



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA E
INDUSTRIAS**

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LOS SISTEMAS DE
SUSPENSIÓN Y FRENOS PARA UN PROTOTIPO DE GO
KART CON BASE AL REGLAMENTO DE LA FIA**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO AUTOMOTRIZ**

PUETATE MEDINA EDWIN ANDRÉS

DIRECTOR: ING. ALEX GUZMÁN

Quito, junio 2016

© Universidad Tecnológica Equinoccial, 2016

Reservados todos los derechos de reproducción

FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRÁFICO
PROYECTO DE TITULACIÓN

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	0401235890
APELLIDOS Y NOMBRES:	Puetate Medina Edwin Andrés
DIRECCIÓN:	Av. La Gasca y Alejandro de Valdez
EMAIL:	Andres_12vitox@hotmail.com
TELÉFONO FIJO:	023 210 558
TELÉFONO MOVIL:	098 033 1216

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	"Diseño y construcción de los sistemas de suspensión y frenos para un prototipo de go kart con base al reglamento de la FIA"
AUTOR O AUTORES:	Puetate Medina Edwin Andrés
FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	27 de junio de 2016
DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	Ing. Alex Guzmán
PROGRAMA	PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO <input type="checkbox"/>
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Automotriz
RESUMEN:	<p>El estudio del presente trabajo consiste en realizar un prototipo de un go kart en base al reglamento de la CIK/FIA, Cumpliendo con las normas de construcción y de diseño, sabiendo que el monoplaza construido debe presentar características de alta competencia, que se eficaz en su desarrollo, evitando percances y fallas provenientes del diseño del monoplaza, se toma en cuenta herramientas de diseño como Solid Works, se desarrollan los sistemas de frenos, dirección y suspensión, para su debido análisis de comportamiento, tanto matemático como práctico, dando referencia a las normas de construcción y diseño que se mencionan en el reglamento.</p> <p>Se usó un análisis de diseño en mecánica para construcción de sistemas, basados en fundamentos matemáticos, aplicando cálculos de esfuerzos, cargas y aerodinámica que se producen en el prototipo recorriendo la pista a altas velocidades, analizando los</p>

	<p>sistemas de suspensión, frenos y dirección, asegurando una construcción y diseño exitosa y libre de problemas.</p> <p>Al final se realizó pruebas de campo, para verificar que lo analizado, calculado y diseñado ha sido desarrollado completamente, asegurando que el prototipo es seguro al momento de ser conducido o usado, también se asegura que está listo para competir en su categoría, demostrando velocidad, estabilidad y destreza en el pavimento.</p> <p>Este proyecto incentiva al desarrollo del mundo automotriz del karting y también a su mejora continua obteniendo mejores resultados, llegando a la excelencia en este deporte.</p>
<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>CIK FIA</p> <p>Sistema de frenos</p> <p>Sistema de dirección</p> <p>Sistema de suspensión</p>
<p>ABSTRACT:</p>	<p>The study of this work is to produce a prototype of a go kart based on the regulations of the CIK / FIA Complying with the rules of construction and design, knowing that the built car must have characteristics of high competition, which is effective in development, avoiding setbacks and failures from the design of the car is taken into account design tools such as Solid Works, brake systems, steering and suspension are developed for appropriate behavior analysis, both mathematical and practical, giving reference to construction standards and design mentioned in the regulations.</p> <p>design analysis in mechanical construction systems based on mathematical foundations, applying stress calculations, loads and aerodynamic produced in the prototype crossing the track at high speeds, analyzing suspension systems, brakes and steering, ensuring was used construction and successful and trouble-free design.</p> <p>At the end field testing was conducted to verify that the analyzed, calculated and designed has been completely developed, ensuring that the prototype is safe when being driven or used, also ensures that you are ready to compete in its category, showing</p>

	speed , stability and dexterity on the pavement. This project encourages the development of the automotive world of karting and also continuous improvement better results, reaching excellence in the sport.
KEYWORDS	CIK FIA Brake system Suspension system Direction system

Se autoriza la publicación de este Proyecto de Titulación en el Repositorio Digital de la Institución.

f: _____


ADNRES PUETATE
PUETATE MEDINA EDWIN ADNRES

0401235890

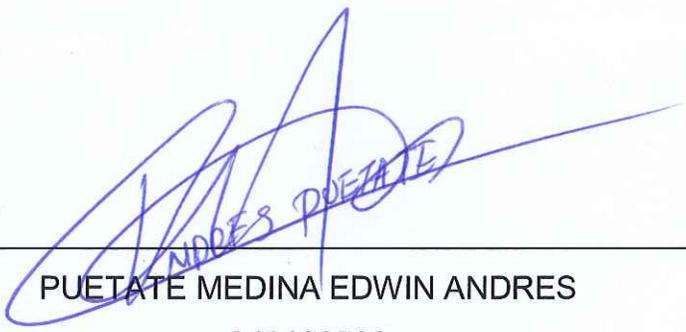
DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **PUETATE MEDINA EDWIN ANDRES**, 0401235890 autor/a del proyecto titulado: **Diseño y construcción de los sistemas de suspensión y frenos para un prototipo de go kart con base al reglamento de la FIA**, previo a la obtención del título de **INGENIERO AUTOMOTRIZ** en la Universidad Tecnológica Equinoccial.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las Instituciones de Educación Superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Autorizo a la BIBLIOTECA de la Universidad Tecnológica Equinoccial a tener una copia del referido trabajo de graduación con el propósito de generar un Repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Quito, 02 de junio de 2016

f: _____

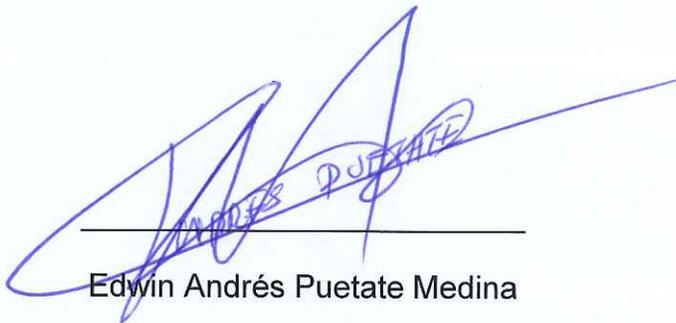

PUETATE MEDINA EDWIN ANDRES

040123590

DECLARACIÓN

Yo **EDWIN ANDRÉS PUETATE MEDINA**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Tecnológica Equinoccial puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

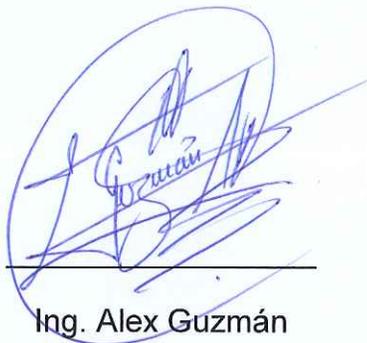


Edwin Andrés Puetate Medina

C.I. 0401235890

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo que lleva por título **“Diseño y Construcción de los Sistemas de Suspensión y Frenos para un prototipo de un Go Kart en base al reglamento de la FIA”**, que, para aspirar al título de **Ingeniero Automotriz** fue desarrollado por **Edwin Andrés Puetate Medina**, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería e Industrias; y cumple con las condiciones requeridas por el reglamento de Trabajos de Titulación artículos 19, 27 y 28.



Ing. Alex Guzmán

DIRECTOR DEL TRABAJO

C.I.1171633129-1

DEDICATORIA

Esta tesis esta dedica principalmente a mis padres, Edwin Puetate y Ximena Medina, ya que son los pilares fundamentales en mi vida, que en el transcurso de mis estudios universitarios supieron darme todo lo necesario para llegar a mi meta.

También dedico este proyecto a mis dos hermanos, Nathaly y Emilio, cada uno apporto con sus peculiaridades y ayudas para cumplir con mi objetivo.

A mis abuelitos por cada uno de los valores inculcados en mi familia, para no perder la fortaleza y seguir adelante a pesar de las dificultades.

A mis tíos y primos, ya que siempre estuvieron apoyándome para cumplir una meta más en mi vida.

A mis amigos que forman parte de mi vida, por sus consejos y su apoyo incondicional.

Andrés Puetate

AGRADECIMIENTOS

A Dios, porque nunca me abandono, siempre me dio la fortaleza y energía necesaria para seguir adelante día a día, tanto en mi carrera como en el desarrollo de mi tesis, siempre estaré agradecido con Dios, por su bendición y su amor.

A mis padres por el apoyo fraterno en toda mi vida, sin dejarme caer y dándome su ayuda en todo momento, por cada llamada y preocupación a lo largo de este tiempo

A mis hermanos por enseñarme a evitar problemas y seguir siempre adelante, agradezco su cariño y amistad sincera.

A mi familia más cercana, por todo el apoyo brindado.

Al Ing. Alex Guzmán, por su paciencia y conocimiento que supo poder entregarlo en el desarrollo de la tesis.

Andrés Puetate

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
RESUMEN	ix
ABSTRACT	xi
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO	3
2.1. RESEÑA HISTÓRICA	3
2.1.1. PRIMER GO KART DE LA HISTORIA	3
2.1.2. EVOLUCIÓN DEL KARTING	4
2.2. CONCEPTOS GENERALES	5
2.2.1. GO KART	5
2.3. MOTOR	6
2.3.1. CARBURADOR	6
2.3.2. BUJÍA	7
2.3.3. ESCAPE	7
2.3.1. CILINDRADA DE MOTORES DE UN GO-KART	8
2.4. CHASIS	8
2.5. CARROCERÍA	9
2.5.1. BANDEJA	10
2.5.2. BARRAS	11
2.5.3. BARRA DE TORSIÓN	12
2.5.4. ASIENTO	12

2.6. SISTEMA DE DIRECCIÓN.....	13
2.6.1. VOLANTE DE DIRECCIÓN.....	13
2.6.4. PUNTAS DE EJE	15
2.7. SISTEMA DE FRENOS	16
2.7.1. DISCOS DE FRICCIÓN	16
2.7.2. CALIPER DE FRENO.....	17
2.7.3. PASTILLAS	18
2.7.4. PEDALES.....	18
2.7.5. FRENOS OTK	19
2.8. SISTEMA DE SUSPENSIÓN	19
2.9. NEUMÁTICOS.....	20
2.10. ECUACIONES DE DISEÑO	21
2.10.1. PAR MAXIMO DE TORSIÓN DEL VOLANTE.....	21
2.10.2. ESFUERZO DE TORSIÓN.....	21
2.10.3. FACTOR DE SEGURIDAD	22
2.10.4. PRESIÓN MÁXIMA DE FRENADO.....	22
2.10.5. FUERZA DE FRENADO.....	23
2.10.6. TORSIÓN DE FRICCIÓN.....	23
2.10.7. TORQUE DE FRENADO.....	24
2.10.8. PRESIÓN HIDRÁULICA.....	24
2.10.9. RESISTENCIA AL AIRE	25
2.10.10. RESISTENCIA A LA PENDIENTE	25
2.11. REGLAMENTO FIA.....	26
2.11.1. HOMOLOGACIÓN Y REGLAMENTACIÓN PARA SISTEMA DE FRENOS	26
2.11.2. REGLAMENTO PARA SISTEMAS DE DIRECCIÓN.....	28

3. METODOLOGÍA	30
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
4.1. MODELAJE DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN Y FRENOS DEL GO KART	33
4.2. DISEÑO DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN	33
4.2.1. PAR TORSOR QUE SE EJERCE EN EL VOLANTE (FUERZA DEL PILOTO).....	34
4.2.2. ESFUERZO DE TORSIÓN EN LA BARRA DE DIRECCIÓN	35
4.2.3. FACTOR DE SEGURIDAD	36
4.3.4. SELECCIÓN DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN	36
4.3. DISEÑO DEL SISTEMA DE FRENOS	37
4.3.1. TORQUE DE FRENADO REQUERIDO	37
4.3.2. PRESIÓN MÁXIMA DE FRENADO	38
4.3.3. FUERZA DE FRENADO.....	38
4.3.4. TORSIÓN DE FRICCIÓN.....	39
4.3.5. PRESIÓN HIDRÁULICA DE LOS CILINDROS	40
4.3.6. DISTANCIA DE FRENADO.....	41
4.3.6. SELECCIÓN DEL SISTEMA DE FRENOS	42
4.3.5. RESISTENCIA DEL AIRE	42
4.3.6. RESISTENCIA A LA PENDIENTE	45
4.4. NEUMÁTICOS.....	46
4.4.1. SELECCIÓN DE NEUMÁTICOS	46
4.4.2. CARACTERÍSTICAS NEUMÁTICO MOJO D3.....	47
4.5. SISTEMA DE SUSPENSIÓN	47

4.6. CONSTRUCCIÓN DEL GO KART	48
4.6.1. MONTAJE DE LOS COMPONENTES	49
4.6.2. MONTAJE DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN.....	49
4.6.3. MONTAJE DEL SISTEMA DE FRENOS.....	50
4.7. AJUSTES Y REGLAJES	51
4.7.1. ARANDELAS SEPARADORAS	51
4.7.2 AJUSTE DE DIRECCIÓN Y ALINEACIÓN.....	52
4.7.3. CONVERGENCIA Y DIVERGENCIA	53
4.7.4. AJUSTE Y CALIBRACIÓN DEL SISTEMA DE FRENOS.....	54
4.7.5. PRESIÓN DE INFLADO DE NEUMÁTICOS	55
4.7.6. INSTALACIÓN DE ASIENTO DEL PILOTO.....	56
4.7.7. ARANDELAS DEL ASIENTO	57
4.8. PRUEBAS DE CAMPO	57
4.8.1. ESTADO DE NEUMÁTICOS.....	58
4.8.2. COMPORTAMIENTO SISTEMA DE DIRECCIÓN Y FRENOS ...	59
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	61
5.1. CONCLUSIONES	61
5.2. RECOMENDACIONES.....	61
BIBLIOGRAFÍA	63
ANEXOS.....	65

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1. Primer modelo de un go kart.....	3
Figura 2. Primeras competencias de karting en Europa	4
Figura 3. GO-KART de competencia	5
Figura 4. Motor de combustión interna usado en karting	6
Figura 5. Carburador de un go kart	6
Figura 6. Bujía de un go kart.....	7
Figura 7. Escape de un go kart	8
Figura 8. Chasis de un Go-Kart.....	9
Figura 9. Bumpers delanteros, posteriores y protecciones laterales.....	10
Figura 10. Bandeja chasis.....	11
Figura 11. Barras Posteriores y Frontales.....	11
Figura 12. Barra de Torsión	12
Figura 13. Asiento de Go-Kart.....	13
Figura 14. Volante de la Dirección	13
Figura 15. Barra de la Columna de Dirección	14
Figura 16. Varillas y Rótulas de Dirección	15
Figura 17. Punta de eje.....	16
Figura 18. Caliper y freno de disco de un Go Kart	16
Figura 19. Disco de freno	17
Figura 20. Caliper o mordaza.....	17
Figura 21. Pasillas de freno	18
Figura 22. Pedales de Acelerador y Freno.....	19
Figura 23. Disco de freno OTK.....	19
Figura 24. Neumáticos de un Go-Kart.....	20
Figura 25. Diseño del volante y columna de dirección.....	33
Figura 26. Vistas frontales, superior izquierda y trimétrico del volante y columna de dirección.....	34
Figura 27. Sistema de dirección OTK	37
Figura 28. Sistema de frenos OTK.....	42

Figura 29. Dimensiones para calcular la superficie frontal.....	43
Figura 30. Neumático MOJO D3.....	46
Figura 31. Columna de dirección.....	49
Figura 32. Volante de dirección.....	50
Figura 33. Cilindro del sistema de frenos.....	50
Figura 34. Pedal del sistema de frenos.....	51
Figura 35. Arandelas separadoras.....	51
Figura 36. Camber negativo, cero y positivo de un vehículo de competencia.....	52
Figura 37. Ajuste de Dirección.....	52
Figura 38. Divergencia y convergencia del go kart.....	53
Figura 39. Reglaje disco de frenos.....	54
Figura 40. Recipiente líquido de frenos.....	55
Figura 41. Purga del sistema de frenos.....	55
Figura 42. Inflado de neumáticos.....	56
Figura 43. Ubicación del Asiento del piloto.....	56
Figura 44. Arandelas separadoras del Asiento.....	57
Figura 45. Pista Rio-Karts.....	57
Figura 46. Neumáticos desgastados.....	58
Figura 47. Temperatura de neumáticos.....	58
Figura 48. Temperatura de neumáticos (ambiente).....	59
Figura 49. Temperatura de discos después de competir (100°C).....	59
Figura 50. Desarrollo en pista.....	60
Figura 51. Distancia de frenado.....	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Grupos y Categorías de Karting	8
Tabla 2. Frenos homologados por el reglamento FIA.....	27
Tabla 3. Neumáticos homologados por el reglamento CIK/FIA.....	29
Tabla 4. Materiales y herramientas para el diseño y construcción del Go-Kart	30
Tabla 5. Características sistema de frenos OTK	37
Tabla 6. Valores de la resistencia aerodinámica en función de la velocidad.....	44
Tabla 7. Valores utilizados para la interpolación	45
Tabla 8. Valores de la resistencia a la pendiente en función del ángulo de inclinación	46
Tabla 9. Características Neumático MOJO D3 modelo Slick-D3 4.5/10.0-5.47	

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Homologaciones de chasis y frenos de la CIK FIA 2015-2020 ..	65
ANEXO 2. Sistemas de frenos para cualquier categoría Homologados por la CIK FIA	66
ANEXO 3. Sistema de frenos para categorías sin caja de cambios Homologados por la CIK FIA	69
ANEXO 4. Homologación de neumáticos según la CIK FIA	76
ANEXO 5. Valores típicos del coeficiente de rozamiento	80
ANEXO 6. Esfuerzos de aceros estructurales	80
ANEXO 7. Coeficientes de fricción de frenos	81
ANEXO 8. Planos y dimensiones del sistema de dirección	81

RESUMEN

En el Ecuador existen un sin número de aficionados al deporte automovilístico, pero no existe una cultura de investigación para realizar trabajos bajo reglamentaciones y requerimientos, con lo que el deporte dentro del país en su mayoría es un trabajo muy artesanal y de conocimientos muy básicos, en el presente estudio se empezó haciendo una investigación de la reglamentación que rige la CIK/FIA, para determinar que componentes son las más adecuados para el sistema de frenos y dirección.

Se realizó un análisis de diseño en ingeniería mecánica, con el fin de elegir los sistemas que necesita un go kart de alta competencia, se usó el software de diseño SolidWorks, para obtener un análisis de cada componente y se eligió el más adecuado, cumpliendo con las normas y homologaciones que se encuentran en el reglamento.

Para el sistema de dirección se optó por una dirección mecánica, compuesta por axiales y terminales de la marca OTK, ya que se encuentra homologada y aprobada por la CIK/FIA, además en el análisis se calculó que en la barra de dirección se ejerce un torque de 42.3 Nm, producido por la fuerza que necesita el piloto para girar el go kart, además se verificó que dicha barra de dirección no tenga problemas futuros aplicando el factor de seguridad, obteniendo un valor de 42.93, así se concluyó que el sistema de dirección está apto para ser usado en altas demandas de carrera.

En el caso del sistema de frenos se eligió una mordaza OTK, que en momentos de frenado produce una presión máxima de frenado de 125851.25 [Pa], en los cilindros se ejerce una presión hidráulica de 2.168 M[PA] y para detener el go kart cuando este se encuentra circulando a altas se velocidades el sistema de frenos realiza una fuerza de frenado de 657.04N, se concluyó que el sistema de frenos OTK además de ser aprobado y homologado, cumple con las tareas necesarias para que el prototipo se desempeñe de manera eficaz en momentos de giro y frenados.

Al haber escogido los sistemas de dirección y frenos, con sus respectivos componentes, se procedió a su ensamblaje, aplicando los debidos ajustes y reglajes.

Al final se realizó pruebas de campo, con el objetivo de analizar el comportamiento de los sistemas, concluyendo que el prototipo está apto para una carrera correspondiente a su categoría

ABSTRACT

In Ecuador there are a number of fans of motor sport, but there is no research culture for work on regulations and requirements, bringing the sport in the country is mostly a very artisanal and very basic knowledge work, in the present study it began doing research on the regulations governing the CIK / FIA, to determine which components are most suitable for brakes and steering system.

design analysis was performed in mechanical engineering, in order to choose the systems that need a go kart highly competitive, design software SolidWorks was used to obtain an analysis of each component and was chosen the most suitable, fulfilling standards and approvals that are found in the regulations.

For the steering system was chosen mechanical steering, composed of axial and terminals OTK brand, as it is certified and approved by the CIK / FIA, also in the analysis it was calculated that in the address bar is exerted torque of 42.3 Nm, produced by the power needed by the pilot to turn the go kart also verified that the address bar does not have future problems by applying the safety factor, obtaining a value of 42.93, so it was concluded that the system address is suitable for use in high demand career.

In the case of the brake system one OTK gag, that in times of braking produces maximum braking pressure 125851.25 [Pa], in the cylinder hydraulic pressure of 2,168 M [PA] is exercised and to stop elected the go kart when this is circulating at high speeds is the braking system performs a braking force of 657.04N, it was concluded that the brake system OTK also be tested and approved, in compliance with the tasks required to play the prototype so effective torques and braking.

Having chosen steering systems and brakes, with their respective components, they proceeded to their assembly, applying appropriate adjustments and settings.

At the end field tests were conducted with the aim of analyzing the behavior of systems, concluding that the prototype is suitable for a corresponding race in its category

INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

Históricamente dentro de nuestro país existe la carencia de producción de go karts estandarizados, por lo que resulta normal encontrarse con unidades de este tipo que son fabricadas de forma artesanal y con adaptaciones poco adecuadas, de esta manera se considera necesario dar el análisis de solventar este problema aportando con la iniciativa de producir un prototipo de go kart que se aproxime a cumplir con las normativas de estandarización de la FIA, para poder dar inicio a una cultura de desarrollo en este ámbito y poder a futuro lograr que se incremente el índice de producción normalizado de estas unidades y fomentar la innovación e ingeniería para mejorar su rendimiento.

Socialmente este es un problema que ha sido aceptado por la sociedad por ser un país donde nos conformamos muchas veces con lo que se presente en el mercado y nunca poner en evidencia la inconformidad con estos vehículos que no cumplen con normalización internacional que a largo plazo puede influir mucho en el desempeño y seguridad del piloto que los conduzca y técnicamente se aplicara los conocimientos adquiridos durante toda la carrera para poder implementarlos basados en una normativa internacional para con ello conseguir un producto final que se acople lo máximo posible al cumplimiento de la norma de la FIA que posteriormente se lo puede ir perfeccionando de a poco, por tal motivo el inicio para este trabajo de titulación es el de la elaboración del prototipo que sea la base para su mejoramiento y utilización en competencia.

Para el presente trabajo de titulación se planteó como objetivo general: Diseñar y construir los sistemas de dirección y frenos para un prototipo de go-kart con base al reglamento de la FIA.

Para complementar el objetivo general se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Definir el concepto de Go Kart y conocer sus características analizando de manera detallada la reglamentación emitida por la Federación Internacional de Automovilismo, para diseñar y construir el sistema de dirección y frenos para un prototipo de Go Kart.
- Analizar las alternativas posibles para suspensión, frenos y dirección para posteriormente seleccionar las opciones más idóneas para la construcción del prototipo de Go-Kart.
- Diseñar y evaluar el desempeño y comportamiento de la posible opción de suspensión, frenos y dirección destinada a emplearse en la construcción del prototipo de Go-Kart.
- Construir los sistemas de frenos y dirección, utilizando las suspensiones y sistemas de frenos más idóneos, de acuerdo a un análisis previo.
- Implementar los sistemas de frenos y dirección además del análisis de pruebas de funcionamiento y eficacia del prototipo de Go-Kart.

MARCO TEÓRICO

2. MARCO TEÓRICO

2.1. RESEÑA HISTÓRICA

2.1.1. PRIMER GO KART DE LA HISTORIA

Se origina en agosto de 1956, en Estados Unidos (California), creado por Art Ingels y Lou Borelli, constituido por un motor West Bend de cortadora de césped para su propulsión, con un chasis tubular, no poseía suspensión y puede o no tener mecanismos de carrocería.

El 14 de septiembre de 1956, Art Ingels introduce su máquina en los boxes en Pomona, donde se organizó una carrera de coches. Siendo testigo Duffy Livingstone de esta primera aparición pública del kart de Ingels. Es así como el Go Kart inicia su legado en las carreras del mundo automotriz, ver figura 1.



Figura 1. Primer modelo de un go kart
(Blogspot, 2016)

2.1.2. EVOLUCIÓN DEL KARTING

El karting es un deporte automotor, que por su alto nivel de competencia está gobernado por la (CIK/FIA), que se refiere a la Comisión Internacional de Karting, normalizado por la Federación Internacional de Automovilismo

La fiebre del Karting logro ganar aficionados con mucha rapidez, en Estados Unidos antes de cruzar todo el Océano hasta Europa, porque tres años después de su aparición y estreno en California ya existían 300 marcas diferentes de fabricación del pequeño bólido, convirtiéndose el Karting en la nueva disciplina automovilística de la época, en la que ya participaban miles y miles de aficionados.

Por los años 60 el Karting llegó a Europa como indica la figura 2, por medio de Inglaterra y Francia, en donde llegaron a crearse numerosas federaciones nacionales en todo el mundo. Para reunir esta evolución federativa, la Federación Internacional de Automovilismo decidió fundar la Comisión Internacional de Karting en el año de 1962 y así es como el karting descubría como una gran escuela para el deporte del deporte automotriz.



Figura 2. Primeras competencias de karting en Europa
(Blogspot, 2016)

2.2. CONCEPTOS GENERALES

2.2.1. GO KART

Es un vehículo monoplaza de competencia con o sin elementos de carrocería, carece de cualquier tipo de suspensión, posee cuatro ruedas no alineadas que siempre están en contacto directo con la pista, las dos delanteras brindan el control de la dirección del vehículo, mientras que las dos ruedas posteriores dan propulsión gracias a un motor generalmente mono cilíndrico conectado a través de un eje de una sola pieza, ver figura 3.

Las principales partes de un GO KART de competencia son el chasis, los neumáticos y el motor.



Figura 3. GO-KART de competencia
(Karting123, 2016)

2.3. MOTOR

Según Luengo, Prieto y Alonso “Podemos definir motor a un conjunto de mecanismos destinado a transformar una determinada clase de energía en movimiento mecánico útil. Si nos referimos a motores térmicos, estos son un conjunto de mecanismos que transforman parte la energía térmica almacenada en un fluido, en energía mecánica” (Alonso, Luengo, & Prieto, 2007), ver figura 4.



Figura 4. Motor de combustión interna usado en karting
(Karting123, 2016)

2.3.1. CARBURADOR

Carburar significa mezclar el aire atmosférico con los gases o vapores de los carburantes para hacerlos combustibles o detonantes.



Figura 5. Carburador de un go kart
(Kemkarts, 2016)

Está diseñado para producir una fina niebla, formada por gasolina y aire, que debido a la chispa de la bujía explosiona en el interior del cilindro, en lo que se denomina fase de combustión de un motor.

2.3.2. BUJÍA

Proporciona la chispa que enciende el combustible en los motores de gasolina. Se compone de un cuerpo de acero que es el que está en contacto con el bloque del motor, acabado en un electrodo de masa. El electrodo central suele ser de cobre, níquel o platino, y está separado del cuerpo de la bujía mediante un material aislante realizado en material cerámico, ver figura 6. En el interior, también hay una resistencia que anula posibles interferencias electromagnéticas.



Figura 6. Bujía de un go kart
(UKKART, 2016)

2.3.3. ESCAPE

Un poco antes de que el pistón termine su carrera de trabajo (ciclo de expansión) se abre la válvula de escape, con lo que los gases quemados, que tienen una presión en el cilindro mayor que la que existe en el exterior, comienzan a salir.

En el cárter la mezcla es pre comprimida por el pistón descendente, en el momento preciso el pistón deja libre de canal de escape o lumbrera de escape en el cilindro por donde salen los gases de escape de este y poco después la

lumbreira de carga que conecta el cárter con el cilindro, por lo que la mezcla pre comprimida pasa por este llenando el cilindro y expulsando los últimos resto de los gases de escape quedando preparado el cilindro para un nuevo ciclo, ver figura 7.



Figura 7. Escape de un go kart
(UKKART, 2016)

2.3.1. CILINDRADA DE MOTORES DE UN GO-KART

Categorías y grupos

Karts usados en la competencia se dividen en los siguientes Grupos y Categorías como indica la tabla 1.

Tabla 1. Grupos y Categorías de Karting

GRUPO I	GRUPO II
KF1: Cilindrada de 125 cc	KZ2: Cilindrada de 125 cc
Kz1: Cilindrada de 125 cc	KF2: Cilindrada de 125 cc
SuperKart: Cilindrada de 250 cc	KF3 Cilindrada de 125 cc

(CIK/FIA, 2016)

2.4. CHASIS

Es donde se encuentran todos los elementos principales del Go kart, encontramos los componentes eléctricos, mecánicos, la bandeja y toda la carrocería que es la parte visible del vehículo en y en su interior se encuentra el pasajero, está formado por un conjunto de tubos cilíndricos de acero soldados de 12 a 25.4 milímetros de diámetro como indica la figura 8, siendo estas medidas las más usadas, por su dureza y grado de flexión para aguantar las diferentes torsiones ya que no posee sistema de amortiguación.



Figura 8. Chasis de un Go-Kart
(Kartbuilding, 2016)

Lo principal de un Go-Kart es su estructura tubular, que es conocida como chasis cuadro, siendo éste el que soporta a todos los elementos que conforman al Go-kart, soportando las cargas y esfuerzos a los que éste vehículo es sometido y brindando seguridad al propio piloto.

2.5. CARROCERÍA

Son todos aquellos elementos que se encuentran montados en la estructura del Go-Kart, su función es la protección del piloto y cubrir de golpes no deseados en partes importantes del vehículo.

Los elementos que conforman la carrocería están fabricados de fibras especiales que brindan resistencia ante golpes e impactos, con esto se consigue reducir

considerablemente el daño a la estructura del vehículo; dentro de estas protecciones tenemos como principales los bumpers delanteros, posteriores y protecciones laterales, ver figura 9.



Figura 9. Bumpers delanteros, posteriores y protecciones laterales
(Blogspot, 2016)

2.5.1. BANDEJA

La bandeja es una chapa metálica, está construida en aluminio de 1 o 2 mm de espesor, también se usan polímeros especiales con características similares a las de dicha chapa de aluminio.

La función principal es servir como apoyo para los pies y protección para el conductor, con su particularidad de ser una sola plancha sólida sin ningún tipo de perforaciones evitando que los pies puedan escapar por dichos orificios, ver figura 10.



Figura 10. Bandeja chasis
(Karting123, 2016)

2.5.2. BARRAS

Las barras son piezas cromadas que se montan al bastidor cumpliéndola función de estabilizadores del Go-Kart, ofreciendo rigidez y protección a los pies del conductor en caso de colisiones, se emplean estas barras para un trabajo en específico, así como barra frontal se puede emplear como soporte para los faldones brindando la posibilidad de modificar su ángulo y mejorar el agarre del eje delantero.

Las barras posteriores trabajan igual que las frontales con la variación que estas sirven como apoyo para el empuje del Go Kart en el momento del arranque, ver figura 11.



Figura 11. Barras Posteriores y Frontales
(Karting123, 2016)

2.5.3. BARRA DE TORSIÓN

La barra de torsión, ver figura 12, se encarga de brindar estabilidad total al Go-kart y se encuentra instalada detrás del eje.



Figura 12. Barra de Torsión
(UKKART, 2016)

2.5.4. ASIENTO

Es un elemento instalado sobre el chasis del vehículo, su función es servir como habitáculo para el conductor y brindarle comodidad durante la conducción.

Se construye generalmente de fibras y dependiendo de factores importantes como el peso del piloto se lo refuerza con materiales más resistentes garantizando la seguridad y comodidad del piloto durante todo el trazado de competencia.

La instalación adecuada del asiento es importante en el momento de competir, logrando que el piloto pueda estar cómodo sin ningún tipo de molestia al conducir y maniobrar el Go-kart, ver figura 13.



Figura 13. Asiento de Go-Kart
(Kemkarts, 2016)

2.6. SISTEMA DE DIRECCIÓN

Según Picabea y Ortega “La dirección es el conjunto de mecanismos que tienen la misión de orientar las ruedas directrices y adaptarla al trazado de la vía por la que circula, así como para realizar las distintas maniobras que su conducción exige” (Ortega & Picabea, 2010).

2.6.1. VOLANTE DE DIRECCIÓN

El volante de dirección ver figura 14, brinda la maniobrabilidad y control de dirección del Go-kart, se encuentra montado frente del piloto y dependiendo la comodidad de este existen de diversos diámetros.



Figura 14. Volante de la Dirección
(Kemkarts, 2016)

2.6.2. BARRA DE DIRECCIÓN

Esta acoplada al volante en conjunto con las varillas de dirección conectadas por una brida al Go-kart, logrando hacer desplazar las varillas de dirección y conseguir el giro de las ruedas delanteras, ver figura 15.

Según Narváez “Entre los materiales utilizados para la barra de la dirección de estos vehículos se encuentran los aceros al carbono como el SAE 1045, los aceros bonificados como el SAE 4340 o de cementación como el SAE 3115 los mismos poseen elementos como el cromo Cr, níquel Ni, y molibdeno Mo de gran templabilidad y tenacidad, con tratamiento térmico, utilizados para ejes, cigüeñales, ejes diferenciales y cardanes, engranajes y piezas de mando” (Narváez, 2012).



Figura 15. Barra de la Columna de Dirección
(Karting123, 2016)

2.6.3. VARILLAS Y RÓTULAS DE DIRECCIÓN

Estas varillas hacen posible el giro de las ruedas, gracias a su roscado en los extremos con tuercas que limitan su giro consiguiendo una graduación de longitud, ver figura 16.

Con la variación de la longitud se puede modificar la convergencia o divergencia de las ruedas delanteras, siendo la convergencia.

Para Edmonston “La convergencia de cada rueda delantera se define como el ángulo que forma el plano de la rueda con el eje longitudinal del kart. Cuando forman un ángulo agudo- las ruedas tienden a encontrarse por delante del kart, se cierran hacia adelante- existe una convergencia. Si las ruedas se abren se dice que hay divergencia. La convergencia se puede expresar en grados del ángulo que forman, pero habitualmente se expresan como la diferencia de las anchuras de vías medidas en el borde anterior y posterior de los neumáticos o de las llantas” (Edmonston, 2013)



Figura 16. Varillas y Rótulas de Dirección
(Kartbuilding, 2016)

2.6.4. PUNTAS DE EJE

Son elementos que se acoplan al bastidor en relación con las varillas de dirección, en donde se montan las ruedas delanteras y posteriores, ver figura 17.



Figura 17. Punta de eje
(Kemkarts, 2016)

2.7. SISTEMA DE FRENOS

Consiste en un sistema de frenado, constituido por un plato redondo de rotación en donde la rueda se encuentra montada, los calipers tienen materiales de fricción donde son presionados los discos por ambos lados para que se produzca la fuerza del frenado, ver figura 18



Figura 18. Caliper y freno de disco de un Go Kart
(UKKART, 2016)

2.7.1. DISCOS DE FRICCIÓN

Los discos de fricción son elementos fundamentales del freno de disco. El disco es solidario a la rueda es decir, gira junto con ésta, soporta la acción de frenado que la pinza (solidaria a las partes fijas del vehículo) ejerce sobre sus superficies. Su diámetro y espesor varían según las prestaciones requeridas. Asimismo

también son variables su estructura, su composición metálica, su posición a lo largo de los ejes y los sistemas de unión a las ruedas. Para competencia existen los discos perforados, ver figura 19, para evitar que la pastilla se sobrecalentase y redujera la fricción debido a la película de gases que se interponía entre disco y pastilla, se empezaron a practicar taladros pasantes y axiales en los discos, de forma que los gases de la pastilla se pudieran evacuar por ellos.



Figura. 19 Disco de freno
(Karting123, 2016)

2.7.2. CALIPER DE FRENO

El cáliper de freno es el elemento que alberga las pastillas de freno y los pistones de un sistema de frenos de disco, como indica la figura 20, y está colocado en posición fija con respecto al go kart, su funcionamiento es apretar el disco de freno, que gira a la misma velocidad que la rueda hasta detenerlo. En palabras simples, es como el funcionamiento de los frenos de una bicicleta, donde las dos pastillas apretan la llanta de la rueda para detenerla, pero aquí se apreta un disco aparte, que gira con la rueda como si fuera una sola pieza.



Figura 20. Caliper o mordaza
(UKKART, 2016)

2.7.3. PASTILLAS

Las pastillas de freno son esenciales dentro del sistema de frenado del go kart ya que proporcionan la fricción necesaria a los discos de freno de tal forma que cuando accionamos el pedal, nuestro vehículo se detiene.

Por tanto, será necesario para garantizar una frenada óptima y eficaz que las pastillas de freno se encuentren en buen estado, ya que de lo contrario se aumentará la distancia de frenado y podrían ocasionarse derrapes indeseados. Tanto el buen estado de las pastillas de freno, como el buen estado de los discos de freno serán esenciales a la hora de garantizar una frenada segura y uniforme, ver figura 21.



Figura 21. Pasillas de freno
(Kartbuilding, 2016)

2.7.4 PEDALES

Se encuentran dos pedales, el primero es el pedal de freno y el segundo el pedal del acelerador, encargados de transmitir las reacciones del piloto accionados por sus pies de acelerar o frenar simultáneamente.

Son instalados con topes con determinada distancia graduada con el fin de evitar sobre esfuerzos en estos, además de contar con muelles de retorno para que puedan volver a su posición inicial sin problema al momento que el piloto deje de presionarlos, ver figura 22.



Figura 22. Pedales de Acelerador y Freno
(Karting123, 2016)

2.7.5. FRENOS OTK

OTK es una marca de freno homologada por la CIK FIA y usada en las competencias de karting más exigidas a nivel mundial, su capacidad de frenado permite una gran maniobrabilidad de giro y aprovechar la velocidad máxima que ofrece el monoplaza para frenar en últimos instantes.



Figura 23. Disco de freno OTK
(Kemkarts, 2016)

2.8. SISTEMA DE SUSPENSIÓN

En un kart cualquier dispositivo de suspensión, elástica o articulada, está prohibido, por tanto los únicos elementos que ejercerán el papel de la suspensión serán los neumáticos y el chasis.

2.9. NEUMÁTICOS

De acuerdo con Domínguez y Ferrer “El neumático es la parte de goma de la rueda que se monta en la llanta y permite mantener en su interior el aire a presión, la estructura de un neumático es bastante compleja por lo que requiere de un complicado proceso de fabricación” (Dominguez & Ferrer, 2008), ver figura 24.

Las funciones de un neumático son las siguientes:

- Soportar el peso del vehículo y su carga.
- Proveer de buena adherencia en la calzada y sobre cualquier tipo de carretera o pista.
- Transmitir la aceleración, frenado y giro del vehículo.
- Mejorar conducción y confort.
- Ser resistente para retener la presión de aire y resistir daños
- Resistir el desgaste.



Figura 24. Neumáticos de un Go-Kart
(Kemkarts, 2016)

2.10. ECUACIONES DE DISEÑO

2.10.1. PAR MAXIMO DE TORSIÓN DEL VOLANTE

Según Cascajosa “El par máximo para girar la rueda con el vehículo parado, se calcula multiplicando la fuerza que hay que vencer para deslizar los neumáticos sobre el suelo, por su distancia al punto de intersección del eje del pivote con el suelo” (Cascajosa, 2007). Aplicando la siguiente ecuación se obtiene el par máximo de giro.

$$T = N \cdot \mu \cdot d \quad [1]$$

Dónde:

N: Peso sobre eje delantero.

μ : Coeficiente de rozamiento.

d: Distancia neumático-punto de intersección del eje del pivote con el suelo.

2.10.2 ESFUERZO DE TORSIÓN

El esfuerzo de torsión es el resultado de la división entre una fuerza y el área en la que se aplica, la torsión se presenta cuando se aplica un momento sobre el eje longitudinal de un elemento constructivo, como un eje o prismas mecánicos, para análisis estático se utilizan la ecuación.

$$\tau_{torsión} = \frac{T}{\frac{\pi}{2} d^3} \quad [2]$$

Dónde:

T: Par torsor del volante.

d^3 : Diámetro de la barra de dirección.

2.10.3. FACTOR DE SEGURIDAD

Según Hibbeler “Una manera de especificar la carga permisible para el diseño o análisis de un miembro es usar un número llamado factor de seguridad. El *factor de seguridad* (FS) es la razón de la carga de falla, dividida entre la carga permisible. La carga de falla se determina por medio de ensayos experimentales del material y el factor de seguridad se selecciona con base en la experiencia, de manera que las incertidumbres mencionadas antes sean tomadas en cuenta cuando el miembro se use en condiciones similares de carga y simetría” (Hibbeler R. , 2006).

$$n = \frac{S_{sy}}{\tau_{torsión}} \quad [3]$$

Dónde:

S_{sy} : Límite de fluencia del acero.

$\tau_{torsión}$: Esfuerzo de Torsión.

2.10.4. PRESIÓN MÁXIMA DE FRENADO

Es necesario conocer la presión a la que está sometido un sistema, en el cual existe rozamiento de materiales de trabajo y por ende desgaste, la presión máxima de frenado en un sistema de frenos de disco se da de la siguiente ecuación:

$$Pa = \frac{T}{(\theta_2 - \theta_1)fr_1(r_0^2 - r_1^2)} \quad [4]$$

Dónde:

T: Torque de frenado.

θ_2 y θ_1 : Ángulos de frenado de la pinza de freno.

f: Coeficiente de fricción.

$(r_0 - r_1)$: Radio externo e interno del disco de freno.

2.10.5. FUERZA DE FRENADO

Las principales fueras retardadoras del vehículo en el proceso de frenado son las que se desarrollan en la superficie de las ruedas como consecuencia de si contacto con la calzada, al serles aplicados pares que se oponen a su movimiento es decir las fuerzas de frenado.

El límite es el impuesto por la adherencia entre neumático y suelo, se rebasa este límite y se produce el bloqueo de las ruedas, la fuerza de frenado está dada de la siguiente ecuación.

$$F = (\theta_2 - \theta_1)P_a r_1 (r_0 - r_1) \quad [5]$$

Dónde:

θ_2 y θ_1 : Ángulos de frenado de la pinza de freno.

P_a : Presión máxima de frenado.

$(r_0 - r_1)$: Radio externo e interno del disco de freno.

2.10.6. TORSIÓN DE FRICCIÓN

El esfuerzo de torsión es una fuerza paralela a la superficie del objeto en torsión, a partir de esa superficie se busca la torsión de fricción que se da en el sistema, las fuerzas estáticas que se producen por la interacción entre las irregularidades de las dos superficies se incrementan para evitar cualquier movimiento relativo hasta cierto límite en donde inicia el movimiento.

La ecuación que se usa en diseño para calcular la torsión de fricción es la siguiente:

$$T = \frac{1}{3}((\theta_2 - \theta_1)P_a r_1 (r_0^3 - r_1^3)) \quad [6]$$

Dónde:

θ_2 y θ_1 : Ángulos de frenado de la pinza de freno.

P_a : Presión máxima de frenado.

f : Coeficiente de fricción.

$(r_0 - r_1)$: Radio externo e interno del disco de freno.

2.10.7. TORQUE DE FRENADO

Para realizar la maniobra de frenado del Go Kart con motores de más de 100cm^3 se utilizan los frenos de disco, llevan un disco metálico unido al eje de transmisión posterior del monoplaça, así que al pisar el pedal del freno, las pastillas hacen la tarea de fricción en el disco y detienen el eje posterior llegando a detener al vehículo.

$$T = \frac{p \cdot K}{w_2} \quad [7]$$

Dónde:

p : Potencia del motor.

K : Factor de servicio.

w_2 : Velocidad angular del eje de transmisión.

2.10.8. PRESIÓN HIDRÁULICA

Los principios básicos de hidráulica no son difíciles de entender, y permitirán a los usuarios, elegir la herramienta hidráulica más adecuada para cada trabajo, dada la ecuación:

$$P = \frac{F}{A} \quad [8]$$

Dónde:

F: Fuerza de frenado.

A: Área del cilindro.

2.10.9. RESISTENCIA AL AIRE

Resistencia al aire se conoce como la resistencia aerodinámica, es la fuerza que sufre un cuerpo al moverse a través del aire, en dirección de la velocidad relativa entre aire y cuerpo, esta resistencia siempre se produce en sentido opuesto a la velocidad y se opone al avance de un cuerpo a través del aire.

$$F = \frac{1}{2} C_x \cdot A \cdot \rho \cdot V^2 \quad [9]$$

Dónde:

C_x : Coeficiente de resistencia aerodinámica.

A : Superficie frontal del vehículo.

ρ : Densidad del aire.

V^2 : Velocidad del go kart.

2.10.10. RESISTENCIA A LA PENDIENTE

Al calcular la resistencia a la pendiente, depende del peso del vehículo subiendo un tramo ascendente, que se debe vencer, en cambio si el tramo es descendente sería lo contrario, es decir sería impulsado en vez de obtener una resistencia, estas pendientes ascendentes o descendentes se expresan en tanto por ciento, es decir existe variación de la altura en relación al avance, para calcular esta resistencia es necesaria la siguiente ecuación:

$$F = m \cdot g \cdot \sin \alpha \quad [10]$$

Dónde:

m: Masa del go kart contando peso del piloto.

g: Aceleración de la gravedad.

α : Ángulo de inclinación de la rampa.

2.11. REGLAMENTO FIA

Es la regulación presentada por la CIK/FIA, en relación a competencia de go karts (karting), en donde se encuentra las diferentes reglas de competencia, como también las homologaciones de marcas permitidas dentro de la competencia para la participación.

2.11.1 HOMOLOGACIÓN Y REGLAMENTACIÓN PARA SISTEMA DE FRENOS

Del apartado 2.11. FRENOS

Los frenos deben ser homologados por la CIK-FIA (salvo en Superkart y KZ1).

Los frenos deben ser hidráulicos. Para el control del freno (el enlace entre el pedal y la bomba(s)) debe ser duplicado (si se utiliza un cable, que debe tener un mínimo diámetro de 1,8 mm y ser bloqueado con tipo de pinza plana). El uso de los frenos delanteros manuales en campeonatos, copas y trofeos de la CIK/FIA está prohibidos.

Para las categorías sin caja de cambios, que deben trabajar por lo menos en las ruedas traseras simultáneamente. Cualquier sistema de freno de trabajo en ruedas delanteras está prohibido.

Para las categorías de la caja de cambios, que deben trabajar en las cuatro ruedas, debe tener sistemas operativos delanteros y traseros independientes. En

caso de que uno de los sistemas falle, el otro debe garantizar frenado en dos frentes o ruedas traseras.

En Superkart, dispositivos de frenado accionados por cable están prohibidos, se recomienda la luz de freno.

Discos de freno de carbono están prohibidos. Los discos de freno obligatoriamente deben ser de acero, acero inoxidable o hierro fundido.

Esto también se aplica a las homologaciones actualmente válidas.

Una almohadilla protectora de disco de freno trasero eficiente (en teflón, nylon, fibra de carbono, kevlar o rilsan) es obligatorio en todas las categorías excepto en Superkart, si el disco de freno sobresale por debajo o esté al nivel del tubos principales del chasis-estructural más cercano a la tierra. Esta protección debe ser colocada lateralmente en relación con el disco en el eje longitudinal del chasis o en el disco.

La superficie del disco de freno puede ser modificado por molienda, perforación, ranurado, pero sólo por los fabricantes y en su propio responsabilidad. Sin embargo, las modificaciones que cambian las dimensiones de las piezas originales que figuren en la ficha de homologación son prohibidas.

Los frenos homologados por el reglamento FIA siendo los más utilizados como lo muestra la tabla 2 son los siguientes:

Tabla 2. Frenos homologados por el reglamento FIA.

Fabricante	ASN	Equipo	Marca	Modelo	Numero
K-Kart spol s.r.o	SVK	Freno	K-Kart	K-Kart KF	8/FR/17
OTK Kart Group Srl	ITA	Freno	OTK	BSS	13/FR/20
OTK Kart Group Srl	ITA	Freno	OTK	BSD	14/FR/20
EL.ZET. S.r.o.	SVK	Freno	EL.ZET	LZF05	15/FR/17
EL.ZET. S.r.o.	SVK	Freno	EL.ZET	LZF04	16/FR/20
Righetti Ridolfi SPA	ITA	Freno	Righetti Ridolfi	MA 20	20/FR/20
Righetti Ridolfi SPA	ITA	Freno	Righetti Ridolfi	MA 20	21/FR/20
Righetti Ridolfi SPA	ITA	Freno	Righetti Ridolfi	MA20	22/FR/17
Hetschel GmbH & Co.KG	DEU	Freno	HRP	VHX EvoX	28/FR/20
Hetschel GmbH & Co.KG	DEU	Freno	HRP	VHR EvoX	29/FR/20
Hetschel GmbH & Co.KG	DEU	Freno	HRP	VH EvoX	30/FR/17

(CIK/FIA, 2016)

2.11.2. REGLAMENTO PARA SISTEMAS DE DIRECCIÓN

Del apartado 2.12. DIRECCIÓN

Debe ser controlado por un volante, con borde continuo, no incorporar cualquier ángulo que refleje en su forma básica. La parte superior e inferior 1/3 de la circunferencia puede ser lineal o de un diferente radio para el resto del volante.

El borde debe ser fabricado con una estructura metálica de acero o aluminio.

Cualquier dispositivo montado en el volante no debe sobresalir por más de 20 mm desde el plano delantero de la rueda de dirección y no debe tener bordes afilados.

Los controles de dirección flexibles por cable o cadena están prohibidos.

Todas las partes de la dirección deben tener un método de oferta adjunto de máxima seguridad (pasadores de aletas, tuercas autoblocantes o pernos con rebabas).

La columna de dirección debe tener un diámetro mínimo de 18 mm y un espesor de pared mínimo de 1,8 mm.

Debe montarse un sistema de cierre de seguridad para el cojinete inferior en la tuerca de sujeción.

En Superkart, las manguetas no deben ser cromadas o galvanizadas.

2.11.3. HOMOLOGACIÓN PARA NEUMÁTICOS

El reglamento regido por la CIKFIA también presenta los diferentes neumáticos homologados para la competencia en karting, en la tabla 3 se presentan los neumáticos usados y permitidos en dicha competencia, utilizados para diferentes condiciones de pista.

Siendo las mejores marcas, presentadas para el karting.

Tabla 3. Neumáticos homologados por el reglamento CIK/FIA.

Fabricante	País	Marca
Hoosier Racing Tire	USA	Hoosier
MG Industria Comercio SA	BRA	MG WT
LeCont Srl	ITA	LH
Vega SpA	ITA	Vega
Reifenwerk Heidenau GmbH	GER	MOJO
Bridgestone Corporation	JPN	Bridgestone
Sumitomo Rubber Industries	JPN	Dunlop
The Yokohama Rubber Co.	JPN	Yokohama/Advan

(CIK/FIA, 2016)

METODOLOGÍA

3. METODOLOGÍA

La metodología del proyecto incluye el tipo o tipos de investigación, las técnicas y los procedimientos que serán utilizados para llevar a cabo la indagación. Es el "cómo" se realizará el estudio para responder al problema planteado.

Canales señala "Hay diferentes tipos de investigación, los cuales se clasifican según distintos criterios" (Canales, 1996).

Los criterios empleados para establecer los diferentes tipos, son el nivel de investigación el diseño de investigación.

Se tomó en cuenta principalmente, la normativa que rige la CIK/FIA, para guiarse en el desarrollo de la investigación y construcción del prototipo, ya que la norma nos indica que tipos de mecanismos eléctricos y mecánicos debemos usar en relación a la categoría del prototipo (cilindrada de motor), cave recalcar que la norma que se está usando es actualizada.

Además de usar la normativa CIK/FIA se usarán fuentes de información como libros, que contengan conocimientos acerca de la aerodinámica, comportamiento y diferentes características de un Go-Kart de alta competencia, que pueda funcionar de manera satisfactoria y cumplir expectativas de rendimiento.

Para el diseño y construcción de los sistemas de dirección, suspensión y dirección se seleccionaron los materiales mencionados en la tabla 4.

Tabla 4. Materiales y herramientas para el diseño y construcción del Go-Kart

MATERIAL/HERRAMIENTA	USO
Software SolidWorks	Diseño de sistemas
Acero	Sistema de Dirección
Circuitos Hidráulicos	Sistema de Frenos
Pastillas de freno	Sistema de Frenos
Mordazas de freno	Sistema de Frenos
Pedales	Sistema de Frenos
Pernos	Construcción
Herramientas Automotrices	Construcción
Lubricadores	Construcción
Líquido de frenos	Construcción
Reglamento CIK FIA	Diseño y Construcción

Se usó el software SolidWorks para el análisis de los sistemas de dirección y frenos del Go-kart, emulando los diferentes comportamientos que se producen en los sistemas mencionados, permitiendo evaluar el comportamiento y dar el visto bueno de un diseño y construcción elaborada correctamente.

Se realizaron entrevistas a expertos que conocen acerca del automovilismo como es el karting, todo lo que se necesita para que el piloto se sienta cómodo con la máquina de competencia, además de aprovechar la experiencia de dichos apasionados por las carreras, también están en la capacidad de darnos sugerencias o avisos de algún cambio que se pueda hacer en el prototipo.

Se hizo un análisis en cada uno de los elementos de los sistemas de dirección y frenos, se tomó en cuenta los factores más importantes que se presentan en los elementos, como son los esfuerzos y cargas que se producen cuando el go kart está en movimiento a altas velocidades.

En el sistema de dirección se realizó un análisis en esfuerzos basados en la teoría de diseño de mecánica así como también en construcción, usando un análisis en sistemas de dirección como es el par torsor que se ejerce en el volante (fuerza del piloto) y el esfuerzo de torsión en la barra de dirección, aplicando un factor de seguridad para asegurar que el sistema tiene los factores y condiciones necesarios para construirse.

Para el sistema de frenos se usó un análisis fundamentado en diseño en ingeniería mecánica, tomando en cuenta las fuerzas de frenado como son: torque de frenado requerido, presión máxima de frenado, fuerza de frenado y torsión de fricción, además se analizó la resistencia a la pendiente y resistencia al aire, todo esto para realizar un buen diseño del prototipo

Se realizó un análisis básico de aerodinámica, calculando la resistencia al aire y a la pendiente.

Se desarrolló pruebas de campo, verificando el estado del prototipo, si el diseño ha sido el adecuado para tener un desenvolvimiento satisfactorio, evitando fallas mecánicas que pongan en peligro la vida del piloto o perder la carrera.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. MODELAJE DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN Y FRENOS DEL GO KART

Utilizando el reglamento de Karting (FIA), es decir tomando en cuenta la geometría y dimensiones de los sistemas de suspensión, dirección y de frenado, se modelaron en el programa SolidWorks los diferentes componentes de dichos sistemas, así para cumplir los requerimientos de seguridad y funcionamiento en este deporte.

Los componentes mecánicos se modelan en tres dimensiones, como indican las figuras 25, y 26 así se realizará su análisis aplicando diferentes esfuerzos usando la opción SolidWorks Simulation, para verificar su buen ensamblaje y estado mecánico.

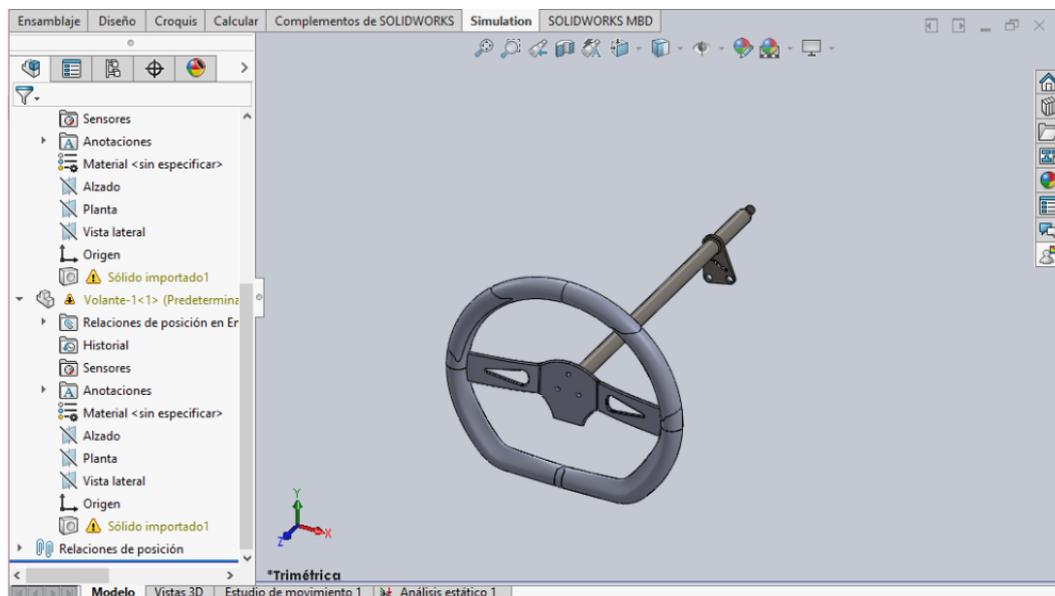


Figura 25. Diseño del volante y columna de dirección.

4.2. DISEÑO DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN

La dirección está conformada por diferentes elementos que permiten al conductor dibujar la trayectoria del Go-Kart. Integra el volante, las bieletas y la barra de dirección, con las manguetas delanteras y rotulas correspondientes. Los elementos del Sistema de Dirección son los siguientes:

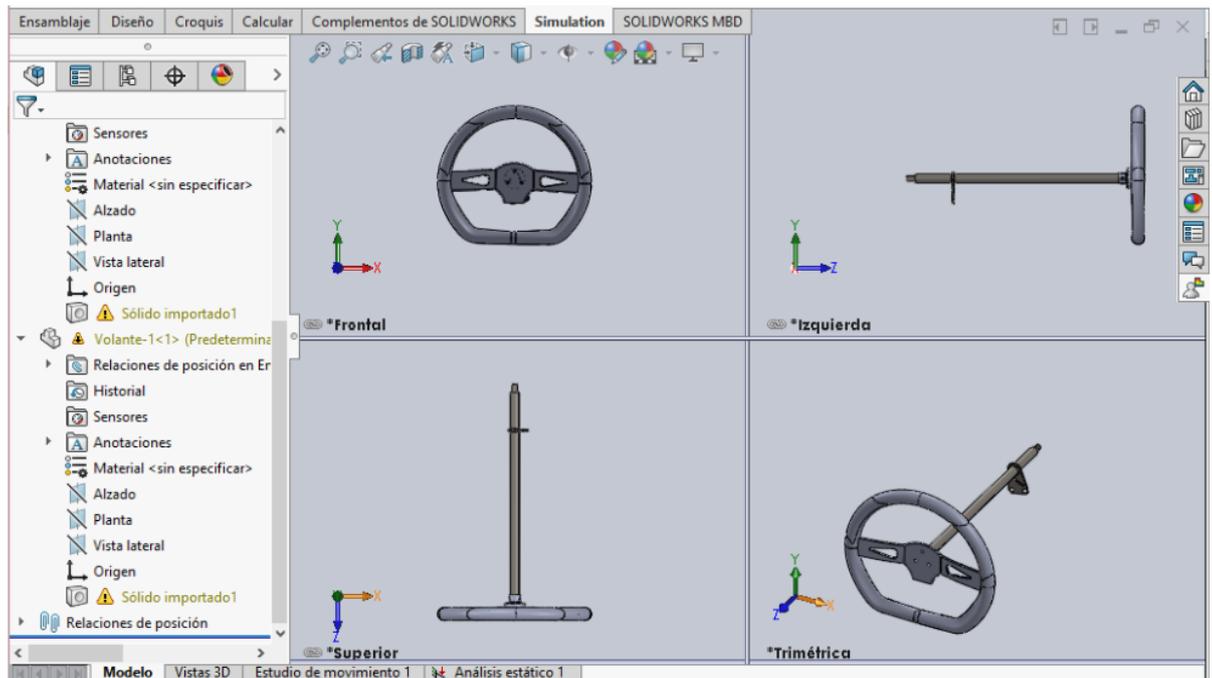


Figura 26. Vistas frontales, superior izquierda y trimétrica del volante y columna de dirección.

4.2.1. PAR TORSOR QUE SE EJERCE EN EL VOLANTE (FUERZA DEL PILOTO).

Para encontrar el par torsor que se produce en el volante, al ser maniobrado el Go-Kart por el piloto se produce dicho par torsor y para calcular se necesita la ecuación 1.

$$T = N \cdot \mu \cdot d$$

Dónde:

N: Peso sobre eje delantero.

μ : Coeficiente de rozamiento (0.60 pavimento-caucho, ver anexo 7).

d : Distancia neumático-punto de intersección del eje del pivote con el suelo (0.15m).

Se tiene en cuenta, que el tamaño de los neumáticos delanteros y traseros son de diferentes dimensiones, el peso debe recaer de forma proporcional al tamaño de la goma de los neumáticos.

En Go-Karts de 125 cc los tamaños normales son de 4.5 pulgadas de anchura en neumáticos delanteros y de 7.1 pulgadas en neumáticos traseros, lo que da una proporción del 38.7 % frente al 61.4%, repartiendo adelante el orden de un 40% es decir entre 39% y 43%, con 60% detrás entre 57% y 61%, sobre el eje longitudinal debe ser el 50%, igual peso a cada lado.

Tomando en cuenta un 40% de carga en relación al peso total del Go-Kart se obtiene:

Peso total del Go-kart con piloto= 120 kg

Peso en ejes delanteros= 120Kg X (0.40) = 48kg=470N

$$T = 470N \times 0.60 \times 0.15m$$

$$T = 42.3Nm$$

4.2.2. ESFUERZO DE TORSIÓN EN LA BARRA DE DIRECCIÓN

Para conocer el esfuerzo de torsión que se realiza en la barra de dirección se requiere de la ecuación 2.

$$\tau_{torsión} = \frac{T}{\frac{\pi}{2}d^3}$$

Dónde:

T: Par torsor del volante (fuerza del piloto 42.3Nm)

d^3 : Diámetro de la barra de dirección (20 mm)

$$\tau_{torsión} = \frac{42.3Nm}{\frac{\pi}{2}(0.02)^3}$$

$$\tau_{torsión} = 3.36[MPa]$$

Se calcula que en la barra de dirección, al aplicar la fuerza de giro el piloto se obtiene un esfuerzo de torsión de 3.36 [MPa].

4.2.3. FACTOR DE SEGURIDAD

Es necesario verificar si el material que se usó para la construcción de la barra de dirección presenta óptimas condiciones de uso y exposición a cargas de torsión y corte, usando la ecuación 7.

$$n = \frac{Ssy}{\tau_{torsión}}$$

Dónde:

Ssy: Limite de fluencia del acero A36= 250[MPa] X (0.577) = 144.25 [MPa]
(ver anexo 6).

$\tau_{torsión}$: Esfuerzo de Torsión (3.35 [MPa]).

$$n = \frac{144.25 [MPa]}{3.35 [MPa]}$$

$$n = 42.93$$

Se verifica que la resistencia real de la barra de dirección es mayor a la resistencia requerida, ya que el factor de seguridad es mayor a 1.

4.3.4. SELECCIÓN DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN

En base al análisis realizado y al reglamento FIA presentado se elige un sistema de frenos OTK, ver figura 27 y tabla 5, que cumple con los requisitos

necesarios para obtener un sistema confiable y eficaz, que permita el desarrollo y recorrido por pista del prototipo sin ningún percance posterior.



Figura 27. Sistema de dirección OTK

Tabla 5. Características sistema de frenos OTK

TIPO	MECANICA (COMPETENCIA)
MARCA	OTK
DIAMETRO DE BARRA	2 cm
AXIALES Y PUNTAS DE EJE	OTK
VOLANTE	TONY KART
TIPO DE ACERO	A36

4.3. DISEÑO DEL SISTEMA DE FRENOS

Es necesario determinar la fuerza de fricción que se produce en los neumáticos delanteros del Go-Kart provocado por el rozamiento de la llanta con el suelo, para calcular el torque de frenado requerido se emplea la ecuación 7.

4.3.1. TORQUE DE FRENADO REQUERIDO

$$T = \frac{p \cdot K}{w_2}$$

Dónde:

p: Potencia del motor Rotax ($22000 N \frac{m}{s}$)

K: Factor de servicio (1.0 condiciones promedio ver anexo 5)

w_2 : Velocidad angular del eje de transmisión (1124.91 rpm)

$$T = \frac{22000 N \frac{m}{s} \times 1.0}{1124.91 rpm}$$

$$T = 186.26 Nm$$

Se obtiene que en el sistema de frenado se produce un torque necesario de 186,26 Nm

4.3.2. PRESIÓN MÁXIMA DE FRENADO

Para calcular la presión máxima de frenado que se produce en el sistema de frenos del Go-Kart se usa la ecuación 4.

$$Pa = \frac{T}{(\theta_2 - \theta_1)fr_1(r_0^2 - r_1^2)}$$

Dónde:

T: Torque de frenado (186.26Nm).

θ_2 y θ_1 : Ángulos de frenado de la pinza de freno ($150^\circ - 45^\circ$).

f: Coeficiente de fricción (0.37 ver Anexo 7).

$(r_0 - r_1)$: Radio externo e interno del disco de freno (0.18m – 0.11m).

$$Pa = \frac{186.26Nm}{(150^\circ - 45^\circ) \left(\frac{\pi}{180^\circ}\right) 0.37(0.11m)((0.18m)^2 - (0.11m)^2)}$$

$$Pa = 125851.25[Pa]$$

Al aplicar el freno en el sistema, se produce una presión máxima de frenado de 125851.25 [Pa].

4.3.3. FUERZA DE FRENADO

Se debe aplicar una fuerza de frenado que permita anular la fuerza de impulsión del Go-Kart y para detener las ruedas del monoplaza, para determinar dicha fuerza se emplea la ecuación 5.

$$F = (\theta_2 - \theta_1)P_a r_1 (r_0 - r_1)$$

Dónde:

θ_2 y θ_1 : Ángulos de frenado de la pinza de freno ($150^\circ - 45^\circ$).

P_a : Presión máxima de frenado (125861.25 [Pa]).

$(r_0 - r_1)$: Radio externo e interno del disco de freno ($0.18\text{m} - 0.11\text{m}$).

$$F = (150^\circ - 45^\circ) \left(\frac{\pi}{180^\circ} \right) (125851.25 \text{ Nm}^2) 0.37 (0.11\text{m}) (0.18\text{m} - 0.11\text{m})$$

$$F = 657.04 \text{ N}$$

Se obtiene que la fuerza necesaria para que el Go-Kart pueda detenerse es de 657.04 N.

4.3.4. TORSIÓN DE FRICCIÓN

Según Águeda, Navarro y Morales indican que “La fuerza de fricción entre los neumáticos y la calzada depende (además del peso del vehículo) del grado de adherencia de los neumáticos a la calzada. Al grado de adherencia se le llama coeficiente de fricción. El máximo coeficiente de fricción se da en una calzada seca, solida y de una buena adherencia, si esta mojada o helada disminuye la fuerza de fricción” (Águeda, Navarro, & Morales, 2011).

Para la torsión de fricción que se produce en el sistema de frenos del Go-Kart es necesario utilizar la ecuación 6.

$$T = \frac{1}{3} ((\theta_2 - \theta_1) P_a r_1 (r_0^3 - r_1^3))$$

Dónde:

θ_2 y θ_1 : Ángulos de frenado de la pinza de freno (150° - 45°).

Pa: Presión máxima de frenado ($125851.25[Pa]$)

f: Coeficiente de fricción: (0.37 ver anexo 7).

$(r_0 - r_1)$: Radio externo e interno del disco de freno (0.18m – 0.11m).

$$T = \frac{1}{3}((150^\circ - 45^\circ) \left(\frac{\pi}{180^\circ}\right) (125851.25Nm^2) \cdot 37(0.11m)((0.18m)^3 - (0.11m)^3))$$

$$T = 14.08 Nm^2$$

Área del cilindro

Se calcula el área del cilindro con la ecuación 12.

$$A = \pi\left(\frac{d^2}{4}\right) \quad [12]$$

Dónde:

d: Diámetro del cilindro (0.019 m)

$$A = \pi\left(\frac{(0.019cm)^2}{4}\right)$$

$$A = 0.00028 \text{ cm}^2$$

4.3.5. PRESIÓN HIDRÁULICA DE LOS CILINDROS

Para conocer la fuerza de accionamiento suministrado por cada cilindro se usa la ecuación 10.

$$P_{hidráulica} = \frac{F}{A}$$

Dónde:

F: Fuerza de frenado (607.04N)

A: Área del cilindro ($0.00028 m^2$)

$$P_{hidráulica} = \frac{607.04N}{0.00028 m^2}$$

$$P_{hidráulica} = 2.168 M[Pa]$$

En el sistema de frenos, se produce una presión hidráulica de los cilindros de 2.168 M[Pa].

4.3.6. DISTANCIA DE FRENADO

Se necesita calcular la aceleración del kart:

$$a = \frac{F}{m} \quad [11]$$

Dónde:

m: Peso total del go kart (120Kg)

F: Fuerza de frenado

$$a = \frac{657.04N}{120Kg}$$

$$a = 5.47 m/s^2$$

El tiempo que tarda el kart en pararse yendo a una velocidad inicial de 40km/h es:

$$V = V_o - a(t) \quad [12]$$

$$t = \frac{V - V_o}{-a}$$

Dónde:

V: Velocidad final (0m/s)

Vo: Velocidad inicial (11.1 m/s)

a: Aceleración del go kart ($5.47 m/s^2$)

$$t = \frac{0 - 11.1 m/s}{-5.47 m/s^2}$$

$$t = 2.02s$$

La distancia que recorre el kart en este tiempo de frenado es:

$$d = V + Vo(t) - a \frac{t^2}{2} \quad [13]$$

Dónde:

V: Velocidad final (0m/s)

Vo: Velocidad inicial (11.1 m/s)

a: Aceleración del go kart (5.47 m/s^2)

t: Tiempo de frenado a 40km/h (2.02s)

$$d = 0 + 11.1 \text{ m/s} \times 2.02s - 5.47 \text{ m/s}^2 \times \frac{(2.02s)^2}{2}$$

$$d = 11.22$$

La distancia de frenado a 40 km/h es de 11.22m en un tiempo de 2.02s

4.3.6. SELECCIÓN DEL SISTEMA DE FRENOS

Tomando en cuenta la capacidad de torque requerida (186.26 Nm) se elige el sistema de frenado OTK, ver figura 28 que brinda un Torque de frenado de 200 Nm.



Figura 28. Sistema de frenos OTK.
(Kartbuilding, 2016)

4.3.5. RESISTENCIA DEL AIRE

Para obtener esta fuerza se usa la ecuación 8.

$$F = \frac{1}{2} \cdot C_X \cdot A \cdot \rho \cdot V^2$$

Dónde:

C_X : Coeficiente de resistencia aerodinámica (0.8 para un kart)

A : Superficie frontal del vehículo

ρ : Densidad del aire ($1.2 \text{ Kg}/\text{m}^3$ entre 15 y 27 °C).

V^2 : Velocidad del go kart

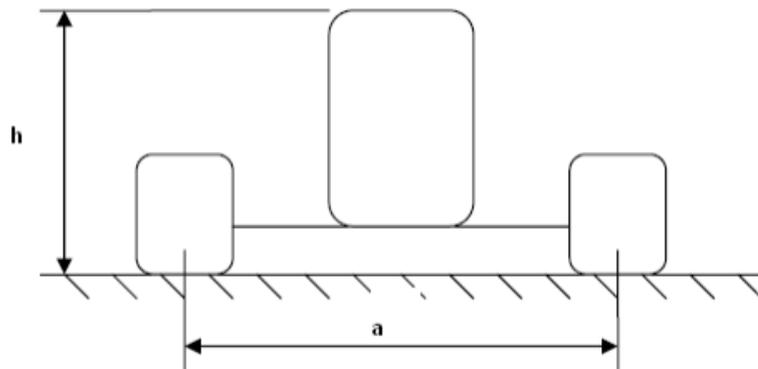


Figura 29. Dimensiones para calcular la superficie frontal
(Zaragoza, 2016)

Para obtener la superficie frontal del vehículo, ver figura 29, se calcula el área frontal a partir de la siguiente fórmula.

$$A = a \cdot h$$

La altura del go kart es de 50 cm, pero cabe recalcar que se añade 22 cm que es la distancia que sobresale el piloto del asiento, obteniendo las siguientes dimensiones.

$a = 133 \text{ cm}$

$h = 72 \text{ cm}$

$$A = 133\text{cm} \times 72\text{cm} = 9576\text{cm}^2 = 0.96\text{m}^2$$

Con los datos conocidos excepto la velocidad, se investiga valores a dicha magnitud y se verifica en qué medida aumenta la fuerza que opone el aire al avance del go-kart, teniendo en cuenta la velocidad necesaria de desplazamiento del go kart y en función de su velocidad, ver tabla 6, se obtiene los siguientes valores:

Tabla 6. Valores de la resistencia aerodinámica en función de la velocidad

Velocidad(m/s)	Fuerza(N)
1	0.47
3	4.23
5	11.76
7	23.05
9	38.10
11	56.92
13	79.50
15	105.84
17	135.95
19	169.81
21	207.45
23	284.84
25	294.00
27	342.92
29	395.61
31	452.05
33	517.27
35	576.24
37	643.98
39	715.48
41	790.74
43	869.77

La velocidad máxima teórica del go kart como se ha desarrollado es de 29.14 m/s, interpolando dicha velocidad en la tabla 6 se obtiene la siguiente fuerza resistente:

Aplicando fórmula de interpolación lineal para pareja de valores, ver tabla 7, se usa la ecuación 11.

$$Y_x = Y_0 + \frac{x - x_0}{x_1 - x_0} (y_1 - y_0) \quad [11]$$

Tabla 7. Valores utilizados para la interpolación

Velocidad (m/s)	Fuerza (N)
29	395.61
31	452.05

$$Y_{29.14} = Y_{395.61} + \frac{29.14 - 29}{31 - 29} (452.05 - 395.61)$$

Finalmente se obtiene la fuerza que opone el aire en el go kart:

$$F = 399.56 \text{ N}$$

4.3.6. RESISTENCIA A LA PENDIENTE

La gran mayoría de circuitos de karting presentan muy pocas pendientes y de bajo porcentaje, pero el cálculo de la resistencia a la pendiente se lo realiza hasta un máximo de 30° ver tabla 8, para realizar la fuerza de resistencia a la pendiente se necesita la ecuación.

$$F = m \cdot g \cdot \sin \alpha$$

Dónde:

m: Masa del go kart contando peso del piloto (150Kg).

g: Aceleración de la gravedad (9.81 m/s^2)

α : Ángulo de inclinación de la rampa (ver tabla 8).

Tabla 8. Valores de la resistencia a la pendiente en función del ángulo de inclinación

Ángulo de inclinación (°)	Fuerza(N)
0	0.00
2	41.04
4	81.96
6	122.92
8	163.66
10	204.04
12	244.50
14	284.50
16	324.14
18	363.40
20	402.21
22	440.54

4.4. NEUMÁTICOS

4.4.1. SELECCIÓN DE NEUMÁTICOS

Tomando en cuenta la tabla 3, se escoge los neumáticos delanteros MOJO D3, ver figura 30 y para los neumáticos delanteros se escoge MOJO D1, usados para alta competencia y cualquier categoría, cumpliendo con el reglamento y homologaciones que dan la CIK/FIA.



Figura 30. Neumático MOJO D3.
(Rotax-Kart, 2016)

4.4.2. CARACTERÍSTICAS NEUMÁTICO MOJO D3

Los neumáticos homologados y aprobados por la CIK/FIA MOJO D3 SLICK – D3 4.5/10.0-5, presentan las siguientes características, ver tabla 9.

Tabla 9. Características Neumático MOJO D3 modelo Slick-D3 4.5/10.0-5.

Descripciones	Valores	Tolerancias
Designación compuesto de caucho	D3	-
Ancho	7.1 in	-
Alto	4.5 in	-
Capacidad máxima de carga	80Kg	MAX
Máxima velocidad	180 Km/h	MAX
Presiones (Frio)	0.60 bar	+/- 0.05 bar
Presión de inflado	4,0 bar	MAX
Profundidad de banda de rodadura	3.5 mm	+/- 0.05mm
Peso	1089 g	+/- 10%
Número de pliegos	2	-
Material de la carcasa	Poliéster	-
Neumático sin cámara	Si	-

(CIK/FIA, 2016)

4.5. SISTEMA DE SUSPENSIÓN

Se calcula la frecuencia de oscilación que proporcionan los neumáticos al kart completo. Para empezar es necesario calcular la constante de rigidez de cada neumático: Para ello se mide la distancia que bajan los neumáticos al poner un peso encima. En este caso 90 Kg.

$$K_{eqv} = \frac{Peso}{\delta}$$

Dónde

Peso: Peso sobre el go kart (90Kg)

δ : Distancia que bajan los neumáticos (0.3mm)

$$K_{eqv} = \frac{900N}{0.3mm}$$

$$K_{eqv} = \frac{900N}{0.3mm}$$

$$K_{eqv} = 3000000 \text{ N/m}$$

El go-kart posee 4 ruedas, por lo tanto la rigidez de cada neumático es:

$$K = \frac{K_{eqv}}{4} = 750000 \text{ N/m}$$

Con la rigidez calculada, se procede a calcular la frecuencia angular

$$w = \sqrt{\frac{K}{m}}$$

Dónde:

K: Constante de rigidez (3000000 N/m)

m: Peso sobre el go-kart (90Kg)

$$w = \sqrt{\frac{3000000 \text{ N/m}}{90 \text{ Kg}}}$$

$$w = 182.57 \text{ rad/s}$$

Transformando a hercios quedaría lo siguiente:

$$f = \frac{w}{\pi} = \frac{182.57 \text{ rad/s}}{2\pi}$$

$$f = 29.05 \text{ Hz}$$

La frecuencia de oscilación resultante es muy alta, por tanto es una suspensión extremadamente dura y no es capaz de absorber las posibles irregularidades del suelo para garantizar la comodidad del piloto. El valor de la frecuencia de oscilación de los automóviles es generalmente menor de 1 hercio, mientras que en el kart es de 29,05 hercios. Esto quiere decir que la suspensión que proporcionan los neumáticos es prácticamente inapreciable.

4.6. CONSTRUCCIÓN DEL GO KART

En la construcción del monoplaza se tiene todo un proceso, se debe tomar en cuenta los diferentes parámetros de diseño y acondicionamiento para que funcione adecuadamente, es por eso que se rige a un método de fabricación que cumpla con los requerimientos dados por la CIK-FIA, establecido por planos y tolerancias para el diseño de cada sistema del Go-Kart.

Es así como se diseñó los sistemas de dirección, suspensión y frenos tomando en cuenta los esfuerzos que se producen en cada uno de dichos sistemas.

4.6.1. MONTAJE DE LOS COMPONENTES

Debemos tener en cuenta los parámetros de diseño del Go-Kart, así tendremos una clara funcionalidad de nuestro vehículo, obteniendo altas prestaciones, garantizando el desempeño y manejo real que se necesita para participar en alta competencia.

4.6.2. MONTAJE DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN

El sistema de Dirección que será utilizado es el homologado por la CIK/FIA, que está conformado como ya se ha mencionado en capítulos anteriores por el volante, la barra de dirección, manguetas, varillas de dirección y rótulas. Después de haber realizado el montaje de dicho sistema, ver figuras 31 y 32, es importante realizar su alineación respectiva, también se debe dar la altura respectiva al chasis con arandelas colocadas por los soportes de las manguetas.



Figura 31. Columna de dirección.



Figura 32. Volante de dirección.

4.6.3. MONTAJE DEL SISTEMA DE FRENOS

Este sistema tiene un cilindro de freno principal, ver figura 33, dicho cilindro funciona con presión hidráulica, se encuentra una mordaza en la parte posterior conformada por cañerías y el disco de frenado girando con el eje posterior.



Figura 33. Cilindro del sistema de frenos.

Al instalar el sistema de freno se debe considerar que se ubique de manera centrada, ya que al momento de frenar se tenga un funcionamiento óptimo evitando vibraciones, ver figura 34.

Finalmente, centrado e instalado el sistema se coloca líquido de frenos y se purga eliminando aire en su interior.



Figura 34. Pedal del sistema de frenos.

4.7. AJUSTES Y REGLAJES

Para obtener una funcionalidad adecuada en nuestro Go-Kart, se realiza varias calibraciones y reglajes para dicho diseño, realizando pruebas necesarias y puesta a punto de los diferentes sistemas.

4.7.1. ARANDELAS SEPARADORAS

Son utilizadas para darle ancho de vía al Go-Kart, como indica la figura 35, se colocan igual número de cada lado, entre las manguetas y la llanta, normalmente se usan dos por lado, cada una de 1 cm para lograr una distancia entre llanta de 82-83cm.



Figura 35. Arandelas separadoras

4.7.2 AJUSTE DE DIRECCIÓN Y ALINEACIÓN

Para asegurar el sistema de dirección, ver figura 36, se revisa que todos los pernos del chasis y dirección tengan el apriete correcto, eligiendo un camber de 0 y una divergencia de 2mm out, ver figura 27.

“Camber no es más que el ángulo de la cubierta de un neumático en relación con el pavimento. Si el neumático es perfectamente perpendicular al pavimento quiere decir que tiene 0 grados de ángulo de caída. Si la parte superior de la cubierta se apoya diremos que el coche tiene pendiente negativa. Si la parte superior de los neumáticos se asoma diremos que el neumático tiene pendiente positiva” (Newton, 2007).

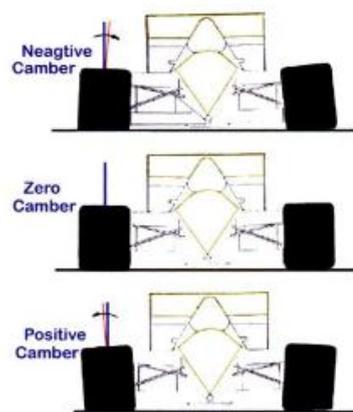


Figura 36. Camber negativo, cero y positivo de un vehículo de competencia (Newton, 2007)



Figura 37. Ajuste de Dirección

4.7.3. CONVERGENCIA Y DIVERGENCIA

La convergencia de cada rueda delantera es el ángulo que forma el plano de la rueda con el eje longitudinal del kart. Cuando forman un ángulo agudo, las ruedas se cierran hacia adelante es decir existe una convergencia, si las ruedas se abren se dice que hay divergencia y cuando las ruedas están perfectamente paralelas no hay convergencia y es la configuración adecuada para una marcha más suave, con la mínima pérdida de potencia y el menor desgaste de gomas.

Cualquier ángulo introduce un valor de resistencia al avance, y provoca un mayor desgaste debido a que los neumáticos ruedan inclinados con un ángulo respecto a la dirección de avance.

Una excesiva convergencia causa un desgaste acelerado en los bordes externos de los neumáticos mientras que una excesiva divergencia provoca lo mismo en los bordes interiores.

El reglaje deberá tender a la mínima convergencia o divergencia que produzca el efecto deseado. El ajuste más habitual en go karts de 125 cc. Es divergente entre 0 y 2 mm, ver figura 38. Poner cantidades elevadas reduce la facilidad de rodaje en recta y ocasiona importantes desgastes de los neumáticos. Sin embargo, en sesiones de reglaje, ajustar al máximo de convergencia o divergencia puede servir para aclarar la tendencia y sensibilidad del chasis. Con reglajes extremos hay que pilotar con extrema precaución.

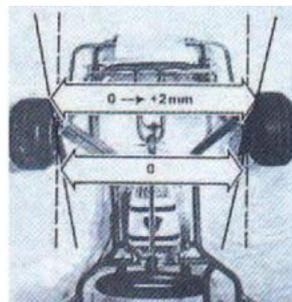


Figura 38. Divergencia y convergencia del go kart

Se concluye que el prototipo es divergente, es decir se circula en el circuito con una divergencia de 2mm y una convergencia de 0mm.

4.7.4. AJUSTE Y CALIBRACIÓN DEL SISTEMA DE FRENOS

Se realizan los siguientes trabajos de ajuste y calibración para que el sistema de frenos tenga un correcto funcionamiento:

- Obtener una separación de 1.5 mm entre la pastilla y el disco de freno, esto en estado de reposo, ver figura 39.
- Al girar el eje se de verificar que dicha separación sea consistente durante el giro entre las pastillas y el disco.
- Comprobar recorrido de pastillas y holgura del pedal al realizar el frenado.
- Es importante verificar que no exista aire en las cañerías de freno, purgar el sistema para evitar burbujas de aire, ver figura 41.
- Centrar el disco de freno entre pastillas, para realizar este trabajo se afloja el tornillo de sujeción del portadisco, desplazándolo hasta que se obtenga una correcta posición.



Figura 39. Reglaje disco de frenos



Figura 40. Recipiente líquido de frenos



Figura 41. Purga del sistema de frenos

4.7.5. PRESIÓN DE INFLADO DE NEUMÁTICOS

El neumático debe tener la presión recomendada por el fabricante para un mejor uso, se tiene en cuenta que al recorrer vías a altas velocidades estas presiones son superiores a las que recomienda el fabricante en condiciones normales.

Para circuitos normalmente y con una temperatura ambiental de 22°C la presión de inflado será: neumáticos posteriores: 14 lb/in^2 y neumáticos delanteros: 12 lb/in^2 , ver figura 42.



Figura 42. Inflado de neumáticos.

4.7.6. INSTALACIÓN DE ASIENTO DEL PILOTO

La colocación y ubicación del asiento depende de las características físicas del piloto, para evitar fatiga muscular por mala posición e incomodidad en el manejo, ver figura 43.

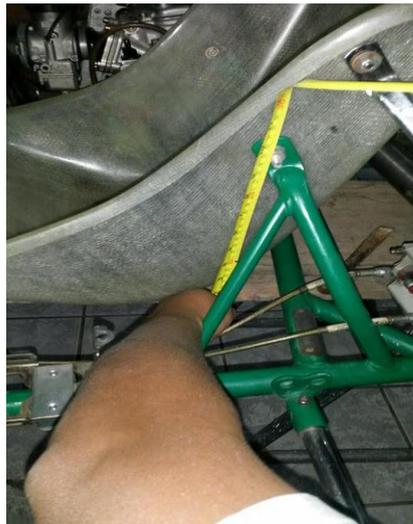


Figura 43. Ubicación del Asiento del piloto.

4.7.7. ARANDELAS DEL ASIENTO

Son usadas para separar al asiento de la superficie del suelo, ver figura 44, evitando roces del mismo y también posibles lesiones para el piloto.



Figura 44. Arandelas separadoras del Asiento.

4.8. PRUEBAS DE CAMPO

Son necesarias para analizar el comportamiento y desarrollo de los sistemas de dirección de frenos del go kart, en máximas velocidades y exigencias de giro en pista.

Las pruebas fueron desarrolladas en la ciudad de Quito, en Rio-Karts, el recorrido de pista es de 1.5 Km, ver figura 45.



Figura 45. Pista Rio-Karts.

4.8.1. ESTADO DE NEUMÁTICOS

Después de completar 30 giros en la pista de Rio-Karts, se verifico que la alineación de la dirección fue correcta y que la divergencia aplicada de 2 mm es la ideal para un piloto de 85kg, con evidencia en el desgaste uniforme de la banda de rodadura de los neumáticos como indica la figura 46.



Figura 46. Neumáticos desgastados.

4.8.1.1. Temperatura de neumáticos

Después de que el go kart realizó 30 giros en la pista Rio-Karts, se midió la temperatura de los neumáticos, presentaban una temperatura de 60°C, ver figura 47.



Figura 47. Temperatura de neumáticos

4.8.2. COMPORTAMIENTO SISTEMA DE DIRECCIÓN Y FRENOS

4.8.2.1. Temperatura de discos de freno

Antes de iniciar la prueba de campo se verificó que la temperatura de los discos de frenos era de 24° C (ambiente), ver figura y al finalizar una carrera de 30 giros, la temperatura en discos de frenos alcanzo los 100°C en primeras mediciones variando hasta 80°C ver figura 48.



Figura 48. Temperatura de neumáticos (ambiente)

En cuanto los sistemas de dirección y frenos, no presentaron problemas en el desarrollo en pista, entrando a curvas con precisión, ver figura 49.



Figura 49. Temperatura de discos después de competir (100°C)



Figura 50. Desarrollo en pista.

4.8.2.2. Distancia máxima de frenado

A una velocidad de 40 km/h, se produjo un frenado en 10 metros, ver figura 51.



Figura 51. Distancia de frenado

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- El sistema de dirección del Go-Kart demostró que es versátil y confiable en condiciones normales y complejas de manejo, permitiendo al piloto una respuesta inmediata de giro y una gran estabilidad de manejo.
- El sistema de frenos demostró una gran seguridad al aplicar los frenos en altas velocidades, permitiendo al piloto frenar en últimos instantes, aprovechando la velocidad de recta y tomando la curva de forma satisfactoria evitando cualquier percance.
- El software SolidWorks usado como una herramienta especial para este proyecto, permite diseñar de forma profesional cualquier sistema o máquina, con un proceso controlado y perfecto, con la capacidad de emular y analizar los comportamientos físicos que se producen en dichos sistemas y máquinas.
- Las pruebas de campo permitieron evaluar el comportamiento del Go-Kart con extrema demanda, dependiendo de las condiciones de manejo que se presenten, considerando cualquier tipo de factor que afecte en el desempeño de mismo, son usadas también para que el piloto informe algún mal funcionamiento de cualquier sistema o si el monoplaza está en perfectas condiciones después de haber sido ensamblado y puesto en marcha con las respectivas demandas de construcción.

5.2. RECOMENDACIONES

- Al realizar un proyecto relacionado con un reglamento importante como el que rige la FIA se recomienda utilizar las medidas y materiales correspondientes, que son homologados por esta prestigiosa entidad, para obtener un proyecto exitoso y de altura.

- Se recomienda tener el conocimiento científico necesario y actualizado para realizar este proyecto, ya que se necesita estudio del tema, como también manejo y destreza en software, para poder interpretar los datos arrojados por el programa utilizado y aplicarlos de forma correcta para el diseño y construcción de los sistemas del Go-Kart.
- Se recomienda utilizar herramientas especiales de diseño como Solidworks, a empresas que se dediquen a la construcción y diseño de diferentes sistemas de funcionamiento de vehículos o maquinaria, así pondrá obtener mejores resultados y evitar percances posteriores.
- Es recomendable tener la información respectiva para trabajar en campos de diseño y construcción en base a reglamentos altamente exigentes.
- Se recomienda contar con un asesor, que sepa desempeñarse en el tema para aclarar cualquier duda en el proceso de desarrollo del proceso.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- Águeda, E., Navarro, J., & Morales, T. (2011). *Sistemas de transmisión y frenado* (2 ed.). España: Paraninfo.
- Alonso, M., Luengo, C., & Prieto, I. (2007). *Fundamentos de máquinas térmicas* (1 ed.). Oviedo: Universidad de Oviedo.
- Beer, F., Johnston, R., John, D., & Mazurek, D. (2010). *Mecánica de Materiales* (5 ed.). Mexico: McGRAW-HILL.
- Blogspot. (2016). *Accesorios*. Retrieved Marzo 10, 2016, from Blogspot: http://educacionfisicaculturafisica.blogspot.com/2013_08_01_archive.html
- Budynas, R., & Nisbett, J. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley* (8 ed.). México: McGraw-Hill.
- Cascajosa, M. (2007). *Ingeniería de Vehículos* (3 ed.). Tébar, S.L.
- CIK/FIA. (2016). *Reglamentación y Homologaciones*. Francia.
- Díaz, F. (2008). *Fundamento de Mecánica de Sólidos*. Cautitlán Izcalli.
- Dominguez, E., & Ferrer, J. (2008). *Mecánica del Vehículo* (1 ed.). S.A, EDITEX.
- Edmonston, P. (2013). *New cars and trucks* (1 ed.). Toronto: Dundurn.
- etrasa. (2009). *Aprender a conducir. Manual*. Madrid: Tráfico vial, S.A.
- Fitzgerald. (2007). *Mecánica de Materiales* (16 ed.). México: Alfaomega.
- Hall, A., Holowenko, A., & Laughlin, H. (n.d.). *Diseño de Máquinas*.
- Hibbeler, R. (2006). *Mecánica de Materiales* (6 ed.). México: Pearson Educación.
- Hibbeler, R. (2011). *Mecánica de Materiales* (8 ed.). México: PEARSON EDUCACIÓN.
- Kartbuilding. (2016). *Accesorios y partes*. Retrieved Abril 17, 2016, from <http://blog.kartbuilding.net/category/chassis-design/>
- Karting123. (2016). *Karting*. Retrieved Marzo 8, 2016, from <http://www.karting123.com/es/productos-energy/821-kit-pegatinas-completo.html>.

- Kemkarts. (2016). *Accesorios y Productos*. Retrieved Abril 20, 2016, from <http://www.kemkarts.com/productos.php?categoria=5>
- Meriam, L., & Kraige, J. (2004). *Mecánica para Ingenieros. Estática* (3 ed.). Barcelona: REVERTÉ, S.A.
- Mott, R. (2006). *Diseño de Elementos de Máquinas*. México: PEARSON EDUCACIÓN.
- Newton, R. (2007). *Wheel and tire performance handbook* (1 ed.). China: Motorbooks.
- Ortega, J., & Picabea, A. (2010). *Mantenimiento Mecánico preventivo del vehículo*. Madrid: Arán Ediciones, S.L.
- Solidworks. (2006). *Conceptos básicos de SolidWorks*. Massachusetts: SolidWorksCorporation.
- (2014). Proyecto y Cálculo de ejes y elementos accesorios. In M. Tulio, *Elementos de Máquinas*.
- UKKART. (2016). *Store*. Retrieved Abril 23, 2016, from ukkartstore.com
- Vásquez, J. (2012). *Análisis y diseño de piezas con CAATIA V5* (2 ed.). España: marcombo.
- Zaragoza, U. d. (2016). *unizar*. Retrieved Mayo 10, 2016, from <http://zaguan.unizar.es/record/31485/files/TAZ-TFG-2014-2459.pdf>

ANEXOS

ANEXOS

ANEXO 1

HOMOLOGACIONES DE CHASIS Y FRENOS DE LA CIK FIA 2015 – 2020



COMMISSION INTERNATIONALE
DE KARTING - FIA



HOMOLOGATION CHASSIS, CARROSSERIES ET FREINS
CHASSIS, BODYWORK & BRAKES HOMOLOGATION
2015 - 2020

Demandeur Applicant	Pays ASN	Matériel Equipment	Marque Make	Modèle Model	Type	Homolog. Número
KG Sas	ITA	Carrosserie	KG	KMS - Front fairing mounting kit	All	1/CA/20
KG Sas	ITA	Carrosserie	KG	505 - fairing	All	2/CA/20
KG Sas	ITA	Carrosserie	KG	505 - panel	All	3/CA/20
KG Sas	ITA	Carrosserie	KG	Buru - fairing	All	4/CA/20
KG Sas	ITA	Carrosserie	KG	Buru - panel	All	5/CA/20
KG Sas	ITA	Carrosserie	KG	FP7/20 - fairing	All	6/CA/20
KG Sas	ITA	Carrosserie	KG	FP7/20 - panel	All	7/CA/20
K-Kart spol s.r.o	SVK	Frein	K-Kart	K-Kart KF	4WH	8/FR/17
OTK Kart Group Srl	ITA	Carrosserie	OTK	M6 - fairing		9/CA/20
OTK Kart Group Srl	ITA	Carrosserie	OTK	M6 - side		10/CA/20
OTK Kart Group Srl	ITA	Carrosserie	OTK	M6 - panel		11/CA/20
OTK kart Group Srl	ITA	Chassis	EXPRIT	Thos		12/CH/20
OTK Kart Group Srl	ITA	Frein	OTK	BSS	4WP	13/FR/20
OTK Kart Group Srl	ITA	Frein	OTK	BSD	2WP	14/FR/20
EL.ZET. S.r.o.	SVK	Frein	EL.ZET	LZF05	4WH	15/FR/17
EL.ZET. S.r.o.	SVK	Frein	EL.ZET	LZF04	2WP	16/FR/20
Righetti Ridolfi SPA	ITA	Carrosserie	Righetti Ridolfi	XTR20 - panel	ALL	18/CA/20
Righetti Ridolfi SPA	ITA	Carrosserie	Righetti Ridolfi	XTR14 - fairing	ALL	19/CA/20
Righetti Ridolfi SPA	ITA	Frein	Righetti Ridolfi	MA 20	4WP	20/FR/20
Righetti Ridolfi SPA	ITA	Frein	Righetti Ridolfi	MA 20	2WP	21/FR/20
Righetti Ridolfi SPA	ITA	Frein	Righetti Ridolfi	MA20	4WH	22/FR/17
CRG SpA	ITA	Chassis	CRGSPA	Black Wheel	All	23/CH/20
EL.ZET. S.r.o.	SVK	Frein	EL.ZET	LZF06	4WP	24/FR/20
Innovative Products for Karting Srl	ITA	Chassis	Formula K	EVO 32	All	25/CH/20
Innovative Products for Karting Srl	ITA	Chassis	Formula K	EVO 30	All	26/CH/20
Hetschel GmbH & Co.KG	DEU	Chassis	Mach1	FIAS		27/CH/20
Hetschel GmbH & Co.KG	DEU	Frein	HRP	VHX EvoX	4WP	28/FR/20
Hetschel GmbH & Co.KG	DEU	Frein	HRP	VHR EvoX	2WP	29/FR/20
Hetschel GmbH & Co.KG	DEU	Frein	HRP	VH EvoX	4WH	30/FR/17
Birel Art Srl	ITA	Chassis	Ricciardo Kart	DR01	All	31/CH/20
Birel Art Srl	ITA	Chassis	Birel Art	RY30	All	32/CH/20
Birel Art Srl	ITA	Chassis	Birel Art	RY29	All	33/CH/20
Birel Art Srl	ITA	Chassis	Comp	Covert 3.0	All	34/CH/20
Kosmos Racing Kart e.K.	DEU	Chassis	Kosmos	Drago	All	35/CH/20
Gillard Racing Karts Ltd.	GBR	Chassis	Gillard	TG15		36/CH/20
Omaps Srl	ITA	Chassis	HRK	Phoenix	All	39/CH/20
CRG SpA	ITA	Chassis	DR	M99	All	40/CH/20
CRG SpA	ITA	Chassis	DR	M92-15	All	41/CH/20
CRG SpA	ITA	Chassis	CRG	GEM Star	All	42/CH/20
CRG SpA	ITA	Chassis	Evokart	Alen	All	43/CH/20
Parolin Racing Kart Srl	ITA	Chassis	Rosso Korsa	RIO	RIO	44/CH/20
Parolin Racing Kart Srl	ITA	Chassis	Oberon Racing Kart	Ocean	Ocean	45/CH/20
Parolin Racing Kart Srl	ITA	Chassis	Fullerton Kart	TF1	TF1	46/CH/20
Parolin Racing Kart Srl	ITA	Chassis	Vemme Kart	America	America	47/CH/20
Parolin Racing Kart Srl	ITA	Chassis	OF Course	Ingels Evo	Ingels Evo	48/CH/20
Parolin Racing Kart Srl	ITA	Carrosserie	Eurostar	Agile - side	Agile	49/CA/20
Parolin Racing Kart Srl	ITA	Carrosserie	Eurostar	Agile - fairing	Agile	50/CA/20
Parolin Racing Kart Srl	ITA	Frein	Eurostar	AP Race 05	4WH	51/FR/17
Parolin Racing Kart Srl	ITA	Chassis	Parolin Racing Kart Srl	Le Mans	Le Mans	52/CH/20
Comer SpA	ITA	Frein	Top Kart	Typhoon KFJ	2WP	53/FR/20
Comer SpA	ITA	Frein	Top Kart	Typhoon KF	4WH	54/FR/17
Comer SpA	ITA	Frein	Top Kart	Typhoon KZ	4WP	55/FR/20
Comer SpA	ITA	Chassis	Top Kart	Typhoon	All	56/CH/20
Scuderia PCR Srl	ITA	Frein	PCR	K15Z	4WP	57/FR/20
Scuderia PCR Srl	ITA	Frein	PCR	K15F	2WP	58/FR/20
G3 Kart	BRA	Chassis	ONS	Bravar	All	59/CH/20
Aramar Ind. Com. Ltda	BRA	Chassis	Techspeed	Tech 2	All	60/CH/20
CRG SpA	ITA	Frein	CRGSPA	BK09	4WP	61/FR/20
CRG SpA	ITA	Frein	CRGSPA	BK09	2WP	62/FR/20
CRG SpA	ITA	Frein	CRGSPA	BK10	4WH	63/FR/17
CRG SpA	ITA	Chassis	Maranello	MK4	All	64/CH/20
CRG SpA	ITA	Chassis	Maranello	MK3	All	65/CH/20
CRG SpA	ITA	Chassis	LH	LH4	All	66/CH/20
CRG SpA	ITA	Chassis	GP Racing	GP14	All	67/CH/20
CRG SpA	ITA	Chassis	Dino Kart	2132	All	68/CH/20
CRG SpA	ITA	Chassis	Dino Kart	2130	All	69/CH/20
CRG SpA	ITA	Chassis	CRG	KT2	All	70/CH/20
CRG SpA	ITA	Chassis	CRG	KT3	All	71/CH/20
CRG SpA	ITA	Carrosserie	CRG	New Age 2	All	72/CA/20

ANEXO 2

SISTEMAS DE FRENOS PARA CUALQUIER CATEGORÍA HOMOLOGADOS POR LA CIK FIA

**FICHE D'HOMOLOGATION
HOMOLOGATION FORM**

Homologation N°

00/FR/08



**COMMISSION INTERNATIONALE
DE KARTING - FIA**



SYSTÈME DE FREINAGE / BRAKING SYSTEM

Constructeur	<i>Manufacturer</i>	
Marque	<i>Make</i>	
Modèle	<i>Model</i>	
Catégorie	<i>Category</i>	Toutes / All
Durée de l'homologation	<i>Validity of the homologation</i>	6 ans / years
Nombre de pages	<i>Number of pages</i>	3

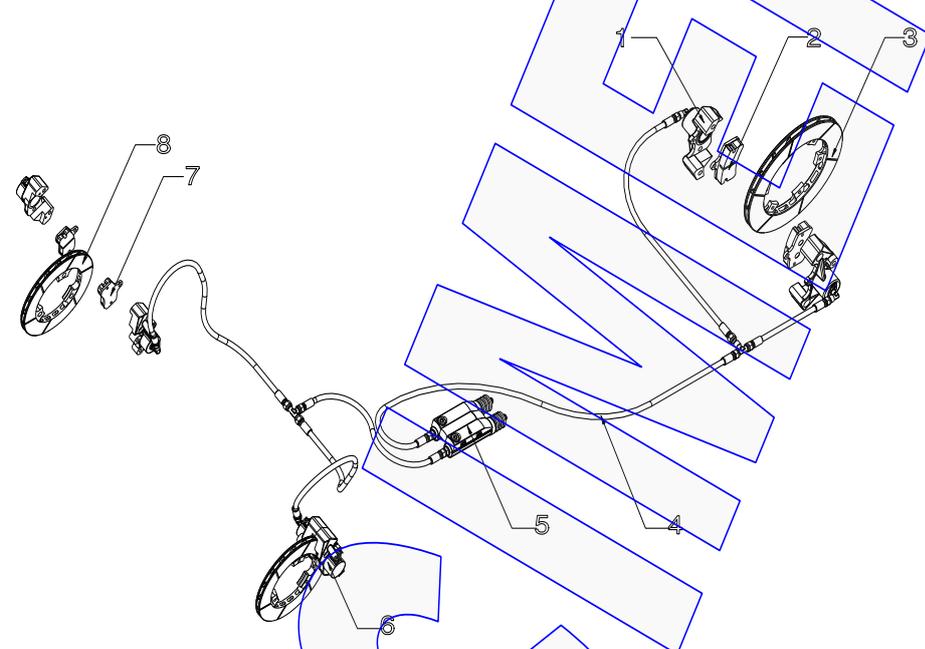
La présente Fiche d'Homologation reproduit descriptions, illustrations et dimensions du système de freinage au moment de l'homologation CIK-FIA. Le Constructeur a la possibilité de les modifier, mais seulement dans les limites fixées par le Règlement CIK-FIA en vigueur.

This Homologation Form reproduces descriptions, illustrations and dimensions of the brake system at the moment of the CIK-FIA homologation. The Manufacturer may modify them, but only within the limits set by the CIK-FIA Regulations in force.



PHOTO VUE DE DESSUS DU SYSTÈME COMPLET
PHOTO FROM ABOVE OF COMPLETE SYSTEM

Signature et tampon de l'ASN <i>Signature and stamp of the ASN</i>	Signature et tampon de la CIK-FIA <i>Signature and stamp of the CIK-FIA</i>

A	DESSIN TECHNIQUE DU SYTÈME DE FREINAGE	A	TECHNICAL DRAWING OF BRAKING SYSTEM
 <p data-bbox="391 1243 1300 1310">Le dessin technique doit montrer : Maître-cylindre, tuyaux, étriers, plaquettes et disques The technical drawing must show the following: Master-cylinder, lines, calipers, pads and discs</p>			

N°	DÉSIGNATION	DESIGNATION	Référence catalogue
			<i>Catalogue reference number</i>
1	Pince de frein arrière	<i>Rear brake caliper</i>	0082.KA
2	Plaquettes de frein arrière	<i>Rear brake pads</i>	0082.B4
3	Disque frein arrière	<i>Rear brake disc</i>	0051.00
4	Kit tuyaux	<i>Brake lines</i>	0081.B1
5	Groupe pompe de frein	<i>Brake pumps</i>	0029.BA
6	Pince de frein avant	<i>Front brake caliper</i>	0100.BA
7	Plaquettes de frein avant	<i>Front brake pads</i>	0100.B2
8	Disque frein avant	<i>Front brake disc</i>	0101B0

B	DESCRIPTION TECHNIQUE DU SYTÈME DE FREINAGE	B	TECHNICAL DESCRIPTION OF BRAKING SYSTEM		
	Régulateur de freinage <i>Braking regulator</i>	<input type="checkbox"/> oui / yes	<input type="checkbox"/> non / no	Emplacement <i>Location</i>	_____
		Avant / Front		Arrière / Rear	
Nombre de maîtres-cylindres <i>Number of master cylinders</i>	_____			_____	
Alésage <i>Bore</i>	_____ mm			_____ mm	
Nombre de pistons <i>Number of pistons</i>	_____		Par roue <i>Per wheel</i>	_____	
Alésage <i>Bore</i>	_____ mm			_____ mm	
Nombre de plaquettes <i>Number of pads</i>	_____		Par roue <i>Per wheel</i>	_____	
Nombre d'étriers <i>Number of callipers</i>	_____		Par roue <i>Per wheel</i>	_____	
Matériau des étriers <i>Caliper material</i>	_____			_____	
Disques ventilés <i>Ventilated discs</i>	<input type="checkbox"/> oui / yes	<input type="checkbox"/> non / no	<input type="checkbox"/> oui / yes	<input type="checkbox"/> non / no	
Épaisseur du disque neuf <i>Thickness of new disc</i>	_____ mm		+/- 1 mm	_____ mm	+/- 1 mm
Ø extérieur du disque <i>External Ø of the disc</i>	_____ mm		+/- 1.5 mm	_____ mm	+/- 1.5 mm
Ø extérieur de frottement des plaquettes <i>External Ø of pads rubbing surface</i>	_____ mm		+/- 1.5 mm	_____ mm	+/- 1.5 mm
Ø intérieur de frottement des plaquettes <i>Internal Ø of pads rubbing surface</i>	_____ mm		+/- 1.5 mm	_____ mm	+/- 1.5 mm
Longueur hors-tout des plaquettes <i>Overall length of the pads</i>	_____ mm		+/- 1.5 mm	_____ mm	+/- 1.5 mm
Photo du frein avant : étriers et disques seulement <i>Photo of front brake: calipers and discs only</i>			Photo du frein arrière : étrier(s) et disque(s) seulement <i>Photo of rear brake: caliper(s) and disc(s) only</i>		
					

ANEXO 3

SISTEMA DE FRENOS PARA CATEGORÍAS SIN CAJA DE CAMBIOS HOMOLOGADOS POR LA CIK FIA

**FICHE D'HOMOLOGATION
HOMOLOGATION FORM**

Homologation N°

00/FR/08



**COMMISSION INTERNATIONALE
DE KARTING - FIA**



SYSTÈME DE FREINAGE / BRAKING SYSTEM

Constructeur	<i>Manufacturer</i>	
Marque	<i>Make</i>	
Modèle	<i>Model</i>	
Catégorie	<i>Category</i>	Sans boîte de vitesses/Non-gearbox
Durée de l'homologation	<i>Validity of the homologation</i>	6 ans / years
Nombre de pages	<i>Number of pages</i>	3

La présente Fiche d'Homologation reproduit descriptions, illustrations et dimensions du système de freinage au moment de l'homologation CIK-FIA. Le Constructeur a la possibilité de les modifier, mais seulement dans les limites fixées par le Règlement CIK-FIA en vigueur.

This Homologation Form reproduces descriptions, illustrations and dimensions of the brake system at the moment of the CIK-FIA homologation. The Manufacturer may modify them, but only within the limits set by the CIK-FIA Regulations in force.

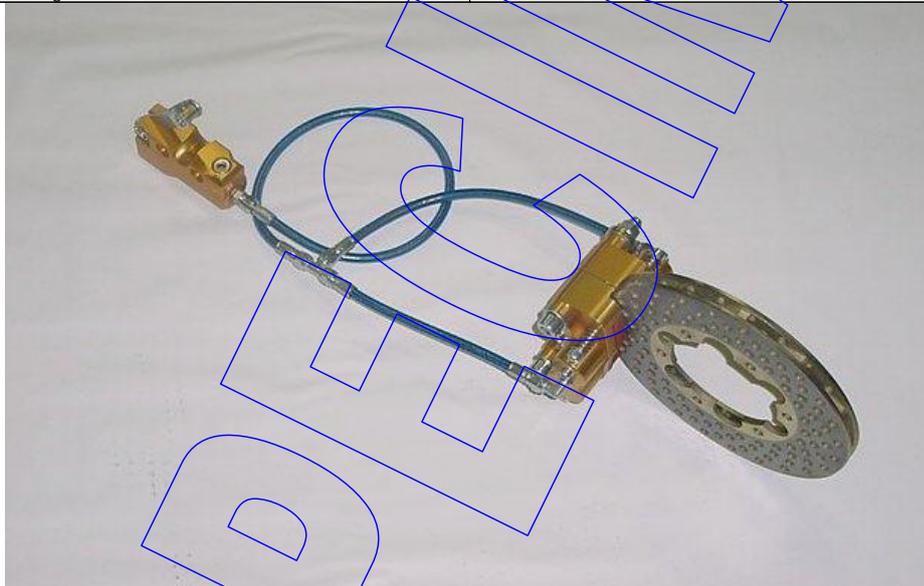
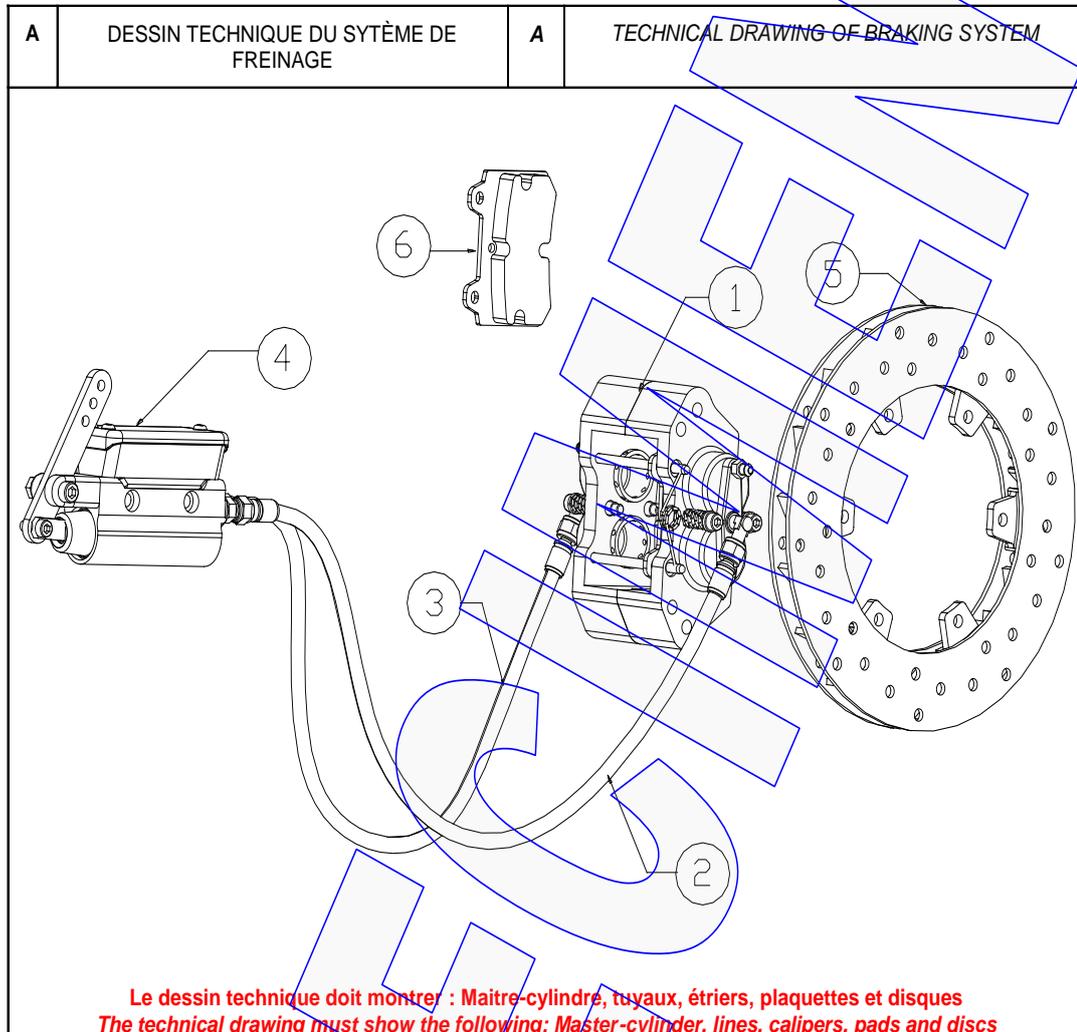
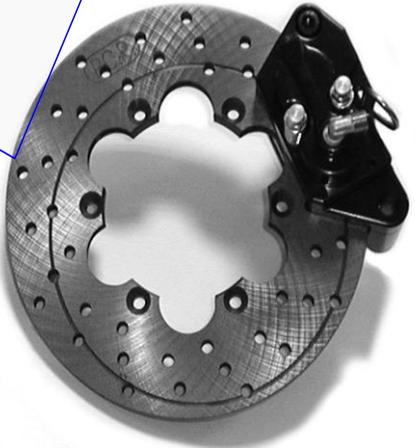


PHOTO VUE DE DESSUS DU SYSTÈME COMPLET
PHOTO FROM ABOVE OF COMPLETE SYSTEM

Signature et tampon de l'ASN <i>Signature and stamp of the ASN</i>	Signature et tampon de la CIK-FIA <i>Signature and stamp of the CIK-FIA</i>



N°	DÉSIGNATION	DESIGNATION	Référence catalogue <i>Catalogue reference number</i>
1	Pince de frein	<i>Brake caliper</i>	0082
6	Plaquettes de frein	<i>Brake pads</i>	B4
5	Disque frein	<i>Brake disc</i>	0051
2-3	Kit tuyaux	<i>Brake lines</i>	0081
4	Pompe de frein	<i>Brake pump</i>	0029

B		DESCRIPTION TECHNIQUE DU SYSTÈME DE FREINAGE		B		TECHNICAL DESCRIPTION OF BRAKING SYSTEM	
Régulateur de freinage <i>Braking regulator</i>		<input type="checkbox"/> oui / yes		<input type="checkbox"/> non / no		Emplacement <i>Location</i>	
		Avant / Front		Arrière / Rear			
Nombre de maîtres-cylindres <i>Number of master cylinders</i>		_____		_____			
Alésage <i>Bore</i>		_____ mm		_____ mm			
Nombre de pistons <i>Number of pistons</i>		_____		Par roue <i>Per wheel</i>		_____	
Alésage <i>Bore</i>		_____ mm		_____ mm			
Nombre de plaquettes <i>Number of pads</i>		_____		Par roue <i>Per wheel</i>		_____	
Nombre d'étriers <i>Number of calipers</i>		_____		Par roue <i>Per wheel</i>		_____	
Matériau des étriers <i>Caliper material</i>		_____		_____			
Disques ventilés <i>Ventilated discs</i>		<input type="checkbox"/> oui / yes		<input type="checkbox"/> non / no		<input type="checkbox"/> oui / yes <input type="checkbox"/> non / no	
Épaisseur du disque neuf <i>Thickness of new disc</i>		_____ mm		+/- 1 mm		_____ mm +/- 1 mm	
Ø extérieur du disque <i>External Ø of the disc</i>		_____ mm		+/- 1.5 mm		_____ mm +/- 1.5 mm	
Ø extérieur de frottement des plaquettes <i>External Ø of pads rubbing surface</i>		_____ mm		+/- 1.5 mm		_____ mm +/- 1.5 mm	
Ø intérieur de frottement des plaquettes <i>Internal Ø of pads rubbing surface</i>		_____ mm		+/- 1.5 mm		_____ mm +/- 1.5 mm	
Longueur hors-tout des plaquettes <i>Overall length of the pads</i>		_____ mm		+/- 1.5 mm		_____ mm +/- 1.5 mm	
Photo du frein avant : étriers et disques seulement <i>Photo of front brake : calipers and discs only</i>				Photo du frein arrière : étrier(s) et disque(s) seulement <i>Photo of rear brake : caliper(s) and disc(s) only</i>			
							

**FICHE D'HOMOLOGATION
HOMOLOGATION FORM**

Homologation N°



**COMMISSION INTERNATIONALE
DE KARTING - FIA**



SYSTÈME DE FREINAGE / BRAKING SYSTEM

Constructeur	<i>Manufacturer</i>	
Marque	<i>Make</i>	
Modèle	<i>Model</i>	
Catégorie	<i>Category</i>	*KF4 – KF3 – KF2 – KZ2 – KZ1
* Supprimer les catégories non concernées – * Delete categories as appropriate		
Durée de l'homologation	<i>Validity of the homologation</i>	6 ans / years
Nombre de pages	<i>Number of pages</i>	4
<p>La présente Fiche d'Homologation reproduit descriptions, illustrations et dimensions du système de freinage au moment de l'homologation CIK-FIA. Le Constructeur a la possibilité de les modifier, mais seulement dans les limites fixées par le Règlement CIK-FIA en vigueur.</p>		<p><i>This Homologation Form reproduces descriptions, illustrations and dimensions of the brake system at the moment of the CIK-FIA homologation. The Manufacturer may modify them, but only within the limits set by the CIK-FIA Regulations in force.</i></p>
PHOTO VUE DE DESSUS DU SYSTÈME COMPLET ASSEMBLÉ		
PHOTO FROM ABOVE OF COMPLETE ASSEMBLED SYSTEM		
Signature et tampon de l'ASN		Signature et tampon de la CIK-FIA
<i>Signature and stamp of the ASN</i>		<i>Signature and stamp of the CIK-FIA</i>

A	DESSIN TECHNIQUE DU SYTÈME DE FREINAGE Dessin technique éclaté	A	<i>TECHNICAL DRAWING OF BRAKING SYSTEM Exploded technical drawing</i>
<p>Le dessin technique doit montrer : Maître-cylindre, régulateur, répartiteur, tuyaux, étriers, plaquettes et disques (numérotation selon table ci-dessous)</p> <p><i>The technical drawing must show the following: Master-cylinder, regulator, distributor, lines, calipers, pads and discs (with numbering according table below)</i></p>			

N°	DÉSIGNATION (en français)	DESIGNATION (in english)	Référence catalogue <i>Catalogue reference number</i>
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Homologation N°

B	DESCRIPTION TECHNIQUE DU SYSTÈME DE FREINAGE	B	TECHNICAL DESCRIPTION OF BRAKING SYSTEM	
	Régulateur de freinage <i>Braking regulator</i>	<input type="checkbox"/> oui / yes <input type="checkbox"/> non / no	Emplacement <i>Location</i>	
		Avant / Front	Arrière / Rear	
	Nombre de maîtres-cylindres <i>Number of master cylinders</i>	_____	_____	_____
	Alésage Ø <i>Bore Ø</i>	_____ mm	_____ mm	_____
	Nombre de pistons <i>Number of pistons</i>	_____	Par étrier <i>Per caliper</i>	Par étrier <i>Per caliper</i>
	Alésage Ø de l'étrier <i>Caliper bore Ø</i>	_____ mm	_____ mm	_____
	Nombre de plaquettes <i>Number of pads</i>	_____	Par étrier <i>Per caliper</i>	Par étrier <i>Per caliper</i>
	Nombre d'étriers <i>Number of calipers</i>	_____	Par roue <i>Per wheel</i>	_____
	Matériau des étriers <i>Caliper material</i>	_____	_____	_____
	Disques ventilés <i>Ventilated discs</i>	<input type="checkbox"/> oui / yes <input type="checkbox"/> non / no	<input type="checkbox"/> oui / yes <input type="checkbox"/> non / no	
	Épaisseur du disque neuf <i>Thickness of new disc</i>	_____ mm	+/- 1 mm	_____ mm +/- 1 mm
	Ø extérieur du disque <i>External Ø of the disc</i>	_____ mm	+/- 1.5 mm	_____ mm +/- 1.5 mm
	Ø extérieur de frottement des plaquettes <i>External Ø of pads rubbing surface</i>	_____ mm	+/- 1.5 mm	_____ mm +/- 1.5 mm
	Ø intérieur de frottement des plaquettes <i>Internal Ø of pads rubbing surface</i>	_____ mm	+/- 1.5 mm	_____ mm +/- 1.5 mm
	Longueur hors-tout des plaquettes <i>Overall length of the pads</i>	_____ mm	+/- 1.5 mm	_____ mm +/- 1.5 mm

Photo du frein avant : étriers et disques seulement <i>Photo of front brake: calipers and discs only</i>	Photo du frein arrière : étrier(s) et disque(s) seulement <i>Photo of rear brake: caliper(s) and disc(s) only</i>

Homologation N°

PHOTO DU MARQUAGE DU NUMERO D'HOMOLOGATION PHOTO OF THE HOMOLOGATION NUMBER MARKING	
Le marquage doit rester clairement visible en permanence The marking must be clearly visible at all times	
Maître-cylindre / <i>Master-cylinder</i>	Tuyaux / <i>Lines</i>
Etriers / <i>Calipers</i>	Plaquettes / <i>Pads</i>
Disques / <i>Discs</i>	Répartiteur / <i>Distributor</i> <u>and/or</u> Régulateur / <i>Regulator</i>

ANEXO 4

HOMOLOGACIÓN DE NEUMÁTICOS SEGÚN LA CIK FIA

**FICHE D'HOMOLOGATION
HOMOLOGATION FORM**

Homologation N°

---/P/16



**COMMISSION INTERNATIONALE
DE KARTING - FIA**



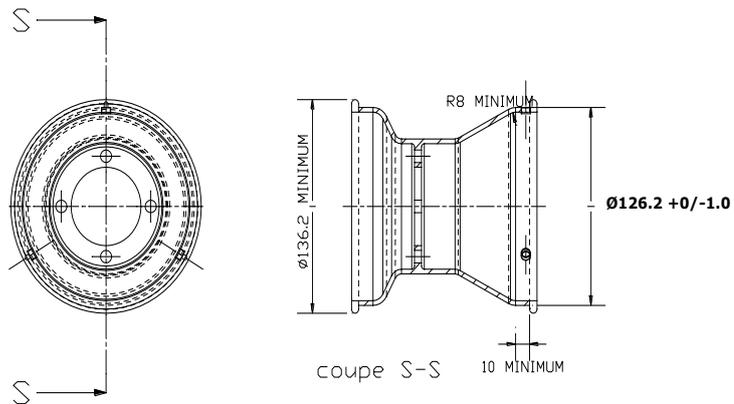
PNEUMATIQUE / TYRE

Manufacturier	<i>Tyre Manufacturer</i>	
Marque	<i>Make</i>	
Modèle	<i>Model</i>	
Catégorie	<i>Category</i>	
Durée de l'homologation	<i>Validity of the homologation</i>	3 ans / 3 years
Nombre de pages	<i>Number of pages</i>	4
Nombre de pages annexes	<i>Number of appended pages</i>	
<p>La présente Fiche d'Homologation reproduit descriptions, illustrations et dimensions du pneumatique au moment de l'homologation CIK-FIA. Le Manufacturier a la possibilité de les modifier seulement dans les limites fixées par le règlement CIK-FIA en vigueur.</p>		<p><i>This Homologation Form reproduces descriptions, illustrations and dimensions of the tyre at the time of the CIK-FIA homologation. The Tyre Manufacturer may modify them, but only within the limits laid down by the CIK-FIA regulations in force.</i></p>
PHOTO DU PNEU MONTÉ SUR LA JANTE <i>PHOTO OF THE TYRE FITTED TO THE RIM</i>		DESSIN DE LA BANDE DE ROULEMENT <i>TREAD DESIGN DRAWING</i>
Signature et tampon de l'ASN <i>Signature and stamp of the ASN</i>		Signature et tampon de la CIK-FIA <i>Signature and stamp of the CIK-FIA</i>

DESCRIPTIONS TECHNIQUES		TECHNICAL DESCRIPTIONS				
Sous une température de 23°C +/- 2°C, avec une humidité de 50% +/-5%		At a temperature of 23°C +/- 2°C and with a humidity of 50% +/-5%				
Pt	Descriptions	Descriptions	Valeurs		Tolérances	
1	Dimensions	<i>Dimensions</i>			-	
2	Désignation du mélange	<i>Tread compound designation</i>			-	
3	Pression de service	<i>Service pressure</i>			+/- 0,3 bar	
4	Pression de gonflage maximum	<i>Maximum inflation pressure</i>			Max	
5	Capacité de charge maximum	<i>Maximum load capacity</i>			Max	
6	Vitesse maximale	<i>Maximum speed</i>			Max	
7	Rigidité latérale et verticale (sous charge de 40 kg)	<i>Lateral and vertical stiffness (under 40 kg load)</i>			+/- 1 +/- 2	
8	Rigidité latérale et verticale pour SK et ICE (sous charge de 50 kg)	<i>Lateral and vertical stiffness for SK & ICE (under 50 kg load)</i>			+/- 1 +/- 2	
9	Profondeur du profil	<i>Depth of tread</i>			+/- 0,5 mm	
10	Poids en grammes	<i>Weight in grams</i>			+/- 10 %	
11	Nombre de plis	<i>Numbers of plies</i>			-	
12	Épaisseur de la bande de roulement	<i>Tread thickness</i>			+/- 1,0 mm	
13	Nombre d'indicateurs d'usure du pneu	<i>Number of tread wear indicators</i>			-	
14	Matériel de la carcasse	<i>Carcass material</i>			-	
15	Angle de tissage de la toile du pneu	<i>Angle of tyre canvass</i>			+/- 3°	
16	Type du fil de tissage (Selon ISO)	<i>Canvass thread type (According to ISO)</i>			-	
17	Pneu tubeless	<i>Tubeless tyre</i>			-	
18	Dureté superficielle de la bande de roulement (ISO 48/94 – 2 échantillons de 2mm d'épaisseur)	<i>Superficial tread hardness (ISO 48/94 – 2 samples of 2mm thickness)</i>			+/- 5 DIDC - IRHD	
19	Contrainte-déformation en traction (ISO 37:2005 – éprouvette type 3)	<i>Tensile stress-strain (ISO 37:2005 – type 3 sample)</i>	At 100%	At 300%	At 100%	At 300%
					+/- 0.5 MPa	+/- 0.8 MPa
20	Classification (selon ISO 37:2005 – 300%)	<i>Classification (according to ISO 37:2005 – 300%)</i>	PRIME (medium)		OPTION (hard)	

B	DESSIN EN SECTION TRANSVERSALE ET MESURES DU PNEU MONTÉ SUR UNE JANTE	B	DRAWING OF CROSS SECTION AND DIMENSIONS OF TYRE FITTED TO A RIM
			Tolérances Tolerances
			Remarques Comments

Jante 5



C	PHOTOS ET INSCRIPTIONS	Seules les inscriptions qui ne changeront pas tout au long de la fabrication sont reportées ci-dessous.		
C	PHOTOS AND INSCRIPTIONS	Only inscriptions which will not change during production are mentioned below.		
Photo du flanc extérieur du pneu <i>Photo of tyre external side wall</i>		Inscriptions sur le flanc extérieur du pneu <i>Inscriptions on tyre external side wall</i>		
		Texte <i>Text</i>	Hauteur <i>Height</i>	Trait <i>Stroke</i>
Photo du flanc intérieur du pneu <i>Photo of tyre internal side wall</i>		Inscriptions sur le flanc intérieur du pneu <i>Inscriptions on tyre internal side wall</i>		
		Texte <i>Text</i>	Hauteur <i>Height</i>	Trait <i>Stroke</i>

ANEXO 5

VALORES TÍPICOS DEL COEFICIENTE DE ROZAMIENTO

Valores típicos del coeficiente de rozamiento ¹		
Superficies en contacto	Estático, μ_s	Cinético μ_c
Acero sobre acero (seco)	0,6	0,4
Acero sobre acero (engrasado)	0,1	0,05
Teflón sobre acero	0,04	0,04
Acero sobre metal blanco (seco)	0,4	0,3
Acero sobre metal blanco (engrasado)	0,1	0,07
Latón sobre acero (seco)	0,5	0,4
Forro de frenos sobre fundición	0,4	0,3
Neumáticos de caucho sobre pavimento (seco)	0,9	0,8
Cable sobre polea de hierro (seco)	0,2	0,15
Cuerda de cáñamo sobre metal	0,3	0,2
Metal sobre hielo		0,02

¹ (Los coeficientes de la tabla siguiente representan valores típicos sólo en condiciones ordinarias de trabajo.)

ANEXO 6

ESFUERZOS DE ACEROS ESTRUCTURALES

Nomenclatura		F _y (3)		F _u (4)	
NMX (1)	ASTM (2)	MPa	kg/cm ²	MPa	kg/cm ²
B-254	A36	250	2 530	400 a 550	4 080 a 5 620
B-99	A529	290	2 950	414 a 585	4 220 a 5 975
B-282	A242	290	2 950	435	4 430
		320	3 235	460	4 710
		345	3 515	485	4 920
B-284	A572	290	2 950	414	4 220
		345	3 515	450	4 570
		414	4 220	515	5 270
		450	4 570	550	5 620
	A992	345	3 515	450 a 620	4 570 a 6 330
B-177	A53	240	2 460	414	4 220
B-199	A500 (5)	320	3 235	430	4 360
B-200	A501	250	2 530	400	4 080
	A588	345 (6)	3 515 (6)	483 (6)	4 920 (6)
	A913	345 a 483 (7)	3 515 a 4 920 (7)	448 a 620 (7)	4 570 a 6 330 (7)

- (1) Norma Mexicana.
- (2) American Society for Testing and Materials.
- (3) Valor mínimo garantizado del esfuerzo correspondiente al límite inferior de fluencia del material.
- (4) Esfuerzo mínimo especificado de ruptura en tensión. Cuando se indican dos valores, el segundo es el máximo admisible.
- (5) ASTM especifica varios grados de acero A500, para tubos circulares y rectangulares.
- (6) Para perfiles estructurales; para placas y barras, ASTM especifica varios valores, que dependen del grueso del material.
- (7) Depende del grado; ASTM especifica grados 50, 60, 65 y 70.

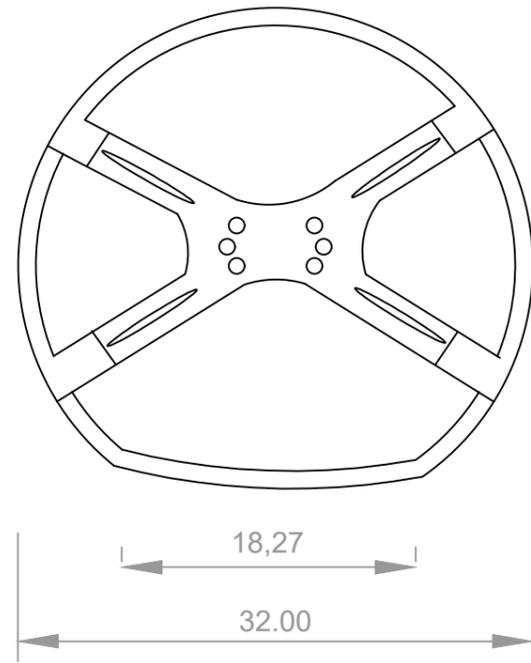
ANEXO 7

COEFICIENTES DE FRICCIÓN DE FRENOS.

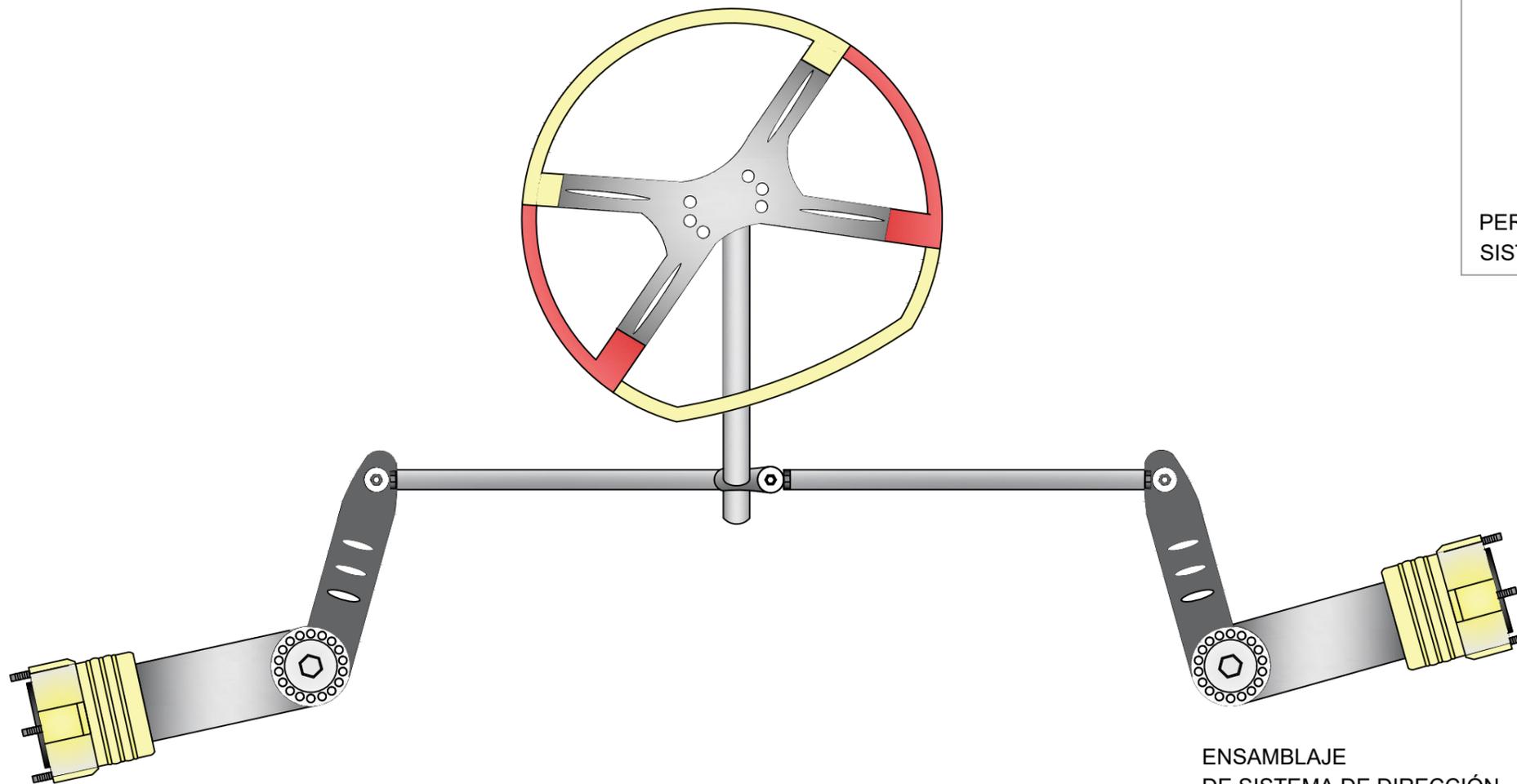
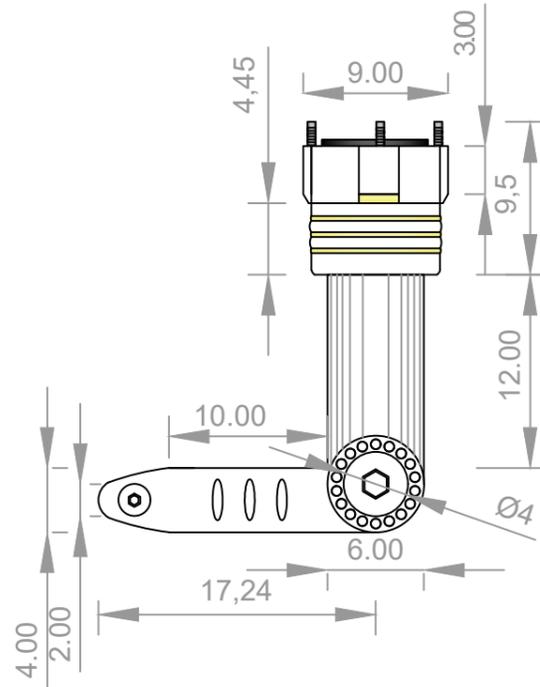
Letra del código	Coefficiente de fricción
C	$\mu \leq 0,15$
D	$0,15 < \mu \leq 0,25$
E	$0,25 < \mu \leq 0,35$
F	$0,35 < \mu \leq 0,45$
G	$0,45 < \mu \leq 0,55$
H	$\mu > 0,55$
Z	Sin clasificación

ANEXO 8

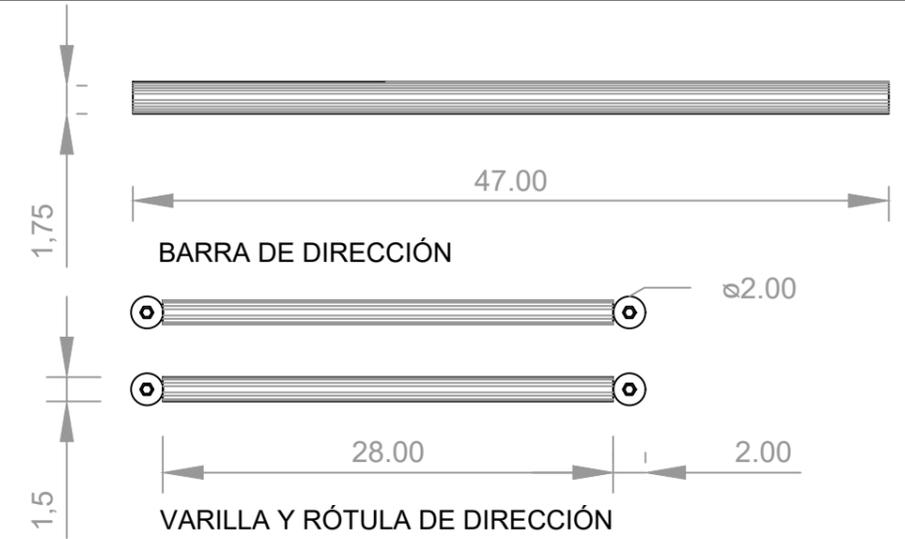
PLANOS Y DIMENSIONES DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN



VOLANTE



ENSAMBLAJE DE SISTEMA DE DIRECCIÓN



BARRA DE DIRECCIÓN

VARILLA Y RÓTULA DE DIRECCIÓN



PERSPECTIVA SISTEMA DE DIRECCIÓN

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA E INDUSTRIAS



PROYECTO: SISTEMA DE DIRECCIÓN

FECHA:
25/01/2016

ESCALA:
1:125

ALUMNO:
Andrés Puetate

LÁMINA
1



CONTIENE:

VOLANTE
BARRA DE DIRECCIÓN
AXIALES
TERMINALES