



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE CUENCA  
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**ANÁLISIS DEL DESGASTE DE LOS NEUMÁTICOS DE UN KARTING DEL  
GRUPO ASU RACING TEAM BAJO PARAMETROS DE PRESIÓN Y  
TEMPERATURA**

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
título de Ingeniero Automotriz

**AUTORES: BRYAN ANDRÉS ORDOÑEZ GARRIDO**

**DAVIE STEVEN SÁNCHEZ GUERRERO**

**TUTOR: ING. JUAN PABLO SINCHI RIVAS, MSc.**

Cuenca - Ecuador

2024

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN**

Nosotros, Bryan Andrés Ordoñez Garrido con documento de identificación N° 0705110807 y Davie Steven Sánchez Guerrero con documento de identificación N° 0106158025; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 19 de febrero del 2024

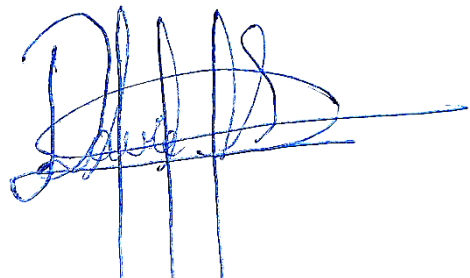
Atentamente,



---

Bryan Andrés Ordoñez Garrido

0705110807



---

Davie Steven Sánchez Guerrero

0106158025

## **CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Bryan Andrés Ordoñez Garrido con documento de identificación N° 0705110807 y Davie Steven Sánchez Guerrero con documento de identificación N° 0106158025, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto de investigación: “Análisis del desgaste de los neumáticos de un karting del grupo ASU UPS RACING TEAM bajo parámetros de presión y temperatura”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Automotriz, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 19 de febrero del 2024

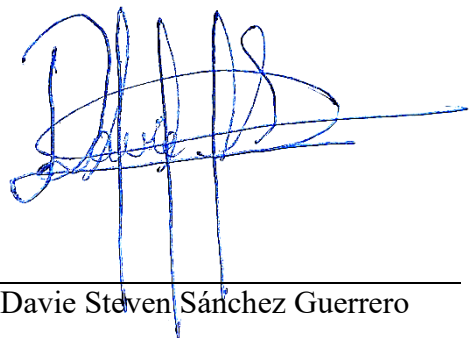
Atentamente,



---

Bryan Andrés Ordoñez Garrido

0705110807



---

Davie Steven Sánchez Guerrero

0106158025

## **CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Juan Pablo Sinchi Rivas con documento de identificación N° 0104168794, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ANÁLISIS DEL DESGASTE DE LOS NEUMÁTICOS DE UN KARTING DEL GRUPO ASU UPS RACING TEAM BAJO PARÁMETROS DE PRESIÓN Y TEMPERATURA, realizado por Bryan Andrés Ordoñez Garrido con documento de identificación N° 0705110807 y por Davie Steven Sánchez Guerrero con documento de identificación N° 0106158025, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto de investigación que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 19 de febrero del 2024

Atentamente,



---

Ing. Juan Pablo Sinchi Rivas, MSc.

0104168794

## **DEDICATORIA**

*El presente proyecto de titulación les dedico a mis padres Telmo Ordoñez, Félix Ordoñez y Flor Guamán, por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros son gracias a ustedes, por sus consejos, su apoyo incondicional, su paciencia, por haber creído en mí, por su sacrificio que hoy se ve reflejado en toda mi carrera*

*De igual forma le dedico a mis hermanos y hermanas Jonathan, Cristopher, Geraldine, Mayra y Madelayne por ser pilares fundamentales en mi vida, demostrándome su amor y cariño.*

*Por último, quiero agradecer a toda mi familia, que siempre cuento con su confianza y apoyo para lograr mis metas, en especial a mi sobrina Aurora Ordoñez que es mi inspiración para no rendirme en los estudios y poder llegar a ser un ejemplo para ella.*

***Bryan Andrés Ordoñez Garrido***

## **DEDICATORIA**

*El presente proyecto es dedicado a mis padres Pablo Eleuterio Sánchez Álvarez y Norma Olga Guerrero Cabrera por todo el apoyo incondicional brindado en toda mi vida, por su confianza impuesta en mí por su paciencia, y más que nada por todo el sacrificio que han hecho por mí que se ve reflejado en toda mi carrera.*

*De igual manera va dedicado a mi hermano Pablo Jahir Sánchez Guerrero quien siempre me ha brindado su apoyo y creyó en mí, debido a ser el mayor, he sido siempre un ejemplo a seguir para él.*

*Finalmente, va dirigida a toda mi familia que de cualquier manera siempre me dieron ese apoyo y esa confianza para lograr una meta más en mi vida.*

***Davie Steven Sánchez Guerrero***

## **AGRADECIMIENTO**

*Con gran satisfacción, me dirijo a ustedes, mi agradecimiento a la Universidad Politécnica Salesiana por la oportunidad que me han brindado de estudiar en esta prestigiosa institución. Ha sido un honor y un privilegio poder realizar mi investigación en este entorno académico tan enriquecedor.*

*Agradezco a los docentes que han sido parte de mi formación, por compartir sus conocimientos y brindarme su apoyo en todo momento. Sus enseñanzas han sido fundamental para mi desarrollo profesional y personal.*

*En especial, quiero agradecer al Ing. Juan Sinchi, mi tutor de tesis, por su asesoría y disposición, para culminar este proyecto con éxito*

*Estoy seguro de que los conocimientos y experiencias adquiridos en esta universidad me serán de gran utilidad en mi vida profesional*

***Bryan Andrés Ordoñez Garrido.***

## **AGRADECIMIENTO**

*Me dirijo a ustedes con una profunda gratitud al concluir mi tesis y deseo expresar mi sincero agradecimiento a esta prestigiosa institución académica. Ha sido un grato honor y un privilegio estudiar en la Universidad Politécnica Salesiana y llevar a cabo mi investigación en este entorno académico tan enriquecedor*

*Agradecer a todos los docentes que han sido parte y guía de este proceso para llegar a la etapa final de mi carrera, por compartir sus conocimientos y asesorarme antes cualquier duda.*

*A nuestro Ing. Juan Sinchi por su asesoría y disposición, quien con sus conocimientos nos apoyó y estuvo presente durante cada una de las etapas de este proyecto.*

***Davie Steven Sánchez Guerrero.***



## RESUMEN

La investigación realizada en este proyecto de titulación se encuentra enfocada en el análisis del desgaste de neumáticos de un vehículo karting, mediante parámetros específicos que son temperatura y presión del neumático. Para conseguir alcanzar los objetivos propuestos se desarrollaron varios procesos, los cuales serán expuestos en el siguiente extracto.

En primer lugar, se inició con la fase 1 del proyecto, la cual consiste en la búsqueda y redacción bibliográfica acerca del karting; historia, funcionamiento, partes del vehículo; neumático de karting, componentes de la rueda, presiones en las que trabaja y cómo reacciona su desgaste en diferentes condiciones.

Para la fase 2 se necesita la aplicación de una metodología para la recolección de los datos necesarios, en el cual se determina el desgaste que se genera en el neumático mediante las condiciones de estudio (temperatura y presión de inflado del neumático) en el transcurso del recorrido del vehículo karting.

Al terminar de obtener todos los datos necesarios, se prosigue con la fase 3, la cual se basa en el análisis de los datos obtenidos, y posterior a eso se llega a la conclusión en qué condiciones de trabajo (temperatura y presión de neumáticos) son los óptimos para que el desgaste en un neumático sea menor.

***Palabras Claves:*** *Desgaste, Neumático, Karting.*

## **ABSTRACT**

The research carried out in this degree project is focused on the analysis of the tire wear of a karting vehicle, using specific parameters that are tire, temperature, and pressure. In Order to achieve the proposed objectives, several processes were developed, which will be explained in the following extract.

Firstly, it began with phase 1 of the project, which consists of searching and writing literature about karting; history, operation, parts of the vehicle; karting tire, wheel components, pressures at which it works and how its wear reacts in different conditions.

Once phase 1 is completed, phase 2 begins, which consists of the application of a methodology for collecting the necessary data, in which the wear generated in the tire is determined using the study conditions (temperature and established tire inflation pressure) over the course of the karting vehicle's journey.

Once all the necessary data has been obtained, phase 3 continuous, which is based on the analysis of the data obtained, and after that the conclusion is reached in which working conditions (temperature and tire pressure) are the optimal ones so that the wear on a tire is less.

**Keywords:** wear, Tires, Karting

## ÍNDICE GENERAL

<b>CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....</b>	<b>II</b>
<b>CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO .....</b>	<b>III</b>
<b>CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....</b>	<b>IV</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>V</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>VI</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>VII</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>VIII</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>IX</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>X</b>
<b>1. GENERALIDADES.....</b>	<b>19</b>
1.1    Introducción.....	19
1.2    Problema de estudio .....	20
1.3    Antecedentes.....	21
1.4    Importancia y Alcances .....	21
1.5    Delimitación .....	21
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>22</b>
2.1    Objetivo General.....	22
2.2    Objetivos Específicos .....	22
<b>3. CAPÍTULO I: FUNDAMENTOS TEORICO Y ESTADO DEL ARTE .....</b>	<b>23</b>
3.1    Historia del karting .....	23
3.2    Vehículo Karting .....	24
3.3    Karts de alquiler.....	25
3.3.1    Karts de carrera.....	25
3.3.2    Karts de velocidad .....	25
3.4    Neumáticos .....	26
3.4.1    Neumáticos de karting .....	28
3.4.2    Materiales de los neumáticos.....	29
3.4.3    Proceso de construcción de los neumáticos.....	31
3.5    Características generales de los neumáticos.....	32
3.5.1    Estructura de la cubierta .....	33
3.5.1.1    Componentes principales .....	33

3.6	Tipos de cubiertas de neumáticos según su estructura.....	34
3.6.1	Neumático diagonal o convencional.....	34
3.6.2	Neumático radial o acinturado.....	35
3.6.3	Diagonal cinturado.....	35
3.7	Estructura de una llanta.....	36
3.7.1	Flanco.....	36
3.7.2	Talón.....	37
3.7.3	Carcasa.....	37
3.7.4	Aislamiento interno.....	37
3.7.5	Protector de correa.....	37
3.7.6	Banda de rodadura.....	38
3.7.7	Hombro del neumático.....	38
3.8	Materiales que conforman los neumáticos.....	38
3.8.1	Compuestos de gomas.....	38
3.8.2	Tejidos.....	39
3.8.3	Alambres para talones.....	39
3.9	Fuerzas que actúan sobre un neumático.....	40
3.10	Categorías del karting.....	41
3.10.1	Categoría KF.....	41
3.10.2	Categoría KZ.....	41
3.10.3	Categoría Superkart.....	42
3.11	Instrumento de Medición.....	42
3.11.1	Calibrador Digital.....	42
3.11.2	Cinta Métrica.....	43
3.11.3	Pirómetro.....	43
3.11.4	Manómetro.....	44
3.11.5	Balanza de precisión portátil.....	45
<b>4.</b>	<b>CAPITULO 2: METODOLOGÍA PARA LA OBTENCIÓN DE DATOS DEL DESGASTE DE</b>	
	<b>LOS NEUMÁTICOS.....</b>	<b>46</b>
4.1	Kartódromo.....	46
4.2	Dimensión del karting.....	47
4.3	Dimensión de los neumáticos.....	47
4.4	Mangas de kart.....	49
4.5	Presión de los neumáticos.....	50
4.5.1	Experimento factorial.....	50
4.5.1.1	Diseño de experimento.....	51
4.5.1.3	Factores controlables.....	52
4.5.1.4	Factores no controlables.....	52
4.5.1.5	Factores estudiados en el kart.....	52
4.5.1.6	Etapas en el desgaste de los neumáticos.....	52
4.5.2	Planificación y realización.....	53
4.5.2.1	Mantenimiento del vehículo.....	53
4.5.2.2	Prueba de Setup test.....	55
4.6	Obtención de datos.....	57
4.6.1	Manga 1.....	58
4.6.2	Manga 2.....	58

4.6.3	Manga 3 .....	59
4.6.4	Manga 4 .....	60
4.6.5	Manga 5 .....	61
4.6.6	Manga 6 .....	62
4.6.7	Manga 7 .....	63
4.6.8	Manga 8 .....	64
4.6.9	Manga 9 .....	65
4.7	Cálculos previos al análisis del desgaste de neumáticos. ....	66
4.7.1	Desgaste de perímetro de la banda de rodadura.....	66
<b>5.</b>	<b>Capítulo 3. Análisis del desgaste de los neumáticos Slick del karting.....</b>	<b>78</b>
5.1	Análisis del desgaste neumático delantero derecho. ....	79
5.1.1	Diagrama de desgastes de profundidad y los desgaste por diámetro del neumático. ....	79
5.1.2	Modelo de regresión lineal Minitab .....	80
5.1.3	Dispersión de los distintos desgastes del neumático. ....	80
5.2	Análisis del desgaste neumático delantero izquierdo.....	81
5.2.1	Diagrama de desgastes de profundidad y los desgaste por diámetro del neumático. ....	81
5.2.2	Modelo de regresión lineal Minitab. ....	82
5.2.3	Dispersión de los distintos desgastes del neumático. ....	83
5.3	Análisis del desgaste neumático trasero derecho. ....	84
5.3.1	Diagrama de desgastes de profundidad y los desgaste por diámetro del neumático. ....	84
5.3.2	Modelo de regresión lineal Minitab neumático trasero izquierdo.....	85
5.4.1	Diagrama de desgastes de profundidad y los desgaste por diámetro del neumático. ....	86
5.4.2	Análisis de desgaste de neumático delantero izquierdo. ....	87
5.4.3	Dispersión de los distintos desgastes del neumático trasero izquierdo. ....	88
5.5	Análisis del desgaste de los 4 neumáticos.....	89
5.5.1	Graficas residuales para los neumáticos.....	89
5.5.2	Análisis de modelo de regresión múltiple para desgaste de profundidad externa. ....	90
5.5.3	Análisis de gráfica de construcción de modelo de regresión múltiple para un modelo de Desgaste por profundidad interna.....	91
5.5.4	Análisis de gráfica de los 4 neumáticos de dispersión con un ajuste de regresión lineal e intervalo de predicción.....	92
	En la figura 37, dispersión con un ajuste de regresión lineal e intervalo de predicción, la línea roja señala la tendencia central que existe en la relación entre presión y desgaste por profundidad interna, la cual indica mayor índice de desgaste en presiones de 12 a 15 PSI.....	92
	Análisis de regresión múltiple por desgaste por profundidad externa.....	93
5.5.5	Análisis del gráfico de predicción para un modelo de regresión múltiple .	93
5.5.6	Análisis de regresión múltiple para el desgaste del perímetro interno según el peso en los 4 neumáticos .....	94
<b>6.</b>	<b>Conclusión. ....</b>	<b>95</b>

<b>7. Recomendaciones .....</b>	<b>96</b>
<b>8. Bibliografía .....</b>	<b>97</b>
<b>9. Anexos.....</b>	<b>101</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> .....	<b>30</b>
<b>Tabla 2</b> .....	<b>47</b>
<b>Tabla 3</b> .....	<b>47</b>
<b>Tabla 4</b> .....	<b>50</b>
<b>Tabla 5</b> .....	<b>53</b>
<b>Tabla 6</b> .....	<b>54</b>
<b>Tabla 7</b> .....	<b>54</b>
<b>Tabla 8</b> .....	<b>55</b>
<b>Tabla 9</b> .....	<b>58</b>
<b>Tabla 10</b> .....	<b>58</b>
<b>Tabla 11</b> .....	<b>59</b>
<b>Tabla 12</b> .....	<b>60</b>
<b>Tabla 13</b> .....	<b>61</b>
<b>Tabla 14</b> .....	<b>62</b>
<b>Tabla 15</b> .....	<b>63</b>
<b>Tabla 16</b> .....	<b>64</b>
<b>Tabla 17</b> .....	<b>65</b>
<b>Tabla 18</b> .....	<b>68</b>
<b>Tabla 19</b> .....	<b>69</b>
<b>Tabla 20</b> .....	<b>70</b>
<b>Tabla 21</b> .....	<b>71</b>

<b>Tabla 22.</b> .....	<b>73</b>
<b>Tabla 23.</b> .....	<b>74</b>
<b>Tabla 24.</b> .....	<b>75</b>
<b>Tabla 25.</b> .....	<b>76</b>



## ÍNDICE DE IMÁGENES

<b>Figura 1.....</b>	<b>21</b>
<b>Figura 2.....</b>	<b>24</b>
<b>Figura 3.....</b>	<b>26</b>
<b>Figura 4.....</b>	<b>28</b>
<b>Figura 5.....</b>	<b>29</b>
<b>Figura 6.....</b>	<b>33</b>
<b>Figura 7.....</b>	<b>35</b>
<b>Figura 8.....</b>	<b>35</b>
<b>Figura 9.....</b>	<b>36</b>
<b>Figura 10.....</b>	<b>36</b>
<b>Figura 11.....</b>	<b>40</b>
<b>Figura 12.....</b>	<b>42</b>
<b>Figura 13.....</b>	<b>43</b>
<b>Figura 14.....</b>	<b>43</b>
<b>Figura 15.....</b>	<b>44</b>
<b>Figura 16.....</b>	<b>44</b>
<b>Figura 17.....</b>	<b>45</b>
<b>Figura 18.....</b>	<b>46</b>
<b>Figura 19.....</b>	<b>48</b>
<b>Figura 20.....</b>	<b>51</b>
<b>Figura 21.....</b>	<b>57</b>

<b>Figura 22</b> .....	<b>79</b>
<b>Figura 23</b> .....	<b>80</b>
<b>Figura 24</b> .....	<b>81</b>
<b>Figura 25</b> .....	<b>82</b>
<b>Figura 26</b> .....	<b>83</b>
<b>Figura 27</b> .....	<b>83</b>
<b>Figura 28</b> .....	<b>84</b>
<b>Figura 29</b> .....	<b>85</b>
<b>Figura 30</b> .....	<b>86</b>
<b>Figura 31</b> .....	<b>86</b>
<b>Figura 32</b> .....	<b>87</b>
<b>Figura 33</b> .....	<b>88</b>
<b>Figura 34</b> .....	<b>89</b>
<b>Figura 35</b> .....	<b>91</b>
<b>Figura 36</b> .....	<b>91</b>
<b>Figura 37</b> .....	<b>92</b>
<b>Figura 38</b> .....	<b>93</b>
<b>Figura 39</b> .....	<b>94</b>
<b>Figura 40</b> .....	<b>94</b>

## **1. GENERALIDADES**

### **1.1 Introducción**

El proyecto propuesto acerca de “Análisis del desgaste de los neumáticos de un karting de la Universidad Politécnica Salesiana bajo parámetros de presión y temperatura”, proporciona información basada en los pasos a seguir para determinar las pruebas de desgaste en los neumáticos de un vehículo karting, junto con un análisis que demuestra en qué condiciones de presión de inflado del neumático se genera un mayor desgaste y de esta manera tener idea de las condiciones necesarias para que rinda una mayor durabilidad.

Se implementa una metodología experimental, basada en el desgaste de neumáticos slick del karting 253; primero se realizó el desgaste en pista asfáltica y se obtuvo el desgaste con tres presiones de inflado y tres pesos del vehículo junto con el piloto diferente para la cual la temperatura final era superior debido al calor generado por la fricción del neumático al rodar en la pista.

Se procede a analizar los datos obtenidos en la metodología experimental en pista, con la finalidad de entender y realizar una comparativa de cómo se desarrolla el desgaste del neumático, en condiciones de funcionamiento no ideales, y con estos resultados se desarrollan prácticas más técnicas y a su vez se reduce el consumo de neumáticos lisos, y se aumenta su durabilidad.

## 1.2 Problema de estudio

Dentro de la Universidad Politécnica Salesiana, se encuentra el grupo ASU - “UPS Racing Team”, donde una de sus actividades es la participación de carreras Karting en la categoría Xc30. El propósito de estas competencias es lograr una posición destacada en el podio mediante el uso de la menor cantidad de recursos, lo que implica optimizar el rendimiento del vehículo. Los neumáticos son un factor crucial para el desempeño en el circuito. Las llantas de competición, diseñadas para ofrecer un alto rendimiento en circuitos cerrados, tienen una durabilidad inferior en comparación con las llantas convencionales. Según (Bernardi, 2019) esto se debe a que están hechas de compuestos de caucho más suaves, que proporcionan un mejor agarre en la pista, pero se desgastan más rápidamente que los compuestos más duros presentes en los neumáticos convencionales.

Es fundamental destacar que los neumáticos de competición funcionan de manera óptima cuando se encuentran dentro de un rango de temperatura ideal y con una presión de inflado adecuada (Muñoz, 2018). Actualmente, la longevidad de los neumáticos no cumple con las demandas de duración cuando se utilizan en el circuito. Por lo tanto, se hace imperativo realizar un estudio enfocado en el desgaste de los neumáticos, por medio de parámetros de funcionamiento que sean altamente representativos, tales como la temperatura y presión óptimas específicas para las condiciones de uso en el Karting. Este análisis permitirá entender a fondo los factores que influyen en la duración de los neumáticos y proponer soluciones efectivas para mejorar su rendimiento en pista.

### **1.3 Antecedentes**

Las llantas slick o llantas lisas están diseñadas para el uso automovilístico deportivo en diferentes categorías, ya que son capaces de conseguir una mayor adherencia, debido a la ausencia de dibujo en la banda de rodadura de los neumáticos, se logra optimizar plenamente la potencia y rendimiento de cualquier vehículo en pista, y se aprovecha al máximo sus capacidades, por este motivo es necesario analizar el desgaste de las gomas bajo los parámetros de temperatura ideal de funcionamiento y presión de inflado en los neumáticos con el propósito de minimizar su desgaste cuando se encuentre en competencia.

### **1.4 Importancia y Alcances**

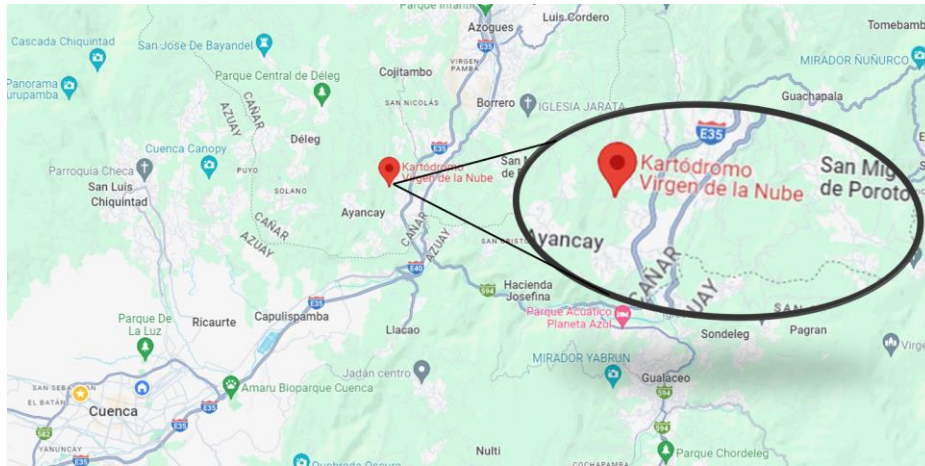
El proyecto tiene el propósito de beneficiar a la Carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana y al grupo ASU UPS Racing Team, con el aporte acerca del desgaste generado en los neumáticos del karting basado en factores de presión y temperatura óptimos de funcionamiento, esto permitirá desarrollar prácticas más técnicas y reducir el consumo de neumáticos lisos, lo que aumenta así su durabilidad.

### **1.5 Delimitación**

El presente proyecto, se llevará a cabo en la Provincia del Cañar, ciudad de Azogues, ubicada al sur de Ecuador, la cual tiene una altitud de 2518ms.s.m, una extensión de 14.34km<sup>2</sup> y una población de 70.000 mil habitantes.

#### **Figura 1**

*Kartodromo Virgen de la Nube*



*Nota.* Las pruebas analíticas se realizarán en la Universidad Politécnica Salesiana

Fuente: (Google Maps, 2023).

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo General

Analizar el desgaste de los neumáticos de un karting de la Universidad Politécnica Salesiana, bajo parámetros de presión de inflado y temperatura en la ciudad de Cuenca para reducir el desgaste de los neumáticos.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Establecer el estado del arte basado en la literatura existente sobre el desgaste de los neumáticos de karting
- Generar una metodología para la obtención de datos del desgaste del neumático aplicados en parámetros de presión de inflado y temperatura.
- Analizar los resultados obtenidos y evidenciar en los parámetros óptimos en la durabilidad en las llantas.

### **3. CAPÍTULO I: FUNDAMENTOS TEORICO Y ESTADO DEL ARTE**

#### **3.1 Historia del karting**

El primer kart comercial constituido data en agosto del año de 1956 por el ingeniero Arte Ingels en una base de aviación de California mediante el uso de un motor cortacésped de la empresa West Bend Company, llegó a tener una velocidad de 50 km/h. De forma casi inmediata el karting se estableció en diferentes bases de los Estados Unidos y empezaron a darse las primeras carreras “salvajes”. (Pablo, 2018)

La popularidad del karting creció de manera increíble en todo Estados Unidos, antes de cruzar el Atlántico hacia Europa. A tan solo tres años después de su apogeo en California, se habían establecido más de 300 marcas distintas destinadas a la fabricación de estos vehículos. Sucesivamente la aparición del karting surgió rápidamente como una disciplina deportiva establecida dentro del automovilismo, lo que generó miles de seguidores.

En la década de 1960, el karting logró expandirse en Europa, siendo introducido a través de Francia e Inglaterra, lo que llevó a la creación de múltiples federaciones nacionales en diversos países. Tuvo como objetivo el de coordinar este proceso de federación a nivel internacional, la Federación Internacional del Automóvil (FIA) tomó la decisión de establecer en 1962 la Comisión Internacional de Karting (CIK/FIA). (Pablo, 2018)

Desde 1956, la evolución del karting ha experimentado un progreso constante. A pesar de que las regulaciones no han sufrido cambios significativos, se ha notado un gran avance en la estabilidad y la capacidad de frenado de los chasis. Actualmente, un kart

tiende a alcanzar velocidades que superan los 250 km/h, especialmente en la categoría de “super kart”, y todo ello con un nivel de seguridad semejante al de un automóvil de Fórmula Uno.

En el transcurso de cinco décadas, el karting ha ganado un profundo respeto y reconocimiento como un deporte integral, así como una excelente plataforma para el aprendizaje de habilidades de conducción. Pilotos de la categoría de Michael Schumacher, contribuyeron al inicio de sus carreras deportivas, lo que desempeñó un papel crucial en la expansión del karting, consolidándolo como uno de los deportes más populares en el mundo y como la cantera principal para el automovilismo de alto nivel en la actualidad (Pablo, 2018).

### **3.2 Vehículo Karting**

Es un vehículo monoplace con motor terrestre que no posee un techo, no cuenta con suspensiones, presenta cuatro ruedas las cuales no se encuentran alineadas y mantienen contacto con el suelo. Los neumáticos delanteros son las directrices y se encargan de controlar la dirección, en cambio las dos ruedas posteriores que se mantienen unidas mediante un eje de una pieza que transmite potencia de motor. Entre las partes que conforman a un vehículo Karting comprenden: chasis, los neumáticos y el motor.

A continuación, se presentan los tipos de karting utilizados en la automoción los cuales cumplen diferentes funciones para su uso:

#### **Figura 2**

*Kartings del Grupo ASU UPS Racing Team.*





*Nota.* El vehículo utilizado para el desarrollo del proyecto técnico es el N° 253.

Fuente: (Autores).

### **3.3 Karts de alquiler**

Según (Plaza, 2011) están diseñados para el uso recreativo y de alquiler, se diferencian al contar con motores de baja hasta media potencia, poseen muchos instrumentos de protección y son diseñados para ser sencillos de manejar.

#### **3.3.1 Karts de carrera**

Diseñados especialmente para las competiciones de carreras de karts, (Plaza, 2011) menciona que son mucho más livianos y rápidos que los karts de alquiler e incluyen motores de combustión o eléctricos, su división se da según sus categorías, características, tamaño del motor y en las edades del conductor.

#### **3.3.2 Karts de velocidad**

Cuentan con motores más grandes y de mayor potencia que los karts de carreras, e incluso llegan a alcanzar velocidades de hasta más de 150 km/h (Plaza, 2011).

### **3.3.3 Karts para niños**

(Plaza, 2011) señala que el diseño se basa en ser más lentos y fáciles de conducir, al contar con motores de baja potencia y ser de un tamaño menor, se encuentran disponibles para el uso de niños.

### **3.3.4 Karts eléctricos**

Se encuentran diseñados con motores eléctricos, lo que genera que sean más silenciosos y ecológicos, y se los considera para el uso de interiores (Plaza, 2011).

## **3.4 Neumáticos**

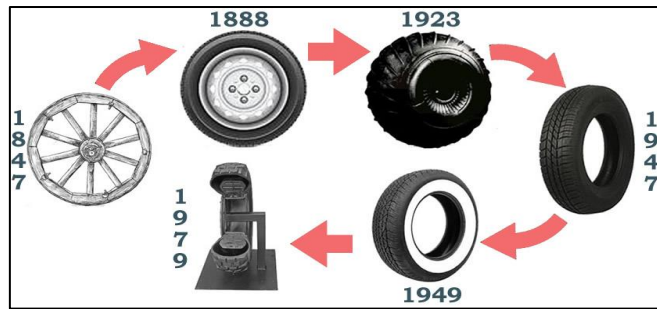
Un neumático o goma, es de forma circular, fabricado de material como el caucho; que se ubican en las ruedas de vehículos, su principal funcionamiento es tener una correcta adherencia y fricción con el asfalto, lo que permite el arranque, frenado y dar dirección al vehículo sobre la carretera o pista.

El uso de ruedas con llantas de caucho no es relativamente nuevo, ya que se remonta a principios del siglo XIX. En ese momento, se utilizaba goma natural para recubrir las ruedas de madera o de acero. Sin embargo, la goma se desgastaba con rapidez, lo que limitaba su uso.

En 1839, Charles Goodyear descubrió la vulcanización, un proceso que mejora la resistencia y la plasticidad del caucho. Gracias a este descubrimiento, las llantas de goma maciza se hicieron populares. Sin embargo, estas llantas eran muy rígidas, lo que hacía que los viajes fueran muy incómodos. (Fuentes, 2018)

### **Figura 3**

*Evolución de un Neumático.*



**Nota.** El neumático tuvo una gran evolución desde su aparición en el año 1847, hasta la actualidad. Fuente: (Mercaneumaticos, 2016).

El primer neumático inflable fue patentado en 1847 por el ingeniero escocés Robert W. Thomson. Sin embargo, no fue hasta que su compatriota John Boyd Dunlop inventó el neumático con cámara en 1888 que el neumático inflable se convirtió en un éxito comercial (Mercaneumaticos, 2016).

Antes de que Dunlop inventara el neumático con cámara, las llantas de goma maciza eran la norma. Estas llantas eran muy rígidas y hacían que los viajes en bicicleta fueran muy incómodos. El neumático con cámara de Dunlop era mucho más suave y absorbente, lo que hacía que los viajes en bicicleta fueran mucho más agradables.

En 1885, la empresa de fabricación Goodrich decidió fabricar neumáticos negros. Hasta ese momento, los neumáticos eran blancos, el color natural del caucho natural. Los neumáticos blancos se ensuciaban fácilmente, por lo que Goodrich decidió tintarlos de negro para que fueran más fáciles de limpiar. Sin embargo, los neumáticos negros tenían una ventaja inesperada: duraban más que los neumáticos blancos. Esto se debe a que el tinte negro absorbe los rayos ultravioletas, que son una de las principales causas del agrietamiento del caucho (MUCHO NEUMATICO, 2018).

El desarrollo del neumático con cámara de Dunlop fue un hito importante en la historia del transporte terrestre. Los neumáticos inflables hicieron que los viajes en bicicleta y en automóvil fueran mucho más cómodos y seguros.

### 3.4.1 Neumáticos de karting

Para una buena selección en los neumáticos del karting depende de los factores climáticos, el tipo de pista y otro factor principal es la experiencia del piloto en competencia, los neumáticos que se utilizan para estar en pista son los neumáticos lisos o como seudónimo en “slick”, la elección de este neumático es por mayor adherencia en la pista es una de las características mecánicas de estos neumáticos.

#### Figura 4

*Neumático liso o slick.*



*Nota.* El neumático slick es muy utilizado en vehículos de competencia como la fórmula 1. Fuente: (Bernardi, 2019).

Los neumáticos para karting de lluvia son un tipo importante de neumáticos para las carreras de karting en condiciones de lluvia. Están diseñados para proporcionar una buena tracción y agarre en superficies mojadas, lo cual es muy importante para evitar derrapes y accidentes. Los neumáticos de karting para mojado también suelen tener un dibujo de banda de rodadura más profundo que los neumáticos para seco. Este patrón proporciona una mayor superficie de contacto con la pista, lo que ayuda a mejorar el agarre.

## Figura 5

*Neumático de competencia para pista mojada.*



*Nota.* A diferencia de los neumáticos lisos, tienen banda de rodadura con un labrado profundo para evacuar el agua. Fuente: (Bernardi, 2019).

### 3.4.2 Materiales de los neumáticos.

Un neumático actual consta de más de 20 componentes diferentes y el material principal del neumático es el caucho, que se observa en la banda de rodadura como, como su flanco. Para mayoría de los fabricantes utilizan una mezcla de caucho natural y sintético. El primero está fabricado de látex y el segundo está fabricado por varios polímeros obtenidos del petróleo. (La casa del neumático, 2019)

Además del caucho, existen muchos otros materiales que componen un neumático de automóvil en la actualidad:

- **Negro de Carbón:** Se utiliza para endurecer el caucho de los neumáticos y sirve como pigmento.
- **Acero:** es de alta resistencia y se utilizan para formar lonas con cables de acero para formar las capas que componen la banda de rodadura.
- **Fibras textiles:** cada vez se utiliza menos, se los utiliza para forman parte de la lona los están fabricados con poliéster engomado y siguen presentes en el encauchado.

- **Minerales y derivados:** azufre, óxido de zinc, silicio o cadmio y otros también son necesarios para la producción final del neumático.
- **Nylon:** Este material y la aramida, se utilizan para reforzar los talones de los neumáticos.
- **Compuestos químicos:** existen más de 200 diferentes compuestos químicos en los neumáticos.

**Tabla 1**

*Componentes de un neumático en porcentajes.*

Componentes de los neumáticos	Porcentaje del material
Caucho natural o sintético ( )	41%
Relleno (caliza, sílice, carbón)	30%
Material de refuerzo (acero o poliestireno)	15%
Sustancias químicas para la vulcanización (proceso por el que el caucho se vuelve más duro y resistente al frío): azufre, óxido de zinc	6%
Componentes de los neumáticos plásticos (resinas y aceites)	6%
Sustancias ante envejecimiento y otros componentes químicos	2%

*Nota.* Los porcentajes de los materiales varían según los fabricantes y el uso que se le da al neumático. Fuente: (NEUMATICOS KM 0, 2017)

### **3.4.3 Proceso de construcción de los neumáticos.**

El proceso de fabricación de neumáticos para karting se divide en varias etapas de la siguiente manera:

- **Preparación de materiales**

Los materiales necesarios para fabricar neumáticos para go-kart son los siguientes:

- Caucho sintético
- Sílice
- Hollín
- Agentes vulcanizantes

Los materiales se mezclan en proporciones específicas para crear un compuesto de caucho que se utilizará para fabricar neumáticos.

- **Elaboración de la banda de rodadura.**

La banda de rodadura es la parte del neumático que está en contacto con la carretera. Está fabricado con un compuesto de caucho más duro que el resto del neumático; se fabrica mediante un proceso llamado moldeo por compresión, para este proceso, la mezcla de caucho se vierte en un molde y se hace presión con una prensa.

- **Fabricación de carcasa.**

La carcasa es la estructura interna del neumático. Consiste en capas de alambre o nailon pegadas con pegamento, el cuerpo se forma mediante un proceso llamado

vulcanización; para este proceso la mezcla de caucho se calienta y se prensa. El calor y la presión hacen que las moléculas de caucho se unan entre sí, y se crea una estructura fuerte y duradera.

- **Instalación de neumáticos**

La banda de rodadura y la carcasa se ensamblan para producir un neumático completo, el ensamblaje se realiza mediante un proceso llamado vulcanización, mediante este proceso, el neumático se calienta y se prensa a través una prensa; el calor y la presión hacen que las moléculas de caucho en la banda de rodadura y la carcasa se unan, lo que produce un neumático resistente y duradero.

- **Terminado del neumático**

Los neumáticos se pintan o recubren con una capa protectora para mejorar su apariencia y rendimiento.

### **3.5 Características generales de los neumáticos**

Los neumáticos son de gran importancia en el desarrollo dinámico del automóvil y en el conjunto de sus prestaciones, todas las fuerzas exteriores se aplican a raíz de los neumáticos, de las cuales sus funciones básicas se tienen: (Aparicio, Vera, & Diaz, 2016)

- Soportar y transmitir al terreno la carga vertical.
- Desarrollar los esfuerzos longitudinales requeridos para la tracción y frenado.
- Proporcionar esfuerzos laterales precisos para obtener control y estabilidad en la trayectoria.



- Actuar como amortiguador en las acciones dinámicas que se originen por irregularidades en la pista.

Se indica que debido al neumático se exigen características muy diversas y a veces difíciles para obtener en el automóvil altas cotas de seguridad, confort, capacidad para las aceleraciones, velocidad punta elevada y al mismo tiempo generar economía. Entre algunas de estas características se presentan: (Aparicio, Vera, & Diaz, 2016)

- Alta adherencia sobre pista mojada o seca
- Baja resistencia a la rodadura
- Capacidad para resistir los esfuerzos aerodinámicos exteriores
- Resistencia a la fatiga, el desgaste, formación de grietas
- Bajo nivel de ruidos y de generación de vibraciones
- Adecuada flexibilidad radial, circunferencial y transversal

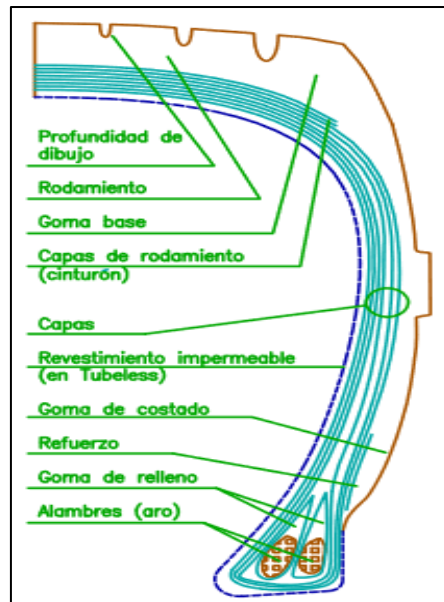
### **3.5.1 Estructura de la cubierta**

#### **3.5.1.1 Componentes principales**

Se describe como un cuerpo flexible, en el cual su elemento principal es la carcasa, la cual contiene tejido de alta resistencia a la tracción, lo que forma lonas que se fijan a dos aros de cables de acero que tienen un firme acoplamiento en los asientos de la llanta. (Aparicio, Vera, & Diaz, 2016)

#### **Figura 6**

*Componentes estructurales de la cubierta de un neumático.*



*Nota.* En la figura 3 se aprecia los componentes que forman parte de la cubierta (carcasa). Fuente: (Aparicio, Vera, & Diaz, 2016).

Entre los componentes principales que dependen de las características geométricas y mecánicas de los neumáticos, son: La carcasa o conjunto de telas, el cinturón y la banda de rodamiento, en la que se encuentra grabado el dibujo del neumático

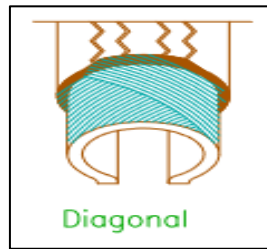
### **3.6 Tipos de cubiertas de neumáticos según su estructura.**

#### **3.6.1 Neumático diagonal o convencional**

Es aquel neumático en el que su carcasa se encuentra formada por telas y cuerdas ubicadas de manera diagonal y alternadas lo que forma ángulos menores a  $90^\circ$  con respecto al centro de la línea de rodamiento. Estas estructuras generan en el neumático dureza y estabilidad lo que permite tolerar la carga del vehículo. La desventaja que presenta el neumático es la de no ajustarse de manera adecuada en la superficie de rodadura, esto provoca tener un menor agarre, una estabilidad menor al presentarse en curvas y esto a su vez genera un mayor consumo de combustible. (Aparicio, Vera, & Diaz, 2016)

## Figura 7

*Diseño interno de neumático convencional o diagonal.*



*Nota.* Esta figura se observa una capa de acero que se extiende desde el hasta la banda de rodadura. Fuente: (Aparicio, Vera, & Diaz, 2016).

### 3.6.2 Neumático radial o acinturado

Neumático el cual su carcasa se encuentra conformada por telas de cuerdas establecidas de manera perpendicular respecto al centro de la línea de la banda de rodadura, incluso en su configuración forma parte un cinturón circunferencial el cual brinda propiedades de estabilidad al neumático. (Aparicio, Vera, & Diaz, 2016)

## Figura 8

*Diseño interno de un neumático radial.*



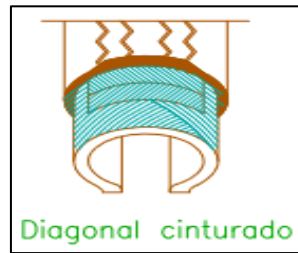
*Nota.* Se aprecia que el acero o nylon se extiende de forma perpendicular a la dirección de rotación de la llanta. Fuente: (Aparicio, Vera, & Diaz, 2016).

### 3.6.3 Diagonal cinturado

Se da cuando se combina la construcción diagonal con cinturón incorporado, este tipo de neumático busca combinar y obtener las ventajas; la comodidad y flexibilidad de los neumáticos diagonales y el control mejorado de los neumáticos radiales.

## Figura 9

*Diseño interno de un neumático radial.*



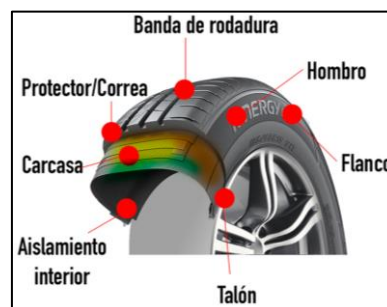
*Nota.* Se aprecia como el neumático presenta los dos tipos de estructuras de los neumáticos anteriores. Fuente: (Aparicio, Vera, & Diaz, 2016).

### 3.7 Estructura de una llanta.

El neumático es una conformación complicada la cual está conformada por un cinturón de rasgos rígidos, elaborados por diferentes capas reforzadas que llegan a ser de acero o goma y una capa que es la banda de rodadura, elaborada totalmente de una goma blanda. Entre las que forman el neumático son: (NEUMATICOS KM 0, 2017)

## Figura 10

*Configuración de un Neumático.*



*Nota.* Esta figura representa las partes y componentes de un neumático. Fuente: (NEUMATICOS KM 0, 2017)

#### 3.7.1 Flanco

Se encarga de proteger la carcasa de la llanta ya que es flexible, se ubica en la parte lateral del neumático entre el talón y hombro; en esta zona se pueden observar toda la información necesaria del neumático que nos brinda el fabricante como: dimensión, medidas, marca etc. Además, absorben las irregularidades del asfalto lo que provoca mayor confort y equilibrio.

### **3.7.2 Talón**

El talón del neumático es la parte que une el neumático con la llanta. Esta unión es firme y segura, gracias a los diferentes elementos que la componen. Estos elementos proporcionan una fijación adecuada entre las dos partes, lo que permite que el neumático no se desprenda de la llanta, incluso si la rueda pierde presión de aire.

### **3.7.3 Carcasa**

La carcasa es la parte principal del neumático. Es la estructura que le da forma y resistencia. Está hecha de varias capas de materiales que le permiten soportar la presión del aire, el peso del vehículo y los golpes durante la conducción.

### **3.7.4 Aislamiento interno**

Los neumáticos actuales no tienen cámara de aire, sino que están compuestos por materiales herméticos que evitan que el aire se escape. Esta propiedad es fundamental, ya que el aire es el que permite que el neumático funcione correctamente.

### **3.7.5 Protector de correa**

El protector de neumático es una capa de caucho situada entre la carcasa y la banda de rodadura. Su función es proteger la carcasa de los impactos externos, como golpes o pinchazos. De esta forma, ayuda a mantener la carcasa intacta y evita que se desprenda de la banda de rodadura.

### **3.7.6 Banda de rodadura**

La banda de rodadura es la parte del neumático que está en contacto con la carretera. Está hecha de una gruesa capa de caucho que es resistente a los impactos y protege la carcasa y la correa. El caucho también tiene propiedades antiabrasivas que ayudan a prolongar la vida útil del neumático.

### **3.7.7 Hombro del neumático**

El hombro del neumático es la parte que une la banda de rodadura con el flanco. Es la zona más gruesa del neumático, por lo que es capaz de absorber el calor que se genera durante la conducción. Esto ayuda a mantener el neumático a una temperatura adecuada y a evitar que se desgaste prematuramente.

## **3.8 Materiales que conforman los neumáticos**

En la fabricación de los neumáticos son utilizados tres grupos de materiales:

### **3.8.1 Compuestos de gomas**

Se basa en mezclas de cauchos naturales y artificiales, que se combinan entre otros agentes químicos, para obtener propiedades específicas. Estos compuestos termoplásticos se encuentran subyugados a un proceso de vulcanización, que los transforma en elementos altamente elásticos (Aparicio, Vera, & Diaz, 2016).

Entre los polímeros más utilizados en las mezclas son:

- Usos normales: Caucho natural (NR), Pol isopreno (PI), Estireno butadieno (SBR), Polibutadieno (PBD).

- Usos especiales: Butilo, Cloro butilo, Etileno propileno dieno modificado (EPDM), Neopreno

### **3.8.2 Tejidos**

Se encuentra formado por un conjunto de cables orientados en dirección de urdimbre y sin trama, de manera única se emplean hilos de baja resistencia para la fijación de cordones en sus posiciones durante el proceso de fabricación, de esta manera mantiene la uniformidad de la urdimbre. (Aparicio, Vera, & Diaz, 2016)

Los cables, cuerdas o retorcidos son los elementos que proporcionan resistencia y estabilidad a la estructura del neumático.

Los materiales más utilizados para su fabricación son:

- Fibras textiles
- Hilos de acero
- Fibra de vidrio

### **3.8.3 Alambres para talones**

El talón requiere alta resistencia y alto límite elástico, dichos alambres reciben un tratamiento superficial cobreado, lo que genera una mejor adherencia con la goma.

Los alambres se pegan y forman capas, que después se superponen en un paquete en forma de aro. En medio del proceso de vulcanización, las gomas se adhieren en el paquete de alambre y crean un grupo compacto, que es flexible en el cual se distribuyen las tensiones de manera uniforme. (Aparicio, Vera, & Diaz, 2016)

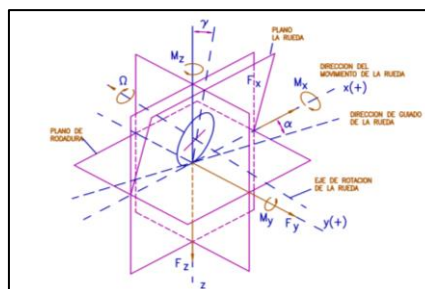
### 3.9 Fuerzas que actúan sobre un neumático

Para el análisis de los componentes de la fuerza y el momento resultantes que actúan sobre el neumático como resultado de su interacción con el suelo, se utiliza el sistema de ejes recomendado por SAE. (Aparicio, Vera, & Diaz, 2016)

- Eje X: Intersección entre el plano medio de la rueda y el plano de la superficie de rodadura, donde el sentido positivo de dicho eje será el avance del vehículo.
- Eje Z: Se encuentra perpendicular al plano de la superficie de rodadura, mientras que su sentido positivo en cambio coincide con el de penetración con el suelo.
- Eje Y: Es perpendicular a los anteriores y se debe formar con ellos un sistema ortogonal que se orienta a la derecha.

**Figura 11**

*Momentos y fuerzas que actúan sobre el neumático.*



Fuente: (Aparicio, Vera, & Diaz, 2016).



### **3.10 Categorías del karting**

Para finales del año 2006 la Comisión Internacional de Karting (CIK) y la Federación Internacional de Automovilismo (FIA) determinó las siguientes categorías para el circuito de los campeonatos internacionales de las cuales son: (DMK RACING, 2015)

#### **3.10.1 Categoría KF**

Se encuentran los karts automáticos de 125 CC. de 2 tiempos, monos cilíndricos, sin caja de cambios y que tienen sistema de refrigeración por agua o aire (DMK RACING, 2015)

- KF1 Reemplaza a la anterior FA (Fórmula A)
- KF2 Reemplaza a la anterior ICA (Internacional A)
- KF3 Reemplaza a la anterior ICA – Junior (ICA-J)
- KF4 Se la designa como la categoría Básica

#### **3.10.2 Categoría KZ**

Es la que define a los karts en marchas, es una disciplina automovilística de alto nivel, debido, a que aumenta las exigencias del piloto y genera el desarrollo con destrezas que relacionan el cambio de marchas manual, estos karts poseen motor de 125 CC. con 6 velocidades, carburador de difusores, y se encuentran refrigerados mediante agua y un escape homologado (DMK RACING, 2015).

- KZI Reemplaza a la anterior Super-ICC
- KZ2 Reemplaza a la anterior ICC (Internacional C)

### 3.10.3 Categoría Superkart

Es la única en su clase, estos karts cuentan con motores bicilíndricos de 2 tiempos, se los analiza con una relación muy equilibrada entre velocidad y precio, tienen que correr en pistas de alta velocidad, debido, a que alcanzan velocidades superiores a los 200 km/h (DMK RACING, 2015).

#### Figura 12

*Categorías de competiciones de Karting*

COMISIÓN INTERNACIONAL DE KARTING			
CATEGORIA	EDAD	PESO MIN.	MOTOR
KF4	Es el reglamento base de todas las categorías KF.		
KF3	13 a 15	145 kg	2T - 125cc - 14.000rpm max.
KF2	15 o más	158 kg	2T - 125cc - 15.000rpm max.
KF1	15 o más	160 kg	2T - 125cc - 16.000rpm max.
KZ2	15 o más	175 kg	2T - 125cc - 6 velocidades
KZ1	15 o más	170-175 kg	2T - 125cc - 6 velocidades
SUPERKART	18 o más	205-215 kg	2T - 125cc - 6 velocidades

Fuente: (DMK RACING, 2015)

## 3.11 Instrumento de Medición

### 3.11.1 Calibrador Digital

El vernier o calibrador, es un dispositivo de medición empleado para obtener medidas con una elevada precisión, su principal función es tomar dimensiones lineales, y los resultados de medición se refleja en su pantalla digital que presenta valores en pulgadas y milímetros, para el análisis del desgaste de neumáticos, este instrumento se

emplea para evaluar el diámetro de las llantas con respecto a cada manga recorrida por el karting.

### **Figura 13**

*Calibrador o pie de rey.*



*Nota.* El calibrador utilizado para medir el diámetro es de 300 milímetros. Fuente: (Autonocion, 2021).

#### **3.11.2 Cinta Métrica**

La cinta métrica es un instrumento de medición manual, está hecho de un material flexible como la tela, es utilizado especialmente para superficies rectas o curvas ya que es indispensable para medir los perímetros de los neumáticos en cada extremo, este dispositivo de medición se lleva a cualquier lado, cuenta con marcas que indican centímetros y pulgadas.

### **Figura 14**

*Cinta métrica.*



*Nota.* la cinta métrica es utilizada para medir el perímetro de cada llanta. Fuente: (Fuentes, 2018).

#### **3.11.3 Pirómetro**

Se utiliza para medir temperaturas muy altas sin necesidad de hacer contacto con el objeto a medir, este aparato funciona con la radiación térmica que emite la superficie que se mide, el pirómetro nos permite medir la temperatura inicial y final de los neumáticos cuando entran en pista y ver cómo varía la temperatura de cada llanta del karting.

### **Figura 15**

*Pirómetro DIT.*



Fuente: (La casa del neumático, 2019).

### **3.11.4 Manómetro**

El principal uso que se le da al manómetro es regular la presión de inflado de los neumáticos y asegura que estén con la cantidad de aire necesario, lo que contribuye al rendimiento del vehículo, para el proyecto técnico el manómetro se utiliza para verificar la presión de inflados en los neumáticos al iniciar una manga.

### **Figura 16**

*Manómetro manual.*



Fuente: (DMK RACING, 2015).

### 3.11.5 Balanza de precisión portátil

Este instrumento de medición se utiliza para medir y ajustar el peso del karting, solo depende del tipo de categoría que compita el karting; para realizar el desgaste del karting se utiliza para modificar y comprobar el peso del vehículo.

**Figura 17**

*Balanza de kart.*



Fuente: (Puiggrós, 2016)

## **4. CAPITULO 2: METODOLOGÍA PARA LA OBTENCIÓN DE DATOS DEL DESGASTE DE LOS NEUMÁTICOS**

En el segundo capítulo del proyecto técnico, se plantea la obtención de datos a través del desgaste de los neumáticos slick de un karting, bajo los parámetros óptimos de funcionamiento como lo es la presión de inflado y temperatura en los neumáticos.

Desde un enfoque objetivo se desarrolló una metodología experimental para la obtención de datos y se consideran factores como: cuantas vueltas tiene un manga de kart, distancia de recorrido del Kartódromo y peso del piloto. Además, se realiza nueve mangas con diferente presión de inflado y se identifica como varia la temperatura en los neumáticos slick.

### **4.1 Kartódromo**

El Kartódromo virgen de la nube, según (Alvarado, 2022) la pista cuenta 930 m en línea de trazado, 8 metros de ancho y cuenta con 10 curvas. El asfalto de la pista tiene materiales alta calidad, también cabe recalcar que el kartódromo está homologada por la Federación Ecuatoriana de Automovilismo Deportivo (FEDEA), además posee una capacidad de albergar hasta 100 karts en pista.

#### **Figura 18**

*Kartódromo Virgen de la Nube.*



*Nota.* Esta ubicado en Azogues provincia de Cañar, sector el Carmen parroquia Javier Loyola. Fuente: (Kartódromo Virgen de la Nube)

#### **4.2 Dimensión del karting**

Para obtener los datos en el desgaste de los neumáticos del kart, se toma en cuenta la dimensión del vehículo, el cual influye en el rendimiento del karting cuando está en contacto con la calzada, a continuación, se presentas en la tabla 3 las dimensiones del karting.

**Tabla 2**

*Dimensiones del karting S721*

Dimensiones del Kart	Valores
Cilindrada	125 cm <sup>3</sup>
Ancho de vía delantero	120 cm
Ancho de vía trasero	139 cm
Altura	65 cm

*Nota.* Las dimensiones del kart cumplen con las dimensiones reglamentarias CIKFIA

Fuente: (Autores).

#### **4.3 Dimensión de los neumáticos**

Para analizar el desgaste en los neumáticos es fundamental conocer la dimensión de su estructura, su configuración de tal manera identificar de que tipo de caucho está construido; en la tabla 4 se visualiza las dimensiones de un neumático, que nos da el fabricante.

**Tabla 3**

*Dimensiones de los neumáticos del slick.*

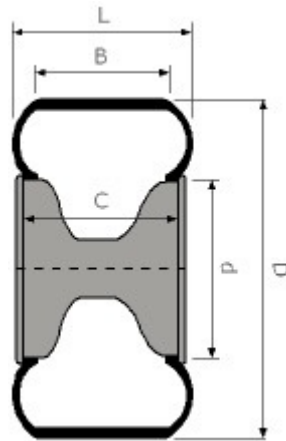
Características	Delantero	Trasero
Altura	4.60	7.10
Ancho	10	11
Rin	5	5
L (mm) +- 10	132	210
B (mm) +- 10	110	150
C (mm) +- 5	120	205
d (mm) +- 0-1	126.20	126.20
D (mm) +- 10.000	262	273
Clasificación	HARD L1	HARD L1
Velocidad máxima (Km)	160	160
Presión de aire recomendado PSI +- 3.00	13.00	13.00
Presión máxima de aire PSI	58	58

*Nota.* la dimensión que se presenta, son de neumáticos slick. Fuente: (MGtires Racing, 2018).

**Figura 19**

*Medidas de neumáticos slick.*





Fuente: (MGtires Racing, 2018)

#### 4.4 Mangas de kart

En un circuito de karts las vueltas por mangas varían según de las reglas de competencia y que tan grande es el kartódromo, según la (FEDAK, 2023) las mangas de un karting están entre 10 a 20 vueltas en una manga de karting, para desarrollar el desgaste de neumáticos se realizara 9 mangas de 16 vueltas.

En lo que se tendría un cálculo aproximado de recorrido en cada manga:

$$R_{MK} = N_V * D$$

$R_{MK}$  = Recorrido por manga de karting

$N_V$  = Numero de vueltas

$D$  = Distancia de la pista

$$R_{MK} = 14,880 \text{ km}$$

Y para tener un valor más exacto del recorrido en total de las vueltas se tiene un cálculo de:

$$R_K = N_M * R_{MK}$$

$R_K$  = Recorrido total del karting

$N_M$  = Numero de mangas

$R_{MK}$  = Recorrido por manga de Karting

$$R_K = 133920 = 133,920 \text{ km}$$

#### 4.5 Presión de los neumáticos

Para determinar cómo variar el desgaste y la temperatura en los neumáticos en cada manga se corrió con tres presiones de inflado en los neumáticos, se varía la presión para las llantas delanteras como llantas traseras y tres pesos diferentes, según (MGtires Racing, 2018) la presión recomendada es 13,5 PSI, para el funcionamiento óptimo de los neumáticos con la con respecto a la calzada; de esta manera se reduce y aumenta a 1,5 PSI para reducir la presión de los neumáticos para cada prueba .

**Tabla 4**

*Presiones de inflado y peso del vehículo*

<b>Presión de inflado de los neumáticos (PSI)</b>	<b>Peso bruto del karting (Kg)</b>
12	166
13,5	168
15	170

Fuente: (Autores).

Se utilizó las presiones y pesos mencionados anteriormente en nueve condiciones diferentes para generar una mayor aleatoriedad en el experimento y percibir de una mejor forma en que condiciones existe un mayor desgaste en los neumáticos.

##### 4.5.1 Experimento factorial

Un experimento factorial es un método de investigación que examina la influencia de dos o más factores en una variable de respuesta. Cada factor tiene dos o más niveles y cada unidad experimental está expuesta a todas las combinaciones posibles de estos niveles. Esto permite al investigador determinar el impacto individual de cada factor, así como las interacciones entre factores.

#### 4.5.1.1 Diseño de experimento

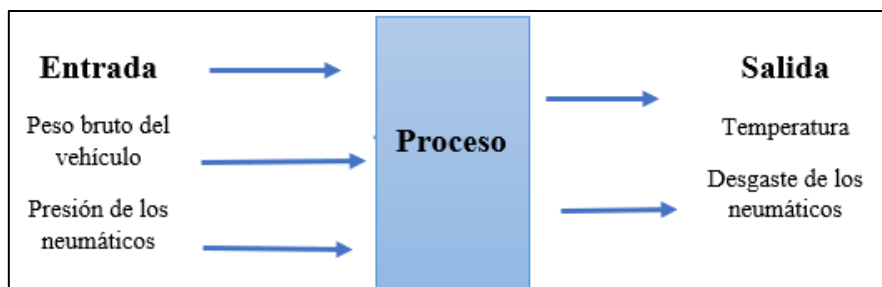
El diseño de experimentos se basa en 2 factores, presión y peso, el cual tiene tres niveles para cada factor, se combina el peso bruto del vehículo con cada nivel de presión, se determina la reacción de la presión y peso del vehículo sobre el desgaste de los neumáticos y la variación de temperatura; la cantidad de vueltas del karting precisara el desgaste en los neumáticos.

#### 4.5.1.2 Unidad experimental

En la unidad experimental hace referencia a las muestras utilizadas para obtener un valor indicativo obtenido en la prueba experimental en la figura 17 se observa las variables de entrada y salida.

**Figura 20**

*Variable del proceso de desgaste de los neumáticos.*



Fuente: (Autores).

#### **4.5.1.3 Factores controlables**

Los factores independientes son aquellas que se controlan o manipulan en el experimento. Las variables utilizadas son la presión de los neumáticos y el peso del vehículo.

#### **4.5.1.4 Factores no controlables**

Los factores dependientes, no se manipulan o controlan durante el tiempo que dura el experimento, las variables no manipulables son: Temperatura final de los neumáticos.

#### **4.5.1.5 Factores estudiados en el kart**

Las variables estudiadas, son los factores para analizar en el diseño del experimento, está comprendida por factores controlables y factores no controlables, esto determina en el proceso de salida del diseño de experimento, para los 3 casos se debe probar en todas las condiciones impuestas.

#### **4.5.1.6 Etapas en el desgaste de los neumáticos**

Al diseñar el experimento es importante, decidir qué condiciones o pruebas se realizará y con qué frecuencia se repetirán cada uno; se utiliza tres presiones de inflado diferente y tres pesos total del vehículo, las cuales se intercalan, y generan nueve condiciones diferentes, para cada manga de karting se realiza dieciséis vueltas, lo que da un total de ciento cuarenta y cuatro vueltas, bajo las nueve condiciones impuestas para el diseño del experimento en la tabla 6 se observa las nueve condiciones experimentales.

**Tabla 5**

*Condiciones para establecer en el experimento.*

Presión de inflado (PSI)	Peso del vehículo (Kg)
15	166
13,5	166
12	166
12	170
13,5	170
15	170
15	168
13,5	168
12	168

Fuente: (Autores).

#### **4.5.2 Planificación y realización**

Para desarrollar el diseño de experimentos, se tiene que verificar que el vehículo se encuentre en óptimas condiciones, de esta manera se obtienen datos más eficientes en nuestras pruebas de desgaste de neumáticos del vehículo.

##### **4.5.2.1 Mantenimiento del vehículo**

###### **a) Chasis**

En el karting se realizó modificaciones de gran importancia las cuales se consideran en la tabla 7, por lo que se consideran las modificaciones de acuerdo con la altura del piloto, una altura de 1,80 m, para la obtención de datos más factibles.

**Tabla 6***Modificaciones y calibraciones del kart.*

<b>Especificaciones</b>	<b>Verificación</b>
Acople pedal de freno	1.5 cm
Acople pedal de aceleración	1.5 cm
Montaje de pontones	✓
Calibración de frenos	✓
Ajuste de eje trasero	✓
Ajuste de Catalina	✓
Cambio de líquido de frenos	Dot 5.1 Bosh
Ajuste de ancho de vía	139,5 m

*Nota.* Las calibraciones mecánicas se realizaron de acuerdo con las especificaciones del fabricante del kart, y se consideran que el chasis es Kosmic. Fuente: (Autores).

### **b) Motor**

En el caso del motor lo que se realizó, es un chequeo visual debido a que según (FEDAK, 2023) deben mantener el interior y exterior estándar, sin elementos ajenos al motor y conservar sus sellos de homologación en perfectas condiciones, para este se realizaron inspecciones al motor reflejado la tabla 8.

**Tabla 7***Inspección al motor*

<b>Especificaciones</b>	<b>Verificación</b>
Limpieza del hollín en el escape	✓
Reubicación de la bobina	✓
Cambio de aceite de caja	80w90

Limpieza del carburador	✓
Calibración de agujas	✓
Cambio de cable del acelerador	✓
Cambio de bujía	✓

*Nota.* Se desmonto el motor para tener una mejor visualización y ajustar componentes.

Fuente: (Autores).

#### 4.5.2.2 Prueba de Setup test

Es necesario realizar la prueba de setup para verificar que el vehículo se encuentre en condiciones óptimas de funcionamiento, antes de empezar con las pruebas de desgaste de los neumáticos, para esto se realiza una lista de comprobaciones en el karting que demuestran que estén en condiciones óptimas, y de esta manera el vehículo entra a pista, las comprobaciones también se realizar al iniciar cada manga del circuito.

**Tabla 8**

*Lista de comprobaciones en el karting.*

Denominación	Estado			Observaciones
	Bueno	Corrección	Malo	
Vinchas de parachoques	✓	-	-	-
Cable de acelerador	✓	-	-	-
Cable de freno ajustado	✓	-	-	-
Pernos de sujeción de los semiejes	✓	-	-	-
Juego inexistente en la barra de dirección	✓	-	-	-

---

Ruedas delanteras ajustadas	✓	-	-	-
Ruedas traseras ajustadas	✓	-	-	-
Manzanas ajustadas	✓	-	-	-
Tanque de combustible ajustado	✓	-	-	-
Nivel de líquido de frenos	✓	-	-	-
Batería conectada	✓	-	-	-
Pontones ajustados	✓	-	-	-
Ajuste las llaves del carburador	✓	-	-	-
Filtro de aire destapado	✓	-	-	-
Nivel del agua en el radiador	✓	-	-	-
Cadena templada	✓	-	-	-
Cables sin tocar el piso	✓	-	-	-
Patillas de freno	✓	-	-	-
Pernos de pasador de pastillas	✓	-	-	-
Sujeción del parachoques posterior	✓	-	-	-
Sujeción de pesos	✓	-	-	-
Lubricación	✓	-	-	-
Pernos bien fijados	✓	-	-	-
Alienación de la bomba	✓	-	-	-
Alineación de la cadena	✓	-	-	-
Base del motor en buen estado	✓	-	-	-
Barra de soporte de radiador	✓	-	-	-

---



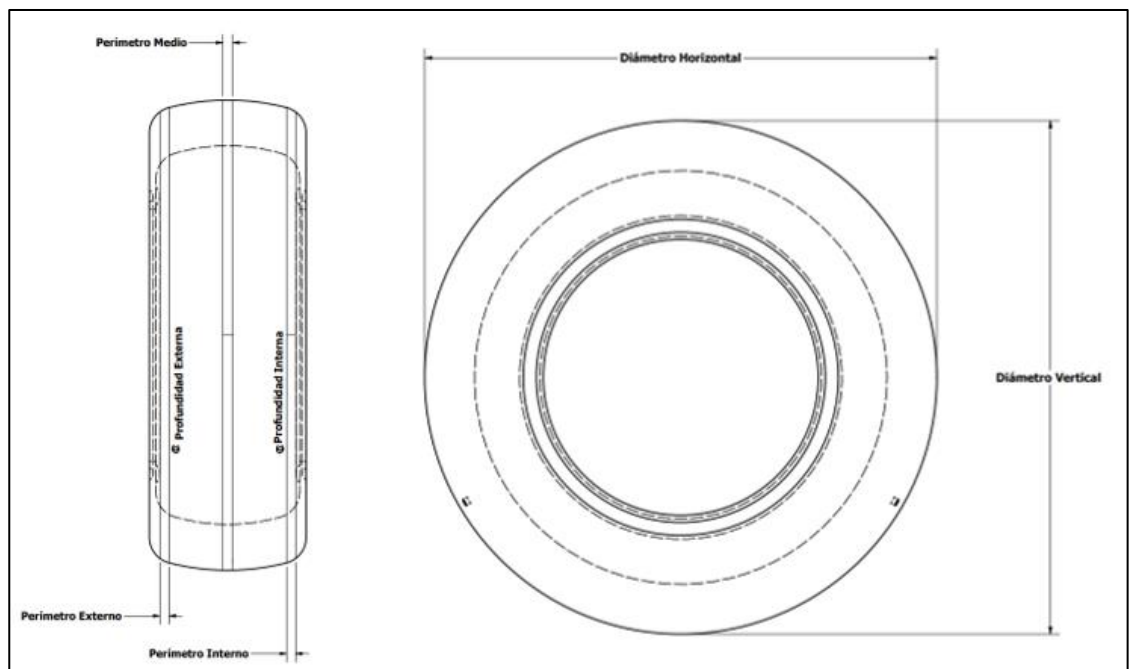
*Nota.* Es obligatorio realizar la check list del vehículo antes de iniciar cada manga, así se evita fallas mecánicas durante las pruebas o competencias. Fuente: (Grupo ASU UPS Racing Team).

#### 4.6 Obtención de datos.

En los datos de los neumáticos slick se obtuvo 9 tablas con datos iniciales, para cada neumático del karting, en los cuales mide el perímetro externo, medio e interno, diámetro vertical, diámetro horizontal, profundidad en los surcos internos y externos de la banda de rodadura de los neumáticos, a continuación, en la figura 15 se visualiza como se obtuvo los datos para cada neumático después de cada pasada de manga de karting.

**Figura 21**

*Medición de perímetro, diámetro y profundidad en la banda de rodadura del neumático*



*Nota.* se toman de referencia al perímetro y profundidad interno al que se encuentra más cerca del eje de las ruedas. Fuente: (Autores).

#### 4.6.1 Manga 1.

**Tabla 9**

*Prueba en condiciones de presión de inflado 15 PSI y 166 Kg de peso*

		<b>Datos Iniciales</b>			
	<b>Datos</b>	<b>Delantera</b>	<b>Delantera</b>	<b>Trasera</b>	<b>Trasera</b>
		<b>Derecha</b>	<b>Izquierda</b>	<b>Derecha</b>	<b>Izquierda</b>
<b>MANGA 1</b>	<b>Temperatura Inicial (°C)</b>	17,2	17,7	16,2	17,5
	<b>Diámetro horizontal (mm)</b>	256,46	256,49	265,8	265,66
	<b>Diámetro vertical (mm)</b>	256,51	256,47	265,73	265,41
	<b>Perímetro interno (mm)</b>	815,3	814,9	847,2	846,9
	<b>Perímetro medio (mm)</b>	815,9	815,1	847,6	847,1
	<b>Perímetro externo (mm)</b>	815,7	814,8	847,3	847,4
	<b>Profundidad Interna (mm)</b>	3,01	3,04	3,02	3,03
	<b>Profundidad Externa (mm)</b>	2,99	3,03	3	3,01
		<b>Datos Finales</b>			
	<b>Temperatura Final (°C)</b>	51,2	43,2	50,3	46,4

*Nota.* En esta prueba al finalizar se ve que la presión de inflado aumenta de 15 PSI a 17 PSI, lo que hace expandir su diámetro. Fuente: (Autores).

#### 4.6.2 Manga 2

**Tabla 10**

*Prueba en condiciones de presión de inflado 13,5 PSI y 166 Kg de peso*

<b>MA</b>	<b>NGA</b>	<b>Datos Iniciales</b>	
-----------	------------	------------------------	--

<b>Datos</b>	<b>Delantera</b>	<b>Delantera</b>	<b>Trasera</b>	<b>Trasera</b>
	<b>Derecha</b>	<b>Izquierda</b>	<b>Derecha</b>	<b>Izquierda</b>
<b>Temperatura Inicial (°C)</b>	19	23,7	21,5	25,1
<b>Diámetro horizontal (mm)</b>	255,94	255,99	265,29	265,15
<b>Diámetro vertical (mm)</b>	256,04	255,96	265,21	264,91
<b>Perímetro interno (mm)</b>	815	814,6	846,9	846,7
<b>Perímetro medio (mm)</b>	815,6	814,8	847,3	846,8
<b>Perímetro externo (mm)</b>	815,4	814,5	847	847,1
<b>Profundidad Interna (mm)</b>	2,97	3	2,99	2,99
<b>Profundidad Externa (mm)</b>	2,96	2,99	2,96	2,98
<b>Datos Finales</b>				
<b>Temperatura Final (°C)</b>	50,2	51	50,9	44,3

*Nota.* En esta prueba al finalizar se ve que la presión de inflado aumenta de 13,5 PSI a 15 PSI, lo que hace expandir su diámetro. Fuente: (Autores).

#### **4.6.3 Manga 3**

**Tabla 11**

*Prueba en condiciones de presión de inflado 12 PSI y 166 Kg de peso*

<b>Datos Iniciales</b>					
<b>MANGA 3</b>	<b>Datos</b>	<b>Delantera</b>	<b>Delantera</b>	<b>Trasera</b>	<b>Trasera</b>
		<b>Derecha</b>	<b>Izquierda</b>	<b>Derecha</b>	<b>Izquierda</b>
	<b>Temperatura Inicial (°C)</b>	23,2	23,7	21,7	21,2
	<b>Diámetro horizontal (mm)</b>	255,44	255,49	264,78	264,68

<b>Diámetro vertical (mm)</b>	255,60	255,48	264,76	264,48
<b>Perímetro interno (mm)</b>	814,70	814,30	846,60	846,40
<b>Perímetro medio (mm)</b>	815,40	814,60	847,10	846,90
<b>Perímetro externo (mm)</b>	815,10	814,30	846,70	846,80
<b>Profundidad Interna (mm)</b>	2,95	2,97	2,96	2,96
	2,92	2,96	2,93	2,95
<b>Datos Finales</b>				
<b>Temperatura Final (°C)</b>	50,3	51	50	46,6

*Nota.* En esta prueba al finalizar se ve que la presión de inflado aumenta de 12 PSI a 14 PSI, lo que hace expandir su diámetro. Fuente: (Autores).

#### 4.6.4 Manga 4

**Tabla 12**

*Prueba en condiciones de presión de inflado de 12 PSI y 170 Kg de peso*

		<b>Datos Iniciales</b>			
	<b>Datos</b>	<b>Delantera</b>	<b>Delantera</b>	<b>Trasera</b>	<b>Trasera</b>
		<b>Der</b>	<b>Izquierda</b>	<b>Derecha</b>	<b>Izquierda</b>
<b>MANGA 4</b>	<b>Temperatura Inicial</b>	29,7	31,3	26	28,7
	<b>Diámetro horizontal (mm)</b>	255,03	255,04	264,23	264,21
	<b>Diámetro vertical (mm)</b>	255,15	255,01	264,25	264,03
	<b>Perímetro interno (mm)</b>	814,4	814	846,3	846,1

<b>Perímetro medio (mm)</b>	815,2	814,4	846,9	846,7
<b>Perímetro externo (mm)</b>	814,9	814,1	846,5	846,6
<b>Profundidad Interna (mm)</b>	2,91	2,94	2,91	2,92
<b>Profundidad Externa (mm)</b>	2,89	2,93	2,9	2,91
<b>Datos Finales</b>				
<b>Temperatura Final</b>	56	58,6	53,9	51,8

*Nota.* En esta prueba al finalizar se ve que la presión de inflado aumenta de 12 PSI a 14 PSI, lo que hace aumentar su diámetro debido al aumento de presión. Fuente: (Autores).

#### 4.6.5 Manga 5

**Tabla 13**

*Prueba en condiciones de presión de inflado de 13,5 PSI y 170 Kg de peso*

		<b>Datos Iniciales</b>			
	<b>Datos</b>	<b>Delantera</b>	<b>Delantera</b>	<b>Trasera</b>	<b>Trasera</b>
		<b>Derecha</b>	<b>Izquierda</b>	<b>Derecha</b>	<b>Izquierda</b>
<b>MANGA 5</b>	<b>Temperatura Inicial</b>	19,5	21,8	24,7	23,9
	<b>Diámetro horizontal (mm)</b>	254,62	254,63	263,8	263,76
	<b>Diámetro vertical (mm)</b>	254,79	254,57	263,82	263,64

<b>Perímetro interno</b> (mm)	814,1	813,7	845,9	845,8
<b>Perímetro medio (mm)</b>	815	814,2	846,7	846,5
<b>Perímetro externo</b> (mm)	814,6	813,8	846,2	846,3
<b>Profundidad Interna</b> (mm)	2,87	2,91	2,88	2,89
<b>Profundidad Externa</b> (mm)	2,86	2,89	2,87	2,87
<b>Datos Finales</b>				
<b>Temperatura Final</b>	46,9	50,3	50,7	40

*Nota.* Al finalizar esta prueba se ve que la presión de inflado aumenta de 13,5 PSI a 15 PSI, lo que provoca un aumento del diámetro del neumático. Fuente: (Autores).

#### 4.6.6 Manga 6

**Tabla 14**

*Prueba en condiciones de presión de inflado de 15 PSI y 170 Kg de peso*

<b>Datos Iniciales</b>					
<b>MANGA 6</b>	<b>Datos</b>	<b>Delantera</b>	<b>Delantera</b>	<b>Trasera</b>	<b>Trasera</b>
		<b>Derecha</b>	<b>Izquierda</b>	<b>Derecha</b>	<b>Izquierda</b>
	<b>Temperatura Inicial</b>	23,9	26,3	25,9	29,4
	<b>Diámetro horizontal</b> (mm)	254,15	254,1	263,4	263,26

<b>Diámetro vertical</b>	254,26	254,09	263,41	263,17
(mm)				
<b>Perímetro interno</b>	813,8	813,4	845,6	845,5
(mm)				
<b>Perímetro medio (mm)</b>	814,4	814	846,5	846,3
<b>Perímetro externo</b>	814,4	813,6	846	846,1
(mm)				
<b>Profundidad Interna</b>	2,84	2,87	2,85	2,86
(mm)				
<b>Profundidad Externa</b>	2,83	2,86	2,84	2,83
(mm)				
<b>Datos Finales</b>				
<b>Temperatura Final</b>	56	60,4	62,2	50,6

*Nota.* Al finalizar la prueba se da un aumento de 15 PSI a 17 PSI, lo que genera un aumento en el diámetro del neumático Fuente: (Autores).

#### 4.6.7 Manga 7

**Tabla 15**

*Prueba en condiciones de presión de inflado de 15 PSI y 168 Kg de peso*

<b>Datos Iniciales</b>					
<b>MANGA 7</b>	<b>Datos</b>	<b>Delantera</b>	<b>Delantera</b>	<b>Trasera</b>	<b>Trasera</b>
		<b>Derecha</b>	<b>Izquierda</b>	<b>Derecha</b>	<b>Izquierda</b>
	<b>Temperatura Inicial</b>	24,3	26,9	26,3	27,2
	<b>Diámetro horizontal</b>	253,68	253,63	262,95	262,81
	(mm)				

<b>Diámetro vertical</b> (mm)	253,78	253,61	262,97	262,71
<b>Perímetro interno</b> (mm)	813,5	813	845,3	845,2
<b>Perímetro medio (mm)</b>	813,8	813,1	845,3	845,2
<b>Perímetro externo</b> (mm)	814,2	813,4	845,8	845,9
<b>Profundidad Interna</b> (mm)	2,8	2,84	2,81	2,83
<b>Profundidad Externa</b> (mm)	2,79	2,82	2,81	2,79
<b>Datos Finales</b>				
<b>Temperatura Final</b>	49,3	50,3	45,5	50,8

*Nota.* La prueba al final da un aumento de 15 PSI a 17 PSI, y eso provoca un aumento en el diámetro. Fuente: (Autores).

#### 4.6.8 Manga 8

Tabla 16

*Prueba en condiciones de presión de inflado de 13,5 PSI y 168 Kg de peso*

<b>Datos Iniciales</b>					
<b>MANGA 8</b>	<b>Datos</b>	<b>Delantera</b>	<b>Delantera</b>	<b>Trasera</b>	<b>Trasera</b>
		<b>Derecha</b>	<b>Izquierda</b>	<b>Derecha</b>	<b>Izquierda</b>
	<b>Temperatura Inicial</b>	18,6	21,3	22	22,8



<b>Diámetro horizontal</b> (mm)	253,15	253,14	262,47	262,3
<b>Diámetro vertical</b> (mm)	253,29	253,13	262,49	262,19
<b>Perímetro interno</b> (mm)	813,3	812,8	845	844,9
<b>Perímetro medio (mm)</b>	813,6	812,9	845,1	845
<b>Perímetro externo</b> (mm)	813,9	813,1	845,5	845,6
<b>Profundidad Interna</b> (mm)	2,76	2,81	2,77	2,79
<b>Profundidad Externa</b> (mm)	2,75	2,79	2,78	2,76
<b>Datos Finales</b>				
<b>Temperatura Final</b>	47,1	47,5	48,2	54,5

*Nota.* La prueba al final da un aumento de 13,5 PSI a 15 PSI, y ocasina que exista un aumento en el diámetro. Fuente:( Autores).

#### 4.6.9 Manga 9

**Tabla 17**

*Prueba en condiciones de presión de inflado de 12 PSI y 168 Kg de peso*

MANGA 9	<b>Datos Iniciales</b>			
	<b>Datos</b>	<b>Delantera</b>	<b>Delantera</b>	<b>Trasera</b>
		<b>Derecha</b>	<b>Izquierda</b>	<b>Derecha</b>
		<b>Izquierda</b>	<b>Derecha</b>	<b>Izquierda</b>

<b>Temperatura Inicial</b>	29	31,6	29,7	30,8
<b>Diámetro horizontal</b> (mm)	252,74	252,64	262,01	261,79
<b>Diámetro vertical</b> (mm)	252,76	252,63	262	261,74
<b>Perímetro interno</b> (mm)	813	812,6	844,8	844,7
<b>Perímetro medio (mm)</b>	813,3	812,6	844,8	844,7
<b>Perímetro externo</b> (mm)	813,7	812,9	845,3	845,4
<b>Profundidad Interna</b> (mm)	2,73	2,77	2,74	2,75
<b>Profundidad Externa</b> (mm)	2,7	2,75	2,74	2,73
<b>Datos Finales</b>				
<b>Temperatura Final</b>	50,1	51	50	44,8

*Nota.* La prueba al final da un aumento de 12 PSI a 14 PSI, y así tiene un aumento en el diámetro. Fuente: (Autores).

#### **4.7 Cálculos previos al análisis del desgaste de neumáticos.**

Entre los desgaste del neumático en cada manga se presentan:

##### **4.7.1 Desgaste de perímetro de la banda de rodadura**

Para obtener el desgaste de los perímetros interno, medio y externo en la banda de rodadura, obtiene los radios de cada perímetro y se aplican la siguiente fórmula.

$$re1 = \frac{Pe1}{2\pi}$$

Donde:

*re1*: Radio de la condición 1

*Pe1*: Perímetro de la condición 1

Al tener los radios de los perímetros se procede a realizar una resta para llegar al desgaste, interno, medio y externo en la banda de rodadura.

$$\text{Desgaste del perímetro en la banda de rodadura} = re1 - re2$$

Donde:

*re1*: Radio de la condición 1

*re2*: Radio de la condición 2

#### **4.7.2 Pérdida del diámetro del neumático.**

Para este caso, el desgaste o pérdida del diámetro de un neumático, se determina con la sustracción entre los datos iniciales de primera manga y segunda manga, tanto para el diámetro horizontal y vertical.

$$\text{Diámetro del Neumático} = DN1 - DN2/2$$

Donde:

*DN1*: Diámetro horizontal de la condición 1

*DN2*: Diámetro horizontal de la condición 2

- Profundidad del surco de la banda de rodadura.

Para el análisis de profundidad del surco en la banda de rodadura, se realiza una resta entre las condiciones de inicio del neumático para la manga 1 y manga 2, tanto compara el surco interno y externo.

$$\text{Profundidad Surco} = Ps1 - Ps2$$

Donde:

*Ps1*: Profundidad interna de la condición 1

*Ps2*: Profundidad interna de la condición 2

#### **4.8 Desgaste de neumáticos en condiciones iniciales de cada manga.**

Para este punto, se obtiene los valores de las tablas del desgaste de los neumáticos bajo los factores de perímetro, diámetro y profundidad del surco en la banda de rodadura al establecer los cálculos plantados en el punto 5.1.

**Tabla 18**

*Desgaste entre la condición inicial 1 y 2*

	Condición 1 y 2			
	Delantera.	Delantera.	Trasera.	Trasera.
	Derecha.	Izquierda.	Derecha.	Izquierda.
P. i. 1	815,30	814,90	847,20	846,90
P. i. 2	815,00	814,60	846,90	846,70
R. i. 1	129,76	129,70	134,84	134,79
R. i.2	129,71	129,65	134,79	134,76
Desgaste	0,05	0,05	0,05	0,03

P. e. 1	815,70	814,80	847,30	847,40
P. e. 2	815,40	814,50	847,00	847,10
R. e.1	129,82	129,68	134,85	134,87
R. e. 2	129,77	129,63	134,80	134,82
Desgaste.	0,05	0,05	0,05	0,05
D.H. 1	256,46	256,49	265,80	265,66
D.H. 2	255,94	255,99	265,29	265,15
Desgaste.	0,52	0,50	0,51	0,51
D. V. 1	256,51	256,47	265,73	265,41
D.V. 2	256,04	255,96	265,21	264,91
Desgaste.	0,47	0,51	0,52	0,50
Pr.i. 1	3,01	3,04	3,02	3,03
Pr. i. 2	2,97	3,00	2,99	2,99
Desgaste	0,04	0,04	0,03	0,04
Pr. e 1	2,99	3,03	3,00	3,01
Pr. e. 2	2,96	2,99	2,96	2,98
Desgaste	0,03	0,04	0,04	0,03

Fuente: (Autores).

**Tabla 19**

*Desgaste entre la condición inicial 2 y 3*

	Condición 2 y 3			
	Delantera Derecha	Delantera Izquierda	Trasera Derecha.	Trasera Izquierda.
P. i. 2	815,00	814,60	846,90	846,70

P. i. 3	814,70	814,30	846,60	846,40
R. i. 2	129,71	129,65	134,79	134,76
R. i.3	129,66	129,60	134,74	134,71
Desgaste	0,05	0,05	0,05	0,05
P. e. 2	815,40	814,50	847,00	847,10
P. e. 3	815,10	814,30	846,70	846,80
R. e.2	129,77	129,63	134,80	134,82
R. e. 3	129,73	129,60	134,76	134,77
Desgaste.	0,05	0,03	0,05	0,05
D.H. 2	255,94	255,99	265,29	265,15
D.H. 3	255,44	255,49	264,78	264,68
Desgaste.	0,50	0,50	0,51	0,47
D.V. 2	256,04	255,96	265,21	264,91
D.V. 3	255,60	255,48	264,76	264,48
Desgaste.	0,44	0,48	0,45	0,43
Pr. i. 2	2,97	3,00	2,99	2,99
Pr. i. 3	2,95	2,97	2,96	2,96
Desgaste	0,02	0,03	0,03	0,03
Pr. e. 2	2,96	2,99	2,96	2,98
Pr. e. 3	2,92	2,96	2,93	2,95
Desgaste	0,04	0,03	0,03	0,03

Fuente: (Autores).

**Tabla 20.**

*Desgaste entre la condición inicial 3 y4.*

Condición 3 y 4
-----------------

	Delantera	Delantera	Trasera.	Trasera
	Derecha	Izquierda	Derecha	Izquierda
P. i. 3	814,70	814,30	846,60	846,40
P. i. 4	814,40	814,00	846,30	846,10
R. i. 3	129,66	129,60	134,74	134,71
R. i.4	129,62	129,55	134,69	134,66
Desgaste	0,05	0,05	0,05	0,05
P. e. 3	815,10	814,30	846,70	846,80
P. e. 4	814,90	814,10	846,50	846,60
R. e.3	129,73	129,60	134,76	134,77
R. e. 4	129,70	129,57	134,72	134,74
Desgaste.	0,03	0,03	0,03	0,03
D.H. 3	255,44	255,49	264,78	264,68
D.H. 4	255,03	255,04	264,23	264,21
Desgaste.	0,41	0,45	0,55	0,47
D.V. 3	255,60	255,48	264,76	264,48
D.V. 4	255,15	255,01	264,25	264,03
Desgaste.	0,45	0,47	0,51	0,45
Pr. i. 3	2,95	2,97	2,96	2,96
Pr. i. 4	2,91	2,94	2,91	2,92
Desgaste	0,04	0,03	0,05	0,04
Pr. e. 3	2,92	2,96	2,93	2,95
Pr. e. 4	2,89	2,93	2,90	2,91
Desgaste	0,03	0,03	0,03	0,04

*Fuente: (Autores).*

**Tabla 21**

*Desgaste entre la condición inicial 4 y 5*

Condición 4 y 5
-----------------

	Delantera	Delantera.	Trasera.	Trasera
	Derecha	Izquierda	Derecha	Izquierda
P. i. 4	814,40	814,00	846,30	846,10
P. i. 5	814,10	813,70	845,90	845,80
R. i. 4	129,62	129,55	134,69	134,66
R. i.5	129,57	129,50	134,63	134,61
Desgaste	0,05	0,05	0,06	0,05
P. e. 4	814,90	814,10	846,50	846,60
P. e. 5	814,60	813,80	846,20	846,30
R. e.4	129,70	129,57	134,72	134,74
R. e. 5	129,65	129,52	134,68	134,69
Desgaste.	0,05	0,05	0,05	0,05
D.H. 4	255,03	255,04	264,23	264,21
D.H. 5	254,62	254,63	263,80	263,76
Desgaste.	0,41	0,41	0,43	0,45
D.V. 4	255,15	255,01	264,25	264,03
D.V. 5	254,79	254,57	263,82	263,64
Desgaste.	0,36	0,44	0,43	0,39
Pr. i. 4	2,91	2,94	2,91	2,92
Pr. i. 5	2,87	2,91	2,88	2,89
Desgaste	0,04	0,03	0,03	0,03
Pr. e. 4	2,89	2,93	2,90	2,91
Pr. e. 5	2,86	2,89	2,87	2,87
Desgaste	0,03	0,04	0,03	0,04



Fuente: (Autores)

**Tabla 22**

*Desgaste entre la condición inicial 5 y 6*

	Condición 5 y 6			
	Delantera	Delantera.	Trasera.	Trasera.
	Derecha.	Izquierda.	Derecha.	Izquierda.
P. i. 5	814,10	813,70	845,90	845,80
P. i. 6	813,80	813,40	845,60	845,50
R. i. 5	129,57	129,50	134,63	134,61
R. i.6	129,52	129,46	134,58	134,57
Desgaste	0,05	0,05	0,05	0,05
P. e. 5	814,60	813,80	846,20	846,30
P. e. 6	814,40	813,60	846,00	846,10
R. e.5	129,65	129,52	134,68	134,69
R. e. 6	129,62	129,49	134,65	134,66
Desgaste.	0,03	0,03	0,03	0,03
D.H. 5	254,62	254,63	263,80	263,76
D.H. 6	254,15	254,10	263,40	263,26
Desgaste.	0,47	0,53	0,40	0,50
D. V. 5	254,79	254,57	263,82	263,64
D.V. 6	254,26	254,09	263,41	263,17
Desgaste.	0,53	0,48	0,41	0,47
Pr. i. 5	2,87	2,91	2,88	2,89
Pr. i. 6	2,84	2,87	2,85	2,86

Desgaste	0,03	0,04	0,03	0,03
Pr. e. 5	2,86	2,89	2,87	2,87
P. e. 6	2,83	2,86	2,84	2,83
Desgaste	0,03	0,03	0,03	0,04

Fuente: (Autores).

**Tabla 23**

*Desgaste entre la condición inicial 6 y 7*

	Condición 6 y 7			
	Delantero Derecho	Delantero Izquierdo	Trasero. Derecho	Trasero Izquierdo
P. i. 6	813,80	813,40	845,60	845,50
P. i. 7	813,50	813,00	845,30	845,20
R. i. 6	129,52	129,46	134,58	134,57
R. i.7	129,47	129,39	134,53	134,52
Desgaste	0,05	0,06	0,05	0,05
P. e. 6	814,40	813,60	846,00	846,10
P. e. 7	814,20	813,40	845,80	845,90
R. e.6	129,62	129,49	134,65	134,66
R. e. 7	129,58	129,46	134,61	134,63
Desgaste.	0,03	0,03	0,03	0,03
D.H. 6	254,15	254,10	263,40	263,26
D.H. 7	253,68	253,63	262,95	262,81
Desgaste.	0,47	0,47	0,45	0,45
D. V. 6	254,26	254,09	263,41	263,17
D.V. 7	253,78	253,61	262,97	262,71
Desgaste.	0,48	0,48	0,44	0,46
Pr. i. 6	2,84	2,87	2,85	2,86
Pr. i. 7	2,80	2,84	2,81	2,83
Desgaste	0,04	0,03	0,04	0,03

Pr. e. 6	2,83	2,86	2,84	2,83
Pr. e. 7	2,79	2,82	2,81	2,79
Desgaste	0,04	0,04	0,03	0,04

Fuente: (Autores).

**Tabla 24**

*Desgaste entre la condición inicial 7 y 8.*

	Condición 7 y 8			
	Delantero	Delantero	Trasero.	Trasero
	Derecho	Izquierdo	Derecho	Izquierdo
P. i. 7	813,50	813,00	845,30	845,20
P. i. 8	813,30	812,80	845,00	844,90
R. i. 7	129,47	129,39	134,53	134,52
R. i.8	129,44	129,36	134,49	134,47
Desgaste	0,03	0,03	0,05	0,05
P. e. 7	814,20	813,40	845,80	845,90
P. e. 8	813,90	813,10	845,50	845,60
R. e.7	129,58	129,46	134,61	134,63
R. e. 8	129,54	129,41	134,57	134,58
Desgaste.	0,05	0,05	0,05	0,05
D.H. 7	253,68	253,63	262,95	262,81
D.H. 8	253,15	253,14	262,47	262,30
Desgaste.	0,53	0,49	0,48	0,51
D. V. 7	253,78	253,61	262,97	262,71
D.V. 8	253,29	253,13	262,49	262,19
Desgaste.	0,49	0,48	0,48	0,52

Pr. i. 7	2,80	2,84	2,81	2,83
Pr. i. 8	2,76	2,81	2,77	2,79
Desgaste	0,04	0,03	0,04	0,04
Pr. e. 7	2,79	2,82	2,81	2,79
Pr. e. 8	2,75	2,79	2,78	2,76
Desgaste	0,04	0,03	0,03	0,03

Fuente: (Autores).

**Tabla 25**

*Desgaste entre la condición inicial 8 y 9*

	Condición 8 y 9			
	Delantero Derecho	Delantero Izquierdo	Trasero Derecho	Trasero Izquierdo
P. i. 8	813,30	812,80	845,00	844,90
P. i. 9	813,00	812,60	844,80	844,70
R. i. 8	129,44	129,36	134,49	134,47
R. i.9	129,39	129,33	134,45	134,44
Desgaste	0,05	0,03	0,03	0,03
P. e. 8	813,90	813,10	845,50	845,60
P. e. 9	813,70	812,90	845,30	845,40
R. e.8	129,54	129,41	134,57	134,58
R. e. 9	129,50	129,38	134,53	134,55
Desgaste.	0,03	0,03	0,03	0,03
D.H. 8	253,15	253,14	262,47	262,30
D.H. 9	252,74	252,64	262,01	261,79

Desgaste.	0,41	0,50	0,46	0,51
D.V. 8	253,29	253,13	262,49	262,19
D.V. 9	252,76	252,63	262,00	261,74
Desgaste.	0,53	0,50	0,49	0,45
Pr. i. 8	2,76	2,81	2,77	2,79
Pr. i. 9	2,73	2,77	2,74	2,75
Desgaste	0,03	0,04	0,03	0,04
Pr. e. 8	2,75	2,79	2,78	2,76
Pr. e. 9	2,70	2,75	2,74	2,73
Desgaste	0,05	0,04	0,04	0,03

Fuente: (Autores).

### **5. Capítulo 3. Análisis del desgaste de los neumáticos Slick del karting.**

El tercer segmento del presente proyecto se centra en el análisis de los datos recopilados a través de la metodología de diseño factorial. El cual muestra el desgaste de los neumáticos del karting en las condiciones planteadas.

Se utilizan los datos obtenidos mediante el método factorial, a través de diferentes maneras de obtención de datos como: medición del desgaste para el perímetro de la banda de rodadura; el desgaste que se da a través del diámetro de la banda de rodadura y desgaste de la profundidad de los surcos de la banda de rodadura de los neumáticos.

Según (Puiggrós, 2016) el profundímetro y calibrador, para los neumáticos es un instrumento de medición eficiente y veraz, debido a que su lectura obtiene décimas, centésimas y milésimas de precisión; además de la posibilidad de seleccionar la unidad de medida. El uso de profundímetro digital es fácil de usar debido a que solo se realiza la medición y lee el valor obtenido en la pantalla.

De acuerdo con la publicación de (Flores & Idrovo, 2020) la profundidad de los surcos de la banda de rodadura en el desgaste de los neumáticos, ayuda visualizar el grado de desgaste en los neumáticos, pero, los medidores de profundidad (profundímetro) ayudan en la medición de los surcos de la banda de rodadura del neumático de diferentes lugares, conforme a lo establecido en la reglamentación.

(MICHELIN, 2022) señala que, para el desgaste de la banda de rodadura, se verificar de manera más exacta la profundidad de surco, se obtiene el espesor del desgaste en la banda de rodadura.

Conforme en la literatura y fuentes bibliográficas revisada, se opta que medir la profundidad del surco en la banda de rodadura, es el método más apropiado en la

medición del desgaste de los neumáticos. Después de obtener los resultados del software Minitab con las gráficas se analiza los datos obtenidos.

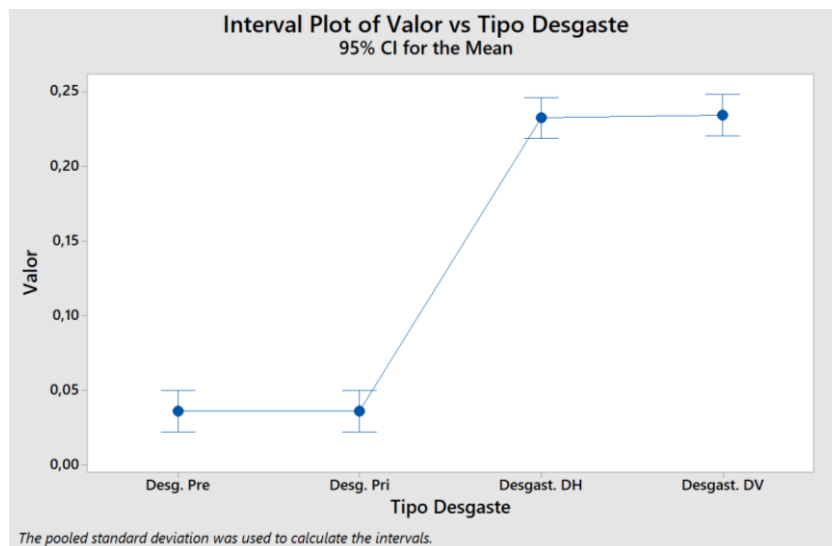
## 5.1 Análisis del desgaste neumático delantero derecho.

### 5.1.1 Diagrama de desgastes de profundidad y los desgaste por diámetro del neumático.

En la figura 22 los intervalos de confianza entre ambos no se superponen lo que nos da a entender que existe una mínima diferencia en cuanto a los desgastes diferentes. Para cada tipo de desgaste, se proporciona un intervalo de confianza del 95%, donde las barras horizontales representan los intervalos de confianza y la línea que conecta los dos tipos de desgaste se conocidas como línea de conexión de medias.

**Figura 22**

*Intervalos entre los desgastes de profundidad y los desgastes por diámetro del neumático delantero derecho.*



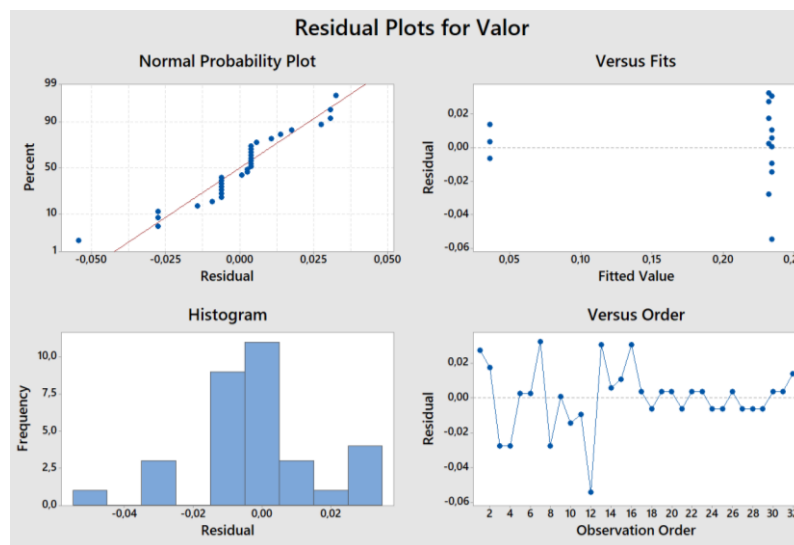
Fuente: (Autores).

### 5.1.2 Modelo de regresión lineal Minitab

En la muestra obtenida, se realiza un análisis de los residuos, la figura 23, gráfica de probabilidad normal, se demuestra que la mayoría de los puntos azules se sobrepone en la línea roja, esta tendencia indica que existe un ajuste adecuado en la distribución normal. El histograma de distribución de residuos indica que los residuos cercanos a cero muestran que el modelo se ajusta de manera precisa, debido a que los residuos se encuentran sin variaciones significativas. En la gráfica de valor ajustado vs residuo se muestra que los valores están dispersos de manera aleatoria, es decir, no muestran patrones, lo que sugiere precisión en la toma de datos. Para finalizar, la gráfica de orden, al tener los valores de manera aleatoria sin ningún patrón, indica que el experimento no presenta influencia de variables externas.

**Figura 23**

*Residuos para un modelo de regresión lineal neumático delantero derecho.*



Fuente: (Autores).

### 5.1.3 Dispersión de los distintos desgastes del neumático.

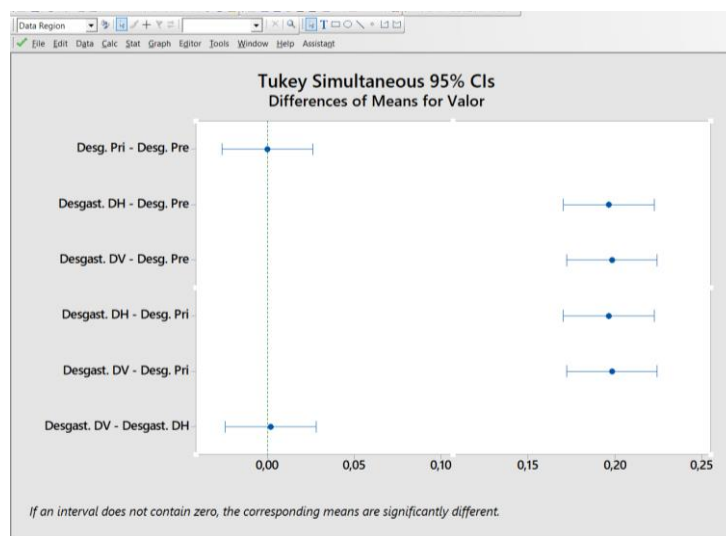
Se aprecia en la figura 24 que existe un desgaste uniforme o no tan variable entre los desgastes de profundidad interna y externa (Pri - Pre) al igual que entre los desgastes



por diámetros horizontal y vertical (DH - DV), mientras que, al relacionar los desgastes de profundidad interna o externa juntos con los desgastes de diámetros en horizontal o vertical, existen una similitud o comparación cercana entre ellos, lo que denota un desgaste uniforme entre sí mismos.

**Figura 24**

*Gráfica Tukey de diagrama de dispersión de los distintos desgastes del neumático delantero derecho*



*Fuente: (Autores).*

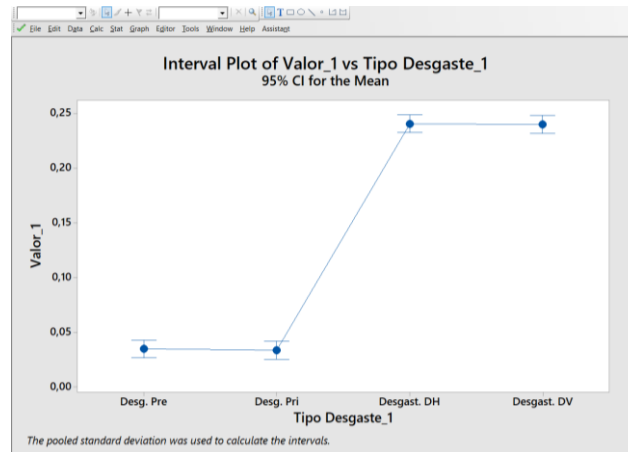
## 5.2 Análisis del desgaste neumático delantero izquierdo

### 5.2.1 Diagrama de desgastes de profundidad y los desgaste por diámetro del neumático.

En la figura 25 se proporciona intervalo de confianza del 95%, en el cual se aprecia que la línea de conexión está superpuesta entre los distintos desgastes, y se da a entender que existen valores diferentes de desgaste en la banda de rodadura del neumático.

## Figura 25

*Intervalos entre los desgastes de profundidad y los desgastes por diámetro del neumático delantero izquierdo.*



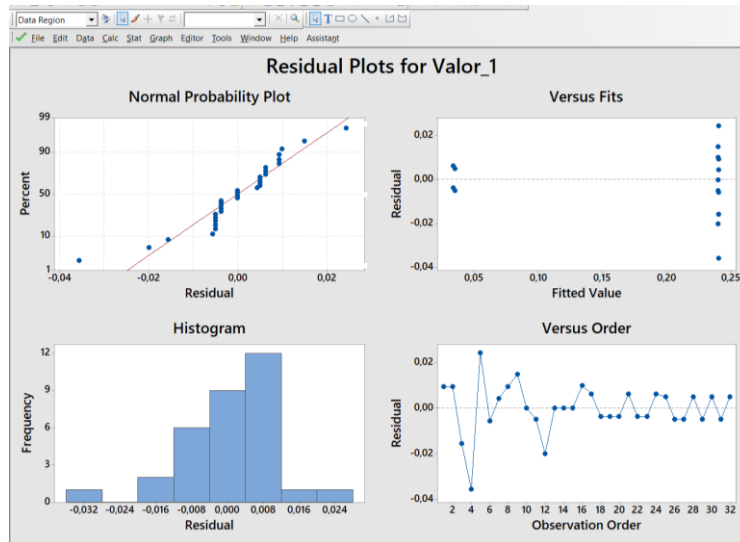
Fuente: (Autores).

### 5.2.2 Modelo de regresión lineal Minitab.

El análisis de los residuos de la figura 26, en la gráfica de probabilidad normal, se demuestra que la mayoría de los puntos azules se sobrepone en la línea roja, esta tendencia indica que existe un ajuste adecuado en la distribución normal. El histograma de residuos sugiere que cuando los residuos están próximos a cero, esto indica un ajuste preciso del modelo, ya que los residuos exhiben mínimas variaciones. En la gráfica de valor ajustado vs residuo se muestra que los valores están dispersos de manera aleatoria, es decir, no muestran patrones, lo que sugiere precisión en la toma de datos. Para finalizar, la gráfica de orden, al tener los valores de manera aleatoria sin ningún patrón, indica que el experimento no presenta influencia de variables externas.

**Figura 26**

*Residuos para un modelo de regresión lineal neumático delantero izquierdo.*



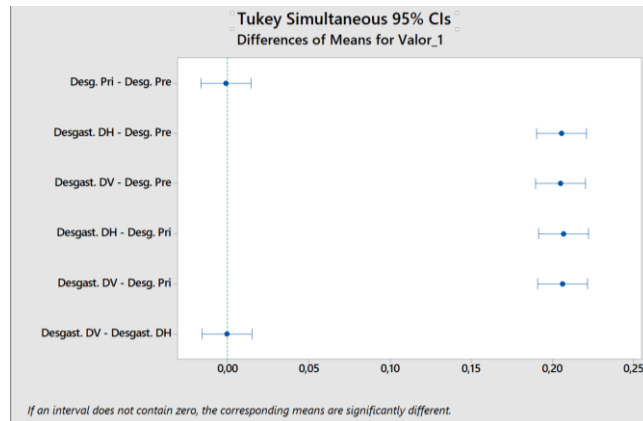
Fuente: (Autores).

### 5.2.3 Dispersión de los distintos desgastes del neumático.

En la figura 27, indica la relación de datos que existe entre desgaste por profundidades externa (Pre), interna (Pri) y diámetro horizontal (DH), vertical (DV), se muestran líneas simétricas; como resultado las profundidades presentan mayor veracidad, que muestra un rango de líneas de desgaste uniforme entre sí mismos.

**Figura 27**

*Gráfica Tukey de diagrama de dispersión de los distintos desgastes del neumático delantero izquierdo.*



Fuente: (Autores).

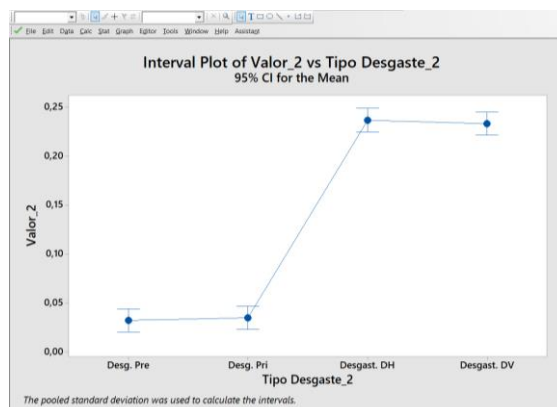
### 5.3 Análisis del desgaste neumático trasero derecho.

#### 5.3.1 Diagrama de desgastes de profundidad y los desgastes por diámetro del neumático.

En la figura 28 se proporciona intervalo de confianza del 95%, se entiende que existen valores diferentes de desgaste en la banda de rodadura, en el cual se aprecia que la línea de conexión está superpuesta entre los distintos tipos de desgaste del neumático.

**Figura 28**

*Intervalos entre los desgastes de profundidad y los desgastes por diámetro del neumático trasero derecho.*



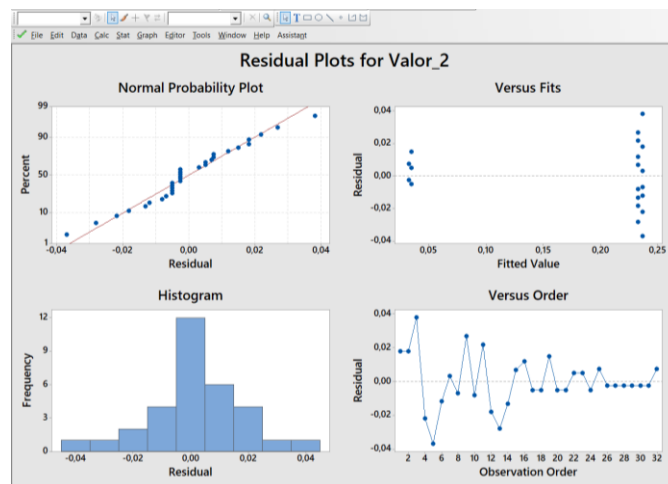
Fuente: (Autores).

### 5.3.2 Modelo de regresión lineal Minitab neumático trasero izquierdo.

En la muestra obtenida, se realiza un análisis de los residuos, la figura 29, en la gráfica de probabilidad normal, se demuestra que la mayoría de los puntos azules se superponen en la línea roja, esta tendencia indica que existe un ajuste adecuado en la distribución normal. El histograma de distribución refleja la campana de Gauss. En la gráfica de valor ajustado vs residuo se muestra que los valores están dispersos de manera aleatoria, es decir, no muestran patrones, lo que sugiere precisión en la toma de datos. Para finalizar, la gráfica de orden, al tener los valores de manera aleatoria sin ningún patrón, indica que el experimento no presenta influencia de variables externas

**Figura 29**

*Residuos para un modelo de regresión lineal neumático trasero derecho.*



Fuente: (Autores).

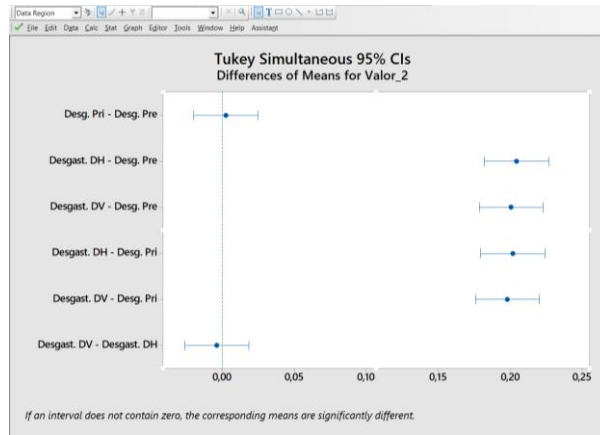
### 5.3.3 Dispersión de los distintos desgastes del neumático.

La figura 30, indica la relación de datos que existe entre desgaste por profundidades externa (Pre), interna (Pri) y diámetro horizontal (DH), vertical (DV), se muestran líneas simétricas; como resultado las profundidades presentan mayor veracidad, al relacionar los desgastes de profundidad interna o externa juntos con los desgastes de

diámetros en horizontal o vertical, existen una similitud o comparación cercana entre ellos, lo que denota un desgaste uniforme entre sí mismos.

### Figura 30

*Gráfica Tukey de diagrama de dispersión de los distintos desgastes del neumático trasero derecho.*



Fuente: (Autores).

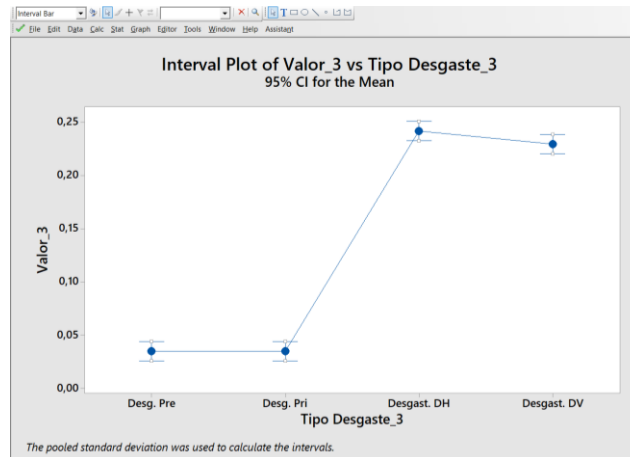
## 5.4 Análisis del desgaste neumático trasero izquierdo.

### 5.4.1 Diagrama de desgastes de profundidad y los desgaste por diámetro del neumático.

En la figura 31 se proporciona intervalo de confianza del 95%, y se da a entender que existen valores diferentes de desgaste en la banda de rodadura, en el cual se aprecia que la línea de conexión está superpuesta entre los distintos de desgaste del neumático.

### Figura 31

*Intervalos entre los desgastes de profundidad y los desgastes por diámetro del neumático trasero izquierdo.*



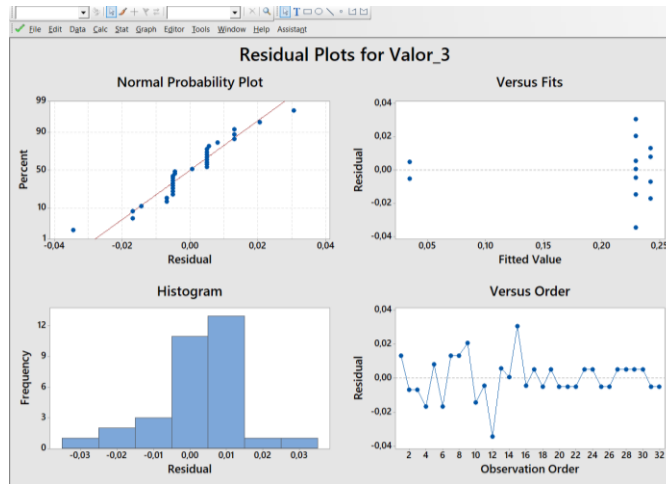
Fuente: (Autores).

#### 5.4.2 Análisis de desgaste de neumático delantero izquierdo.

Para constatar la muestra obtenida, se realiza un análisis de los residuos, la figura 32, en la gráfica de probabilidad normal, se demuestra que la mayoría de los puntos azules se sobrepone en la línea roja, esta tendencia indica que existe un ajuste adecuado en la distribución normal. El histograma de distribución de residuos indica que los residuos cercanos a cero muestran que el modelo se ajusta de manera precisa, debido a que los residuos se encuentran sin variaciones significativas. En la gráfica de valor ajustado vs residuo se muestra que los valores están dispersos de manera aleatoria, es decir, no muestran patrones, lo que sugiere precisión en la toma de datos. Para finalizar, la gráfica de orden, al tener los valores de manera aleatoria sin ningún patrón, indica que el experimento no presenta influencia de variables externas.

#### Figura 32

*Residuos para un modelo de regresión lineal neumático trasero izquierdo.*



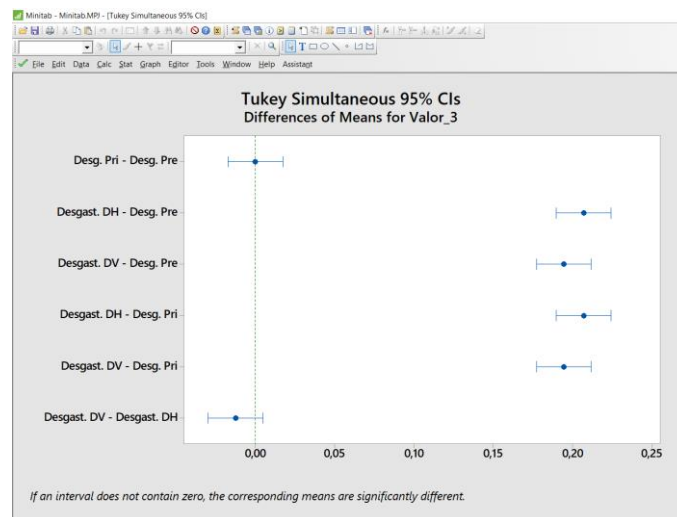
Fuente: (Autores).

### 5.4.3 Dispersión de los distintos desgastes del neumático trasero izquierdo.

La figura 33, indica la relación de datos que existe entre desgaste por profundidades externa (Pre), interna (Pri) y diámetro horizontal (DH), vertical (DV), esto muestra líneas simétricas; como resultado las profundidades presentan mayor veracidad.

**Figura 33**

*Diagrama de dispersión de los distintos desgastes del neumático Trasero izquierdo.*



Fuente: (Autores).



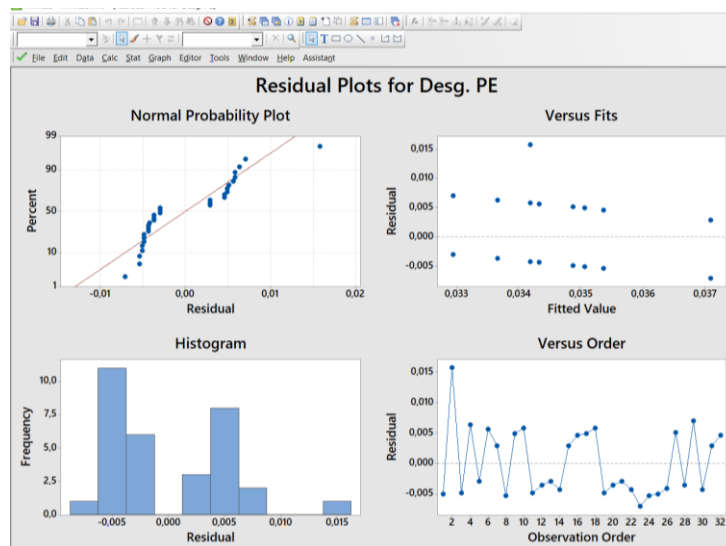
## 5.5 Analisis del desgaste de los 4 neumaticos.

### 5.5.1 Graficas residuales para los neumáticos

Se realiza un análisis de residuos, la figura 34, en la gráfica de probabilidad normal, se demuestra que la mayoría de puntos de azules se encuentran cercanos a la línea roja, y se indica que la tendencia es de un ajuste adecuado en la distribución normal de los datos. El histograma de distribución de residuos indica que los residuos muy cerca de cero muestran como el modelo se ajusta de manera correcta, porque, no presentan variaciones significativas. En la gráfica de valor ajustado vs residuo mantienen un dispersión aleatoria, e indica una concisa toma de datos. Para finalizar, la gráfica de orden, presenta valores de forma aleatoria, por lo que muestra que el experimento no cuenta con variables externas.

**Figura 34**

*Graficas residuales de profundidad de banda de rodadura.*



Fuente: (Autores).

### **5.5.2 Análisis de modelo de regresión múltiple para desgaste de profundidad externa.**

La figura 35, indica la gráfica de modelo de regresión múltiple y se tiene como resultados a través de las variables de presión, peso y tiempo por vuelta; el cual muestra un R-cuadrado ajustado del 87,4 %.

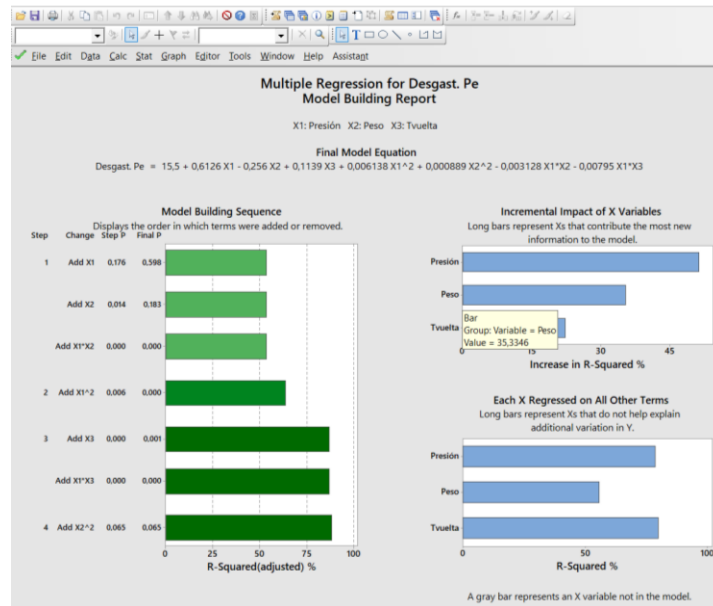
Las variables más importantes son la presión y el peso para el desgaste de los neumáticos por profundidad externa, mientras que el tiempo por vuelta no es tan relevante.

Los coeficientes de regresión son los siguientes:

- Por el aumento de 1 unidad en la presión nos da un aumento de 0,5 unidades en el desgaste de profundidad externa.
- Por el aumento de 1 unidad en el peso se tiene un aumento de 0,3 unidades en el aumento del desgaste de profundidad externa.
- Por el aumento de 1 unidad en tiempo por vuelta, se cuenta con un aumento de 0,1 unidades en el aumento del desgaste de profundidad externa.

**Figura 35**

*Regresión múltiple para desgaste de profundidad externa*



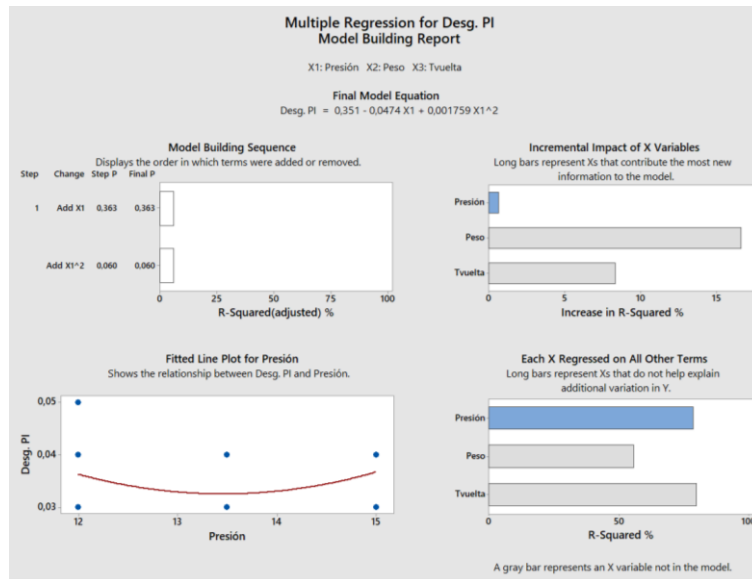
*Fuente: (Autores).*

### 5.5.3 Análisis de gráfica de construcción de modelo de regresión múltiple para un modelo de Desgaste por profundidad interna

La figura 36, gráfica de modelo de regresión múltiple, presenta presión, peso y tiempo por vuelta como variables independientes, y a la profundidad interna como variable dependiente, se tiene como resultado R-ajustado del 85,1 %. Se observa que las variables independientes que más influyen son presión y tiempo por vuelta, debido, a sus coeficientes de regresión más significativos. El gráfico de línea ajustada en la presión indica una relación lineal positiva

**Figura 36**

*Regresión múltiple para un modelo de Desgaste por profundidad interna*



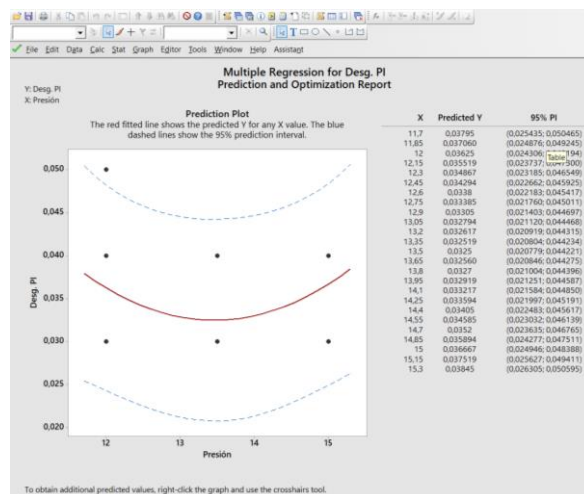
Fuente: (Autores).

### 5.5.4 Análisis de gráfica de los 4 neumáticos de dispersión con un ajuste de regresión lineal e intervalo de predicción

En la figura 37, dispersión con un ajuste de regresión lineal e intervalo de predicción, la línea roja señala la tendencia central que existe en la relación entre presión y desgaste por profundidad interna, la cual indica mayor índice de desgaste en presiones de 12 a 15 PSI.

**Figura 37**

*Dispersión con un ajuste de regresión lineal e intervalo de predicción del 95%.*



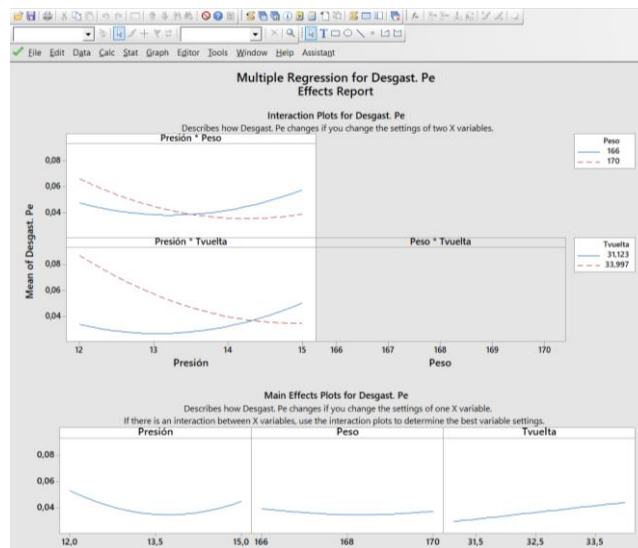
Fuente: (Autores).

### **Análisis de regresión múltiple por desgaste por profundidad externa**

La figura 38, gráfica de regresión múltiple, indica las interacciones que existe entre las variables de presión y peso, presión y tiempo por vuelta, y peso y tiempo por vuelta. Lo que señala la influencia que tienen las variables sobre el desgaste de la profundidad externa en los neumáticos. Se tiene como resultado los efectos principales que el aumento de presión y peso generan un aumento en el desgaste de la profundidad externa de los neumáticos, mientras que el aumento en el tiempo por vuelta reduce el desgaste.

**Figura 38**

*Regresión múltiple con la variable con desgaste por profundidad externa y variables independientes.*



Fuente: (Autores).

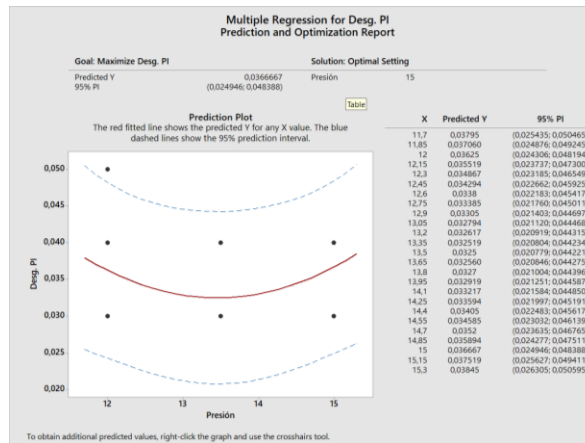
### **5.5.5 Análisis del gráfico de predicción para un modelo de regresión múltiple**

La figura 39, predicción para un modelo de regresión, el gráfico indica al desgaste por profundidad interna como variable dependiente, mientras que la presión se mantiene como variable independiente, la línea roja ajustada indica la relación lineal que existe

entre ambas variables, lo que indica como en condiciones de presiones bajas o más elevadas el desgaste va a ser superior al generado por presiones ideales, por lo que se muestra como varía el desgaste en base a las presiones.

**Figura 39**

*Predicción para un modelo de regresión múltiple*



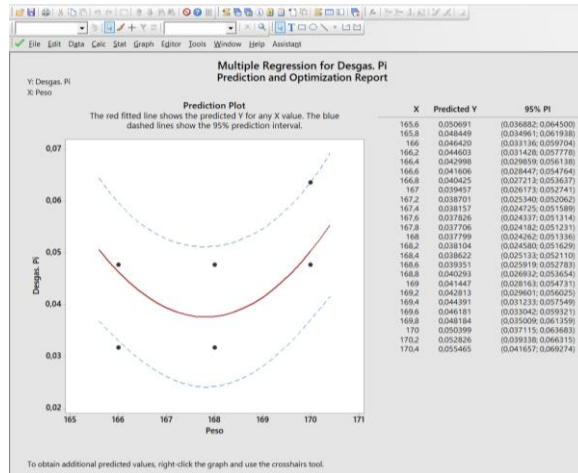
Fuente: (Autores).

### 5.5.6 Análisis de regresión múltiple para el desgaste del perímetro interno según el peso en los 4 neumáticos

La figura 40, regresión múltiple, indica una relación positiva y lineal que existe entre el peso como variable independiente y el desgaste del perímetro interno como variable dependiente, lo que se refleja en la línea roja muestra que, en condiciones más elevadas de peso, se presenta un mayor desgaste en los neumáticos.

**Figura 40**

*Regresión múltiple para el desgaste del perímetro interno según el peso.*



Fuente: (Autores).

## 6. Conclusión.

Basado en la consulta bibliográfica se determina que el mejor método para analizar el desgaste de un neumático slick para karting es a través de la medición del desgaste de los surcos en la banda de rodadura, en cual se identifica la profundidad de caucho blando para que el neumático siga en uso cuando este en pista, es importante destacar que los neumáticos trabajan mejor a una presión de 13,5 PSI lo que recomienda el fabricantes (MGtires Racing, 2018) debido a que con baja presión el desgaste es mayor, y con presiones más elevadas de igual manera presentan desgaste mayor e incluso pierden adherencia con la pista asfáltica.

La temperatura de los neumáticos es muy importante para que el vehículo tenga un mejor rendimiento en competencia; debido a que con mayor temperatura del neumático el karting sufre de graining, lo que genera un aumento en la degradación o desgaste del neumático, y estas virutas se pegan con la banda de rodadura, lo que genera un flotamiento en el mismo y a su vez genera pérdida de pista; y cabe recalcar que el aumento de temperatura en los neumáticos influye en un aumento de presión, el cual varía entre 1,8 a 2 PSI aproximadamente de la presión inicial de competencia.

## **7. Recomendaciones**

Para realizar las mediciones de los neumáticos de una manera más precisa se recomienda marcar un punto de referencia, en el cuál siempre se van a tomar los datos desde ese punto, para obtener datos más eficientes.

Es de suma importancia realizar una verificación del funcionamiento del karting antes de entrar a pista, de esta manera se asegura que no se presenten fallas mecánicas, para no afectar la obtención de datos, y salvaguardar el bienestar del piloto; debido a esto se recomienda contar con una lista de comprobaciones a revisar para que el karting se encuentre en buenas condiciones antes de competir.



## 8. Bibliografía

- Alvarado, I. (20 de Julio de 2022). *Diario El Mercurio*. Obtenido de Diario El Mercurio Web Site: <https://elmercurio.com.ec/2022/07/20/kartodromo-virgen-de-la-nube-se-estrenara-con-un-biprovincial/>
- Aparicio, F., Vera, C., & Diaz, V. (2016). *Teoría de los vehículos Automóviles* (Vol. II). Madrid, España: DEXTRA. Recuperado el 07 de 11 de 2023
- Autonocion. (13 de Junio de 2021). *Autonocion*. Obtenido de Autonocion Web Site: <https://www.autonocion.com/como-funciona-un-neumatico-las-fuerzas-ocultas/>
- Bernardi, M. (07 de Agosto de 2019). *CÓMO NACEN LAS LLANTAS DE KART*. Recuperado el 17 de 09 de 2023, de TKART: <https://tkart.it/es/magazine/como-hacer-para/fabricacion-llantas-de-kart/#1>
- Chasiquiza, J. (2019). *EVALUACIÓN DEL DESGASTE DE NEUMATICOS POR CAUSA DE FALTA DE BALANCEO*. TESIS DE PREGADO, UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE, INGENIRÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ, IBARRA. Recuperado el 16 de Noviembre de 2023, de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/9578/2/04%20MAUT%20095%20TRABAJO%20DE%20GRADO%20.pdf>
- DMK RACING. (04 de Diciembre de 2015). *CATEGORIAS DEL KARTING*. Recuperado el 14 de Noviembre de 2023, de DMK RACING.COM: <https://dmkracing.com/noticias/categorias-competicion-karting/>
- FEDAK. (2023). *Federación Ecuatoriana de Automovilismo y kartismo*. Obtenido de FEDAK web site: <https://fedak.com.ec/>
- Flores, A., & Idrovo, H. (2020). *ESTUDIO DE LA ADEHERENCIA SEGÚN EL TIPO DE DESGASTE DEL NEUMÁTICO*. Tesis Pregrado , UNIVERSIDAD

INTERNACIONAL DEL ECUADOR , FACULTAD DE INGENIERÍA  
AUTOMOTRIZ, QUITO.

Fuentes, V. (02 de Enero de 2018). *MOTORPASION*. Recuperado el 10 de Noviembre de 2023, de MOTORPASION: <https://www.motorpasion.com/industria/una-fascinante-casualidad-hizo-que-goodyear-vulcanizara-caucho-en-el-siglo-xix-cambiando-para-siempre-los-neumaticos>

Jornsen, R., Helmut, S., & Jurgen, B. (2001). *The Automotive Chassis* (Segunda ed., Vol. II). Portland: Society of Automotive Engineers. Recuperado el 11 de Noviembre de 2023

*La casa del neumático*. (03 de Septiembre de 2019). Obtenido de La casa del neumático: <https://www.lacasadelneumatico.com/blog/de-que-esta-hecho-un-neumatico/>

Leon, D. (2014). *PRODUCCIÓN E INTRODUCCIÓN AL MERCADO DE UN VEHÍCULO KARTING: CONSTRUCCIÓN DE UN VEHÍCULO KARTING*. TESIS LICENCIATURA, UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO, ELECTROMECHANICA AUTOMOTRIZ Y ADMINISTRACIÓN DE TALLERES, QUITO . Recuperado el 11 de Noviembre de 2023, de <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/4684/1/112597.pdf>

Mercaneumaticos. (06 de 10 de 2016). *Mercaneumaticos*. Recuperado el 10 de Noviembre de 2023, de Mercaneumaticos Web site: <https://www.mercaneumaticos.com/conoce-la-historia-del-neumatico/>

MGTires Rancing. (2018). *MGTires Rancing*. Obtenido de Mgtires.com: <https://app.bibguru.com/p/f12f1932-73d6-433f-b033-198b34f756dd>

MICHELIN. (2022). *MICHELIN*. Obtenido de MICHELIN Web Site: <https://centroamerica.michelin.com/auto/consejos/cambiar-llantas/indicador-de-desgaste-de-las-llantas>

- Molina, B. (2020). *ANÁLISIS DE UN MOTOR CICLO OTTO ANTE DIFERENTES FACTORES ATMOSFERICOS MEDIANTE UN ESTUDIO COMPARATIVO DE PARAMETROS DE IDENTIFICACIÓN PARA OBTENER EL REDIMIENTO ENERGÉTICO*. TESIS PREGRADO, UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ, CUENCA. Recuperado el 15 de Noviembre de 2023, de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19374/1/UPS-CT008852.pdf>
- MUCHO NEUMATICO. (25 de Mayo de 2018). Obtenido de MUCHO NEMATICO: <https://www.muchoneumatico.com/blog/neumaticos/repaso-a-la-historia-de-los-colores-de-los-neumaticos/>
- Muñoz, J. (24 de Octubre de 2018). *La magia de elegir bien los neumaticos en rallies*. Obtenido de SOYMOTOR : <https://soymotor.com/coches/articulos/la-magia-de-elegir-bien-los-neumaticos-en-rallies-953984>
- NEUMATICOS KM 0. (11 de Noviembre de 2017). *NEUMATICOS KM 0*. Recuperado el 15 de Noviembre de 2023, de NEUMATICOS KM 0 Web Site: <https://www.neumaticoskm0.com/estructura-de-un-neumatico/>
- Ortiz, J. (2014). *ESTUDIO DE LA RELACIÓN DEL CONJUNTO NEUMATICO-LLANTA DE UN NEUMATICO, CON EL CONSUMO ENERGETICO Y LA SEGURIDAD VIAL*. TESIS POSGRADO, UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CATALUNYA, INGENIERÍA INDUSTRIAL, ESPECIALIDAD MECÁNICA, CATALUNYA. Recuperado el 16 de NOVIEMBRE de 2023, de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/24328/ANEXOS.pdf>
- Pablo, Q. (2018). *DISEÑO Y FABRICACIÓN DEL CHASIS PARA UN KART KF4 SEGÚN LA NORMATIVA CIK/FIA*. TESIS PREGRADO, UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA , CUENCA . Recuperado el 16 de Noviembre de

2023, de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15766/1/UPS-CT007735.pdf>

Pauta, J., & Sanchez, R. M. (2014). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA CARROCERIA DE UN VEHICULO DE COMPETENCIA TIPO FORMULA SAE*. TESIS PREGADO, UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA , CARRERA DE INGENIERIA MECANICA AUTOMOTRIZ, CUENCA . Recuperado el 10 de NOVIEMBRE de 2023, de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7183/1/UPS-CT004048.pdf>

Plaza, D. (2011). *ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y SUS COMPONENTES*. TESIS PREGRADO, UNIVERSIDAD ZARAGOZA, INGENIRÍA MECÁNICA, ZARAGOZA . Recuperado el 13 de Noviembre de 2023, de <https://zaguan.unizar.es/record/5673/files/TAZ-PFC-2011-125.pdf?version=3>

Puiggrós, C. (11 de Marzo de 2016). Cálculo del porcentaje de conservación y desgaste en neumáticos. *Skopein, IV*(11).

Pulido, H. G., & Salazar, R. d. (2008). *Análisis y diseño*. Mc Graw Hill Interamericana.

Sanango, B., & Villalta, J. (2018). *ESTUDIO PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LA LÍNEA DE FABRICACIÓN APLICANDO LAS 5S*. TESIS PREGRADO, UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, CARRERA DE INGENIERÍA MECANICA AUTOMOTRIZ , CUENCA . Recuperado el 11 de Noviembre de 2023, de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16527/1/UPS-CT008019.pdf>

## 9. Anexos

### Anexo 1.

*Modificación y calibración del eje trasero (Ancho de vía).*



Fuente: (Autores).

### Anexo 2.

*Calibración del cable de aceleración.*



Fuente: (Autores).

### **Anexo 3.**

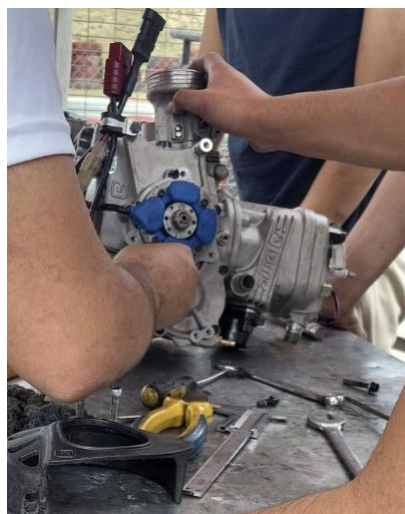
*Mantenimiento preventivo sistema de embrague.*



Fuente: (Autores).

### **Anexo 4.**

*Mantenimiento preventivo del motor.*



Fuente: (Autores).

Nota. El mantenimiento preventivo que se aplique es cambio de aceite, y cuerpo de aceleración, no se debe desarmar porque según (FEDAK, 2023) los motores deben ser homologados.

## Anexo 5.

### Coste de implementación del proyecto

Inicialmente se considera los costos activos y costos variables los cuales se han invertido para realizar el análisis del desgaste de los neumáticos

#### 9.1 Tabla de anexos.

**Tabla 1.**

*Costos fijos del proyecto técnico*

<b>ACTIVOS FIJOS</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO FINAL</b>
Alquiler de kartódromo	\$ 15	5 días	\$ 75
Calibrador digital 300 mm	\$ 50	1	\$ 50
Transporte	\$ 30	5 días	\$ 150
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 275</b>

Fuente: (Autores).

**Tabla 2**

*Costos variables del proyecto técnico*

<b>COSTOS VARIABLES</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO FINAL</b>
Combustible (Super)	\$ 3,40 (galón)	4	\$ 14,4
Neumáticos	\$ 56,25	4	\$ 225
Aceite de caja	\$ 10 (litro)	1	\$ 10
Batería de 5v	\$ 5	2	\$ 10

Suelda de soporte de	\$ 10	1	\$ 10
Intercooler			
Líquido de frenos DOT 5	\$ 10	1	\$ 10
Pernos + tuercas	\$ 5	-	\$5
Bridas o amarras plásticas	\$ 3.50	1	\$3.50
Cinta métrica	\$2.00	1	\$2.00
Pilas AA	\$2.50	2	\$5
Bujía	\$ 10	1	\$10
TOTAL			\$ 299,90

Fuente: (Autores).

### Tabla 3

*Resumen de la inversión final del proyecto técnico*

RESUMEN DE LA INVERSIÓN INICIAL	
DESCRIPCIÓN	VALOR
COSTOS FIJOS	\$ 275
COSTOS VARIABLES	\$ 299,90
TOTAL	\$ 574,90

Fuente: (Autores).