



Escola Politècnica Superior
d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

TREBALL FINAL DE GRAU

TÍTOL: DISEÑO, ESTUDIO Y HOMOLOGACIONES DE UN CHASIS DE KARTING DE COMPETICIÓN

AUTORS: DOMÍNGUEZ GARRIDO, OSCAR

DATA DE PRESENTACIÓ: Febrer, 2024

COGNOMS: Domínguez Garrido

NOM: Oscar

TITULACIÓ: Mecánica

PLA:

DIRECTOR: Sergi Menargues

DEPARTAMENT: CEM - Departamento de Ciencia e Ingeniería de Materiales

QUALIFICACIÓ DEL TFG

TRIBUNAL

PRESIDENT

SECRETARI

VOCAL

Baile Puig, Maria Teresa

Mestres Olivella, Santiago

Sánchez Lopez, Sergio

DATA DE LECTURA: 07/02/2024

Aquest Projecte té en compte aspectes mediambientals: Sí No

RESUMEN

En este trabajo se llevará a cabo un exhaustivo estudio para el diseño, construcción y homologación de un chasis KZ para un kart de competición, siguiendo las directrices del reglamento CIK para su homologación. La fase inicial abarcará la selección de dimensiones del bastidor, la elección de los tubos (utilizando material AISI 4130) y el diseño de elementos auxiliares para el montaje de parachoques, motor, eje trasero, ruedas, columna de dirección, entre otros. Todos estos procesos de diseño se llevarán a cabo utilizando la herramienta SolidWorks en el entorno de CAD.

Posteriormente, se realizarán varios estudios de elementos finitos "FEA", que comprenderán el mallado y simulación de tres escenarios diferentes. El objetivo es garantizar la resistencia y eficiencia del chasis en diversas situaciones. Se verificará que el bastidor cumple con todos los requisitos del reglamento para su homologación sin inconvenientes.

Además, se llevará a cabo un detallado análisis del proceso de fabricación, con la creación de una planificación específica para la construcción del chasis. Todas las etapas del proyecto se detallarán en la planificación CMP "Chassis Manufacturing Process", y se establecerán los tiempos correspondientes en el diagrama de GANTT.

En última instancia, se obtendrá una visión integral de todas las fases y requisitos involucrados en el diseño y fabricación de un chasis tubular para un kart, en este caso de la categoría KZ. En todo momento, se garantizará el cumplimiento de las normativas y requerimientos especificados por el CIK, permitiendo la aplicabilidad práctica de los resultados obtenidos.

Palabras clave (máximo 10):

Chasis de competición	Kart competición	Reglamento CIK	Diseño bastidor
AISI 4130	Elementos auxiliares	Elementos finitos (FEA)	SolidWorks
Procesó de fabricación	Homologación		

RESUM

En aquest treball es durà a terme un exhaustiu estudi per al disseny, construcció i homologació d'un xassís KZ per a un kart de competició, seguint les directrius del reglament CIK per a la seva homologació. La fase inicial abastarà la selecció de dimensions del bastidor, l'elecció dels tubs (utilitzant material AISI 4130) i el disseny d'elements auxiliars per al muntatge de para-xocs, motor, eix posterior, rodes, columna de direcció, entre altres. Tots aquests processos de disseny es duran a terme utilitzant l'eina SolidWorks a l'entorn de CAD.

Posteriorment, es realitzaran diversos estudis d'elements finits "LLETJA", que comprendran l'emallat i simulació de tres escenaris diferents. L'objectiu és garantir la resistència i eficiència del xassís en diverses situacions. Es verificarà que el bastidor compleix amb tots els requisits del reglament per a la seva homologació sense inconvenients.

A més, es durà a terme una detallada anàlisi del procés de fabricació, amb la creació d'una planificació específica per a la construcció del xassís. Totes les etapes del projecte es detallaran en la planificació CMP "Chassis Manufacturing Process", i s'establiran els temps corresponents en el diagrama de GANTT.

En última instància, s'obtindrà una visió integral de totes les fases i requisits involucrats en el disseny i fabricació d'un xassís tubular per a un kart, en aquest cas de la categoria KZ. En tot moment, es garantirà el compliment de les normatives i requeriments especificats pel CIK, permetent l'aplicabilitat pràctica dels resultats obtinguts.

Keywords (10 maximum):

Xassís KZ	Kart de competició	Reglament CIK	Disseny bastidor
AISI 4130	Elements auxiliars	Elements finits (FEA)	SolidWorks
Procés de fabricació	Homologació		

ABSTRACT

This project will undergo a thorough study for the design, construction, and homologation of a KZ chassis for a competition kart, following the guidelines of the CIK regulations for its approval. The initial phase will encompass the selection of frame dimensions, tube choices (using AISI 4130 material), and the design of auxiliary elements for the assembly of bumpers, engine, rear axle, wheels, steering column, among others. All these design processes will be carried out using the SolidWorks tool in the CAD environment.

Subsequently, several finite element studies will be conducted, including meshing and simulation of three different scenarios. The aim is to ensure the strength and efficiency of the chassis in various situations. It will be verified that the frame meets all the requirements of the regulations for approval without any issues.

Furthermore, a detailed analysis of the manufacturing process will be conducted, with the creation of a specific plan for chassis construction. All project stages will be outlined in the CMP "Chassis Manufacturing Process" plan, and the corresponding times will be established in the GANTT diagram.

Ultimately, there will be a comprehensive understanding of all phases and requirements involved in the design and manufacturing of a tubular chassis for a kart, specifically in the KZ category. Throughout, compliance with the regulations and requirements specified by the CIK will be ensured, allowing for the practical application of the obtained results.

Keywords (10 maximum):

KZ chassis	Competition Kart	CIK regulation	Frame design
AISI 4130 material	Auxiliary components	Finite elements studies (FEA)	SolidWorks
Manufacturing process	CIK homologation		

SUMARI

1. INTRODUCCIÓN	8
1.1. Historia del Karting	9
1.2. Antecedentes	12
1.3 Tipos de bastidores	13
1.4. Objetivos del trabajo final de grado.	15
2. CATEGORÍAS DE KARTS Y COMPETICIONES	16
2.1. Categorías de Karts	16
2.2. Campeonatos de Karting de España	17
3. NORMATIVA APLICADA	19
3.1. Normativa CIK/FIA	19
3.2. Reglamento técnico	19
Artículo 1: Clasificación	19
Artículo 2: Definiciones	20
Artículo 3: Prescripciones generales	20
Artículo 4: Reglamento general del chasis	20
Artículo 8: Reglamento Grupo 1	23
3.3. Especificaciones técnicas - Chasis KZ	26
3.3.1. Materiales	26
3.3.2. Medidas principales	26
3.3.3. Dimensiones del chasis	27
3.3.4. Masas	27
3.3.5. Dibujos técnicos	28
3.4. Estudio de fuerzas	30
3.4.1. Fuerzas que intervienen en el chasis	30
3.4.2 Rigidez	32
4. DISEÑO	34
4.1. Factores claves	34
4.2. Primeros bocetos	34
4.3. Modelado de la estructura base del chasis	36
4.4. Modelado elementos auxiliares	37
4.5. Plano final	39
4.6. Desafíos y soluciones	40
5. ESTUDIO ELEMENTOS FINITOS	41
5.1. Selección material	41
5.1.1. AISI 4130	42
5.1.2. Selección material en CAD	42
5.2. Estudio mallado	43
5.3. Estudio tensiones / deformaciones	44
5.3.1. Análisis en aceleración del vehículo	44
5.3.2. Análisis en deceleración del vehículo	46
5.3.3. Análisis en choque frontal	48
5.4. Resultados	49
6. PROCESO DE FABRICACIÓN	51
6.1. Esquema proceso de fabricación	51
6.2. Pasos clave en el proceso de fabricación	51
6.2. 1 PASO 1: Diseño CAD	51
6.2.2 PASO 2: Análisis del diseño	52
6.2.3 PASO 3: Selección del material	52
6.2.4 PASO 4: Preparación del material	53

6.2.5 PASO 5: Soldadura	54
6.2.6 PASO 6: Pintado y control de calidad	57
6.2.7 PASO 7: Premontaje	58
6.3. CMP (Chassis Manufacturing Process)	59
6.3.1. Distribución	59
6.3.2 CMP	61
6.4. GANTT	63
7. HOMOLOGACIÓN	65
8. PREUPUESTO	67
9. IMPACTO MEDIOAMBIENTAL	68
10. PUNTOS DE MEJORA	69
11. CONCLUSIONES	70
12. AGRADECIMIENTOS	71
BIBLIOGRAFÍA	72

SUMARI DE FIGURAS

FIGURA 1: CHASIS DE UN KART	8
FIGURA 2: ART INGELS CON SU PRIMER KART	9
FIGURA 3: KARTS AÑOS 60	9
FIGURA 4: KARTING AÑOS 70 / AYRTON SENNA	10
FIGURA 5: KARTING AÑOS 80 / MICHAEL SCHUMACHER	10
FIGURA 6: KARTING AÑOS 90 / FERNANDO ALONSO	11
FIGURA 7: KARTING SIGLO XXI / CARLOS SAINZ	11
FIGURA 8: ACTUALIDAD / KART ELÉCTRICO	11
FIGURA 9: MICROGRAFÍA DE UNA ALEACIÓN MAGNESIO	12
FIGURA 10: ELEMENTOS AERODINÁMICOS	12
FIGURA 11: SOLDADURA TIG	13
FIGURA 12: BASTIDOR EN "H"	13
FIGURA 13: BASTIDOR EN "X"	14
FIGURA 14: BASTIDOR PERIMÉTRICO	14
FIGURA 15: BASTIDOR TUBULAR	14
FIGURA 16: KART KF	16
FIGURA 17: KART KZ	16
FIGURA 18: SUPERKART	17
FIGURA 19: LOGO OFICIAL CIK	19
FIGURA 20: BATALLA	26
FIGURA 21: VÍA DELANTERA	27
FIGURA 22: VÍA TRASERA	27
FIGURA 23: DIBUJO TÉCNICO NO.1.0A - BASTIDOR DEL CHASIS Y PARTES PRINCIPALES DEL CHASIS	28
FIGURA 24: DIBUJO TÉCNICO NO.2.0 - PARACHOQUES PARA CORTOCIRCUITOS - GRUPO 1 Y 2	29
FIGURA 25: DIBUJO TÉCNICO N.O.2.1 - CARROCERÍAS PARA CORTOCIRCUITOS - GRUPOS 1 Y 2	30
FIGURA 26: TORSIÓN	31
FIGURA 27: COMPRESIÓN	31
FIGURA 28: TRACCIÓN	31
FIGURA 29: FUERZAS DE FLEXIÓN	31
FIGURA 30: RIGIDEZ A FLEXIÓN	32
FIGURA 31: CROQUIS INICIAL A MANO ALZADA	35
FIGURA 32: CROQUIS INICIAL DEL BASTIDOR	35
FIGURA 33: PRIMER BARRIDO INICIAL	36
FIGURA 34: EVOLUCIÓN DEL BASTIDOR PERFIL	36
FIGURA 35: EVOLUCIÓN DEL BASTIDOR GENERAL	37
FIGURA 36: SOPORTE MANGUETA	37
FIGURA 37: SOPORTE COLUMNA DIRECCIÓN	38
FIGURA 38: ANCLAJES PARACHOQUES	38
FIGURA 39: SOPORTE EJE TRASERO	38
FIGURA 40: VISTA FINAL DEL PERFIL	39
FIGURA 41: VISTA FINAL DE LA PLANTA	39
FIGURA 42: VISTA FINAL	39
FIGURA 43: PLANO FINAL DEL BASTIDOR	40
FIGURA 44: INICIO NUEVO ESTUDIO	41
FIGURA 45: DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	42
FIGURA 46: ACABADO SUPERFICIAL	43
FIGURA 47: MALLADO DEL BASTIDOR	44
FIGURA 48: SUJECCIÓN BASTIDOR	45
FIGURA 49: TENSIONES DE VON MISES EN ACELERACIÓN	46
FIGURA 50: DEFORMACIONES SUFRIDAS EN ACELERACIÓN	46
FIGURA 51: TENSIONES DE VON MISES EN DECELERACIÓN	47
FIGURA 52: DEFORMACIONES SUFRIDAS EN DECELERACIÓN	47
FIGURA 53: TENSIONES DE VON MISES TRAS EL CHOQUE FRONTAL	49
FIGURA 54: DEFORMACIONES SUFRIDAS TRAS EL CHOQUE FRONTAL	49
FIGURA 55: PROCESO DE FABRICACIÓN	51

FIGURA 56: DISEÑO CAD CHASIS DE UN KART	52
FIGURA 57: ESTUDIO ELEMENTOS FINITOS	52
FIGURA 58: SELECCIÓN DE MATERIAL	53
FIGURA 59: DOBLADORA AUTOMATIZADA / IMAGEN CAD FUNCIONAMIENTO	54
FIGURA 60: IMAGEN REAL DOBLADORA AUTOMATIZADA	54
FIGURA 61: SOLDADURA BASTIDOR	55
FIGURA 62: SOLDADURA MIG	55
FIGURA 63: SOLDADOR OPERANDO CON MIG	56
FIGURA 64: FUNCIONAMIENTO SOLDADURA TIG	56
FIGURA 65: OPERARIO SOLDANDO CON TIG	57
FIGURA 66: LIMPIEZA SOLDADURAS "CLEAN STRIP"	57
FIGURA 67: PINTADO BASTIDOR	58
FIGURA 68: CONTROL DE CALIDAD	58
FIGURA 69: PREMONTAJE	59
FIGURA 70: DISTRIBUCIÓN FÁBRICA	60
FIGURA 71: DISTRIBUCIÓN FÁBRICA	61
FIGURA 72: "CHASSI MANUFACTURING PROCESS"	62
FIGURA 73: VISIÓN GLOBAL DEL DIAGRAMA GANTT	64

SUMARI DE TABLAS

TABLA 1: RESUMEN CATEGORIAS	17
TABLA 2: ESPECIFICACIONES CAMPEONATOS ESPAÑA	18
TABLA 3: PROPIEDADES MATERIAL AISI 4130	42
TABLA 4: RESULTADOS ENSAYO	50
TABLA 5: DIMENSIONES HOMOLOGACIÓN	65
TABLA 6: HOMOLOGACIÓN MATERIAL	66

GLOSSARI DE SIGNES, SÍMBOLS, ABREVIATURES, ACRÒNIMS I TERMES

KZ: Categoría de Karting

CIK: Comisión Internacional de Karting

MIG: Metal Inert Gas

TIG: Tungsten Inert Gas

AF: Approval form

HF: Homologation form

HR: Homologation regulations

SR: Sporting regulations

TD: Technical drawing

TR: Technical regulations

ISO 4948 y ISO4949

CAD: Diseño asistido por ordenador

FEA: Análisis de elementos finitos

FEM: método de elementos finitos

AISI4130: Es un tipo de acero aleado

GANTT: Diagrama de barras utilizado en la gestión de proyectos

CMP: Chassis Manufacturing Process

1. INTRODUCCIÓN

¿Qué es un Kart?

Un kart, también conocido como go-kart, es un pequeño vehículo de cuatro ruedas diseñado para ser conducido en pistas de carreras de karts. (Plaza, sense data)

A menudo son impulsados por motores de combustión de pequeña cilindrada o motores eléctricos y no tienen suspensión, lo que significa que el chasis es muy rígido y las sensaciones al volante son directas e intensas.

Un karting es un lugar, pista o circuito de carreras donde se puede practicar la conducción de karts. Suelen ser lugares muy populares para practicar la conducción de karts y pueden ser una forma divertida y emocionante de experimentar la velocidad y la adrenalina de las carreras de karts.

¿Qué es un chasis de un Kart?

Un chasis de kart es el bastidor principal del kart que sostiene todos los demás componentes, incluyendo el sistema frenos, carrocería, dirección, eje posterior y asiento. El chasis es la estructura que proporciona rigidez y estabilidad a todo el kart y es crucial para el rendimiento y la maniobrabilidad del vehículo (Figura 1). Deberá ser lo suficientemente resistente para absorber las cargas producidas cuando el kart está en movimiento. (Gil, 2023) Constituye por encima de todo el elemento principal de soporte del vehículo.



Figura 1: Chasis de un kart

El chasis de kart se compone principalmente de tubos de acero con aleación en otros materiales soldados que forman una estructura rígida y flexible. Es importante saber que también hay varios tamaños de tubo, eligiendo entre 28mm, 30mm o 32mm. En algunos casos estos bastidores son mixtos.

1.1. Historia del Karting

AÑOS 50: Nacimiento del karting

(Ariza Racing Circuit, 2023) El padre del karting fue Art Ingels, durante el año 1956 en Glendale, California (Estados Unidos) (Figura 2). Un día Art Ingles decidió ensamblar varios objetos entre sí para dar vida al primer kart comercial de la historia. El primer Kart se hizo con unos tubos de calefacción, ruedas de cola de avión, un motor de cortacésped y el volante de un antiguo avión en desuso.

(Karting, 2019) A pesar de que los primeros karts eran menos potentes y alcanzaban velocidades modestas, los pilotos de esa época disfrutaban de la experiencia tanto como los actuales.



Figura 2: Art Ingels con su primer kart

AÑOS 60: Expansión y popularización

En la década de 1960, el karting comenzó a expandirse más allá de Estados Unidos. Las competiciones se volvieron más organizadas, y la Federación Internacional de Automovilismo (FIA) estableció la Comisión Internacional de Karting (CIK) en 1962 para supervisar las regulaciones internacionales.

En los 60 empezaron a celebrarse las primeras carreras en España, y empezaron a aparecer los primeros pilotos más reconocidos como Jorge Fuentes o Alfonso García Galán. Sin embargo, la industria del karting en España no tenía nada que ver con la de Italia, por lo que durante los siguientes años mucho del material era importado casi en su totalidad de Italia.

Se caracterizaban por diseños simples, chasis de tubos de acero, motores de dos tiempos, neumáticos estrechos y competiciones locales (Figura 3).



Figura 3: Karts años 60

AÑOS 70: Mejoras tecnológicas

La década de 1970 fue un período de innovación en el karting. Los fabricantes comenzaron a experimentar con diferentes materiales y diseños de chasis para mejorar la maniobrabilidad y la estabilidad en la pista. La CIK jugó un papel importante en la normalización de las regulaciones a nivel internacional (Figura 4).

En los años 70 en Terrassa (Barcelona), Miguel Tapias construyó sus chasis MTK (Miguel Tapias Kart), que con el tiempo daría paso a la marca Arisco (ahora ya desaparecida).



Figura 4: Karting años 70 / Ayrton Senna

AÑOS 80: Cimientos bien asentados

Los años 80 fueron una época emocionante para el karting, caracterizada por avances tecnológicos, la consolidación de campeonatos y la continuación del crecimiento en popularidad.

El karting se estableció como un paso fundamental en la carrera de un piloto profesional. Muchos pilotos de Fórmula 1, incluidos Ayrton Senna y Michael Schumacher (Figura 5), comenzaron sus carreras en el karting.



Figura 5: Karting años 80 / Michael Schumacher

AÑOS 90: Globalización

En los años 90, el karting experimentó una evolución tecnológica significativa con enfoque en la aerodinámica y la especialización en categorías. Se convirtió en un deporte verdaderamente global con campeonatos internacionales atrayendo a pilotos de todo el mundo. Los fabricantes de karts y motores continuaron innovando, mejorando la potencia, la manejabilidad y la seguridad de los vehículos (Figura 6).



Figura 6: Karting años 90 / Fernando Alonso

SIGLO XXI: Innovación

Durante este tiempo, el karting también experimentó avances tecnológicos. Los karts se volvieron más refinados, con mejor aerodinámica, electrónica y sistemas de telemetría avanzada. A medida que entrábamos en el nuevo milenio, el karting continuaba siendo una parte integral en el desarrollo de futuras superestrellas de las carreras (Figura 7)



Figura 7: Karting siglo XXI / Carlos Sainz

ACTUALIDAD: Sostenibilidad

La creciente conciencia sobre el medio ambiente, el karting comenzó a adoptar tecnologías más limpias. Los karts eléctricos, en particular, comenzaron a ganar popularidad. Estos karts no solo son más ecológicos, sino que también ofrecen ventajas en términos de par y mantenimiento en comparación con los karts de gasolina (Figura 8).



Figura 8: Actualidad / Kart eléctrico

1.2. Antecedentes

Desde los inicios del karting ha quedado clara la importancia y la necesidad de tener una buena base de un Kart como es el chasis. (Tixce, 2017). Por este motivo los ingenieros siempre han intentado e intentan mejorar el rendimiento esperando que esto se traduzca en un mejor rendimiento en pista. La clave para la mejora de estos se concentra principalmente en tres puntos; el materiales, diseño y tecnología utilizada para la fabricación.

- **Materiales**: Los chasis de Karting a los inicios eran fabricados por aceros muy pesados y pocos eficientes en aspecto de rendimiento. Mientras que los chasis de hoy en día han pasado a ser fabricados por materiales más ligeros y resistentes, como el aluminio y, en algunos casos, aleaciones de magnesio (Figura 9) o materiales compuestos. Estos materiales permiten construir chasis más ligeros y rígidos, mejorando el rendimiento general del kart

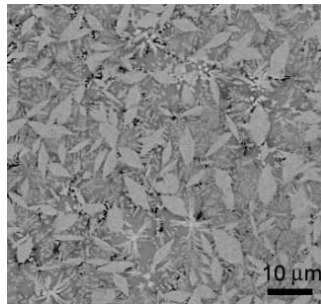


Figura 9: Micrografía de una aleación Magnesio

- **Diseño**: A medida que hemos adquirido un mayor conocimiento y comprensión del impacto de la aerodinámica, hemos incorporado estos principios de manera más destacada en el proceso de diseño de las piezas, y el chasis no es una excepción. Se han introducido elementos aerodinámicos, como carenados, alerones y otros componentes específicamente diseñados, con el fin de optimizar la estabilidad y el agarre del kart, manipulando de manera efectiva el flujo de aire que lo rodea, Figura 10.



Figura 10: Elementos aerodinámicos

- **Tecnología**: El avance de la tecnología ha jugado un papel clave en la evolución de los chasis resaltando los siguientes aspectos.
 - **Geometría ajustable**: Los chasis modernos cuentan con características para ajustar la geometría, como barras de torsión ajustables, ejes ajustables y posiciones de ejes de dirección ajustables. Esto permite a los mecánicos y pilotos configurar el chasis para adaptarse a diferentes condiciones de pista

y estilos de conducción

- **Soldadura**: El avance en la soldadura en especial la aparición de la soldadura TIG (Tungsten Inert Gas) (Figura 11) o MIG (Metal Inert Gas), también conocida como soldadura de arco de gas. Ambos métodos ofrecen ventajas específicas en términos de control de temperatura, penetración, y la capacidad de trabajar con diversos tipos de materiales



Figura 11: Soldadura TIG

- **Simulación**: Los fabricantes utilizan software de simulación para modelar y analizar el rendimiento del chasis en diversas condiciones. Esto ayuda en la optimización del diseño antes de la producción física.

En general, la evolución del chasis de karting ha sido impulsada por una combinación de avances tecnológicos, comprensión aerodinámica y la búsqueda constante de mejoras en el rendimiento y la maniobrabilidad

1.3 Tipos de bastidores

[23] En la industria encontramos diferentes tipos de bastidores, pero los más usuales son:

- **Bastidor en escalera o "H"**:

Consiste en dos largueros laterales de chapa laminada o embutida, con perfil, normalmente en "U", paralelos o no, unidos mediante una serie de travesaños (Figura 12).



Figura 12: Bastidor en "H"

- Bastidor en columna o "X":

Este bastidor se estrecha en el centro, proporcionando al vehículo una estructura rígida, diseñada para contrarrestar los puntos de torsión elevada (Figura 13).

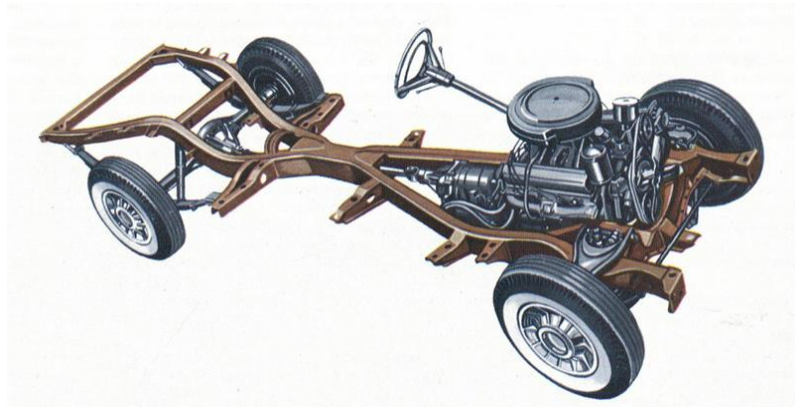


Figura 13: Bastidor en "X"

- Bastidor perimétrico:

Mismas características que el bastidor en escalera, pero equipado con zonas deformables al impacto (Figura 14).



Figura 14: Bastidor perimétrico

- Bastidor tubular:

Este tipo de bastidor está realizado mediante una estructura tipo "celosía", lo que lo hace menos pesado que el bastidor tradicional. Se usa en competición. Este será el tipo de bastidor que utilizaremos a la hora de diseñar el chasis del kart (Figura 15).



Figura 15: Bastidor tubular

1.4. Objetivos del trabajo final de grado.

1.4.1. Objetivo general

El objetivo principal consistirá en poner en práctica los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera en un proyecto de diseño integral de un chasis de un Kart. Este proyecto abarca desde la concepción y diseño del chasis, hasta la aplicación de análisis de elementos finitos para evaluar su rendimiento estructural. Además, se abordarán aspectos cruciales como el proceso de fabricación del chasis y la consecuente homologación, asegurando así que el vehículo cumpla con los estándares necesarios para participar en competiciones de Karting bajo las normativas establecidas por la Comisión Internacional del Karting (CIK).

1.4.2. Objetivos específicos

- Estudio Teórico: Realizar un análisis teórico previo al diseño del chasis. Adquirir conocimientos fundamentales sobre medidas, materiales y dimensiones necesarios para la creación de un chasis de kart que cumpla con los estándares requeridos para competiciones oficiales del CIK.
- Diseño: Desarrollar el diseño del chasis utilizando aplicaciones de diseño (CAD). Se busca optimizar tanto el rendimiento como la integridad del chasis, definiendo aspectos clave como el chasis principal, elementos auxiliares y la selección de materiales.
- Estudio de Elementos Finitos: Realizar un análisis de elementos finitos para verificar la seguridad e integridad del diseño. Realizar pruebas detalladas que evalúen la capacidad del chasis para resistir diversos esfuerzos durante su desempeño en la pista.
- Proceso de Fabricación: Establecer un proceso teórico de fabricación del chasis, garantizando que la estructura resultante cumpla con los estándares previamente establecidos en cuanto a resistencia y calidad. Este paso sienta las bases para la producción real en la fábrica.
- Homologación: Demostrar, mediante los estudios realizados, que el chasis diseñado cumple con los requisitos necesarios para participar en competiciones oficiales del CIK. Este proceso respalda la validez y la conformidad del chasis con las normativas establecidas.
- Presupuesto: Llevar a cabo un análisis económico detallado para obtener una perspectiva financiera clara. Evaluar los costos asociados con el diseño, fabricación y homologación del chasis. Este estudio proporcionará información esencial para entender la inversión necesaria y el rendimiento esperado en la eventual creación de una empresa dedicada a la fabricación de estos chasis.

2. CATEGORÍAS DE KARTS Y COMPETICIONES

El mundo del karting ha experimentado un notable crecimiento a lo largo del tiempo, dando lugar a diversas categorías que se distinguen por distintos criterios, tales como edades y tipos de motorizaciones, entre otros aspectos. Actualmente, tres categorías sobresalen como las más destacadas: la Categoría KF, la Categoría KZ y los Superkarts. (Racing, 2022)

2.1. Categorías de Karts

Según la Comisión Internacional de Karting (CIK) establece varias categorías para karts, cada una diseñada para diferentes niveles de habilidad y edades (DMK , 2015). A continuación, se detallan las 3 categorías más relevantes en el deporte:

Categoría KF / OK:

En esta categoría se incluyen los karts automáticos de 125 cc de 2 tiempos, que son estándar para todas las categorías KF. El reglamento permite ajustarlos según las especificaciones de cada subcategoría. Estos karts utilizan motores monocilíndricos sin caja de cambios y están refrigerados por agua o aire. Tienen un límite de rpm entre 14.000 y 16.000, lo que contribuye a prolongar su vida útil y reducir la necesidad de mantenimiento (figura 16).



Figura 16: Kart KF

Categoría KZ:

La categoría KZ destaca como una de las más emocionantes para los pilotos y donde los mecánicos desempeñan un papel crucial. Se emplean motores de 125 cc con 6 velocidades, refrigerados por agua, y la preparación adicional suele ser de libre elección. En la KZ, se distinguen dos subcategorías: KZ1 y KZ2 (Figura 17). KZ1 representa la élite de la competición y los fabricantes son conscientes de que es aquí donde se pone en juego su prestigio.



Figura 17: Kart KZ

Superkart:

Estamos hablando de karts muy superiores a los nombrados anteriormente. Tienen una carrocería completa y motores bicilíndricos de 2T que rondan los 100 CV, además de un peso mínimo de 205-215 kg (dependiendo del campeonato) (Figura 18). Podemos decir que son la relación perfecta entre velocidad y precio. Los Superkarts necesitan correr en pistas de alta velocidad, ya que alcanzan velocidades superiores a los 200 km/h, compitiendo de esta forma en los mismos tiempos que los mejores vehículos deportivos del planeta. Sin duda nos referimos a un mundo aparte.



Figura 18: Superkart

La tabla 1 muestra un resumen de las categorías, así como de las subcategorías en las que se puede competir

Tabla 1: Resumen categorías

Categoría	Subcategorías	CC	Tiempos	Cilindros	Cambio	Peso	Refrigeración	Potencia
KF	KF1-2-3-4	125	2T	Monocilindro	14/16000	145-158-160 kg	Agua o aire	10-13,5-30 CV
KZ	KZ1-2	125	2T	Monocilindro	6 marchas	170-175 kg	Agua	48 CV
SuperKart	N. A	125	2T	Bicilindrico	6 marchas	205-215 Kg	Agua	100CV

2.2. Campeonatos de Karting de España

En España, se desarrollan diversos campeonatos que emplean karts pertenecientes a distintas categorías, las cuales varían según las especificaciones de cada torneo. (Agaracing) ; (racing)

ALEVIN:

La categoría Alevín en el karting español está diseñada para niños de 8 a 12 años que se inician en este deporte. Utilizan karts más pequeños y menos potentes adaptados a su edad. Con reglamentaciones específicas, participan en eventos locales, regionales y nacionales, enfocándose en el desarrollo de habilidades básicas de conducción. La supervisión y el énfasis en la seguridad son fundamentales, proporcionando un entorno educativo para que los jóvenes pilotos disfruten y aprendan.

CADETE:

La categoría Cadete en el karting español está dirigida a pilotos adolescentes de aproximadamente 12 a 16 años. Estos karts son más potentes que los de la categoría Alevín, permitiendo a los jóvenes competir a un nivel más avanzado. Con reglamentaciones específicas, participan en eventos a nivel local, regional y nacional, brindando a los pilotos la oportunidad de desarrollar habilidades más avanzadas de conducción. La supervisión y la seguridad siguen siendo prioridades, pero la categoría Cadete representa un paso hacia competiciones más desafiantes.

KF3:

La categoría KF3 en el karting español está diseñada para pilotos adolescentes de aproximadamente 12 a 15 años. Ofrece karts más avanzados con motores potentes y chasis sofisticados, siendo una etapa intermedia antes de competiciones internacionales. Los pilotos desarrollan habilidades avanzadas y, después de la KF3, suelen avanzar hacia categorías superiores del automovilismo.

KF2:

La categoría KF2 en el karting español es para pilotos experimentados de 15 años en adelante. Utiliza karts de alto rendimiento con motores potentes y tecnología avanzada. Los pilotos compiten a nivel nacional e internacional, perfeccionando habilidades avanzadas antes de pasar a categorías aún más desafiantes o explorar opciones en el automovilismo de fórmula.

X-30:

La categoría X30 en el karting español utiliza motores homologados de la marca X30. Con subcategorías según la edad, como Junior y Senior, atrae a pilotos de distintos niveles. Se compete a nivel nacional e internacional, siguiendo reglas técnicas para garantizar igualdad. Los eventos fomentan el desarrollo de habilidades avanzadas, preparando a los pilotos para competiciones más desafiantes.

La tabla 2 muestra un resumen de las categorías y modelos que se pueden utilizar en el campeonato de España.

Tabla 2: Especificaciones Campeonatos España

CATEGORIA	KARTS		PESO MIN	Ø TUBO	CHASIS	
	MODELOS				Ø FRENO.T	EJES
Alevín	64cc	13500 rpm	108Kg	28mm	30mm	900m
Cadete	85cc		118Kg	28mm	30mm	950mm
KF3	KF4	14000rpm 13,5CV	145Kg	30mm	50mm	101-107 cm
KF2	KF4	15000 rpm 30CV	158Kg	30mm	50mm	101-107 cm
KZ2	KZ2	6v 40-45cv	175Kg	32mm	50mm	101-107 cm
X-30	KF2-3 o KZ2	125cc 6v	162Kg	30mm	50 mm	950-1200 mm

3. NORMATIVA APLICADA

En el siguiente capítulo se detalla la normativa que rige el diseño de un chasis del CIK. La comprensión y aplicación de estas directrices son esenciales para garantizar la conformidad con los estándares establecidos en el ámbito de los karts.

3.1. Normativa CIK/FIA

La Comisión Internacional de Karting (CIK) es el organismo rector que establece las normativas para el karting a nivel mundial. La información específica sobre las normativas para karts de las diferentes categorías puede estar sujeta a cambios, por lo que siempre es recomendable verificar la información más reciente directamente en los documentos oficiales de la CIK. La figura 19 nos muestra el logo oficial de dicho organismo.



Figura 19: Logo oficial CIK

El Reglamento técnico Nacional aplicable a todos los campeonatos copas, trofeos y challenges de España de karting define el chasis como: Estructura del conjunto del kart que ensambla las partes mecánicas y la carrocería, comprendida cualquier pieza solidaria de dicha estructura.

La información detallada en los próximos apartados ha sido recopilada a partir de diversas fuentes, incluyendo el reglamento deportivo del CIK, apéndices técnicos (Karting F. , FIA Karting, 2024), dibujos técnicos (Kartign, 2024), regulaciones (FIA, 2024) y otros documentos conexos. (FIA Karting SEASON 2023, 2023) Estas fuentes constituyen un conjunto integral de normativas y especificaciones que guían el desarrollo y la ejecución de las actividades relacionadas con el ámbito deportivo contemplado.

3.2. Reglamento técnico

(Reglamento técnico, 2023) Recopilamos la información más reciente del reglamento técnico actualizado del CIK, con fecha del 8 de marzo de 2023. A continuación, se detallan los artículos específicos de dicho reglamento que inciden de manera directa o indirecta en el diseño, análisis y homologación de chasis para el CIK.

Artículo 1: Clasificación

Categorías y grupos: Los Karts utilizados en competición se dividen en los siguientes Grupos y Categorías:

Grupo 1

KZ Cilindrada de 125 cm³

Grupo 2

KZ2 Cilindrada de 125 cm³

OK Cilindrada de 125 cm³

OK-N Cilindrada de 125 cm³

OK-Junior Cilindrada de 125 cm³

Grupo 3

Mini Cilindro de capacidad de 60 cm³.

Mini XS Cilindrada de 60 cm³

Grupo 4

Superkart Cilindrada de 250 cm³

OK-N Junior Capacidad de 125 cm3

Artículo 2: Definiciones

AF → Approval form

HF → Homologation form

HR → Homologation regulations

SR → Sporting regulations

TD → Technical drawing

TR → Technical regulations

- Artículo 2.3 Chasis:

La estructura general de un kart incluye los componentes mecánicos y carrocería. Incluye cualquier parte que sea interdependiente de esta estructura general.

- Artículo 2.3.1 Cuadro:

La parte principal de soporte del kart es de una sola pieza (soldada), y sirve como base de conexión para el chasis principal y auxiliar piezas y componentes.

Artículo 3: Prescripciones generales

- Artículo 3.1 Aceptación general

Las TR se aplican a todas las categorías y clases. El kart y cualquier modificación que se le realice deberá cumplir con las definiciones y TR dados aquí y/o con la normativa específica de la categoría en la que se ingresa el kart.

- Artículo 3.2 Modificaciones:

Cualquier modificación está prohibida si no está expresamente permitida por el TR o decidida por la CIK-FIA por razones de seguridad. Las modificaciones se refieren a cualquier operación que pueda cambiar la situación inicial. Aspecto, dimensiones, dibujos o fotografías de una pieza original homologada descrita en el HF o cualquier otra pieza regulada por el TR.

- Artículo 3.4 Responsabilidad:

Es deber de todo conductor/participante demostrar a los escrutadores y comisarios de la Reunión que su kart cumple con el SR del evento y el TR.

- Artículo 3.5 Escrutinio:

Durante las verificaciones técnicas se marca y registra todo el material permitido según el SR de la prueba. El chasis deberá presentarse totalmente configurado, con chasis montado, carrocería y componentes extra.

Artículo 4: Reglamento general del chasis

- Artículo 4.1 Chasis

El chasis está compuesto por el bastidor del chasis y sus principales piezas auxiliares.

- Artículo 4.1.1 Bastidor del chasis:

El bastidor del chasis es la principal parte de soporte del kart. Sirve como base para las partes principales del chasis e incorpora el chasis piezas auxiliares. Debe estar fabricado para absorber las fuerzas producidas cuando el kart está en movimiento. La flexibilidad y suspensión del marco provienen del elástico. Propiedades de la construcción tubular y del material. El bastidor del chasis está fabricado con tubos de acero de sección cilíndrica. Incluye los soportes del eje delantero y trasero y está

soldado en una sola pieza por lo que no se puede desmontar.

- Artículo 4.1.2 Material del bastidor del chasis:

El acero estructural o la aleación de acero utilizado como material del bastidor del chasis debe cumplir con las clasificaciones ISO 4948 y las designaciones ISO 4949. Sólo aceros aleados que tengan al menos un elemento de aleación con una masa se permite un contenido $\leq 5\%$. El acero debe poder pasar la prueba de fuerza de contacto: un control imán, definido según el Apéndice 4, con un eje magnético campo, debe permanecer pegado a la superficie de los tubos del bastidor del chasis. Antes de esta prueba, la superficie de contacto debe limpiarse con un abrasivo de cualquier tratamiento de acabado.

- 4.1.3 Modificaciones:

El bastidor del chasis podrá modificarse dentro de las dimensiones descritas en HF y TR.

- **4.2 Piezas y componentes del chasis**

- 4.2.1 Partes principales del chasis:

Las partes principales del chasis transmiten las fuerzas de la vía al bastidor del chasis a través de los neumáticos.

Incluyen:

- Ruedas con bujes
- Eje trasero
- Muñón de dirección
- Perno rey

Véase TD n° 1.0.

- 4.2.2 Requisitos de las piezas principales:

Las partes principales del chasis deben estar firmemente unidas entre sí o entre sí el bastidor del chasis. Es obligatoria una construcción rígida: sin articulaciones o se permiten juntas flexibles. Las conexiones articuladas sólo están permitidas para el muñón de dirección (a través del perno rey) y la dirección.

- 4.2.3 Piezas auxiliares del chasis:

Las piezas auxiliares del chasis incluyen todos los elementos que no forman parte del chasis principal y contribuyen al buen funcionamiento del kart, sujeto al cumplimiento del TR.

Estos son los aditamentos, conexiones y puntos de apego soldado al marco para la dirección, pedales, asiento con cuatro soportes de asientos, parachoques, radiador, frenos, silenciador de admisión, motor, escape y silenciador de escape.

Las piezas auxiliares del chasis también incluyen el refuerzo interior de los tubos principales del chasis (longitud máxima 250 mm) entre el eje soporte y el soporte del motor.

- 4.2.4 Requisitos de piezas auxiliares:

Las piezas auxiliares deben estar soldadas al chasis, no caerse mientras el kart está en movimiento y no presenta ningún riesgo para el conductor u otras personas competidores.

- 4.2.5 Componentes del chasis:

Los componentes del chasis incluyen todos los elementos que están fijados al chasis y contribuir al buen funcionamiento del kart, sujeto a cumpliendo con el TR. Se trata de piezas como los pedales del acelerador y del freno, kits de pedales, soporte de la

columna de dirección, barra estabilizadora, tirantes adicionales, soporte radiador, soporte del silenciador de admisión, soporte del silenciador de escape y escape, soporte del motor y placas protectoras del chasis. Las placas protectoras del chasis sólo deben proteger los tubos y pueden fabricarse de material plástico o compuesto.

- **4.2.6 Requisitos de los componentes:**

Los componentes del chasis deben estar sujetos de forma segura y no caerse mientras el kart está en movimiento y no presenta ningún riesgo para el conductor u otras personas competidores. Se permiten conexiones flexibles.

- **4.3 Eje trasero**

El diámetro del eje trasero debe corresponder a la categoría en la que se encuentra el kart. En todas las categorías, el eje trasero deberá estar fabricado de acero magnético. Cada eje trasero debe tener, en el interior y en el exterior, una sección redondeada borde o un chafalán con un diámetro máximo correspondiente al espesor del eje. El chafalán no debe tener bordes afilados. El eje trasero utilizado en el chasis no tiene por qué proceder del mismo fabricante que el propio chasis. Cada eje trasero debe llevar una etiqueta de identificación CIK-FIA específica del fabricante. El espesor de la pared del eje depende del diámetro exterior del eje. Debe cumplir con los siguientes criterios en todos los puntos (Tabla 3):

Tabla 3: Dimensiones eje trasero

Max. diámetro exterior (mm)	Min. espesor pared (mm)	Max. diámetro exterior (mm)	Min. espesor pared (mm)
50	1.9	38	3.2
49	2.0	37	3.4
48	2.0	36	3.6
47	2.1	35	3.8
46	2.2	34	4.0
45	2.3	33	4.2
44	2.4	32	4.4
43	2.5	31	4.7
42	2.6	30	4.9
41	2.8	29	5.2
40	2.9	>28	full
39	3.1	---	---

- **4.4 Pedales/juegos de pedales**

Los pedales nunca deben sobresalir por delante del chasis, incluido el parachoques.

El pedal del freno debe colocarse delante del cilindro maestro. El pedal del acelerador debe estar equipado con un resorte de retorno. Un vínculo mecánico entre el pedal del acelerador y el carburador es obligatorio.

- **4.5 Sistema de dirección**

El sistema de dirección consta de un volante, un cubo de volante, columna de dirección, soporte de columna de dirección y dos brazos de dirección conectados a los muñones de dirección. Se puede utilizar un espaciador entre el volante y el cubo.

Aunqu se trata de una conexión articulada, el sistema de dirección debe.

Artículo 8: Reglamento Grupo 1

- **8.1 Chasis**

Los chasis del grupo 1 sólo podrán ser producidos por un fabricante que haya un chasis homologado en el Grupo 2.

- 8.1.1 Dimensiones del chasis

Distancia entre ejes: 101-107 cm.

Vía: al menos 2/3 de la distancia entre ejes utilizada.

Longitud total: 182 cm máximo, sin carenado delantero y trasero protección de las ruedas.

Ancho total: 140 cm máximo.

Altura: 65 cm máximo desde el suelo, sin asiento.

El chasis deberá respetar en todo momento las dimensiones indicadas.

Ninguna parte podrá sobresalir más allá del cuadrilátero formado por el frente carenado, las ruedas y la protección de la rueda trasera.

- 8.1.2 Requisitos del chasis:

Se puede utilizar una barra estabilizadora.

Se permiten tirantes adicionales entre los soportes del eje trasero y el asiento.

- **8.2 Eje trasero**

Diámetro exterior máximo de 50 mm (espesor de pared según Artículo 4.3).

Los insertos de tubos de plástico en el eje solo están permitidos en el eje trasero.

Áreas del rodamiento y del cubo de la rueda con un saliente de 2 cm cada lado.

- **8.3 Capacidad del depósito de combustible**

8 litros mínimo

- **8.4 Parachoques**

Las protecciones frontales y laterales son obligatorias. Deben hacerse de tubo redondo de acero magnético y estar homologado con la carrocería. A falta de paragolpes trasero, se instalará un trasero homologado. La protección de las ruedas es obligatoria.

- 8.4.1 Parachoques delantero en cortocircuito

El parachoques delantero consta de dos elementos: una barra superior con un diámetro mínimo de 16 mm y dos curvas de esquina con una constante radio. La longitud recta entre las curvas debe ser de 375 mm. mínimo y 395 mm máximo.

La barra debe fijarse a dos fijaciones soldadas al bastidor del chasis, que deben estar separados 550 mm y centrados en el eje longitudinal del kart eje.

Altura: 200 mm mínimo y 250 mm máximo desde el suelo (medido hasta la parte superior del tubo).

Una barra inferior con un diámetro mínimo de 20 mm y dos esquinas se dobla con un radio constante. La longitud recta entre el. Las dobles deben ser de 295 mm mínimo y 315 mm máximo.

La barra debe fijarse a dos fijaciones soldadas al bastidor del chasis, que deben estar separados 450 mm y centrados en el eje longitudinal del eje del Kart. Los accesorios deben estar horizontal y verticalmente paralelos al eje del kart y permitir una inserción

de 50 mm de la barra.

Alto: 70 mm mínimo y 110 mm máximo (medido en la parte superior del tubo).

Saliente delantero: 350 mm mínimo.

Estos dos elementos deben estar alineados verticalmente, como se indica en los TD. n° 2.0 y 2.2, y en ángulo recto con respecto al suelo o bandeja de suelo/principal tubos del chasis.

Ambas barras deben estar conectadas por el soporte del parachoques delantero.

El parachoques delantero debe ser independiente del accesorio del pedal.

y permitir el montaje del preceptivo carenado delantero.

- 8.4.2 Parachoques lateral en cortocircuito

El parachoques lateral consta de dos elementos redondos de acero magnético. tubos centrados respecto al eje longitudinal del kart. Cada elemento debe estar compuesto por una barra inferior y una superior. Ellos deben tener un diámetro de 20 mm.

La longitud recta mínima es de 400 mm para la barra inferior y de 300 mm para la barra superior.

Ancho total: 480 mm mínimo y 520 mm máximo para el barra inferior, 480 mm mínimo y 600 mm máximo para la barra superior (medida hasta el punto medio del tubo) en relación con la longitud del eje del kart.

Cada barra debe fijarse a dos fijaciones de tubos soldados que deben estar separados 500 ± 5 mm (medidos hasta el punto medio del tubo). Estos accesorios deben estar paralelos al suelo, perpendiculares al eje del chasis y permitir una inserción de 50 mm de la barra.

Altura de la barra superior: 160 mm mínimo desde el suelo (medido hasta la parte superior del tubo). Véase TD n° 2.0.

- **8.5 Carrocería**

La carrocería debe estar homologada por la CIK-FIA junto con el parachoques y accesorios adjuntos. Se permite combinar elementos de carrocería homologados. Sin embargo, los dos soportes laterales deben usarse juntos como un conjunto.

- 8.5.2 Carenado delantero

El carenado delantero debe colocarse dentro de la altura de las ruedas delanteras. y no tener bordes afilados. No debe poder retener agua, grava o cualquier otra sustancia.

Ancho mínimo: 1.000 mm.

Ancho máximo: ancho trasero total de la unidad de rueda delantera/eje delantero.

Distancia máxima entre las ruedas delanteras y la parte trasera del carenado: 180 milímetros.

Voladizo delantero: 680 mm máximo, ver TD n° 2.1.

Kit de montaje del carenado delantero, ver TD n° 2.2.

Un carenado delantero homologado montado en un kart en un campeonato internacional.

- 8.5.3 Panel frontal:

El panel frontal no debe estar situado por encima del plano horizontal.

definido por la parte superior del volante. No debe impedir el normal funcionamiento de los pedales ni cubrir ninguna parte de los pies en la posición normal de conducción.

Deberá dejar un espacio de al menos 50 mm entre el panel y el

volante y no debe sobresalir más allá del carenado delantero.

Ancho: 250 mm mínimo y 300 mm máximo.

La parte inferior del panel debe estar firmemente sujeta a la parte frontal del bastidor del chasis, directa o indirectamente. Su parte superior debe ser firmemente sujeto al soporte de la columna de dirección con uno o más barras independientes.

Se debe proporcionar un espacio para los números de carrera en el panel frontal.

- 8.5.4 Carrocería lateral:

La superficie de la carrocería lateral debe ser uniforme y lisa; no debe contener más agujeros que los necesarios para la fijación de propósitos.

Ninguna parte de la carrocería lateral podrá cubrir ninguna parte del conductor sentado en la posición normal de conducción.

La carrocería lateral no debe superponerse al bastidor del chasis visto desde debajo. No debe poder retener agua, grava o cualquier otra sustancia. y debe estar firmemente sujeto a los parachoques laterales. Se debe dejar un espacio para los números de carrera en la superficie vertical. cerca de las ruedas traseras.

La carrocería lateral en ningún caso deberá situarse encima el plano definido por la parte superior de los neumáticos delanteros y traseros o sobresale en más de 40 mm más allá del plano definido por el borde exterior de las ruedas delanteras y traseras (ruedas delanteras en línea recta posición).

La carrocería lateral deberá tener una distancia al suelo de 25 mm mínimo y 60 mm máximo.

Distancia entre la parte delantera de la carrocería lateral y las ruedas delanteras: 150 mm máximo.

Distancia entre la parte trasera de la carrocería lateral y las ruedas traseras: 60 mm máximo.

En condiciones de tiempo húmedo, la carrocería lateral no debe sobresalir. más allá del plano definido por el borde exterior de las ruedas traseras. Ver TD n° 2.1.

- 8.5.5 Protección de la rueda trasera:

La protección de la rueda trasera debe colocarse a la altura de la parte trasera. ruedas. Cualesquiera que sean las condiciones, la protección de la rueda trasera debe estar en línea con el exterior de las ruedas traseras.

Espacio entre la parte delantera de la protección de la rueda trasera y la superficie de las ruedas traseras: 15 mm mínimo y 50 mm máximo.

Ancho: mínimo 1.340 mm, máximo el del ancho total trasero, en cualquier momento y bajo cualquier circunstancia.

Distancia al suelo: 25 mm mínimo y 60 mm máximo en al menos tres espacios de un ancho mínimo de 200 mm, ubicados en la extensión de las ruedas traseras y la línea central del chasis.

Voladizo trasero: 400 mm máximo. Ver TD n° 2.0 y 2.1.

- **8.6 Frenos**

Los frenos son gratuitos en el Grupo 1, pero deben cumplir con los artículos 4.12 y siguiente del TR. Deben ser producidos por un fabricante con una homologación de frenos válida.

- **8.7 ruedas**

En los grupos 1 y 2, sólo se permiten llantas de 5 pulgadas con neumáticos de 5 pulgadas homologados por CIK-FIA. Véanse los artículos 4.13-4.15 del TR.

- **8.8 Registro de datos**

Diseño, estudio y homologaciones de un chasis de karting de competición
Oscar Domínguez Garrido

En el Grupo 1, el registro de datos es gratuito siempre que no modifique la
funcionamiento normal del motor.

- **8.9 Masa del kart**

Total (incluido conductor)

KZ: 170 kg mínimo

3.3. Especificaciones técnicas - Chasis KZ

El chasis de un kart constituye la plataforma sobre la cual se diseñarán y ensamblarán los demás elementos del vehículo. Este componente fundamental se compone de diversas partes, que pueden ser categorizadas principalmente en la estructura base y los elementos auxiliares.

A continuación, se llevará a cabo un análisis detallado de los componentes del chasis, abordando aspectos como dimensiones, materiales, entre otros. El enfoque de este análisis se dirigirá específicamente hacia los chasis del CIK establecidos según el reglamento técnico deportivo [15] para karts de las categorías KZ pertenecientes al Grupo 1 con una cilindrada de 125 cm³.

3.3.1. Materiales

- El Bastidor debe estar fabricado de tubos de acero de sección cilíndrica. Este acero o aleación (< 5%) debe cumplir con las clasificaciones ISO 4948 y las designaciones ISO 4949.
- El eje trasero debe estar fabricado de acero magnético, y debe tener un diámetro máximo correspondiente al espesor del eje (Tabla 3).

3.3.2. Medidas principales

- BATALLA

Se trata del intereje del kart, es decir, la distancia entre el eje de las ruedas delanteras y el de las ruedas traseras. En líneas generales, una batalla más corta hace que el chasis sea más reactivo, mientras que una batalla más larga facilita la conducción en las curvas grandes, más largas y rápidas (figura 20).

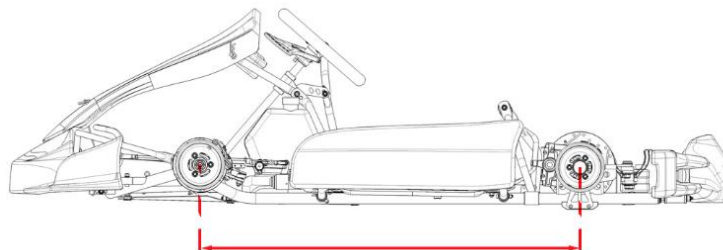


Figura 20: Batalla

- VÍA DELANTERA

Se trata de la anchura del tren delantero, tomada desde los extremos de las dos ruedas delanteras. Cuanto más ancha es la vía, mayor es el agarre y mejor responde el kart en

las curvas con un radio ancho; sin embargo, se pierde algo en la fase de entrada y en los cambios rápidos de dirección. Al contrario, disminuyendo la vía, se potenciará la respuesta en las curvas con un radio estrecho; pero hay que tener cuidado de no exagerar, terminando por hacer subvirajes que, en las curvas más rápidas (figura 21).

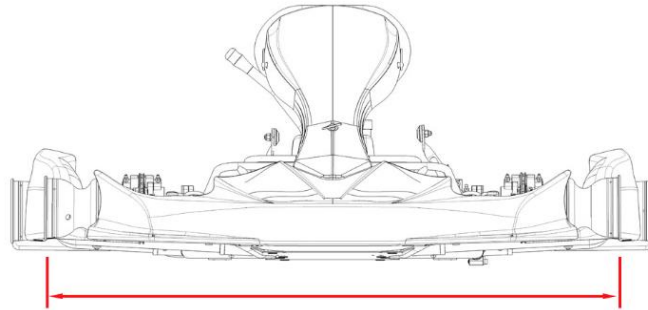


Figura 21: Vía delantera

- VÍA TRASERA

Es la anchura del tren posterior, tomada también a partir de los bordes externos de las llantas. Una vía trasera más ancha tiende a proporcionar una mayor estabilidad en la frenada, con el riesgo, sin embargo, de perder un poco de tracción en la salida de curva. Al contrario, una vía más estrecha asegura un mayor agarre en salida, aunque, considerando que el desplazamiento del peso es elevado, hay que tener cuidado de que, debido a ello, el kart no tienda a subvirar excesivamente (figura 22).

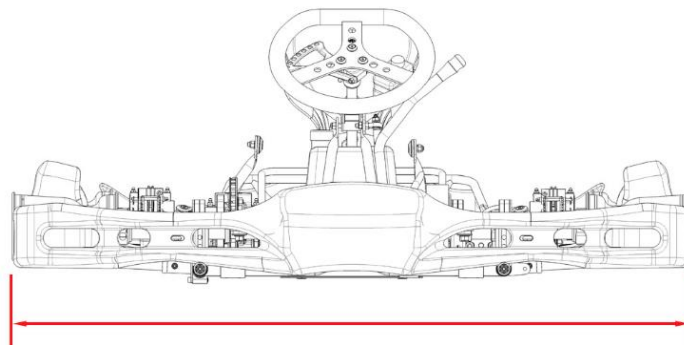


Figura 22: Vía trasera

3.3.3. Dimensiones del chasis

- Distancia entre ejes: 101 - 107 cm
- Vía: al menos $\frac{2}{3}$ de la distancia entre ejes
- Longitud total: 182 cm máximo, sin carenado
- Ancho total: 140 cm máximo
- Altura 65 cm máximo desde el suelo, sin asiento
- Áreas del rodamiento y del cubo de la rueda con un saliente de 2 cm cada lado
- Llantas 5 pulgadas

3.3.4. Masas

- Depósito combustible: 8 Litro mínimo

- 170 Kg mínimo, incluido conductor

3.3.5. Dibujos técnicos

Este punto nos será de gran ayuda a la hora de diseñar el chasis ya que podremos utilizar los dibujos técnicos del CIK como referencia.

- Croquis del bastidor y partes principales del chasis:

En la figura 2.5 se muestran las partes principales y el bastidor del chasis.

(1) Soporte del eje delantero; (2) Perno rey; (3) Nudillos de dirección; (4) Llantas; (5) Eje trasero; (6) Soportes del eje trasero; (7) Centros.

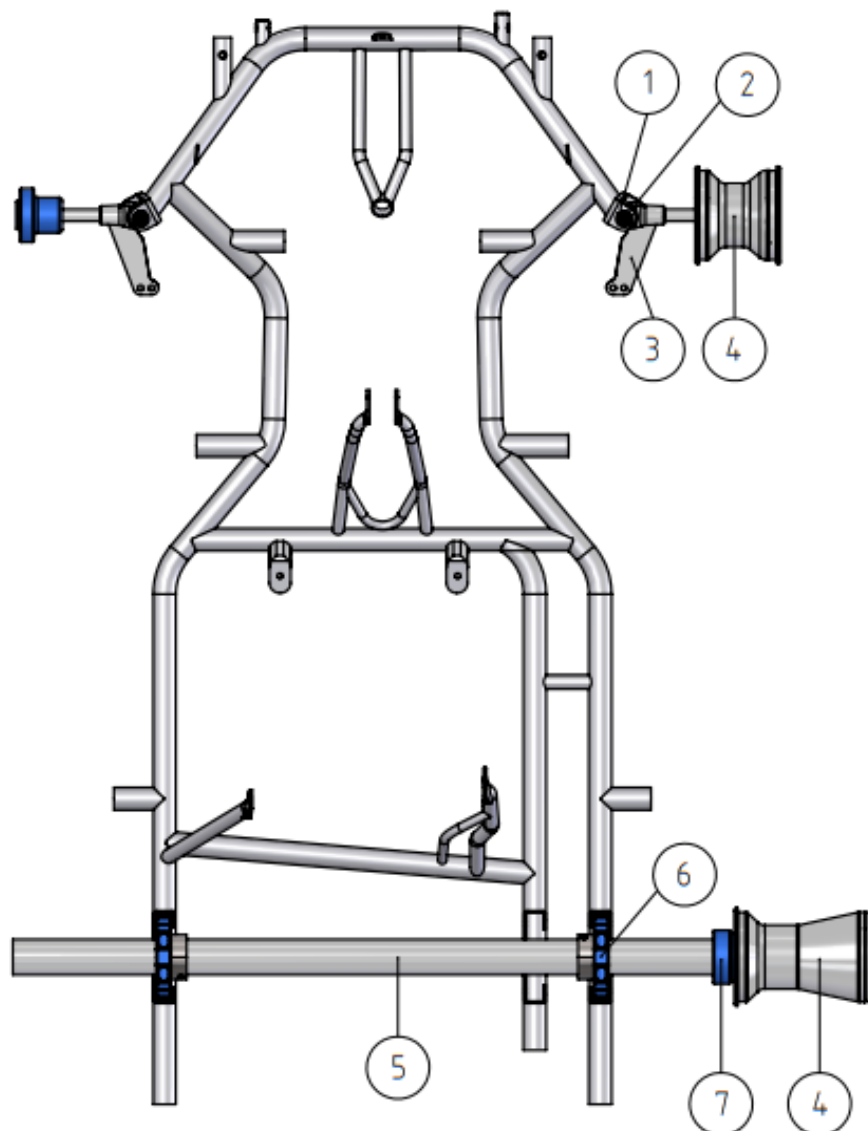


Figura 23: Dibujo técnico N0.1.0A - Bastidor del chasis y partes principales del chasis

- Croquis de los Parachoques (figura 24)

T1: Tubo inferior \varnothing 20 mm con una longitud recta 295 -315 mm

T2: Tubo inferior \varnothing 16 mm con una longitud recta 375 - 395 mm

T3: Tubo inferior \varnothing 20 mm con una longitud recta min 300 mm

T4: Tubo inferior \varnothing 20 mm con una longitud recta min 300 mm

M1: Accesorios inferiores horizontal y paralelo al eje A

M2: Accesorios horizontales perpendicular al eje A

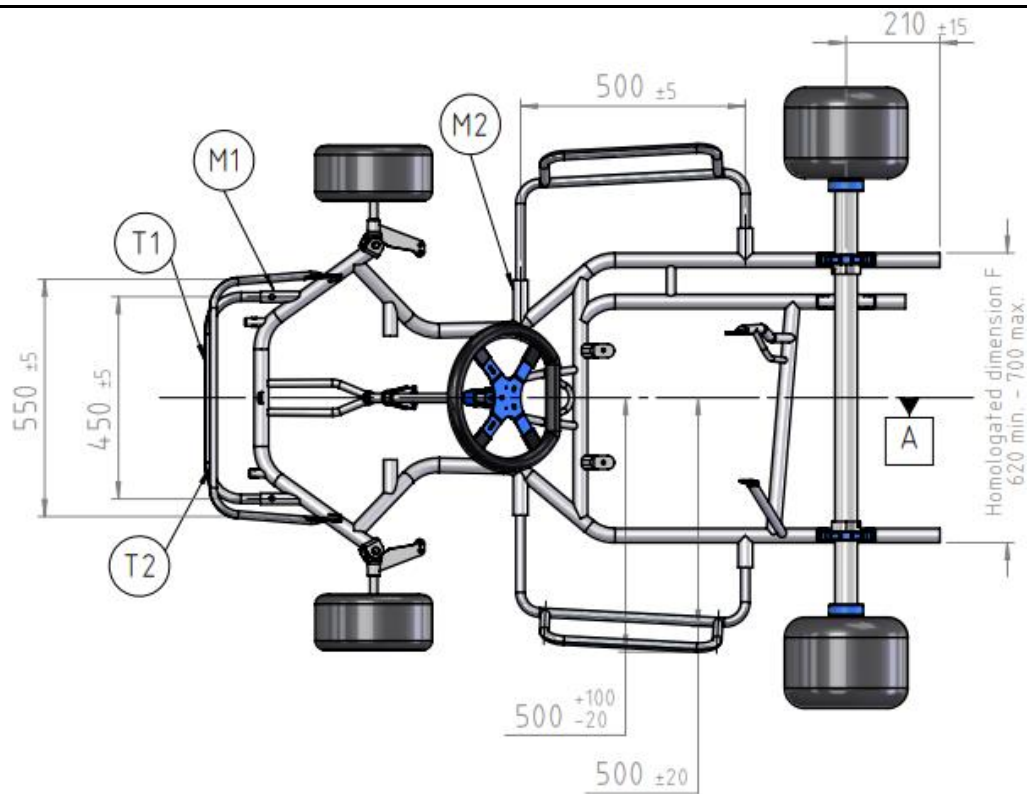
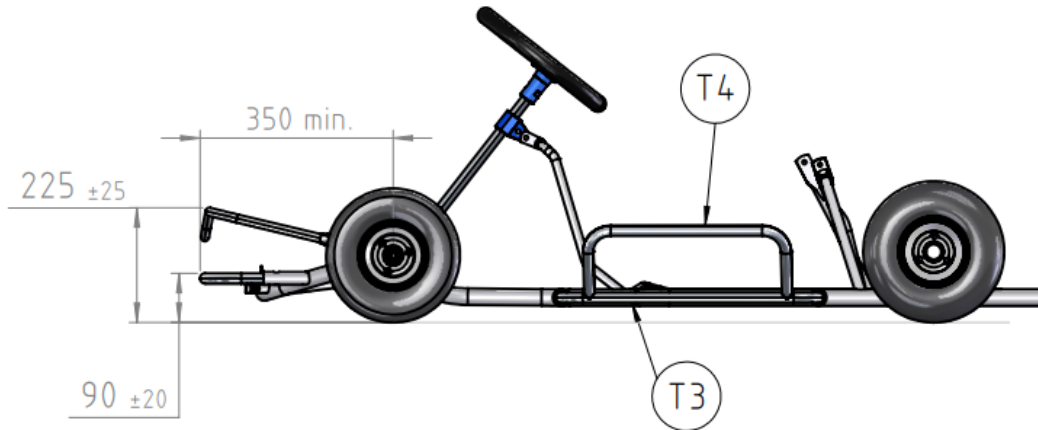


Figura 24: Dibujo técnico NO.2.0 - Parachoques para cortocircuitos - Grupo 1 y 2

- Croquis del conjunto de la carrocería

La carrocería no solamente es un componente estético (figura 25), sino que también desempeña un papel importante en términos de aerodinámica y seguridad. A continuación, se detalla en el croquis las dimensiones establecidas

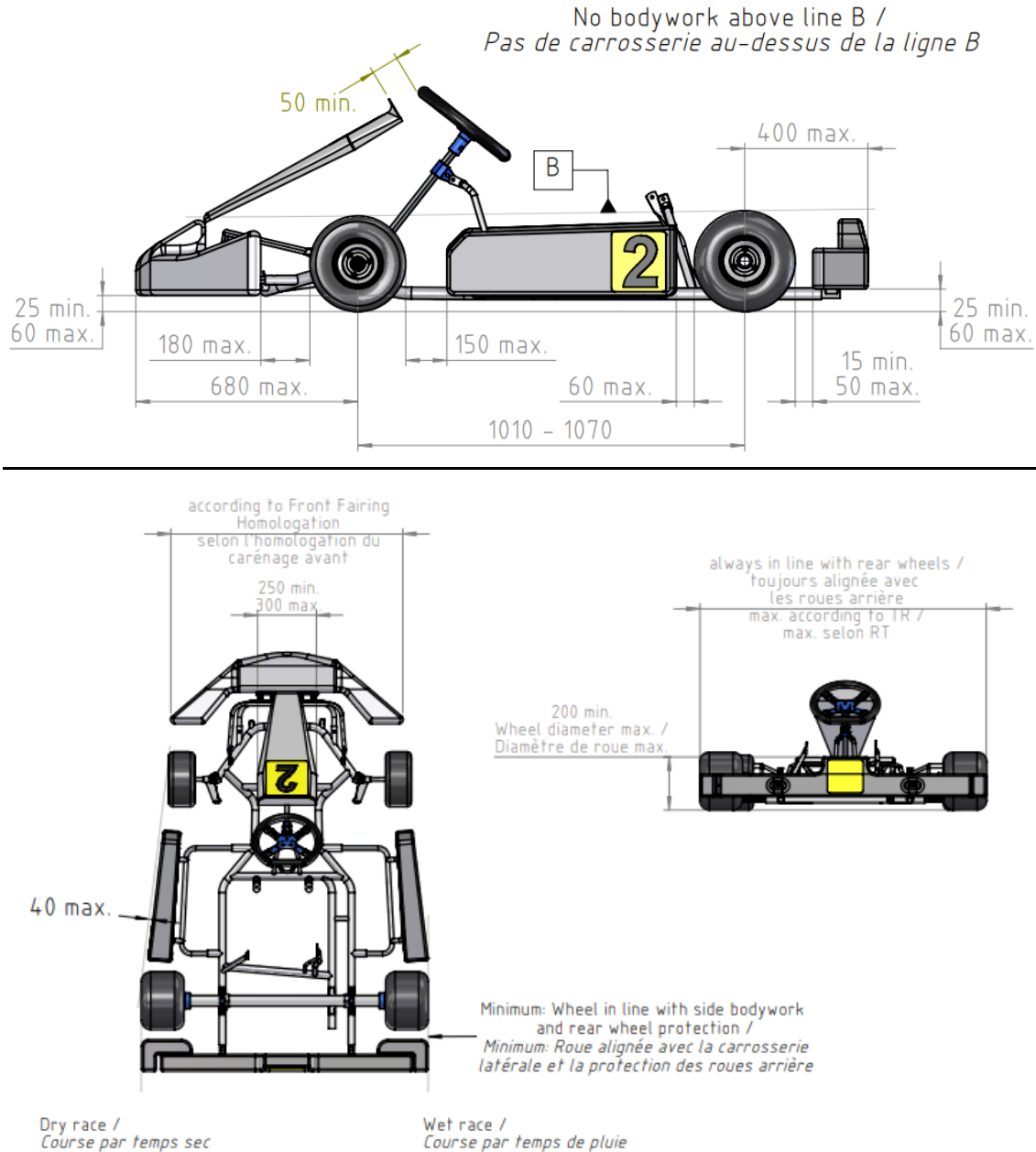


Figura 25: Dibujo técnico N.O.2.1 - Carrocerías para cortocircuitos - Grupos 1 y 2

3.4. Estudio de fuerzas

A la hora de diseñar el chasis, es crucial tener claro cuáles son las fuerzas que influyen en su comportamiento, dependiendo del tipo de esfuerzo al que esté sometido. Debe tenerse presente que el chasis es el componente del kart que experimenta de manera más directa las tensiones generadas por el vehículo. De ahí la importancia de que el chasis sea capaz de soportar exitosamente dichas tensiones sin romperse, ya que esto podría comprometer la integridad del piloto.

3.4.1. Fuerzas que intervienen en el chasis

El chasis debe ser diseñado para resistir diversas fuerzas que actúan sobre él durante

su operación. A continuación, se detallan las fuerzas más directas que debe ser capaz de soportar: (Aznar, 2018)

- Torsión (Figura 26):

Se refiere a la aplicación de fuerzas en sentido contrario en los extremos de la pieza. Este fenómeno es especialmente importante cuando el vehículo realiza giros o maniobras que generan fuerzas opuestas en diferentes partes del chasis.

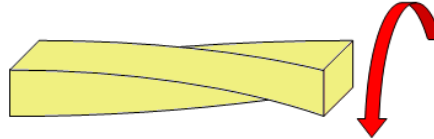


Figura 26: Torsión

- Compresión y tracción (Figura 27 y Figura 28):

La compresión implica la aplicación de fuerzas en sentido contrario a lo largo del mismo eje, como las experimentadas durante la frenada



Figura 27: Compresión

Por otro lado, la tracción implica la aplicación de fuerzas en sentido contrario en los extremos de la pieza, en el mismo eje. El chasis debe ser capaz de soportar esto durante la aceleración del Kart.

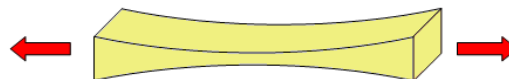


Figura 28: Tracción

- Fuerzas de flexión (figura.29):

Estas fuerzas se generan al aplicar una fuerza perpendicular a una pieza apoyada sobre dos puntos. Principalmente, se encuentran al distribuir el peso del vehículo.

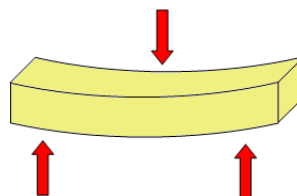


Figura 29: Fuerzas de flexión

- Fuerzas laterales:

Estas fuerzas afectan tanto al chasis como al piloto durante curvas de alta velocidad, conocidas como fuerzas G. El chasis debe ser diseñado para soportar estas fuerzas y garantizar la seguridad del piloto.

- Impactos y vibraciones:

En caso de impactos, el Kart debe ser capaz de absorber la energía para que el piloto pueda salir ileso.

Además, el chasis debe resistir diversos esfuerzos de fatiga, como vibraciones de superficies irregulares, baches, entre otros.

En resumen, el diseño del chasis debe abordar cada una de estas fuerzas para asegurar un rendimiento óptimo y la integridad del piloto en diversas condiciones de funcionamiento. Más adelante, se llevarán a cabo diversos ensayos diseñados para evaluar la capacidad de nuestro chasis para resistir los distintos tipos de esfuerzos mencionados.

3.4.2 Rigidez

[24] La rigidez es la capacidad que tiene el chasis de soportar diferentes esfuerzos sin llegar a torcerse o sufrir deformaciones permanentes. Dependiendo del tipo de esfuerzo al que se someta el chasis, podemos distinguir dos categorías de rigidez:

- (1) Rigidez a flexión
- (2) Rigidez a torsión

La rigidez se puede definir de manera genérica como (Ecuación 1):

$$K = \text{Rigidez (N/m)}$$
$$F = \text{Esfuerzo o carga que experimenta el chasis (N)}$$
$$d = \text{Desplazamiento o torsión (m)}$$

$$K = \frac{F}{d}$$

Ecuación 1

- (1) Rigidez a flexión:

Producto de la gravedad, las masas que soporta el chasis dan lugar a cargas en un plano perpendicular al plano de la estructura, por lo que él tubo se genera un momento flector que puede dar lugar a una flecha vertical en determinados puntos como se observa en la figura 30:

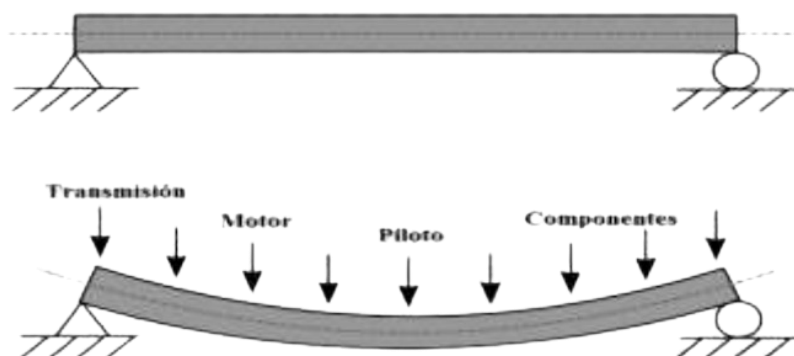


Figura 30: Rigidez a flexión

- (2) Rigidez a torsión:

La rigidez a la torsión se refiere a la resistencia de un objeto a torcerse bajo la aplicación de un momento. La fórmula básica para calcular la rigidez a la torsión (k) en un cilindro hueco es (Ecuación 2):

$$K_{torsión} = \frac{G \cdot J}{L}$$

Ecuación 2

donde:

$$\begin{aligned} K &= \text{Rigidez torsional (N} \cdot \text{m/}^\circ\text{)} \\ G &= \text{Módulo de corte del material} \\ J &= \text{Momento polar de inercia de la sección transversal} \\ L &= \text{Longitud del tramo afectado} \end{aligned}$$

4. DISEÑO

(Burke, 2007). Diseñaremos nuestro bastidor utilizando el programa CAD SolidWorks, que será nuestra herramienta principal en este proceso. Para iniciar el diseño, comenzaremos con bocetos a mano alzada y croquis simples para establecer claramente las dimensiones que deben cumplir con el reglamento técnico. Esto nos permitirá superar las pruebas de homologación sin inconvenientes significativos en el futuro.

4.1. Factores claves

Al abordar el diseño, es crucial considerar varios factores clave, entre los cuales destacamos los siguientes:

- **Medidas:** Es de vital importancia cumplir con las dimensiones estipuladas en el reglamento técnico, asegurando así el éxito en las verificaciones de homologación.
- **Materiales:** Seleccionar medidas de tubos con los espesores apropiados es esencial para garantizar que el chasis supere las verificaciones técnicas. Además, los tubos deben cumplir con las especificaciones del reglamento para asegurar la integridad estructural.
- **Mecanizado:** La realización del mecanizado es fundamental para que, una vez obtenido el diseño del bastidor, sea posible ensamblar componentes como parachoques, asientos, motor, entre otros, de manera eficiente.
- **Elementos auxiliares:** Considerar la disposición de los ejes y ruedas es crucial para asegurar su colocación en la disposición más adecuada posible, optimizando así el rendimiento y la estabilidad.
- **Ergonomía:** Tener en cuenta la disposición del piloto es esencial para garantizar la comodidad durante la conducción. Un diseño ergonómico no solo mejora la experiencia del piloto, sino que también puede tener un impacto positivo en el rendimiento y la seguridad.

4.2. Primeros bocetos

Para comenzar con nuestro diseño hemos comenzado con la realización de un boceto a mano alzada y un croquis muy simple de las primeras medidas especificadas en nuestro bastidor, asegurándonos cumplir las medidas impuestas por el reglamento del CIK.

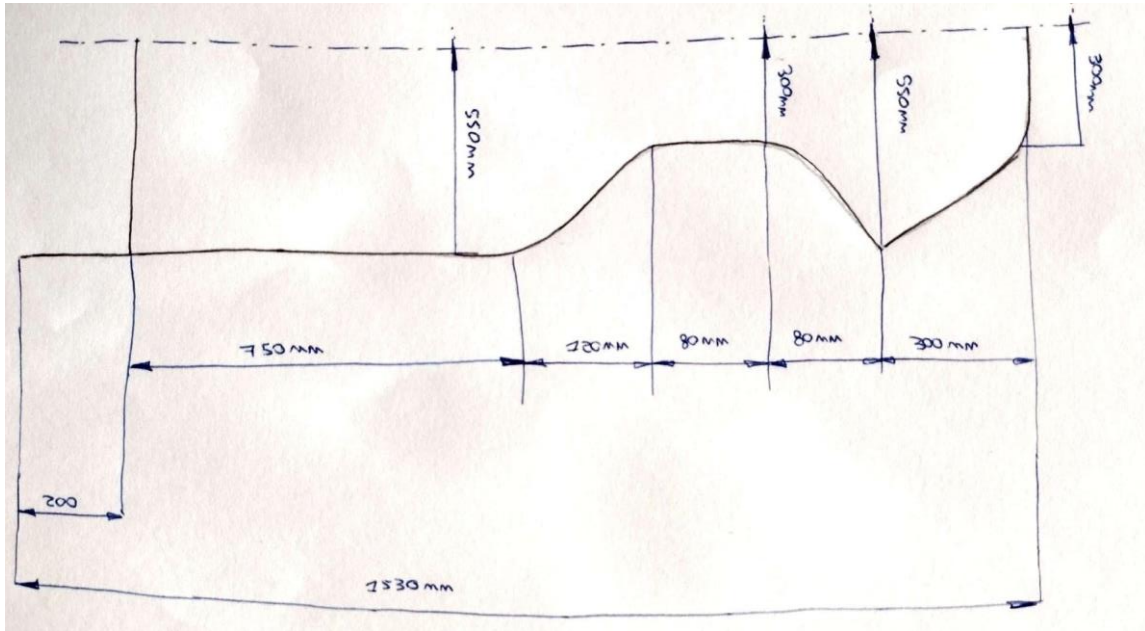


Figura 31: Croquis inicial a mano alzada

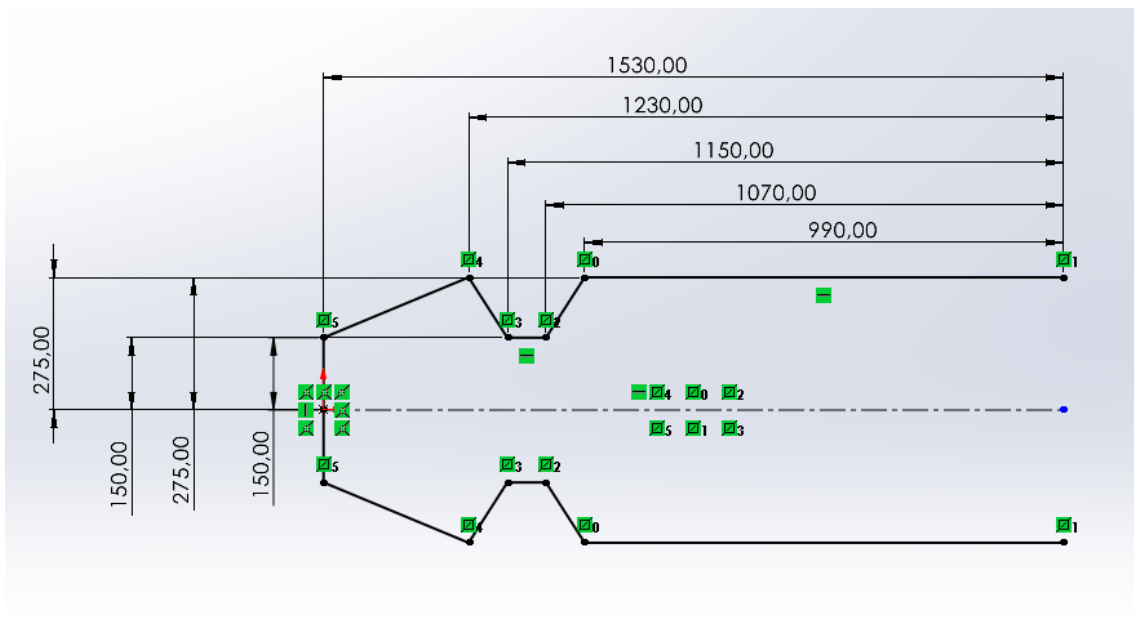


Figura 32: Croquis inicial del bastidor

Adicionalmente, se llevará a cabo un primer barrido para evaluar la configuración inicial de nuestro chasis. Esta fase nos brindará la información necesaria para identificar áreas que requieran mejoras y dedicar esfuerzos adicionales con el fin de alcanzar las dimensiones y la forma definitiva que buscamos.

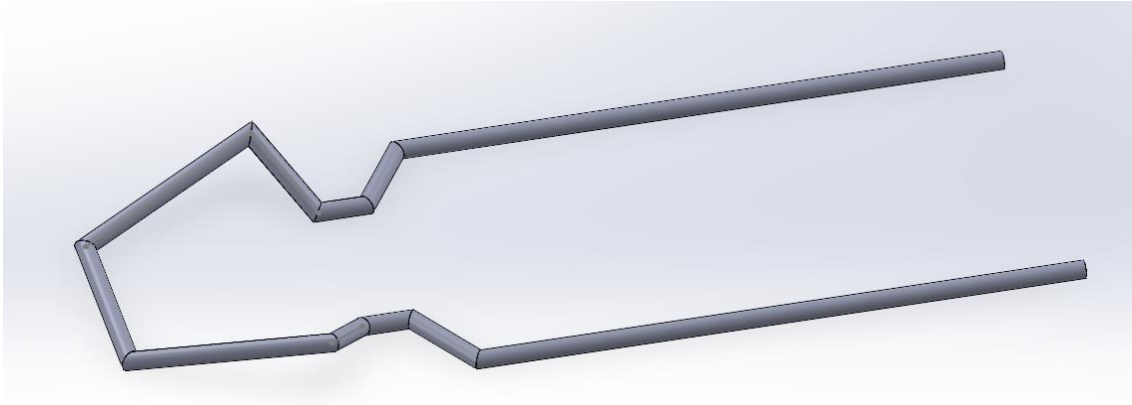


Figura 33: Primer barrido inicial

4.3. Modelado de la estructura base del chasis

Para el modelado de nuestro bastidor, tomaremos como base el croquis inicial y trabajaremos en él. Realizaremos ajustes en algunas medidas para mejorar la distribución, siempre cumpliendo con la normativa vigente del CIK.

Utilizaremos la función de barrido de SolidWorks para dar forma a nuestro diseño. A continuación, se presenta la evolución del modelado en diversas vistas hasta alcanzar la estructura preliminar del proyecto. Las dimensiones utilizadas para los tubos de acero que se utilizarán en el barrido será de 30 x 2,0 mm.

- VISTA DEL PLANTA Y PERFIL:

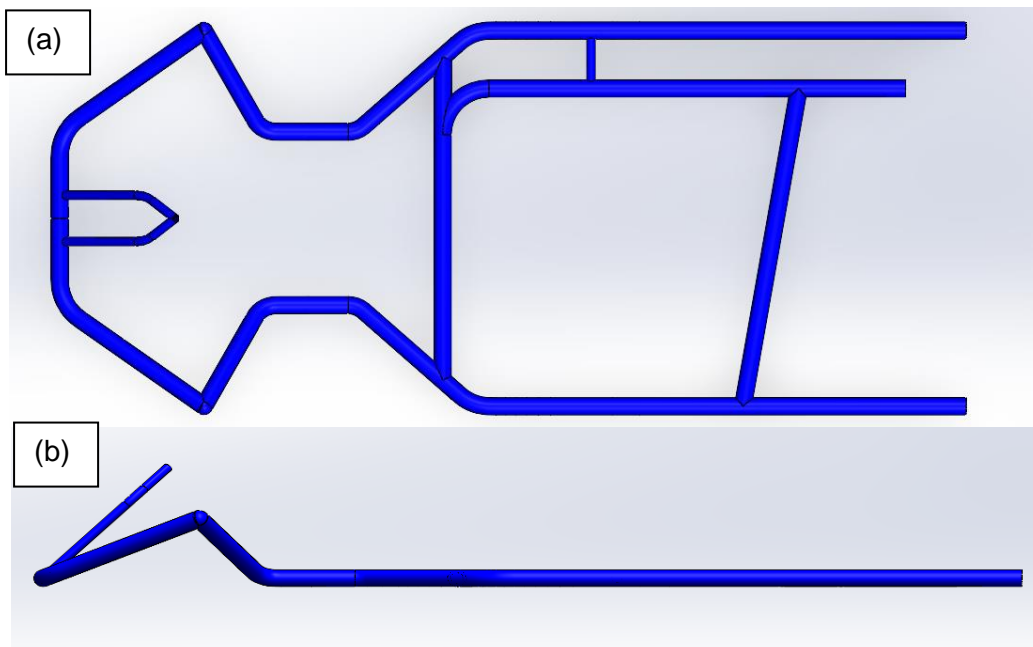


Figura 34: (a) Bastidor Planta; (b) Bastidor perfil

- VISTA GENERAL

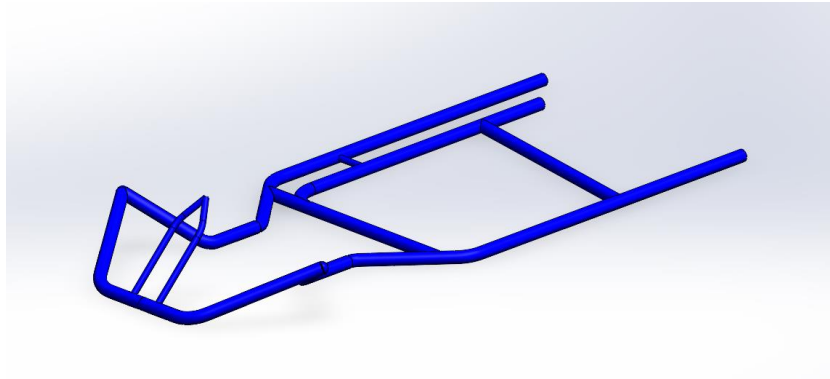


Figura 35: Bastidor vista general

4.4. Modelado elementos auxiliares

Una vez que hemos diseñado la base de nuestro bastidor, podemos iniciar la incorporación de diversos elementos auxiliares necesarios para llevar a cabo la mecanización y el ensamblaje de las piezas de nuestro kart.

Estos componentes esenciales incluirán el mecanizado del soporte para manguetas de las ruedas delanteras, soportes para el eje trasero, un soporte destinado a la columna de dirección, así como diversos anclajes para el parachoques, anclajes para el carenado, el asiento, el motor, entre otros. Es fundamental que cada uno de estos elementos sea cuidadosamente integrado en el bastidor con precisión y atención a los detalles, para garantizar un rendimiento óptimo y seguro durante el uso del kart. A continuación, se exponen algunos de los elementos auxiliares nombrados anteriormente (Figuras 36, 37, 38 y 39).

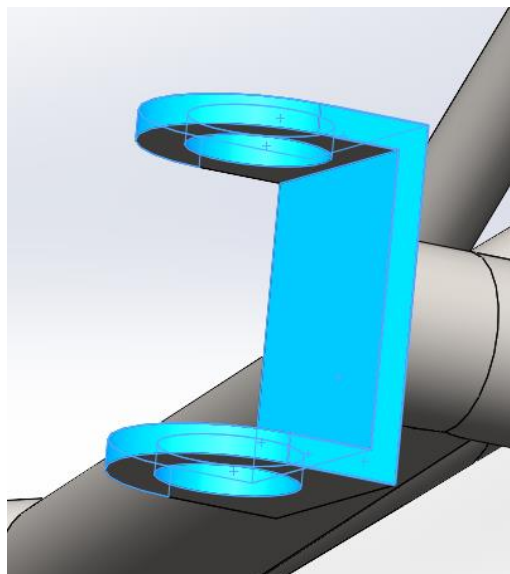


Figura 36: Soporte mangueta

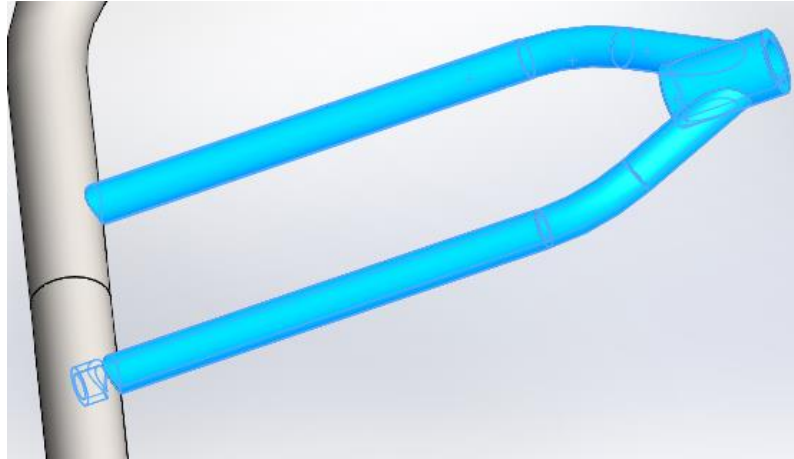


Figura 37: Soporte columna dirección

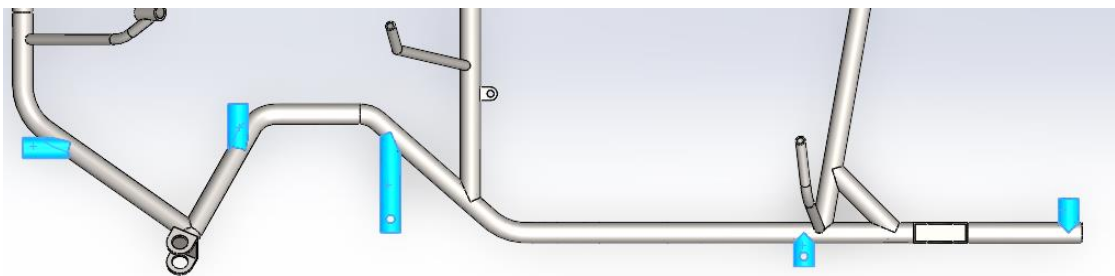


Figura 38: Anclajes parachoques

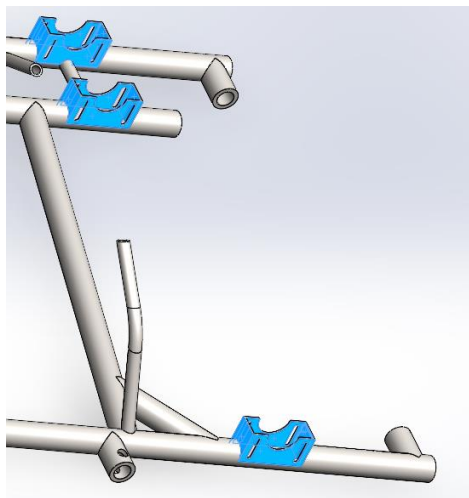


Figura 39: Soporte eje trasero

A continuación, presentamos el bastidor definitivo en diversas perspectivas (Figuras 40, 41, 42), ya integrados los elementos auxiliares. Este modelo representará la versión final que se emplea para llevar a cabo las pruebas de elementos finitos en el siguiente apartado.

- VISTA DEL PERFIL:

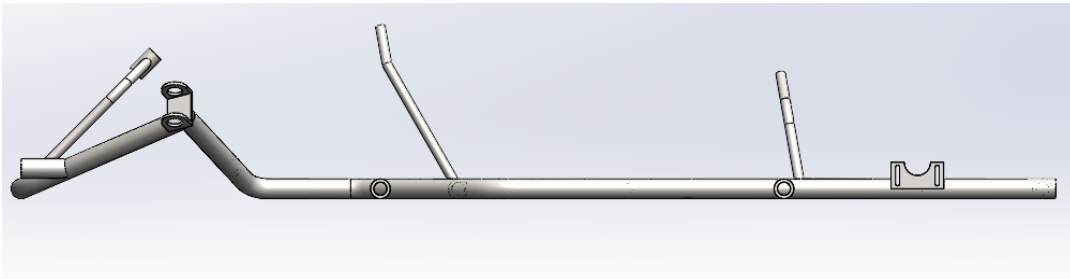


Figura 40: Vista final del perfil

- VISTA DE LA PLANTA

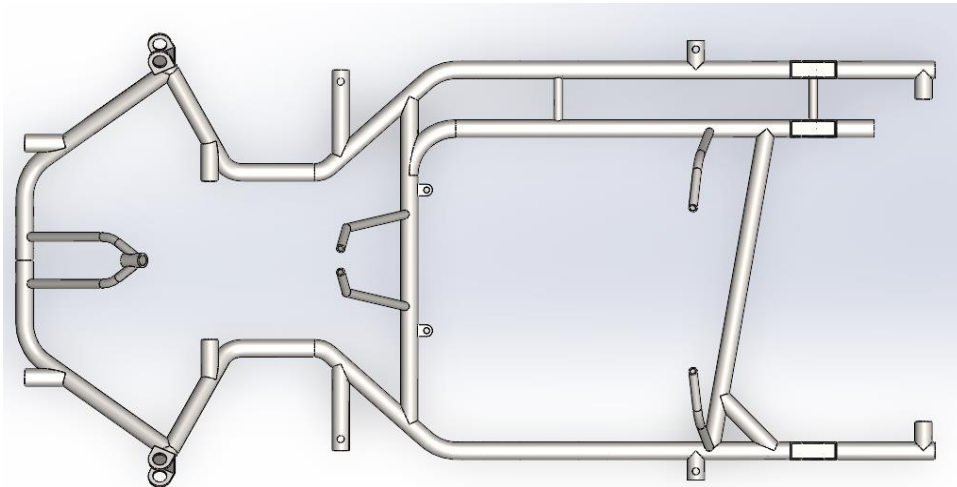


Figura 41: Vista final de la planta

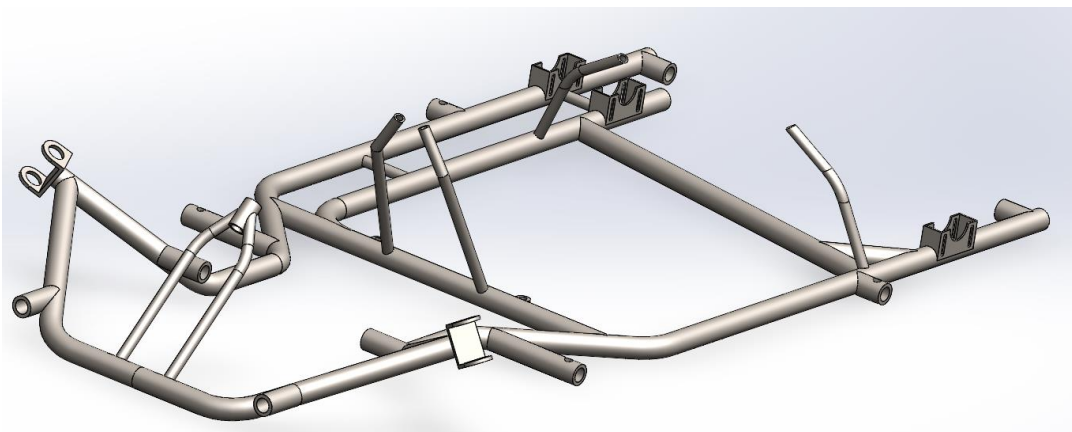


Figura 42: Vista final

4.5. Plano final

Una vez completado el proceso de modelado definitivo de nuestro bastidor, se elaborará un plano que destaque las dimensiones identificadas como cruciales para el proyecto. Además, se incorporarán detalles sobre el tipo de material empleado, acabado

Diseño, estudio y homologaciones de un chasis de karting de competición Oscar Domínguez Garrido

superficial, tolerancias, entre otros aspectos relevantes.

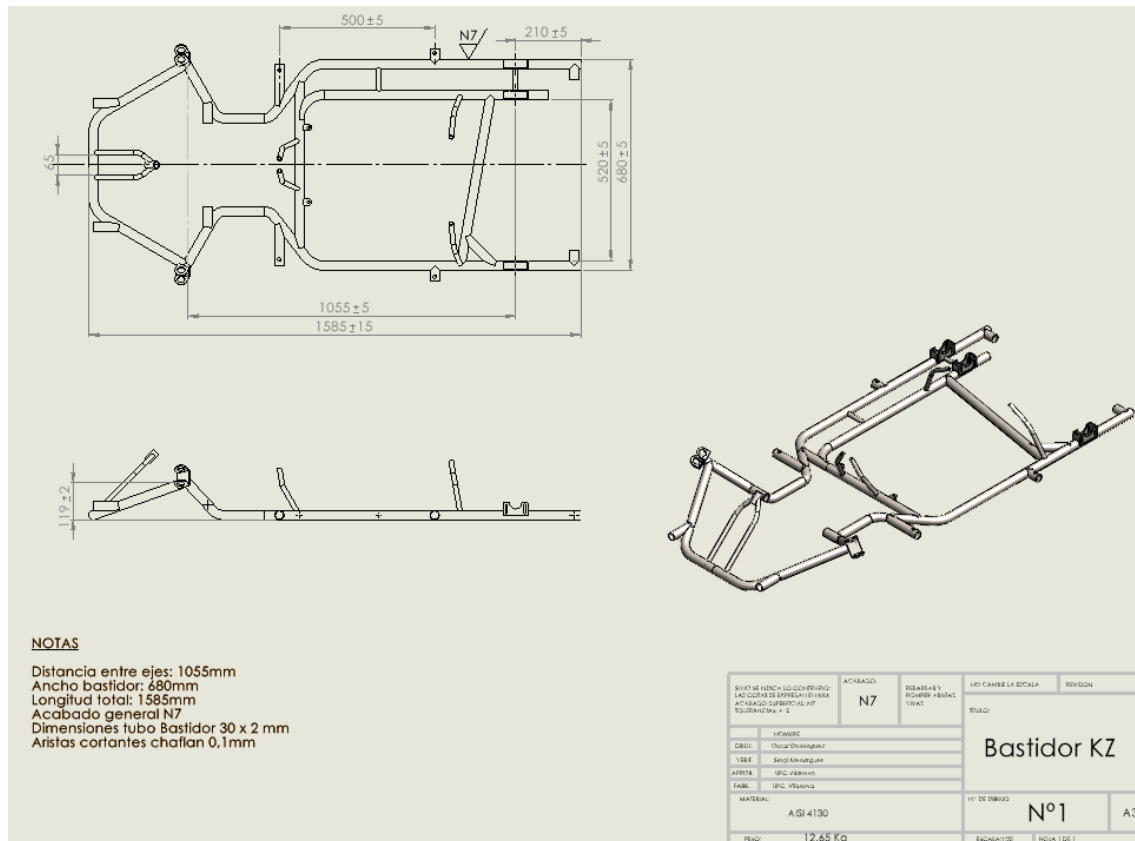


Figura 43: Plano final del bastidor

En los anexos, se podrá encontrar y examinar con mayor detalle el plano definitivo del bastidor. Además, podremos ver en el Anexo de propiedades de nuestro Bastidor la masa total del mismo o el centro de gravedad.

4.6. Desafíos y soluciones

Para concluir, elaboramos una breve conclusión enumerando los diversos desafíos que hemos enfrentado durante el proceso de diseño del bastidor, así como las múltiples soluciones que hemos ideado para superarlos.

Desafíos

- La elevación del bastidor para el montaje y caída del neumático.
- Las uniones de los tubos.
- Diseño de soportes para el eje trasero.
- Cumplimentación del reglamento del técnico CIK.

Soluciones

- Elaboración de planos específicos para la construcción de elementos auxiliares, facilitando la ejecución.
- Aplicación de la herramienta de simetría para optimizar y acelerar el proceso.
- Utilización de los planos técnicos facilitados por el CIK como base para asegurar la conformidad con el reglamento técnico, proporcionando una guía detallada para la cumplimentación adecuada

5. ESTUDIO ELEMENTOS FINITOS

El análisis de elementos finitos (FEA) consiste en el modelado de productos y sistemas en un entorno virtual, con el objetivo de encontrar y resolver posibles problemas estructurales o de rendimiento. El FEA es la aplicación práctica del método de elementos finitos (FEM), que utilizan los ingenieros y científicos para modelar matemáticamente y resolver numéricamente complejos problemas estructurales, de fluidos y multifísica. El software de FEA se puede utilizar en una amplia gama de sectores, pero habitualmente se emplea en el sector de la aeronáutica, la biomecánica y la automoción. (SIEMENS FEA).

Un modelo de elementos finitos (FE) consta de un sistema de puntos, denominados "nodos", que dibujan la forma del diseño. Conectados a estos nodos se encuentran los propios elementos finitos, que conforman la malla de elementos finitos y que contienen las propiedades estructurales y de material del modelo que definen cómo responderá este ante determinadas condiciones. La densidad de la malla de elementos finitos puede variar a lo largo del material, en función del cambio anticipado en los niveles de tensión de un área determinada. Entre los puntos de interés se encuentran los puntos de fractura de un material probado previamente, las curvas, las esquinas, los detalles complejos y las áreas de tensión elevada.

Conduciremos nuestro análisis de elementos finitos utilizando SolidWorks. Para iniciar el proceso, es necesario especificar la intención de llevar a cabo un nuevo estudio, lo cual desencadenará la presentación de una serie de pasos a seguir que deberemos completar, como se observa en la figura 44.

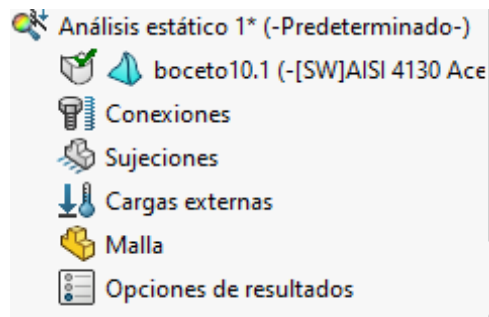


Figura 44: Inicio nuevo estudio

5.1. Selección material

Para poder hacer una adecuada selección del material es importante delimitar que materiales se puede utilizar en este caso la CIK- FIA dispone materiales para la fabricación del chasis a aquellos que cumplan con las normativas ISO 4948 y 4949. No se pueden usar aceros aleados cuyo contenido de masa, de al menos un elemento de aleación sea $\geq 5\%$. En base a esta información se ha seleccionado el material SAE 4130 para realizar nuestro estudio.

5.1.1. AISI 4130

El acero aleado AISI 4130, clasificado como un acero de baja aleación de carbono medio según el estándar ASTM A29, ha sido seleccionado debido a sus destacadas propiedades de soldabilidad y resistencia. Con el tratamiento térmico apropiado, este acero también presenta una mecanización sencilla y, mediante el proceso de recocido, ofrece una excelente ductilidad. Por lo general, el AISI 4130 se suministra en forma de barra redonda y se encuentra comúnmente en estado endurecido y templado. (Endurotube 25CrMo4 30 x 2)

Al adquirir este tipo de acero, es frecuente encontrarlo con la designación "25CrMo4", la cual es equivalente al AISI 4130. Ambos términos se utilizan de manera intercambiable para hacer referencia al mismo tipo de acero de aleación. La designación "25CrMo4" se deriva de la composición química del acero, indicando aproximadamente un 25% de cromo y un 1% de molibdeno. Por otro lado, "AISI 4130" representa la designación del sistema del American Iron and Steel Institute (AISI) para este tipo específico de acero de aleación. (TENNANT) ; (Aleación 4130)

Estas aleaciones son reconocidas por su combinación de resistencia mecánica y tenacidad, siendo utilizadas comúnmente en aplicaciones que demandan estas propiedades, como en la fabricación de componentes para la industria aeroespacial, automotriz y de la construcción, entre otras. La equivalencia entre "25CrMo4" y "AISI 4130" subraya que ambos términos pueden emplearse de manera intercambiable para referirse al mismo material.

5.1.2. Selección material en CAD

A la hora de seleccionar el material en SolidWorks lo encontramos designado como ver Figura 45.

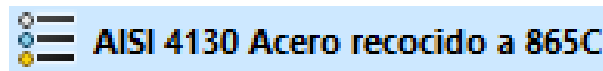


Figura 45: Designación del material

Las propiedades del material se pueden observar en la siguiente Tabla 4.

Tabla 4: Propiedades material AISI 4130

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	205000	N/mm ²
Coefficiente de Poisson	0.285	N/D
Módulo cortante	80000	N/mm ²
Densidad de masa	7850	kg/m ³
Límite de tracción	560	N/mm ²
Límite de compresión		N/mm ²
Límite elástico	460	N/mm ²
Coefficiente de expansión térmica		/K
Conductividad térmica	42.7	W/(m·K)
Calor específico	477	J/(kg·K)
Cociente de amortiguamiento del material		N/D

Respecto al aspecto del acabado, se ha optado por utilizar acero pulido, tal como se ilustra en la figura 46.



Figura 46: Acabado superficial

Además, el acero 4130 (E4130) presenta una destacada relación resistencia-peso y posee una mayor resistencia y rigidez en comparación con otros grados estándar de acero. Los aceros al cromo molibdeno resultan especialmente beneficiosos, ya que conservan sus propiedades generales al tiempo que permiten alcanzar una notable dureza. En las propiedades del Bastidor observamos que tiene una masa de 12,65 Kg.

5.2. Estudio mallado

El mallado es un paso crucial en el análisis del diseño. Implica dividir la geometría de un objeto o componente en una malla tridimensional de elementos finitos, como tetraedros o hexaedros, dependiendo de la complejidad de la geometría y de los requisitos del análisis. Cada elemento finito representa una porción pequeña y manejable de la estructura total. El mallado es crucial para obtener resultados precisos en el análisis por elementos finitos, ya que permite aproximaciones detalladas de las condiciones y comportamientos físicos en distintas regiones del modelo.

En nuestro caso realizaremos un mallado automático. El mallado automático en el software genera una malla basándose en un tamaño de elemento global, una tolerancia y especificaciones locales de control de malla. El control de malla le permite especificar diferentes tamaños de elementos de componentes, caras, aristas y vértices. A continuación, se observa el mallado del bastidor en la Figura 47 después de ejecutar el mallado automático.

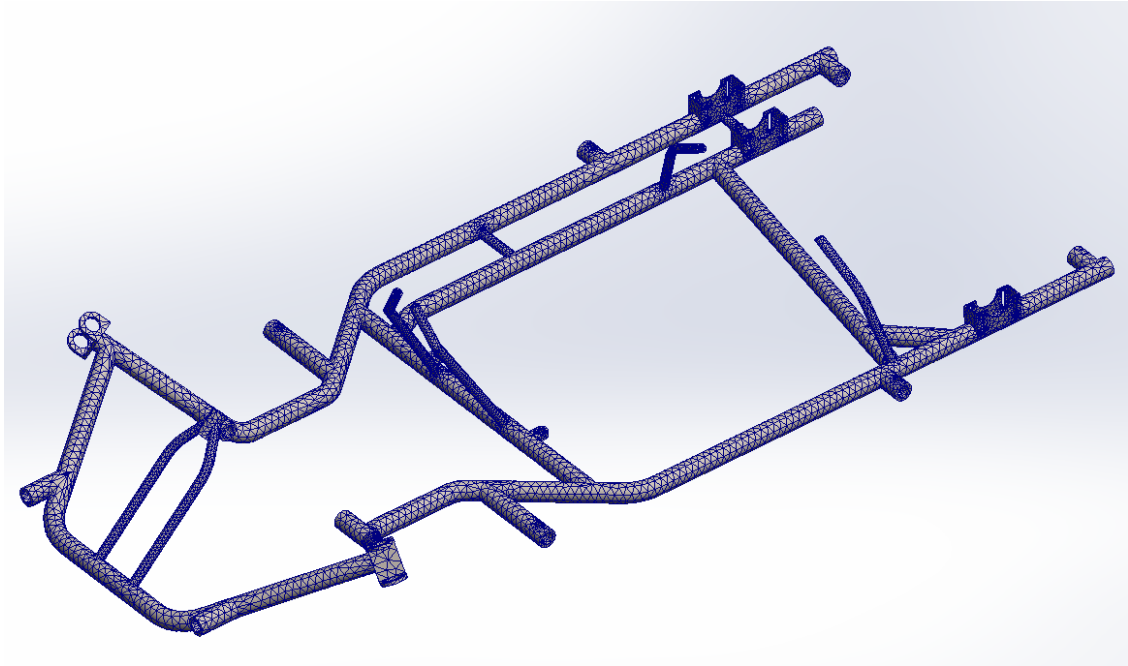


Figura 47: Mallado del bastidor

El software estima un tamaño de elemento global para el modelo tomando en cuenta su volumen, área de superficie y otros detalles geométricos. El tamaño de la malla generada (número de nodos y elementos) depende de la geometría y las cotas del modelo, el tamaño del elemento, la tolerancia de la malla, el control de malla y las especificaciones de contacto.

5.3. Estudio tensiones / deformaciones

Para llevar a cabo el análisis de tensiones y deformaciones, es fundamental considerar los puntos de anclaje del bastidor, así como aquellos lugares donde el bastidor estará sometido a fuerzas significativas. En nuestra investigación, hemos tomado la decisión de abordar el estudio desde tres perspectivas específicas:

1. Análisis en aceleración
2. Análisis en deceleración
3. Choque frontal

Nuestro estudio se centrará en analizar las tensiones de Von Mises y las deformaciones sufridas. El criterio de von Mises es un enfoque de evaluación de resistencia estática para materiales dúctiles. Indica que el material no fluirá en un punto específico si la energía de distorsión por unidad de volumen en ese punto no supera la energía de distorsión por unidad de volumen registrada durante la fluencia en un ensayo de tracción.

5.3.1. Análisis en aceleración del vehículo

En esta primera casuística, nos centraremos en evaluar las tensiones y deformaciones que experimenta el bastidor durante el proceso de aceleración. Esto implica entender cómo responde la estructura ante las fuerzas generadas durante la aceleración, identificando los puntos críticos que podrían verse afectados. Las fuerzas que actúan en este tipo de estado de carga del vehículo se aplican en el

centro de gravedad y se fija los anclajes posteriores y delanteros como indica la Figura 48.

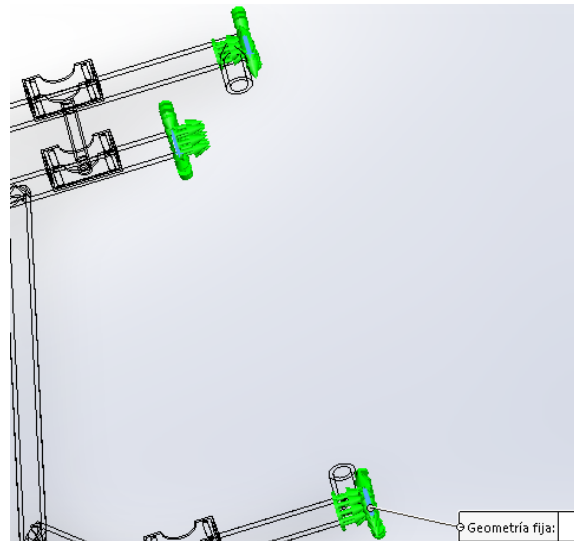


Figura 48: Sujeción Bastidor

Calculo fuerzas sufridas en aceleración:

Se trata de un cálculo aproximado tomando como base de datos los siguientes valores:

$$m = 140 \text{ Kg}$$

$$\Delta v = 100 \text{ km/h} = 27 \text{ m/s}$$

$$\Delta t = 3 \text{ s}$$

$$\% \text{ Fuerza absorbida por el tren delantero} = 30\%$$

$$\% \text{ Fuerza absorbida por el tren trasero} = 70\%$$

$$F = m \cdot a$$
$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{27 \text{ m/s}}{3 \text{ s}} \approx 9 \text{ m/s}^2$$
$$m \approx 140 \text{ kg}$$
$$F = 140 \text{ Kg} \cdot 9 \text{ m/s}^2 = 1260 \text{ N}$$

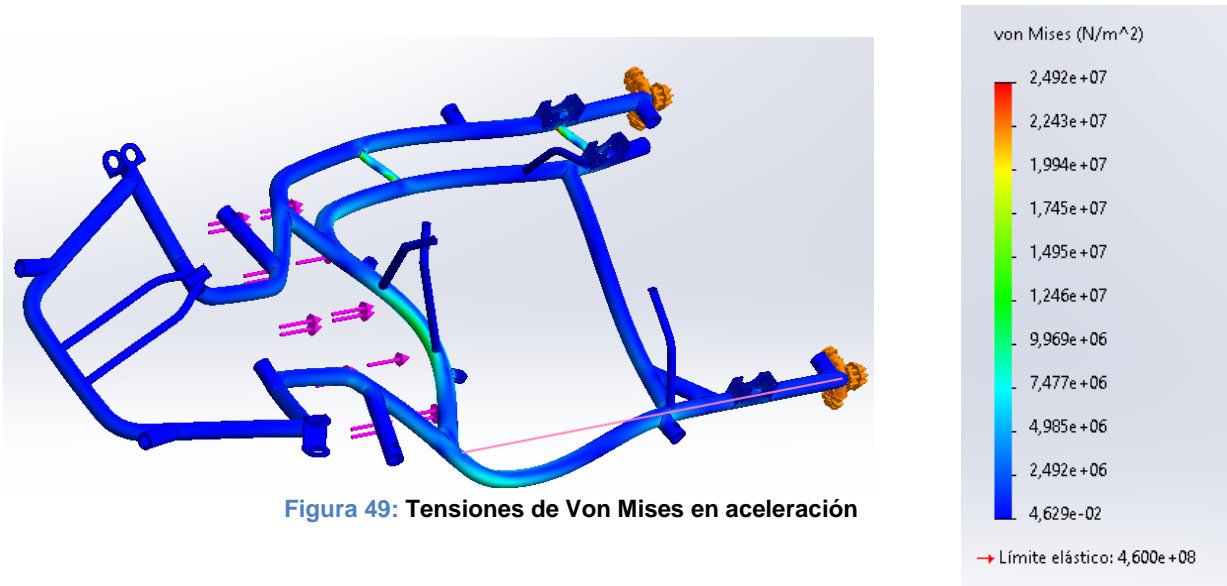
Ecuación 3

$$F \text{ delantera} \approx 378 \text{ N}$$

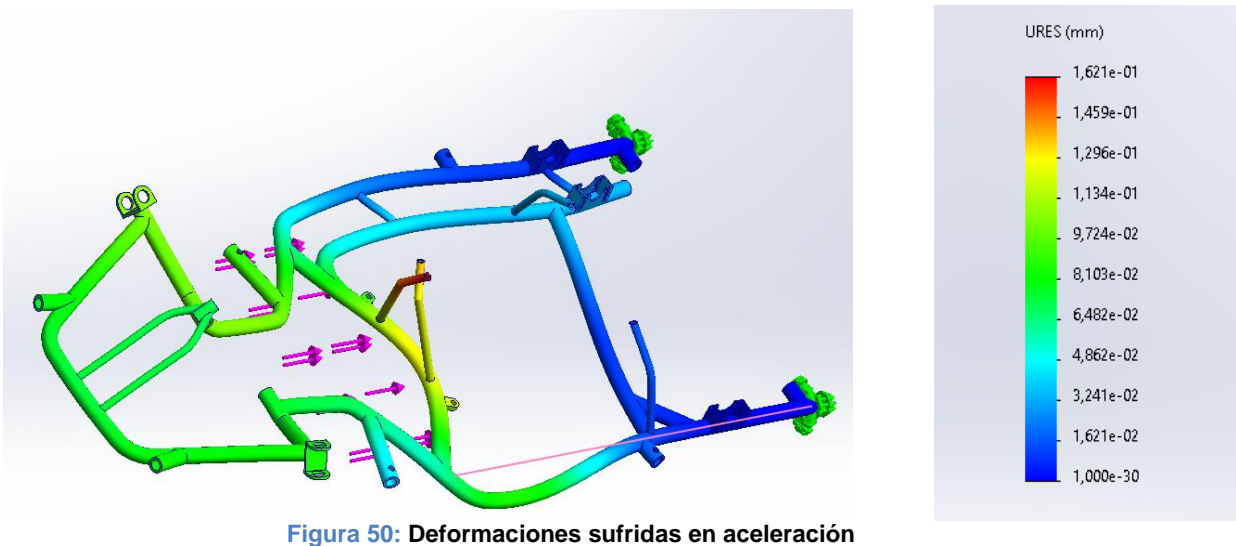
$$F \text{ trasera} \approx 882 \text{ N}$$

Resultados aceleración

A continuación, se presentan los resultados derivados de la ejecución del estudio. En la Figura 49, se exhiben los resultados de las tensiones de Von Mises. Se puede apreciar que en ningún punto se sobrepasa el límite elástico del material. El estudio se realizará implementando una fuerza de unos 900 N dirección hacia el eje trasero, tomando como base los cálculos realizados anteriormente.



En la Figura 50, se exhiben los resultados de las deformaciones sufridas



La Figura 50 presenta la deformación ocasionada por la aceleración, evidenciando un valor máximo de 0,16 mm experimentado por la estructura. Además, se registra un esfuerzo máximo de 25 MPa, como se ilustra en la Figura 4.5. Estos resultados demuestran que las cargas generadas en la estructura exhiben un comportamiento aceptable según el diseño implementado.

5.3.2. Análisis en deceleración del vehículo

El segundo escenario de estudio se enfocará en analizar las tensiones y deformaciones cuando el bastidor experimenta deceleración. Aquí, nos interesa comprender cómo se distribuyen y absorben las fuerzas en el bastidor durante el proceso de frenado, identificando cualquier zona que pueda verse sometida a tensiones inesperadas. Los anclajes se utilizarán los mismos que en el ensayo anterior.

Cálculos fuerzas sufridas en frenada

Se trata de un cálculo aproximado tomando como base de datos los siguientes valores:
 $m = 140 \text{ Kg}$

Supongamos una aceleración = -6 m/s^2
% Fuerza absorbida por el tren delantero = 70%
% Fuerza absorbida por el tren trasero = 30%

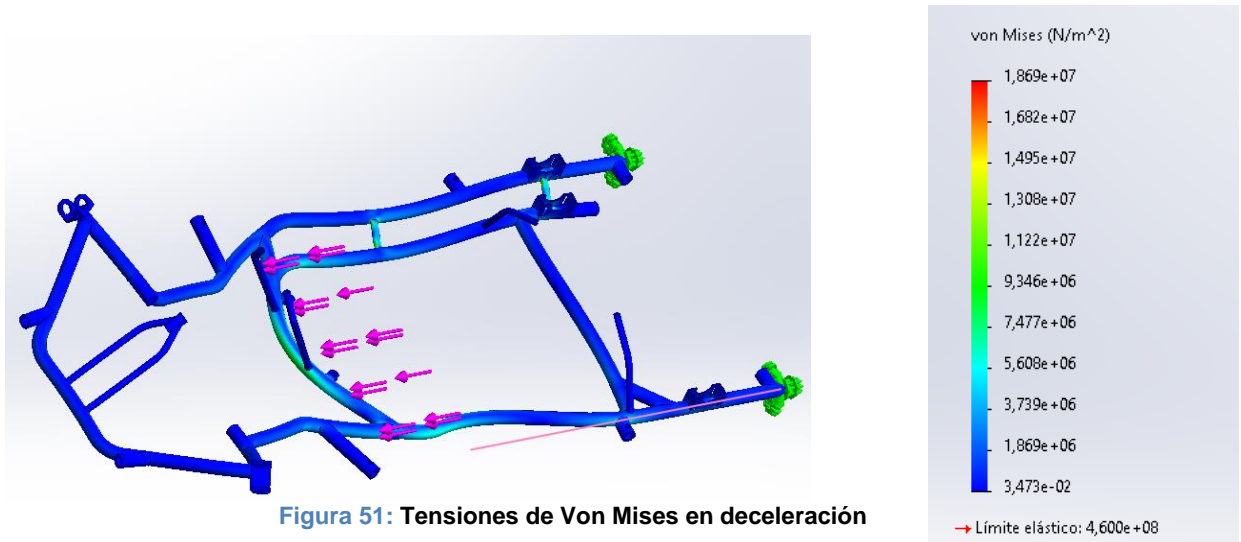
$$F = m \cdot a$$
$$F = 140 \text{ Kg} \cdot 6 \text{ m/s}^2 = 840 \text{ N}$$

Ecuación 4

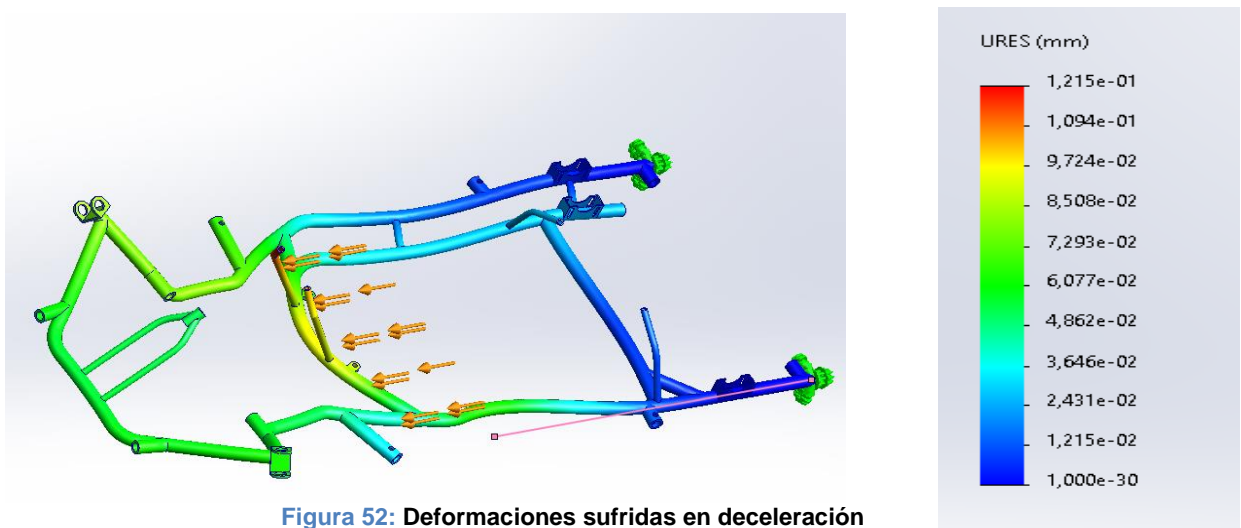
$$F \text{ delantera} \simeq 588 \text{ N}$$
$$F \text{ trasera} \simeq 252 \text{ N}$$

Resultados deceleración

A continuación, se presentan los resultados derivados de la ejecución del estudio. En la Figura 51, se exhiben los resultados de las tensiones de Von Mises. Se puede apreciar que en ningún punto se sobrepasa el límite elástico del material. El estudio se realizará implementando una fuerza de unos 600 N dirección hacia el eje delantero, tomando como base los cálculos realizados anteriormente.



En la Figura 52, se exhiben los resultados de las deformaciones sufridas



La Figura 52 presenta la deformación ocasionada por la aceleración, evidenciando un

valor máximo de 0,12 mm experimentado por la estructura. Además, se registra un esfuerzo máximo de 19 MPa, como se ilustra en la Figura 4.7. Estos resultados demuestran que las cargas generadas en la estructura exhiben un comportamiento aceptable según el diseño implementado

5.3.3. Análisis en choque frontal

La tercera casuística aborda un evento crítico: el choque frontal. Este análisis implica simular las fuerzas y tensiones generadas en el bastidor cuando se produce un impacto frontal. Es crucial evaluar la resistencia y capacidad de absorción de energía del bastidor en escenarios de colisión, identificando áreas de posible vulnerabilidad y proponiendo posibles mejoras en el diseño para optimizar la seguridad.

Cálculos fuerzas sufridas

Realizaremos un cálculo aproximado que sufriría nuestro chasis después de un impacto frontal.

$$F = m \cdot a$$

Utilizaremos los siguientes datos

$$m = 140 \text{ Kg}$$

$$\Delta t \text{ de impacto} \approx 1 \text{ s}$$

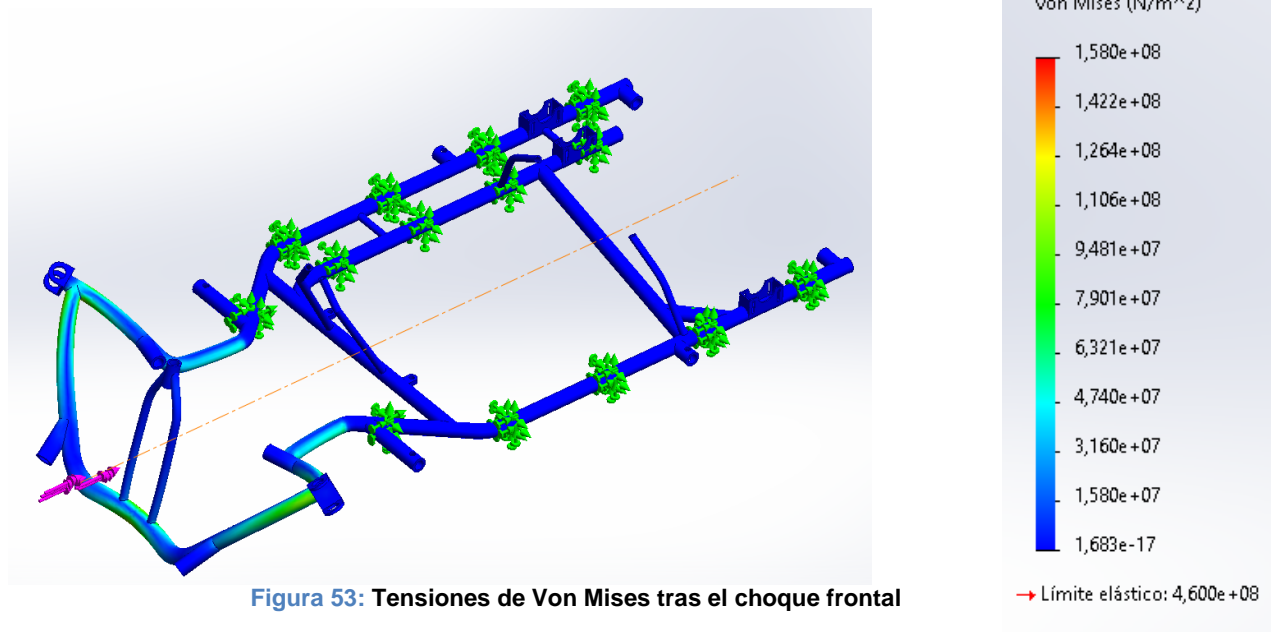
$$\Delta v = -75 \text{ km/h} \approx -20 \text{ m/s}$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{-20 \text{ m/s}}{1 \text{ s}} \approx -20 \text{ m/s}^2$$
$$F = 140 \text{ Kg} \cdot 20 \text{ m/s}^2 = 2800 \text{ N}$$

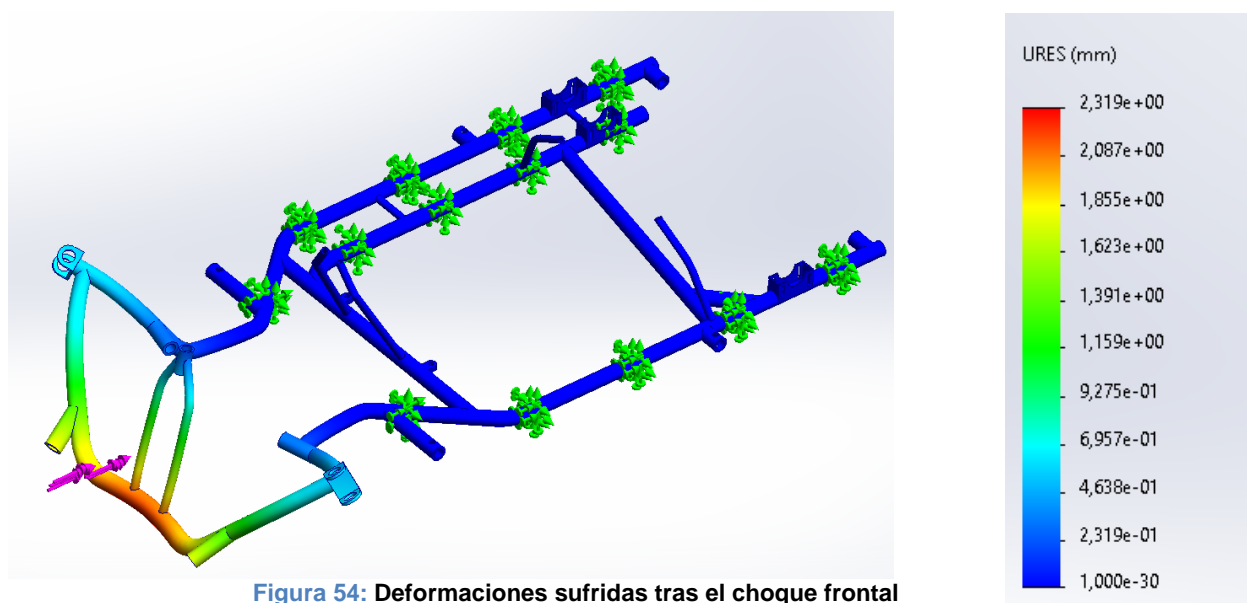
Ecuación 5

Resultados choque frontal

A continuación, se presentan los resultados derivados de la ejecución del estudio. En la Figura 53, se exhiben los resultados de las tensiones de Von Mises. Se observa que en ningún punto se sobrepasa el límite elástico del material, aunque en esta ocasión, la proximidad al límite es mayor que en los casos anteriores debido a la dureza del impacto. El estudio se llevó a cabo implementando una fuerza de aproximadamente 3000 N dirigida hacia el eje trasero en la parte frontal, utilizando como anclajes los laterales traseros del bastidor.



En la Figura 54, se exhiben los resultados de las deformaciones sufridas.



La Figura 54 presenta la deformación ocasionada por la aceleración, evidenciando un valor máximo de 2,3 mm experimentado por la estructura. Además, se registra un esfuerzo máximo de 158 MPa, como se ilustra en la Figura 453

5.4. Resultados

Para concluir, procederemos a comparar los resultados obtenidos. Al examinar la Tabla 5, se aprecia que el bastidor del kart resiste de manera óptima tanto los ensayos de aceleración como los de deceleración. Sin embargo, resulta evidente que los valores más elevados, tanto en Von Mises como en deformaciones, se encuentran lógicamente en el ensayo de choque frontal. Esto se debe a la intensidad y dureza del impacto. A pesar de ello, podemos afirmar que el bastidor demuestra una capacidad exitosa para resistir un choque de tales características, lo que respalda su robustez y eficacia en escenarios de impacto.

Tabla 5: Resultados ensayo

Ensayo	Resultados tras el estudio		Límite elástico material
	Von Mises /MPa	Deformaciones / mm	/MPa
Aceleración	25	0,16	460
Deceleración	19	0,12	460
Choque frontal	158	2,3	460

6. PROCESO DE FABRICACIÓN

Tras finalizar el diseño y el estudio de nuestro kart, estamos a un paso de que el proyecto se haga realidad. Para que este sueño tome forma en el mundo físico, debemos llevar a cabo un proceso de fabricación detallado y preciso. (Bernardi, 2018)

No resulta erróneo sostener que un chasis para kart se reduce simplemente a "algunos tubos soldados entre sí". No obstante, pocos reconocen, o siquiera imaginan, la extensa cantidad de estudio y pruebas requeridas para definir el diseño y las geometrías, elegir los materiales adecuados, y establecer el orden preciso de los procesos de fabricación necesarios para llevar a cabo este producto.

6.1. Esquema proceso de fabricación

En el siguiente esquema se detalla el proceso de fabricación desde sus primeras etapas hasta su culminación. Se trata de un esquema conciso que ofrece una visión panorámica, centrándose únicamente en las partes esenciales del proceso (Figura 55).

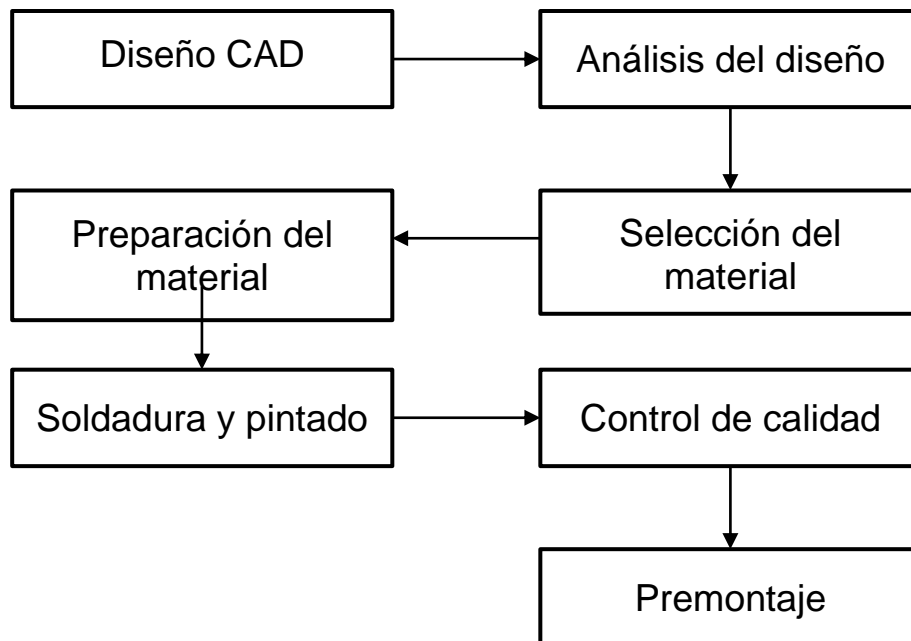


Figura 55: Proceso de fabricación

6.2. Pasos clave en el proceso de fabricación

En el siguiente apartado se proporcionará una explicación más detallada de cada uno de los pasos mencionados en el esquema anterior.

6.2. 1 PASO 1: Diseño CAD

El diseño asistido por ordenador (CAD) implica la utilización de programas informáticos para generar, modificar, analizar y documentar representaciones gráficas

bidimensionales o tridimensionales (2D o 3D) de objetos físicos.

Este enfoque CAD en el diseño de chasis de karts no solo facilita la generación eficiente de conceptos, sino que también permite realizar análisis virtuales para evaluar aspectos como resistencia, distribución de peso y aerodinámica. La capacidad de documentar cada detalle de manera digital optimiza el proceso de iteración y colaboración entre diseñadores, ingenieros y fabricantes (Figura 56).

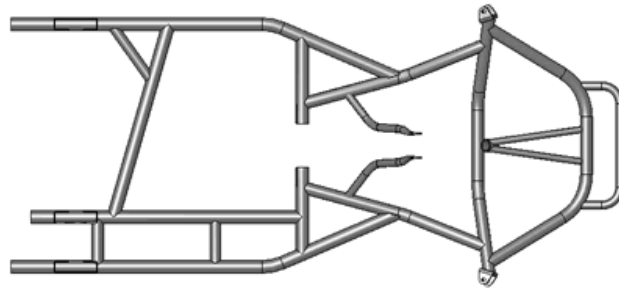


Figura 56: Diseño CAD chasis de un Kart

6.2.2 PASO 2: Análisis del diseño

El análisis de elementos finitos (Figura 57) implica la modelización de productos y sistemas en un entorno virtual con el propósito de identificar y abordar posibles problemas estructurales o de rendimiento. En este contexto, se examinan aspectos como los puntos de fractura de materiales sometidos a pruebas, las curvas, esquinas, detalles complejos y áreas de elevada tensión. Este enfoque permite una evaluación exhaustiva de la resistencia y comportamiento de los componentes, contribuyendo a la optimización del diseño al revelar vulnerabilidades potenciales y ofreciendo datos valiosos para la mejora continua del producto.

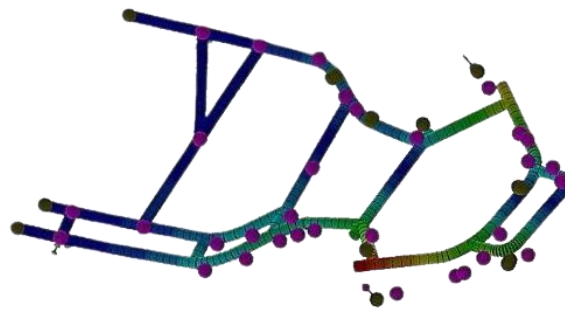


Figura 57: Estudio elementos finitos

6.2.3 PASO 3: Selección del material

Una de las etapas fundamentales del diseño de un producto es la selección de materiales para su fabricación. En esta fase, se deben considerar los requisitos que debe satisfacer el material, y seleccionarlo en base a sus propiedades, siendo consciente de sus limitaciones y teniendo en cuenta el entorno de operación. En nuestro caso particular, es esencial asegurarnos de que el material seleccionado cumple con los estándares establecidos por la normativa CIK, asegurando así la conformidad con los

requisitos reglamentarios y la calidad del producto final.

La elección del tubo que se ha de utilizar es quizás la fase más crucial de todas para que un chasis de carreras salga bien. Todos ellos, naturalmente, seleccionados de manera exhaustiva, siendo conscientes de que, cuando se da inicio a la producción de grandes cantidades de chasis, es fundamental poder contar con la materia prima apropiada para poder mantener un nivel estándar de calidad desde el primer ejemplar hasta el último. La Figura 58 muestra la sección del componente tubular.



Figura 58: Selección de material

6.2.4 PASO 4: Preparación del material

CORTE

Empezando con el análisis de la fase de producción en sí, la primera operación necesaria para la fabricación de un bastidor para karts de carreras es la del corte del tubo. La medida exacta con la que efectuar el corte es comunicada por la dobladora automatizada, la cual tiene también en cuenta el alargamiento del material, generado después en la fase de doblado y que cambia según el tipo de tubo utilizado. Además de asegurar una uniformidad perfecta entre los distintos lotes de producción, dicha precisión permite optimizar también la cantidad de material necesario.

DOBLADO

Esta fase puede llevarse a cabo de manera convencional con una máquina de doblar tubos manuales o, como es el enfoque actual en las grandes empresas de fabricación de chasis tubulares, mediante la implementación de una dobladora de tubos automatizada de alta precisión. Esta avanzada máquina opera con tolerancias de hasta un décimo de grado a través de un accionamiento eléctrico, eliminando la dependencia de sistemas hidráulicos (Figura 59).

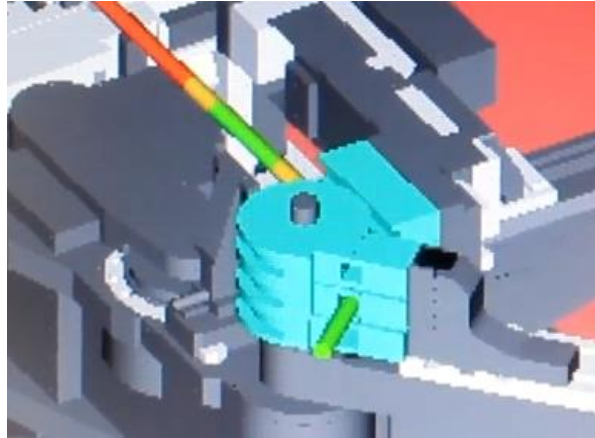


Figura 59: Dobladora automatizada / imagen CAD funcionamiento

Trabajando con tubos de 28-30-32 mm de diámetro, utiliza un núcleo cilíndrico de relleno para prevenir el aplastamiento del tubo durante el proceso. La dobladora asegura una consistencia en los pliegues, incluso con cambios de material, y su sistema de pinza cerrada mantiene la tensión del material. La figura 60 muestra un ejemplo de plegadora de tubos.

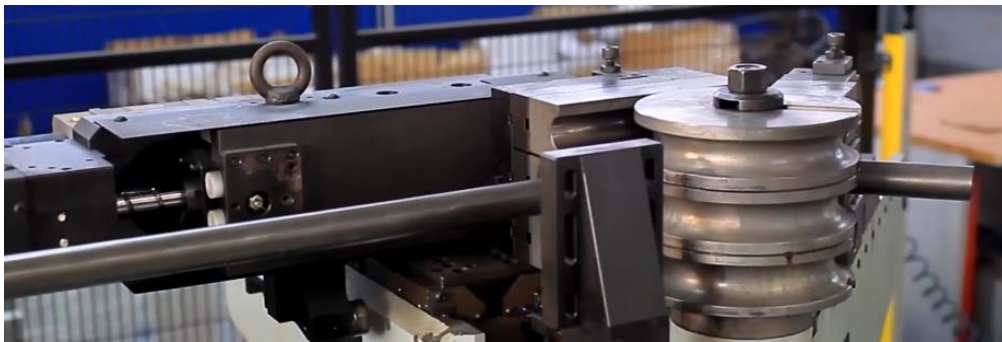


Figura 60: Imagen real dobladora automatizada

6.2.5 PASO 5: Soldadura

Cuando se han cortado y doblado los componentes del chasis, todo está listo para la soldadura, que se lleva a cabo de manera manual. Los tubos se colocan en una plantilla según el modelo que hay que soldar. Un operador especializado se encarga de cada soldadura siguiendo un orden bien establecido. Dicho orden, de hecho, influye en las tensiones que se crean (Iturriaga & Galiana, 2018). La figura 61 muestra el proceso de soldadura del bastidor.



Figura 61: Soldadura bastidor

La operación, tiene lugar mediante el uso de máquinas soldadoras con tecnología TIG o MIG/MAG

SOLDADURA MIG/MAG

La soldadura por arco eléctrico protegida por una atmósfera de gas es un proceso en el cual, a través del arco, se genera el calor necesario para fundir el electrodo consumible con la pieza a soldar. (Figura 62)

Este tipo de sistema lleva una bobina de hilo desnudo que alimenta continuamente, se convierte en el material de aporte. El gas nos permite proteger la soldadura de la contaminación de los gases que están en la atmósfera.

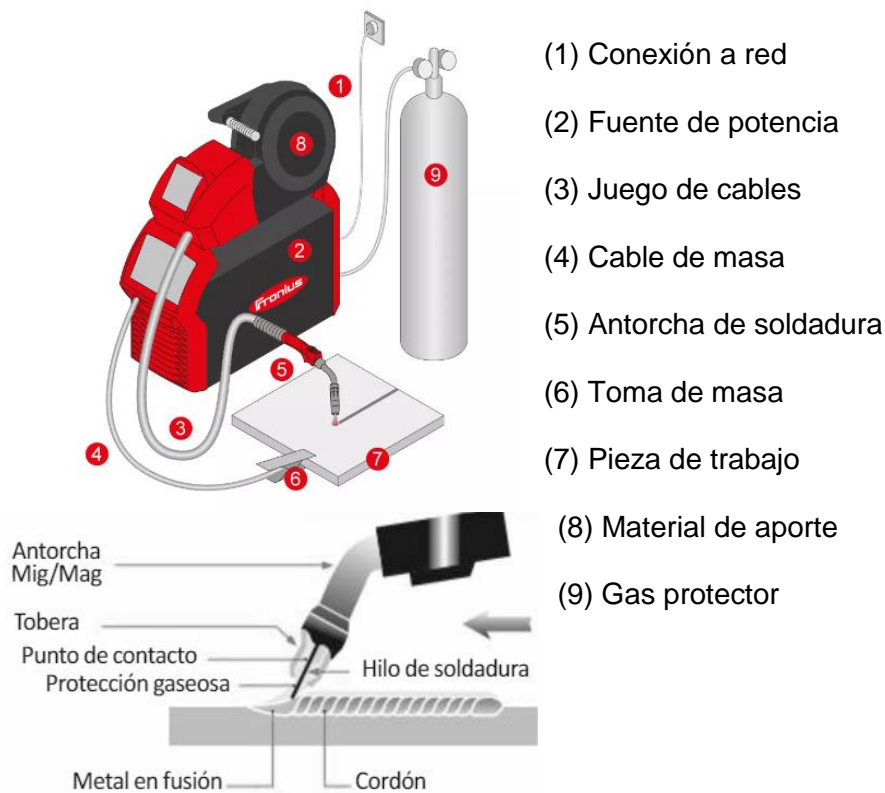


Figura 62: Soldadura MIG

El MIG/MAG sirve para soldar todos los materiales. Al ser continuo nos permite hacer altas producciones sin tener que interrumpir la soldadura. Es fácil de usar y nos permite soldar en todas las posiciones (Figura 63).



Figura 63: Soldador operando con MIG

Con este equipo se puede regular la intensidad en función de la distancia entre la pistola y el chasis, y aceleran o ralentizan la salida del alambre de soldadura según el movimiento de la mano del operador, de manera que la cantidad de material de soldadura depositado sea la misma en todos los tubos

SOLDADURA TIG

El equipo esencial para llevar a cabo la soldadura TIG incluye una fuente de energía, una antorcha TIG equipada con un electrodo de tungsteno no consumible, una pinza de masa y una botella de gas inerte, esta técnica puede utilizarse con o sin metal de aportación. Por lo general, se utiliza corriente continua con polaridad directa, aunque en la soldadura de aluminio, se prefiere la corriente alterna para aprovechar las ventajas de la polaridad, como la limpieza del baño de óxido de aluminio y una mayor penetración (Figura 64).

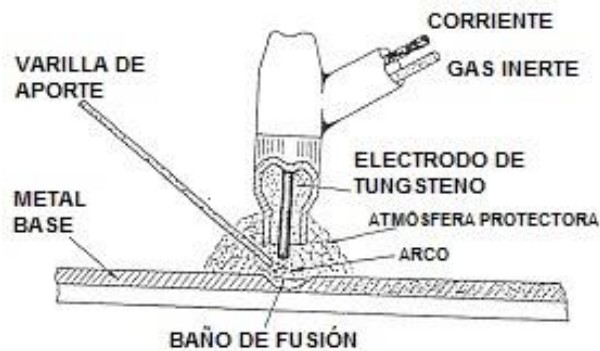


Figura 64: Funcionamiento soldadura TIG

La elección de un electrodo de pequeño diámetro y bien afilado es fundamental para lograr soldaduras de alta calidad, especialmente en el caso de aluminio y aleaciones, garantizando uniones de calidad en las juntas soldadas. Este enfoque técnico se traduce en resultados superiores y mayor eficiencia en el proceso de soldadura TIG (Figura 65).



Figura 65: Operario soldando con TIG

6.2.6 PASO 6: Pintado y control de calidad

LIMPIEZA Y PINTADO

Con el chasis soldado, se efectúa una limpieza que elimina posibles suciedades, tales como pequeñas virutas que puedan haber quedado pegadas durante la fase de soldadura. (Andres, 2018) A continuación, se lleva a cabo una sencilla verificación para cerciorarse de que se haya completado el número de soldaduras en el chasis. Figura 66 imagen de la limpieza de los cordones de soldadura “clean strip”



Figura 66: Limpieza soldaduras “clean strip”

Llegados a este punto, el chasis está listo para la pintura. Usualmente, se aplica una primera capa de imprimación o aparejo para acondicionar la superficie y facilitar la aplicación posterior de la pintura base. La pintura base de los chasis suele ser monocapa a base al agua, optando comúnmente por pinturas de alta densidad diseñadas para chasis, con el propósito de brindar una protección efectiva contra posibles casos de corrosión. Aunque la pintura monocapa es de calidad comparable y más asequible que la bicapa, esta última suele ofrecer una mayor variedad de colores y acabados. La figura 67 muestra un ejemplo de sistema de gavias para el pintado de los bastidores.

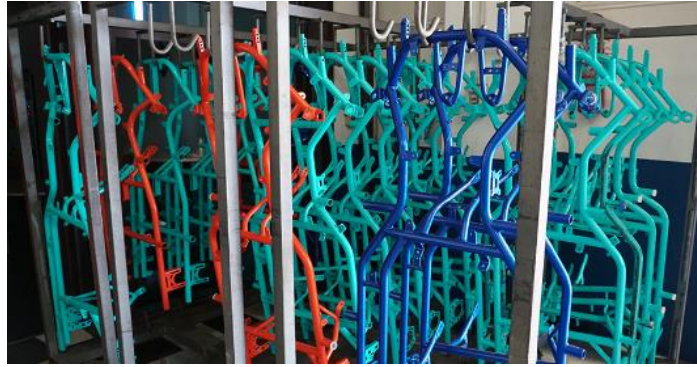


Figura 67: Pintado bastidor

Adicionalmente, se puede aplicar una capa de revestimiento antigraña, ya que la principal causa de corrosión suele ser la graña. La base de estos revestimientos antigraña puede ser de caucho o vinilo.

CONTROL DE CALIDAD

El chasis ha sido pintado y está listo para ser completado con todos los accesorios. Pero antes hay que comprobar con exhaustividad sus medidas. Así pues, se coloca el bastidor sobre el mármol de trazado y se procede a verificar las medidas más delicadas. Se trata de un chequeo exhaustivo, que permite mantener un alto nivel de calidad del producto. La Figura 68 muestra un ejemplo de bancada para la verificación del chasis y control de puntos.



Figura 68: Control de calidad

6.2.7 PASO 7: Premontaje

Al chasis ya comprobado se adjunta una ficha en la que cada operador irá señalando cada vez los accesorios que se le vayan montando. Es como una especie de “check list” del producto (Figura 69).



Figura 69: Premontaje

El operador monta en el bastidor desnudo los rodamientos, lleva a cabo la alineación del eje, monta el soporte de la corona, los bujes y el sistema de regulación del ángulo de caída del neumático “caster y camber, CCS”. A continuación, se instala el sistema de frenado, fijando la pinza de freno trasera y las pinzas delanteras y conectando los tubos a la bomba correspondiente para el paso del aceite. Después, se efectúa la purga del sistema

6.3. CMP (Chassis Manufacturing Process)

Para hacer referencia al proceso completo de fabricación del chasis, utilizaremos la sigla CMP, que corresponde a "Chassis Manufacturing Process". Este será nuestro documento principal, en el cual se detallarán los tiempos y todos los procesos controlados necesarios para llevar a cabo la fabricación del chasis.

6.3.1. Distribución

Para obtener una comprensión más clara del funcionamiento de una fábrica de chasis, realizaremos una distribución en forma de "U". De este modo, podremos visualizar las distintas etapas en las que el chasis va tomando forma hasta que finalmente está completamente fabricado y listo para ser enviado. (Reyes, 2021)

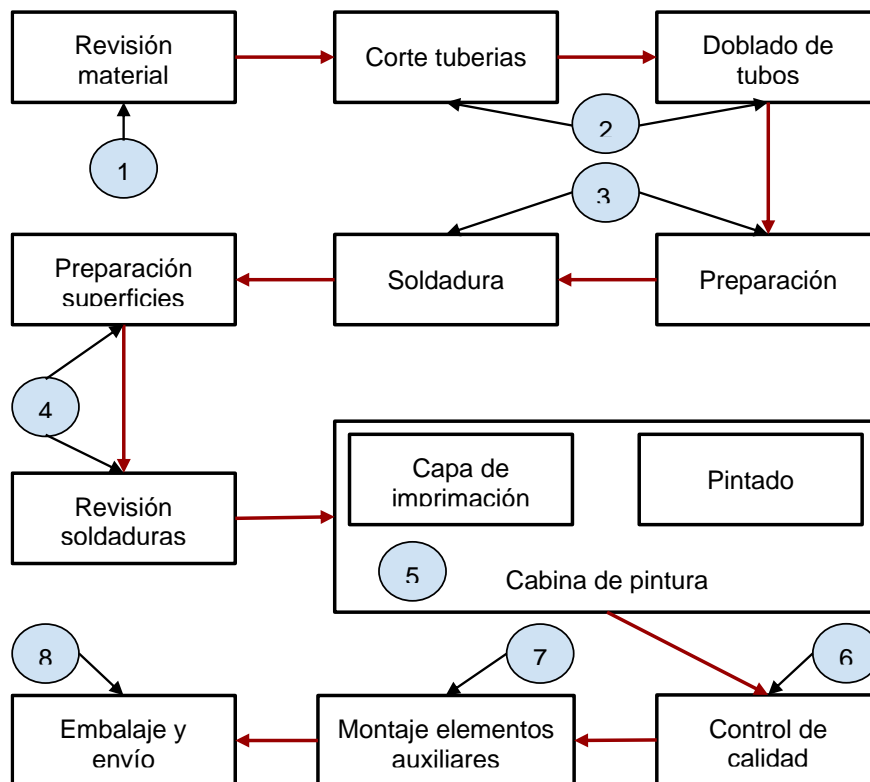


Figura 70: Distribución fábrica

En el Figura 70, podemos apreciar una posible distribución de los técnicos en una pequeña fábrica dedicada a la fabricación de chasis de karts. Contamos con un total de 8 operarios especializados, cada uno enfocado en tareas específicas. Están organizados de manera que sus desplazamientos y el movimiento del material sean mínimos, con el objetivo de reducir posibles daños y optimizar el tiempo durante la transición entre fases, evitando así posibles cuellos de botella. A continuación, se explica un poco la función de cada uno de los operarios sin hacer demasiado énfasis ya que han sido explicadas anteriormente:

- OPERARIO 1:

Este operario se encargará de revisar el material entrante, asegurándose de que cumpla con las condiciones deseadas para la fabricación. Realizará un control de calidad inicial del producto.

- OPERARIO 2:

Responsable de preparar los tubos, cortándolos a las medidas necesarias y doblando para dejarlos listos para la fase de soldadura.

- OPERARIO 3:

Encargado de colocar los tubos en la plantilla correspondiente al chasis, preparándose adecuadamente para las soldaduras. Se requiere un soldador especializado para garantizar la calidad de las uniones.

- OPERARIO 4:

Tras las soldaduras, este operario llevará a cabo la limpieza de las mismas y realizará una revisión minuciosa para asegurar que todos los tubos estén correctamente unidos.

- OPERARIO 5:

Necesidad de un pintor especializado, este operario maneja todo el proceso de pintado

Diseño, estudio y homologaciones de un chasis de karting de competición
Oscar Domínguez Garrido

del chasis dentro de la cabina de pintura.

- OPERARIO 6:

Encargado de la fase final de control de calidad para garantizar que las medidas, funciones y acabado del chasis sean los deseados.

- OPERARIO 7:

Realizará el ensamblaje de todos los elementos auxiliares, asegurándose de su correcto funcionamiento. Posteriormente, se llevará a cabo otra fase de control de calidad del producto final antes del embalaje.

- OPERARIO 8:

En la fase final del proceso, este operario se encargará de la logística, realizando el embalaje y coordinando el envío del producto al cliente (Figura 71).



Figura 71: Distribución fábrica

Dependiendo del tamaño de la fábrica, la cantidad de operarios podría variar, pero la distribución seguirá un patrón similar, dividiéndolos según su especialización.

6.3.2 CMP

A continuación, se presenta el fundamento de nuestra empresa: el CMP, acrónimo de "Chassis Manufacturing Process". Este esquema consiste en una tabla exhaustiva que abarca todos los procesos de la empresa, tomando en consideración los tiempos asociados a cada proceso y los trabajadores involucrados. Se ha marcado con una "R" a los responsables y con una "A" a los colaboradores en cada actividad.

Es importante destacar que estos tiempos han sido meticulosamente diseñados para proyectos de gran envergadura y con volúmenes significativos de pedidos. La elaboración del CMP busca proporcionar una estructura sólida para la gestión eficiente de proyectos, considerando la asignación adecuada de recursos y asegurando la calidad y puntualidad en la ejecución de cada fase del proceso de fabricación de chasis.

Es importante tener en cuenta que este documento es simplemente la base para un proyecto a lo largo de un año. Siempre es prudente llevar a cabo múltiples proyectos simultáneamente, pero distribuidos en distintas etapas, de manera que no se detenga ninguna parte de la fábrica. Siempre y cuando se cumplan los plazos establecidos en el CMP. Debido a su complejidad y envergadura podremos observar el CMP en su plenitud en el Anexo 1.

Diseño, estudio y homologaciones de un chasis de karting de competición
Oscar Domínguez Garrido

FASE	PROCEDIMIENTOS	TIEMPOS		AREAS								FABRICA							
		INICIO	FINAL	CEOS	Gestión	Logística	Tesorería	Diseño	Ingeniería	HD	Jefe taller	Operario 1	Operario 2	Operario 3	Operario 4	Operario 5	Operario 6	Operario 7	Operario 8
INICIO DEL PROYECTO	Propuesta inicial	-52	-50	R	A														
	Conversaciones y acuerdos con las áreas	-50	-48	R	R	A	A	A											
	Añadir a planning de procesos de la empresa	-48	-47	R	R	A	A	A											
	Establecer tiempos para el diseño	-47	-45		R			A											
	Establecer tiempos para el análisis de ingeniería	-47	-45		R														
	Acorar tiempos con distribuidores	-47	-45		R														
	Plantear proceso de fabricación de taller	-45	-41		R	A	A												
	Aplicar criterios de homologación	-45	-41	R	R			A	A	A	A								
	Cerrar fechas de homologación	-41	-38	R	R			A	A	A	A								
	Acetación e inicios de actividades	-38	-38	R	R														
DISEÑO CAD	Bocetos iniciales	-38	-37																
	Primera presentación inicial	-37	-35	A	A			R	A	A									
	Propuesta de posibles mejoras	-35	-35					R	A	A									
	Segunda definición mas desarrollada del boceto	-35	-33	A	A			R	A	A									
	Localización de posibles problemáticas	-33	-33					R	A	A									
	Solución de posibles problemas	-33	-31	A	A			R	A	A									
	Tercera y ultima presentación de diseño producto	-31	-31	A	A			R	A	A									
	Propuesta de ultimos cambios	-31	-30					R	A	A									
	Finalización ultimos cambios	-30	-30	R	A			R	A	A									
	Cierre del diseño del producto	-30	-29					R	A	A									
ANALISIS DE INGENIERIA	Detección de fallos para la mecanización	-29	-27		A			R	A	A									
	Solución de fallos para la mecanización y selección materiales	-29	-26					R	A	A									
	Realización primeras simulaciones	-27	-26					R	A	A									
	Conclusiones de los primeros resultados	-26	-25	A	A			R	A	A									
	Detección de fallos	-25	-24					R	A	A									
	Propuesta de soluciones o mejoras	-24	-23					R	A	A									
	Realización de la segunda simulaciones	-23	-21	A	A			R	A	A									
	Resultados y conclusiones de las simulaciones	-21	-21					R	A	A									
	Ultimos cambios y simulaciones	-21	-20					R	A	A									
	Cierre de proyecto bases CAD	-20	-20	R				R	A	A									
SELECCIÓN DEL MATERIAL	Conjuntamente con Area Ingeniería acordar material a pedir	-20	-20					R	A										
	Cerrar materiales necesarios	-20	-21					R	A										
	Cerrar acuerdos con los proveedores	-20	-23					R	A										
	Selección de materiales y realización de pedidos	-23	-22					R	A										
	Recepción de material	-22	-20					R	A										
	Disposición de maquinaria necesaria para la fabricación	-31	0	R	A	A	A												
	Distribución de operarios y proceso	-31	-20																
	Revisión del material	-20	-19			A	A												
	Contrate de tuberías	-19	-17																
	Dobladillos de tubos	-17	-15																
PROCESO DE FABRICACIÓN	Preparación y soldadura	-15	-12																
	Preparación de superficies	-12	-11																
	Revisión de soldaduras	-11	-10																
	Plinado. Capa de imprimación + plinado	-10	-8																
	Control de calidad	-8	-6																
	Montaje elementos auxiliares	-6	-4																
	Inspección final	-4	-3																
	Embalaje	-3	-2																
	Transporte a cliente	-2	0			R	A												

Figura 72: "Chassis Manufacturing Process"

6.4. GANTT

Basándonos en nuestro Plan de Gestión de Proyecto (CMP), hemos elaborado un diagrama de Gantt completo para facilitar el seguimiento y obtener una visión integral de los plazos en nuestro taller. El diagrama detalla las diferentes etapas del proyecto, asignando tiempos específicos a cada tarea para garantizar una gestión eficiente del tiempo y recursos.

Para una visualización más detallada del diagrama de Gantt, se encuentra adjunto como Anexo 1. Este recurso visual no solo proporcionará una representación gráfica clara de la programación de actividades, sino que también servirá como herramienta de referencia para evaluar el progreso del proyecto en cualquier momento.

El análisis constante del Gantt permitirá anticipar posibles desafíos en la gestión del tiempo y tomar medidas correctivas cuando sea necesario, asegurando así que el proyecto avance de acuerdo con los plazos establecidos en el CMP. Este enfoque estructurado no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también contribuye a la calidad y éxito general del proyecto.

7. HOMOLOGACIÓN

Para llevar a cabo la homologación de nuestro bastidor, nos ajustamos estrictamente al reglamento deportivo del CIK en lo que respecta a dimensiones, materiales y peso.

Tabla 6: Dimensiones homologación

DIMENSIONES	Reglamento CIK	Medidas Bastidor	Comentarios
Distancias entre ejes	101 - 107 cm	1055	Cumple
Vía	$\frac{2}{3}$ distancia entre ejes	Sin datos	No se puede verificar
Longitud total	182 cm máx	1585 cm sin parachoques	Cumple a falta de montaje parachoques
Ancho total	140 cm	680 cm sin eje trasero ni ruedas	No se puede verificar
Altura	65 cm desde el suelo	Sin datos	Falta montaje de ruedas
Eje trasero final bastidor	210 +-5 cm	210 cm	Cumple la verificación
Ancho bastidor	620 - 700 cm	680 cm	Cumple la verificación
Anclajes protecciones laterales	500 +- 5 cm	500 cm	Cumple la verificación
Soportes eje trasero	Diámetro máximo del eje trasero 50 cm	Distancia moldeable dependiendo los rodamientos utilizados	Cumple la verificación
Columna dirección	Diámetro mínimo de 18mm	Soporte columna agujero + 18mm	Cumple la verificación

Observamos que todas las dimensiones especificadas en el reglamento técnico del CIK se cumplen, aunque algunas medidas no han podido ser verificadas aún debido a la falta de incorporación de los parachoques. Sin embargo, es importante señalar que en el diseño del bastidor se ha considerado este aspecto, dejando márgenes adecuados para evitar problemas durante el montaje de los parachoques.

Las dimensiones que no han podido ser verificadas incluyen la vía y el ancho total, ya que falta el montaje del eje trasero y las ruedas. Asimismo, la longitud total no ha podido ser confirmada debido a la falta del montaje de los parachoques delantero, y la altura no ha podido ser medida aún debido a la ausencia del montaje de las ruedas.

Tabla 7: Homologación material

MATERIALES	Reglamento CIK	Bastidor	Comentarios
Ensayos	N. A	Ensayos elementos finitos	Cumple la verificación
Medidas tubos	N. A	30 X 2 mm	Cumple la verificación
Material	Cumplir con la ISO 4948 + ISO 4949	AISI 4130 o 25CrMo4	Cumple la verificación
Aleación <5 %	Aleación <5 %	AISI 4130	Cumple la verificación
Peso del vehículo	170 Kg máximo	12,65 Kg Bastidor	Cumple la verificación

En lo que respecta al material seleccionado, el AISI 4130 con dimensiones de 30 x 2 mm cumple con todos los requisitos establecidos por el reglamento técnico del CIK. Este acero de aleación presenta propiedades excepcionales que son acordes con las demandas específicas del reglamento, asegurando así la integridad y el rendimiento necesario para el bastidor del kart. Su resistencia, durabilidad y otras características fundamentales hacen que sea una elección idónea para garantizar el cumplimiento normativo y proporcionar una base sólida para la construcción del bastidor.

8. PREUPUESTO

En esta sección, se detalla el costo total del proyecto de ingeniería. Al elaborar un presupuesto para un estudio de ingeniería mecánica, es esencial considerar tanto el costo de los materiales como las horas de trabajo del ingeniero. (Talent)

En cuanto a las horas de trabajo, se ha tenido en cuenta que un Trabajo Final de Estudios (TFE) equivale a 24 créditos, y cada crédito tiene una estimación de aproximadamente 25 horas. Esto se traduce directamente en un total de alrededor de 600 horas de trabajo. Considerando que el sueldo promedio de un ingeniero mecánico es de aproximadamente 16,15 euros por hora, el costo total del sueldo sería de 9690 euros

Elemento	Descripción	Horas	Preciós
Material	Ordenador	---	800 €
	Paquete office	---	30 €
	SolidWorks profesional	---	4132 €
Horas de trabajo	Recogida de información	300 h	9690 €
	Elaboración hoja de cálculo	50 h	
	Elaboración documentación técnica	100 h	
	Creación diseño bastidor	50 h	
	Creación plano	50 h	
	Realización estudios	50 h	
Transporte	Gasolina	---	500 €
	Tren	---	40 €
TOTAL			15192 €

9. IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

En este punto se nombrarán el impacto medioambiental que supondría la fabricación de un chasis con las características descritas en el trabajo. La fabricación de un chasis de kart puede tener diversos impactos medioambientales, que varían según los materiales y procesos utilizados. (ARANIA) Algunos de los factores a considerar incluyen:

Material

AISI 4130: La extracción y procesamiento de metales pueden generar emisiones y consumir recursos naturales. Sin embargo, estos materiales son reciclables, lo que puede reducir su impacto.

Proceso de Fabricación:

Soldadura MIG: Se elige este tipo de soldadura ya que este proceso, como cualquier otro método de soldadura, puede tener ciertos impactos ambientales, aunque en comparación con otros métodos de soldadura, MIG es conocido por ser relativamente eficiente y respetuoso con el medio ambiente.

La soldadura MIG puede requerir energía eléctrica significativa, especialmente en aplicaciones industriales. El impacto ambiental está directamente relacionado con la fuente de energía utilizada.

El gas utilizado como protección (argón, por ejemplo) es inerte y no contribuye directamente a la contaminación atmosférica. Sin embargo, la producción y transporte de estos gases pueden tener impactos ambientales.

Los consumibles utilizados en la soldadura MIG, como los electrodos de alambre, generan residuos. El manejo adecuado de estos residuos, como el reciclaje del alambre y la gestión responsable de los desechos, puede reducir el impacto ambiental.

Tratamientos de Superficie:

El uso de pinturas y recubrimientos puede implicar el uso de productos químicos tóxicos. Optar por pinturas ecológicas o métodos de recubrimiento más sostenibles puede mitigar este impacto.

Transporte

El transporte de materiales y productos terminados puede contribuir a las emisiones de gases de efecto invernadero. Buscar fuentes locales de materiales y métodos de transporte más eficientes puede reducir este impacto.

Durabilidad y Vida Útil:

Diseñar el chasis para ser durable y fácilmente reciclable puede reducir el impacto ambiental al final de su vida útil.

Gestión de Residuos:

Una gestión adecuada de los residuos, como reciclaje y tratamiento adecuado de productos químicos, es esencial para minimizar el impacto ambiental.

En general, la sostenibilidad en la fabricación de un chasis de kart implica considerar todo el ciclo de vida del producto, desde la obtención de materias primas, fabricación y reciclaje. Las decisiones conscientes en la selección de materiales, procesos de fabricación y gestión ambiental pueden ayudar a reducir el impacto medioambiental.

10. PUNTOS DE MEJORA

Finalmente, identificamos diversos aspectos susceptibles de mejora en distintas fases del proyecto. En la etapa de diseño, sería beneficioso realizar un análisis destinado a reducir el peso del bastidor, así como abordar la elaboración del diseño de los parachoques.

Además, al llevar a cabo el estudio de elementos finitos, se sugiere considerar alternativas de materiales y explorar estudios adicionales para complementar los ya realizados, como, por ejemplo, análisis de choques laterales. Asimismo, sería recomendable realizar un estudio para determinar la malla más idónea para nuestros ensayos, evitando la utilización automática del mallado del CAD.

En relación con los ensayos, es importante tener en cuenta aspectos cruciales que han sido pasados por alto, como los puntos de unión y las soldaduras. Este punto debe abordarse en futuros estudios para garantizar una evaluación más completa y precisa del chasis.

Por último, aunque desde el inicio se había considerado menos factible, se descartó la opción de llevar a cabo la construcción real de un chasis de kart. Este descarte se basó en consideraciones presupuestarias, la necesidad de herramientas especializadas y la falta de un taller adecuado.

11. CONCLUSIONES

En este trabajo, se ha llevado a cabo un proceso exhaustivo de investigación y análisis para seleccionar el modelo de chasis más adecuado, optando finalmente por el modelo KZ. El enfoque se centró en cumplir con las normativas establecidas por el reglamento técnico del CIK, asegurando que el chasis diseñado cumpla con precisión con las especificaciones y requisitos exigidos.

La verificación de la homologación resultó exitosa, demostrando la capacidad del chasis para superar las pruebas de elementos finitos y cumplir con las normativas en términos de medidas y materiales. Este éxito proporciona una base sólida para avanzar en el proceso de fabricación.

El proceso de fabricación se abordó con un análisis detallado, destacando la creación del documento de control de proyectos "CMP". Este documento no solo respalda la venta del proyecto a empresas interesadas, sino que también sirve como guía para emprendedores en el ámbito de la fabricación de chasis. La inclusión de un diagrama de GANTT brinda una representación visual clara y organizada del proceso de fabricación, facilitando la gestión del tiempo y la comprensión del flujo de trabajo en un escenario real.

En resumen, el trabajo demuestra una metodología sólida desde la selección del chasis hasta la homologación y el proceso de fabricación, con una atención especial a la conformidad con las normativas y la creación de herramientas documentales que pueden ser útiles tanto para la comercialización del proyecto como para futuros emprendedores en la industria de fabricación de chasis.

12. AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a mi profesor, Sergi Menargues, por su dedicación, orientación y valiosa contribución durante la realización de este Trabajo de Fin de Estudios. Su experiencia y orientación fueron fundamentales para el éxito de este proyecto.

Además, quiero extender mi gratitud a mis familiares y amigos, cuyo apoyo incondicional fue un pilar fundamental a lo largo de este proceso. Sus palabras alentadoras, comprensión y aliento constante fueron fuentes de motivación que me impulsaron a alcanzar mis metas académicas.

A todos los que han contribuido de alguna manera a la culminación de este trabajo, gracias por ser parte integral de este viaje académico.

BIBLIOGRAFÍA

- Agaracing. (s.f.). MOTOR KART IAME PARILLA PUMA 64. Obtenido de https://agaracing.com/motores-kart/agaracing_tienda_online/motores-kart/iame/motores-iame/motor-iame-parilla-puma-64/
- Andres, J. (2018). *Preparación y embellecimiento de superficies*. Barcelona: Monlau Automoción.
- ARANIA. (s.f.). *Arania*. Obtenido de <https://www.araniasa.com/reciclaje-del-acero-disminucion-de-los-residuos-y-economia-circular/>
- Ariza Racing Circuit. (16 de Junio de 2023). Obtenido de <https://arizaracing.com/lahistoriadeldkarting/>
- Aznar, J. (2018). *Estructuras de vehículos*. Barcelona: Monlau Automoción.
- Bernardi, M. (6 de Octubre de 2018). *TKART*. Obtenido de <https://tkart.it/es/magazine/como-hacer-para/fabricar-un-chasis-kart>
- Burke, E. (9 de Agosto de 2007). *Kartbuilding*. Obtenido de <http://blog.kartbuilding.net/2007/08/09/solidworks-cad-drawing-of-a-tony-kart-chassis/>
- DMK . (4 de Diciembre de 2015). Obtenido de <https://dmkracing.com/noticias/categorias-competicion-karting/>
- FALUGA racing. (13 de Mayo de 2020). Obtenido de <https://es.falugaracing.com/blog/la-historia-del-karting-desde-su-invencion/>
- FIA. (2024). *FIA Regulations*. Obtenido de <https://www.fia.com/es/regulation/category/123>
- García, A. (2018). *Sistemas de transmisión de fuerzas y trenes de rodaje*. Barcelona: Monlau Automoción.
- Gil, C. (10 de Marzo de 2023). *Sport Kart*. Obtenido de <https://sportkart.es/como-escojer-el-chasis-perfecto-para-tu-kart#:~:text=Un%20chasis%20de%20kart%20es,y%20la%20maniobrabilidad%20del%20veh%C3%ADculo>
- Iturriaga, T., & Galiana, A. (2018). *Técnicas de mecanización y soldadura*. Barcelona: Monlau Automoción.
- Kartign, F. (2024). *Dibujos Tecnicos*. Obtenido de <https://www.fiakarting.com/page/technical-drawings>
- Karting. (14 de Junio de 2019). *Karting Salou*. Obtenido de <https://kartingsalou.com/un-recorrido-por-la-historia-de-los-karts/>
- Karting, F. (2023). *FIA Karting SEASON 2023*. Obtenido de https://backend.fiakarting.com/sites/default/files/PRESENTATION_DOSSIER_FIA_KARTING_2023_vEN.pdf
- Karting, F. (8 de Marzo de 2023). *Reglamento técnico*. Obtenido de <https://www.fiakarting.com/page/technical-regulations>
- Karting, F. (2024). *FIA Karting*. Obtenido de <https://www.fiakarting.com/page/technical-appendices>
- parts, C. (s.f.). *Endurotube 25CrMo4 30 x 2*. Obtenido de <https://chassisparts.com/nl/nl/endurotube-25crmo4-30x2-0>
- Plaza, D. (s.f.). *motor.es*. Obtenido de [Qué es un kart, qué tipos hay y qué hace falta para conducirlos: https://www.motor.es/que-es/kart](https://www.motor.es/que-es/kart)
- racing, D. (s.f.). *Iame Parilla Puma 85*. Obtenido de <https://dmkracing.com/es/motores-iame-kart/262-iame-parilla-puma-85.html>
- Racing, F. (9 de Noviembre de 2022). *FALUGA Racing*.
- Reyes, N. F. (15 de Mayo de 2021). *UAMedia*. Obtenido de <https://uamedia.org/blog/que-es-la-distribucion-en-planta/>
- SIEMENS. (s.f.). *SIEMENS FEA*. Obtenido de <https://www.plm.automation.siemens.com/global/es/our-story/glossary/finite-element-analysis-fea/13173>
- Spain, V. (5 de Enero de 2017). *Historia del Karting*. Obtenido de

Diseño, estudio y homologaciones de un chasis de karting de competición
Oscar Domínguez Garrido

- <https://www.vroomkart.es/news/29259/historia-del-karting-origen-curiosidades-y-primeros-a-os-en-espa-a>
- Talent. (s.f.). *Talent*. Obtenido de <https://es.talent.com/salary?job=ingeniero+mecanico#:~:text=El%20salario%20ingeniero%20mecanico%20promedio,hasta%20%E2%82%AC%2042.000%20al%20a%C3%B1o>
- TENNANT. (s.f.). *25CrMo4 - 4130*. Obtenido de https://www.tennant-metall.de/en/grades/25crmo4-4130?gclid=Cj0KCQiA-62tBhDSARIsAO7twbadFLJxQ4tRKWxITd2qDoNrKrf9Xfb5aQ3wCVavK05_IQYhPUeWrDoaAg0iEALw_wcB
- Tixce, C. (2 de Julio de 2017). *Motor racing*. Obtenido de <https://www.motoryracing.com/coches/noticias/chasis-automotriz-y-su-evolucion/>
- tkart. (s.f.). *tkart X-30*.
- Tuberia. (s.f.). *Aleación 4130*. Obtenido de <https://www.htpipe.es/aleacion-4130.html>

ANEXOS

PROPIEDADES DISEÑO CAD BASTIDOR

Propiedades de masa de boceto10.1

Configuración: Predeterminado

Sistema de coordenadas: -- predeterminado --

Densidad = 0.007850 gramos por milímetro cúbico

Masa = 12655.528295 gramos

Volumen = 1612169.209565 milímetros cúbicos

Área de superficie = 1329284.952402 milímetros cuadrados

Centro de masa: (milímetros)

X = 778.623604

Y = 22.450568

Z = -16.681964

Ejes principales de inercia y momentos principales de inercia: (gramos * milímetros cuadrados)

Medido desde el centro de masa.

$I_x = (0.998912, -0.042946, -0.018182)$ $P_x = 747292243.098858$

$I_y = (-0.018431, -0.005416, -0.999815)$ $P_y = 2644740627.019265$

$I_z = (0.042839, 0.999063, -0.006201)$ $P_z = 3354604372.530041$

Momentos de inercia: (gramos * milímetros cuadrados)

Obtenidos en el centro de masa y alineados con el sistema de coordenadas de resultados. (Usando notación tensorial positiva)

$L_{xx} = 752721794.791469$ $L_{xy} = -1780646.416705$ $L_{xz} = -34272406.374976$

$L_{yx} = -1780646.416705$ $L_{yy} = 3349774758.481068$ $L_{yz} = 5879514.125229$

$L_{zx} = -34272406.374976$ $L_{zy} = 5879514.125229$ $L_{zz} = 2644140689.375635$

Momentos de inercia: (gramos * milímetros cuadrados)

Medido desde el sistema de coordenadas de salida. (Usando notación tensorial positiva.)

$l_{xx} = 762622416.21321$ $l_{xy} = 109444848.1418$ $l_{xz} = -198654699.092240$

$l_{yx} = 109444848.1418$ $l_{yy} = 1025770351.180481$ $l_{yz} = 139771.069183$

$l_{zx} = -198654699.092240$ $l_{zy} = 139771.069183$ $l_{zz} = 10322993141.817371$