



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **FACULTAD DE MECÁNICA**

### **CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

#### **“ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL AIRE Y DEL NITRÓGENO EN NEUMÁTICOS, Y SU INCIDENCIA EN EL DESGASTE POR EL CAMBIO TÉRMICO AL QUE ESTÁN EXPUESTOS”**

**Trabajo de titulación:**

Tipo: Trabajo experimental

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**AUTORES:**

**WILMER ALDAIR LEMACHE CAIZA**

**ESTALIN BAYARDO SANGOQUIZA GUACHI**

**DIRECTOR:** Ing. EDER LENIN CRUZ SIGUENZA

Riobamba – Ecuador

2021

**© 2021, Wilmer Aldair Lemache Caiza & Estalin Bayardo Sangoquiza Guachi**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, WILMER ALDAIR LEMACHE CAIZA y ESTALIN BAYARDO SANGOQUIZA GUACHI, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

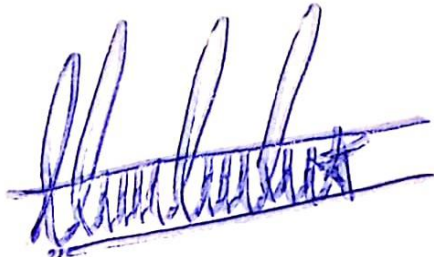
Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 06 de Julio de 2021



**Wilmer Aldair Lemache Caiza**

**CI: 060392197-4**



**Estalin Bayardo Sangoquiza Guachi**

**CI: 180521671-8**

# ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

## FACULTAD DE MECÁNICA

### CARRERA DE ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación; tipo: Trabajo Experimental, **ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL AIRE Y DEL NITRÓGENO EN NEUMÁTICOS, Y SU INCIDENCIA EN EL DESGASTE POR EL CAMBIO TÉRMICO AL QUE ESTÁN EXPUESTOS**, realizado por los señores: **WILMER ALDAIR LEMACHE CAIZA Y ESTALIN BAYARDO SANGOQUIZA GUACHI**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. José Francisco Pérez Fiallos <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>	 Firmado digitalmente por JOSE FRANCISCO PEREZ FIALLOS Fecha: 2021.07.22 10:07:58 -04'00'	2021-06-21
Ing. Eder Lenin Cruz Siguenza <b>DIRECTOR(A) DE TRABAJO DE TITULACIÓN</b>	 Firmado digitalmente por EDER LENIN CRUZ SIGUENZA	2021-06-21
Ing. Fernando Mauricio Tello Oquendo <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	 Firmado digitalmente por FERNANDO MAURICIO TELLO OQUENDO Nombre de reconocimiento (CN): FERNANDO MAURICIO TELLO OQUENDO Organización (O): SUP-ENTIDAD DE CERTIFICACION DE INGENIERIA SerialNumber: 38072022344 cn=FERNANDO MAURICIO TELLO OQUENDO Fecha: 2021.07.23 22:22:30 -05'00'	2021-06-21

## **DEDICATORIA**

Agradezco, primeramente, a Dios por bendecirme con unos padres ejemplares que con su trabajo y sacrificio en el transcurso de mi vida estudiantil he logrado llegar hasta aquí, gracias por el apoyo y todo el amor para poder obtener mi título profesional.

A mis familiares en mención especial a mi madre Blanca que en mi etapa universitaria aportaron en mi formación académica y amigos por su apoyo incondicional en momentos difíciles gracias por todos los consejos que me ayudaron a mejorar como persona.

A todas las personas, compañeros que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

Wilmer

## **AGRADECIMIENTO**

El presente trabajo agradezco a Dios por ser mi guía y acompañarme en el transcurso de mi vida, brindándome paciencia y sabiduría para culminar con éxito mis metas propuestas.

A mis padres por ser mi pilar fundamental y haberme apoyado incondicionalmente, pese a las adversidades e inconvenientes que se presentaron.

Agradezco a mi director de tesis Ing. Eder Cruz y mi asesor Ing. Fernando Tello quien con su experiencia, conocimiento y motivación me oriento en la investigación.

Agradezco a los todos docentes que con su sabiduría, conocimiento y apoyo, motivaron a desarrollarme como persona y profesional en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Wilmer

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xvi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvii
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT.....	xix
INTRODUCCIÓN.....	1

## CAPÍTULO I

1	<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	4
1.1	<b>Neumáticos</b> .....	4
1.2	<b>Propiedades de los neumáticos</b> .....	4
1.3	<b>Partes del neumático</b> .....	5
1.3.1	<i>Bamba de rodamiento</i> .....	5
1.3.2	<i>Cinturones de acero</i> .....	6
1.3.3	<i>Refuerzo de pestaña</i> .....	6
1.3.4	<i>Cara lateral</i> .....	6
1.3.5	<i>Carcasa</i> .....	6
1.3.6	<i>Núcleo de pestaña</i> .....	7
1.4	<b>Clasificación de los neumáticos</b> .....	7
1.4.1	<i>Por su estructura</i> .....	7
1.4.1.1	<i>Diagonales</i> .....	7
1.4.1.2	<i>Radial</i> .....	8
1.4.1.3	<i>Con cámara</i> .....	8
1.4.1.4	<i>Tubulless</i> .....	9
1.4.2	<i>Por su serie</i> .....	9
1.4.3	<i>Por el diseño de la banda de rodamiento</i> .....	11

1.4.3.1	<i>Diseño direccional</i> .....	11
1.4.3.2	<i>Diseño simétrico</i> .....	11
1.4.3.3	<i>Diseño asimétrico</i> .....	11
1.4.	<b>Por su servicio</b> .....	12
1.5	<b>Características mecánicas de los neumáticos</b> .....	12
1.5.1	<b><i>Fuerzas que actúan sobre un neumático</i></b> .....	13
1.5.1.1	<i>Fuerza de frenado</i> .....	13
1.5.1.2	<i>Resistencia a la rodadura</i> .....	14
1.5.1.3	<i>Fuerzas aerodinámicas</i> .....	14
1.5.1.4	<i>Coefficiente de adherencia</i> .....	14
1.5.2	<b><i>Fuerzas laterales</i></b> .....	15
1.5.2.1	<i>Fuerza de deriva</i> .....	15
1.5.2.2	<i>Momento de autolineación</i> .....	16
1.5.3	<b><i>Presión adecuada en los neumáticos</i></b> .....	16
1.6	<b>El aire</b> .....	17
1.6.1	<b><i>Propiedades del aire</i></b> .....	17
1.6.1.1	<i>Propiedades químicas del aire</i> .....	18
1.6.1.2	<i>Propiedades físicas del aire</i> .....	19
1.6.2	<b><i>Comportamiento del aire ante variaciones de temperatura</i></b> .....	19
1.6.3	<b><i>Comportamiento de la presión respecto a la variación de altitud y temperatura</i></b> .....	19
1.7	<b>El nitrógeno</b> .....	20
1.7.1	<b><i>Propiedades del nitrógeno</i></b> .....	20
1.7.2	<b><i>Comportamiento del nitrógeno ante variaciones de temperatura</i></b> .....	21
1.8	<b>Diferencia entre el uso del nitrógeno y el aire en neumáticos</b> .....	21
1.9	<b>Sistema TPMS</b> .....	22
1.9.1	<b><i>Composición del sistema TPMS</i></b> .....	22
1.9.1.1	<i>Sistemas TPMS sensor directo e indirecto</i> .....	23
1.10	<b>Sistema de actualización TPMS de doble potencia BP45 (VS-63W019)</b> .....	24
1.10.1	<b><i>Especificaciones Técnicas del Sistema de actualización TPMS BP45</i></b> .....	24



1.11	<b>Alineación y balanceo</b> .....	25
1.11.1	<i>Alineación</i> .....	25
1.11.2	<i>Balanceo</i> .....	26

## CAPÍTULO II

<b>2</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	28
2.1	<b>Introducción</b> .....	28
2.2	<b>Métodos de investigación utilizados</b> .....	28
2.2.1	<i>Investigación explicativa</i> .....	28
2.2.2	<i>Investigación exploratoria</i> .....	29
2.3	<b>Enfoque de la investigación</b> .....	29
2.4	<b>Diseño de investigación</b> .....	29
2.5	<b>Población y muestra</b> .....	30
2.5.1	<i>Población</i> .....	30
2.5.2	<i>Muestra</i> .....	30
2.6	<b>Tipo de variables</b> .....	31
2.6.1	<i>Variables dependientes</i> .....	31
2.6.2	<i>Variables independientes</i> .....	31
2.7	<b>Materiales y equipos</b> .....	31
2.8	<b>Técnicas e instrumentos para la recolección de datos</b> .....	33
2.8.1	<i>Técnicas de recolección de datos</i> .....	33
2.8.2	<i>Instrumentos de recolección de datos</i> .....	34
2.9	<b>Procesamiento de datos</b> .....	34
2.9.1	<i>Recolección de datos</i> .....	35
2.9.2	<i>Procesamiento de la información obtenida</i> .....	35
2.9.3	<i>Presentación y publicación de resultados</i> .....	36
2.10	<b>Procedimientos experimentales</b> .....	36
2.11	<b>Realización de las pruebas</b> .....	36

2.11.1	<i>Adquisición de neumáticos</i> .....	37
2.11.2	<i>Instalación del sistema TPMS en el vehículo</i> .....	38
2.11.3	<i>Instalación de los neumáticos en el vehículo</i> .....	39
2.11.4	<i>Alineación y balanceo del vehículo</i> .....	41
2.12	<b>Adquisición de datos</b> .....	41
2.13	<b>Tabulación de datos</b> .....	43

### **CAPÍTULO III**

<b>3</b>	<b>MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b> .....	<b>45</b>
3.1	<b>Recorrido N° 1</b> .....	<b>45</b>
3.2	<b>Recorrido N° 2</b> .....	<b>49</b>
3.3	<b>Recorrido N° 3</b> .....	<b>52</b>
3.4	<b>Recorrido N° 4</b> .....	<b>56</b>
3.5	<b>Recorrido N° 5</b> .....	<b>61</b>
3.6	<b>Recorrido N° 6</b> .....	<b>66</b>
3.7	<b>Recorrido N° 7</b> .....	<b>70</b>
3.8	<b>Recorrido N° 8</b> .....	<b>74</b>
3.9	<b>Análisis estadístico</b> .....	<b>79</b>
3.9.1	<i>Análisis de los datos de temperatura</i> .....	<b>79</b>
3.9.2	<i>Análisis de los datos de la presión</i> .....	<b>80</b>
3.9.2.1	<i>Recorrido #1</i> .....	<b>80</b>
3.9.2.2	<i>Recorrido #2</i> .....	<b>82</b>
3.9.2.3	<i>Recorrido #3</i> .....	<b>83</b>
3.9.2.4	<i>Recorrido #4</i> .....	<b>84</b>
3.9.2.5	<i>Recorrido #5</i> .....	<b>86</b>
3.9.2.6	<i>Recorrido #6</i> .....	<b>88</b>
3.9.2.7	<i>Recorrido #7</i> .....	<b>89</b>
3.9.2.8	<i>Recorrido #8</i> .....	<b>90</b>

3.9.3	<b>Análisis de los datos del desgaste</b> .....	92
3.9.3.1	<i>Recorrido #3</i> .....	92
3.9.3.2	<i>Recorrido #4</i> .....	93
3.9.3.3	<i>Recorrido #5</i> .....	94
3.9.3.4	<i>Recorrido #6</i> .....	95
3.9.3.5	<i>Recorrido #7</i> .....	96
3.9.3.6	<i>Recorrido #8</i> .....	97
3.9.4	<b>Distribución T- student</b> .....	99
3.9.4.1	<i>Definición de hipótesis</i> .....	99
3.9.4.2	<i>Grados de libertad y significancia</i> .....	99
3.9.4.3	<i>Desviación estándar</i> .....	100
3.9.4.4	<i>Evaluación de las hipótesis</i> .....	101
3.9.5	<b>Análisis de costos</b> .....	103
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	104
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	105
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
	<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b>	Propiedades de los neumáticos .....	4
<b>Tabla 2-1:</b>	Clasificación de los neumáticos .....	7
<b>Tabla 3-1:</b>	Clasificación de los neumáticos según el servicio para los que son utilizados. ....	12
<b>Tabla 4-1:</b>	Relación de las fuerzas aerodinámicas y rodadura con la potencia de un vehículo	14
<b>Tabla 5-1:</b>	Coefficientes de adherencia de los neumáticos .....	15
<b>Tabla 6-1:</b>	Composición del Aire.....	17
<b>Tabla 7-1:</b>	Capas de la atmósfera .....	17
<b>Tabla 8-1:</b>	Propiedades físicas del aire .....	18
<b>Tabla 9-1:</b>	Propiedades químicas del nitrógeno .....	20
<b>Tabla 10-1:</b>	Diferencia entre el uso del nitrógeno y el aire en neumáticos .....	21
<b>Tabla 1-11:</b>	Especificaciones técnicas del sistema de actualización TPMS .....	24
<b>Tabla 1-2:</b>	Equipos y materiales utilizados en el proyecto .....	32
<b>Tabla 2-2:</b>	Características de neumáticos campeón .....	38
<b>Tabla 3-2:</b>	Detalle del contenido de la placa del KIA Rio .....	40
<b>Tabla 1-3:</b>	Datos iniciales de los neumáticos .....	45
<b>Tabla 2-3:</b>	Recorrido 1. Datos de la temperatura y presión en los neumáticos delanteros. ....	46
<b>Tabla 3-3:</b>	Recorrido 1. Datos de la temperatura y presión en los neumáticos posteriores ....	47
<b>Tabla 4-3:</b>	Recorrido 2. Datos de la temperatura y presión del aire en los neumáticos .....	49
<b>Tabla 5-3:</b>	Recorrido 2. Datos de temperatura y presión de los neumáticos posteriores .....	51
<b>Tabla 6-3:</b>	Recorrido 3. Datos de la temperatura y presión de los neumáticos delanteros ....	52
<b>Tabla 7-3:</b>	Recorrido 3. Datos del desgaste de los neumáticos delanteros.....	53
<b>Tabla 8-3:</b>	Datos de la temperatura y presión en los neumáticos posteriores. ....	54
<b>Tabla 9-3:</b>	Recorrido 3. Datos del desgaste de los neumáticos posteriores. ....	55
<b>Tabla 10-3:</b>	Datos de la temperatura y presión iniciales corregidos. ....	56
<b>Tabla 11-3:</b>	Recorrido 4. Datos de la temperatura y presión de los neumáticos delanteros. ....	57
<b>Tabla 12-3:</b>	Recorrido 4. Datos del desgaste de los neumáticos delanteros .....	59
<b>Tabla 13-3:</b>	Recorrido 4. Datos de la temperatura y presión en los neumáticos posteriores ....	59
<b>Tabla 14-3:</b>	Recorrido 4. Datos del desgaste de los neumáticos posteriores .....	61
<b>Tabla 15-3:</b>	Recorrido 5. Datos de la temperatura y presión de los neumáticos delanteros. ....	62
<b>Tabla 16-3:</b>	Recorrido 5. Datos del desgaste de los neumáticos delanteros .....	63
<b>Tabla 17-3:</b>	Recorrido 5. Datos de la temperatura y presión de los neumáticos posteriores ....	64
<b>Tabla 18-3:</b>	Recorrido 5. Datos del desgaste de los neumáticos posteriores .....	65
<b>Tabla 19-3:</b>	Recorrido 6. Datos de la temperatura y presión de los neumáticos delanteros ....	66
<b>Tabla 20-3:</b>	Recorrido 6. Datos del desgaste de los neumáticos delanteros .....	67

<b>Tabla 21-3:</b>	Recorrido 6. Datos de la temperatura y presión de los neumáticos posteriores ....	68
<b>Tabla 22-3:</b>	Recorrido 6. Datos del desgaste de los neumáticos posteriores .....	69
<b>Tabla 23-3:</b>	Recorrido 7. Datos de la temperatura y presión de los neumáticos delanteros .....	70
<b>Tabla 24-3:</b>	Recorrido 7. Datos del desgaste de los neumáticos delanteros .....	72
<b>Tabla 25-3:</b>	Recorrido 7. Datos de la temperatura y presión de los neumáticos posteriores ....	72
<b>Tabla 26-3:</b>	Recorrido 7. Datos del desgaste de los neumáticos posteriores .....	74
<b>Tabla 27-3:</b>	Recorrido 8. Datos de la temperatura y presión de los neumáticos delanteros .....	75
<b>Tabla 28-3:</b>	Recorrido 8. Datos del desgaste de los neumáticos delanteros .....	76
<b>Tabla 29-3:</b>	Recorrido 8. Datos de la temperatura y presión de los neumáticos posteriores ....	77
<b>Tabla 30-3:</b>	Recorrido 8. Datos del desgaste de los neumáticos posteriores .....	78
<b>Tabla 31-3:</b>	Promedio de los datos de Temperatura.....	79
<b>Tabla 32-3:</b>	Valores iniciales de la presión, temperatura y kilometraje de los neumáticos .....	80
<b>Tabla 33-3:</b>	Recorrido 1. Presión inicial y presión final de los neumáticos.....	81
<b>Tabla 34-3:</b>	Recorrido 2. Presión inicial y presión final de los neumáticos.....	82
<b>Tabla 35-3:</b>	Recorrido 3. Presión inicial y presión final de los neumáticos.....	83
<b>Tabla 36-3:</b>	Datos de la temperatura y presión iniciales corregidos. ....	85
<b>Tabla 37-3:</b>	Recorrido 4. Presión inicial y presión final de los neumáticos.....	85
<b>Tabla 38-3:</b>	Recorrido 5. Presión inicial y presión final de los neumáticos.....	87
<b>Tabla 39-3:</b>	Recorrido 6. Presión inicial y presión final de los neumáticos.....	88
<b>Tabla 40-3:</b>	Recorrido 7. Presión inicial y presión final de los neumáticos.....	89
<b>Tabla 41-3:</b>	Recorrido 8. Presión inicial y presión final de los neumáticos.....	91
<b>Tabla 42-3:</b>	Recorrido 3. Valores del desgaste de los neumáticos.....	93
<b>Tabla 43-3:</b>	Recorrido 4. Valores del desgaste de los neumáticos.....	94
<b>Tabla 44-3:</b>	Recorrido 5. Valores del desgaste de los neumáticos.....	95
<b>Tabla 45-3:</b>	Recorrido 6. Valores del desgaste de los neumáticos.....	96
<b>Tabla 46-3:</b>	Recorrido 7. Valores del desgaste de los neumáticos.....	97
<b>Tabla 47-3:</b>	Recorrido 8. Valores del desgaste de los neumáticos.....	98

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1:</b>	Partes del neumático marca Continental .....	5
<b>Figura 2-1:</b>	Banda de rodamiento .....	5
<b>Figura 3-1:</b>	Neumático diagonal .....	8
<b>Figura 4-1:</b>	Neumático radial .....	8
<b>Figura 5-1:</b>	Neumático con cámara.....	9
<b>Figura 6-1:</b>	Neumático tubuleless .....	9
<b>Figura 7-1:</b>	Serie de los neumáticos.....	10
<b>Figura 8-1:</b>	Índice de carga para neumáticos .....	10
<b>Figura 9-1:</b>	Índice de velocidad de los neumáticos.....	11
<b>Figura 10-1:</b>	Fuerzas y momentos que actúan sobre un neumático .....	13
<b>Figura 11-1:</b>	Representación de la fuerza de frenado .....	13
<b>Figura 12-1:</b>	Fuerzas laterales que se producen por el ángulo de deriva .....	16
<b>Figura 13-1:</b>	Presión sugerida para neumáticos .....	16
<b>Figura 14-1:</b>	Capas de la atmósfera .....	18
<b>Figura 15-1:</b>	Comportamiento del aire en altas temperaturas .....	19
<b>Figura 16-1:</b>	Relación de la presión con respecto a la latitud .....	20
<b>Figura 17-1:</b>	Sensor de presión de neumático TPMS .....	22
<b>Figura 18-1:</b>	Transmisión de datos al tablero de instrumentos .....	23
<b>Figura 19-1:</b>	Sistema de actualización TPMS.....	24
<b>Figura 20-1:</b>	Motivos para realizar una alineación a un vehículo.....	25
<b>Figura 21-1:</b>	Alineación de un vehículo .....	26
<b>Figura 22-1:</b>	Balanceo de un neumático .....	27
<b>Figura 1-2:</b>	Visualización de los datos obtenidos. ....	35
<b>Figura 2-2:</b>	Neumáticos utilizados.....	37
<b>Figura 3-2:</b>	Sistema TPMS instalado en el vehículo.....	38
<b>Figura 4-2:</b>	Vehículo utilizado para las pruebas .....	39
<b>Figura 5-2:</b>	Posición de los neumáticos .....	39
<b>Figura 6-2:</b>	Presión recomendada por el fabricante .....	40
<b>Figura 7-2:</b>	Inflado de los neumáticos .....	40
<b>Figura 8-2:</b>	Proceso de balanceo de los neumáticos .....	41
<b>Figura 9-2:</b>	Proceso de alineación del vehículo .....	41
<b>Figura 10-2:</b>	Toma de datos de presión y temperatura .....	42
<b>Figura 11-2:</b>	Puntos de medición del desgaste en el neumático. ....	42
<b>Figura 12-2:</b>	Medición del desgaste.....	42

<b>Figura 13-2:</b>	Hoja de control.....	43
<b>Figura 14-2:</b>	Distribución de los neumáticos del vehículo .....	44

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 2-1:</b>	Ciclo que se debe seguir para el procesamiento de datos.....	35
<b>Gráfico 2-2:</b>	Flujo para la realización del proyecto .....	36
<b>Gráfico 2-3:</b>	Proceso para la realización de las pruebas .....	37
<b>Gráfico 3-1:</b>	Recorrido 1. Gráfico de temperatura vs presión neumático 1 y 2 .....	46
<b>Gráfico 3-2:</b>	Recorrido 1. Gráfico de temperatura vs presión en los neumáticos 3 y 4 .....	48
<b>Gráfico 3-3:</b>	Recorrido 2. Gráfico de temperatura vs presión en los neumáticos 1 y 2 .....	50
<b>Gráfico 3-4:</b>	Recorrido 2. Gráfico de temperatura vs presión en los neumáticos 3 y 4 .....	51
<b>Gráfico 3-5:</b>	Recorrido 3. Gráfico de temperatura vs presión en los neumáticos 1 y 2 .....	53
<b>Gráfico 3-6:</b>	Recorrido 3. Gráfico de temperatura vs presión en los neumáticos 3 y 4 .....	55
<b>Gráfico 3-7:</b>	Recorrido 4. Gráfico de temperatura vs presión en los neumáticos 1 y 2 .....	58
<b>Gráfico 3-8:</b>	Recorrido 4. Gráfico de temperatura vs presión en los neumáticos 3 y 4 .....	60
<b>Gráfico 3-9:</b>	Recorrido 5. Gráfico de temperatura vs presión en los neumáticos 1 y 2 .....	62
<b>Gráfico 3-10:</b>	Recorrido 5. Gráfico de temperatura vs presión en los neumáticos 3 y 4 .....	64
<b>Gráfico 3-11:</b>	Recorrido 6. Gráfico de temperatura vs presión en los neumáticos 1 y 2 .....	67
<b>Gráfico 3-12:</b>	Recorrido 6. Gráfico de temperatura vs presión en los neumáticos 3 y 4 .....	69
<b>Gráfico 3-13:</b>	Recorrido 7. Gráfico de temperatura vs presión en los neumáticos 1 y 2 .....	71
<b>Gráfico 3-14:</b>	Recorrido 7. Gráfico de temperatura vs presión en los neumáticos 3 y 4 .....	73
<b>Gráfico 3-15:</b>	Recorrido 8. Gráfico de temperatura vs presión en los neumáticos 1 y 2 .....	75
<b>Gráfico 3-16:</b>	Recorrido 8. Gráfico de temperatura vs presión en los neumáticos 3 4 .....	77
<b>Gráfico 3-17:</b>	Recorrido 1. Presión inicial y la presión final de los neumáticos.....	81
<b>Gráfico 3-18:</b>	Recorrido 2. Presión inicial y la presión final de los neumáticos.....	82
<b>Gráfico 3-19:</b>	Recorrido 3. Presión inicial y la presión final de los neumáticos.....	84
<b>Gráfico 3-20:</b>	Recorrido 4. Presión inicial y la presión final de los neumáticos.....	86
<b>Gráfico 3-21:</b>	Recorrido 5. Presión inicial y la presión final de los neumáticos.....	87
<b>Gráfico 3-22:</b>	Recorrido 6. Presión inicial y la presión final de los neumáticos.....	88
<b>Gráfico 3-23:</b>	Recorrido 7. Presión inicial y la presión final de los neumáticos.....	90
<b>Gráfico 3-24:</b>	Recorrido 8. Presión inicial y la presión final de los neumáticos.....	91
<b>Gráfico 3-25:</b>	Distribución normal del desgaste de neumáticos inflados con aire.....	101
<b>Gráfico 3-26:</b>	Distribución normal del desgaste de neumáticos inflados con nitrógeno.....	102



## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** DATOS OBTENIDOS ANTES Y DESPUÉS DE LA ALINEACIÓN Y BALANCEO

**ANEXO B:** MATRÍCULA DEL VEHÍCULO

**ANEXO C:** HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

**ANEXO D:** TABLA DE DISTRIBUCIÓN T – STUDENT

**ANEXO E:** MANUAL DE INSTALACIÓN DEL SISTEMA TPMS

## RESUMEN

En el presente proyecto se tiene como objetivo el análisis del comportamiento del aire y del nitrógeno en neumáticos, y su incidencia en el desgaste por el cambio térmico al que están expuestos, utilizando el sistema TPMS el cual fue instalado en la válvula de los neumáticos del vehículo. Primeramente, se realizó una revisión bibliográfica sobre el comportamiento físico y químico del aire y nitrógeno utilizados en el inflado de los neumáticos. Se utilizó un vehículo de modelo Kia rio 2018 tipo sedán (taxi) en el estudio, para lo cual se inflaron dos de sus neumáticos con aire y los otros dos con nitrógeno. Se adquirieron datos de presión y temperatura con el sensor TPMS. Además, se midió el desgaste de los neumáticos de manera manual utilizando un calibrador pie de rey. Los datos se recogieron en una hoja de Excel para luego ser tabulados y facilitar la manipulación para su análisis. Se realizó una comparación entre los datos de temperatura de los neumáticos, determinando que los neumáticos inflados con nitrógeno alcanzaron una temperatura menor que los neumáticos que fueron inflados con aire. Considerando que las pruebas se realizaron en diferentes condiciones climáticas, donde la temperatura de la calzada influye directamente sobre la temperatura de los neumáticos, se determinó que los neumáticos inflados con nitrógeno mantienen la presión de inflado por más tiempo que los neumáticos inflados con aire. Se realizó el análisis estadístico aplicando la distribución T de student en la que se demostró que en los neumáticos inflados con aire tienen un desgaste promedio de la banda de rodadura de 0,89 mm por cada 2021 km, en cambio los neumáticos inflados con nitrógeno tuvieron un desgaste promedio de 0,71 mm por el mismo kilometraje. Después de los análisis de temperatura, presión y desgaste, se verificó que el nitrógeno otorga mayores prestaciones que el aire para el inflado de los neumáticos en consecuencia genera una mayor vida útil de los mismos.

**Palabras clave:** <AIRE>, <NITRÓGENO>, <DESGASTE>, <NEUMÁTICOS>, <ANÁLISIS>, <SISTEMA TPMS>.



12-07-2021

1360-DBRA-UTP-2021

## **ABSTRACT**

This project aims to analyze the behavior of the air and the nitrogen in tires and its impact on wear due to the thermal change they are exposed by using the Tire Pressure Monitoring System (TPMS); installed in the valve of the tires of the vehicle. First, a bibliographic review was developed on the physical-chemical behavior of air and nitrogen used in tire inflation. A vehicle of the brand Kia Rio 2018 model sedan (taxi) was used in the study. For which two of its tires were inflated with air and the other two with nitrogen. Pressure and temperature data were acquired with the sensor TPMS. In addition, tire wear was measured manually using a caliper. The data was collected in an Excel sheet to later be tabulated and facilitate handling for its analysis. A comparison was made between the data from tire temperature, determining that tires inflated with nitrogen reached a lower temperature than tires inflated with air. Considering that the tests were carried out in different climatic conditions. Where the temperature of the road directly influences the temperature of the tires, it was determined that the Nitrogen-inflated tires maintain inflation pressure longer than tires inflated with air. Statistical analysis was performed applying the Student's t-distribution in which it was shown that tires inflated with air have an average wear of the tread of 0.89 mm per 2021 km, whereas tires inflated with Nitrogen had an average wear of 0.71mm for the same mileage. After the analysis of temperature, pressure and wear, it was verified that nitrogen grants greater performance than air for tire inflation. Consequently, it generates a longer lifetime.

**Keywords:** <AIR>, <NITROGEN>, <WEAR>, <TIRES>, <ANALYSIS>, <TPMS>.

# **INTRODUCCIÓN**

## **Antecedentes**

John Boyd Dunlop en 1888 fue el primero que colocó unos tubos de caucho inflados con aire sobre ruedas de madera de un triciclo, creando así los primeros neumáticos con cámara de aire. En 1890 Michelin fue el primero que colocó los neumáticos con cámara de aire en un vehículo. (Martinez, 2016)

Los neumáticos al ser una parte importante del vehículo, se los debe mantener para así alargar su vida útil. El gas, con el que se infla los neumáticos, influye directamente sobre el desempeño y desgaste que se producen con el uso diario.

En la actualidad se utilizan dos gases para inflar los neumáticos, el aire o el nitrógeno. El nitrógeno es utilizado con mayor frecuencia en el inflado de neumáticos instalados en vehículos de carga pesada, ya que mantiene la temperatura en el interior de la rueda permitiendo así el aumento de la durabilidad de esta. (Kinergy, 2019)

La utilización del aire en el inflado es común, se utiliza en los vehículos de carga liviana y particulares, pero al utilizarlo presenta ciertas desventajas. Al utilizar el aire la temperatura en el interior de la rueda aumenta de acuerdo con el tiempo de rodamiento y se vuelve pesado. (Kinergy, 2019)

En la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, en el año 2012, Ángel Paucar realizó la tesis de grado con el tema “Estudio del comportamiento, beneficios, ventajas y desventajas, del uso de nitrógeno, para el inflado de los neumáticos en los vehículos de turismo de la ciudad de Cuenca”, en el cual se determina que la temperatura no es un factor que determine el comportamiento de los neumáticos independientemente se utilice aire o nitrógeno. Se demostró que la vida de los neumáticos aumenta en un 50% al utilizar el nitrógeno, ya que éste mantiene la presión en sus valores óptimos. (Paucar, y Tacuri, 2015: p 17)

## **Formulación del problema**

El neumático une la superficie del suelo con el vehículo y confiere a los vehículos adherencia, estabilidad, confort y es responsable de gran parte de la energía que consume (Flores, y otros, 2019)

Un elevado porcentaje de la accidentalidad asociada a los defectos del vehículo es debido a un estado deficiente de los neumáticos. Estos forman una parte esencial de los sistemas de seguridad activa de los vehículos. Actualmente, las administraciones públicas han puesto su atención en el mantenimiento de estos elementos como componentes básicos de seguridad vial (Docplayer, 2016).

Una correcta presión de inflado incrementará la seguridad, el confort y la duración de los neumáticos. Además, mantener la correcta presión hará que se disminuya el consumo de combustible, con el consiguiente beneficio económico y medioambiental (Grupo Neumáticos Andrés, 2017)

Por otro lado, una alta temperatura duradera puede hacer que se degrade el material del neumático, reduciendo la vida útil del mismo (Instituto de Seguridad y Educación Vial, 2009).

Por lo tanto, es importante determinar los efectos, ventajas y desventajas que presenta el uso del aire y del nitrógeno en el inflado de los neumáticos.

## **Justificación**

En la ciudad de Riobamba se ha registrado un incremento del parque automotor en un 16.87% por año (Diario Regional los Andes, 2019). Este crecimiento también provoca un alto índice de contaminación por el desecho de los neumáticos que ya cumplieron su vida útil. En Ecuador, anualmente se desechan 2'400.000 neumáticos. Muchos de ellos terminan en los bordes de las carreteras, terrenos baldíos o cuerpos de agua (El Universo, 2018).

Los neumáticos están diseñados y construidos con el fin de obtener un kilometraje y nivel determinado de rendimiento de otros factores, pero dependen de un mantenimiento y uso adecuados para conseguir una mayor vida útil (Continental, 2018).

En la actualidad, dentro del parque automotor de la ciudad de Riobamba, en algunos automóviles se está utilizando nitrógeno como un elemento alternativo para el inflado de los neumáticos, pero se desconoce qué efectos presenta dicho gas ante las diferentes condiciones de servicio de los neumáticos.

Este desconocimiento se debe a que no se ha realizado un análisis comparativo del comportamiento que presentan los neumáticos que utilizan aire con respecto a los que utilizan nitrógeno. Consecuentemente, los usuarios, fabricantes, rencauchadoras o vulcanizadoras de la

ciudad no cuentan con la información necesaria que les permita argumentar sobre qué tipo de gas utilizar en el inflado de los neumáticos.

En este contexto, el presente trabajo busca analizar el comportamiento del aire y del nitrógeno en los neumáticos, así como su incidencia en el desgaste debido al cambio térmico al que están expuestos durante el recorrido del automóvil. De esta manera se puede incrementar su rendimiento y, por consiguiente, alargar su vida útil. Como consecuencia indirecta de estas mejoras se disminuirá la contaminación que se produce por el desecho de los neumáticos.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Analizar el comportamiento del aire y del nitrógeno en neumáticos 185/65R15 88H y su incidencia en el desgaste por el cambio térmico a los que están expuestos.

### **Objetivos específicos**

- Realizar una revisión bibliográfica sobre las propiedades del aire y del nitrógeno en los neumáticos mediante artículos científicos, libros, para analizar su comportamiento.
- Adquirir datos de presión y temperaturas de los neumáticos utilizando un kit de válvulas de presión inteligente Tpms.
- Analizar la incidencia de la temperatura y presión de los neumáticos, cuando se usa aire o nitrógeno en el inflado.
- Analizar el nivel de desgaste de los neumáticos delanteros y posteriores, cuando se usa aire o nitrógeno en el inflado.
- Identificar la incidencia del aire y del nitrógeno en el aumento de la vida útil de los neumáticos.

# CAPÍTULO I

## 1 MARCO TEÓRICO

### 1.1 Neumáticos

Los neumáticos también conocidos como llantas, gomas o cubiertas influyen principalmente sobre el rendimiento y comportamiento los vehículos, ya que son los elementos que se encuentran en contacto directo con el suelo. Hay que tomar en cuenta que las condiciones de rodamiento y seguridad dependen directamente de la superficie de contacto con el suelo, esta superficie es pequeña por lo que los neumáticos deben encontrarse en buen estado.

Es importante conocer la calidad del material de fabricación y las características de los neumáticos que se utiliza, ya que estos son los encargados de transformar la fuerza del motor en tracción la cual permite realizar el frenado y mantener la estabilidad del vehículo en las curvas. (Pauca, y Tacuri, 2015: p. 2)

### 1.2 Propiedades de los neumáticos

Según SIGNUS (Sistema Integrado de Gestión de Neumáticos Usados), las propiedades principales de los neumáticos; en cualquier presentación se muestran en la Tabla 1-1.

**Tabla 1-1:** Propiedades de los neumáticos

<b>Propiedades de los neumáticos</b>
Capacidad de absorción de vibraciones
Gran capacidad de drenaje
Peso reducido
Elevada resistencia al corte
Alta resistencia a agentes climatológicos
Flexibilidad
Alto poder calorífico

**Fuente:** (SIGNUS, 2016) Propiedades de los neumáticos

**Realizado por:** Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020

### 1.3 Partes del neumático

Las partes de los neumáticos pueden variar dependiendo del fabricante. En la Figura 1-1 se muestra las partes que posee un neumático de la marca Continental.



**Figura 1-1:** Partes del neumático marca Continental  
**Fuente:** (Paucar, y otros, 2015)

#### 1.3.1 Bamba de rodamiento

La banda de rodamiento es la encargada de reducir el aumento de temperatura en el área de la banda y de transmitir las fuerzas a la carretera, para que la resistencia de los cinturones incremente y en reducirla en el rodamiento. En la Figura 1-2 se muestra una banda de rodamiento, donde el diseño y la composición de la banda son importantes para determinar el desgaste, la tracción del neumático. (Paucar, y Tacuri, 2015: p. 8)



**Figura 1-2:** Banda de rodamiento

**Fuente:** (MOTORGIGA, 2018)



### ***1.3.2 Cinturones de acero***

Los cinturones de acero están compuestos por cables cubiertos de caucho que se encuentran colocados en la parte superior de la carcasa y debajo de la banda de rodadura mejorando la resistencia estructural. Adicional suministran la estabilidad a la banda de rodamiento, la resistencia y protección del neumático a la incrustación de cuerpos externos como piedras, clavos, etc. (Paucar, y Tacuri, 2015: p.25)

### ***1.3.3 Refuerzo de pestaña***

Cuando los neumáticos se los utiliza de mala manera o no se da el mantenimiento respectivo puede ser causa de daños, por lo que el refuerzo de pestaña al ser un recubrimiento de caucho permite obtener una mayor rigidez ante las acciones de aceleración y frenado. (Paucar, y Tacuri, 2015: p.25)

### ***1.3.4 Cara lateral***

La cara lateral es la que soporta las diferentes condiciones climáticas, la carga del vehículo, protege la capa interna radial y proporciona la estabilidad a los amortiguadores cuando existen golpes en la carretera durante los viajes. (Paucar, y Tacuri, 2015: p.26)

### ***1.3.5 Carcasa***

La carcasa es la parte fundamental, ya que es la encargada de dar forma, solidez, rigidez y resistencia al neumático. Es la parte encargada de soportar la presión interna que se encuentra en el neumático y el peso del vehículo con sus ocupantes. La carcasa está compuesta por hilos textiles o de acero recubiertos de goma. (Paucar y Tacuri, 2015: p.25)

### **1.3.6 Núcleo de pestaña**

El núcleo de pestañas está construido por alambres de aceros envueltos o reforzados por las cuerdas que son moldeados al aro. (Paucar, y Tacuri, 2015: p.28)

### **1.4 Clasificación de los neumáticos**

En la Tabla 1-2 se muestra la clasificación de los neumáticos según el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN).

**Tabla 1-2:** Clasificación de los neumáticos

<b>Clasificación de los neumáticos</b>
Su construcción
Su serie
Por el diseño de la banda de rodamiento
Su servicio

**Fuente:** (INEN, 2012) Clasificación de los neumáticos

**Realizado por:** Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalín, 2020

#### **1.4.1 Por su estructura**

Los neumáticos por su estructura se clasifican en:

##### **1.4.1.1 Diagonales**

Los neumáticos diagonales son aquellos donde la carcasa está compuesta de capas colocadas una sobre otra en forma diagonal formando ángulos de  $40^\circ$  -  $45^\circ$  como se muestra en la Figura 1-3. Las capas que se encuentran sobre puestas que van colocadas de lado se encuentran con los flancos, proporcionando así mayor rigidez y estabilidad al neumático, ya que cada vez que esta rueda se produce una flexión en los costados que es transmitido a la banda de rodamiento. (Afrisa, 2018)



**Figura 1-3:** Neumático diagonal  
**Fuente:** (Afrisa, 2018)

#### *1.4.1.2 Radial*

Los cables de la carcasa de los neumáticos radiales están colocados de forma perpendicular al plano de rodaje y orientados a la parte céntrica del neumático como se muestra en la Figura 1-4. El flanco es más flexible y ligero proporcionando así varias ventajas tanto en la seguridad como en la duración de los neumáticos. Este tipo de neumáticos se calientan menos y garantizan un mayor contacto con la carretera. (García, 2018)



**Figura 1-4:** Neumático radial  
**Fuente:** (Afrisa, 2018)

#### *1.4.1.3 Con cámara*

Este tipo de neumáticos con cámara son los clásicos, por ende, son más económicos en el mercado. En el interior del neumático se coloca una cámara tubular o bomba como se muestra en la Figura 1-5, la cual es inflada con aire y es independiente de la cubierta. Una de las ventajas del uso de este tipo de neumáticos es que el arreglo de los pinchazos es más fácil de realizar. (Themes, 2020)



**Figura 1-5:** Neumático con cámara  
**Fuente:** (Mano, 2020)

#### *1.4.1.4 Tubuleless*

Los neumáticos tubuleless también conocidos como neumáticos sin cámara, son aquellos que no poseen cámara de aire como los anteriores y su montaje es simple. El neumático es sellado por medio de bridas o bordes metálicos para evitar el escape del aire que se encuentra en su interior. (Themes, 2020)



**Figura 1-6:** Neumático tubuleless  
**Fuente:** (PNG, 2019)

#### *1.4.2 Por su serie*

Los neumáticos poseen un código alfanumérico, que se encuentra en la parte de los flacos del neumático. Este código determina las dimensiones, velocidad, carga que soporta, entre otros. En la Figura 1-7 se detalla los componentes del código y lo que representan. (Themes, 2020)



**Figura 1-7:** Serie de los neumáticos  
**Fuente:** (Pneus, 2016)

En la Figura 1-8 se muestra la carga máxima que puede soportar el neumático de acuerdo con su numeración.

Indice de carga	Peso en kgs	Indice de carga	Peso en kgs	Indice de carga	Peso en kgs	Indice de carga	Peso en kgs
20	80	55	218	79	437	101	825
22	85	58	236	80	450	102	850
24	85	59	243	81	462	103	875
26	90	60	250	82	475	104	900
28	100	61	257	83	487	105	925
30	106	62	265	84	500	106	950
31	109	63	272	85	515	107	975
33	115	64	280	86	530	108	1000
35	121	65	290	87	545	109	1030
37	128	66	300	88	560	110	1060
40	136	67	307	89	580	111	1090
41	145	68	315	90	600	112	1120
42	150	69	325	91	615	113	1150
44	160	70	335	92	630	114	1180
46	170	71	345	93	650	115	1215
47	175	72	355	94	670	116	1250
48	180	73	365	95	690	117	1285
50	190	74	375	96	710	118	1320
51	195	75	387	97	730	119	1360
52	200	76	400	98	750	120	1400
53	206	77	412	99	775		
54	212	78	425	100	800		

**Figura 1-8:** Índice de carga para neumáticos  
**Fuente:** (Pneus, 2016)

En la Figura 1-9 se muestra la velocidad máxima que puede soportar los neumáticos de acuerdo con el código sin presentar algún tipo de peligro.

Índice de velocidad	Velocidad en km/h	Índice de velocidad	Velocidad en km/h	Índice de velocidad	Velocidad en km/h
A1	5	D	65	Q	160
A2	10	E	70	R	170
A3	15	F	80	S	180
A4	20	G	90	T	190
A5	25	J	100	U	200
A6	30	K	110	H	210
A7	35	L	120	V	240
A8	40	M	130	ZR	>240
B	50	N	140	W	270
C	60	P	150	Y	300

**Figura 1-9:** Índice de velocidad de los neumáticos  
Fuente: (Pneus, 2016)

### 1.4.3 Por el diseño de la banda de rodamiento

Existen tres tipos de neumáticos según el diseño de la banda de rodamiento.

#### 1.4.3.1 Diseño direccional

El diseño de banda de rodamiento direccional tiene forma de V o flecha. Este tipo de neumáticos son utilizados comúnmente en carros deportivos que circulan por calzadas mojadas o húmedas, ya que pueden drenar el agua de una manera rápida y poseen un solo sentido de rotación, por lo que es importante que se los coloque correctamente. (Gómez, 2018)

#### 1.4.3.2 Diseño simétrico

El diseño de banda de rodamiento asimétrico es la que se puede colocar en cualquier dirección, ya que la banda de rodamiento en ambos sentidos es la misma. Este tipo de neumáticos poseen un buen acople a la superficie de la carretera y son silenciosos. (Gómez, 2018)

#### 1.4.3.3 Diseño asimétrico

La banda de rodamiento asimétrico es una banda de rodadura con diferentes diseños, es decir, la parte interna es diferente a la parte externa. La parte interna está diseñada para permitir el flujo

del agua mientras que la parte externa permite obtener una mejor adherencia a la carretera en las curvas. (Gómez, 2018)

#### 1.4.4 Por su servicio

En la Tabla 1-3 se muestra la clasificación de los neumáticos por su servicio según el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN, 2012).

**Tabla 1-3:** Clasificación de los neumáticos según el servicio para los que son utilizados.

Tipo	Servicio	Descripción	Características
1	Bicicleta Motocicleta Motoneta Cuadrones	Neumáticos con aro de diámetro nominal mayor o igual a 178 mm	Convencionales y radiales
2	Vehículos de pasajeros Vehículos excepto de pasajeros	Neumáticos para vehículos SUV, station wagon, furgoneta, deportivos	Convencionales y radiales
3	Vehículos de actividades comerciales	Camiones, autobuses, remolques, volquetas, tráileres y otros vehículos para carga pesada	Convencionales y radiales
4	Vehículos pesados	Neumáticos para vehículos de minería, camineros, fuera de carretera, agrícolas, forestales e industriales	Convencionales, radiales y sólidas

**Fuente:** (INEN, 2012) Clasificación de los neumáticos por su servicio según el Instituto Nacional de Normalización

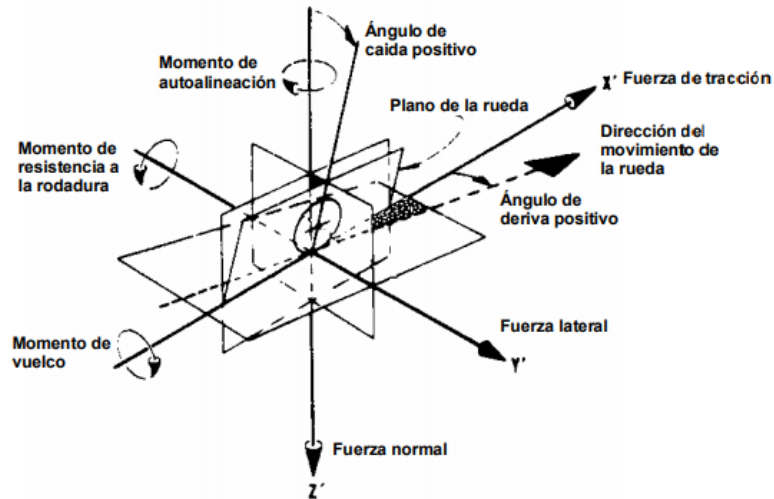
**Realizado por:** Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020

### 1.5 Características mecánicas de los neumáticos

Existen fuerzas normales y tangenciales que actúan sobre los neumáticos cuando se encuentran en contacto con la superficie de rodadura y los momentos que se originan son propios de los neumáticos del vehículo.

### 1.5.1 Fuerzas que actúan sobre un neumático

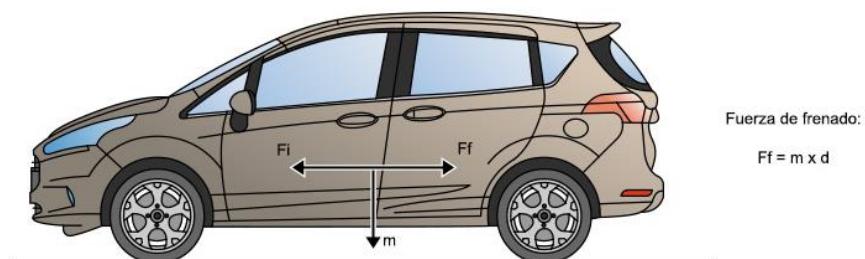
Para determinar los componentes de las fuerzas que actúan sobre el neumático se utiliza el sistema de ejes recomendado por SAE. En la Figura 1-10 se muestra dichas fuerzas.



**Figura 1-10:** Fuerzas y momentos que actúan sobre un neumático  
Fuente: (Pauca, y otros, 2015)

#### 1.5.1.1 Fuerza de frenado

Las fuerzas que se generan en la superficie del neumático en contacto con el suelo para la disminución de la velocidad del vehículo. Esta fuerza se la determina multiplicando la masa ( $m$ ) del vehículo por la desaceleración del mismo ( $d$ ), este resultado se lo expresa en Newtons(N), es decir, es la fuerza que realizan los frenos; es por eso que no se toma en cuenta factores externos como la adherencia del neumático al piso. En la Figura 1-11 se muestra la representación de la fuerza de frenado. (Kashima, 2017)



**Figura 1-11:** Representación de la fuerza de frenado

Fuente: (Kashima, 2017)



### 1.5.1.2 Resistencia a la rodadura

La resistencia de rodadura interviene como fuerza para retardar el proceso del frenado. Esta fuerza es pequeña en comparación a la fuerza del frenado y está compuesta por la fricción neumático – suelo y pérdidas mecánicas del sistema de transmisiones. El coeficiente de la resistencia de rodadura es directamente proporcional a la velocidad. (Carrera, 2016)

### 1.5.1.3 Fuerzas aerodinámicas

Las fuerzas aerodinámicas sobre fuerzas retardadoras que actúan sobre altas velocidades y su valor aumenta propiciamente al cuadrado de la velocidad que tenga el vehículo. En la Tabla 1-4 se muestra los valores de las fuerzas aerodinámicas, rodadura y la potencia que debe alcanzar el vehículo para superarlas. (Carrera, 2016)

**Tabla 1-4:** Relación de las fuerzas aerodinámicas y de rodadura con la potencia de un vehículo

<b>Velocidad</b>	<b>Resistencia aerodinámica</b>	<b>Resistencia a la rodadura</b>	<b>Resistencia Total</b>	<b>Potencia necesaria</b>
<b>(km/h)</b>	<b>(kg)</b>	<b>(kg)</b>	<b>(kg)</b>	<b>(CV)</b>
40	5,3	10,0	15,3	2,3
80	21,6	14,0	35,6	10,7
120	48,6	19,0	67,6	30,6
160	86,4	26,0	112,4	67,9
200	135,0	32,0	167,0	126,2

**Fuente:** (Carrera, 2016) Relación de las fuerzas aerodinámicas y de rodadura con la potencia de un vehículo

**Realizado por:** Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020

### 1.5.1.4 Coeficiente de adherencia

El coeficiente es variable, ya que este depende directamente de los materiales utilizados para la elaboración de los neumáticos y la superficie de calzado, velocidad y el terreno por que se moviliza. El coeficiente de fricción es un valor experimental que se determina sobre 1 como valor máximo. (Llanos, 2018)

En la Tabla 1-5 se muestra los coeficientes de adherencia de los neumáticos

**Tabla 1-5:** Coeficientes de adherencia de los neumáticos

Velocidad (km/h)	Estado del neumático ( $\mu$ )	Calzada seca ( $\mu$ )	Calzada húmeda ( $\mu$ )	Calzada mojada ( $\mu$ )	Charco de agua ( $\mu$ )	Calzada con hielo ( $\mu$ )
50	Nuevos	0,85	0,65	0,55	0,5	Menor a 0,1
	Desgastados	1	0,5	0,4	0,25	
90	Nuevos	0,8	0,6	0,4	0,2	
	Desgastados	0,95	0,2	0,1	Menor a 0,1	
120	Nuevos	0,75	0,55	0,2	0,1	
	Desgastados	0,9	0,1	Menor a 0,1	Menor a 0,1	

**Fuente:** (Llanos, 2018) Coeficientes de adherencia de los neumáticos

**Realizado por:** Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020

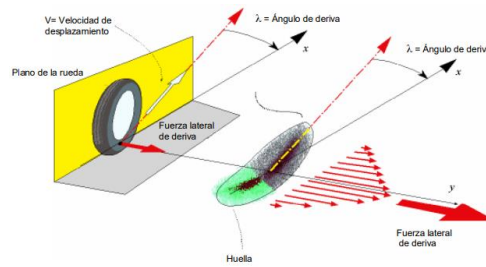
### 1.5.2 Fuerzas laterales

Las fuerzas laterales están divididas en dos grupos.

- Fuerzas de reacción externas, son las que producen deformaciones en los neumáticos por la carga que estos deben resistir y, por ende, el contacto que tiene el neumático con la calzada.
- Fuerzas producidas por la estructura propia que resultan de la falta de uniformidad del neumático. (Llanos, 2018)

#### 1.5.2.1 Fuerza de deriva

La función de varias variables resulta la fuerza lateral. El ángulo de deslizamiento o de deriva es el más importante, ya que determina la dirección del neumático y la intersección del plano central de la rueda con la superficie de contacto. En la Figura 1-12 se muestra todas las fuerzas laterales que se producen por el ángulo de deriva.



**Figura 1-12:** Fuerzas laterales que se producen por el ángulo de deriva  
**Fuente:** (Llanos, 2018)

### 1.5.2.2 Momento de autolineación

El momento de autolineación es el resultado de la distribución desigual de las fuerzas laterales sobre el área de contacto, está ubicado sobre el eje vertical. Este momento es inversamente proporcional al ángulo de deriva, es decir, el momento de autolineación obtiene un valor máximo mientras que el valor del ángulo de deriva es pequeño. (Llanos, 2018)

### 1.5.3 Presión adecuada en los neumáticos

La presión que se utiliza en los neumáticos es muy importante, ya que esto alarga la vida útil de los mismos, adicional influyen directamente en el consumo de combustible. Esta presión es variable dependiendo del tamaño o dimensiones y el funcionamiento que estos tienen. En la Figura 1-13 se muestra la presión sugerida tomando en cuenta el tamaño. (García, 2017)

Dimensiones de la llanta	Delantera	Trasera
<b>185/65 R15</b>	<b>29</b>	<b>33</b>
<b>225/50 R16</b>	<b>26</b>	<b>26</b>
<b>205/60 R15</b>	<b>28</b>	<b>32</b>
<b>205/55 R16</b>	<b>32</b>	<b>38</b>
<b>235/45 R17</b>	<b>33</b>	<b>33</b>
<b>245/55 R16</b>	<b>30</b>	<b>33</b>
<b>255/45 R18</b>	<b>41</b>	<b>41</b>

**Figura 1-13:** Presión sugerida para neumáticos  
**Fuente:** (García, 2017)

Se debe evitar realizar algunas acciones sobre las llantas para que estas tengan un correcto funcionamiento, entre las principales se tiene el colocar medidas diferentes de presión en la llanta, evitar aceleraciones repentinas y frenadas fuertes, ya que esto podría ocasionar un desgaste prematuro.

El obtener una correcta presión en las llantas nos permite obtener una reacción de frenado rápido, una rápida respuesta en la dirección, maximizar la vida de las llantas y reducir el consumo de combustible. (García, 2017)

## 1.6 El aire

Según la Real Academia de la Lengua: “*El aire es un gas que constituye la atmósfera terrestre, formado principalmente de oxígeno y nitrógeno, y con otros componentes como el dióxido de carbono y el vapor de agua.*” (RAE, 2019)

Los porcentajes de los componentes principales de aire se muestra en la Tabla 1-6.

**Tabla 1-6:** Composición del Aire

Elemento	Cantidad (%)
Nitrógeno	78
Oxígeno	21
Vapor de agua	0 – 7
Dióxido de carbono, hidrógeno y otros gases nobles	1

Fuente: (Marquéz, 2017) Composición del aire

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalín, 2020

### 1.6.1 Propiedades del aire

La presión y peso del aire es variable dependiendo la latitud en el que éste se encuentre. El aire de acuerdo con la temperatura, latitud y composición de aire se divide en 5 capas principales que se muestran en la Tabla 1-7.

**Tabla 1-7:** Capas de la atmósfera

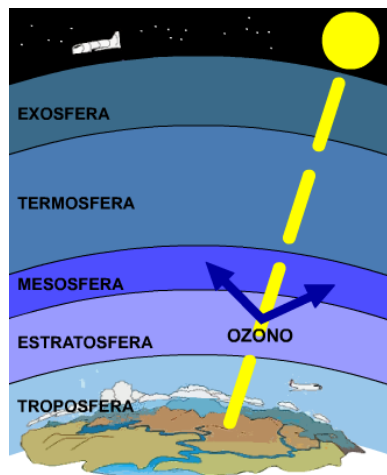
Capa	Características
<b>Tropósfera</b>	El aire que se produce en esta capa es la que interviene directamente en la reparación. Esta capa se encuentra a una altura de 7 km en lugares trópicos y 16km en los polos, aquí se encuentra polvo, humo y vapor de agua.

<b>Estratósfera</b>	Esta zona es fría, se encuentra a una altura de 12km a 50km . Contiene una gran cantidad de ozono. Esta capa absorbe la mayor cantidad de rayos ultravioletas del sol.
<b>Mesósfera</b>	En esta capa se encuentra la capa de ozono, que es la encargada de proteger la tierra de los rayos emitidos por el sol. Se encuentra a 25 km de altura.
<b>Ionósfera</b>	La ionósfera se encuentra ubicada a más de 100 km de altura y va desapareciendo progresivamente hasta alcanzar la altura de 500 km. Esta capa está compuesta por oxígeno y alcanza una temperatura de 1000°C
<b>Exósfera</b>	La exósfera es la última capa y se encuentra a una altura de 500 – 1000 km y se encuentra compuesta por helio y nitrógeno

Fuente: (Marquéz, 2017) Capas de la atmósfera

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020

En la Figura 1-14 se muestra la distribución de las capas de la atmósfera.



**Figura 1-14:** Capas de la atmósfera

Fuente: (Vargas, 2015)

### 1.6.1.1 Propiedades químicas del aire

Las propiedades físicas del aire se muestran en la Tabla 1-8.

**Tabla 1-8:** Propiedades físicas del aire

<b>Propiedades físicas del aire</b>
El aire es de menor peso que el agua
El aire es de menor densidad que el agua
El aire no tiene volumen indefinido
El aire no existe en el vacío

El aire es incoloro, inodoro e insípido

Fuente: (Marquéz, 2017)Propiedades físicas del aire

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020

### 1.6.1.2 Propiedades químicas del aire

Las propiedades químicas del aire son:

- El aire en temperaturas bajas se condensa convirtiéndose en hielo y a su vez produce corrientes de aire
- El aire este compuesto por varios elementos químicos

### 1.6.2 Comportamiento del aire ante variaciones de temperatura

Cuando la temperatura aumenta el aire se calienta rápidamente en la parte baja y se eleva, produciendo así que el aire fresco o frío se encuentre en la parte alta y que la presión disminuya con respecto a la latitud. En la Figura 1-15 se muestra gráficamente el comportamiento del aire en variaciones de temperatura. (MeteoBlue, 2017)

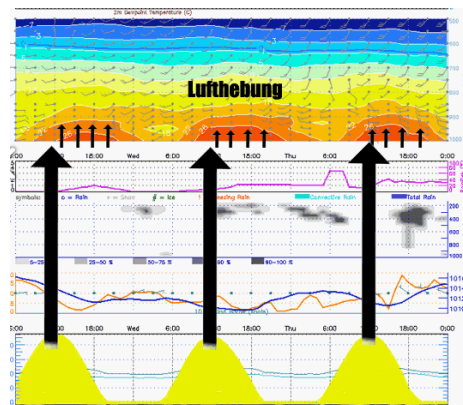


Figura 1-15: Comportamiento del aire en altas temperaturas

Fuente: (MeteoBlue, 2017)

### 1.6.3 Comportamiento de la presión respecto a la variación de altitud y temperatura

La presión atmosférica es inversamente proporcional de la altitud a la que se encuentra, ya que a mayor la presión disminuye. Hay que tomar en cuenta que, si un neumático es inflado

a 2,4 bars a nivel del mar, la presión del neumático ira aumentando mientras siga aumentando la altitud.

El aire se rige algunas leyes físicas donde una de ellas establece que, si un gas es sometido a una temperatura baja, la presión disminuye ya que el gas se contrae. Cuando baja la temperatura ambiente este afecta directamente a la temperatura del neumático y la presión de este disminuye. (Velasquez, 2018)

En la Figura 1-16 se muestra la presión que se tiene de acuerdo con la latitud que se encuentran los neumáticos.

Altitud		Presión	
ft.	m	psi	bar
0	0.00	14.7	1.01
1000	304.80	14.2	0.98
2000	609.60	13.7	0.94
3000	914.40	13.2	0.91
4000	1,219.20	12.7	0.88
5000	1,524.00	12.2	0.84
6000	1,828.80	11.7	0.81
7000	2,133.60	11.3	0.78
8000	2,438.40	10.9	0.75
9000	2,743.20	10.5	0.72
10000	3,048.00	10.1	0.70

**Figura 1-16:** Relación de la presión con respecto a la latitud

Fuente: (Velasquez, 2018)

## 1.7 El nitrógeno

Según la Real Academia de la Lengua: “*El nitrógeno es un elemento químico gaseoso, de número atómico 7, inerte, incoloro, inodoro e insípido, abundante en la corteza terrestre, presente en todos los seres vivos, que constituye las cuatro quintas partes del aire*”. (REA, 2019)

### 1.7.1 Propiedades del nitrógeno

Las principales propiedades del nitrógeno se detallan en la Tabla 1-9.

**Tabla 1-9:** Propiedades químicas del nitrógeno

Nombre	Nitrógeno
Número atómico	7
Valencia	1,2,+3,-3,4,5
Estado de oxidación	- 3

Electronegatividad	3,0
Radio covalente (Å)	0,75
Radio iónico (Å)	1,71
Radio atómico (Å)	0,92
Configuración electrónica	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>3</sup>
Primer potencial de ionización (eV)	14,66
Masa atómica (g/mol)	14,0067
Densidad (g/ml)	0,81
Punto de ebullición (°C)	-195,79 °C
Punto de fusión (°C)	-218,8

**Fuente:** (Lenntech, 2018) Propiedades químicas del nitrógeno

**Realizado por:** Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020

### 1.7.2 Comportamiento del nitrógeno ante variaciones de temperatura

Al utilizar nitrógeno puro al momento de inflar los neumáticos esto permite obtener estabilidad durante los cambios de temperatura, permitiendo que la presión se mantenga lo más constante posible, ya sea que los neumáticos se encuentren fríos o calientes. El nitrógeno no se escapa por las paredes del neumático como lo hace el aire. (Asturias, 2019)

### 1.8 Diferencia entre el uso del nitrógeno y el aire en neumáticos

Las principales diferencias que existen al momento de usar el nitrógeno y el aire en los neumáticos se muestran en la Tabla 1-10.

**Tabla 1-10:** Diferencia entre el uso del nitrógeno y el aire en neumáticos

<b>Diferencia entre el uso del nitrógeno y el aire en neumáticos</b>
Hay que tener en cuenta que la composición del aire es el 78% de nitrógeno, por lo que no existe mucha diferencia entre el uso del aire o nitrógeno. Sin embargo, existen algunas ventajas si se inflan los neumáticos con nitrógeno
Al inflar los neumáticos con aire convencional hay que tener en cuenta que por lo menos una vez al mes se debe hacer el reajuste de la presión existente
El nitrógeno las tener moléculas más grandes que el oxígeno tiene mayor dificultad al momento de escaparse de la goma del neumático, por lo que la presión en los neumáticos se mantendrá por mucho tiempo



El nitrógeno tiene menos sensibilidad a los cambios de temperatura

El nitrógeno al ser un gas seco este no produce vapor de agua y limita la corrosión de los elementos metálicos de los neumáticos.

**Fuente:** (LIZEO, 2017) Diferencia entre el uso del nitrógeno y el aire en neumáticos

**Realizado por:** Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020

## 1.9 Sistema TPMS

Este sistema conocido como Tire Pressure Monitor System, es un sensor de neumáticos que permite el control electrónico del vehículo, realiza un monitoreo constante de las condiciones físicas y de presión en cada una de las ruedas colocadas en el vehículo, su función principal es emitir una señal luminosa de advertencia al conductor mediante una visualización presente en el tablero de instrumentos una vez detectado la falla de presión por debajo de niveles recomendados en el neumático; por lo general el porcentaje establecido para generar una advertencia al conductor es de un 25% inferior a la presión programada de operación. (AutoAvance, 2015)

El sensor de presión de neumáticos del sistema TPMS se muestra en la Figura 1-17.



**Figura 1-17:** sensor de presión de neumático TPMS

**Fuente:** (AutoAvance, 2015)

### 1.9.1 Composición del sistema TPMS

Este sistema de monitoreo de presión de neumático está compuesto por una válvula y un sensor acoplados en un solo mecanismo, este tipo de sistemas están diseñados en dos tipos de tecnología.

- Sistemas TPMS sensor directo
- Sistema TPMS sensor indirectos

La diferencia entre las 2 tecnologías es el sistema de mecanismo que mide la presión, es decir, en los sistemas directos el sensor está instalado en el interior de cada neumático del vehículo, cuya ventaja en este sistema es que permite la medición más exacta; en cambio al utilizar el sistema de sensor indirecto calcula la presión empleada en el neumático mediante una aproximación realizada indirectamente usando los diferentes datos de los sensores del sistema ABS. (AutoAvance, 2015)

#### 1.9.1.1 Sistemas TPMS sensor directo e indirecto

Estos sistemas utilizan tecnología de radio frecuencia RF a través de la cual la unidad de control electrónica de motor ECU, recibe datos de presión y variables adicionales, los sensores son instalados de manera independiente, la transmisión depende de una programación establecida sobre la computadora y es así como cada sensor es identificado y su lectura es recibida; cuando el testigo del TPMS se enciende en el tablero, indica que hay un neumático por debajo de la presión requerida, en este caso si la luz de testigo permanece encendida la recomendación es que el conductor tome precaución y realice una revisión inmediata del estado del neumático para restablecer la presión hasta su tope normal. (AutoAvance, 2015)

Por otro lado, si el testigo TPMS se enciende y parpadea se requiere de un diagnóstico con scanner automotriz y una revisión debido a que existe un fallo en el sistema relacionado con el funcionamiento de este.



**Figura 1-18:** Transmisión de datos al tablero de instrumentos  
Fuente: (AutoAvance, 2015)

## 1.10 Sistema de actualización TPMS de doble potencia BP45 (VS-63W019)

El sistema de actualización TPMS de doble potencia realiza una transmisión inalámbrica de las señales. El uso de métodos erróneos e interferencia puede ser el causante de recibir señales débiles o de no recibirlas. En la Figura 1-19 se muestra el sistema de actualización TPMS de doble potencia.



**Figura 1-19:** Sistema de actualización TPMS  
Fuente: (CUB CONTINENTAL, 2016)

### 1.10.1 Especificaciones Técnicas del Sistema de actualización TPMS BP45

Las especificaciones del sistema de actualización TPMS de doble potencia BP45 (VS-63W019) se muestra en la Tabla 1-11.

**Tabla 1-11:** Especificaciones técnicas del sistema de actualización TPMS

Tensión de funcionamiento	12 V CC o 4,5 V CC (batería AAA * 3)
Corriente de funcionamiento	40mA
Temperatura de funcionamiento	-20°C – 70°C
Temperatura de almacenamiento	-30°C – 80°C
Rango de monitoreo de la presión neumática	0 – 115 ± 1,5 psi (0 – 800 ± 10 kPa)
Temperatura de monitoreo	-40°C – 125°C
Tamaño	84x60x29 mm
Peso	75g

Fuente: (CUB CONTINENTAL, 2016) Especificaciones técnicas del Sistema de actualización TPMS

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalín, 2020

## 1.11 Alineación y balanceo

La alineación y balanceo son dos procesos que se complementan entre sí, siendo importantes para el cuidado del vehículo, para conservar en estado la suspensión y las llantas resguardando así la seguridad de los ocupantes del vehículo.

### 1.11.1 Alineación

El proceso de alineación y balanceo consiste en la revisión de los elementos que componen la suspensión y los neumáticos del vehículo. Inicialmente se revisan los neumáticos, en ellos se mide la presión, estados de válvulas, tapones y finalmente se los calibra. El objetivo de la alineación es que los neumáticos se encuentren paralelos entre sí y perpendiculares al piso, esto nos ayudará a aumentar la vida útil de los neumáticos y el vehículo obtendrá una mejor adherencia a la calzada y una dirección precisa. (Lucio, 2017)

Un vehículo necesita una alineación cuando:

- El volante del vehículo tiende a jalar para un lado sea derecha o izquierda
- Existe un desgaste desigual de la banda de rodadura
- Cuando el volante se encuentra en una dirección y el vehículo va en otra
- Cuando los neumáticos delanteros se encuentran en una dirección diferente a las traseras, como se muestra en la Figura 1-20.



**Figura 1-20:** Motivos para realizar una alineación a un vehículo  
Fuente: (Santillán, 2019)

En la Figura 1-21 se muestra cómo se realiza la alineación de un vehículo.



**Figura 1-21:** Alineación de un vehículo  
Fuente: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalín, 2020

### ***1.11.2 Balanceo***

El balanceo de los neumáticos es un proceso en el cual se ajustan los pesos de los neumáticos y el rin para mantener un equilibrio correcto. Existen dos tipos de balanceo:

- **Estático:** En este tipo de balanceo se coloca pequeños pesos en el rin del neumático para alcanzar la estabilidad deseada
- **Dinámico:** En este tipo se toma en cuenta el peso del neumático para así realizar el ajuste correspondiente

El balanceo de neumáticos se lo debe realizar cuando el volante y el piso del vehículo comiencen a vibrar o generar alguno tipo de sonido anormal. En la Figura 1-22 se muestra el proceso del balanceo de los neumáticos.



**Figura 1-22:** Balanceo de un neumático  
**Fuente:** Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020

## CAPÍTULO II

### 2 MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1 Introducción

Arias (2012) define al marco metodológico como: “*El conjunto de pasos, técnicas y procedimientos que se emplean para formular y resolver problemas*”. Es decir, el marco metodológico es la estructuración sistemática que se realiza para una investigación, donde se debe tomar en cuenta los métodos, procedimientos e instrumentos que se aplican para la recolección y análisis tanto de la información como los datos obtenidos de la investigación, con la cual se pretende dar solución al problema planteado y cumplimiento de objetivos. (Arias, 2012: p. 12)

#### 2.2 Métodos de investigación utilizados

El grado de profundidad con el que se realiza una investigación de un fenómeno se conoce como el nivel de investigación. Según el tema y los objetivos planteados, en el presente proyecto se realizó una investigación explicativa y exploratoria

##### 2.2.1 Investigación explicativa

La investigación explicativa es la que explora la relación casual. Además, de describir el problema de la investigación que se va a realizar, también trata de buscar las causas del mismo. En este tipo de investigación se presentan cuatro elementos que son:

- **Sujeto:** Es la persona encargada de realizar la investigación
- **Objeto:** Es el tema sobre el cual se va a investigar
- **Medio:** Son las herramientas que se utilizan para realizar la investigación
- **Fin:** Es la conclusión relacionada al problema planteado, que se obtiene al finalizar la investigación

Este tipo de investigación permite obtener explicaciones y conclusiones relacionadas al problema que se está estudiando. (Martinez, 2019)

### **2.2.2 Investigación exploratoria**

La investigación exploratoria es utilizada para aumentar el conocimiento sobre algún tema que se vaya a estudiar. Este tipo de investigación se la utiliza cuando se requiere recopilar información para plantear una hipótesis, cuando el tema a tratar es un tema nuevo o poco conocido del cual no se encuentre mucha información (Investigadores, 2020). Las principales técnicas utilizadas en la investigación planteada son: Revisión documental, encuestas y la observación de campo.

### **2.3 Enfoque de la investigación**

En el presente proyecto se utilizó la metodología del enfoque cuantitativo, ya que es el que se adaptó de mejor manera a los requerimientos y características de la investigación.

La investigación cuantitativa es aquella donde se almacena y se analiza los datos cuantitativos aplicados sobre fenómenos y variables, para dar respuesta a preguntas relacionadas a la investigación y demostrar la hipótesis planteada previamente. (Uribe, 2017)

Dentro del enfoque cuantitativo existen varias técnicas, de las cuales se aplicó la de observación que es el registro visual del comportamiento y desgaste que presenta los neumáticos ante el uso de aire y nitrógeno. Adicionalmente, también se aplicó la técnica de elaboración de pruebas estandarizadas, con las cuales se realizó una recopilación de datos por medio de un sistema compuesto por un sensor neumático y lector que permite medir las condiciones físicas de los neumáticos. (Figueroa, 2018)

### **2.4 Diseño de investigación**

Miranda (2017) define al diseño de la investigación como: *“El conjunto de métodos y técnicas elegidos por un investigador para combinarlos de una manera razonablemente lógica para que el problema de la investigación sea manejado de manera eficiente”*. En otras palabras, es un guía de cómo se debe realizar la investigación poniendo en práctica algún tipo de metodología.

De acuerdo al objetivo planteado para esta investigación que es analizar el comportamiento del aire y del nitrógeno en neumáticos 185/65R15 88H y su incidencia en el desgaste por el cambio térmico a los que están expuestos. Para realizar el diseño de la investigación se utilizó un diseño de campo que permite obtener datos reales, de tipo experimental que consiste en someter el objeto de estudio al dominio de algunas variables controladas como la velocidad y distancia recorrida



por el vehículo, y las variables conocidas como la temperatura, presión y desgaste de los neumáticos conocidas por el investigador, para observar los cambios que estos producen durante las 8 pruebas que se realizaron en diferentes circunstancias climáticas.

También se aplicó la técnica de panel que según Sabino (2012) indica que: *“Toda sucesión de mediciones que se hacen en condiciones regulares y que se aplica a determinar los valores de una variable, para un cierto objeto”*. Para que los datos obtenidos con esta técnica sean verdaderos se debe efectuar las mediciones y toma de datos siempre en las mismas condiciones y utilizando el mismo instrumento de recolección de datos. Permitiendo así realizar una comparación exacta entre los resultados obtenidos. (Sabino, 2012: p. 80)

## **2.5 Población y muestra**

### **2.5.1 Población**

La población es el conjunto de personas, objetos o elementos que se encuentran delimitados y definidos dentro del análisis del problema de la investigación planteada. La población su principal característica es que puede ser medida, estudiada y cuantificada, la misma que debe ser delimitarse correctamente tomando en cuenta las características de contenido, lugar y tiempo. (Toledo, 2018)

Para esta investigación, la población de estudio está compuesta por los vehículos de la cooperativa de taxis Wilson Morocho de la ciudad de Riobamba, que cuenta con 59 unidades de transporte, donde varias de ellas utilizan aire o nitrógeno para el inflado de sus neumáticos.

### **2.5.2 Muestra**

La muestra es una parte o subconjunto representativo de la población, sobre la cual se va a realizar el estudio planteado. Para esta investigación, se utilizó un tipo de muestreo no probabilístico.

La muestra no probabilística es un subgrupo de la población donde la elección de los elementos depende de las características planteadas en la investigación y no de la probabilidad. Para este caso se tomó una muestra de un vehículo Kia Rio 2018 perteneciente a la cooperativa, donde dos de sus neumáticos se inflaron con aire y los otros dos con nitrógeno para llevar a cabo el estudio, además se realizó la alineación y balanceo del vehículo en un centro mecánico que presta este servicio. (Nogales, 2020)

## 2.6 Tipo de variables

En la investigación propuesta se van a manejar dos tipos de variables: dependientes e independientes

### 2.6.1 Variables dependientes

Las variables dependientes son generadas a partir de las variables independientes. Para este caso de estudio se define las siguientes variables dependientes.

- El desgaste físico que tiene un neumático inflado con aire
- El desgaste físico que tiene un neumático inflado con nitrógeno
- Temperatura
- Presión

### 2.6.2 Variables independientes

Las variables independientes son las variables que pueden ser modificadas por el investigador. Para la investigación propuesta se ha determinado las siguientes variables independientes.


- Velocidad del vehículo
- Distancia recorrida por el vehículo
- Situación climática en el que circula en vehículo

## 2.7 Materiales y equipos

Los materiales y equipos utilizados para realizar el experimento se muestran en la Tabla 2.-1

**Tabla 2-1:** Equipos y materiales utilizados en el proyecto

Materiales / Equipos	Figura
<p style="text-align: center;"><b>Sensor de presión neumática TPMS</b></p> <p>Permite realizar un monitoreo constante de las condiciones de temperatura y presión en el interior del neumático, las unidades de medida de temperatura y presión con las que trabaja son: °C y °F; Psi, kPa y Bar</p>	<p style="text-align: center;">Sensor de Presión de Neumáticos Sistema TPMS</p> 
<p style="text-align: center;"><b>Sistema de actualización TPMS de doble potencia BP45</b></p> <p><b>Especificaciones:</b></p> <p>Tensión de funcionamiento 12 V CC o 4,5 V CC (batería AAA * 3)</p> <p>Corriente de funcionamiento 40mA</p> <p>Temperatura de funcionamiento -20°C – 70°C</p> <p>Temperatura de almacenamiento -30°C – 80°C</p> <p>Rango de monitoreo de la presión neumática 0 – 115 ± 1,5 psi (0 – 800 ± 10 kPa)</p> <p>Temperatura de monitoreo -40°C – 125°C</p> <p>Tamaño 84x60x29 mm</p> <p>Peso 75g</p>	
<p style="text-align: center;"><b>Calibrador pie de rey</b></p> <p>Permite medir la profundidad de los surcos de la banda de rodadura de los neumáticos, su unidad de medida es en mm con una precisión de 1/10 mm.</p>	

<p style="text-align: center;"><b>Neumáticos de vehículo liviano</b></p> <p><b>Características:</b></p> <p>3 surcos para evacuación de agua</p> <p>Desarrollo de la banda de rodamiento</p> <p>Amplia área de contacto y adherencia con el suelo</p> <p>Mejor maniobrabilidad</p> <p>Medidas: 195/60R15</p> <p>Índice de velocidad: H (210 km/h)</p> <p>Índice de carga: 88 (560 kg)</p>	
--	---

**Fuente:** Autores

**Realizado por:** Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020

El taller donde se realizó la alienación y balanceo de los vehículos, fueron los encargados de facilitar las máquinas necesarias para esta actividad.

## 2.8 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

### 2.8.1 Técnicas de recolección de datos

La utilización de diferentes técnicas e instrumentos para obtener datos o información es lo que se conoce como recolección de datos.

Se realizó una técnica de recolección de datos mediante investigación basada en la observación indirecta, es decir, se utilizaron sensores de medición TPMS o sistema de monitoreo de presión y temperatura en los neumáticos. Para adquirir los datos se incorporaron los sensores en cada uno de los neumáticos, los mismos que tienen como finalidad medir la presión de inflado, la temperatura y realizar un monitoreo constante; específicamente un estudio determinado al análisis del comportamiento del aire, nitrógeno y su incidencia en el desgaste físico del neumático, influenciado por el cambio térmico al cual están expuestos.

La técnica de recolección de datos por el método de la observación consiste principalmente en visualizar y presenciar el proceso en forma sistemática, es decir, consiste en la observación de un conjunto de procesos ordenados o estructurados de elementos relacionados entre sí. Labarca (2017), en su publicación afirma que se debe tener en cuenta que la observación, los hechos y los resultados son factores estrechamente relacionados, puesto que la técnica consiste en observar atentamente los casos para recolectar información y registrarla para un análisis futuro.

Una vez empleada la técnica de recolección de datos, se realizaron pruebas donde se recorrieron varias distancias a velocidades variables, en diferentes situaciones climáticas que permiten verificar el comportamiento y desgaste de los neumáticos mediante la utilización de aire y nitrógeno, esto con la finalidad de dar solución a problemas suscitados por las diferentes causas del desgaste de los neumáticos del automóvil.

Con la información recolectada mediante libros, artículos científicos e investigaciones realizadas y publicadas en bibliotecas virtuales se realizó un estudio sobre el uso de aire y nitrógeno en neumáticos; de la misma manera, se propone recolectar datos de las variables controladas establecidas para realizar un análisis y prueba de hipótesis, con el fin de cumplir los objetivos planteados anteriormente.

### **2.8.2 Instrumentos de recolección de datos**

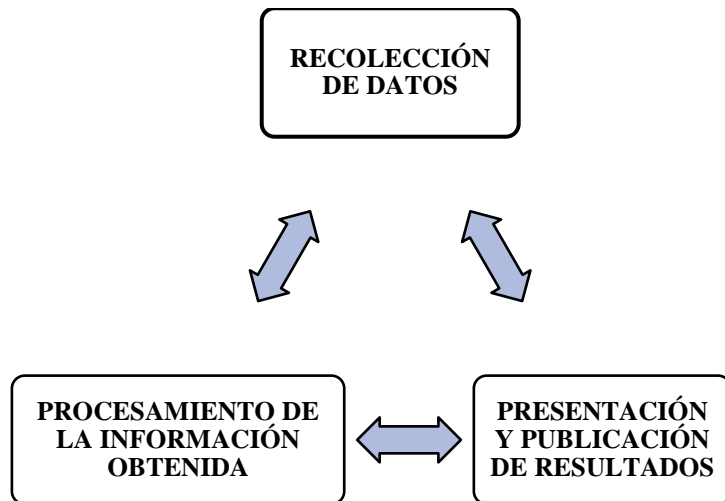
Los instrumentos de recolección de datos son los mecanismos que sirven para recolectar datos e información utilizados por el investigador.

La importancia del uso de instrumentos para toma de datos en una determinada investigación sintetiza la labor previa para que el investigador pueda acercarse mediante un instrumento y recolectar información mediante alguna plataforma (Deguiar, 2016: p. 5).

Para esta recolección se utilizó un instrumento de medida que permita extraer información en tiempo real y de manera efectiva, para luego dar respuesta a los indicadores del estudio como el desgaste, temperatura y la variación de la presión de los neumáticos del vehículo. Mediante estos instrumentos se usa una diversidad de métodos y técnicas con la finalidad de buscar información que sea útil para la investigación.

### **2.9 Procesamiento de datos**

El procesamiento de los datos adquiridos es un proceso en el cual toda la información obtenida será interpretada mediante, clasificación, registro, interpretación e implementación. Para el procesamiento es necesario tener en cuenta el Gráfico 2-1, en el cual se muestran los pasos a seguir para este proceso.



**Gráfico 2-1:** Ciclo que se debe seguir para el procesamiento de datos

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalín, 2020

### 2.9.1 *Recolección de datos*

En el presente proyecto se realizó la recolección de datos utilizando el sensor de presión de neumático TPMS, el cual realizar un monitoreo constante de las condiciones físicas y de presión en cada una de las ruedas colocadas en el vehículo. En la Figura 2-1 se ilustra la toma de muestra.



**Figura 2-1:** Visualización de los datos obtenidos.

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalín, 2020

### 2.9.2 *Procesamiento de la información obtenida*

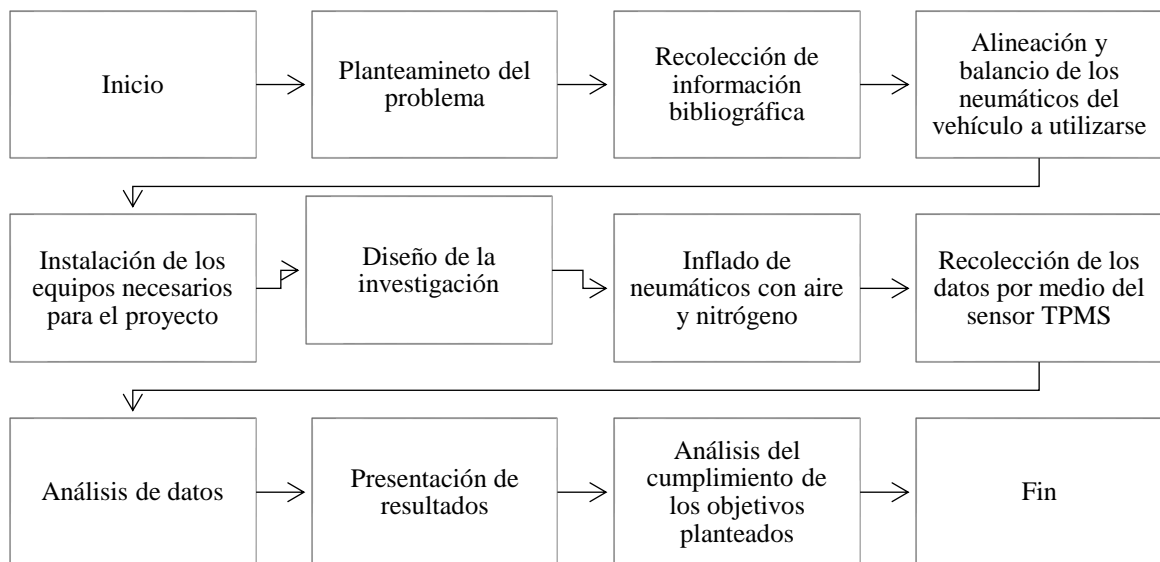
Para el procesamiento de los datos obtenidos se tabularon en una hoja de Excel, que es como se exportan los datos obtenidos por los sensores para realizar una comparación entre ellos y analizar el cumplimiento de los objetivos planteados.

### 2.9.3 Presentación y publicación de resultados

Los resultados se presentan mediante ecuaciones, gráficos y tablas. En el proyecto propuesto se utilizaron tablas donde constan los datos y las comparaciones realizadas, y los gráficos para mostrar los resultados más didácticos y entendibles.

### 2.10 Procedimientos experimentales

El flujo que se diseñó para la realización del proyecto planteado se detalla en el Gráfico 2-2.

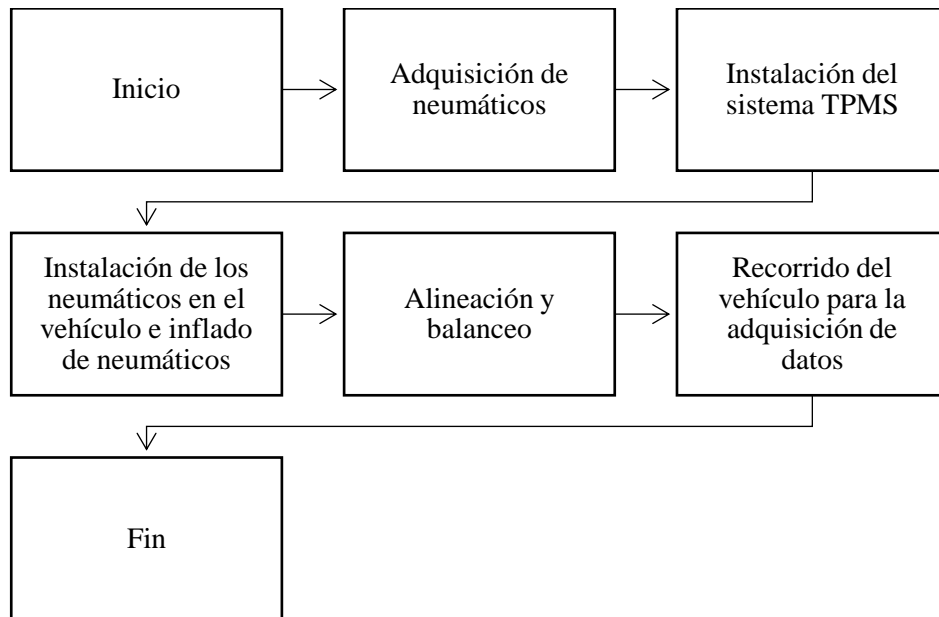


**Gráfico 2-2:** Flujo para la realización del proyecto

**Realizado por:** Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020

### 2.11 Realización de las pruebas

Para la realización de las pruebas, se estableció un orden de ejecución, el mismo que se detalla en el Gráfico 2-3.



**Gráfico 2-3:** Proceso para la realización de las pruebas  
 Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020

### 2.11.1 Adquisición de neumáticos

Para la realización de las pruebas se utilizaron neumáticos nuevos. Los neumáticos utilizados fueron de la marca campeón, las cuales se muestran en la Figura 2-2.



**Figura 2-2:** Neumáticos utilizados  
 Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020

Las principales características de estas llantas se detallan en la Tabla 2-2.



**Tabla 2-2:** Características de neumáticos campeón

Características
3 surcos para evacuación de agua
Desarrollo de la banda de rodamiento
Amplia área de contacto y adherencia con el suelo
Mejor maniobrabilidad
Medidas: 195/60R15
Índice de velocidad: H (210 km/h)
Índice de carga: 88 (560 kg)

**Fuente:** (Campeón, 2019) Características de neumáticos

**Realizado por:** Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020

### ***2.11.2 Instalación del sistema TPMS en el vehículo***

La instalación del sistema TPMS en el vehículo consta de dos partes. La primera es la instalación del sensor en las válvulas de las 4 llantas y la segunda parte es la instalación de la pantalla de visualización dentro del vehículo, donde se muestran los datos censados de presión y temperatura.

En la Figura 2-3 se muestra el sistema TPMS instalado



**Figura 2-3:** Sistema TPMS instalado en el vehículo

**Realizado por:** Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020

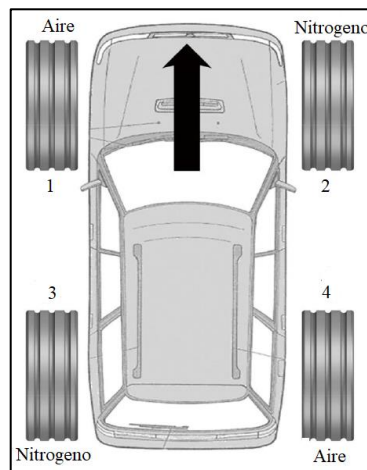
### 2.11.3 Instalación de los neumáticos en el vehículo

El vehículo utilizado para la realización de las pruebas es un taxi de la compañía de taxis “Wilson Morocho” de la ciudad de Riobamba, de marca KIA Rio del año 2017, los datos del vehículo se muestran en el Anexo A. El vehículo se muestra en la Figura 2-4.



**Figura 2-4:** Vehículo utilizado para las pruebas  
Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalín, 2020

La instalación de los neumáticos se realizó en el Servicio Automotriz “Garcés” de la ciudad de Riobamba. Dos de los neumáticos se inflaron con aire y dos con nitrógeno como se muestran en la Figura 2-5.



**Figura 2-5:** Posición de los neumáticos  
Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalín, 2020

Para el inflado de los neumáticos se tomaron en cuenta las especificaciones del fabricante del vehículo, las cuales se muestran en la placa del mismo que está colocada en un costado de la puerta, dicha placa se muestra en la Figura 2-6.



**Figura 2-6:** Presión recomendada por el fabricante  
Fuente: (KIA, 2018)

En la Tabla 2-3, se muestra el detalle de los datos contenidos en la placa mencionada anteriormente.

**Tabla 2-3:** Detalle del contenido de la placa del KIA Rio

Columna	Detalle
A	Presión de los neumáticos traseros
B	Presión de los neumáticos delanteros
C	Presión según la carga que vaya a llevar el vehículo
D	Presión recomendada para la rueda de auxilio temporal
E	Medidas de la cubierta de auxilio temporal

Fuente: (KIA, 2018) Detalle del contenido de la placa del KIA Rio

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020

La presión utilizada para el inflado de los neumáticos fue de 35 PSI en las llantas traseras y 38 PSI en las llantas delanteras. En la Figura 2-7 se muestra el proceso de inflado de los neumáticos.



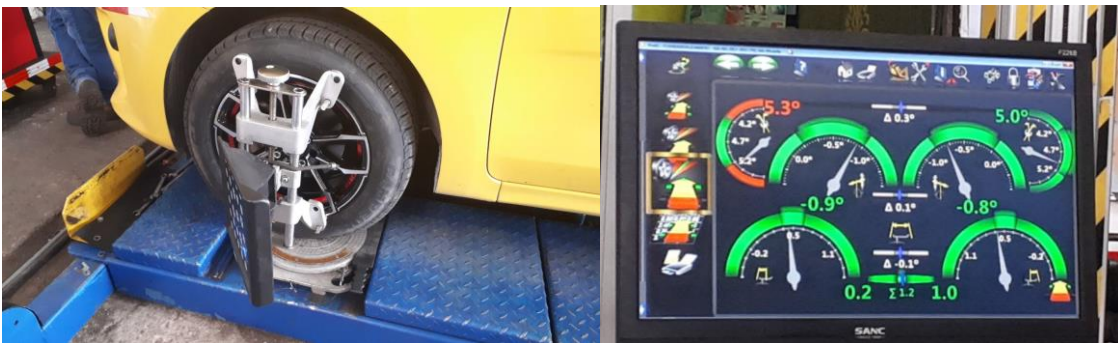
**Figura 2-7:** Inflado de los neumáticos  
Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020

### 2.11.4 Alineación y balanceo del vehículo

Una vez instalados los neumáticos en el vehículo se procede a realizar la alineación y balanceo, para evitar así un desgaste desigual de los neumáticos. Los datos del vehículo obtenidos antes y después la realización de la alineación y balanceo se encuentran en el Anexo B. El proceso de balanceo que se realizó al vehículo se muestra en las Figura 2-8 y Figura 2-9.



**Figura 2-8:** Proceso de balanceo de los neumáticos  
Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020



**Figura 2-9:** Proceso de alineación del vehículo  
Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020

### 2.12 Adquisición de datos

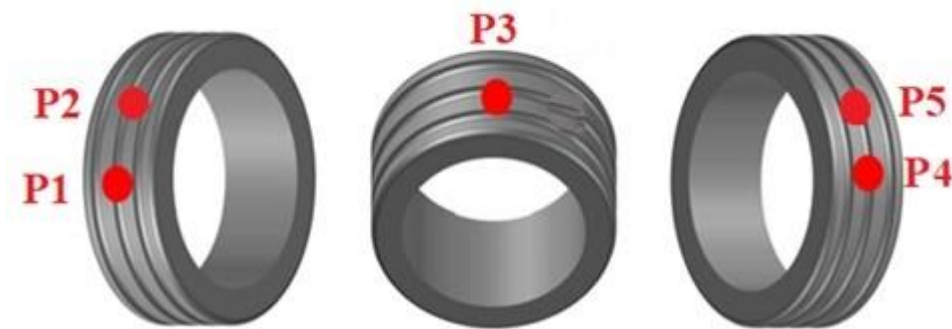
Para la recolección de los datos se realizaron recorridos de 10 km, donde se tomaban los valores de presión, temperatura y desgaste por cada km recorrido.

Los datos tanto de la presión como de temperatura se los tomaron de manera manual, es decir que se tomaba fotografías a los datos que se visualizaba en la pantalla del sistema TPMS para luego ser tabulados. En la Figura 2-10 se muestra la toma de datos.



**Figura 2-10:** Toma de datos de presión y temperatura  
**Realizado por:** Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020

Para la adquisición de los datos del desgaste de los neumáticos primero se establecieron 6 puntos de medición como se muestra en la Figura 2-11 y por medio de un calibrador pie de rey se procedió a verificar la profundidad de los surcos de la rueda, para constatar el desgaste del neumático ocasionado durante el tiempo de recorrido ya sea en los que están inflados con aire o nitrógeno; la Figura 2-12 muestra el procedimiento de medición.



**Figura 2-11:** Puntos de medición del desgaste en el neumático.

**Realizado por:** Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020



**Figura 2-12:** Medición del desgaste

**Realizado por:** Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020



Para la recopilación de los datos obtenidos de las pruebas realizadas de manera ordenada y así evitar la pérdida de estos, se diseñó una hoja de control que se encuentra en el Anexo C, donde constan los siguientes datos:

- Fecha
- Clima
- Kilometraje inicial
- Kilometraje final
- Tipo de gas utilizado en el neumático
- Llanta #: Desgaste, presión y temperatura

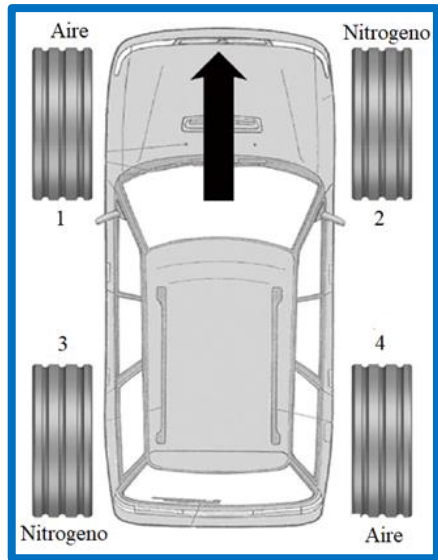
En la Figura 2-13 se muestra una hoja de control llena con datos obtenidos durante las pruebas realizadas.

PRUEBA DE DATOS 4				
fecha	19/7/2020			
Tipo de clima	Mayormente nublado 13 <sup>o</sup>			
Tipo de gas	Aire			
NEUMATICO 1	Kilometraje (Km)	Presión (psi)	Temperatura (c)	Desgaste (mm)
	166620	29,1	25	
	166621	29,1	25	
	166622	29,5	26	
	166623	29,5	26	
	166624	29,5	27	
	166625	29,5	27	
	166626	29,5	28	
	166627	29,5	29	
	166628	29,5	30	
166629	29,9	31		

**Figura 2-13:** Hoja de control  
Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020

### 2.13 Tabulación de datos

Para realizar la tabulación de los datos obtenidos se enumeraron los neumáticos y se especificaron cuales usan aire o nitrógeno, como se muestra en la Figura 2-14.



**Figura 2-14:** Distribución de los neumáticos del vehículo  
**Realizado por:** Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020

## CAPÍTULO III

### 3 MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Los datos iniciales de los neumáticos antes de realizar lo recorridos se muestran en la Tabla 3-1.

**Tabla 3-1:** Datos iniciales de los neumáticos

DATOS DE LOS NEUMÁTICOS				
Fecha	12/6/2020			
	Neumático 1	Neumático 2	Neumático 3	Neumático 4
Tipo de gas	Aire	Nitrógeno	Nitrógeno	Aire
kilometraje inicial (km)	162774	162774	162774	162774
Medidas de la profundidad (mm)	surco 1	surco 2	surco 3	promedio
	9	10	9	9,3
Presión inicial (psi)	29,1	28,7	31,1	28,3
Temperatura inicial (°C)	30	28	26	31

Fuente: Autores

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020

A continuación, se detallan los datos de presión, temperatura y desgaste, tabulados por cada recorrido realizado.

#### 3.1 Recorrido N° 1

El primer recorrido realizado fue de 10 km, con un clima parcialmente soleado de 18°C. Se realizaron las mediciones necesarias obteniendo así los datos del comportamiento de la temperatura y presión del aire y nitrógeno en los neumáticos, estos datos se muestran en la Tabla 3-2.

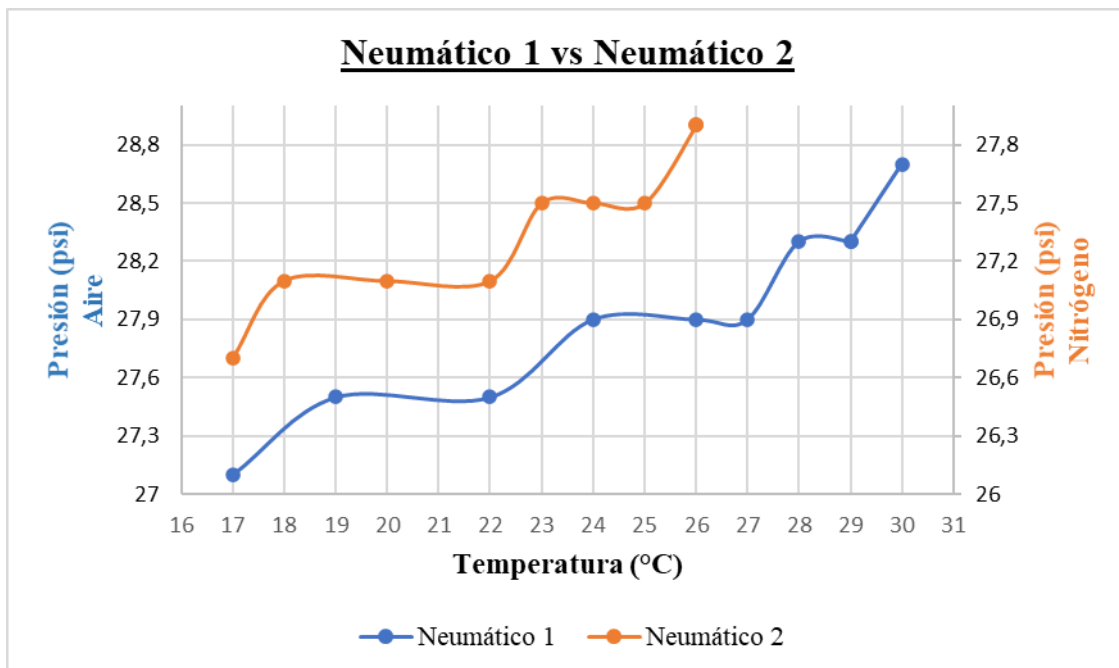


**Tabla 3-2:** Recorrido 1. Datos de la temperatura y presión en los neumáticos delanteros.

<b>RECORRIDO N° 1</b>				
<b>Fecha</b>	28/6/2020			
<b>Tipo de clima</b>	Parcialmente soleado 18°C			
<b>Gas utilizado</b>	<b>Aire</b>		<b>Nitrógeno</b>	
<b>Kilometraje (km)</b>	<b>Neumático 1</b>		<b>Neumático 2</b>	
	<b>Presión (psi)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Presión (psi)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>
164233	27,1	17	26,7	17
164234	27,5	19	27,1	18
164235	27,5	22	27,1	20
164236	27,9	24	27,1	22
164237	27,9	26	27,5	23
164238	27,9	27	27,5	24
164239	28,3	28	27,5	25
164240	28,3	29	27,9	26
164241	28,3	29	27,9	26
164242	28,7	30	27,9	26

Fuente: Autores

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020



**Gráfico 3-1:** Recorrido 1. Gráfico de temperatura vs presión neumático 1 y 2

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020

En el Gráfico 3-1 se muestran los datos obtenidos de temperatura y presión durante la primera prueba en los neumáticos delanteros 1 y 2 que se encuentran inflados con aire y nitrógeno

respectivamente, se puede observar que el neumático 1 alcanzó una presión máxima de 28.7 psi a una temperatura de 30°C, mientras que el neumático 2 alcanzó una presión máxima de 27.9 psi a una temperatura de 26°C.

Aplicando la ecuación de la desviación estándar:

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X-\bar{X})^2}{n-1}} \quad (1)$$

Donde:

$\Sigma$ : "suma de"

$X$  :es el valor del conjunto de datos de presión y temperatura de los neumáticos

$\bar{X}$  :es la media del conjunto de datos

$n$ : es el número de datos.

Entonces se determinó que la presión y temperatura en el neumático 1 varían aproximadamente 0,48 psi y 4,48°C por cada kilómetro recorrido, en cambio en el neumático 2 la presión y temperatura varían aproximadamente 0,41 psi y 3,37°C por cada kilómetro recorrido.

Los datos de presión y temperatura obtenidos en los neumáticos posteriores se muestran en la Tabla 3-3.

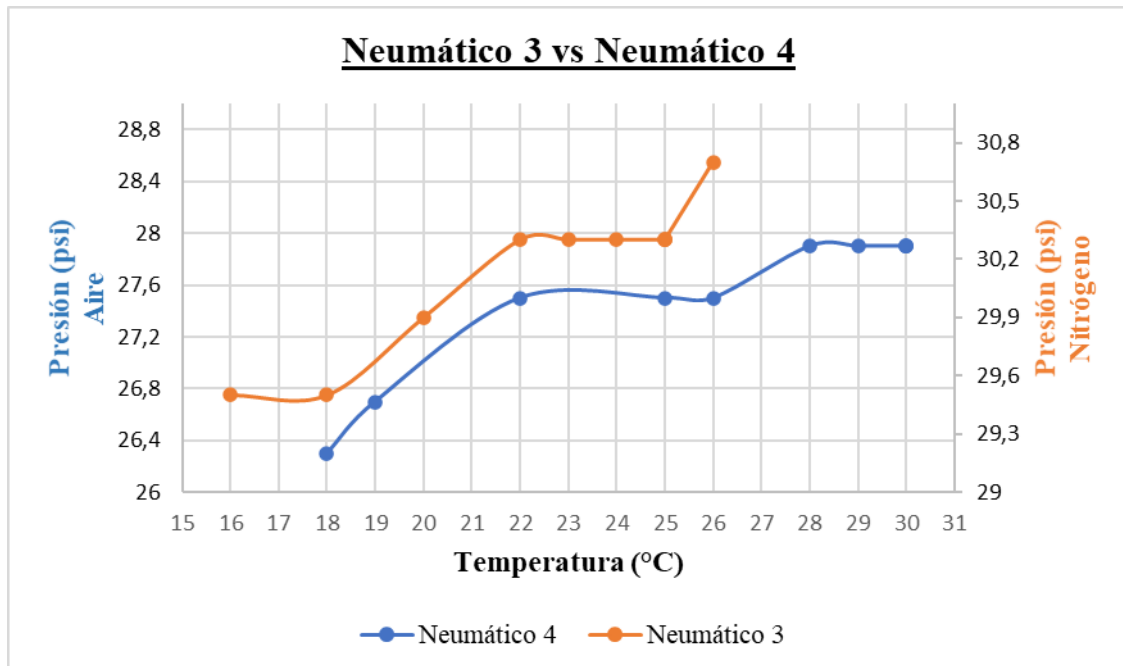
**Tabla 3-3:** Recorrido 1. Datos de la temperatura y presión en los neumáticos posteriores

<b>RECORRIDO N° 1</b>				
<b>Fecha</b>	28/6/2020			
<b>Tipo de clima</b>	Parcialmente soleado 18°C			
<b>Gas utilizado</b>	<b>Nitrógeno</b>		<b>Aire</b>	
<b>Kilometraje (km)</b>	<b>Neumático 3</b>		<b>Neumático 4</b>	
	<b>Presión (psi)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Presión (psi)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>
164233	29,5	16	26,3	18
164234	29,5	18	26,7	19
164235	29,9	20	27,5	22
164236	30,3	22	27,5	25
164237	30,3	23	27,5	26
164238	30,3	24	27,9	28

164239	30,3	25	27,9	29
164240	30,3	25	27,9	30
164241	30,3	25	27,9	30
164242	30,7	26	27,9	30

Fuente: Autores

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020



**Gráfico 3-2:** Recorrido 1. Gráfico de temperatura vs presión en los neumáticos 3 y 4  
Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020

En el Gráfico 3-2 se visualizan los datos obtenidos de temperatura y presión durante la prueba 1 en los neumáticos posteriores 3 y 4 que se encuentran inflados con nitrógeno y aire respectivamente, donde se puede observar que el neumático 3 alcanzó una presión máxima de 30.7 psi a una temperatura de 26°C, mientras que el neumático 4 alcanzó una presión máxima de 27.9 psi a una temperatura de 30°C; aplicando la ecuación 1:

Se determinó que la presión y temperatura en el neumático 3 varían aproximadamente 0,39 psi y 3,37°C por cada kilómetro recorrido, en cambio en el neumático 4 la presión y temperatura varían aproximadamente 0,57 psi y 4,60°C por cada kilómetro recorrido.

### 3.2 Recorrido N° 2

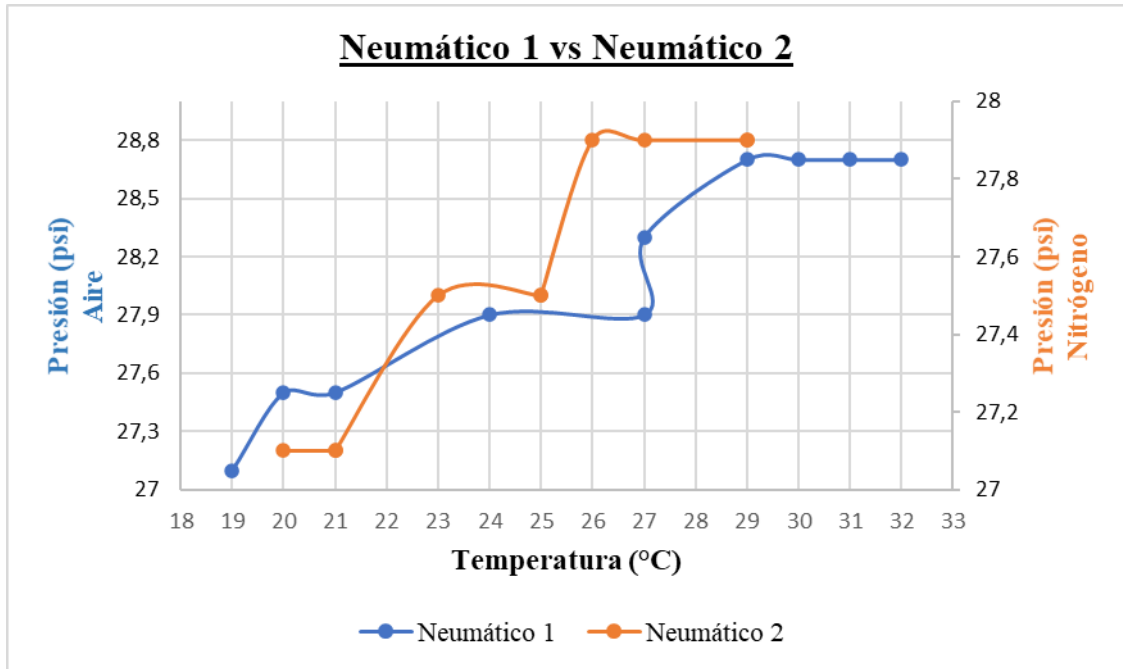
El segundo recorrido realizado de 10 km fue a partir de los 164944 km, para ello el vehículo ya realizó un recorrido de 711 km considerando desde el kilometraje de 164233 km, cuyo valor se registró al momento en que el vehículo realizó el primer recorrido, la prueba se llevó a cabo con un clima soleado de 22°C. Se realizaron las mediciones necesarias obteniendo así los datos del comportamiento de la temperatura y presión, tanto del aire como del nitrógeno en los neumáticos delanteros, estos datos se muestran en la Tabla 3-4.

**Tabla 3-4:** Recorrido 2. Datos de la temperatura y presión del aire en los neumáticos

<b>RECORRIDO N° 2</b>				
<b>Fecha</b>	5/7/2020			
<b>Tipo de clima</b>	Soleado 22°C			
<b>Gas utilizado</b>	<b>Aire</b>		<b>Nitrógeno</b>	
<b>Kilometraje (km)</b>	<b>Neumático 1</b>		<b>Neumático 2</b>	
	<b>Presión (psi)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Presión (psi)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>
164944	27,1	19	27,1	20
164945	27,5	20	27,1	21
164946	27,5	21	27,1	21
164947	27,9	24	27,5	23
164948	27,9	27	27,5	25
164949	28,3	27	27,5	25
164950	28,7	29	27,9	26
164951	28,7	30	27,9	27
164952	28,7	31	27,9	29
164953	28,7	32	27,9	29

**Fuente:** Autores

**Realizado por:** Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020



**Gráfico 3-3:** Recorrido 2. Gráfico de temperatura vs presión en los neumáticos 1 y 2

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020

En el Gráfico 3-3 se visualizan los datos obtenidos de temperatura y presión durante la prueba 2 en los neumáticos delanteros 1 y 2 que se encuentran inflados con aire y nitrógeno respectivamente, donde se puede observar que el neumático 1 alcanzó una presión máxima de 28,7 psi a una temperatura de 32°C, mientras que el neumático 2 alcanzó una presión máxima de 27,9 psi a una temperatura de 29°C; aplicando la ecuación 1:

Se determinó que la presión y temperatura en el neumático 1 varían aproximadamente 0,60 psi y 4,74°C por cada kilómetro recorrido, en cambio en el neumático 2 la presión y temperatura varían aproximadamente 0,35 psi y 3,27°C por cada kilómetro recorrido.

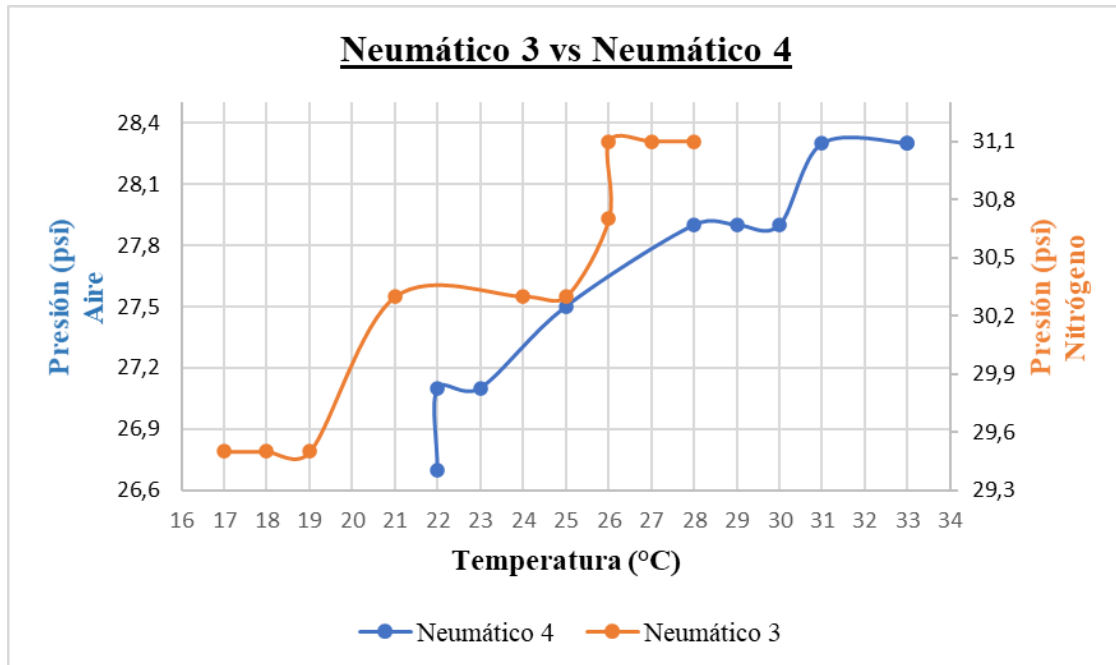
Los datos de presión y temperatura obtenidos en los neumáticos posteriores se muestran en la Tabla 3-5.

**Tabla 3-5:** Recorrido 2. Datos de temperatura y presión de los neumáticos posteriores

RECORRIDO N° 2				
Fecha	5/7/2020			
Tipo de clima	Soleado 22°C			
Gas utilizado	Nitrógeno		Aire	
Kilometraje (km)	Neumático 3		Neumático 4	
	Presión (psi)	Temperatura (°C)	Presión (psi)	Temperatura (°C)
164944	29,5	17	26,7	22
164945	29,5	18	27,1	22
164946	29,5	19	27,1	23
164947	30,3	21	27,5	25
164948	30,3	24	27,9	28
164949	30,3	25	27,9	29
164950	30,7	26	27,9	30
164951	31,1	26	28,3	31
164952	31,1	27	28,3	33
164953	31,1	28	28,3	33

Fuente: Autores

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020



**Gráfico 3-4:** Recorrido 2. Gráfico de temperatura vs presión en los neumáticos 3 y 4

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020

En el Gráfico 3-4 se visualizan los datos obtenidos de temperatura y presión durante la prueba 2 en los neumáticos posteriores 3 y 4 que se encuentran inflados con nitrógeno y aire respectivamente, donde se puede observar que el neumático 3 alcanzó una presión máxima de 31.1 psi a una temperatura de 28°C, mientras que el neumático 4 alcanzó una presión máxima de 28.3 psi a una temperatura de 33°C; aplicando la ecuación 1:

Se determinó que la presión y temperatura en el neumático 3 varían aproximadamente 0,67 psi y 4,01°C por cada kilómetro recorrido, en cambio en el neumático 4 la presión y temperatura varían aproximadamente 0,57 psi y 4,33°C por cada kilómetro recorrido.

### 3.3 Recorrido N° 3

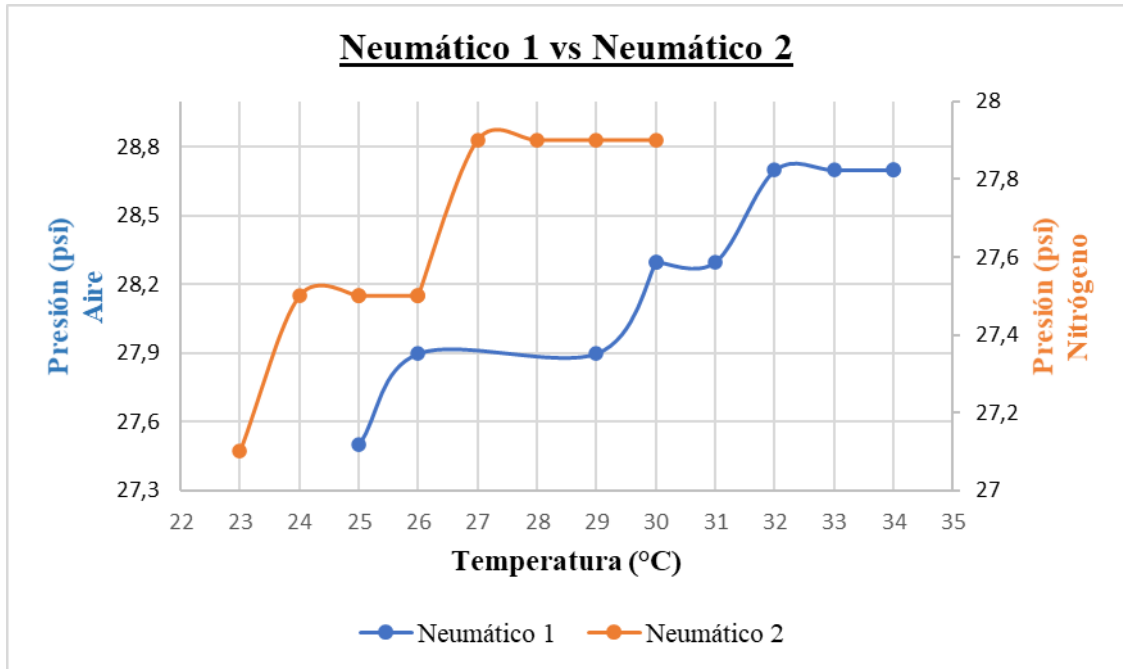
El tercer recorrido realizado de 10 km fue a partir de los 165826 km, para ello el vehículo ya realizó un recorrido de 882 km considerando desde el kilometraje de 164944 km, cuyo valor se registró al momento en que el vehículo realizó el segundo recorrido, la prueba se llevó a cabo con un clima parcialmente soleado de 13°C. Se realizaron las mediciones necesarias obteniendo así los datos del comportamiento de la temperatura y presión, tanto del aire como del nitrógeno en los neumáticos delanteros, estos datos se muestran en la Tabla 3-6.

**Tabla 3-6:** Recorrido 3. Datos de la temperatura y presión de los neumáticos delanteros

<b>RECORRIDO N° 3</b>				
<b>Fecha</b>	12/7/2020			
<b>Tipo de clima</b>	Parcialmente soleado 13°C			
<b>Gas utilizado</b>	<b>Aire</b>		<b>Nitrógeno</b>	
<b>Kilometraje (km)</b>	<b>Neumático 1</b>		<b>Neumático 2</b>	
	<b>Presión (psi)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Presión (psi)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>
165826	27,5	25	27,1	23
165827	27,9	26	27,5	24
165828	27,9	29	27,5	25
165829	28,3	30	27,5	25
165830	28,3	30	27,5	26
165831	28,3	31	27,5	26
165832	28,7	32	27,9	27
165833	28,7	33	27,9	28
165834	28,7	34	27,9	29
165835	28,7	34	27,9	30

**Fuente:** Autores

**Realizado por:** Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020



**Gráfico 3-5:** Recorrido 3. Gráfico de temperatura vs presión en los neumáticos 1 y 2

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020

En el Gráfico 3-5 se visualizan los datos obtenidos de temperatura y presión durante la prueba 3 en los neumáticos delanteros 1 y 2 que se encuentran inflados con aire y nitrógeno respectivamente, donde se puede observar que el neumático 1 alcanzó una presión máxima de 28.7 psi a una temperatura de 34°C, mientras que el neumático 2 alcanzó una presión máxima de 27.9 psi a una temperatura de 30°C; aplicando la ecuación 1:

Se determinó que la presión y temperatura en el neumático 1 varían aproximadamente 0,42 psi y 3,10°C por cada kilómetro recorrido, en cambio en el neumático 2 la presión y temperatura varían aproximadamente 0,27 psi y 2,21°C por cada kilómetro recorrido.

El desgaste que se obtuvo en los neumáticos delanteros durante el recorrido de 3052 km considerando desde el kilometraje inicial de 162774 km se detalla en la Tabla 3-7.

**Tabla 3-7:** Recorrido 3. Datos del desgaste de los neumáticos delanteros

RECORRIDO N° 3		
Fecha	12/7/2020	
Kilometraje inicial (km)	162774	
Kilometraje previo a la medición (km)	165826	
Kilometraje recorrido (km)	3052	
Gas utilizado	Aire	Nitrógeno
	Neumático 1	Neumático 2



Puntos de medición	Surco 1 (mm)	Surco 2 (mm)	Surco 3 (mm)	Surco 1 (mm)	Surco 2 (mm)	Surco 3 (mm)
P1	0,3	1,2	0,5	0,4	1,5	0,6
P2	0,3	1,2	0,3	0,3	1,0	0,1
P3	0,3	1,3	0,3	0,3	1,1	0,2
P4	0,3	1,3	0,3	0,4	1,2	0,2
P5	0,4	1,3	0,3	0,4	1,0	0,1
<b>Promedio (mm)</b>	<b>0,64</b>			<b>0,59</b>		

Fuente: Autores

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalín, 2020

La Tabla 3-7 muestra los datos de los neumáticos delanteros 1-2 que están inflados con aire y nitrógeno respectivamente, donde en el neumático 1 el promedio de desgaste es de 0,64 mm en cambio en el neumático 2 el promedio de desgaste fue de 0,59 mm. Demostrando que en este caso el neumático 1 tiene mayor desgaste que el neumático 2.

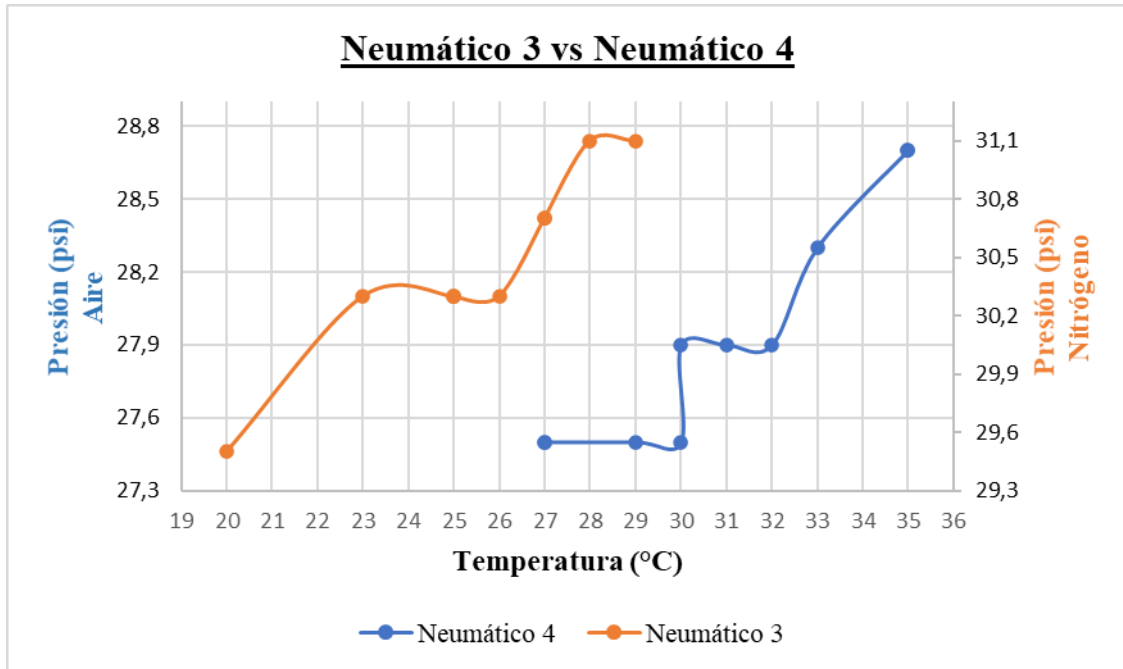
Los datos de presión y temperatura obtenidos en los neumáticos posteriores se muestran en la Tabla 3-8.

**Tabla 3-8:** Datos de la temperatura y presión en los neumáticos posteriores.

<b>RECORRIDO N° 3</b>				
Fecha	12/7/2020			
Tipo de clima	Parcialmente soleado 13°C			
Gas utilizado	<b>Nitrógeno</b>		<b>Aire</b>	
Kilometraje (km)	Neumático 3		Neumático 4	
	Presión (psi)	Temperatura (°C)	Presión (psi)	Temperatura (°C)
165826	29,5	20	27,5	27
165827	30,3	23	27,5	27
165828	30,3	25	27,5	29
165829	30,3	25	27,5	30
165830	30,3	25	27,9	30
165831	30,3	26	27,9	31
165832	30,7	27	27,9	32
165833	30,7	27	28,3	33
165834	31,1	28	28,7	35
165835	31,1	29	28,7	35

Fuente: Autores

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalín, 2020



**Gráfico 3-6:** Recorrido 3. Gráfico de temperatura vs presión en los neumáticos 3 y 4

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020

En el Gráfico 3-6 se visualizan los datos obtenidos de temperatura y presión durante la prueba 3 en los neumáticos posteriores 3 y 4 que se encuentran inflados con nitrógeno y aire respectivamente, donde se puede observar que el neumático 3 alcanzó una presión máxima de 31,1 psi a una temperatura de 29°C, mientras que el neumático 4 alcanzó una presión máxima de 28,7 psi a una temperatura de 35°C; aplicando la ecuación 1:

Se determinó que la presión y temperatura en el neumático 3 varían aproximadamente 0,47 psi y 2,59°C por cada kilómetro recorrido, en cambio en el neumático 4 la presión y temperatura varían aproximadamente 0,48 psi y 2,88°C por cada kilómetro recorrido.

El desgaste que se obtuvo en los neumáticos posteriores durante el recorrido de 882 km se detalla en la Tabla 3-9.

**Tabla 3-9:** Recorrido 3. Datos del desgaste de los neumáticos posteriores.

RECORRIDO N° 3		
Fecha	12/7/2020	
Kilometraje inicial	162774	
Kilometraje previo a la medición (km)	165826	
Kilometraje recorrido (km)	3052	
Gas utilizado	Nitrógeno	Aire
	Neumático 3	Neumático 4

Puntos de medición	Surco 1 (mm)	Surco 2 (mm)	Surco 3 (mm)	Surco 1 (mm)	Surco 2 (mm)	Surco 3 (mm)
P1	0,0	1,0	0,0	0,2	1,0	0,0
P2	0,1	1,0	0,2	0,0	1,0	0,1
P3	0,1	0,8	0,1	0,2	1,0	0,2
P4	0,0	0,5	0,0	0,2	1,0	0,2
P5	0,1	1,0	0,0	0,0	1,1	0,0
<b>Promedio (mm)</b>	<b>0,33</b>			<b>0,41</b>		

Fuente: Autores

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalín, 2020

La Tabla 3-9 muestra los datos de los neumáticos posteriores 3-4 que están inflados con nitrógeno y aire respectivamente, donde en el neumático 3 el promedio de desgaste es de 0,33 mm en cambio en el neumático 4 el promedio de desgaste fue de 0,41 mm; demostrando que en este caso el neumático 4 tiene mayor desgaste que el neumático 3.

### 3.4 Recorrido N° 4

Antes de efectuar cuarta prueba se realizó una corrección en las presiones de las ruedas, debido a que los sensores no funcionaban a menos de 25 psi, donde dicho valor fue consecuencia de presentarse un clima frío y además que el vehículo se encontraba parado antes de empezar el recorrido, los datos de las correcciones que se realizaron se muestran en la Tabla 3-10.

**Tabla 3-10:** Datos de la temperatura y presión iniciales corregidos.

Fecha	19/7/2020			
	Neumático 1	Neumático 2	Neumático 3	Neumático 4
Tipo de gas	Aire	Nitrógeno	Nitrógeno	Aire
kilometraje inicial (km)	166620	166620	166620	166620
Presión inicial (psi)	29,9	29,1	29,5	29,5
Temperatura inicial (°C)	31	24	23	30

Fuente: Autores

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalín, 2020

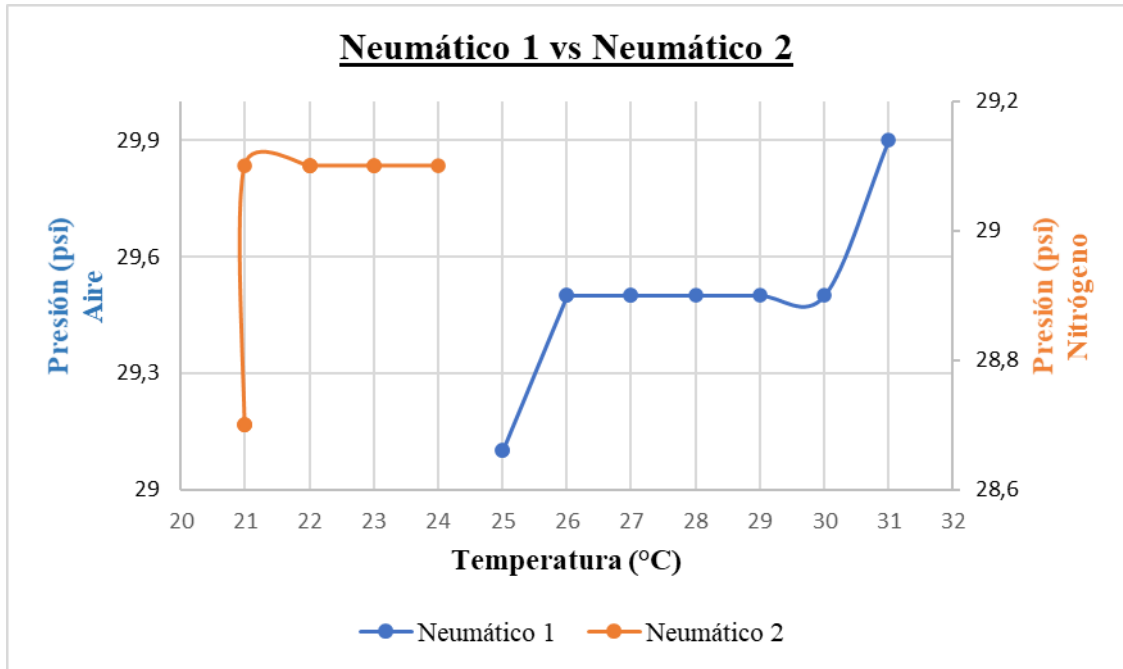
El cuarto recorrido realizado de 10 km fue a partir de los 166620 km, para ello el vehículo ya realizó un recorrido de 794 km considerando desde el kilometraje de 165826 km, cuyo valor se registró al momento en que el vehículo realizó el tercer recorrido, la prueba se llevó a cabo con un clima mayormente nublado de 13°C. Se realizaron las mediciones necesarias obteniendo así los datos del comportamiento de la temperatura y presión, tanto del aire como del nitrógeno en los neumáticos delanteros, estos datos se muestran en la Tabla 3-11.

**Tabla 3-11:** Recorrido 4. Datos de la temperatura y presión de los neumáticos delanteros.

<b>RECORRIDO N° 4</b>				
<b>Fecha</b>	19/7/2020			
<b>Tipo de clima</b>	Mayormente nublado 13°C			
<b>Gas utilizado</b>	<b>Aire</b>		<b>Nitrógeno</b>	
<b>Kilometraje (km)</b>	<b>Neumático 1</b>		<b>Neumático 2</b>	
	<b>Presión (psi)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Presión (psi)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>
166620	29,1	25	28,7	21
166621	29,1	25	28,7	21
166622	29,5	26	28,7	21
166623	29,5	26	29,1	21
166624	29,5	27	29,1	22
166625	29,5	27	29,1	22
166626	29,5	28	29,1	22
166627	29,5	29	29,1	23
166628	29,5	30	29,1	23
166629	29,9	31	29,1	24

Fuente: Autores

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020



**Gráfico 3-7:** Recorrido 4. Gráfico de temperatura vs presión en los neumáticos 1 y 2

**Realizado por:** Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020

En el Gráfico -73 se visualizan los datos obtenidos de temperatura y presión durante la prueba 4 en los neumáticos delanteros 1 y 2 que se encuentran inflados con aire y nitrógeno respectivamente, donde se puede observar que el neumático 1 alcanzó una presión máxima de 29.9 psi a una temperatura de 31°C, mientras que el neumático 2 alcanzó una presión máxima de 29.1 psi a una temperatura de 24°C; aplicando la ecuación 1:

Se determinó que la presión y temperatura en el neumático 1 varía aproximadamente 0,23 psi y 2,07°C por cada kilómetro recorrido, en cambio en el neumático 2 la presión y temperatura varía aproximadamente 0,19 psi y 1,05°C por cada kilómetro recorrido.

El desgaste que se obtuvo en los neumáticos delanteros durante el recorrido de 794 km se detalla en la Tabla 3-12.

**Tabla 3-12:** Recorrido 4. Datos del desgaste de los neumáticos delanteros

RECORRIDO N° 4						
Fecha		19/7/2020				
Kilometraje inicial del recorrido N° 3 (km)		165826				
Kilometraje previo a la medición (km)		166620				
Kilometraje recorrido (km)		794				
Gas utilizado	Aire			Nitrógeno		
Puntos de medición	Neumático 1			Neumático 2		
	Surco 1 (mm)	Surco 2 (mm)	Surco 3 (mm)	Surco 1 (mm)	Surco 2 (mm)	Surco 3 (mm)
P1	0,5	1,7	0,6	0,7	1,5	0,7
P2	0,4	1,3	0,3	0,5	1,1	0,5
P3	0,5	1,5	0,5	0,5	1,3	0,3
P4	0,6	1,7	0,5	0,6	1,2	0,6
P5	0,6	1,6	0,5	0,4	1,2	0,4
Promedio (mm)	0,85			0,77		

Fuente: Autores

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalín, 2020

En la Tabla 3-12 se muestra los datos de los neumáticos delanteros 1-2 que están inflados con aire y nitrógeno respectivamente, donde en el neumático 1 el promedio de desgaste es de 0,85 mm en cambio en el neumático 2 el promedio de desgaste fue de 0,77 mm. Demostrando que en este caso el neumático 1 tiene mayor desgaste que el neumático 2.

Los datos de presión y temperatura obtenidos de los neumáticos posteriores se muestran en la Tabla 3-13.

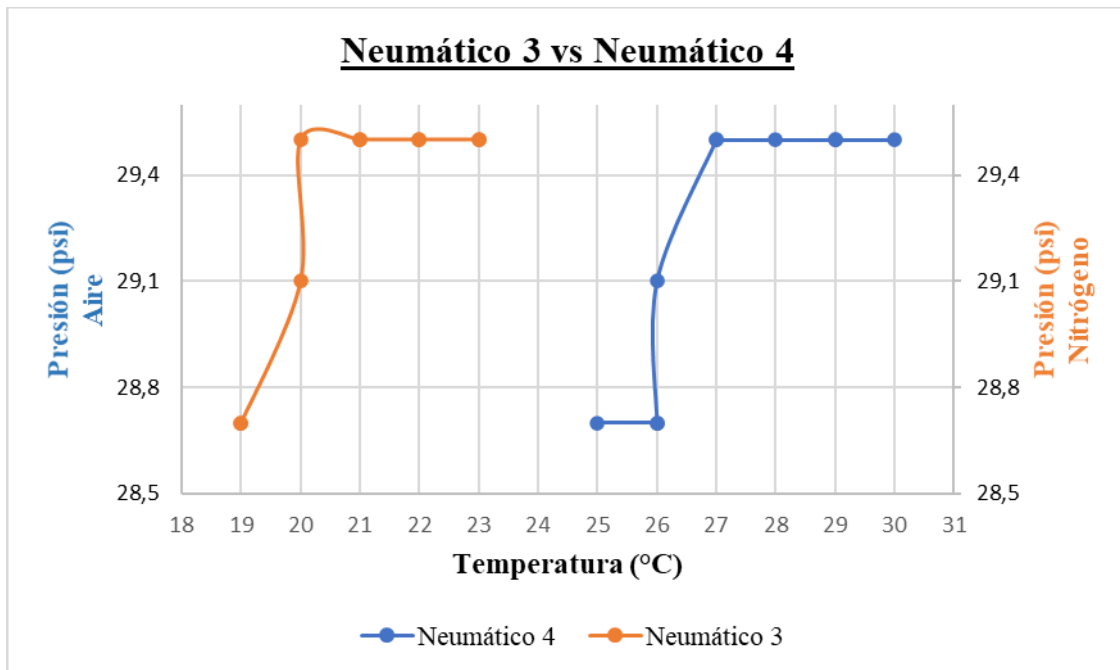
**Tabla 3-13:** Recorrido 4. Datos de la temperatura y presión en los neumáticos posteriores

RECORRIDO N° 4				
Fecha	19/7/2020			
Tipo de clima	Mayormente nublado 13°C			
Gas utilizado	Nitrógeno		Aire	
Kilometraje (km)	Neumático 3		Neumático 4	
	Presión (psi)	Temperatura (°C)	Presión (psi)	Temperatura (°C)
166620	28,7	19	28,7	25
166621	28,7	19	28,7	26
166622	29,1	20	28,7	26
166623	29,5	20	29,1	26
166624	29,5	21	29,5	27

166625	29,5	21	29,5	27
166626	29,5	22	29,5	28
166627	29,5	22	29,5	29
166628	29,5	23	29,5	29
166629	29,5	23	29,5	30

Fuente: Autores

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020



**Gráfico 3-8:** Recorrido 4. Gráfico de temperatura vs presión en los neumáticos 3 y 4

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020

En el Gráfico 3-8 se visualizan los datos obtenidos de temperatura y presión durante la prueba 4 en los neumáticos posteriores 3 y 4 que se encuentran inflados con nitrógeno y aire respectivamente, donde se puede observar que el neumático 3 alcanzó una presión máxima de 29.5 psi a una temperatura de 23°C, mientras que el neumático 4 alcanzó una presión máxima de 29.5 psi a una temperatura de 30°C; aplicando la ecuación 1:

Se determinó que la presión y temperatura en el neumático 3 varían aproximadamente 0,34 psi y 1,49°C por cada kilómetro recorrido, en cambio en el neumático 4 la presión y temperatura varían aproximadamente 0,38 psi y 1,64°C por cada kilómetro recorrido.

El desgaste que se obtuvo en los neumáticos posteriores durante el recorrido de 794 km se detalla en la Tabla 3-14.

**Tabla 3-14:** Recorrido 4. Datos del desgaste de los neumáticos posteriores

<b>RECORRIDO N° 4</b>						
<b>Fecha</b>			19/7/2020			
<b>Kilometraje inicial del recorrido N° 3 (km)</b>			165826			
<b>Kilometraje previo a la medición (km)</b>			166620			
<b>Kilometraje recorrido (km)</b>			794			
<b>Gas utilizado</b>	<b>Nitrógeno</b>			<b>Aire</b>		
<b>Puntos de medición</b>	<b>Neumático 3</b>			<b>Neumático 4</b>		
	<b>Surco 1 (mm)</b>	<b>Surco 2 (mm)</b>	<b>Surco 3 (mm)</b>	<b>Surco 1 (mm)</b>	<b>Surco 2 (mm)</b>	<b>Surco 3 (mm)</b>
P1	0,0	1,0	0,0	0,3	1,2	0,2
P2	0,0	0,8	0,0	0,3	1,1	0,1
P3	0,1	0,6	0,2	0,1	1,0	0,1
P4	0,3	1,0	0,4	0,2	0,9	0,2
P5	0,0	1,0	0,0	0,2	1,1	0,2
<b>Promedio (mm)</b>	<b>0,36</b>			<b>0,48</b>		

Fuente: Autores

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalín, 2020

En la Tabla 3-14 se muestra los datos de los neumáticos posteriores 3-4 que están inflados con nitrógeno y aire respectivamente, donde en el neumático 3 el promedio de desgaste es de 0,36 mm en cambio en el neumático 4 el promedio de desgaste fue de 0,48 mm. Demostrando que en este caso el neumático 4 tiene mayor desgaste que el neumático 3.

### 3.5 Recorrido N° 5

El quinto recorrido realizado de 10 km fue a partir de los 167878 km, para ello el vehículo ya realizó un recorrido de 1258 km considerando desde el kilometraje de 166620 km, cuyo valor se registró al momento en que el vehículo realizó el cuarto recorrido, la prueba se llevó a cabo con un clima mayormente soleado de 20°C. Se realizaron las mediciones necesarias obteniendo así los datos del comportamiento de la temperatura y presión, tanto del aire como del nitrógeno en los neumáticos delanteros, estos datos se muestran en la Tabla 3-15.

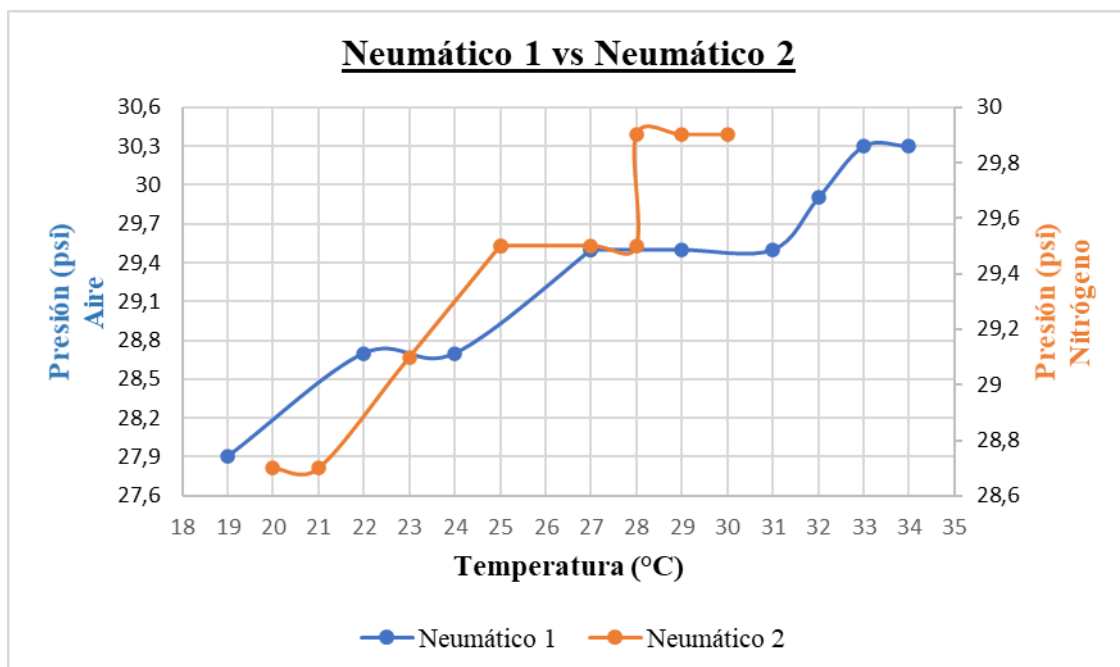


**Tabla 3-15:** Recorrido 5. Datos de la temperatura y presión de los neumáticos delanteros.

RECORRIDO N° 5				
Fecha	2/8/2020			
Tipo de clima	Mayormente soleado 20°C			
Gas utilizado	Aire		Nitrógeno	
Kilometraje (km)	Neumático 1		Neumático 2	
	Presión (psi)	Temperatura (°C)	Presión (psi)	Temperatura (°C)
167878	27,9	19	28,7	20
167879	28,7	22	28,7	21
167880	28,7	24	29,1	23
167881	29,5	27	29,5	25
167882	29,5	27	29,5	25
167883	29,5	29	29,5	27
167884	29,5	31	29,5	28
167885	29,9	32	29,9	28
167886	30,3	33	29,9	29
167887	30,3	34	29,9	30

Fuente: Autores

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020



**Gráfico 3-9:** Recorrido 5. Gráfico de temperatura vs presión en los neumáticos 1 y 2

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020

En el Gráfico 3-9 se visualizan los datos obtenidos de temperatura y presión durante la prueba 5 en los neumáticos delanteros 1 y 2 que se encuentran inflados con aire y nitrógeno respectivamente, donde se puede observar que el neumático 1 alcanzó una presión máxima de 30.3 psi a una temperatura de 34 °C, mientras que el neumático 2 alcanzó una presión máxima de 29.9 psi a una temperatura de 30 °C; aplicando la ecuación 1:

Se determinó que la presión y temperatura en el neumático 1 varían aproximadamente 0,76 psi y 4,96°C por cada kilómetro recorrido, en cambio en el neumático 2 la presión y temperatura varían aproximadamente 0,45 psi y 3,41°C por cada kilómetro recorrido.

El desgaste que se obtuvo en los neumáticos delanteros durante el recorrido de 1258 km se detalla en la Tabla 3-16.

**Tabla 3-16:** Recorrido 5. Datos del desgaste de los neumáticos delanteros

<b>RECORRIDO N° 5</b>						
<b>Fecha</b>			2/8/2020			
<b>Kilometraje inicial del recorrido N° 4 (km)</b>			166620			
<b>Kilometraje previo a la medición (km)</b>			167878			
<b>Kilometraje recorrido (km)</b>			1258			
<b>Gas utilizado</b>	<b>Aire</b>			<b>Nitrógeno</b>		
<b>Puntos de medición</b>	<b>Neumático 1</b>			<b>Neumático 2</b>		
	<b>Surco 1 (mm)</b>	<b>Surco 2 (mm)</b>	<b>Surco 1 (mm)</b>	<b>Surco 2 (mm)</b>	<b>Surco 1 (mm)</b>	<b>Surco 2 (mm)</b>
P1	0,9	1,9	0,9	0,7	1,5	0,7
P2	1,0	1,9	0,9	0,7	1,4	0,7
P3	0,7	1,7	0,7	0,5	1,0	0,5
P4	0,8	1,8	0,8	0,4	1,1	0,6
P5	1,0	1,9	0,8	0,6	1,5	0,7
<b>Promedio (mm)</b>	<b>1,18</b>			<b>0,84</b>		

Fuente: Autores

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalín, 2020

En la Tabla 3-16 se muestra los datos de los neumáticos delanteros 1-2 que están inflados con aire y nitrógeno respectivamente, donde en el neumático 1 el promedio de desgaste es de 1,18 mm en cambio en el neumático 2 el promedio de desgaste fue de 0,84 mm. Demostrando que en este caso el neumático 1 tiene mayor desgaste que el neumático 2.

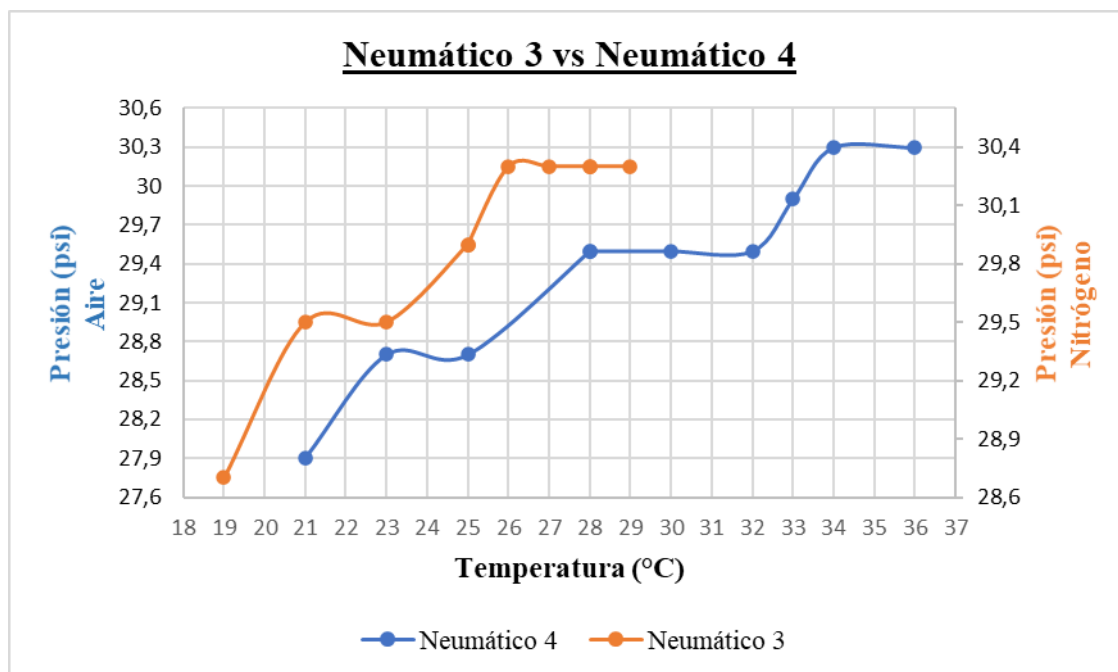
Los datos de presión y temperatura obtenidos en los neumáticos posteriores se muestran en la Tabla 3-17.

**Tabla 3-17:** Recorrido 5. Datos de la temperatura y presión de los neumáticos posteriores

RECORRIDO N° 5				
Fecha	2/8/2020			
Tipo de clima	Mayormente soleado 20°C			
Gas utilizado	Nitrógeno		Aire	
Kilometraje (km)	Neumático 3		Neumático 4	
	Presión (psi)	Temperatura (°C)	Presión (psi)	Temperatura (°C)
167878	28,7	19	27,9	21
167879	29,5	21	28,7	23
167880	29,5	23	28,7	25
167881	29,9	25	29,5	28
167882	29,9	25	29,5	28
167883	30,3	26	29,5	30
167884	30,3	27	29,5	32
167885	30,3	28	29,9	33
167886	30,3	28	30,3	34
167887	30,3	29	30,3	36

Fuente: Autores

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020



**Gráfico 3-10:** Recorrido 5. Gráfico de temperatura vs presión en los neumáticos 3 y 4

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020

En el Gráfico 3-10 se visualizan los datos obtenidos de temperatura y presión durante la prueba 5 en los neumáticos posteriores 3 y 4 que se encuentran inflados con nitrógeno y aire

respectivamente, donde se puede observar que el neumático 3 alcanzó una presión máxima de 30.3 psi a una temperatura de 29°C, mientras que el neumático 4 alcanzó una presión máxima de 30,3 psi a una temperatura de 36°C; aplicando la ecuación 1:

Se determinó que la presión y temperatura en el neumático 3 varían aproximadamente 0,53 psi y 3.25°C por cada kilómetro recorrido, en cambio en el neumático 4 la presión y temperatura varían aproximadamente 0,76 psi y 4,92°C por cada kilómetro recorrido.

El desgaste que se obtuvo en los neumáticos posteriores durante el recorrido de 1258 km se detalla en la Tabla 3-18.

**Tabla 3-18:** Recorrido 5. Datos del desgaste de los neumáticos posteriores

<b>RECORRIDO N° 5</b>						
<b>Fecha</b>			2/8/2020			
<b>Kilometraje inicial del recorrido N° 4 (km)</b>			166620			
<b>Kilometraje previo a la medición (km)</b>			167878			
<b>Kilometraje recorrido (km)</b>			1258			
<b>Gas utilizado</b>	<b>Nitrógeno</b>			<b>Aire</b>		
<b>Puntos de medición</b>	<b>Neumático 3</b>			<b>Neumático 4</b>		
	<b>Surco 1 (mm)</b>	<b>Surco 2 (mm)</b>	<b>Surco 3 (mm)</b>	<b>Surco 1 (mm)</b>	<b>Surco 2 (mm)</b>	<b>Surco 3 (mm)</b>
P1	0,1	1,1	0,1	0,3	1,2	0,3
P2	0,1	1,1	0,1	0,3	1,1	0,2
P3	0,2	1,0	0,1	0,3	1,0	0,1
P4	0,1	0,9	0,2	0,3	1,1	0,1
P5	0,1	1,0	0,1	0,2	1,1	0,3
<b>Promedio (mm)</b>	<b>0,42</b>			<b>0,53</b>		

Fuente: Autores

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020

En la Tabla 3-18 se muestra los datos de los neumáticos posteriores 3-4 que están inflados con nitrógeno y aire respectivamente, donde en el neumático 3 el promedio de desgaste es de 0,42 mm en cambio en el neumático 4 el promedio de desgaste fue de 0,53 mm. Demostrando que en este caso el neumático 4 tiene mayor desgaste que el neumático 3.

### 3.6 Recorrido N° 6

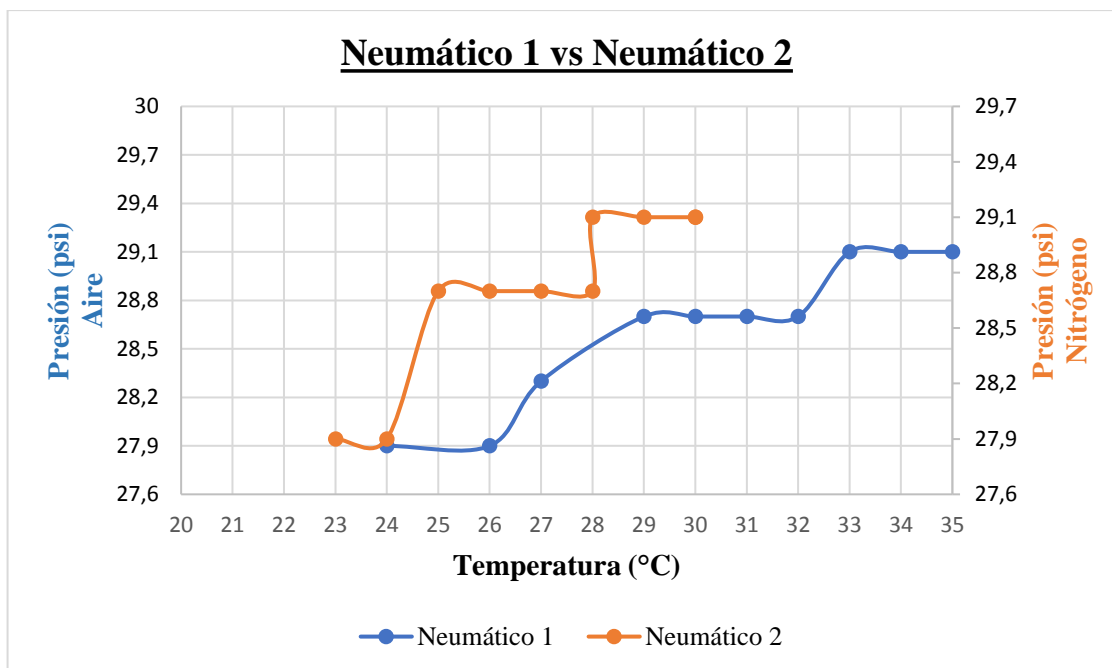
Se realizó un sexto recorrido con una distancia de 10 km, el mismo que fue a partir de los 169506 km, para ello el vehículo ya realizó un recorrido de 1628 km considerando desde el kilometraje de 167878 km, cuyo valor se registró al momento en que el vehículo realizó el quinto recorrido, la prueba se llevó a cabo con un clima mayormente soleado de 20°C. Se realizaron las mediciones necesarias obteniendo así los datos del comportamiento de la temperatura y presión, tanto del aire como del nitrógeno en los neumáticos delanteros, estos datos se muestran en la Tabla 3-19.

**Tabla 3-19:** Recorrido 6. Datos de la temperatura y presión de los neumáticos delanteros

<b>RECORRIDO N° 6</b>				
<b>Fecha</b>	16/8/2020			
<b>Tipo de clima</b>	Mayormente soleado 20°C			
<b>Gas utilizado</b>	<b>Aire</b>		<b>Nitrógeno</b>	
<b>Kilometraje (km)</b>	<b>Neumático 1</b>		<b>Neumático 2</b>	
	<b>Presión (psi)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Presión (psi)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>
169506	27,9	22	27,9	21
169507	27,9	23	28,3	21
169508	28,7	24	28,7	22
169509	29,1	26	28,7	23
169510	29,1	27	28,7	24
169511	29,5	29	29,1	25
169512	29,5	29	29,1	25
169513	29,5	31	29,1	27
169514	29,5	32	29,5	28
169515	29,5	34	29,5	29

Fuente: Autores

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020



**Gráfico 3-11:** Recorrido 6. Gráfico de temperatura vs presión en los neumáticos 1 y 2

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020

En el Gráfico 3-11 se visualizan los datos obtenidos de temperatura y presión durante la prueba 6 en los neumáticos delanteros 1 y 2 que se encuentran inflados con aire y nitrógeno respectivamente, donde se puede observar que el neumático 1 alcanzó una presión máxima de 29.5 psi a una temperatura de 34°C, mientras que el neumático 2 alcanzó una presión máxima de 29.5 psi a una temperatura de 29°C; aplicando la ecuación 1:

Se determinó que la presión y temperatura en el neumático 1 varían aproximadamente 0,65 psi y 4°C por cada kilómetro recorrido, en cambio en el neumático 2 la presión y temperatura varían aproximadamente 0,51 psi y 2,84°C por cada kilómetro recorrido.

El desgaste que se obtuvo en los neumáticos delanteros durante el recorrido de 1628 km se detalla en la Tabla 3-20.

**Tabla 3-20:** Recorrido 6. Datos del desgaste de los neumáticos delanteros

RECORRIDO N° 6		
Fecha	16/8/2020	
Kilometraje inicial del recorrido N° 5 (km)	167878	
Kilometraje previo a la medición (km)	169506	
Kilometraje recorrido (km)	1628	
Gas utilizado	Aire	Nitrógeno
	Neumático 1	Neumático 2

Puntos de medición	Surco 1 (mm)	Surco 2 (mm)	Surco 3 (mm)	Surco 1 (mm)	Surco 2 (mm)	Surco 3 (mm)
P1	0,9	2,0	0,9	0,8	1,6	0,8
P2	1,0	2,0	0,9	0,7	1,5	0,7
P3	0,9	1,8	1,0	0,6	1,4	0,6
P4	0,8	1,9	0,8	0,7	1,5	0,8
P5	0,9	2,0	0,9	0,7	1,5	0,7
<b>Promedio (mm)</b>	<b>1,25</b>			<b>0,97</b>		

Fuente: Autores

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020

En la Tabla 3-20 se muestra los datos de los neumáticos delanteros 1-2 que están inflados con aire y nitrógeno respectivamente, donde en el neumático 1 el promedio de desgaste es de 1,25 mm en cambio en el neumático 2 el promedio de desgaste fue de 0,97 mm. Demostrando que en este caso el neumático 1 tiene mayor desgaste que el neumático 2.

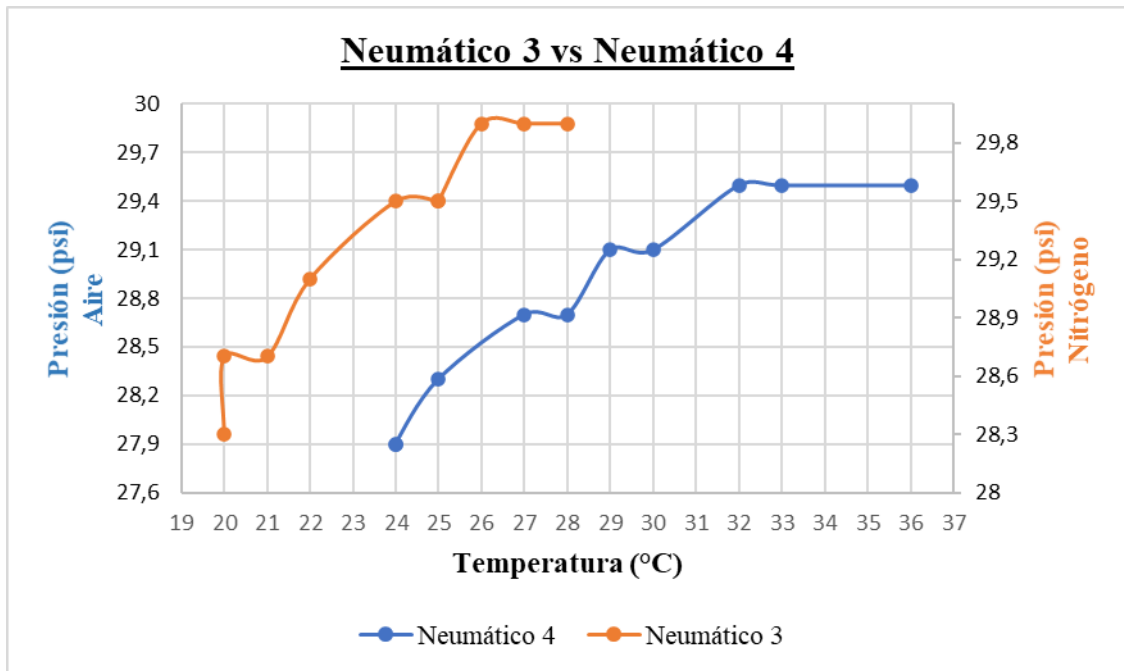
Los datos de presión y temperatura obtenidos en los neumáticos posteriores se muestran en la Tabla 3-21.

**Tabla 3-21:** Recorrido 6. Datos de la temperatura y presión de los neumáticos posteriores

<b>RECORRIDO N° 6</b>				
<b>Fecha</b>	16/8/2020			
<b>Tipo de clima</b>	Mayormente soleado 20°C			
<b>Gas utilizado</b>	<b>Nitrógeno</b>		<b>Aire</b>	
<b>Kilometraje (km)</b>	<b>Neumático 3</b>		<b>Neumático 4</b>	
	<b>Presión (psi)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Presión (psi)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>
169506	28,3	20	27,9	24
169507	28,7	20	27,9	24
169508	28,7	21	28,3	25
169509	29,1	22	28,7	27
169510	29,5	24	28,7	28
169511	29,5	25	29,1	29
169512	29,5	25	29,1	30
169513	29,9	26	29,5	32
169514	29,9	27	29,5	33
169515	29,9	28	29,5	36

Fuente: Autores

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020



**Gráfico 3-12:** Recorrido 6. Gráfico de temperatura vs presión en los neumáticos 3 y 4

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020

En el Gráfico 3-12 se visualizan los datos obtenidos de temperatura y presión durante la prueba 6 en los neumáticos posteriores 3 y 4 que se encuentran inflados con nitrógeno y aire respectivamente, donde se puede observar que el neumático 3 alcanzó una presión máxima de 29,9 psi a una temperatura de 28°C, mientras que el neumático 4 alcanzó una presión máxima de 29,5 psi a una temperatura de 36°C; aplicando la ecuación 1:

Se determinó que la presión y temperatura en el neumático 3 varían aproximadamente 0,57 psi y 2,90°C por cada kilómetro recorrido, en cambio en el neumático 4 la presión y temperatura varían aproximadamente 0,63 psi y 4,02°C por cada kilómetro recorrido.

El desgaste que se obtuvo en los neumáticos posteriores durante el recorrido de 1628 km se detalla en la Tabla 3-22.

**Tabla 3-22:** Recorrido 6. Datos del desgaste de los neumáticos posteriores

RECORRIDO N° 6	
Fecha	16/8/2020
Kilometraje inicial del recorrido N° 5 (km)	167878
Kilometraje previo a la medición (km)	169506
Kilometraje recorrido (km)	1628
Gas utilizado	Nitrógeno Aire



Puntos de medición	Neumático 3			Neumático 4		
	Surco 1 (mm)	Surco 2 (mm)	Surco 3 (mm)	Surco 1 (mm)	Surco 2 (mm)	Surco 3 (mm)
P1	0,1	1,1	0,2	0,2	1,3	0,3
P2	0,1	1,1	0,2	0,2	1,2	0,2
P3	0,2	1,0	0,1	0,1	1,1	0,1
P4	0,1	0,9	0,3	0,1	1,0	0,3
P5	0,1	1,0	0,1	1,2	1,1	0,3
<b>Promedio (mm)</b>	<b>0,44</b>			<b>0,58</b>		

Fuente: Autores

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalín, 2020

En la Tabla 3-22 se muestra los datos de los neumáticos posteriores 3-4 que están inflados con nitrógeno y aire respectivamente, donde en el neumático 3 el promedio de desgaste es de 0,44 mm en cambio en el neumático 4 el promedio de desgaste fue de 0,58 mm. Demostrando que en este caso el neumático 4 tiene mayor desgaste que el neumático 3.

### 3.7 Recorrido N° 7

El séptimo recorrido realizado de 10 km fue a partir de los 172401 km, para ello el vehículo ya realizó un recorrido de 2895 km considerando desde el kilometraje de 169506 km, cuyo valor se registró al momento en que el vehículo realizó el sexto recorrido, la prueba se llevó a cabo con un clima nublado de 17°C. Se realizaron las mediciones necesarias obteniendo así los datos del comportamiento de la temperatura y presión, tanto del aire como del nitrógeno en los neumáticos delanteros, estos datos se muestran en la Tabla 3-23.

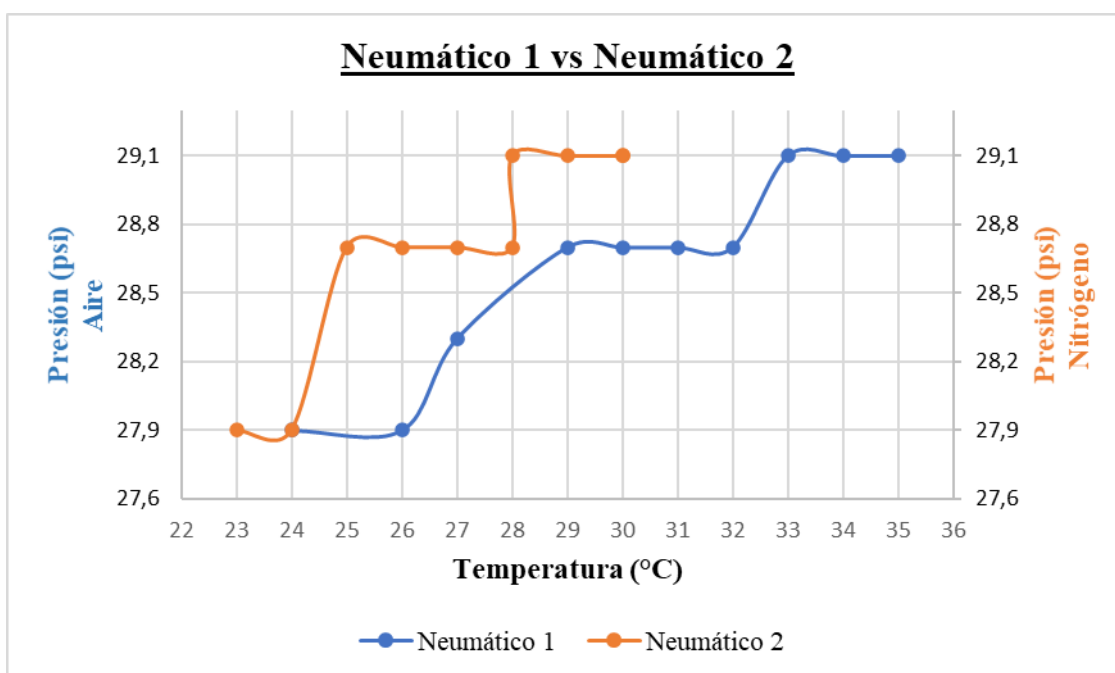
**Tabla 3-23:** Recorrido 7. Datos de la temperatura y presión de los neumáticos delanteros

RECORRIDO N° 7				
Fecha	6/9/2020			
Tipo de clima	Nublado 17°C			
Gas utilizado	Aire		Nitrógeno	
Kilometraje (km)	Neumático 1		Neumático 2	
	Presión (psi)	Temperatura (°C)	Presión (psi)	Temperatura (°C)
172401	27,9	24	27,9	23
172402	27,9	26	27,9	24
172403	28,3	27	28,7	25

172404	28,7	29	28,7	26
172405	28,7	30	28,7	27
172406	28,7	31	28,7	28
172407	28,7	32	29,1	28
172408	29,1	33	29,1	29
172409	29,1	34	29,1	30
172410	29,1	35	29,1	30

Fuente: Autores

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020



**Gráfico 3-13:** Recorrido 7. Gráfico de temperatura vs presión en los neumáticos 1 y 2

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020

En el Gráfico 3-13 se visualizan los datos obtenidos de temperatura y presión durante la prueba 7 en los neumáticos delanteros 1 y 2 que se encuentran inflados con aire y nitrógeno respectivamente, donde se puede observar que el neumático 1 alcanzó una presión máxima de 29.1 psi a una temperatura de 35°C, mientras que el neumático 2 alcanzó una presión máxima de 29.1 psi a una temperatura de 30°C; aplicando la ecuación 1:

Se determinó que la presión y temperatura en el neumático 1 varían aproximadamente 0,45 psi y 3,60°C por cada kilómetro recorrido, en cambio en el neumático 2 la presión y temperatura varían aproximadamente 0,46 psi y 2,45°C por cada kilómetro recorrido.

El desgaste que se obtuvo en los neumáticos delanteros durante el recorrido de 2895 km se detalla en la Tabla 3-24

**Tabla 3-24:** Recorrido 7. Datos del desgaste de los neumáticos delanteros

RECORRIDO N° 7						
Fecha			6/9/2020			
Kilometraje inicial del recorrido N° 6 (km)			169506			
Kilometraje previo a la medición (km)			172401			
Kilometraje recorrido (km)			2895			
Gas utilizado	Aire			Nitrógeno		
Puntos de medición	Neumático 1			Neumático 2		
	Surco 1 (mm)	Surco 2 (mm)	Surco 3 (mm)	Surco 1 (mm)	Surco 2 (mm)	Surco 3 (mm)
P1	1,2	2,4	1,2	1,0	1,8	1,0
P2	1,2	2,4	1,1	1,0	1,8	1,0
P3	1,1	2,1	1,0	0,9	1,6	1,1
P4	1,1	2,0	1,1	1,1	1,8	1,2
P5	1,2	2,4	1,2	1,0	1,8	1,0
Promedio (mm)	1,51			1,27		

Fuente: Autores

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalín, 2020

En la Tabla 3-24 se muestra los datos de los neumáticos delanteros 1-2 que están inflados con aire y nitrógeno respectivamente, donde en el neumático 1 el promedio de desgaste es de 1,51 mm en cambio en el neumático 2 el promedio de desgaste fue de 1,27 mm. Demostrando que en este caso el neumático 1 tiene mayor desgaste que el neumático 2.

Los datos de presión y temperatura obtenidos en los neumáticos posteriores se muestran en la Tabla 3-25.

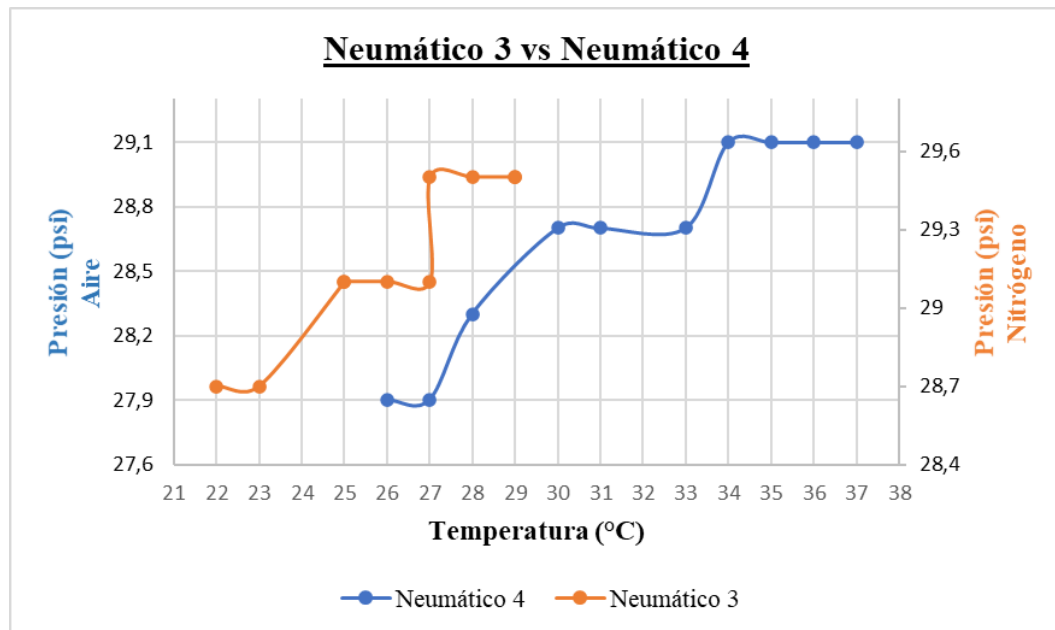
**Tabla 3-25:** Recorrido 7. Datos de la temperatura y presión de los neumáticos posteriores

RECORRIDO N° 7				
Fecha	6/9/2020			
Tipo de clima	Nublado 17°C			
Gas utilizado	Nitrógeno		Aire	
Kilometraje (km)	Neumático 3		Neumático 4	
	Presión (psi)	Temperatura (°C)	Presión (psi)	Temperatura (°C)
172401	28,7	22	27,9	26
172402	28,7	23	27,9	27
172403	29,1	25	28,3	28
172404	29,1	25	28,7	30
172405	29,1	26	28,7	31

172406	29,1	27	28,7	33
172407	29,5	27	29,1	34
172408	29,5	28	29,1	35
172409	29,5	29	29,1	36
172410	29,5	29	29,1	37

Fuente: Autores

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020



**Gráfico 3-14:** Recorrido 7. Gráfico de temperatura vs presión en los neumáticos 3 y 4

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020

En el Gráfico 3-14 se visualizan los datos obtenidos de temperatura y presión durante la prueba 7 en los neumáticos posteriores 3 y 4 que se encuentran inflados con nitrógeno y aire respectivamente, donde se puede observar que el neumático 3 alcanzó una presión máxima de 29,5 psi a una temperatura de 29°C, mientras que el neumático 4 alcanzó una presión máxima de 29,1 psi a una temperatura de 37°C; aplicando la ecuación 1:

Se determinó que la presión y temperatura en el neumático 3 varían aproximadamente 0,32 psi y 2,38°C por cada kilómetro recorrido, en cambio en el neumático 4 la presión y temperatura varían aproximadamente 0,48 psi y 3,89°C por cada kilómetro recorrido.

El desgaste que se obtuvo en los neumáticos posteriores durante el recorrido de 2895 km se detalla en la Tabla 3-26.

**Tabla 3-26:** Recorrido 7. Datos del desgaste de los neumáticos posteriores

<b>RECORRIDO N° 7</b>						
<b>Fecha</b>			6/9/2020			
<b>Kilometraje inicial del recorrido N° 6 (km)</b>			169506			
<b>Kilometraje previo a la medición (km)</b>			172401			
<b>Kilometraje recorrido (km)</b>			2895			
<b>Gas utilizado</b>	<b>Nitrógeno</b>			<b>Aire</b>		
<b>Puntos de medición</b>	<b>Neumático 3</b>			<b>Neumático 4</b>		
	<b>Surco 1 (mm)</b>	<b>Surco 2 (mm)</b>	<b>Surco 3 (mm)</b>	<b>Surco 1 (mm)</b>	<b>Surco 2 (mm)</b>	<b>Surco 3 (mm)</b>
P1	0,2	1,1	0,2	0,4	1,3	0,3
P2	0,2	1,2	0,2	0,4	1,2	0,4
P3	0,1	1,1	0,1	0,3	1,1	0,3
P4	0,3	1,0	0,3	0,3	1,1	0,4
P5	0,2	1,1	0,2	0,4	1,3	0,2
<b>Promedio (mm)</b>	<b>0,50</b>			<b>0,63</b>		

Fuente: Autores

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalín, 2020

En la Tabla 3-26 se muestra los datos de los neumáticos posteriores 3-4 que están inflados con nitrógeno y aire respectivamente, donde en el neumático 3 el promedio de desgaste es de 0,50 mm en cambio en el neumático 4 el promedio de desgaste fue de 0,63 mm. Demostrando que en este caso el neumático 4 tiene mayor desgaste que el neumático 3.

### 3.8 Recorrido N° 8

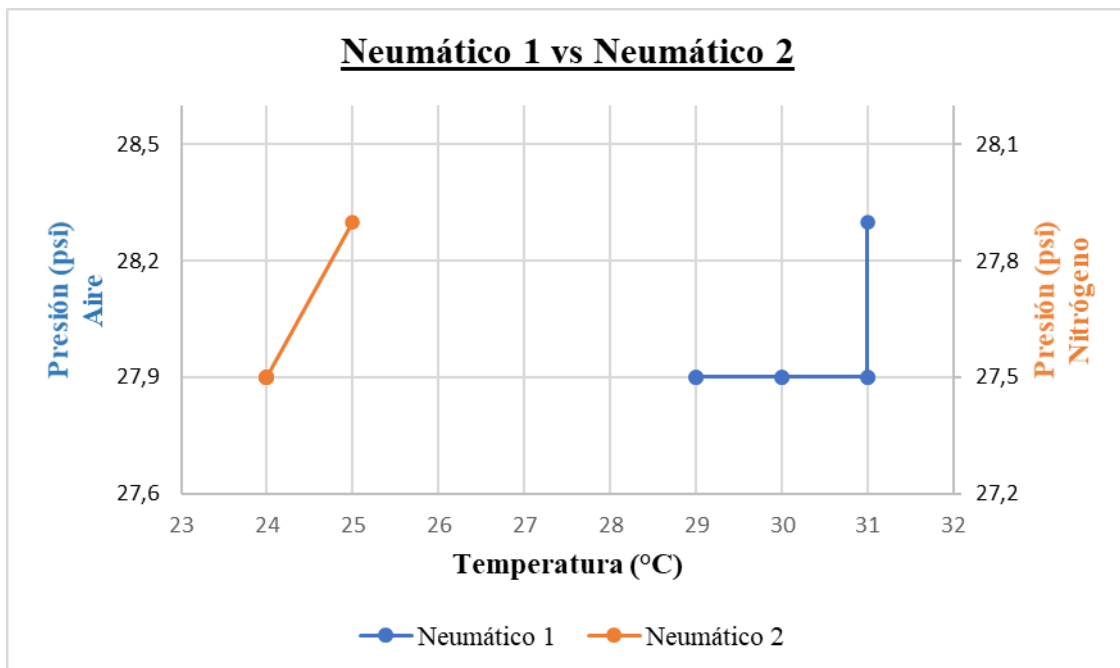
El octavo recorrido realizado de 10 km fue a partir de los 174901 km, para ello el vehículo ya realizó un recorrido de 2500 km considerando desde el kilometraje de 172401 km, cuyo valor se registró al momento en que el vehículo realizó el séptimo recorrido, la prueba se llevó a cabo con un clima nublado de 15°C. Se realizaron las mediciones necesarias obteniendo así los datos del comportamiento de la temperatura y presión, tanto del aire como del nitrógeno en los neumáticos delanteros, estos datos se muestran en la Tabla 3-27.

**Tabla 3-27:** Recorrido 8. Datos de la temperatura y presión de los neumáticos delanteros

RECORRIDO N° 8				
Fecha	22/9/2020			
Tipo de clima	Nublado 15°C			
Gas utilizado	Aire		Nitrógeno	
Kilometraje (km)	Neumático 1		Neumático 2	
	Presión (psi)	Temperatura (°C)	Presión (psi)	Temperatura (°C)
174901	27,9	29	27,5	24
174902	27,9	29	27,5	24
174903	27,9	29	27,5	24
174904	27,9	30	27,5	24
174905	27,9	30	27,5	24
174906	27,9	30	27,5	24
174907	27,9	31	27,5	24
174908	27,9	31	27,5	24
174909	27,9	31	27,5	24
174910	28,3	31	27,9	25

Fuente: Autores

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020



**Gráfico 3-15:** Recorrido 8. Gráfico de temperatura vs presión en los neumáticos 1 y 2

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020

En el Gráfico 3-15 se visualizan los datos obtenidos de temperatura y presión durante la prueba 8 en los neumáticos delanteros 1 y 2 que se encuentran inflados con aire y nitrógeno respectivamente, donde se puede observar que el neumático 1 alcanzó una presión máxima de 28.3 psi a una temperatura de 31°C, mientras que el neumático 2 alcanzó una presión máxima de 27.9 psi a una temperatura de 25°C; aplicando la ecuación 1:

Se determinó que la presión y temperatura en el neumático 1 varían aproximadamente 0,13 psi y 0,88°C por cada kilómetro recorrido, en cambio en el neumático 2 la presión y temperatura varían aproximadamente 0,13 psi y 0,32°C por cada kilómetro recorrido.

Las gráficas de presión vs temperatura tienden a tener una forma lineal debido a que los datos se registraron en la noche y el vehículo no realizó un recorrido constante, es decir se presentaron múltiples paradas, debido a aquello en los neumáticos no hubo una variación notoria tanto para los datos de presión como de temperatura.

El desgaste que se obtuvo en los neumáticos delanteros durante el recorrido de 2500 km se detalla en la Tabla 3-28.

**Tabla 3-28:** Recorrido 8. Datos del desgaste de los neumáticos delanteros

<b>RECORRIDO N° 8</b>						
<b>Fecha</b>			22/9/2020			
<b>Kilometraje inicial del recorrido N° 7 (km)</b>			172401			
<b>Kilometraje previo a la medición (km)</b>			174901			
<b>Kilometraje recorrido (km)</b>			2500			
<b>Gas utilizado</b>	<b>Aire</b>			<b>Nitrógeno</b>		
<b>Puntos de medición</b>	<b>Neumático 1</b>			<b>Neumático 2</b>		
	<b>Surco 1 (mm)</b>	<b>Surco 2 (mm)</b>	<b>Surco 3 (mm)</b>	<b>Surco 1 (mm)</b>	<b>Surco 2 (mm)</b>	<b>Surco 3 (mm)</b>
P1	1,3	2,6	1,3	1,1	2,1	1,1
P2	1,4	2,6	1,4	1,1	2,0	1,1
P3	1,3	2,5	1,3	1,0	1,9	1,0
P4	1,5	2,6	1,3	1,1	1,9	1,1
P5	1,4	2,6	1,4	1,1	2,0	1,1
<b>Promedio (mm)</b>	<b>1,77</b>			<b>1,38</b>		

Fuente: Autores

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalín, 2020

En la Tabla 3-28 se muestra los datos de los neumáticos delanteros 1-2 que están inflados con aire y nitrógeno respectivamente, donde en el neumático 1 el promedio de desgaste es de 1,77 mm en cambio en el neumático 2 el promedio de desgaste fue de 1,38 mm. Demostrando que en este caso el neumático 1 tiene mayor desgaste que el neumático 2.

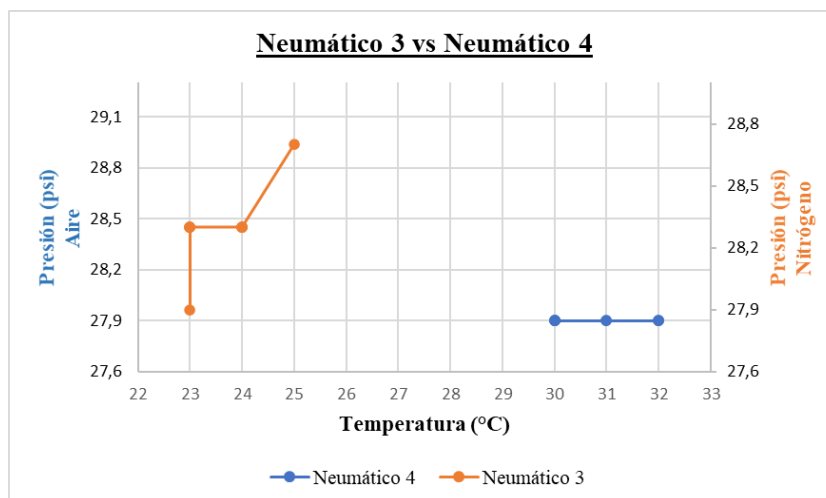
Los datos de presión y temperatura obtenidos en los neumáticos posteriores se muestran en la Tabla 3-29.

**Tabla 3-29:** Recorrido 8. Datos de la temperatura y presión de los neumáticos posteriores

RECORRIDO N° 8				
Fecha	22/9/2020			
Tipo de clima	Nublado 15°C			
Gas utilizado	Nitrógeno		Aire	
Kilometraje (km)	Neumático 3		Neumático 4	
	Presión (psi)	Temperatura (°C)	Presión (psi)	Temperatura (°C)
174901	27,9	23	27,9	30
174902	28,3	23	27,9	30
174903	28,3	23	27,9	30
174904	28,3	23	27,9	30
174905	28,3	23	27,9	30
174906	28,3	24	27,9	31
174907	28,3	24	27,9	31
174908	28,3	24	27,9	32
174909	28,3	24	27,9	32
174910	28,7	25	27,9	32

Fuente: Autores

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020



**Gráfico 3-16:** Recorrido 8. Gráfico de temperatura vs presión en los neumáticos 3 y 4

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020



En el Gráfico 3-16 se visualizan los datos obtenidos de temperatura y presión durante la prueba 8 en los neumáticos posteriores 3 y 4 que se encuentran inflados con nitrógeno y aire respectivamente, donde se puede observar que el neumático 3 alcanzó una presión máxima de 28,7 psi a una temperatura de 25°C, mientras que el neumático 4 alcanzó una presión máxima de 27,9 psi a una temperatura de 32°C; aplicando la ecuación 1:

Se determinó que la presión y temperatura en el neumático 3 varían aproximadamente 0,19 psi y 0,70°C por cada kilómetro recorrido, en cambio en el neumático 4 la presión y temperatura varían aproximadamente 0,00 psi y 0,92°C por cada kilómetro recorrido.

Las gráficas de presión vs temperatura tienden a tener una forma lineal debido a que los datos se registraron en la noche y el vehículo no realizó un recorrido constante, es decir se presentaron múltiples paradas, debido a aquello en los neumáticos no hubo una variación notoria tanto para los datos de presión como de temperatura.

El desgaste que se obtuvo en los neumáticos posteriores durante el recorrido de 2500 km se detalla en la Tabla 3-30.

**Tabla 3-30** Recorrido 8. Datos del desgaste de los neumáticos posteriores

<b>RECORRIDO N° 8</b>						
<b>Fecha</b>			22/9/2020			
<b>Kilometraje inicial del recorrido N° 7 (km)</b>			172401			
<b>Kilometraje previo a la medición (km)</b>			174901			
<b>Kilometraje recorrido (km)</b>			2500			
<b>Gas utilizado</b>	<b>Nitrógeno</b>			<b>Aire</b>		
<b>Puntos de medición</b>	<b>Neumático 3</b>			<b>Neumático 4</b>		
	<b>Surco 1 (mm)</b>	<b>Surco 2 (mm)</b>	<b>Surco 3 (mm)</b>	<b>Surco 1 (mm)</b>	<b>Surco 2 (mm)</b>	<b>Surco 3 (mm)</b>
P1	0,3	1,2	0,3	0,7	1,5	0,6
P2	0,3	1,2	0,3	0,6	1,4	0,5
P3	0,2	1,1	0,2	0,7	1,3	0,4
P4	0,3	1,1	0,3	0,6	1,5	0,4
P5	0,3	1,2	0,3	0,5	1,5	0,5
<b>Promedio (mm)</b>	<b>0,57</b>			<b>0,85</b>		

Fuente: Autores

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020

En la Tabla 3-30 se muestra los datos de los neumáticos posteriores 3-4 que están inflados con nitrógeno y aire respectivamente, donde en el neumático 3 el promedio de desgaste es de 0,57 mm en cambio en el neumático 4 el promedio de desgaste fue de 0,85 mm. Demostrando que en este caso el neumático 4 tiene mayor desgaste que el neumático 3.

### 3.9 Análisis estadístico

#### 3.9.1 Análisis de los datos de temperatura

Para realizar este análisis se tomaron todos los datos obtenidos de temperatura tanto de los neumáticos inflados con aire como los inflados con nitrógeno. Se calculó el promedio de la temperatura en cada recorrido. Estos valores se muestran en la Tabla 3-31.

**Tabla 3-31:** Promedio de los datos de Temperatura

<b>Relación de la temperatura (°C) en los neumáticos</b>			
<b>Recorrido #</b>	<b>Inflados con aire</b>	<b>Inflados con nitrógeno</b>	<b>Diferencia</b>
1	25,40	22,55	2,85
2	26,80	23,85	2,95
3	30,65	25,90	4,75
4	27,35	21,50	5,85
5	28,40	25,35	3,05
6	28,25	24,15	4,10
7	28,79	28,72	0,07
8	27,92	27,15	0,77

**Fuente:** Autores

**Realizado por:** Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020

La temperatura en los neumáticos que fueron inflados con nitrógeno es menor en relación con los que fueron inflados con aire. Hay que tomar en cuenta que las ocho pruebas fueron realizadas en diferente día, por ende, tuvieron diferente situación climática que también influyó directamente sobre estas mediciones. La diferencia que existe entre los neumáticos de acuerdo con cada recorrido varía aproximadamente entre 0,07°C y 5,85°C.

### 3.9.2 Análisis de los datos de la presión

La presión recomendada por el fabricante del vehículo Kia Rio es de 35 PSI para los neumáticos traseros y 33 PSI para los neumáticos delanteros. Pero hay que tomar en cuenta que ciertos conductores no utilizan la presión recomendada por diferentes criterios, uno de ellos es porque la suspensión del vehículo tiende a ser más sensible cuando se pasa por algún hueco o rompe velocidades. En la Tabla 3-32 se muestra los valores iniciales de la presión, temperatura y kilometraje de los neumáticos.

**Tabla 3-32:** Valores iniciales de la presión, temperatura y kilometraje de los neumáticos

Fecha	19/7/2020			
	Neumático 1	Neumático 2	Neumático 3	Neumático 4
Tipo de gas	Aire	Nitrógeno	Nitrógeno	Aire
kilometraje inicial (km)	166620			
Presión inicial (psi)	29,9	29,1	29,5	29,5
Temperatura inicial (°C)	31	24	23	30

Fuente: Autores

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020

Con los datos obtenidos durante los recorridos realizados que fueron medidos luego de cada kilómetro recorrido. Se realizó una comparación entre la presión inicial y la presión final en función de la temperatura inicial permitiendo verificar así en que neumático se perdió en mayor cantidad la presión durante el kilometraje recorrido por el vehículo.

#### 3.9.2.1 Recorrido #1

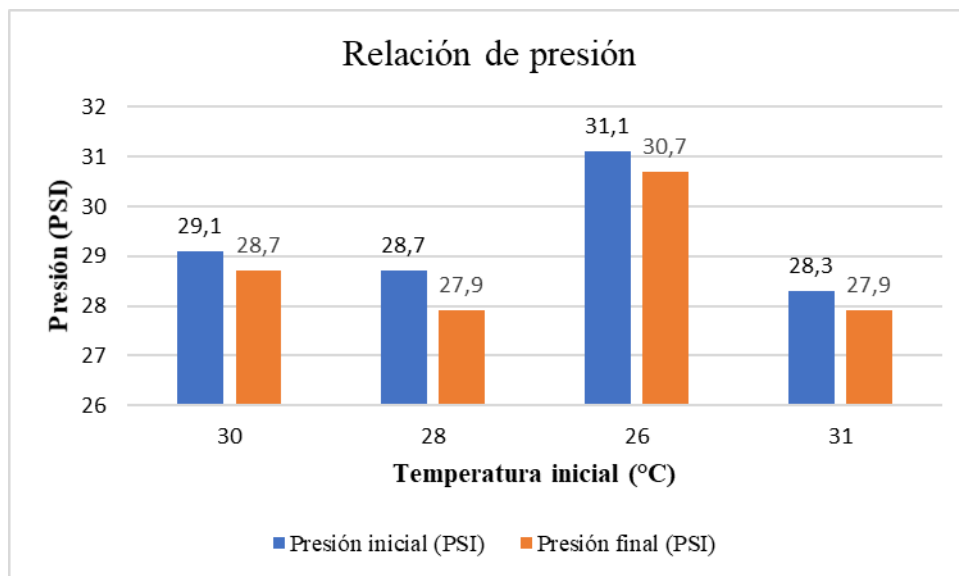
En la Tabla 3-33 se muestra la relación existente entre la presión inicial y la presión final del recorrido 1, en función de la temperatura inicial de los neumáticos, tomando en cuenta que los neumáticos 1 - 4 están inflados con aire, y los neumáticos 2 - 3 están inflados con nitrógeno.

**Tabla 3-33:** Recorrido 1. Presión inicial y presión final de los neumáticos en función de la temperatura inicial

Relación de la presión en los neumáticos				
Neumático	Presión inicial (PSI)	Presión final (PSI)	Temperatura inicial (°C)	Diferencia entre presiones
1	29,1	28,7	30	0,40
2	28,7	27,9	28	0,80
3	31,1	30,7	26	0,40
4	28,3	27,9	31	0,40

Fuente: Autores

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020



**Gráfico 3-17:** Recorrido 1. Presión inicial y la presión final de los neumáticos

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020

El kilometraje recorrido por el vehículo partiendo desde el kilometraje inicial hasta el momento de la prueba 1 fue de 1459 km, se debe tomar en cuenta que en el recorrido 1 la temperatura máxima en los neumáticos 2 y 4 fue de 26°C y 30°C respectivamente, por lo que no llegaron a alcanzar la temperatura inicial. Debido a aquello se consideraron las presiones a dichas temperaturas en los neumáticos correspondientes para el análisis de la relación de presión.

Según el Gráfico 3-17 se determina la variación que existe entre las presiones iniciales y finales, de acuerdo con el promedio de la diferencia entre dichas presiones se verificó que los neumáticos inflados con aire tuvieron una variación de presión de 0,40 PSI, mientras que los neumáticos inflados con nitrógeno tuvieron una variación de presión de 0,60 PSI. Demostrando que, en este

caso, los neumáticos inflados con nitrógeno tienden a perder mayor presión que los inflados con aire.

### 3.9.2.2 Recorrido #2

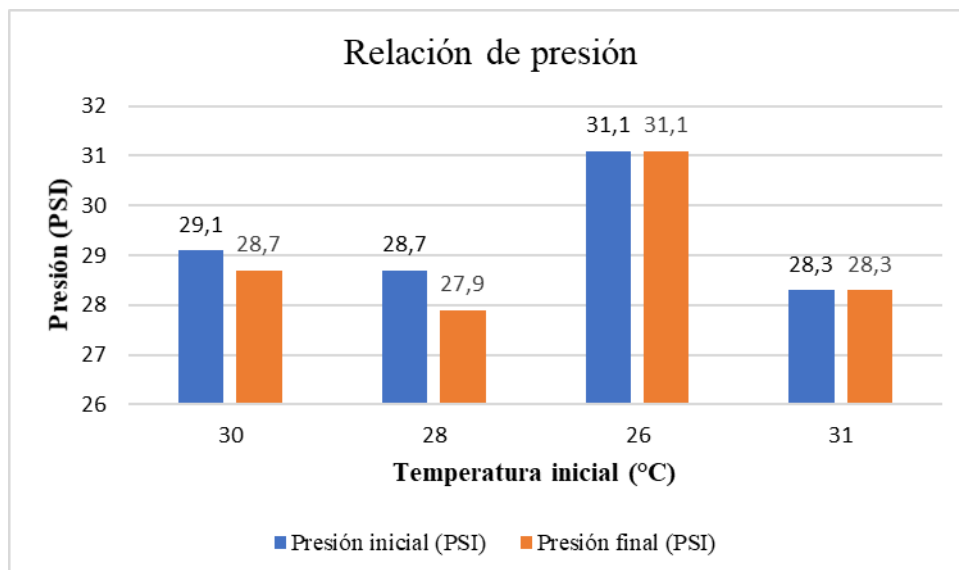
En la Tabla 3-34 se muestra la relación existente entre la presión inicial y la presión final del recorrido 2, en función de la temperatura inicial de los neumáticos, tomando en cuenta que los neumáticos 1 - 4 están inflados con aire, y los neumáticos 2 - 3 están inflados con nitrógeno.

**Tabla 3-34:** Recorrido 2. Presión inicial y presión final de los neumáticos en función de la temperatura inicial

Relación de la presión en los neumáticos				
Neumático	Presión inicial (PSI)	Presión final (PSI)	Temperatura inicial (°C)	Diferencia entre presiones
1	29,1	28,7	30	0,40
2	28,7	27,9	28	0,80
3	31,1	31,1	26	0,00
4	28,3	28,3	31	0,00

Fuente: Autores

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020



**Gráfico 3-18:** Recorrido 2. Presión inicial y la presión final de los neumáticos

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020

El kilometraje recorrido por el vehículo partiendo desde el kilometraje inicial hasta el momento de la prueba 2 fue de 2170 km, se debe tomar en cuenta que en el recorrido 2 la temperatura de los neumáticos llegó alcanzar la temperatura inicial.

Según el Gráfico 3-18 se determina la variación que existe entre las presiones iniciales y finales, de acuerdo con el promedio de la diferencia entre dichas presiones se verificó que los neumáticos inflados con aire tuvieron una variación de presión de 0,20 PSI, mientras que los neumáticos inflados con nitrógeno tuvieron una variación de presión de 0,40 PSI. Demostrando que, en este caso, los neumáticos inflados con nitrógeno tienden a perder mayor presión que los inflados con aire.

### 3.9.2.3 Recorrido #3

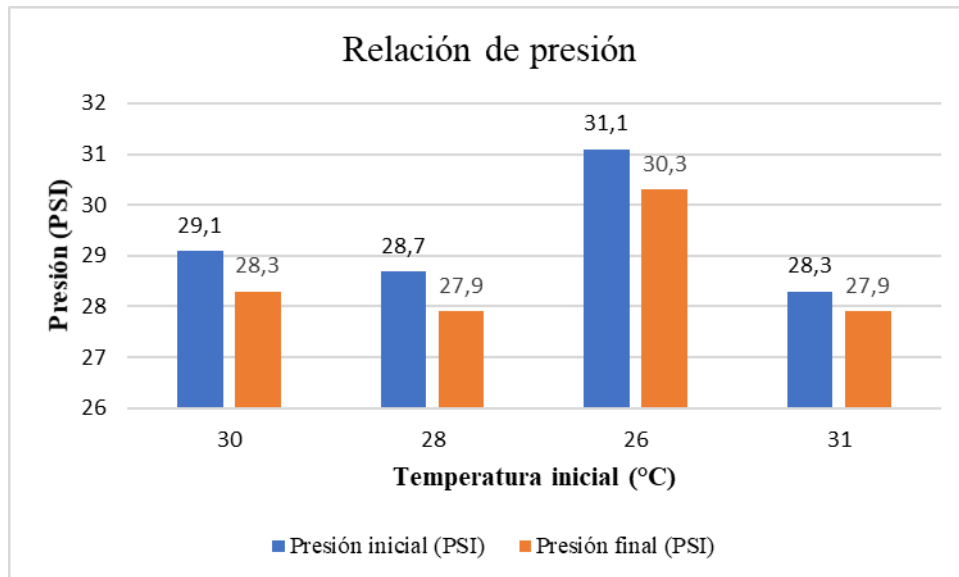
En la Tabla 3-35 se muestra la relación existente entre la presión inicial y la presión final del recorrido 3, en función de la temperatura inicial de los neumáticos, tomando en cuenta que los neumáticos 1 - 4 están inflados con aire, y los neumáticos 2 - 3 están inflados con nitrógeno.

**Tabla 3-35:** Recorrido 3. Presión inicial y presión final de los neumáticos en función de la temperatura inicial

<b>Relación de la presión en los neumáticos</b>				
<b>Neumático</b>	<b>Presión inicial (PSI)</b>	<b>Presión final (PSI)</b>	<b>Temperatura inicial (°C)</b>	<b>Diferencia entre presiones</b>
<b>1</b>	29,1	28,3	30	0,80
<b>2</b>	28,7	27,9	28	0,80
<b>3</b>	31,1	30,3	26	0,80
<b>4</b>	28,3	27,9	31	0,40

Fuente: Autores

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020



**Gráfico 3-19:** Recorrido 3. Presión inicial y la presión final de los neumáticos

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020

El kilometraje recorrido por el vehículo partiendo desde el kilometraje inicial hasta el momento de la prueba 3 fue de 3052 km, se debe tomar en cuenta que en el recorrido 3 la temperatura de los neumáticos llegó a alcanzar la temperatura inicial.

Según el Gráfico 3-19 se determina la variación que existe entre las presiones iniciales y finales, de acuerdo con el promedio de la diferencia entre dichas presiones se verificó que los neumáticos inflados con aire tuvieron una variación de presión de 0,60 PSI, mientras que los neumáticos inflados con nitrógeno tuvieron una variación de presión de 0,80 PSI. Demostrando que, en este caso, los neumáticos inflados con nitrógeno tienden a perder mayor presión que los inflados con aire.

#### 3.9.2.4 Recorrido #4

Para la prueba 4 se realizó una corrección en las presiones y temperaturas iniciales de las ruedas, los datos de las correcciones que se realizaron se muestran en la Tabla 3-36

**Tabla 3-36:** Datos de la temperatura y presión iniciales corregidos.

Fecha	19/7/2020			
	Neumático 1	Neumático 2	Neumático 3	Neumático 4
Tipo de gas	Aire	Nitrógeno	Nitrógeno	Aire
kilometraje inicial (km)	166620	166620	166620	166620
Presión inicial (psi)	29,9	29,1	29,5	29,5
Temperatura inicial (°C)	31	24	23	30

Fuente: Autores

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020

En la Tabla 3-37 se muestra la relación existente entre la presión inicial corregida y la presión final del recorrido 4, en función de la temperatura inicial corregida de los neumáticos, tomando en cuenta que los neumáticos 1 - 4 están inflados con aire, y los neumáticos 2 - 3 están inflados con nitrógeno.

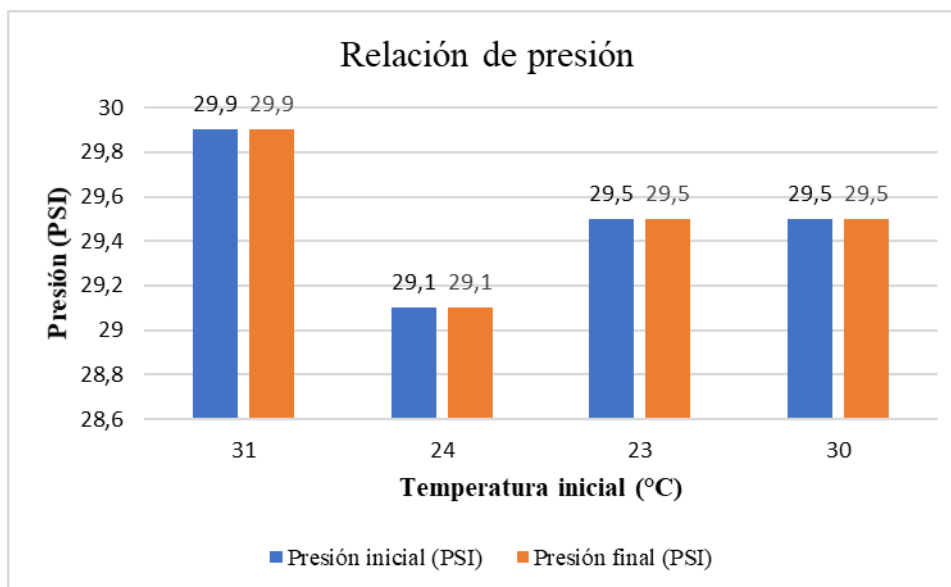
**Tabla 3-37:** Recorrido 4. Presión inicial y presión final de los neumáticos en función de la temperatura inicial

Relación de la presión en los neumáticos				
Neumático	Presión inicial (PSI)	Presión final (PSI)	Temperatura inicial (°C)	Diferencia entre presiones
1	29,9	29,9	31	0,00
2	29,1	29,1	24	0,00
3	29,5	29,5	23	0,00
4	29,5	29,5	30	0,00

Fuente: Autores

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020





**Gráfico 3-20:** Recorrido 4. Presión inicial y la presión final de los neumáticos

**Realizado por:** Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalín, 2020

El kilometraje recorrido por el vehículo partiendo desde el kilometraje de la prueba 3 hasta el momento del recorrido 4 fue de 794 km, se debe tomar en cuenta que en el recorrido 4 la temperatura de los neumáticos llegó alcanzar la temperatura inicial.

Según el Gráfico 3-20 se determina la variación que existe entre las presiones iniciales y finales, de acuerdo con el promedio de la diferencia entre dichas presiones se verificó que los neumáticos inflados con aire tuvieron una variación de presión de 0,00 PSI, mientras que los neumáticos inflados con nitrógeno tuvieron una variación de presión de 0,00 PSI. Demostrando que, en este caso, no hay variación de presión en los neumáticos inflados con nitrógeno ni tampoco para los inflados con aire.

### 3.9.2.5 Recorrido #5

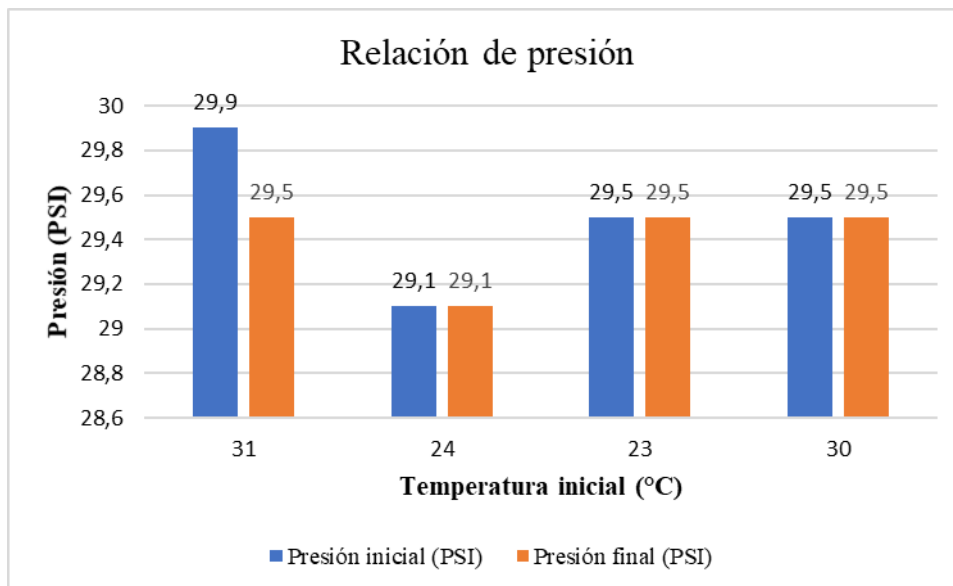
En la Tabla 3-39 se muestra la relación existente entre la presión inicial corregida y la presión final del recorrido 5, en función de la temperatura inicial corregida de los neumáticos, tomando en cuenta que los neumáticos 1 - 4 están inflados con aire, y los neumáticos 2 - 3 están inflados con nitrógeno.

**Tabla 3-38:** Recorrido 5. Presión inicial y presión final de los neumáticos en función de la temperatura inicial

Relación de la presión en los neumáticos				
Neumático	Presión inicial (PSI)	Presión final (PSI)	Temperatura inicial (°C)	Diferencia entre presiones
1	29,9	29,5	31	0,40
2	29,1	29,1	24	0,00
3	29,5	29,5	23	0,00
4	29,5	29,5	30	0,00

Fuente: Autores

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020



**Gráfico 3-21:** Recorrido 5. Presión inicial y la presión final de los neumáticos

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020

El kilometraje recorrido por el vehículo partiendo desde el kilometraje inicial corregido hasta el momento de la prueba 5 fue de 1258 km, se debe tomar en cuenta que en el recorrido 5 la temperatura de los neumáticos llegó a alcanzar la temperatura inicial.

Según el Gráfico 3-21 se determina la variación que existe entre las presiones iniciales y finales, de acuerdo con el promedio de la diferencia entre dichas presiones se verificó que los neumáticos inflados con aire tuvieron una variación de presión de 0,20 PSI, mientras que los neumáticos inflados con nitrógeno tuvieron una variación de presión de 0,00 PSI. Demostrando que, en este caso, los neumáticos inflados con aire tienden a perder mayor presión que los inflados con nitrógeno.

### 3.9.2.6 Recorrido #6

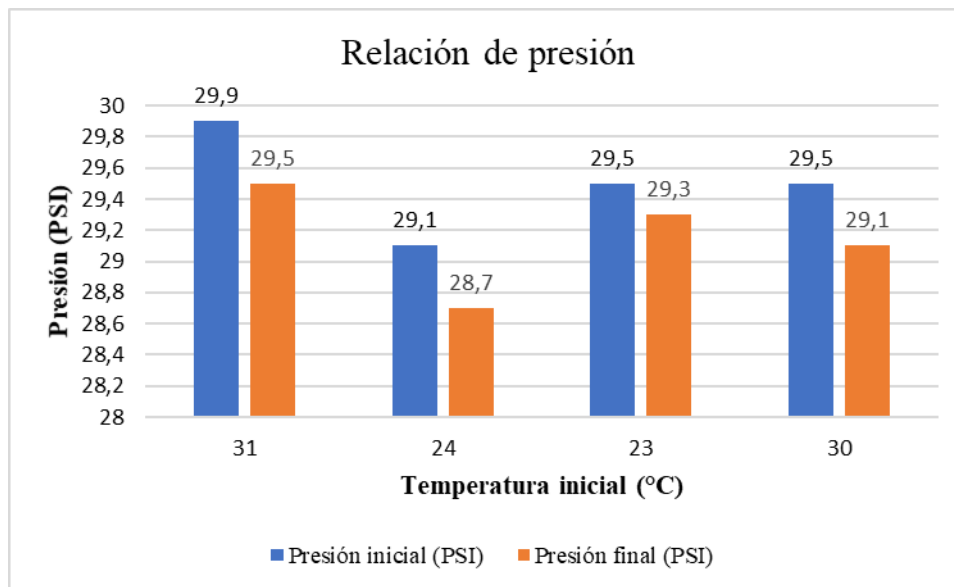
En la Tabla 3-39 se muestra la relación existente entre la presión inicial corregida y la presión final del recorrido 6, en función de la temperatura inicial corregida de los neumáticos, tomando en cuenta que los neumáticos 1 - 4 están inflados con aire, y los neumáticos 2 - 3 están inflados con nitrógeno.

**Tabla 3-39:** Recorrido 6. Presión inicial y presión final de los neumáticos en función de la temperatura inicial

Relación de la presión en los neumáticos				
Neumático	Presión inicial (PSI)	Presión final (PSI)	Temperatura inicial (°C)	Diferencia entre presiones
1	29,9	29,5	31	0,40
2	29,1	28,7	24	0,40
3	29,5	29,3	23	0,20
4	29,5	29,1	30	0,40

Fuente: Autores

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020



**Gráfico 3-22:** Recorrido 6. Presión inicial y la presión final de los neumáticos

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020

El kilometraje recorrido por el vehículo partiendo desde el kilometraje inicial corregido hasta el momento de la prueba 6 fue de 2886 km, se debe tomar en cuenta que en el recorrido 6 la temperatura de los neumáticos llegó alcanzar la temperatura inicial.

Según el Gráfico 3-22 se determina la variación que existe entre las presiones iniciales y finales, de acuerdo con el promedio de la diferencia entre dichas presiones se verificó que los neumáticos inflados con aire tuvieron una variación de presión de 0,40 PSI, mientras que los neumáticos inflados con nitrógeno tuvieron una variación de presión de 0,30 PSI. Demostrando que, en este caso, los neumáticos inflados con aire tienden a perder mayor presión que los inflados con nitrógeno.

### 3.9.2.7 Recorrido #7

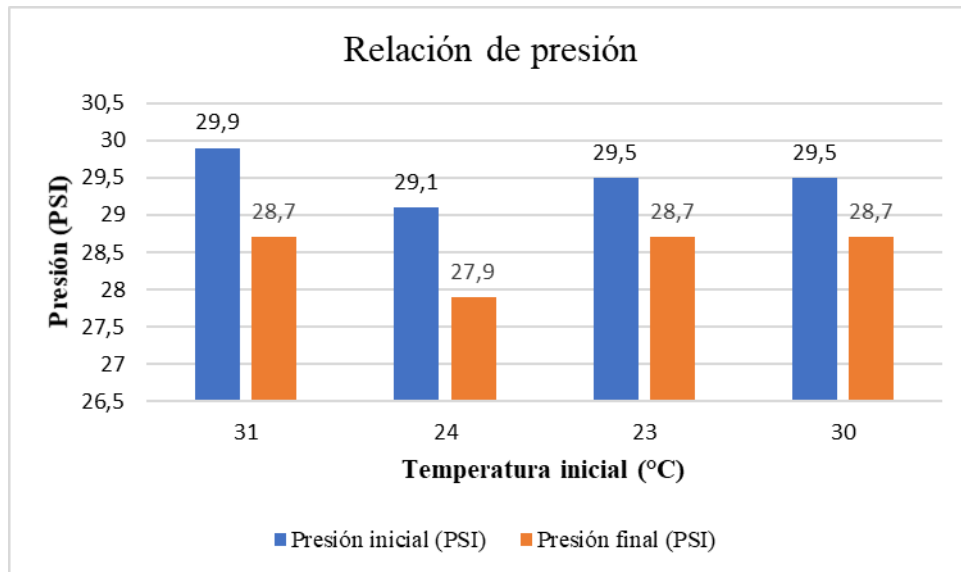
En la Tabla 3-40 se muestra la relación existente entre la presión inicial corregida y la presión final del recorrido 7, en función de la temperatura inicial corregida de los neumáticos, tomando en cuenta que los neumáticos 1 - 4 están inflados con aire, y los neumáticos 2 - 3 están inflados con nitrógeno.

**Tabla 3-40:** Recorrido 7. Presión inicial y presión final de los neumáticos en función de la temperatura inicial

<b>Relación de la presión en los neumáticos</b>				
<b>Neumático</b>	<b>Presión inicial (PSI)</b>	<b>Presión final (PSI)</b>	<b>Temperatura inicial (°C)</b>	<b>Diferencia entre presiones</b>
<b>1</b>	29,9	28,7	31	1,20
<b>2</b>	29,1	27,9	24	1,20
<b>3</b>	29,5	28,7	23	0,80
<b>4</b>	29,5	28,7	30	0,80

Fuente: Autores

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020



**Gráfico 3-23:** Recorrido 7. Presión inicial y la presión final de los neumáticos

**Realizado por:** Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020

El kilometraje recorrido por el vehículo partiendo desde el kilometraje inicial corregido hasta el momento de la prueba 7 fue de 5781 km, se debe tomar en cuenta que en el recorrido 7 la temperatura de los neumáticos llegó alcanzar la temperatura inicial.

Según el Gráfico 3-23 se determina la variación que existe entre las presiones iniciales y finales, donde de acuerdo con el promedio de la diferencia entre dichas presiones se verificó que los neumáticos inflados con aire tuvieron una variación de presión de 1,00 PSI, mientras que los neumáticos inflados con nitrógeno tuvieron una variación de presión de 1,00 PSI. Demostrando que, en este caso, no hay variación de presión en los neumáticos inflados con nitrógeno con relación a los neumáticos inflados con aire.

### 3.9.2.8 Recorrido #8

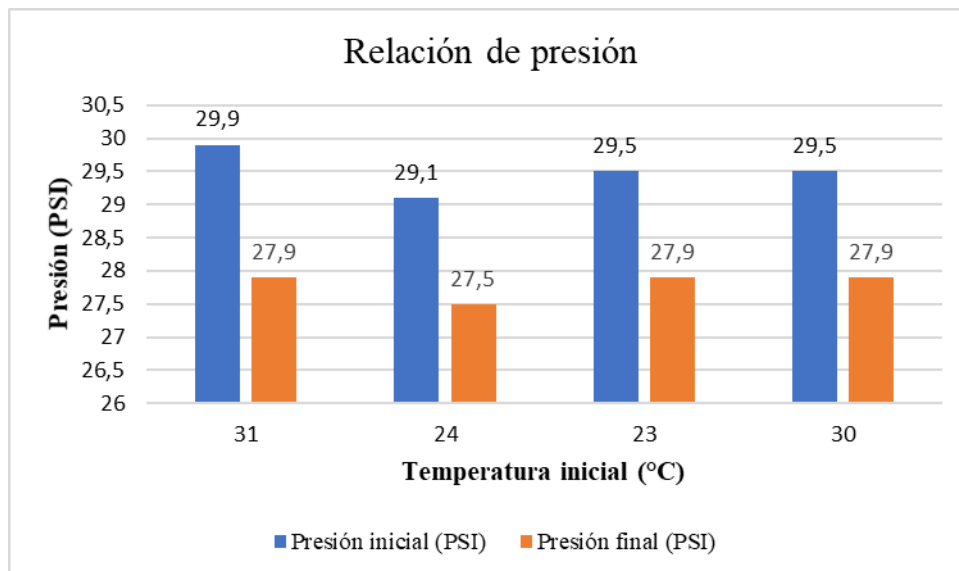
En la Tabla 3-41 se muestra la relación existente entre la presión inicial corregida y la presión final del recorrido 8, en función de la temperatura inicial corregida de los neumáticos, tomando en cuenta que los neumáticos 1 - 4 están inflados con aire, y los neumáticos 2 - 3 están inflados con nitrógeno.

**Tabla 3-41:** Recorrido 8. Presión inicial y presión final de los neumáticos en función de la temperatura inicial

Relación de la presión en los neumáticos				
Neumático	Presión inicial (PSI)	Presión final (PSI)	Temperatura inicial (°C)	Diferencia entre presiones
1	29,9	27,9	31	2,00
2	29,1	27,5	24	1,60
3	29,5	27,9	23	1,60
4	29,5	27,9	30	1,60

Fuente: Autores

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020



**Gráfico 3-24:** Recorrido 8. Presión inicial y la presión final de los neumáticos

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020

El kilometraje recorrido por el vehículo partiendo desde el kilometraje inicial corregido hasta el momento de la prueba 8 fue de 8281 km, se debe tomar en cuenta que en el recorrido 8 la temperatura de los neumáticos llegó alcanzar la temperatura inicial.

Según el Gráfico 3-24 se determina la variación que existe entre las presiones iniciales y finales, donde de acuerdo con el promedio de la diferencia entre dichas presiones se verificó que los neumáticos inflados con aire tuvieron una variación de presión de 1,80 PSI, mientras que los neumáticos inflados con nitrógeno tuvieron una variación de presión de 1,60 PSI. Demostrando que, en este caso, los neumáticos inflados con aire tienden a perder mayor presión que los inflados con nitrógeno.

Después de haber analizado los datos de presión de los ocho recorridos realizados en las tres primeras pruebas, se determina que en los neumáticos inflados con nitrógeno la pérdida de presión fue mayor con relación a los que fueron inflados con aire. Después de haber realizado correcciones en las presiones y temperaturas iniciales de las ruedas, se realizaron 5 pruebas más, donde en los recorridos 4 y 7 no hubo variación de presión en los neumáticos inflados con aire, ni tampoco en los neumáticos inflados con nitrógeno.

En las pruebas 5, 6 y 8 se verificó que en los neumáticos inflados con aire tienen una mayor pérdida de presión con relación a los que fueron inflados con nitrógeno. Por esta razón, el estudio se centró en el recorrido 8, siendo ésta la última prueba analizada donde hasta este punto el vehículo recorrió un kilometraje considerable de 8281 km; en base a dicho valor en las ruedas se tiene una variación de presión aceptable entre los neumáticos inflados con aire y nitrógeno, determinando así que los neumáticos inflados con aire pierden mayor presión que los neumáticos inflados con nitrógeno.

### ***3.9.3 Análisis de los datos del desgaste***

Durante las pruebas realizadas para determinar el desgaste que se produce en los cuatro neumáticos del vehículo durante los recorridos realizados, se verificó que las principales causas de este desgaste son los esfuerzos de tracción, esfuerzo de frenado, y que durante el recorrido los neumáticos delanteros son los encargados de guiar al vehículo, por lo que están más expuestos a las fuerzas antes mencionadas.

Para determinar la relación del desgaste de la banda de rodadura ante el uso de aire o nitrógeno en el inflado de las llantas se realizó una comparación gráfica, donde se observa las diferencias de los datos obtenidos. Hay que tomar en cuenta que el valor del desgaste viene dado en milímetros (mm).

#### ***3.9.3.1 Recorrido #3***

Para este recorrido el vehículo alcanzó un kilometraje de 3052 km considerando desde el kilometraje inicial de 162774 km hasta el kilometraje de inicio de la prueba 3 que es de 165826 km. El desgaste que se obtuvo en los cinco puntos de medición de los neumáticos durante el tercer recorrido se muestra en la Tabla 3-42.

**Tabla 3-42:** Recorrido 3. Valores del desgaste de los neumáticos

<b>RECORRIDO N°3</b>		
<b>Fecha</b>	12/7/2020	
<b>Tipo de clima</b>	Parcialmente soleado 13°C	
<b>Gas</b>	<b>Aire</b>	<b>Nitrógeno</b>
<b>Puntos de medición</b>	<b>Desgaste (mm)</b>	<b>Desgaste (mm)</b>
P1	0,53	0,58
P2	0,48	0,45
P3	0,55	0,43
P4	0,55	0,38
P5	0,52	0,43
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,53</b>	<b>0,46</b>

Fuente: Autores

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalín, 2020

La toma de los datos del desgaste de los neumáticos inflados con aire como los inflados con nitrógeno se lo realizó 5 veces. Determinado así que el desgaste es directamente proporcional al kilometraje, es decir, a mayor número de kilómetros recorridos, mayor es el desgaste de la banda de rodadura.

En el tercer recorrido se tuvo un desgaste promedio de 0,53 mm en los neumáticos inflados con aire y en los neumáticos inflados con nitrógeno se obtuvo un desgaste promedio de 0,46 mm. Los valores del desgaste están calculados en base a los valores iniciales que se encuentran en la Tabla 1-3.

#### 3.9.3.2 Recorrido #4

Para este recorrido el vehículo alcanzó un kilometraje de 794 km considerando desde el kilometraje del recorrido 3 cuyo valor es 165826 km hasta el kilometraje de inicio de la prueba 4 que es de 166620 km. El desgaste que se obtuvo en los cinco puntos de medición de los neumáticos durante el cuarto recorrido se muestra en la Tabla 3-43



**Tabla 3-43:** Recorrido 4. Valores del desgaste de los neumáticos

<b>RECORRIDO N°4</b>		
<b>Fecha</b>	19/7/2020	
<b>Tipo de clima</b>	Mayormente nublado 13°C	
<b>Gas</b>	<b>Aire</b>	<b>Nitrógeno</b>
<b>Puntos de medición</b>	<b>Desgaste (mm)</b>	<b>Desgaste (mm)</b>
P1	0,75	0,65
P2	0,58	0,48
P3	0,62	0,50
P4	0,68	0,68
P5	0,70	0,50
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,67</b>	<b>0,56</b>

Fuente: Autores

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020

La toma de los datos del desgaste de los neumáticos inflados con aire como los inflados con nitrógeno se lo realizó 5 veces. Determinado así que el desgaste es directamente proporcional a kilometraje, es decir, a mayor número de kilómetros recorridos, mayor es el desgaste de la banda de rodadura.

En el cuarto recorrido se tuvo un desgaste promedio de 0,67 mm en los neumáticos inflados con aire y en los neumáticos inflados con nitrógeno se obtuvo un desgaste promedio de 0,56 mm. Los valores del desgaste están calculados en base a los valores iniciales que se encuentran en la Tabla 3-1.

### 3.9.3.3 Recorrido #5

Para este recorrido el vehículo alcanzó un kilometraje de 1258 km considerando desde el kilometraje del recorrido 4 cuyo valor es 166620 km hasta el kilometraje de inicio de la prueba 5 que es de 167878 km. El desgaste que se obtuvo en los cinco puntos de medición de los neumáticos durante el quinto recorrido se muestra en la Tabla 3-44.

**Tabla 3-44:** Recorrido 5. Valores del desgaste de los neumáticos

<b>RECORRIDO N°5</b>		
<b>Fecha</b>	2/8/2020	
<b>Tipo de clima</b>	Mayormente soleado 20°C	
<b>Gas</b>	<b>Aire</b>	<b>Nitrógeno</b>
<b>Kilometraje (Km)</b>	<b>Desgaste (mm)</b>	<b>Desgaste (mm)</b>
P1	0,92	0,70
P2	0,90	0,68
P3	0,75	0,55
P4	0,82	0,55
P5	0,88	0,67
<b>TOTAL</b>	<b>0,85</b>	<b>0,63</b>

**Fuente:** Autores

**Realizado por:** Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020

La toma de los datos del desgaste de los neumáticos inflados con aire como los inflados con nitrógeno se lo realizó 5 veces. Determinado así que el desgaste es directamente proporcional a kilometraje, es decir, a mayor número de kilómetros recorridos, mayor es el desgaste de la banda de rodadura.

En el quinto recorrido se tuvo un desgaste promedio de 0,85 mm en los neumáticos inflados con aire y en los neumáticos inflados con nitrógeno se obtuvo un desgaste promedio de 0,63 mm. Los valores del desgaste están calculados en base a los valores iniciales que se encuentran en la Tabla 3-1.

#### 3.9.3.4 Recorrido #6

Para este recorrido el vehículo alcanzó un kilometraje de 1628 km considerando desde el kilometraje del recorrido 5 cuyo valor es 167878 km hasta el kilometraje de inicio de la prueba 6 que es de 169506 km. El desgaste que se obtuvo en los cinco puntos de medición de los neumáticos durante el sexto recorrido se muestra en la Tabla 3-45

**Tabla 3-45:** Recorrido 6. Valores del desgaste de los neumáticos

<b>RECORRIDO N°6</b>		
<b>Fecha</b>	16/8/2020	
<b>Tipo de clima</b>	Mayormente soleado 20°C	
<b>Gas</b>	<b>Aire</b>	<b>Nitrógeno</b>
<b>Kilometraje (Km)</b>	<b>Desgaste (mm)</b>	<b>Desgaste (mm)</b>
P1	0,93	0,77
P2	0,92	0,72
P3	0,83	0,65
P4	0,82	0,72
P5	1,07	0,68
<b>TOTAL</b>	<b>0,91</b>	<b>0,71</b>

**Fuente:** Autores

**Realizado por:** Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020

La toma de los datos del desgaste de los neumáticos inflados con aire como los inflados con nitrógeno se lo realizó 5 veces. Determinado así que el desgaste es directamente proporcional a kilometraje, es decir, a mayor número de kilómetros recorridos, mayor es el desgaste de la banda de rodadura.

En el sexto recorrido se tuvo un desgaste promedio de 0,91 mm en los neumáticos inflados con aire y en los neumáticos inflados con nitrógeno se obtuvo un desgaste promedio de 0,71 mm. Los valores del desgaste están calculados en base a los valores iniciales que se encuentran en la Tabla 3-1.

#### 3.9.3.5 Recorrido #7

Para este recorrido el vehículo alcanzó un kilometraje de 2895 km considerando desde el kilometraje del recorrido 6 cuyo valor es 169506 km hasta el kilometraje de inicio de la prueba 7 que es de 172401 km. El desgaste que se obtuvo en los cinco puntos de medición de los neumáticos durante el séptimo recorrido se muestra en la Tabla 3-46.

**Tabla 3-46:** Recorrido 7. Valores del desgaste de los neumáticos

<b>RECORRIDO N°7</b>		
<b>Fecha</b>	6/9/2020	
<b>Tipo de clima</b>	Nublado 17°C	
<b>Gas</b>	<b>Aire</b>	<b>Nitrógeno</b>
<b>Kilometraje (Km)</b>	<b>Desgaste (mm)</b>	<b>Desgaste (mm)</b>
P1	1,13	0,88
P2	1,12	0,90
P3	0,98	0,82
P4	1,00	0,95
P5	1,12	0,88
<b>TOTAL</b>	<b>1,07</b>	<b>0,89</b>

**Fuente:** Autores

**Realizado por:** Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020

La toma de los datos del desgaste de los neumáticos inflados con aire como los inflados con nitrógeno se lo realizó 5 veces. Determinado así que el desgaste es directamente proporcional a kilometraje, es decir, a mayor número de kilómetros recorridos, mayor es el desgaste de la banda de rodadura.

En el séptimo recorrido se tuvo un desgaste promedio de 1,07 mm en los neumáticos inflados con aire y en los neumáticos inflados con nitrógeno se obtuvo un desgaste promedio de 0,89 mm. Los valores del desgaste están calculados en base a los valores iniciales que se encuentran en la Tabla 3-1.

#### 3.9.3.6 Recorrido #8

Para este recorrido el vehículo alcanzó un kilometraje de 2500 km considerando desde el kilometraje del recorrido 7 cuyo valor es 172401 km hasta el kilometraje de inicio de la prueba 8 que es de 174901 km. El desgaste que se obtuvo en los cinco puntos de medición de los neumáticos durante el octavo recorrido se muestra en la Tabla 3-47.

**Tabla 3-47:** Recorrido 8. Valores del desgaste de los neumáticos

<b>RECORRIDO N°8</b>		
<b>Fecha</b>	22/9/2020	
<b>Tipo de clima</b>	Nublado 15°C	
<b>Gas</b>	<b>Aire</b>	<b>Nitrógeno</b>
<b>Kilometraje (Km)</b>	<b>Desgaste (mm)</b>	<b>Desgaste (mm)</b>
P1	1,33	1,02
P2	1,32	1,00
P3	1,25	0,90
P4	1,32	0,97
P5	1,32	1,00
<b>TOTAL</b>	<b>1,31</b>	<b>0,98</b>

**Fuente:** Autores

**Realizado por:** Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020

La toma de los datos del desgaste de los neumáticos inflados con aire como los inflados con nitrógeno se lo realizó 5 veces. Determinado así que el desgaste es directamente proporcional a kilometraje, es decir, a mayor número de kilómetros recorridos, mayor es el desgaste de la banda de rodadura.

En el octavo recorrido se tuvo un desgaste promedio de 1,31 mm en los neumáticos inflados con aire y en los neumáticos inflados con nitrógeno se obtuvo un desgaste promedio de 0,98 mm. Los valores del desgaste están calculados en base a los valores iniciales que se encuentran en la Tabla 3-1.

Para la medición del desgaste en los neumáticos se empezó a realizar a partir del tercer recorrido debido que los neumáticos eran nuevos y se tuvo que esperar que el vehículo recorra un determinado kilometraje para poder apreciar el desgaste. Se establecieron cinco puntos de medición en cada rueda para la recopilación de los datos, se realizaron 6 pruebas de medición de desgaste de los neumáticos empezando en el recorrido 3 y terminando en el recorrido 8; en cada prueba se pudo apreciar que los neumáticos inflados con aire tienden a tener mayor desgaste que los neumáticos inflados con nitrógeno. Considerando desde el kilometraje inicial hasta el kilometraje en que se llevo acabo el recorrido 8, el vehiculo de prueba alcanzó un kilometraje total de 12127 km de recorrido, donde los neumáticos inflados con aire llegaron a tener un desgaste promedio de 1,31 mm y los neumáticos inflados con nitrógeno tuvieron un desgaste promedio de 0,98 mm.

### 3.9.4 Distribución T- student

La distribución T – student es una distribución de probabilidad que estima el valor de la media de una muestra pequeña extraída de una población normal y de la cual no se conoce su desviación típica.

#### 3.9.4.1 Definición de hipótesis

Se debe definir una hipótesis nula y una hipótesis alternativa.

##### **H<sub>0</sub>: Hipótesis nula**

**H<sub>0</sub>** = El desgaste de los neumáticos inflados con aire tienen promedio de desgaste de 0,89 mm por cada 2021 km recorridos

**H<sub>0</sub>** = El desgaste de los neumáticos inflados con nitrógeno tienen promedio de desgaste de 0,71 mm por cada 2021 km recorridos

##### **H<sub>1</sub>: Hipótesis alternativa**

**H<sub>1</sub>** ≠ El desgaste de los neumáticos inflados con aire tienen promedio de desgaste diferente de 0,89 mm por cada 2021 km recorridos

**H<sub>1</sub>** ≠ El desgaste de los neumáticos inflados con nitrógeno tienen promedio de diferente desgaste de 0,71 mm por cada 2021 km recorridos

#### 3.9.4.2 Grados de libertad y significancia

Los grados de libertad viene dado por:

$$g = n - 1$$

donde n: muestra

$$g = 30 - 1 = 29$$

Nivel de significancia es:

$$\alpha = 0,05 = 5\%$$

### 3.9.4.3 Desviación estándar

Para poder calcular la desviación estándar se debe conocer la media muestral que viene dado por:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Xi \quad (1)$$

$$\bar{X}_{aire} = \frac{26,69}{30}$$

$$\bar{X}_{aire} = 0,88$$

$$\bar{X}_{nitrógeno} = \frac{21,09}{30}$$

$$\bar{X}_{nitrógeno} = 0,7$$

La desviación estándar esta dado por:

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X-\bar{X})^2}{n-1}} \quad (2)$$

$$S_{aire} = \sqrt{\frac{2,07}{29}}$$

$$S_{aire} = \sqrt{0,07} = 0,26$$

$$S_{nitrógeno} = \sqrt{\frac{1,09}{29}}$$

$$S_{nitrógeno} = \sqrt{0,037} = 0,192$$

El error estándar esta dado por:

$$E.E = \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (3)$$

$$E.E_{aire} = \frac{0,26}{\sqrt{30}} = 0,047$$

$$E.E_{nitrógeno} = \frac{0,192}{\sqrt{30}} = 0,035$$

El valor de punto de cola viene dado por:

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{E.E} \quad (4)$$

$$t_{aire} = \frac{0,88 - 0,89}{0,047} = -0,021$$

$$t_{nitrogeno} = \frac{0,7 - 0,703}{0,035} = -0,085$$

#### 3.9.4.4 Evaluación de las hipótesis

Los datos obtenidos para la evolución de las hipótesis de los neumáticos inflados con aire son:

$$g=29$$

$$\alpha=0,05=5\%$$

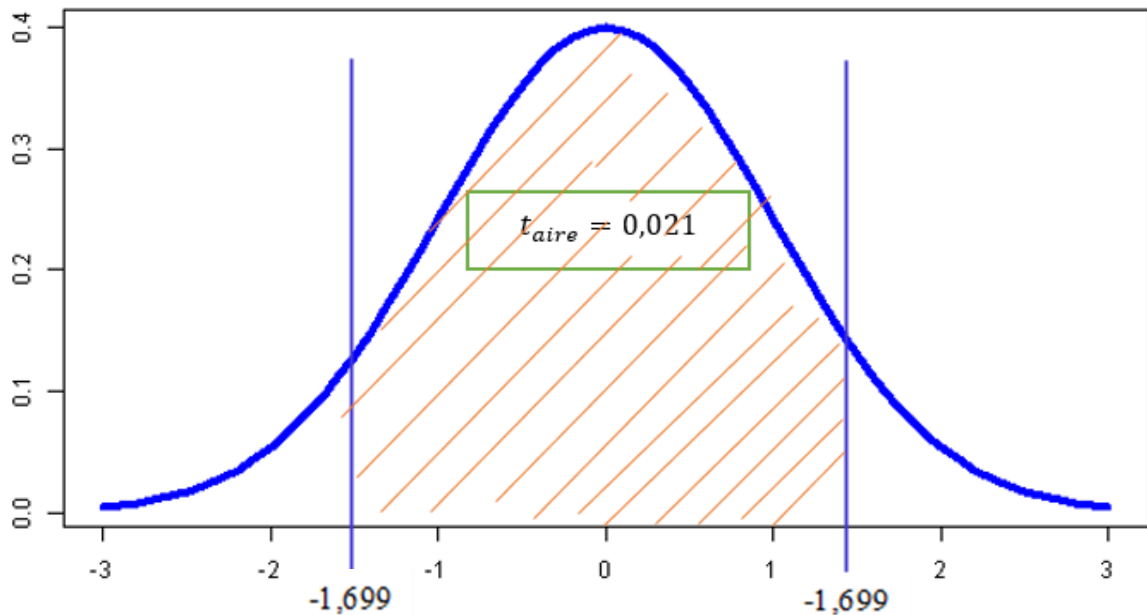
$$t_{aire} = -0.021$$

$$H_0=0,89$$

$$H_1 \neq 0,89$$

El valor de  $\alpha_{tabla}$  se lo determina usando el Anexo D

$$\alpha_{tabla} = 1,699$$



**Gráfico 3-25:** Distribución normal del desgaste de neumáticos inflados con aire

**Realizado por:** Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalín, 2020



Según la Gráfico 25-3 se encuentra en la parte central sombreada lo que nos permite aceptar la hipótesis nula que dice que el desgaste de los neumáticos inflados con aire tienen un promedio de desgaste de 0,89 mm por cada 2021km recorridos.

Los datos obtenidos para la evolución de las hipótesis de los neumáticos inflados con aire son:

$$g=29$$

$$\alpha=0,05=5\%$$

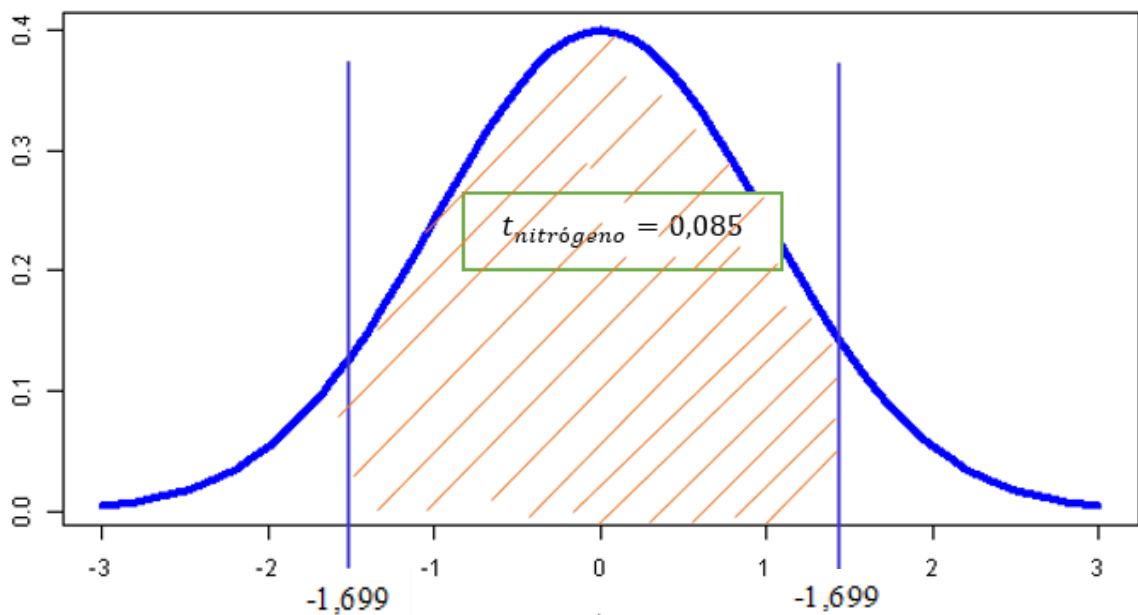
$$t_{\text{nitrogeno}} = -0,085$$

$$H_0=0,71$$

$$H_1 \neq 0,71$$

El valor de  $\alpha_{\text{tabla}}$  se lo determina usando el Anexo D

$$\alpha_{\text{tabla}} = 1,699$$



**Gráfico 3-26:** Distribución normal del desgaste de neumáticos inflados con nitrógeno

Realizado por: Lemache Wilmer, Sangoquiza Estalin, 2020

Según la Gráfico 3-26 se encuentra la parte central sombreada lo que nos permite aceptar la hipótesis nula que dice que el desgaste de los neumáticos inflados con nitrógeno tienen un promedio de desgaste diferente de 0,71 mm por cada 2021 km recorridos.

### **3.9.5 *Análisis de costos***

En la actualidad dentro del medio local existen varios centros de vulcanizadoras, enllantadoras y talleres de mantenimiento que ya tienen el nitrógeno como gas alternativo para inflar los neumáticos, si bien es cierto muchos dueños de los vehículos prefieren inflar con aire sus neumáticos, debido a que, el aire prácticamente tenemos disponible en todo momento y es más barato, un valor aproximado es de 50 ctvs por inflar las cuatro ruedas, pero en algunos casos ni se cobra por inflar, en cambio el costo por inflar un neumático con nitrógeno es de 1\$, es decir, si se infla los 4 neumáticos sería un valor de 4\$, de cierto modo este valor ya representa una cantidad importante en la economía del propietario del vehículo por lo que la mayoría de los propietarios opta por inflar con aire.

De cierto modo el aire es más barato y de mayor disponibilidad que el nitrógeno, pero de acuerdo con los análisis de este estudio se pudo demostrar que el nitrógeno ofrece mayores prestaciones que el aire contribuyendo a un mayor rendimiento y a una mayor vida útil de los neumáticos.

## CONCLUSIONES

- Los neumáticos inflados con aire tienden a perder la presión interna y aumentar la temperatura con mayor facilidad que los neumáticos inflados con nitrógeno, ya que estos mantienen los niveles de presión interna óptimos y la temperatura por mayor tiempo, aumentando así la vida útil de los neumáticos.
- El desgaste es directamente proporcional al kilometraje, es decir, a mayor número de kilómetros recorridos, mayor es el desgaste de la banda de rodadura.
- Los neumáticos que son inflados con aire tienden a obtener una mayor pérdida de presión en comparación a la pérdida de presión de los neumáticos inflados con nitrógeno.
- El desgaste de los neumáticos inflados con aire tiene un promedio aproximado de 0,98 mm por cada 2021 km recorridos.
- El desgaste de los neumáticos inflados con nitrógeno tiene un promedio aproximado de 0,71 mm por cada 2021 km recorridos.
- El uso del sistema TPMS permite llevar un registro óptimo de la temperatura y presión de los neumáticos, ya que los valores se toman en tiempo real.
- Al realizar la alineación y balanceo del vehículo ayuda prevenir el desgaste desigual de los neumáticos.
- De acuerdo con los análisis de presión, temperatura y desgaste de los neumáticos que fueron inflados con aire y nitrógeno, se concluye que el gas más eficiente para el inflado de los neumáticos es el nitrógeno ya que otorga mayores prestaciones que el aire en los parámetros analizados.

## RECOMENDACIONES

- Se debe utilizar la presión recomendada por el fabricante del vehículo para aumentar la vida útil de los neumáticos
- Al usar nitrógeno en los neumáticos se debe vaciar completamente el aire que se encuentra en el interior del neumático, para así mantener los niveles de presión óptimos por mayor tiempo
- Se debe realizar la alineación y balanceo del vehículo cada 10 000 km para evitar el desgaste desigual del neumático.
- Para la recopilación de los datos de presión y temperatura se debe realizar un recorrido constante del vehículo y a una velocidad moderada, para evitar que se presenten datos repetitivos que no favorecen en el análisis.
- Para llevar a cabo el proyecto se recomienda enfocarse en vehículos que realicen recorridos prolongados por día, esto nos va a permitir apreciar el desgaste de los neumáticos en menor tiempo, en nuestro caso elegimos un taxi.
- De ser posible se recomienda utilizar un calibrador pie de rey digital para la recopilación de los datos de desgaste, ya que nos va a permitir registrar los datos con mayor precisión.

## BIBLIOGRAFÍA

**AFRISA.** *Guía de daños y desgaste de neumáticos de carga.* [En línea] 2018. [Citado el: 07 de Octubre de 2020.] Disponible en: <http://www.lafrisa.com/files/guiadanos.pdf>.

**Arias, F. 2012.** *Proyecto de investigación: introducción a la metodología científica.* Caracas : Espíeme, 2012.

**Asturias. 2019.** *Ventajas de inflar los neumáticos con nitrógeno.* [En línea] 2019. [Consulta: 19 de Noviembre de 2020.] Disponible en: <http://teleneumaticosasturias.com/ventajas-inflado-neumaticos-nitrogeno/>.

**AutoAvance. 2015.** *Sistema TPMS: Mucho más que un simple Sensor de Neumático.* [En línea] 2015. [Consulta: 11 de Octubre de 2020.] Disponible en: <https://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/182-sistema-tpms-mucho-mas-que-un-simple-sensor-de-neumatico/>.

**Campeón. 2019. Llanta.** [En línea] 2019. [Consulta: 21 de Noviembre de 2020.] Disponible en: <https://www.frecuento.com/frecuento/es/Categorias/Ferreter%C3%ADa/Automotriz/Llantas/Llanta-Goodyear-Direction-Sport-195-60R15-%E2%80%9388H/p/40343971>.

**Carrera, Carlos. 2016.** *Análisis de las fuerzas desarrolladas en el frenado.* [En línea] 2016. [Consulta: 11 de Octubre de 2020.] Disponible en: <https://www.seguridadpublica.es/2010/12/analisis-de-las-fuerzas-desarrolladas-en-el-frenado/>.

**Continental. 2018.** *La presión de los neumáticos, el elemento principal de tu seguridad.* Continental. [En línea] 2016, [Consulta: 5 de Enero de 2018]. Disponible en: <https://www.continentaltire.com.ec/car/media-services/noticias/2018-01-05-la-presion-de-neumaticos>.

**CUB CONTINENTAL. 2016.** *Sistema de modificación TPMS de doble potencia BP45 (VS-63W019).* 2016.

**Diario Regional los Andes. 2019.** *Movilidad sostenible, apuesta urgente.* Diario Regional los Andes. [En línea] [Consulta: 4 de Febrero de 2019]. Disponible en: <https://diariolosandes.com.ec/movilidad-sostenible-apuesta-urgente/>.

**Docplayer. 2016.** *Estudio sobre la importancia del mantenimiento en los neumáticos de los vehículos.* Docplayer. [En línea] 2016. [Consulta: Sabado de Enero de 2020.] Disponible en: <https://docplayer.es/10762481-Estudio-sobre-la-importancia-del-mantenimiento-en-los-neumaticos-de-los-vehiculos.html>.

**El Universo. 2018.** *2,4 millones de neumáticos se desechan cada año en Ecuador. El Universo.* [En línea] [Consulta: 3 de Junio de 2018]. Disponible en: <https://www.eluniverso.com/vida/2018/06/03/nota/6790121/24-millones-neumaticos-se-desechan-cada-ano-pais>.

**Figueroa, María. 2018.** *INSTITUCIÓN EDUCATIVA INEM “JORGE ISAACS” DE CALI.* [En línea] 2018. [Consulta: 26 de Octubre de 2020.] Disponible en: <https://inemauxiliarcontable.jimdo.com/app/download/9391790470/MetodosRecoleccionInfo.pdf?t=1502372900>.

**Flores, Raudel y Arzuaga, Leonardo. 2019.** *Simulación del comportamiento del neumático agrícola 7.50-20 por el Método de los Elementos Finitos.* 2019.

**García, Gilbert. 2017.** Prueba de ruta. *¿Cuál es la presión adecuada de las llantas?* [En línea] 2017. [Consulta: 21 de Noviembre de 2020.] Disponible en: <https://www.pruebaderuta.com/presion-adecuada-de-las-llantas.php>.

**García, José. 2018.** *Tipos de Llantas (neumáticos) según su estructura.* [En línea] 2018. [Consulta: 04 de Octubre de 2020.] Disponible en: <https://www.pruebaderuta.com/tipos-de-llantas-neumaticos-segun-su-estructura.php>.

**García, Rosa. 2017.** *Neumáticos.* [En línea] 2017. [Consulta: 2020 de Octubre de 04.] Disponible en: <https://www.seguridad-vial.net/vehiculo/seguridad-activa/101-neumaticos>.

**Gómez, Jorge. 2018.** *¿Qué es la banda de rodamiento de un neumático?* [En línea] 2018. [Consulta: 07 de Octubre de 2020.] Disponible en: <https://www.casajgomez.com.py/consejos-utiles/banda-de-rodamiento/>.

**INEN. 2012.** *Instituto Ecuatoriano de normalización. Neumáticos, definiciones y clasificación.* [En línea] 2012. [Consulta: 2020 de Octubre de 04.] Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2096-2.pdf>.

**Instituto de Seguridad y Educación Vial. 2009.** *¿Que debemos saber sobre los neumáticos?* Buenos Aires : s.n., 2009.

**Investigadores. 2020.** *Técnicas de investigación. ¿Qué es una investigación exploratoria y sus características?* [En línea] 2020. [Consulta: 26 de Octubre de 2020.] Disponible en: <https://tecnicasdeinvestigacion.com/investigacion-exploratoria/>.

**Kashima. 2017.** Frenos. *Descripción y eficacia del sistema de frenado.* [En línea] 2017. [Consulta: 09 de Octubre de 2020.] Disponible en: <http://kashima.campuseina.com/mod/book/view.php?id=7679>.

**KIA. 2018.** *¿Qué presión llevan los neumáticos en un Río?* [En línea] 2018. [Consulta: 21 de Noviembre de 2020.] Disponible en: <https://www.opinautos.com/kia/rio/guias/presion-neumaticos>.

**Labarca, Alexis. 2017.** *La técnica de observación.* [En línea] 2017. [Consulta: 26 de Octubre de 2020.] Disponible en: [http://eoepsabi.educa.aragon.es/descargas/G\\_Recursos\\_orientacion/g\\_1\\_atencion\\_diversidad/g\\_1\\_2.recursos\\_varios/1.3.Tecnica\\_observac\\_en\\_el\\_aula.pdf](http://eoepsabi.educa.aragon.es/descargas/G_Recursos_orientacion/g_1_atencion_diversidad/g_1_2.recursos_varios/1.3.Tecnica_observac_en_el_aula.pdf).

**Lenntech. 2018.** *Nitrógeno - N. Propiedades químicas del Nitrógeno - Efectos del Nitrógeno sobre la salud - Efectos ambientales del Nitrógeno.* [En línea] 2018. [Consulta: 11 de Octubre de 2020.] Disponible en: <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/n.htm>.

**LIZEO. 2017.** Rezueteo. *Inflado de neumáticos con nitrógeno o con aire ¿qué es mejor?* [En línea] 2017. [Consulta: 11 de Octubre de 2020.] Disponible en: <https://neumaticos.rezulteo.es/guias/mantenimiento/inflado-presion-neumaticos/inflado-nitrogeno-neumaticos-aire-que-es-mejor>.

**Llanos, Nancy. 2018.** *Máquina para ensayo de neumáticos de motocicletas. El Neumático.* [En línea] 2018. [Consulta: 2020 de Octubre de 2020.] Disponible en: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/3968/fichero/Memoria%252F2+-El+neum%C3%A1tico.pdf>.

**Lucio, María Augusta. 2017.** *Alineación y balanceo ¿Qué es y por qué son necesarios?* [En línea] 2017. [Consulta: 07 de Noviembre de 2020.] Disponible en: <https://ecuador.seguros123.com/alineacion-balanceo-necesarios/>.

**Mano. 2020.** *Neumático 11x4.00-4 4pr con cámara de aire y válvula recta, repuesto para tractores de jardín.* [En línea] 2020. [Consulta: 07 de Octubre de 2020.] Disponible en: [https://www.manomano.es/p/neumatico-para-segadora-suspendida-11x400-4-4pr-con-camara-de-aire-valvula-recta-4120749#](https://www.manomano.es/p/neumatico-para-segadora-suspendida-11x400-4-4pr-con-camara-de-aire-valvula-recta-4120749#/).

**Marquéz, Luis. 2017.** *Química II. Concepto, composición y propiedades.* [En línea] 2017. [Consulta: 11 de Octubre de 2020.] Disponible en: <https://sites.google.com/site/quimicaiiipoem/-que-es-el-aire-1>.

**Martinez, Jorge. 2019.** *Qué es la investigación explicativa.* [En línea] 2019. [Consulta: 25 de Octubre de 2020.] Disponible en: <https://tiposdeinvestigacion.org/explicativa/>.

**MeteoBlue. 2017.** *Temperatura del aire.* [En línea] 2017. [Consulta: 17 de Noviembre de 2020.] Disponible en: <https://content.meteoblue.com/es/meteoscool/el-tiempo/temperatura>.

**Miranda, Juan. 2017.** *Diseño de investigación. Elementos y características.* [En línea] 2017. [Consulta: 27 de Octubre de 2020.] Disponible en: <https://www.questionpro.com/blog/es/diseño-de-investigación/>.

**MOTORGIGA. 2018.** *Nomenclatura de una banda de rodadura.* [En línea] 2018. [Consulta: 06 de Octubre de 2020.] Disponible en: <https://motorgiga.com/cargadatos/fotos2/diccionario/neumaticos/800px/banda-de-rodadura.jpg>.

*Neumáticos Simétricos Direccionales y Asimétricos.*

**Nogales, Walter. 2020.** *Estudio experimental para determinar los parámetros óptimos de mecanizado en aleaciones de aluminio que generen el mejor acabado superficial en partes y piezas automotrices.* [En línea] 2020. [Consulta: 28 de Octubre de 2020.] Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/13933/1/65T00350.pdf>.

**Paucar, Byron y Tacuri, Lauro. 2015.** *Estudio de las condiciones que generan un desgaste anormal de los neumáticos radiales para vehículos pesados que impiden su reutilización como base para reencauche.* [En línea] 2015. [Consulta: 2020 de Octubre de 4.] Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7975/1/UPS-CT004843.pdf>.

**Pneus. 2016.** *Índices de carga y velocidad de coche.* [En línea] 2016. [Consulta: 07 de Octubre de 2020.] Disponible en: <https://web.archive.org/web/20160404215620/http://www.neumaticos-pneus-online.es/indices-de-carga-y-velocidad-consejos.html>.

**PNG. 2019.** *Neumáticos sin cámara neumáticos para vehículos.* [En línea] 2019. [Consulta: 07 de Octubre de 2020.] Disponible en: <https://www.pngegg.com/es/png-nixub>.

**RAE. 2019.** *Real Academia de la Lengua Española. Aire.* [En línea] 2019. [Consulta: 11 de Octubre de 2020.] Disponible en: <https://dle.rae.es/aire>.

**Raffino, María. 2020.** *Aire.* [En línea] 2020. [Consulta: 2020 de Octubre de 11.] Disponible en: <https://concepto.de/aire/>.

**REA. 2019.** *Real Academia de la Lengua Española. Nitrógeno.* [En línea] 2019. [Consulta: 11 de Octubre de 2020.] Disponible en: [https://dle.rae.es/nitr%C3%B3geno?m=30\\_2](https://dle.rae.es/nitr%C3%B3geno?m=30_2).

**Sabino, Carlos. 2012.** *El proceso de investigación.* Guatemala : Episteme, 2012.

**Santillán, Santiago. 2019.** *¿Sabes para qué sirven la alineación y el balanceo?* [En línea] 2019. [Consulta: 07 de Noviembre de 2020.] Disponible en: <https://autosblogmexico.com/mantenimiento/sabes-para-que-sirven-la-alineacion-y-el-balanceo-ta3137>.



**SIGNUS.** *Valorización de neumáticos.* [En línea] [Consulta: 2020 de Octubre de 04.] Disponible en: <https://www.consumoteca.com/motor/valorizacion-de-neumaticos/>.

**Themes. 2020.** *Llantas tubeless o con cámara, ¿cuáles te convienen más?* [En línea] 2020. [Consulta: 07 de Octubre de 2020.] Disponible en: [https://revistamoto.com/wp\\_rm/llantas-tubeless-o-con-camara-cuales-te-convienen-mas/](https://revistamoto.com/wp_rm/llantas-tubeless-o-con-camara-cuales-te-convienen-mas/).

**Toledo, Neftali. 2018.** *Técnicas de Investigación Cualitativas y Cuantitativas.* Universidad Autónoma del Estado de México. México : s.n., 2018. pág. 3.

**UJean. 2017.** *Metodología Cuantitativa.* [En línea] 2017. [Consulta: 26 de Octubre de 2020.] Disponible en: [http://www.ujaen.es/investigat/tics\\_tfg/enfo\\_cuanti.html](http://www.ujaen.es/investigat/tics_tfg/enfo_cuanti.html).

**Vargas, José. 2015.** *Unidad III: Atmósfera: caracterización e importancia.* [En línea] 2015. [Consulta: 11 de Octubre de 2020.] Disponible en: [http://3.bp.blogspot.com/-T9\\_kquzq4AU/VoCZRYFmetI/AAAAAAAAACoI/q7QWeshsmWY/s320/atmosfera-capas.png](http://3.bp.blogspot.com/-T9_kquzq4AU/VoCZRYFmetI/AAAAAAAAACoI/q7QWeshsmWY/s320/atmosfera-capas.png).

**Velasquez, Juan. 2018.** Variación de la presión : altitud y temperatura. [En línea] 2018. [Consulta: 17 de Noviembre de 2020.] Disponible en: <https://www.neumaticoslíder.es/consejos-neumaticos/presion-del-neumatico-en-altitud#:~:text=Una%20de%20estas%20leyes%20establece,La%20presi%C3%B3n%20del%20neum%C3%A1tico%20disminuye..>

**ANEXOS**

**ANEXO A: DATOS OBTENIDOS ANTES Y DESPUÉS DE LA ALINEACIÓN Y BALANCEO**

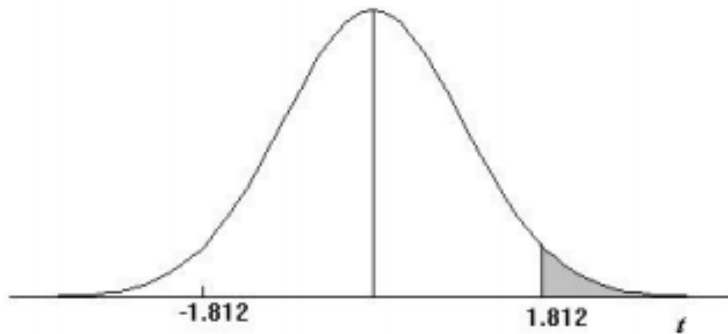




ANEXO D: TABLA DE DISTRIBUCIÓN T – STUDENT

**TABLA 2: DISTRIBUCIÓN t DE STUDENT**

Puntos de porcentaje de la distribución t



**Ejemplo**

Para  $\phi = 10$  grados de libertad:

$$P[t > 1.812] = 0.05$$

$$P[t < -1.812] = 0.05$$

$\alpha$ $\Gamma$	0,25	0,2	0,15	0,1	0,05	0,025	0,01	0,005	0,0005
1	1,000	1,376	1,963	3,078	6,314	12,706	31,821	63,656	636,578
2	0,816	1,061	1,386	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925	31,600
3	0,765	0,978	1,250	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841	12,924
4	0,741	0,941	1,190	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604	8,610
5	0,727	0,920	1,156	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032	6,869
6	0,718	0,906	1,134	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707	5,959
7	0,711	0,896	1,119	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499	5,408
8	0,706	0,889	1,108	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355	5,041
9	0,703	0,883	1,100	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250	4,781
10	0,700	0,879	1,093	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169	4,587
11	0,697	0,876	1,088	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106	4,437
12	0,695	0,873	1,083	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055	4,318
13	0,694	0,870	1,079	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012	4,221
14	0,692	0,868	1,076	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977	4,140
15	0,691	0,866	1,074	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947	4,073
16	0,690	0,865	1,071	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921	4,015
17	0,689	0,863	1,069	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898	3,965
18	0,688	0,862	1,067	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878	3,922
19	0,688	0,861	1,066	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861	3,883
20	0,687	0,860	1,064	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845	3,850
21	0,686	0,859	1,063	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831	3,819
22	0,686	0,858	1,061	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819	3,792
23	0,685	0,858	1,060	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807	3,768
24	0,685	0,857	1,059	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797	3,745
25	0,684	0,856	1,058	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787	3,725
26	0,684	0,856	1,058	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779	3,707
27	0,684	0,855	1,057	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771	3,689
28	0,683	0,855	1,056	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763	3,674
29	0,683	0,854	1,055	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756	3,660
30	0,683	0,854	1,055	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750	3,646
40	0,681	0,851	1,050	1,303	1,684	2,021	2,423	2,704	3,551
60	0,679	0,848	1,045	1,296	1,671	2,000	2,390	2,660	3,460
120	0,677	0,845	1,041	1,289	1,658	1,980	2,358	2,617	3,373
$\infty$	0,674	0,842	1,036	1,282	1,645	1,960	2,326	2,576	3,290

## ANEXO E: MANUAL DE INSTALACIÓN DEL SISTEMA TPMS

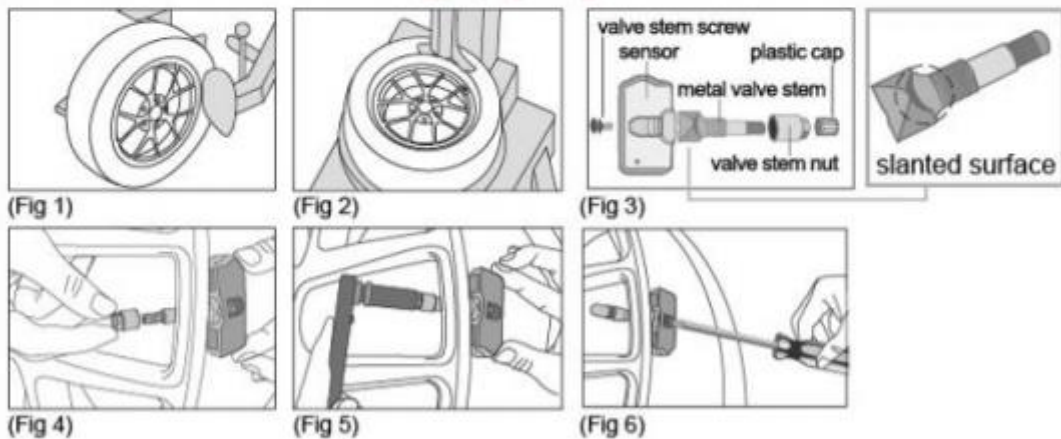
### 4. Sensor Installation

#### 4.1 Installation Location

Tire pressure sensors are paired in the factory. Please check the sensors numbers and install in the right positions when starting the first time of installation.



#### 4.2 輪胎拆卸與安裝流程 Sensor Assembly Process



(Fig 1) Loosen the tire. Fix both sides of the tire and press, and make it bulge.

(Fig 2) Remove the tire. The valve faces the mounting arm in the one o'clock direction, remove the tire.

(Fig 3) Remove the sensor. Loosen the fixing screw, allow the sensor separate from the valve, and release the nut to take it apart from the valve.

(Fig 4) Install the sensor and valve. Insert the valve through the rim hole, attach the sensor body to the inner surface of the rim by adjusting the angle of the sensor body.

(Fig 5) Install valve to the rim hole. Guide the washer into the valve, and fix the nut by 4 Nm in torque, then tighten the cap.



(Fig 6) Fix the screw to secure the valve and sensor by 2 Nm in torque

Note: Mount the tire. Grip the rim edge, and the valve is opposite to the mounting arm, avoid hitting the sensor during arm operation.

Note: After the sensors are installed, please calibrate the balance correction to avoid from fluttering during driving

### 4.3 Installation Completed



## 5. Receiver Installation

### 5.1 Appearance of the Receiver



### 5.2 Steps

#### 5.2.1

Combine the suction cup holder with the receiver, adjust for the best view angle after attaching it onto the car windshield.

Confidential Any violation will be prosecuted relevant legal liability. any unauthorized third party.

5.2.2 不可翻印或刊印本网站任何内容，违者依法追究。

Plug the DC jack connector of the cigarette lighter cable into the receiver.

#### 5.2.3

Insert the cigarette lighter cable into the cigarette lighter socket of the car to have power.

#### 5.2.4

Please use branded AKALINE AAA battery if powered with battery.



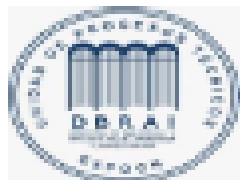


ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO  
DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS  
PARA EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACIÓN



UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS  
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 26 / 07 / 2021

<b>INFORMACIÓN DEL AUTORA (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> WILMER ALDAIR LEMACHE CAIZA  ESTALIN BAYARDO SANGOQUIZA GUACHI
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> MECÁNICA
<b>Carrera:</b> INGENIERÍA AUTOMOTRIZ
<b>Título a optar:</b> INGENIERO AUTOMOTRIZ
<b>E. Analista de Biblioteca responsable:</b> Ing. CPA. Jhonatan Rodrigo Parroto Uquillas, MBA.  26-07-2021

1360-DBRAI-UTP-2021