

# Diseño, estudio y homologación de un chasis de un Kart

Oscar Domínguez Garrido

UPC Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú (EPSEVG)

## Resumen

Este proyecto se centra en realizar un exhaustivo estudio para diseñar, construir y homologar un chasis KZ para un kart de competición, siguiendo las directrices del reglamento CIK. La primera fase abarcará la selección de dimensiones del bastidor, la elección de tubos (utilizando material AISI 4130) y el diseño de elementos auxiliares. Estos procesos se llevarán a cabo mediante SolidWorks en el entorno de CAD. Posteriormente, se realizarán estudios de elementos finitos para garantizar la resistencia y eficiencia del chasis en diferentes situaciones, cumpliendo con los requisitos de homologación. Se realizará un análisis detallado del proceso de fabricación con una planificación específica y detallada. El proyecto proporcionará una visión integral de todas las fases y requisitos para el diseño y fabricación del chasis tubular para un kart de la categoría KZ, asegurando el cumplimiento de las normativas especificadas por el CIK para la aplicabilidad práctica de los resultados obtenidos.

## 1. Introducción

El chasis de kart es el componente fundamental que sostiene todos los demás elementos del vehículo, como el sistema de frenos, la carrocería, la dirección, el eje posterior y el asiento. Es crucial para el rendimiento y la maniobrabilidad, proporcionando rigidez y estabilidad al kart. El chasis está compuesto principalmente por tubos de acero soldados con aleación, formando una estructura rígida y flexible. El estudio se centrará en el chasis tubular tipo "celosía", más ligero que el tradicional y utilizado en competiciones. El estudio se enfocará en el chasis de un kart de la categoría KZ, conocida por ser emocionante y crucial tanto para los pilotos como para los mecánicos. En esta categoría, se utilizan motores de 125 cc con 6 velocidades y refrigeración por agua, con opciones libres para la preparación adicional.

## 2. Normativa aplicada

la normativa aplicada al diseño de un chasis de kart según las directrices establecidas por la Comisión Internacional de Karting (CIK), el organismo rector a nivel mundial. La comprensión y aplicación de estas normativas son fundamentales para asegurar la conformidad con los estándares en el ámbito de los karts. Se destaca la importancia de consultar siempre la información más reciente en los documentos oficiales de la CIK, ya que las normativas pueden estar sujetas a cambios.

Además, se proporciona información sobre el reglamento técnico nacional en España, que define el chasis como la estructura que ensambla las partes mecánicas y la carrocería. La recopilación de información se basa en diversas fuentes, como el reglamento deportivo del CIK, apéndices técnicos, dibujos técnicos, regulaciones y otros documentos relacionados.

Se utilizará el reglamento técnico actualizado de la CIK, con fecha de marzo de 2023, que afectan al diseño, análisis y homologación de chasis para el CIK.



Figura 1: Logo oficial del CIK

## 3. Especificaciones técnicas - Chasis KZ

### 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, especificado en el reglamento.

### 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

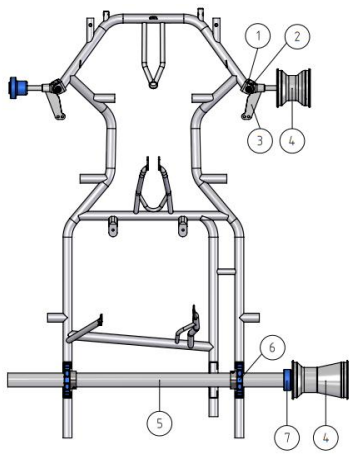
### Masas

Depósito combustible: 8 Litro mínimo

170 Kg mínimo, incluido conductor

### Dibujos técnicos

Se utilizan los dibujos técnicos del CIK como referencia para el diseño. En la figura 2 se muestran las partes principales del 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 2: Dibujo técnico bastidor

#### 4. Diseño CAD

Diseñaremos nuestro bastidor utilizando el programa CAD SolidWorks, que será nuestra herramienta principal en este proceso. Las dimensiones que deben cumplir con el reglamento técnico, esto nos permitirá superar las pruebas de homologación sin inconvenientes significativos en el futuro. En la Figura 3 podemos observar el diseño final del bastidor.

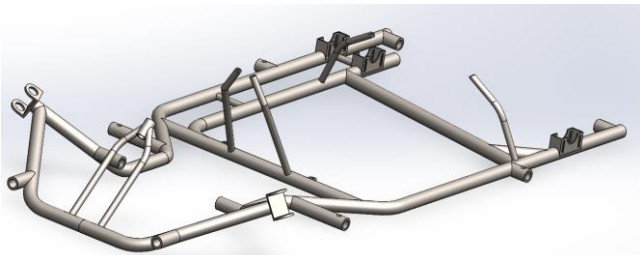


Figura 3: Diseño final bastidor KZ

Las dimensiones utilizadas para los tubos de acero que se utilizarán en el barrido será de 30 x 2,0 mm.

También se han diseñado los elementos auxiliares necesarios para llevar a cabo la mecanización y el ensamblaje de las piezas de nuestro kart. Incluirán el mecanizado del soporte para manguetas de las ruedas delanteras, soportes para el eje trasero, un soporte de la columna de dirección, así como diversos anclajes para el parachoques, anclajes para el carenado, el asiento, el motor, etc.

#### 5. Estudio elementos finitos

El análisis de elementos finitos (FEA) utiliza el método de elementos finitos (FEM) para modelar virtualmente productos y sistemas, identificando y resolviendo problemas estructurales o de rendimiento. Este enfoque se aplica ampliamente en la aeronáutica, biomecánica y automoción.

Un modelo de elementos finitos incluye nodos que definen la forma del diseño y elementos finitos conectados a ellos, formando una malla que representa propiedades estructurales y de material. La densidad de la malla varía según las condiciones y áreas de interés.

#### Selección material

El material elegido debe cumplir 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.

- AISI 4130

El acero aleado AISI 4130 "25CrMo4", 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. A continuación, se detallan las propiedades del material.

<b>Módulo elástico</b>	<b>205000 N/mm<sup>2</sup></b>
<b>Coefficiente de Poisson</b>	0,285
<b>Módulo cortante</b>	80000 N/mm <sup>2</sup>
<b>Densidad de masa</b>	7850 Kg/m <sup>3</sup>
<b>Límite elástico</b>	460 N/mm <sup>2</sup>
<b>Límite de tracción</b>	560 N/mm <sup>2</sup>

Tabla 1: Propiedades AISI 4130

#### Estudio del mallado

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.

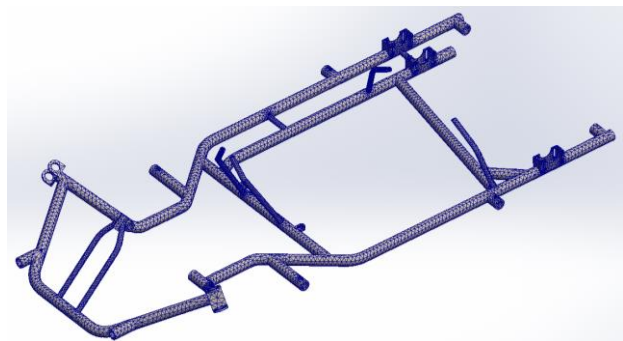


Figura 4: Mallado del Bastidor

#### Estudio tensiones / deformaciones

Se han realizado 3 tipos de ensayos.

1. Análisis en aceleración

Este ensayo implica entender cómo responde la estructura ante las fuerzas generadas durante la aceleración, identificando los puntos críticos que podrían verse

afectados. El estudio se realizará implementando una fuerza de unos 900 N dirección hacia el eje trasero.

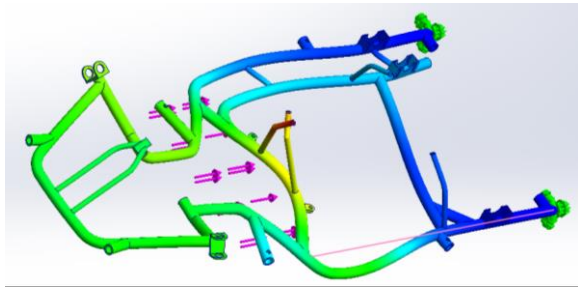


Figura 5: Ensayo aceleración

### 2. Análisis en 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. El estudio se realizará implementando una fuerza de unos 600 N dirección hacia el eje delantero.

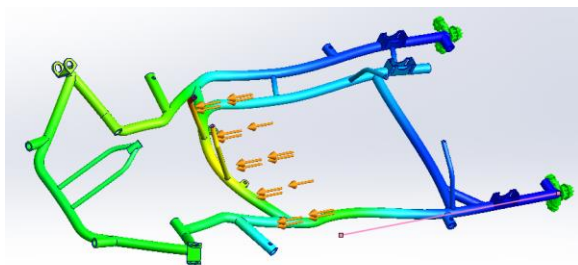


Figura 6: Ensayo deceleración

### 3. Análisis 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. El estudio se llevó a cabo implementando una fuerza de aproximadamente 3000 N dirigida hacia el eje trasero en la parte frontal.

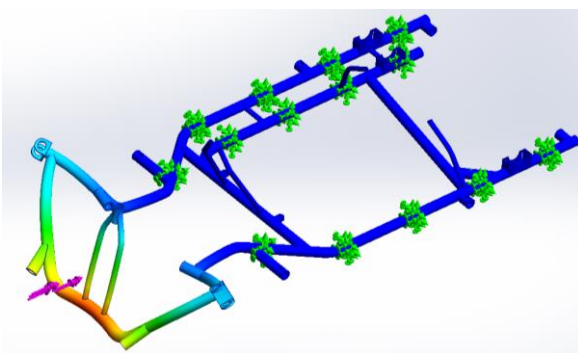


Figura 7: Choque frontal

## Resultados

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, teniendo en cuenta que el límite elástico del material es de 460 MPa.

	Von Mises	Deformaciones
<b>Aceleración</b>	25 MPa	0,16 mm
<b>Deceleración</b>	19 MPa	0,12 mm
<b>Choque frontal</b>	158 MPa	2,3 mm

Tabla 2: Resultados del estudio

## 6. Proceso de fabricación

A continuación, se detalla el proceso de fabricación desde sus primeras etapas hasta su culminación.

### 1- Diseño CAD

Implica la utilización de programas informáticos para generar, modificar, analizar y documentar representaciones gráficas bidimensionales o tridimensionales (2D o 3D) de objetos físicos.

### 2- Análisis del diseño

El análisis de elementos finitos implica la modelización de productos y sistemas en un entorno virtual con el propósito de identificar y abordar posibles problemas estructurales o de rendimiento.

### 3- Selección del material

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.

### 4- Preparación material

**Corte:** 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.

**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.

### 5- Soldadura

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.

### 6- Pintado

Se efectúa una limpieza que elimina posibles suciedades, como pequeñas virutas que puedan haber quedado durante la fase de soldadura. 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.

## 7- Control de calidad

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.

## 8- Premontaje

Al chasis ya comprobado se le ira montando los elementos auxiliares siguiendo una ficha en la que cada operador irá señalando cada vez los accesorios que se le vayan montando.

## 9- Embalaje y envío

Fase final de la fabricación se realiza el embalaje y se coordina el envío del producto al cliente

## 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. En la tabla 3 observamos que todas las dimensiones especificadas en el reglamento técnico del CIK se cumplen.

	<b>Reglamento CIK</b>	<b>Bastidor</b>
<b>Distancia entre ejes</b>	101 – 107 cm	1055
<b>Longitud total</b>	182 cm máx	1585 cm sin parachoques
<b>Ancho total</b>	140 cm	680 cm sin eje trasero ni ruedas
<b>Eje trasero – final bastidor</b>	210 +- 5 cm	210 cm
<b>Ancho de bastidor</b>	620 – 700 cm	680 cm
<b>Columna dirección</b>	Diámetro mín 18 mm	Soporte columna +18 mm
<b>Medidas tubos</b>	28 -30 -32 mm	30 x 2 mm
<b>Material</b>	ISO 4948; ISO 4949	AISI 4130
<b>Aleación masa</b>	<5% 170 Kg máx con piloto	AISI 4130 < 5% 12,65 Kg bastidor

Tabla 3: Especificaciones homologación

## 8. Impacto ambiental

La fabricación de un chasis de kart puede tener diversos impactos medioambientales, que varían según los materiales y procesos utilizados. 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.

### 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.

## 9. Conclusiones

En este trabajo, se ha llevado a cabo un exhaustivo estudio sobre los distintos tipos de karts, chasis y competiciones, con el objetivo de seleccionar un modelo de chasis, finalmente el escogido ha sido el modelo KZ para llevar a cabo el diseño, la homologación y el proceso de fabricación del chasis.

Para garantizar la ejecución exitosa de este proyecto, se ha realizado un análisis detallado del reglamento técnico del CIK, extrayendo toda la información necesaria para la concepción del bastidor y asegurando su cumplimiento con las normativas, con el propósito de superar satisfactoriamente las verificaciones durante el proceso de homologación. Además, se ha detallado el proceso de fabricación desde el diseño, fabricación hasta el envío del chasis.

La verificación de la homologación ha demostrado su éxito al superar satisfactoriamente las pruebas llevadas a cabo en el estudio de elementos finitos, cumpliendo con precisión las especificaciones del reglamento técnico en cuanto a medidas y materiales del bastidor.

## 10. Agradecimiento

Se expresa el profundo agradecimiento al profesor Sergi Menargues por su dedicación y valiosa orientación durante la realización del TFE. Su experiencia fue fundamental para el éxito del proyecto. También agradezco a mis familiares y amigos por su apoyo incondicional, palabras alentadoras y constante motivación a lo largo de este proceso académico. A todos los que han contribuido de alguna manera a la culminación de este trabajo, les agradezco por ser parte esencial de este significativo viaje académico.

## Referencias

- [1] Andres, J. (2018). Preparación y embellecimiento de superficies. Barcelona: Monlau Automoción.
- [2] Aznar, J. (2018). Estructuras de vehículos. Barcelona: Monlau Automoción.
- [3] Karting, F. (8 de Marzo de 2023). Reglamento técnico. Obtenido de <https://www.fiakarting.com/page/technical-regulations>
- [4] Kartign, F. (2024). Dibujos Tecnicos. Obtenido de <https://www.fiakarting.com/page/technical-drawings>
- [5] Tuberia. (s.f.). Aleación 4130. Obtenido de <https://www.htpipe.es/aleacion-4130.html>
- [6] Racing, F. (9 de Noviembre de 2022). FALUGA Racing.