



ING. AUTOMOTRIZ

**Trabajo integración Curricular previa a la obtención
del título de Ingeniero Automotriz.**

AUTORES:

Jonathan Marcelo Vargas Guzmán
Mizrael Steve Aguirre Córdova

TUTOR:

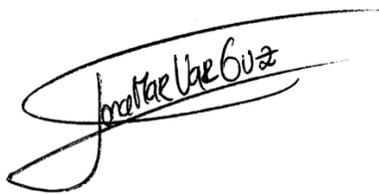
Ph. D. Denny Javier Guanuche

Diseño de un chasis por elementos finitos para un GoKart.

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, **JONATHAN MARCELO VARGAS GUZMAN** y **MIZZAEL STEVE AGUIRRE CORDOVA**, declaramos bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, su reglamento y demás disposiciones legales.



JONATHAN MARCELO VARGAS G.



MIZZAEL STEVE AGUIRRE C.

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, **DENNY JAVIER GUANUCHE**, certifico que conozco a los autores del presente trabajo, siendo el responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.



Ph. D. Denny Javier Guanuche.

DISEÑO DE CHASIS POR ELEMENTOS FINITOS PARA UN GOKART ELECTRICO

Ing. Denny Javier Guanuche.Phd 1, Aguirre M. 2, Vargas J.3.

Docente Escuela de Ingeniería Automotriz – UIDE deguanuchela@uide.edu.ec, Quito -Ecuador

Estudiante Escuela de Ingeniería Automotriz- UIDE jovargasgu@uide.edu.ec, Quito -Ecuador

Estudiante Escuela de Ingeniería Automotriz- UIDE miaguirreco@uide.edu.ec, Quito -Ecuador

Resumen

En la búsqueda de alternativas ecológicas en la movilidad, el diseño de chasis para GoKart eléctricos como un área de estudio crucial. Este artículo presenta un análisis integral del diseño y la optimización del chasis del GoKart eléctrico utilizando el análisis de elementos por elementos finitos (FEA) con el software ANSYS. Se evaluaron las propiedades mecánicas del aluminio 6061, destacando su resistencia a la tracción, módulo de elasticidad, resistencia a la fatiga y ductilidad, esenciales para garantizar un equilibrio óptimo entre peso, durabilidad y rendimiento. El estudio se enfoca en las competencias de kartismo en Quito, Ecuador, en el “Kartódromo de dos hemisferios”, y se realiza exclusivamente mediante simulación de software, evitando la construcción física del chasis. Se llevaron a cabo simulaciones bajo diferentes condiciones de carga, incluyendo curvas abiertas, cerradas y en “S”, para evaluar la deformación total, la tensión equivalente (Von Mises) y el factor de seguridad del chasis. Los resultados muestran que la deformación máxima se encuentra en la parte central de la estructura, con un valor de 0,535445 mm, y la máxima tensión se localiza en los soportes del eje, con un valor de 74,151 MPa. El análisis de fatiga y factor de seguridad proporcionan información crucial para asegurar la integridad estructural del chasis bajo condiciones dinámicas extremas.

Palabras clave: GoKart eléctrico, análisis por elementos finitos (FEA), Aluminio 6061, diseño de chasis, electromovilidad, seguridad estructural, competiciones de kartismo.

Abstract

In the quest for ecological mobility alternatives, the design of chassis for electric GoKart is a crucial area of study. This article presents a comprehensive analysis of the design and optimization of the electric GoKart chassis using Finite Element Analysis (FEA) with ANSYS software. The mechanical properties of Aluminum 6061 were evaluated, highlighting its tensile strength, modulus of elasticity, fatigue resistance, and ductility, which are essential for ensuring an optimal balance between weight, durability, and performance. The study focuses on karting competitions in Quito, Ecuador, at the “Kartódromo de los hemisferios,” and is conducted exclusively through software simulations, avoiding the physical construction of the chassis. Simulations were conducted under different load conditions, including open, closed, and "S" curves, to evaluate the total deformation, equivalent stress (Von Mises), and the safety factor of the chassis. The results show that the maximum deformation is located in the central part of the structure, with a value of 0.535445 mm, and the maximum stress is located in the axle supports, with a value of 74.151 MPa. The fatigue analysis and safety factor provide crucial information to ensure the structural integrity of the chassis under extreme dynamic conditions.

Keywords: Electric GoKart, Finite Element Analysis (FEA), Aluminum 6061, chassis design, electromobility, structural safety, karting competitions.

Introducción.

Antecedentes.

En la actualidad, la búsqueda de alternativas ecológicas en los vehículos ha llevado a un creciente interés en el diseño y la ingeniería de los vehículos eléctricos. Según la asociación ecuatoriana automotriz (AEADE), este interés se refleja en un crecimiento del 0.47% o 2,782 unidades en la adopción de tecnologías sostenibles en los últimos 5 años en Ecuador, así como en el desarrollo de infraestructuras adecuadas para soportar la electromovilidad en el país (AEADE, 2023). Dentro de este contexto, el diseño del chasis de GoKarts eléctricos es un área de estudio debido a que estos vehículos, conocidos por su agilidad y enfoque en el rendimiento permiten la implementación de aplicaciones tecnológicas e innovadoras en la movilidad eléctrica. El chasis, como elemento esencial en el vehículo, tiene un papel crucial en el desempeño y la seguridad del vehículo. En el caso de los GoKarts eléctricos, el diseño del chasis tiene condiciones específicas relacionadas con la distribución del peso y la resistencia estructural. En esta línea, el análisis por elementos finitos (FEA) se presenta como una herramienta indispensable para evaluar las cargas dinámicas y las deformaciones a las que se somete el chasis, así como para optimizar su rendimiento y seguridad según las necesidades (Hoster, et al., 2023; Ingeniería y Mecánica Automotriz, s.f; Giraldo, G., 2024).

El presente problema consiste en identificar y describir de manera clara la situación desafiante que implica reconocer la necesidad de diseñar un chasis para GoKart eléctrico que se ajuste a las regulaciones y estándares establecidos por la Federación Ecuatoriana de Automovilismo y Kartismo (FEDAK), al mismo tiempo que optimice su eficiencia energética, resistencia estructural y rendimiento dinámico (Hoster, et al., 2023; Ingeniería y Mecánica Automotriz, s.f).

Este enfoque sistemático para el diseño de chasis en competencia de kartismo es fundamental, considerando las condiciones de carga, las características, las regulaciones y restricciones de la FEDAK. Además, se requiere la implementación del análisis por elementos finitos para evaluar las condiciones de esfuerzo y optimizar la resistencia y rigidez del chasis. La aplicación de estos principios no solo mejorará el rendimiento del GoKart en las competencias, sino que también permitirá comprender las limitaciones y restricciones que afectan al diseño del chasis (Hoster, et al., 2023; Ingeniería y Mecánica Automotriz, s.f).

Fundamentación teórica.

FEA.

La investigación se basa en la modificación de un chasis existente de combustión interna a uno eléctrico y su análisis por elementos finitos (FEA), buscando mejorar el rendimiento y la eficacia de estos vehículos eléctricos en el contexto de la movilidad sostenible y la electromovilidad. El diseño óptimo del chasis y el análisis de las condiciones de esfuerzo permiten realizar un estudio, para garantizar la integridad estructural del vehículo y la protección de los usuarios, al mismo tiempo que se maximiza su rendimiento dinámico y eficiencia energética. Esta investigación contribuirá al avance tecnológico en la electromovilidad y tendrá un impacto en la seguridad y competitividad de los vehículos eléctricos en el mercado, promoviendo una transición hacia carreras más eficientes y menos contaminantes (Giraldo, G., 2024).

Enfoque y Limitaciones.

El estudio se enfoca en las competencias de kartismo y la modificación y adaptación de un chasis de combustión interna a un GoKart eléctrico en Quito, Ecuador, específicamente en la pista homologada por la FIA, Kartódromo dos hemisferios. No se contempla la construcción física

del chasis, si no el uso de herramientas de software para modelar y simular las modificaciones necesarias.

Materiales y Métodos.

Materiales.

Aleaciones de aluminio.

Las aleaciones de aluminio son ampliamente utilizadas en diversas aplicaciones, incluyendo el diseño de chasis para vehículos como el GoKart eléctrico, debido a su combinación única de propiedades mecánicas, resistencia a la corrosión y facilidad de procesamiento (Bakewell, 2014). Estas aleaciones presentan numerosas ventajas, como su alta resistencia a la corrosión, bajo peso específico y facilidad de conformado y mecanizado (Spira, 2021). Sin embargo, también tiene limitaciones, como una resistencia inferior en comparación con algunos materiales como el acero A4031 y una menor resistencia a altas temperaturas.

Una de las aleaciones más comunes en aplicaciones automotrices es el aluminio 6061. Esta aleación es reconocida por su excelente resistencia mecánica y su capacidad para soportar cargas dinámicas y estáticas durante condiciones de operación. La elección del Aluminio 6061 es crucial para garantizar un equilibrio óptimo entre cargas aplicadas, aceleración, desaceleración y fatiga y durabilidad en el chasis (Rosas, Ávila y Zamora, 2015).

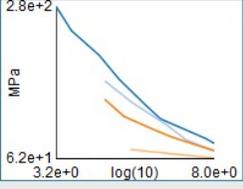
La alta resistencia a la corrosión, buena conductividad térmica y una favorable relación resistencia-peso hacen que el aluminio 6061 sea ideal para aplicaciones estructurales en chasis de GoKart. Estas características lo convierten en material idóneo porque asegura la integridad estructural del GoKart también la seguridad y el rendimiento óptimo en diversas condiciones de operación (Rosas, Ávila y Zamora, 2015).

Las propiedades mecánicas requeridas para el aluminio 6061 utilizado en el chasis deben cumplir con los requisitos de rendimiento y seguridad. Algunas de las propiedades más importantes a considerar son:

- **Resistencia a la tracción:** El material debe ser capaz de soportar cargas de tracción que se generan durante la aceleración del GoKart. El aluminio 6061 ofrece una resistencia máxima de aproximadamente 110-310 MPa, lo que lo hace adecuado a soportar cargas dinámicas (Rosas, Ávila y Zamora, 2015).
- **Módulo de elasticidad:** Debe contar con un alto módulo de elasticidad para garantizar la rigidez del chasis y minimizar la deformación bajo cargas aplicadas. Con un módulo de 68GPa de modulo proporciona una rigidez adecuada para mantener la integridad estructural del vehículo y minimizar la deformación bajo cargas (Ponce, 2005).
- **Resistencia a la fatiga:** El chasis está sujeto a cargas cíclicas durante su vida útil, por lo que es crucial considerar la resistencia a la fatiga para evitar fallos prematuros. Aunque el aluminio 6061 tiene una desventaja en términos de resistencia a la fatiga, su alta resistencia a la corrosión y la facilidad de procesamiento se compensan, convirtiéndolo así un material óptimo (MAPFRE, 2001).
- **Ductilidad:** Uno de los aspectos clave a considerar es la capacidad del material para permitir una pequeña deformación plástica antes de la falla, lo que podría ayudar a absorber energía en caso de impacto. El aluminio 6061 presenta una buena ductilidad, permitiendo deformarse plásticamente antes de la falla, lo cual es beneficioso en caso de colisión o cargas repentinas (Araujo, 2023).

Figura 1

Propiedades de aleación del Aluminio 6061.

Density	2,713e-06 kg/mm ³
Structural	
▼ Isotropic Elasticity	
Derive from	Young's Modulus and Poisson's Ratio
Young's Modulus	69040 MPa
Poisson's Ratio	0,33000
Bulk Modulus	67686 MPa
Shear Modulus	25955 MPa
Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion	2,3e-05 1/°C
Compressive Ultimate Strength	0 MPa
Compressive Yield Strength	259,20 MPa
S-N Curve	
Tensile Ultimate Strength	313,10 MPa
Tensile Yield Strength	259,20 MPa

Nota: En este grafico se observa las propiedades del aluminio 6061. Tomado de ANSYS, Inc., 2024.

Acero de alta resistencia.

El acero de alta resistencia es una opción destacada en el diseño de chasis para vehículos como el GoKart debido a sus propiedades mecánicas superiores y su capacidad para soportar cargas dinámicas y estáticas durante la operación.

Estas aleaciones de acero están diseñadas para ofrecer una combinación óptima de resistencia, rigidez y durabilidad, lo que las convierte en una elección atractiva para aplicaciones estructurales.

La selección de un acero de alta resistencia adecuado para el chasis del GoKart es crucial para garantizar un rendimiento óptimo y una seguridad adecuada. Los aceros de alta resistencia, como el AISI 4130 o el AISI 4140, son conocidos por su excelente resistencia a la tracción y su capacidad para resistir impactos y cargas repetidas sin deformación permanente.

El acero de alta resistencia se compara favorablemente con otros materiales, como aleaciones de aluminio y los materiales compuestos, en términos de resistencia, rigidez y su peso. Poseen capacidad para soportar cargas extremas lo que lo convierte en ideal para aplicaciones estructurales en un GoKart de alto rendimiento.

Las propiedades mecánicas requeridas para el acero A4130 que se deberían usar en un chasis deben cumplir con los requisitos de rendimiento y seguridad. Algunas propiedades más importantes para considerar:

- **Resistencia a la tracción:** El material debe ser capaz de soportar las cargas de tracción generadas durante la aceleración del GoKart. El acero A4130 ofrece una resistencia máxima de aproximadamente 590-760 MPa, lo que lo hace adecuado para soportar cargas dinámicas (Rosas, Ávila y Zamora, 2015).
- **Módulo de elasticidad:** Debe contar con un alto módulo de elasticidad para garantizar la rigidez del chasis y minimizar la deformación bajo cargas aplicadas. Con un módulo de elasticidad de aproximadamente 205 GPA, el acero A4130 proporciona una rigidez adecuada para mantener la integridad estructural del vehículo y minimizar la deformación bajo cargas (Ponce, 2005).
- **Resistencia a la fatiga:** El chasis está sujeto a cargas cíclicas durante su vida útil, por lo que es un factor importante a considerar para evitar fallos prematuros. Tiene una buena resistencia a la fatiga, lo que también lo hace adecuado para soportar ciclos repetitivos de carga sin fallar prematuramente (MAPFRE, 2001).
- **Ductilidad:** La capacidad del material para permitir una deformación plástica antes de la falla, lo que puede ayudar a absorber energía en caso del impacto. El acero A4130 presenta

una buena ductilidad, permitiendo que se deforme antes de la falla, lo cual es beneficioso en caso de colisión cargas repetidas (Araujo, 2023).

Figura 2

Propiedades de aleación del Acero A4130.

Resistencia a tracción: 590-760 MPa
Límite elástico: 480-590 MPa
Elongación: 23-30%
Dureza Rockwell: 90-96
Densidad: 7833 kg/m ³

Nota: Lista de las principales propiedades del acero A4130. Tomado de Borda, 2018.

Metodología.

Tipo de metodología.

La metodología propuesta se basa en el análisis teórico utilizando herramientas de análisis por elementos finitos en este caso en el software ANSYS. FEA es una técnica ampliamente utilizada y validada para modelar y simular el comportamiento de estructuras complejas como los chasis de los vehículos. (Hoster, et al., 2023; Ingeniería y Mecánica Automotriz, s.f.; Giraldo, G., 2024).

Proceso de Diseño y Análisis.

Los procesos realizados durante el diseño y análisis fueron los siguientes:

- **Recopilación de datos:** Los resultados obtenidos se recopilarán luego de analizar y filtrar los datos relevantes sobre las condiciones de carga y las regulaciones locales (FEDAK) en cuanto a peso y dimensiones.

- **Modelado FEA:** Con los datos previamente investigados, se desarrollará el modelo del chasis de manera precisa.
- **Simulaciones:** Se realizarán simulaciones de curvas abierta, cerrada y en “S”, para analizar y optimizar la resistencia, rigidez y rendimiento del chasis.

La metodología permitirá una evaluación integral del chasis del GoKart eléctrico, combinando un riguroso análisis de los resultados de simulaciones. Al utilizar ANSYS para realizar simulaciones detalladas, se garantizará que el diseño del chasis no solo cumpla con las especificaciones y regulaciones locales (FEDAK), si no también se maximice su rendimiento y durabilidad bajo diversas condiciones operativas. Este enfoque meticuloso y sistemático asegura que las decisiones de diseño estén basadas en datos sólidos y simulaciones precisas, promoviendo así un avance significativo en la eficiencia y seguridad de los GoKart.

Requerimientos de la FEDAK.

Los requerimientos establecidos por la FEDAK y Kartismo garantizan que los vehículos cumplan con los estándares de seguridad y rendimiento necesarios para las competencias de kartismos. Los principales requerimientos son los siguientes (FEDAK, 2024):

- **Dimensiones del chasis:** Longitud máxima de 1800mm, anchura máxima de 1400mm y una altura máxima de 600mm.
- **Peso del vehículo:** Peso mínimo con piloto de 150kg y máximo de 200kg.
- **Materiales permitidos:** El chasis debe estar construido con materiales aprobados, como el acero y aleaciones de aluminio.
- **Resistencia y seguridad:** El chasis debe ser capaz de soportar cargas dinámicas y estáticas durante las condiciones de operación incluyendo aceleraciones, curvas cerradas, curvas abiertas y curvas en S.

- **Distribución del peso:** El chasis debe garantizar una distribución equilibrada del peso para mejorar la estabilidad y maniobrabilidad del vehículo.
- **Rigidez estructural:** El chasis debe mantener una rigidez adecuada para minimizar las deformaciones bajo cargas aplicadas asegurando así la integridad estructural del vehículo.

Resultados y Discusión.

Refinamiento y convergencia del mallado.

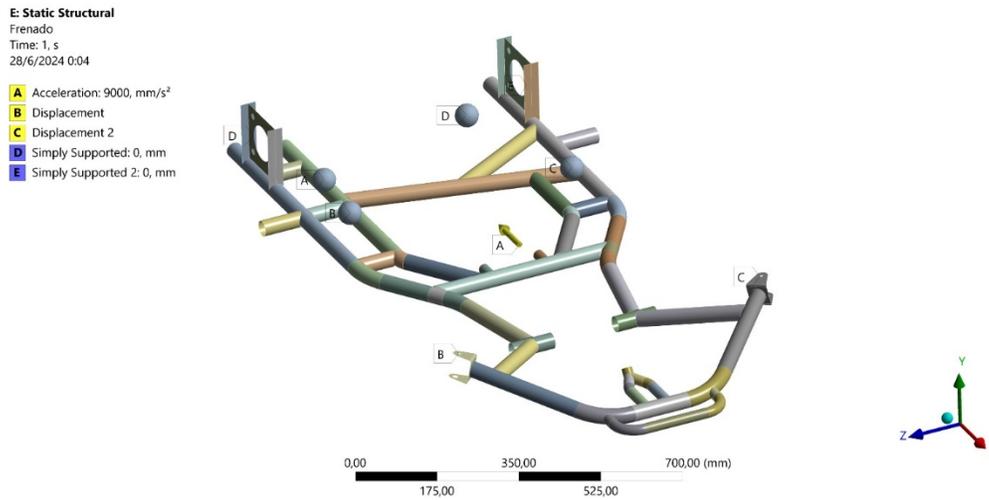
Durante todo el proceso de resultados el análisis estructural figura 3, no cambiará debido a que las cargas distribuidas irán en la misma ubicación siendo que la única variable que se modifica es la aceleración centrípeta y se especificará en cada análisis de resultado.

El proceso de análisis estructural del chasis se inicia con la malla de 4 mm, cuya calidad se describe detalladamente en las figuras 4 y 5 proporcionadas, la calidad de la malla varía, con un error límite configurado en un 5%, siendo el mínimo valor de calidad 0.11878 y el máximo 0.99965. La malla cuenta con 52.948 nodos y 53.124 elementos.

En la figura 6 la calidad de la malla nos indica que la mayoría de los elementos tiene una calidad alta, cercana a 1.0, lo que indica que el mallado está bien configurado y los elementos son geoméricamente ideales, también en rangos de calidad más bajos nos indica que podemos mejorar nuestro mallado para evitar distorsiones y asegurar resultados precisos.

Figura 3

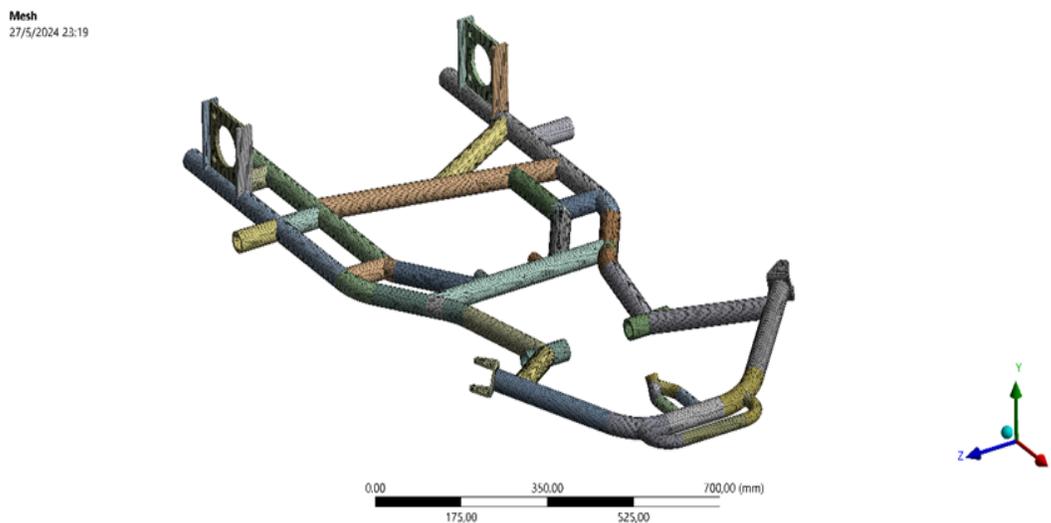
Análisis estructural.



Nota: Análisis estructural aplicado para todas las simulaciones referente a cargas. Tomado de ANSYS, por Vargas J, Aguirre M, 2024.

Figura 4

Malla seleccionada del chasis.



Nota: La imagen demuestra el chasis con su malla seleccionada. Tomado de ANSYS, por Vargas J, Aguirre M, 2024.

Figura 5

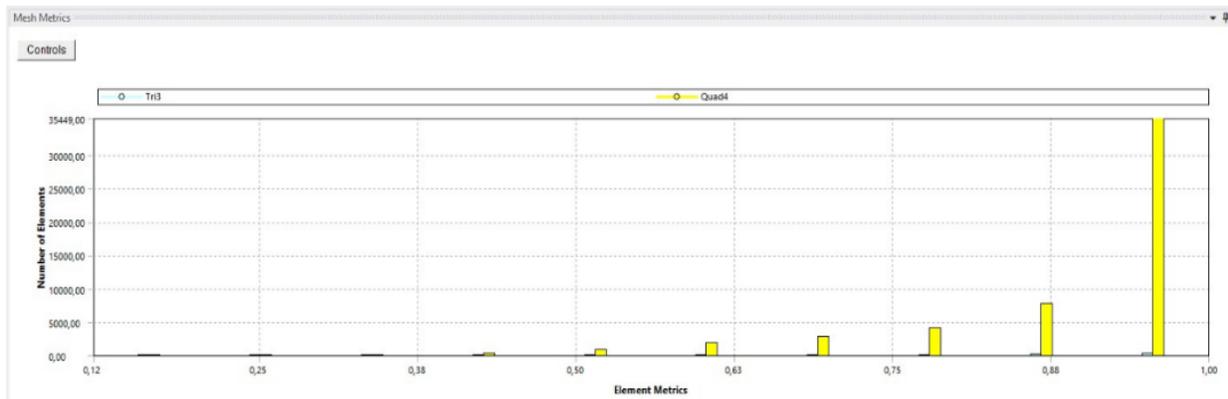
Información de calidad de malla seleccionada.

<input type="checkbox"/> Quality	
Check Mesh Quality	Yes, Errors
Error Limits	Aggressive Mechanical
<input type="checkbox"/> Target Element Quality	Default (5,e-002)
Smoothing	Medium
Mesh Metric	Element Quality
<input type="checkbox"/> Min	0,11878
<input type="checkbox"/> Max	0,99965
<input type="checkbox"/> Average	0,90629
<input type="checkbox"/> Standard Deviation	0,11701
<input checked="" type="checkbox"/> Inflation	
<input checked="" type="checkbox"/> Batch Connections	
<input checked="" type="checkbox"/> Advanced	
<input checked="" type="checkbox"/> Statistics	
<input type="checkbox"/> Nodes	52948
<input type="checkbox"/> Elements	53124
Show Detailed Statistics	No

Nota: Propiedades detalladas de la calidad de la malla seleccionada. Tomado de ANSYS, por Vargas J, Aguirre M, 2024.

Figura 6

Calidad de los elementos del mallado.



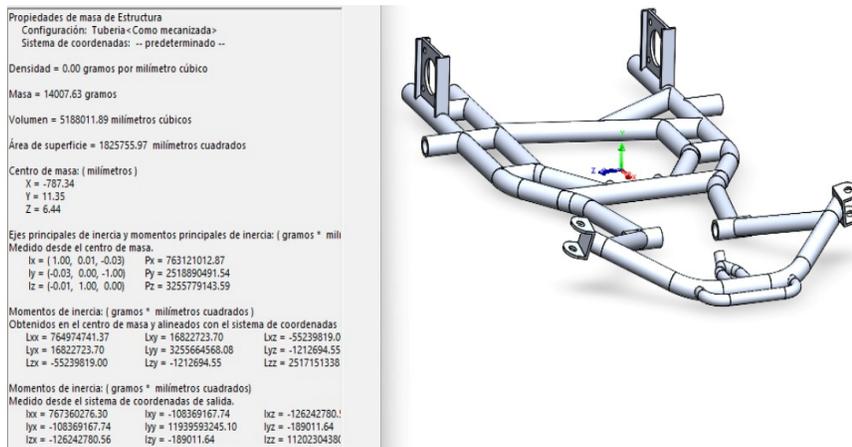
Nota: Foto de la calidad apreciada de los elementos del mallado. Tomado de ANSYS, por Vargas J, Aguirre M, 2024.

En la figura 7 se observa el chasis en una vista isométrica con los datos de las propiedades de masa de estructura donde sus datos más importantes son su masa que es de 14 kg y un volumen de 5188011.89 milímetros cúbicos, compuesta por varios tubos interconectados y dos soportes

ubicados en ambos extremos donde se ubicarán los ejes para los neumáticos y adicional las dimensiones generales de aproximadamente 700 mm de largo. Las esferas simbolizan los puntos de cargas y en este caso, se considera al piloto con un peso de 80 kg, dos baterías de 13 kg y un motor eléctrico de 12 kg todos estos datos podemos los podemos observar en la tabla 1, su correcta distribución del peso asegura una adecuada estabilidad y maniobrabilidad del GoKart.

Figura 7

Propiedades de masa de estructura.



Nota: Datos detallados de la estructura del chasis. Tomado de ANSYS, por Vargas J, Aguirre M, 2024.

Tabla 1

Valores aplicados para simulación en chasis

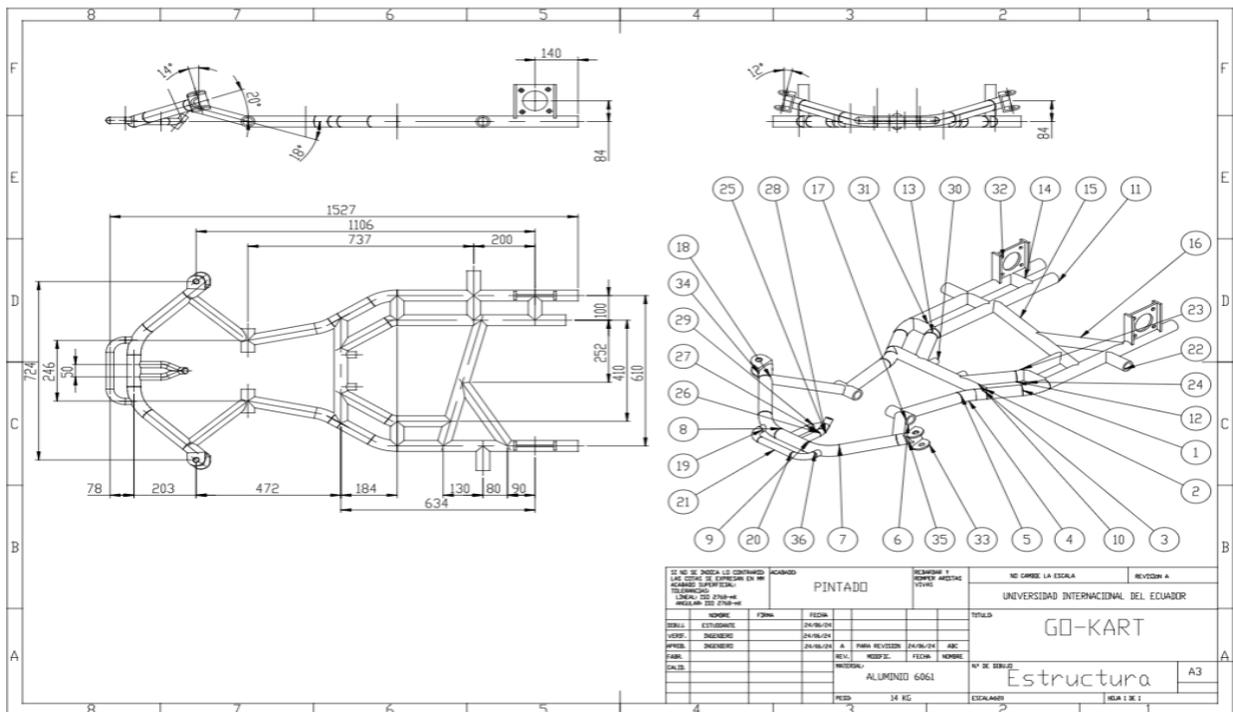
Detalle de pieza	Cantidad	Peso
Motor eléctrico	1	12 kg
Batería	2	13kg
Piloto	1	80kg
Total	4	118kg

Nota: Valores que se usaron para la simulación de curvas y frenado. Tomado de ANSYS, por Vargas J, Aguirre M, 2024.

En la figura 8, se presenta una vista superior del chasis del GoKart eléctrico. La estructura tubular se muestra con dimensiones detalladas y precisas, destacando varios puntos críticos de la estructura. Se pueden observar varios puntos críticos, como los puntos de intersección y soporte, donde se ubicarán los ejes de los neumáticos.

Figura 8

Plano del chasis del GoKart.



Nota: Plano con las dimensiones y acotado del chasis escala 1:1. Tomado de ANSYS, por Vargas J, Aguirre M, 2024.

Descripción detallada del plano:

Dimensiones generales: La estructura tiene una longitud total de 1527 mm y un ancho de 610 mm.

Puntos claves: Se destacan las distancias entre varios puntos críticos, como los 737 mm entre el eje delantero y el punto medio del chasis, 472 mm desde el extremo delantero hasta el soporte central, y 184 mm desde el soporte central hasta el punto posterior.

Soportes y conexiones: Las distancias entre los puntos de conexión, como los 90 mm y 130 mm entre algunos de los soportes, aseguran una distribución uniforme de las cargas y una rigidez estructural óptima.

Detalles adicionales: La figura incluye medidas precisas para garantizar la estabilidad del diseño como los 203 mm desde el extremo delantero hasta el primer soporte, y los 78 mm desde el extremo delantero hasta el eje de la rueda delantera.

La información proporcionada es vital para evaluar la capacidad del chasis para manejar cargas dinámicas y estáticas. Los ángulos y curvas de los tubos están diseñados para optimizar la resistencia y rigidez del chasis. Los valores específicos que se detallan reflejan la atención a la estabilidad y durabilidad del diseño. Las dimensiones y configuraciones detalladas en esta figura son esenciales para el diseño y análisis del chasis del GoKart eléctrico, garantizando que cumpla con las especificaciones de rendimiento y seguridad establecidas por la FEDAK.

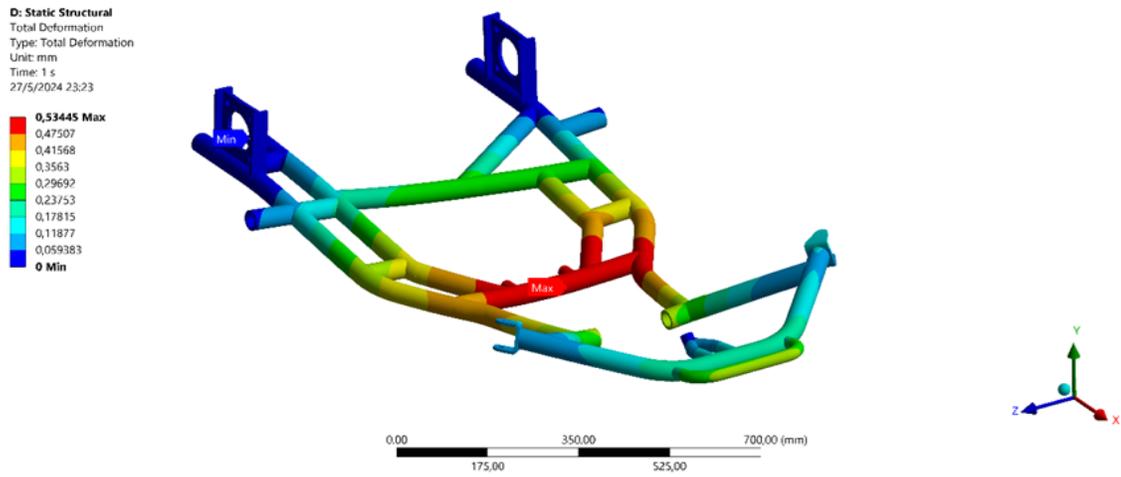
4.2.1 Análisis de resultados simulados.

Una vez cumplido con los requisitos de la FEDAK, se procedió con la interpretación de los resultados simulados en ANSYS inicialmente solo bajo cargas aplicadas.

La figura 9 muestra un análisis de deformación total de la estructura, destacado las áreas de mayor y menor deformación en una escala de colores. La deformación máxima se encuentra en la parte central interior de la estructura donde se indicada en color rojo con un valor de 0,535445 mm, mientras que las áreas de menor de formación se muestran en colores el azul y verde.

Figura 9

Análisis estructural-deformación total.

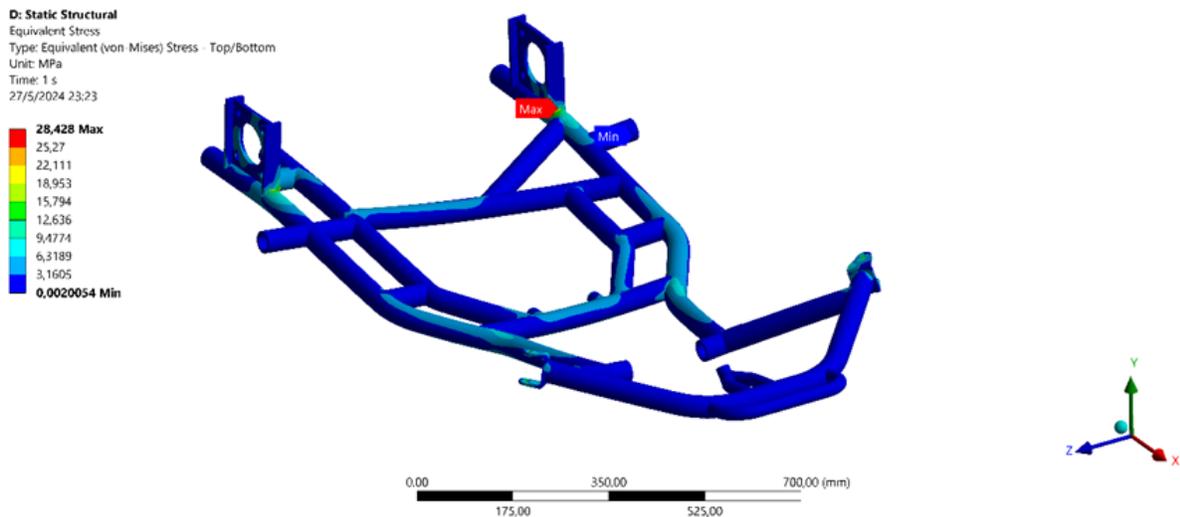


Nota: Deformación central del chasis. Tomado de ANSYS, por Vargas J, Aguirre M, 2024.

En la figura 10 se presenta un análisis de tensión equivalente de la estructura del chasis, las áreas de mayor tensión se indican en color rojo con un valor máximo de 28.428 MPa siendo esta su área de mayor estrés, mientras que las áreas de menor tensión se muestran en azul, proporcionando información crucial para el diseño y la optimización.

Figura 10

Análisis de tensión equivalente (Von Mises-Stress).

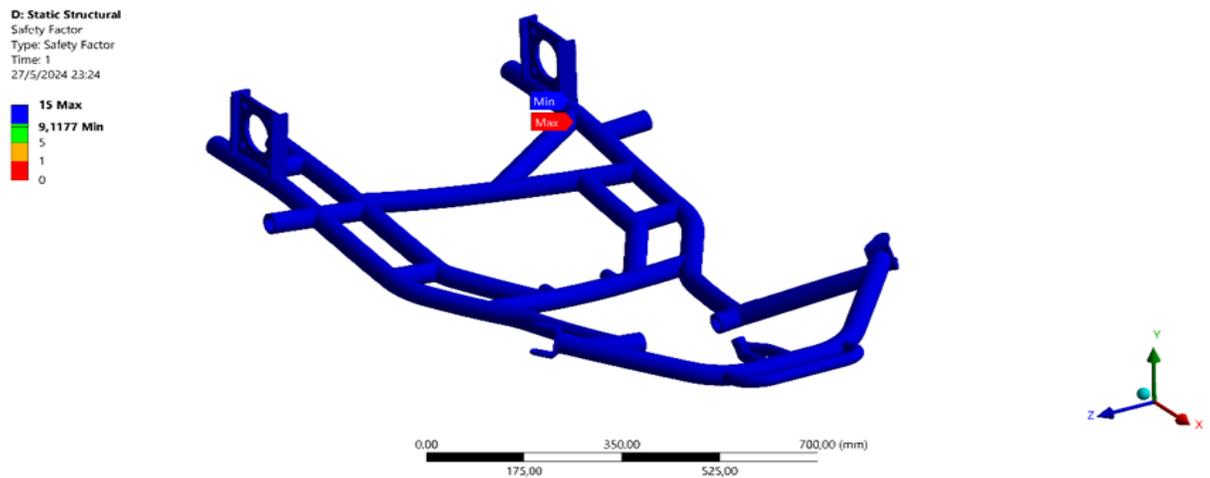


Nota: Valores de estrés en escala Von Mises. Tomado de ANSYS, por Vargas J, Aguirre M, 2024.

En la figura 11 se muestra el factor de seguridad de la estructura, con valor que van desde un mínimo de 0 y un máximo de 15, el resultado obtenido es de 9.1177 un valor que nos indica que cumple con el factor de seguridad óptimo.

Figura 11

Factor de seguridad.



Nota: Valores de factor de seguridad con cargas aplicadas. Tomado de ANSYS, por Vargas J, Aguirre M, 2024.

Análisis de resultados curva cerrada

Fórmula para cálculo de aceleración centrípeta en curva cerrada.

- **Variables y formulas:**

Para calcular la aceleración centrípeta en una curva se utilizan las siguientes variables y formulas:

- **Velocidad de vehículo (V):**

$$V = 40 \text{ km/h}$$

- **Radio de la curva (r):**

$$r = 3.5 \text{ m}$$

- **Aceleración debida a la gravedad (g):**

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

- **La aceleración centrípeta se calcula utilizando la formula (ag):**

$$ag = \frac{v}{r} \cdot g = 3.5957$$

- **Finalmente, la aceleración total en mm/s² se calcula como:**

$$a = ag \cdot g = 35273.3686 \text{ mm/s}^2$$

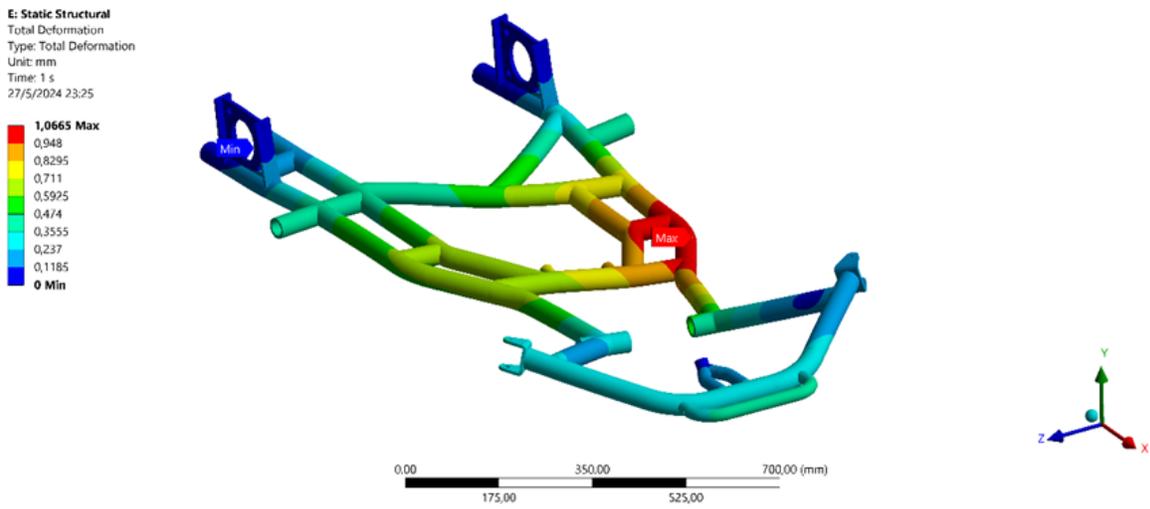
Fuente: (Vargas J, Aguirre M, 2024)

A partir de la ecuación, se continuo con la interpretación de los resultados simulados en ANSYS. La estructura esta con condiciones específicas de carga dinámica siendo su aceleración centrípeta de 35273.3686 mm/s².

En la figura 12 se muestra la deformación total de la estructura bajo condición de la carga de una curva cerrada, con la máxima deformación indicada en rojo de 1.0655 mm marcada en lado LH del chasis siendo esta la más afectada y la mínima en azul, proporcionando una visión clara de las áreas más afectadas por esta condición de carga.

Figura 12

Análisis estructural-deformación total.

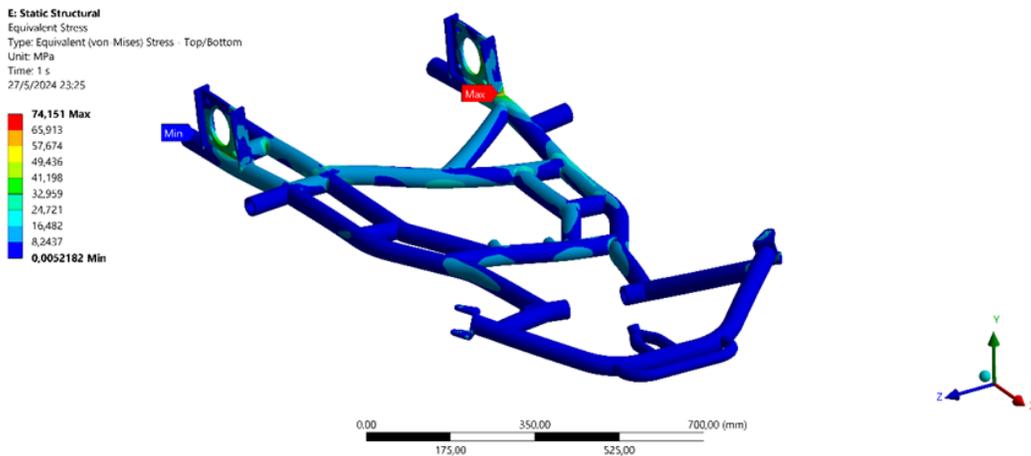


Nota: Valores de deformación estructural del chasis. Tomado de ANSYS, por Vargas J, Aguirre M, 2024.

En la figura 13, se analiza el resultado del análisis de Vos Mises de la estructura bajo las condiciones de la carga de una curva cerrada. Teniendo una máxima tensión que se encuentra en la parte superior de la estructura o soporte del eje de llanta LH, con un valor de 74.151 MPa, donde se destaca el área crítica que puede requerir refuerzos.

Figura 13

Von Mises bajo curva cerrada.

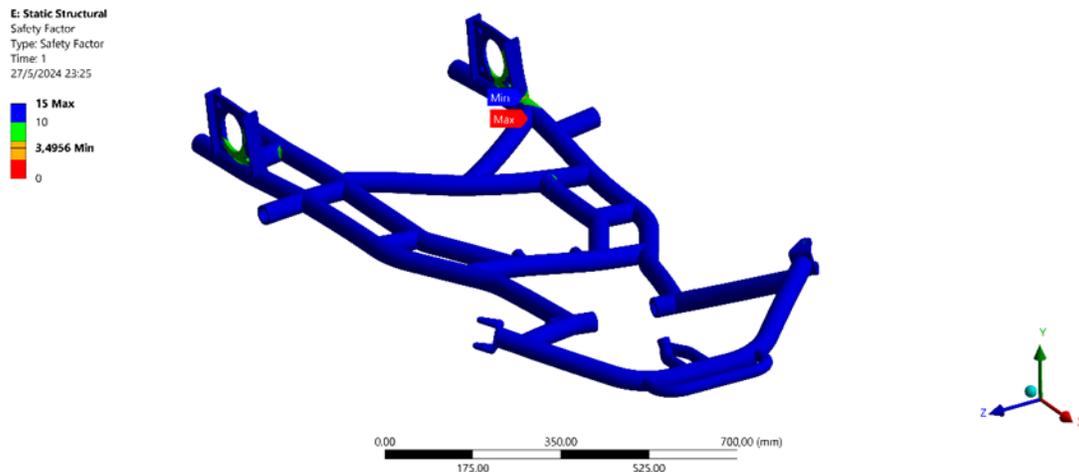


Nota: Valores de estrés en escala Von Mises. Tomado de ANSYS, por Vargas J, Aguirre M, 2024.

En la figura 14 el factor de seguridad de la estructura bajo las condiciones de carga de la curva cerrada, los valores que varían desde un mínimo de 0 y nuestro resultado es de 3.4956 (en naranja) hasta un máximo de 15 (en azul) nos indican que el factor de seguridad es bueno porque se puede reforzar el área crítica con cordón de soldadura para aumentar este factor de seguridad, para asegurar la integridad estructural bajo condiciones dinámicas extremas.

Figura 14

Factor de seguridad.



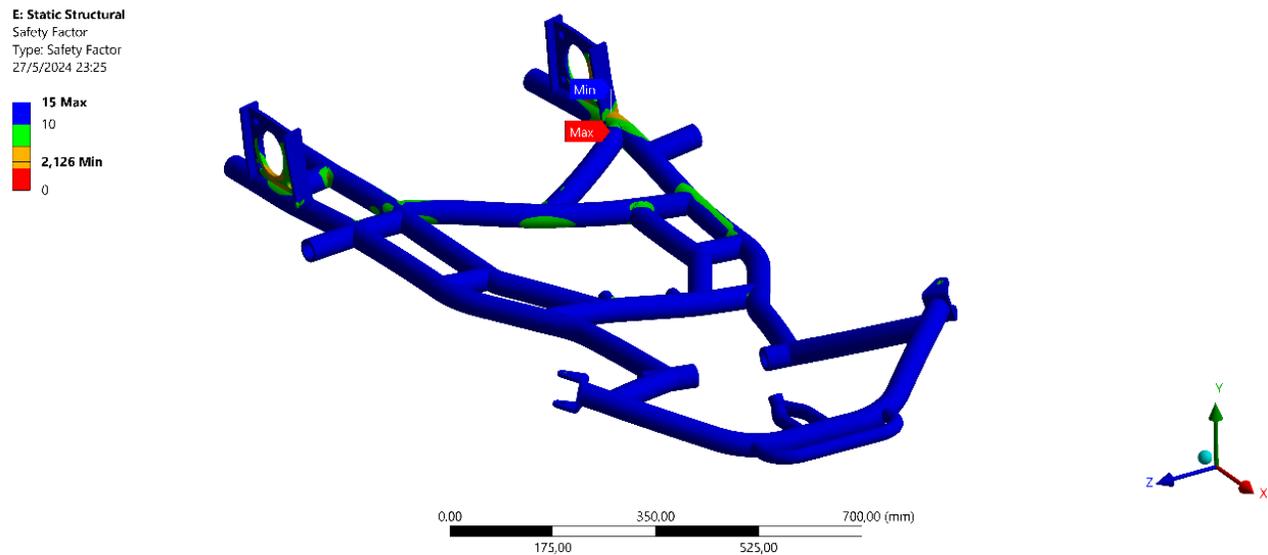
Nota: Valores de factor de seguridad en curva cerrada. Tomado de ANSYS, por Vargas J, Aguirre M, 2024.

En la figura 15 se presenta un análisis del factor de seguridad en fatiga para un chasis de GoKart en una simulación de curva cerrada, crucial para evaluar la resistencia del chasis bajo condiciones de carga cíclica severa. Los valores del factor de seguridad (FS) se representan por una escala de colores; azul para FS elevado y rojo para FS reducido. Las áreas en azul, experimentan menores esfuerzos y están diseñadas para resistir las cargas aplicadas sin un riesgo significativo de

falla por fatiga. En las áreas en rojo sometidas a mayores tensiones cíclicas, indicando puntos críticos que requieren refuerzos adicionales para evitar fallo estructural.

Figura 15

Factor de seguridad en fatiga.



Nota: Valores de factor de seguridad en fatiga bajo curva cerrada. Tomado de ANSYS, por Vargas J, Aguirre M, 2024.

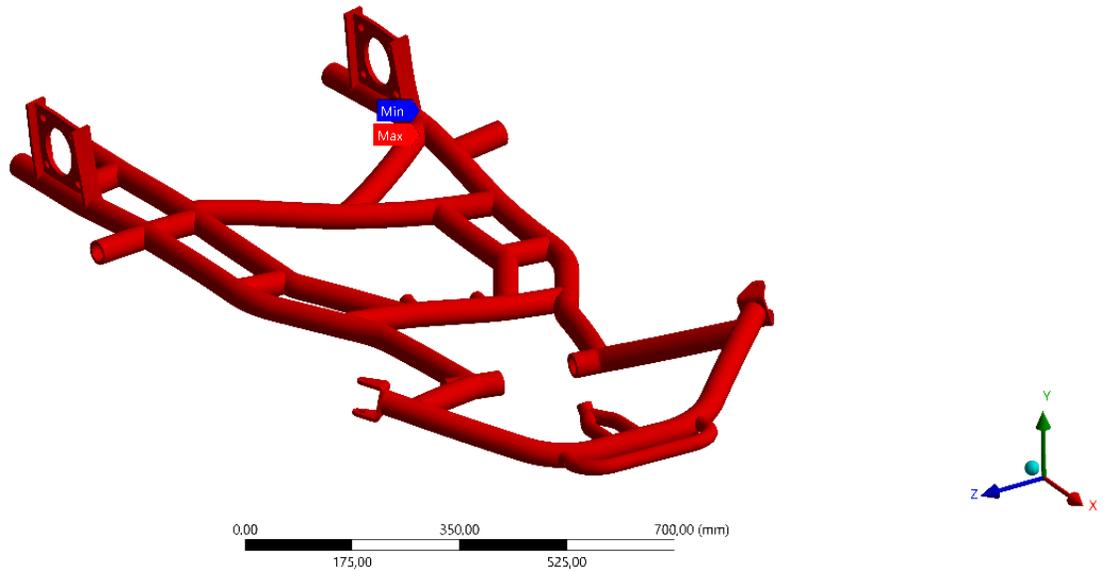
En la figura 16 se ilustra el análisis de ciclos de vida del chasis de un GoKart en una curva cerrada, esencial para predecir su durabilidad bajo cargas cíclicas. En todo el chasis se observa que con un resultado de $1e8$ de ciclos no existirá falla esta se considera como una vida “infinita”, es decir que bajo estas condiciones de simulación no habrá fallo en fatiga.

Figura 16

Ciclos de vida.

E: Static Structural
Life
Type: Life
27/5/2024 23:26

1e8 Max
1e8 Min



Nota: Valores de ciclos de vida en curva cerrada. Tomado de ANSYS, por Vargas J, Aguirre M, 2024.

Análisis de resultados de curva en “S”.

Fórmula para cálculo de aceleración centrípeta en curva “S”.

- **Variables y formulas:**

Para calcular la aceleración centrípeta en una curva se utilizan las siguientes variables y formulas:

- **Velocidad de vehículo (V):**

$$V = 45 \text{ km/h}$$

- **Radio de la curva (r):**

$$r = 3.9 \text{ m}$$

- **Aceleración debida a la gravedad (g):**

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

- La aceleración centrípeta se calcula utilizando la formula (a_g):

$$a_g = \frac{v}{r} \cdot g = 4.084$$

- Finalmente, la aceleración total en mm/s^2 se calcula como:

$$a = a_g \cdot g = 40064.1026 \text{ mm/s}^2$$

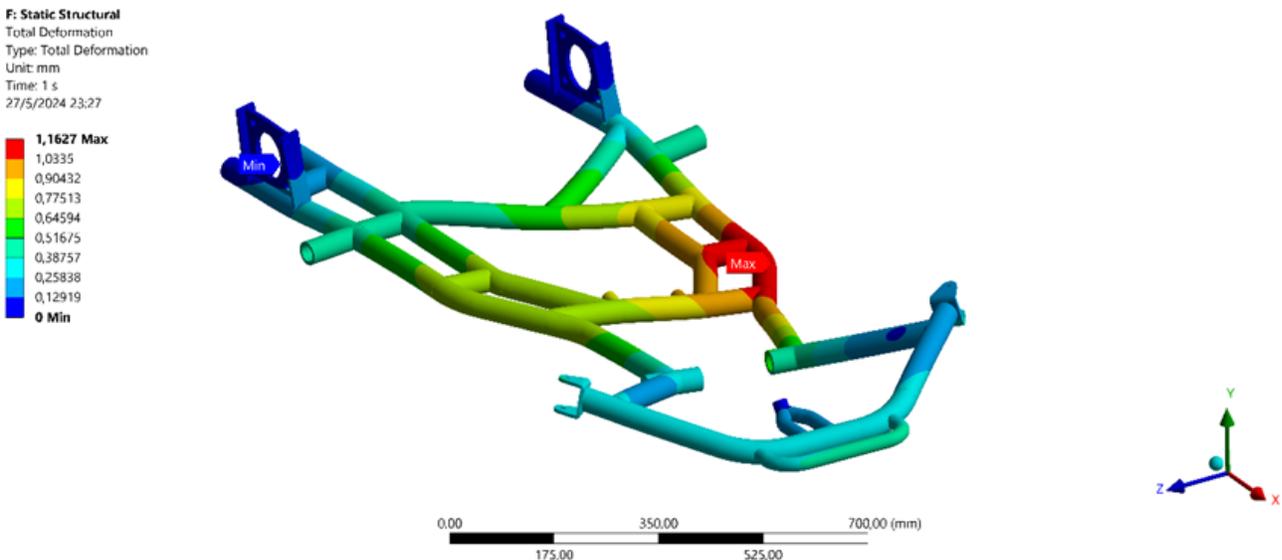
Fuente: (Vargas J, Aguirre M, 2024).

A partir de la ecuación, se continuo con la interpretación de los resultados simulados en ANSYS. La estructura esta con condiciones específicas de carga dinámica siendo su aceleración centrípeta de $40064.1026 \text{ mm/s}^2$.

En la figura 17 se presenta la deformación total de la estructura bajo la carga de una curva S. la deformación máxima se indica en rojo con un valor de 1.1624mm, mientras que la mínima se muestra en azul, proporcionando una visión clara de las áreas más afectadas por esta condición de carga.

Figura 17

Deformación total.

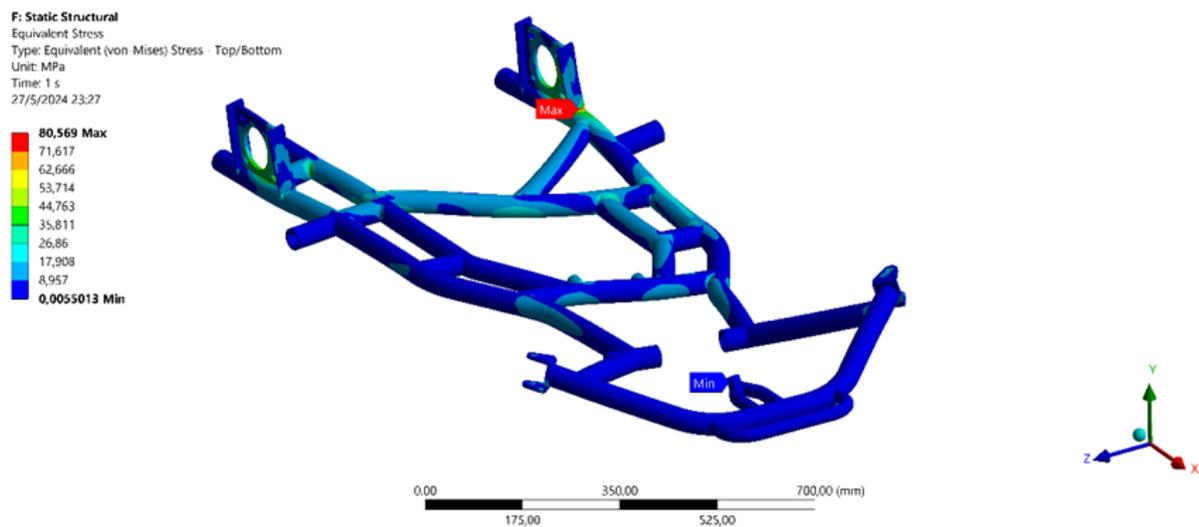


Nota: Valores de deformación en curva S. Tomado de ANSYS, por Vargas J, Aguirre M, 2024.

En la figura 18 se muestra el análisis de tensión equivalente (Von Mises) bajo la carga de una curva S. La máxima tensión se encuentra en la parte superior lateral de la estructura en el soporte del eje del neumático, con un valor de 80.569 MPa, destacando que es un área que necesita un refuerzo por lo que se debe aplicar técnicas de refuerzo de material.

Figura 18

Tensión equivalente curva S.

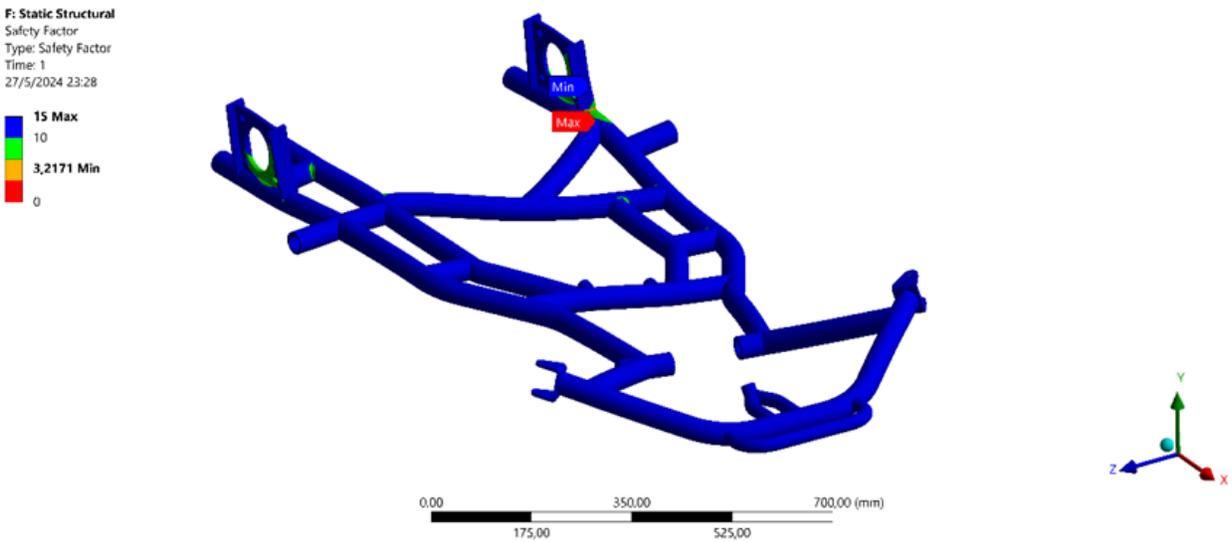


Nota: Valores en escala de Von Mises. Tomado de ANSYS, por Vargas J, Aguirre M, 2024.

En la figura 19 se observa el factor de seguridad de la estructura bajo las cargas, con valores que varían desde un mínimo de 3.2171 en rojo hasta un máximo de 15 en azul, proporcionando información esencial para asegurar la integridad estructural bajo condiciones dinámicas extremas, en este caso se aplicara el cordón de soldadura para reforzar el área crítica.

Figura 19

Factor de seguridad.

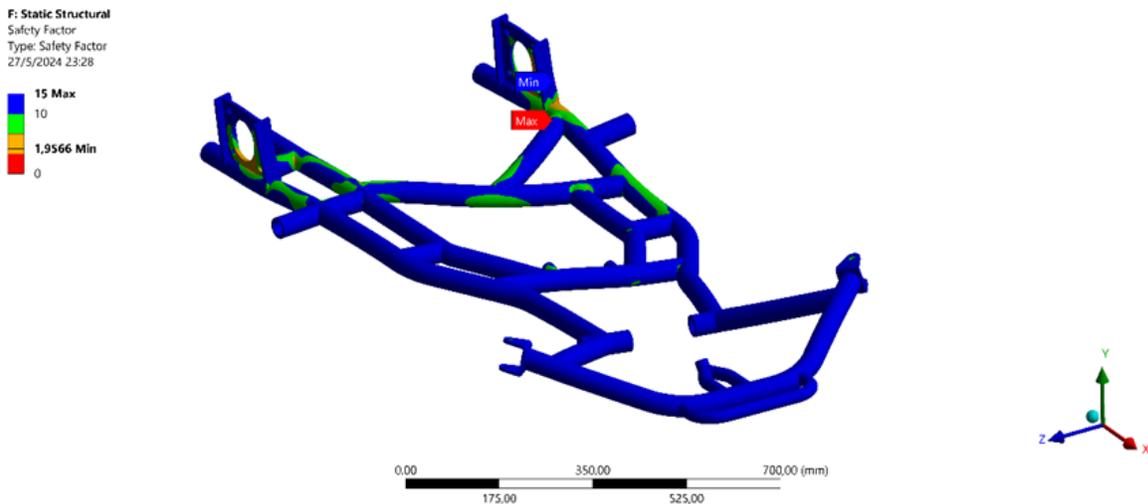


Nota: Valores de factor de seguridad en curva S. Tomado de ANSYS, por Vargas J, Aguirre M, 2024.

En la figura 20 se muestra un análisis del factor de seguridad bajo una condición adicional de la curva S, con valores mínimos de 0 y un resultado de 1.9566 en naranja hasta un máximo de 15 en azul, identificado nuevamente las áreas críticas de la estructura.

Figura 20

Factor de seguridad en fatiga.

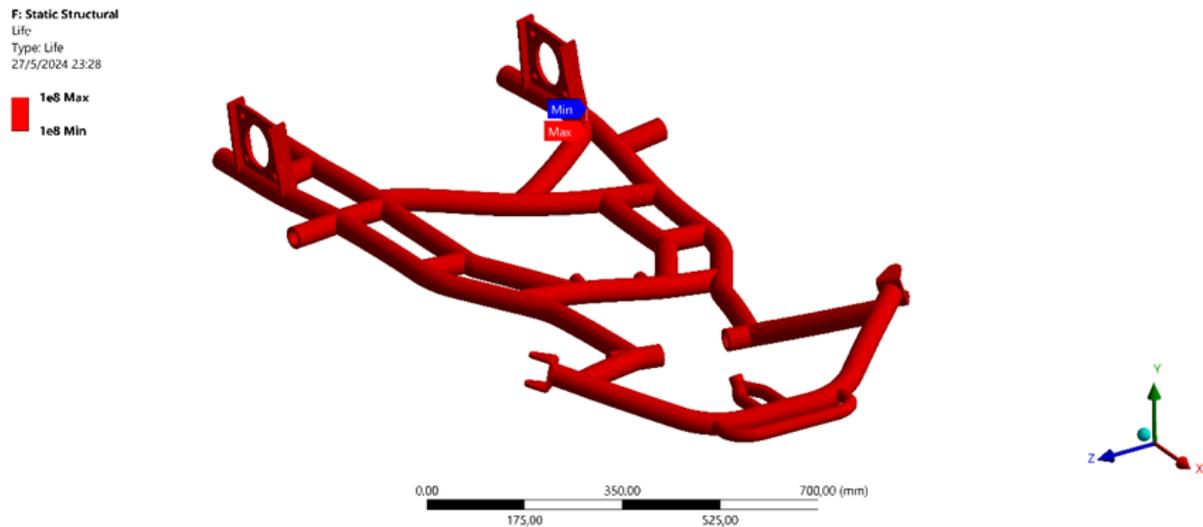


Nota: Valores de factor de seguridad bajo fatiga en curva S. Tomado de ANSYS, por Vargas J, Aguirre M, 2024.

El análisis de la figura 21 muestra que todas las partes del chasis tienen una vida útil muy alta al menos $1e8$ ciclos. Esto se interpreta como que el chasis, bajo estas condiciones de cargas simulada, no presentan puntos críticos, en termino prácticos, se podría considerar como que la vida útil del chasis es “infinita” en el sentido de que es improbable que falle debido a fatiga en estas condiciones de uso.

Figura 21

Vida útil.



Nota: Valores de vida útil bajo condiciones de curva S. Tomado de ANSYS, por Vargas J, Aguirre M, 2024.

Análisis de resultados de curva abierta.

Fórmula para cálculo de aceleración centrípeta en curva abierta.

- **Variables y formulas:**

Para calcular la aceleración centrípeta en una curva se utilizan las siguientes variables y formulas:

- **Velocidad de vehículo (V):**

$$V = 105 \text{ km/h}$$

- **Radio de la curva (r):**

$$r = 5.2 \text{ m}$$

- **Aceleración debida a la gravedad (g):**

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

- **La aceleración centrípeta se calcula utilizando la formula (ag):**

$$ag = \frac{v}{r} \cdot g = 16.6764$$

- **Finalmente, la aceleración total en mm/s² se calcula como:**

$$a = ag \cdot g = 1,636 * 10^5 \text{ mm/s}^2$$

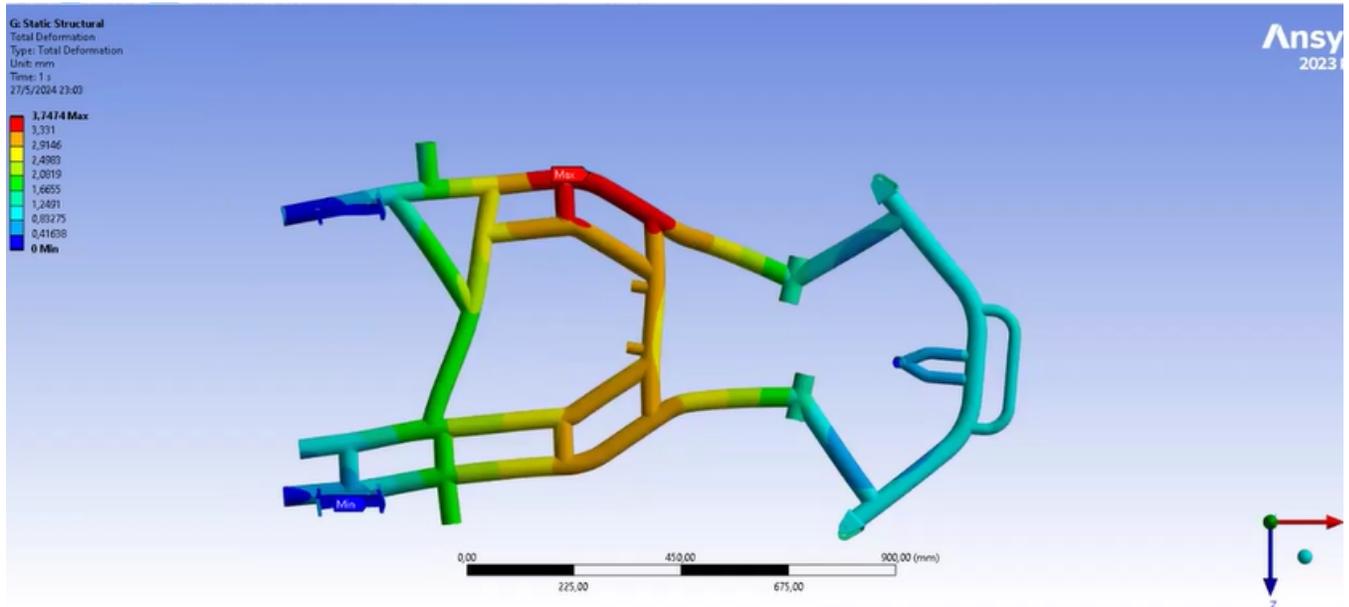
Fuente: (Vargas J, Aguirre M, 2024)

A partir de la ecuación, se continuo con la interpretación de los resultados simulados en ANSYS. La estructura esta con condiciones específicas de carga dinámica siendo su aceleración centrípeta de $1,636 * 10^5 \text{ mm/s}^2$.

En la figura 22 presenta la deformación total de la estructura bajo la carga de una curva abierta. La máxima deformaciones indica en rojo con un valor de 3.7474 mm, mientras que la mínima se muestra en azul. Esta visualización destaca las áreas más afectadas por la carga aplicada.

Figura 22

Deformación total.

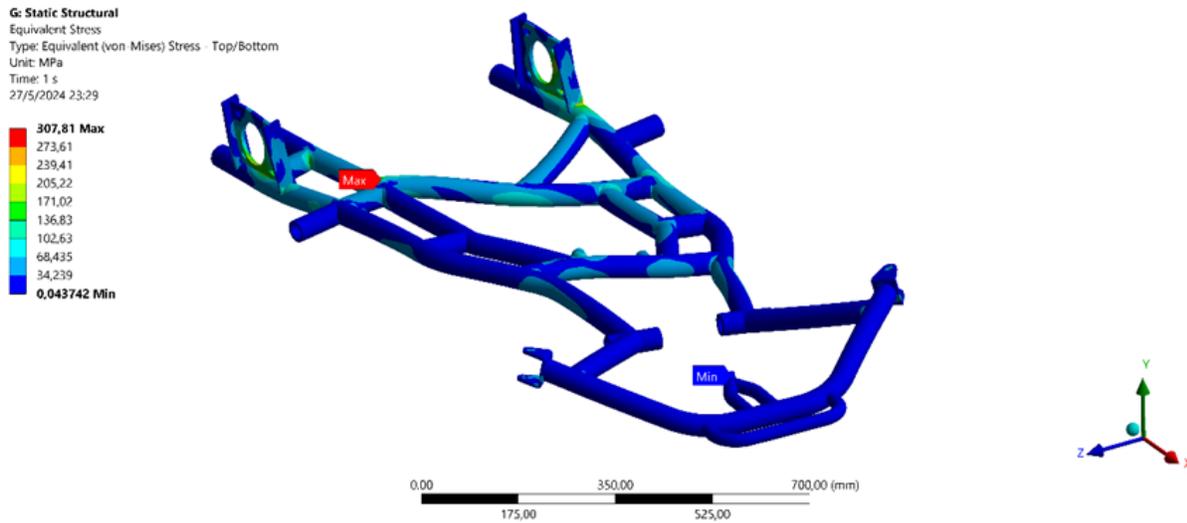


Nota: Valores de deformación en curva abierta. Tomado de ANSYS, por Vargas J, Aguirre M, 2024.

La figura 23 muestra el análisis de tensión equivalente (Von mises) bajo la condición de una curva abierta. La máxima tensión se encuentra en la parte superior de la estructura, con un valor de 307.81MPa, destacando las áreas críticas que podrían requerir refuerzo para prevenir fallos.

Figura 23

Tensión equivalente en curva abierta.

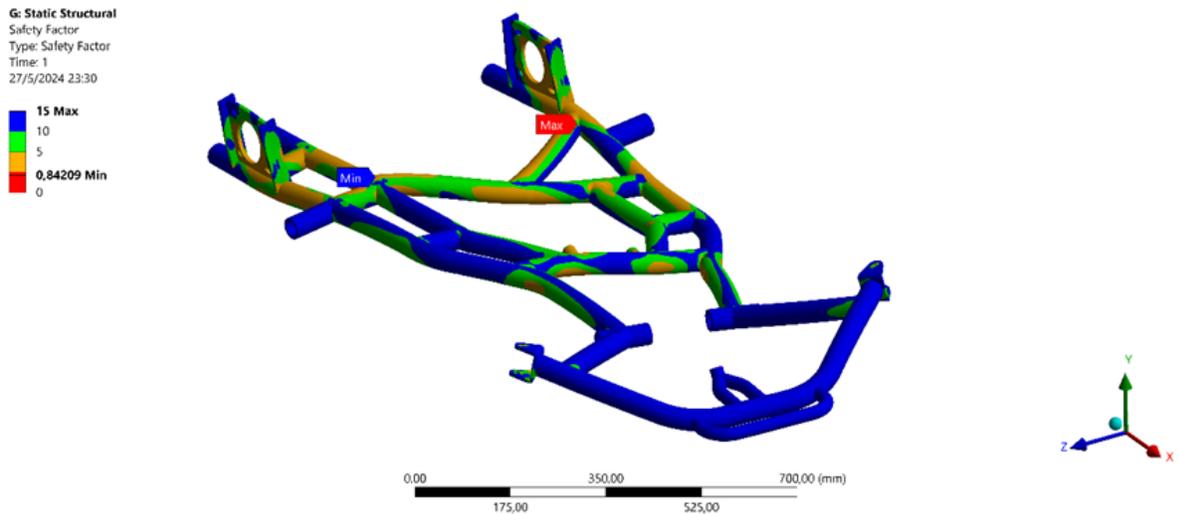


Nota: Valores de estrés en escala de Von Mises. Tomado de ANSYS, por Vargas J, Aguirre M, 2024.

En la figura 24 muestra el factor de seguridad de la estructura bajo la carga de una curva abierta, con valores que varían desde un mínimo de 0.8409 en rojo hasta un máximo de 15 en azul. Este análisis es crucial para asegurar que la estructura puede soportar las cargas aplicadas sin fallar.

Figura 24

Factor de seguridad.

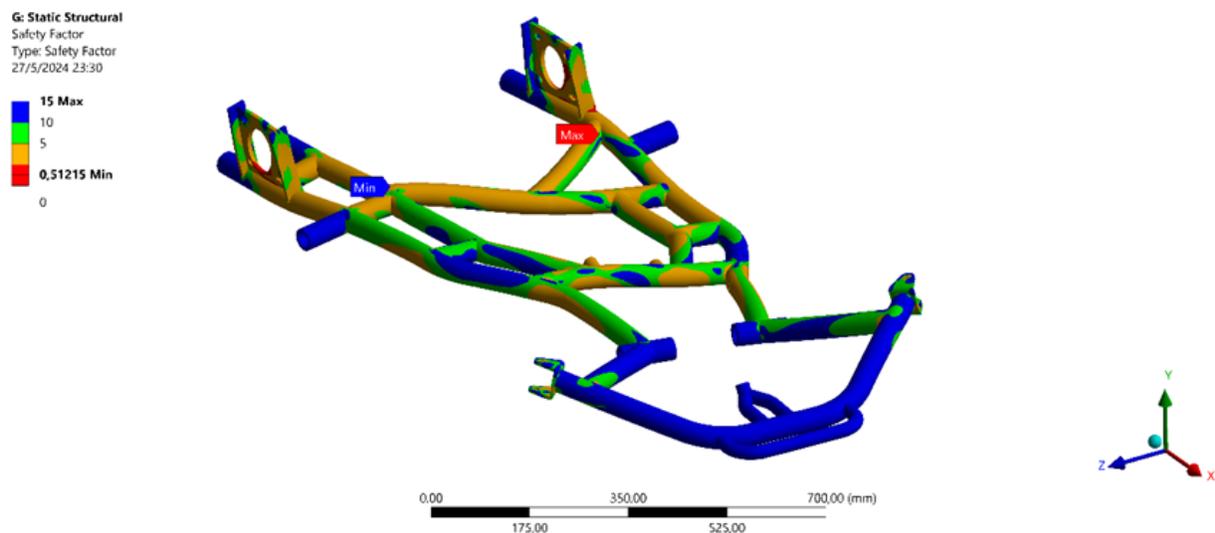


Nota: Valores de factor de seguridad en curva abierta. Tomado de ANSYS, por Vargas J, Aguirre M, 2024.

En la figura 25 los resultados indican un análisis del factor de seguridad bajo una condición adicional de curva abierta, con valores mínimo 0.51215 en rojo hasta un máximo de 15 en azul, identificando nuevamente las áreas críticas de la estructura.

Figura 25

Factor de seguridad bajo fatiga.

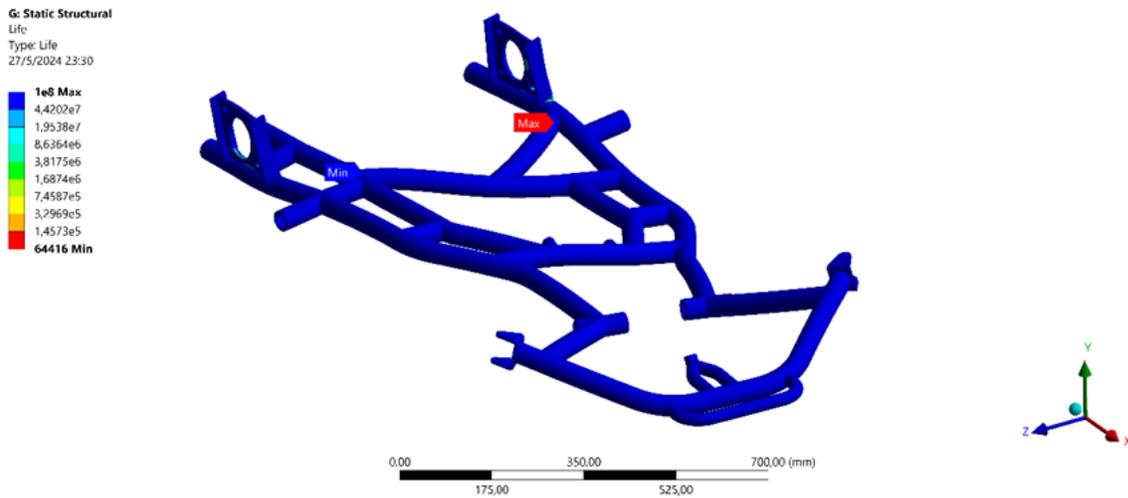


Nota: Valores de factor de seguridad en condiciones de fatiga en curva abierta. Tomado de ANSYS, por Vargas J, Aguirre M, 2024.

En la figura 26 se puede observar un análisis de la vida útil de la estructura bajo la condición de una curva abierta. Los resultados indican una vida útil máxima de $1e8$ ciclos y una mínima de 64416 ciclos, destacando las áreas donde la estructura podría fallar primero bajo cargas cíclicas prolongadas, calculando que hay una carrera de 20 vueltas y en nuestra pista hay 3 curvas abiertas, aproximadamente el ciclo de vida útil sería de 1,073 carreras bajo estas condiciones.

Figura 26

Vida útil.



Nota: Ciclos de vida en condiciones de curva abierta. Tomado de ANSYS, por Vargas J, Aguirre M, 2024.

Análisis de resultados en frenado.

Para el desarrollo del análisis de frenado utilizamos de referencia los valores que se encuentran en la figura 27. El análisis se realizó bajo la condición de frenados excepcionalmente violentos en condiciones especiales lo que nos da de valor de 9000 mm/s².

Figura 27

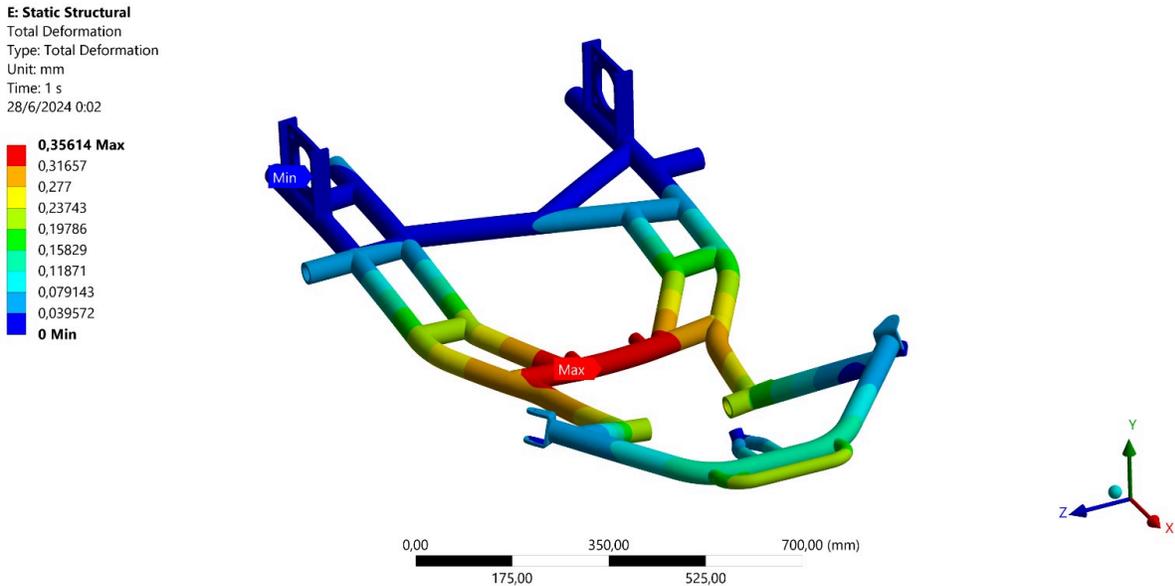
Condiciones de frenados.

1. Frenados Usuales.	$D = 1 - 2 \text{ m/s}^2$
2. Frenados Fuertes.	$D = 2 - 4 \text{ m/s}^2$
3. Frenados Violentos.	$D = 4 - 6 \text{ m/s}^2$
4. Frenados excepcionalmente violentos en condiciones especiales.	$D = 7 - 9 \text{ m/s}^2$

Nota: Valores de frenados. Tomado de Hernández Carpio y Lagos López 2008.

En la figura 27 se puede analizar la deformación total del chasis bajo carga, siendo que la deformación máxima registrada es de 0.35614 mm, ubicada en la sección frontal, mientras que la deformación mínima se encuentra en las partes traseras.

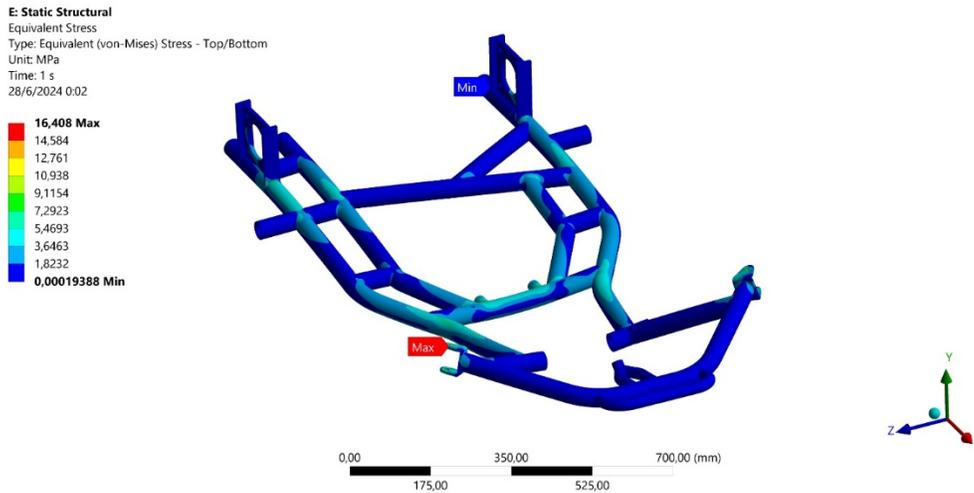
Figura 27
Deformación total.



Nota: Puntos de deformación total en frenado. Tomado de ANSYS, por Vargas J, Aguirre M, 2024.

En la figura 28 se observa el esfuerzo máximo es de 16.408 MPa, localizado en la parte inferior del chasis, mientras que el esfuerzo mínimo es de 0.00019388 MPa. Este análisis es crucial para evaluar la resistencia y la capacidad del chasis para soportar las cargas durante la operación, asegurando que el diseño cumpla con los requisitos de seguridad y rendimiento.

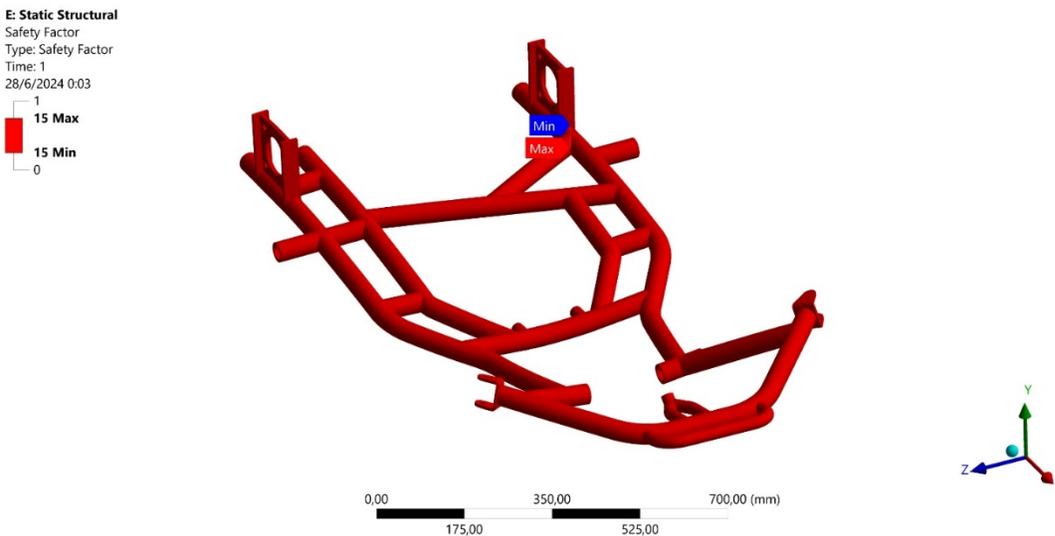
Figura 28
Von Mises.



Nota: Valores de estrés en Von Mises. Tomado de ANSYS, por Vargas J, Aguirre M, 2024

En la figura 29 se muestra el factor de seguridad bajo carga, siendo el máximo y mínimo de 15. Lo que nos indica que bajo estas condiciones el factor de seguridad es alto nos indica que no habrá problemas durante el proceso de operación.

Figura 29
Factor de seguridad.

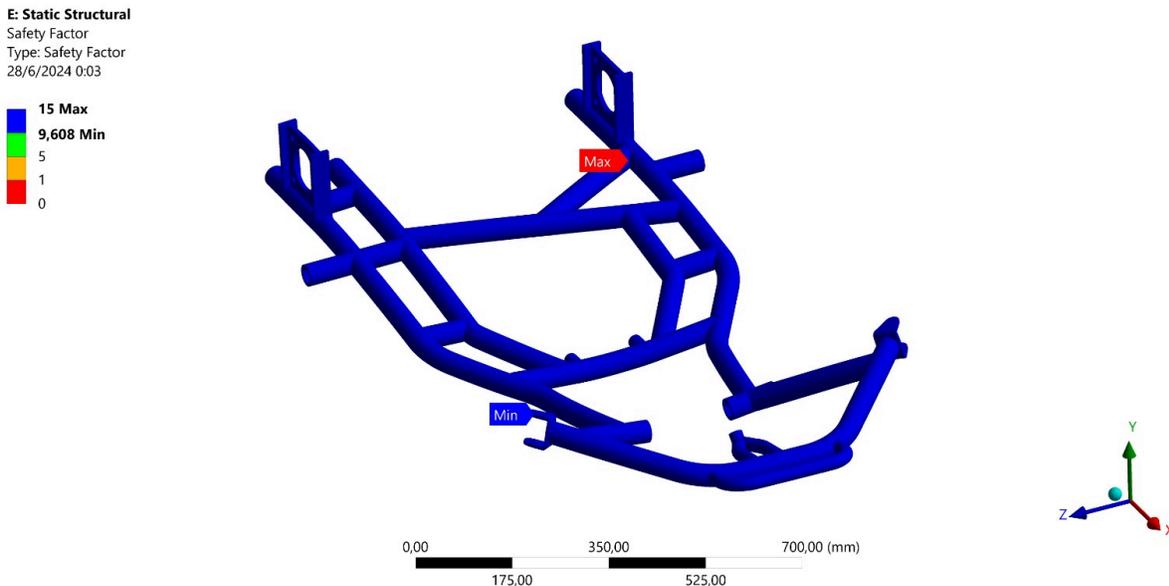


Nota: Análisis de factor de seguridad. Tomado de ANSYS, por Vargas J, Aguirre M, 2024

En la figura 30 se puede observar un análisis del factor de seguridad en fatiga bajo carga. El factor de seguridad máximo registrado es de 15, mientras que el factor mínimo es de 9.608, estamos en valores óptimos de FS con las cargas aplicadas y la condición de frenado.

Figura 30

Factor de seguridad en fatiga.



Nota: Análisis de factor de seguridad. Tomado de ANSYS, por Vargas J, Aguirre M, 2024

Discusión

En el diseño y fabricación del chasis de un kart, la selección del material es un aspecto crucial que influye significativamente en el rendimiento, la seguridad y la durabilidad del vehículo. Para el diseño de este chasis se consideró principalmente el aluminio 6061 pero se realizará una comparativa con un chasis simulado en material de acero 4130 (Wilmer, 2018).

Acero 4130

El acero 4130, también conocido como acero al cromo-molibdeno, es una aleación de acero que contiene cromo y molibdeno como elementos de refuerzo. Este material es ampliamente utilizado en la industria automotriz debido a sus excelentes propiedades mecánicas, como alta resistencia a la tracción, buena ductilidad y capacidad de soportar cargas dinámicas.

Aluminio 6061

El aluminio 6061 es una aleación de aluminio con magnesio y silicio como elementos principales de aleación. Es conocido por su alta resistencia a la corrosión, buena maquinabilidad y excelente relación resistencia- peso. Aunque tiene una resistencia a la tracción menor que el acero 4130, su ligereza lo hace ideal para aplicaciones donde el peso es un factor crítico.

Tabla 2

Cuadro comparativo de propiedades mecánicas.

Propiedades	ACERO 4130	ALUMINIO 6061	%
Resistencia a la tracción (MPa)	590-760	110-310	105.8%
Módulo de elasticidad (GPA)	205	68	100.37%
Densidad (g/cm ³)	7.85	2.70	190%
Resistencia a la corrosión	Media	Alta	-
Ductilidad	Buena	Buena	-

Nota: Tomado de Davis, J. 2023 y Borda, A. 2018

Análisis de resultados

Peso y resistencia

El análisis de los materiales muestra que el aluminio 6061, con una densidad de 2.70 g/cm³, es significativamente más ligero que el acero 4130, que tiene una densidad de 7.85 g/cm³. Esto implica que el uso de aluminio 6061 puede reducir el peso total del chasis, mejorando la aceleración y la eficiencia del kart, sin embargo, el acero 4130 ofrece una mayor resistencia a la tracción, lo que puede ser ventajoso en términos de durabilidad y capacidad de soportar cargas dinámicas y estáticas.

Rigidez y flexibilidad

El módulo de la elasticidad del acero 4130 es aproximadamente tres veces mayor que el del aluminio 6061 (205 GPA vs 68 GPA), lo que significa que el acero 4130 proporciona una rigidez superior. Esto es crucial para mantener la integridad estructural del chasis bajo condiciones de carga extrema. Por otro lado, el aluminio 6061, aunque menos rígido, puede proporcionar una flexibilidad que ayuda a absorber impactos y vibraciones, mejorando el confort del conductor.

Resistencia a la fatiga y corrosión

En términos de resistencia a la fatiga, el acero 4130 es superior al aluminio 6061, lo que lo hace más adecuado para aplicaciones que implican cargas cíclicas repetitivas. Sin embargo, el aluminio 6061 tiene una alta resistencia a la corrosión, lo que puede extender la vida útil del chasis, especialmente en condiciones ambientales adversas.

Conclusiones

En conclusión, la comparación detallada entre el acero 4130 y el aluminio 6061 en el diseño de un chasis de Gokart eléctrico ha demostrado las ventajas y desventajas de cada material, subrayando la importancia de una selección adecuada según las especificaciones del proyecto.

A través del análisis estructural mediante el método de elementos finitos (FEA) en ANSYS, se ha validado que ambos materiales presentan características distintivas que pueden influir significativamente en el rendimiento y la seguridad del vehículo.

El aluminio 6061, con su baja densidad y alta resistencia a la corrosión, ofrece una notable reducción de peso, mejorando la eficiencia energética y maniobrabilidad del GoKart. Estas propiedades son especialmente beneficiosas para optimizar la aceleración del rendimiento dinámico en condiciones de competencia. Sin embargo, su menor resistencia a la tracción y módulo de elasticidad en comparación con el acero 4130 sugieren que requerir diseños más robustos para soportar cargas dinámicas extremas y cíclicas.

Por otro lado, el acero 4130 se destaca por su alta resistencia a la tracción, superior módulo de elasticidad y excelente resistencia a la fatiga, lo que garantiza una mayor durabilidad y capacidad para soportar cargas repetitivas sin fallos prematuros. Estas propiedades lo hacen ideal para aplicaciones donde la rigidez estructural y la integridad bajo condiciones de alta carga son críticas.

No obstante, su mayor peso relativo puede impactar negativamente en la eficiencia energética y la maniobrabilidad del vehículo. El enfoque sistemático y riguroso del análisis FEA permitió identificar y optimizar las áreas críticas del chasis, asegurando que tanto el aluminio 6061 como el acero 4130 pueden cumplir con la regulación y estándares de la federación ecuatoriana de Automovilismo y Kartismo (FEDAK).

Las simulaciones detalladas bajo diversas condiciones de carga demostraron que, aunque ambos materiales son viables, requieren estrategias de diseño diferenciadas para maximizar su potencial. Este artículo contribuye significativamente al avance de la electromovilidad en el kartismo, proporcionando una base sólida para futuros desarrollos en el diseño de chasis para vehículos eléctricos.

Al integrar materiales de alta resistencia y técnicas avanzadas de simulación, se pueden lograr mejoras sustanciales en la seguridad, rendimiento y durabilidad de los GoKarts, promoviendo una transición hacia competencias más sostenibles y eficientes.

Referencias Bibliográficas

AEADE. (2023). Anuario Estadístico del Sector Automotor 2023.
https://www.aeade.org.ec/documentos/anuario_2023.pdf

- ANSYS, Inc. (2024). Ansys Mechanical Finite Element Analysis (FEA) Software for Structural Engineering. <https://www.ansys.com/products/structures/ansys-mechanical>
- Araujo, P. (2023). Ensayo de fatiga: cómo prevenir y eliminar los problemas de fatiga en campo. ESSS. <https://www.esss.com/es/blog/ensayo-de-fatiga-como-prevenir-y-eliminar-los-problemas-de-fatiga-en-campo/>
- Bakewell, J. (2014). El aluminio en la industria del automóvil. Automotive Manufacturing Solutions (AMS). <https://www.automotivemanufacturingsolutions.com/el-aluminio-en-la-industria-del-automovil/33449.article>
- Borda, A. (2018). ANÁLISIS POR ELEMENTOS FINITOS DEL CUADRO DE UNA BICICLETA. Universidad del País Vasco., pp 6-62. <https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/29198/Trabajo%20Fin%20de%20Grado.pdf;jsessionid=081E4EEEF9BEF763FB617CB4F86F39B0?sequence=3>
- Davis, J. (2023). Aluminum and Aluminum Alloys. En ASM Handbook. 10 ed., Vol. 2, pp. 311-336). ASM International. DIGITAL LIBRARY. <https://dl.asminternational.org/handbooks/edited-volume/49/chapter/3112214/Aluminum-and-Aluminum-Alloys>
- FEDAK, (2024). COMISION NACIONAL DECIRCUITOS CNC REGLAMENTO GENERAL DECIRCUITOS 2024. <https://fedak.com.ec/wp-content/uploads/2024/02/Reglamento-General-de-Circuitos-2024-Definitivo.pdf>
- Giraldo, G. (2024). FEA For Beginners. SIMESCALE. <https://www.simscale.com/blog/fea-for-beginners/>

- Hernández Carpio, C. A., & Lagos López, A. (2008). Análisis y diseño de un freno de disco y cople para un Go Kart. México: Instituto Politécnico Nacional Ticoman.
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/20209/1/CD%209665.pdf>
- Hoster, J., et al. (2023). Diseño conceptual y desarrollo de un chasis de kart eléctrico para educación universitaria en dinámica de vehículos y aplicaciones de estrés. MDPI. Appl. Sci,13, pp2-22. <https://www.mdpi.com/2076-3417/13/20/11312>
- Ingeniería y Mecánica Automotriz. (2019). Análisis de elementos finitos (FEA)
<https://www.ingenieriaymecanicaautomotriz.com/analisis-de-elementos-finitos-fea>
- MAPFRE. (2001). La fatiga en los materiales, clave en la vida de las construcciones.
<https://www.mapfreglobalrisks.com/gerencia-riesgos-seguros/articulos/la-fatiga-en-los-materiales-clave-en-la-vida-de-las-construcciones/>
- Ponce, E. (2005). Análisis de esfuerzos. Universidad de Tarapaca. Chile., pp1-192.
http://sb.uta.cl/libros/Analisis_de_esfuerzos.pdf
- Rosas, F., Ávila, F., Zamora, I. (2015). Análisis comparativo entre los aceros AISI 1020 y 4130 del chasis de los automóviles Baja-SAE. Revista Ingeniantes Año 2 No. 2 Vol. 1.
<https://citt.itsm.edu.mx/ingeniantes/articulos/ingeniantes2no2vol1/19.%20An%C3%A1lisis%20comparativo%20entre%20aceros%20AISI%201020%20y%204130%20del%20chasis%20de%20los%20autom%C3%B3viles%20Baja%20-%20SAE.pdf>
- Spira, N. (2021). TIPOS DE ACEROS DE ALTA RESISTENCIA EN AUTOMÓVILES
<https://www.kloecknermetals.com/blog/the-role-of-ultra-and-advanced-high-strength-steel-in-cars/>
- Vargas J, Aguirre M. (2024). Diseño de un chasis por elementos finitos para un GoKart. Quito, Ecuador.

Wilmer, C. U. R. (2018, 1 mayo). Diseño y fabricación del chasis para un kart KF4 según la normativa CIK/FIA. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/15766>

Anexos.

		4	3	2	1		
F	36	1	TUBO REDONDO 1" OD X .095" AL 6061	21.76	F		
	35	1	TUBO REDONDO 1-3/4" OD X 1/4 AL 6061	21.55			
	34	2	TUBO REDONDO 1-3/4" OD X 1/4 AL 6061	71.55			
	31	1	TUBO REDONDO 1-3/4" OD X 1/4 AL 6061	100			
	30	2	TUBO REDONDO 1" OD X .095" AL 6061	31.76			
	29	1	TUBO REDONDO 1" OD X .095" AL 6061	38.68			
	28	1	TUBO REDONDO 1" OD X .095" AL 6061	44.1			
	27	2	TUBO REDONDO 1" OD X .095" AL 6061	23.18			
	26	2	TUBO REDONDO 1" OD X .095" AL 6061	69.96			
	25	2	TUBO REDONDO 1" OD X .095" AL 6061	30			
E	24	1	TUBO REDONDO 1-3/4" OD X 1/4 AL 6061	100	E		
	23	1	TUBO REDONDO 1-3/4" OD X 1/4 AL 6061	174.51			
	22	2	TUBO REDONDO 1-3/4" OD X 1/4 AL 6061	100			
	21	1	TUBO REDONDO 1" OD X .095" AL 6061	149.08			
	20	2	TUBO REDONDO 1" OD X .095" AL 6061	78.54			
	19	1	TUBO REDONDO 1" OD X .095" AL 6061	21.76			
	18	1	TUBO REDONDO 1-1/2" OD X 1/8" AL 6061	251.52			
D	17	1	TUBO REDONDO 1-1/2" OD X 1/8" AL 6061	251.52	D		
	16	1	TUBO REDONDO 1-3/4" OD X 1/4 AL 6061	294.59			
	15	1	TUBO REDONDO 1-3/4" OD X 1/4 AL 6061	525.1			
	14	2	TUBO REDONDO 1-3/4" OD X 1/4 AL 6061	100			
	13	2	TUBO REDONDO 1-3/4" OD X 1/4 AL 6061	185.84			
	12	2	TUBO REDONDO 1-3/4" OD X 1/4 AL 6061	31.16			
	11	1	TUBO REDONDO 1-3/4" OD X 1/4 AL 6061	550			
C	10	1	TUBO REDONDO 1-3/4" OD X 1/4 AL 6061	426.4	C		
	9	1	TUBO REDONDO 1-3/4" OD X 1/4 AL 6061	129.13			
	8	2	TUBO REDONDO 1-3/4" OD X 1/4 AL 6061	123.4			
	7	2	TUBO REDONDO 1-3/4" OD X 1/4 AL 6061	191.82			
	6	2	TUBO REDONDO 1-3/4" OD X 1/4 AL 6061	95			
	5	2	TUBO REDONDO 1-3/4" OD X 1/4 AL 6061	226.13			
	4	2	TUBO REDONDO 1-3/4" OD X 1/4 AL 6061	57.07			
	3	2	TUBO REDONDO 1-3/4" OD X 1/4 AL 6061	36.29			
	2	2	TUBO REDONDO 1-3/4" OD X 1/4 AL 6061	119.15			
	2	2	PLACA 1/4" AL 6061	122X128			
B	2	2	PLACA 1/4" AL 6061	166X60	B		
	1	2	TUBO REDONDO 1-3/4" OD X 1/4 AL 6061	89.9			
	N° DE ELEMENTO	CANTIDAD	DESCRIPCION	LONGITUD			
SE NO SE INDICA LO CONTRARIO ACABADO ACABADO PINTADO		REBARBOS Y BOMPER ANISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISION A	
UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR							
				TITULO		GO-KART	
				N° DE BOQUETE		LISTA DE CORTES A4	
				PESO		54 KG	
				ESCALAS		HEJA 1 DE 1	