

**CIENCIAMATRIA**

**Revista Interdisciplinaria de Humanidades, Educación, Ciencia y Tecnología**

Año X. Vol. X. N°2. Edición Especial II. 2024

Hecho el depósito de ley: pp201602FA4721

ISSN-L: 2542-3029; ISSN: 2610-802X

Instituto de Investigación y Estudios Avanzados Koinonía. (IIEAK). Santa Ana de Coro. Venezuela

Diego Patricio Guanopatin-Chicaiza; Giovanni Mateo Karolys-Romero; Erick Alejandro Mesías-Ruiz; Giovanny Vinicio Pineda-Silva

[DOI 10.35381/cm.v10i2.1434](https://doi.org/10.35381/cm.v10i2.1434)

**Fuerza de frenado requerida en el kart parilla k55 en función de masa y velocidad**

**Braking force required on the k55 kart grid as a function of mass and speed**

Diego Patricio Guanopatin-Chicaiza

[diegogc07@uniandes.edu.ec](mailto:diegogc07@uniandes.edu.ec)

Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato, Tungurahua  
Ecuador

<https://orcid.org/0009-0001-4069-3900>

Giovanni Mateo Karolys-Romero

[giovannikr05@uniandes.edu.ec](mailto:giovannikr05@uniandes.edu.ec)

Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato, Tungurahua  
Ecuador

<https://orcid.org/0009-0008-4599-552X>

Erick Alejandro Mesías-Ruiz

[erickmr58@uniandes.edu.ec](mailto:erickmr58@uniandes.edu.ec)

Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato, Tungurahua  
Ecuador

<https://orcid.org/0009-0005-5354-812X>

Giovanny Vinicio Pineda-Silva

[ua.giovannypineda@uniandes.edu.ec](mailto:ua.giovannypineda@uniandes.edu.ec)

Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato, Tungurahua  
Ecuador

<https://orcid.org/0000-0002-2785-1249>

Recibido: 15 de mayo 2024

Revisado: 15 de junio 2024

Aprobado: 15 de septiembre 2024

Publicado: 01 de octubre 2024

## CIENCIAMATRIA

Revista Interdisciplinaria de Humanidades, Educación, Ciencia y Tecnología

Año X. Vol. X. N°2. Edición Especial II. 2024

Hecho el depósito de ley: pp201602FA4721

ISSN-L: 2542-3029; ISSN: 2610-802X

Instituto de Investigación y Estudios Avanzados Koinonía. (IIEAK). Santa Ana de Coro. Venezuela

Diego Patricio Guanopatin-Chicaiza; Giovanni Mateo Karolys-Romero; Erick Alejandro Mesías-Ruiz; Giovanny Vinicio Pineda-Silva

### RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue determinar los pares y momentos de frenado requeridos para el kart. Se emplearon métodos cuantitativos necesarios para calcular parámetros de operatividad del sistema de frenos bajo una tipología experimental. Los resultados revelaron una relación significativa entre la masa del kart, la velocidad y la fuerza de frenado requerida, con respecto a la que genera el sistema. Como conclusión, se destacó un sistema de freno del karting deficiente en relación a lo requerido para garantizar un rendimiento óptimo y una conducción segura en competiciones de karting.

**Descriptor:** Sistema de freno; Go Kart; eficiencia; fuerza; torque. (Tesoro UNESCO).

### ABSTRACT

The objective of the current research was to determine the required braking torques and moments for the kart. Necessary quantitative methods were used to calculate brake system operability parameters under an experimental typology. The results revealed a significant relationship between the mass of the kart, the speed and the required braking force, with respect to that generated by the system. As a conclusion, a deficient karting braking system was highlighted in relation to what is required to guarantee optimum performance and safe driving in karting competitions.

**Descriptors:** Brake system; Go Kart; efficiency; force; torque. (UNESCO Thesaurus).

Diego Patricio Guanopatin-Chicaiza; Giovanni Mateo Karolys-Romero; Erick Alejandro Mesías-Ruiz; Giovanny Vinicio Pineda-Silva

## INTRODUCCIÓN

El amplio desarrollo tecnológico da origen a una investigación más eficiente debido a sus modificaciones continuas, la cual es fundamental para la actualidad. Guerra y Tisné (2021) expresan que “los automóviles serán cuerpos autónomos, capaces de adoptar distintas vías de acción ante las condiciones del tránsito” (p. 104). Valladolid et al. (2023) manifiestan que “la geografía irregular de las vías expone a los vehículos a diferentes factores como la altitud de una carretera de montaña” (p. 25). García et al. (2015) expresan que “los frenos deben trabajar en forma segura y predecible en cualquier circunstancia, lo cual implica disponer de un nivel estable de fricción, en cualquier condición de temperatura, humedad y salinidad del medio ambiente” (p. 53). Este trabajo se centra en el estudio del sistema de frenos karting, un campo que ha obtenido relevancia por su importante eficacia de frenado en vehículos.

Según Monroy et al. (2020), “en los últimos años, la movilidad eléctrica se ha convertido en un área de interés tanto para la industria automotor como para la investigación” (p. 306). El sistema de frenos, y particularmente en vehículos, surge como un sistema basado en la fricción entre dos piezas metálicas, la cual disipa la energía cinética, teniendo como objetivo reducir la velocidad de los autos. Para el desarrollo de vehículos con motores más eficientes se necesita un sistema que permita detener el automóvil de manera precisa, logrando un desempeño adecuado y seguro, en función de reducir riesgos de accidentes. Echaveguren et al. (2007) expresan que “en pendientes descendentes prolongadas, los vehículos pesados enfrentan el riesgo de corte de frenos. Para mitigar el potencial daño, existen sistemas que permiten que el vehículo salga de la calzada hacia un dispositivo de contención” (p. 175).

Para Medina (2024), “se discute el error conceptual de suponer que en oscilaciones amortiguadas la fuerza de arrastre es despreciable cuando, en realidad, es la componente prevalente en la mayoría de los casos prácticos” (p. 1). Rojas et al. (2021) afirman que “el sistema de frenos es, sin duda, el componente más importante para la

Diego Patricio Guanopatin-Chicaiza; Giovanni Mateo Karolys-Romero; Erick Alejandro Mesías-Ruiz; Giovanny Vinicio Pineda-Silva

seguridad vial del automóvil, ya que de este depende la detención total o parcial del vehículo y, en consecuencia, la integridad de sus pasajeros” (p. 64). Según Echaveguren y Vargas (2013), “los lechos de frenado son dispositivos que permiten contener los vehículos pesados fuera de control” (p. 221). En un vehículo la mayoría de la presión es ejercida en las llantas delanteras y las fricciones constituyen el principio básico para su correcto funcionamiento. Para Lozada y Suquillo (2018):

La fuerza de rozamiento o fricción se origina básicamente entre la superficie rugosa de los cuerpos en contacto. Lo ideal de un material de fricción es mantener constante el coeficiente durante todo el tiempo de trabajo y con todas las variables que influyen sobre las pastillas, como temperatura, desgaste, etc. Lo complicado es mantener estable este valor debido a los cambios en el material. (p. 190)

La fricción generada depende del área y la fuerza de contacto entre cada cuerpo. Sin embargo, las áreas de contacto también son las llantas y la superficie de donde se encuentre el vehículo. De acuerdo con (Mohd, Abd, Ali, Jamaludin & Wan, 2018, p. 37), “el efecto de la reducción de la temperatura de los frenos de tambor en la fuerza de sujeción del sistema de freno de estacionamiento no se ha estudiado correctamente a pesar del hecho de que puede resultar en el vuelco del vehículo”.

En el automóvil, precisamente en el sistema de frenado con disco, se encuentran varias partes especificadas en la tabla 1.

Los frenos de un karting están diseñados para inmovilizar los tambores o discos al aparcar y convertir la energía cinética en calor durante el frenado. La distancia de detención incluye la distancia de reacción (0.5 a 1 segundo) y la distancia de frenado, influida por la pericia del conductor, el estado de la carretera, la climatología, la velocidad, la carga y el estado del vehículo. El frenado de un kart depende del sistema de frenado, que incluye piezas mecánicas que aplican un par de frenado sobre las ruedas. Existen dos tipos de sistemas de frenado en karts: frenos hidráulicos, más precisos y eficientes, y frenos mecánicos, que operan mediante cables y palancas.

Diego Patricio Guanopatin-Chicaiza; Giovanni Mateo Karolys-Romero; Erick Alejandro Mesías-Ruiz; Giovanny Vinicio Pineda-Silva

**Tabla 1.**  
Componentes del sistema de frenado con disco.

<b>Elemento</b>	<b>Función</b>
Pedal de freno	Es un mecanismo de accionamiento por medio del cual el conductor ejerce la fuerza necesaria para que sea transmitida a los demás componentes del sistema.
Servofreno	Encargado de multiplicar la fuerza de frenada ejercida sobre el pedal de freno.
Circuito de tuberías	Son las encargadas de llevar el líquido de frenos desde la bomba hasta los bombines de freno.
Bombines de freno	Se encargan de la transmisión de la presión generada por la bomba de freno.
Pinza de freno	Llevar el líquido de frenos a los cilindros.
Pastillas de freno	Por fricción, se encargan de desacelerar el vehículo. En la actualidad, no está permitido utilizar amianto para fabricarlas.
Zapatas de freno	También por fricción, en los frenos de tambor las zapatas de freno se encargan de detener el vehículo.
Tambores de freno	Este componente consta de un tambor de rueda, un plato porta zapatas y el bombín de freno.
Discos de freno	Unido al buje de la rueda, o parte de él, y gira de manera solidaria con este, de manera que la fricción de las pastillas sobre estos sirve para detener el automóvil.
Cables de freno	Inmovilizar los tambores o discos de freno al aparcar, para que el vehículo permanezca inmóvil.

**Fuente:** García (2015).

El karting estudiado tiene un sistema de frenado mecánico, compuesto por el pedal, la varilla de freno, cañería, caliper y pastillas de freno, pero no incluye una bomba de freno. Los calipers son partes estáticas que alojan los pistones y pastillas y, en este caso, se utilizó una mordaza fija de doble acción. Las pastillas de freno pueden ser orgánicas, semimetálicas, de carbono o de cerámica. Uno de los propósitos de este estudio fue calcular la fuerza de frenado del sistema de frenos del karting, desde la

Diego Patricio Guanopatin-Chicaiza; Giovanni Mateo Karolys-Romero; Erick Alejandro Mesías-Ruiz; Giovanny Vinicio Pineda-Silva

fuerza ejercida por el pedal hasta el disco, considerando el peso y la velocidad del vehículo, y siendo una guía para futuras investigaciones y políticas en este ámbito.

Cabe resaltar que como objetivo principal se planteó determinar los pares y momentos de frenado requeridos para el kart. Para ello, se llevó a cabo un análisis exhaustivo de la fuerza de frenado requerida en el kart Parilla K55 en relación con la masa y la velocidad. Los antecedentes de esta investigación se basan en la importancia de comprender y optimizar el rendimiento de frenado en vehículos de competición karts, para garantizar la seguridad del piloto y mejorar el desempeño en la pista.

## **MÉTODO**

Este estudio fue desarrollado usando una investigación cuantitativa de tipo experimental, elaborada mediante un proceso paso a paso que abarcó el problema y el objetivo de la investigación. El problema de la investigación se basó en comprender y calcular la fuerza generada desde el pie humano hasta el neumático del go-kart, midiéndola con diferentes pesos y velocidades alcanzadas por el vehículo, considerando todo el sistema de freno por el cual está conformado este tipo de vehículo y calculando las fuerzas y torques obtenidas por cada parte de este mecanismo.

La obtención de datos se desarrolló mediante la modalidad de campo, estando en contacto con los elementos de análisis, con lo cual se consiguió información primaria entre la que resaltó el material de fabricación de cada componente que abarcó el sistema de frenos y dimensiones, a través de las cuales se calculó la fuerza de frenado en un go-kart.

Para lograr el objetivo, se realizó una búsqueda de información en fuentes validadas. Además, se acudió a la recopilación y análisis de datos numéricos específicos relacionados con las fuerzas y torques generados en el sistema de frenos del go-kart. Se utilizaron instrumentos de medición precisos para cuantificar la fuerza aplicada por

Diego Patricio Guanopatin-Chicaiza; Giovanni Mateo Karolys-Romero; Erick Alejandro Mesías-Ruiz; Giovanny Vinicio Pineda-Silva

el pie humano, así como las fuerzas resultantes en cada componente del sistema de frenado, los cuales se detallan en la tabla 2.

**Tabla 2.**

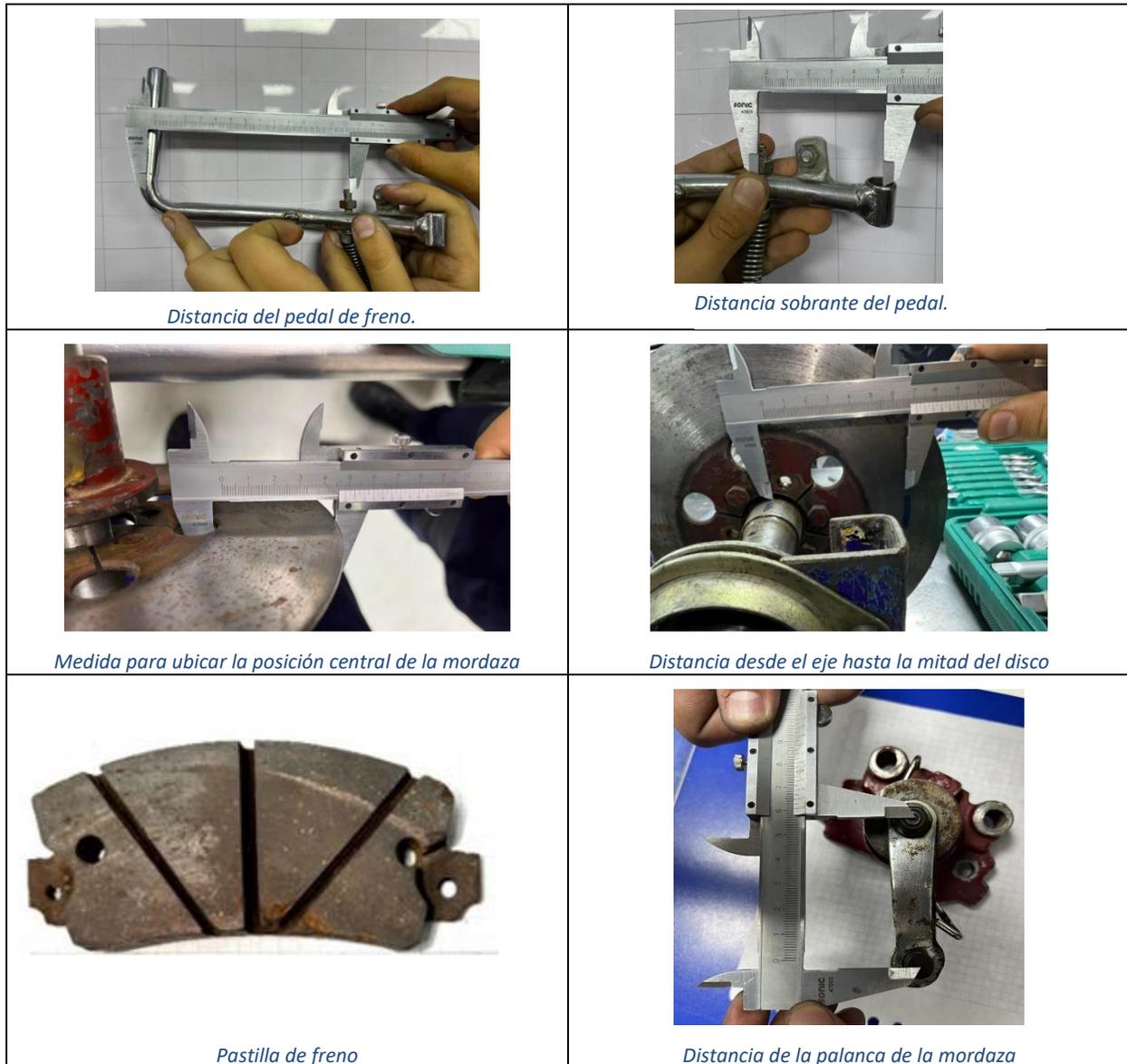
Recursos utilizados para la investigación.

<b>Componentes utilizados en la investigación</b>	
1.	Pastilla de freno
2.	Calibrador
3.	Software Inspire 2022.3
4.	Pedal de freno
5.	Disco de freno
6.	Mordaza
7.	Neumático
8.	Inspire studio 2022.3

**Elaboración:** Los autores.

La figura 1, muestra el pedal de freno del go-kart, el cual es de aluminio y ligero para ayudar a mantener el peso del vehículo bajo control, optimizando su rendimiento y maniobrabilidad. Los pedales deben ser macizos y no tener forma de "L"; si llevan suplementos, estos deben ser rígidos y fijados con una tuerca o pasador, no pudiendo desmontarse sin herramientas. Se obtuvo el diámetro del disco, que es de 19.5 cm, para calcular el área y la fuerza de frenado basada en la distancia desde el centro del disco hasta la posición de la mordaza. En los go-karts, los frenos actúan solo en las ruedas traseras, y el disco suele ser de aluminio. Las pastillas de freno usadas en esta investigación están hechas de cerámica, un material común en go-karts, junto con compuestos de aluminio, titanio y acero inoxidable.

Diego Patricio Guanopatin-Chicaiza; Giovanni Mateo Karolys-Romero; Erick Alejandro Mesías-Ruiz; Giovanny Vinicio Pineda-Silva



**Figura 1.** Muestra de las piezas, distancias y medidas.

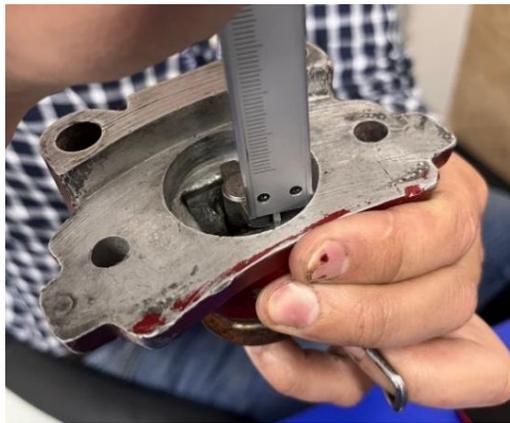
**Elaboración:** Los autores.

La mordaza del freno, que aloja la pastilla, está hecha principalmente de acero inoxidable y acero al carbono, materiales que resisten altas temperaturas y estrés mecánico. En este estudio, se utilizó una mordaza casi completamente de acero

Diego Patricio Guanopatin-Chicaiza; Giovanni Mateo Karolys-Romero; Erick Alejandro Mesías-Ruiz; Giovanny Vinicio Pineda-Silva

inoxidable. La pastilla de freno de cerámica mide 11 cm de largo, lo que permite calcular el área de contacto con el disco para generar la desaceleración del vehículo.

Se midió el largo de la palanca de la mordaza, que es de 82 mm, para calcular la fuerza aplicada por el cable y obtener el torque en ese punto. Además, se midió la altura máxima de desplazamiento de la pastilla, que es de 6 mm, lo que permitió calcular la fuerza generada por la pastilla hacia el disco, sumando todas las fuerzas obtenidas desde la aplicación de la fuerza humana sobre el pedal (Figura 2).



**Figura 2.** Distancia de desplazamiento del émbolo.

**Elaboración:** Los autores.

## RESULTADOS

Durante el proceso de revisión sistemática del análisis de la fuerza de frenado del kart parilla k55, se realizaron varios cálculos acordes a los datos obtenidos en la medición de componentes y partes del sistema de frenos en el kart. Seguidamente, se presentan las figuras y cuadros inherentes a los bocetos de los componentes y también a las respectivas cotas acerca de cómo se vería el sistema de frenado en el kart, partiendo desde la fuerza generada por el pie humano (72 Newtons aproximadamente) hasta la pastilla de freno, que es en donde se obtiene el valor de la fuerza total con la que este componente es ejercido.

Diego Patricio Guanopatin-Chicaiza; Giovanni Mateo Karolys-Romero; Erick Alejandro Mesías-Ruiz; Giovanny Vinicio Pineda-Silva

**Tabla 3.**

Magnitudes de los componentes del sistema de frenado del Kart.

<b>Magnitudes de los componentes del sistema de frenado del Kart.</b>		
<b>Parámetros:</b>	<b>Magnitud</b>	<b>Unidad</b>
Fuerza del pie Humano	72	Newtons
Distancia total de pedal.	0.185	Metros
Distancia restante de pedal desde perno sujetador del cable.	0.052	Metros
Distancia de la palanca de la mordaza, desde donde se sujeta el otro extremo del cable.	0.0605	Metros
Distancia de empuje que ejerce la palanca hacia el émbolo y la pastilla.	0.006	Metros

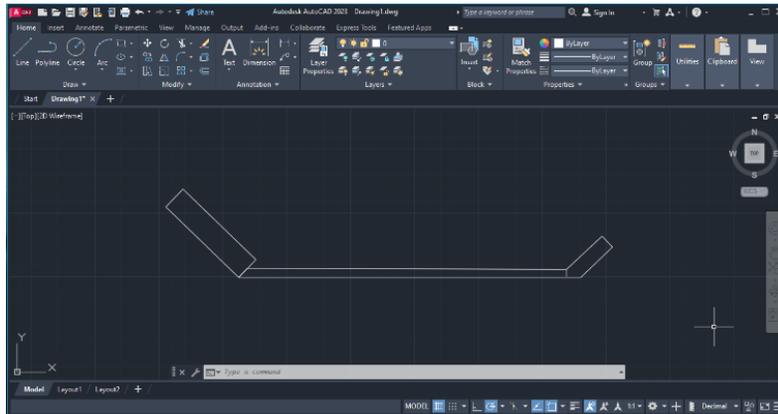
**Elaboración:** Los autores.

En la tabla 3, se muestran las magnitudes de los componentes del sistema de frenado del Kart. Un punto que se tomó en cuenta, el cual es muy importante para realizar de forma correcta los cálculos, es el coeficiente de adherencia de los neumáticos en el suelo; esto en condiciones normales tanto climáticas como físicas del suelo y de los neumáticos.

En las figuras 3 y 4, y como primer punto, se procedieron a dibujar bocetos de los componentes y también a colocar las respectivas cotas acerca de cómo se vería el sistema de frenado en el kart, partiendo desde la fuerza generada por el pie humano (72 Newtons aproximadamente), hasta la pastilla de freno que es en donde se obtendría el valor de la fuerza total con la que este componente sería ejercido.

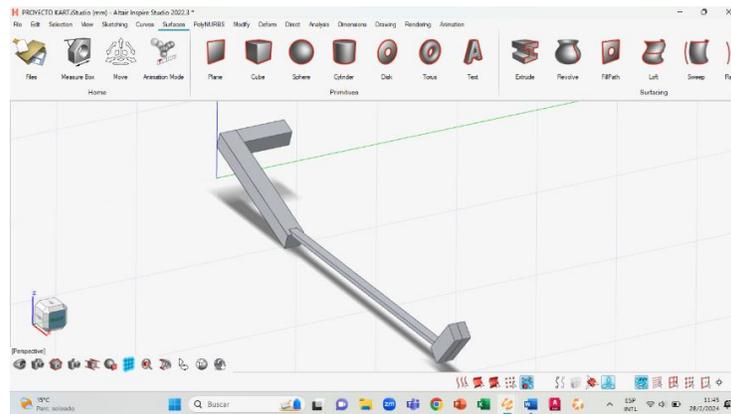
A continuación, se presentan los cálculos y procesos matemáticos, en los que se usó el principio: Momento es igual a Fuerza por Distancia. Como primer punto, tenemos la fuerza ejercida por el humano y la distancia total del pedal, pero es importante recalcar que, para obtener la fuerza total hasta donde se sujeta el cable, es necesario dividir el primer Momento que se obtuvo para la distancia restante del pedal.

Diego Patricio Guanopatin-Chicaiza; Giovanni Mateo Karolys-Romero; Erick Alejandro Mesías-Ruiz; Giovanni Vinicio Pineda-Silva



**Figura 3.** Boceto del sistema de frenado del Go Kart

**Elaboración:** Los autores.



**Figura 4.** Boceto del sistema de frenado del Go Kart

**Elaboración:** Los autores.

Después de esto, se obtuvo la fuerza de frenado hasta donde se encuentra sujetado el cable, a este último componente se le considera constante por lo que tendrá la misma fuerza en su inicio y en su final. Posteriormente, se calculó el siguiente Momento entre la fuerza obtenida hasta el cable por la distancia de la palanca de la mordaza, y este valor resultante, fue dividido para la distancia de empuje que ejerce la mordaza sobre la

Diego Patricio Guanopatin-Chicaiza; Giovanni Mateo Karolys-Romero; Erick Alejandro Mesías-Ruiz; Giovanny Vinicio Pineda-Silva

pastilla; así se obtuvo una fuerza total desde el pie humano hasta la pastilla del freno que fue de 2581,67 Newtons, así como se demuestra en los cálculos siguientes.

$$M1 = f1 \times d1$$

$$M1 = 72N \times 0.185m$$

$$M1 = \mathbf{13,32Nm}$$

$$f2 = \frac{M1}{d2}$$

$$f2 = \frac{13,32Nm}{0,052m}$$

$$f2 = \mathbf{256,15N}$$

$$M2 = f2 \times d3$$

$$M2 = 256,15N \times 0,0605m$$

$$M2 = \mathbf{15,49Nm}$$

$$f3 = \frac{M2}{d4}$$

$$f3 = \frac{15,49Nm}{0,006m}$$

$$f3 = \mathbf{2581,67N}$$

Como siguiente punto, se procedió a calcular la energía del kart en Joules con relación a la velocidad y la masa. Con la fórmula expresada que es  $\frac{1}{2}$  por el peso y por la velocidad elevada al cuadrado, se obtuvieron datos del peso del kart que fue 80 kg y, en este caso, más el peso de una persona de 60 kg, y aplicado en una velocidad máxima alcanzada por el kart de 27.78 m/s, se obtuvo una energía Q total de 54020,988 Joules.

$$\mathcal{E} = \frac{1}{2} \times \mathcal{M} \times (v^2)$$

Diego Patricio Guanopatin-Chicaiza; Giovanni Mateo Karolys-Romero; Erick Alejandro Mesías-Ruiz; Giovanny Vinicio Pineda-Silva

$$\varepsilon = \frac{140kg \times (27,78 \frac{m}{s})^2}{2}$$

$$\varepsilon = 54020,988 \text{ J}$$

Se muestra una hoja de cálculo en la que realizamos el mismo cálculo para determinar los diferentes pesos y velocidades en la tabla 4.

**Tabla 4.**

Resultados de la energía entre masa y velocidad.

Masa Kart:	Masa Piloto:	Masa total:	Velocidad:	Energía obtenida:
80 kg	71 kg	151 kg	27,78 m/s	2104,185 J

**Elaboración:** Los autores.

A continuación, se obtuvieron otros datos como lo fueron la velocidad inicial (Vi) con datos extraídos de la tabla anterior, la velocidad final (Vf) que siempre será 0, porque es al objetivo que debemos llegar y la aceleración (A). Para esto se aplicó la fórmula de la distancia, despejando la aceleración, a fin de conocer el trabajo que generaba el sistema de frenado. Este debió ser mayor o igual a la energía producida por el vehículo para conocer si el sistema de frenado funcionaba correctamente.

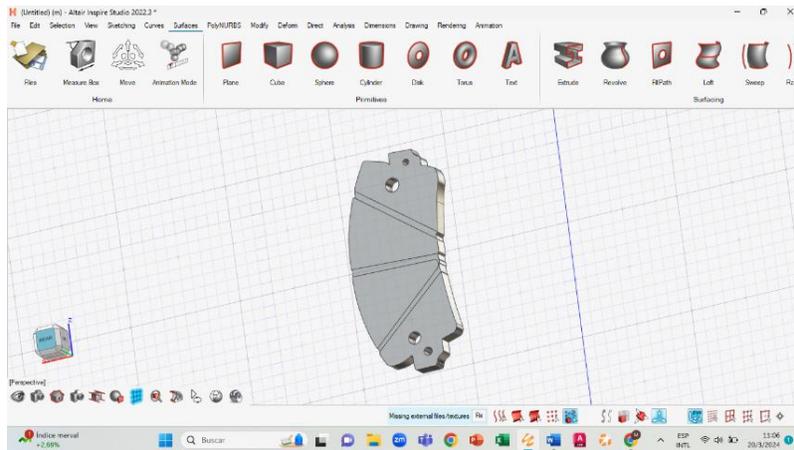
$$Vf = Vo + a \times t$$

$$d = Vo \times t + \frac{1}{2} \times a \times t^2$$

$$a = \frac{2d - 2Vo \times t}{t^2}$$

Para calcular el área de contacto de la pastilla en el disco y así poder disipar toda la energía del vehículo, fue necesario graficar la pastilla de freno en el software Inspire Studio y, en el mismo, se observó el componente como tal y también se obtuvo el área. Así se muestra en la figura 5.

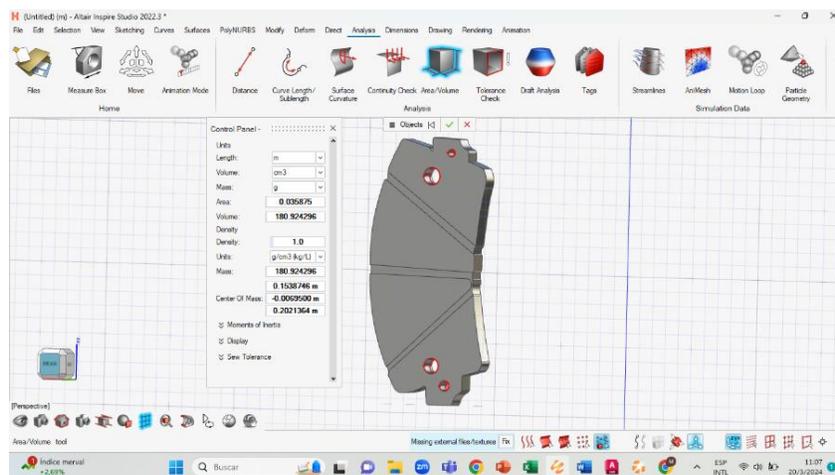
Diego Patricio Guanopatin-Chicaiza; Giovanni Mateo Karolys-Romero; Erick Alejandro Mesías-Ruiz; Giovanni Vinicio Pineda-Silva



**Figura 5.** Pastilla de freno en Inspire Studio.

**Elaboración:** Los autores.

Mediante el comando Área/Volumen en la parte de Analysis de la figura 6, pudimos seleccionar el componente y se obtuvo un área de 0,035875 m<sup>2</sup>. Con este dato que se obtuvo, gracias al software Inspire Studio, se pudo determinar el área de contacto en el disco de freno, el cual deberá parar por completo al vehículo y así finalizar el correcto frenado.

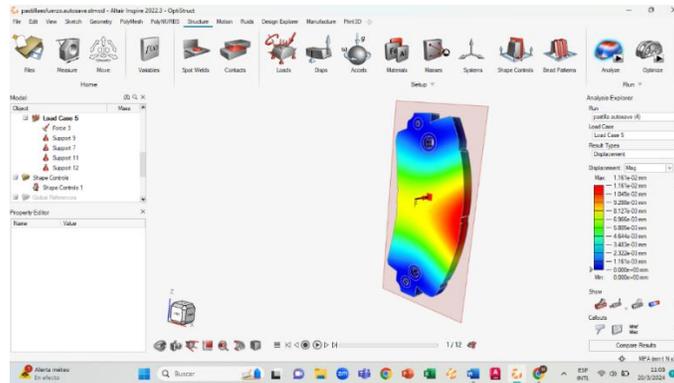


**Figura 6.** Área de la pastilla de freno en Inspire Studio.

**Elaboración:** Los autores.

Diego Patricio Guanopatin-Chicaiza; Giovanni Mateo Karolys-Romero; Erick Alejandro Mesías-Ruiz; Giovanni Vinicio Pineda-Silva

Gracias al software Inspire Studio, en la figura 7, se pudo hacer la Simulación al aplicar una fuerza sobre la pastilla de freno en Inspire.



**Figura 7.** Simulación al aplicar una fuerza sobre la pastilla de freno en Inspire.

**Elaboración:** Los autores.

### Fuerza de frenado del sistema en función del coeficiente de fricción de la pastilla

$$F_{br} = u \times F_a = (0.3) \times (2581.67 \text{ N}) = 774.501 \text{ N}$$

774.501 N es la fuerza aprovechada en el freno por efecto del coeficiente

$$T_b = 2(F_{br}) \times r_m = (2) \times (774.501 \text{ N}) \times (0.07 \text{ m}) = 108.43 \text{ Nm}$$

$$F_b = \frac{T_b}{r_w}$$

$$F_b = \frac{108.43 \text{ Nm}}{0.1325 \text{ m}} = 818.33 \text{ N}$$

### Fuerza requerida para frenar

$$F_b = m \times a = (151 \text{ kg}) \times (0.8 \times 9.81 \text{ m/s}^2) = 1185.048 \text{ N}$$

$$T_b = (1185.048 \text{ N}) \times (0.1325 \text{ m}) = 154.05 \text{ Nm}$$

$$T_b = 2F_{br} \times r_m$$

$$F_{br} = \frac{T_b}{2r_m} = \frac{154.05 \text{ Nm}}{2(0.07 \text{ m})} = 1100.35 \text{ N}$$

Diego Patricio Guanopatin-Chicaiza; Giovanni Mateo Karolys-Romero; Erick Alejandro Mesías-Ruiz; Giovanny Vinicio Pineda-Silva

$$F_a = \frac{F_{br}}{u} = \frac{1100.35 \text{ N}}{0.3} = 3667.85 \text{ N}$$

$$F_b = \frac{154.05 \text{ Nm}}{0.1325 \text{ m}} = 1162.64 \text{ N}$$

T<sub>b</sub> = torque de frenado

F<sub>b</sub> = fuerza de frenado

R<sub>w</sub> = radio de la llanta

R<sub>m</sub> = radio del disco

### Tabla 5.

Comparación de valores de Fuerza y Torque generados por el vehículo y el sistema de frenado por cable.

Comparación de Fuerza y Torque de Frenado.		
Parámetros	Generado por el Vehículo	Generado por el Sistema de Frenado por Cable
Fuerza	3667,85N	2581,67N
Torque	154.05 Nm	108.43Nm

**Elaboración:** Los autores.

La tabla 5, muestra la comparación de los valores, donde la fuerza y el torque generados por el sistema de frenado resultaron menores que los del vehículo, indicando un déficit de frenado. La diferencia en la fuerza fue de 366.718 N y en el torque de 45.62 Nm. Para solucionar este problema, se propuso implementar un sistema de frenado completamente hidráulico y alargar la distancia del pedal de 0.185 m a 0.28 m para obtener más fuerza. Además, se sugirió disminuir la distancia entre el pedal y el accionamiento de la bomba de 0.052 m a 0.01 m.

$$M_1 = f_1 \times d_1$$

$$M_1 = 72\text{N} \times 0.28\text{m}$$

$$M_1 = 20.16\text{Nm}$$

Diego Patricio Guanopatin-Chicaiza; Giovanni Mateo Karolys-Romero; Erick Alejandro Mesías-Ruiz; Giovanny Vinicio Pineda-Silva

$$f2 = \frac{M1}{d2}$$

$$f2 = \frac{20.16NM}{0,01m}$$

$$f2 = 2016N$$

Para calcular la fuerza del nuevo sistema de frenado hidráulico fue necesario conocer los diámetros de los émbolos o pistones presentes tanto en la bomba como en la mordaza del freno. Así lo muestra la tabla 6.

**Tabla 6.**

Magnitudes de los diámetros de los émbolos en el sistema hidráulico.

<b>Magnitudes de los Diámetros de los Émbolos en el Sistema Hidráulico</b>	
Émbolo de la Bomba.	Émbolo de la Mordaza.
0.018m de diámetro.	0.025m de diámetro
0.009 m de radio.	0.0125 m de radio.

**Elaboración:** Los autores.

Finalmente se procedió a encontrar la fuerza final de frenado en el sistema hidráulico y para esto se aplicó el principio de Pascal, así como se expresa a continuación.

$$\frac{F1}{\pi \times r1^2} = \frac{F2}{\pi \times r2^2}$$

$$F2 = \frac{F1 \times r2^2}{r1^2}$$

$$F2 = \frac{2016N \times 0.0125m^2}{0.009m^2}$$

$$F2 = 3888.889N$$

Para finalizar y completar el análisis fue necesario obtener el torque que produce el sistema de frenado hidráulico, al alargar la distancia del pedal y recortar la distancia

Diego Patricio Guanopatin-Chicaiza; Giovanni Mateo Karolys-Romero; Erick Alejandro Mesías-Ruiz; Giovanny Vinicio Pineda-Silva

desde el pedal hasta la bomba. Para esto se utilizó el proceso anteriormente aplicado para obtener el torque.

$$F_{br} = u \times Fa = (0.3) \times (3888.889 N) = 1166.667N$$

$$T_b = 2(F_{br}) \times rm = (2) \times (1166.667N) \times (0.07 m) = 163.33 Nm$$

**Tabla 7.**

Comparación de valores de Fuerza y Torque generados por el vehículo y el sistema de frenado hidráulico.

<b>Comparación de Fuerza y Torque de Frenado</b>		
<b>Parámetros:</b>	<b>Generado por el Vehículo.</b>	<b>Generado por el Sistema de Frenado Hidráulico.</b>
Fuerza.	3667,85N	3888,889 N
Torque.	154.05 Nm	163.33m

**Elaboración:** Los autores.

Según el cuadro comparativo de la tabla 7, los valores obtenidos demuestran que, al implementar un sistema hidráulico y agrandar la distancia del pedal, la fuerza del sistema supera a la del vehículo con 221.039N y el torque también supera al del vehículo por 9.28 Nm, por lo que ya es un sistema efectivo.

**DISCUSIÓN**

La implementación y correcto funcionamiento del sistema de frenado en un Go Kart es esencial para la seguridad de pilotos y espectadores, y para el rendimiento óptimo del vehículo en pista. La investigación destaca la importancia de un sistema eficiente que funcione bien en carrera y en frenadas de emergencia. Se observó que el sistema de frenado por cable presenta un déficit significativo de fuerza y torque, insuficiente para las necesidades del vehículo en cuanto a peso, velocidad y condiciones del suelo.

El Go Kart Parilla K55, fabricado en la década de 1990, tiene un freno de disco accionado por cable en una sola llanta, lo cual es insuficiente debido al alto torque del

Diego Patricio Guanopatin-Chicaiza; Giovanni Mateo Karolys-Romero; Erick Alejandro Mesías-Ruiz; Giovanny Vinicio Pineda-Silva

motor y las demandas de frenado preciso. Para mejorar el frenado, se sugiere sustituir el sistema por cable con uno hidráulico, aunque esto puede estar limitado por las normativas de competición. Algunas categorías de carreras no permiten frenos hidráulicos, por lo que es crucial revisar las especificaciones del reglamento antes de realizar modificaciones.

Es importante también conocer el costo de colocar y mantener un sistema hidráulico en comparación al sistema accionado por cable, para realizar este cambio se necesita de una mordaza con pistones que se accionan con líquido de freno, una manguera y otro pistón que empuje el líquido hacia la mordaza; aproximadamente el costo de un sistema hidráulico es el doble a comparación del sistema por cable, ya que este último solo posee una mordaza mecánica y un cable templado que acciona el sistema.

La discusión acerca del tipo de sistema de frenado que se puede implementar en un Go Kart es muy amplia, ya que se toma en cuenta varios aspectos como lo son: económico, complejidad del sistema, tipo de Go Kart, necesidad de frenado (preciso), entre otros. En los resultados obtenidos en esta investigación, se refleja que el sistema por cable es deficiente en este vehículo, pero puede llegar a tener un buen desempeño en carrera, aunque para obtener un frenado óptimo se recomienda implementar un sistema hidráulico.

## **CONCLUSIONES**

Gracias a la metodología sistemática aplicada en esta investigación, se pudieron identificar, analizar y plantear soluciones para mejorar el sistema de frenado del Go Kart Parilla k55. La estrategia utilizada garantizó la calidad y veracidad de los resultados. Se determinó que la fuerza de frenado desde el pie humano hasta el neumático fue de 774.501 N y un torque de 108.43 Nm, con un radio del disco de 0.07 m.

Se sugirió no aumentar el diámetro del disco ni alargar la distancia de la palanca del freno debido a limitaciones de espacio y efectividad. La comparación de datos mostró

Diego Patricio Guanopatin-Chicaiza; Giovanni Mateo Karolys-Romero; Erick Alejandro Mesías-Ruiz; Giovanny Vinicio Pineda-Silva

que la potencia y el torque del vehículo superan a los del sistema de frenado por cable, demostrando su deficiencia.

Finalmente, se concluyó que la mejor solución es implementar un sistema de frenado hidráulico. Se propuso utilizar una mordaza y una bomba hidráulica de una moto de 100 CC, lo cual, según los cálculos, proporcionaría la fuerza de frenado necesaria para la eficacia y seguridad del vehículo.

## FINANCIAMIENTO

No monetario.

## AGRADECIMIENTOS

Gracias a todos los colaboradores que participaron en este estudio.

## REFERENCIAS CONSULTADAS

Echaveguren, T., y Vargas, S. (2013). Evaluación de la necesidad de lechos de frenado en pendientes descendentes usando principios de confiabilidad. [Assesment the arrestor bed needs in downwards based on reliability principles]. *Revista Ingeniería de Construcción RIC*, 28(3), 221-235. <https://n9.cl/0x7fz>

Echaveguren, T., Vargas, S., y Ñancufil, J. (2007). Metodología de análisis y diseño de lechos de frenado. [Methodology for assesment and design of arrestor beds]. *Revista ingeniería de construcción*, 22(3), 175-184. <https://n9.cl/bvt6v>

García, R., Acosta, M., y Flórez, E. (2015). Análisis del comportamiento de los frenos de disco de los vehículos a partir de la aceleración del proceso de corrosión. [Behavioral analysis of disc brake vehicle from accelerating the process of corrosion]. *Tecnura*, 19(45), 53-63. <https://n9.cl/10flx>

Guerra, R., y Tisné, J. (2021). Vehículos autónomos y estado de necesidad: Análisis desde la perspectiva del peatón sujeto a una situación de peligro. [Autonomous vehicles and the state of necessity: Analysis from the perspective of the pedestrian subject to a dangerous situation]. *Revista chilena de derecho y tecnología*, 10(2), 103-122. <https://n9.cl/zb2yq>

Diego Patricio Guanopatin-Chicaiza; Giovanni Mateo Karolys-Romero; Erick Alejandro Mesías-Ruiz; Giovanny Vinicio Pineda-Silva

- Medina, C. (2024). Estudio teórico, numérico y experimental sobre la fuerza de arrastre en oscilaciones amortiguadas. [Theoretical, numerical and experimental study about drag force in damped oscillations]. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 46, e20240017, 1-11. <https://n9.cl/ia59d>
- Mohd, I., Abd, A., Ali, B., Jamaludin, T., y Wan, W. (2018). Brake torque analysis of fully mechanical parking brake system: Theoretical and experimental approach. [Análisis de par de frenado del sistema de freno de estacionamiento mecánico: enfoque teórico y experimental]. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 19(1), 37-49. <https://n9.cl/dqsec>
- Monroy, C., Siachoque, C., Durán, I., y Marulanda, A. (2020). Estudio comparativo de un sistema de freno regenerativo y regeneración con energía cinética constante en vehículos eléctricos de batería. [Comparative study of a regenerative braking system and regeneration with constant kinetic energy in battery-based electric vehicles]. *Ingeniería*, 25(3), 305-322. <https://n9.cl/1311f>
- Rojas, V., Pancha, J., Vicente, V., y Lema, J. (2021). Análisis de la eficiencia de un disco de freno convencional ventilado con respecto a un disco hiperventilado mediante mecanizado. [Analysis of the efficiency of a conventional ventilated brake disc compared to a hyperventilated disc by machining]. *Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología*, (25), 2021, 62-69. <https://n9.cl/8bac1>
- Valladolid, J., Calle, M., y Guiracochoa, Á. (2023). Análisis de la eficiencia del freno regenerativo en un vehículo eléctrico mediante pruebas experimentales. [Analysis of regenerative braking efficiency in an electric vehicle through experimental tests]. *Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología*, (29), 2023, 24-31. <https://n9.cl/dhndm7>
- Lozada, A., y Suquillo, N. (2018). Análisis por el método de elementos finitos del comportamiento de las pastillas de freno ABS con base de acero y zinc al discretizar el elemento continuo al utilizar software CAE. [Analysis by the finite element method of the behavior of the ABS brake pads with materials based on steel and zinc discretizing the continuous element using CAE software]. *Enfoque UTE*, 9(1), 188-203. <https://n9.cl/98p9d>