasis optimizado, para obtener unas buenas prestaciones de velocidad y estabilidad, sin verse afectados otros factores muy importantes como el peso, la estética o la durabilidad.

En el mercado actual aparecen multitud de guías destinadas al patinaje de velocidad, y también al del patinaje fitness, además de a todas las modalidades anteriormente explicadas. Este proyecto tratará de diseñar una guía que pueda ofrecer características iguales o superiores a las del mercado, buscando acoplarse a la perfección a las modalidades primeramente nombradas. El patinaje de velocidad y el fitness están estrechamente relacionados en cuanto a las características que necesitan en sus diseños, en el patinaje de velocidad se busca como su nombre indica aumentar la velocidad del patinador al máximo, reduciendo peso y aumentando el tamaño de las ruedas, lo que conlleva a aumentar la longitud del chasis. En cambio, para el fitness, importa mucho la comodidad del patinador, la buena sensación de estabilidad y maniobrabilidad ofrecidas durante el patinaje, reduciendo la longitud y bajando el centro de gravedad del chasis se pueden conseguir dichos resultados.

Como en el tipo de bota y de rueda, para cada modalidad de patinaje existe un tipo de guía diferente, ya que en su funcionamiento influyen diversas características que las diferencian unas de otras, longitud, material con el que se fabrican, peso, numero de ruedas que puede albergar, altura y tipo de anclaje.

En primer lugar, hay que analizar la longitud del chasis, la cual es medida desde el centro del agujero donde se sitúa la primera rueda, hasta el centro del agujero donde se coloca la última rueda. Esas longitudes pueden variar entre los 230mm y los 325mm. Una guía larga se relacionará directamente con un notable aumento de la velocidad al poder albergar mayor número de ruedas y de mayor tamaño, al tener mayor número de ruedas la sensación de equilibrio y estabilidad será mucho mayor por tener más superficie en contacto con el suelo. Por otro lado, a menor longitud de guía mayor capacidad de giro y notable aumento de la maniobrabilidad. Teniendo en cuenta estos dos factores, durante el estudio del diseño se debe conseguir un chasis con unas dimensiones proporcionales, que consigan una elevada velocidad sin renunciar a una

gran capacidad de giro y de maniobrabilidad, con la que patinadores experimentados podrían conseguir mejorar sus resultados, optimizando el paso por las curvas.

Otro de los factores que se estudiaran en este proyecto es una correcta selección del material con el que será fabricado el chasís diseñado. En la actualidad, los chasis que se fabrican están realizados normalmente con aluminio, de la serie 6000, con materiales poliméricos resistentes o con materiales compuestos. El material seleccionado, repercutirá sobre factores tan importantes como el peso, que puede oscilar entre los 160g y los 270g. Un chasis de aluminio brindará una mayor durabilidad con los años, por su resistencia a la abrasión, a la deformación y a las roturas. Las guías de materiales poliméricos proporcionan menores vibraciones con una mejor absorción de golpes y una notable reducción de peso. Pocas son las guías realizadas con materiales compuestos, por su elevado precio tanto de materia prima como de fabricación, al tener que realizar geometrías bastante complejas.

En cuanto a la geometría del chasis se debe analizar también la altura, la cual incrementará el equilibrio y la maniobrabilidad al poder ofrecer un centro de gravedad más bajo, mejorando así las sensaciones del patinador. En cambio, si la altura de la guía se ve reducida, el tamaño de las ruedas también se verá reducido, lo que provocará una drástica reducción de la velocidad.

Anclaje chasis-bota

Uno de los factores determinantes en el diseño que se va a plantear en este proyecto, es del anclaje del chasis con la bota, deberá de cumplir con los estándares actuales del mercado, para poder ser una guía utilizada en cualquier bota del mercado.

Existen en el mercado dos tipos de anclaje entre chasis y bota, el estañar UFS y el FSK, ambos mundialmente reconocidos y empleados.

UFS

El estándar UFS fue el primero en aparecer, por la necesidad de adquirir recambios, ya que, con anterioridad a su creación, si al patinador se le dañaba tanto la bota como la guía, debía cambiar el patín al completo, ocasionando unos gastos innecesarios y molestias a los patinadores.

La unión se realiza mediante dos pernos, uno colocado a la parte trasera de la bota justo debajo del talón, y otro a la parte delantera. La separación entre los pernos debe ser de 165mm, aunque también existe para las guías más largas del mercado los acoplamientos de 195mm, para contrarrestar la longitud y ganar estabilidad.

Ilustración 17.Chasis con anclaje tipo UFS

FSK

Por otro lado, existen diferentes tipos de pisadas en el ser humano, cada persona camina de una forma distinta y con unas características especiales, el modelo de anclaje anterior, no conseguí adaptarse a todas las personas que lo empleaban y a la larga podía llegar a ser incómodo, teniendo que forzar al patinador a realizar maniobras diferentes y elevando el nivel de cansancio para un mismo recorrido. Es por todo eso, que aparecen los anclajes de tipo FSK, originariamente pensados para el patinaje del que debe su nombre, por conseguir mejorar la sensación del patinador al cabo de llevar un periodo largo de práctica, mejorando equilibrio y maniobrabilidad. Su principio de funcionamiento es igual que el anclaje UFS, dos pernos que se unen a la bota a una distancia de 165mm o 195mm en algún caso, pero el anclaje delantero se sitúa entre 11 y 12 milímetros por debajo del trasero, copiando así la mayoría de formas de los zapatos que se utilizan hoy en día, acoplándose mejor a la forma de los pies de los patinadores.

Ilustración 18.Chasis con el tipo de anclaje FSK

Además, existen algunos modelos en el mercado, en ambos tipos de acoplamientos tanto el UFS como el FSK, que cuentan con diversas ranuras tanto en la parte delantera como en la trasera, que permiten el ajuste idóneo para cada patinador, pudiendo cambiar los anclajes a la bota de forma lateral y longitudinal, optimizando así el patín para cada usuario, corrigiendo posiciones del pie que conllevarían problemas para realizar la práctica del patinaje.

En la actualidad, exceptuando el estilo de patinaje agresivo, las demás modalidades utilizan el tipo de anclaje FSK, por su versatilidad a la hora de acoplar en cualquier situación, por su ayuda para optimizar los movimientos del patinador y ofrecer una sensación de comodidad y confort mayores que con el anclaje UFS.

El diseño de que se tratará de llevar a cabo durante este proyecto utilizará el anclaje FSK, ayudando a que el diseño propuesto pueda acoplar en la mayoría de botas del mercado. Se dispondrá también de dos ranuras en la parte trasera y dos en la parte delantera para ayudar al patinador a conseguir las mejores sensaciones. Se colocarán los anclajes a una distancia de 165mm, ya que la longitud total de la guía no será lo suficientemente larga para poder incorporar anclajes a 195mm, distancia que suele aparecer en los chasis destinados al patinaje de velocidad más puro.

Otros tipos de anclaje

Son muy diversas las modalidades del patinaje, en este caso del patinaje en línea, lo que conlleva a una competencia que genera una investigación continuada por parte de grandes empresas que van introduciendo al mercado pequeñas mejoras que hacen aumentar el nivel de este deporte.

Es por ello, que recientemente ha aparecido un tipo de anclaje distinto a los descritos con anterioridad, y que según lo fabricantes disminuye el centro de gravedad del chasis, mejorando así su rendimiento. Este tipo de anclaje llamado Trinity y patentado por la firma Powerslide, consta de tres puntos de anclaje con la bota, en lugar de dos como el UFS y el FSK. Se disponen dos anclajes a la parte delantera del chasis y

una en la trasera. Los anclajes delanteros no se encentran en el centro de la meseta sino en los costados, eliminando así la pequeña distancia que pueda aportar la introducción del perno.

Ilustración 19.Chasis y bota del anclaje Trinity

Para la utilización de este tipo de anclaje se necesitará una bota específica para ello, lo que supone un gran gasto adicional si se desea disponer de recambios.

Altura

Uno de los factores que más influye en el rendimiento de un patín es la altura a la que se encuentra el chasis. Existen diversas partes que influyen en la altura a analizar, el tamaño de las ruedas y su disposición, la tornillería utilizada, el anclaje a la bota y la propia altura del chasis.

La altura total del chasis se mide desde la meseta de anclaje trasera hasta la superficie de contacto inferior con el suelo. Al incorporar las ruedas al chasis, la altura dependerá del tamaño de las mismas, y se deberá medir desde la superficie de contacto de la rueda, o sumar a la altura total del chasis el radio de la rueda.

Cuanto mayor sea la altura del patín más difícil será de mantener el equilibrio sobre él, lo que implica que sus características para ser maniobrable se verán

notablemente mermadas. Al tener menor equilibrio, mayor deberá ser la destreza del patinador, es por ello que al incorporar ruedas de 125mm en el chasis en inevitable que la altura del mismo aumente considerablemente, provocando que este tipo de patinaje de velocidad sea solo indicado para patinadores profesionales o muy experimentados.

Tamaño y disposición de las ruedas.

Como anteriormente se ha descrito en anteriores apartados, el tamaño de la rueda está directamente proporcionado con la velocidad que puede llegar a alcanzar un patín en línea. A mayor número de ruedas mayor velocidad también, aunque hay que tener en cuenta que al aumentar la cantidad de ruedas mayor será también la superficie que este en contacto con el suelo aumentando así la fuerza de fricción. Es por ello, que el número de ruedas junto con el tamaño, solo se be incrementado en la modalidad de downhill, donde el patinador alcanza grandes velocidades al deslizarse sobre cuestas muy pronunciadas, pero en el patinaje de fitness como en el de velocidad influye muchísimo la técnica y la fuerza que se le aplican al movimiento, con lo que se prioriza la agilidad para poder tener mayor maniobrabilidad.

Ilustración 20.Comparativa de distancia recorrida por vuelta de la rueda según diámetro

En la actualidad las disposiciones más utilizadas para el patinaje fitness y de velocidad son las siguientes:

- 4 ruedas de 80mm

- 4 ruedas de 90mm
- 4 ruedas de 100mm (competición)
- 4 ruedas de 110mm (competición)
- 3 ruedas de 100mm
- 3 ruedas de 110mm
- 3 ruedas de 125mm (competición)

Por la complicación que conlleva su manejo y una técnica muy depurada para conseguir ser un patinaje óptimo, los triskate que montan 3 ruedas de 125mm van a ser obviados, y se dejan para un estudio de un perfil más profesional.

Uno de los aspectos más complicados en la actualidad para un patinador es encontrar el momento en el que cambiar de patinar con 4 ruedas a 3 ruedas con un diámetro mayor, por aspectos tanto técnicos como económicos. Técnicos porque para el patinaje con triskate se necesita una experiencia previa importante en el mundo del patinaje, con una buena técnica y una buena forma física. En el ámbito económico se debe tener en cuenta el cambio del chasis y de las ruedas.

En la actualidad aparecen en el mercado unas guías que disponen de agujeros para poder intercambiar 3 y 4 ruedas en la misma guía, pero su principal inconveniente es que obvian el cambio del centro de gravedad del chasis al cambiar el tamaño de las ruedas, ya que todas está dispuestas a la misma altura, quedando la guía muy alta si se colocan ruedas de pequeño tamaño. Esto conlleva a una drástica perdida de estabilidad y maniobrabilidad

Ilustración 21.Detalle de una guía que comparte espacio para 3 y 4 ruedas de diferentes diámetros

La disposición de las ruedas es algo muy importante, dependerá mucho el rendimiento que se obtenga si las ruedas están dispuestas acorde a las necesidades de los movimientos. El chasis debe estar perfectamente ajustado al tamaño de rueda para el cual está pensado, tanto en altura como en longitud.

Ilustración 22.Ejemplo de chasis en el que las dos ruedas traseras están más juntas

Además, existe la posibilidad de combinar ruedas de distintos tamaños en la misma guía, en concreto tres denominaciones flat, rockering y hi-lo.

Flat

Es la disposición más habitual, todas las ruedas se sitúan a la misma distancia y tiene el mismo diámetro, ofrece mayor estabilidad, mejora el impulso y aumenta la velocidad.

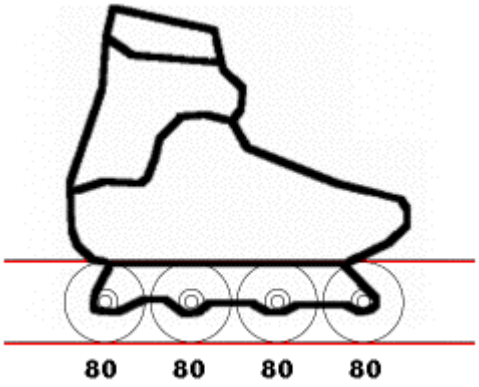


Ilustración 23.Disposición flat

Rockering

Se llama así a la disposición que contempla el uso de una o varias ruedas de distinto diámetro, utilizado prioritariamente en estilos de slalom y freeskate, por el notable aumento de la maniobrabilidad y de la velocidad en giros rápidos. En cambio, la velocidad en línea recta se ve reducida. Existen tres clases de rockering distintas dependiendo del uso que se le vaya a dar al patín, siendo el contrarockering el utilizado para el estilo de patinaje agresivo.

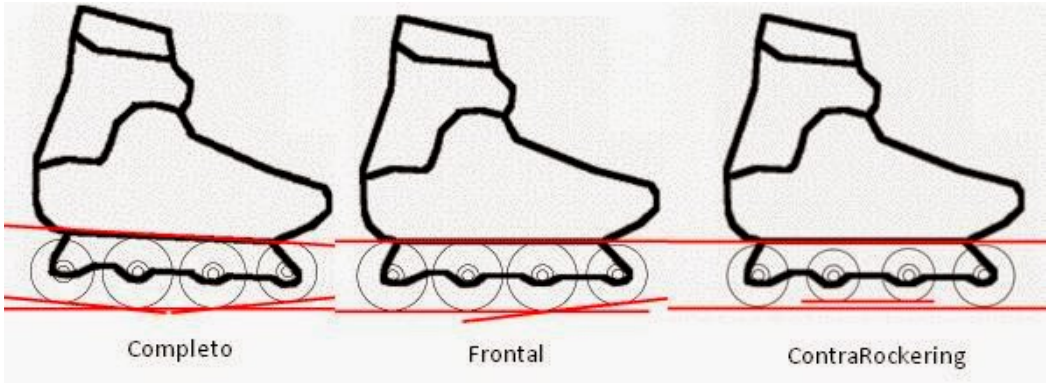


Ilustración 24.Diferentes tipos de disposiciones rockering

Hi-lo

En esta configuración todas las ruedas son de diferentes diámetros, dispuestas de menos a mayor quedando el patín inclinado hacia delante, con lo que se consigue mejorar el rendimiento para grandes distancias optimizando las velocidades en los impulsos.

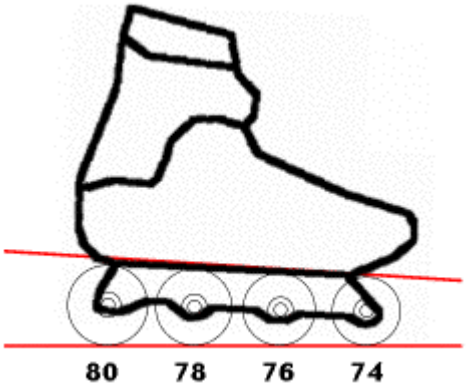


Ilustración 25.Configuración Hi-lo

La configuración elegida para el diseño a estudiar será la flat, por ser la que mayor estabilidad ofrece, la más económica por no tener que disponer de ruedas diferentes y la más polivalente en todos sus usos.

Tornillería.

El chasis que se propone se unirá a la bota mediante dos tornillos, uno en la parte trasera y otro en la parte delantera, la métrica y la longitud será el estándar que se utiliza en estos momentos en la mayoría de botas para que sean fácilmente intercambiables y viables económicamente.

Por otra parte, los tornillos que se unen al chasis para alojar las ruedas son diferentes, su diámetro es de 8mm y la longitud estándar suele estar entre 35 y 37mm. Existen 3 clases de tornillos que realizan esta función pero que poseen características distintas.

Tornillo freno

Este tipo de tornillo es el que más se utiliza en la actualidad debido a su sencillez y comodidad. Consta de un pasador(hembra) de 8mm de diámetro que atraviesa todo el ancho del chasis, este pasador contiene una rosca al final del mismo para poder albergar el tornillo freno(macho) que realizará el apriete de la unión al chasis.

Ilustración 26.Tornillo freno marca Inercia

Tornillo autorroscante

Este tipo de tornillo tiene las mismas dimensiones que el anterior, en cambio la rosca hembra está realizada sobre el propio chasis, con lo que el pasador se enrosca directamente a la guía, permitiendo una unión más sencilla, fuerte y duradera.

Ilustración 27.Tornillo de fijación autorroscante

Tornillo excéntrico

Los tornillos descentrados o excéntricos son aquellos que tienen una parte del vástago no concéntrica a la cabeza del mismo. Son comúnmente utilizados para poder tener diferentes configuraciones en una misma guía, es decir, colocando en uno de los cuatro agujeros del chasis un tornillo excéntrico conseguiremos una subida o una bajada de la rueda respecto a los demás tornillos, pudiendo tener diversas configuraciones, flat o rockering, en un mismo patín dependiendo de los deseos del patinador.

Ilustración 28.Tornillo excéntrico con freno

SELECCIÓN DE MATERIALES.

Tras haber analizado los diseños y estudiado como trabaja un chasis de patín como el que se pretende fabricar, se deben definir las características que deberá tener el material seleccionado para cumplir a la perfección con su función. Posteriormente se le aplicaran al diseño las cargas y los estados tensionales analizados para comprobar que el material elegido es el óptimo para su fabricación.

El material que sea seleccionado debe ser resistente y rígido, para transmitir las mejores sensaciones de estabilidad y control al patinador, capacidad de absorción de cargas alternantes y estáticas, buen comportamiento aerodinámico, buena resistencia al impacto y con la mayor ligereza posible. Estas son las principales características que deberá tener el material seleccionado para cumplir de forma óptimo el propósito por el que ha sido diseñado el chasis.

Se deben tener en cuenta otras cualidades para la selección de los materiales, no solo las mecánicas y de comportamiento, en este aspecto se analizará que el material sea de fácil fabricación, con un coste como materia prima para la fabricación económico, respetuoso con el medio ambiente y que tenga una elevada resistencia a factores ambientales externos como el agua, radiación UV, la humedad…

Definidas las características que deberá tener el material seleccionado, se van a enumerar las propiedades que harán cumplir los requisitos anteriores. La selección del material se realizará mediante el software CES Edupack, añadiendo unos criterios de restricción a la base de datos del programa que ira descartando materiales y solo mostrando los que cumplan dichas restricciones. Estas serían las propiedades del material que restringirán la búsqueda dentro del software:

- Baja densidad
- Resistencia a la fractura
- Resistencia a la fatiga
- Elevado limite elástico
- Elevado módulo de ruptura
- Bajo coste

Una vez ya todos los criterios definidos se pasará a la introducción de los mismos al software CES Edupack.

Primeramente, se va a proceder a restringir la densidad el material, se introducirá un chart con un valor mínimo de 1500kg/m^3 y un máximo de 5000kg/m^3, con ello se cumplirá con el primero de los parámetros de conseguir un chasis ligero, para competir con los ya existentes. De los 3968 tipos de materiales que contempla este software se pasaron a 1596 que cumplían con esta primera restricción.

Posteriormente se analizó la resistencia a la fatiga, uno de los factores más importantes ya que el chasis de un patín en línea está continuamente sufriendo cargas estáticas y dinámicas muy variables, y como uno de los objetivos lo indica, la vida útil del mismo debe ser muy longeva. Para ello se le aplica a la lista de materiales anterior un chart con una fatiga de 10^7 ciclos con una carga constante. Los valores mínimo y máximo añadidos fueron de 150 a 400 MPa respectivamente. Con esta nueva restricción la lista de materiales se reduce drásticamente hasta los 246 tipos de materiales.

Para comprobar la respuesta del material frente a la deformación por la aplicación de cargas se analizaron el módulo de ruptura y el límite elástico de los materiales, indicando un rango mínimo y máximo para cada uno de ellos. En el caso del límite elástico se introdujo un mínimo de 350 MPa y un máximo de 600MPa, para la tensión máxima a la rotura se introdujeron 300MPa y 500 MPa como mínimo y máximo respectivamente. Al filtrar los materiales con estas dos restricciones más, la lista se redujo a 88 materiales.

Estos 88 materiales estaban formados principalmente por 3 grandes grupos, aluminios, titanios y materiales compuestos con fibra de vidrio o de carbono.

Uno de los factores más importantes a analizar es la resistencia a la fractura que tenga el material, para poder soportar impactos durante su uso, ya que un patín en línea sufrirá multitud de impactos durante su vida útil. Es por ello que se realizó un nuevo chart con el stage Fracture thoughness, donde se introdujo un mínimo de 20 MPa.$m^{0.5}$ y un máximo de 100MPa.$m^{0.5}$, con ello se consiguió reducir el número de candidatos hasta 64.

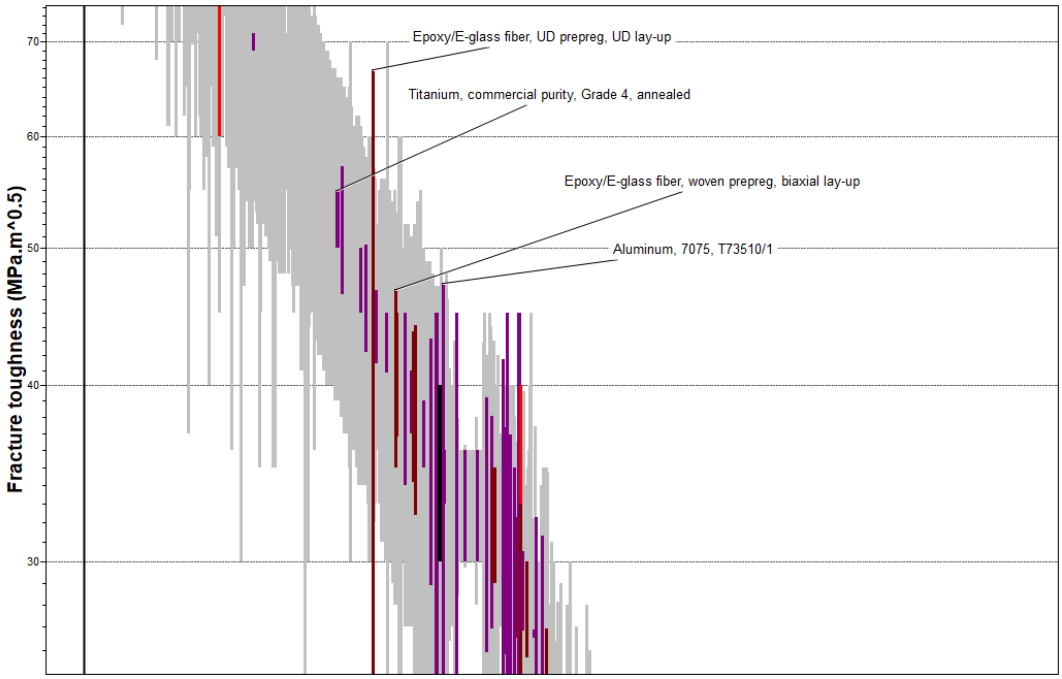


Ilustración 29.Grafica representativa de la energía acumulada frente a impacto

Para reducir al máximo la lista de materiales candidatos se optó por realizar una gráfica comparativa entre el módulo de Young y la densidad de cada material, para así obtener información sobre la resistencia que posee en comparación con su densidad.

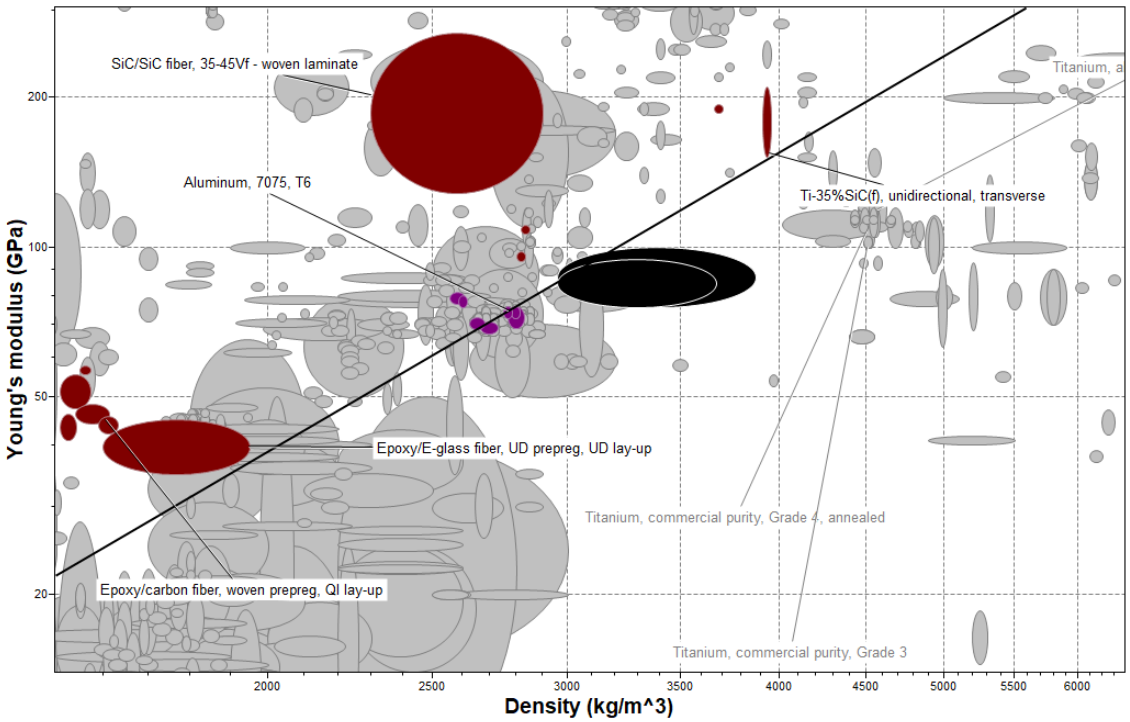


Ilustración 30.Grafica comparativa entre densidad y módulo de Young

En el gráfico se pueden observar los materiales anteriormente nombrados, diversos tipos de aluminios, materiales compuestos con fibra de vidrio o de carbono, y representando al grupo del titanio ya solo aparece una clase de titanio aleado con otros metales y con materiales compuestos, ya que de los materiales filtrados el titanio es el que mayor densidad posee.

Durante la introducción al proyecto, se marcó como uno de los objetivos principales fuese la viabilidad económica del estudio, es decir que el chasis diseñado fuese económicamente competitivo con los ya existentes en el mercado, con lo que el precio de la materia prima, en este caso el material que se va a seleccionar, debe ser acorde con los objetivos planteados. Esta es la lista de materiales que han pasado todos los filtros anteriores.

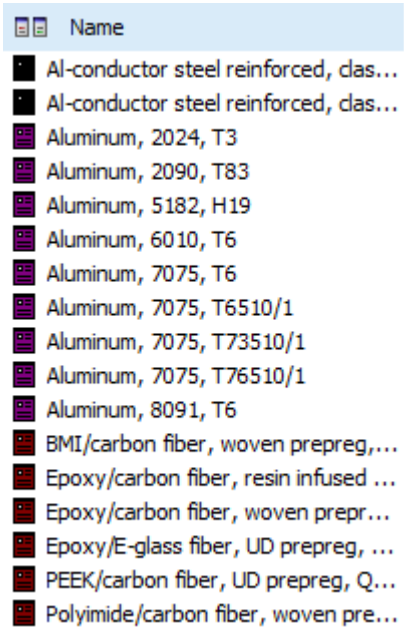


Ilustración 31.Listado de materiales provisional

Para cumplir con el objetivo se introduce un chart con el precio del material con un valor estimado en €/kg, el precio no debería superar los 4€/kg.

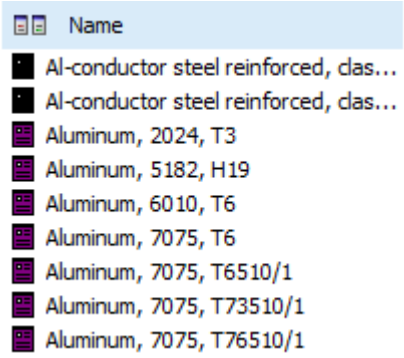


Ilustración 32.Lista de materiales posibles definitiva

Esta es la lista de materiales restantes con el precio filtrado, con esta reducción de precio se cumple cómodamente el objetivo empresarial del proyecto, dejando un gran margen de beneficios que podrían tener que emplearse en otros aspectos como la fabricación, distribución, marketing etc.

En la actualidad la mayoría de chasis del mercado están fabricados con aluminios de la serie 6000 y en algunos casos de la serie 7000. Los materiales compuestos para la fabricación de componentes para el patinaje en línea se pueden encontrar en alta competición donde la reducción de peso es un factor crucial para conseguir ser el más rápido, claro está a un precio mucho más elevado que las guías realizadas en aluminio.

Este proyecto va enfocado a gente con una experiencia grande ya en el mundo del patinaje, no obstante, no llegan a un nivel tan profesional como para poder adquirir un chasis de un elevado precio.

Finalmente, el material seleccionado será el aluminio 7075, por su alto ratio resistencia/densidad, sus características mecánicas y por su precio no muy elevado. En concreto, el chasis será fabricado con el 7075 con un posterior templado que aumentará sus capacidades mecánicas y pasará a designarse como 7075-T6, la equivalencia con la normativa UNE es L-3710.

Se trata de un aluminio cuyo principal componente de aleación es el zinc, además contiene otros componentes que le proporcionan altas propiedades mecánicas con una notable reducción de peso.

ALUMINIO 7075-T6		
Elemento	Mínimo %	Máximo %
Silicio	0	0,4
Hierro	0	0,5
Cobre	1,2	2
Manganeso	0	0,3
Magnesio	2,1	2,9
Cromo	0,18	0,28
Zinc	5,1	6,1
Titanio	0	0,2

Ilustración 33. Tabla de la composición química

A continuación, se presenta una tabla resumen con las principales características del material seleccionado.

ALUMINIO 7075-T6	
PROPIEDADES MECÁNICAS	
Módulo de Young	76 Gpa
Limite elástico	505 Mpa
Límite de rotura	540 MPa
Resistencia a cizalladura	330 MPa
Coeficiente de Poisson	0,33
Dureza Vickers	165 HV
Dureza Brinell	165 HB
Tensión de fatiga a 10^7 ciclos	168 MPa
Resistencia a propagación de grietas (impacto)	26,8 MPa·$m^{0,5}$
Densidad	
2800 kg/m^3	
Precio estimado	
3,5 €/kg	

Ilustración 34. Tabla resumen aluminio 7075-T6

Una vez seleccionado el material, hay que elegir un método de fabricación apropiado para su fabricación. Debido a sus características mecánicas que no permiten realizar muchos procesos, la opción más viable es el mecanizado. Con el mecanizado se conseguirá toda la forma principal de la pieza de forma rápida y precisa, con unos rangos

de tolerancias bajísimos y un acabado superficial excelente. El taladrado de los agujeros y el roscado de los mismos se realiza en el mismo centro de mecanizado con el resto de la pieza.

El diseño será exportado como archivo .STEP, para poder ser abierto en cualquier software CAM, donde se realizará todas las operaciones necesarias para exportarlo a la máquina CNC correspondiente y obtener la pieza final.

Posteriormente al mecanizado, se realizará un anodizado para proteger al material de la abrasión, ralladuras, corrosión y otros efectos ambientales.

DISEÑO PROPUESTO.

Una vez visto todo lo disponible en el mercado actual, se procede a realizar el diseño preliminar del chasis que posteriormente se estudiará con más detalle.

Para poder crear algo diferente e innovador es necesario diseñar algo no existente en la actualidad y que supla las necesidades que ya han aparecido o adelantarse a ellas, o bien, rediseñar algunos de los productos ya existentes con el fin de mejorar y optimizar su propósito.

En el caso del triskate, es un mundo relativamente nuevo, en el cual la gente no se atreve a hacer el cambio de pasar a patinar con 4 ruedas a hacerlo con 3. Es cierto que numerosos estudios determinan que es mucho más rápido patinar con triskate con ruedas de mayor diámetro, pero a la vez que se mejora la velocidad, aumenta notablemente la dificultad del patinaje, por tener las guías más largas y más altas para poder albergar tamaños de ruedas mayores, lo que influye directamente en la maniobrabilidad y estabilidad del patín.

Otro factor muy influyente es el precio, los chasis de triskate continúan siendo bastante elevados de precio, con lo que todo el mundo no puede permitirse dejar sus patines de 4 ruedas para comprarse un triskate.

Para intentar solucionar este problema aparecen en el mercado algunos chasis que pueden albergar diferente número y tamaño de ruedas en la misma guía (Foto anterior). Pero existe un problema con los diseños de este tipo que hay en la actualidad, y es que tanto los agujeros destinados a albergar 4 ruedas como los que albergarán 3 ruedas están a la misma altura, con la diferencia de centro de gravedad que ello conlleva. Es decir, al llevar colocadas las ruedas de mayor tamaño el chasis quedará bien acoplado, pero al colocar las 4 ruedas que serán de menor diámetro aumentará la distancia entre la rueda y la parte superior del chasis donde van ancladas las botas, creando así una sensación de inestabilidad con la que el patinador no se sentirá cómodo.

El objetivo de este proyecto era el de diseñar un chasis que consiguiese ser lo más estable y maniobrable posible, sin renunciar a la velocidad. En principio, el chasis a diseñar, iba a estar destinado a patinadores de la modalidad fitness y velocidad, por eso se deseaban unir en la medida de los posible las características anteriores, debía de ser

una guía lo bastante larga como para albergar ruedas de mayor tamaño y proporcionar estabilidad, pero no demasiado para no influir en la maniobrabilidad necesaria para el patinaje fitness. Además, debe ser un chasis que acople perfectamente con el tamaño de rueda que se le incorpore, que no queden distancias muy grandes que puedan afectar a la estabilidad del patinador.

A continuación, se presenta el primer diseño propuesto, un diseño que combina el uso de 3 y 4 ruedas en el mismo chasis, y que posteriormente sufrirá una serie de modificaciones que lo convertirán en el diseño final.

El diseño CAD está realizado con el software SolidWorks.

En primer lugar, se creó un croquis lo más sencillo posible y que sirviese como bruto para trabajarlo posteriormente, además se acotaron las medidas principales para que fuesen fácilmente modificables a posteriori si fuese necesario.

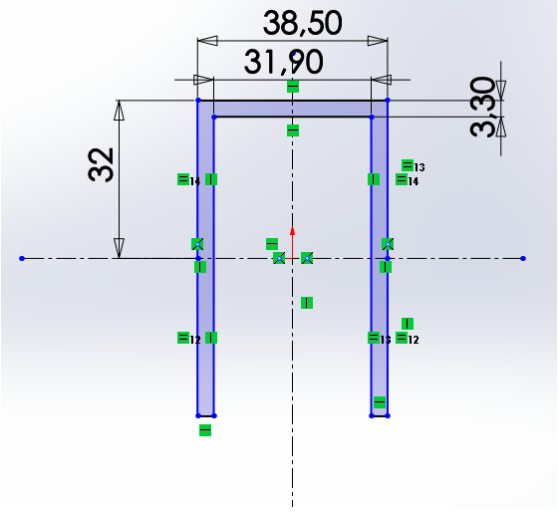


Ilustración 35.Imagen del croquis inicial

Con ese croquis de base, se creó una operación de extrusión de sólido de 300mm, manteniendo el centro de coordenadas como el origen, para facilitar nuevas operaciones posteriormente.

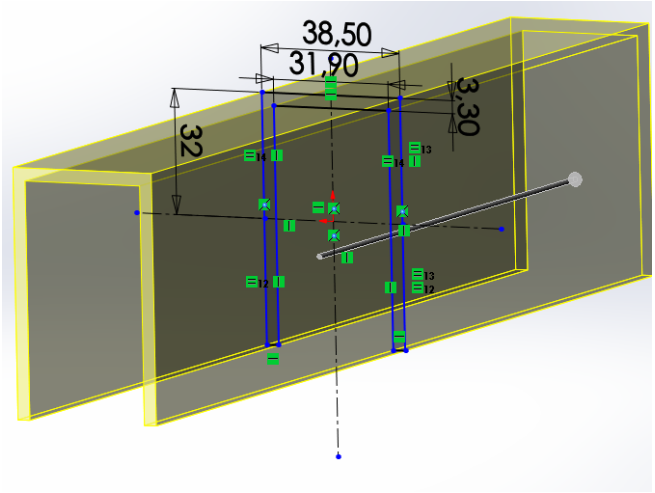


Ilustración 36.Imagen de la extrusión

Con el bruto ya creado, se pasó a la definición de la forma que debía adquirir el chasis, por ello se creó sobre una cara de la extrusión anterior un croquis definiendo la forma final. En dicha extrusión se definieron las medidas finales mediante cotas.

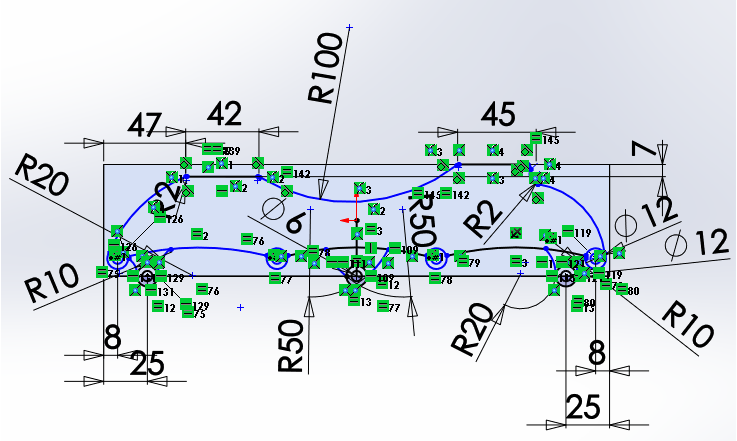


Ilustración 37.Croquis realizado sobre la extrusión

Con el croquis anterior se realizaría una operación de extrusión de corte, siguiendo el perfil indicado y eliminando todo el material sobrante.

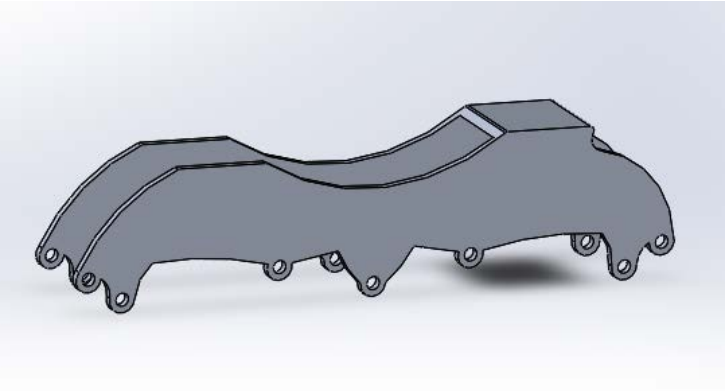


Ilustración 38.Forma después del sólido después del recorte

Posteriormente, ser realizaron todos los recortes internos que proporcionarían al chasis, además de estilismo, mejoras en las simulaciones aerodinámicas y una notable reducción del peso final de la guía.

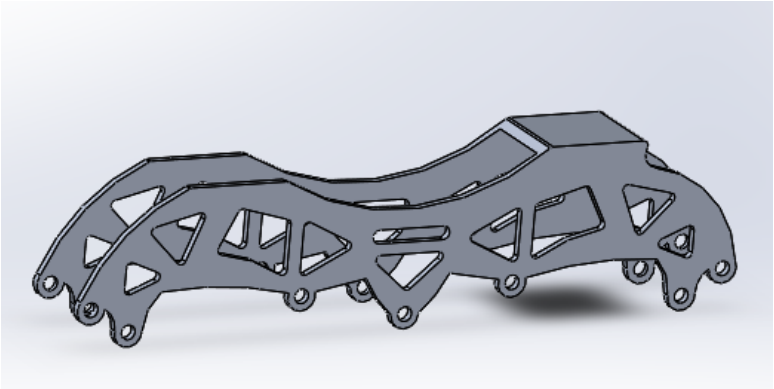


Ilustración 39.Imagen de los recortes para optimización aerodinámica y reducción de peso

Finalmente, se extruyó el material necesario para la creación de la meseta delantera, para poder introducir las ranuras en las que irán fijadas las botas con el chasis. Con toda la forma ya realizada se redondearon todas las aristas que pudiesen posteriormente causar concentraciones de tensiones innecesarias.

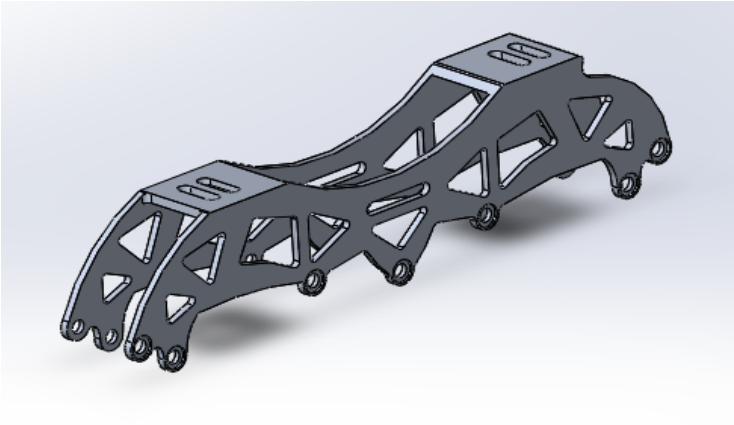


Ilustración 40.Imagen del primer diseño acabado

Con este primer diseño ya terminado, se pasó a calcular la masa total del chasis, se introdujo el material seleccionado y se obtuvo un peso de 167,07 gramos, a falta de las comprobaciones con cargas estáticas, se podía confirmar que el objetivo de la reducción de peso estaba conseguido, ya que existían muy pocas guías en el mercado con pesos similares.

Este primer diseño cumple con todos los objetivos marcados al inicio de este proyecto. Se trata de un chasis que permite el montaje de 4 ruedas de 80mm y además puede funcionar perfectamente como triskate de ruedas de 100mm o 110mm. La longitud total del chasis es de 274mm, una medida media entre los 300mm que suelen medir los de velocidad y los 240-260 que suelen medir la mayoría de guías del mercado, la altura está optimizada al máximo para albergar las ruedas de 80mm y las de 110mm, no obstante, se podrían emplear 3 ruedas de 100mm sin ser un inconveniente notable. Para poder recrear el ensamblaje de todo el conjunto se crearon con SolidWorks los tornillos autorroscantes y las ruedas de los tres tamaños diferentes.

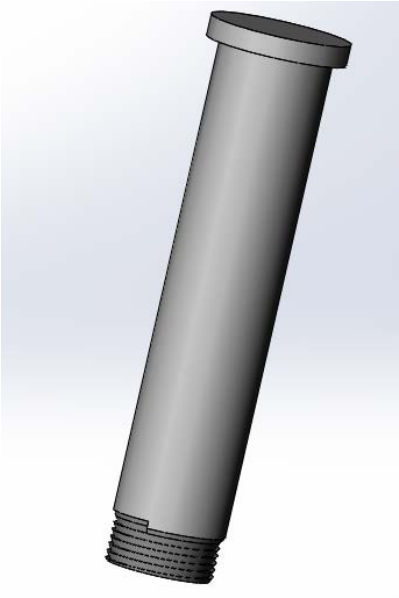


Ilustración 41.Tornillo autorroscante que unirá las ruedas con el chasis

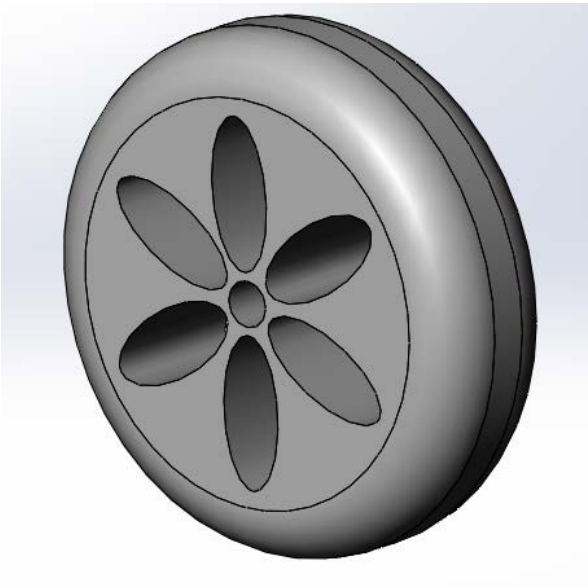


Ilustración 42.Ejemplo de rueda con llanta

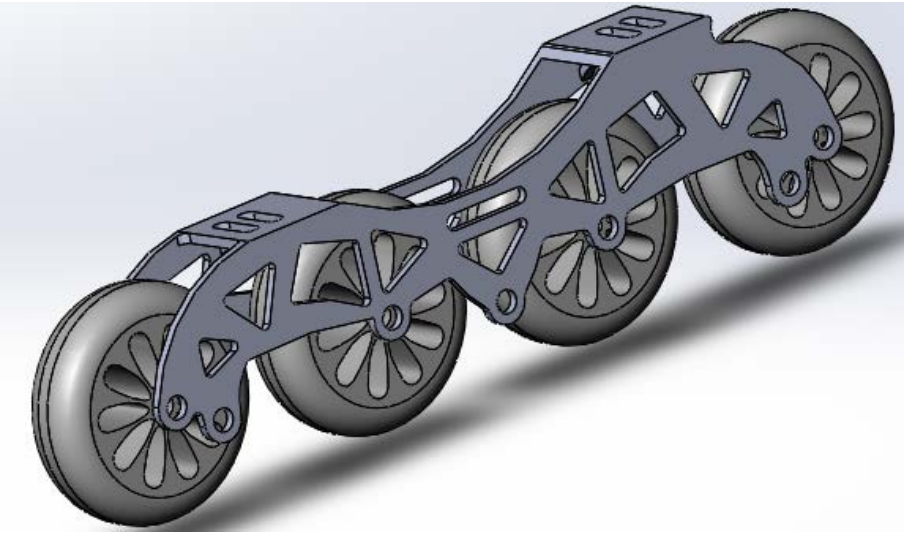


Ilustración 43.Ensamblaje con cuatro ruedas de 80mm

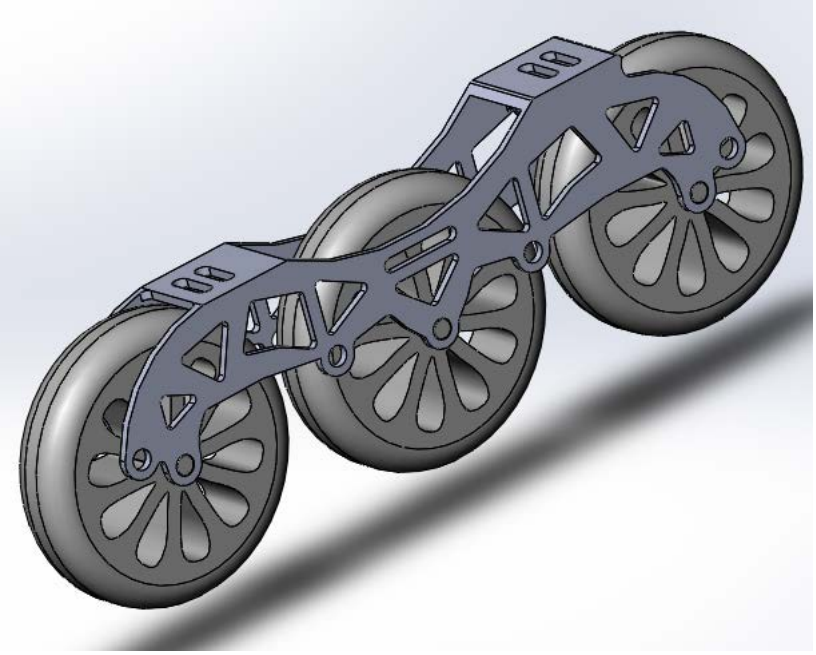


Ilustración 44.Ensamblaje con 3 ruedas de 110mm

Partiendo de este primer diseño, se vio la necesidad de crear uno con la misma forma, pero retocando una serie de aspectos que mejorarían el rendimiento del chasis.

Las mejoras introducidas fueron las siguientes:

- Aumento del diámetro de los agujeros donde van los pasadores de las ruedas para permitir el paso del eje de 8mm de diámetro.
- Avellanado de todos los agujeros de una de las dos caras laterales, para poder albergar los tornillos autorroscantes.
- Aumento de la diferencia de alturas entre las mesetas de anclaje trasera y delantera.
- Aumento del tamaño de pared que rodean el agujero del tronillo en las partes extremas de la pieza.
- Colocación de refuerzo internos debajo de las mesetas de anclaje.
- Cambio en los radios de redondeo para evitar concentradores de tensiones.

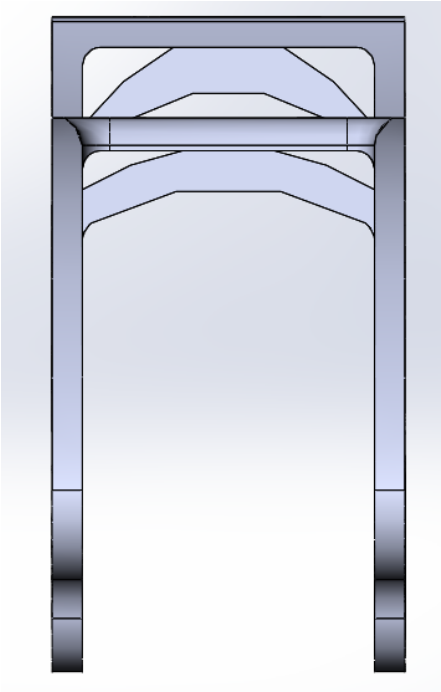


Ilustración 45.Vista del alzado de la nueva pieza donde se aprecian los refuerzos internos

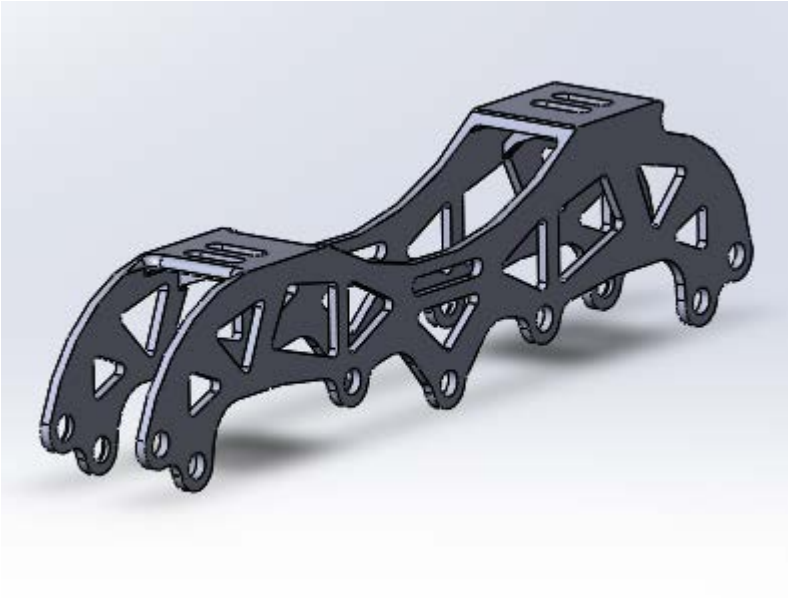


Ilustración 46.Segundo diseño del chasis

Finalmente, el peso del chasis introduciendo el material aluminio 7075-T6 es de 173,62 gramos, un peso ligeramente superior al primer diseño pero que mejorara las respuestas a las simulaciones estáticas.

El centro de masa del chasis se sitúa lo más centrado posible, teniendo en cuenta que se desplazará ligeramente hacia el lado de la meseta trasera donde la altura es superior.

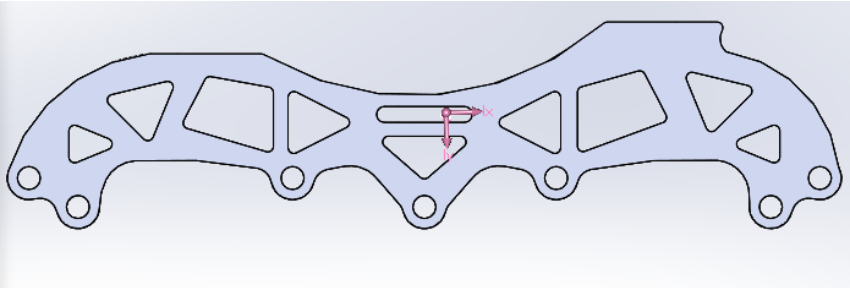


Ilustración 47.Imagen en la que se puede observar el centro de masa ligeramente hacia la parte trasera del chasis

Es muy importante que el centro de masas esté lo más centrado posible en el chasis, en este caso al tratarse de una pieza casi simétrica, el centro de gravedad estará ligeramente desplazado del centro de masas.

Una perfecta alineación de dicho centro ofrecerá al patinador una sensación de estabilidad mayor, en el caso de estudio, el centro se sitúa suavemente hacia la parte trasera, ofreciendo mayor estabilidad en dicha parte y mayor maniobrabilidad en la parte delantera.

SIMULACIÓN.

Para que el proyecto se pueda llevar a cabo, es necesario la comprobación mediante FEM del diseño propuesto. Tanto el diseño elegido como el material filtrado debe comportarse frente a las cargas estudiadas de forma correcta, para que en su posterior vida en servicio no sufra ninguna rotura o deformación que pueda influir en su duración.

Los estudios realizados van a ser, un estudio de cargas estáticas sobre los principales apoyos del chasis que simularán el peso del patinador, una simulación a impacto representada mediante una caída, y dos pequeños estudios aerodinámicos para mostrar la resistencia que opone el chasis en la parte delantera y en la lateral.

Normativa

Para poder llevar a cabo la normalización del producto diseñado en este estudio, es necesario que este estandarizado según los requerimientos legales, para su posterior puesta en el mercado.

Con este estandarizado se conseguirán obtener los requisitos que se demandan para poder poner el producto a la venta, en concreto se especificarán y aclararán conceptos dimensionales y las propiedades mecánicas que debe tener el producto.

En las normativas se especifican los métodos de ensayos y cálculos para la aprobación del diseño presentado.

Para la realización de dichos cálculos, el proyecto se ha tenido que basar en algunos aspectos en la normativa UNE que contempla el análisis y ensayo de patines en línea.

Se trata de la normativa UNE-EN 13843:2009 "*Equipamiento para deportes sobre ruedas. Patines en línea. Requisitos de seguridad y métodos de ensayo".*

Además de los cálculos y método de ensayo, cabe destacar que dicha normativa se podrá aplicar a patines en línea destinados a usuarios con una masa corporal mayor a 20kg y de menos de 100kg

Todos los estudios presentados van a ser realizados mediante el software SolidWorks, que contiene diferentes complementos que permiten verificar de forma clara y precisa los resultados obtenidos.

Con esta normativa superada, la intención de este proyecto es que el chasis diseñado también tenga cabida en el mundial de patinaje de velocidad. Los campeonatos mundiales de velocidad están regidos por la FIRS, y cuentan con una normativa propia para su regularización.

El "Speed Technical Commite 2016", es el que establece todos los requisitos que se deben tener en cuenta para la realización de un campeonato. En el caso que se estudia en el proyecto, la normativa se va a centrar en el equipamiento.

- Se permiten los patines con dos pares de ruedas paralelas, o bien ruedas colocadas en serie o en línea, con un máximo de 5 ruedas.
- El patín, sumando chasis y ruedas en ningún caso deberá exceder los 500mm de longitud.
- Las guías deberán estar sólidamente unidos a las botas y los ejes no deberán sobresalir de las ruedas.
- El diámetro máximo de la rueda será de 110mm, exceptuando el maratón donde el máximo será de 125mm

A continuación, se exponen los cálculos necesarios para la realización de las simulaciones.

Simulación carga estática sobre sujeciones fijas.

En primer lugar, se van a realizar los cálculos para la simulación estática de la carga sobre los apoyos principales del chasis. Esa carga se obtendrá a partir de un peso máximo estimado del patinador. En la normativa existente no aparece ningún apartado sobre este tipo de estudio, aunque se pensó necesario para la perfecta recreación del uso del chasis en la vida real su cálculo, para poder garantizar que cumpla su función.

Peso patinador= 100kg

Peso del equipo= 2kg

Aplicando la fórmula para convertir el peso calculado en fuerza,

$$F = m \times g$$

Siendo g la aceleración de la gravedad 9,81 m/s^2 ,

F= 102 kg x 9,81 m/s^2 = 1000,62 N

El chasis cuenta con dos puntos de anclaje con la bota, con lo que la fuerza se debe repartir un 35% en la parte trasera y un 65% en la parte delantera. Como se puede apreciar en la imagen, los apoyos A y B son los que mayor fuerza generan contra la guía del patín.

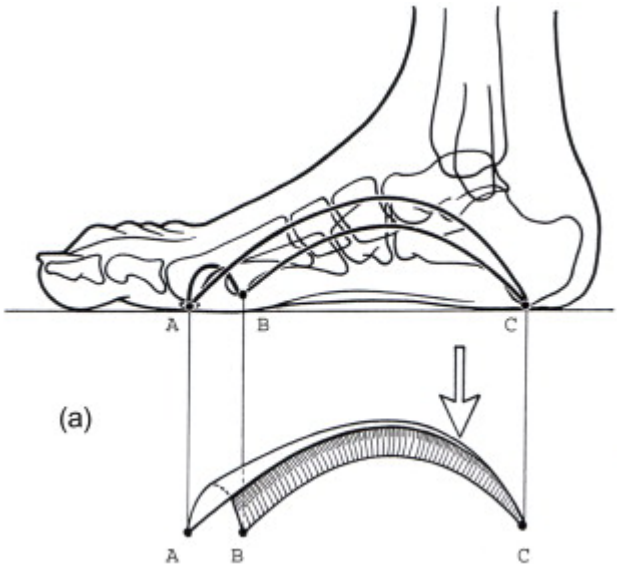


Ilustración 48.Distribución de cargas en el chasis del patín

Fuerza aplicada en la parte trasera F1= 350,217 N

Fuerza aplicada en la parte delantera F2= 650,403 N

Una vez realizados los cálculos se procede a la introducción de los mismos en el SolidWorks. Se realizarán un total de 4 simulaciones, dos para cada diseño. En primer lugar, se analizará el diseño sin refuerzos internos con 3 y 4 ruedas, y posteriormente el

diseño con refuerzo internos, para así poder decidir si la reducción de peso por no tener los refuerzos internos es mejor opción que el segundo diseño propuesto.

Simulación primer modelo sin refuerzos internos

Se va a proceder a realizar el cálculo mediante FEM, que transmitirá unos datos que deberán ser analizados para la determinación de la geometría y de la selección del material del chasis.

Dentro del software Solidworks activamos el complemento "Solidworks Simulation", en él se habrá de realizar un nuevo estudio estático en el que se deberá aplicar el material seleccionado para obtener la mayor perfección posible en los resultados, y que la interpretación de los mismos sea acorde con la realidad.

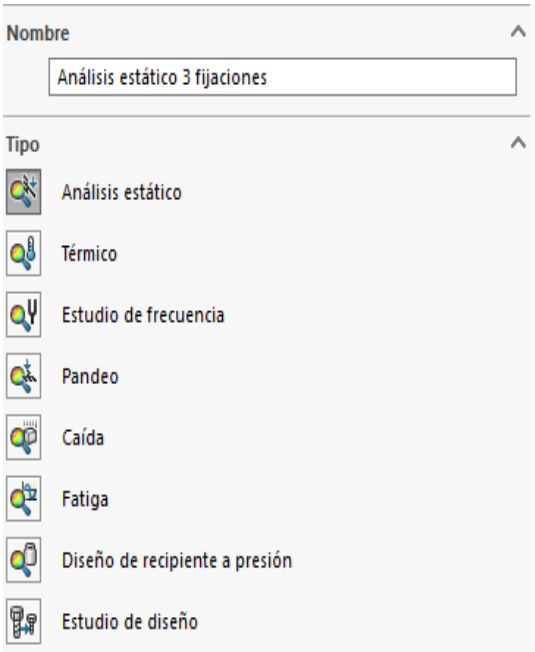


Ilustración 49.Activación del modo de análisis estático

Primeramente, se han de introducir las sujeciones del chasis, en el caso de este proyecto serán sujeciones de geometría fija ya que serán los agujeros donde se introduce el eje de las ruedas.

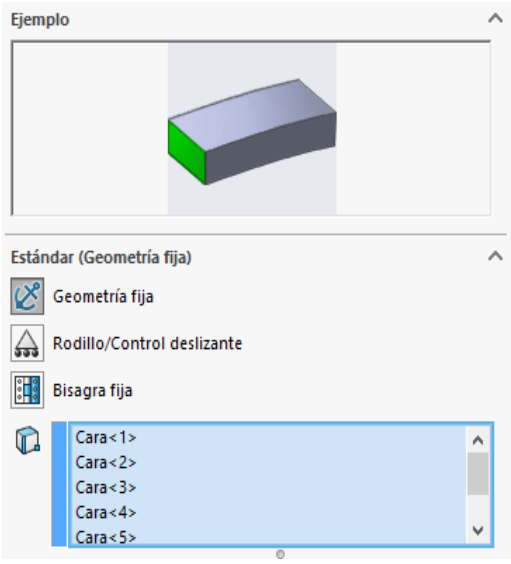


Ilustración 50.Designación de geometría fija

Se introducen las 6 geometrías fijas en los agujeros correspondientes, en este caso será estudiado el comportamiento del chasis cuando se esté utilizando como triskate.

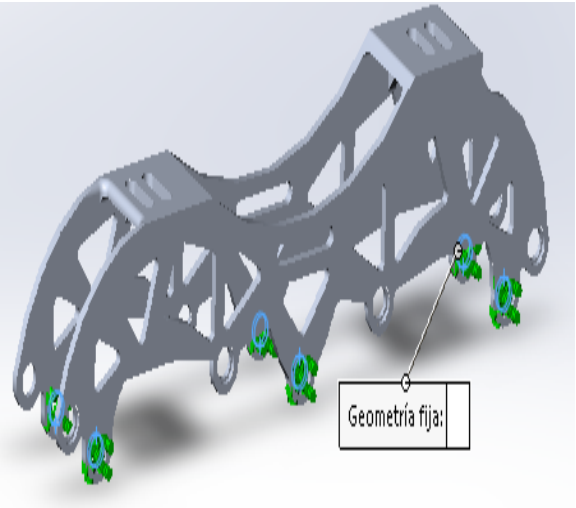


Ilustración 51. Introducción de las caras de geometría fija

Para poder realizar el análisis es necesario realizar un mallado de la pieza, se preparó una malla estándar con una densidad de malla fina. Así cuanto más fina sea la

malla, menor será la el volumen de las divisiones que realiza el software para el análisis individual de cada uno y posteriormente en conjunto. La densidad de estos volúmenes por unidad de área de la pieza, serán los indicadores de la precisión del cálculo realizado.

Ilustración 52. Características del mallado

Posteriormente se les aplican a las mesetas de anclaje con la bota las fuerzas anteriormente calculadas. El cálculo se ha realizado pensando en que un solo chasis debe soportar la carga de 100kg del patinador, ya que en numerosas ocasionas todo el peso es apoyado por el patinador sobre un solo pies, en posiciones de salida o de empuje.

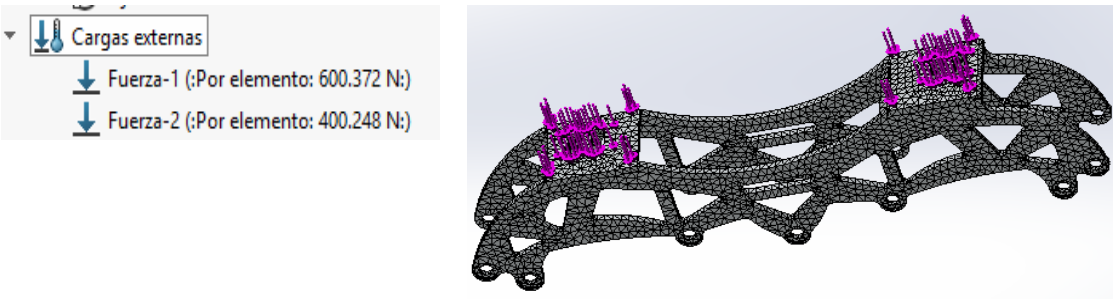


Ilustración 53. Introducción de las fuerzas

Los resultados de esta simulación fueron analizados según la teoría de fallo basada en las tensiones de Von Mises.

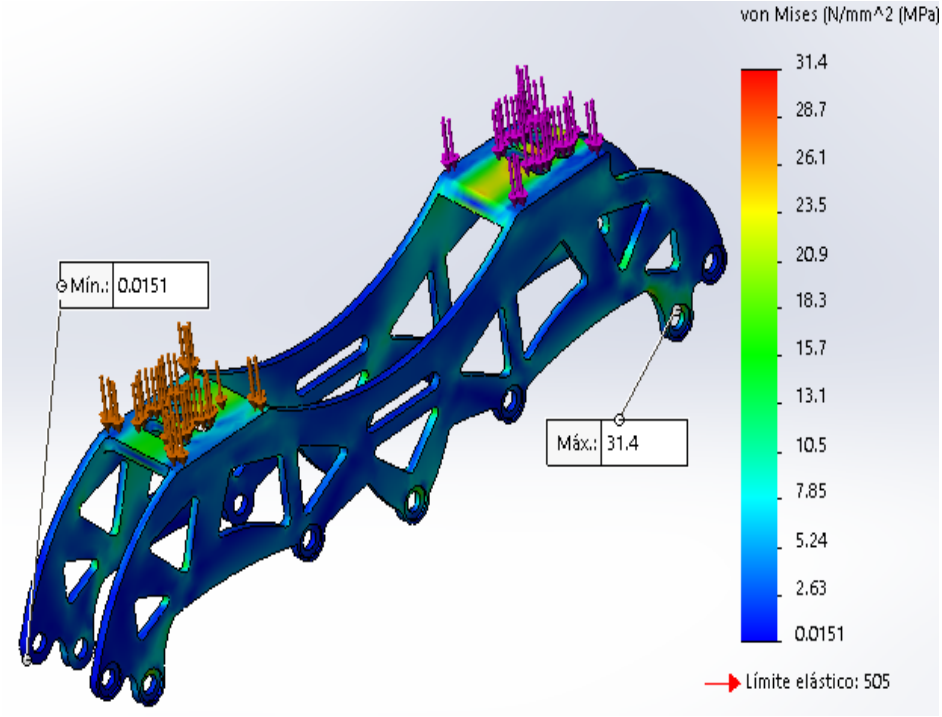


Ilustración 54.Resultados fijaciones 3 ruedas

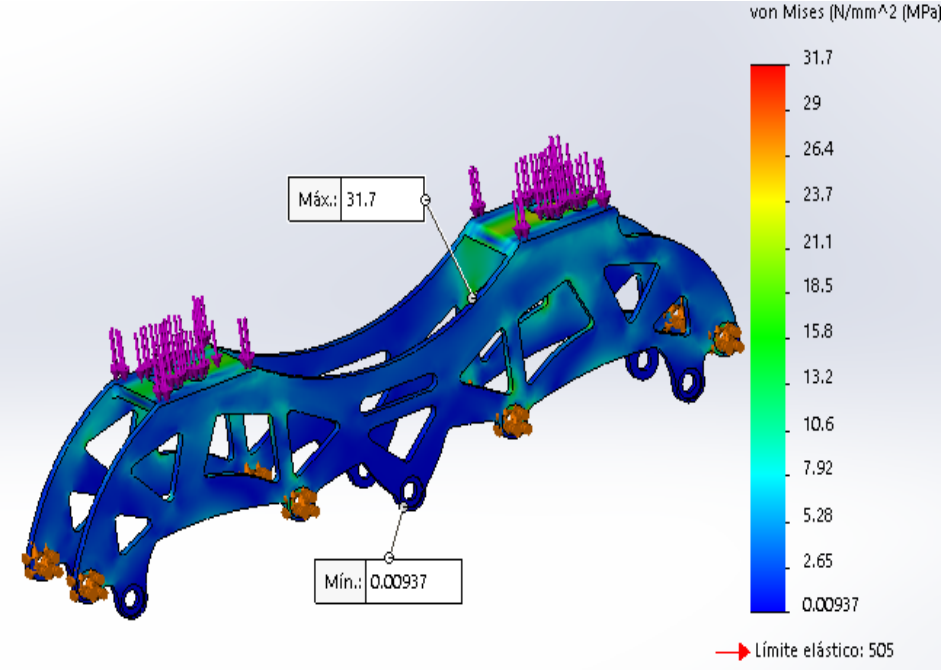


Ilustración 55.Resultados para 4 fijaciones

Estos son los resultados mostrados por la simulación en Solidworks, en la que se puede apreciar que el diseño soporta perfectamente las cargas introducidas, siendo la tensión máxima aparecida de 31.7MPa en la simulación de uso del chasis con 4 ruedas, muy lejos del límite elástico del material.

En cuanto a los desplazamientos resultantes del chasis al aplicar la fuerza calculada, se observó que eren mucho más notables en la parte trasera de la pieza justo por debajo de la meseta de anclaje.

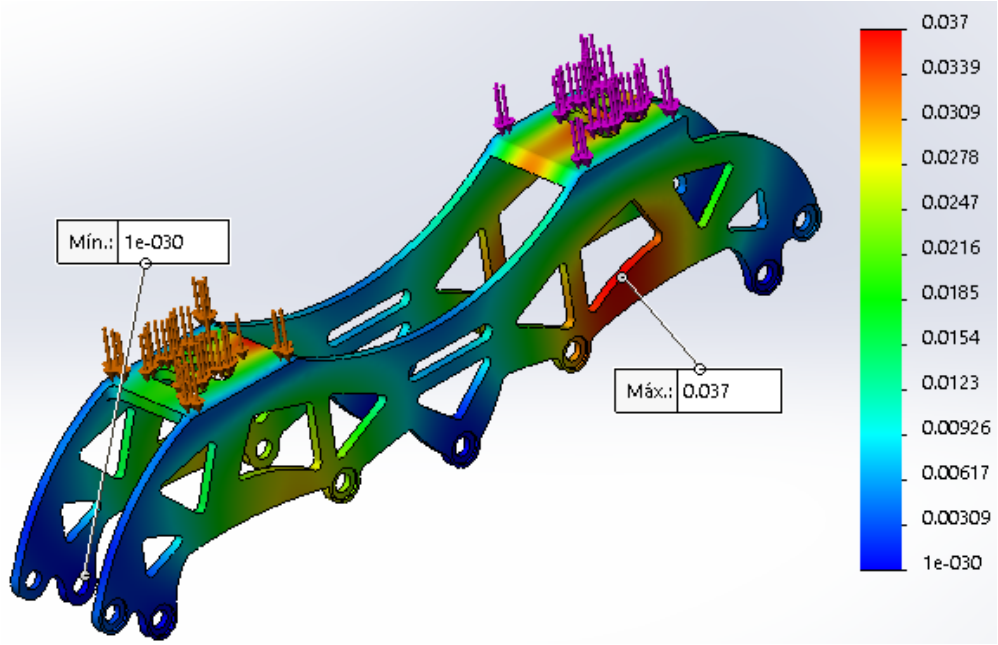


Ilustración 56. Desplazamientos con 3 fijaciones.

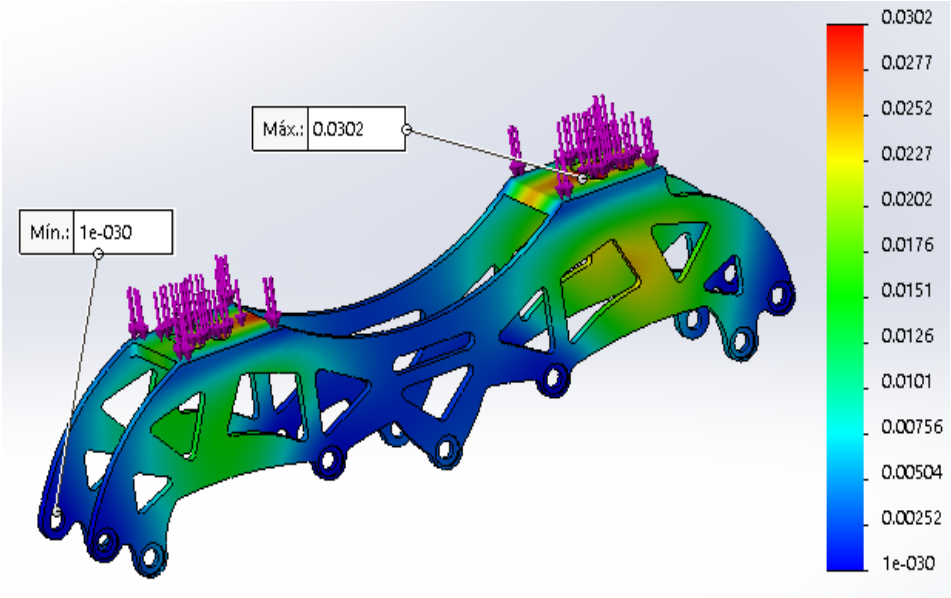


Ilustración 57.Resultados desplazamiento con 4 fijaciones

Simulación segundo modelo con refuerzos internos

Una vez analizado el primer modelo, se estudió la posibilidad de añadirle al modelo inicial una serie de mejoras para cumplir más fielmente los objetivos planteados al inicio del proyecto.

Se ha podido observar que las tensiones máximas generadas no eran muy considerables, pero si la concentración de tensiones en algunas zonas del chasis que podían a la larga ocasionar problemas de fiabilidad. Uno de los objetivos del proyecto era el de diseñar un chasis resistente y perdurable en el tiempo. Por ello se realizó el segundo diseño y se le aplicaron las respectivas simulaciones para observar las diferencias.

Las características de fijaciones, fuerzas y mallado son las mismas que en el primer diseño. Por lo que se pasará a exponer los resultados.

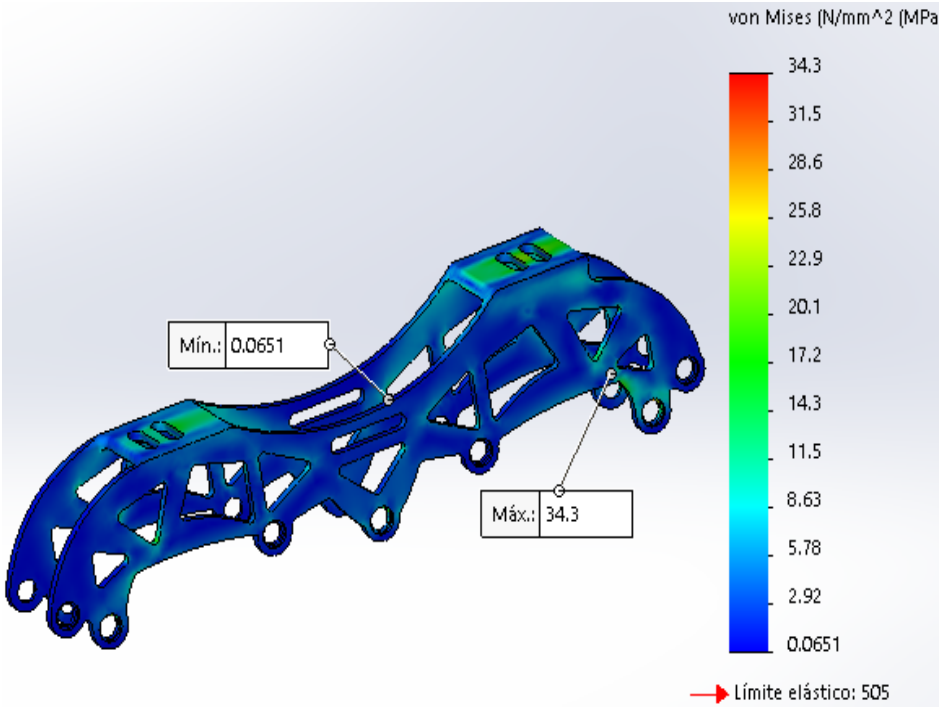


Ilustración 58.Resultados Von Mises con 3 fijaciones y refuerzo internos

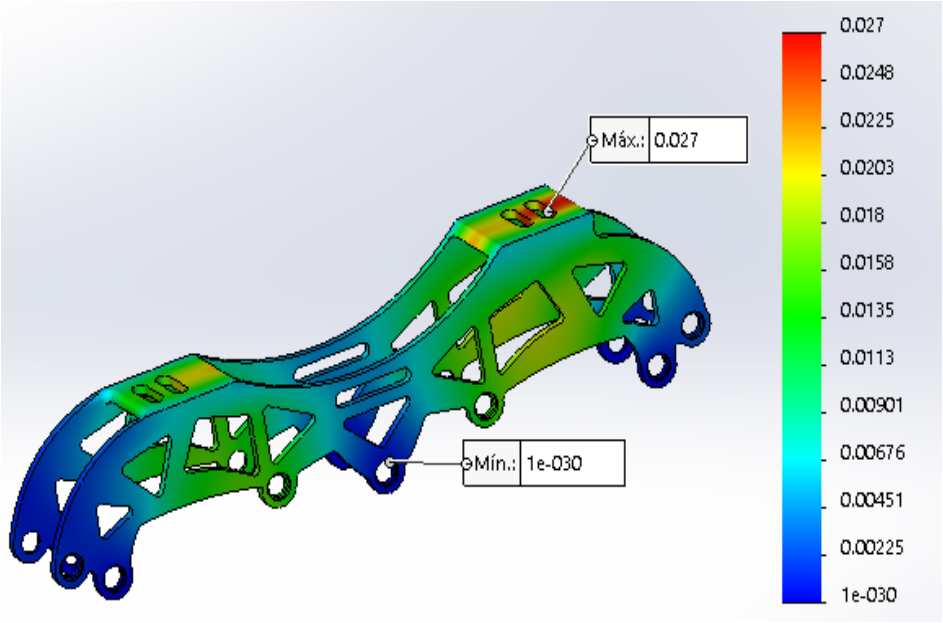


Ilustración 59.Resultados de los desplazamientos resultantes con 3 fijaciones y refuerzos internos

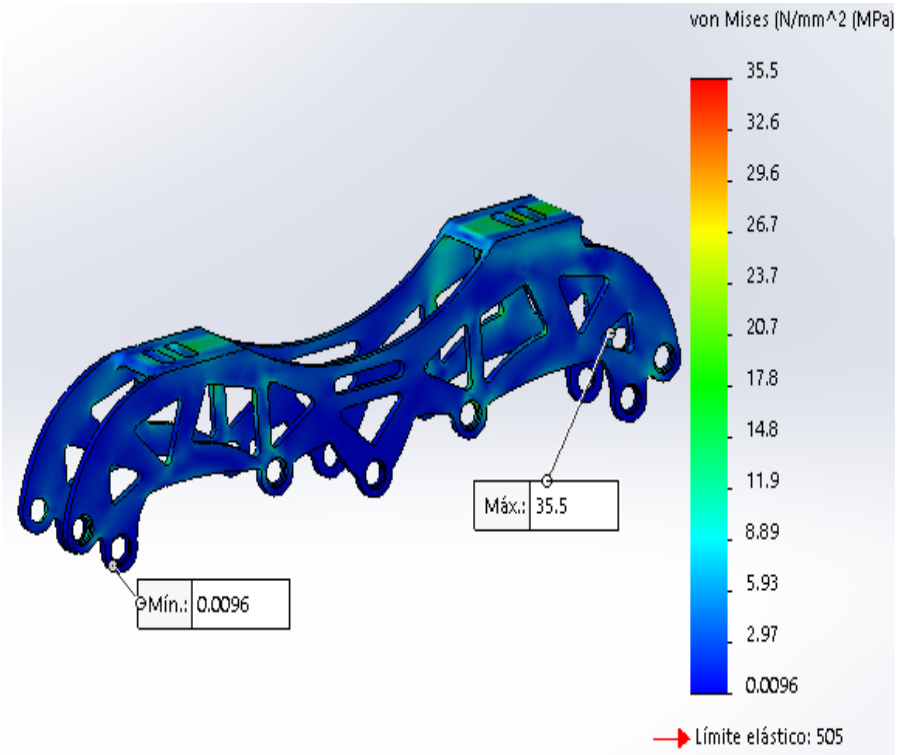


Ilustración 60.Resultados de las tensiones de Von Mises con 4 fijaciones y refuerzos internos

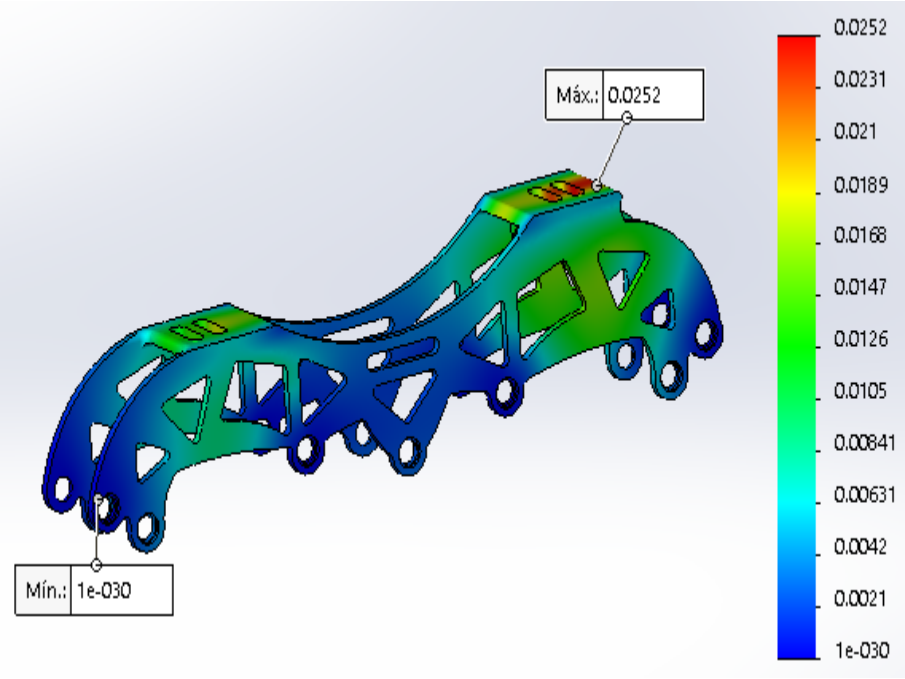


Ilustración 61.Resultados de los desplazamientos con 4 fijaciones y refuerzos internos

Como se puede observar en las figuras, la tensión máxima soportada ha sido incluso ligeramente mayor que en el primer diseño, en cambio las deformaciones han sido menores en ambos casos de aplicación (3 y 4 fijaciones) en comparación con el primer diseño propuesto. Por otro lado, se puede observar como la distribución tanto de las tensiones como de las deformaciones ha sido mucho más generalizada, lo que propiciará a no crear zonas concentradoras de tensión que con la fatiga que sufrirá la pieza pudiesen ser causa de fallo, agrietamiento o rotura.

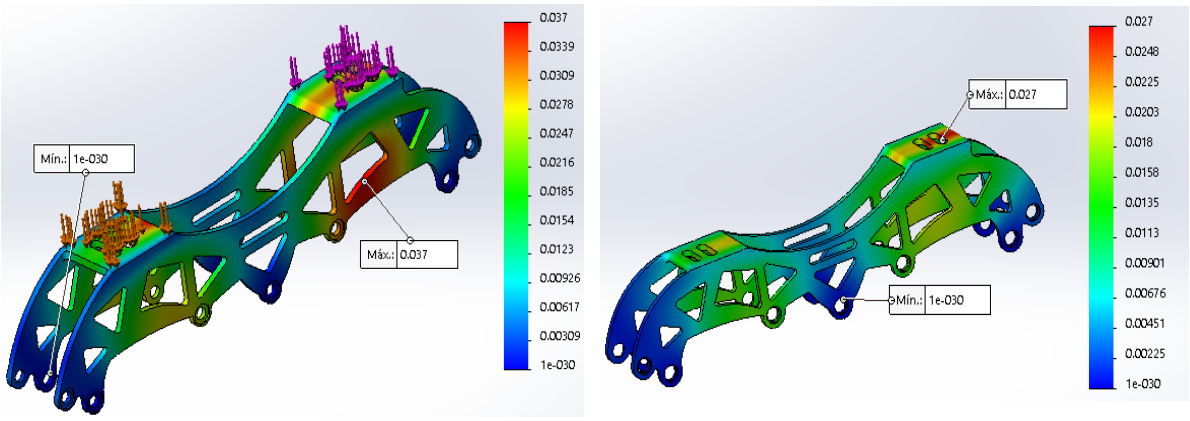
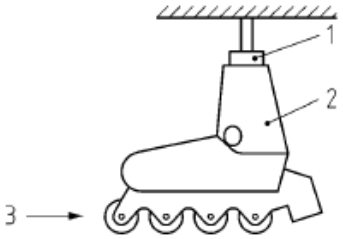


Ilustración 62. Comparación de las tensiones de Von Misses con y sin refuerzos internos

Con esta comparación de imágenes de las deformaciones se puede observar la distribución de la deformación de forma más uniforme en la imagen de la derecha, que es el chasis que cuenta con refuerzos internos, la incorporación de los refuerzos en la parte interior de la guía proporciona una mejor distribución de la energía.

Simulación a impacto frontal

Para la realización de la simulación a impacto si fue necesario el uso de la normativa vigente, ya que sí que contaba con un apartado explícito para ello. En la normativa se pide realizar el ensayo con todos los componentes que conforman el patín en línea, es decir, el chasis junto con las ruedas y la bota. Según la normativa UNE-EN 13843 del año 2010, versión oficial de la Norma Europea EN 13843:2009, el impacto frontal que reciba el patín deberá ser de una energía de 135J y a una velocidad de 4,5±0.5 m/s, impactando directamente sobre la rueda delantera.



Leyenda

1 Horma
2 Patin en linea
3 Dirección del impacto

Ilustración 63.Representación según normativa del ensayo de impacto frontal

Para poder realizar una simulación de impacto en SolidWorks se debe utilizar dentro del complemento "Simulation" el tipo de estudio de caída al ser el que mejor representa el impacto que se quiere simular. El único inconveniente es que el software analiza los resultados introduciendo de variable principal la altura de la caída o la velocidad del impacto, en este caso se va a introducir la velocidad del impacto, que es la que se proporciona en la normativa.

En la normativa no se especifica el peso que deberá tener el patín para poder realizar la simulación con las variables de velocidad y energía indicadas, por ello se debe calcular mediante la fórmula de la energía cinétical.

$$Ec = \frac{1}{2} \times m \times v^2$$

Sustituyendo los valores definidos,

$$135 = \frac{1}{2} \times m \times 5^2$$

De donde,

$$m = \frac{135}{\frac{1}{2} \times 5^2}$$

$$m = 10.8\ kg$$

La masa del conjunto del patín debe de ser de 10.8 kg, para poder realizar el cálculo con dicha masa, se deben introducir los materiales que componen todo el conjunto.

Para las ruedas se introdujo PU, los ejes pasadores acero inoxidable AISI 304 y para el chasis el aluminio seleccionado 7075-T6. Con estos valores introducidos, el software determinaba que el peso de esos componentes era de 896.14g

Elemento	Cantidad	Peso total(kg)
Rueda de 110mm	3	0,65
Tornillo pasador	3	0,08
Chasis	1	0,17
		0,9

Tabla de pesos

Para conseguir llegar hasta los 10,8 kg necesarios para realizar la simulación, fue necesario crear un suplemento de peso para añadirlo al conjunto anterior hasta proporcionar el peso deseado.

Se creó una pieza que acoplase con ambas mesetas del chasis, y a partir de su volumen y la masa necesaria de 9.9kg se obtuvo la densidad.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Masa=9.9kg

Volumen=0.000124108 m^3

$$\rho = 79801\ kg/m^3$$

Con la densidad ya calculado se creó un nuevo material en la base de datos de SolidWorks, solamente se editó el rango de densidad ya que los demás factores no influían en este estudio.

Densidad = 0.08 gramos por milímetro cúbico

Masa = 9904.00 gramos

Volumen = 124108.66 milímetros cúbicos

Área de superficie = 20274.16 milímetros cuadrados

Ilustración 64.Características de la pieza creada

Con el conjunto final ya creado, se pasó a la simulación del impacto. En primer lugar, deberían crearse los conjuntos de contactos entre componentes, para ello con la ayuda del asistente de conexiones se seleccionaron los ejes y las ruedas y se les asignó una unión rígida.

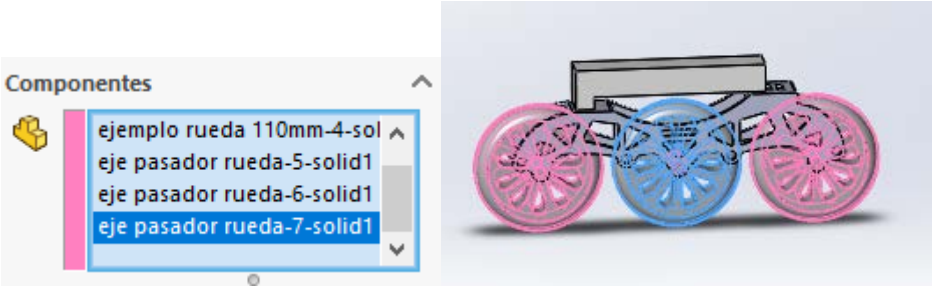


Ilustración 65.Componentes seleccionados

Posteriormente se pasa a la realización del mallado del conjunto completo, en este caso y al existir mayor cantidad de elementos y aumentar la complejidad geométrica de la pieza, el tamaño de las áreas del mallado se ha visto ligeramente aumentados, aun así, se han predispuesto para obtener un alto grado de refinamiento dentro de lo posible.

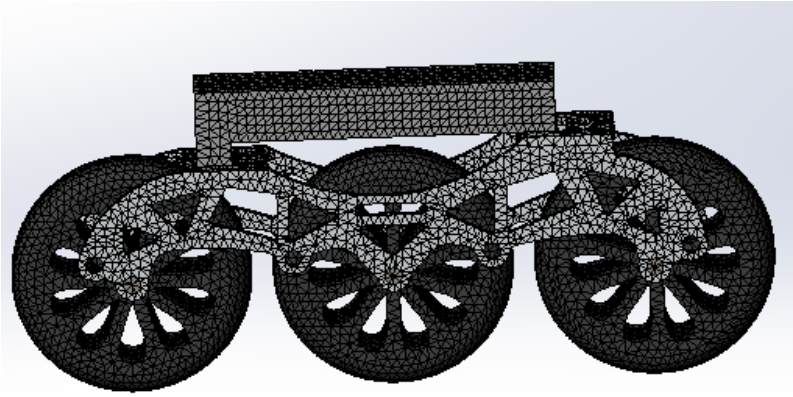


Ilustración 66.Diseño completo mallado

Finalmente se pasa a la definición de las características del impacto, que con los datos calculados previamente deberían de realizar la simulación más afín posible a la realidad.

El impacto se produce en la parte delantera del patín, tal y como indica la normativa. Se introduce la velocidad máxima indicada por la norma, reflejando así la situación más desfavorable posible, de 5m/s con su sentido y dirección. Además, se debe introducir la aceleración de la gravedad y su respectiva dirección. El suelo sobre el que se realizará la simulación será rígido, sin amortiguación de elementos.

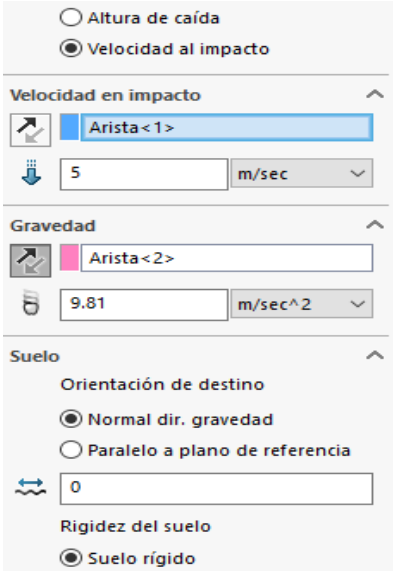


Ilustración 67. Configuración del impacto

Con todos los parámetros introducidos se pasa al cálculo del impacto, una vez calculado el software mostrará los resultados de las tensiones máximas según la teoría de Von Mises y los desplazamientos resultantes. Ambos parámetros deberán ser analizado para comprobar que el diseño propuesto cumple con las tensiones máximas para evitar la rotura.

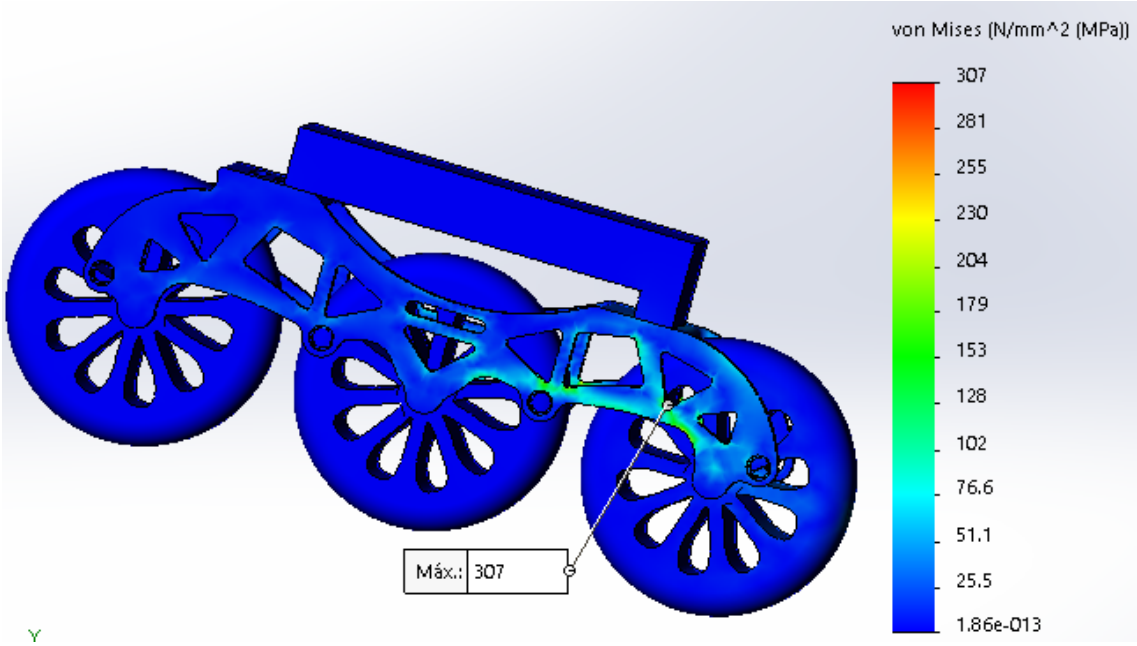


Ilustración 68. Resultados según Von mises de las tensiones creadas en el impacto para 3 ruedas

Los cálculos realizados han sido satisfactorios ya que en ninguna parte de la pieza se supera el límite elástico del material seleccionado de 510 MPa, con lo cual se puede afirmar que bajo estas características de impacto está garantizada la integridad del diseño. La máxima tensión aparece en una de las perforaciones más grandes justo en una esquina que ya había sido redondeada para evitar concentrar las tensiones, si posteriormente se realiza un restyling de la pieza, ese sería uno de los puntos en los que debería mejorar.

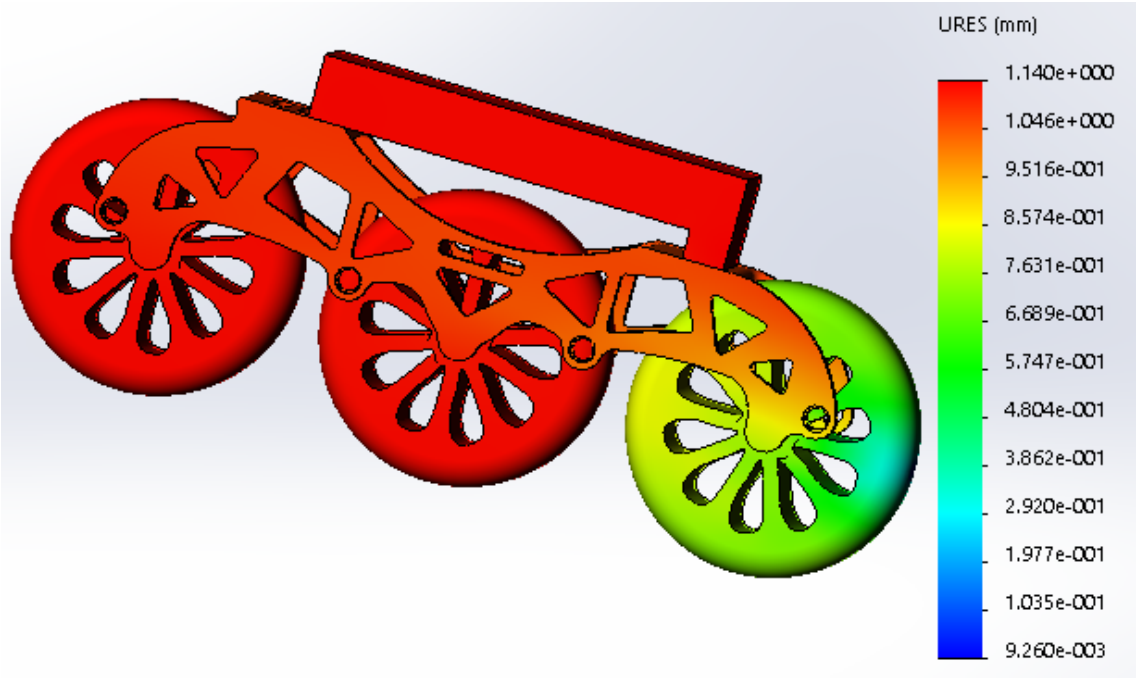


Ilustración 69. Resultados de deformación

Los resultados de las deformaciones se podrían considerar orientativos, ya que para realizar el cálculo para obtener los valores el programa utiliza las propiedades de los materiales, en este caso el programa Solidworks no puede analizar simultáneamente un conjunto de piezas con sus respectivas propiedades de los materiales. Aun asi, cabe destacar que los valores obtenidos que se pueden consultar en la figura 68, no muestran unas deformaciones exageradas.

También se ha simulado el impacto del patín con 4 ruedas montadas, para confirmar que empleando los dos usos para los que está diseñado el chasis el patinador puede estar seguro y confiar en que no va a sufrir ningún desperfecto.

Los parámetros introducidos para el cálculo son los mismos que en el apartado anterior, conjuntos, densidad de mallado, velocidad etc. Se ha tenido que modificar levemente la densidad del material para la pieza que implementa más peso al patín, debido a que el peso del conjunto patín-ruedas, era menor con 4 ruedas que con 3.

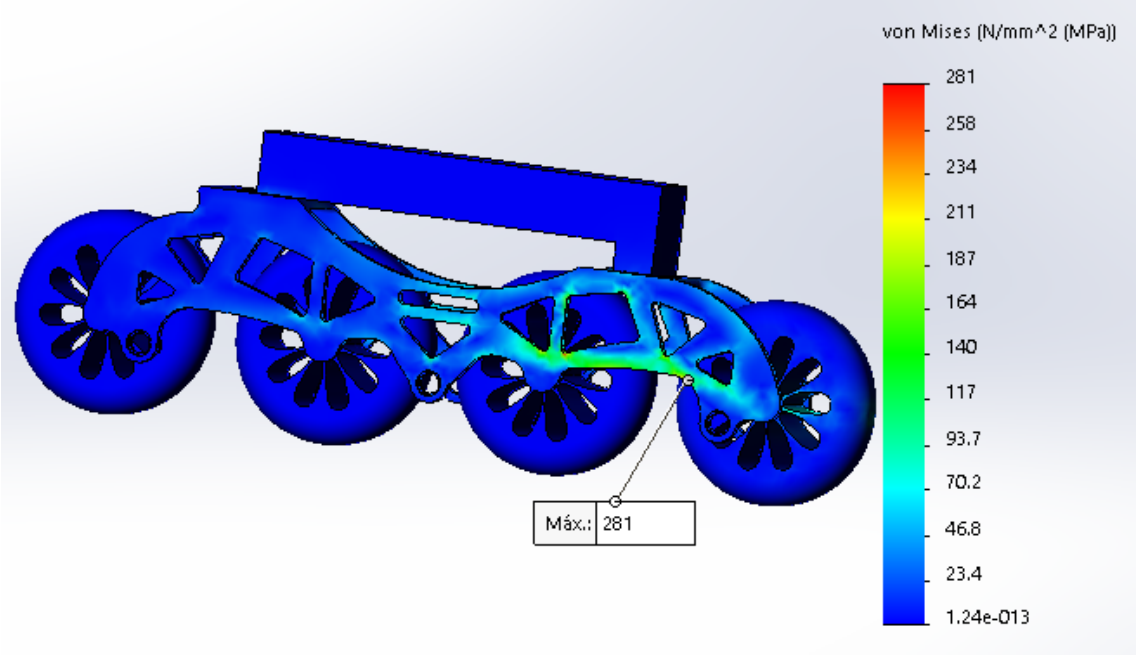


Ilustración 70.Resultado de las tensiones de Von Mises para 4 ruedas

Como se puede observar en la imagen la máxima tensión que aparece en esta simulación es inferior a la simulación del diseño con 3 ruedas. Esto podría ser debido a la mayor distribución de la tensión total entre los puntos de fijación entre ruedas y chasis, además se puede observar que la posición de la máxima tensión también ha variado, situándose en la parte inferior del chasis. El valor obtenido confirma que el chasis propuesto es completamente seguro, además se puede asegurar que será más larga su vida si es más utilizado para patinaje con 4 ruedas.

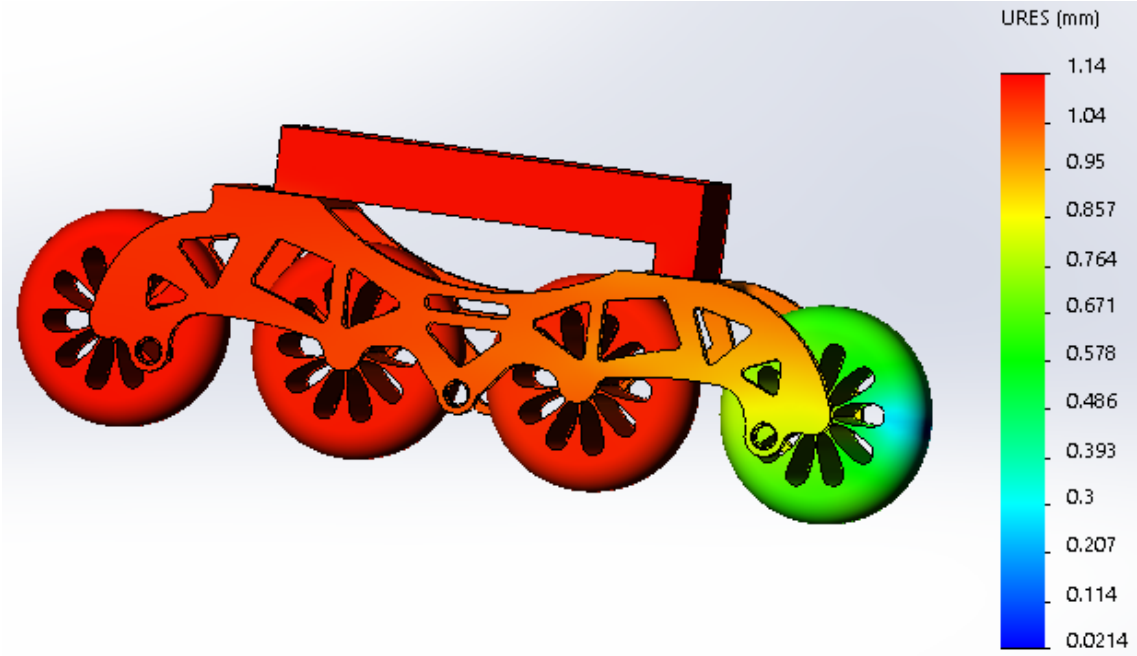


Ilustración 71. Resultados de la deformación con 4 ruedas

Los resultados de la deformación sí que son muy similares a los de la simulación del chasis con 3 ruedas, en ambos casos las deformaciones son permisibles, ya que no provocan ningún contacto indeseado entre los componentes.

Simulación de impacto vertical

Se procede a continuación a realizar el estudio del comportamiento de la pieza diseñada frente a un impacto vertical, para así poder observar la respuesta del chasis frente a situaciones similares a las de la simulación como caídas o saltos.

En la normativa estudiada, aparece la explicación de cómo se ha de realizar la simulación, indicando los parámetros que servirán para realizarla. Según la norma UNE-EN 13843:2010, se debe realizar un impacto sobre la parte inferior del patín, dicho patín debe estar completamente montado con sus respectivas ruedas y ejes roscantes. Tal y como se representa en la siguiente imagen.

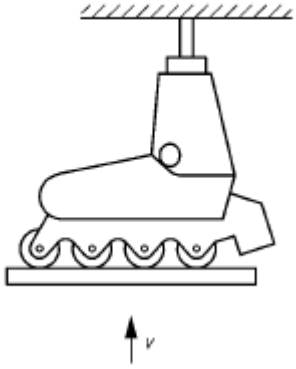


Ilustración 72. Figura explicativa de la realización del impacto vertical

Las condiciones del impacto serán las mismas que para el impacto frontal, la energía que debe absorber el impacto es de 135 J y velocidad a la que se realiza 4,5±0,5 m/s. Como ocurría con el impacto frontal, en la norma no especifica el peso con el que se realiza el impacto, por ello se va a utilizar la misma masa calculada anteriormente, para poder introducir al software la velocidad de 5m/s y cumplir con la energía de 135 J.

La configuración del simulador es idéntica que con el impacto frontal, los mismos conjuntos de contactos, el tipo de mallado, velocidad del impacto, suelo rígido etc. El único apartado que se debe tener en cuenta es el de la dirección del impacto que en este caso será vertical.

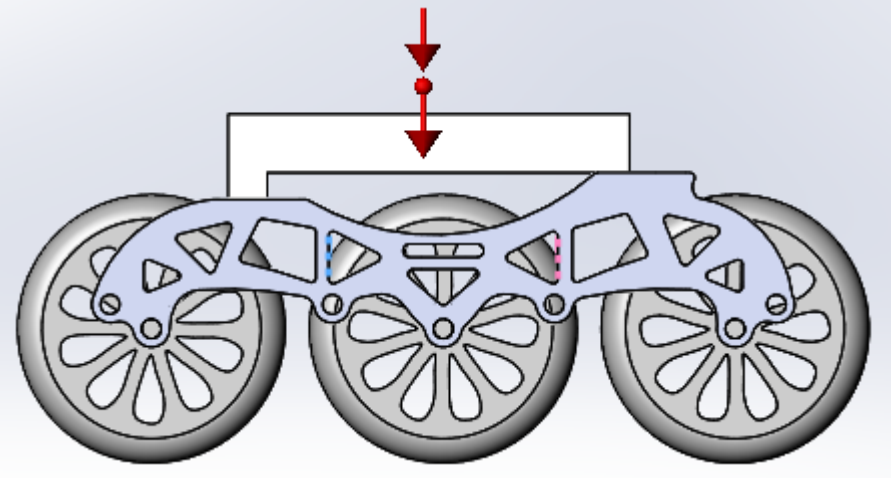


Ilustración 73. Dirección del impacto

El primer caso analizado será para el conjunto de 3 ruedas.

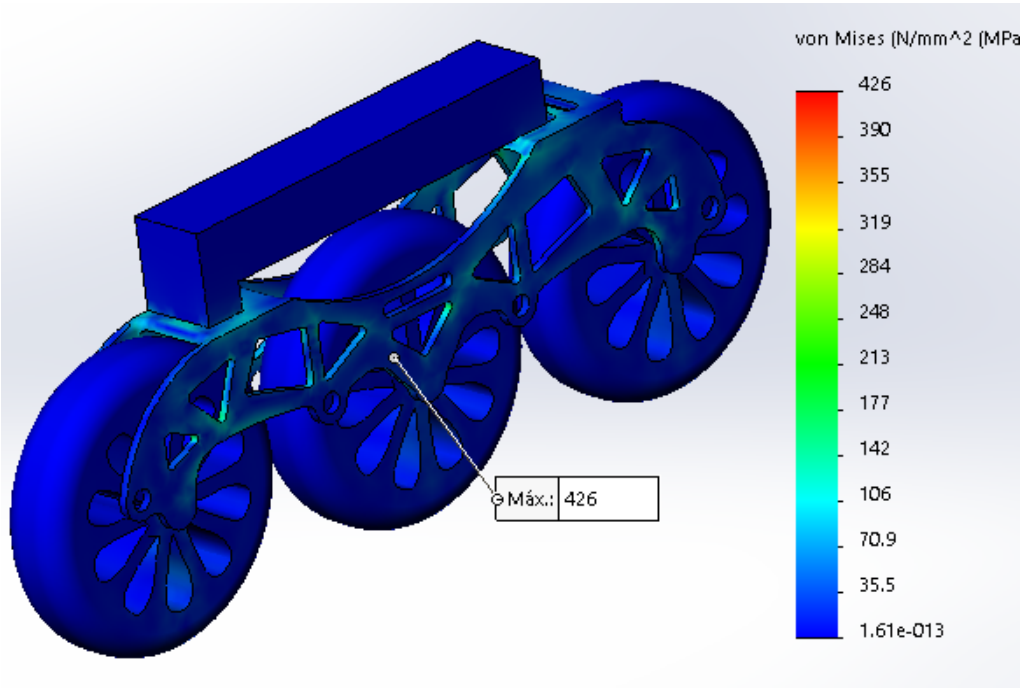


Ilustración 74. Tensiones de von Mises frente a impacto vertical

Como se puede apreciar en la imagen las tensiones están muy distribuidas, solo aparece algún punto de tensión máxima como la de la imagen de 426 MPa que no

depende del diseño del chasis, sino de las otras piezas que completan el conjunto. Aun así, la tensión máxima que aparece tampoco supera el límite elástico del material seleccionado, con lo que el chasis resistiría a un impacto aún mayor.

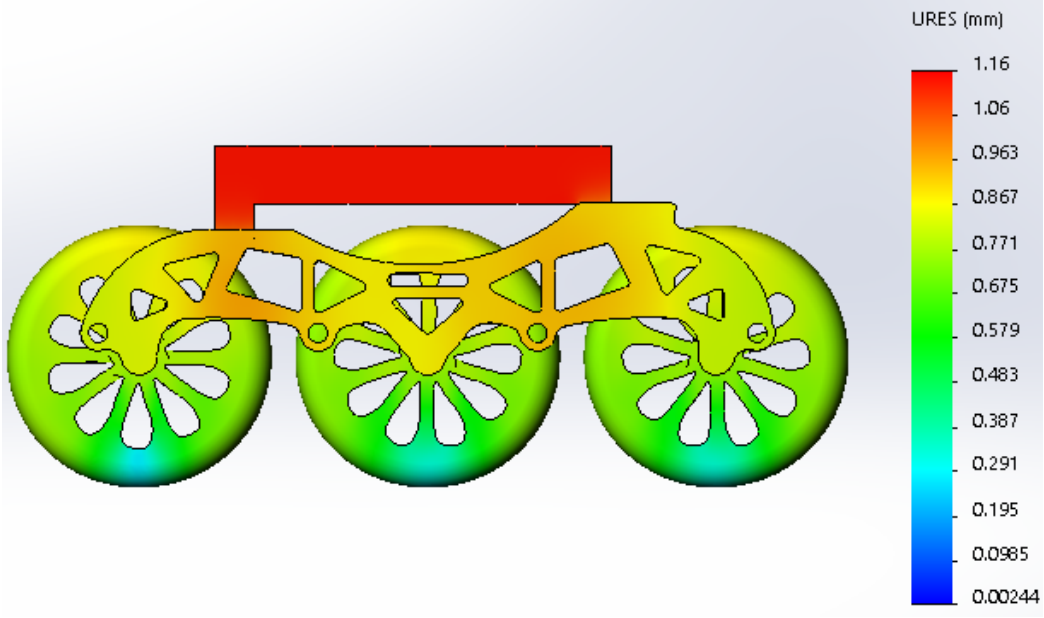


Ilustración 75.Deformaciones por impacto vertical

En la imagen se pueden apreciar los desplazamientos provocados por el impacto vertical, y tal y como se puede observar los valores no han resultado muy desfavorables. Aunque hay que tener en cuenta que esa pequeña deformación que sufre el chasis de apenas 1mm en el uso real del patín frente a un impacto de este tipo no aparecerá, ya que el chasis tendrá el apoyo en la parte superior de la bota que evitará cualquier tipo de deformación como las de la imagen 74.

Los resultados de los cálculos han sido favorables para el uso del chasis como triskate, tal y como se ha podido comprobar. Por ello se puede afirmar que el diseño estudiado cumple con la normativa vigente para poder poner a la venta el producto, además de ofrecer una seguridad y garantías al comprador.

A continuación, se van a realizar los estudios correspondientes a este impacto utilizando el chasis con 4 ruedas.

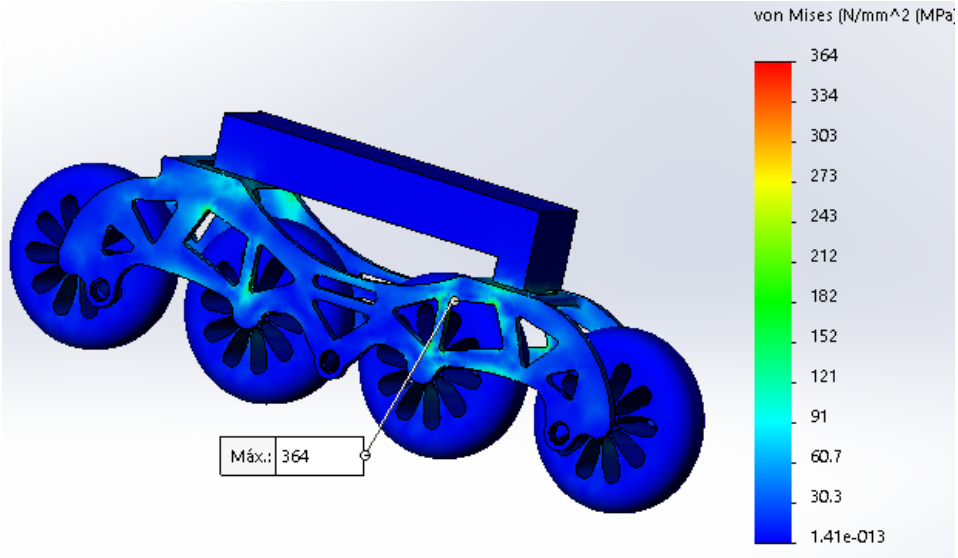


Ilustración 76. Tensiones de Von Mises frente a impacto vertical

Al observar la imagen se puede apreciar el punto donde se concentra la tensión máxima y la buena distribución de las mismas para no debilitar la pieza en ningún punto en concreto. El valor de 364 MPa queda aún lejos del límite elástico del aluminio seleccionado para su fabricación. Las deformaciones resultantes han sido menores que con el ensayo de 3 ruedas, y mayormente se concentran en la parte interna del chasis y en los refuerzos alojados en la parte inferior de las mesetas de anclaje a la bota.

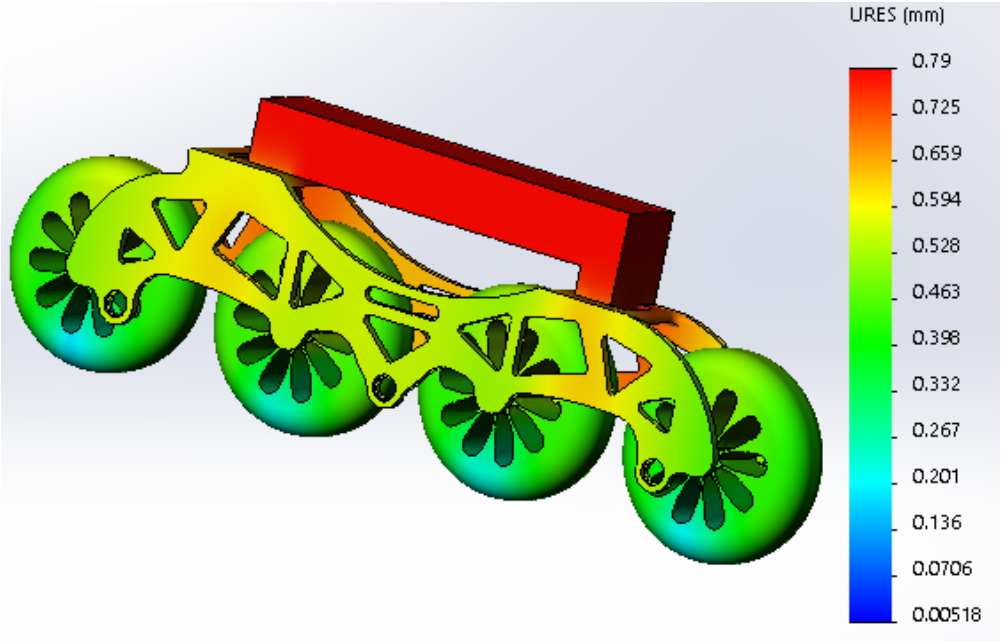


Ilustración 77. Deformaciones por impacto vertical

Simulación aerodinámica frontal

Realizadas todas las simulaciones con el método FEM, se procede a realizar un estudio aerodinámico del chasis propuesto. Analizando los resultados de este estudio se podrá saber con claridad las fuerza y las presiones generadas sobre la pieza por la acción del viento, y así determinar el buen diseño de la guía que repercutirá en una buena funcionalidad.

Debido a que los cálculos aerodinámicos suelen resultar factibles y funcionales a partir de velocidades de 25km/h, la intención de los cálculos realizados es determinar la buena estabilidad del chasis tanto frontalmente como lateralmente y que gracias a su diseño el patinador se sienta más cómodo durante su marcha. Por otro lado, se deberá también el comportamiento aerodinámico de la pieza ya que en el patinaje de velocidad se pueden alcanzar velocidades superiores a 50km/h con lo que una buena aerodinámica facilitará muchísimo el avance del patinador y le permitirá ser mucho más rápido.

El estudio se va a realizar con la misma herramienta que los anteriores, en este caso se desplegará el complemento "Solidworks Flow Simulation", que realizará los cálculos mediante el análisis de flujos finitos que el mismo programa tiene incorporado.

Para comenzar el estudio primeramente se deben introducir todos los parámetros de entrada mediante el comando "wizard"

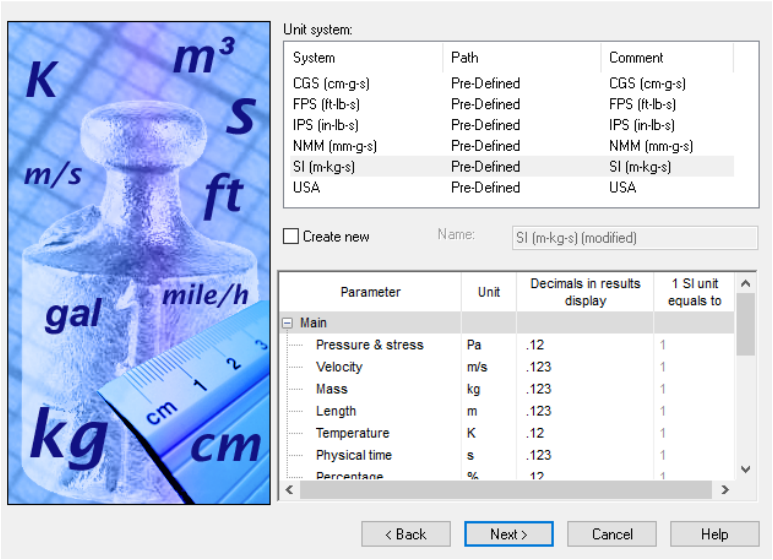


Ilustración 78.Selección de unidades

El cálculo será realizado con las unidades del sistema internacional.

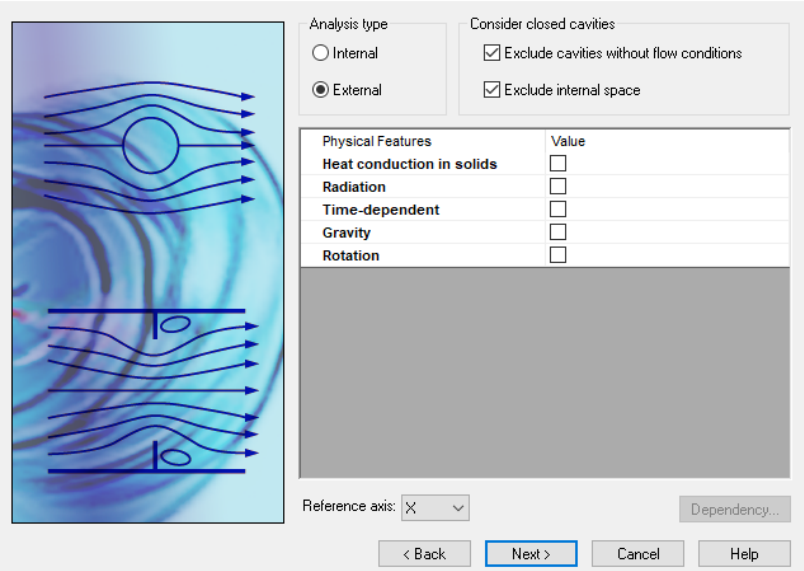


Ilustración 79.Tipo de análisis a realizar

La figura superior indica el tipo de análisis que va a realizar el software, es decir, realizará los cálculos teniendo en cuenta la geometría exterior, teniendo en cuenta que es por donde el aire al impactar contra la guía puede desestabilizar al patinador.

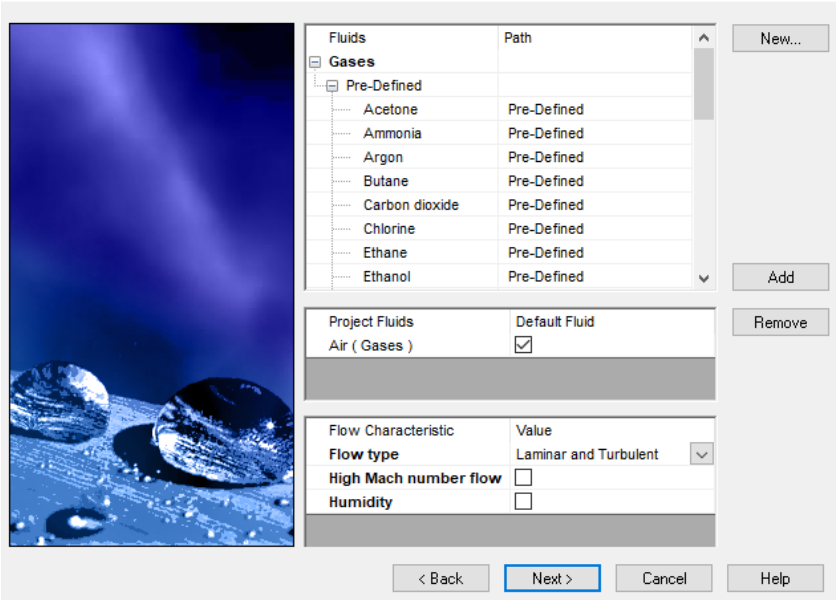


Ilustración 80.Selección del fluido de cálculo

Posteriormente se pasa a la selección del fluido con el que se realizarán todos los cálculos correspondientes. Se selecciona dentro de la carpeta gases el fluido "air" laminar y turbulento.

Finalmente se introduce el vector velocidad en la dirección correspondiente y con su valor en m/s. También se introducen los parámetros de presión y temperatura ambiente, en Pa y en K respectivamente.

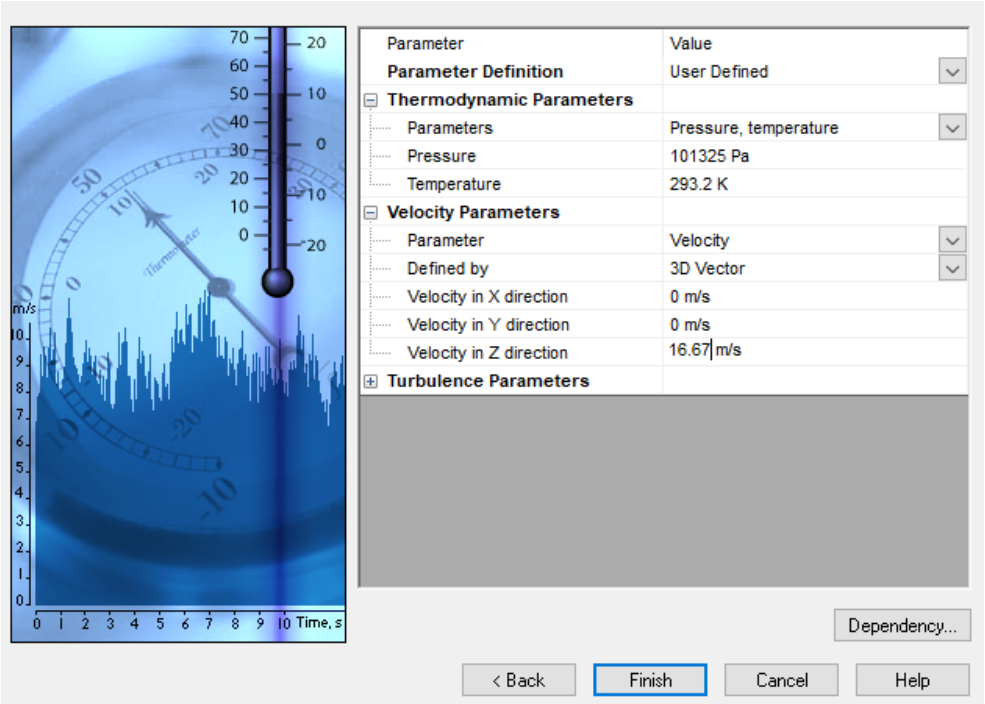


Ilustración 81. Parámetros del fluido

En este caso se ha decidido introducir la velocidad máxima a la que puede llegar un patinador semiprofesional o profesional, que se ha considerado de 60km/h. Con esta velocidad máxima introducida de 16.76m/s se simulará el caso más desfavorable posible en el que se puede encontrar el chasis propuesto.

Una vez introducidas todas las variables de entrada, se pasa a definir el volumen de control de la pieza, importante para intentar conseguir los resultados más precisos posibles.

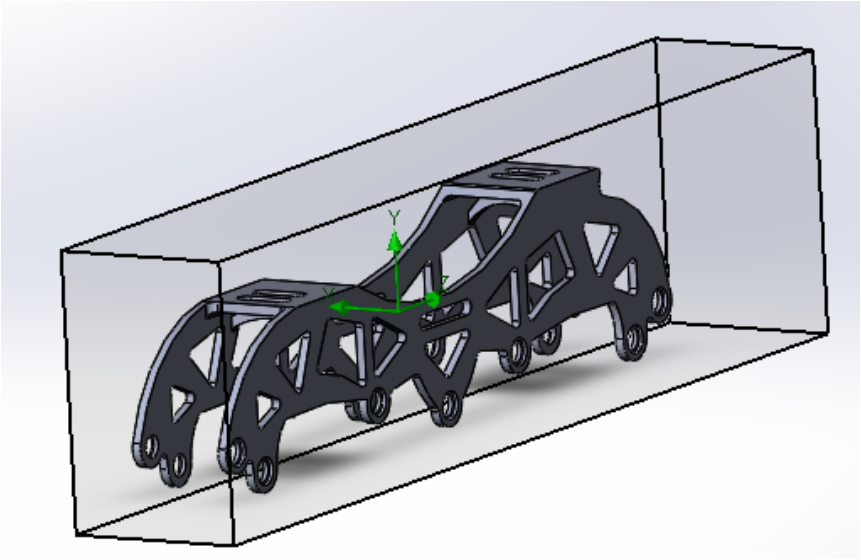


Ilustración 82.Restricción del volumen de control

Posteriormente con el comando "Boundary Conditions", se le indicará al programa las caras con las que entrará en contacto primeramente el fluido.

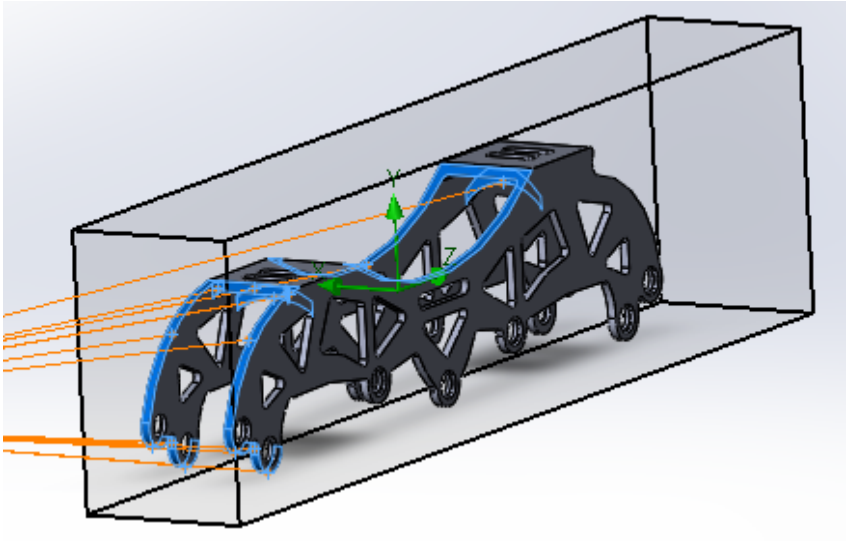


Ilustración 83.Primeras caras en entrar en contacto con el fluido

Para que el programa muestre los resultados que se desean interpretar, es necesario introducirle dichos cálculos mediante el comando "goals".

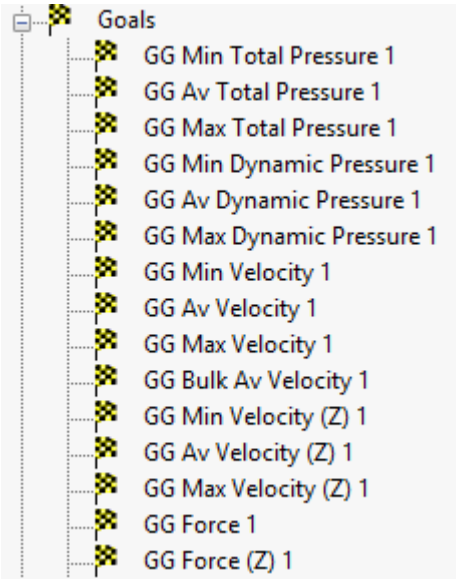


Ilustración 84.Goals introducidos

Para introducir la precisión con la que el software realizará los cálculos, es necesario, mediante el comando "mesh", introducir la precisión, en este caso se ha realizado con una precisión de 6, en una escala del 1 al 7.

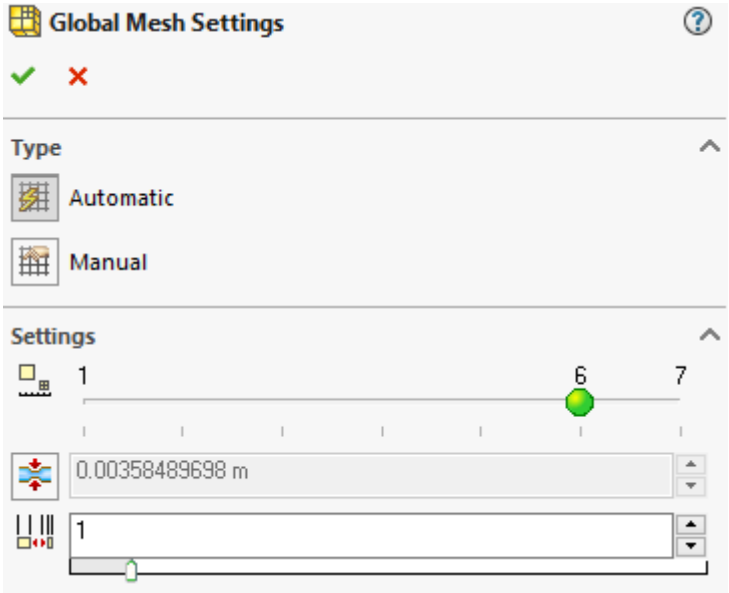


Ilustración 85.Precisión de cálculo

Con todos los valores introducidos y las características de cálculo, se inicia el estudio.

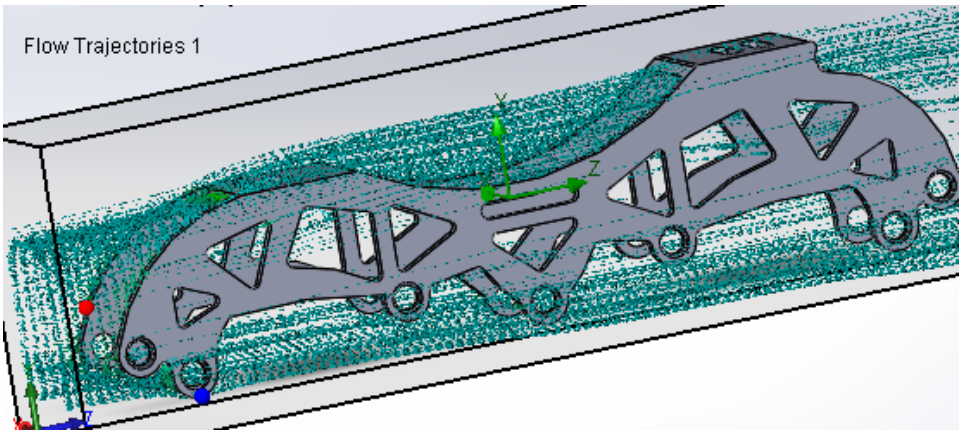


Ilustración 86.Trayectorias indicadoras de la presión

Como se puede observar en la figura, la máxima presión que soportará el chasis será en la parte frontal que no tiene tanto radio y por tanto ofrece mayor resistencia, en cambio, en la parte de debajo de la guía es donde se encontrará la menor presión ejercida por el aire contra el chasis analizado.

Goal Name	Unit	Value
GG Max Total Pressure 1	[Pa]	101934.37
GG Max Dynamic Pressure 1	[Pa]	283.33
GG Max Velocity (Z) 1	[m/s]	20.125
GG Force (Z) 1	[N]	0.141

Ilustración 87.Tabla resumen de los resultados obtenidos

Si se observa la tabla resumen se puede apreciar que los valores obtenidos de presión son muy bajos, favorecidos por el redondeo de todas las partes de la pieza que proporcionan unas trayectorias al viento suaves y evitan choques bruscos innecesarios.

Por otro lado, se puede observar que la fuerza máxima generada en la dirección en la que se ha realizado el estudio es de 0.141N, un valor muy bajo que permitirá al chasis ser más rápido en ruta sin dificultar el avance en contra de la dirección del viento.

Por último, queda calcular el coeficiente aerodinámico del chasis analizado, mediante la fórmula:

$$Cx = \frac{Fz}{\frac{1}{2} \times \rho \times v^2 \times A}$$

Fz=0.141 N

ρ=1.225 kg/m^3

v=16.67 m/s

A= 0.00236874 m^2

Con dichos valores el resultado es,

$$Cx = 0.357$$

El área utilizada para el cálculo es el área de la superficie frontal del chasis, obtenida mediante el software Solidworks.

Este coeficiente relaciona el área que entra en contacto con el fluido, con la fuerza y la velocidad que aporta el viento. El valor obtenido es relativamente bajo, y por lo tanto se puede afirmar, que, bajo el punto de vista aerodinámico, este diseño cumple a la perfección con los objetivos marcados al inicio del proyecto.

Simulación aerodinámica lateral

Es necesario conocer la reacción del chasis frente al viento en ráfagas laterales, algo muy importante para que el patinador no pierda la estabilidad por la fuerza y la presión provocada por dicho viento. La posible inestabilidad, crearía un serio problema al patinador a altas velocidades perdiendo incluso el control del patín.

Para estudiar esas reacciones es necesario realizar un estudio similar al anterior, modificando el eje de dirección del fluido y superficie que primero entre en contacto con el fluido. Los demás parámetros introducidos serán los mismos que en el apartado anterior, ya que la velocidad a la que se realizará el estudio simulará rachas de viento laterales de 60km/h, suponiendo uno de los casos más desfavorables posibles. La temperatura, tipo de fluido, condiciones de contorno volumen de control, goals etc. Son las mismas condiciones que anteriormente.

Con todo ello se procede a la realización de los cálculos y a continuación se exponen los resultados tanto numéricos como gráficos.

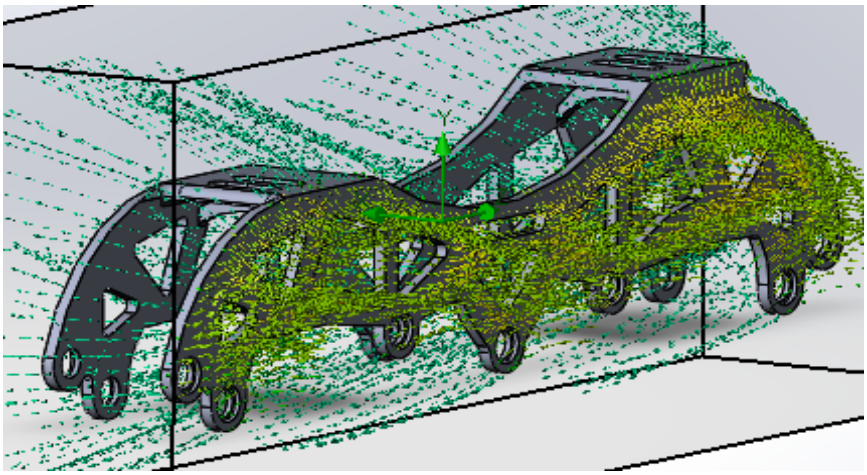


Ilustración 88.Trayectorias del fluido en avance lateral

Goal Name	Unit	Value
GG Max Total Pressure 1	[Pa]	103238.82
GG Max Dynamic Pressure 1	[Pa]	978.81
GG Max Velocity (X) 1	[m/s]	32.161
GG Force (X) 1	[N]	0.711

Tabla resumen de resultados

Al observar los resultados se puede ver con facilidad que tanto las fuerza como las presiones han sido mayores que en el análisis frontal, esto es debido a que la pared lateral, salvo por los agujeros realizados, opone mucha más resistencia a la acción del viento.

Pese a ello, las presiones provocadas por ráfagas de viento laterales continúan siendo muy bajas, así como la fuerza que aparece en este ensayo sobre el eje X que representaría una fuerza aproximada sobre la cara lateral del chasis de 0,07kg aproximadamente, lo que se podría considerar insignificante.

Se procede ahora al cálculo del coeficiente aerodinámico, mediante la misma fórmula que en la simulación anterior.

$$Cx = \frac{Fx}{\frac{1}{2} \times \rho \times v^2 \times A}$$

Fz=0.711 N

ρ=1.225 kg/m^3

v=16.67 m/s

A= 0.00791838 m^2

Con dichos valores el resultado es,

$$Cx = 2.156$$

Como era de esperar el coeficiente aerodinámico ha resultado mucho mayor en este caso, debido a la fuerte oposición que realiza la pared lateral del chasis al viento. No obstante, no se trata de un valor descabellado, lo que indica el buen diseño de las perforaciones que dentro de los posible evitan la mayor parte de la resistencia y permiten un paso del fluido suave acompañado por sus redondeos y cavidades.

Por tanto, se puede afirmar que el patinador no sufrirá problemas de estabilidad en el caso en el que apareciesen rachas de viento en el lugar en el que se esté practicando la actividad, consiguiendo así los objetivos planteados al inicio del proyecto.

FABRICACIÓN.

Una de las decisiones más importantes en este proyecto es determinar el método de fabricación con el que se va a producir la pieza diseñada. Seleccionado ya el material que se empleará para su fabricación hay que determinar que procesos de fabricación son compatibles con él, aunque también hay que tener en cuenta otros aspectos como la complejidad del diseño, las tolerancias de acabado, la rugosidad superficial, los tratamientos posteriores de acabado etc.

El aluminio suele ser un material muy empleado con lo que existen multitud de métodos de fabricación que permiten darle la forma final que se desee obtener. El aluminio se puede forjar, extruir, moldear y mecanizar, cada uno de estos procesos con sus pros y sus contras.

Se procede a enumerar los requisitos que debería tener la fabricación de la pieza diseñada.

- Rugosidad superficial N7-N8
- Tolerancia admisible de ±0.1mm
- 100 unidades a fabricar
- Compatibilidad con tratamiento posterior
- Mínimas operaciones de procesamiento secundarias

El chasis diseñado debe de tener un buen acabado superficial, no solo porque influye en una pequeña parte en la funcionalidad de la pieza, sino porque es una pieza pensada para el uso de la gente, por tanto, debe de ser atractiva a la vista y conservar un rasgo y un estilo identificativo. Además, un buen acabado superficial dota al chasis de ser una pieza de calidad y precisión, algún muy distintivo en este mercado tan competitivo.

Las tolerancias de la pieza deben de ser los más ajustadas posibles, no tanto de las dimensiones principales, pero sí de los agujeros en los que irán roscados los tornillos, tanto el de fijación a la bota como el tornillo autorroscante que unirá las ruedas al chasis. Una perfecta fijación dotará al chasis de un plus de seguridad y de estabilidad, evitando vibraciones y desgastes prematuros por rozamientos.

El lote a fabricar no va a ser muy grande debido a que se trata un producto innovador, el cual se espera que sea muy bien aceptado por el mundo del patinaje en línea, en especial para la gran mayoría de gente que se encuentra entre el patinaje fitness y el de velocidad. Pero al no haber antecedentes del producto diseñado, no se puede determinar con exactitud la perfecta aceptación del mercado.

El aluminio es un metal blando, que necesita un procesado posterior para endurecer la primera capa del material. Al proceso primario de fabricación, se le añade un proceso de anodizado, un proceso mediante el cual haciendo uso de una electrólisis controlada provoca en la capa superior del aluminio, una fina capa de óxido que lo protege frente a otros agentes externos en su posterior uso.

Con tal de agilizar la fabricación de la pieza, y excluyendo el anodizado, cuantos menores proceso secundarios se le deban realizar al chasis muy más rápido será el proceso de fabricación en conjunto.

Para la selección del proceso de fabricación se recurrirá a la ayuda del software CES Edupack, el mismo que ha servido de apoyo para la selección del material anteriormente, ya que cuenta con una extensa base de datos en la que se puede consultar y filtrar las características de cada proceso productivo.

Existen dos tipos de aleaciones de aluminios unas destinadas a la fundición y otras a la forja, se diferencian por su composición de los elementos que forman su aleación. La designación entre ambos también es distinta siendo los aluminios destinados a la fundición designados como 7xx.x mientras que el aluminio forjado como el elegido se designa 7xxx.

El aluminio 7075 seleccionado estará tratado térmicamente, de ahí a su designación T6, con lo cual no es apto para todo tipo de procesos de fabricación. En este caso, el aluminio seleccionado no está destinado para la fundición, con lo que los procesos de su fabricación se ven reducidos.

Dentro de la base de datos de los procesos de fabricación, "Process Univers", se encuentran los procesos con los se podrá trabajar el aluminio seleccionado.

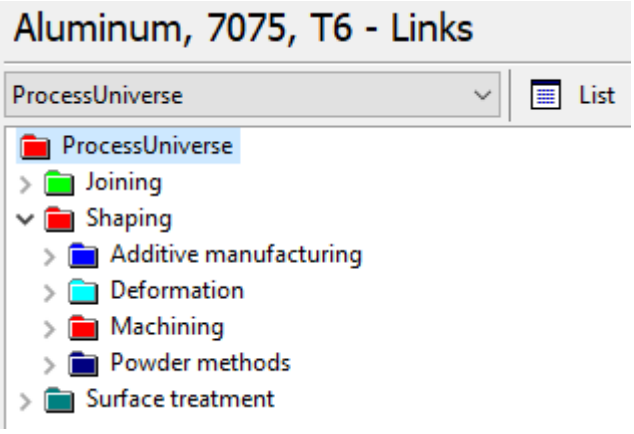


Ilustración 89. Procesos de fabricación posibles

Dentro del apartado "Shaping" aparecen los procesos listados en la imagen, de los cuales solo se va a estudiar los casos de "Deformation" y "Machining", los cuales hacen referencia a procesos de deformación del material en caliente o en frio, y al mecanizado.

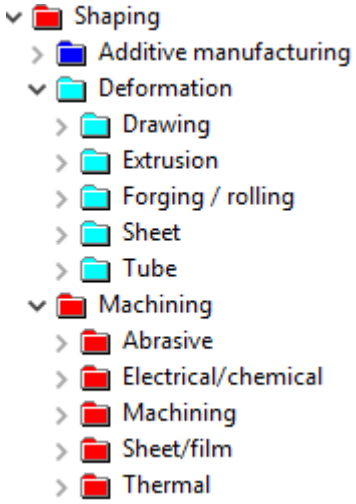


Ilustración 90. Proceso de deformación y mecanizado

Teniendo en cuenta la geometría de la pieza y el material, los únicos procesos de fabricación posibles son:

- Deformation-Stamping
- Machining-Thermal-Plasma arc cutting
- Machining-Milling

Deformation-Stamping

El proceso de deformación de estampación en frio consta de dos tipos de fabricación para el chasis diseñado, el troquelado y el punzonado. Para la utilización de este tipo de proceso de fabricación, se dividirá la pieza en 5 partes que posteriormente serán unidas mediante soldadura. Esas partes constarán de cada una de las caras de la pieza más los dos soportes internos, dos laterales que serán iguales, las dos mesetas de anclaje a la bota y los nombrados soportes.

Primeramente, se troquelará de una plancha de aluminio del espesor especificado el contorno exterior de cada una de las caras que conforman la pieza, teniendo en cuenta que deberán de fabricar tres matrices para el troquelado de cada parte, matrices que serán mecanizadas para obtener la mejor tolerancia posible. Con la preforma de las caras realizadas, éstas pasarán a ser punzonadas para eliminar el material en las partes que corresponda dejar los espacios según el diseño original.

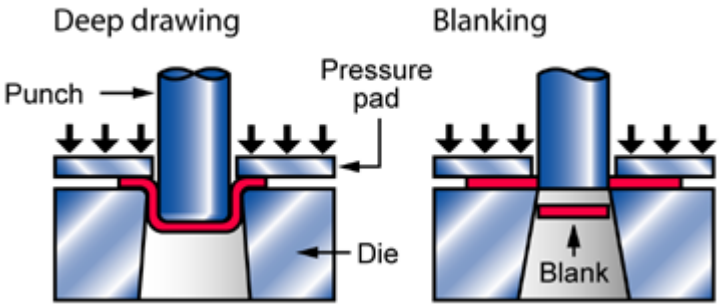


Ilustración 91. Esquema del proceso de fabricación del punzonado y troquelado

Con este tipo de proceso de fabricación las tolerancias obtenidas serán bastante buenas, teniendo en cuenta que depende en gran medida de la matriz de troquelado y punzonado.

Physical attributes

Mass range	ⓘ	0,001	-	1	kg
Range of section thickness	ⓘ	0,3	-	5	mm
Tolerance	ⓘ	0,1	-	0,8	mm
Roughness	ⓘ	0,5	-	12,5	µm

Ilustración 92.Propiedades del proceso de fabricación de estampado

Con todas las partes de la pieza ya con su forma final, se procedería a la unión de las mismas mediante soldadura. El aluminio seleccionado no es el mejor para poder ser soldado, con lo cual la soldadura más recomendable, aunque costosa será la soldadura TIG, soldadura de arco eléctrico bajo atmosfera inerte con electrodo no consumible.

Machining-Thermal-Plasma arc cutting

Para el siguiente proceso de fabricación, el procedimiento a seguir es el mismo que con el anterior, es decir, se dividirá la pieza en cada una de las partes que la compone, y en este caso mediante una máquina de corte por plasma, se fabricará toda la geometría de la pieza, contorno y perforaciones.

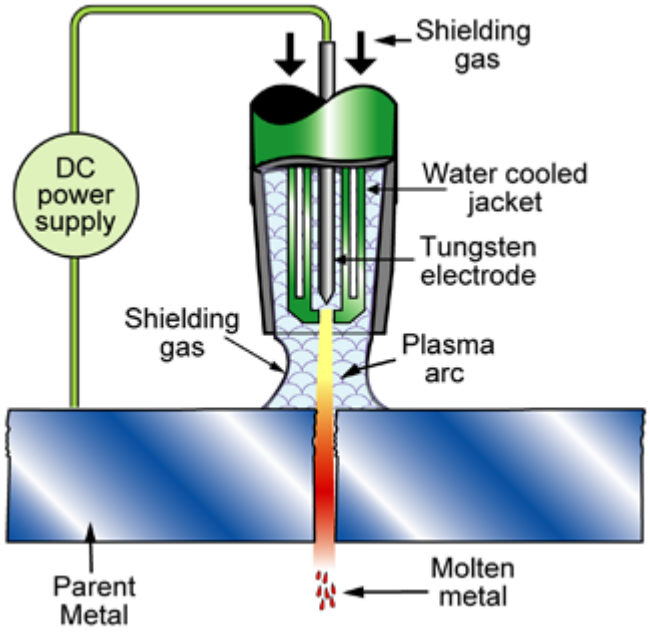


Ilustración 93. Esquema del corte por plasma

Las piezas cortadas con plasma cuentan con algunos atributos de fabricación que entran dentro de los objetivos planteados anteriormente.

Physical attributes

Range of section thickness	ⓘ	6	-	150	mm
Tolerance	ⓘ	0,5	-	2,54	mm
Roughness	ⓘ	12	-	128	µm
Cutting speed	ⓘ	0,006	-	0,08	m/s

Ilustración 94.Propiedades del corte con plasma

Sería posible también el corte mediante agua a presión o laser, siguiendo el mismo patrón de fabricación, pero el programa utilizado no lo recomienda.

El proceso de fabricación comenzaría configurando la máquina cortadora con el diseño en 3D de la pieza, para conseguir la perfecta recreación de las medidas, mediante un sistema similar al empleado en las fresadoras o centros de mecanizado CNC.

Para la posterior unión de las piezas, se emplearía, como en el caso anterior, la soldadura tipo TIG, que, aunque no recomendada para este tipo de aleaciones es la única manera, junto a otros tipos de soldadura, de la unión de las diversas partes que componen la pieza.

Mecanizado

El mecanizado es un proceso de fabricación por arranque de material, en el que una máquina herramienta arranca el material que se le es indicado sobre el bruto de trabajo, dejando finalmente la forma deseada. Existen diversos tipos de mecanizados, en el caso de la pieza diseñada en este proyecto, es necesario el mecanizado CNC. En dicho mecanizado, la pieza es diseñada en 3D y exportada a un software CAM, en el cual se le aplican y se le asignan todas las operaciones que debe realizar la máquina para conseguir la forma final. Para una geometría compleja como la del chasis propuesto, es muy recomendable el empleo de una máquina CNC de 5 ejes, aportando mayor velocidad y versatilidad al proceso.

Partiendo de un bruto y con el programa realizado con el software CAM, la máquina realizará sola los movimientos de arranque de material, solo teniendo en cuenta que en ocasiones deberá cambiarse la orientación de la misma, aunque este factor se ve reducido si se emplea una máquina de 5 ejes.

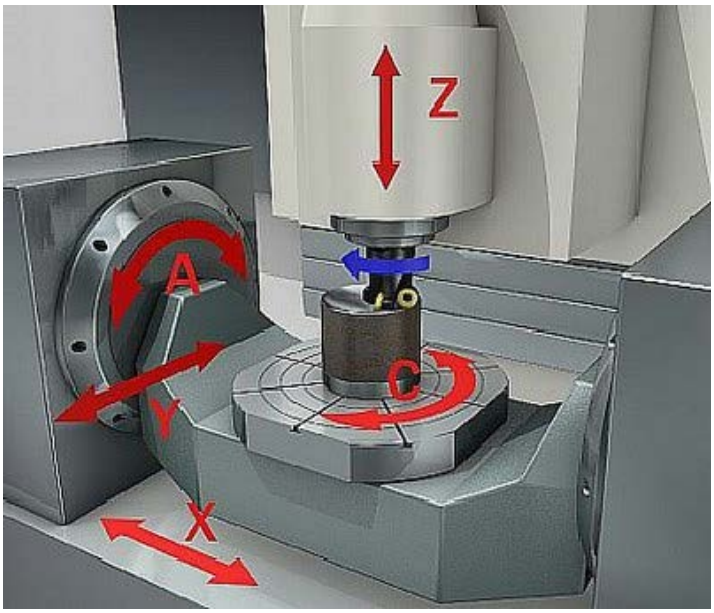


Ilustración 95. Representación de los 5 ejes

No se trata como tal de un proceso primario, ya que se debe de partir de un bruto con unas dimensiones determinadas, pero si es cierto que en la actualidad es muy sencillo conseguir proveedores de placas de aluminio como la que se necesitaría para la fabricación del chasis diseñado con el material correspondiente.

Existen multitud de operaciones y de herramientas para las maquinas CNC, pudiendo realizar casi cualquier tipo de trabajo o geometría compleja.

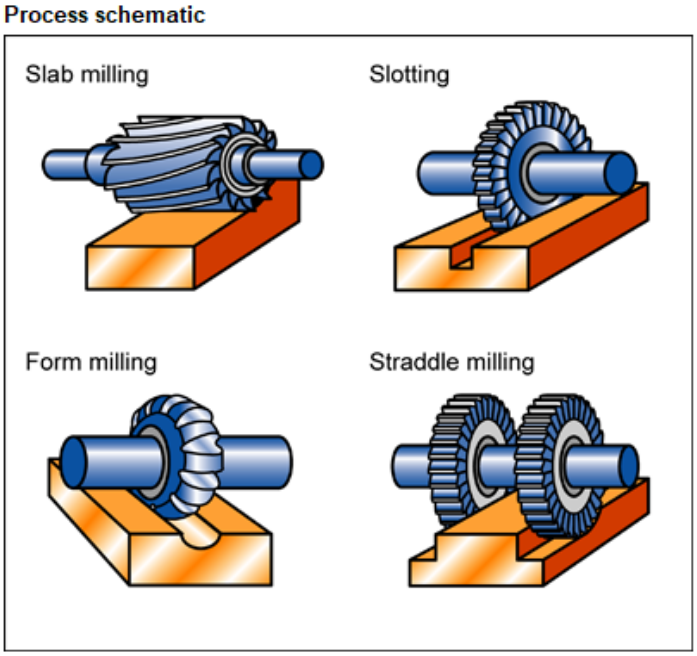


Ilustración 96.Trabajos realizados con mecanizado

Hay que tener en cuenta también que la pieza deberá amarrarse perfectamente a la bancada de la máquina, de ello dependerá en gran medida el acabado final del chasis. Una buena sujeción elimina las vibraciones y permite el correcto trabajo de la herramienta. Es por ello, que durante la preparación del proceso será necesario la fabricación de útiles que complementan el trabajo de los amarres de la máquina. Dichos útiles supondrán un gasto añadido al presupuesto, pero una vez realizados agilizaran en gran medida el proceso y en ocasiones permiten la simultaneidad de trabajar con dos piezas en la misma máquina, mejorando así el rendimiento global del proceso.

Todos los trabajos que se le deben realizar a la pieza se pueden hacer con la misma máquina, es decir que la pieza saldría acabada del proceso de producción, solo a la espera de poder ser tratada exteriormente con otros procesos como el anodizado.

Al utilizar una máquina CNC de 5 ejes se cumplirán los objetivos enumerados con anterioridad para la fabricación del diseño propuesto con solvencia.

Physical attributes

Mass range	ⓘ	0,001	-	1e3	kg
Range of section thickness	ⓘ	0,2	-	500	mm
Tolerance	ⓘ	0,02	-	0,5	mm
Roughness	ⓘ	1	-	25	µm

Ilustración 97. Propiedades físicas del fresado

Conclusión

Vistas todas las características de cada proceso productivo se debe elegir el más adecuado. Según los objetivos marcados anteriormente, el proceso más indicado es el del mecanizado en fresadora o máquina de 5 ejes, con él se consiguen las tolerancias más ajustadas o los mejores acabados.

También hay que tener en cuenta que los dos primeros procesos de fabricación necesitaban de varias fases de fabricación y distintas maquinarias, lo que podría incurrir en un tiempo de producción mayor y un elevado coste de fabricación.

Por último, y quizá el apartado más importante y por el que se han desestimado los primeros dos procesos es la dificultad para soldar el material seleccionado.

ESTUDIO ECONÓMICO: VIABILIDAD

Una vez especificado el proceso productivo del chasis, se procede a la realización de un estudio económico que verifique que la pieza es viable económicamente, bien por material, por diseño y por proceso de fabricación.

Estudio de mercado

Para saber si la pieza tiene cabida en el mercado actual, se debe conocer el precio que tienen las guías de patín en línea similares a la proyectada.

Después de una intensa búsqueda por las principales páginas web del mercado del patinaje en línea, se observó que el precio del par de guías similares a la diseñada oscila entre los 160€ y los 200€, teniendo en cuenta que no están fabricadas en el material seleccionado en este proyecto, y la que aparece fabricada con aluminios similares de la serie 7000 aumenta su precio significativamente.

Teniendo en cuenta que el chasis diseñado no se ha fabricado en ninguna ocasión, el más similar es el que se nombró al inicio del proyecto que no tenia en cuenta la diferencia de centro de gravedad al cambiar el tamaño de las ruedas, y su precio en páginas web importados desde china está alrededor de 80€. Están fabricados con aluminios no preparados para resistir una larga vida, los acabados no son buenos y no acoplan con algunas de las medidas estandarizadas de recambios y complementos. En este caso, se ha elegido la fabricación CNC porque el diseño y el acabado juegan un papel importantísimo a la hora de vender el producto, además se redujo el precio del material seleccionado para realizarlo lo más económico posible, preservando un estándar de calidad y de seguridad, ofreciendo unas totales garantías al comprador sobre la integridad y la duración del chasis.

Primeramente, se deberá realizar un prototipo de la pieza que perfectamente al final de su fabricación podría estar a la venta. Con este prototipo se realizará la programación CAM y la fabricación del utillaje que posteriormente ya no se tendrá en cuenta para la fabricación de un mayor número de unidades.

Teniendo en cuenta que se trata de un material altamente resistente y ligero, su precio será elevado, además se efectuará la compra de placas rectificadas con el fin de

reducir los tiempos de mecanizado. El material para la fabricación del utillaje, en cambio, no tiene tanta importancia, ya que solo servirá de apoyo y de amarre a la bancada de la máquina para poder trabajar la pieza cómoda y rápidamente.

Material				
Denominación	Cantidad(kg)	Precio(€/kg)	Gastos distribución	Precio total (€)
Aluminio 7075-T6				
Placa 300 x 80 x 40	2,8	6	4	20,8
Material utillaje	2	3		6
				26,8

Ilustración 98. Precio del material

Muchas de las guías observadas durante el estudio de mercado, estaban fabricadas con otros tipos de aluminios, muchas con plásticos técnicos y en alguna ocasión con magnesio. En muchas ocasiones, este tipo de materiales nombrados anteriormente suelen resultar mucho más económicos, y los fabricantes consiguen grandes márgenes de beneficios introduciéndolas en el mercado con altos y precios y sin asegurar una calidad elevada. Además, el material influye directamente sobre el peso del chasis, que teniendo en cuenta el diseño realizado junto con el material seleccionado se consigue una de las guías más ligeras y resistentes del mercado.

El proceso de mecanizado será realizado en una máquina CNC de 5 ejes, con el fin de reducir los tiempos en tres fases y entre operaciones, ya que, en ocasiones, debido a la gran versatilidad de movimientos de la máquina, no es necesario cambiar la pieza de posición para realizar una operación sobre otra cara, con lo que no se necesita parar la máquina ni modificar parámetros funcionales o cambiar utillajes.

Fabricación del prototipo			
Proceso	Tiempo(h)	Precio(€/h)	Precio total (€)
Preparación del modelo			
Programación CAM	3	35	105
Fabricación de utillajes			
Fabricación de utillaje	4	35	140
Fabricación máquina 5 ejes			
Fase 1			
Preparación de máquina	2	35	70
Proceso de fabricación	0,3	35	10,5
Fase 2			
Preparación de máquina	1	35	35
Proceso de fabricación	0,15	35	5,25
Fase 3			
Preparación de máquina	2	35	70
Proceso de fabricación	0,5	35	17,5
Procesado posterior			
Anodizado	1	10	10
			490,05

Ilustración 99. Presupuesto de la fabricación

El precio final del prototipo teniendo en cuenta que se venden 2 unidades, es de 980.1€, incluidos los gastos del material y el proceso posterior de anodizado. Es un precio elevado al tratarse de la fabricación de una pieza unitaria, teniendo en cuenta los grandes tiempos de preparación CAM y de máquina.

El objetivo de la fabricación del chasis era el de fabricar 100 unidades e introducirlas en el mercado a la espera de los primeros resultados. A mayor número de unidades más se reducirá el tiempo de fabricación y mayor serán los beneficios obtenidos.

Teniendo en cuenta que se deben dividir los tiempos de preparación, programación y utillaje entre el número de unidades a fabricar, fabricando 100 unidades, el precio unitario sería de 74.25€, que al venderse a pares quedaría a 148.5€

Fabricación de 100 unidades			
Proceso	Tiempo(h)	Precio(€/h)	Precio total (€)
Preparación del modelo			
Programación CAM	3	35	1,05
Fabricación de utillajes			
Fabricación de utillaje	4	35	1,4
Fabricación máquina 5 ejes			
Fase 1			
Preparación de máquina	2	35	0,7
Proceso de fabricación	0,3	35	10,5
Fase 2			
Preparación de máquina	1	35	0,35
Proceso de fabricación	0,15	35	5,25
Fase 3			
Preparación de máquina	2	35	0,7
Proceso de fabricación	0,5	35	17,5
Procesado posterior			
Anodizado	1	10	10
			74,25

Ilustración 100. Presupuesto unitario para 100un

Se trata de un precio razonable teniendo en cuenta que no es un gran lote de piezas, que si fuese aumentado mejoraría mucho el margen de beneficio. El precio final de venta podría estar aún por debajo del de la competencia, ofreciendo un producto totalmente diferente y seguro.

Con este precio se cumple uno de los objetivos principales de este proyecto, que era el de ofrecer un producto diferente y de calidad a un precio razonable para patinadores semiprofesionales o amateurs que busquen adentrarse en nuevos retos.

CONCLUSIONES.

Este proyecto tenía la intención de proporcionar al mundo del patinaje de velocidad, un patín adaptable a la gente que desea aumentar el nivel de su patinaje, pasando de las clásicas 4 ruedas al nuevo concepto internacional de triskate. Un chasis capaz de ofrecer lo mejor del patinaje fitness o freeskate y del patinaje de velocidad, en ese aspecto el diseño se centró en conseguir una guía que fuese lo más estable posible, maniobrable, y que permitiese alcanzar mayores velocidades acoplando tres ruedas de mayor diámetro. Para ofrecer esa estabilidad se debía conseguir una guía los suficientemente larga como para acoplar las tres ruedas de 110mm de diámetro y lo suficientemente baja y ajustada al diámetro de las ruedas para bajar al máximo el centro de masas del conjunto.

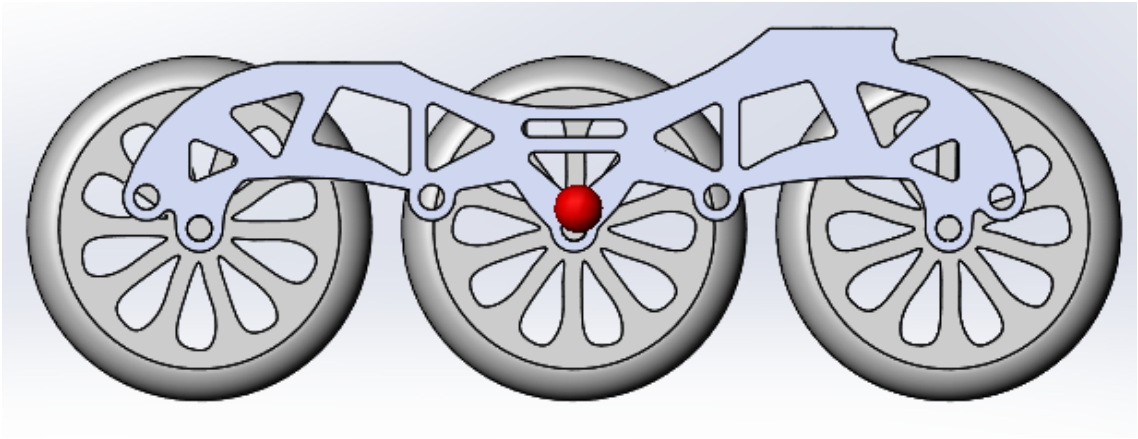


Ilustración 101.Centro de masa del triskate

A todo ello se le añadió un estudio aerodinámico lateral, el cual simularía vientos a altas velocidades, que gracias a las perforaciones realizadas en el chasis permitirían un paso cómodo del fluido sin ofrecer apenas resistencia.

En el aspecto de la velocidad también se realizó un estudio aerodinámico frontal, para comprobar que el chasis ofreciese la menor resistencia al fluido posible. Con la incorporación de las perforaciones para el uso del chasis como triskate es posible aumentar la velocidad, ya que está demostrado por patinadores más expertos que se consigue mayor velocidad de esta forma que con el tradicional 4 ruedas de 80mm. El problema radica en que la maniobrabilidad del patín se ve reducida con 3 ruedas, lo que

implica una mayor tecnificación del patinador para poder patinar de forma cómoda y segura con un triskate.

Para aumentar esas sensaciones, se optó por realizar un chasis muy ligero, pensado para un perfil de patinador más profesional que desea participar en competiciones, donde la victoria en ocasiones depende de segundos, y una reducción de peso aumenta la resistencia del patinador en distancia medias-largas, al no tener que realizar tanto esfuerzo para levantar el patín, lo que conlleva a que sea más rápido que el resto.

El chasis fue diseñado para que se adaptase tanto a la velocidad y estabilidad que se requiere en el patinaje de velocidad, como a la maniobrabilidad del freeskate y del fitness, con lo cual debería ser asequible para todo el mundo que desee mejorar su forma de patinar.

Por ello, se pensó en realizar un chasis de patín adaptable a cualquier bota del mercado, rueda o tipo de recambio que esté globalizado y se use normalmente en este mundo. Con esa estandarización se lograría que el chasis fuese más llamativo en el mercado por la reducción en costes extra que se reduciría.

Finalmente se decidió fabricar un chasis en aluminio 7075 con un tratamiento térmico T6. Se trata de una aleación que contiene en mayor parte zinc, lo que le confieres esas magníficas cualidades mecánicas, no es soldable, pero en este caso no es necesario ya que el proceso de fabricación general será el mecanizado. Este aluminio es fácil de mecanizar y además presenta buena aceptación a un anodizado duro que lo protegerá frente a ralladuras y agentes externos contaminantes o corrosivos.

AGRADECIEMIENTOS

El autor desea agradecer al profesor director de este trabajo de final de grado Miguel Ángel Sellés Cantó, de la Universitat Politècnica de València, su ayuda inestimable y su aporte de conocimientos e ideas para conseguir un resultado plenamente satisfactorio del proyecto. También agradecer a la empresa Mecanizados Fransal S.L su aportación en conocimientos técnicos para la selección del material y posterior fabricación del chasis. Por último, dar las gracias a la tienda Rollertown de Granada por sus aportaciones sobre las características fundamentales del mundo del patinaje en línea.

ANEXOS

Bibliografía

[1] PATINEROS.BLOGSPOT [En línea]. "Diccionario del patinaje en línea". http://patineros.blogspot.com.es/2015/01/diccionario-de-patinaje-en-linea.html

[2] ROLLERMADRID [En línea]. "Patines de tres ruedas, ¿Los patines del futuro?". http://www.rollermadrid.com/patines-tres-ruedas-los-patines-del-futuro/

[3] EFDEPORTES REVISTA DIGITAL [En línea]. "Características fisiológicas del patinador de velocidad sobre ruedas determinadas en un test de esfuerzo en el laboratorio". http://www.efdeportes.com/efd94/patin.htm

[4] WIKIPEDIA [En línea]. "Patinaje de velocidad". https://es.wikipedia.org/wiki/Patinaje_de_velocidad_sobre_patines_en_l%C3%ADnea

[5] JESUS LEON LOZADA MEDINA (2013). "Patinaje. Manual didáctico". EDUFISADRED

[6] IMPULSO URBANO [En línea]. "Historia de los patines en línea". http://www.impulsourbano.es/Noticias/historia-de-los-patines-en-linea.html

[7] ROLLERENLIGNE [En línea]. "Robert John Tyers grande bretagne pionnier du patin en ligne".http://www.rollerenligne.com/articles-4333-robert-john-tyers-grande-bretagne-pionnier-du-patin-en-ligne.html

[8] ROLLERENLIGNE [En línea]. "Historie du roller et du patin a roulettes de 1760 a nos jours".http://www.rollerenligne.com/articles-473-histoire-du-roller-et-du-patin-a-roulettes-de-1760-a-nos-jours.html

[9] ENLINEAPATINA [En línea]. "Ruedas de los patines en línea". http://enlineapatina.com/tipos-diferencias-las-ruedas-los-patines-linea-dureza-diametro-perfil/

[10] PATINEROS.BLOGSPOT [En línea]. "Configuraciones de las ruedas". http://patineros.blogspot.com.es/2014/10/configuracion-de-las-ruedas.html

[11] SCIENCE DIRECT. "Failure of the chassis of roller skates for agonistic figure skating".https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213290214000194

[12] NCBI. "Experimental evaluation of the power balance model of speed skating".de Koning JJ, Foster C, Lampen J, Hettinga F, Bobbert MF. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15591304

[13] BRONCESVAL. "Catálogo de productos". http://www.broncesval.com/productos?catid=0&id=96

[14] JUNES ABDUL VILLARRAGA OSSA, LILIANA MARCELA BUSTAMANTE GOEZ, JUAN GUSTAVO DIOSA PEÑA (2014). "Análisis estático para optimizar un chasis de patín de carreras sobre ruedas". Revista politécnica de Colombia

[15] GROOVER, MIKELL (1997). "Fundamentos de manufactura moderna: materiales, procesos y sistemas". Editorial Prentice Hall, Primera edición.

[16] ERNESTO GUSTAVO MAFFIA (2013). "Estructura y propiedades de las aleaciones. Aluminio y sus aleaciones"

Normativa

- Norma UNE-EN 13843-2010 "Equipamiento para deportes sobre ruedas. Patines en línea. Requisitos de seguridad y métodos de ensayo"
- Normativa FIRS "Speed technical commite, regulations 2017"

Planos

Se adjuntan los siguientes planos, en tamaño A3 para una perfecta visualización de los mismos.

- Plano del diseño del chasis individual
- Plano del conjunto de ensamblaje con 3 ruedas
- Plano del conjunto de ensamblaje con 4 ruedas
- Plano del diseño para ensamblar las caras