



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

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

**“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE NEUMÁTICOS PARA
AUTOMÓVIL SEGÚN LA NORMA NTE INEN 2097:2012, DE LAS
MARCAS QUE SE COMERCIALIZAN EN EL MERCADO
ECUATORIANO”**



AUTOR: Luis Fernando Andrade Cuasque

Francis Abel Cajas Izama

DIRECTOR: Ing. Carlos Marcelo Segovia Troya Msc.

Ibarra-Ecuador

2024

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1004590087		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Andrade Cuasque Luis Fernando		
DIRECCIÓN:	Ibarra, el Olivo		
EMAIL:	lfandradec@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	062603306	TELF. MOVIL	0987152019

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1004307854		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Cajas Izama Francis Abel		
DIRECCIÓN:	Cotacachi – Imantag		
EMAIL:	facajasi@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	-	TELF. MOVIL	0995712636

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Determinación de la calidad de neumáticos para automóvil según la norma NTE INEN 2097:2012, de las marcas que se comercializan en el mercado ecuatoriano.
AUTOR (ES):	Andrade Cuasque Luis Fernando Cajas Izama Francis Abel
FECHA: AAAAMMDD	2024 / 07 / 19
SOLO PARA TRABAJOS DE TITULACIÓN	
CARRERA/PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> GRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniería Automotriz
DIRECTOR:	MSc. Segovia Troya Carlos Marcelo
ASESOR:	MSc. Rosero Añasco Ramiro Andrés

CONSTANCIAS

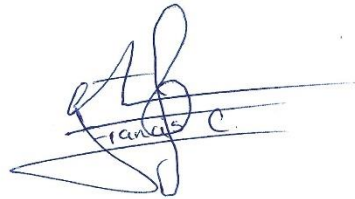
El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 19 días, del mes de julio de 2024

LOS AUTORES:



Andrade Cuasque Luis Fernando



Cajas Izama Francis Abel

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Ibarra, 17 de julio de 2024

MSc. Segovia Troya Carlos Marcelo
DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final del trabajo de Integración Curricular, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

(f)

MSc. Segovia Troya Carlos Marcelo

C.C.: 1706391404

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificado del trabajo de Integración Curricular “Determinación de la calidad de neumáticos para automóvil según la norma NTE INEN 2097:2012, de las marcas que se comercializan en el mercado ecuatoriano” elaborado por Luis Fernando Andrade Cuasque y Francis Abel Cajas Izama, previo a la obtención del título de Ingeniero Automotriz, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:

(f): 
MSc. Segovia Troya Carlos Marcelo
C.C.: 1706391404

(f): 
MSc. Rosero Añasco Ramiro Andrés
C.C.: 1718193616

DEDICATORIA

La reciente investigación la dedico primero a Dios por ser el aliento fundamental en mi mundo y por ayudarme a ser constante y no permitirme rendirme jamás, además de cuidarme por las noches cuando retornaba a mi hogar, también a mis padres por siempre enseñarme valores que a lo largo de mi vida los tengo muy presentes y por brindarme su esfuerzo para poder conseguir un título universitario y por ser el motivo de cada día, además a mis hermanos por apoyarme en este trascurso de mi investigación con su apoyo moral e incondicional y finalmente quiero dedicar el presente proyecto a la senescyt al departamento de talento humano por brindarme apoyo económico durante el inicio y finalización de mi vida universitaria.

Cajas Izama Francis Abel

Con profundo cariño y gratitud, dedico este trabajo de tesis a mis seres queridos como son mis padres y mi hermano, quienes han sido mi constante fuente de amor, apoyo y motivación. Desde las primeras etapas de mi educación hasta este momento culminante en mi carrera académica, su inquebrantable fe en mis capacidades ha sido la luz que ha guiado mi camino. Cada sacrificio que han hecho, cada palabra de aliento y cada gesto de comprensión no han pasado desapercibidos y han forjado en mí la determinación para perseguir mis sueños con tenacidad. Es mi deseo que este logro sea visto no solo como un triunfo individual, sino como la celebración de un viaje que hemos emprendido juntos. Cada desafío enfrentado y cada éxito obtenido han sido compartidos, y por eso, este momento es tan suyo como mío.

Andrade Cuasque Luis Fernando

AGRADECIMIENTO

Como primer punto, agradezco a Dios por apoyarme en todo el esfuerzo y permitirme finalizar la carrera universitaria de buena manera, gracias a mis padres Bertha Izama y Francisco Cajas por tener esa voluntad y ganas de seguir laborando para que mi persona pueda cumplir con sus sueños y no dejarme abandonado en la mitad de mi carrera.

También quiero agradecer a la Universidad Técnica del Norte por permitirme formar un vínculo con su educación superior, de igual forma mis más sinceros respetos a la carrera de Ingeniería Automotriz y a toda su planta docente por brindarme su conocimiento y formarme como un profesional en el ámbito. Agradezco al Ing. Ramiro Rosero, quien con sus conocimientos, experiencias y consejos me supo guiar a lo largo de la realización de la investigación. Además mi gratitud al Ing. Carlos Segovia por tener la confianza durante este proceso y ser nuestro tutor.

Cajas Izama Francis Abel

Primeramente, extendiendo mi gratitud hacia Dios, fuente de toda sabiduría y fortaleza, por bendecirme con la oportunidad de perseguir mis pasiones y por proveerme de la serenidad y la perseverancia necesarias para enfrentar los desafíos que se presentaron en este recorrido. Asimismo, me siento profundamente movido al expresar mi más sincero agradecimiento a mis padres, cuyo amor incondicional, apoyo constante y sacrificios incalculables han sido la luz guiadora en el camino del conocimiento y el crecimiento personal. Su fe inquebrantable en mis capacidades y su aliento en los momentos de duda han sido los pilares sobre los cuales he construido mis sueños y aspiraciones. Asimismo, extendiendo mi gratitud hacia Dios, fuente de toda sabiduría y fortaleza, por bendecirme con la oportunidad de perseguir mis pasiones y por proveerme de la serenidad y la perseverancia necesarias para superar los desafíos que se presentaron en este recorrido. Este logro no solo representa un hito académico, sino también el reflejo de los valores y enseñanzas que me han inculcado, los cuales han sido fundamentales para mi desarrollo tanto profesional como humano.

Andrade Cuasque Luis Fernando

RESUMEN EJECUTIVO

La investigación se centró en evaluar la conformidad de los productos con la normativa técnica ecuatoriana, específicamente la NTE INEN 2097:2012. Este estándar permite la ejecución adecuada de los ensayos, además complementando con la norma NTE INEN 2099:2017 que nos aporta con requisitos mínimos para determinar la calidad de neumáticos para automóvil comercializados en el mercado ecuatoriano con la norma mencionado al inicio. Para determinar la calidad de los neumáticos fue empleada pruebas de laboratorio, en las que algunas se caracterizan de manera destructivas como el ensayo de penetración, que simula el impacto con elementos de la naturaleza; el ensayo de rendimiento a alta velocidad, que determina la capacidad de respuesta de material bajo condiciones de esfuerzo rápido; y el des asentamiento de pestaña que evalúa la resistencia del neumático a perder su asiento en el aro. Los resultados indican una variabilidad significativa en la calidad, destacando una marca que no logro satisfacer los requisitos establecidos por la normativa vigente, donde se presentaron cambios físicos evidentes en la estructura de la muestra. Por lo tanto, se clasifica como un ensayo destructiva y se recomienda no utilizar el neumático en vehículos tras someterse a las pruebas.

Palabras claves: norma NTE INEN, ensayos destructivos, rendimiento, resistencia a la penetración, neumáticos, velocidad.

ABSTRACT

The research focused on evaluating the conformity of the products with the Ecuadorian technical standard, specifically NTE INEN 2097:2012. This standard allows the proper implementation of the tests, also complementing with the NTE INEN 2099:2017 standard that provides us with minimum requirements to determine the quality of automotive tires sold in the Ecuadorian market with the standard mentioned at the beginning. To determine the quality of the tires, laboratory tests were used, in which some are characterized in a destructive manner such as the penetration test, which simulates the impact with elements of nature; the high-speed performance test, which determines the responsiveness of material under conditions of rapid stress; and the flange de-settlement that evaluates the resistance of the tire to lose its seat in the rim. The results indicate a significant variability in quality, highlighting a brand that failed to meet the requirements established by current regulations, where there were evident physical changes in the structure of the sample. Consequently, it is classified as a destructive test and it is recommended not to use the tire on vehicles after undergoing the tests.

Keywords: standard NTE INEN, destructive tests, performance, penetration resistance, tires, speed.

LISTA DE SIGLAS

ONU. Organización de las Naciones Unidas.

DOT. Departamento de Transporte.

TWI. Indicador de desgaste.

ECE. Comisión Económica de Europa.

AEADE. Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador.

NTE. Norma Técnica Ecuatoriana.

INEN. Instituto Ecuatoriano de Normalización.

ETRTO. Organización Técnica Europea de Neumáticos y Llantas.

UNECE. Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas.

SAE. Sociedad de Ingenieros Automotrices.

ISO. Organización Internacional de Normalización.

EPN. Escuela Politécnica Nacional

ÍNDICE DE CONTENIDO

	PÁGINA
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xv
ÍNDICE DE ANEXOS	xvi
ÍNDICE DE ECUACIONES	xvii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
INTRODUCCIÓN	xviii
CAPITULO I	1
1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	1
1.1 OBJETIVOS	1
1.1.1 OBJETIVO GENERAL	1
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	1
1.2 JUSTIFICACIÓN	1
1.3 ALCANCE	2
1.4 ANTECEDENTES	3
1.5 Características generales de los neumáticos	4
1.5.1 Introducción del neumático	4
1.5.2 Estructura de la cubierta	4
1.5.2.1 Componentes Principales	4
1.5.2.2 Tipos de neumáticos	6
1.5.3 Composición del neumático	7
1.5.4 Dimensiones del neumático	8
1.5.4.1 Nomenclatura	8
1.5.4.2 Geometría y homologación	9
1.5.4.3 Relación de sección	11
1.5.4.4 Símbolo de velocidad e índice de carga	11
1.6 Fuerzas que actúan sobre los neumáticos	12
1.6.1 Fuerza lateral y ángulo de deriva	13
1.6.2 Resistencia a la rodadura	14
1.6.3 Adherencia al suelo	16
	xi

1.6.3.1 Aquaplaning (Deslizamiento sobre agua)	17
1.7 Características mecánicas de los neumáticos	17
1.8 Etiqueta europea para neumáticos	18
1.8.1 Consumo de combustible	19
1.8.2 Agarre en mojado	20
1.8.3 Emisión de ruido	20
1.9 Consideraciones generales que influyen en el rendimiento de un neumático	21
1.9.1 Sobrecarga	21
1.9.2 Presión de inflado	21
1.9.3 Choques	22
1.9.4 Tipo de conducción	22
1.10 Laboratorio de llantas	23
CAPITULO II	24
2. MATERIALES Y MÉTODOS	24
2.1 Proyecto de investigación	24
2.2 Enfoque de la investigación	24
2.3 Diseño de la investigación	24
2.4 Selección de neumáticos	25
2.4.1 Neumático importado	25
2.5 Características de los neumáticos seleccionados	27
2.5.1 Maxxis	27
2.5.2 Firestone	28
2.5.3 General tire	29
2.5.4 Continental	31
2.6 Herramientas y equipos utilizados en ensayos de laboratorio	32
2.6.1 Herramientas	32
2.6.1.1 Flexómetro	32
2.6.1.2 Calibrador pie de rey	33
2.6.1.3 Manómetro de presión de aire	33
2.6.1.4 Penetrador cilíndrico	34
2.6.1.5 Medidor de índice de desgaste	34
2.6.1.6 Aro de ensayo	34
2.6.1.7 Sistema de control de calidad de llantas	35
2.6.1.8 Sensor de falla	36

2.6.2 Equipos	37
2.6.2.1 Termohigrómetro	37
2.6.2.2 Enllantadora	37
2.6.2.3 Compresor de aire	38
2.6.2.4 Prensa para la resistencia de penetración	39
2.6.2.5 Tambor dinamométrico	40
2.6.2.6 Jaula de seguridad	40
2.6.2.7 Prensa para el de asentamiento de pestaña	41
2.6.2.8 Cuarto de climatización	42
2.7 Variables que afectan al rendimiento del neumático	42
2.7.1 Capacidad de carga	42
2.7.2 Velocidad aplicada	43
2.7.3 Temperatura de ensayo del neumático	43
2.7.4 Presión de inflado	43
2.8 Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2097:2012	44
2.8.1 Método para la determinación de las dimensiones físicas	46
2.8.1.1 Procedimiento	46
2.8.1.2 Cálculos	46
2.8.1.2 Requisitos de aceptación después del ensayo de dimensiones físicas	47
2.8.2 Método para la determinación de la resistencia de los neumáticos tipo II, sin cámara de aire, a un des asentamiento de la pestaña	48
2.8.2.1 Procedimiento	48
2.8.1.2 Requisitos de aceptación después del ensayo de des asentamiento de pestaña	49
2.8.3 Método para la determinación de la resistencia a la penetración	49
2.8.3.1 Procedimiento	50
2.8.3.2 Cálculos	51
2.8.3.2 Requisitos de aceptación después del ensayo de resistencia a la penetración	51
2.8.4 Método del rendimiento a alta velocidad, para neumáticos tipo II	52
2.8.4.1 Procedimiento	52
2.8.4.1 Requisitos de aceptación después del ensayo del rendimiento a alta velocidad	54

CAPITULO III	55
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	55
3.1 Resultados obtenidos	55
3.2 Descripción del informe	55
3.2.1 Especificación de los neumáticos de pruebas en el informe	55
3.3 Resultados de la determinación de las dimensiones físicas	57
3.3.1 Información obtenida de los neumáticos en el ensayo	57
3.3.2 Registro de resultados de las muestras	58
3.3.2.1 Resultados del neumático de la marca A	59
3.3.2.2 Resultados del neumático de la marca B	60
3.3.2.3 Resultados del neumático de la marca C	61
3.3.2.4 Resultados del neumático de la marca D	63
3.3.3 Resumen de resultados de los neumáticos de dimensiones físicas	64
3.4. Resultados del ensayo para la determinación de la resistencia a la penetración	65
3.4.1 Información obtenida de los neumáticos en el ensayo	65
3.4.2 Registro de resultados de las muestras	67
3.4.2.1 Resultados del neumático de la marca B	67
3.4.2.2 Resultados del neumático de la marca C	68
3.4.2.3 Resultados del neumático de la marca D	69
3.4.3 Resumen de resultados de los neumáticos	70
3.5 Resultados del ensayo a la determinación del rendimiento a alta velocidad	71
3.5.1 Información obtenida de los neumáticos en el ensayo	72
3.5.1.1 Resultados de la marca A del rendimiento a alta velocidad	73
3.5.1.2 Fallo del neumático A del rendimiento a alta velocidad	77
3.5.1.3 Resultados de la marca C del rendimiento a alta velocidad	79
3.5.1.4 Resultados de la marca D del rendimiento a alta velocidad	83
3.5.2 Resumen de resultados de los neumáticos	88
3.6 Resultados del ensayo de resistencia a un des asentamiento de pestaña	91
3.6.1 Información obtenida del ensayo de la muestra D	92
3.6.1.1 Resultados de la marca D sometido a un des asentamiento de pestaña	93
3.6.1.2 Fuerzas Aplicadas en el neumático	94
3.6.1.3 Presión del neumático	95
3.6.2 Resumen de resultado de la muestra Firestone	96

CAPÍTULO IV	98
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	98
4.1 Conclusiones	98
4.2 Recomendaciones	99
5. BIBLIOGRAFÍA	100
ANEXOS	103
ANEXO I	104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura Núm.		Pág.
Figura 1.1	<i>Partes que componen una cubierta de un neumático</i>	5
Figura 1.2	<i>Componentes de los neumáticos de pasajeros</i>	7
Figura 1.3	<i>Nomenclatura del neumático</i>	9
Figura 1.4	<i>Medición del neumático</i>	10
Figura 1.5	<i>Códigos de característica de servicio</i>	12
Figura 1.6	<i>Fuerzas en los neumáticos</i>	12
Figura 1.7	<i>Esquema del ángulo de deriva</i>	13
Figura 1.8	<i>Fases del ángulo de deriva</i>	14
Figura 1.9	<i>Coeficiente de resistencia a la rodadura</i>	15
Figura 1.10	<i>Coeficiente de resistencia a la rodadura en neumáticos radiales</i>	16
Figura 1.11	<i>Coeficientes de adherencia de neumáticos sobre carretera</i>	16
Figura 1.12	<i>Gráfico del aquaplaning con la calzada</i>	17
Figura 1.13	<i>Deformaciones del neumático</i>	18
Figura 1.14	<i>Etiqueta europea de calidad</i>	19
Figura 1.15	<i>Consumo de combustible por el neumático</i>	19
Figura 1.16	<i>Agarre del neumático sobre calzada mojado</i>	20
Figura 1.17	<i>Niveles de emisión de ruido</i>	21
Figura 1.18	<i>Importancia de la presión de inflado</i>	22
Figura 2.1	<i>Sucesión de la metodología a seguir para la realización de ensayos</i>	25
Figura 2.2	<i>Importaciones de neumáticos por marcas 2022</i>	26
Figura 2.3	<i>Importaciones de neumáticos por marcas 2023</i>	26
Figura 2.4	<i>Etiqueta europea de la marca Maxxis</i>	27
Figura 2.5	<i>Etiqueta europea de la marca Firestone</i>	28
Figura 2.6	<i>Etiqueta europea de la marca General Tire</i>	30
Figura 2.7	<i>Etiqueta europea de la marca Continental</i>	31
Figura 2.8	<i>Manómetro digital de presión de aire</i>	33
Figura 2.9	<i>Montaje y ajuste del penetrador del ensayo</i>	34
Figura 2.10	<i>Aro de ensayo Rin 15</i>	35
Figura 2.11	<i>Software específico para realizar el ensayo a altas velocidades</i>	36
Figura 2.12	<i>Sensor de fallo o seguridad</i>	36
Figura 2.13	<i>Termohigrómetro elitech</i>	37

Figura 2.14	<i>Enllantaje del neumático en el aro de ensayo</i>	38
Figura 2.15	<i>Prensa para el ensayo de resistencia a la penetración</i>	39
Figura 2.16	<i>Muestra preparada para el ensayo de alta velocidad</i>	40
Figura 2.17	<i>Jaula de seguridad acoplada en las distintas máquinas de ensayo</i>	41
Figura 2.18	<i>Muestra preparada para el ensayo por des asentamiento de pestaña</i>	42
Figura 2.19	<i>Diagrama basado en metodología INEN 2097:2012</i>	45
Figura 2.20	<i>Tolerancias respecto a la presión máxima para el ancho de sección y el ancho total de neumáticos tipo II y construcción radial</i>	47
Figura 2.21	<i>Esquema del equipo de ensayo para el des asentamiento de la pestaña</i>	48
Figura 2.22	<i>Montaje del neumático en la prensa de ensayo de penetración</i>	51
Figura 2.23	<i>Valores mínimos de energía de penetración respecto al acho de sección</i>	52
Figura 2.24	<i>Valores mínimos de energía de penetración para neumáticos tipo II radiales</i>	52
Figura 2.25	<i>Ajuste del neumático antes de iniciar el ensayo</i>	53
Figura 3.1	<i>Medición del neumático con el calibrador pie de rey</i>	65
Figura 3.2	<i>Penetrador cilíndrico realizando el ensayo</i>	70
Figura 3.3	<i>Velocidad aplicada real vs teórica de la muestra A</i>	75
Figura 3.4	<i>Temperatura de ensayo de la muestra A</i>	76
Figura 3.5	<i>Tiempo de ensayo real vs teórico de la muestra A</i>	77
Figura 3.6	<i>Fallo del neumático nacional Continental</i>	78
Figura 3.7	<i>Velocidad aplicada real vs teórica de la muestra C</i>	80
Figura 3.8	<i>Temperatura de ensayo de la muestra C</i>	81
Figura 3.9	<i>Tiempo de ensayo real vs teórico de la muestra C</i>	82
Figura 3.10	<i>Velocidad aplicada real vs teórica de la muestra D</i>	84
Figura 3.11	<i>Temperatura de ensayo de la muestra D</i>	86
Figura 3.12	<i>Temperatura interna del neumático</i>	87
Figura 3.13	<i>Tiempo de ensayo real vs teórico de la muestra D</i>	87
Figura 3.14	<i>Presión de ensayo del neumático Continental</i>	89
Figura 3.15	<i>Presión de ensayo del neumático Maxxis</i>	90
Figura 3.16	<i>Presión de ensayo del neumático Firestone</i>	91
Figura 3.17	<i>Fuerza aplicada en los 4 puntos equidistantes del neumático Firestone</i>	94
Figura 3.18	<i>Presión de ensayo del des asentamiento de pestaña del neumático Firestone</i>	95
Figura 3.19	<i>Revisión de la presión del neumático finalizado el ensayo</i>	96

Figura 3.20 *La muestra sometida al ensayo de des asentamiento de la pestaña 97*

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA NÚM.	PÁGINA
Tabla 2.1 <i>Características de la muestra de procedencia extranjera Maxxis</i>	28
Tabla 2.2 <i>Características de la muestra de procedencia extranjera Firestone</i>	29
Tabla 2.3 <i>Características de la muestra nacional General Tire</i>	30
Tabla 2.4 <i>Características de la muestra nacional Continental</i>	32
Tabla 3.1 <i>Características de las muestras de pruebas</i>	56
Tabla 3.2 <i>Condiciones de ensayo de las muestras seleccionadas</i>	57
Tabla 3.3 <i>Medidas del ancho de sección y total de la marca A</i>	59
Tabla 3.4 <i>Medidas del ancho de sección y total de la marca B</i>	61
Tabla 3.5 <i>Medidas del ancho de sección y total de la marca C</i>	62
Tabla 3.6 <i>Medidas del ancho de sección y total de la marca D</i>	63
Tabla 3.7 <i>Número de indicadores de desgaste</i>	64
Tabla 3.8 <i>Condiciones de ensayo de las muestras seleccionadas</i>	66
Tabla 3.9 <i>Medidas de fuerza, distancia y energía de penetración de la marca B</i>	67
Tabla 3.10 <i>Medidas de fuerza, distancia y energía de penetración de la marca C</i>	68
Tabla 3.11 <i>Medidas de fuerza, distancia y energía de penetración de la marca D</i>	69
Tabla 3.12 <i>Valores obtenidos de presiones de ensayo en las muestras</i>	71
Tabla 3.13 <i>Condiciones de ensayo de las muestras sometidas</i>	73
Tabla 3.14 <i>Parámetros de ensayo de la marca A</i>	74
Tabla 3.15 <i>Parámetros de ensayo de la marca C</i>	79
Tabla 3.16 <i>Parámetros de ensayo de la marca D</i>	83
Tabla 3.17 <i>Valores obtenidos de presión de ensayo en las muestras</i>	88
Tabla 3.18 <i>Parámetros generales y condiciones de ensayo de la marca D</i>	92
Tabla 3.19 <i>Fuerza aplicada al neumático de la marca D</i>	93
Tabla 3.20 <i>Fuerza promedio aplicada al neumático de la marca D</i>	97

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO NÚM.		PÁGINA
1	<i>Visita al laboratorio de llantas del EPN.....</i>	106
2	<i>Adquisición de la muestra Maxxis.....</i>	106
3	<i>Adquisición de las muestras Continental y General Tire.....</i>	107
4	<i>Adquisición de la muestra Firestone.....</i>	107
5	<i>Ingreso de las muestras al laboratorio.....</i>	108
6	<i>Visita interna del laboratorio de llantas.....</i>	108
7	<i>Informe del ensayo de la muestra A.....</i>	109

ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN	PÁGINA
1.1 <i>Ecuación de relación de sección</i>	11
1.2 <i>Ecuación de resistencia a la rodadura</i>	14
2.1 <i>Ecuación del diámetro exterior</i>	45
2.2 <i>Ecuación del factor de tamaño</i>	45
2.3 <i>Ecuación del factor de tamaño mínimo</i>	47
2.4 <i>Ecuación de energía de penetración</i>	49

INTRODUCCIÓN

En la industria automotriz, los neumáticos representan un componente crítico para la movilidad de los vehículos motorizados. A pesar de los avances tecnológicos, no se ha encontrado un sustituto que iguale su eficacia. Desde la invención del automóvil, los neumáticos han evolucionado continuamente, adaptándose a normativas y estándares legales que garantizan su seguridad y rendimiento. Históricamente, los neumáticos desechados han representado un desafío ambiental significativo debido a su naturaleza no biodegradable. Esto ha impulsado investigaciones enfocadas en mejorar la composición de los neumáticos para aumentar su durabilidad y resistencia, reduciendo así su impacto ambiental y extendiendo su vida útil. Estos esfuerzos son importantes para el desarrollo sostenible del sector y la protección del medio ambiente.

El proyecto se va a realizar en el laboratorio acreditado de llantas, que se encuentra en la metalmecánica San Bartolo que forma parte de la EPN, la misma que está asentado en la ciudad de Quito. El personal que nos van a colaborar con el proceso de las pruebas que se realizan, son personas altamente capacitadas en estos ensayos. Este proceso se va a realizar acatando todos los parámetros establecidos por la norma NTE INEN 2097:2012 y además esta complementada con la norma NTE INEN 2099:2017 que aporta con requisitos mínimos para determinar la calidad de neumáticos comercializados en el mercado ecuatoriano. Los tipos de ensayos que se van a utilizar se encuentran en la norma inicial: ensayo de determinaciones físicas, donde se evalúa la geometría del neumático; ensayo de resistencia y penetración al neumático, misma que esta simula el efecto de contacto con materiales punzantes que pueden existir en el territorio de circulación; ensayo del rendimiento a alta velocidad, que determina la capacidad de respuesta de material bajo condiciones de esfuerzo rápido; ensayo de des asentamiento de pestaña, evalúa la resistencia del neumático a perder su asiento en el aro.

Se concluye que la calidad de los neumáticos influye mucho en la seguridad y en el confort de las personas que abordan el vehículo, además se debe tener en cuenta que, en nuestro país, algunas carreteras se encuentran en mal estado, y otra situación a la que tienen que enfrentarse los neumáticos es a los diferentes climas que puede existir en cada ciudad, ya que no es el mismo clima en Imbabura que Guayaquil.

CAPITULO I

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la calidad de neumáticos para automóvil según la norma NTE INEN 2097:2012.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar las marcas de neumáticos para automóvil, Rin 15, que actualmente se venden en el mercado local.
- Realizar las pruebas de resistencias y físicas que recomienda la norma NTE INEN 2097:2012.
- Analizar los resultados de las pruebas.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Se investiga el cumplimiento de los requisitos conforme a la normativa técnica NTE INEN 2097:2012 de las marcas más vendidas de neumáticos que se comercializan en el mercado ecuatoriano. Este reglamento detalla las propiedades técnicas, los procedimientos de las pruebas y los estándares de validación de los neumáticos para vehículos automotores y sus remolques. Al realizar esta investigación, es posible confirmar la aceptación del reglamento y detectar posibles defectos o anomalías en los neumáticos que puedan afectar su desempeño o generar riesgos para los usuarios y el medio ambiente. Este estudio beneficia al sector del transporte público ya que en este proyecto se evalúan marcas nacionales e internacionales más conocidas en el Ecuador. Se investigará el tema por razones de seguridad, donde se debe conocer las diferentes marcas de neumáticos sometidas a pruebas, y contribuir entre las marcas seleccionadas

después del ensayo cuál soporte a los diferentes ensayos, y las razones del porque son seguros para su automóvil. Además, teniendo en cuenta los fenómenos físicos que existen y como afectan, tanto al vehículo como a la seguridad del pasajero. Pero con los neumáticos de calidad se puede saber hasta qué velocidad se puede circular sin poner en riesgo a los usuarios, entre otras ventajas que sirven como un mantenimiento preventivo para sus neumáticos. No obstante que las personas conozcan las características que tiene un neumático, no está demás saber de qué tipos de neumáticos se comercializan en nuestro medio, conociendo acerca de estos elementos que son importantes para un vehículo [1]. Este proyecto busca aportar conocimiento científico a los usuarios sobre la calidad de los neumáticos que son seguros y de esa manera comentar que son necesarios para el automóvil, para ello es necesario saber su tipo de neumáticos en el mercado ecuatoriano, además dar a conocer que existe un método de verificación certificada sobre la que se pueden someter los neumáticos para tener en cuentas las posibles especificaciones importantes que nos puede brindar cada marca de neumáticos, ya sean reconocidas, como también las que recién salen al mercado. Así considerar que los desgastes de los neumáticos afectan mucho al vehículo y que hay más casos que se investigarán para poder tener en cuenta [2].

1.3 ALCANCE

Este proyecto intenta determinar la calidad de los neumáticos para automóviles, se seleccionarán 4 marcas de neumáticos, las más vendidas en el mercado local y transportarlos a sus respectivas pruebas en la Metalmecánica San Bartolo, laboratorio de llantas perteneciente a la EPN de la ciudad de Quito. Debemos considerar la norma para el proceso de las muestras, ya que este laboratorio tiene los servicios de ensayos físicos dimensionales, en donde abarca para neumáticos de tipo II y tipo III, además dan a conocer indicadores de desgaste, perímetro y ancho de sección para los ejemplares. Lo que corresponde al ensayo físico mecánico se determina la resistencia del neumático tipo III o aguante. La norma menciona que para realizar los ensayos se dispone de especificaciones para cada tipo de neumático sea radial o convencional, y de igual las características para someterles a las velocidades que son establecidas para estas pruebas [3].

1.4 ANTECEDENTES

En el mundo los neumáticos siguen como factor principal para la movilidad del vehículo automotor, ya que no se ha podido sustituir pero sigue en evolución desde que se inventó el automóvil, este elemento posee características y normas a las cuales deben ser y estar aceptadas de manera legal, en donde desde años anteriores estos elementos después de su vida útil contaminan al medio ambiente, optando a realizar investigaciones para mejorar su estructura física para tener más resistencia entre otras cosas, para finalmente tener una vida útil más alargada [4].

Existen estudios similares referente al tema planteado, en donde realizan investigaciones comparativas entre neumáticos nuevos y reencauchados del mismo Rin, debido a que en el país también existen laboratorios que se encargan de rehacer la vida útil del neumático. [5], señala que tanto los neumáticos recién fabricados como los restaurados satisfacen las regulaciones vigentes. Sin embargo, se ha demostrado que los neumáticos nuevos poseen un coeficiente de frenado superior en relación con los restaurados, traducándose en distancias de detención reducidas, lo cual resulta sumamente beneficioso para la seguridad activa del automóvil.

Otra investigación realizó el estudio de las características de un neumático nuevo que se comercializa en el mercado y que ocupan la misma norma, en donde, [6], mencionan que la muestra evaluada en la investigación cumplió con los requerimientos del estándar. Al monitorear la conducta de la llanta a lo largo de la prueba, se detectó que, a pesar del aumento de calor por la fricción constante a la que estuvo expuesta, la llanta mantuvo sus características mecánicas, logrando así retener el aire en su totalidad. Aunque podría afirmarse que la llanta está en condiciones óptimas, se observa un cambio en su superficie de contacto, la cual adquiere una tonalidad azulada en algunas zonas, señalando que la estructura de los componentes ha cambiado por las elevadas temperaturas durante la prueba. Por esta razón, se clasifica como una prueba destructiva y se recomienda no utilizar la llanta en un automóvil tras haber sido sometida a dicha evaluación.

Las marcas nacionales deben estar como marcas seleccionadas en el desarrollo del proyecto de investigación, ya que en el mercado ecuatoriano en lo que consiste a venta de neumáticos, existen marcas nacionales que también tienen una buena comercialización dentro del medio local, como son Continental, Sportiva, Viking, Barum y General Tire estas marcas mencionadas son fabricadas en el Ecuador. La empresa encargada para la fabricación de llantas es Continental Tire Andina S.A., se encuentra localizada en la

ciudad de cuenca [7].

1.5 Características generales de los neumáticos

1.5.1 Introducción del neumático

Hubo un notable paso adelante cuando el inglés Thomas Hancock empleó el sistema de vulcanizado de goma desarrollado en 1841 en Estados Unidos por Charles Good – Year. En 1846, Hancock creó neumáticos de goma maciza en sustitución de las ruedas de madera, que permitían amortiguar mejor los impactos de la rueda contra la calzada y mejoraban su rodadura.

Años después, en 1888, el señor Jhon Boyd Dunlop invento el inicio del neumático inflable, un tubo de caucho hinchado con aire y protegido con una tela. El invento se aplicó inicialmente en bicicletas, y supuso una mejora en la calidad de la vida de los ciclistas, que padecían el maltrato de las ruedas de goma maciza, muy válidas para los carros, sin duda, pero tremendamente severas con los de las dos ruedas, que las llamaban machacadoras de huesos. Cuando apareció el neumático inflable les cambió la vida [8].

Desde años, Michelin, esta empresa es reconocida a nivel mundial porque viene elaborando neumáticos, desde 1888 donde se creó o inventó este caucho para la rueda, por lo que esta marca mejora para poder distribuir en los países [9].

1.5.2 Estructura de la cubierta

1.5.2.1 Componentes Principales

El neumático es un complemento importante dentro del automóvil, para poder tener estabilidad y confort. Una de las funciones importantes es transferir la potencia motriz y del freno contra la calzada, y otra es dirigir el recorrido del automóvil y ser un componente dentro del sistema de suspensión, para soportar la carga del vehículo.

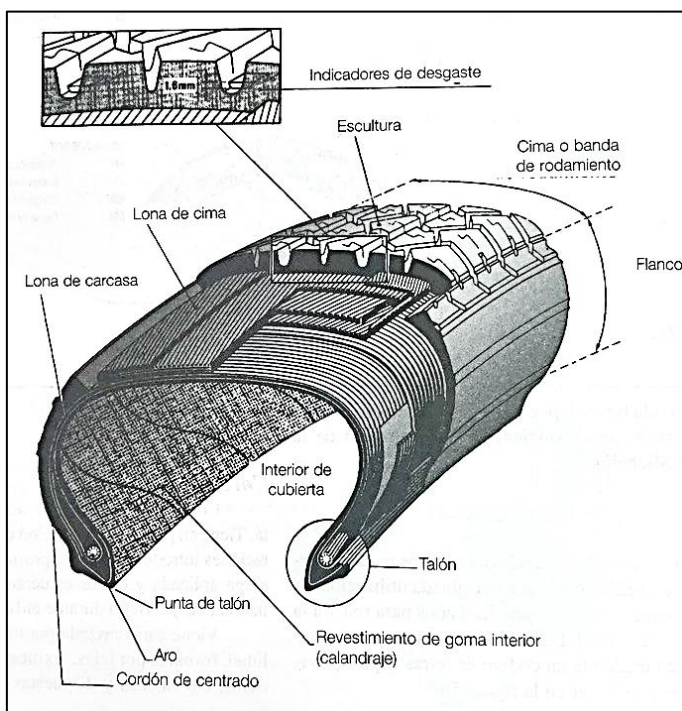
Los neumáticos disponen de tres partes como: cubierta, válvula, cámara si la lleva, en donde, la cámara es un elemento de goma especializado para acumular aire y por la presión del mismo da aspecto al neumático, mientras la válvula se encarga de inflar y desinflar el neumático, además de ser capaz de mantener la presión y evitar fugas de aire. Finalmente la cubierta también denominada carcasa es la parte interna del neumático [10].

Carcasa: Está formada por varios recubrimientos de telas o lonas adheridas que a su vez se componen de cuerdas de material flexible y resistente. La Cubierta transfiere a la calzada el trabajo que produce los neumáticos y su función es:

- Conservar el aire y evitar fugas de presión.
- Interactuar en el mecanismo de amortiguación.
- Desempeñarse con agilidad al afrontar las cargas.

Figura 1.1

Partes que componen una cubierta de un neumático



(Manual del automóvil reparación y mantenimiento, 2005, p. 1064)

Cintura: Es una parte crucial en su estructura, compuesta por capas de acero o cordones de poliéster que se encuentran entre la banda de rodadura y la carcasa del neumático. Su función principal es reforzar el neumático, evitando que se expanda bajo la presión y manteniendo su forma, lo que es esencial para la seguridad y el rendimiento del vehículo. Esta componente proporciona estabilidad y resistencia, asegurando que el neumático pueda soportar las demandas de la carretera.

Banda de rodamiento: Es la parte que entra en contacto directo con la superficie de la

carretera. Esta se compone de una aleación de caucho natural y sintético, reforzada con materiales como hollín o sílice para mejorar su resistencia y durabilidad. La banda de rodamiento está diseñada con una serie de surcos y ranuras que tienen funciones críticas, como evacuar el agua para prevenir el aquaplaning, proporcionar tracción y mejorar la capacidad de frenado del vehículo. Además, el diseño de la banda de rodamiento influye en el nivel de ruido que genera el neumático y en la eficiencia del combustible del vehículo debido a la resistencia al rodamiento.

Flancos: Está formada de goma para asegurar las telas de la carcasa, soportando los esfuerzos de flexión del neumático y su función es proteger de golpes naturales impidiendo su deformación.

Talones: Elemento diseñado para fijar el armazón de soporte en el neumático y difundir una porción de las fuerzas generadas durante la aceleración y el frenado. Estas fuerzas se componen de filamentos de metal que preservan el diámetro del neumático. [11], y sus funciones son:

- Interactuar en la transferencia de los esfuerzos de aceleración y desaceleración.
- Fondear la infraestructura de soporte.

1.5.2.2 Tipos de neumáticos

- Diagonales: se constituyen por tener sus capas de tejido dispuestas de manera diagonal de tal forma que los cordones o hilos forman un ángulo agudo. Las capas respecto a otras hacen un mallado en forma de rombo, entonces el mallado que forman es más fino conforme va acercándose al talón, la zona más resistente o dura.
- Radiales: para este tipo sus capas van radialmente de talón a talón perpendiculares al sentido de marcha. Las cubiertas radiales tienen la ventaja de tener un menor desgaste a altas velocidades, superando a las convencionales por tener una mayor rigidez, pero su desventaja es que a bajas velocidades el desgaste es mayor. Una

acotación importante es que los neumáticos radiales tienen menor resistencia a la rodadura [10].

- Neumáticos CT: estos neumáticos tienen características de flujo para situaciones de urgencia; en momentos en que pierden aire, se sostienen en la parte superior interna del aro, facilitando así el desplazamiento sin necesidad de inflado por distancias extensas [12].

1.5.3 Composición del neumático

Los neumáticos son productos complejos, cuya producción requiere múltiples etapas. Además del caucho sintético y natural, los neumáticos combinan las cualidades de 200 materias primas diferentes distribuidas en 12 grupos. En primer lugar, confieren al neumático propiedades como elasticidad, resistencia al desgaste, adherencia y duración. Dentro de los componentes que forman parte de la combinación, el más distintivo es el caucho. Es un polímero amorfo con cadenas moleculares largas y muy flexibles e interacciones muy débiles entre las cadenas moleculares. Su alto módulo elástico le permite sufrir altas deformaciones con fuerzas relativamente pequeñas y recuperar prontamente a su estado original cuando se detiene la potencia que distorsiona. La industria de manufacturación de neumáticos es la principal fuente del consumo total de caucho en el mundo y representa el 70% del mercado del caucho [5].

Figura 1.2

Componentes de los neumáticos de pasajeros

Material	Porcentaje contenido en la construcción
Caucho natural	14%
Goma elástica sintético	27%
Material de humo negro	28%
Material de acero	14 – 15%
Fibra textil, suavizantes, óxidos, antioxidantes, etc.	16 – 17%
Peso Promedio	8.60 Kg
Volumen	0.06m ³

(Castro, 2007, p. 43)

1.5.4 Dimensiones del neumático

Cada parte del código impreso en el costado del neumático proporciona información valiosa: la anchura, la relación de aspecto (que indica la altura del perfil como porcentaje de la anchura), el tipo de construcción, el diámetro del neumático, el índice de carga y el índice de velocidad. La homologación es un proceso crítico que asegura que los neumáticos se ajustan a las normativas de protección y son aptos para su uso en condiciones específicas. Es fundamental para la protección en las vías de tránsito y la eficiencia del transporte.

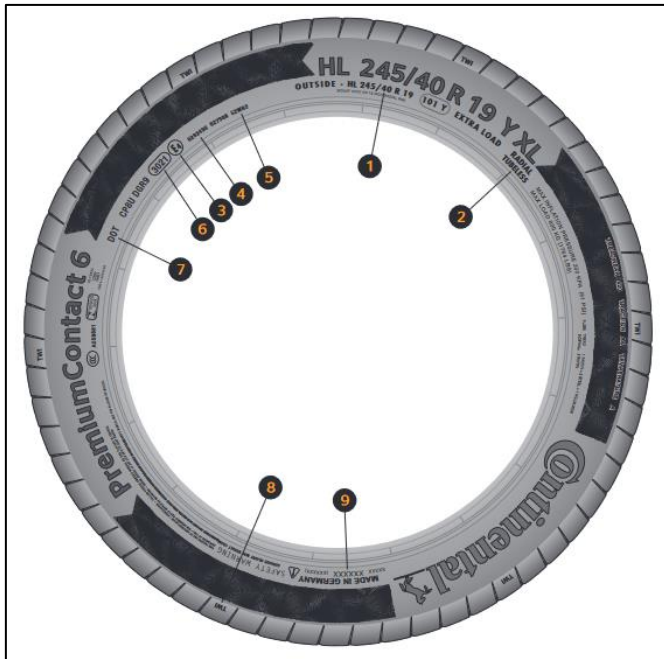
1.5.4.1 Nomenclatura

La descripción proporcionada en la figura 1.3 corresponde a las especificaciones comunes de un neumático de vehículo, así también mostrando en el perfil la siguiente nomenclatura como ejemplo HL 245/40 R 19 101 Y XL en donde:

La anchura nominal de 245 mm indica la distancia de un lado al otro del neumático. La relación de aspecto de 40 sugiere que la proporción de la altura del neumático corresponde al 40% de su anchura. El término "R" señala que es un neumático de construcción radial, lo que implica que las capas de la carcasa se disponen radialmente desde el centro. El número 19 se refiere al diámetro de la llanta compatible con el neumático, medido en pulgadas. El índice de carga de 101 indica que el neumático puede soportar hasta 825 kg, y la calificación de velocidad "Y" significa que es apto para velocidades de hasta 300 km/h o 187 mph. "HL" junto con "XL" indica una capacidad de carga alta, y "XL" por sí solo significa que el neumático está especialmente reforzado para soportar cargas adicionales. Estos códigos y símbolos proporcionan información vital para garantizar que los neumáticos sean seguros y adecuados para su uso previsto [14].

Figura 1.3

Nomenclatura del neumático



(CONTINENTAL, 2022, p. 4)

2: Indica que el neumático es sin cámara por lo que los neumáticos tipo tubos deben montarse con cámara.

3: **E4**, en donde la letra indica la conformidad con la normativa de la ONU, el número indica el país de homologación en este caso E4 = 4 = Países Bajos.

4: **0292495** indica el número de homologación según la normativa de la ONU.

5: **S2WR2** indica el cumplimiento máximo del valor sonoro admisible, en donde S2, es la adherencia en superficie mojado-requerida y el valor máximo de resistencia a la rodadura R2.

6: **3021** muestra el código de producción, 30 significa semana 30, y 21 significa 2021.

7: **DOT** menciona al departamento de transporte, Estados Unidos.

8: **TWI** hace mención al indicador de desgaste de la banda de rodadura 1.6mm

9: **Made in** hace referencia al país de origen de donde es el neumático.

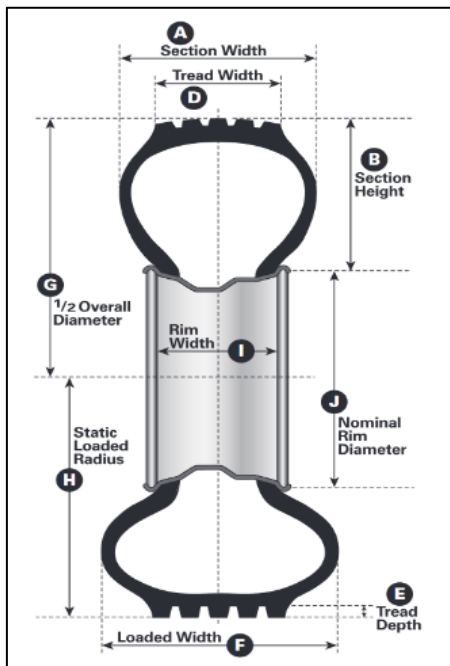
1.5.4.2 Geometría y homologación

La geometría de un neumático y su aro es fundamental para asegurar un ajuste correcto y un rendimiento óptimo del vehículo. Cada letra en la figura 1.4 representa una medida específica que contribuye a la integridad estructural del neumático y su interacción con

el aro. Por ejemplo, la anchura de sección nominal (A) y la altura de sección (B) son críticas para la capacidad de carga y la absorción de impactos medidas en milímetros. El ancho de la banda de rodamiento (D) afecta la tracción y la maniobrabilidad, mientras que la profundidad de la sección de banda de rodadura (E) influye en la resistencia al desgaste y la evacuación de agua. La anchura de sección nominal con carga (F) es importante para la distribución del peso y la estabilidad, y el radio de carga estática (H) determina la zona de contacto del neumático con la calzada. Finalmente, las medidas del aro, como el ancho (I) y el diámetro nominal (J) medidas en pulgadas, deben coincidir precisamente con las del neumático para garantizar una conducción segura y eficiente.

Figura 1.4

Medición del neumático



(BRIDGESTONE, 2022, p. 73)

Los neumáticos deben cumplir con ciertas características de construcción y servicio para ser homologados y aceptados en los diferentes estados, donde deben cumplir con diferentes normativas impuestas. De acuerdo a las normas ECE un neumático se encuentra homologado cuando en su borde lleva un círculo en relieve con la letra E grande, acompañado de un código del organismo oficial que ha homologado, como también seguido de un código de homologación por ejemplo E4 020 427 [10].

1.5.4.3 Relación de sección

La relación de aspecto afecta el manejo y la estabilidad del vehículo; un perfil más bajo puede mejorar el manejo, mientras que un perfil más alto puede ofrecer una conducción más cómoda. Las diferentes marcas se representan según las dimensiones de los neumáticos. En este caso la relación está dada por la siguiente ecuación:

$$\text{Relación } H/B = \left(\frac{H}{B}\right) * 100 \quad [1.1]$$

En donde:

H: representa a la altura de la sección del neumático desde el aro

B: hace referencia a la anchura de la sección del neumático.

En los neumáticos de turismo se tiene una relación de sección entre 80 y 50, mientras que para vehículos deportivos los neumáticos hasta 25 y lo que corresponde para vehículos industriales entre 45 y 100. En los vehículos de turismo si el valor de relación de sección es bajo, el resultado indica que posee una estabilidad superior al tomar las curvas. Cuando se conserva el diámetro los neumáticos con valores de relación más bajos, con el diámetro de la llanta son anchos, contando con una superficie de apoyo aumentada. En casos en que el neumático tiene valores de relación de sección bajos, pero con la misma anchura se puede preferir una llanta de mayor diámetro, para crear un mayor espacio para el frenado de la rueda [16].

1.5.4.4 Símbolo de velocidad e índice de carga

Los neumáticos están diseñados para cada tipo de vehículos, ya que no todos los vehículos trabajan en ámbitos diferentes, por lo cual cada neumático esta normalizado por una letra diferente que nos da a conocer hasta que velocidad está fabricado el neumático, de misma manera existe un número que indica la carga la cual puede soportar el elemento. Dicha letra y número vienen señaladas en el flanco del neumático [11].

Figura 1.5

Códigos de característica de servicio

Índice de carga									
Li	50	51	88	89	112	113	145	149	157
kg	190	195	560	580	1.120	1.150	2.900	3.250	4.125

Símbolo de velocidad																
GSY	F	G	J	K	L	M	N	P	Q	R	S	T	H	V	W	Y
Km/h	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	210	240	270	300

(Bosch, 2005, p. 775)

Los símbolos de velocidad e índice de carga son igualmente cruciales, ya que indican la capacidad máxima de carga que el neumático es capaz de soportar y la velocidad máxima a la que puede operar de manera segura. Entender estos elementos es fundamental para la selección adecuada de neumáticos, asegurando así el rendimiento óptimo y la seguridad en la conducción.

1.6 Fuerzas que actúan sobre los neumáticos

Los neumáticos están expuestos a soportar diferentes esfuerzos que son generados por la aceleración del vehículo, la reducción de esta aceleración al activar los frenos, así como la fuerza lateral que existe cuando gira en curvas, además que tiene que soportar el peso del vehículo, de esta manera podemos observar mediante la gráfica las fuerzas presentes en el neumático sobre la calzada [17].

Figura 1.6

Fuerzas en los neumáticos



(Cabezas et al., 2017, p. 15)

La fuerza en el momento del contacto se distribuye a lo largo del eje de coordenadas cuyo origen es el plano de la rueda y la carretera, perpendicular al eje de rotación. Como se

indica en la figura 1.6, existen 3 fuerzas que interactúan en el movimiento de una rueda:

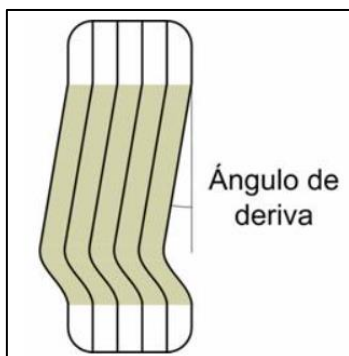
- Fuerza normal: esta fuerza se encuentra de manera vertical unida por el contacto entre la calzada y el neumático, actúa con el vehículo estacionado o en movimiento.
- Fuerza tangencial: esta fuerza se origina debido al frenado o la aceleración y es el resultado de las fuerzas que propulsan al vehículo, en donde, si la fuerza longitudinal es mayor que 0 el vehículo acelera y por lo contrario si es menor que 0 el vehículo está frenado o estacionado.
- Fuerza lateral: dirigida en el eje y, producida en curvas por la aceleración lateral. Su sentido es a la derecha positivo y negativo a la izquierda.

1.6.1 Fuerza lateral y ángulo de deriva

El neumático constituye una conexión flexible entre la calzada y el aro, podemos interpretar como un resorte entre los dos, puede sufrir deformaciones en su estructura debido a las fuerzas ejercidas, es decir, al realizar un giro en la vía un vehículo manifiesta una inclinación lateral que es lo mismo al ángulo de deriva.

Figura 1.7

Esquema del ángulo de deriva



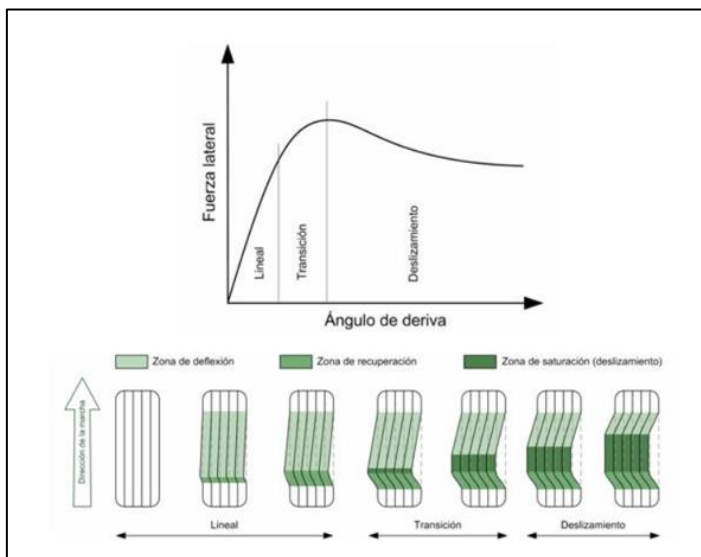
(Guillermo, 2005)

Observamos en la gráfica anterior como actúa la fuerza lateral en el neumático y demostración del ángulo de deriva, que puede presentarse en las ruedas delanteras al momento de girar el volante. Se puede decir que la fuerza lateral es directamente proporcional al ángulo de deriva, entre mayor sea la flexión mayor será su ángulo [18].

En la siguiente gráfica podemos mencionar que hay una relación de fuerza lateral respecto al ángulo de deriva, en donde se puede apreciar 3 fases, en la cual la fase inicial es lineal entre la deriva y la fuerza lateral, es decir que existe un contacto perfecto del neumático con la superficie, mientras que en la segunda fase conforme va aumentando la fuerza lateral la deriva también aumenta provocando que el neumático llegue al límite de adherencia y empiece a deslizar, y finalmente en la tercera etapa el neumático no es capaz de producir más tracción, ocasionando un desliz inmediato [19].

Figura 1.8

Fases del ángulo de deriva



(Guillermo, 2005)

1.6.2 Resistencia a la rodadura

Se puede describir como la resistencia que siente el neumático del vehículo al rodar y desplazarse sobre una superficie. Es decir, se origina por el trabajo de deformación del neumático y la superficie de contacto.

$$F = f * m * g * \cos\alpha \quad [1.2]$$

Donde:

f : representa al coeficiente de resistencia a la rodadura

m : hace referencia a la masa

g : representa el valor de la gravedad

Para obtener un cálculo aproximado de la resistencia a la rodadura se puede usar los coeficientes de resistencia de la misma que se muestran en la tabla 1.9 a continuación. En donde podemos observar que los coeficientes varían depende a la superficie o calzada, además el valor del coeficiente f puede ser tanto mayor, debido a cuanto menor sea el radio del neumático y mayor su deformación.

Figura 1.9

Coefficiente de resistencia a la rodadura

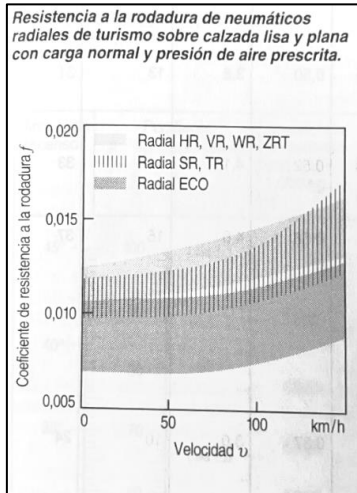
Firme	Coefficiente de resistencia a la rodadura f
Neumáticos de turismos sobre	
Adoquines grandes	0,013
Adoquines pequeños	0,013
Hormigón, asfalto	0,011
Gravilla, aplanada	0,02
Macadam de alquitrán	0,025
Camino de tierra	0,05
Suelo arado	0,1 a 0,35
Neumáticos de vehículos industriales sobre	
Hormigón, asfalto	0,006 a 0,01
Ruedas todo terreno sobre	
Suelo arado	0,14 a 0,24
Tractor oruga sobre	
Suelo arado	0,07 a 0,12
Rueda sobre carril	
	0,001 a 0,002

(Bosch, 2005, p. 418)

Tenemos en cuenta que al aumentar la carga y la velocidad y rebajar en los neumáticos la presión de aire, en la marcha en curvas, la resistencia a la rodadura se aumenta con la resistencia en curvas.

Figura 1.10

Coefficiente de resistencia a la rodadura en neumáticos radiales



(Bosch, 2005, p. 419)

1.6.3 Adherencia al suelo

Tener adherencia al suelo es clave fundamental para la seguridad del vehículo, porque es el encargado de ejecutar las acciones requeridas para la orientación, el frenado y la aceleración. Para poder calcular la adherencia total decimos que es igual, al coeficiente de adherencia disponible multiplicado por la carga dinámica de la rueda. La carga dinámica va de la mano con la carga estática. Por otro lado, el coeficiente de adherencia tiene que ver de algunos factores, en donde es difícil encontrarlos en tiempo real [2].

Figura 1.11

Coefficientes de adherencia de neumáticos sobre carretera

Velocidad de marcha km/h	Estado de neumáticos	Estado de la carretera				
		Seca	Mojada Alt. Agua aprox. 0,2 mm	Luvia fuerte Alt. Agua aprox. 1 mm	Encharcada Alt. Agua aprox. 2 mm	Helada
Coeficiente de adherencia μ						
50	Nuevos	0,85	0,65	0,55	0,5	0,1 y menos
	Gastados	1	0,5	0,4	0,25	
90	Nuevos	0,8	0,6	0,3	0,05	
	Gastados	0,95	0,2	0,1	0,05	
130	Nuevos	0,75	0,55	0,2	0	
	Gastados	0,9	0,2	0,1	0	

(Bosch, 2005, p. 423)

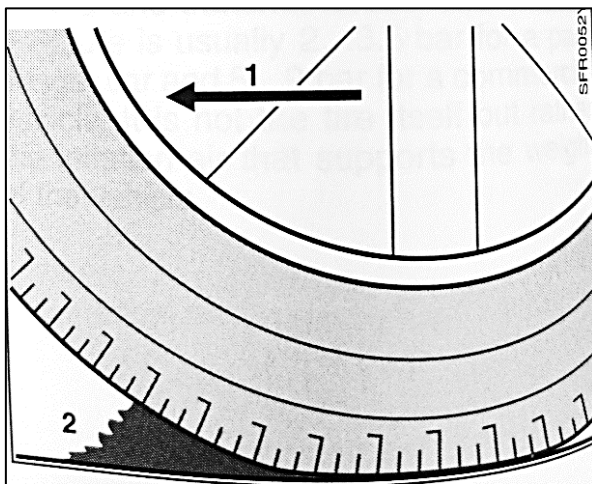
1.6.3.1 Aquaplaning (Deslizamiento sobre agua)

El aquaplaning también se entiende como hidroneo del neumático, conocido de esta manera debido al deslizamiento incontrolado del automóvil producido cuando los neumáticos no se adhieren a la calzada a causa de la película de agua que existe y cubre el terreno, es decir, que se forma un manto de agua debajo de toda la superficie de base del neumático, que levanta ese contacto de la calzada [12].

Este fenómeno depende de la altura del agua sobre el terreno, de la velocidad del vehículo, de la forma del dibujo, del desgaste de los neumáticos y de la carga con lo cual está sometido el neumático sobre la calzada, los neumáticos anchos pueden ser propensos a que exista este fenómeno. Cuando un vehículo presenta aquaplaning, el transporte queda sin dirección y sin frenos, debido a que sus ruedas delanteras dejan de girar, además los movimientos de la dirección ni las fuerzas de frenado se transmiten a la calzada [10].

Figura 1.12

Gráfico del aquaplaning con la calzada



(Bosch, 2014, p. 884)

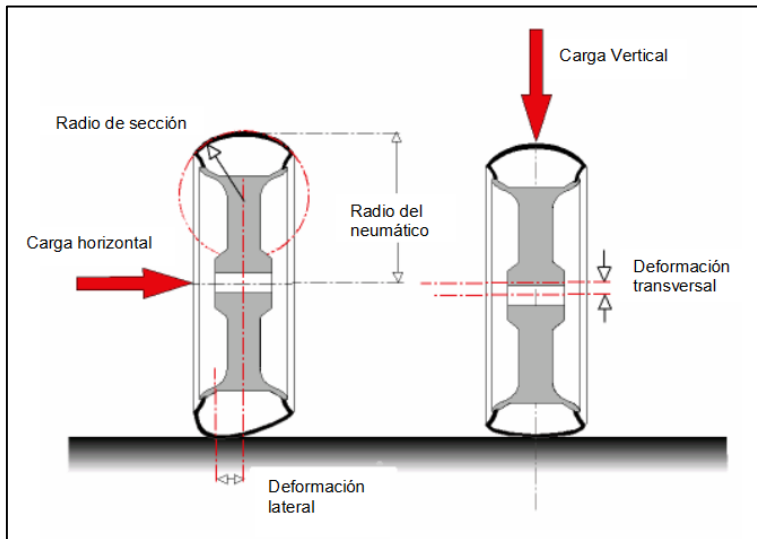
1.7 Características mecánicas de los neumáticos

La flexión vertical es un fenómeno que se produce por alteraciones de la tensión en el grupo de cables de la carcasa en donde se superpone la carga, de esta manera el número de cables quedan relacionados en el cambio. Es crucial considerar la capacidad de carga especificada; una discrepancia en esta puede provocar una degradación termal en los

componentes elastoméricos de la carcasa. Además, la deformación elástica se caracteriza por el uso del coeficiente elástico radial, determinado a través de la medición de la inclinación de la curva de carga en función de la flexión en el punto de operación específico [21].

Figura 1.13

Deformaciones del neumático



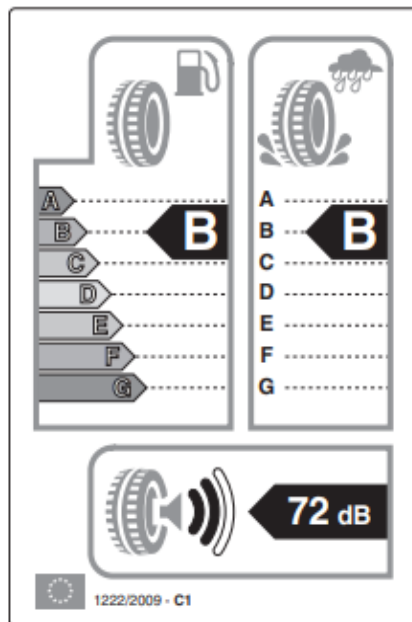
(Molina, 2020, p. 11)

1.8 Etiqueta europea para neumáticos

La etiqueta es un registro obligatorio para todos los neumáticos vendidos en la UE, entró en vigencia desde noviembre del 2012, la etiqueta viene pegado en el neumático con dimensiones de (7,5 cm * 11 cm) centímetros. Proporciona información objetiva, comparable y fiable para el usuario basada en 3 importantes características de rendimiento de los neumáticos como: consumo de combustible, agarre en mojado y ruido externo de la rodadura. Con esta información los consumidores pueden saber sobre la eficiencia energética del vehículo, su adherencia al suelo y el ruido exterior que provoca [22].

Figura 1.14

Etiqueta europea de calidad



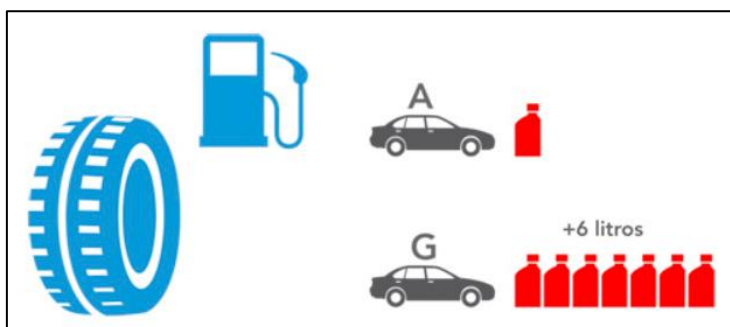
(Bosch, 2022, p. 1187)

1.8.1 Consumo de combustible

Un neumático con una cubierta con menor fricción requiere menos energía y por tanto menos combustible para poder deslizarse. Se clasifican en siete clases diferentes identificadas por letras del abecedario iniciando desde A hasta G, en donde A es la clase más eficiente en ahorro de combustible, y G es la menor clase de eficiencia de combustible.

Figura 1.15

Consumo de combustible por el neumático



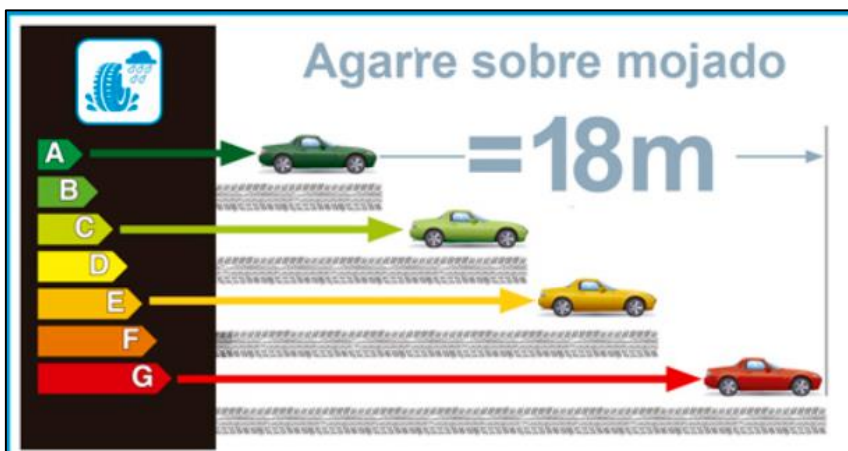
(Vulco, 2017)

1.8.2 Agarre en mojado

Este fenómeno describe a la capacidad del neumático para sujetarse a la carretera cuando la calzada está mojada y su medición se da por medio del análisis de la distancia de frenado. Se clasifican en letras desde A hasta G, en donde A consta de distancia de frenado más corta y G tiene su distancia de frenado más larga. La distancia de A entre G es de 18 metros.

Figura 1.16

Agarre del neumático sobre calzada mojado



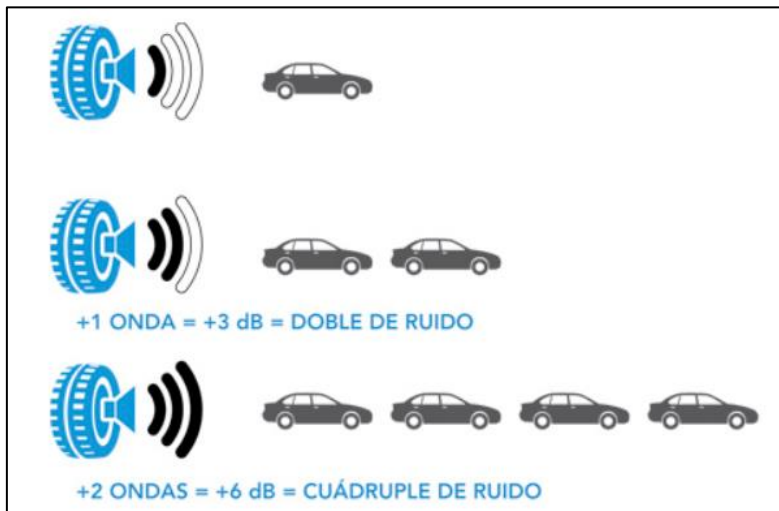
(Vulco, 2017)

1.8.3 Emisión de ruido

En la etiqueta, el ruido está representado por dos parámetros diferentes: su valor en decibelios y un pictograma con una, dos o tres ondas negras. Una única onda negra indica que tendrás neumáticos silenciosos, es decir, neumáticos con niveles de emisión de ruido al menos 3 dB por debajo del límite legal europeo. Las dos ondas negras representan el rendimiento medio cuando el nivel de emisión de ruido del neumático no está por debajo del límite legal de 3 decibelios. Las tres ondas negras corresponden al comportamiento más ruidoso, ya que el nivel de emisión sonora del neumático se sitúa entre el máximo actual y el límite legal [16].

Figura 1.17

Niveles de emisión de ruido



(Vulco, 2017)

1.9 Consideraciones generales que influyen en el rendimiento de un neumático

Existen varios elementos que pueden influir en la eficacia de un neumático, tales como:

1.9.1 Sobrecarga

La sobre carga en los neumáticos es una condición operativa peligrosa que puede resultar en una falla catastrófica del neumático y posibles accidentes. Es esencial que los conductores comprendan la importancia de mantener la carga dentro del rango sugerido por el creador del automóvil y el fabricante del neumático. Una carga excesiva en los neumáticos incrementa la presión interna, lo que puede producir un sobrecalentamiento y eventualmente llevar a una ruptura del neumático. Además, la sobre carga afecta negativamente la maniobrabilidad del vehículo, aumentando el riesgo de perder el control mientras se conduce. Por lo tanto, es crucial realizar inspecciones regulares y mantener los neumáticos inflados a las especificaciones adecuadas para garantizar la seguridad en la carretera.

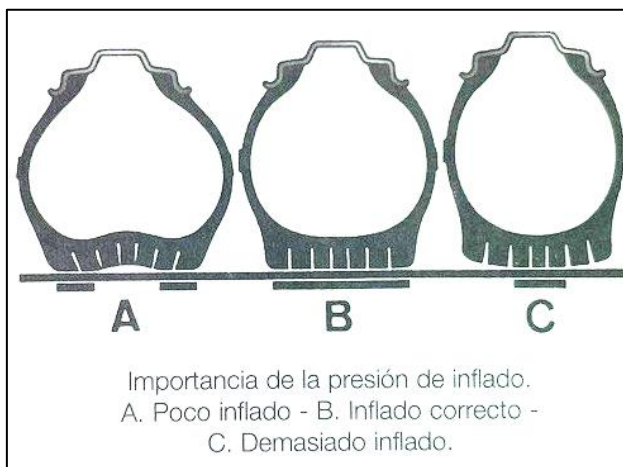
1.9.2 Presión de inflado

En los neumáticos es un factor crítico para respaldar la seguridad y rendimiento del automóvil. Una presión incorrecta puede llevar a un desgaste irregular de los neumáticos,

reducir la tracción y extender el tramo de frenado, lo que potencialmente podría resultar en una catástrofe. De misma manera, las llantas con una tensión incorrecta inciden desfavorablemente en el rendimiento de combustible del automóvil y las emisiones de dióxido de carbono. Es aconsejable inspeccionar la presión de las llantas de manera periódica y modificarla conforme a las indicaciones del productor del automóvil para preservar una eficacia máxima.

Figura 1.18

Importancia de la presión de inflado



(Manual del Automóvil Reparación y Mantenimiento, 2005, p. 1065)

1.9.3 Choques

Los choques en los neumáticos pueden tener una serie de efectos negativos tanto en la seguridad del vehículo como en la comodidad de la conducción. Estos impactos pueden causar daños en la estructura interna del neumático, lo que reduce su capacidad para soportar el peso y la velocidad del vehículo. Además, los choques repetidos pueden provocar un desgaste irregular de la banda de rodadura, lo que lleva a una reducción en la tracción y un aumento en el riesgo de derrapes o accidentes. Es crucial realizar inspecciones regulares y mantener los neumáticos inflados a la presión adecuada para mitigar estos riesgos.

1.9.4 Tipo de conducción

Los tipos de conducción en los neumáticos tienen un impacto representativo en la

seguridad y eficiencia del automóvil. Una conducción agresiva puede causar un desgaste acelerado, reduciendo la vida útil del neumático y comprometiendo la adherencia en situaciones críticas. Por otro lado, una conducción defensiva y consciente ayuda a mantener la integridad de los neumáticos, optimizando su rendimiento y contribuyendo a una experiencia de conducción más segura. Los efectos negativos de no prestar atención a las prácticas de conducción pueden ser graves, incluyendo el aumento del riesgo de accidentes por derrape o pérdida de control, especialmente en condiciones climáticas adversas. Es esencial que los conductores estén informados sobre las mejores prácticas de manejo y el mantenimiento adecuado de los neumáticos para minimizar estos riesgos [11].

1.10 Laboratorio de llantas

El laboratorio de llantas de la EPN es una instalación avanzada dedicada al estudio y análisis de neumáticos en diversas condiciones de uso. Equipado con tecnología de punta, este laboratorio permite realizar pruebas de rendimiento, seguridad y durabilidad, asegurando que las llantas cumplan con los estándares más altos antes de su lanzamiento al mercado. Los profesionales altamente calificados que trabajan aquí aplican métodos científicos rigurosos para optimizar la calidad y la productividad de los productos, contribuyendo así a la seguridad vial y al avance tecnológico del país (ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL, 2016).

CAPITULO II

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Proyecto de investigación

El propósito de este estudio es analizar las propiedades de diversas marcas de neumáticos disponibles en Ecuador, realizando pruebas para verificar su conformidad con ciertas características físicas, así como su rendimiento y calidad para ser utilizados en las vías del país. Mediante estas pruebas, se evaluará si los neumáticos en cuestión cumplen con las normativas pertinentes. Específicamente, se llevará a cabo una prueba de rendimiento a altas velocidades para asegurar que los neumáticos se adhieran a la normativa actual, permitiendo así su distribución en el mercado nacional.

2.2 Enfoque de la investigación

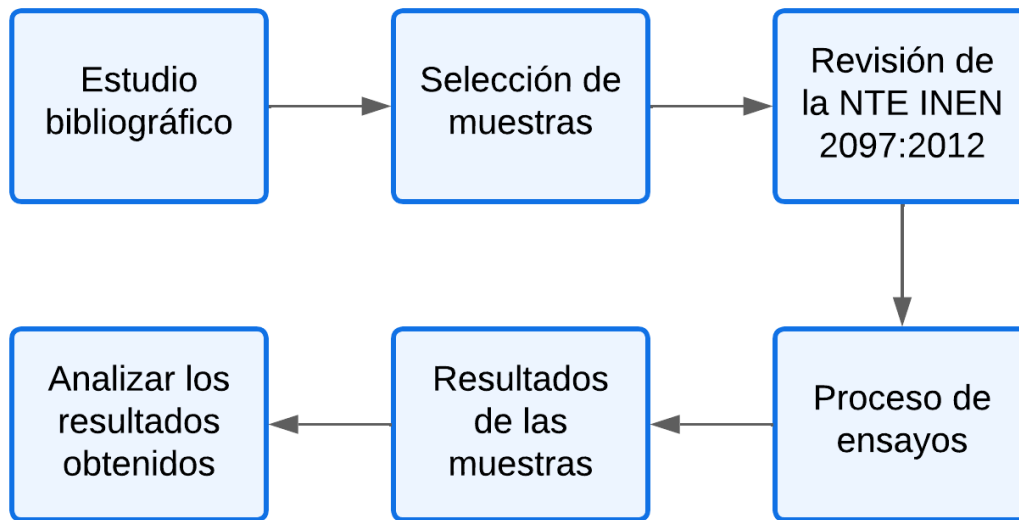
Este trabajo de investigación se llevará a cabo utilizando el enfoque del método Cuantitativo, considerado el más apropiado para la naturaleza de la investigación. En dicho método testificamos el desempeño y cualidades que contienen los neumáticos después de los ensayos sometidos, y mediante este método podemos interpretar los resultados que tienen estos productos.

2.3 Diseño de la investigación

La finalidad del estudio de investigación es examinar la calidad de los neumáticos disponibles en el mercado ecuatoriano, conforme a los estándares establecidos por la normativa. Para avanzar en este estudio, se optó por un diseño experimental que permitirá definir las variables específicas a las que serán expuestos los neumáticos durante las pruebas asignadas.

Figura 2.1

Sucesión de la metodología a continuar para la realización de ensayos



2.4 Selección de neumáticos

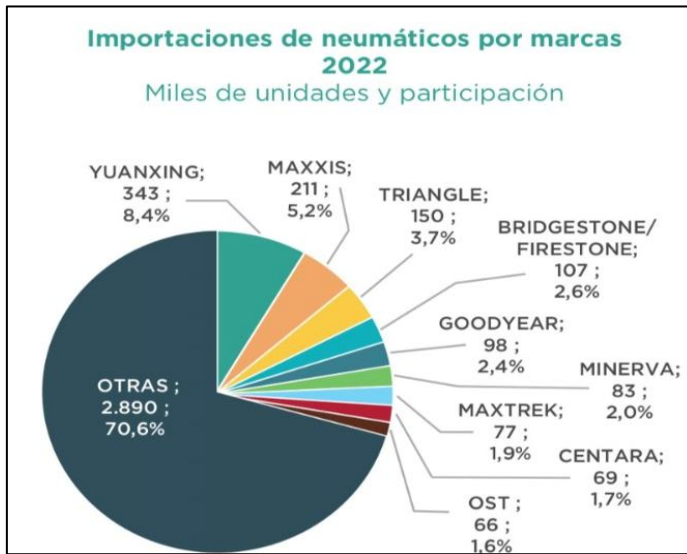
Para la investigación se seleccionó cuatro neumáticos de diferentes marcas con características 225/70R15, en las cuales dos marcas son fabricadas dentro del Ecuador como Continental y General Tire y las otras son procedentes de marcas internacionales. Para las internacionales se investigó en la AEADE las dos marcas más importadas en el país.

2.4.1 Neumático importado

Los neumáticos importados que podemos encontrar en el mercado nacional, para este proyecto son la marca Maxxis y Firestone, para seleccionar estas marcas nos basamos en la información del anuario que fue emitida por la asociación de empresas automotrices del Ecuador, en donde podemos observar mediante un gráfico como es la importación de las diferentes marcas de neumáticos al Ecuador [23].

Figura 2.2

Importaciones de neumáticos por marcas 2022

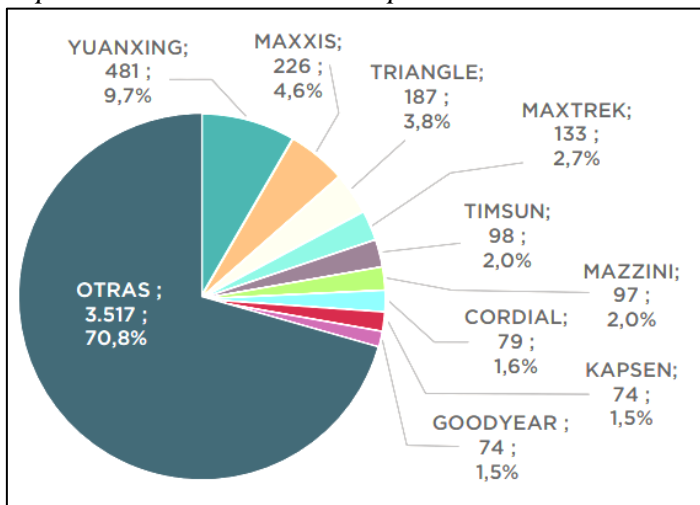


(AEADE, 2022, p. 106)

Respecto al anuario emitido del 2023, en la figura 2.3 las importaciones en cuanto al neumático maxxis ha incrementado, respecto a las importaciones en el año 2022 identificado en la figura 2.2, como consiguiente en el anuario del 2022 el neumático Firestone cuenta con importaciones al Ecuador en un porcentaje considerado, mientras que en el anuario del 2023 dicha marca no está presente, esto pudo darse debido a que las cantidades de importaciones y su porcentaje de participación fueron menores, decidiendo que no se toma en cuenta en el anuario emitido del 2023 [24].

Figura 2.3

Importaciones de neumáticos por marcas 2023



(AEADE, 2023, P. 109)

2.5 Características de los neumáticos seleccionados

Los rasgos fundamentales de los ejemplares se especifican en las siguientes tablas, exhibiendo los detalles primordiales previos al comienzo de los ensayos.

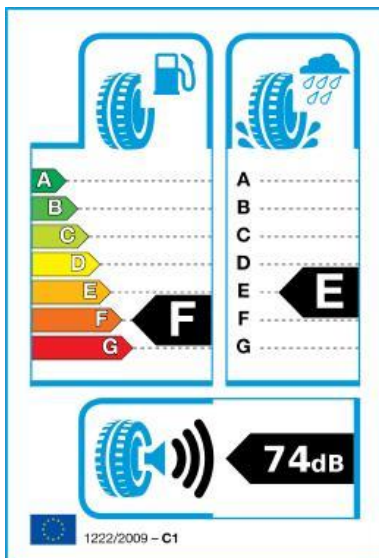
2.5.1 Maxxis

El neumático en cuestión, según la información proporcionada en su etiquetado, presenta una clasificación de eficiencia energética categorizada como F. Esta calificación indica un nivel inferior en términos de economía de combustible. Asimismo, su capacidad de adherencia en superficies húmedas se encuentra clasificada en la categoría E, lo que sugiere un desempeño subóptimo en condiciones de humedad.

Adicionalmente, el nivel de ruido de rodadura externo es considerablemente alto, como lo demuestra la presencia de tres ondas negras en la etiqueta, lo cual es indicativo de un comportamiento acústico que se sitúa en el extremo más ruidoso del espectro.

Figura 2.4

Etiqueta europea de la marca Maxxis



(Maxxis, 2023)

Estos factores son cruciales al considerar la selección de neumáticos, ya que impactan directamente en la seguridad y el confort durante la conducción, así como en el impacto ambiental del vehículo [25].

Tabla 2.1

Características de la muestra de procedencia extranjera Maxxis

Datos del neumático	
Fecha de fabricación	3922
Tamaño	225/70R15
Índice de velocidad	S (180 km/h)
Tipo de neumático	Tipo II Radial
Índice de carga	100 (800 kg)
Presión máxima	300 kPa
Indicadores de desgaste	6 indicadores espaciados uniformemente
Material	Tread: 2 Polyester + 2 Steel + 1 Nylon Sidewall: 2 Polyester

Fuente: (Maxxis, 2023)

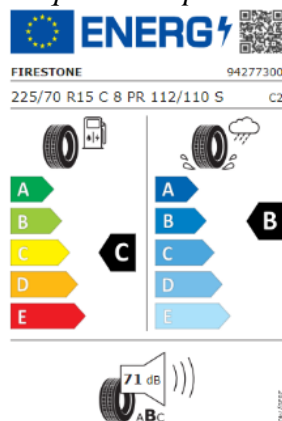
2.5.2 Firestone

Este neumático se caracteriza por su diseño robusto, destacando sus hombros reforzados y canales profundos que garantizan una excelente tracción. La construcción robusta, junto con un diseño de bloques entrelazados en la banda de rodadura, asegura una resistencia superior al desgaste y contribuye a un manejo tranquilo y silencioso.

Además, ofrece un rendimiento kilométrico excepcional. Su respuesta ágil al volante lo hace ideal para todo tipo de caminos, siendo especialmente adecuado para vehículos deportivos y de tipo "todo terreno"[26].

Figura 2.5

Etiqueta europea de la marca Firestone



(Firestone, 2023)

La tabla que se expone a continuación indica las características de la muestra seleccionada para los ensayos de laboratorio. Es importante destacar que la muestra ha sido sometida a tres pruebas distintas: des asentamiento de pestaña, que evalúa la capacidad de la muestra para mantener su integridad bajo condiciones de uso; rendimiento a alta velocidad, que mide la eficiencia del material cuando es sometido a velocidades elevadas; y resistencia a la penetración, que determina la durabilidad frente a objetos punzantes o cortantes.

Tabla 2.2

Características de la muestra de procedencia extranjera Firestone

Datos del neumático	
Fecha de fabricación	4022
Tamaño	225/70R15
Índice de velocidad	S (180 km/h)
Tipo de neumático	Tipo II Radial
Índice de carga	100 (800 kg)
Presión máxima	300 kPa
Indicadores de desgaste	6 indicadores espaciados uniformemente
Material	Tread: 2 Polyester + 2 Steel + 1 Nylon Sidewall: 2 Polyester

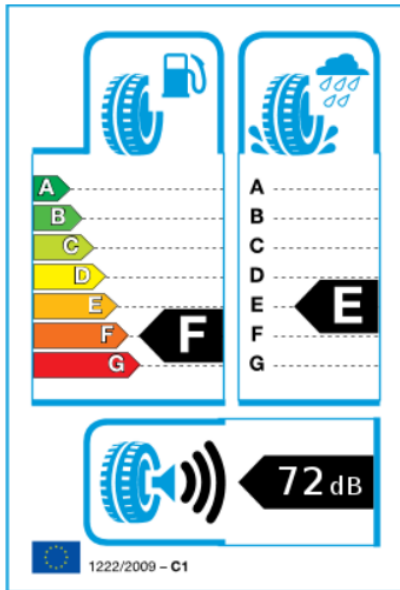
Fuente: (Firestone, 2023)

2.5.3 General tire

La figura 2.6 presenta información valiosa sobre el rendimiento de los neumáticos en diferentes condiciones. La calificación F en el consumo de combustible indica una eficiencia menor, lo que sugiere que estos neumáticos pueden requerir más combustible para operar de manera óptima. Por otro lado, la calificación E en adherencia en superficie mojada señala una distancia de frenado más larga, un factor crítico a considerar para la seguridad en carretera, especialmente bajo lluvia o en condiciones de humedad [27].

Figura 2.6

Etiqueta europea de la marca General Tire



(General tire, 2023)

Finalmente, un nivel de ruido de 72 decibeles se considera dentro de un rango aceptable y no representa un riesgo para la audición humana, lo que contribuye al confort durante la conducción. Es importante que los consumidores evalúen estas calificaciones al seleccionar neumáticos, equilibrando la seguridad, el rendimiento y el impacto ambiental.

Tabla 2.3

Características de la muestra nacional General Tire

Datos del neumático	
Fecha de fabricación	1023
Tamaño	225/70R15
Índice de velocidad	S (180 km/h)
Tipo de neumático	Tipo II Radial
Índice de carga	100 (800 kg)
Presión máxima	300 kPa
Indicadores de desgaste	6 indicadores espaciados uniformemente
Material	Tread: 2 Polyester + 2 Steel + 2 Nylon Sidewall: 2 Polyester

Fuente: (General tire, 2023)

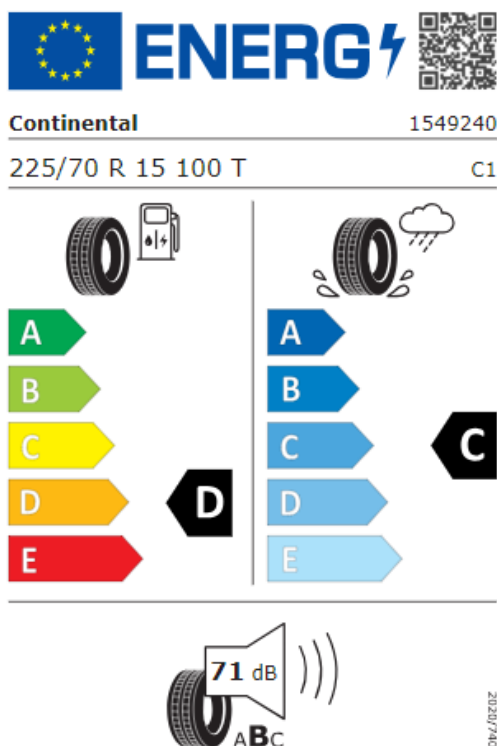
2.5.4 Continental

La etiquetación europea de neumáticos es un estándar que permite a los consumidores comparar diferentes productos basándose en parámetros como la optimización en el consumo de combustible, el agarre en zonas mojadas y los niveles de ruido. Una calificación D en eficiencia de combustible indica un rendimiento moderado, lo cual es común en muchos neumáticos disponibles en el mercado.

Por otro lado, una calificación C en agarre en mojado sugiere que el neumático proporciona una distancia de frenado relativamente corta bajo lluvia, lo cual es un aspecto positivo para la seguridad [28].

Figura 2.7

Etiqueta europea de la marca Continental



(Continental, 2023)

Los niveles de ruido de 71 decibeles se consideran dentro de un rango aceptable, asegurando que el impacto acústico no sea excesivo. Estas etiquetas contribuyen a asegurar que los artículos importados se ajusten con determinados estándares de calidad y seguridad antes de ser ofrecidos a los consumidores ecuatorianos y extranjeros.

Tabla 2.4*Características de la muestra nacional Continental*

Datos del neumático	
Fecha de fabricación	4422
Tamaño	225/70R15
Índice de velocidad	T (190 km/h)
Tipo de neumático	Tipo II Radial
Índice de carga	104 (900 kg)
Presión máxima	350 kPa (51 psi)
Indicadores de desgaste	6 indicadores espaciados uniformemente
Material	Tread: 2 Polyester + 2 Steel + 2 Nylon Sidewall: 2 Polyester

Fuente: (Continental, 2023)

2.6 Herramientas y equipos utilizados en ensayos de laboratorio

El laboratorio en donde se desarrolló los ensayos es acreditado por el Instituto Ecuatoriano de Normalización por sus siglas el INEN, todos los instrumentos y dispositivos que se emplean para los ensayos deben estar constantemente calibrados y certificados.

2.6.1 Herramientas

2.6.1.1 Flexómetro

En los métodos de ensayo previamente establecidos, se utilizó el flexómetro de una marca certificada, la cual presentaba una longitud total de 5 metros y presenta una tolerancia de $\pm 0,05$ mm y resolución de 1mm. Este instrumento resultó ser fundamental para llevar a cabo una variedad de mediciones, incluyendo, pero no limitándose a, la altura del neumático y la distancia de penetración.

2.6.1.2 Calibrador pie de rey

Durante la fase de pruebas, se empleó este instrumento con una escala mínima de 0.02 mm / 0.001 pulgadas y una capacidad de ajuste fino. Este instrumento posee un rango de medición de 0 a 500 mm / 0 a 20 pulgadas y garantiza una precisión de ± 0.05 mm. Su aplicación específica en este contexto fue para medir el ancho de sección de los neumáticos, lo cual es crítico para garantizar la adecuada instalación y rendimiento de los mismos en condiciones operativas.

2.6.1.3 Manómetro de presión de aire

El instrumento digital ASHCROFT modelo DG25 es un artefacto de rigor diseñada para la medición y monitoreo de la presión neumática. Este dispositivo es esencial para evaluar la presión inicial en los neumáticos antes de comenzar un ensayo y para verificar la presión final una vez que el ensayo ha concluido. La capacidad de su lectura es de 1 a 25000 psi o 172368 kPa, además ofrece una exactitud entre 0,5 % o 0,25 %. Su tecnología avanzada asegura que los profesionales puedan confiar en la información recopiladas para acceder a resoluciones investigativas durante el análisis de rendimiento de los neumáticos.

Figura 2.8

Manómetro digital de presión de aire



(Pérez y Roman, 2020)

2.6.1.4 Penetrador cilíndrico

El ensayo de penetración se realiza para evaluar la calidad del material utilizado en la fabricación de neumáticos. Este procedimiento técnico implica la utilización de un penetrador cilíndrico de acero templado, cuyas dimensiones son precisas, con un diámetro estipulado de 19mm y una tolerancia de ± 1 mm.

Figura 2.9

Montaje y ajuste del penetrador del ensayo



(Autores, 2023)

2.6.1.5 Medidor de índice de desgaste

Este instrumento facilita la evaluación de la profundidad del índice de desgaste en la zona de contacto del neumático. La escala de medición se muestra en milímetros, abarcando una amplitud desde 0 mm hasta 20 mm, con una exactitud de 0,1 mm.

2.6.1.6 Aro de ensayo

Para la correcta selección del aro de ensayo, es imprescindible consultar el manual de estándares de 2019 de ETRTO (European Tyre and Rim Technical Organisation), una autoridad reconocida en la especificación de dimensiones para llantas y neumáticos de vehículos. Según este manual, las dimensiones recomendadas para el aro utilizado en los ensayos son de 15 x 6.5 pulgadas. Esta medida asegura la compatibilidad y la precisión en los resultados de las pruebas, proporcionando un marco de referencia confiable para

los fabricantes y técnicos del sector.

Figura 2.10

Aro de ensayo Rin 15



(Autores, 2023)

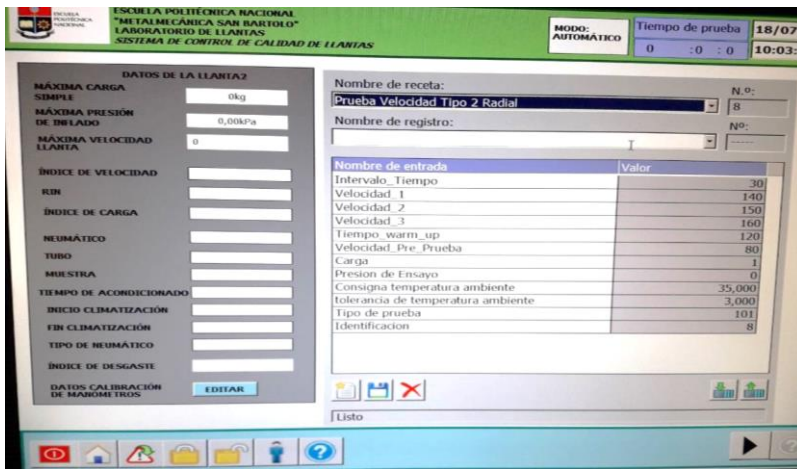
2.6.1.7 Sistema de control de calidad de llantas

El software en cuestión representa una herramienta necesaria para la gestión y control de dispositivos de seguridad y climatización. Su capacidad para integrar datos específicos del neumático, proporcionados por el fabricante, permite una operatividad precisa y ajustada a los estándares técnicos requeridos.

Además, su funcionalidad de detención automática ante cualquier fallo del neumático asegura la integridad del proceso de ensayo, minimizando riesgos y optimizando la seguridad operacional. Este sistema, desarrollado exclusivamente para la Escuela Politécnica Nacional, destaca por su especialización y adaptabilidad, reflejando el compromiso de la institución con la innovación tecnológica y la excelencia educativa.

Figura 2.11

Software específico para realizar el ensayo a altas velocidades



(Autores, 2023)

2.6.1.8 Sensor de falla

El sistema de seguridad diseñado para la detección de anomalías en neumáticos durante pruebas dinámicas incorpora un mecanismo de respuesta inmediata que interrumpe el proceso ante irregularidades. Este sistema está equipado con un sensor de alta sensibilidad capaz de identificar deformaciones significativas, tales como el desprendimiento de la banda de rodadura o incrementos anormales de presión, que son evidentes en las paredes laterales del neumático, ubicado a una distancia de 3 cm en todo su contorno. Su ejecución es crucial para asegurar la solidez de los ensayos y la protección en las operaciones.

Figura 2.12

Sensor de fallo o seguridad



(Autores, 2023)

2.6.2 Equipos

2.6.2.1 Termohigrómetro

El termohigrómetro Elitech RCW-800 wifi es un instrumento avanzado que ofrece una solución integral para el monitoreo del clima interior. Con su habilidad para evaluar tanto la temperatura como la humedad relativa del aire, este dispositivo es esencial para mantener condiciones ambientales óptimas, ya sea en hogares, oficinas o instalaciones industriales. Además, la funcionalidad wifi del RCW-800 facilita el seguimiento remoto a través de una aplicación móvil, lo que proporciona una conveniencia adicional y la capacidad de responder rápidamente a cualquier cambio en las condiciones ambientales. Con una escala de medición que se extiende desde los $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta los $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ y una exactitud de $\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, este termohigrómetro se destaca por su fiabilidad y versatilidad.

Figura 2.13

Termohigrómetro elitech



(Autores, 2023)

2.6.2.2 Enlantadora

El equipo TWC-522RMB de la marca Walker es una solución robusta y versátil para talleres y centros de servicio de neumáticos. Esta máquina desmontadora de neumáticos

está diseñada para trabajar con una extensa variedad de dimensiones de aros y llantas, lo que la hace adecuada para una variedad de vehículos, desde automóviles compactos hasta camiones ligeros. La capacidad de operar tanto a 110V como a 220V y su sistema de suministro de aire de alta presión entre 8-12bar garantizan una operación eficiente y confiable. Además, la fuerza destalonadora de 2500kg y la velocidad de 8 rpm del plato metálico aseguran un desmontaje rápido y seguro. Los cuatro pedales mejoran la ergonomía y la eficiencia del operador, permitiendo un control preciso durante el proceso de montaje y desmontaje. Con un peso neto de 354 kg, este equipo es una inversión sólida para aquellos que pretenden optimizar el rendimiento y la protección en la gestión de neumáticos.

Figura 2.14

Enllantaje del neumático en el aro de ensayo



(Autores, 2023)

2.6.2.3 Compresor de aire

El compresor Powermate de 60 galones (227 L) es una herramienta esencial en cualquier laboratorio que requiera un suministro constante y fiable de aire comprimido. Con su capacidad para soportar periodos prolongados de uso, este compresor es apropiado para operar equipos que demandan un alto rendimiento, como la desmontadora de neumáticos, prensas hidráulicas y otros dispositivos utilizados en la penetración y des asentamiento

de pestañas. Su diseño robusto, que opera a un voltaje de alimentación de 230 voltios y puede emitir una presión de hasta 155 psi a 3,7 hp, asegura que los equipos del laboratorio funcionen de manera óptima y sin interrupciones.

2.6.2.4 Prensa para la resistencia de penetración

La prensa descrita es un equipo de precisión diseñada para realizar pruebas de penetración en materiales variados, con una capacidad de aplicar fuerza de manera controlada y precisa. La velocidad de penetración ajustable de 50 mm por minuto y su margen de error de $\pm 1,5$ mm por minuto permiten realizar ensayos consistentes y fiables. Con una fuerza máxima de 5000 kgf y la capacidad de trabajar con penetradores cilíndricos de 19 a 38 mm, esta prensa es versátil para probar tanto neumáticos ligeros como los más robustos de camiones. La medición de la resistencia a la penetración en MPa y la recolección de datos de distancia en mm y fuerza en kgf son características esenciales para análisis detallados. Además, la inclusión de una jaula de seguridad de acero es un aspecto crítico que refleja el compromiso con la seguridad del operador durante los ensayos.

Figura 2.15

Prensa para el ensayo de resistencia a la penetración



(Autores, 2023)

2.6.2.5 Tambor dinamométrico

El equipo que se describe a continuación es una máquina de ensayo de neumáticos avanzada, diseñada para evaluar la resistencia y el rendimiento de las muestras bajo condiciones controladas. La capacidad de simular el contacto del neumático con la carretera mediante el uso de un tambor de acero es crucial para entender cómo se comportarán los neumáticos en el mundo real. La precisión en las dimensiones y las especificaciones de torque (600 Nm) y velocidad (200 km/h) son indicativos de un equipo que puede manejar una amplia gama de pruebas, desde neumáticos de automóviles hasta los más robustos de camiones. La figura 2.16 mencionada probablemente ilustre con detalle este proceso. Es importante que las muestras de neumáticos mantengan una presión cercana a la operativa durante las pruebas para obtener resultados fiables que reflejen su comportamiento en condiciones normales de uso.

Figura 2.16

Muestra preparada para el ensayo de alta velocidad



(Autores, 2023)

2.6.2.6 Jaula de seguridad

La jaula de seguridad es un componente crítico en el ámbito de pruebas y ensayos, diseñada para contener y minimizar los riesgos asociados con la liberación de material durante las pruebas. Con una capacidad aproximada de 6 metros cúbicos y construida con acero fundido, esta estructura robusta es esencial para proteger tanto a los equipos como al personal. Su uso en todos los ensayos refleja la importancia de adherirse a estrictas

medidas de seguridad para prevenir accidentes y asegurar que los procesos se realicen de manera impecable. La integridad y la resistencia del acero fundido proporcionan una barrera fiable contra la proyección de fragmentos, lo que demuestra el compromiso con la seguridad en entornos de prueba de alta intensidad.

Figura 2.17

Jaula de seguridad acoplada en las distintas máquinas de ensayo



(Autores, 2023)

2.6.2.7 Prensa para el de asentamiento de pestaña

El equipo descrito es una máquina diseñada para aplicar una fuerza controlada y perpendicular sobre la pestaña de un neumático. Esta acción permite separar el neumático del aro, lo cual es un paso crucial en el proceso de mantenimiento o reparación de neumáticos. La capacidad de la máquina para accionar una fuerza máxima de 1500 kgf asegura que puede manejar neumáticos que requieren una presión considerable para ser desmontados.

Además, la velocidad del pistón de acero fundido, que se mueve a $50 \text{ mm} \pm 1,5 \text{ mm}$ por minuto, permite un control preciso durante el proceso, minimizando el riesgo de dañar el aro. Esta máquina es versátil y puede trabajar con neumáticos que varían en rango de presión hasta un máximo de 420 kPa, lo que la hace idónea para extensas aplicaciones de usos en la industria de vehículos motorizados. Su diseño robusto y su capacidad para aplicar fuerzas significativas la convierten en una herramienta indispensable en laboratorios de llantas certificadas.

Figura 2.18

Muestra preparada para el ensayo por des asentamiento de pestaña



(Autores, 2023)

2.6.2.8 Cuarto de climatización

La refrigeración de neumáticos antes de los ensayos es un proceso crítico que debe seguir las normativas específicas para garantizar resultados precisos. Según las regulaciones, es esencial mantener una temperatura constante en el espacio de almacenamiento, que no debe superar los 25 °C en verano ni bajar de los 15 °C en invierno, para prevenir cambios en la tensión del neumático que puedan influir en los desenlaces de las pruebas.

Además, es recomendable evitar el contacto directo con los rayos UV y preservar las llantas en un entorno seco, idealmente sobre una superficie sólida para su conservación. Una ventilación adecuada es también crucial para preservar las condiciones óptimas de los neumáticos. Estas medidas preventivas son fundamentales para asegurar que los neumáticos mantengan su integridad y funcionamiento según lo establecido por las normativas de seguridad y calidad.

2.7 Variables que afectan al rendimiento del neumático

2.7.1 Capacidad de carga

El indicador de carga del neumático es importante porque proporciona la capacidad

máxima de peso que puede aguantar el neumático a una determinada presión de inflado. Una llanta con un indicador de carga superior tiene la capacidad de sostener una mayor cantidad de peso en comparación con una de índice inferior, siempre y cuando se conserve la presión correcta.

2.7.2 Velocidad aplicada

El índice de velocidad del neumático es crucial ya que señala el límite superior de velocidad a la que el neumático puede soportar un peso específico. Si se supera el índice de velocidad, el neumático puede sufrir daños o reventar, lo que puede provocar accidentes graves. Por eso, se recomienda elegir un índice de velocidad adecuado al tipo de vehículo y su uso.

2.7.3 Temperatura de ensayo del neumático

La temperatura del neumático es un factor importante que afecta al rendimiento, la seguridad y la durabilidad de las muestras. Un neumático demasiado caliente puede sufrir un desgaste prematuro, una pérdida de agarre o incluso una explosión. Por eso, es conveniente controlar la temperatura del neumático con regularidad y tomar medidas para evitar el sobrecalentamiento. Algunas de las causas que pueden provocar un incremento en la temperatura del neumático son: la velocidad, la carga, la presión, el estado de la carretera y las condiciones ambientales.

2.7.4 Presión de inflado

Es un factor importante para el rendimiento y la seguridad del vehículo. Un neumático correctamente inflado tiene una mejor adherencia al suelo, reduce el desgaste y el consumo de combustible, y previene los pinchazos y los reventones. Esta presión debe regirse según las recomendaciones del fabricante, que se pueden encontrar en el manual del vehículo. La presión de inflado del neumático debe medirse cuando el neumático está frío, es decir, antes de conducir o después de haber recorrido menos de 3 km.

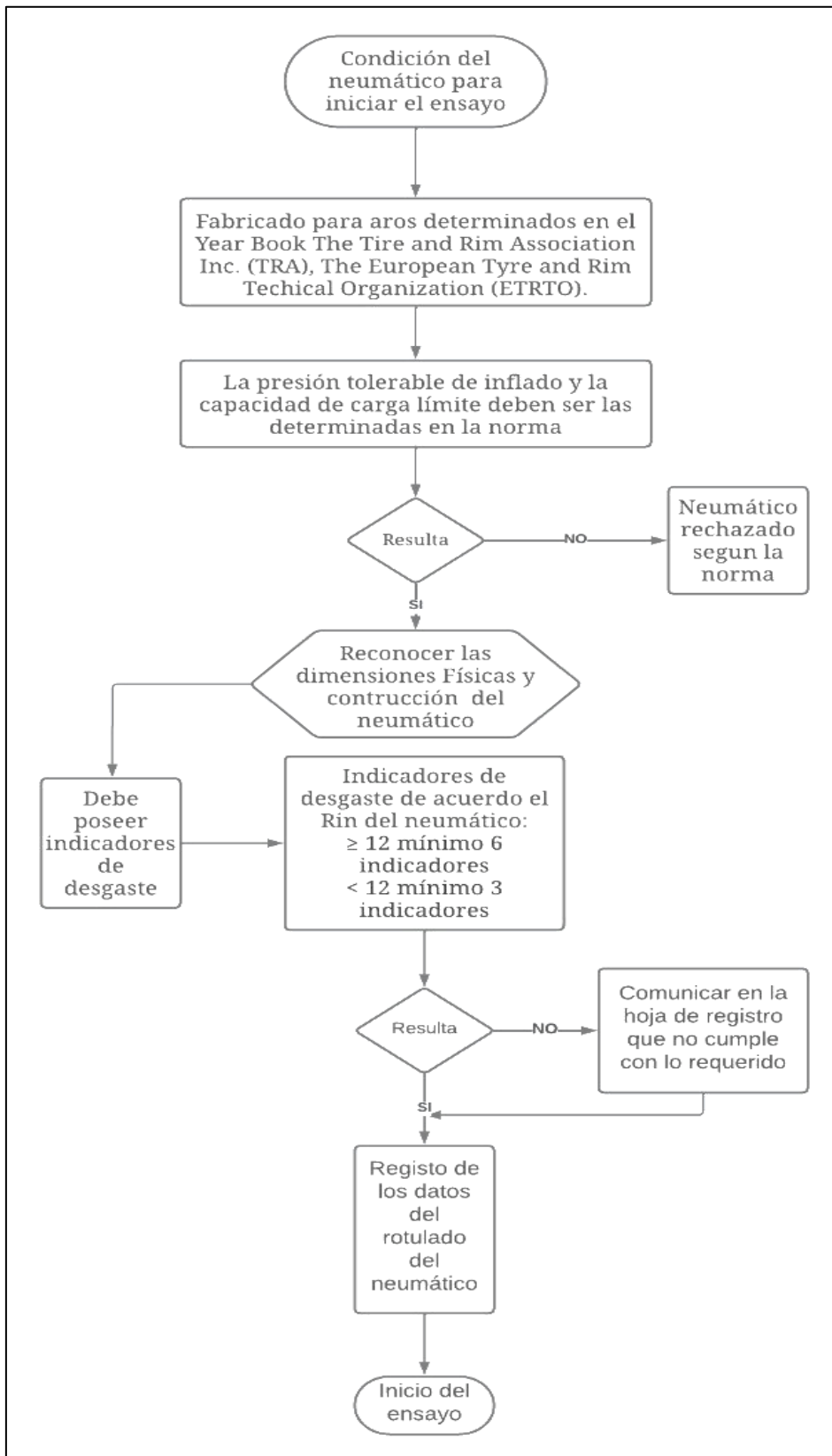
2.8 Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2097:2012

Se trata de un estándar técnico que determina las condiciones esenciales que deben satisfacer los neumáticos nuevos y recauchutados que se utilizan en vehículos automotores de transporte terrestre, tales como automóviles, camionetas, camiones, buses y motocicletas. Esta norma igualmente determina los métodos de ensayo para confirmar la aceptación a tales estipulaciones, así como el sistema de marcado e identificación de los neumáticos. El objetivo de esta norma mencionada es garantizar que los neumáticos vendidos en el país ofrezcan seguridad, rendimiento y durabilidad adecuados a los usuarios, así como resguardar la integridad ecológica y la sanidad colectiva [3].

La norma se basa en estándares internacionales reconocidos, como los de la Organización Internacional de Normalización (ISO), la Comisión Económica para Europa (UNECE) y la Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE). La Normativa es de obligatorio cumplimiento para todos los fabricantes, importadores, distribuidores y comercializadores de neumáticos en el Ecuador, así como para las entidades de control y vigilancia. Los neumáticos que no cumplan con la norma pueden ser sancionados con multas, decomisos o prohibiciones de venta.

Figura 2.19

Diagrama basado en metodología INEN 2097:2012



(Autores, 2023)

2.8.1 Método para la determinación de las dimensiones físicas

Establece los métodos para medir el ancho, el diámetro y la profundidad de la banda de rodamiento de las muestras que usamos en nuestros autos, camiones, motos, entre otros. Estas medidas son esenciales para garantizar la protección, el rendimiento y la resistencia de los neumáticos, además de prevenir accidentes y multas por incumplir la normativa vigente.

2.8.1.1 Procedimiento

A continuación se detallan los pasos a realizar, correspondiente al ensayo de las dimensiones físicas para las muestras seleccionadas:

- Medir el ancho de la sección del ejemplar en seis lugares diferentes a lo largo de su contorno, usando el calibrador Vernier. No incluir en la medición los elementos adicionales que sobresalgan del neumático, como las letras en relieve.
- Medir el ancho total del neumático igualmente en seis lugares diferentes, separados por la misma distancia, alrededor de su borde. Usar el calibrador pie de rey de acuerdo a las especificaciones según sea conveniente. Incluir los elementos adicionales que sobresalen del neumático tales como las letras en relieve.
- Calcular el diámetro externo del ejemplar, utilizando el perímetro máximo y dividiendo esta distancia para π .

2.8.1.2 Cálculos

Siguiendo el procedimiento se utilizan ecuaciones que nos permiten determinar el diámetro exterior como también el factor de tamaño.

Cálculo del diámetro exterior

$$De = \frac{P}{\pi} \quad [2.1]$$

Cálculo del factor de tamaño

$$Ft = De + As \quad [2.2]$$

Donde:

P = menciona el perímetro máximo del neumático expresado en mm

De = menciona al diámetro exterior del neumático expresado en mm

As = menciona el ancho de sección expresado en mm

2.8.1.2 Requisitos de aceptación después del ensayo de dimensiones físicas

Las muestras seleccionadas y sometidas a este ensayo de dimensiones físicas deben cumplir los siguientes requisitos para ser aceptadas.

Acho de sección.- una vez obtenido los datos el valor no debe exceder del rango establecido en la normativa.

Figura 2.20

Tolerancias respecto a la presión máxima para el ancho de sección y el ancho total de neumáticos tipo II y construcción radial

Presión máxima de inflado (kPa)	221	248	276	240	280	290	300	330	350	390	414
Tolerancia	≤ 7 %			≤ 7 % o 10 mm, el que sea mayor							

(INEN, 2017, p. 3)

Para ello el ancho de sección obtenido no puede exceder del 7 % pero tampoco ser inferior del 4 %, además es aceptable una tolerancia de 10 mm [29].

Factor de tamaño.- para las muestras seleccionadas el parámetro mencionado debe ser mayor o igual al factor de tamaño mínimo y para calcular el factor de tamaño mínimo se utiliza la siguiente ecuación:

$$Factor\ de\ tamaño\ mínimo = 0,97 * (S + 2H) + DR \quad [2.3]$$

Donde:

S = corresponde al ancho de sección de diseño medido en milímetros

H = corresponde al (diámetro total de diseño – DR) * 0,5 medido en milímetros

DR = corresponde al código del diámetro nominal del aro * 25,4 medido en milímetros

2.8.2 Método para la determinación de la resistencia de los neumáticos tipo II, sin cámara de aire, a un des asentamiento de la pestaña

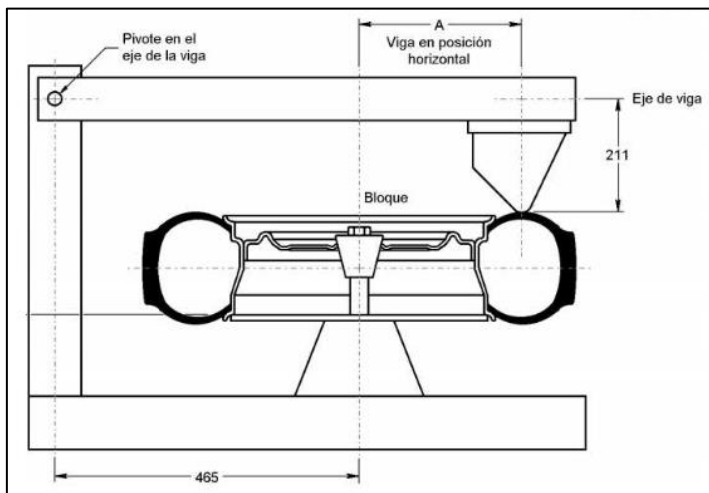
El ensayo consiste en montar el neumático en una llanta adecuada y someterlo a una carga estática correspondiente al 80% de la carga máxima nominal de la muestra sometida. Luego, se aplica una fuerza lateral sobre el neumático en sentido opuesto al sentido de rotación y se mide el desplazamiento angular del neumático respecto a la llanta. El ensayo se repite en cuatro posiciones diferentes del neumático y se calcula el promedio del desplazamiento angular. El neumático se considera apto si el promedio es menor o igual a 5 grados.

2.8.2.1 Procedimiento

A continuación se detallan los pasos a realizar, correspondiente al ensayo de des asentamiento de pestaña, guiándose en la figura 2.21 mostrada a continuación:

Figura 2.21

Esquema del equipo de ensayo para el des asentamiento de la pestaña



(INEN, 2012, p. 13)

- Revisar el esquema en la norma para realizar el ensayo, las dimensiones se encuentran en milímetros (mm).
- Ajustar la muestra en la máquina correspondiente y asegurarse que este correctamente ubicada para iniciar con el ensayo.
- Revisar la presión de aire antes del ensayo y comprobar que la presión sea adecuada a la norma.
- Aplicar la fuerza mediante un bloque sobre la superficie lateral externa del neumático. Esta fuerza se aplicará a una rapidez de 50 mm por minuto, con un margen de tolerancia de $\pm 1,5$ mm. Es crucial asegurar que el brazo de carga del dispositivo se mantenga en una posición paralela al eje de giro del neumático al momento que inicie la prueba.
- Aumentar la fuerza indicada por el ensayo establecido de menor a mayor fuerza.
- Realizar la prueba en cuatro lugares equidistantes.
- Registrar los datos de los cuatro lugares.
- Revisar la presión de aire y registrar.

2.8.1.2 Requisitos de aceptación después del ensayo del des asentamiento de pestaña

La norma menciona que un neumático con presión máxima de inflado que es distinto a 420 kPa, no debe ser menor que 11 120 N (1134 kg) para muestras con un ancho de sección de mayor o igual a 205 mm, con ello podemos observar si la muestra aprobó el ensayo [29].

2.8.3 Método para la determinación de la resistencia a la penetración

El método se basa en ejercer una fuerza constante sobre el objeto penetrante y registrar el desplazamiento de este en el interior de la muestra. La resistencia a la penetración se expresa en newtons por milímetro de desplazamiento. El objetivo es medir la resistencia que ofrece el neumático a la penetración de objetos punzantes o cortantes, como clavos, vidrios o piedras.

2.8.3.1 Procedimiento

Se detallan a continuación los pasos a seguir para el inicio del ensayo de penetración en las muestras seleccionadas:

- Alistar la muestra y enlantar con él aro específico de ensayo e inflar el neumático a presión determinada por la norma.
- Ubicar la muestra en la máquina de ensayo y ajustar los pernos para evitar movimientos durante el ensayo.

Se debe posicionar el penetrador de manera perpendicular a la banda de rodamiento, lo más cercano posible a la línea central, asegurándose de no ubicarlo en las ranuras, a una velocidad de $50 \text{ mm} \pm 1,5 \text{ mm}$ por minuto. Una vez colocado correctamente, se procede a activar el equipo para aplicar la fuerza necesaria sobre el penetrador y presionarlo sobre el contacto con el neumático hasta lograr el valor mínimo de penetración detallado en la norma. Después anotar la fuerza aplicada en cinco puntos equidistantes a lo largo del perímetro de la muestra y la distancia de penetración, en el caso de que el neumático se rompa antes de que el objeto penetrante mantenga un contacto con el aro, es crucial registrar tanto la fuerza máxima ejercida como la distancia total de penetración en el momento de la ruptura [3].

- Para los puntos de penetración se aplica la fuerza de forma ascendente, es decir el primer punto de ensayo recibe menor fuerza de penetración, mientras que el punto final recibe mayor fuerza de penetración hasta llegar al aro de ensayo.
- Una vez completado el ensayo en los cinco puntos establecidos, se procede a la comprobación de la presión de aire en la muestra. Según lo estipulado por la normativa aplicable, es imperativo que la presión de inflado post-ensayo no sea inferior a la presión de aire inicialmente registrada antes de la realización de este.

Figura 2.22

Montaje del neumático en la prensa de ensayo de penetración



(Autores, 2023)

2.8.3.2 Cálculos

Como siguiente del procedimiento la norma menciona que para este ensayo hay que calcular la energía de penetración mediante la ecuación detallada:

Para calcular la energía de penetración:

$$W = \frac{F * P}{2} \quad [2.4]$$

Donde:

W = hace referencia a la energía expresada en Joules

F = hace referencia a la fuerza expresada en Newton

P = hace referencia a la penetración expresada en metros

2.8.3.2 Requisitos de aceptación después del ensayo de resistencia a la penetración

Las muestras que se evalúan para determinar su resistencia a la penetración deben ajustarse a los parámetros establecidos en la legislación correspondiente. Estos criterios normativos son fundamentales para garantizar la integridad y la fiabilidad de los resultados de las pruebas. Es imperativo que las muestras cumplan con estas especificaciones técnicas para validar su conformidad con los estándares de seguridad y calidad.

Figura 2.23

Valores mínimos de energía de penetración respecto al ancho de sección

Ancho de sección mm	Presión máxima de inflado permisible (kPa)											
	Neumáticos diferentes a CT								Neumáticos CT			
	220	248	276	240	280	300	340	350	290	330	350	390
	Energía de penetración (J)											
Menor a 160	220	330	441	220	441	220	441	220	220	441	220	441
Mayor o igual a 160	294	441	588	294	588	294	588	294	294	588	294	588

(INEN, 2017, p. 5)

Además, se adjuntan valores mínimos que deben cumplir según el material que son fabricados las muestras.

Figura 2.24

Valores mínimos de energía de penetración para neumáticos tipo II radiales

Material de las cuerdas	Energía de penetración (J)
Rayón	186
Nailon o poliéster	294

(INEN, 2017, p. 5)

Los valores detallados en la figura 2.24 corresponden al material de fabricación con los que cuentan cada neumático haciendo referencia a la presión máxima de 420 kPa y su máxima carga mayor o igual a 399 kg.

2.8.4 Método del rendimiento a alta velocidad, para neumáticos tipo II

El método se basa en someter los neumáticos a una serie de pruebas de rodadura en un tambor de ensayo, bajo condiciones controladas de carga, presión, temperatura y velocidad. El propósito es determinar la capacidad de rendimiento de los neumáticos para resistir el calentamiento y la fatiga causados por el uso continuo a altas velocidades. Los resultados obtenidos permiten clasificar los neumáticos según su índice de velocidad, que es una letra que muestra la máxima velocidad a la que pueden operar sin comprometer su seguridad e integridad.

2.8.5.1 Procedimiento

Se presenta los siguientes pasos a seguir correspondiente al ensayo de rendimiento a alta

velocidad en las muestras seleccionadas:

- Inflar la llanta con la presión que establece la normativa.
- Aclimatar el neumático con una temperatura de 35°C.
- Llevar el neumático a la maquina donde se va a realizar el ensayo.
- Instalar y ajustar el neumático en la máquina de ensayo.
- Considerar el sentido de giro que realizará la máquina.
- Ubicar los sensores de movimiento.
- Ubicar los sensores de presión con una distancia requerida.
- Configurar la máquina para tener en cuenta que el proceso sea el conveniente.
- Colocar en el software los datos correspondientes para iniciar con el ensayo.
- Reajustar la presión del neumático de acuerdo con lo requerido.
- Cerrar las puertas de la máquina y además mantener aseguradas.
- El ensayo inicia por la primera etapa que consta de dos horas continuas, después descansa dos horas y finaliza el ensayo con una hora y media.
- Activar la maquina con rapidez de 80km/h, la cual se mantendrá constante durante la prueba.
- Modificar las cargas en el tiempo recomendado por el sistema del laboratorio.
- Al terminar de realizar el ensayo, el neumático pasa a un estado de enfriamiento de aproximadamente 1 hora.
- Verificar la presión de inflado si ha existido alguna variación.
- Realizar una prueba visual para identificar si el neumático sufrió algún cambio físico.

Figura 2.25

Ajuste del neumático antes de iniciar el ensayo



(Autores, 2023)

2.8.5.1 Requisitos de aceptación después del ensayo del rendimiento a alta velocidad

Los neumáticos que han completado satisfactoriamente las fases de prueba deben adherirse a los parámetros establecidos para su aprobación. Esto implica que deben cumplir con criterios específicos de rendimiento, seguridad y calidad, según lo determinado por los protocolos de ensayo.

- Para los neumáticos de clasificación tipo II y construcción radiales, la presión del neumático, medida entre un lapso de tiempo de 15 min y 25 min, después de finalizar el ensayo, menciona que no debe ser inferior al 95 % de la presión inicial, además que la muestra no debe mostrar signos visuales de daños como separaciones en la banda de rodamiento, daños en la cara lateral, pliegues, cuerda, forro interno o pestaña. Además, es imperativo que no presenten cortes, cuerdas rotas o expuestas, grietas, empalmes abiertos, entre otros defectos que puedan comprometer la seguridad del vehículo y de sus ocupantes [29].

CAPITULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Resultados obtenidos

La normativa ecuatoriana INEN 2097-2012 establece procedimientos de prueba rigurosos para los neumáticos de automóviles de pasajeros, incluyendo pruebas de rendimiento a alta velocidad, des asentamiento de pestaña y ensayo de penetración. Estos procedimientos son esenciales para asegurar la protección y la excelencia de los neumáticos disponibles en el comercio. Tras la realización de estos ensayos, los informes proporcionados por los laboratorios son cruciales para evaluar si un neumático satisface las normas vigentes y puede ser considerado apto para su uso en condiciones de conducción reales. La evaluación detallada de los resultados permite a los fabricantes y consumidores asegurarse de que los neumáticos ofrecen el rendimiento y la fiabilidad necesarios según lo dictado por la normativa vigente.

3.2 Descripción del informe

Al final de cada ensayo se presenta un informe que contiene la información detallada del documento. En este informe se muestra desde la identificación del neumático por su nomenclatura y características, hasta los equipos empleados en el ensayo, ya descritos en el capítulo II de este proyecto. Este informe permite analizar los resultados del ensayo de forma precisa y completa.

3.2.1 Especificación de los neumáticos de pruebas en el informe

En el contexto de las pruebas de laboratorio, los neumáticos de tipo II que se emplean son de reciente fabricación, garantizando así la fiabilidad de los resultados obtenidos. Estos neumáticos son producidos tanto en el ámbito local como en lo global, facilitando así un análisis comparativo de los criterios de calidad en diversos mercados. La selección de neumáticos nuevos asegura la consistencia en las condiciones de prueba, eliminando variables como el desgaste o la antigüedad que podrían afectar la integridad de los datos.

Tabla 3.1*Características de las muestras de pruebas*

Especificación	Marca A	Marca B	Marca C	Marca D
Marca	CONTINENTAL	GENERAL	MAXXIS	FIRESTONE
Fecha de fabricación	4422	1023	3922	4022
Designación del tamaño	225/70R15	225/70R15	225/70R15	225/70R15
Estructura de la carcasa	Radial	Radial	Radial	Radial
Diámetro del neumático	698 mm	700 mm	696 mm	697 mm
Índice de carga	104	100	100	100
Carga máxima	900 kg	800 kg	800 kg	800 kg
Tipo de rin	15.00 x 6.5	15.00 x 6.5	15.00 x 6.5	15.00 x 6.5
País de origen	Ecuador	Ecuador	Thailand	Costa Rica
Presión máxima de inflado	350 kPa	300 kPa	300 kPa	300 kPa
Índice de velocidad	T	S	S	S
Límite de velocidad	190 km/h	180 km/h	180 km/h	180 km/h
DOT	11HO4814V 4422	1H35 HN32 1023	2035 ECC 3922	1WB 35DAT1 4022
Código	6995-09-23	6995-12-23	6995-11-23	6995-10-23

Fuente: (Autores, 2023)

Además, la utilización de neumáticos tipo II responde a especificaciones técnicas precisas, adecuadas para evaluar aspectos como la resistencia al rodaje, la tracción y la respuesta en condiciones variables. Este enfoque metódico y profesional en la selección y uso de neumáticos para pruebas de laboratorio subraya el compromiso con la precisión y la calidad en la investigación y creación de productos de neumáticos. Datos que nos ayudan en la comprensión de la información que más adelante se detalla.

3.3 Resultados de la determinación de las dimensiones físicas

3.3.1 Información obtenida de los neumáticos en el ensayo

Cada muestra registrada proporciona información valiosa sobre las variables críticas del ensayo, como la temperatura y la presión, que son esenciales para validar el procedimiento y los resultados. El cumplimiento de las normativas garantiza la integridad y la reproducibilidad del experimento. Este enfoque riguroso no solo refuerza la confiabilidad de los datos obtenidos, sino que además sienta las bases para investigaciones posteriores que deseen emular o expandir sobre esta labor [30].

Tabla 3.2

Condiciones de ensayo de las muestras seleccionadas

Acondicionamiento y ensayo				
Muestras	A	B	C	D
Temperatura de ensayo y acondicionamiento	Ambiente	Ambiente	Ambiente	Ambiente
Fecha/hora y presión inicial de acondicionamiento	2023-07-07 13:50 180 kPa	2023-07-07 14:30 180 kPa	2023-07-07 14:30 180 kPa	2023-07-07 14:10 180 kPa
Fecha/hora y presión inicial de ensayo	2023-07-14 16:07 180 kPa	2023-07-14 10:50 180 kPa	2023-07-18 16:01 180 kPa	2023-07-14 15:19 180 kPa
Tiempo de acondicionamiento	24 horas	24 horas	24 horas	24 horas
Fecha/hora y presión final de acondicionamiento	2023-07-14 16:06 183 kPa	2023-07-14 10:49 174 kPa	2023-07-18 15:58 183 kPa	2023-07-14 15:16 178 kPa

Tabla 3.2*Condiciones de ensayo de las muestras seleccionadas (Continuación....)*

	2023-07-14	2023-07-14	2023-07-18	2023-07-14
Fecha/hora y presión final de ensayo	16:38	11:22	16:39	15:59
	180 kPa	181 kPa	181 kPa	178 kPa

Fuente: (Metálica San Bartolo, 2023, p. 1)

La variabilidad en la presión de las llantas observada en la tabla 3.2 puede atribuirse a las fluctuaciones normales de temperatura durante el período de acondicionamiento de 24 horas. Es conocido que la temperatura tiene un efecto directo en la presión de los neumáticos; un aumento en la temperatura generalmente resulta en incremento de la presión, mientras que una minimización en la temperatura puede causar una caída en la presión.

Los componentes empleados en la fabricación de los neumáticos también pueden influir en cómo responden a los cambios de temperatura. Por ejemplo, algunos materiales pueden expandirse o contraerse más que otros bajo las mismas condiciones. Estas diferencias en la respuesta a las variaciones de temperatura entre las muestras A, B, C y D sugieren que cada tipo de neumático tiene características únicas que deben ser consideradas al evaluar su rendimiento y seguridad en diferentes condiciones ambientales.

3.3.2 Registro de resultados de las muestras

En la continuación del ensayo, se procedió a registrar las dimensiones correspondientes al ancho de sección y al ancho total del neumático. Esta medición se realizó en seis puntos distintos alrededor del mismo, utilizando como unidad de medida el milímetro (mm). Tras la recolección de los datos pertinentes en cada uno de los puntos establecidos, se llevó a cabo el cálculo del diámetro exterior. Cabe destacar que la ecuación empleada para dicho cálculo fue previamente especificada e identificada en la sección de metodología del documento.

Este proceso de medición y cálculo es crucial, ya que permite obtener una visión precisa del comportamiento dimensional del neumático bajo diferentes condiciones, lo cual es fundamental para asegurar su correcto desempeño y seguridad en su aplicación práctica.

Además, estos datos ofrecen un fundamento para diversas investigaciones y desarrollos en la disciplina de la tecnología de neumáticos, contribuyendo así al avance tecnológico y a la optimización de estos componentes esenciales en la industria automotriz.

3.3.2.1 Resultados del neumático de la marca A

Utilizando la información recabada en la tabla anexa, se emplearon dichos datos como punto de referencia para continuar con la ejecución de pruebas subsiguientes. Este método de medición asegura una mayor precisión en los resultados, permitiendo así obtener mediciones detalladas y confiables que son cruciales para la correcta interpretación y aplicación en los contextos pertinentes.

Tabla 3.3

Medidas del ancho de sección y total de la marca A

MEDIDA DEL ANCHO DE SECCIÓN DEL NEUMÁTICO					
1	2	3	4	5	6
230	230	231	230	230	230
Ancho total					231
MEDIDA DEL ANCHO TOTAL DEL NEUMÁTICO At(mm)					
1	2	3	4	5	6
232	230	231	231	230	230
Ancho Total					232
Medida del perímetro (mm)		2192		Medida del diámetro exterior De (mm)	
				698	
CALCULO DE FACTOR DE TAMAÑO Ft (mm)					
As = 231 mm			Ft = De + As		
De = 698 mm			Ft = 928 mm		
$De = \frac{2192 \text{ mm}}{\pi} = 698 \text{ mm}$					

Fuente: (Metálica San Bartolo, 2023, p. 2)

Durante la evaluación técnica del ancho de la sección transversal total de la marca A, se

determinó que el valor medido es de 231 milímetros (mm). Este resultado está dentro de los parámetros de tolerancia establecidos, los cuales permiten una variación máxima del 7 % (10mm) y una mínima del 4 %. Es relevante destacar que el valor estándar de referencia para el neumático es de 225 milímetros, lo que indica que la medida obtenida cumple con las especificaciones de diseño y calidad previstas en la metodología aplicada.

Respecto al factor de tamaño el requisito para que la muestra sea aceptada debe ser mayor o igual al factor de tamaño mínimo, en donde este valor podemos encontrar utilizando la ecuación 2.5 detallada en la metodología, el valor calculo fue de 912.56 mm, es decir que el neumático cumple con lo recapitulado en la norma.

3.3.2.2 Resultados del neumático de la marca B

Los datos visualizados en la tabla 3.4 son hallazgos interesantes y necesarios para las aplicaciones prácticas y teóricas relacionadas con investigaciones de este tipo. En este contexto, los datos recabados establecen un fundamento sólido para la formulación de decisiones en el diseño, la producción o el control de calidad de los objetos técnicos analizados [31].

Tabla 3.4

Medidas del ancho de sección y total de la marca B

MEDIDA DEL ANCHO DE SECCIÓN DEL NEUMÁTICO						
1	2	3	4	5	6	
233	234	233	233	233	234	
Ancho total					234	
MEDIDA DEL ANCHO TOTAL DEL NEUMÁTICO At(mm)						
1	2	3	4	5	6	
233	234	234	233	234	234	
Ancho Total					234	
Medida del perímetro (mm)		2198		Medida del diámetro exterior De (mm)		700

Tabla 3.4*Medidas del ancho de sección y total de la marca B (Continuación...)*

CALCULO DE FACTOR DE TAMAÑO Ft (mm)	
As = 234 mm	Ft = De + As
De = 700 mm	Ft = 933 mm
$De = \frac{2198 \text{ mm}}{\pi} = 700 \text{ mm}$	

Fuente: (Metálica San Bartolo, 2023, p. 2)

En el análisis técnico realizado, se ha establecido que la muestra B posee un ancho de sección transversal de 234 milímetros. Este dato sobresale como el más significativo entre el conjunto de medidas obtenidas de las otras muestras, situándose, no obstante, dentro de los límites de tolerancia permitidos. Considerando que el ancho estándar de fabricación del neumático es de 225 milímetros, el valor de la muestra B cumple con los requisitos normativos, los cuales estipulan que el neumático no debe superar el 10% ni ser inferior al 4% del valor especificado.

Respecto al factor de tamaño el requisito para que la muestra sea aceptada debe ser mayor o igual al factor de tamaño mínimo, en donde este valor podemos encontrar utilizando la ecuación 2.5 detallada en la metodología, el valor calculo fue de 906 mm, es decir que el neumático satisface con lo propuesto en la norma.

3.3.2.3 Resultados del neumático de la marca C

La precisión en las mediciones es importante en el ámbito técnico, ya que de ello dependen la calidad y la exactitud en la fabricación, el ensamblaje y la funcionalidad final del producto. Por tanto, es esencial que todas las mediciones se realicen con herramientas calibradas y siguiendo procedimientos estandarizados para garantizar la repetibilidad y la fiabilidad de los datos obtenidos [32].

Tabla 3.5*Medidas del ancho de sección y total de la marca C*

MEDIDA DEL ANCHO DE SECCIÓN DEL NEUMÁTICO					
1	2	3	4	5	6
227	227	227	227	227	227
Ancho total					227
MEDIDA DEL ANCHO TOTAL DEL NEUMÁTICO At(mm)					
1	2	3	4	5	6
229	228	229	227	228	227
Ancho Total					229
Medida del perímetro (mm)		2187		Medida del diámetro exterior De (mm)	
				696	
CALCULO DE FACTOR DE TAMAÑO Ft (mm)					
As = 227 mm			Ft = De + As		
De = 696 mm			Ft = 923 mm		
$De = \frac{2187 \text{ mm}}{\pi} = 696 \text{ mm}$					

Fuente: (Metálica San Bartolo, 2023, p. 2)

En el análisis técnico realizado, se determinó que el ancho de la sección transversal de la muestra C en el estudio es de 227 milímetros (mm). Este resultado está aceptable dentro de los límites de tolerancia establecidos por la metodología aplicada, que permite una variación máxima del 10% y una mínima del 4% respecto al valor estándar especificado. Considerando que el ancho estándar de fabricación para el neumático es de 225 milímetros.

Respecto al factor de tamaño el requisito para que la muestra sea aceptada debe ser mayor o igual al factor de tamaño mínimo, en donde este valor podemos encontrar utilizando la ecuación 2.5 detallada en la metodología, el valor calculo fue de 907 mm, es decir que el neumático cumple con lo propuesto en la normativa.

3.3.2.4 Resultados del neumático de la marca D

El perímetro del neumático es fundamental conocerlo para poder calcular el diámetro exterior y por ende el factor de tamaño. Estos datos son importantes para la precisión en la fabricación y diseño de componentes que requieren medidas exactas para su correcta funcionalidad.

Tabla 3.6

Medidas del ancho de sección y total de la marca D

MEDIDA DEL ANCHO DE SECCIÓN DEL NEUMÁTICO					
1	2	3	4	5	6
224	223	223	223	224	223
Ancho total					224
MEDIDA DEL ANCHO TOTAL DEL NEUMÁTICO At(mm)					
1	2	3	4	5	6
226	223	223	226	224	223
Ancho Total					226
Medida del perímetro (mm)		2191		Medida del diámetro exterior De (mm)	
				697	
CALCULO DE FACTOR DE TAMAÑO Ft (mm)					
As = 224 mm			Ft = De + As		
De = 697 mm			Ft = 921 mm		

$$De = \frac{2191 \text{ mm}}{\pi} = 697 \text{ mm}$$

Fuente: (Metalmecánica San Bartolo, 2023, p.2)

La medición en la muestra D del ancho de la sección total, excluyendo los relieves de las letras, arrojó un valor de 224 milímetros (mm), cifra que se encuentra en conformidad con los parámetros de tolerancia del proceso metodológico empleado. Dicha metodología admite una variabilidad en el rango del 4% al 10% en relación con el estándar predefinido. Es pertinente destacar que el ancho estándar establecido para la fabricación de neumáticos

es de 225 mm, lo cual corrobora que la muestra D se ajusta a las especificaciones técnicas requeridas.

Respecto al factor de tamaño el requisito para que la muestra sea aceptada debe ser mayor o igual al factor de tamaño mínimo, en donde este valor podemos encontrar utilizando la ecuación 2.5 detallada en la metodología, el valor calculo fue de 905 mm, es decir que el neumático satisface con lo propuesto en la norma.

3.3.3 Resumen de resultados de los neumáticos de dimensiones físicas

En este literal se especifican los requisitos técnicos, así como los valores obtenidos y los requerimientos necesarios para la realización del ensayo teórico y real. Además, se incluye una evaluación de los datos recopilados en comparación con los valores esperados, proporcionando un análisis crítico de las posibles desviaciones y sus causas.

Tabla 3.7

Número de indicadores de desgaste

	Marca A	Marca B	Marca C	Marca D
Valor teórico	Valor medido			
Número de indicadores de desgaste	Número de indicadores de desgaste	Número de indicadores de desgaste	Número de indicadores de desgaste	Número de indicadores de desgaste
≥ Rin 12 min: 6 indicadores.	6 indicadores	6 indicadores	6 indicadores	9 indicadores
Altura: (1,2 a 2,0) mm	Altura: Max: 1,9 mm Min: 1,6 mm	Altura: Max: 1,9 mm Min: 1,8 mm	Altura: Max: 1,9 mm Min: 1,7 mm	Altura: Max: 1,9 mm Min: 1,5 mm

Fuente: (Autores, 2023)

La realización del ensayo de dimensiones físicas y la adquisición de los valores pertinentes han permitido establecer un fundamento para la ejecución de pruebas subsecuentes. Uno de los requisitos para que un neumático cumpla y sea aceptado con los estándares según la normativa, está representada en la tabla 3.7 como valor teórico, de tal manera se logró apreciar en la tabla que las cuatro marcas sometidas a este ensayo

cumplen con el requisito respecto al número de indicadores de desgaste.

Figura 3.1

Medición del neumático con el calibrador pie de rey



(Autores, 2023)

3.4. Resultados del ensayo para la determinación de la resistencia a la penetración

En el presente ensayo se llevó a cabo una evaluación comparativa de resistencia a la perforación en neumáticos de tres marcas distintas, las cuales compartían especificaciones nomenclaturales idénticas. El objetivo principal de la prueba destructiva fue determinar la capacidad de las muestras de neumáticos para soportar la penetración de objetos agudos y potencialmente dañinos, tales como clavos, fragmentos de vidrio y piedras. Esta metodología de ensayo es de suma importancia dentro del ámbito de control de calidad para neumáticos, ya que proporciona datos cruciales sobre la seguridad y eficiencia de los mismos bajo condiciones adversas. Una perforación en el neumático no solo representa un riesgo significativo de pérdida de presión, sino que también puede resultar en una reducción notable de la tracción y, en casos extremos, provocar un estallido repentino. Por lo tanto, los resultados obtenidos de estas pruebas son fundamentales para garantizar que los neumáticos cumplan con los estándares de seguridad requeridos y mantengan un rendimiento óptimo durante su vida útil.

3.4.1 Información obtenida de los neumáticos en el ensayo

Para cada ensayo que se realizó se debe empezar por la recopilación de datos de

acondicionamiento y de ensayo para después poder interpretar y corroborar, en este ensayo nos enfocamos en el requisito que menciona la normativa respecto a la variable de energía de penetración que aplicamos a la muestra.

Tabla 3.8

Condiciones de ensayo de las muestras seleccionadas

Acondicionamiento y ensayo			
Muestras	B	C	D
Temperatura de ensayo y acondicionamiento	25°C ± 5°C	25°C ± 5°C	25°C ± 5°C
Fecha/hora y presión inicial de acondicionamiento	2023-07-17 15:33 180 kPa	2023-07-19 17:05 180 kPa	2023-07-20 17:05 180 kPa
Fecha/hora y presión inicial de ensayo	2023-07-18 14:15 180 kPa	2023-07-20 10:40 180 kPa	2023-07-21 10:12 180 kPa
Tiempo de acondicionamiento	3 horas	3 horas	3 horas
Fecha/hora y presión final de acondicionamiento	2023-07-18 14:14 180 kPa	2023-07-20 15:58 180 kPa	2023-07-21 10:10 181 kPa
Fecha/hora y presión final de ensayo	2023-07-18 14:42 183 kPa	2023-07-20 10:27 180 kPa	2023-07-21 10:44 182 kPa

Fuente: (Metálica San Bartolo, 2023, p. 3)

Una vez obtenido la recopilación de información podemos visualizar la temperatura de ensayo a la cual fue sometida las muestras, además de sus presiones de inicio en donde todas las marcas están cumpliendo la normativa para iniciar el ensayo, también tenemos la presión final la cual analizaremos más adelante.

3.4.2 Registro de resultados de las muestras

Cada tabla corresponde a una muestra específica e indica la profundidad de penetración, el número de golpes requeridos y la resistencia de la banda de rodadura en cada intervalo de profundidad. Estos datos son considerables para determinar las propiedades mecánicas del neumático y su habilidad para soportar estructuras.

3.4.2.1 Resultados del neumático de la marca B

Se registro los datos de las variables de fuerza, distancia y la energía de penetración mostrados en la tabla 3.9, además de que se precedió a calcular el promedio de la energía, ya que es requisito para que esté de acuerdo a la normativa. La fuerza esta expresada en unidades de kilogramos fuerza y Newtons, la distancia está representada en milímetros y metros, por último la energía se representa en unidades de Joule.

Tabla 3.9

Medidas de fuerza, distancia y energía de penetración de la marca B

MEDIDAS					
Punto de penetración	Fuerza		Distancia		J
	kgf	N	mm	m	J
1	899	8814	68,9	0,0689	303,6
2	901	8835	70,4	0,704	311,0
3	899	8817	69,3	0,0693	305,5
4	900	8822	71,2	0,0712	314,1
5	1281	12559	100,0	0,1000	628,0
ENERGÍA DE PENETRACIÓN PROMEDIO W_o					372,4

Fuente: (Metálica San Bartolo, 2023, p. 3)

El estudio detallado del neumático de fabricación nacional revela un proceso meticuloso de pruebas de resistencia. Iniciando con una fuerza aplicada moderada y aumentando progresivamente hasta el quinto punto, donde se ejerce la máxima fuerza, se observa la capacidad del neumático para soportar diferentes niveles de estrés. La muestra satisface con los parámetros definidos en la norma, ya que la norma mencionada en la metodología

describe que la energía de penetración mínima debe ser mayor o igual a 294 J, o hasta que la muestra explote o la banda de rodamiento presente contacto con el aro. Por tal motivo se fue aplicando diferentes fuerzas en la muestra, pero siempre respetando lo referente a la norma.

3.4.2.2 Resultados del neumático de la marca C

La marca Maxxis, reconocida por su calidad en neumáticos y sometida al ensayo de penetración es crucial para evaluar la resistencia del neumático ante objetos punzantes y condiciones adversas en la carretera. Es importante que estos ensayos se realicen siguiendo las normativas establecidas, las cuales definen rangos específicos de desempeño que deben ser cumplidos para garantizar la seguridad y confiabilidad del producto. Estos procedimientos son parte fundamental del control de calidad en la industria de neumáticos, asegurando que los productos no solo cumplan con las expectativas de los consumidores, sino que también con los estándares de seguridad internacionales.

Tabla 3.10

Medidas de fuerza, distancia y energía de penetración de la marca C

MEDIDAS					
Punto de penetración	Fuerza		Distancia		J
	kgf	N	mm	m	J
1	1020	10001	62,0	0,0600	310,0
2	1003	9840	60,5	0,605	297,7
3	1017	9978	61,8	0,0618	308,3
4	1020	10005	62,3	0,0623	311,7
5	2058	20178	125,0	0,1250	1261,1
ENERGÍA DE PENETRACIÓN PROMEDIO W_0					497,8

Fuente: (Metálica San Bartolo, 2023, p. 5)

En el experimento, se aplicó una fuerza inicial superior a los 1000 kgf incrementando progresivamente la carga en puntos sucesivos y registrando la penetración en milímetros para luego convertirla a metros y calcular la energía. A pesar de las expectativas de fallo

debido a la aplicación de fuerzas elevadas en ciertas áreas, el neumático resistió el ensayo sin incidentes. Este resultado satisface con los requisitos mínimos de la norma mencionada, en donde describe que la energía de penetración mínima debe ser mayor o igual a 294 J, o hasta que la muestra se desprenda o la banda de rodamiento tenga contacto con el aro de ensayo.

3.4.2.3 Resultados del neumático de la marca D

La muestra de procedencia extranjera sometida al ensayo de penetración se realizó para determinar la resistencia del neumático a objetos punzantes y otros tipos de impactos que podrían ocurrir en la carretera. Estas pruebas son cruciales para confirmar que, incluso después de someterse a condiciones extremas, los neumáticos mantienen su enlace y no presentan riesgos de desprendimiento o explosión, lo cual es esencial para la seguridad de los usuarios.

Tabla 3.11

Medidas de fuerza, distancia y energía de penetración de la marca D

MEDIDAS					
Punto de penetración	Fuerza		Distancia		J
	kgf	N	mm	m	J
1	1070	10495	60,0	0,0600	314,9
2	1052	10320	59,0	0,590	304,4
3	1087	10660	60,5	0,0605	322,5
4	1079	10582	60,0	0,0600	317,5
5	2012	19730	116,0	0,1160	1144,3
ENERGÍA DE PENETRACIÓN PROMEDIO W_o					480,70

Fuente: (Metalmecánica San Bartolo, 2023, p.6)

El ensayo realizado ha demostrado la resistencia y la integridad estructural del neumático bajo condiciones de estrés elevadas. La ausencia de anomalías visuales extremas y la presencia de solo marcas superficiales en el área de contacto indican una excelente distribución de la fuerza y una buena capacidad de absorción de energía por parte de los materiales utilizados.

Las fuerzas aplicadas durante el ensayo de penetración para evaluar la resistencia del neumático son datos cruciales que proporcionan una comprensión detallada de su comportamiento bajo carga. Generalmente, estos ensayos se realizan incrementando gradualmente la fuerza aplicada hasta alcanzar el límite de resistencia del material o hasta que se cumplan los criterios de prueba específicos es decir, que el resultado cumple con los requisitos mínimos de la norma mencionada, en donde describe que la energía de penetración mínima debe ser mayor o igual a 294 J (Joules), o hasta que la muestra se desprenda o la banda de rodamiento tenga contacto con el aro de ensayo. Los datos que están disponibles en los registros del ensayo, proporcionarían una visión valiosa sobre la capacidad del neumático para soportar fuerzas externas sin sufrir daños significativos.

3.4.3 Resumen de resultados de los neumáticos

Tras la finalización de los ensayos realizados, se observó que un conjunto de muestras presentaba modificaciones menores en la zona de la banda de rodadura. Estas alteraciones, aunque detectables, no afectaron de manera considerable la integridad estructural de las muestras. Es crucial resaltar que, en todos los casos, la capa no fue completamente comprometida por el elemento penetrante utilizado en las pruebas.

Figura 3.2

Penetrador cilíndrico realizando el ensayo



(Autores, 2023)

Además, en la tabla 3.12 se verificó que la presión de los neumáticos se mantuvo dentro de los límites previamente especificados para el estudio. Este comportamiento indica que, a pesar de las variaciones superficiales, la funcionalidad y el rendimiento de las muestras no se vieron distorsionados de forma significativa. Por lo tanto, se puede inferir que las muestras conservan su capacidad para cumplir con su propósito operativo dentro de las condiciones experimentales definidas.

Tabla 3.12

Valores obtenidos de presiones de ensayo en las muestras

	Marca B	Marca C	Marca D
Valor teórico		Valor obtenido	
171 kPa	183 kPa	180 kPa	182 kPa

Fuente: (Autores, 2023)

Los requisitos que deben cumplir las muestras después de culminar el ensayo respecto a la presión, menciona que una vez finalizado el ensayo, su presión final no debe ser inferior al 95 % de la presión inicial lo cual está definido en la tabla 3.12 como valor teórico. En consecuencia observamos que las presiones de las muestras están dentro del rango y que no existió una pérdida de aire, entonces se concluye que los neumáticos examinados poseen una resistencia adecuada frente a las fuerzas de penetración ejercidas durante las pruebas. Este análisis técnico proporciona una base sólida para afirmar que las muestras son capaces de soportar condiciones similares sin sufrir daños que comprometan su desempeño o seguridad.

3.5 Resultados del ensayo a la determinación del rendimiento a alta velocidad

El protocolo técnico del ensayo establece que el procedimiento se segmenta en tres fases distintas. Inicialmente, la primera fase implica un periodo de prueba de la muestra por un lapso de 2 horas, equivalentes a 120 minutos. Posteriormente, la muestra entra en un estado de reposo durante la segunda fase, la cual también se extiende por 2 horas o 120 minutos. Concluyendo el proceso, la tercera fase del ensayo se lleva a cabo durante 1 hora y 30 minutos, o lo que es igual a 90 minutos. Es crucial destacar que para la correcta

interpretación de los resultados, se efectúa un registro detallado de los valores en intervalos específicos.

La primera fase se corresponde con la primera etapa del ensayo, manteniendo una duración constante de 120 minutos. Los 90 minutos restantes se asignan a la tercera y última fase del ensayo, subdividida en tres etapas adicionales: la segunda, tercera y cuarta etapa, cada una con una duración de 30 minutos. Esta estructuración permite una evaluación detallada y sistemática de la muestra a lo largo del ensayo, facilitando de esta forma la obtención de resultados para su posterior interpretación.

3.5.1 Información obtenida de los neumáticos en el ensayo

En el contexto del análisis técnico de neumáticos, se procedió a la evaluación de tres marcas distintas: Continental, Maxxis y Firestone. Cada muestra fue sometida a este riguroso ensayo para determinar su resistencia y comportamiento bajo condiciones controladas. Durante el proceso, se monitorearon variables críticas que pudieran influir en la integridad estructural de los neumáticos. Se prestó especial atención a las posibles apariciones de deformaciones visuales post-ensayo, las cuales pueden ser indicativas de fallas potenciales en el rendimiento del producto.

Tabla 3.13

Condiciones de ensayo de las muestras sometidas

Acondicionamiento y ensayo			
Muestras	A	C	D
Temperatura de ensayo y acondicionamiento	35°C ± 3°C	35°C ± 3°C	35°C ± 3°C
Fecha/hora y presión inicial de acondicionamiento	2023-07-17 15:42 220 kPa	2023-07-18 16:50 220 kPa	2023-07-19 16:30 220 kPa

Tabla 3.13*Condiciones de ensayo de las muestras sometidas (Continuación...)*

	2023-07-18	2023-07-19	2023-07-20
Fecha/hora y presión inicial de ensayo	9:32	10:18	10:16
	220 kPa	220 kPa	220 kPa
Tiempo de acondicionamiento	3 horas	3 horas	3 horas
	2023-07-18	2023-07-19	2023-07-20
Fecha/hora y presión final de acondicionamiento	9:20	10:08	10:12
	238 kPa	233 kPa	230 kPa
	2023-07-18	2023-07-19	2023-07-20
Fecha/hora y presión final de ensayo	15:13	15:55	10:53
	FALLO DEL NEUMÁTICO	252 kPa	265 kPa

Fuente: (Metálica San Bartolo, 2023, p. 3)

El registro meticuloso de cada neumático proporcionó una base de datos detallada, incluyendo las condiciones específicas del ensayo, tales como la temperatura, presión aplicada, y duración del mismo. Esta información es crucial para la deducción de los datos y la toma de decisiones informadas respecto a la calidad y fiabilidad de los neumáticos evaluados. La metodología aplicada asegura una comparativa objetiva entre las diferentes marcas, permitiendo así identificar aquellas que sobresalen por su durabilidad y seguridad en el uso cotidiano.

3.5.1.1 Resultados de la marca A del rendimiento a alta velocidad

En el contexto del ensayo de rendimiento a alta velocidad referenciado, es crucial destacar que la carga aplicada se mantuvo constante a lo largo de toda la evaluación. Esta constancia es importante para asegurar la integridad de los resultados obtenidos. Por otro lado, las variables de velocidad y tiempo no se mantuvieron estáticas, experimentando fluctuaciones controladas. Estas variaciones fueron registradas meticulosamente, permitiendo un análisis detallado del comportamiento del sistema bajo diferentes condiciones operativas.

La precisión en el monitoreo de estas variables es fundamental para la extrapolación de los datos a situaciones reales de funcionamiento.

Tabla 3.14

Parámetros de ensayo de la marca A

PARÁMETROS DE ENSAYO					
CARGA %	CARGA APLICADA (kg)	VELOCIDAD TEÓRICA (km/h)	VELOCIDAD REAL (km/h)	TIEMPO TEÓRICO (min)	TIEMPO REAL (min)
85	765	80	80,00	120	120:00 (120)
85	765	140	139,97	30	31:09 (31,15)
85	765	150	150,00	30	30:03 (30,05)
85	765	160	160,00	30	26:50 (26,83)

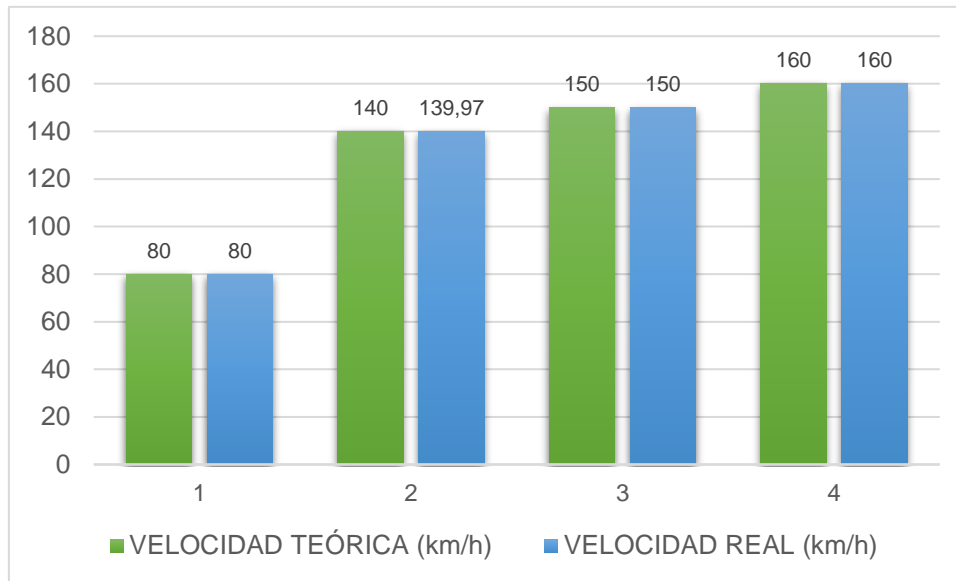
Fuente: (Metálica San Bartolo, 2023, p. 3)

En lo que corresponde al desarrollo del ensayo se procedió a aplicar una carga de 765 kg, correspondiente al inicio y conclusión del mismo. Dicha carga representa el 85% de la capacidad máxima de resistencia del neumático, valor que se encuentra detallado en la tabla 3.1 del informe técnico. Todo este proceso cumple con lo mencionado en la norma y asegura que la prueba se sujeta a los límites de seguridad operacional y proporciona datos relevantes para la evaluación del rendimiento bajo condiciones de carga cercanas al límite máximo permitido.

Respecto a la velocidad como se muestra en la figura 3.3 en el eje de las coordenadas se encuentran las etapas del registro del ensayo, mientras en el eje de las abscisas se posicionan las velocidades expresadas en kilómetros sobre hora. El ensayo debe efectuarse a la velocidad teórica según la normativa, pero se recopiló información de la velocidad real a la que se desarrolló.

Figura 3.3

Velocidad aplicada real vs teórica de la muestra A



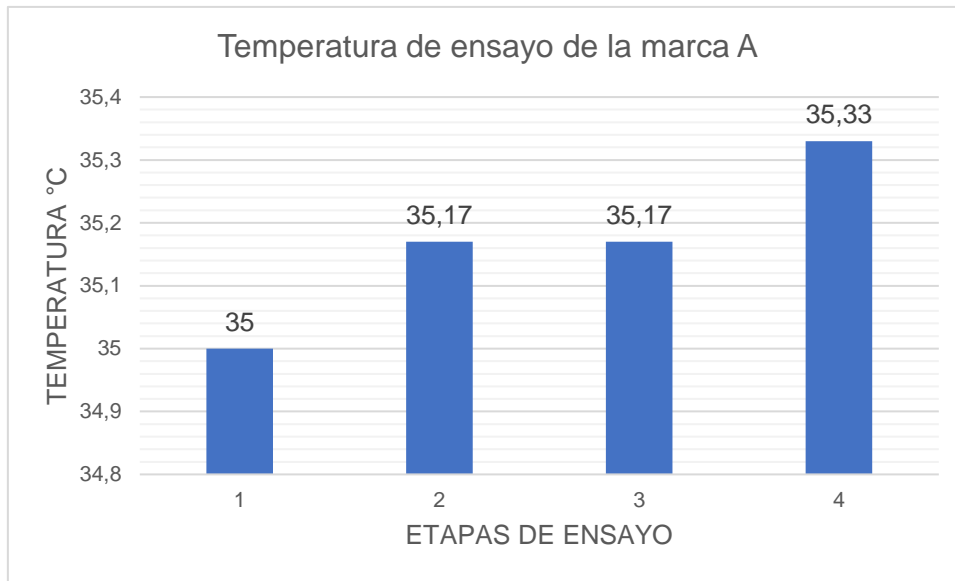
(Autores, 2023)

En el análisis técnico realizado, se constató que la correspondencia entre la velocidad teórica y la velocidad real es congruente, evidenciando una alineación adecuada entre ambas. No se detectaron desviaciones significativas en la velocidad que comprometan la integridad del proceso. Específicamente, en la etapa 2 se identificó una mínima desviación de 0.03 km/h, la cual, aunque leve, es notable dentro del contexto del proceso. Esta desviación, pese a ser menor, debe ser considerada en la evaluación de la precisión y eficiencia del sistema en su conjunto. Los datos registrados están de acuerdo con lo que establece la norma, debido a que la velocidad real no debe ser menor al 99.93 % de la velocidad teórica si se daría lo contrario podemos decir que los equipos están des calibrados, entonces para este caso cumple con los parámetros.

De acuerdo con las especificaciones técnicas impartidas en la normativa, el ambiente de ensayo debe ser regulado y mantenido a una temperatura constante de 35 °C, con un margen de tolerancia de ± 3 °C. Esto implica que la temperatura operativa dentro del cuarto de ensayo no debe descender por debajo de 32 °C ni exceder los 38 °C. Esta condición de control térmico asegura la estandarización de los ensayos y la fiabilidad de los resultados obtenidos, permitiendo que las mediciones sean comparables y consistentes con los parámetros definidos por la norma. Por lo que podemos corroborar que estamos cumpliendo a línea los requisitos.

Figura 3.4

Temperatura de ensayo de la muestra A



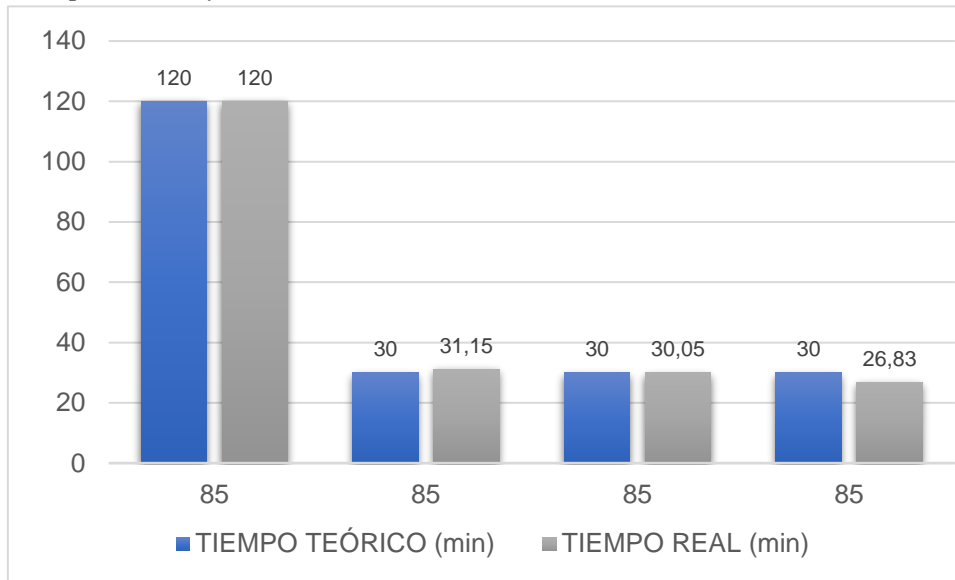
(Autores, 2023)

La gráfica presentada refleja los valores adquiridos en cada fase del proceso, alineándose con los parámetros establecidos en la sección superior del documento. Se constata que la temperatura de ensayo de la habitación, estipulada por la normativa vigente, se ha mantenido dentro de los límites aceptables en todas las fases evaluadas. La medición de la temperatura se realizó con un termohigrómetro, garantizando así la confiabilidad y precisión de los datos recolectados. Este instrumento es esencial para examinar el cumplimiento de los parámetros de prueba y asegurar la integridad de los resultados obtenidos.

Durante la evaluación de resistencia, el neumático fue expuesto a condiciones de prueba por un período continuo de tres horas y treinta minutos. Este lapso no incluye las dos horas de inactividad programadas para el enfriamiento y estabilización del material. Es importante que el protocolo de prueba contempla una cláusula de interrupción automática en caso de detectarse anomalías en las fases uno o tres del proceso. Dicha interrupción es ejecutada por el sensor de seguridad integrado, cuya función es prevenir daños adicionales al material de prueba mediante la detección temprana de desprendimiento de componentes o fallas estructurales del neumático. Esta medida asegura la integridad del equipo y la validez de los datos recopilados durante la prueba.

Figura 3.5

Tiempo de ensayo real vs teórico de la muestra A



(Autores, 2023)

Antes de corroborar con la figura 3.5 el tiempo real no debe ser menor al tiempo teórico, en donde podemos mencionar que el tiempo no está cumpliendo a cabalidad con la normativa o que la muestra fallo antes del tiempo establecido, entonces durante la evaluación temporal del proceso, se constató que la primera fase mantuvo una constancia en el tiempo sin registrar variaciones significativas. Sin embargo, en la segunda fase se identificó una discrepancia de 1,15 minutos respecto al tiempo estipulado.

Prosiguiendo con la tercera fase, se detectó un desfase menor, específicamente de 0,05 minutos. Las tres primeras fases cumplen con la norma mencionada mientras que en la etapa final correspondiente a los últimos 30 minutos del ensayo, se observó una desviación de 3,17 minutos, lo cual indica que la muestra no cumplió con el tiempo asignado, resultando en una falla del procedimiento, es decir a los 26,83 minutos, el sensor de seguridad registró anomalías estructurales en la muestra, lo que llevó a la interrupción automática y conclusión anticipada del ensayo.

3.5.1.2 Fallo del neumático A del rendimiento a alta velocidad

Para la anomalía prematuro antes de alcanzar el intervalo de tiempo previsto. Se identificaron signos visuales de distensión en las áreas laterales, específicamente en la

zona circundante al talón del neumático. La unidad examinada propiedad de la marca Continental, no logró cumplir con los requisitos de la normativa que menciona que después del ensayo no se debe presentar separaciones de las capas o abultamientos en las caras laterales. A pesar de que el sensor activó el protocolo de detención del ensayo en ese momento, se estima que la falla ocurrió aproximadamente 5 minutos antes, ya que se evidenció una deformación progresiva del neumático que culminó con la activación del sensor de seguridad. Es crucial recalcar que, aunque el sensor cumplió su función de detección y registro de la falla, la deformación ya estaba en proceso antes de la interrupción del ensayo, lo que sugiere la necesidad de una revisión de los mecanismos de monitoreo para detectar anomalías con mayor anticipación.

Figura 3.6

Fallo del neumático nacional Continental



(Autores, 2023)

Como se puede apreciar en la Figura 3.6, el neumático evaluado no superó la prueba específica. Sin embargo, este resultado no implica que todos los neumáticos disponibles en el mercado ecuatoriano sean de calidad insuficiente. Es posible que en este caso particular, haya ocurrido un error puntual durante el proceso de fabricación del neumático, tal como una des calibración en los equipos de producción u otro factor aislado. Cabe destacar que, tras la realización del ensayo, la banda de rodadura del neumático no mostró signos de desgaste o desprendimiento de material, lo cual indica

que los componentes utilizados en su manufactura son de alta calidad.

Este hallazgo sugiere que, a pesar del fallo en el ensayo, los materiales empleados para la fabricación del neumático tienen propiedades adecuadas que podrían garantizar un buen rendimiento bajo condiciones normales de uso. Por lo tanto, es importante considerar que este incidente no debe ser visto como un reflejo generalizado de la calidad de los neumáticos en el mercado, sino más bien como una oportunidad para revisar y mejorar los controles de calidad en el proceso de producción, asegurando así la confiabilidad y seguridad de los productos ofrecidos a los consumidores.

En consecuencia, se recomienda realizar un análisis más exhaustivo para determinar la causa y raíz del problema para tomar las medidas correctivas pertinentes, mejorando así la calidad general del producto y manteniendo la confiabilidad del usuario en la industria de neumáticos del Ecuador.

3.5.1.3 Resultados de la marca C del rendimiento a alta velocidad

En el proceso analizado, la variable de carga se observa constante, lo que indica una estabilidad en este parámetro a lo largo del experimento. Por otro lado, las variables de velocidad y tiempo presentan fluctuaciones, reflejando cambios en sus valores numéricos que deben ser cuidadosamente registrados y analizados.

Tabla 3.15

Parámetros de ensayo de la marca C

PARÁMETROS DE ENSAYO					
CARGA %	CARGA APLICADA (kg)	VELOCIDAD TEÓRICA (km/h)	VELOCIDAD REAL (km/h)	TIEMPO TEÓRICO (min)	TIEMPO REAL (min)
85	680	80	80,00	120	120:00
85	680	140	139,90	30	31:07 (31,12)
85	680	150	150,02	30	30:00
85	680	160	159,98	30	30:00

Fuente: (Metálica San Bartolo, 2023, p. 3)

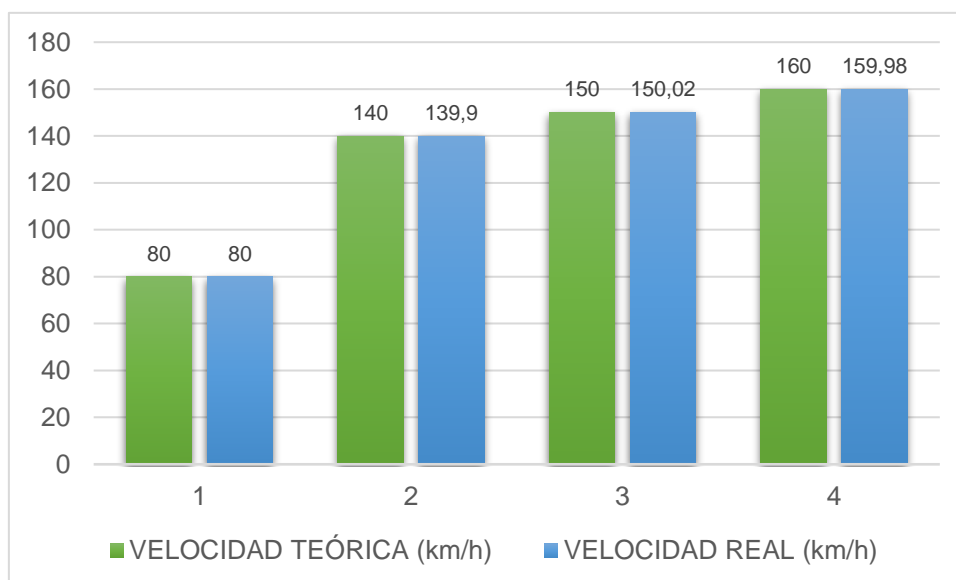
Es importante destacar que, para una correcta interpretación de los datos temporales, es obligatorio convertir las unidades de segundos a minutos, asegurando así la uniformidad en las dimensiones de las variables y facilitando la comparación y el análisis temporal.

Durante la fase experimental, el neumático fue expuesto a una carga axial de 680 kilogramos, representando el 85% de su capacidad de carga máxima permitida. La selección de esta carga se basó conforme a la normativa estudiada explicada en la metodología del documento técnico correspondiente, cabe mencionar que la carga máxima de la muestra es de 800 kg. A lo largo del periodo de prueba, se garantizó la constancia de esta carga para asegurar la correcta interpretación de los datos obtenidos. El objetivo de mantener este nivel de carga fue evaluar de manera precisa el comportamiento y la resistencia del neumático en un escenario que simula condiciones extremas de uso, pero dentro de un entorno controlado y seguro para la integridad de la estructura del neumático.

Como se visualiza en la figura 3.7 en el eje de las coordenadas se encuentran las etapas del registro del ensayo, mientras en el eje de las abscisas se posicionan las velocidades expresadas en kilómetros sobre hora. El ensayo debe efectuarse la velocidad teórica la que establece la norma, pero se recopiló información de la velocidad real a la que se desarrolló el ensayo.

Figura 3.7

Velocidad aplicada real vs teórica de la muestra C



(Autores, 2023)

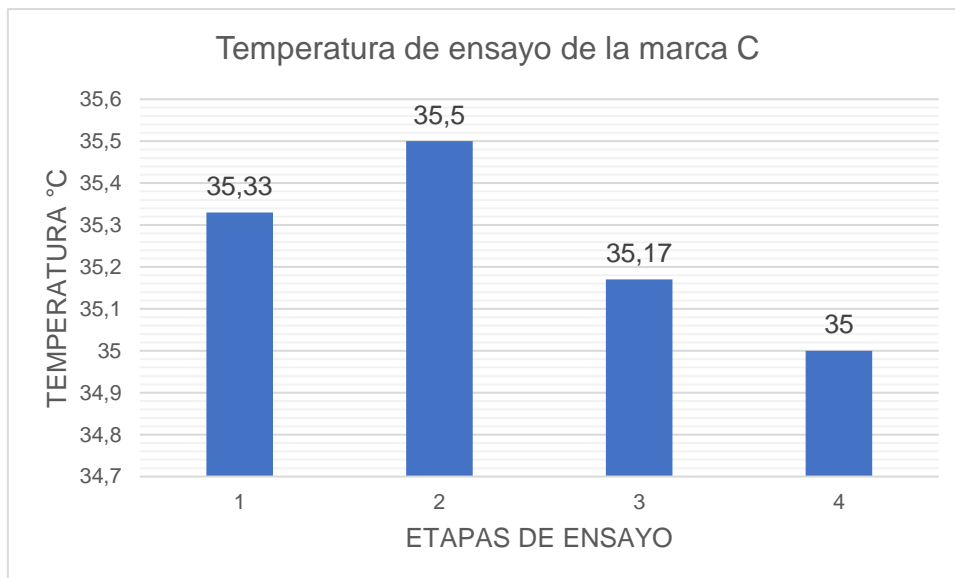
En el análisis técnico de la relación entre la velocidad teórica y la velocidad real, se constató una correlación significativa, evidenciando que ambas velocidades mantienen una congruencia notable, debido a que la norma menciona que el valor real no debe ser menor al 99.93 % del valor teórico. Las desviaciones observadas en la velocidad no son considerables, lo que indica una precisión aceptable en las mediciones.

Específicamente, las desviaciones se identificaron a partir de la segunda etapa y hasta la conclusión del intervalo de tiempo estudiado, registrando errores mínimos de 0.1, 0.02 y 0.02 kilómetros por hora, respectivamente. Estos valores de error, al ser comparativamente bajos, sugieren que el sistema o método utilizado para medir la velocidad cumple con los estándares de la normativa.

De acuerdo con la normativa que estamos estudiando, la temperatura de ensayo requerida es de 35 °C, con un margen de tolerancia de ± 3 °C. Esto implica que la sala de pruebas debe estar regulada para alcanzar y sostener una temperatura ambiente de 35 grados Celsius, permitiendo una variación permisible de hasta 3 grados Celsius por encima o por debajo del valor estipulado, para cumplir con los estándares establecidos.

Figura 3.8

Temperatura de ensayo de la muestra C



(Autores, 2023)

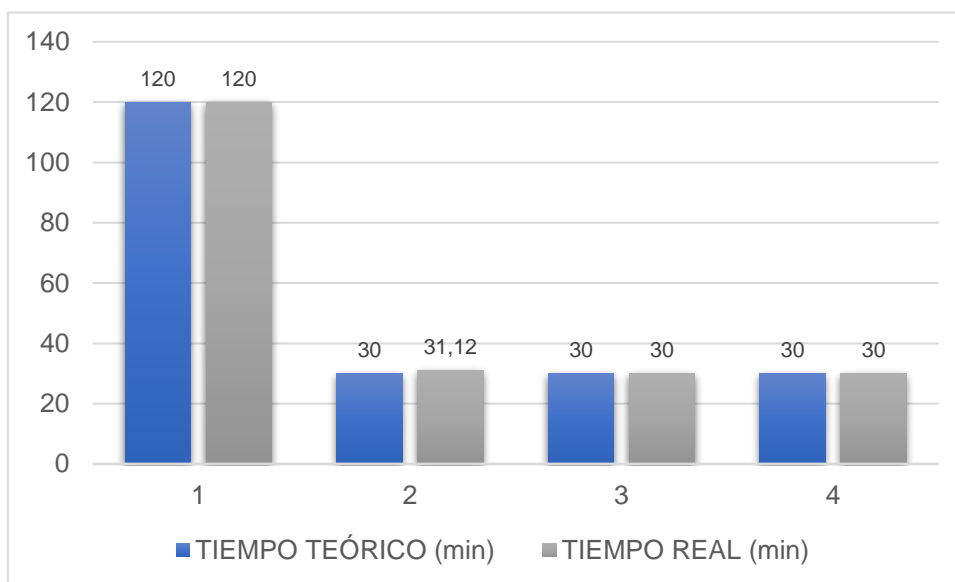
El análisis técnico de los datos presentados en la figura 3.8 indica que los valores

recopilados en cada una de las etapas del proceso están en conformidad con las temperaturas de ensayo estipuladas por la normativa vigente y cumpliendo a cabalidad todos los parámetros que menciona. Esta consistencia en los resultados demuestra la precisión del termohigrómetro utilizado para la medición de la temperatura, lo cual es crucial para garantizar la fiabilidad de los datos recopilados. La correlación directa entre las lecturas del instrumento y los estándares normativos refuerza la validez del procedimiento de ensayo y subraya la importancia de utilizar equipos de medición calibrados y adecuados para la recolección de información precisa y verificable.

La muestra debe cumplir con lo siguiente que el tiempo real no debe ser menor que el tiempo teórico, porque si presenta la otra manera se puede decir que la muestra falló antes del tiempo estipulado o que los equipos estén defectuosos. Entonces completó el ensayo de manera exitosa en un periodo de tiempo de tres horas y treinta minutos. Durante este intervalo, no se registraron incidentes ni desviaciones del procedimiento establecido, lo que indica una ejecución conforme a los parámetros de control.

Figura 3.9

Tiempo de ensayo real vs teórico de la muestra C



(Autores, 2023)

En el análisis técnico del tiempo, se constató que durante la primera etapa del proceso no se registraron variaciones temporales significativas. Sin embargo, en la segunda etapa se identificó una discrepancia de 1,12 minutos respecto al tiempo real esperado. Esta

desviación se considera no dañina dentro del margen de tolerancia del estudio. Para las etapas subsiguientes, tercera y cuarta, no se detectaron desviaciones, manteniéndose los valores dentro de los parámetros establecidos inicialmente. Al concluir el ensayo, se observó que la muestra no presentó fallos operativos ni deformaciones estructurales, lo cual indica que cumple con todas las especificaciones de la norma.

3.5.1.4 Resultados de la marca D del rendimiento a alta velocidad

Durante el proceso de ensayo, la variable de carga permanece invariable, asegurando una consistencia esencial para la integridad de la investigación. Por otro lado, las variables de velocidad y tiempo exhiben fluctuaciones que requieren un análisis detallado. Es importante destacar que, para una representación precisa en el tiempo real, es necesario convertir los valores de segundos a minutos, facilitando así la interpretación y comparación de los datos.

Tabla 3.16

Parámetros de ensayo de la marca D

PARÁMETROS DE ENSAYO					
CARGA %	CARGA APLICADA (kg)	VELOCIDAD TEÓRICA (km/h)	VELOCIDAD REAL (km/h)	TIEMPO TEÓRICO (min)	TIEMPO REAL (min)
85	680	80	80,00	120	120
85	680	140	139,97	30	31:07 (31,12)
85	680	150	149,97	30	30:00
85	680	160	159,93	30	30:00

Fuente: (Metalmecánica San Bartolo, 2023, p.5)

La metodología aplicada en este ensayo sigue los estándares de la industria y se alinea con las prácticas recomendadas para pruebas de carga en neumáticos, asegurando así la validez y la reproducibilidad de los resultados. En conclusión, el ensayo realizado proporciona una visión integral del comportamiento del neumático bajo condiciones controladas, lo que contribuye significativamente al conocimiento de su rendimiento y fiabilidad.

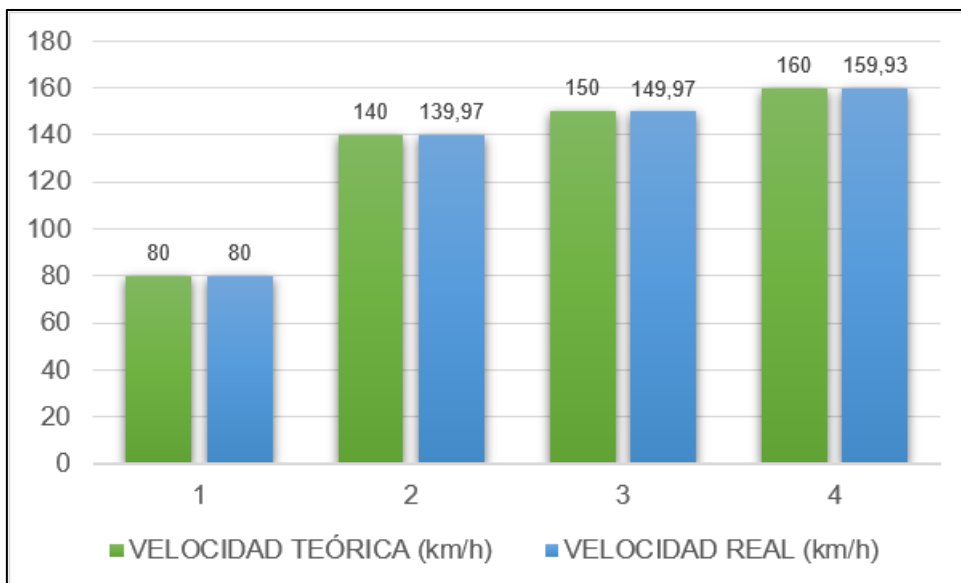
En el presente ensayo, se sometió al neumático a una carga de 680 kg, tanto al inicio como a la finalización de la prueba. Dicha carga corresponde al 85% de la capacidad máxima de carga que el neumático puede soportar, la carga máxima se detalla en la tabla 3.1 del informe. Lo que corresponde al porcentaje de la carga es un parámetro necesario y lo cumplimos de acuerdo a la normativa.

Este procedimiento no solo garantiza la integridad del neumático durante la prueba, sino que también proporciona datos valiosos sobre su comportamiento bajo condiciones cercanas a su límite de carga. Los resultados de este ensayo son cruciales para determinar la durabilidad y la seguridad del neumático en situaciones de uso real, donde es probable que se encuentre con cargas similares a las aplicadas durante la prueba. Por lo tanto, la relevancia de aplicar una carga significativa, pero no extrema, permite evaluar el rendimiento del neumático de manera efectiva sin comprometer su estructura o funcionalidad.

Como se aprecia en la figura 3.10 en el eje de las coordenadas se encuentran las etapas del registro del ensayo, mientras en el eje de las abscisas se posicionan las velocidades expresadas en kilómetros sobre hora. El ensayo debe efectuarse a la velocidad teórica, pero sin embargo se recopiló información de la velocidad real a la que se desarrolló, cabe mencionar que la velocidad real no debe ser menor al 99.93 % de la velocidad teórica.

Figura 3.10

Velocidad aplicada real vs teórica de la muestra D



(Autores, 2023)

En el análisis comparativo entre la velocidad teórica y la velocidad real, se ha constatado una congruencia notable, evidenciando que ambas velocidades se mantienen en estrecha correlación. No se han detectado desviaciones significativas en la velocidad, lo cual indica una precisión considerable en las mediciones realizadas. Al examinar detenidamente la gráfica correspondiente, se puede apreciar que las desviaciones se manifiestan a partir de la segunda etapa y persisten hasta la etapa final.

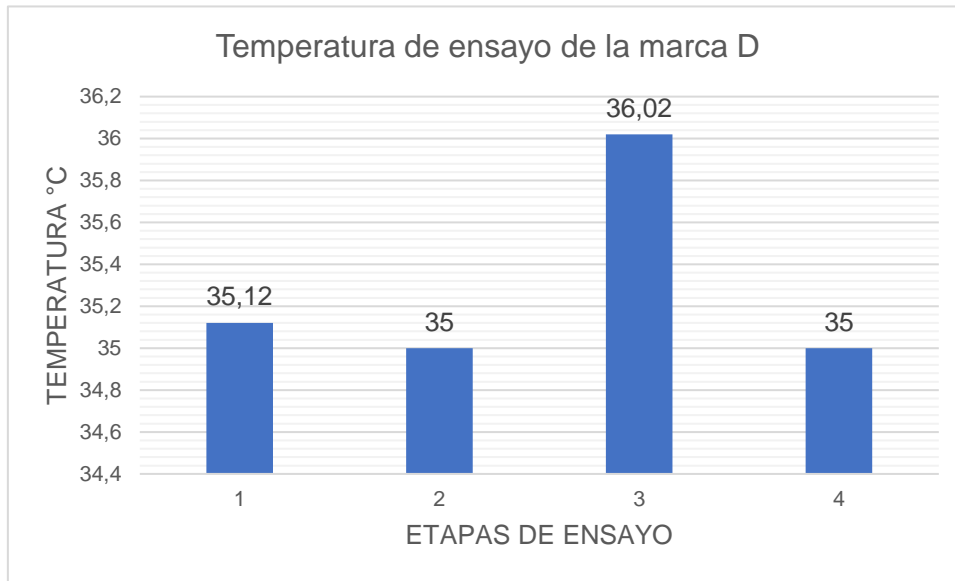
Sin embargo, los valores de error registrados son mínimos, con variaciones de tan solo 0.03, 0.03 y 0.07 kilómetros por hora, respectivamente. Estos resultados sugieren una estabilidad en la velocidad a lo largo de las diferentes etapas, con errores marginales que no comprometen la integridad del estudio. La consistencia de estos hallazgos refuerza la fiabilidad de los procedimientos utilizados para la medición de la velocidad y subraya la precisión de los instrumentos empleados y el cumplimiento de las normas.

De acuerdo con las especificaciones, la temperatura de ensayo requerida debe establecerse en 35 °C, con un margen de tolerancia de ± 3 °C. Esto implica que el ambiente de prueba debe ser regulado y mantenido a una temperatura constante de 35 grados Celsius, permitiendo una variación permisible de hasta tres grados Celsius por encima o por debajo de este valor.

Esta norma asegura la congruencia y fiabilidad de los resultados del ensayo, al proporcionar un entorno controlado y estandarizado para la evaluación de las muestras. La precisión en el mantenimiento de esta temperatura es crucial, ya que desviaciones fuera del rango especificado podrían exponer la integridad de los datos obtenidos. Por lo tanto, es esencial que los equipos de control climático estén calibrados y funcionen correctamente para cumplir con los requisitos de la normativa vigente.

Figura 3.11

Temperatura de ensayo de la muestra D



(Autores, 2023)

La gráfica presentada refleja claramente los valores adquiridos en cada fase del proceso, lo cual, alineándonos con los principios establecidos previamente, demuestra que la temperatura de ensayo requerida por la normativa ha sido satisfecha en todas las etapas. Este cumplimiento es esencial para garantizar la integridad y la validez de los resultados presentes. La precisión de los datos de temperatura, es un factor crítico en este contexto y ha sido asegurada mediante el uso de un termohigrómetro, un instrumento especializado que se describió en la metodología.

Este dispositivo es reconocido por su fiabilidad y exactitud, brindando una información de datos sólida para nuestras conclusiones. La importancia de adherirse a las normas establecidas no puede ser subestimada, ya que proporciona un marco de referencia uniforme y estandarizado, permitiendo comparaciones válidas y la replicación de los ensayos en futuras investigaciones. Además, el seguimiento riguroso de estos parámetros asegura la conformidad con los estándares de seguridad y calidad requeridos en el ámbito profesional.

Figura 3.12

Temperatura interna del neumático

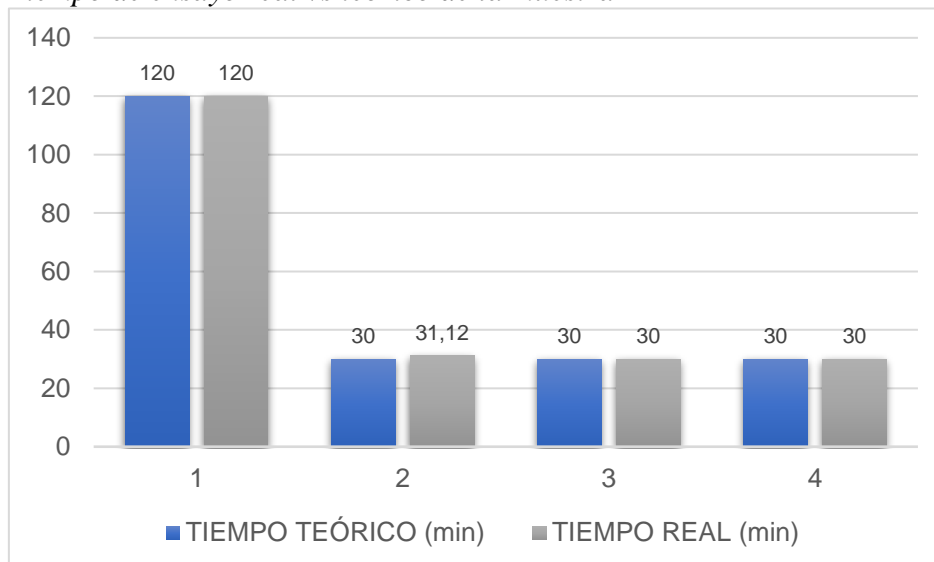


(Autores, 2023)

El tiempo de duración de la prueba mencionada se ha mantenido consistente con los resultados obtenidos en muestras previas. Esto se considera teniendo en cuenta las precauciones establecidas, las cuales indican que el proceso se interrumpirá automáticamente en circunstancia de ser necesario.

Figura 3.13

Tiempo de ensayo real vs teórico de la muestra D



(Autores, 2023)

Durante la fase inicial del proyecto, se observó una consistencia temporal, sin variaciones significativas que afectaran los resultados esperados. Progresando hacia la segunda fase,

se identificó una discrepancia menor, específicamente un desfase de 1,12 minutos en relación al tiempo real proyectado. En las subsiguientes fases, tercera y cuarta, los resultados fueron conforme a lo previsto, manteniendo una estabilidad en los valores sin registrar incidencias de acuerdo a la norma que el tiempo real no debe ser menor al tiempo teórico.

Es relevante destacar que, al concluir el ensayo, la muestra examinada no evidenció fallas ni alteraciones estructurales, lo cual indica una integridad óptima bajo las condiciones de prueba establecidas, cumpliendo a cabalidad todo lo referente en la normativa. La ausencia de deformaciones en la muestra es un indicador positivo que refuerza la calidad del diseño experimental y la precisión de las técnicas de medición empleadas.

3.5.2 Resumen de resultados de los neumáticos

La tabla 3.17 exhibe una síntesis detallada de los datos obtenidos para los neumáticos después de ser sometidos a pruebas rigurosas. Este análisis sintetiza el rendimiento y la durabilidad de los neumáticos bajo condiciones extremas, proporcionando datos valiosos sobre su resistencia y eficacia. Los hallazgos indicados en esta tabla son cruciales para comprender las capacidades de los neumáticos y para guiar futuras mejoras en su diseño y fabricación.

Tabla 3.17

Valores obtenidos de presión de ensayo en las muestras

	Marca A	Marca C	Marca D
Valor teórico		Valor obtenido	
209 kPa	Fallo del neumático	252 kPa	265 kPa
No presenta evidencias visuales	Presenta evidencias visuales	No presenta evidencias visuales	No presenta evidencias visuales

Fuente: (Metálica San Bartolo, 2023, p. 4)

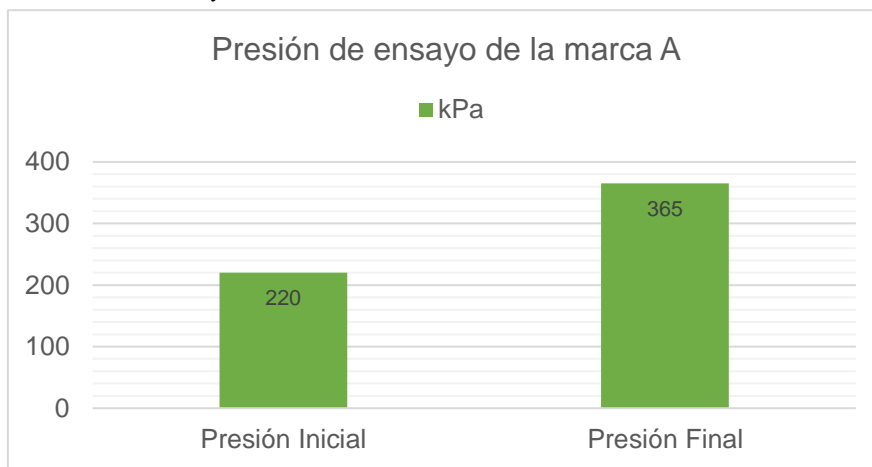
Tras la conclusión de la rigurosa prueba aplicada individualmente a cada uno de los tres neumáticos, se observó que una de las muestras no pudo completar satisfactoriamente el

ensayo tampoco los requisitos que menciona la normativa de la presión final no debe ser inferior al 95 % de la presión inicial de ensayo. Por otro lado, las muestras restantes lograron finalizar la prueba sin incidencias, manteniendo su integridad estructural intacta. Este resultado demuestra la variabilidad en la resistencia de los neumáticos sometidos a condiciones extremas y subraya la importancia de realizar pruebas exhaustivas para asegurar la seguridad y fiabilidad del producto.

Los valores de presión del neumático al inicio y al final del procedimiento indica la recolección de datos que se atribuye al movimiento ininterrumpido de la muestra durante el ensayo. Es importante destacar que la obtención de solo dos puntos de datos restringe la capacidad de evaluar las variaciones de presión a lo largo del experimento, y por ende, puede limitar la comprensión completa de la dinámica del neumático bajo condiciones operativas variables.

Figura 3.14

Presión de ensayo del neumático Continental



(Autores, 2023)

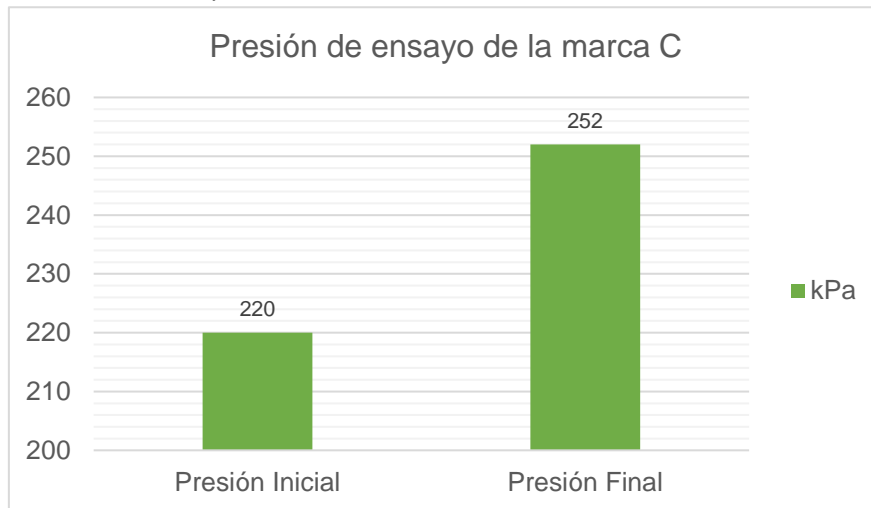
El ensayo comenzó estableciendo una presión inicial de 220 kPa conforme a la normativa, después se recopiló información de la presión final que presentaba un incremento progresivo de 365 kPa. Este valor obtenido excedió la presión máxima de inflado previamente estipulada, lo que resultó en una deformación inevitable del neumático, entonces la muestra A no satisface con los requisitos estipulados por los entes de normalización. Este fenómeno indica que la resistencia de la muestra ante la presión aplicada fue superada, evidenciando así la necesidad de revisar los parámetros de inflado

o las propiedades del material para garantizar la integridad estructural en futuros ensayos.

Respecto a la presión del neumático C solo se obtuvo valores de inicio y final del ensayo, debido al movimiento constante de la muestra.

Figura 3.15

Presión de ensayo del neumático Maxxis



(Autores, 2023)

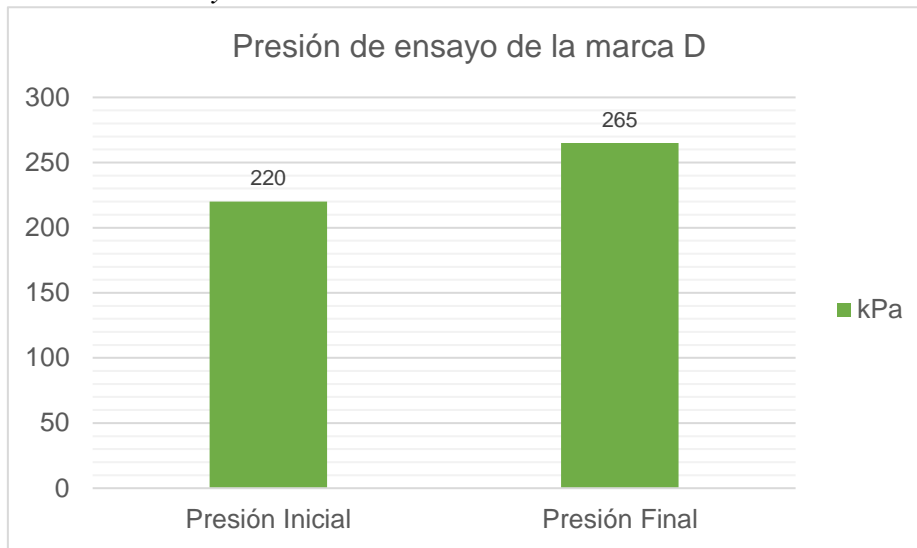
El ensayo se llevó a cabo comenzando con una presión inicial de 220 kPa conforme a lo establecido para luego tomar datos de la presión final, en donde se observó una presión de 252 kPa. Este cambio representa una variación neta de 32 kPa. Se identifica que los factores influyentes en este aumento son la temperatura, la carga aplicada y la velocidad, los cuales tienden a incrementarse durante la realización del ensayo.

Es importante destacar que la muestra examinada conserva su integridad estructural, evidenciado por el hecho de que la presión final registrada no es menor al valor teórico que se indica en la tabla 3.17, es decir que esta muestra satisface con los requisitos mínimos presentes en la norma porque se mantiene por debajo del límite máximo de inflado especificado en la tabla 3.1 del documento técnico correspondiente.

En relación con la medición de la presión del neumático D, se decidió seguir el mismo protocolo empleado en las muestras anteriores. Esta decisión se basó en la consistencia de los datos, ya que únicamente se registraron los valores de presión al inicio y al final del ensayo. Este método se justifica por el movimiento constante de la muestra, lo cual dificulta la obtención de mediciones intermedias fiables.

Figura 3.16

Presión de ensayo del neumático Firestone



(Autores, 2023)

El ensayo inició con una presión inicial de 220 kPa y concluyó con una presión de 265 kPa, lo que indica un incremento de 45 kPa. Este cambio se atribuye a las variables controladas durante el proceso: la temperatura, la carga constante y la velocidad progresiva. Es relevante destacar que la muestra examinada conserva su integridad estructural, evidenciado por el hecho de que la presión final no excede el límite máximo establecido en la tabla 3.1 del informe y cumpliendo con los requisitos de que la presión final no es menor a la presión teórica mostrada en la tabla 3.17 y también que no presenta evidencias de separación de los materiales.

La muestra sigue demostrando una retención de presión óptima, lo cual es un indicativo de que no existe fuga de aire. Complementariamente, la inspección de la banda de rodamiento revela ausencia de desgaste significativo, lo cual sugiere que el material posee propiedades de durabilidad sobresalientes.

3.6 Resultados del ensayo de resistencia a un des asentamiento de pestaña

Lo presente en este ensayo, se llevó a realizar una evaluación detallada del desempeño del neumático Firestone, enfocándose en su comportamiento bajo condiciones específicas de des asentamiento de pestaña. A través de una serie de pruebas rigurosas, se logró recopilar datos significativos que reflejan la capacidad de resistencia y adaptabilidad del neumático. Los resultados obtenidos, que se expondrán en las secciones subsiguientes,

proporcionan una visión integral sobre la eficacia del neumático Firestone en escenarios de uso real, contribuyendo así a un mejor entendimiento de sus características y potencial en el mercado.

3.6.1 Información obtenida del ensayo de la muestra D

El neumático en cuestión ha sido objeto de un exhaustivo proceso de evaluación a través de tres distintas pruebas de laboratorio, diseñadas para determinar su rendimiento y durabilidad bajo condiciones controladas. La primera de estas pruebas fue el ensayo de desasentamiento de pestaña, que tiene como objetivo evaluar la capacidad del neumático para mantener su integridad estructural bajo la presión de desmontaje. Seguidamente, se procedió con el ensayo a alta velocidad, una prueba crítica que simula las condiciones extremas a las que puede estar sujeto el neumático durante su uso en carretera, asegurando así su estabilidad y seguridad operativa. La fase final del proceso de prueba consistió en el ensayo de resistencia a la penetración, que mide la fortaleza del neumático frente a objetos punzantes y otros tipos de impactos directos.

Tabla 3.18

Parámetros generales y condiciones de ensayo de la marca D

DATOS GENERALES					
Dimensión A	250 mm		Velocidad de pistón	(50 ± 1,5 mm/min)	
Ancho de sección (mm)	240		Fuerza máxima	1134 kg	
Acondicionamiento y ensayo					
Temperatura de ensayo y acondicionamiento	Ambiente		Tiempo de acondicionamiento	24 horas	
Fecha/hora y presión inicial de acondicionamiento	2023-07-14	16:00	Fecha/hora y presión final de acondicionamiento	2023-07-18	10:15
	180 kPa			176 kPa	
Fecha/hora y presión inicial de ensayo	2023-07-18	10:17	Fecha/hora y presión final de ensayo	2023-07-18	10:37
	180 kPa			177 kPa	

Fuente: (Metalmecánica San Bartolo, 2023, p.3)

La información indicada en la tabla anterior indican los valores de inicio del ensayo y valores después del ensayo, además de la fuerza máxima que se debe aplicar según la norma en donde menciona que para nuestras muestras la fuerza aplicada no debe ser menor a 1134 kg lo mismo que 11120 N para muestras con ancho de sección mayor o igual que 205 mm, datos que se cumplieron de acuerdo a lo mencionado.

3.6.1.1 Resultados de la marca D sometido a un des asentamiento de pestaña

En el transcurso del experimento, se llevó a cabo la medición de la fuerza ejercida en cuatro puntos distribuidos equitativamente. Posteriormente, se procedió al cálculo del promedio de las fuerzas registradas, con el fin de obtener un valor representativo para el conjunto de datos. Cabe destacar que la fuerza fue medida en kilogramos-fuerza (kgf) y en Newtons (N), unidades que permiten una adecuada comparación y análisis en el contexto de la física aplicada [33].

Tabla 3.19

Fuerza aplicada al neumático de la marca D

Divisiones	Fuerza aplicada (kg)	Fuerza aplicada (N)
1	1138	11152,4
2	1142	11191,6
3	1142	11191,6
4	1153	11299,4
Promedio	1143,75	11208,75

Fuente: (Metalmecánica San Bartolo, 2023, p.3)

El promedio de la fuerza ejercida, medido en los cuatro puntos de contacto, fue de 1143,75 kgf. Para convertir esta medida a newtons, que es la unidad estándar internacional para la fuerza, se realiza una conversión de unidades. Esta conversión es fundamental para poder entender las mediciones y familiarizarse con la precisión en los cálculos y análisis técnicos. Con ello podemos decir que la muestra satisface con los requisitos establecidos por la normativa.

3.6.1.2 Fuerzas Aplicadas en el neumático

En el análisis presentado en la figura 3.17, se contempla una transformación significativa en la magnitud de la fuerza ejercida en cada punto de medición. Esta fuerza, expresada en Newtons, muestra un incremento notable, iniciando con un valor mínimo en el primer punto y alcanzando su máximo en el cuarto punto. Tal comportamiento indica una correlación directa entre la posición de los puntos y la intensidad de la fuerza aplicada. Al concluir el ensayo, es relevante destacar que la muestra mantuvo su integridad estructural, sin evidencia de desplazamiento o deformación visual en las pestañas. Este resultado es indicativo de la robustez del material frente a las condiciones impuestas durante la prueba.

Figura 3.17

Fuerza aplicada en los 4 puntos equidistantes del neumático Firestone



(Autores, 2023)

Por consiguiente, se determinó procedente la realización de pruebas adicionales, previamente mencionadas con el afán de impartir conocimiento en la comprensión de las propiedades mecánicas del material bajo estudio. Los ensayos anteriores que mencionaron nos permitió no solo confirmar la resistencia del material, sino también visualizar los aspectos críticos como su comportamiento elástico, límites de fatiga y potencial de deformación plástica bajo cargas variables. La meticulosidad de este proceso asegura una evaluación exhaustiva, proporcionando información verídica para futuras

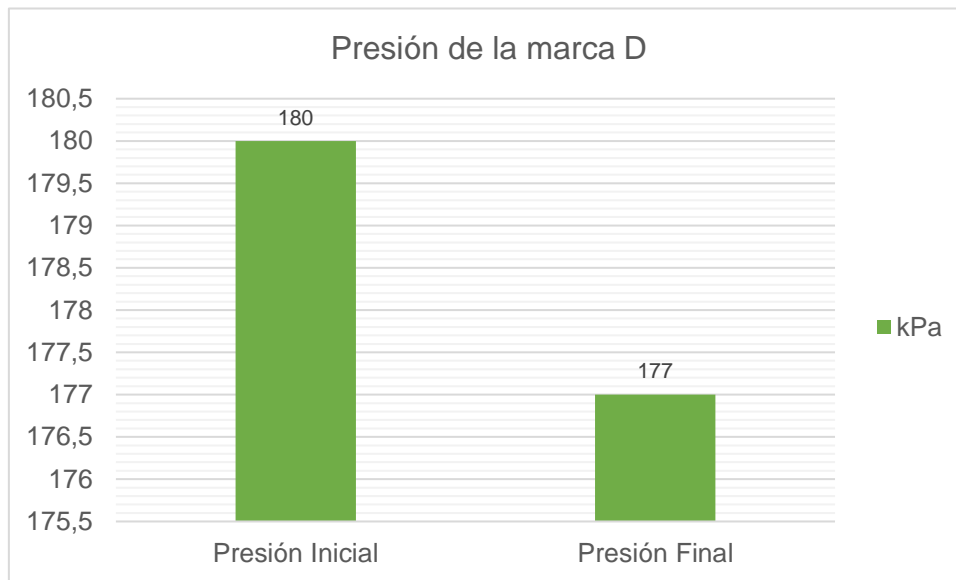
aplicaciones y estudios en el campo de la ingeniería de materiales.

3.6.1.3 Presión del neumático

En relación con la medición de la presión durante los ensayos, se ha seguido un protocolo consistente con los procedimientos previos. Se han registrado meticulosamente los valores de presión al inicio y al final de cada ensayo, garantizando así la precisión y la reproducibilidad de los resultados. Es imperativo destacar la importancia de la seguridad del operador en estos procesos; por ello, se han implementado medidas preventivas rigurosas. Durante la aplicación de la fuerza sobre la muestra, existe la posibilidad de que los materiales se desprendan o fragmenten, lo cual podría representar un riesgo. Por tal razón, se han implantado protocolos de seguridad para minimizar cualquier peligro potencial, asegurando que el área de trabajo esté adecuadamente preparada para contener y gestionar los materiales en caso de desprendimiento.

Figura 3.18

Presión de ensayo del des asentamiento de pestaña del neumático Firestone



(Autores, 2023)

En el inicio del ensayo, la muestra presentó una presión de 180 kPa, la cual se encuentra dentro de los parámetros normativos establecidos en donde menciona que la presión final medida no debe ser inferior al 95 % de la presión inicial de la prueba. Al concluir el ensayo, se observó una leve disminución en la presión, registrándose 177 kPa. Esta

variación de 3 kPa está dentro de los márgenes de tolerancia y no compromete la integridad estructural ni el rendimiento del neumático. Por lo tanto, se considera que la pérdida de presión es insignificante y no tiene un impacto significativo en la funcionalidad del neumático. Dicha variación puede ser atribuida a factores ambientales o a la propia naturaleza del material, y no representa un defecto de fabricación o un riesgo para el usuario, con ello cumplimos los requisitos que están presentes.

Figura 3.19

Revisión de la presión del neumático finalizado el ensayo



(Autores, 2023)

En conclusión, el neumático mantiene sus características de seguridad y eficacia, cumpliendo con las especificaciones técnicas requeridas para su óptimo funcionamiento. Estas prácticas no solo protegen al personal, sino que también preservan la integridad de la muestra y la calidad de los datos recopilados. La implementación de estas medidas es un testimonio del compromiso continuo con la seguridad y la excelencia en el laboratorio.

3.6.2 Resumen de resultado de la muestra Firestone

Como se indica en la Tabla 3.20, se presentan los requisitos específicos a los cuales la muestra debe adherirse. Además, se detallan los valores obtenidos en el ensayo realizado. Es imperativo que la muestra cumpla con estos requisitos para asegurar la integridad y la aceptabilidad de los resultados del ensayo.

Tabla 3.20

Fuerza promedio aplicada al neumático de la marca D

Valor teórico	Valor medido	Evidencias Visuales
1134 kg (11120 N)	Fuerza promedio aplicada 1143,75 kg	No existe des asentamiento de pestaña

Fuente: (Metalmecánica San Bartolo, 2023, p.4)

Tras la ejecución meticulosa del ensayo de des asentamiento de pestaña, se procedió a una evaluación detallada de la muestra. Esta inspección se llevó a cabo con el fin de determinar posibles variaciones en las propiedades físicas de la misma, particularmente en las áreas sujetas a la aplicación de fuerza. Los resultados de la observación fueron concluyentes: la integridad estructural de la muestra se mantuvo inalterada, sin evidencia de deformación o daño y demostrando que cumple con los requisitos establecidos para ser comercializado.

Este hallazgo es indicativo de la robustez inherente de la pestaña y confirma la eficacia del ensayo realizado. La ausencia de cambios morfológicos sugiere que el material posee las cualidades de resistencia necesarias para soportar las cargas aplicadas durante el proceso de prueba.

Figura 3.20

La muestra sometida al ensayo de des asentamiento de la pestaña



(Autores, 2023)

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Tras la investigación se ha determinado que los neumáticos que más se importan al estado ecuatoriano son la marca Maxxis que se sitúa en el segundo puesto y Firestone que se encuentra dentro de las cuatro marcas más importadas, esto de acuerdo al anuario emitido por la asociación de ingenieros automotrices del Ecuador, información que fue recopilada del año 2022 y 2023 referente al sector automotriz, mientras que los neumáticos nacionales mencionados en este proyecto fueron la Continental y General Tire marcas que sobresalen en vehículos de servicio público.
- En el estudio realizado se determina que el neumático Continental no alcanzó los estándares requeridos por las regulaciones pertinentes. Se observó que con la elevación de la temperatura debido a la fricción constante, la muestra perdió características físicas esenciales, formando burbujas en el área lateral. Finalmente, indica una alteración de los componentes del neumático por el calor excesivo durante la prueba. Por tanto, el ensayo de rendimiento a alta velocidad se clasifica como una prueba destructiva.
- Se concluye que los neumáticos internacionales de marcas reconocidas como Firestone y Maxxis, pese a someterse a algunos tipos de ensayos cada muestra no se vieron afectadas por las pruebas, es decir después de cada ensayo no presentaron deformaciones en sus capas, permitiéndonos corroborar que los neumáticos poseen una mejor absorción a impactos respecto al neumático A. Las muestras mantienen componentes que son medios, es decir que tienen buena durabilidad pero su distancia de frenado es largo, su agarre es bueno pero el rendimiento de combustible es bajo, además el confort es bueno cuando circula en calzadas irregulares, mientras que en calzadas uniformes el confort es bajo.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda que las herramientas y los equipos que se utilizan para efectuar los ensayos deben ser calibrados y certificados con el motivo de brindar resultados con errores mínimos de lectura, además los equipos que proporcionan en el laboratorio debe ser manejado por personal preparado y capacitado con el hecho de evitar accidentes e incidentes dentro del laboratorio. Antes de que se vaya a dar inicio a los ensayos se debe contar con los equipos de protección personal por razones de seguridad debido a que puede existir un desprendimiento del material causadas por acumulación de presión de aire.
- Se debe tener en cuenta que para la admisión de neumáticos al laboratorio de pruebas, estos deben cumplir con el criterio de antigüedad estipulado por el fabricante. Específicamente, cada neumático debe ser evaluado dentro de un periodo no superior a cinco años a partir de su fecha de fabricación. Este parámetro asegura que las condiciones del neumático se mantengan dentro de las especificaciones óptimas para una evaluación precisa de su rendimiento y seguridad.
- Se recomienda que para futuras investigaciones respecto al neumático fallido se realice el mismo método de ensayo con las mismas características de la muestra presente en este documento, con el propósito de obtener una recopilación de información adicional y observar si la muestra nueva también presenta cambios físicos durante o después de la prueba.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. Chasiquiza, “Evaluación Del Desgaste De Neumáticos Por Causa De Falta De Balanceamiento,” Universidad Técnica del Norte, Ibarra, 2019. Accessed: Jul. 20, 2022. [Online]. Available: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/9578/2/04%20MAUT%20095%20TRABAJO%20DE%20GRADO%20.pdf>
- [2] A. Flores and H. Idrovo, “Estudio De La Adeherencia Según El Tipo De Desgaste Del Neumático,” Universidad Internacional del Ecuador, Quito, 2018. Accessed: Jul. 20, 2022. [Online]. Available: <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/2478/1/T-UIDE-1770.pdf>
- [3] INEN, “NEUMÁTICOS TIPO II y TIPO III. MÉTODOS DE ENSAYO,” Quito, 2012. Accessed: Jul. 19, 2022. [Online]. Available: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2097-1.pdf>
- [4] R. Tik, “Los neumáticos son una gran fuente de contaminación por plástico,” National Geographic. Accessed: Jun. 15, 2022. [Online]. Available: <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/2019/09/neumaticos-gran-fuente-contaminacion-plastico>
- [5] A. Nuñez and S. Sánchez, “Análisis comparativo del comportamiento dinámico de neumáticos nuevos radiales rin 15, con respecto a neumáticos reencauchados en frío y en caliente del mismo rin,” Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2017. Accessed: Jan. 21, 2024. [Online]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/17030/1/CD-7611.pdf>
- [6] D. Quispe and B. Carlosama, “ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS DE UN NEUMÁTICO NUEVO DE COMERCIALIZACIÓN NACIONAL MEDIANTE ENSAYOS ESTABLECIDOS EN LA NORMA NTE INEN 2097:2012,” ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, Riobamba, 2021. Accessed: Jul. 18, 2022. [Online]. Available: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/15469>
- [7] G. Rosillo and A. Caicedo, “Estudio de factibilidad para la exportación de llantas general Tire Grabber At de producción Ecuatoriana a Chile, para el año 2014,” Universidad Internacional del Ecuador, Quito, 2015. Accessed: May 29, 2023. [Online]. Available: <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/628>
- [8] J. P. De la Torre, *Eso no estaba en mi libro de historia del automovilismo*.

- Editorial Almuzara, 2021. [Online]. Available:
<https://books.google.com.ec/books?id=0NtFEAAAQBAJ>
- [9] M. Lage Marco, *El automovil y su entorno: la seguridad a traves de la historia*. Universidad de Jaen, 2022. [Online]. Available:
<https://elibro.net/es/lc/utnorte/titulos/212764>
- [10] F. Aparicio, C. Vera, and V. Díaz, “Interacción entre el vehículo y la superficie de rodadura,” in *Teoría de los vehículos automóviles*, 2da Edición., Madrid, 2016, pp. 1–554.
- [11] Manual del Automóvil Reparación y Mantenimiento, “Neumáticos,” in *Manual del Automóvil Reparación y Mantenimiento*, MMV., vol. 15, S. A. CULTURAL and Polígono Industrial Arroyomolinos, Eds., MADRID - ESPAÑA, 2005, pp. 1059–1070.
- [12] R. Bosch, *Manual de la técnica del automóvil*, 4a Edición. Alemania, 2005.
- [13] G. Castro, “Reutilización, Reciclado y Disposición Final de Neumáticos,” academia.edu. Accessed: Apr. 12, 2023. [Online]. Available:
https://www.academia.edu/6463476/Reutilizacion_Reciclado_y_Disposicion_final_de_Neumatico
- [14] CONTINENTAL, “Tyre Databook,” 2022. [Online]. Available:
www.continental-tires.com
- [15] BRIDGESTONE, “TRUCK TIRE DATA BOOK 2022 VERSION 22.1 Bridgestone Commercial Solutions,” 2022. [Online]. Available:
www.BridgestoneTrucktires.com
- [16] R. Bosch, *Automotive Handbook*. 2022.
- [17] A. Cabezas, D. Sosa, and R. Hidalgo, “Estudio de la seguridad vehicular en la UIDE, mediante la norma ECE 30, literal 6.3.3,” Universidad Internacional del Ecuador, Quito, 2017. Accessed: May 30, 2023. [Online]. Available:
<https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/2013>
- [18] B. Guillermo, “Ángulo de deriva y agarre lateral,” km77.com. Accessed: Feb. 06, 2024. [Online]. Available:
<https://www.km77.com/tecnica/bastidor/angderiva/t01.asp>
- [19] R. Perez and F. Roman, “Estudio del desempeño de un neumático reencauchado tipo 3 mediante el ensayo de carga y velocidad determinado en la norma NTE INEN 2616:2018,” Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, 2021. Accessed: Feb. 06, 2024. [Online]. Available:

- <http://dspace.esepoch.edu.ec/bitstream/123456789/16025/1/65T00411.pdf>
- [20] R. Bosch, “Chassis systems,” in *Automotive Handbook*, 2014, pp. 1–1544.
- [21] J. Molina, “Máquina para ensayo de neumáticos de motocicletas,” 2020. Accessed: Apr. 13, 2023. [Online]. Available: <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/3968/direccion/>
- [22] Vulco, “Significado de las etiquetas de los neumáticos,” vulco.es.
- [23] AEADE, “Cifras del sector automotor en el 2022,” Quito, 2022. Accessed: May 30, 2023. [Online]. Available: <https://www.aeade.net/wp-content/uploads/2022/03/Anuario-Aeade-2021.pdf>
- [24] AEADE, “Cifras del sector automotor en el 2023,” 2023. Accessed: May 29, 2024. [Online]. Available: <https://www.aeade.net/anuario/>
- [25] Maxxis, “Etiqueta europea del neumático maxxis,” llantas.com.ec. Accessed: Oct. 29, 2023. [Online]. Available: <https://www.llantas.com.ec/llantas-maxxis/bravo-series-at-771/225-70r15-100s/0101022320269200348>
- [26] Firestone, “Etiqueta europea del neumático firestone,” lacasadelneumatico.com. Accessed: Oct. 29, 2023. [Online]. Available: <https://www.lacasadelneumatico.com/firestone-vanhawk-2-225-70r15-112-s-verano-furgonetas>
- [27] General tire, “Etiqueta europea del neumático general tire,” generaltire.com.ec. Accessed: Oct. 29, 2023. [Online]. Available: <https://www.generaltire.com.ec/car/tyre-know-how/monitor-technology/>
- [28] Continental, “Etiqueta europea del neumático continental,” continental-neumaticos.es. Accessed: Oct. 29, 2023. [Online]. Available: <https://www.continental-neumaticos.es/b2c/car/tires/vancontact-a-s-ultra/?articleID=04519320000&searchMode=sbs&widthMM=225&aspectRatio=70&rimDiameterInch=15&loadSpeedIndex=112/110S&season=All%20Season>
- [29] INEN, “NEUMÁTICOS. NEUMÁTICOS TIPO II Y TIPO III. REQUISITOS,” Quito, Sep. 2017. Accessed: May 31, 2023. [Online]. Available: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_%202099.pdf
- [30] Metalmecánica San Bartolo, “Informe de ensayo MSB 13 - 23,” Quito, Jul. 2023.
- [31] Metalmecánica San Bartolo, “Informe de ensayo MSB 14 - 23,” Quito, Jul. 2023.
- [32] Metalmecánica San Bartolo, “Informe de ensayo MSB 15 - 23,” Quito, Jul. 2023.
- [33] Metalmecánica San Bartolo, “Informe de ensayo MSB 16 - 23,” Quito, Jul. 2023.

ANEXOS

ANEXO I

Figura I.1 Visita al laboratorio de llantas del EPN



ANEXO II

Figura II.1 Adquisición de la muestra Maxxis



Figura II.2 Adquisición de las muestras Continental y General Tire

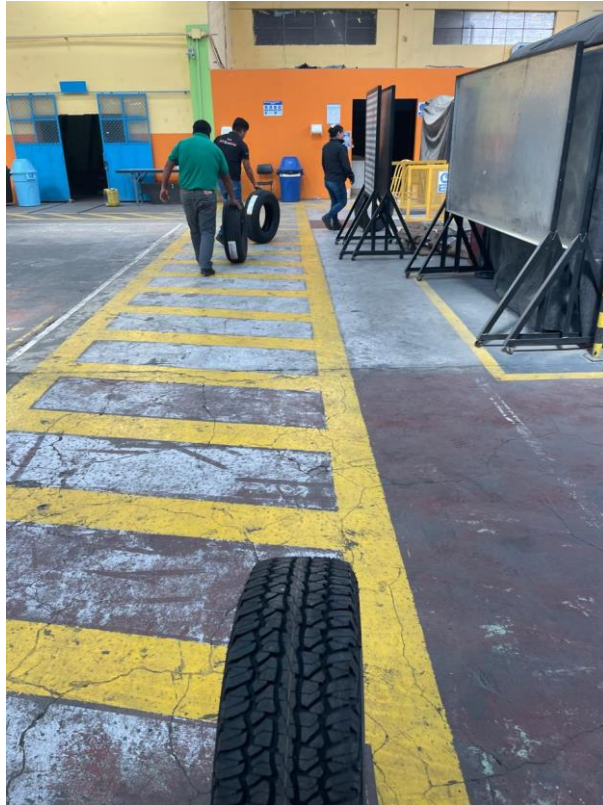


Figura II.3 Adquisición de la muestra Firestone



ANEXO III

Figura III.1 Ingreso de las muestras al laboratorio





ANEXO IV

Figura IV.1 Visita interna del laboratorio de llantas



ANEXO V

Figura IV.1 Informe del ensayo de la muestra A

 ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL METALMECÁNICA SAN BARTOLO LABORATORIO DE LLANTAS			
RE-00	HOJA DE ROTULADO	Revisión	Fecha de emisión
		02	2021-05-26
Producto:	Neumático	Tamaño:	225/70R15
Marca Comercial:	CONTINENTAL	Servicio:	Pasajeros
Tipo:	Tipo III	Fecha de inspección:	2023-07-11
Nuevas:	6995-09-23	Rencauchadas:	-
ROTULADO DE NEUMÁTICOS. NTE INEN 2099-2017 6. Rotulado			
Requisitos Exigidos		Observaciones	
Los neumáticos deben tener en la banda de rodamiento y espaciados uniformemente, por lo menos, el número de indicadores de desgaste y de la altura mínima para aros con designación ≥ 12 un número mínimo de 6 indicadores		6 indicadores espaciados uniformemente	
En el hombro del neumático debe existir un símbolo que indique la posición de los indicadores de desgaste.		Twi	
Información en español y/o inglés, independiente de que pueda estar en otros idiomas adicionales		Inglés	
Designación del tamaño		225/70R22.5	
Nombre del fabricante o razón social o marca registrada		Continental	
Leyenda que identifique el país de origen		Ecuador	
Capacidad de carga en kg o índice de carga máxima		Standard Load 900 kg 104	
Presión máxima de inflado para carga simple y para carga dual, según aplique		350 kPa	
Límite de velocidad		"T" 190 km/h	
Identificación del tipo de estructura de la carcasa: – Palabra "radial", o su símbolo "R" inserto en la designación Palabra diagonal (bias) o diagonal cinturada (bias belted), o su símbolo "*" inserto en la designación del tamaño		Radial	
Nombre genérico de cada material utilizado en las cuerdas del área lateral y del área de rodamiento		Tread: Polyester + Steel + Polyamide Sidewall: Polyester	
Número real de pliegos en la cara lateral y el número real de cinturones en el área de rodamiento, si son diferentes ¹		Tread: 2 + 2 + 2 Sidewall: 2	
Palabras: "con tubo" y/o "Tube Type", "sin tubo" y/o "Tubeless", o equivalentes, según aplique		Tubeless	
Norma NTE INEN de referencia ó una marcación o símbolo indicando que el neumático cumple con los reglamentos de los siguientes organismos internacionales reconocidos: "DOT" (Department of Transport of the United States of America) y/o la marca de aprobación de la Comisión Europea		DOT 11HO4814V 4422	
Las siglas M+S (o M&S) cuando se trata de neumáticos para lodo o nieve		M + S	
Palabra "REMARCABLE" y/o "REGROOVABLE", según aplique		-	
Palabra "REFORZADO" y/o "REINFORCE", cuando el neumático posea una estructura reforzada		-	
Identificación de la fecha de fabricación, mediante un grupo de 4 números (semana-año)		4422	