INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA IST CENTRAL TÉCNICO

Volumen 7 · Número 1 · Junio 2025 · Publicación semestral



ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN DEL GO KART ELÉCTRICO

INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA IST CENTRAL TÉCNICO

ISSN: 2600-5565

Analysis of the technical characteristics for the design of the electric Go Kart steering system

Análisis de las características técnicas para el diseño del sistema de dirección del Go Kart eléctrico

Milton Andrés Bautista Romero[1][0000-0001-9548-4930], **Carlos Stalin Ulcuango Moreno**[2][0000-0002-5657-1449], **Marcelo Andrés Merino Yánez**[3][0009-0007-4431-7981], **Alexis Vinicio Ladino Tixe**[4][0009-0005-0707-9959].

[1] *Instituto Superior Tecnológico La Maná, La Maná, Ecuador*
E-mail: milandres1992@gmail.com
[2] *Instituto Superior Tecnológico La Maná, La Maná, Ecuador*
E-mail: carlosstalin26@gmail.com
[3] *Instituto Superior Tecnológico La Maná, La Maná, Ecuador*
E-mail: mmerino94@hotmail.com
[4] *Instituto Superior Tecnológico La Maná, La Maná, Ecuador*
E-mail:ladinoalexis10g@gmail.com

Recibido: 17/03/2025
Aceptado: 17/05/2025
Publicado: 30/06/2025

RESUMEN

El presente estudio explora el desarrollo, análisis y optimización del sistema de dirección de un go-kart eléctrico, utilizando herramientas avanzadas de simulación computacional. La dirección es un elemento clave para la maniobrabilidad y estabilidad del vehículo, por lo que su diseño debe garantizar un funcionamiento preciso y seguro. Para ello, se realizó un análisis detallado que permitió evaluar su desempeño estructural y asegurar su fiabilidad en distintas condiciones de uso. El enfoque metodológico incluyó la creación de un modelo tridimensional en SolidWorks, la generación de una malla refinada con elementos tetraédricos y la simulación de cargas representativas de escenarios reales. Se examinaron parámetros esenciales como el ángulo de giro (35°), el ángulo de salida (11°), el camber positivo (1°) y el caster (18°), verificando que la configuración geométrica cumpla con estándares de seguridad y estabilidad. Los resultados mostraron que el esfuerzo máximo de 3,64 MPa es considerablemente menor al límite elástico del material (6,2 MPa), eliminando riesgos de falla estructural. Además, la deformación total registrada fue de 9,814 mm, concentrándose en la zona del volante sin comprometer la integridad del sistema. El factor de seguridad obtenido, superior a 2, respalda la robustez y confiabilidad del diseño propuesto. Estos hallazgos reafirman la viabilidad del diseño y resaltan el papel crucial de la simulación computacional en la optimización de componentes vehiculares.

Bautista, M., Ulcuango, C., Merino, M., & Ladino, A. (2025). Analysis of the technical characteristics for the design of the electric Go Kart steering system. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico.*

ISSN: 2600-5565

La investigación confirma que el sistema de dirección desarrollado no solo es eficiente y seguro, sino que también tiene el potencial de ser aplicado en go-karts eléctricos de competición. Futuros estudios podrán centrarse en pruebas experimentales y en la optimización del diseño mediante el uso de nuevos materiales y ajustes geométricos que permitan mejorar aún más su desempeño.

Palabras clave: Go-kart eléctrico; Sistema de dirección; Simulación computacional; Análisis estructural; Método de elementos finitos (FEM)

ABSTRACT

This study explores the development, analysis and optimization of the steering system of an electric go-kart, using advanced computational simulation tools. The steering is a key element for the maneuverability and stability of the vehicle, so its design must guarantee an accurate and safe operation. To this end, a detailed analysis was carried out to evaluate its structural performance and ensure its reliability under different conditions of use. The methodological approach included the creation of a three-dimensional model in SolidWorks, the generation of a refined mesh with tetrahedral elements and the simulation of loads representative of real scenarios. Essential parameters such as draft angle (35°), departure angle (11°), positive camber (1°) and caster (18°) were examined, verifying that the geometric configuration complies with safety and stability standards. The results showed that the maximum stress of 3.64 MPa is considerably lower than the elastic limit of the material (6.2 MPa), eliminating the risk of structural failure. In addition, the total deformation recorded was 9.814 mm, concentrating in the flywheel area without compromising the integrity of the system. The safety factor obtained, higher than 2, supports the robustness and reliability of the proposed design. These findings reaffirm the feasibility of the design and highlight the crucial role of computational simulation in the optimization of vehicle components. The research confirms that the developed steering system is not only efficient and safe, but also has the potential to be applied in electric racing go-karts. Future studies may focus on experimental testing and design optimization through the use of new materials and geometric adjustments to further improve its performance.

Index terms: Electric go-kart; Steering system; Computational simulation; Structural analysis; Finite Element Method (FEM)

1. INTRODUCCIÓN.

El diseño y desarrollo de sistemas de dirección en vehículos de pequeña escala, como los go-karts eléctricos, ha cobrado gran relevancia en los últimos años debido a su aplicación en la industria automotriz y en el ámbito de la movilidad sostenible (Yuvaraaj Kumar et al., 2024). Estos vehículos se han convertido en una plataforma clave para la experimentación de tecnologías emergentes en sistemas de tracción eléctrica, optimización aerodinámica y mejora de la seguridad del conductor (Srivastava et al., 2024). Investigaciones previas han abordado diversos aspectos del diseño de go-karts, desde la optimización del chasis hasta el análisis de desempeño en sistemas de frenos y transmisión, demostrando la importancia de la integración de

ISSN: 2600-5565

herramientas de simulación computacional para evaluar y mejorar el rendimiento de estos sistemas (Anjikar & Gurway, 2024).

El sistema de dirección es un componente crítico en cualquier vehículo, ya que influye directamente en la maniobrabilidad, estabilidad y control de este (Razak et al., 2023). En el caso de los go-karts eléctricos, la necesidad de reducir peso, mejorar la precisión del giro y garantizar la seguridad estructural bajo condiciones extremas de operación hace que su diseño requiera una evaluación minuciosa (Rawat et al., 2023). Estudios recientes han explorado metodologías para optimizar la geometría de dirección, mejorar la distribución de cargas y reducir el esfuerzo de torsión en el mecanismo de dirección, utilizando enfoques basados en el método de elementos finitos (FEM) y validaciones experimentales (Dere et al., 2021).

En diversos trabajos en la literatura científica se ha analizado el comportamiento mecánico de los sistemas de dirección de go-karts bajo diferentes escenarios de carga y operación. Por ejemplo, investigaciones han demostrado que factores como el peso del kart, la distribución de masas y la rigidez del chasis afectan directamente la respuesta dinámica del vehículo (Karthi Vinith & Sathiamurthi, 2020). Además, estudios han evaluado la influencia de la selección de materiales en la durabilidad y resistencia del sistema de dirección, destacando la necesidad de utilizar aleaciones ligeras y aceros de alta resistencia para mejorar el rendimiento sin comprometer la seguridad estructural (Krishnamoorthi et al., 2020).

Dentro de este contexto, el presente estudio tiene como objetivo principal diseñar, analizar y optimizar el sistema de dirección de un go-kart eléctrico, empleando herramientas avanzadas de modelado y simulación computacional. Se aplica el método de elementos finitos (FEM) para evaluar la distribución de esfuerzos, deformaciones y factores de seguridad en los principales componentes del sistema. Adicionalmente, se analizan parámetros críticos como el ángulo de giro, el ángulo de salida y la relación de transmisión de esfuerzo, con el fin de garantizar una respuesta direccional eficiente y segura.

2. MATERIALES Y MÉTODOS / DESARROLLO

2.1. Descripción del Estudio

El presente estudio se centra en el diseño, análisis y validación estructural del sistema de dirección de un go-kart eléctrico. Se empleó un enfoque metodológico basado en simulación computacional mediante el método de elementos finitos (FEM) y pruebas experimentales futuras. El objetivo principal es evaluar la resistencia estructural, la eficiencia mecánica y la optimización del diseño para mejorar la seguridad y el desempeño del sistema.

2.2. Población y Muestra

ISSN: 2600-5565

El estudio se desarrolla sobre un modelo de go-kart eléctrico diseñado para competencias en circuitos cerrados. Se basa en especificaciones técnicas de vehículos de competición ligera, considerando una carga máxima de operación de 100 kg, incluyendo el peso del piloto. Se seleccionaron componentes clave del sistema de dirección, como la columna, las barras de acoplamiento y los puntos de fijación, para evaluar su desempeño en condiciones estáticas y dinámicas. Para la definición de la muestra, se han considerado modelos de referencia en la industria automotriz y estándares de diseño en sistemas de dirección para go-karts de alto rendimiento (Abhiteja et al., 2019). Se ha evaluado la geometría del sistema con base en principios de dinámica vehicular y maniobrabilidad óptima para asegurar la precisión de la dirección en entornos de alta exigencia.

2.3. Materiales Seleccionados

Para el diseño del sistema de dirección se emplearon materiales que cumplen con criterios de resistencia mecánica, peso reducido y facilidad de manufactura:

- Barras de dirección: Acero estructural AISI 1020, por su alta resistencia a la tensión y flexión.
- Volante y soportes: Aluminio 6061-T6, para reducir el peso total sin comprometer la rigidez.
- Articulaciones y acoplamientos: Acero al carbono templado, garantizando transmisión de esfuerzos sin deformaciones permanentes.

Los materiales fueron seleccionados con base en análisis de resistencia mecánica, costos de fabricación y disponibilidad en la industria automotriz.

2.3.1. Instrumentos y Técnicas de Recolección de Datos

Para la validación del diseño y el análisis estructural se utilizaron herramientas digitales y software de simulación avanzada:

- Software CAD: SolidWorks para modelado tridimensional del sistema.
- Análisis por elementos finitos (FEM): SolidWorks Simulation, aplicado a la evaluación de esfuerzos y deformaciones.

2.3.2. Procedimiento Metodológico

Modelado CAD: Creación del diseño tridimensional del sistema de dirección, parametrizando dimensiones y geometrías clave.

Generación de Malla: Creación de un mallado con elementos tetraédricos refinados en zonas de alta concentración de esfuerzos.

Bautista, M., Ulcuango, C., Merino, M., & Ladino, A. (2025). Analysis of the technical characteristics for the design of the electric Go Kart steering system. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico.*

ISSN: 2600-5565

Definición de Condiciones de Frontera: Aplicación de restricciones mecánicas y fuerzas representativas del uso real del sistema.

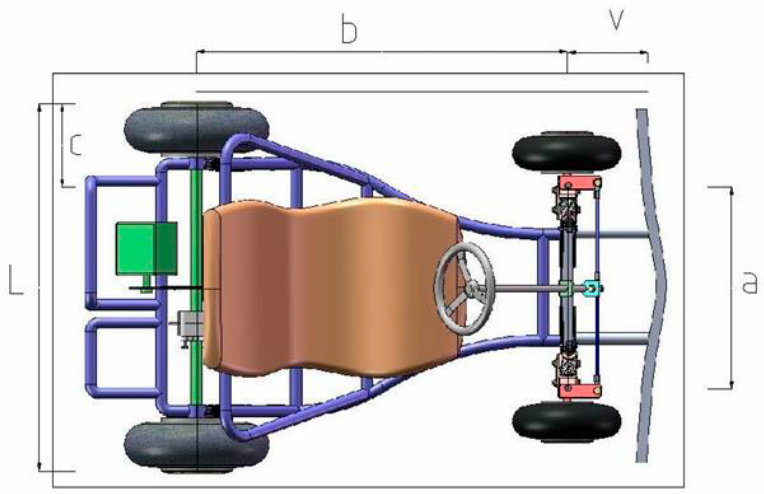
Simulación y Evaluación: Análisis de esfuerzos equivalentes (Von Mises), deformaciones totales y factor de seguridad.

3. RESULTADOS

Una vez establecida la metodología para el cálculo de las longitudes y ángulos involucrados en el diseño del sistema de dirección, se procede a la validación del diseño conceptual. Esta etapa tiene como objetivo verificar si la configuración propuesta cumple con los criterios de desempeño, asegurando así su viabilidad en términos de maniobrabilidad y estabilidad (Mirone, 2010). Para ello, se analizaron los parámetros clave a partir de la siguiente Figura 1, la cual representa la geometría de dirección conceptual desarrollada en la fase inicial del diseño.

Figura 1

Geometría conceptual del sistema de dirección del Go kart eléctrico.



La figura presentada muestra el planteamiento inicial de las cotas fundamentales para el cálculo de los parámetros geométricos del sistema de dirección, incluyendo longitudes y ángulos clave. A partir de esta representación, se observa que la longitud de la barra coincide con la longitud de vía. Esta condición se debe a la ausencia de un ángulo de inclinación en los pernos que fijan las manguetas, lo que influye en la geometría y comportamiento del sistema de dirección.

- En el presente diseño, se define como voladizo (v) la distancia entre el eje de la rueda y el extremo de la defensa del vehículo.
- La distancia entre pivotes o vía (a) se ha determinado como menor al ancho total del vehículo y ha sido acotada en la parte frontal.

Bautista, M., Ulcuango, C., Merino, M., & Ladino, A. (2025). Analysis of the technical characteristics for the design of the electric Go Kart steering system. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico.*

ISSN: 2600-5565

- La distancia entre ejes o batalla (b) se representa en la vista lateral del vehículo, constituyendo un parámetro fundamental en el análisis de estabilidad y maniobrabilidad.
- El ancho total (L) se ha acotado en la parte trasera del vehículo, junto con la distancia (c) que existe entre el pivote de giro de la rueda y la parte lateral del chasis, específicamente en la zona de las ruedas traseras.

Este planteamiento inicial establece la configuración geométrica del sistema de dirección antes de realizar su análisis detallado desde un enfoque teórico. A partir de este punto, todos los cálculos y análisis se fundamentan en el diseño conceptual, permitiendo la posterior validación y ajuste de los componentes de la dirección. Particularmente, se presta especial atención a la geometría de la mangueta, las longitudes de la biela y la barra de acoplamiento, así como a la evaluación de los ángulos críticos que influyen en el comportamiento dinámico del sistema.

Tabla 1

Parámetros geométricos principales del sistema de dirección del Go kart eléctrico.

Nomenclatura	Nombre	Valor	Unidades
a	Vía	684	mm
b	Batalla	1060	mm
L	Ancho del vehículo	1050	mm
v	Voladizo	220	mm

3.1. Cálculos para determinar el ángulo de giro

El radio de giro máximo de un vehículo debe garantizar una maniobrabilidad eficiente. Para ello, la circunferencia descrita por las llantas delanteras suele tener un diámetro aproximado de cuatro veces la batalla del vehículo. Según Manuel Cascajosa, autor del libro *Ingeniería de Vehículos*, el ángulo máximo de giro, denotado como α, generalmente oscila entre 35° y 45°, asegurando así una adecuada maniobrabilidad. Además, el ángulo de giro de las ruedas debe alcanzar aproximadamente 10° antes de llegar al ángulo máximo posible, lo que ocurre cuando una de las bielas se alinea con la barra de acoplamiento. Para ello se inicia determinando el ángulo de giro alfa (α) como se puede observar a continuación:

$$c = \frac{L - a}{2} = \frac{1050 - 684}{2} = 183\ mm$$

$$e = \sqrt{c^2 + v^2} = \sqrt{200^2 + 220^2} = 286{,}16\ mm$$

$$f = \sqrt{e^2 + Re^2 - 2 * e * Re * cos\big(90 - (\Omega + \varphi)\big)} = 2116{,}45\ mm$$

Bautista, M., Ulcuango, C., Merino, M., & Ladino, A. (2025). Analysis of the technical characteristics for the design of the electric Go Kart steering system. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico.*

ISSN: 2600-5565

$$\alpha = (\varphi) - \sin^{-1}\left(\frac{e}{f} * \sin\left(90 - (\Omega + \varphi)\right)\right) = 30{,}06°$$

$$\beta = \tan^{-1}\left(\frac{a}{2 * b}\right) = 17{,}88°$$

"El ángulo α obtenido no supera el límite máximo de giro de 35°, conforme a lo establecido en el libro Ingeniería de Vehículos del autor previamente mencionado. Con base en los cálculos realizados, la geometría resultante del sistema de dirección se presenta a continuación:

Figura 2

Representación geométrica del sistema de dirección con ángulos de giro del go kart eléctrico.

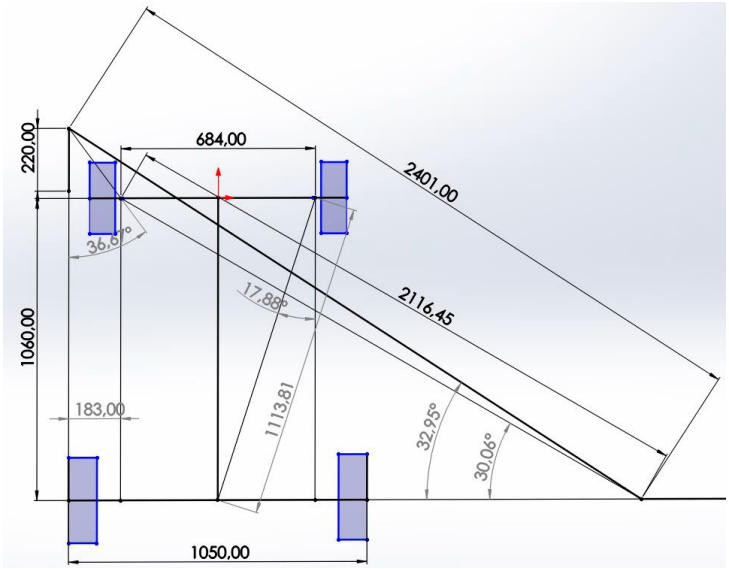
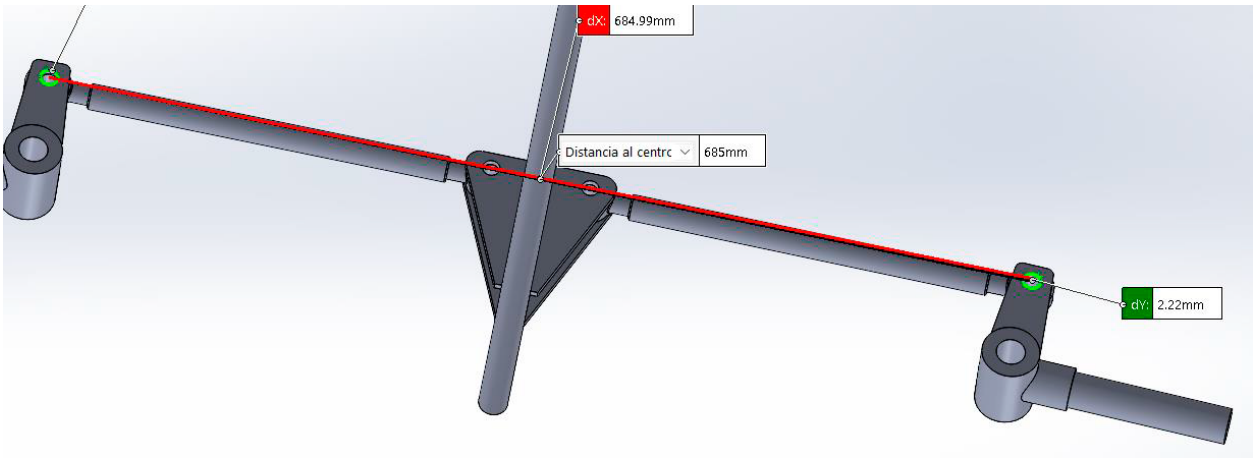


Figura 3

Modelo del sistema de dirección con medición de la barra de acoplamiento.



Bautista, M., Ulcuango, C., Merino, M., & Ladino, A. (2025). Analysis of the technical characteristics for the design of the electric Go Kart steering system. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico.*

ISSN: 2600-5565

3.2.1. Angulo Ángulo de Caída o Camber

En el presente diseño, el ángulo de caída o camber se ha considerado ligeramente positivo, tomando en cuenta la flexibilidad del chasis y su comportamiento bajo carga. La finalidad de esta configuración es que, al momento de soportar el peso del piloto, el sistema alcance un camber neutral, optimizando la estabilidad y el desgaste uniforme de los neumáticos.

Dado que el estudio se encuentra en la fase de diseño y modelado, la determinación del camber óptimo se realiza mediante simulaciones computacionales y análisis teórico, en lugar de mediciones experimentales. Para ello, se consideran parámetros como la rigidez del chasis, el desplazamiento dinámico de la suspensión y la distribución de carga en las ruedas.

El diseño del chasis contempla un camber positivo de 1°, basado en referencias de vehículos similares y recomendaciones de ingeniería de competencia. Aunque en algunos tipos de chasis homologados es posible modificar esta inclinación, en la presente configuración no se contempla un sistema ajustable, por lo que la geometría inicial debe garantizar un desempeño óptimo en distintas condiciones operacionales.

3.2.2. Ángulo de Salida

Para el diseño del sistema de dirección, el ángulo de salida ha sido establecido en 11°, tomando como referencia configuraciones utilizadas en chasis de alto desempeño, como los de la marca Birel. Esta inclinación tiene un impacto significativo en la estabilidad direccional, la respuesta del vehículo en curva y la recuperación de alineación de las ruedas delanteras.

Dado que el estudio se encuentra en fase de diseño y modelado, la selección del ángulo de salida se fundamenta en criterios de dinámica vehicular y en la optimización de la geometría de dirección. A diferencia de algunos chasis homologados que permiten ajustes en este parámetro, en la configuración propuesta no se contempla un sistema de ajuste, por lo que la geometría inicial debe ser diseñada para garantizar un comportamiento adecuado bajo diversas condiciones operacionales.

3.2.3. Angulo Ángulo de Avance o Caster

En el diseño del sistema de dirección, se ha considerado un ángulo de avance positivo, dado que el vehículo posee tracción trasera. Esta configuración permite mejorar la estabilidad direccional y facilitar el retorno de las ruedas a la posición neutral después de una maniobra.

Los valores de ángulo de avance óptimos en función de las condiciones del suelo se han determinado con base en referencias de ingeniería vehicular:

- Condición seca: 18°
- Condición húmeda: 23°

Bautista, M., Ulcuango, C., Merino, M., & Ladino, A. (2025). Analysis of the technical characteristics for the design of the electric Go Kart steering system. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico.*

ISSN: 2600-5565

En algunos chasis con configuraciones ajustables, el ángulo de avance o caster puede modificarse para optimizar la respuesta direccional según las condiciones de la pista. Sin embargo, en el presente diseño, se ha establecido un caster fijo de 18°, basado en la configuración utilizada en chasis de alto desempeño como el Birel. Esta selección responde a un balance entre estabilidad y facilidad de maniobra, garantizando un desempeño consistente sin necesidad de ajustes adicionales.

3.2. Análisis estático de columna de dirección

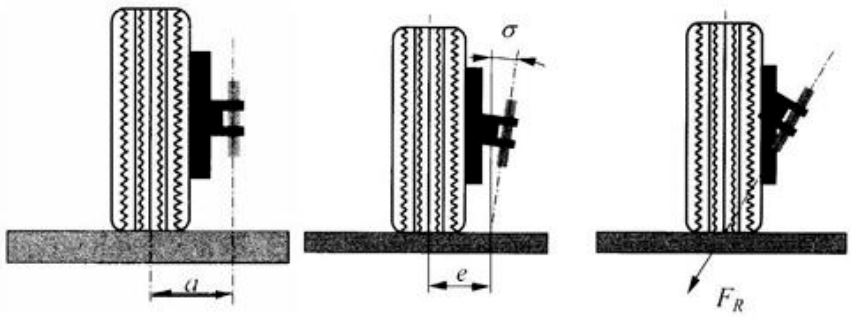
3.2.1. Ángulo de salida o pivote

En el diseño del sistema de dirección, la principal función del ángulo de salida del pivote es reducir el esfuerzo requerido en el volante para orientar las ruedas de dirección de manera eficiente.

El par de torsión necesario para girar las ruedas está determinado por la resistencia al rodamiento del neumático, expresado como el producto de la fuerza de rozamiento (Fr) y la distancia de aplicación (d), es decir: T = Fr*d.

Figura 4

Representación del ángulo de caída (camber) y su influencia en el contacto del neumático con el suelo.



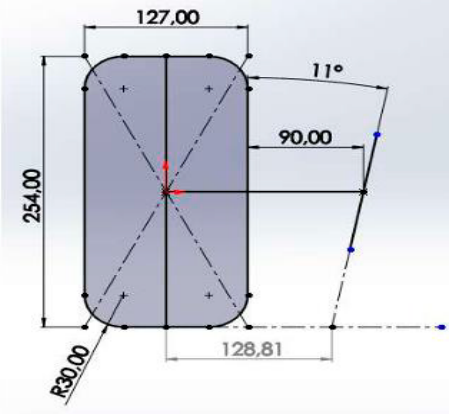
Dado que el objetivo del diseño es minimizar el esfuerzo del conductor, la distancia d debe mantenerse dentro de un rango óptimo para reducir el par de torsión necesario en la dirección.

Para definir este parámetro en el modelo diseñado, se han considerado las dimensiones del neumático delantero, con un diámetro de 10 pulgadas (254 mm) y un ancho de 5 pulgadas (127 mm). La geometría estructural establece una distancia de 90 mm entre el perno rey y el lado vertical interno del neumático, lo que permite un ángulo de salida del pivote de 11°, asegurando una respuesta estable y predecible en la dirección del vehículo.

ISSN: 2600-5565

Figura 5

Representación geométrica del neumático delantero y configuración del ángulo de salida



3.2.2. Análisis del Par de torsión aplicado en la columna

En el diseño del sistema de dirección, el par de torsión resistente que debe vencerse para girar las ruedas delanteras se expresa mediante la ecuación: $T = N * \mu * d$

Donde:

- T: Par resistente necesario para generar el giro del neumático.
- N: Carga vertical sobre el eje delantero.
- μ: Coeficiente de rozamiento entre el neumático y la superficie de contacto.
- d: Distancia entre el centro de contacto del neumático con el suelo y el eje de pivote, valor definido en 125 mm.

Para garantizar un diseño eficiente, se ha considerado la distribución de pesos recomendada para Go Karts de competición, la cual establece que el 43 % del peso total del vehículo debe recaer sobre el eje delantero y el 57 % sobre el eje trasero.

- Peso total del Go Kart = 1850 N
- Peso del eje delantero = 1850 N * 0,43 = 795,5 N
- Coeficiente de rozamiento entre neumático y superficie del suelo = 0,7

Con estos datos planteados se proceden a determinar el par de torsión en las ruedas, como se puede observar a continuación:

$$T = 795{,}5\ N * 0{,}7 * 0{,}125\ m = 69{,}60\ Nm$$

Este valor representa el torque necesario para vencer la resistencia al giro del neumático, tomando en cuenta la carga vertical sobre el eje delantero, el coeficiente de rozamiento con la

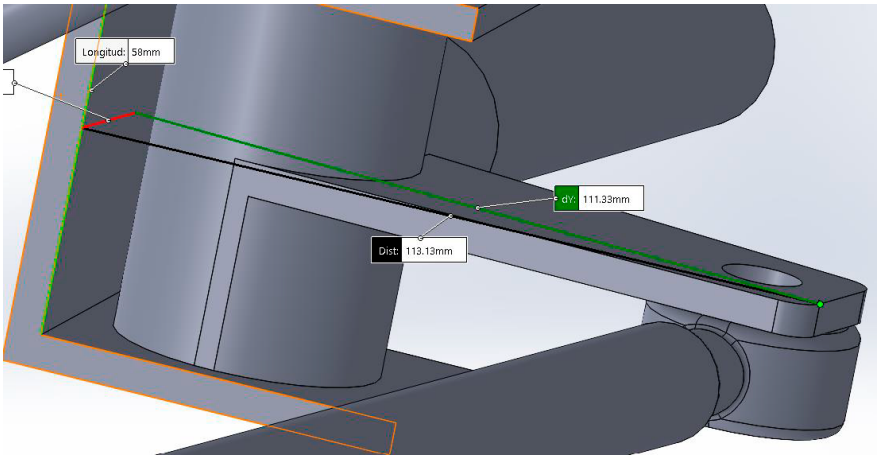
ISSN: 2600-5565

pista y la distancia desde el punto de contacto del neumático hasta el eje de pivote. Para garantizar una dirección eficiente, la fuerza que deben ejercer las barras de acoplamiento o varillajes sobre la mangueta para vencer este par resistente se obtiene mediante la ecuación:

$$F_{vr} = \frac{T}{d_{mn}}$$

Figura 6

Distancia de la mangueta con la unión del varillaje



Donde:

- d : Distancia de mangueta con la unión del varillaje

Dado que el objetivo es optimizar la maniobrabilidad y minimizar el esfuerzo requerido en el volante, el diseño del sistema de dirección se basa en esta distribución de cargas para determinar el par de torsión esperado en distintas condiciones de operación.

$$F_{vr} = \frac{69{,}60\ Nm}{113\ mm} = 616\ N$$

Se interpretan y analizan los resultados del estudio en el contexto de la literatura existente y se exploran sus implicaciones. Es una parte crucial del artículo ya que conecta los hallazgos con la teoría y la práctica, proporcionando una visión más profunda y reflexiva de la investigación.

3.3. Simulación del sistema de dirección

Para la simulación se utiliza el Software SolidWorks para el modelado 3D de sólidos geométricos el cual nos permitió simular cuerpos bajos condiciones de carga estructural y también térmicas.

ISSN: 2600-5565

Cuando realizamos una simulación en el proceso de diseño, se consideraron diversos factores clave. Entre ellos, se encuentran las propiedades físicas de cada componente, la forma en que interactúan entre sí (especialmente si forman parte de un ensamblaje) y las diferentes cargas que pueden actuar sobre ellos en términos de tipo e intensidad. Los resultados de la simulación permiten analizar múltiples escenarios dentro del diseño, lo que facilita la comparación de diversas configuraciones bajo distintas condiciones de carga. Esto brinda la posibilidad de evaluar diferentes materiales para la fabricación, así como variaciones en la geometría y construcción de los cuerpos, asegurando así un diseño optimizado y adaptado a los requerimientos específicos del proyecto.

3.3.1. Esquema de la Geometría

Para este punto se utilizaron las diversas herramientas que nos ofrece el software aplicando diversas operaciones como: extruido, revoluciones, barridos, cortes, entre otros. El ensamble final se puede observar en la siguiente figura.

Figura 7

Ensamblaje 3D del sistema de dirección del Go-Kart eléctrico



3.3.2. Descripción de la simulación bajo las condiciones aplicadas

Una vez definida la geometría del modelo, el siguiente paso es la generación de la malla, la cual determina la cantidad de elementos y nodos que conforman la pieza o ensamblaje. Un mayor número de elementos permite obtener resultados más detallados y precisos, pero también aumenta la demanda de recursos computacionales. En este estudio, se analizan dos componentes principales: la baranda y el barril, los cuales están fabricados con acero estructural y caucho triturado, respectivamente. Para elegir el tipo de malla más adecuado, es fundamental considerar varios factores, como:

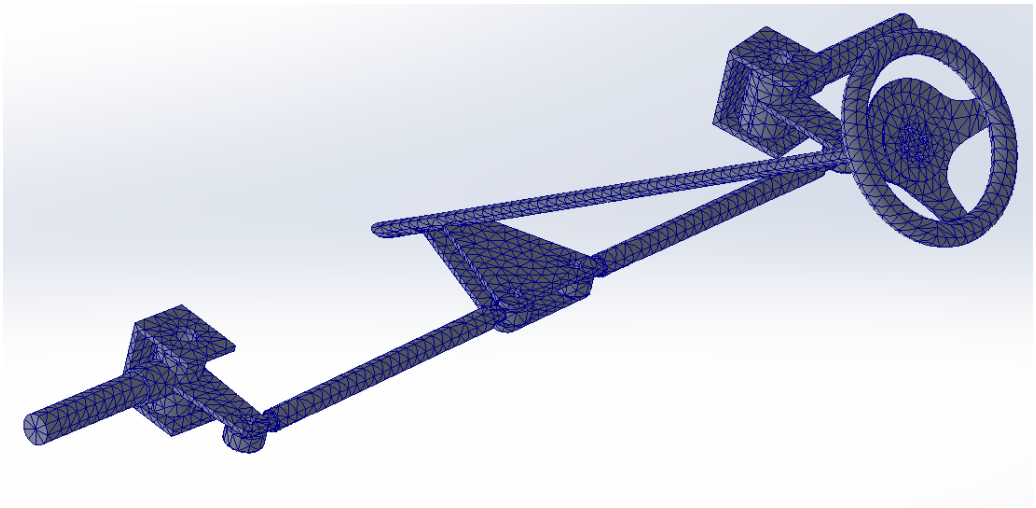
- Tiempo necesario para la generación de la malla.
- Consumo de recursos computacionales durante el análisis.
- Efecto de la difusión numérica, que puede influir en la precisión de los resultados.

Bautista, M., Ulcuango, C., Merino, M., & Ladino, A. (2025). Analysis of the technical characteristics for the design of the electric Go Kart steering system. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico.*

ISSN: 2600-5565

Figura 8

Mallado del sistema de dirección del Go-Kart para análisis por elementos finitos



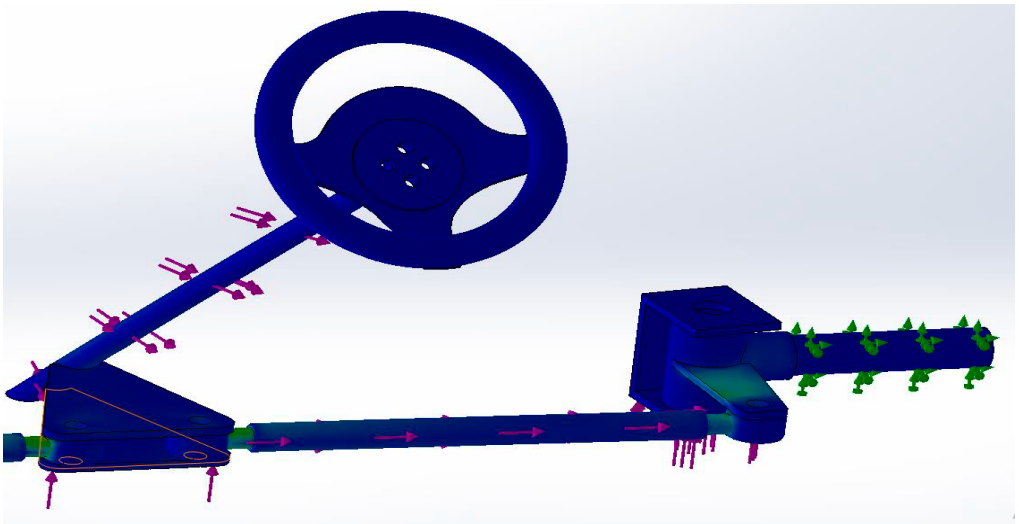
3.3.3. Datos para la simulación

Los parámetros que el software utiliza para llevar a cabo la simulación son los siguientes:

- Torsión: $69{,}60\ Nm$
- Fuerza: $616\ N$
- Peso de los ejes delanteros: 795.5 N

Figura 9.

Aplicación de condiciones de carga y torsión en el sistema de dirección para simulación estructural



Aplicando estos parámetros al ensamble del sistema de dirección se analiza los resultados obtenidos que nos permite verificar si diseño estructural y modelo analítico es el óptimo y presente buenas condiciones mecánicas.

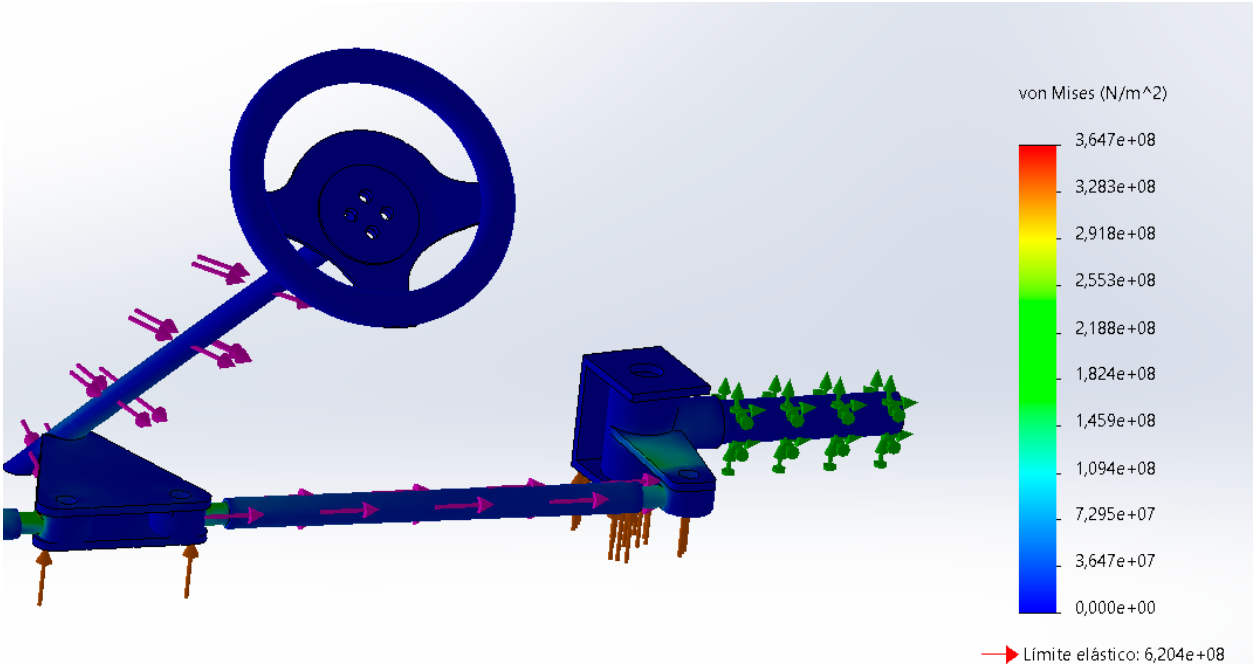
3.4. Esfuerzo Equivalente o Von Mises

ISSN: 2600-5565

Los esfuerzos resultantes en el momento de efectuar las cargas tanto de fuerza como torsión muestran que el mayor esfuerzo se encuentra en las barras que es 3,64 Mpa, pero analizando el límite elástico del material que equivale a 6,2 MPa no sugiere que exista la posibilidad de sufrir una fractura.

Figura 10

Análisis de Esfuerzo Equivalente o Von Mises



La distribución de esfuerzos muestra que las zonas más exigidas corresponden a las barras de acoplamiento y la base de fijación de la columna de dirección, lo cual es esperable debido a la transmisión de esfuerzos en la dirección del vehículo. Sin embargo, la carga máxima está bien distribuida, lo que sugiere un diseño equilibrado y optimizado para resistir esfuerzos mecánicos sin comprometer su integridad estructural. Adicionalmente, el análisis computacional confirma que el diseño cumple con los criterios de seguridad estructural, y se mantiene dentro de un margen de seguridad aceptable, evitando el riesgo de fracturas o fallas prematuras.

3.4.1. Deformación total

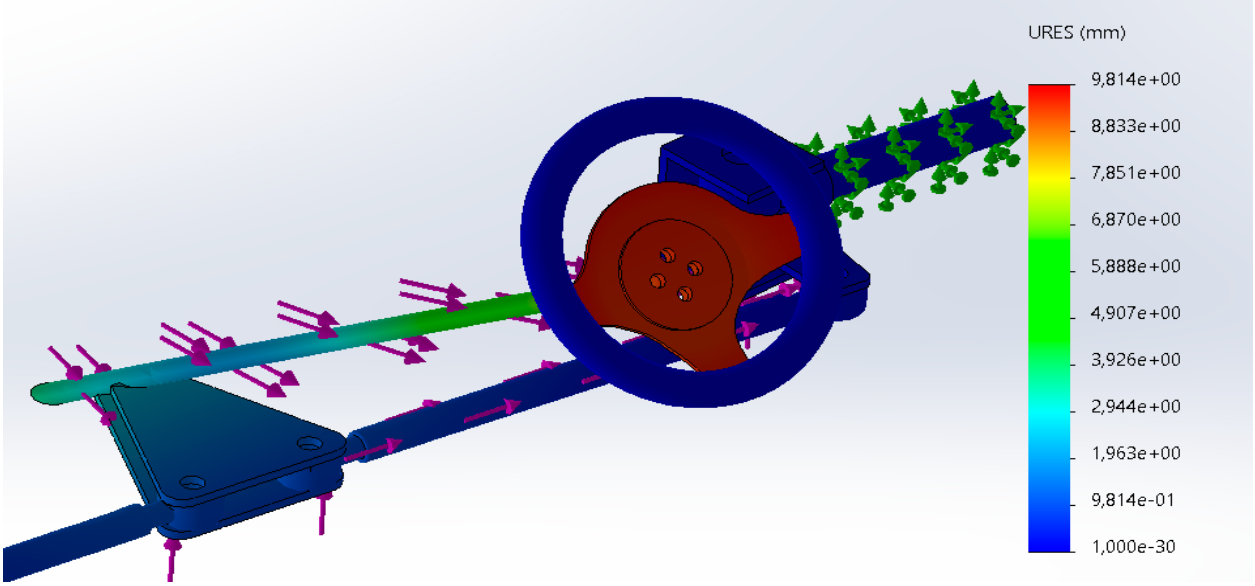
Los resultados obtenidos en el análisis de desplazamiento resultante (URES) confirman que la deformación en el sistema de dirección es mínima y se encuentra dentro de los márgenes aceptables para su correcto funcionamiento. La escala de colores muestra que la máxima deformación registrada es de aproximadamente 9.814 mm, localizada en la zona del volante, mientras que las partes estructurales clave, como las barras y los soportes, presentan deformaciones significativamente menores.

Figura 11

Análisis de simulación de deformación

Bautista, M., Ulcuango, C., Merino, M., & Ladino, A. (2025). Analysis of the technical characteristics for the design of the electric Go Kart steering system. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico.*

ISSN: 2600-5565



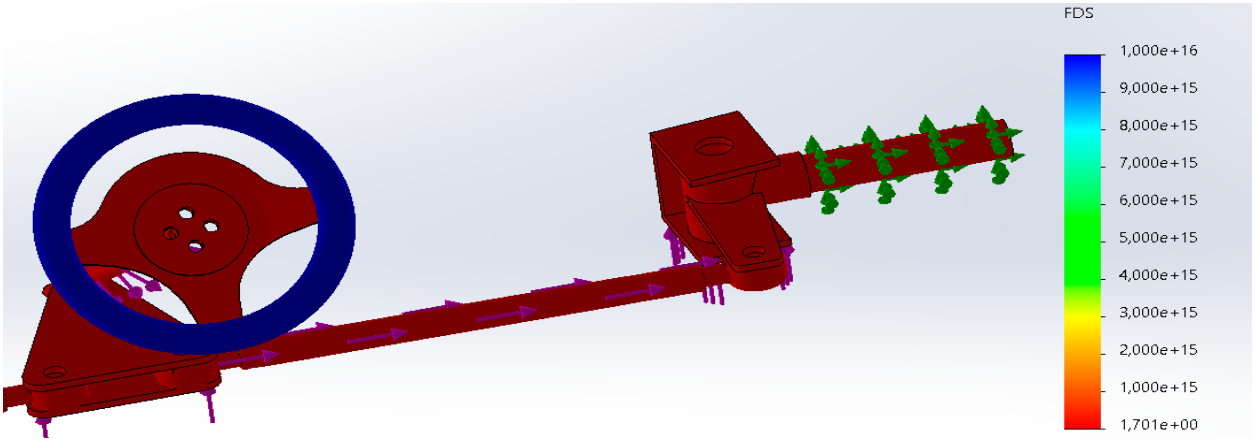
El análisis de deformaciones confirma que el diseño del sistema de dirección es estructuralmente estable y adecuado para su implementación. La distribución de desplazamientos indica que las zonas críticas del sistema no experimentan deformaciones que comprometan su funcionamiento, asegurando una operación precisa y segura del vehículo. Este estudio respalda la viabilidad del diseño y su capacidad para operar eficientemente sin riesgos de falla estructural.

3.4.2. Factor de seguridad

Los resultados del análisis del Factor de Seguridad (FDS) confirman que el diseño del sistema de dirección cumple con los criterios de resistencia estructural y estabilidad mecánica, garantizando un funcionamiento seguro bajo las condiciones de carga evaluadas.

Figura 11

Análisis de simulación de factor de seguridad



Dado que el FDS supera ampliamente el valor crítico recomendado en ingeniería estructural (FDS > 1.5 o 2 dependiendo de la aplicación), se puede afirmar que el sistema de dirección es seguro

Bautista, M., Ulcuango, C., Merino, M., & Ladino, A. (2025). Analysis of the technical characteristics for the design of the electric Go Kart steering system. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico.*

ISSN: 2600-5565

y no presenta riesgo de colapso estructural bajo las condiciones de operación definidas en este análisis.

4. DISCUSION

El diseño del sistema de dirección del Go Kart eléctrico ha sido validado mediante simulación computacional en SolidWorks, asegurando resistencia estructural, estabilidad direccional y optimización del desempeño mecánico (Wu et al., 2020). El análisis de esfuerzos de Von Mises confirma que el máximo esfuerzo es 3,64 MPa, muy por debajo del límite elástico del material (6,2 MPa), lo que garantiza seguridad estructural sin riesgo de fractura. Además, el desplazamiento máximo de 9,814 mm se localiza en el volante, mientras que las barras y fijaciones presentan mínima deformación, asegurando precisión en la dirección. El Factor de Seguridad (FDS) obtenido es superior al mínimo recomendado (FDS > 2), lo que indica que el sistema no presenta riesgo de falla y permite oportunidades de optimización en peso y materiales. Los parámetros geométricos han sido estratégicamente seleccionados: ángulo de giro ($\alpha < 35°$), camber positivo (1°), caster (18°) y ángulo de salida (11°), asegurando maniobrabilidad, estabilidad y control direccional. El par de torsión calculado (70,37 Nm) confirma que el sistema requiere un esfuerzo moderado del conductor sin comprometer la respuesta de la dirección.

El análisis estructural también evidencia que las zonas críticas están bien distribuidas, evitando concentraciones de esfuerzo que puedan generar fatiga prematura. Se ha confirmado que los puntos de fijación y unión mantienen su integridad bajo carga, garantizando un comportamiento óptimo a lo largo del ciclo de vida del sistema. La importancia del uso de herramientas de simulación radica en su capacidad para optimizar diseños antes de su fabricación, reduciendo costos y tiempos de desarrollo. La validación mediante modelado computacional permite anticipar posibles fallas y realizar mejoras en la geometría sin necesidad de pruebas físicas extensivas. En conclusión, el sistema de dirección analizado es seguro, funcional y eficiente, con un diseño optimizado para su aplicación en un Go Kart eléctrico de alto desempeño.

5. CONCLUSIONES

El análisis estructural y funcional del sistema de dirección del Go Kart eléctrico ha permitido validar su viabilidad técnica, garantizando que el diseño propuesto cumple con los criterios de resistencia mecánica, estabilidad direccional y seguridad estructural. Mediante la aplicación de simulación computacional en SolidWorks, se logró evaluar con precisión la distribución de esfuerzos, deformaciones y factores de seguridad bajo condiciones de carga realistas. El estudio del esfuerzo equivalente de Von Mises confirmó que el sistema soporta un esfuerzo máximo de 3,64 MPa, un valor significativamente inferior al límite elástico del material (6,2 MPa). Esto indica que el diseño se encuentra dentro de los márgenes de seguridad, sin riesgo de deformación plástica o fractura estructural en condiciones normales de operación. La correcta distribución de esfuerzos en las barras de acoplamiento y la base de fijación demuestra que el diseño está bien equilibrado y optimizado para resistir las cargas aplicadas.

En cuanto a la deformación total (URES), la simulación reveló que la máxima deflexión registrada

ISSN: 2600-5565

es de 9,814 mm, localizada en el volante, lo que es esperable debido a su función de control. Sin embargo, los elementos estructurales clave del sistema presentan valores de deformación mínimos, garantizando que la dirección mantendrá precisión y estabilidad sin afectar la maniobrabilidad del vehículo. El análisis del Factor de Seguridad (FDS) confirmó que el diseño es altamente seguro, con valores que superan ampliamente el umbral recomendado en ingeniería estructural (FDS > 2). Esto asegura que la estructura no presenta riesgo de colapso ni fatiga prematura. No obstante, un FDS elevado sugiere que el diseño podría optimizarse en términos de reducción de peso y selección de materiales, sin comprometer la resistencia mecánica.

La configuración geométrica del sistema de dirección ha sido diseñada siguiendo principios de dinámica vehicular, garantizando una óptima maniobrabilidad y estabilidad. Se validó que el ángulo de giro α (< 35°), el ángulo de salida (11°), el camber positivo (1°) y el caster (18°) cumplen con los estándares de diseño, asegurando una dirección precisa y un adecuado retorno de las ruedas tras un giro. El par de torsión calculado (70,37 Nm) confirma que el sistema de dirección permite un manejo eficiente, con un esfuerzo moderado del conductor sin afectar la capacidad de respuesta del vehículo. Se ha optimizado la relación entre la carga aplicada y la resistencia al giro, asegurando un balance ideal entre estabilidad y facilidad de manejo.

Finalmente, el uso de herramientas de simulación computacional ha sido fundamental en este estudio, permitiendo analizar múltiples escenarios antes de la fabricación del prototipo. La validación mediante SolidWorks ha demostrado la importancia de estas técnicas en el diseño de sistemas mecánicos, optimizando el rendimiento estructural y reduciendo costos de producción. El sistema de dirección diseñado es seguro, eficiente y estructuralmente estable, cumpliendo con los requerimientos técnicos y funcionales de un Go Kart eléctrico de alto desempeño. Se recomienda continuar con estudios de análisis dinámico y fatiga estructural, así como la implementación de pruebas físicas para verificar la precisión de los modelos computacionales en condiciones reales.

6. REFERENCIAS

Abhiteja, P., Kumar, K. S., Krishna, K. S., & Kumar, Y. A. (2019). Design, simulation of steering system for a go kart vehicle. AIP Conference Proceedings,

Anjikar, A., & Gurway, S. (2024). A compressive approach in design and analysis of GO-KART. In Recent Advances in Materials Manufacturing and Machine Learning (pp. 367-378). CRC Press. https://doi.org/10.1201/9781003450252-44

Dere, A. A., Singh, M., Thakan, A., Kumar, R., & Singh, H. (2021). Design optimization of go-kart chassis frame using modal analysis. Lecture Notes in Mechanical Engineering,

Karthi Vinith, K. S., & Sathiamurthi, P. (2020). Design and fabrication of adaptive spoiler for go-kart vehicles [Article]. International Journal of Scientific and Technology Research, 9(3), 2044-2049. https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85082516659&partnerID=40&md5=baaeef862947aec240de2cb85e172440

ISSN: 2600-5565

Krishnamoorthi, S., Prabhu, L., Shadan, M. D., Raj, H., & Akram, N. (2020). Design and analysis of electric Go-Kart. Materials Today: Proceedings,

Mirone, G. (2010). Multi-body elastic simulation of a go-kart: Correlation between frame stiffness and dynamic performance [Article]. International Journal of Automotive Technology, 11(4), 461-469. https://doi.org/10.1007/s12239-010-0057-6

Rawat, K., Kumar, D., Kumar, R., Bharadwaj, D., Soti, V., Rathore, G., Biswas, D., & Singh, P. (2023). Structural optimisation of go kart chassis with basic electronic driver assistance systems. 2023 2nd International Conference on Paradigm Shifts in Communications Embedded Systems, Machine Learning and Signal Processing, PCEMS 2023,

Razak, M. S. A., Ahmad, F., Hasan, M. H. C., & Jamaluddin, H. (2023). Dynamic Testing of In-Wheel Motor Based Electric Vehicle in Longitudinal Direction [Article]. International Journal of Automotive and Mechanical Engineering, 20(3), 10574-10594. https://doi.org/10.15282/ijame.20.3.2023.02.0816

Srivastava, J. P., Suryateja, K., Kumar, P., Gangadhar Reddy, G., Moizuddin, M., Kumar, S., & Jain, A. K. (2024). Influence of Track Width, Wheel Base on Turning Radius and Static Behavior of Stub Axle, C-Clamp in Go-Karts Steering System. Lecture Notes in Mechanical Engineering,

Wu, C. H., Lin, W. C., & Wang, K. S. (2020). Mechatronics and remote driving control of the drive-by-wire for a go kart [Article]. Sensors (Switzerland), 20(4), Article 1216. https://doi.org/10.3390/s20041216

Yuvaraaj Kumar, S., Srivarshani, P., Nitin Sanjeeth, S. V., & Sudhakar, M. (2024). Design and Optimization of the Steering System in Go-Kart. SAE Technical Papers,

Bautista, M., Ulcuango, C., Merino, M., & Ladino, A. (2025). Analysis of the technical characteristics for the design of the electric Go Kart steering system. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*.