

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA



**OPTIMIZACIÓN DE LA METROLOGÍA EN LOS  
DISPOSITIVOS PARA LA MEDICIÓN DE  
PRESIÓN DE AIRE EN NEUMÁTICOS**

PRESENTADO POR:

**CÉSAR FRANCISCO HENRÍQUEZ AVELAR  
JUAN ANTONIO SÁNCHEZ ROSALES  
MARCOS ISRAEL SANDOVAL REGALO  
WILBER ENRIQUE VÁSQUEZ AGUILAR**

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

**INGENIERO MECÁNICO**

CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIO 2025

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR :**

**MSc. JUAN ROSA QUINTANILLA**

**SECRETARIA GENERAL :**

**Lic. PEDRO ROSALÍO ESCOBAR CASTANEDA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**DECANO :**

**M.Sc. e Ing. LUIS SALVADOR BARRERA MANCÍA**

**SECRETARIO :**

**Arq. RAÚL ALEXANDER FABIÁN ORELLANA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**DIRECTOR :**

**M.Sc. e Ing. GUSTAVO SALOMÓN TORRES RÍOS LAZO**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

**INGENIERO MECÁNICO**

Título :

**OPTIMIZACIÓN DE LA METROLOGÍA EN LOS  
DISPOSITIVOS PARA LA MEDICIÓN DE  
PRESIÓN DE AIRE EN NEUMÁTICOS**

Presentado por :

**CÉSAR FRANCISCO HENRÍQUEZ AVELAR  
JUAN ANTONIO SÁNCHEZ ROSALES  
MARCOS ISRAEL SANDOVAL REGALO  
WILBER ENRIQUE VÁSQUEZ AGUILAR**

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor :

M.Sc. e Ing. LEYLA MARINA JIMÉNEZ MONROY

San Salvador, julio de 2025

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor :

**M.Sc. e Ing. LEYLA MARINA JIMÉNEZ MONROY**

Tribunal Evaluador:

F. \_\_\_\_\_

**M.Sc. e Ing. Leyla Marina Jiménez Monroy**

F. \_\_\_\_\_

**M.Sc. e Ing. Miguel Tomás Amaya Gómez**

F. \_\_\_\_\_

**Ing. Mario Alberto Monge**

## **Resumen**

El correcto ajuste y verificación de la presión en neumáticos constituye un elemento fundamental para el desempeño del vehículo, la eficiencia energética y la seguridad vial. La precisión de esta medición depende en gran medida del uso adecuado y del estado funcional de los manómetros utilizados en estaciones de servicio. La presente investigación, desarrollada en estaciones de servicio ubicadas a lo largo de la carretera que conecta Sonsonate con Santa Tecla, se centra en el fortalecimiento del sistema metrológico aplicado a los dispositivos de medición de presión, considerando normativas, procedimientos técnicos y prácticas operativas.

Con el objetivo de comprender el panorama actual y proponer acciones de mejora, se analiza la gestión del servicio, los procedimientos seguidos por los operadores de pista, los tipos de manómetros empleados y el comportamiento de estos dispositivos bajo distintas condiciones de presión. A partir de los resultados obtenidos, se presenta una guía de buenas prácticas que incorpora recomendaciones técnicas internacionales, como las establecidas en la OIML R23. Esta guía tiene como propósito implementar un control metrológico que contribuya al fortalecimiento del conocimiento y las competencias técnicas del personal operativo, así como a la estandarización de los procesos de ajuste y verificación de presión, promoviendo así la mejora continua de la calidad del servicio.

**Palabras clave:** Metrología, Normativas, Manómetros, Incertidumbre, Verificación de presión, Estaciones de servicio.

## **Dedicatoria.**

Este trabajo de graduación está dedicado con todo mi cariño y gratitud a las personas que han sido fundamentales en mi vida y en la realización de este logro:

A mis padres, Patricia Avelar y Julio Henríquez, quienes han sido los pilares de mi formación personal y académica. Gracias por su amor incondicional, por estar presentes en cada etapa de mi vida y por enseñarme, con su ejemplo, el valor del esfuerzo y la integridad. A mi madre, por ser mi modelo de trabajo duro, perseverancia y disciplina; su dedicación constante ha sido una fuente de inspiración. A mi padre, por haberme mostrado desde temprana edad el fascinante mundo de la ingeniería y por inculcarme la importancia de la ética y la responsabilidad en cada paso que doy.

A mi hermano, César Henríquez, por ser un apoyo firme en los momentos en que más lo necesité, por su comprensión, sus palabras de ánimo y por recordarme siempre que no estoy solo en este camino.

A mi pareja, Marcela Brito, por estar siempre presente con su amor, paciencia y compañía incondicional. Ha sido mi motivación constante para no rendirme y seguir adelante incluso en los momentos más difíciles. Su fe en mí ha sido un apoyo firme y constante que me sostuvo incluso en los momentos más inciertos.

César Francisco Henríquez Avelar.

## **Dedicatoria.**

Este trabajo de graduación va dedicado especialmente a mi madre, Santos Guadalupe Rosales de Sánchez, y a mi padre, Juan Antonio Sánchez Gallardo, quienes, con su sacrificio y esfuerzo, forjaron a la persona que soy actualmente. Me han acompañado desde el inicio de mis estudios y, a pesar de cualquier obstáculo que se haya presentado en el camino, nunca han dejado de animarme para que sea mejor cada día. También está dedicado a mis hermanos, quienes han estado presentes para escucharme y aconsejarme durante todo mi proceso de formación, en días sin espacios para descansar y en esas noches de desvelo.

Juan Antonio Sánchez Rosales.

## **Dedicatoria.**

La presente tesis se la dedico a mi familia, cada logro que alcanzo lleva consigo su sacrificio silencioso y diario. Gracias por esforzarse un poco más allá de sus propios límites todos los días, por darme la oportunidad de estudiar, aun cuando muchos les sugerían que era mejor ponerme a trabajar.

Ustedes siempre respondieron que estudiar no era fácil, pero que estaban dispuestos a luchar para que yo tuviera una vida menos difícil y con más oportunidades que la que a ustedes les tocó vivir; gracias a su apoyo incondicional pude concluir mi carrera.

A mis padres en especial, este logro académico es un reflejo del incansable esfuerzo que han invertido para brindarme una educación sólida. Cada sacrificio que han hecho, cada día de trabajo duro y cada decisión que tomaron en mi nombre son el fundamento de mi éxito. Su dedicación y compromiso con mi educación son un regalo que valoro más allá de las palabras, por ello esta tesis es un tributo a su legado y a la eterna admiración que siento por ustedes, me llena de orgullo honrarlos de esta manera. Gracias por ser los mejores padres.

Marcos Israel Sandoval Regalo.

## **Dedicatoria.**

A mis padres y hermanos, con todo mi amor y gratitud.

Dedico este trabajo a quienes han sido mi mayor fuente de fortaleza y motivación desde el inicio de este camino. A mis padres, por su dedicación incansable y por confiar en mí, por enseñarme con su ejemplo el valor del esfuerzo y la responsabilidad.

A mis hermanos, por su compañía incondicional, por cada palabra de ánimo, cada gesto de apoyo y cada espacio compartido que me brindó descanso y alegría en medio del esfuerzo. Su presencia ha sido un recordatorio constante de que no camino solo, de que pertenezco a una familia que me impulsa a dar siempre lo mejor de mí. Este logro no es únicamente mío; es también de ustedes.

Wilber Enrique Vásquez Aguilar.

## **Agradecimiento.**

Quiero agradecer a Dios, por haberme dado la fuerza, sabiduría y esperanza necesarias para culminar esta etapa de mi vida.

Agradezco de corazón a mi familia, por su fe inquebrantable en mí, por apoyarme en los momentos buenos y también en los difíciles, por sus palabras de aliento, su paciencia y su amor constante.

A mis compañeros de tesis, con quienes compartí largas horas de trabajo, desafíos y aprendizajes. Gracias por su compromiso, esfuerzo y compañerismo durante esta última etapa.

A mis amigos cercanos, quienes a pesar de la distancia siempre estuvieron pendientes de mí, brindándome su apoyo emocional, escuchándome cuando más lo necesitaba y celebrando conmigo cada pequeño avance. Su presencia, aún desde lejos, fue un gran impulso.

Finalmente, a mis docentes y formadores, por compartir sus conocimientos y por haberme transmitido valores y principios profesionales que hoy forman parte de mi manera de ver y ejercer la ingeniería.

César Francisco Henríquez Avelar.

## **Agradecimiento.**

En primer lugar, darle gracias a Dios por darme el don de la vida y por regalarme sabiduría para culminar mi proceso de formación profesional.

Asimismo, agradezco a mi madre y mi padre por darme el apoyo para que siguiera mi sueño de volverme ingeniero mecánico.

También quiero expresar mi agradecimiento a mi Docente asesor, MSc. e Ing. Leyla Monroy, una excelente mujer, con un gran corazón y vocación. Sin duda, su aporte en la formación de nuevos profesionales es inigualable y de alta calidad.

Por último y no menos importante, a mis compañeros de grupo, especialmente a Wilber y Marcos, con quienes pude compartir la mayor parte de la carrera, como grupo tuvimos momentos felices y otros no tanto, pero siempre perseverantes y optimistas para lograr el objetivo de ser profesionales.

Juan Antonio Sánchez Rosales.

## **Agradecimiento.**

A mis padres, Israel Sandoval Oliva y Dina Idalia Regalo de Sandoval, por ser mi sostén incondicional en cada etapa de este camino. Gracias por enseñarme el valor del esfuerzo, por creer en mí cuando yo dudaba y por acompañarme con paciencia y amor. ¡Los amo profundamente!

A mi hermana Idalia Sandoval, por su apoyo constante y su ánimo inquebrantable que me acompañaron en todo momento.

A mis amigos, que siempre estuvieron para mí. Sin que se dieran cuenta, me salvaron una y otra vez con su compañía, su apoyo incondicional y su simple presencia en los momentos más difíciles. No mencionarlos sería pasar por alto algo esencial, porque en cada paso estuvieron conmigo, sosteniéndome incluso sin saberlo. Gracias, de corazón, a Brian Umaña, Kevin Moreno, Nathaly Tejada, Evert León y David Luis Vargas. Esta tesis también es de ustedes. ¡Los quiero mucho!

A ti, Alejandra Cortez, gracias por estar a mi lado con paciencia y amor en los momentos en que ni yo creía en mí. Tu apoyo silencioso, tus palabras de ánimo y tu presencia constante fueron un refugio en medio del caos.

A la M.Sc. e Ing. Leyla Marina Jiménez Monroy, mi asesora de tesis, gracias por su compromiso y por compartir su conocimiento con generosidad y paciencia. Su acompañamiento fue clave en este proceso. Estoy profundamente agradecido por su apoyo académico y humano.

A mis compañeros de tesis, gracias por compartir conmigo horas de trabajo, discusiones, aprendizajes y también momentos de incertidumbre que se volvieron más llevaderos con su compañía.

“Nada en este mundo es más hermoso que lo que nos hace frágiles.” —José Madero

Marcos Israel Sandoval Regalo.

## **Agradecimiento.**

Agradezco a Dios, por haberme dado la oportunidad, la salud y la perseverancia para llegar hasta aquí, a mi familia, por estar siempre presente, por creer en mí y por acompañarme en todo momento, con paciencia, comprensión y cariño.

Agradezco también a los amigos y a quienes compartieron conmigo este camino como parte del grupo de trabajo, por su compañía, sus aportes, el apoyo mutuo y por convertir este proceso en una experiencia más llevadera. A la docente asesora, por su orientación, disposición y valiosos aportes, que guiaron cada etapa de este trabajo.

Cada palabra escrita, cada esfuerzo, y cada aprendizaje adquirido ha sido posible gracias a quienes me rodean. Este logro no es solo personal, es compartido con todos los que de una u otra forma, hicieron parte de esta etapa.

Wilber Enrique Vásquez Aguilar.

## Índice

<b>Generalidades .....</b>	<b>20</b>
i. Planteamiento del problema .....	20
ii. Justificación.....	21
iii. Objetivos .....	22
Objetivo general.....	22
Objetivos específicos .....	22
iv. Alcances .....	23
v. Limitaciones .....	23
<b>Capítulo 1: Marco teórico .....</b>	<b>25</b>
1.1. Antecedentes de la metrología.....	25
1.2. Aspectos básicos de metrología.....	26
1.2.1. Ramas de la metrología.....	27
1.2.2. Resultado de una medición. Elementos fundamentales .....	28
1.2.3. Tipos de incertidumbres .....	29
1.3. Presión.....	32
1.3.1. Sistema de aire comprimido.....	33
1.3.2. Influencia de la presión en neumáticos.....	34
1.4. Dispositivos para la medición de presión en neumáticos.....	37
1.4.1. Manómetro estándar.....	38
1.4.2. Manómetro tipo varilla.....	39
1.4.3. Manómetro tipo digital.....	42
1.5. Neumáticos de vehículos.....	44
1.5.1. Composición.....	44
1.5.2. Tipos y clasificación.....	47
1.5.3. Grabado y simbología.....	49
1.6. Estaciones de servicios.....	53
1.7. Normativas y estándares.....	54
1.8. Procedimientos para la toma de presión en neumáticos.....	57
<b>Capítulo 2: Metodología.....</b>	<b>59</b>
2.1. Diseño y tipo de enfoque.....	59

2.1.1. Tipo de alcance. ....	59
2.2. Población y muestra. ....	60
2.2.1. Población. ....	60
2.2.2. Muestra. ....	60
2.3. Modalidad de la investigación. ....	62
2.3.1. Revisión bibliográfica. ....	62
2.3.2. Visita de campo. ....	63
2.4. Técnica de recolección de datos. ....	63
2.5. Diseño de formatos de recolección de datos. ....	64
2.6. Selección de manómetro patrón. ....	65
<b>Capítulo 3: Análisis de datos. ....</b>	<b>68</b>
3.1. Ubicación y participación: estaciones de servicios y usuarios. ....	68
3.2. Perspectiva sobre ajuste y verificación de presión en neumáticos. ....	71
3.2.1. Nivel de conocimiento de presión solicitada. ....	71
3.2.2. Conocimiento del impacto de la presión en neumáticos de vehículos. ....	74
3.2.3. Control y monitoreo de presión. ....	77
3.3. Gestión del servicio y verificación de presión en neumáticos. ....	78
3.3.1. Disposición del servicio. ....	78
3.3.2. Tipos de manómetros. ....	79
3.3.3. Control de funcionamiento y mantenimiento. ....	80
3.3.4. Almacenamiento y resguardo. ....	89
3.3.5. Vida útil. ....	89
3.3.6. Adquisición de manómetros. ....	90
3.3.7. Normativa. ....	92
3.4. Evaluación en la toma de medición de presión. ....	93
3.4.1. Estado de manómetros. ....	93
3.4.2. Procedimiento en servicio de ajuste y verificación de presión. ....	96
3.4.3. Incertidumbres consideradas en las mediciones. ....	98
3.4.4. Fiabilidad de los manómetros. ....	102
3.4.5. Fiabilidad del servicio ajuste y verificación de presión. ....	106
<b>Capítulo 4: Guía de buenas prácticas. ....</b>	<b>110</b>
4.1. Puntos de mejora en la calidad del servicio. ....	110

4.2. Puntos de mejora orientada al usuario. ....	115
4.3. Guía de buenas prácticas. ....	118
4.3.1. Videos complementarios. ....	119
<b>Conclusiones.....</b>	<b>138</b>
<b>Recomendaciones.....</b>	<b>140</b>
<b>Anexos. ....</b>	<b>142</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>161</b>

## Índice de figuras

Figura 1 Sistema de aire comprimido básico .....	34
Figura 2. Efecto de la presión en neumático. ....	37
Figura 3. Manómetro estándar.....	39
Figura 4. Componentes en manómetro tipo Bourdon. ....	39
Figura 5. Manómetro tipo Varilla.....	40
Figura 6. Componentes manómetro tipo varilla. ....	40
Figura 7. Corte longitudinal de manómetro. ....	41
Figura 8. Manómetro digital.....	42
Figura 9. Zonas de un neumático. ....	45
Figura 10. Elementos que conforman el neumático. ....	45
Figura 11. Dimensiones de neumático. ....	50
Figura 12. Neumático marca Hankook.....	51
Figura 13. Neumático marca Michelin. ....	51

Figura 14. Construcción neumático Hankook. ....	51
Figura 15. Construcción neumático Michelin. ....	51
Figura 16. Carga y Presión máxima. ....	52
Figura 17. Fecha de fabricación. ....	52
Figura 18. Indicador de desgaste. ....	53
Figura 19. Manómetro patrón utilizado en el estudio.....	66
Figura 20. Distribución de estaciones de servicio.....	69
Figura 21. Manómetro Milton S-976.....	80
Figura 22. Manómetro Truper MEA-150X.....	80
Figura 23 Imagen representativa de material audiovisual.....	119

### **Índice de tablas.**

Tabla 1. Comparativa entre manómetros.....	43
Tabla 2. Estaciones de servicio sobre carretera Sonsonate - Santa Tecla. ....	69
Tabla 3. Tipo y cantidad de vehículos.....	71
Tabla 4. Motivos del conocimiento de presión. ....	72
Tabla 5. Presiones por tipo de vehículo.....	73
Tabla 6 Estado del servicio para toma de presión en neumáticos por estación.....	79
Tabla 7 Tipos de manómetros en estaciones de servicio.....	80
Tabla 8 Actividades de limpieza realizadas ....	84
Tabla 9 Cumplimiento de actividades de limpieza por estación. ....	86
Tabla 10 Factores de adquisición de manómetro por estaciones.....	91
Tabla 11 Pasos considerados en la toma de medición.....	98

Tabla 12 Presupuesto de Incertidumbres.....	100
Tabla 13 Resultado de mediciones manómetro 3 y 17.....	102
Tabla 14 Precisión y exactitud de manómetros.....	103
Tabla 15 Error intrínseco máximo permisible. OIML.....	118

### **Índice de gráficos.**

Gráfico 1 Distribución de estaciones de Servicio en EL Salvador.....	54
Gráfico 2. Autorización por cadena de suministro.....	70
Gráfico 3 Conocimiento de presión solicitada. ....	72
Gráfico 4 Estaciones que ejecutan actividades de mantenimiento o limpieza.....	81
Gráfico 5 Periodicidad de mantenimiento o limpieza.....	81
Gráfico 6 Periodicidad de limpieza por parte de operadores.....	85
Gráfico 7 Periodicidad por actividades realizadas.....	88
Gráfico 8 Factores de adquisición de manómetro por parte de gerentes.....	92
Gráfico 9 Categorización del estado de manómetros.....	95
Gráfico 10 Estado real de manómetros.....	96
Gráfico 11 Fiabilidad de manómetros 30 psi.....	104
Gráfico 12 Fiabilidad de manómetros 60 psi.....	106
Gráfico 13 Fiabilidad de medición.....	108

## **Generalidades**

### **i. Planteamiento del problema**

Mantener una presión de aire adecuada en los neumáticos de los vehículos es un factor esencial para garantizar la seguridad durante cualquier trayecto, ya sea en zonas urbanas o en viajes largos por carretera. Los neumáticos, al ser uno de los puntos de contacto directo entre el vehículo y la carretera, desempeñan un papel crítico en la estabilidad, tracción y capacidad de frenado del mismo. Esto significa que cualquier variación en la presión de aire puede afectar directamente el rendimiento del vehículo y, en consecuencia, la seguridad de sus ocupantes. Una presión incorrecta puede aumentar el riesgo de accidentes, acelerar el desgaste de los neumáticos y afectar negativamente la eficiencia del combustible, lo que a su vez puede generar costos adicionales para los propietarios de los vehículos.

Por lo que, aplicando la metrología en el ámbito de manómetros permitirá explorar el conocimiento, la existencia de estándares, el cumplimiento y las regulaciones aplicables a estos instrumentos de medición por parte de las estaciones de servicio, así como técnicas y procedimientos que aseguren la precisión, fiabilidad y validez de sus resultados contribuyendo significativamente en la seguridad vial especialmente en una vía tan transitada y propensa a incidentes vehiculares como lo es la Carretera CA-8W y la carretera panamericana que conecta Sonsonate con Santa Tecla.

## **ii. Justificación**

La selección de la carretera que conecta Sonsonate con Santa Tecla es conocida por ser altamente transitada y por experimentar una frecuencia considerable de accidentes. Esta situación resalta la necesidad crítica de abordar cualquier factor que pueda contribuir a mejorar la seguridad vial en esta vía. Verificar regularmente la presión de los neumáticos es esencial para garantizar la seguridad, la eficiencia y la comodidad en la conducción de cualquier tipo de vehículo, ya sea de transporte colectivo, carga o de uso personal, por las siguientes razones:

- Seguridad: Una presión adecuada es fundamental para mantener la estabilidad y el control del vehículo. Neumáticos con presión incorrecta afectan negativamente la capacidad de frenado, la tracción y la maniobrabilidad, aumentando riesgos de accidentes, especialmente en condiciones adversas como lluvia o carreteras en mal estado.
- Economía de combustible: neumáticos con baja presión aumentan la resistencia a la rodadura, lo que significa que el motor necesita trabajar más para mantener la velocidad, lo que resulta en un mayor consumo de combustible y, por lo tanto, en un mayor gasto para el propietario del vehículo. Mantener la presión correcta puede ayudar a mejorar la eficiencia del combustible y reducir los costos operativos.
- Desgaste de los neumáticos: la presión incorrecta puede provocar un desgaste desigual de los neumáticos, lo que reduce la eficiencia, la vida útil y aumenta la necesidad de reemplazarlos con mayor frecuencia representando a la vez un costo adicional.
- Comodidad: neumáticos con presión incorrecta pueden provocar vibraciones y sacudidas excesivas, lo que afecta la comodidad de los pasajeros y del conductor. Mantener la presión adecuada garantiza un viaje más suave y cómodo para todos los ocupantes del vehículo.

### **iii. Objetivos**

#### ***Objetivo general***

Evaluar y optimizar el proceso de control metrológico aplicado en los dispositivos para la medición de presión de aire en neumáticos, con el propósito de mejorar la precisión y confiabilidad de dichas mediciones, contribuyendo así a la seguridad vial y a la eficiencia energética.

#### ***Objetivos específicos***

- Analizar los estándares y normativas de metrología relacionados con la calibración y verificación de dispositivos para la medición de presión de aire en neumáticos, identificando las mejores prácticas y requisitos pertinentes.
- Proponer mejoras en los procedimientos de verificación existentes, para reducir posibles fuentes de error y aumentar la repetibilidad de las mediciones.
- Identificar áreas de mejora en las responsabilidades y competencias requeridas para el desempeño óptimo de las funciones del personal que realiza los procesos de medición.
- Proponer recomendaciones prácticas para la implementación de un sistema optimizado de confirmación metrológica de dispositivos para la medición de presión de aire en neumáticos, con el fin de mejorar la seguridad vial y la eficiencia energética en los vehículos automotrices.

#### **iv. Alcances**

- Analizar la aplicación de los estándares y normativas internacionales vigentes de metrología relacionados con los dispositivos para la medición de presión de aire en neumáticos utilizados en las estaciones de servicio “gasolineras”.
- Mejorar los procedimientos de verificación existentes mediante una guía de buenas prácticas para reducir posibles fuentes de error y aumentar la repetibilidad de las mediciones.
- Documentar las responsabilidades y competencias del personal encargado de llevar a cabo las mediciones y recomendar áreas de mejora.

#### **v. Limitaciones**

Es importante señalar que la investigación se realizará en una región geográfica específica, en este sentido es fundamental identificar y comprender las limitaciones en el proceso de investigación:

El estudio se llevará a cabo sobre las estaciones de servicios ubicadas sobre la carretera CA-8W y la carretera panamericana que conecta Sonsonate y Santa Tecla:

- Desplazamiento: los miembros del equipo tendrán que movilizarse desde su lugar de residencia ubicadas en departamentos alejados de la zona de estudio lo que podría presentar desafíos logísticos y consumir recursos considerables, tanto en términos de tiempo como de costos asociados al transporte y alimentación.
- Tiempo: la revisión y recopilación de datos de múltiples fuentes pueden requerir más tiempo del que se anticipa inicialmente, lo que podría dificultar la finalización del proyecto dentro de los plazos previstos.

- Acceso a información específica: la información técnica detallada sobre los dispositivos de medición de presión de aire en neumáticos puede no estar fácilmente disponible por parte de las estaciones de servicios. Esto incluye especificaciones precisas de diseño, funcionamiento interno y calibración adecuada.
- Disponibilidad de recursos: la movilidad, acceso a fuentes de información especializadas y el instrumento patrón para las mediciones podrían estar restringido por la disponibilidad de recursos ya que puede requerir una inversión significativa, obstaculizando el desarrollo de propuestas de investigación.
- Variabilidad entre estaciones de servicios: las diferencias en la tecnología, los procedimientos y el mantenimiento pueden tener enfoques y prácticas diferentes lo que podría dificultar la comparación y el contraste directo entre estaciones.
- Acceso a expertos: la falta de acceso a expertos puede obstaculizar los esfuerzos para identificar y abordar los problemas relacionados con la metrología en los dispositivos de medición de presión de aire en neumáticos.

## Capítulo 1: Marco teórico

### 1.1. Antecedentes de la metrología

A lo largo de la historia, la necesidad de realizar cálculos y mediciones precisas ha impulsado la búsqueda constante de patrones que simplifiquen estas tareas. Los primeros patrones de medida que se tomaron como referencia fueron partes del cuerpo<sup>1</sup>. Sin embargo, presentaban complicaciones por la falta de uniformidad debido a que los patrones variaban entre individuos y regiones.

Durante la segunda mitad del siglo XIX, la necesidad de estandarizar las mediciones se convirtió en una prioridad, lo que llevó a la búsqueda de patrones más consistentes y confiables. Es así como 30 naciones con tratados en común se reunieron en París el 20 de mayo de 1875 para dar origen a la Convención del Metro, en dicha convención instauraron el BIPM, la CGPM y el CIPM, que fueron los encargados de establecer y perfeccionar un sistema internacional de unidades. Sin embargo, fue hasta 1960, donde formalmente se estableció el Sistema Internacional de Unidades “SI”, conformado por 6 unidades de base: el metro, el kilogramo, el segundo, el amperio, el kelvin y la candela.

Este proceso marcó el inicio de la evolución de sistemas de medición y llevó al origen de la metrología como ciencia proporcionando una base sólida para el progreso científico y tecnológico en la sociedad moderna. Con respecto a El Salvador el 12 de julio de 1992 se crea el Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología CONACYT<sup>2</sup> con el objetivo de formular y dirigir la política nacional en materia de desarrollo científico. En 1996 como una iniciativa de las

---

<sup>1</sup> El codo, la palma de la mano, dedo pulgar, pie y pasos. (Tapia, 2002)

<sup>2</sup> Publicado en el Diario Oficial # 144, Tomo N.º 316 el 10 de agosto de 1992.

Organizaciones No Gubernamentales Italianas RETE y GVC nace el Laboratorio Nacional de Metrología Legal “LNML (Calidad para la Competitividad, 2001) y tras una reestructuración el 21 de julio de 2011 se convierte en el Centro de Investigaciones de Metrología “CIM” cumpliendo lo establecido en la Ley del CONACYT junto a los Organismo OSN, OSARTEC, OSA que son los entes rectores de la normalización, reglamentación y acreditación metrológica en el país.

## **1.2. Aspectos básicos de metrología.**

En la actualidad existen diversos autores con sus definiciones sobre lo que es “metrología” pero todos tienden al mismo enfoque.

- Metrología: Ciencia que tiene por objeto el estudio de los sistemas de pesas y medidas. (RAE, 2023).
- Metrología: definida como “ciencia que se ocupa de la medida” presente en todos los aspectos de la sociedad (IIE, 2019).
- Metrología: Ciencia de las mediciones y sus aplicaciones (VIM, 2012). Esta definición implica que la metrología no se limita simplemente a hacer mediciones precisas, sino que abarca la comprensión de los fundamentos y principios y su aplicación en varios contextos.

Esta última definición será la que se considerará en el desarrollo de la investigación ya que implica reconocer que la metrología va más allá de simplemente realizar mediciones precisas. Sugiere que la metrología implica un enfoque integral que abarca la comprensión de los principios de las mediciones, no se limita solo a la práctica técnica, sino que también a

comprender los conceptos teóricos y científicos que sustentan esas mediciones. Esto por medio de análisis sistemáticos de procesos y estándares en los instrumentos de medición, los procesos de calibración y las fuentes de incertidumbre en las mediciones.

### ***1.2.1. Ramas de la metrología.***

Esta disciplina se extiende a lo largo y ancho de numerosos sectores y aplicaciones, por lo que cada rama de la metrología explora y tiene un papel fundamental en su respectiva área contribuyendo al avance científico, tecnológico e industrial. En la actualidad, la metrología se divide en tres ramas: legal, científica e industrial.

- Metrología legal.

Es la encargada de velar que las mediciones realizadas en un país estén respaldadas por normas y estándares confiables. Es decir, se relaciona con las actividades que garanticen el cumplimiento de requisitos legales aplicados a fabricantes, unidades de medida, instrumentos, procesos y métodos de medición que se lleven a cabo en un país ya que sus resultados pueden tener un impacto significativo en diversas áreas como las transacciones comerciales, la salud, la seguridad y el medio ambiente.

- Metrología científica.

El propósito esencial de la metrología científica es la creación de patrones primarios y secundarios que representen o materialicen de mejor manera las unidades de medición del SI con extrema precisión y confiabilidad. Estos patrones de medición son esenciales para llevar a cabo investigaciones científicas avanzadas, experimentos de laboratorio altamente especializados y

aplicaciones tecnológicas de vanguardia. Su relevancia radica en que proporcionan la base sólida y confiable sobre la cual se sustentan mediciones críticas en diversos campos.

- Metrología industrial.

La metrología industrial tiene como objetivo impulsar la competitividad a través de la mejora continua de las mediciones que influyen en la calidad del producto. Su papel principal es asegurar la calibración, el control y el mantenimiento adecuados de todos los equipos de medición utilizados en la producción, inspección y pruebas.

### ***1.2.2. Resultado de una medición. Elementos fundamentales***

La medición es el proceso a través del cual se compara la medida de un objeto o elemento con la medida de otro. Para ello, se deben asignar distintos valores numéricos o dimensiones utilizando diferentes herramientas y procedimientos. En metrología, la expresión correcta de un resultado de medición debe incluir varios componentes clave para asegurar su precisión y confiabilidad. Estos son los elementos fundamentales:

- Valor medido ( $X$ ): Es el resultado obtenido de la medición.
- Unidad de medida ( $u$ ): Es la unidad correspondiente a la magnitud medida (por ejemplo, metros, gramos, segundos).
- Incertidumbre ( $u_{(X)}$ ): La incertidumbre de la medición refleja la confiabilidad del valor medido, es decir, el intervalo dentro del cual se puede encontrar el valor real con un cierto nivel de confianza. Se expresa generalmente como un valor numérico acompañado de la unidad de medida correspondiente (por ejemplo,  $\pm 0,02$  m).

Ningún proceso de medición está exento de errores o variaciones. Por ello, la incertidumbre es un concepto fundamental en el análisis de los resultados de medición, pues cuantifica el grado de duda asociado a cualquier valor medido.

### ***1.2.3. Tipos de incertidumbres***

Se entiende como incertidumbre de medición al parámetro no negativo que caracteriza la dispersión de los valores atribuidos a un mensurando (VIM, 2012). Esta se deriva del cálculo estadístico de la varianza, la cual se obtiene de los cuadrados de las diferencias entre cada valor observado y la media. Como cualquier número al cuadrado es siempre positivo o cero, tanto la varianza como la desviación estándar y por ende la incertidumbre también lo son.

- Incertidumbre típica o estándar  $u_i$ .

Es la primera etapa en la evaluación de la incertidumbre de una medición. Representa la dispersión de los valores que pueden atribuirse razonablemente a la cantidad que se mide. Esta se obtiene a partir de incertidumbres típicas individuales asociadas a diferentes factores que pueden afectar las mediciones. Existen dos tipos de evaluación de la incertidumbre estándar:

- Tipo A: Se obtiene a partir de métodos estadísticos, es decir, de la dispersión de resultados en mediciones repetidas y se hace uso de las ecuaciones 1 y 2 para su respectivo cálculo.

$$u_{i,A} = \frac{s}{\sqrt{n}} \quad \text{Ec. ( 1)}$$

$s$  = desviación estandar experimental de la media

$n$  = cantidad de mediciones realizadas

$u_{iA}$  = incertidumbre típica tipo A

$$s = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad \text{Ec. ( 2)}$$

$s$  = desviación estandar experimental de la media

$x_i$  = magnitud de entrada

$\bar{x}$  = mejor estimación

$n$  = cantidad de mediciones realizadas

La ecuación 2. Se usa para calcular la desviación estándar experimental (o muestral), y es fundamental cuando se trabaja con datos provenientes de una muestra, lo que genera un sesgo debido a que los datos se ajustan más a la media, lo que hace que la varianza parezca menor de lo que realmente es. Al dividir entre el término  $n - 1$  el cual se relaciona con los grados de libertad de la muestra permite obtener una estimación insesgada y más realista de la varianza.

- Tipo B: Se determina a partir de cualquier otra información diferente de las mediciones repetidas, como especificaciones del fabricante, datos de calibración previos o asumiendo una distribución de probabilidad para la variable de entrada sea esta normal, rectangular, triangular o tipo U.
- Incertidumbre combinada  $u_c$ .

Se refiere a la suma de todas las contribuciones de incertidumbre estándar (tanto del tipo A como del tipo B). Este valor se obtiene aplicando la ley de propagación de incertidumbres conocida como el método de la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados, mediante Ecuación 3 la cual es válida únicamente cuando las variables involucradas son independientes y no están correlacionadas entre sí.

$$u_c = \sqrt{\sum_{i=1}^N [c_i \cdot u(x_i)]^2} \quad \text{Ec. ( 3)}$$

$u_c =$  *incertidumbre combinada del mensurando*

$u(x_i) =$  *incertidumbre típicas de la magnitud de entrada*

$c_i =$  *coeficiente de sensibilidad de la magnitud*

Debido a que no todas las variables afectan igual al resultado, el coeficiente de sensibilidad permite identificar qué incertidumbres realmente afectan el resultado final y cuáles pueden ser despreciadas sin afectar significativamente la estimación. Si una variable tiene una gran sensibilidad (mayor  $c_i$ ), su incertidumbre pesará más en el valor total combinado.

- Incertidumbre expandida  $U$ .

Define un intervalo en torno al resultado de una medición, y en el que se espera encontrar una fracción importante de la distribución de valores que podrían ser atribuidos razonablemente al mensurando. (JCGM, 2008), es decir, su función es proporcionar un intervalo dentro del cual se espera que se encuentre el valor verdadero de la medición. Se obtiene mediante la ecuación 4 en la cual se multiplica la incertidumbre combinada por un factor de cobertura el cual tiene asociado un nivel de confianza  $p$ .

$$U = k \cdot u_c \quad \text{Ec. ( 4)}$$

$U =$  *incertidumbre expandida*

$k =$  *factor de cobertura*

$u_c =$  *incertidumbre combinada*

Al calcular la incertidumbre combinada, lo que en realidad se realiza es la combinación de varias magnitudes de entrada, cada una con su respectiva incertidumbre y distribución de

probabilidad. Desde el punto de vista matemático, esto equivale a la suma de variables aleatorias, cuya distribución resultante se obtiene mediante el proceso de convolución. De este modo, incluso si algunas de las magnitudes presentan distribuciones rectangulares, triangulares o normales, la convolución de estas tiende a aproximarse a una distribución normal, tal como lo establece el Teorema Central del Límite. Sin embargo, si se tiene evidencia de que la distribución combinada no se ajusta a una forma normal, es necesario ajustar el factor de cobertura  $k$  de acuerdo con la distribución real del resultado.

El factor de cobertura depende del tipo de distribución de probabilidad de la magnitud de salida en un modelo de medición y de la probabilidad de cobertura elegida. Tal es el caso de una distribución normal donde  $k = 2$  y le corresponde un  $p = 95,45\%$  y una distribución rectangular con  $k = 1,65$  su factor de cobertura viene dado por  $p = 95,45\%$  (Schmid & Lazos Martínez, 2004).

### **1.3. Presión.**

La presión es una magnitud derivada del Sistema Internacional de Unidades, se establece el Pascal (Pa) como la unidad de medida. Sin embargo, la presión se mide en diferentes unidades dependiendo de la región y el contexto en el que sea utilizada, algunas de las unidades equivalentes más comunes para representar la presión son: atmósfera, mm Hg, torr, bar y psi.

Diversos fabricantes proporcionan valores de presión recomendadas con la finalidad de obtener un mejor rendimiento y seguridad en los diferentes equipos y sistemas que se les requiera. En el caso de los automóviles cuentan con una tabla de presiones ubicadas en un lugar estratégico para que pueda ser consultada fácilmente. En los neumáticos, el valor es grabado en el

flanco y las unidades en las que los fabricantes suelen recomendar dichas presiones son kPa, bar y psi, siendo esta última la más utilizada.

### ***1.3.1. Sistema de aire comprimido.***

El sistema de aire comprimido en las estaciones de servicio es un elemento fundamental para prestar el servicio de ajuste y verificación de la presión en los neumáticos de los vehículos.

El adecuado funcionamiento del sistema de aire comprimido es un factor clave para garantizar la correcta verificación y ajuste en los neumáticos. Un sistema en óptimas condiciones debe suministrar aire limpio y seco, evitando la presencia de condensado o fugas. Por el contrario, un sistema en mal estado puede generar mediciones inexactas, variaciones en la presión y contaminación del aire, afectando directamente la calidad del servicio.

En la figura 1 se muestra de manera general un sistema de aire comprimido el cual consta de los siguientes elementos:

- **Compresor de aire:** Es el equipo encargado de tomar aire del ambiente y comprimirlo a una presión determinada. Puede ser de pistón o de tornillo, dependiendo de la demanda de la estación de servicio.
- **Tanque de almacenamiento (reservorio de aire):** Se utiliza para almacenar el aire comprimido y mantener un suministro constante, evitando fluctuaciones en la presión de salida.
- **Filtro de aire:** Retira impurezas y humedad del aire comprimido, evitando que estas afecten el rendimiento de los neumáticos o los instrumentos de medición.
- **Regulador de presión:** Permite ajustar la presión del aire suministrado según las necesidades específicas.

- Manguera y acople: Es el punto de contacto con el neumático, permitiendo medir la presión y suministrar aire de forma controlada.

Figura 1  
Sistema de aire comprimido básico

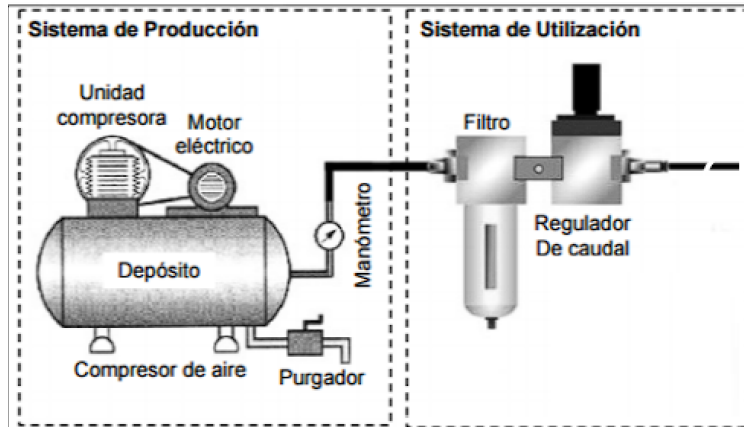


Imagen tomada de (Emaze)

### 1.3.2. Influencia de la presión en neumáticos.

La presión de los neumáticos también está relacionada con el área de contacto entre el neumático y la superficie de la carretera. Una presión adecuada influye en la eficiencia del agarre del neumático, la resistencia al rodaje y el desgaste de la banda de rodadura.

Tener presiones diferentes en los neumáticos de un vehículo genera una serie de efectos adversos que comprometen la seguridad, el rendimiento y la integridad del automóvil. Esta condición produce una distribución desigual de la carga entre las ruedas, lo cual ocasiona un desgaste irregular en los neumáticos y reduce significativamente su vida útil. Las zonas con menor presión se deforman más al rodar, aumentando la temperatura y el riesgo de reventón, mientras que las zonas con presión excesiva presentan menor área de contacto, reduciendo la adherencia.

A nivel del vehículo, las consecuencias no se limitan al sistema de rodaje. Una presión desigual altera la geometría y el equilibrio dinámico, afectando la estabilidad direccional, la

capacidad de frenado y la respuesta del sistema de suspensión. Por ejemplo, el vehículo puede tender a desviarse hacia el lado con menor presión, lo que obliga al conductor a corregir constantemente la trayectoria, aumentando la fatiga y el riesgo de maniobras peligrosas. Asimismo, el sistema de frenos puede distribuir de manera incorrecta las fuerzas, lo que incrementa la distancia de frenado y puede causar pérdidas de control en situaciones de emergencia.

Desde una perspectiva mecánica, estas presiones dispares generan esfuerzos asimétricos en componentes clave como los rodamientos, ejes, rótulas y amortiguadores, acelerando su desgaste y reduciendo la vida útil del sistema de suspensión y dirección. A esto se suma un mayor consumo de combustible, ya que la resistencia a la rodadura aumenta al no haber un contacto óptimo entre el neumático y la superficie de la vía.

A partir de lo anterior, es importante diferenciar claramente los efectos que produce una presión baja, una presión alta y una presión adecuada, ya que cada condición tiene implicaciones específicas en el comportamiento del neumático y del vehículo en su conjunto.

- Baja presión.

Un neumático que presente baja presión, pone en contacto con la calzada los extremos de la banda de rodadura lo cual da como resultado una menor capacidad de carga que la especificada, desgaste prematuro en las paredes como se muestra en la figura 2. Al aumentar su superficie de contacto con la carretera, resulta un incremento en la resistencia al rodaje. Esto conlleva a un mayor consumo de combustible, ya que el motor del vehículo se ve obligado a trabajar más para superar esta resistencia adicional. De acuerdo con investigaciones realizadas por la Asociación Americana de Automóviles, se estima que una disminución de tres libras en la

presión de un neumático puede provocar un aumento del 10% en el consumo de combustible.

(Román, 2015)

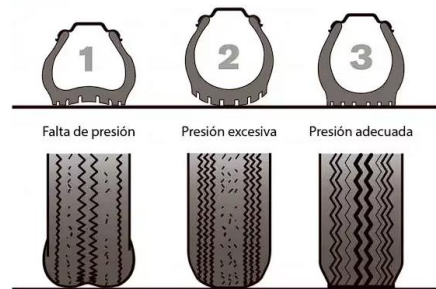
- Presión Excesiva.

El área de contacto con la superficie de la carretera se reduce, concentrándose principalmente en la zona central. Esta situación puede generar una disminución en la estabilidad a corto plazo y, a largo plazo, provocar un desgaste prematuro. Además, el exceso de presión impide que las paredes del neumático se flexionen de manera adecuada, lo que afecta negativamente su capacidad para absorber las irregularidades del terreno. Esto puede tener repercusiones en la seguridad del vehículo. Ver Figura 2.

- Presión adecuada.

Un neumático con la presión recomendada ofrece estabilidad durante la conducción al proporcionar una superficie de contacto uniforme con la carretera, lo que mejora la tracción, facilita el frenado y reduce el desgaste irregular de la banda de rodadura. Además, contribuye a una mayor eficiencia del combustible al reducir la resistencia a la rodadura, lo que resulta en un menor consumo de combustible y menores costos de operación. Esta presión adecuada también promueve un viaje más cómodo al absorber las irregularidades del terreno, garantizando así un rendimiento óptimo del vehículo en términos de seguridad, durabilidad y comodidad. Ver Figura 2.

*Figura 2.  
Efecto de la presión en neumático.*



*Imagen tomada de (Gutiérrez, 2015).*

#### **1.4. Dispositivos para la medición de presión en neumáticos de vehículos.**

Para garantizar la consistencia y la comparabilidad de las mediciones de presión de aire en neumáticos de vehículos, los manómetros ofrecen flexibilidad en cuanto a las escalas y unidades de medida que les permite adaptarse a diversas necesidades de los vehículos y equipos que requieren control de presión.

El principio de los manómetros de neumáticos es el mismo que el de cualquier dispositivo de medición de presión. Miden la fuerza ejercida por el aire sobre una unidad de área, generalmente expresada en libras por pulgada cuadrada (psi). Cuando se conecta un manómetro a la válvula del neumático del vehículo, se forma un sistema sellado. La presión del aire dentro del neumático empuja contra un elemento sensor en el medidor, lo que hace que se mueva o cambie de forma. Este movimiento o deformación se convierte luego en un valor de presión legible.

(JACO Superior Powersport Products, 2023)

Se tiene 3 tipos de manómetros comúnmente utilizados para medir la presión de aire en los neumáticos: manómetro estándar, manómetro digital y manómetro de varilla.

### ***1.4.1. Manómetro estándar.***

También se denomina manómetro de presión de neumáticos de esfera o manómetro de presión de neumáticos analógico. Figura 3.

- Funcionamiento.

La parte principal de este tipo de manómetro es el tubo de Bourdon, que mueve la flecha cuando se aplica presión de aire. Cuando se conecta a la válvula del neumático, la presión de aire actúa sobre el tubo de latón, que tiende a doblarse, por lo que el otro extremo del tubo actúa sobre el tiro, moviendo la flecha indicando así la presión de aire que hay dentro del neumático. (KIA PERÚ, 2021)

La Figura 4, ilustra los componentes de un manómetro que posee tubo de Bourdon y la siguiente lista describe el funcionamiento:

1. Un manómetro de tubo de Bourdon se fija a la tubería en el tubo de entrada (D). El bloque de encaje (G) sujeta el tubo de entrada en su sitio, lo que también sujeta el dispositivo a la línea de proceso.
2. El fluido fluye hacia el extremo estacionario del tubo de Bourdon (C).
3. La presión del fluido se distribuye por el tubo de Bourdon en forma de C (E). Como resultado de esta presión, la forma de C se endereza.
4. Un pivote y un pasador pivotante (F) conectan el movimiento de enderezamiento con el engranaje sectorial (B) en el extremo móvil del tubo de Bourdon.
5. El movimiento en el extremo móvil es amplificado por el sistema de engranajes, de modo que un cambio muy ligero de presión da lugar a un movimiento considerable de la aguja

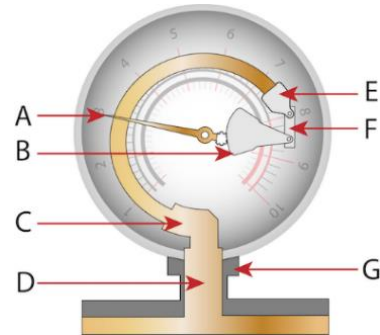
indicadora (A). Generalmente, el indicador se mueve de izquierda a derecha en una trayectoria circular sobre una escala calibrada. Una disminución completa de la presión hará que el tubo de Bourdon vuelva a su posición original.

*Figura 3.  
Manómetro estándar.*



*Tomado de (Tamason, 2021).*

*Figura 4.  
Componentes en manómetro tipo Bourdon.*



*aguja indicadora (A), engranaje sectorial (B), extremo fijo del tubo de Bourdon (C), tubo de entrada (D), extremo móvil del tubo de Bourdon (E), pivote y pasador de pivote (F), y bloque de encaje (G). Tomado de (Tamason, 2021).*

#### ***1.4.2. Manómetro tipo varilla.***

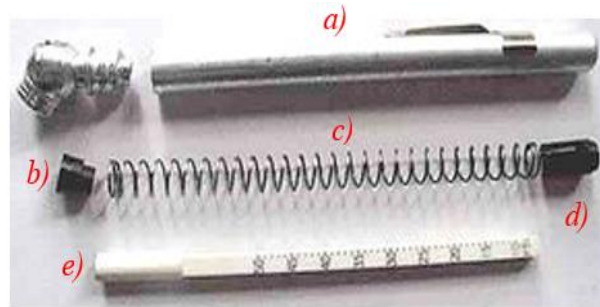
Los manómetros de varilla también llamados manómetros de lápiz o de forma coloquial y local como “calibradores”, son manómetros analógicos, con diseño simple y compactos. En la Figura 5 se muestra un manómetro de varilla común y en la Figura 6 se observan los componentes básicos que conforman un manómetro de varilla.

Figura 5.  
Manómetro tipo Varilla.



Tomado de (Tamason, 2021).

Figura 6.  
Componentes manómetro tipo varilla.



a) carcasa o cuerpo del manómetro, b) pistón, c) resorte, d) sello o tope, e) varilla calibrada. (Brain, 2024).

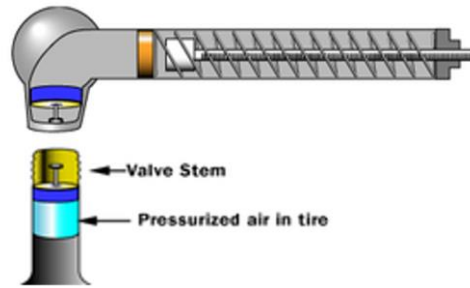
- Funcionamiento.

El interior del tubo que forma el cuerpo del manómetro está pulido y liso, en él se encuentra un pistón pequeño y hermético fabricado de goma blanda que sella bien contra el tubo y el interior del tubo está lubricado con un aceite ligero para mejorar el sellado.

En la Figura 7 se observa que el pistón está en un extremo del tubo y el tope en el otro. Un resorte recorre la longitud del tubo entre el pistón y el tope, y este resorte comprimido empuja el pistón hacia el lado izquierdo del tubo.

La abertura en la esfera (hueca) del extremo izquierdo del manómetro contiene un sello de goma y un pequeño pasador fijo, esto con el fin de poder acoplarse al vástago de la válvula de un neumático. El sello de goma presiona contra el labio del vástago de la válvula para evitar fugas de aire durante la medición, y el pasador presiona a su vez el pasador en el vástago de la válvula del neumático para permitir que el aire fluya hacia el medidor.

*Figura 7.*  
*Corte longitudinal de manómetro.*



*Tomado de (Brain, 2024).*

El aire fluirá alrededor del pasador, a través de la esfera y hacia la cámara del pistón, empujándolo hacia la derecha. La distancia que recorre el pistón es relativa a la presión en el neumático. El aire presurizado empuja el pistón hacia la derecha y el resorte empuja hacia atrás. El manómetro está diseñado para tener una presión máxima y, por ejemplo 60 psi. El resorte ha sido calibrado de modo que 60 psi de aire mueva el pistón hacia el extremo derecho del tubo, mientras que 30 psi mueva el pistón a la mitad del tubo, y así sucesivamente. Cuando suelta el manómetro del vástago de la válvula, el flujo de aire presurizado se detiene y el resorte inmediatamente empuja el pistón hacia la izquierda.

La lectura de presión se hace por medio de la varilla calibrada que encaja dentro del resorte. La varilla calibrada se desplaza sobre el pistón, pero la varilla y el pistón no están conectados y hay un ajuste bastante apretado entre la varilla y el tope. Cuando el pistón se mueve hacia la derecha, empuja la varilla calibrada. Cuando se libera la presión, el pistón retrocede hacia la izquierda, pero la varilla permanece en su posición máxima para permitirle leer la presión.

### ***1.4.3. Manómetro tipo digital.***

Los manómetros digitales o también conocido como manómetro electrónico como el de la Figura 8, son más complejos y precisos que los otros tipos de manómetro a la hora de medir la presión de aire en neumáticos.

*Figura 8.  
Manómetro digital.*



*Tomado de (Wilmar LLC, 2024).*

- **Funcionamiento.**

Los manómetros digitales utilizan sensores de presión que convierten la presión en una señal electrónica equivalente. Existen diferentes tipos de sensores de presión adecuados para los manómetros digitales, los más comunes son: sensores piezoeléctricos y sensores resistivos, o galgas extensométricas. Sin embargo, los sensores de presión piezorresistivos son los que se utilizan con más frecuencia debido a su diseño robusto y a su precio inferior al de los sensores capacitivos.

Un sensor de presión piezorresistivo consiste en un diafragma equipado con elementos piezorresistivos. La presión del medio hace que el diafragma se desvíe; esta desviación provoca un cambio en el área transversal de los elementos piezorresistivos que cambia la resistencia eléctrica del material creando una diferencia de voltaje, el microprocesador interno del

manómetro procesa la tensión para mostrar una lectura de presión en la pantalla digital. Algunos manómetros digitales también disponen de funciones adicionales, como compensación de temperatura, registro de datos y conectividad inalámbrica. (Tamason, 2021)

Para comprender mejor las diferencias entre los distintos tipos de manómetros utilizados en la medición de la presión de neumáticos, es fundamental analizar diversos aspectos que influyen en su uso y desempeño. Cada tipo de manómetro presenta características particulares en términos de precisión, durabilidad y mantenimiento.

En la Tabla 1, se presenta una comparación de los principales tipos de manómetros: estándar (analógico), de varilla y digital. Esta tabla proporciona una visión general que facilita la comprensión de las diferencias existentes entre ellos.

*Tabla 1.  
Comparativa entre manómetros.*

<b>Característica</b>	<b>Manómetro de Varilla</b>	<b>Manómetro Analógico tipo Bourdon</b>	<b>Manómetro Digital</b>
<b>Precisión</b>	2 psi (20 kPa). Precisión básica	±1-2 psi (7-14 kPa, 0,07-0,14 bar). Precisión razonable, adecuado para la mayoría de aplicaciones.	±0,5 psi (3,4 kPa, 0,03 bar). Alta precisión, ideal para mediciones exactas.
<b>Durabilidad</b>	Alta, diseño simple y resistente.	Buena, pero susceptible a daños mecánicos si se golpea o maneja incorrectamente.	Puede ser frágil y susceptible a daños por golpes o caídas.
<b>Costo</b>	Económico, accesible para todos los usuarios	Costo razonable para su durabilidad y precisión.	Mayor costo debido a la tecnología y precisión.
<b>Facilidad de uso</b>	Requiere habilidad para interpretar la lectura de la varilla.	Lectura precisa, pero requiere habilidad para interpretar la escala analógica	Pantalla digital clara y fácil de leer, incluso en condiciones de poca luz.
<b>Portabilidad</b>	Ligero, compacto, fácil de transportar y almacenar.	Compacto y portátil, cabe fácilmente en el bolsillo o en una guantera.	Puede ser menos portátil debido a la necesidad de baterías y componentes electrónicos. (dependerá de diseño)

<b>Mantenimiento</b>	Algunos modelos no requieren calibraciones, pero el vástago puede doblarse o dañarse.	Puede requerir calibración y es más propenso a daños mecánicos.	Necesita cambio de baterías y posible recalibración periódica.
<b>Funcionalidades adicionales</b>	Diseño básico enfocado únicamente en la medición de presión.	Puede incluir características como múltiples escalas de presión, liberador de presión	Puede incluir funcionalidades como luz de fondo, memoria de última lectura, apagado automático, liberador de presión y opción de seleccionar diferentes unidades de medida
<b>Resistencia a factores ambientales</b>	Sensible a la humedad, polvo y corrosión, lo que puede afectar la precisión.	Diseñado para resistir condiciones ambientales adversas, como humedad, polvo	Sensible a humedad y polvo, a menos que esté específicamente diseñado para resistirlos.
<b>Materiales constructivos</b>	Cuerpo generalmente hecho de aluminio o acero inoxidable, boquilla hecha de latón o acero inoxidable y varilla hecha de acero inoxidable o aluminio	Cuerpo recubierto de goma o caucho para protección adicional, carátula analógica hecha de vidrio templado o plástico resistente, boquilla de latón o acero inoxidable,	Cuerpo principalmente de plástico o policarbonato, pantalla de LCD o LED, generalmente protegida con una cubierta de plástico o vidrio acrílico, boquilla de acero inoxidable o latón

## 1.5. Neumáticos de vehículos.

### 1.5.1. Composición.

La composición de un neumático es una combinación cuidadosamente diseñada de varios materiales, los porcentajes aproximados de cada uno de los materiales son: 18% Caucho natural, 29% Caucho sintético derivado del petróleo, 21% Carga de refuerzo en negro de carbón o sílice provenientes de hidrocarburos o del gas natural, 17% Hilos metálicos de acero, 6% Hilos textiles de nailon y 9% Aditivos químicos: Azufre, óxido de zinc. (Quispe, 2014)

También es importante conocer sus partes y sus diferentes zonas geométricas identificadas en la Figura 9. La banda de rodadura es la zona donde se encuentra el dibujo del neumático, formado por diferentes acanaladuras que ayudan a proporcionar tracción y a evacuar el agua. El flanco es la zona lateral del neumático, en la cual se talla la información relevante del

neumático, como el tamaño y las especificaciones. Entre la banda de rodadura y el flanco se encuentra el hombro, que actúa como la zona de transición entre estas dos áreas. Finalmente, el talón es la zona final del flanco, donde termina el neumático y se une con la llanta, asegurando un ajuste adecuado y seguro. Los elementos que la conforman, las cuales se pueden identificar en la Figura 10.

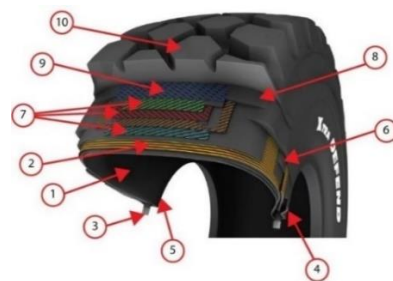
1. Alma interna: es una capa de caucho muy fina, de tan solo unos 3 mm, que se sitúa en el interior del neumático, de talón a talón, y cuya función es asegurar la estanqueidad de este.
2. Lona de carcasa: son unas lonas o telas de fibras textiles, y en algunos casos de acero en las capas más superiores, con hilos paralelos colocados en dirección transversal al eje de simetría longitudinal del neumático. Su función es aportar rigidez en la dirección de los hilos, permitiendo la flexión en cualquier otra dirección, de forma que facilita la compresión del flanco.

*Figura 9.*  
*Zonas de un neumático.*



*Tomada de (Gómez, 2022).*

*Figura 10.*  
*Elementos que conforman el neumático.*



*Tomada de (Gómez, 2022).*

3. Alambres de talón: es un anillo de alta resistencia y rigidez formado por un cable de acero trenzado. Se localiza en la zona del talón, consiguiendo una baja deformación de este, de forma que asegura la estanqueidad del neumático.

4. Banda de protección de talón: es una banda de caucho sobre la que se apoyan los alambres de talón, y que protege al neumático de posibles rozaduras con la llanta.
5. Relleno de talón (ápex): es un relleno de caucho que se coloca en la zona entre los alambres de talón y la lona de carcasa. Su función es la de mejorar la estanquidad del neumático, además de suavizar los cambios de rigideces entre ambos elementos.
6. Relleno lateral: es una banda de caucho que se sitúa en los flancos del neumático, sobre las lonas de carcasa. Su función es proteger las lonas de carcasa contra impactos, abrasión y aumentar su resistencia a fatiga.
7. Cinturón: son unas lonas similares a las lonas de carcasa situadas entre los hombros del neumático, encontrándonos siempre un número par de las mismas. Los cordones de estas lonas forman un ángulo inferior a  $20^\circ$  respecto al eje de simetría del neumático.
8. Cuñas del cinturón: son unas láminas de caucho resistentes a la fatiga que se colocan en los extremos del cinturón, en la zona del hombro. Su función es evitar que los hilos del cinturón se rompan en esa zona.
9. Capa de recubrimiento: es una lona de fibras textiles que recubre el cinturón y que va más allá de los extremos del mismo. Esta capa sujeta los hilos del cinturón que tienden a separarse cuando el neumático comienza a girar.
10. Banda de rodadura: es una capa de caucho de alta adherencia y resistencia al desgaste que se coloca en la parte externa del neumático, entre los hombros. En ella se encuentra el grabado del neumático.

### ***1.5.2. Tipos y clasificación.***

- Según su estructura.
  - Neumático diagonal. Recibe este nombre porque está compuesto por capas de tejido cruzadas diagonalmente, que aportan rigidez, siendo adecuados para transportar cargas pesadas a velocidades moderadas.
  - Neumático radial. Cuenta con una armadura compuesta por capas de tejido dispuestas radialmente, directamente de un talón a otro transversalmente formando una especie de tubo rematado en su parte superior por telas provistas de cables metálicos en rejilla.
- Según su construcción.
  - Neumáticos tubeless: funciona sin cámara en el interior para mantener el aire. En su lugar, cuenta con una capa de aislamiento fabricada con un caucho específico que garantiza que la unión entre el neumático y la llanta sea hermética.
  - Neumático de perfil bajo: es un neumático que presenta mayor rigidez en curva y riesgo de pinchaduras. Su uso es habitual en vehículos deportivos por su mayor rendimiento en curva, pero también son menos cómodos ya que tienen un comportamiento dinámico más radical.
  - Neumático recauchutado: la carcasa de un neumático usado se aprovecha como base para colocar una nueva banda de rodadura. En este caso el neumático se diseña con ello en mente y su uso es más común en camiones, pues suman muchos kilómetros y desgaste en poco tiempo.

- Neumático runflat: posee un refuerzo adicional en los flancos y los hombros, en caso de pinchazo este neumático no se deformará por completo y el vehículo podría seguir circulando a velocidad reducida por algunos kilómetros.
- Neumáticos de bajo consumo: son neumáticos que ayudan a reducir el consumo de combustible hasta en 0,2 litros cada 100 km recorridos. Para ello, se elaboran con materiales específicos y en el diseño de su banda de rodadura prima la reducción de la resistencia al rozamiento.
- Neumáticos según la época de uso.
  - Neumático de verano: se puede usar durante todo el año, si bien su diseño y cualidades se han pensado para maximizar el agarre, permitir una conducción suave y reducir la resistencia a la rodadura sin nieve.
  - Neumático de invierno: dispone de una banda de rodadura y un tipo de goma concebidas para adherirse a la nieve, lo que permite prescindir de las tradicionales cadenas.
  - Neumático todo tiempo: conocidos también como All season, estos neumáticos ofrecen un rendimiento intermedio, proporcionando mejor adherencia que los de verano en condiciones invernales, pero no tanta como los de invierno. Son ideales en zonas en las que el invierno no es muy severo y las nevadas, de existir, son breves.
- Neumáticos según el dibujo de la banda de rodadura.
  - Neumático asimétrico: el dibujo en la banda de rodadura es diferente en el interior y en el exterior, por lo que tiene que montarse en una dirección concreta y los flancos

están marcados para ello. Uno de los lados puede haberse diseñado con la función específica de maximizar el agarre en seco, mientras que el otro funciona mejor a la hora de evacuar el agua, por ejemplo.

- Neumático direccional: su dibujo suele tener forma de flecha y está especialmente diseñado para evacuar el agua, por lo que suele utilizarse en neumáticos de invierno. Al igual que el asimétrico, tiene un sentido de montaje concreto para funcionar adecuadamente.

### ***1.5.3. Grabado y simbología.***

- Dimensiones del neumático.

La medida del neumático se define mediante números y una letra, como se muestra en la Figura 11, estos caracteres a veces van acompañados de letras adicionales que indican el uso recomendado del neumático. La letra P indica que dicho neumático está destinado a vehículos de pasajeros, T advierte de que se trata de una rueda de repuesto y su uso es, por lo tanto, temporal, las letras LT aparecen en los neumáticos de los camiones ligeros. Por último, si delante del código numérico vemos ST, advierte que son específicos para tráiler.

- Anchura: el primero de los dos números es el ancho de la sección nominal del neumático. Se indica en milímetros, y define la distancia entre el flanco interior y el exterior del neumático. El segundo número indica la altura del flanco, entre la parte superior de la banda de rodadura y la llanta.
- Estructura: suelen estar representada por una letra y un número. La letra puede ser la R indicando que la construcción interna del neumático es radial y B indica que la construcción interna del neumático es diagonal. Después de la letra sigue un número

este número se expresa en pulgadas e indica el diámetro en pulgadas de la rueda en la que el neumático está diseñado para instalarse.

- Índice de carga y velocidad máxima: el número seguido de una letra se refiere al índice de carga de los neumáticos. La Figura 11 muestra ejemplos de dichos valores que puede soportar un neumático individual. (Tabla 1, Anexo 1). Mientras que el índice de velocidad representado por V es un código que corresponde a la velocidad máxima a la que puede ir el neumático (Tabla 2, Anexo 1).

Figura 11.  
Dimensiones de neumático.



Tomado de (Grupo Sadeco, 2018).

- Nombre de la marca.

La marca del fabricante siempre aparece en el flanco, así como la gama del neumático. En la Figura 12 y 13 se muestran las marcas de dos tipos de neumáticos con su respectivo modelo haciendo referencia a la gama del neumático "Ventus S1 y Pilot Sport 4 S" respectivamente.

Figura 12.  
Neumático marca Hankook.



Tomado de (Hankook Tire & Technology, 2024)

Figura 13.  
Neumático marca Michelin.



Tomado de (Michelin, 2024)

- Construcción.

Esta nomenclatura en el flanco del neumático indica si tiene o no cámara de aire, Tubeless o TL indica que no tiene cámara, mientras que Tube type indica que el neumático debe de tener cámara. En las Figuras 14 y 15 se puede identificar que el neumático no tiene cámara de aire al tener una construcción TL.

Figura 14.  
Construcción neumático Hankook.



Tomado de (Hankook Tire & Technology, 2024).

Figura 15.  
Construcción neumático Michelin.



Tomado de (Michelin, 2024).

- Presión máxima.

Hay marcas en el flanco del neumático de la Figura 16, el Maxload es de 750 kg (1653 lb) y el Max Press es de 350 kPa (51 psi) que indican la carga máxima y la presión máxima del neumático respectivamente.

- Fecha de fabricación.

El campo DOT asegura que el neumático cumple con todos los estándares de seguridad del departamento de transporte de Estados Unidos (Department of Transportation Safety Code). En Europa, en lugar de DOT se tiene ECE, que es la inscripción que deben llevar obligatoriamente todos aquellos neumáticos que quieran circular por territorio europeo.

Este signo se compone de un círculo en cuyo interior hay una E de Europa y un número que identifica el país de procedencia, (Tabla 3, Anexo 1). Después de la insignia del DOT se encuentra el número de identificación del neumático, el cual comienza por el código del fabricante y su planta donde el neumático fue manufacturado (dos números o letras). Los dos primeros números designan la semana; y los dos últimos, el año de producción. Figura 17.

*Figura 16.*  
*Carga y presión máxima.*



*Tomado de (Michelin, 2024).*

*Figura 17.*  
*Fecha de fabricación.*

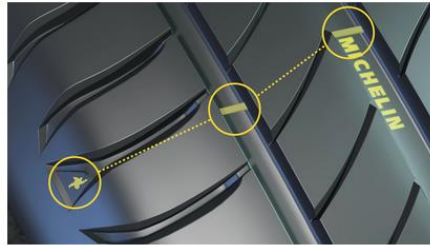


*Tomado de (Michelin, 2024).*

- Indicadores de desgaste.

Existen diferentes métodos que se utilizan para saber el desgaste. Los más comunes son añadir unas protuberancias en los surcos y cuando el dibujo del neumático llega al mismo nivel que la protuberancia, nos dice que debemos de cambiarlos. En la Figura 18 se muestra un tipo de neumático donde el indicador de desgaste se aprecia fácilmente por el pequeño símbolo.

*Figura 18.  
Indicador de desgaste.*



*Tomado de (Michelin, 2024).*

Por último, encontramos las letras TWI en los extremos de los flancos de la rueda. Estas siglas (del inglés TreadWear Indicator) facilitan la localización de los testigos de desgaste. Cuando las bandas de rodadura del neumático están desgastadas al mismo nivel que los indicadores de desgaste, el neumático ha alcanzado el nivel mínimo legal de profundidad de la banda de rodadura (1,6 mm).

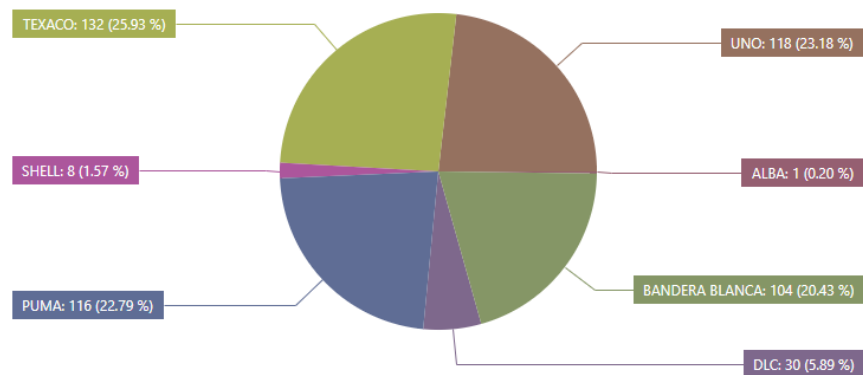
### **1.6. Estaciones de servicios.**

Una estación de servicio automotriz (gasolinera) es un establecimiento cuya actividad principal es la venta de gasolina, Diesel (automotriz) y querosina al detalle al consumidor final; así como la venta de aceites lubricantes, grasas y otros servicios complementarios autorizados. (NSO 75.04.11.03 ). En El Salvador, la distribución de las estaciones de servicio está regulada y supervisada por la Dirección General de Energía, Hidrocarburos y Minas (DGEHM), una entidad adscrita al Ministerio de Economía. Esta institución se encarga de gestionar y controlar las actividades relacionadas con la importación, distribución y comercialización de combustibles en el país, garantizando que se cumplan los estándares de seguridad y calidad.

Entre las principales cadenas de suministro que operan en el país se encuentran Puma Energy, Uno y Texaco, Gráfico 1, las cuales poseen una red amplia de estaciones que siguen las regulaciones impuestas por la DGEHM. Además de la venta de gasolina y diésel, muchas de estas

estaciones ofrecen servicios adicionales para el mantenimiento del vehículo y la comodidad del conductor. Estos servicios pueden incluir cambio de aceite, inflado de llantas, venta de productos automotrices, tiendas de conveniencia, áreas de descanso y, en algunos casos, servicios financieros como cajeros automáticos.

Gráfico 1  
*Distribución de estaciones de Servicio en EL Salvador*



Tomado de ( DGEHM, 2024).

### 1.7. Normativas y estándares.

Existen diversas normativas relacionadas con la fabricación y utilización de dispositivos para medir la presión del aire. Estas normas se distinguen por factores como la exactitud deseada, intervalo de trabajo, principio de medición, tipo de aplicación, ya sea en laboratorios, industrias petroquímicas, comerciales, entre otros. Por lo que, en este apartado se encuentran las normas comúnmente utilizadas, así como sus características particulares:

- ISO 9001:2015

Los requisitos establecidos en esta norma son para evitar productos no conformes en todas las etapas, desde el proyecto del producto hasta el final de su vida útil o, si se producen, detectarlos antes de su instalación y tomar medidas correctivas oportunas. Referente al apartado de “Equipos de inspección, medida y ensayo”, el sistema de calidad ISO 9001 establece que el suministrador de un producto debe aportar una confirmación metrológica, de lo cual se tiene que:

- Identificar, calibrar y ajustar todo el equipo de inspección, medida y ensayo que pudiese afectar la calidad del producto, a intervalos definidos con relación a equipos de calibración certificados por una entidad reconocida.
- Establecer, documentar y mantener los procedimientos de calibración de los instrumentos y de los equipos de calibración.
- Asegurar que las condiciones ambientales son adecuadas para las operaciones de calibración, inspección, medida y ensayos que se efectúen en los instrumentos.

La Organización Internacional de Metrología Legal (OIML) establece que las publicaciones tipo R son Recomendaciones Internacionales, son regulaciones modelo que generalmente establecen las características metrológicas requeridas de los instrumentos de medición en cuestión y especifican los métodos y equipos para verificar su conformidad.

- OIML R23.

La OIML R 23 (E) edición 1975, titulada “*Manómetros para neumáticos de vehículos automotores*” es una recomendación que establece requisitos metrológicos, técnicos y de verificación que deben cumplir los manómetros diseñados para medir la presión de inflado de neumáticos de vehículos automotores. Aplica principalmente a instrumentos mecánicos con puntero y escala, como los que se encuentran en: Estaciones de servicio (manómetros fijos o móviles), kits de herramientas del vehículo (manómetros de mano), tableros de vehículos (manómetros incorporados para monitoreo continuo).

- OIML R101.

Esta recomendación se aplica a manómetros, vacuómetros y vacuómetros con elementos sensores elásticos, destinados a la medición de la presión de líquidos, vapores y gases mediante indicación directa mediante un dial y un puntero o mediante registro continuo como función del tiempo. La aplicación de esta recomendación se limita a instrumentos en los cuales la deformación elástica del elemento sensor se transmite mecánicamente al dispositivo indicador o registrador graduado en unidades legales de presión, y en los cuales el límite superior del rango de medición esté entre 0,05 MPa y 1000 MPa.

- OIML R109.

Esta recomendación se aplica a manómetros y vacuómetros con elementos sensores elásticos. La aplicación de esta recomendación se limita a instrumentos en los que la deformación elástica del elemento sensor se transmite mecánicamente al dispositivo indicador mediante un puntero y un dial graduado en unidades legales de presión, y en los que el límite superior del rango de medición está entre 0,06 MPa y 250 MPa para manómetros, y entre -0,1 MPa y cero para vacuómetros.

- ASME B40.100-2022.

Esta norma cubre los manómetros analógicos de tipo cuadrante que, utilizando elementos elásticos, detectan mecánicamente la presión y la indican mediante un puntero que se mueve sobre una escala graduada.

- Norma IEC 61010-1:2010.

Especifica los requisitos generales de seguridad para los siguientes tipos de equipos eléctricos y sus accesorios, dondequiera que estén destinados a ser utilizados:

- Equipos de prueba y medición eléctrica
- Equipos de control de procesos industriales eléctricos
- Equipos de laboratorio eléctricos

La norma busca minimizar los riesgos para los operadores, el entorno y el equipo. Se han agregado nuevos requisitos en la tercera edición, incluida una reescritura completa de la sección que regula los requisitos de aislamiento.

### **1.8. Procedimientos para la toma de presión en neumáticos.**

Para realizar esta medición, la mayoría de los fabricantes de vehículos incluyen en sus manuales de usuario recomendaciones a seguir. Estas recomendaciones permiten asegurar una medición precisa y un ajuste adecuado de la presión.

1. Revisar la presión recomendada: consultar al usuario o etiquetas ubicada en el marco de la puerta del conductor o la tapa del tanque de combustible. Los fabricantes de vehículos proporcionan la presión adecuada para los neumáticos en libras por pulgada cuadrada (psi). Es importante asegurarse de usar la presión recomendada para neumáticos fríos y no confundirla con la presión máxima indicada en el neumático.
2. Utilizar un manómetro de calidad: se recomienda utilizar un manómetro confiable, ya que los medidores en estaciones de servicio no siempre son precisos. Un manómetro portátil de buena calidad puede ser más exacto y fácil de usar.
3. Comprobar los neumáticos en frío: es fundamental medir la presión cuando los neumáticos están fríos, es decir, después de que el vehículo ha estado detenido por al menos 3 horas o ha recorrido menos de 2-3 kilómetros. Si el neumático está caliente, la lectura de la presión

puede ser más alta de lo real. Si no es posible esperar a que los neumáticos se enfríen, los fabricantes suelen recomendar añadir entre 2 y 4 psi a la presión medida cuando los neumáticos están calientes.

4. Quitar la tapa de la válvula: quitar la tapa de la válvula del neumático que va a medir y guardarla en un lugar seguro para evitar perderla.
5. Colocar el manómetro en la válvula: el manómetro debe colocarse firmemente sobre la válvula del neumático. No debe haber escape de aire, ya que esto podría alterar la lectura. Si se escucha un escape de aire, es necesario ajustar el manómetro correctamente.
6. Leer la presión: leer la presión mostrada en el manómetro. Si la presión es inferior a la recomendada por el fabricante del vehículo, se debe añadir aire hasta alcanzar el nivel adecuado. Si la presión es superior, se debe liberar aire presionando el pin de la válvula hasta llegar al nivel correcto.
7. Ajustar la presión: si es necesario añadir aire, el usuario debe usar un compresor de aire y seguir verificando la presión con el manómetro hasta alcanzar el valor correcto. En caso de que se deba reducir la presión, se puede presionar ligeramente el pin central de la válvula para liberar aire, revisando la lectura con el manómetro.
8. Repetir en todos los neumáticos: este procedimiento debe repetirse en cada uno de los otros neumáticos. Además, es recomendable verificar la presión del neumático de repuesto si el vehículo tiene uno.
9. Colocar las tapas de las válvulas: una vez ajustada la presión de los neumáticos, el usuario debe volver a colocar las tapas de las válvulas para evitar suciedad o humedad, lo cual podría causar fugas.

## Capítulo 2: Metodología

### 2.1. Diseño y tipo de enfoque.

La investigación se realiza bajo un diseño no experimental, ya que este tipo se enfoca en observar, analizar y comprender el fenómeno sin intervenir o manipular directamente las variables. Por lo tanto, es adecuada para examinar la efectividad de los estándares y procedimientos en la medición de presión de neumáticos y de los manómetros utilizados, así como para identificar áreas de mejora sin alterar las condiciones naturales del entorno en el que se desarrolle.

Se emplea un enfoque mixto que combina elementos cuantitativos y cualitativos.

- El enfoque cuantitativo para recopilar y analizar datos numéricos relacionados con el estado de los manómetros, mediciones de presión de aire, frecuencia con la que es solicitado el servicio de calibración por parte de los usuarios y la confiabilidad del servicio brindado.
- El enfoque cualitativo permitirá describir las cualidades distintivas y características de las percepciones, experiencias y prácticas del personal que opera los manómetros. Explorará el cumplimiento de normativas, posibles problemas en los procedimientos de medición y obtener información sobre actividades en específico que realicen para brindar un servicio de calidad.

#### 2.1.1. Tipo de alcance.

Según Danhke (1986) las investigaciones de cualquier tipo deben de cumplir con un tipo de alcance y los clasifica en cuatro categorías: exploratorios, descriptivos, correlacionales y explicativos. El estudio se realiza considerando un tipo exploratorio, los cuales se efectúan,

normalmente, cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes. (Cortez & Iglesias, 2004)

Este enfoque permite realizar una observación directa, con el fin de recopilar información detallada sobre la estación, los procedimientos y las prácticas relacionadas con el uso de los manómetros utilizados para la medición de presión.

## **2.2. Población y muestra.**

### **2.2.1. Población.**

La población en estudio está compuesta por:

- Estaciones de servicio: se incluyen las estaciones de servicio ubicadas sobre la Carretera que conecta Sonsonate con Santa Tecla.
- Gerente/supervisor de estación de servicio: personal encargado de velar por el correcto funcionamiento en líneas generales de la estación de servicio.
- Operadores de pista: constituidos por los empleados involucrados en operar las máquinas dispensadoras de combustible y dispositivos de medición de presión de aire en neumáticos en las estaciones de servicio.
- Usuarios: son una parte integral de la investigación ya que son quienes utilizan las estaciones de servicio para calibrar la presión de los neumáticos de sus vehículos.

### **2.2.2. Muestra.**

El tamaño de la muestra se determina desconociendo la cantidad de usuarios que solicitan el servicio de calibración en los neumáticos de sus vehículos, por lo que se hace uso de una ecuación probabilística cuando se tiene población infinita o desconocida. Ecuación 5.

$$n = \left(\frac{Z\sigma}{e}\right)^2 \quad \text{Ec. ( 5)}$$

$n =$  muestra

$Z =$  nivel de confianza

$\sigma =$  desviación estandar

$e =$  error estimado aceptado

(Roldan, 2015) establece que, para el cálculo de la muestra, en ciertas investigaciones el dato de la varianza puede o no estar disponible. Cuando no se tiene este valor se estima sustituyendo:  $\sigma^2 = PQ = P(1 - P)$ .

Tomando esta consideración se obtiene la Ecuación 5. Se considera un nivel de confianza de 96% con una puntuación Z de 2,0537 un margen de error de 10% y  $P = Q = 0,5$

$$n = \frac{Z^2 P(1 - P)^2}{e^2} \quad \text{Ec. ( 6)}$$

$n =$  muestra

$P =$  probabilidad de que ocurra el evento

$Q =$  probabilidad de que NO ocurra el evento

$e =$  desviación estándar

Sustituyendo datos en Ecuación 6 se obtiene:

$$\text{Muestra} = \frac{(2.053)^2(0.5)(1 - 0.5)}{(0.10)^2}$$

$$\text{Muestra} \approx 106$$

Ya sea por el tipo de llanta, el tiempo de uso o por las condiciones del camino, cada uno de los neumáticos sufren un desgaste progresivo diferente. Debido a ello, cada neumático tiene un comportamiento único y es por este motivo que el dato calculado hace referencia al número de neumáticos que se les hará medición de presión.

Según los datos del Observatorio Nacional de Seguridad Vial para el mes de octubre de 2024, el parque vehicular en El Salvador se compone de 1,85 millones de vehículos. De estos, 786 867 (42,50%) corresponden a automóviles tipo sedán y camionetas; 608 875 (32,89%) a motocicletas; 253 953 (13,72%) a pick-up con capacidad de carga menor a 1.5 toneladas; 27 769 (1,5%) a vehículos tipo microbús/autobús; y 78 071 (4,22%) a camiones pesados, remolques y cabezales. El estudio busca mantener coherencia con dicha realidad vehicular nacional, por lo que se tomarán en consideración las proporciones del observatorio en la recolección de datos para tener una muestra representativa.

### **2.3. Modalidad de la investigación.**

#### **2.3.1. *Revisión bibliográfica.***

Se realizó la búsqueda y revisión de información bibliográfica relacionada con la metrología aplicada en dispositivos para la medición de presión de aire en neumáticos. Considerando exclusivamente literatura de los dispositivos utilizados en la muestra seleccionada para la investigación.

En este sentido, se consultó información como: Normativas nacionales e internacionales, ya que constituyen una base fundamental para el diseño, fabricación y mantenimiento. Además, se recurrió a manuales de fabricantes de manómetros y vehículos, que conforman una fuente invaluable de conocimiento técnico específico y procedimientos recomendados que garanticen la precisión y fiabilidad de las mediciones.

La revisión bibliográfica sirvió como base para identificar mejores prácticas en la metrología aplicada a estos dispositivos. También para comparar procesos reales aplicados en las estaciones de servicio, así como para evaluar posibles áreas de mejora y optimización. Esta

información se obtuvo por medios digitales o fue proporcionada por la estación de servicio para el desarrollo de la investigación.

### **2.3.2. *Visita de campo.***

El objetivo concreto de las visitas de campo fue obtener información de primera mano que contribuyera a la investigación. Se recopiló información sobre los dispositivos utilizados para medir presión de aire en neumáticos, así como los criterios de evaluación y regulación metrológica aplicados por estación de servicio, antes o después de adquirirlos, para asegurar el cumplimiento de los estándares de calidad requeridos en esta área específica.

Para alcanzar este objetivo, se realizó una recopilación de datos actualizados y reales mediante visitas de campo a las estaciones de servicio seleccionadas. Estas visitas se solicitaron a través de una carta firmada por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, donde se explicó claramente el propósito de estas. Posteriormente, se coordinaron y programaron las visitas con el equipo de trabajo.

### **2.4. Técnica de recolección de datos.**

Se emplearon dos técnicas de recolección con sus respectivos instrumentos

- Técnica Observación

Esta técnica de recolección de datos consistió en registrar de manera organizada y confiable las conductas o comportamientos observados (Sampieri). Permitted obtener información detallada de los dispositivos de medición en cada una de las estaciones de servicio, el procedimiento utilizado en la toma de medición de presión de aire en neumáticos, el estado de los dispositivos, registro de las mediciones realizadas tanto con manómetro patrón como con los que

poseen las estaciones de servicio. Toda esta información se recopiló mediante un instrumento el cual es una guía de observación previamente estructurada.

- **Técnica Encuesta**

Es una técnica de recolección de datos que consistió en la recopilación sistemática de información a partir de preguntas estructuradas previamente por medio de un cuestionario. Esta se aplicó a usuarios, gerentes y operadores de las estaciones de servicio con el propósito de conocer su nivel de conocimiento acerca de la presión en neumáticos, el mantenimiento, calibración y normativa que deben de cumplir los manómetros en estudio.

## **2.5. Diseño de formatos de recolección de datos.**

Teniendo establecidas las técnicas e instrumentos, se plantearon preguntas de tipo abiertas y cerradas con la finalidad de recabar la siguiente información:

- **Información general:** es la información básica sobre la estación de servicio, como el nombre o código asignado de la estación, su ubicación precisa, la fecha y hora de la visita, autorización por parte de gerente y usuario lo cual ayudará a contextualizar los datos recopilados.
- **Información sobre los dispositivos de medición:** detalles específicos sobre los calibradores utilizados. Se incluyó la marca, modelo y número de serie del calibrador, así como la fecha de la última calibración, si está disponible, además de las condiciones de almacenamiento y las actividades que verifiquen el correcto funcionamiento del equipo.
- **Aspectos relacionados con la metrología y normativas:** se evaluó el conocimiento del personal sobre estándares o normativas y el cumplimiento de las normativas de calibración y verificación.

- Experiencia y capacitación del personal: se indagó sobre su experiencia y nivel de capacitación en el manejo de los dispositivos de medición, así como su conocimiento sobre variables que influyen en las mediciones.
- Resultados de las mediciones: se registraron las presiones de aire medidas en los neumáticos y cualquier hallazgo o inconsistencia relevante.
- Información adicional: Por último, se proporcionó espacio para observaciones adicionales sobre el proceso de medición, cualquier problema identificado durante la visita y comentarios adicionales que pudieran ser relevantes para la evaluación general del sistema de medición.

Los formatos de recolección se encuentran en Anexos 2, 3 y 4. Se planificó que el llenado de dichos formatos se realice en un máximo de 10 minutos, para evitar inconvenientes a operadores y usuarios de las estaciones de servicio.

## **2.6. Selección de manómetro patrón.**

El manómetro patrón fue seleccionado, basándose en las características tanto a nivel de funcionamiento como técnicas, ventajas y desventajas descritas en el Capítulo 1, además considerando su disponibilidad y costo en el país. A continuación, se describe el manómetro patrón. (Ver Figura 19.)

Figura 19.  
Manómetro patrón utilizado en el estudio.



Tomado de (Wilmar LLC, 2024).

- **Especificaciones Técnicas.**

- Tipo de manómetro: Digital.
- Marca: Performance Tools.
- Modelo: M525.
- Unidad de medida: psi, kPa, bar y  $\text{kg}/\text{cm}^2$
- Rango de medición: (0-150 psi) (0-10,34 bar) (0-1034 kPa) y (0-10,5  $\text{kg}/\text{cm}^2$ ).
- Resolución: 0,1 psi
- Fuente de alimentación: 2 baterías AAA (incluidas).

- **Partes.**

- Botones: posee 3 botones, azul “LIGHT” para volver retroiluminada la pantalla (luz azul), rojo “UNIT” para seleccionar la unidad de medida y un botón cromado para la liberación de presión.
- “Gatillo”: este elemento permite inyectar aire a los neumáticos, esto únicamente al estar conectado a un sistema de aire comprimido.
- Accesorios complementarios: 1 manguera de 14’’ con su respectivo acople para conectarse a la válvula de servicio del neumático, 1 acople rápido(macho)

NPT de ¼” para conectarse a un sistema de aire comprimido y 1 herramienta para cambiar el centro de las válvulas.

- **Adquisición y calibración.**

El manómetro patrón fue adquirido en Almacenes Vidrí S.A. de C.V. a un costo de \$33.95. Al no contar con una carta o certificado por parte del fabricante de este tipo de manómetro, este fue enviado a calibrar a un laboratorio acreditado en el país para asegurar que las mediciones realizadas sean consistentes y cercana al valor real.

Para garantizar la confiabilidad de los resultados y asegurar la trazabilidad de las mediciones, la selección del laboratorio encargado de calibrar el manómetro digital se realizó mediante lo siguiente: En primer lugar, se procedió a identificar los laboratorios en el país que estuvieran debidamente acreditados por la Oficina Salvadoreña de Acreditación (OSA) y que cumplieran con los requisitos establecidos en la norma internacional ISO/IEC 17025, la cual certifica la competencia técnica de los laboratorios de ensayo y calibración.

Posteriormente, se evaluó que los laboratorios identificados ofrecieran específicamente el servicio de calibración de dispositivos de medición de presión, en particular manómetros digitales, y que contaran con el equipo para realizar calibraciones dentro del rango requerido. En este caso, el manómetro debía ser calibrado en un intervalo de 10 a 150 psi, el cual corresponde al rango típico de trabajo en estaciones de servicio.

El laboratorio que brindó el servicio es Servicios de calibración (SERCAL de S.A. de C.V.). En el Anexo 5, se muestra el certificado de calibración emitido por dicho laboratorio.

### **Capítulo 3: Análisis de datos.**

En este capítulo se presentan los resultados y análisis de datos obtenidos en el estudio mediante los instrumentos de recolección de información en las diferentes estaciones de servicio. Este análisis incluye una evaluación de los tipos de manómetros utilizados, la confiabilidad de las mediciones, así como las condiciones en que se encuentran y su almacenamiento. Adicionalmente, se contempla el proceso de verificación de su funcionamiento, las prácticas de mantenimiento, el conocimiento que tiene en las estaciones de servicio sobre la existencia de estándares y normativas aplicables a los manómetros y medición de presión para asegurar un servicio confiable y de calidad.

También se presenta el nivel de conocimiento sobre presión que poseen los usuarios y factores que intervienen en el ajuste adecuado de la presión de los neumáticos en sus vehículos y otros hallazgos que se consideran relevantes.

#### **3.1. Ubicación y participación: estaciones de servicios y usuarios.**

El estudio involucra las diferentes estaciones de servicio ubicadas sobre la carretera que conecta Sonsonate- Santa Tecla, específicamente en los 44 km de carretera que conforman la CA-8W la cual inicia en el departamento de Sonsonate y culmina en el paso a desnivel de El Poliedro, en el departamento de La Libertad, donde se une a la carretera Panamericana CA-1 en el kilómetro 22 ½ e iniciando a la vez los 8,1 km de la autopista Los Chorros que finaliza en Santa Tecla.

A lo largo de este trayecto se registraron 19 estaciones de servicio, predominando la cadena de suministro Uno, seguida de Puma y Texaco, como se detalla en la Tabla 2. La distribución geográfica de cada una de estas estaciones a lo largo de la carretera se muestra en Figura 20, ofreciendo una visión de sus ubicaciones.

Tabla 2.

Estaciones de servicio sobre carretera Sonsonate - Santa Tecla.

Cadena de suministro	Cantidad de estaciones	Presencia en carretera
Uno	7	37%
Puma	5	26%
Texaco	4	21%
DLC	1	5%
El peregrino	1	5%
DSC	1	5%
total	19	100%

Figura 20.

Distribución de estaciones de servicio.

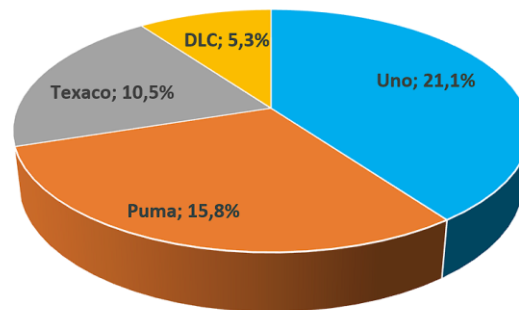


De las 19 estaciones de servicio ubicadas a lo largo de la carretera, solo 10 de ellas accedieron a participar en el estudio representando un 52,6% como se detalla en Gráfico 2. la mayoría de las autorizaciones provienen de las estaciones pertenecientes a la cadena de suministro Uno, con un 21,1% seguida de Puma con el 15,8% del total de las estaciones que accedieron a participar.

Las 9 estaciones restantes no fueron incluidas en el estudio debido a diversos factores que dificultaron su participación, entre los cuales se identificaron:

- Carencia de una estructura organizativa que permitiera la colaboración en el estudio.
- Respuestas desfavorables por parte del personal gerencial.
- Ausencia de respuesta a la solicitud de participación.

*Gráfico 2.  
Autorización por cadena de suministro*



Considerando la composición predominante del parque vehicular en El Salvador, tal como se detalló en la sección 2.2.2 donde los automóviles y motocicletas representan la mayoría, así como la importancia que tiene el transporte de personal ya sea público o privado, el tamaño de la muestra asemeja a la distribución que brinda el Observatorio Nacional de Seguridad Vial.

Se consultaron a 81 usuarios que hacen uso de las estaciones de servicio, donde en su mayoría 50 usuarios (61,7%) se negaron a participar. Las principales razones de negación fueron:

- Negativa inmediata sin mayores explicaciones, sin consideración de los detalles del estudio.
- Limitación de tiempo para atender el cuestionario.
- Falta de interés en colaborar con el estudio.
- Incomodidad al ser consultados sobre aspectos técnicos o de presión en sus vehículos.
- Desconfianza en el propósito del estudio o en el uso de la información recolectada.

Por otra parte, 31 usuarios accedieron a formar parte del análisis, permitiendo recopilar datos sobre diferentes tipos de vehículos y sus neumáticos. En el estudio participaron 12 automóviles (48 neumáticos) categorizados en 9 tipo sedan y 3 camionetas, 9 motocicletas (18

neumáticos), 5 vehículos pick-up (20 neumáticos) y 5 vehículos de tipo bus/microbús (20 neumáticos). La Tabla 3 detalla esta composición de la muestra.

*Tabla 3.*  
*Tipo y cantidad de vehículos.*

Tipo de vehículo	Cantidad
Motocicleta	9
Tipo sedan	9
Pick Up	5
Camioneta	3
Bus/Microbús	5

### **3.2. Perspectiva sobre ajuste y verificación de presión en neumáticos.**

#### ***3.2.1. Nivel de conocimiento de presión solicitada.***

En el análisis de los datos obtenidos y representado en el Gráfico 3, se proporciona un panorama general sobre el nivel de conocimientos de los usuarios respecto a la presión adecuada para sus vehículos. Aproximadamente el 22,2% de los encuestados indicó desconocer este valor, lo que los lleva a solicitar valores de presión completamente erróneos al momento de hacer uso del servicio de ajuste y verificación en sus neumáticos.

Por otro lado, el 77,8% restante afirmó tener conocimiento sobre la presión adecuada para sus vehículos. Entre ellos, el 47,6% atribuyó este conocimiento a experiencias previas, como haber manejado vehículos con características similares, o a recomendaciones de familiares y amigos. Este resultado refleja que, en la mayoría de los casos, el conocimiento de valores de presión recomendados se obtiene mediante un aprendizaje informal. Además, un 14,4% señaló haber consultado manuales o la etiqueta informativa del vehículo, donde los fabricantes suelen especificar la presión recomendada. Este grupo destaca por utilizar una fuente técnica confiable, lo que resalta la importancia de contar con información precisa y visible en el propio vehículo.

Otra fuente de información relevante identificada es la orientación recibida por parte de los operadores de pista en estaciones de servicio, mencionada por un 19,0% de los encuestados. Este hallazgo subraya el papel que desempeña el personal técnico y la importancia en los conocimientos técnicos que deben poseer para ser capaces de educar a los usuarios y promover prácticas seguras. Finalmente, un 9,5% de los usuarios indicó basarse en la presión máxima indicada en el neumático como referencia, mientras que otro 9,5% utiliza métodos empíricos, como golpear ligeramente el neumático para evaluar su estado. Estas prácticas, es más común cuando el usuario se brinda por sí solo el servicio, generando inexactitudes y recalca la necesidad de fomentar una mayor sensibilización sobre el uso y procedimientos a seguir.

La Tabla 4 sintetiza esta información, proporcionando un desglose detallado de las fuentes utilizadas por los usuarios para determinar la presión adecuada de los neumáticos.

Gráfico 3  
Conocimiento de presión solicitada.

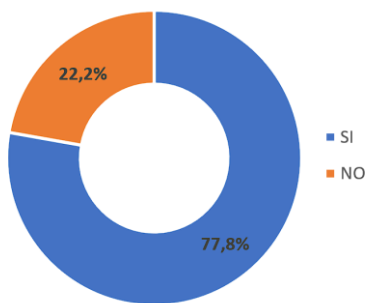


Tabla 4.  
Motivos del conocimiento de presión.

Categoría	Porcentaje
Etiqueta de vehículo	14,4%
Experiencia personal de estación	47,6%
Basándome en los neumáticos	19,0%
Empíricamente	9,5%

En la Tabla 5 se presentan las presiones de neumáticos que los usuarios dijeron conocer y utilizar para sus vehículos, comparadas con las presiones recomendadas por los fabricantes. Estas presiones recomendadas han sido obtenidas a través de los manuales que proporcionan los fabricantes. Se incluye información detallada sobre el tipo y modelo de cada vehículo que participó, lo que permite no solo identificar las presiones recomendadas para cada uno, sino que

facilita la visualización de la concordancia o discrepancia entre las prácticas habituales de los conductores y las especificaciones establecidas por los fabricantes.

También se presenta el error porcentual entre las presiones de aire solicitadas por los usuarios y las recomendadas por los fabricantes. Esto permite evaluar la variación existente entre lo que los usuarios solicitan y los valores ideales especificados para sus vehículos. Según los datos obtenidos, se identificó en promedio un 13,0% de error en las presiones solicitadas con respecto a las recomendadas. Este porcentaje se puede atribuir a las diferentes formas en que los usuarios han llegado a conocer el valor de presión como los detallados en la Tabla 5 y que no siempre coinciden con las indicaciones técnicas detalladas por los fabricantes.

*Tabla 5.*  
*Presiones por tipo de vehículo.*

N°	Tipo de vehículo	Marca/modelo	Presión recomendada (psi)		Presión conocida por Usuario (psi)		Error porcentual
			delantera	trasera			
1	Tipo sedán	Toyota Matrix 2010	32	32	35	35	8,6%
2	Tipo sedán	Hyundai Elantra 2003	30	30	40	40	25,0%
3	Tipo sedán	Hyundai Accent 2005	30	30	35	35	14,3%
4	Tipo sedán	Nissan Versa 2011	35	35	30	35	8,3%
5	Tipo sedán	Chevrolet Aveo 2010	33	33	35	35	5,7%
6	Tipo sedán	Toyota Tercel 4WD 1985	30	30	35	35	14,3%
7	Tipo sedán	Kia Spectra	32	32	--*	--*	-
8	Tipo sedán	Mitsubishi Galant	32	32	40	40	20,0%
9	Tipo sedán	Ford Fiesta	32	32	35	35	8,6%
10	Pick Up	Toyota Hilux 22R	--	--	35	40	-
11	Pick Up	Kia K2700	44	57	35	40	20,0%
12	Pick Up	Kia K2700	44	57	42	55	7,0%
13	Pick Up	Nissan Frontier	35	35	32	35	9,7%
14	Pick Up	Toyota Hilux CS 4x2	35	44	30	40	13,3%
15	Motocicleta	Serpento Forza 150	30	34	25	30	17,7%

16	Motocicleta	Yamaha XTZ 150	28	36	25	25	11,3%
17	Motocicleta	SERPENTO NAGA 200	30	35	32	35	7,1%
18	Motocicleta	Suzuki GN125F 2016	25	30	25	32	6,3%
19	Motocicleta	Suzuki GN125H 2012	25	30	30	30	12,3%
20	Motocicleta	Freedom Supercold 125	28	32	25	28	13,1%
21	Motocicleta	Honda Shadow 150	28	34	32	30	12,9%
22	Motocicleta	Freedom FXR 200L	30	36	25	30	17,0%
23	Motocicleta	Triumph speed 400	30	35	30	32	4,7%
24	Camioneta	Nissan Rogue	33	40	36	38	6,8%
25	Camioneta	Isuzu Trooper 1988	--	--	36	40	-
26	Camioneta	Toyota Rush Sport 4X2	35	40	34	36	7,0%
27	Microbús/Bus	Toyota Hiace 1992	36	48	35	40	11,4%
28	Microbús/Bus	Bus Blue Bird	90-120	90-120	90	110	3,1%
29	Microbús/Bus	Bus Mercedes Benz 2017	85-100	85-100	95	110	5,6%
30	Microbús/Bus	Buseta Ford 2013 E350	55	80	55	65	16,5%
31	Microbús/Bus	Toyota Coaster 2021	55	80	60	65	9,7%

*Nota: los valores de presión recomendados por parte de fabricante del vehículo han sido retomados de los diferentes manuales de usuarios. a) --\* se refiere a los usuarios que desconocían el valor. b) - - hace referencia al valor no encontrado en manuales.*

Referente a los operadores de pista manifestaron que el servicio de ajuste y verificación generalmente lo realizan según los valores solicitados por los usuarios y recalcaron que no es usual que se les consulten acerca de valores recomendados. Sin embargo, un 14,0% (5 operadores) de los encuestados pocas veces han brindado sugerencias y lo han hecho desde la experiencia que han adquirido a lo largo de los años de trabajo.

### **3.2.2. Conocimiento del impacto de la presión en neumáticos de vehículos.**

La presión de aire en los neumáticos juega un papel determinante en el funcionamiento óptimo de un vehículo, lo cual ha sido reconocido por el 95,0% de las personas encuestadas. Este

porcentaje refleja un entendimiento generalizado de la importancia de mantener una presión adecuada para garantizar el desempeño y la seguridad vehicular

Al consultar a los usuarios sobre posibles dificultades que se enfrentan al momento de circular en carretera con una presión inadecuada en sus neumáticos, se obtuvo que entre los aspectos considerados se encuentra el manejo y estabilidad del vehículo con un 36,0% de las respuestas obtenidas. Esto es comprensible, ya que una presión inadecuada puede alterar el contacto de los neumáticos con el suelo, reduciendo la capacidad de control del conductor. En segundo lugar, el consumo de combustible reflejando un 28,0% ya que neumáticos con presión insuficiente generan mayor resistencia al rodar, lo que obliga al motor a trabajar más y consumir más energía. Otro punto relevante es la capacidad de carga con 17,0%, dado que neumáticos con presión incorrecta no distribuyen adecuadamente el peso, comprometiendo su durabilidad y seguridad a la hora de conducir. Otro aspecto es el desgaste de neumáticos y otras partes móviles como amortiguadores o rodamientos representando un 17,0%, afectando a su vez la capacidad de frenado la cual solo fue considerada por el 2,0%. Estos problemas suelen derivarse de una presión que no corresponde a las especificaciones del fabricante, lo que genera un desgaste desigual y acelera la necesidad de mantenimiento o reemplazo de componentes.

Al consultar si tienen conocimiento sobre factores que puedan influenciar el valor de presión solicitado para sus neumáticos, los encuestados identificaron como más significativo la carga del vehículo 36,0%, ya que el peso adicional comprime los neumáticos, dificultando tener un correcto control en el volante al momento de realizar maniobras. En segundo lugar, con un 31,0% es el tipo de terreno ya que también juega un papel importante debido que superficies irregulares o abrasivas pueden incrementar el desgaste o generar pérdidas de presión más rápidas. Además, el tiempo de uso constante del vehículo refleja el 20,0% de las respuestas obtenidas

haciendo referencia al tiempo que llevan utilizando los neumáticos y a la distancia que recorren, ya que con el tiempo los neumáticos se desgastan y su rendimiento disminuye. Por otro lado, la temperatura ambiente 13,0% donde destacaron particularmente las carreteras que, al estar expuestas al sol, se calientan considerablemente y a su vez los neumáticos dando como resultados valores por encima a la hora de ajustar o verificar.

Es importante recalcar que, a pesar de la clara comprensión sobre la influencia de la presión de los neumáticos en el funcionamiento del vehículo, solo el 30,0% de los encuestados toma en cuenta estos factores al momento de solicitar el servicio de ajuste y verificación de presión, en este grupo se encuentran los usuarios que tienen vehículos tipo pick up y bus/microbús. Entre los factores más considerados destacan el tipo de terreno y la capacidad de carga que el vehículo debe transportar. Esto sugiere que, si bien la mayoría de los usuarios reconoce su importancia, existe una desconexión entre este conocimiento y las prácticas al momento de solicitar el servicio, ya que solo una minoría los considera.

Al consultar a los operadores sobre los factores que ellos consideran o recomiendan a la hora de brindar el servicio, también un 14,0% de ellos manifestaron que cuando les han consultado, su recomendación sobre agregar o disminuir la presión su respuesta ha sido considerando experiencias previas y la carga que transporta el vehículo mientras que el resto dijeron no realizar recomendación alguna ya que el servicio lo realizan considerando la presión solicitada por el usuario sin considerar algún otro factor.

### **3.2.3. Control y monitoreo de presión.**

Contar con buenas prácticas para mantener la presión de los neumáticos dentro de los valores recomendados, ya sea mediante el uso de tecnologías modernas o simples inspecciones rutinarias, es fundamental para reducir los incidentes viales y garantizar la seguridad en carretera.

En cuanto a la tecnología disponible en los vehículos, solo el 26,0% de los usuarios cuentan con un Sistema de Monitoreo de Presión de Llantas (TPMS). Esto significa que la mayoría de los conductores carecen de una herramienta automática que les alerte sobre posibles irregularidades en sus neumáticos. De este porcentaje, solo tres usuarios tenían el sistema activo y eran conscientes de su función, mientras que otros tres lo mantenían activo, pero desconocían su propósito. Finalmente, dos usuarios poseían el sistema desactivado, y solo uno de ellos sabía para qué servía.

Respecto al conocimiento sobre el uso adecuado del manómetro para el ajuste y verificación de la presión también presenta deficiencias importantes. Aunque el 68,0% (21 usuarios) afirmó tener nociones sobre su uso, solo el 32,0% (10 usuarios) fue capaz de interpretar correctamente la escala y corroborar que la presión solicitada sea la adecuada. Este dato se destaca, ya que incluso entre quienes intentan realizar la verificación, la falta de habilidad o conocimiento técnico puede comprometer la precisión de la medida cuando son ellos mismos los que se brindan el servicio.

Además, solo el 26,0% de los encuestados (8 usuarios) posee un medidor de presión propio. Entre ellos, el tipo más común es el medidor de varilla, utilizado por el 75,0% (6 usuarios), seguido por el manómetro analógico tipo Bourdon, con un 25,0%. No se registró el uso de medidores digitales.

En lo que respecta a la periodicidad de las verificaciones, no se observan patrones claros o consistentes. Los usuarios tienden a verificar la presión bajo condiciones específicas, como antes de realizar viajes largos (27,0%), al detectar daños visuales en los neumáticos, como cortes o desgaste irregular (30,0%), o al percibir problemas en el funcionamiento del vehículo, como sonidos extraños o inestabilidad al conducir (33,0%). Solo un pequeño porcentaje (10,0%) realiza la verificación cuando el TPMS emite una alerta. Esto evidencia que muchos conductores dependen de señales externas visibles para realizar esta tarea.

Además, el uso de las estaciones de servicio como oportunidad para verificar la presión también refleja una práctica irregular. El 35,0% de los usuarios aprovecha cada visita para realizar esta tarea, mientras que el 55,0% lo hace solo cuando lo considera necesario. Por otro lado, un 10% no utiliza esta opción, justificando su acción en factores como la falta de tiempo, el desconocimiento del procedimiento o la desconfianza en el equipamiento disponible en dichas estaciones por lo que decide hacerlo en otros lugares que ofrecen el servicio como talleres.

### **3.3. Gestión del servicio y verificación de presión en neumáticos.**

#### ***3.3.1. Disposición del servicio.***

Con respecto a la disponibilidad y operatividad del servicio de ajuste y verificación en las estaciones evaluadas, conforme se detalla en Tabla 6. Los resultados indican que, el 80,0% de las estaciones de servicio ofrecían el servicio completo de ajuste y verificación de presión en neumáticos, lo que implica que contaban tanto con un manómetro funcional como con el equipo de aire comprimido necesario para realizar ajustes de presión, un 20,0% de las estaciones de servicio no disponían de manómetro en el momento de las visitas realizadas para el desarrollo del estudio, y lo atribuyeron a situaciones de robo o extravío del equipo.

Además, también se proporciona información sobre la cantidad de manómetros que cada estación mantiene en uso y en reserva, lo que refleja el nivel de preparación de algunas estaciones para mantener un servicio continuo en caso de fallos o extravío de los equipos. Sin embargo, a pesar de contar con estos recursos, ninguna de las estaciones evaluadas disponía como tal de un manómetro patrón, que les sirviera de referencia para verificar la precisión y el correcto funcionamiento de los demás manómetros que tienen a su disposición.

*Tabla 6*

*Estado del servicio para toma de presión en neumáticos por estación*

<b>Estación</b>	<b>Servicio</b>	<b>Cantidad de Manómetros en uso</b>	<b>Manómetros de reserva</b>
E1	Brinda solo el equipo	0	0
E4	Brinda el equipo y opera el manómetro	4	4
E6	Brinda el equipo y opera el manómetro	2	2
E7	Brinda el equipo y opera el manómetro	2	0
E8	Brinda el equipo y opera el manómetro	2	0
E12	Brinda el equipo y opera el manómetro	4	2
E13	Brinda solo el equipo	0	0
E14	Brinda el equipo y opera el manómetro	2	0
E17	Brinda el equipo y opera el manómetro	2	1
E19	Brinda el equipo y opera el manómetro	3	6

### **3.3.2. Tipos de manómetros.**

En su totalidad, los tipos de manómetros utilizados en las estaciones de servicio evaluadas corresponden al tipo de varilla, también conocido como manómetro de vástago. En su mayoría 9 de las estaciones de servicio poseían manómetros de varilla pertenecientes a la marca Milton, tal como se muestra en la figura 21. Sin embargo, cabe señalar que en dos de las estaciones evaluadas también contaban con manómetros de la marca Truper, como el mostrado en la figura 22. En la Tabla 7 se presentan los tipos y especificaciones de cada modelo.

Tabla 7

Tipos de manómetros en estaciones de servicio

Tipo de manómetro	Marca	Modelo	Rango de medida psi (kPa)	Tipo de escala	Resolución psi
Varilla	Milton	S-976	10-160 (80-1100)	Lineal	2
Varilla	Truper	MEA-150X	10-150 (68-1034)	Lineal	2

Figura 21.

Manómetro Milton S-976.



Tomado de (Milton Industries, INC. All, 2024)

Figura 22.

Manómetro Truper MEA-150X.



Tomado de (Truper S.A. DE C.V., 2024)

### 3.3.3. Control de funcionamiento y mantenimiento.

Es importante destacar que las actividades de mantenimiento, limpieza y control de funcionamiento son consideradas exclusivamente a los manómetros y parte del sistema de aire comprimido utilizado para el servicio de verificación y ajuste de presión en neumáticos como lo son manguera y acoples. No se extienden al resto de los equipos con los que cuentan las estaciones de servicio.

- **Detalles por parte gerencial**

Con el objetivo de conocer las actividades de limpieza y mantenimiento realizadas a los manómetros, así como la periodicidad con la que estas se llevan a cabo, por medio de la información proporcionada por las gerencias se obtuvo que el 60,0% de las estaciones

encuestadas, es decir, seis de ellas, programan algún tipo de mantenimiento o limpieza a los manómetros, mientras que el 40,0% restante no cuenta con una programación definida, como se observa en el Gráfico 4.

De las seis estaciones que sí implementan actividades de limpieza para los manómetros, solo una estación realiza tareas diarias representando un 16,7% del total de estaciones que siguen una planificación como se detalla en el Gráfico 5. Esta estación afirma que la limpieza e inspección diaria garantiza que el equipo se mantenga en condiciones óptimas y asegurando su buen funcionamiento.

Dos estaciones adicionales, representan un 33,3% de este grupo, tienen planificado llevar a cabo las labores de limpieza cada 15 días, asegurando que con esta frecuencia los manómetros operan correctamente sin acumulación de polvo o residuos. Finalmente, dos estaciones equivalentes al 50,0% del total de estaciones que realizan algún tipo de mantenimiento optan por un enfoque de mantenimiento basado en condición; estas estaciones ejecutan la limpieza solo cuando los manómetros muestran signos evidentes de suciedad, polvo acumulado, o tras contacto con aceite u otras sustancias que podrían comprometer el manómetro.

Gráfico 4  
*Estaciones que ejecutan actividades de mantenimiento o limpieza*

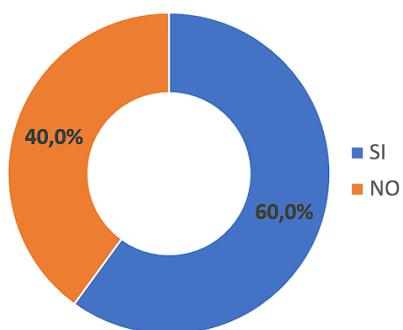
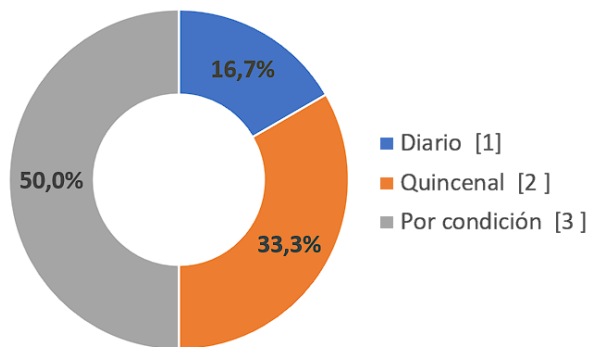


Gráfico 5  
*Periodicidad de mantenimiento o limpieza*



Además, los gerentes indicaron que las actividades de mantenimiento que realizan son:

- Verificación de funcionamiento: el cual es realizado de manera preventiva o cuando algún empleado de pista detecta desviaciones que consideran significativas en las lecturas tomadas.
  - Limpieza del manómetro: en el cual eliminan suciedad general, como polvo acumulado, y la limpieza de contaminación química, como restos de aceite, pintura o cualquier sustancia que pudiera haber entrado en contacto con el manómetro, afectando su funcionalidad. Dicha limpieza la realizan con paños limpios o wiper de tela.
  - Revisión de conexiones: Buscan fugas de aire en las conexiones del manómetro, acoples y mangueras de distribución de aire verificando que no haya ninguna anomalía que les evite brindar el servicio.
- **Detalles por parte de operadores de pista**

Continuando con el objetivo de conocer las diferentes actividades de limpieza también se consultó a los operadores de pista pertenecientes a las diferentes estaciones de servicio que autorizaron su participación en el estudio.

Para garantizar un análisis estructurado, se utilizó un listado preestablecido de acciones que los operadores podían evaluar, además de proporcionarles la oportunidad de mencionar y destacar otras actividades no incluidas en el listado, basándose en su experiencia y prácticas cotidianas. En la Tabla 8 se presentan de manera detallada las actividades evaluadas, lo que permite obtener una visión de las rutinas de limpieza y mantenimiento que se implementan en las estaciones de servicio. Esta tabla ofrece un panorama claro de los procedimientos más comunes

recomendados y aplicados por diferentes fabricantes tanto de automóviles como de neumáticos y manómetros.

Las actividades relacionadas con el mantenimiento y limpieza de los manómetros fueron evaluadas considerando cinco categorías que reflejan la periodicidad o frecuencia con la que se llevan a cabo en las estaciones de servicio participantes. Estas categorías se definieron de la siguiente manera:

- Diario: Actividades realizadas de forma regular al término de cada jornada laboral o durante el transcurso del día, con el objetivo de mantener los manómetros en condiciones óptimas de funcionamiento.
- Semanal: Procedimientos que se efectúan una vez por semana, generalmente como parte de una rutina de mantenimiento menos frecuente pero aún periódica.
- Mensual: Acciones que se llevan a cabo una vez al mes, usualmente orientadas a la inspección y limpieza general del equipo, considerando periodos de uso más prolongados.
- Por Condición: Actividades realizadas únicamente bajo circunstancias específicas, como la aparición de signos de desgaste, acumulación de suciedad, fallas en el funcionamiento, o bajo instrucción directa del gerente o supervisor.
- Nunca: Incluye las estaciones o situaciones en las que no se realizan actividades de limpieza o mantenimiento, bien sea por desconocimiento, falta de recursos, o porque no se perciben como necesarias para la operación diaria del equipo.

La clasificación de las actividades en estas cinco categorías permitió una sistematización del análisis, facilitando la comparación de las prácticas realizadas por los operadores de pista en distintas estaciones.

Tabla 8  
Actividades de limpieza realizadas

---

**Acciones o actividades**

---

1. Revisión de daños visibles, corrosión o suciedad en el cuerpo del manómetro.
2. Comprobar que el manómetro marque cero cuando no esté bajo presión.
3. Verificar que no haya desgaste o deformación en el vástago o aguja del manómetro.
4. Aplicar lubricación en partes móviles del manómetro.

Tipo de lubricante utilizado: \_\_\_\_\_

5. Asegurar de que la escala de presión sea legible o no presente desgaste.
  6. Desmontar y limpiar los componentes internos del manómetro, si es posible.
  7. Verificar que el vástago o aguja se mueva libremente sin obstrucciones.
  8. Detecta fugas Inspeccionando conexiones y partes móviles
  9. Limpiar la superficie del manómetro para eliminar polvo y suciedad acumulada.
  10. Verificar las escalas sean legibles.
  11. Comparar las lecturas del manómetro con un manómetro de referencia para asegurar la precisión.
- 

*Nota: se en listan solo actividades sugeridas en el estudio ya que ningún operario sugirió otras actividades.*

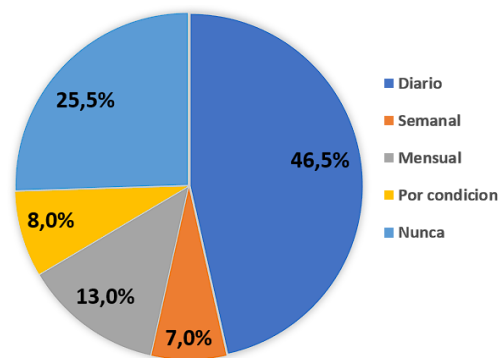
El Gráfico 6 presenta un análisis general de la periodicidad con la que los operadores de pista realizan actividades de mantenimiento y limpieza a los manómetros en las estaciones de servicio participantes. Los resultados evidencian que el 46,5% de estas actividades se llevan a cabo diariamente, usualmente al finalizar la jornada laboral, lo que refleja un enfoque más regular y preventivo por parte de casi la mitad de los operadores. Por otro lado, el 7,0% reporta que estas acciones se realizan de manera semanal, mientras que un 13,0% las efectúa mensualmente, lo que indica una menor frecuencia de intervención por parte de ellos.

Un 8,0% de las actividades de limpieza y mantenimiento se ejecutan únicamente bajo condiciones específicas, como la emisión de una orden por parte del gerente o supervisor, o cuando el manómetro presenta fallas evidentes en su funcionamiento. En estos casos, los operadores recurren a comparar las lecturas del manómetro con otro dispositivo que consideren en mejores condiciones operativas. Cabe destacar que ninguna de las estaciones incluidas en el estudio cuenta con un manómetro patrón o de referencia que garantice la precisión de estas

verificaciones, lo cual representa una limitante significativa en la confiabilidad de las mediciones realizadas.

Finalmente, un 25,5% de los operadores indicaron que no realizan ningún tipo de actividad de mantenimiento o limpieza a los manómetros, argumentando que no las consideran necesarias. La falta de actividades de limpieza podría implicar un riesgo para la durabilidad de los dispositivos, así como para la calidad del servicio proporcionado a los usuarios ya que la acumulación de suciedad en las válvulas y acoples de manómetros puede ser fuentes de fugas dando lecturas imprecisas.

Gráfico 6  
*Periodicidad de limpieza por parte de operadores*



Retomando la información de parte gerencial donde se identificaron la cantidad de estaciones que ejecutan alguna actividad de limpieza y el gráfico anterior el cual se realizó con respecto a las respuestas obtenidas por cada uno de los operadores de pista encuestados, se indentificó que las actividades de limpieza de los manómetros se realizan en todas las estaciones de servicio, incluso en aquellas que no cuentan con una planificación definida para su mantenimiento. Según la información presentada en la Tabla 9, se observa una variabilidad significativa en el cumplimiento de estas actividades entre las estaciones.

Las estaciones con mayores porcentajes de cumplimiento son las que detallaron que tienen una planificación de actividades, como las estaciones 1 y 2, destacan con un 65,0% de ejecución de actividades de limpieza, mientras que las estaciones 9 y 10 presentan los niveles más bajos, con solo un 14,0% y 11,0%, respectivamente. Este comportamiento indica que la limpieza de los manómetros, aunque es una buena práctica, no se realiza de manera uniforme ya que ninguna de las estaciones las ejecutan en su totalidad.

*Tabla 9*  
*Cumplimiento de actividades de limpieza por estación.*

Estación	Ejecuta actividades	
	SI	NO
1	65,0%	35,0%
2	65,0%	35,0%
3	61,0%	39,0%
4	61,0%	39,0%
5	54,0%	46,0%
6	43,0%	57,0%
7	40,0%	60,0%
8	18,0%	82,0%
9	14,0%	86,0%
10	11,0%	89,0%

*Nota: con la finalidad de preservar la confiabilidad de los datos obtenidos, el número de estación señalado no hace referencia al número o código asignado a las estaciones en el resto del estudio*

Asimismo, aunque el tramo en estudio cuenta con cadenas de suministro que poseen mayor presencia en carretera, es decir, cuenta con más de una estación de servicio, no garantiza un cumplimiento uniforme en la planificación de las actividades relacionadas con los manómetros utilizados para el ajuste y verificación de presión. Es decir, algunas estaciones pertenecientes a la misma franquicia no priorizan ni dan la debida importancia a las actividades de limpieza, lo que evidencia una inconsistencia en las prácticas de mantenimiento dentro de las mismas redes de suministro.

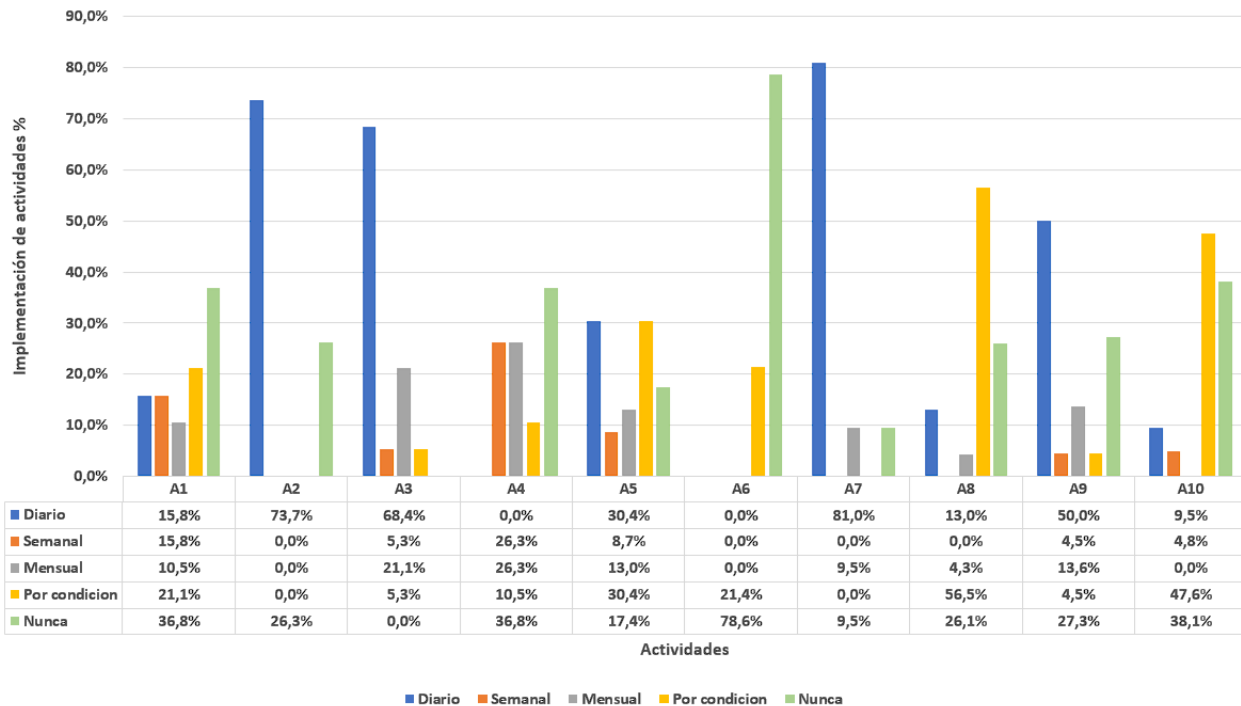
De acuerdo con los datos analizados y representados en la Tabla 9 y el Gráfico 7, se identifica que, entre las actividades de mantenimiento diario, la limpieza de la superficie del cuerpo del manómetro (A7) es la más frecuente, alcanzando un 81,0%. Esta práctica permite eliminar el polvo y la suciedad acumulada, contribuyendo a la conservación externa del dispositivo. Seguida de la revisión de daños visibles (A2) y la verificación de desgaste en el vástago o aguja del manómetro (A3), con un 73,7% y 68,4%, respectivamente. Estas actividades demuestran el enfoque de los operadores en detectar problemas inmediatos que podrían comprometer el funcionamiento del equipo.

En cuanto a las tareas semanales, la lubricación de las partes móviles del manómetro (A4) destaca con un 26,3%. Sin embargo, se resalta que no se utiliza un lubricante específico, sino que estas optan por productos como aceite de motor sin importar su denominación o aceite multipropósito 3 en 1, lo cual podría afectar el desempeño del equipo a largo plazo. Otra actividad semanal identificada es la comprobación de que el manómetro marque cero sin la aplicación de presión (A1), la cual tiene un 15,8%. Indicando una baja prioridad a esta tarea crucial para verificar el funcionamiento inicial del dispositivo, lo cual podría comprometer la exactitud de las mediciones realizadas.

Las actividades mensuales presentan una frecuencia más limitada, con la lubricación de partes móviles (A4) nuevamente como la más realizada, con un 26,3%, seguida de la verificación del desgaste en el vástago o aguja (A3), que alcanza un 21,1%. Por otra parte, las actividades realizadas por condición incluyen la detección de fugas inspeccionando conexiones y partes móviles (A8), con un 56,5% y reflejando una atención hacia problemas identificados durante el uso y no a una planificación establecida. Además, otras de las actividades que se realizan siguiendo el enfoque anterior son la comparación de lecturas del manómetro con un dispositivo

de referencia para asegurar la precisión (A10), con un 47,6% aclarando que lo realizan con el manómetro en uso que consideren en mejor condición, y la verificación de la legibilidad de la escala de presión (A5), con un 30,4%.

Gráfico 7  
Periodicidad por actividades realizadas



Sin embargo, algunas actividades son casi inexistentes en las estaciones de servicio. Por ejemplo, el desmontaje y limpieza de los componentes internos del manómetro (A6) no se realiza en el 78,6% de los casos, debido a las limitaciones de diseño de los modelos adquiridos. Solo un 21,4% de los encuestados mencionaron que esta actividad se realiza rara vez y cuando ocurre es llevada a cabo por empresas externas encargadas del mantenimiento general de los equipos en la estación desconociendo el procedimiento para desarrollar esta actividad. Asimismo, la comparación de lecturas del manómetro con uno de referencia (A10), pese a su importancia para garantizar la precisión, no se realiza representando un 38,1% de las respuestas obtenidas por los operadores de pista en las diferentes estaciones de servicio.

### **3.3.4. Almacenamiento y resguardo.**

En cuanto a las prácticas de almacenamiento de los manómetros en las estaciones de servicio, los datos recopilados revelan que un 80,0% de las estaciones, es decir, 8 de las 10, resguardan los manómetros bajo pista tanto durante la jornada diurna como en la nocturna para el caso de las que brindan servicio 24/7, colocándolos en su mayoría, sobre las bombas dispensadoras de combustible o en estantes dentro del área de trabajo, buscando facilidad de acceso rápido y cómodo para los empleados y usuarios que les solicitan. Con esta disposición aseguran que los dispositivos estén siempre a la mano, aunque también son conscientes que se exponen los manómetros a robos, posibles daños, contaminación por polvo o residuos de combustible, y deterioro por la falta de un almacenamiento adecuado y protegido.

Por otro lado, el 20,0% restante, es decir, dos estaciones, optan por una estrategia de almacenamiento un poco más cautelosa, resguardando los manómetros dentro de la caseta donde se realizan cobros y facturación. Con este método aseguran ofrecer una mayor protección al mantener los dispositivos alejados de las áreas de mayor actividad, exposición a contaminantes y mayor control del personal o usuario que solicita el manómetro.

Las estaciones que no brindan servicio 24/7 resguardan el manómetro dentro de la oficina de gerente. Esto sugiere que, aunque la mayoría de las estaciones priorizan la accesibilidad del equipo, no todas garantizan un entorno de almacenamiento óptimo que proteja los manómetros de daños físicos, condiciones adversas y extravíos de estos.

### **3.3.5. Vida útil.**

Al consultar sobre la vida útil de los manómetros, la respuesta más común reveló una falta de conocimiento preciso o estimaciones claras. Esto se debe a diversos factores, como el robo

frecuente de los equipos y el mal uso por parte de algunos usuarios y operarios, lo que puede acortar significativamente su vida útil.

De las 10 estaciones analizadas, cuatro, es decir, el 40,0%, afirmaron que suelen realizar cambio de los manómetros anualmente como parte de su rutina preventiva. Otras tres estaciones, que representan el 30,0%, señalaron que efectúan cambios de forma semestral y tres de las estaciones restantes 30,0% no tienen una pauta establecida para el reemplazo de los manómetros, ya que solo los sustituyen de manera forzada cuando estos son robados. En estas estaciones, el servicio queda suspendido hasta que se repongan los manómetros, lo que puede afectar su operación diaria.

De lo anterior cabe recalcar que, aunque ciertas estaciones tengan una programación para cambiar sus equipos la mayoría de las decisiones respecto al reemplazo están influenciadas mayormente por situaciones externas, como los robos, en lugar de basarse en la durabilidad real del equipo.

### ***3.3.6. Adquisición de manómetros.***

Al consultar a la parte gerencial encargada de las estaciones de servicio sobre los factores que consideran más importantes al momento de adquirir los manómetros para la calibración de neumáticos, se obtuvo una visión clara de las prioridades basadas en su experiencia y criterio personal/profesional. Entre los factores mencionados, la durabilidad de los equipos fue el más valorado, representando el 30,4% de las respuestas. Quienes resaltaron la necesidad de contar con manómetros que puedan soportar el uso continuo y las condiciones a las que están expuestos en las estaciones por parte de los operadores de pista y clientes.

La resistencia, refiriéndose a la capacidad del manómetro para soportar golpes, caídas y el desgaste general, también ocupó un lugar destacado, con un 26,1% de las respuestas por parte de los gerentes. Por otro lado, la facilidad de uso fue un factor importante para el 17,4%, quienes valoran que los manómetros son utilizados regularmente por empleados de pista y conductores por lo que equipos fáciles de manejar son esenciales para asegurar una medición rápida y precisa.

En contraste, la precisión y fiabilidad de los manómetros, factores que son cruciales para la seguridad de los conductores y la correcta medición de la presión de los neumáticos, solo obtuvieron un 4,3% de importancia en las respuestas debido a que consideran que la mayoría de los manómetros disponibles en el mercado cumplen con un estándar mínimo de precisión.

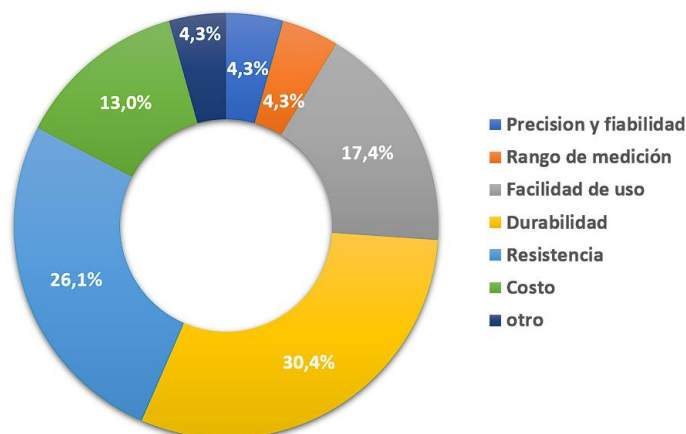
Finalmente, el rango de medición, que define la capacidad del manómetro para medir diferentes presiones, fue valorado por un 4,3% de los encuestados quienes consideran que los manómetros que manejan ya cubren un rango de presión adecuado para la mayoría de los vehículos que atienden en las estaciones de servicio. Toda la información anterior se detalla en la Tabla 10 y el Gráfico 8, donde se resume la cantidad de estaciones y los factores que éstas consideran relevantes para adquirir sus manómetros.

*Tabla 10*  
*Factores de adquisición de manómetro por estaciones*

<b>Características o especificaciones</b>	<b>Número de estaciones</b>
Durabilidad	7
Resistencia	6
Facilidad de uso	4
Costo	3
Precisión y fiabilidad	1
Rango de medición	1

Gráfico 8

*Factores de adquisición de manómetro por parte de gerentes*



### **3.3.7. Normativa.**

En lo que concierne a las normas o estándares aplicados a los manómetros para su adquisición, el correcto uso y verificación en las estaciones de servicio, se les consultó a la parte gerencial y operativa donde ninguna de las respuestas fue favorable, reflejando un desconocimiento total al respecto.

A su vez, se consideraron diferentes fuentes bibliográficas con el fin de obtener información detallada de alguna normativa o estándares nacionales o internacionales aplicables a estos tipos de manómetros, sin embargo, no se encontraron regulaciones específicas que detallen los lineamientos o requisitos técnicos para el uso y calibración de estos dispositivos. Solamente se identificaron recomendaciones generales como la OIML R23 y procedimientos ME003 para calibración de manómetros, vacuómetros y manovacúómetros digitales y analógicos con carátula y aguja.

Como parte del análisis, también se consultó a los fabricantes de las marcas de manómetros identificados durante las visitas a las estaciones de servicio. Entre las marcas revisadas, solo uno de ellos, Milton, proporciona un certificado del producto donde se especifican

los estándares considerados en la fabricación de estos manómetros. Sin embargo, no fue posible obtener información detallada sobre estos estándares debido a su carácter confidencial, ya que muchos de estos documentos están vinculados a usos federales o militares en los Estados Unidos. Esta restricción limita el acceso público a sus especificaciones técnicas completas, por lo que se dan a conocer de manera general.

- La Especificación Federal GG-G-91D es una especificación que cubre los medidores de presión de neumáticos, incluyendo los medidores de presión autónomos y los medidores infladores de neumáticos. Fue publicada originalmente en 1972 y ha pasado por varias revisiones, pero actualmente está inactiva. En 2001, se emitió un aviso de cancelación, recomendando el uso de descripciones de artículos comerciales en su lugar las futuras adquisiciones de este artículo deben referirse a la descripción del artículo comercial (CID) A-A-59568.
- La MIL-I-45208, esta especificación establece los requisitos para los sistemas de inspección de los contratistas. Estos requisitos se refieren a las inspecciones y pruebas necesarias para sustentar la conformidad del producto con los dibujos, especificaciones y requisitos del contrato, así como a todas las inspecciones y pruebas requeridas por el contrato.

### **3.4. Evaluación en la toma de medición de presión.**

#### ***3.4.1. Estado de manómetros.***

En el análisis de datos referente al estado físico de los manómetros utilizados en las estaciones de servicio, se clasificaron los dispositivos en tres categorías: Bueno, Regular y Malo, basándose en diversas características evaluadas. Cabe destacar que el porcentaje obtenido representado en el Gráfico 9, no es directamente equivalente a la cantidad total de manómetros a

la que se hará referencia, sino que representa un estimado. Esto se debe a que algunos manómetros presentaban características que se clasificaron en más de una categoría, es decir, un mismo dispositivo mostraba tanto condiciones consideradas como "buenas" como otros aspectos "regulares" o "malos".

Se puede observar que el 57,5% de los dispositivos presentaron características para ser clasificados como "Buenos" lo que equivale a 12 manómetros, entre las características más comunes que presentaron se tienen:

- Lecturas de presión eran constantes durante la toma de mediciones
- Cuerpo del manómetro estaba libre de polvo o suciedad acumulada.
- Sin signos de desgaste físico en el cuerpo y vástago del manómetro.
- Mecanismo sin atascos ni variaciones y sin presentar movimientos inusuales.
- Escalas de presión libres de distorsiones y completamente legibles.

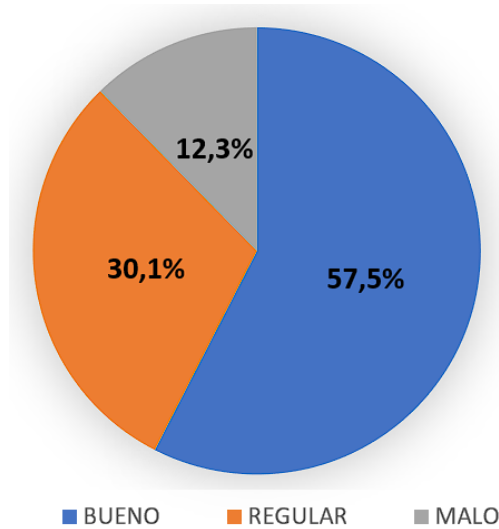
Por otro lado, el 30,1% de los manómetros, equivalente a 6 dispositivos, fueron clasificados como "regulares". En estos casos las principales características que presentaron fueron:

- Cuerpo del manómetro con signos de abrasión o pequeñas grietas
- Presencia de suciedad acumulada en el cuerpo del manómetro.
- El vástago donde se encuentra la escala graduada presenta manchas o pequeños rayones que dificultan la lectura.

Finalmente, el 12,3% de los manómetros, es decir, 3 dispositivos, fueron clasificados como "malos". En estos casos, presentaron:

- Daño o corrosión en la carcasa, conexiones o cuerpo del manómetro.
- Escalas de presión eran ilegibles, lo que impide obtener una lectura clara y precisa.

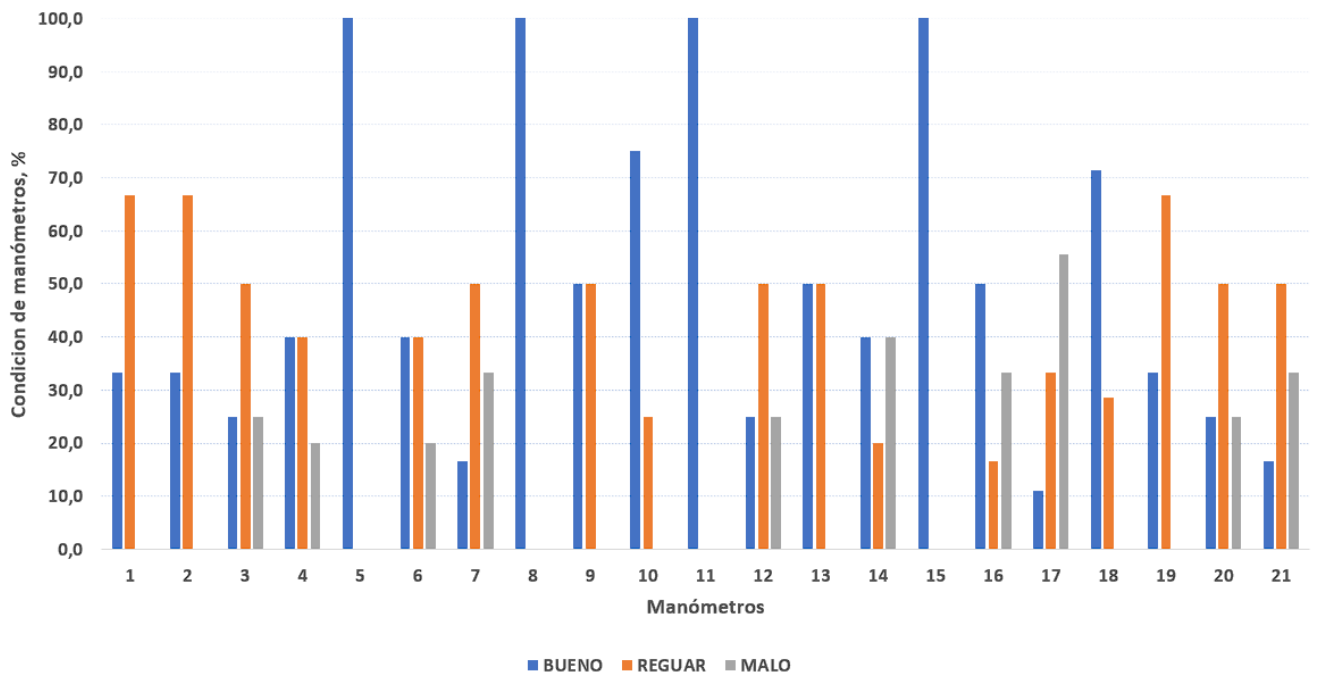
Gráfico 9  
*Categorización del estado de manómetros*



*Nota: La categorización y sus porcentajes hacen referencia al total de características obtenidas de los manómetros*

En el Gráfico 10, se presenta el estado real de cada uno de los manómetros evaluados, mostrando su clasificación general en las categorías de Bueno, Regular y Malo. Esta visualización permite identificar rápidamente el número de manómetros que se encuentran completamente en condiciones óptimas y que solamente son 4 (manómetro 5, 8, 11 y 15), mientras que el resto presenta cierto grado de deterioro.

Gráfico 10  
Estado real de manómetros



*Nota: La información reflejada en el gráfico facilita la comprensión del estado físico general de los dispositivos en uso en las estaciones de servicio.*

### 3.4.2. Procedimiento en servicio de ajuste y verificación de presión.

De acuerdo a recomendación de diferentes fabricantes de vehículos y neumáticos para la correcta toma de presión, se verificó el cumplimiento de ciertos pasos en el procedimiento tomado por los operadores en las diferentes estaciones de servicio que aceptaron formar parte del estudio. En la Tabla 11, se enlistan los pasos considerados, así como también el porcentaje de cumplimiento de éstas, permitiendo el análisis de importancia o criticidad que conlleva cada uno de ellos.

Uno de los pasos que se considera más crítico, consiste en colocar adecuadamente el manómetro sobre la válvula del neumático, evitando fugas de aire y verificar la presión inicial del neumático. Solo el 56,0% de los operadores cumplió con este paso de forma adecuada. El 44,0% restante no verificó la presión inicial, confiando en la información proporcionada por el usuario

acerca de si el neumático tenía presión alta o baja. Dado que los neumáticos no deben de inflarse más de la presión máxima establecida por los fabricantes (Osha 1910.177) el no verificar podría ser el origen de accidentes laborales.

El verificar que la presión medida coincida con la solicitada por el cliente es otro paso fundamental para garantizar que el vehículo esté en condiciones óptimas. No obstante, solo el 56,0% de los operadores se aseguró de que la presión ajustada correspondiera a la solicitada. El 44,0% restante tomó lecturas de presión que solían estar por encima o por debajo de lo requerido, lo que sugiere una falta de precisión y de atención en el ajuste de la presión. Además, solo el 59,0% de los operadores repitió la medición de presión más de una vez para asegurarse de que la lectura fuera precisa. El 41,0% restante realizó una sola medición, lo que puede generar errores, ya que la presión puede variar ligeramente entre mediciones, sobre todo si no se colocó el manómetro correctamente en el primer intento.

Por último, al consultar a los operadores sobre su capacidad para leer correctamente la presión medida, todos afirmaron tener el conocimiento necesario para interpretar las lecturas del manómetro durante su uso. Sin embargo, los resultados obtenidos al realizar mediciones revelaron que solo el 61,0% de los operadores lograron interpretar correctamente el valor registrado. El 39,0% restante presentó dificultades para leer adecuadamente los valores mostrados por el manómetro, lo que impacta directamente en la calidad del servicio brindado.

Entre las principales dificultades identificadas se encuentran:

- Interpretación incorrecta de la escala del manómetro.
- Confusión en las unidades de medida.
- Limitación por leer únicamente en unidades de psi.

- Registro de valores aproximados en lugar de los precisos indicados por el manómetro.

Tabla 11  
*Pasos considerados en la toma de medición*

<b>Pasos</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
1. Asegurarse de que el vehículo esté en reposo y los neumáticos estén fríos	100%	0%
2. Consulta al conductor o alguna etiqueta para conocer las presiones recomendadas	100%	0%
3. Localizar las válvulas de los neumáticos	100%	0%
4. Retirar las tapas de las válvulas de los neumáticos, si las posee	100%	0%
5. Colocar correctamente el manómetro sobre la válvula del neumático evitando fugas de aire y verificar estado de presión antes de añadir o quitar aire.	56%	44%
6. Añadir aire si la presión está por debajo de la recomendada	82%	18%
7. Liberar aire si la presión está por encima de la recomendada	29%	71%
8. Volver a medir la presión para asegurarse de que esté en el nivel correcto	59%	41%
9. Lee correctamente la medida tomada	61%	39%
10. Verifica la medida tomada sea la solicitada	56%	44%
11. Colocar nuevamente las tapas en las válvulas una vez que la presión sea la correcta	100%	0%
12. Repetir el proceso para cada neumático, incluyendo la llanta de repuesto si aplica	89%	11%

*Nota: los porcentajes SI y NO hacen referencia al cumplimiento por parte de los operadores.*

### **3.4.3. Incertidumbres consideradas en las mediciones.**

El propósito de calcular las diferentes incertidumbres en las mediciones realizadas es conocer qué tan dispersos están los valores atribuidos al manómetro con respecto a un valor nominal. Las fuentes de incertidumbre consideradas incluyen principalmente la repetibilidad de las lecturas y las características propias de los manómetros, como su resolución. La repetibilidad se refiere a la capacidad del manómetro para ofrecer lecturas consistentes bajo las mismas condiciones de medición, mientras que la resolución abarca el nivel de detalle que es capaz de registrar y mostrar en su escala.

Sin embargo, es importante aclarar que este cálculo de incertidumbre es aproximado, ya que no se consideraron todos los factores y variables que podrían influir en los resultados. Tal es el caso de:

- La incertidumbre asociada a la densidad del aire comprimido: que puede variar según la temperatura y presión del entorno.
- Incertidumbre por expansión térmica: relacionada con los cambios de volumen en los componentes de los sistemas involucrados debido a la temperatura.
- Incertidumbre por paralaje: generada por errores al leer la escala del manómetro desde un ángulo incorrecto.
- Incertidumbre por deriva: que corresponde a los pequeños cambios en las lecturas de los manómetros a lo largo del tiempo debido al desgaste o envejecimiento del dispositivo.

Lo anterior se debe, en gran parte, a la falta de información documentada y a la imposibilidad de realizar las mediciones en un ambiente completamente controlado. A pesar de ello, las incertidumbres contempladas, como la repetibilidad y la resolución que se detallan a continuación, proporcionan una base confiable para evaluar la capacidad de los manómetros en servicio y establecer lineamientos preliminares.

- Incertidumbre estándar típica  $u_i$

Para la incertidumbre tipo A, la cual es la incertidumbre obtenida por la repetibilidad de las mediciones, se obtiene a partir de la dispersión de los resultados de la medición representada por la desviación estándar experimental de la media y considerando 12 mediciones realizadas por cada uno de los manómetros a presiones establecidas de 20 a 60 psi, con incrementos de 10 psi con la finalidad de tener un rango representativo de mediciones en diferentes niveles de presión, lo que permite evaluar de manera más completa el comportamiento y consistencia de los manómetros en diferentes condiciones operativas.

Para el caso de incertidumbre tipo B, se toma en consideración la resolución de los manómetros de 2 psi y tomando en cuenta una distribución rectangular debido que cada valor en un intervalo dado tiene la misma probabilidad de ser medido

- Incertidumbre estándar combinada  $u_c$ :

Esta no será más que la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las incertidumbres, tanto tipo A y tipo B de cada uno de los manómetros.

- Incertidumbre típica  $U$ :

Para este tipo de incertidumbre se considera un factor de cobertura  $k = 2$  para un intervalo de confianza del 95,0%, dicho valor se multiplica al valor de la incertidumbre combinada.

En la Tabla 12, se presenta de forma específica y detallada un ejemplo de los valores de incertidumbre asociados a uno de los manómetros analizados, identificado como “*manómetro 3*”. Esta tabla ofrece un análisis puntual de los factores de incertidumbre considerados, destacando la repetibilidad y la resolución. Cabe señalar que los cálculos de incertidumbre mostrados en la tabla se realizaron a partir de 12 mediciones consecutivas a una presión de 30 psi.

Tabla 12  
*Presupuesto de Incertidumbres.*

<b>Fuente de incertidumbre</b>	<b>valor</b>	<b>Distribución de probabilidad</b>	<b>divisor</b>	<b>Valor de incertidumbre</b>
Incertidumbre estándar del promedio de 12 mediciones.		Normal		0,131
Incertidumbre por resolución mínima.	2	Rectangular	$\sqrt{12}$	0,577
Incertidumbre combinada.		Normal		0,592
Incertidumbre expandida.		Normal k=2		1,1

Por otro lado, la Tabla 13 amplía el análisis al incluir los valores obtenidos para 2 manómetros en específico, pero evaluados a diferentes presiones. En este caso, también se realizaron 12 mediciones para cada nivel de presión establecido, permitiendo analizar la variabilidad en el desempeño del manómetro en diferentes puntos de operación. En esta tabla, se presentan de manera detallada los valores nominales de presión evaluados, el valor medido tanto con el manómetro patrón utilizado en el estudio como con el manómetro de la estación, la corrección de indicación calculada y la incertidumbre expandida correspondiente a cada punto de presión analizado.

En la mayoría de los casos se identifica que en el rango de 20 psi la corrección de indicación del manómetro tiende a ser cero, lo que significa que el mecanismo interno de cada uno funciona adecuadamente en comparación con el valor nominal, el resorte aún tiene suficiente capacidad para comprimirse de manera proporcional a la presión aplicada. Sin embargo, a medida que incrementa la presión se identifican dos casos en el valor de corrección de indicación

- Negativa: lo que indica que el resorte ya no responde de manera proporcional y la varilla se está desplazando más de lo debido reflejando un valor de presión mayor al real solicitado.
- Positivo: indicando que el resorte no alcanza a comprimirse completamente o que puede presentar problemas como: desgaste en la varilla o en el resorte interno, acumulación de suciedad o deformaciones que limitan el desplazamiento correcto lo que lleva a desviaciones en las mediciones.

Tabla 13

*Resultado de mediciones manómetro 3 y 17*

<b>Manómetro 3</b>				
<b>valor nominal (psi)</b>	valor patrón (psi)	indicación del instrumento (psi)	corrección de indicación	incertidumbre expandida (K=2; 95%)
<b>20</b>	20,0	20	0,0	1,1
<b>30</b>	30,1	30	0,0	1,1
<b>40</b>	40,1	39	1,0	1,2
<b>50</b>	50,1	49	1,0	1,3
<b>60</b>	60,1	59	1,0	1,3
<b>Manómetro 17</b>				
<b>valor nominal (psi)</b>	valor patrón (psi)	indicación del instrumento (psi)	corrección de indicación	incertidumbre expandida (K=2; 95%)
<b>20</b>	19,8	18	2,0	1,6
<b>30</b>	29,8	27	3,0	1,9
<b>40</b>	39,7	37	3,0	2,2
<b>50</b>	49,6	46	4,0	2,5
<b>60</b>	59,5	56	4,0	2,9

El resultado de las mediciones para el resto de los manómetros de estación evaluados se encuentra en Anexo 6. Donde se detallan los resultados

#### **3.4.4. *Fiabilidad de los manómetros.***

La fiabilidad de los manómetros en estaciones de servicio es un factor clave para garantizar mediciones precisas y confiables en la toma de presión de neumáticos. Un manómetro fiable debe proporcionar mediciones dentro de un margen de tolerancia aceptable y con una incertidumbre controlada que no comprometa la seguridad ni la calidad del servicio.

Al evaluar la precisión y exactitud de los manómetros utilizados en las mediciones, se analizaron qué tan cercanos y consistentes eran los valores obtenidos en comparación con el valor nominal de referencia en el rango de 20 a 60 psi. La Tabla 14 presenta los resultados de este análisis, evidenciando que, de un total de 21 manómetros evaluados, el 62,0% (13 de ellos)

cumplían con ser impreciso exacto, es decir, en promedio ofrecían mediciones repetibles cercanas al valor real esperado en el rango que se ha establecido en el estudio.

Por otro lado, el 19,0% (4 manómetros) demostraron ser precisos pero inexactos, lo que indica que sus mediciones eran consistentes entre sí, pero existía una variación respecto al valor nominal reflejando valores que se encuentran sobre los límites de tolerancia.

Tabla 14  
*Precisión y exactitud de manómetros*

N°	Precisión	Exactitud	N°	Precisión	Exactitud
1	IP	E	12	IP	E
2	P	IE	13	P	E
3	IP	E	14	P	E
4	IP	E	15	IP	E
5	IP	E	16	P	IE
6	IP	E	17	IP	IE
7	P	IE	18	IP	E
8	IP	E	19	IP	E
9	IP	E	20	IP	E
10	IP	E	21	P	IE
11	P	E			

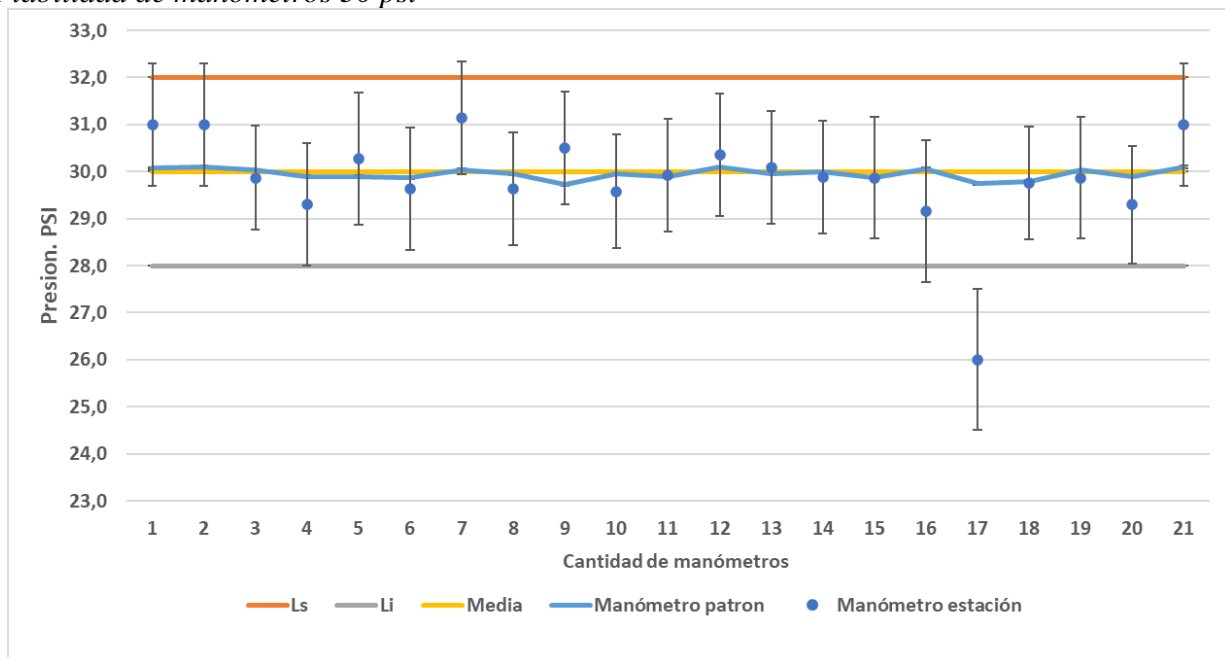
*Nota: las siglas hacen referencia a: Preciso "P", Exacto "E", Impreciso "IP", Inexacto "IE"*

Un 14,0% (3 manómetros) presentaron precisión y exactitud en las mediciones realizadas y finalmente, un 5,0% (1 manómetro) no cumplió ni con precisión ni con exactitud, lo que significa que sus mediciones no solo eran inconsistentes entre sí, sino que además se alejaban significativamente del valor esperado. A pesar de esta deficiencia, el dispositivo seguía en operación, lo que representa un riesgo potencial para la confiabilidad del servicio y la seguridad de los usuarios.

El Gráfico 11 muestran las mediciones realizadas con el manómetro patrón utilizado en el estudio además de los límites superiores (LS) e inferiores (LI), los cuales representan los valores dentro de los cuales las mediciones de los manómetros deben situarse para ser

consideradas aceptables. Estos límites han sido establecidos con base en la tolerancia especificada en la carta del fabricante, la cual indica un rango en las mediciones realizadas, según la carta antes mencionada la tolerancia para los dispositivos para ajuste y verificación de presión en las estaciones de servicio es de  $\pm 2 \text{ psi}$ . Cabe aclarar que se evaluaron diferentes rangos de presión y en el Gráfico 11 se representan solo los valores a 30 psi, lo que significa que cualquier medición entre 28 psi y 32 psi se considera dentro del rango esperado.

Gráfico 11  
*Fiabilidad de manómetros 30 psi*



*Nota: los valores graficados corresponden al mejor estimador de cada manómetro luego de haber realizado las 12 mediciones*

El Gráfico 11 también indica que la mayoría de los manómetros de las estaciones mantienen mediciones cercanas a la media y dentro del rango de tolerancia, lo que sugiere una fiabilidad general adecuada. Sin embargo, se identifican ciertos manómetros con desviaciones significativas, ya sea por mediciones fuera de los límites de tolerancia o por una incertidumbre elevada.

En Tabla 14 se incluye uno de los casos más notorios, el del manómetro 17 ya que presenta un desempeño deficiente en varios aspectos. Sus valores de medición se alejan significativamente del valor de referencia, lo que indica baja exactitud, agregado a esto también se le identificó poca precisión debido que los valores al momento de las mediciones no se mantenían constantes. Además, la dispersión de sus mediciones es considerable, reflejada en la longitud de su barra de incertidumbre ( $U=1,9$  con  $k=2$  y confiabilidad del 95,0%). Además, desde el punto de vista de la tolerancia, este manómetro representa un problema, ya que sus valores se encuentran fuera del rango aceptable (por debajo de 28 psi). Esto implica que, al estar en operación, genera mediciones incorrectas que comprometen la seguridad de los neumáticos y la calidad del servicio.

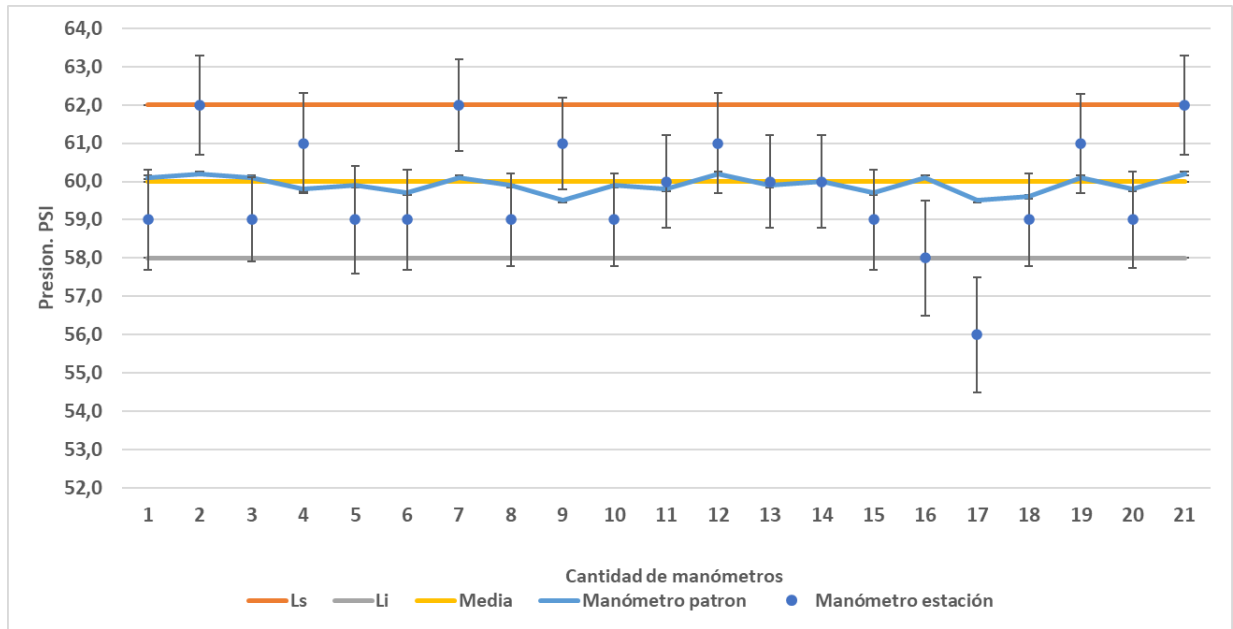
En contraste se tiene el manómetro 3 que presenta mediciones alineadas con el valor de referencia, mostrando una alta exactitud y precisión, ya que sus valores fueron constantes y cercanos a los 30 psi. Además, la dispersión de sus mediciones es mínima, reflejada en la reducida extensión de su barra de incertidumbre ( $U=1,1$  con  $k=2$  y confiabilidad del 95,0%) y desde la perspectiva de tolerancia, este manómetro cumple con el rango permitido (28 a 32 psi), asegurando que sus mediciones sean confiables para el usuario por lo que no representa un riesgo para la calidad del servicio.

Agregado a lo anterior al realizar un análisis comparativo entre las mediciones a mayor presión (60 psi) tal como se puede observar en el Gráfico 12, se revela que la exactitud es más estable en el primer caso, mientras que en el valor de 60 psi se presentan mayores desviaciones entre los manómetros, lo que podría deberse a factores como la respuesta de estos a presiones más altas. Por otro lado, la incertidumbre aumenta a 60 psi, evidenciada por una mayor

dispersión en las mediciones y barras de incertidumbres más amplias, lo que sugiere que los manómetros presentan un desempeño menos consistente en este rango de presión.

Finalmente, aunque la mayoría de los manómetros cumplen con los límites de tolerancia en ambas condiciones, en 60 psi se observa un mayor número de mediciones cercanas a los límites permitidos. Esto indica que el desempeño se vuelve más crítico a medida que la presión aumenta, por lo que se resalta la importancia de un monitoreo continuo para garantizar mediciones confiables.

*Gráfico 12*  
*Fiabilidad de manómetros 60 psi*



*Nota: los valores graficados corresponden al mejor estimado de cada manómetro luego de haber realizados las 12 mediciones*

### **3.4.5. Fiabilidad del servicio ajuste y verificación de presión.**

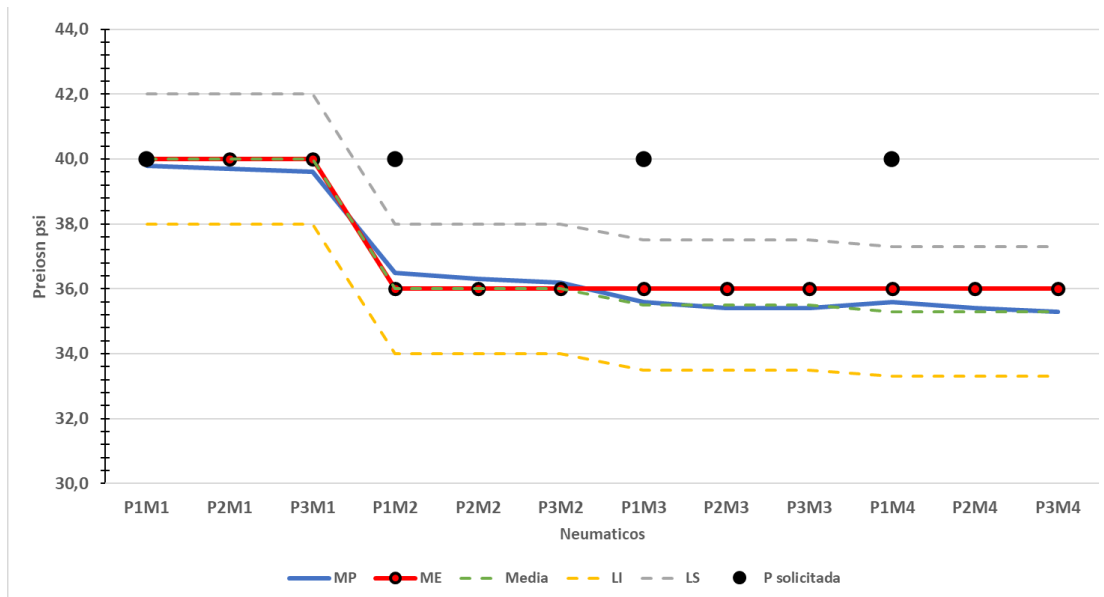
El proceso de ajuste y verificación de presión en estaciones de servicio es un aspecto fundamental para garantizar la seguridad y el rendimiento de los neumáticos. Retomando el paso 10 de la Tabla 12 de la sección 3.4.2, donde se detalló que el 44,0% del personal de las estaciones

no verifica si la presión calibrada es la solicitada, representa una práctica deficiente tanto en términos de precisión como de seguridad. Esta omisión implica que, aunque la medición inicial pueda haberse realizado correctamente, la presión final ajustada no necesariamente coincide con la requerida por el usuario, lo que puede afectar el desempeño del vehículo y comprometer su estabilidad.

Luego de analizar los valores obtenidos posterior a las tomas de mediciones se identifica que, en promedio, el no verificar las mediciones puede llegar a repercutir en un 8,0% respecto al valor nominal solicitado por los usuarios, lo que indica una variabilidad significativa en la precisión del servicio. Este margen de error depende de factores como la habilidad del operador al momento de realizar la medición y condiciones externas a él, como el estado del neumático o con válvulas defectuosas pueden afectar la precisión y generar variaciones adicionales en la presión registrada.

Para un caso en particular, representado en el Gráfico 13, para el cual se utilizó un manómetro que presentaba buena precisión y exactitud, los resultados obtenidos muestran que las mediciones realizadas por un operador de pista el cual al ser encuestado afirmó tener los conocimientos necesarios para ofrecer el servicio y al momento de realizar las mediciones éstas fueron constantes en la mayoría de los neumáticos del vehículo, demostrando su nivel de destreza al manipular el manómetro y leer los valores correctamente.

*Gráfico 13*  
*Fiabilidad de medición.*



A pesar de estas buenas prácticas, al analizar si la presión medida coincidía con la solicitada por el cliente, se encontró que las mediciones presentaron en promedio un error del 7,5% respecto al valor solicitado. Esto reafirma que, aunque un operador afirme y siga un procedimiento adecuado en términos de consistencia en la toma de mediciones, la falta de una verificación final genera una diferencia importante entre la presión ajustada y la solicitada.

Además de la omisión en la verificación final de la presión, existen otros factores que pueden influir en la calidad del ajuste de presión en los neumáticos.

- Pérdida de aire por fugas: se detectó una pérdida de presión en el neumático entre 0,2 y 0,5 psi del valor nominal después de cada medición. Esto debido a una colocación incorrecta del manómetro, a problemas en la válvula del neumático o fugas en el sistema. Aunque los valores son relativamente bajos, su impacto acumulativo puede generar desviaciones en la presión final.

- Presencia de condensado: el sistema de aire comprimido utilizado debe garantizar un suministro de aire limpio y seco. Sin embargo, se identificaron estaciones de servicio donde la línea de distribución presentaba condensado, lo que representa un problema significativo para la calidad del servicio.
- Alta afluencia de vehículos en ciertos horarios: Durante los periodos de mayor demanda, como las horas pico, el volumen de vehículos puede generar una dinámica operativa más acelerada. Esta situación, puede influir y dificultar la realización detallada de algunos pasos del procedimiento. Identificar estos momentos críticos representa una oportunidad para optimizar el servicio sin comprometer la calidad de las mediciones.

De lo anterior nuevamente se resalta que la fiabilidad del ajuste y verificación de presión en las estaciones de servicio depende tanto de la precisión de los manómetros utilizados como de la rigurosidad del procedimiento seguido por los operadores, así como del sistema que se ve involucrado para su funcionamiento. Por ello, reforzar las prácticas operativas y garantizar el mantenimiento adecuado permitirá minimizar estos errores y mejorar la calidad del servicio.

## **Capítulo 4: Guía de buenas prácticas.**

En este capítulo se presentan en primer lugar mejoras identificadas orientadas a la gerencia y usuarios para el uso correcto de los dispositivos utilizados para la medición de presión de aire en neumáticos, así como a la mejora en la calidad del servicio hacia los usuarios. Dichas recomendaciones han sido formuladas con base en los hallazgos obtenidos en el capítulo 3, donde se identificaron áreas de mejora relacionadas con la verificación, ajuste y operación de los dispositivos de medición de presión.

En la segunda sección del capítulo, se explica cómo se ha creado la guía de buenas prácticas. Este es un documento independiente que aborda de manera integral las áreas de interés identificadas en el capítulo 4. Esta guía incorpora las recomendaciones detalladas en el apartado inicial, junto con los lineamientos previamente desarrollados, ofreciendo un marco completo y estructurado para la implementación de mejoras.

### **4.1. Puntos de mejora en la calidad del servicio.**

Este apartado presenta una serie de recomendaciones orientadas a la gerencia, con el objetivo de mejorar la fiabilidad de los equipos de medición, reducir interrupciones operativas y minimizar errores en la toma de presión. A través de la planificación de mantenimientos regulares, la adquisición de equipos de referencia y la implementación de protocolos de sustitución inmediata ante fallos o robos, se busca optimizar la operatividad del servicio y fortalecer la confianza de los usuarios.

- Disponibilidad de manómetro de reserva.

Contar con un manómetro de reserva en cada estación de servicio es una medida preventiva que garantiza la continuidad del servicio, incluso ante situaciones imprevistas como robos, desgaste acelerado o fallos técnicos. La disponibilidad de un equipo de respaldo minimiza interrupciones operativas, asegurando que los usuarios puedan acceder al servicio de ajuste y verificación de presión en sus neumáticos cuando estos lo soliciten, tal fue el caso de dos estaciones que manifestaron hurto del equipo y al no contar con uno de reserva estos no brindaban el servicio completo por más de tres semanas.

La gerencia debe priorizar la adquisición de modelos que cumplan estándares de fabricación y que sean compatibles con el procedimiento y los requerimientos identificados en cada una de las estaciones, es decir que deben de considerar los tipos de vehículos que puedan hacer uso del servicio para su correcta selección. Asimismo, el manómetro de reserva debe mantenerse protegido contra condiciones adversas, como humedad, golpes o manipulación indebida, para garantizar que esté en condiciones óptimas cuando sea necesario su uso.

- Adquisición de un manómetro patrón o de referencia

Dado que ninguna de las estaciones contaba con un manómetro patrón, la implementación de un manómetro patrón o de referencia en las estaciones de servicio es una medida estratégica que contribuye directamente a la precisión de las mediciones. Este dispositivo, brinda un alto grado de exactitud al servicio proporcionado por la estación, debe utilizarse periódicamente para comparar y verificar los manómetros utilizados en pista.

La gerencia debe definir un procedimiento claro para la verificación periódica, estableciendo intervalos específicos de comparación entre el manómetro patrón y los dispositivos usados en pista. Este proceso debe documentarse cuidadosamente, registrando las desviaciones encontradas y las acciones correctivas realizadas. Esta práctica no solo asegura mediciones

precisas, sino que también refuerza la confianza de los clientes en la calidad del servicio proporcionado.

- Sustitución inmediata de manómetros

Ante cualquier hurto, falla comprobada o daño en un manómetro, la sustitución inmediata debe ser una prioridad operativa y no postergarla. Un equipo defectuoso genera lecturas inexactas, lo que compromete tanto la seguridad vial de los usuarios como la reputación de la estación de servicio. Por ello, la gerencia debe implementar un protocolo claro para identificar y reemplazar o retirar de operación cualquier manómetro que presente:

- Hurto del manómetro utilizado
- Desgaste visible o daños en su estructura.
- Lecturas inconsistentes al ser comparado con un manómetro patrón.

El proceso de reemplazo debe ser rápido y eficiente, contando con inventarios previamente planificados. Es recomendable mantener un registro detallado de los equipos reemplazados, documentando las razones del cambio y la fecha en que se realizó, para facilitar el seguimiento y análisis de patrones de desgaste o fallos recurrentes.

- Capacitación continua del personal operativo

La capacitación del personal es un elemento crucial para garantizar el correcto uso y manejo de los medidores de presión en las estaciones de servicio. La falta de formación adecuada ha llevado a que muchos empleados cometan errores en las mediciones, lo que puede tener consecuencias graves, como un rendimiento deficiente del vehículo, desgaste prematuro de los neumáticos y, en última instancia, aumentar el riesgo de accidentes.

Los errores en la medición de la presión de los neumáticos son comunes y pueden surgir por diversas razones. Por ejemplo, el personal puede no estar familiarizado con las especificaciones del fabricante sobre la presión adecuada para diferentes tipos de vehículos o condiciones de carga. Además, algunos empleados pueden no saber cómo utilizar correctamente los manómetros, lo que puede resultar en lecturas inexactas motivo por el cual las diferentes gerencias deben implementar programas de formación específicos que aborden los siguientes aspectos:

- Funcionamiento y tipos de manómetros: los operadores deben comprender las diferencias y características técnicas de los manómetros tipo varilla, digitales y tipo Bourdon.
- Procedimientos correctos de medición: es indispensable instruir al personal en técnicas para minimizar fugas durante la medición, garantizar la correcta colocación del manómetro en la válvula y verificar que la lectura obtenida coincida con los parámetros requeridos. Para la correcta utilización, la capacitación se debe enfocar en el manómetro de tipo varilla.
- Identificación de fallas comunes: los operadores deben ser capaces de reconocer señales de desgaste o fallas en los manómetros, como lecturas inestables, deformaciones o problemas en los mecanismos internos, y notificar a la gerencia para proceder con reparaciones o reemplazos inmediatos.
- Mantenimiento básico: incluir sesiones prácticas donde los operadores aprendan a realizar tareas simples de limpieza, promoviendo su cuidado preventivo y prolongando su vida útil.

- Normas de seguridad y protocolos de servicio: se debe reforzar la importancia de seguir estándares de seguridad y calidad durante la medición y el ajuste de presión, especialmente en escenarios donde intervienen neumáticos de alto volumen o vehículos de carga.

Además, estas capacitaciones deben ser periódicas, actualizadas con base en nuevas tecnologías o normativas, y complementarse con evaluaciones prácticas que aseguren la correcta aplicación de los conocimientos adquiridos.

- Planificación de mantenimientos regulares

Según los datos obtenidos durante las visitas de campo, se observó que en las estaciones de servicio donde se realizan pocas o nulas actividades de mantenimiento del equipo, el desgaste de los manómetros es considerablemente mayor. Es importante señalar que la mayoría de los manómetros analizados se encuentran en un estado regular, lo que indica la necesidad de atención para prolongar su vida útil y garantizar su correcto funcionamiento.

Comúnmente se identificó que los manómetros presentaban problemas como suciedad acumulada o características propias de estos en mal estado, en su mayoría, aquellos que no llevan a cabo labores periódicas de mantenimiento. Esta tendencia sugiere una relación directa entre la falta de mantenimiento preventivo y el deterioro que presentan, lo que resalta la importancia de implementar un programa de mantenimiento adecuado para asegurar la precisión y durabilidad de los equipos en uso.

La planificación de un mantenimiento preventivo adecuado para los manómetros es esencial para garantizar la precisión y confiabilidad de las mediciones. Este proceso debe incluir una serie de actividades programadas que contemplen:

- Revisión visual y funcional periódica: establecer un calendario para que los operadores inspeccionen los manómetros con regularidad, detectando daños visibles, obstrucciones en las boquillas o desgaste en la escala. Además, debe incluirse la revisión de posibles fugas en las mangueras y la presencia de condensado en el sistema de aire comprimido, ya que estos factores pueden alterar las mediciones y comprometer la calidad del servicio ofrecido.
- Limpieza adecuada: implementar protocolos para limpiar cuidadosamente los manómetros, especialmente en estaciones ubicadas en zonas con alta exposición al polvo, humedad o grasas.
- Revisión de mediciones: establecer intervalos fijos para comparar los manómetros operativos con un manómetro patrón o de referencia, asegurando que las lecturas sean consistentes. Cualquier desviación significativa debe corregirse mediante reemplazo.
- Registro de mantenimientos: crear y mantener un historial documentado para cada manómetro, detallando fechas de mantenimiento o limpiezas, reparaciones realizadas. Además de incluir observaciones generales en el registro que permita evaluar el desempeño del equipo a lo largo del tiempo y planificar con anticipación su reemplazo.

#### **4.2. Puntos de mejora orientada al usuario.**

Además de las estrategias dirigidas a la gerencia, es fundamental que los usuarios también adopten prácticas adecuadas para garantizar un ajuste óptimo de la presión en sus neumáticos. La falta de conocimiento puede afectar la seguridad, el desempeño del vehículo y la eficiencia en el consumo de combustible.

- Selección de Presión

Mantener la presión correcta de los neumáticos recomendada por el fabricante no solo optimiza el rendimiento del vehículo, sino que también incrementa la seguridad de los usuarios de la carretera. Una presión inadecuada de los neumáticos puede reducir la adherencia, aumentar las distancias de frenado y poner en riesgo tu control sobre el vehículo. Además, puede dañar los neumáticos, reducir su vida útil y aumentar el consumo de combustible.

Es importante destacar que, en algunos casos, los neumáticos no alcanzaban la presión recomendada, lo que representa un riesgo significativo. La presión insuficiente o excesiva puede comprometer la estabilidad del vehículo, especialmente en condiciones de alta velocidad o al tomar curvas, aumentando las probabilidades de sufrir accidentes. Por lo tanto, es fundamental asegurar que la presión esté dentro de los parámetros establecidos por el fabricante.

La presión correcta ha sido definida de manera óptima por el fabricante para la combinación vehículo/neumático. Todas las prestaciones han sido verificadas para garantizar un rendimiento seguro, con un objetivo claro: la seguridad. Por ello, es imprescindible consultar y seguir la presión recomendada para el vehículo y no basarse en experiencias previas o conocimientos empíricos.

- Verificación Post-Medición

Es recomendable que los usuarios validen que la presión ajustada coincida con la recomendada después de realizar el servicio en la estación. Un error común es asumir que la medición inicial es suficiente sin confirmar que el ajuste final sea el correcto.

- Uso del Medidor para el Usuario

Es fundamental la elaboración de una guía de uso del manómetro de varilla para los usuarios, ya que se ha observado que, en numerosas ocasiones, tanto los usuarios como los propios operadores de las estaciones de servicio no son capaces de utilizarlos correctamente ni de interpretar adecuadamente los valores obtenidos. Esta falta de conocimiento puede dar lugar a errores en la medición de la presión, lo cual podría afectar la seguridad y eficiencia de los vehículos. Por lo tanto, contar con una guía clara y accesible contribuiría significativamente a mejorar el manejo del equipo y garantizar su uso adecuado.

- Revisión periódica.

Se recomienda que los usuarios realicen inspecciones visuales regulares para identificar signos de desgaste irregular, grietas o daños en las válvulas. Un neumático en mal estado, incluso con la presión correcta, puede comprometer la seguridad en carretera. El tapón de la válvula no solo es un accesorio, sino que protege el interior de la válvula de suciedad y humedad, evitando fugas de aire. Se recomienda a los usuarios:

- Verificar que todas las válvulas tengan su tapón correctamente colocado.
- Sustituir los tapones perdidos lo antes posible.
- Asegurar que las válvulas no presenten grietas o daños, ya que podrían generar pérdidas de presión.

- Considerar factores ambientales

La temperatura del ambiente influye en la presión de los neumáticos. En climas fríos, la presión puede disminuir, mientras que, en temperaturas altas, puede aumentar. Se recomienda

medir la presión cuando los neumáticos están fríos y ajustar según las indicaciones del fabricante, considerando las condiciones del entorno como el tipo de terreno por el cual circula.

### 4.3. Guía de buenas prácticas.

En la guía de buenas prácticas se abordaron temáticas relevantes que no solo se centran en el proceso de medición de la presión de los neumáticos, sino que también incluyen procedimientos previos, durante y posteriores al ajuste de presión. El objetivo principal es proporcionar directrices claras a cualquier persona interesada en optimizar y asegurar resultados precisos al momento de verificar o ajustar la presión de aire en los neumáticos.

Para la realización de la guía se ha recurrido a los resultados del capítulo 3, además que las recomendaciones proporcionadas son de diferentes fabricantes, mencionando principalmente Michelin, donde se recopiló información general de los tipos de neumáticos, los valores recomendados de presión y paso a paso del proceso de ajuste de presión.

En los procesos de verificación, se siguieron las recomendaciones proporcionadas por la Organización Internacional de Metrología Legal, en el documento “*Manómetros para neumáticos de vehículos de motor*” edición del año 1975. Uno de los puntos más importantes dentro de este documento es el del error intrínseco máximo, el cual se presenta en la Tabla 15.

*Tabla 15*  
*Error intrínseco máximo permisible. OIML*

Límite de medición superior psi	Error intrínseco máximo permisible, psi	
	Manómetro en servicio (y con verificaciones periódicas)	Manómetros nuevos (verificación inicial)
Desde 0 hasta 58	±1,45	±1,16
De 58 a 145	± 2,9	± 2,32

Se puede observar que la tabla abarca hasta manómetros de presión máxima de 145 psi. En el caso del manómetro encontrado en las estaciones de servicio, tipo S-976 con una presión máxima de 160 psi, no se encuentra dentro de la tabla. Por lo que, al no ser parte de los objetivos del estudio el cálculo del error intrínseco máximo permisible, además de no tener información proporcionada por el fabricante, se utilizará el valor dentro del intervalo de 58-145 psi, siendo este un valor incluso más conservador, ya que se observa un incremento del error intrínseco máximo permisible a medida que el manómetro posee una mayor presión máxima.

#### ***4.3.1. Videos complementarios.***

Además de la guía de buenas prácticas, se desarrollará una serie de videos instructivos que proporcionarán información detallada sobre el manómetro, incluyendo la identificación de sus partes, su correcto uso y su aplicabilidad según el tipo de vehículo. Asimismo, estos materiales audiovisuales explicarán cómo determinar la presión recomendada para los neumáticos del vehículo, con el objetivo de mejorar la precisión en las mediciones y optimizar la calidad del servicio. (Ver Figura 23.)

*Figura 23*

*Imagen representativa de material audiovisual*



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA



**GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS PARA DISPOSITIVOS  
DE AJUSTE TIPO VARILLA Y VERIFICACIÓN DE PRESIÓN  
EN NEUMÁTICOS**

CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIO 2025

## ÍNDICE

1.	Selección y Uso de Manómetros .....	4
1.1.	Selección del Manómetro Adecuado.....	4
1.1.1.	Identificación de necesidades operativas. ....	4
1.1.2.	Tipos de manómetros disponibles. ....	4
1.2.	Partes de manómetro tipo varilla.....	5
1.3.	Uso Correcto de los Manómetros.....	5
1.3.1.	Proceso para la Selección Adecuada de Presión .....	6
1.3.2.	Pasos de verificación y ajuste de presión en neumáticos .....	7
1.3.3.	Procedimiento de ajuste de presión en neumáticos. ....	8
2.	Mantenimiento Preventivo de Manómetros .....	9
2.1.	Limpieza Regular .....	9
2.2.	Inspección Visual y Funcional .....	10
2.3.	Verificación de precisión.....	11
2.3.1.	Error intrínseco máximo permisible.....	11
2.3.2.	Verificación de precisión del manómetro .....	12
2.4.	Registro e historial .....	14
3.	Protocolos de Sustitución de Manómetros .....	14
3.1.	Criterios para Sustitución .....	14
3.2.	Procedimiento de Sustitución.....	15
3.3.	Gestión de Inventarios.....	16
4.	Programa Integral de Capacitación .....	16
4.1.	Objetivo general del aprendizaje.....	16
4.2.	Teoría sobre la utilización de los manómetros .....	16
4.3.	Práctica sobre el Uso Correcto de los Medidores .....	17
	Glosario Técnico .....	18

## **Introducción**

En la guía de buenas prácticas se abordan temáticas relevantes que no solo se centran en el proceso de medición de la presión de los neumáticos, sino que también incluyen procedimientos previos, durante y posteriores al ajuste de presión. El objetivo principal es proporcionar directrices claras a cualquier persona interesada en optimizar y asegurar resultados precisos al momento de verificar o ajustar la presión de aire en los neumáticos.

## Guía de buenas prácticas para dispositivos de ajustes y verificación de presión en neumáticos (Manómetros).

Esta guía busca establecer un marco práctico para el manejo, operación y mantenimiento de los dispositivos utilizados en estaciones de servicio para la medición de presión en neumáticos, con el objetivo de mejorar la calidad del servicio, optimizar la vida útil de los equipos y garantizar la seguridad vial de los usuarios.

Se entenderá por "usuario" a personas naturales, tales como propietarios de vehículos, operadores de pista e incluso gerentes, ya que la guía contempla aspectos clave aplicables a diversas actividades relacionadas, ofreciendo recomendaciones útiles para cada uno de estos perfiles. La guía abarca únicamente detalles específicos de los manómetros de tipo varilla, ya que es el utilizado en todas las estaciones de servicio que formaron parte del estudio como parte de la realización de proceso de grado.

### 1. Selección y Uso de Manómetros

#### 1.1. Selección del Manómetro Adecuado

La selección de los manómetros debe basarse en las necesidades específicas del tipo de vehículo a verificar. Este proceso incluye:

##### 1.1.1. Identificación de necesidades operativas.

Evaluar el rango de presión de los neumáticos que requiere ajuste y verificación para adquirir manómetros con rangos adecuados.

- Vehículos ligeros y motocicletas: Manómetros con rangos de presión entre 0-60 psi.
- Vehículos de carga o autobuses: Manómetros con capacidad para medir hasta 120-150 psi.

##### 1.1.2. Tipos de manómetros disponibles.

- Manómetros tipo varilla: Económicos, portátiles y de uso común, pero menos precisos. Ideales para uso ocasional.
- Manómetros digitales: Alta precisión, fáciles de leer y con funciones adicionales como retroiluminación y memoria.
- Manómetros tipo Bourdon: Reconocidos por su durabilidad y precisión, adecuados para mediciones de alta demanda.

A continuación, se muestran los tipos de manómetros más comunes y sus características:

Tabla 1.

Características por tipo de manómetro

Tipo de Manómetro	Característica						
	Legibilidad	Durabilidad	Portabilidad	Precisión	Energía	Calibración	Facilidad de Uso
<b>Varilla</b>			X		X		X
<b>Estándar</b>		X		X	X	X	
<b>Digital</b>	X	X		X		X	

Las características anteriormente mencionadas se entienden de la siguiente manera:

- **Legibilidad:** facilidad para leer los valores obtenidos del manómetro de manera correcta
- **Durabilidad:** calidad de los materiales de un producto para proveer una mayor vida útil al dispositivo.
- **Portabilidad:** facilidad para trasladar y almacenar, debido a su tamaño y dimensión compacta.
- **Precisión:** menor margen de error entre la medición real y la obtenida.
- **Energía:** característica que indica si el manómetro no requiere de una fuente de alimentación como baterías.
- **Calibración:** capacidad del manómetro para ser llevado a un laboratorio especializado para su calibración y ajuste, asegurando su precisión en mediciones posteriores.
- **Facilidad de Uso:** presenta componentes mínimos y una interfaz simple, lo que permite su utilización sin complicaciones.

### 1.2. Partes del manómetro tipo varilla

Para el correcto entendimiento de las labores de mantenimiento, y además de la utilización del manómetro, se muestran en la ilustración 1, los elementos que componen un manómetro de varilla.

### 1.3. Uso Correcto de los Manómetros

El uso adecuado de los manómetros es clave para obtener mediciones precisas y evitar daños en los equipos y neumáticos.



Ilustración 1 Partes del manómetro S-976

A continuación, se detalla el proceso para seleccionar el valor de presión recomendado y posteriormente los pasos para el ajuste y verificación de presión.

### 1.3.1. Proceso para la Selección Apropia de Presión

- ¿Dónde encontrar la presión recomendada para mi vehículo?

Generalmente se indica:

- En una pegatina en la puerta del lado del conductor, como se observa en la ilustración 2



*Ilustración 2 Pegatina puerta del conductor*

- En la tapa del depósito de combustible, según se observa en la ilustración 3



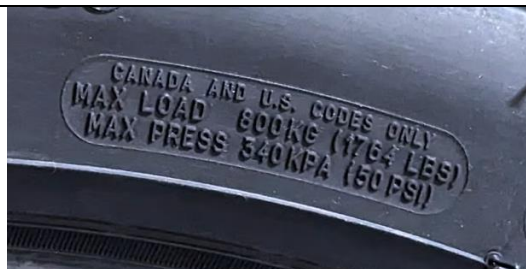
*Ilustración 3 Pegatina tapa depósito de combustible*

- En el manual del vehículo.



*Ilustración 4 Manual de vehículo*

- En el grabado de los neumáticos (Presión máxima) como se muestra en la ilustración 5



*Ilustración 5 Grabado presión máxima en neumático*

\*En la ilustración 5 se muestra en inglés MAX PRESS, lo que se traduce como “presión máxima”, tomando el ejemplo anterior, el neumático tiene una presión máxima de 340 kPa o 50 psi

La presión recomendada para tus neumáticos delanteros y traseros puede variar. También se pueden encontrar indicados dos tipos de presión:

- Presión normalizada: es la presión estándar
- Presión de carga: que debe adoptarse cuando el vehículo está especialmente cargado, por ejemplo, cuando se va de vacaciones, mueve carga etc.

La presión se indica en la unidad de presión utilizada en cada país, puede estar representada en bar o en psi (1 bar = 14,50 psi).

### **1.3.2. Pasos de verificación y ajuste de presión en neumáticos**

#### **Preparación previa antes del uso**

- Inspeccionar el manómetro visualmente para detectar daños en el cuerpo tubular, boquilla o desgaste en la escala.
- Asegurarse de que el manómetro marque "cero" antes de su uso. En el caso del manómetro S-976 debe marcar 10 psi, ya que es el punto de inicio de la escala. En caso de no poder colocarlo en el punto inicial, revisar el apartado 2.2

#### **Lectura de la escala de un manómetro tipo varilla**

Ejemplo de graduación y lectura de manómetro se presentan en la ilustración 6:

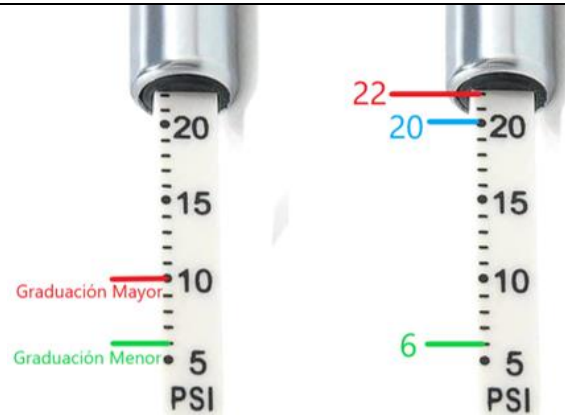


Ilustración 6 Lectura de escala de manómetro tipo varilla

En la imagen anterior se observa lo siguiente: en el manómetro de la izquierda se observa la graduación menor, la cual indica que por cada línea se adiciona 1 psi y que por cada punto, se adiciona 5 psi, además en cada punto se muestra el total de psi alcanzado hasta esa ubicación.

Entonces en el manómetro de la derecha se tiene la interpretación de los valores obtenidos, teniendo en rojo la lectura de la escala que son 22 psi. Para llegar a eso, se recuerda que el punto más alto encontrado es el 20, a partir de ese punto se observan 2 divisiones, por lo tanto, se adiciona 2 psi, teniendo como resultado el 22.

Se recomienda realizar al menos dos mediciones consecutivas para confirmar la consistencia de los valores obtenidos.

*Nota: dependerá de cada modelo o tipo de manómetro el valor mínimo de escala, para el ejemplo anterior el valor mínimo que este puede reflejar es de 5 psi, valores inferiores a este no son percibidos. Para el caso del manómetro S-976 el valor inicial de la escala es 10 psi.*

### 1.3.3. Procedimiento de ajuste de presión en neumáticos.

1. Determine la presión recomendada para los neumáticos (Revisar apartado 1.3.1)
2. Retire la tapa de la válvula del neumático que desea revisar, como se muestra en la ilustración 7.



Ilustración 7 Válvula de neumático

3. Coloque la cabeza del manómetro que tiene el vástago de la válvula sobre la válvula de aire del neumático. Alinee correctamente la boquilla del manómetro con la válvula del neumático, aplicando presión firme para evitar fugas de aire como se observa en la ilustración 8.



*Ilustración 8 Colocación de manómetro durante proceso de medición*

4. Mantener el manómetro en la posición mostrada en la ilustración 8 durante unos segundos para estabilizar la lectura.
5. Lea la lectura en la escala del manómetro (Revisar apartado 1.3.2).
  - Si la presión del neumático está dentro del rango recomendado, vuelva a colocar la tapa de la válvula y pase al siguiente neumático, no agregar ni purgar aire.
  - Si la presión del neumático es demasiado alta, libere algo de aire y vuelva a realizar el procedimiento desde el punto 3. Repita hasta que la medición esté dentro del rango recomendado.
  - Si la presión del neumático es demasiado baja, añada aire al neumático y vuelva a realizar el procedimiento desde el punto 3. Repita hasta que la medición esté dentro del rango recomendado.

## 2. Mantenimiento Preventivo de Manómetros

### 2.1. Limpieza Regular

La limpieza adecuada de los manómetros prolonga su vida útil y asegura lecturas precisas. Para esto, se deben seguir los siguientes pasos:

- **Frecuencia de limpieza**
  - Estaciones en zonas urbanas: Limpieza semanal,
  - Estaciones en zonas rurales, expuestas a polvo o humedad: Limpieza diaria.
- **Procedimiento de limpieza externa.**
  - Usar un paño seco o ligeramente húmedo para eliminar suciedad, grasa o polvo acumulados en la carcasa.

- Inspeccionar y limpiar la entrada de la boquilla con un cepillo suave o aire comprimido, asegurando que no haya obstrucciones.

## 2.2. Inspección Visual y Funcional

Una revisión diaria permite identificar problemas antes de que se conviertan en fallos mayores.

Los aspectos por revisar incluyen:

- **Integridad estructural.**
  - Detectar fisuras, golpes o deformaciones en la carcasa del manómetro, como las mostradas en la ilustración 9.



*Ilustración 9 Representación de cuerpo tubular dañado*

- Confirmar que la escala y los números sean legibles y no estén desgastados, ejemplo de ello se muestra en la ilustración 10.



*Ilustración 10 Representación de escala ilegible*

- Detectar fugas inspeccionando conexiones.
- **Funcionamiento interno:**

Hay que asegurar que la varilla o escala corra libre mente desde la posición inicial de 10 hasta 160 como se muestra en la ilustración 11
- **Prueba de funcionamiento**
  - Comprobar que el manómetro marque 10 psi cuando no esté bajo presión.
  - Al momento de realizar las mediciones, utilizar un neumático a una presión del 75,0% de la capacidad máxima del manómetro, esto por un factor de precisión, ya que, si se realiza

muy cerca del valor máximo, el neumático podría estar a una presión superior. La presión del manómetro S-976 al 75,0% de su capacidad máxima es 120 psi.

- Si al momento de realizar la medición a 120 psi el manómetro muestra un valor de 123 o 127 se debe realizar la verificación en el apartado 2.3
- **Precauciones:**
  - Durante el proceso de medición, no se debe escuchar ni sentir fugas entre el manómetro y la válvula del neumático además a la salida de la carcasa tubular.



*Ilustración 11 Posición inicial y final de la escala del manómetro*

- **Precauciones.**
  - Durante la inspección de la escala no extender forzosamente la escala para evitar posibles daños.

## 2.3. Verificación de precisión

### 2.3.1. Error intrínseco máximo permisible

La verificación asegura que las lecturas del manómetro se mantengan dentro de los márgenes de error permisibles. Los errores intrínsecos máximos permisibles para manómetros utilizados en estaciones de servicio y para manómetros portátiles se especifican como valores absolutos en función del límite superior de la escala. Como se muestra en la tabla 2.

*Tabla 2*

*Error intrínseco máximo permisible.*

Límite de medición superior psi	Error intrínseco máximo permisible. psi	
	Manómetro en servicio (y con verificaciones periódicas)	Manómetros nuevos (verificación inicial)
Desde 0 hasta 58	±1,45	±1,16
De 58 a 145	± 2,9	± 2,32

*\*tabla recopilada de Manómetros para neumáticos de vehículos de motor OIML 1975*

Considerando los valores de la tabla anterior y aplicándolo al caso específico de un manómetro S-976, el error intrínseco máximo permisible es 2,9 psi mientras este en servicio y nuevos de 2,32 psi. Ambos valores, al tipo de escala del manómetro y la presión máxima permisible.

Para calcular el error intrínseco del manómetro se debe realizar 3 veces el proceso de medición de presión, sumar los resultados y dividirlos entre 3. Luego se realiza el mismo procedimiento con el manómetro patrón y se comparan los valores para encontrar la diferencia entre ellos.

- Para un manómetro en servicio, si la diferencia se encuentra por encima de 2,9 psi se descarta.
- Para un manómetro nuevo, si la diferencia se encuentra por encima de 2,32 psi se descarta.

Un ejemplo de cálculo de error intrínseco, se muestra en la tabla 3:

*Tabla 3*

*Ejemplo de cálculo del error intrínseco*

Cálculo del error intrínseco de un manómetro en servicio	Medición Manómetro en Servicio psi	Medición Manómetro Patrón psi
	20,0	21,0
	22,0	20,0
	23,0	21,0
Suma	65,0	62,0
Suma/3	21,63	20,67
Error intrínseco (Diferencia entre mediciones)	0,96	

Del resultado de la tabla 3, teniendo una diferencia de 0,96 psi, siendo este menor que 2,9 psi, el manómetro se encuentra en buenas condiciones de operación.

### **2.3.2. Verificación de precisión del manómetro**

Para los manómetros utilizados en las estaciones de servicio, posterior a 1000 mediciones realizadas, donde los valores de presión van de 0 a 90/95% del límite superior de la escala se debe realizar una verificación de precisión.

También se debe realizar el proceso de verificación de precisión cuando no pasa la prueba de funcionamiento del apartado 2.2

Para ello se recomienda la utilización de un manómetro patrón, cumpliendo con lo establecido en el siguiente apartado.

- **Manómetro patrón.**

Realizar comparaciones periódicas con un manómetro de referencia (se debe utilizar solo para comparar e inspeccionar los otros manómetros de pista) y registrar las desviaciones detectadas para toma de medidas correctivas inmediatas (reemplazo).

- Es fundamental adquirir un manómetro adicional que cumpla con las mismas especificaciones y estándares de calidad que el manómetro principal. Esto asegura que las mediciones sean consistentes y precisas.
- Los errores de los manómetros utilizados con fines de control no deben exceder 25,0% de los permitidos en los manómetros sometidos a prueba. Por lo que, en base a lo anterior y la tabla 2, el error intrínseco máximo permitido para el manómetro patrón es de 0,725 psi. Nota: Para verificar el error permitido se debe de realizar el mismo proceso del punto 2.3.1
- Se recomienda realizar comparaciones sistemáticas entre el manómetro patrón y los manómetros en operación. Esta comparación debe llevarse a cabo en varios puntos de presión, abarcando todo el rango operativo del manómetro.
- Para comprobar las mediciones de los manómetros, se realizarán mediciones a 5 o más puntos distribuidos uniformemente a lo largo de la escala, incluidos los límites de medición superior e inferior. Por lo que para el S-976 se debe verificar que el manómetro este dentro del error permitido en los siguientes puntos como mínimo: 10, 48, 85, 123, 160 psi.

A continuación, en la tabla 4, se presenta un formato para la realización de verificación de precisión del manómetro a lo largo de la escala:

*Tabla 4*  
*Verificación de precisión de manómetro en servicio*

	Verificación de Precisión			Manómetro: [ID* de manómetro]			Error intrínseco*
	Manómetro en servicio			Manómetro patrón			
Punto de escala	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 1	Medición 2	Medición 3	
1							
2							
3							
4							
5							
<b>Resultado de verificación</b>	[Aprobado/Reprobado]						

## 2.4. Registro e historial

Mantener un historial detallado de cada manómetro ayuda a identificar patrones de uso, programar revisiones de precisión y planificar reemplazos.

### ○ **Datos a registrar.**

- Fecha de adquisición, tipo y modelo del manómetro.
- Fechas de limpieza.
- Resultados de verificación de precisión.
- Mediciones realizadas por manómetro.
- Fecha de reemplazo, incluyendo el motivo y el modelo nuevo adquirido.

La tabla 5 muestra un ejemplo de hoja de registro guía de un manómetro que sirve de guía para el momento de adquisición y retiro de este.

*Tabla 5*

*Hoja de registro de manómetro*

Número de serie/Número identificador	
Marca	
Modelo	
Error intrínseco verificación inicial	
Fecha de adquisición	
Cantidad de mediciones	
Fecha reemplazo	
Causa de reemplazo	

## 3. Protocolos de Sustitución de Manómetros

### 3.1. Criterios para Sustitución

Si el manómetro cumple uno o varios de los criterios de sustitución, debe ser reemplazado por un equipo de reserva inmediatamente para evitar interrupciones en el servicio

#### ○ **Hurto o extravío del manómetro.**

Situaciones en las que el manómetro ha sido robado o ha desaparecido por causas no determinadas.

#### ○ **Lecturas inconsistentes.**

Cuando un manómetro operativo presenta lecturas inconsistentes se debe someter a la verificación del apartado 2.3. Si el proceso de verificación comprueba que las mediciones del manómetro operativo

No coincidan con las mediciones del patrón o supere el error intrínseco máximo permisible, es indicativo de un manómetro defectuoso, por lo que este equipo debe ser retirado para reemplazado.

- **Daños estructurales visibles.**

Si se detectan grietas, deformaciones o componentes dañados en la boquilla, cuerpo tubular o en la escala.

- **Fallas funcionales.**

- Problemas de sellado o fugas durante la medición.
- Escalas ilegibles.

### 3.2. Procedimiento de Sustitución

Para garantizar una sustitución rápida y eficiente, se deben seguir los siguientes pasos:

- **Inspección inicial.**

Documentar el problema detectado (daño, lectura inconsistente, hurto, etc.). Notificar inmediatamente al supervisor de la estación.

- **Retiro del manómetro defectuoso.**

Retirar el equipo afectado para evitar su uso por operadores o clientes. Si es posible, etiquetar el dispositivo con una descripción del problema, se puede utilizar una etiqueta en el dispositivo como se muestra en la ilustración 12:

*Ilustración 12 Etiqueta de equipo fuera de servicio*

- **Instalación del manómetro de reserva.**

Sustituir el equipo defectuoso con un manómetro de reserva. Verificar la funcionalidad del nuevo dispositivo antes de reanudar el servicio. Revisar el apartado 2.3.

- **Registro de la sustitución.**

Actualizar los registros del inventario, detallando:

- Fecha de reemplazo.
- Causa de la sustitución.
- Identificación del equipo retirado y del equipo instalado.

Para ver ejemplo de un registro de sustitución revisar tabla 5.

### **3.3. Gestión de Inventarios**

Para una gestión eficiente de los manómetros, se recomienda:

- **Inventarios planificados.**

Mantener al menos un manómetro de reserva por estación para su uso inmediato.

- **Monitoreo de fallos recurrentes.**

Analizar patrones en los motivos de reemplazo para identificar problemas frecuentes, como modelos defectuosos o condiciones ambientales adversas que afecten la vida útil de los manómetros. Apoyándose de los registros de sustitución.

## **4. Programa Integral de Capacitación**

Para abordar las deficiencias existentes y mejorar la calidad del servicio, se recomienda desarrollar un programa integral de capacitación que contemple los siguientes puntos clave:

### **4.1. Objetivo general del aprendizaje**

- Capacitar al empleado para que sea capaz de utilizar correctamente el manómetro proporcionado por la estación de servicio, asegurándose de que pueda leer adecuadamente las lecturas y utilizarlo correctamente en diferentes tipos de neumáticos de diversos vehículos, como camionetas, motocicletas, autobuses, entre otros.
- Instruir al empleado en las tareas de mantenimiento asignadas por la gerencia, para garantizar la conservación adecuada de los manómetros. Esto incluye labores de limpieza, verificación de funcionamiento e inspecciones visuales del estado físico del manómetro.

### **4.2. Teoría sobre la utilización de los manómetros**

En este apartado se presentan los fundamentos e información relacionada a la utilización apropiada de los manómetros y, además los procesos requeridos para su mantenimiento. Se recomienda proporcionar imágenes para mayor retención de la información.

- **Fundamentos:**

- Presentar el paso a paso de la correcta utilización de los manómetros, así como los errores comunes involucrados en el proceso de ajuste.

- Proporcionar las tareas de mantenimiento requeridas por la estación de servicio además de su importancia para prolongar la vida útil del equipo.
- Instruir al personal sobre cómo una presión adecuada mejora la seguridad y el rendimiento del vehículo. Esto implica explicar cómo una presión insuficiente puede llevar a un desgaste desigual de los neumáticos, un aumento en el consumo de combustible y un mayor riesgo de accidentes.

#### **4.3. Práctica sobre el Uso Correcto de los Medidores**

Las prácticas en pista deben realizarse bajo la supervisión de un instructor para garantizar que los operadores utilicen correctamente los medidores de presión. En esta etapa, es fundamental enfocarse en los siguientes puntos:

- **Manejo del Manómetro.**

Capacitar al personal en el uso adecuado de los manómetros para medir la presión de los neumáticos. Esto incluye enseñar cómo colocar correctamente el manómetro en la válvula del neumático, cómo leer las mediciones con precisión, y cómo interpretar las lecturas para garantizar la seguridad y el rendimiento del vehículo.

- **Ajuste de la presión.**

Instruir a los operadores sobre como regular presión de los neumáticos, lo cual involucra no solo al manómetro sino también al sistema de aire comprimido de la estación para suministrar aire a los neumáticos. También se debe enfatizar la necesidad de verificar las lecturas del manómetro después de cada medición para asegurarse de que esté funcionando correctamente y que la presión proporcionada sea la requerida por el neumático.

- **Tareas de mantenimiento:**

Capacitar al personal en las tareas de mantenimiento preventivo y correctivo para asegurar la longevidad y precisión de los manómetros. Esto incluye:

- **Limpieza:** Enseñar cómo limpiar adecuadamente el manómetro, eliminando cualquier suciedad, polvo o restos de grasa que puedan interferir con su funcionamiento. Utilizar productos de limpieza apropiados que no dañen los componentes del manómetro ni la escala de presión.

- Inspección de daños visibles: Capacitar al personal para que realice inspecciones regulares en busca de daños visibles como fisuras, corrosión o desgaste en las piezas clave del manómetro (cuerpo tubular, escala y boquilla).
- **Verificación de funcionamiento.**

Instruir sobre cómo verificar el correcto funcionamiento del manómetro, realizando pruebas en neumáticos con presiones conocidas o usando un manómetro de referencia. Asegurarse de que las lecturas sean precisas y que el manómetro este dentro del error intrínseco máximo permisible.

### **Glosario Técnico**

**Manómetro:** instrumento que sirve para medir la presión de fluidos contenidos en recipientes cerrados.

**Magnitud:** propiedad física que puede ser medida; p. ej., la temperatura, la presión etc.

**Presión:** magnitud física que expresa la fuerza ejercida por un cuerpo sobre la unidad de superficie y cuya unidad en el sistema internacional es el pascal.

**Precisión:** se refiere a la dispersión del conjunto de valores obtenidos de mediciones repetidas de una magnitud. Cuanto menor es la dispersión mayor la precisión.

**Error intrínseco:** es un error que se produce inevitablemente en la medición de una magnitud. Este error se debe a la diferencia entre el valor medido y el valor real de la magnitud.

**Tolerancia:** parámetro asociado al resultado de una medición, que caracteriza la dispersión de los valores que razonablemente podrían atribuirse al mensurando

**Exactitud:** proximidad entre un valor medido y un valor verdadero de un mensurando

**Incertidumbre:** parámetro no negativo que caracteriza la dispersión de los valores atribuidos a un mensurando.

**Mensurando:** es la propiedad específica que se pretende cuantificar mediante una medición

## Conclusiones

- El estudio permitió identificar áreas de mejora relacionadas con la adopción de normativas y el fortalecimiento de los registros documentales en torno al uso y control de los manómetros en estaciones de servicio, especialmente en lo que respecta a los manómetros tipo varilla. Aunque existen estándares o recomendaciones internacionales como la recomendación OIML R 23 y documentos técnicos mencionados en los certificados de fabricante, su aplicación y difusión en el contexto local aún representa una oportunidad de desarrollo. Además, los procesos de calibración solo abarcan dispositivos como los manómetros digitales o tipo Bourdon, realizados por laboratorios acreditados bajo la norma ISO/IEC 17025. Esto pone en evidencia una brecha metrológica significativa para los manómetros utilizados en este campo, limitando la trazabilidad y la calidad del servicio ofrecido al usuario final.
- Los resultados del estudio permitieron identificar que las estaciones de servicio podrían beneficiarse de la implementación de procedimientos técnicos estandarizados y mecanismos de verificación periódica para los manómetros. La adopción de herramientas como manómetros patrón y registros históricos del estado de los equipos contribuiría a minimizar errores sistemáticos, mejorando la repetibilidad y confiabilidad de las mediciones. Estas acciones, junto con criterios definidos para mantenimiento y reemplazo de instrumentos, fortalecerían la calidad operativa y preventiva del servicio.
- El ajuste y verificación de presión en neumáticos es una actividad clave que, al abordarse con mayor profundidad técnica, podría potenciar tanto la seguridad como el desempeño del servicio. Para ello, el contar con un desarrollo de competencias específicas en el personal operativo, no solo mediante capacitaciones puntuales, sino a través de una estrategia

organizacional que fomente habilidades técnicas sostenibles aseguraría un servicio alineado con las mejores prácticas y las demandas del sector transporte.

- El control adecuado de la presión en los neumáticos influye de manera directa en la seguridad en carretera y constituye un elemento clave para mejorar la eficiencia operativa de los vehículos. A partir del análisis realizado, se destaca la importancia de avanzar hacia un sistema formal que permita gestionar los dispositivos de medición en las estaciones de servicio y oportunamente detectar errores sistemáticos y fallos en el ajuste de presión. Frente a este panorama, se vuelve imprescindible establecer un sistema eficiente de confirmación metrológica que asegure mediciones confiables y trazables, al tiempo que fomente una cultura orientada al control técnico y la mejora continua.
- Como resultado del estudio, se elaboró una Guía de Buenas Prácticas orientada al ajuste y verificación de presión en neumáticos en estaciones de servicio. Esta guía ofrece un marco técnico y operativo para el uso adecuado, mantenimiento preventivo y control de los dispositivos de medición empleados, con el objetivo de fortalecer la calidad del servicio prestado, prolongar la vida útil de los equipos y asegurar mediciones confiables. Su aplicación busca no solo optimizar el servicio y desempeño de los operadores, sino también contribuir activamente a la seguridad vial y a la mejora continua. Su aplicación representa un paso hacia la estandarización y la excelencia en el sector.

## Recomendaciones

- Para fortalecer la confiabilidad de las mediciones de presión en neumáticos y fomentar una cultura metrológica sólida en las estaciones de servicio, se recomienda la adopción progresiva de manómetros que cuenten con certificados de fabricación o calibración que los respalden ya sean estos digitales, tipo Bourdon o varilla. Esta práctica contribuiría al cumplimiento de estándares de calidad y seguridad, mejorando tanto la eficiencia operativa como la protección del consumidor. Además, dado que los manómetros tipo varilla, comúnmente utilizados, no cuentan con procesos formales de calibración, incorporar recomendaciones como las OIML R23 con la finalidad de verificar el funcionamiento e implementar registros internos de control, donde se documente la fecha de revisión, el método de verificación (por comparación con un manómetro patrón confiable), su estado físico y observaciones relevantes permitiría avanzar hacia un mayor control del servicio en beneficio del usuario final.
- Implementar un diseño o procedimiento técnico estandarizado de verificación para todas las estaciones de servicio, que contemple la realización de verificaciones periódicas utilizando un manómetro patrón calibrado, el establecimiento de criterios claros de aceptación y rechazo, la ejecución de actividades de mantenimiento preventivo como limpieza e inspección visual, y la documentación sistemática de todas las intervenciones realizadas así como establecer una frecuencia mínima de verificación que corrobore las condiciones de uso.
- Implementar estrategias integrales de desarrollo de competencias técnicas para el personal encargado del ajuste y verificación de presión. Esta debe incluir programas de capacitación continua que aborden no solo los aspectos operativos básicos, sino también contenidos relacionados con metrología, interpretación precisa de lecturas, detección de desviaciones y

buenas prácticas de medición. Además, es fundamental incorporar evaluaciones periódicas de desempeño y espacios de retroalimentación técnica que permitan reforzar aprendizajes y corregir errores recurrentes

- Para implementar un sistema optimizado de confirmación metrológica en las estaciones de servicio, se recomienda establecer un plan de verificación y calibración periódica de los manómetros, apoyado en el uso de equipos patrón certificados que garanticen la trazabilidad de las mediciones. Es fundamental llevar un historial técnico detallado de cada manómetro, donde se registren calibraciones, ajustes, fallas y reemplazos. Asimismo, se sugiere realizar auditorías internas regulares que permitan evaluar el desempeño de los dispositivos y detectar desviaciones sistemáticas. La capacitación continua del personal en buenas prácticas de uso, almacenamiento y verificación de los manómetros contribuirá a reducir errores por manipulación inadecuada
- Dado que la guía elaborada en el estudio representa un primer esfuerzo técnico en el contexto local, debe entenderse como un punto de partida. Por ello, se sugiere mantenerla sujeta a revisiones y actualizaciones para poder ser difundida y aplicada, con base en nuevas evidencias técnicas, necesidades operativas emergentes o cambios normativos. Además, con el apoyo y colaboración del sector transporte, las cadenas de suministro encargadas de la operación de estaciones de servicio y los usuarios en general, se puede continuar abordando, enriqueciendo su contenido y fortaleciendo su impacto como herramienta de mejora continua en la gestión de la presión de neumáticos.

## **Anexos.**

Anexo 1	Índices de carga, velocidad y códigos por país.....	143
Anexo 2	Formatos de recolección de datos. Usuarios.....	145
Anexo 3	Formatos de recolección de datos. Gerentes.....	147
Anexo 4	Formatos de recolección de datos. Operadores y Mediciones.....	149
Anexo 5	Certificado de calibración de manómetro patrón.....	153
Anexo 6	Resultados de Mediciones .....	155
Anexo 7	Abreviaturas.....	159

Anexo 1 Índices de carga, velocidad y códigos por país

Tabla 1.  
Índice de carga.

IC	Kg	IC	Kg	IC	Kg	IC	Kg	IC	Kg	IC	Kg
40	140	80	450	120	1400	160	4500	200	14000	240	45000
41	145	81	462	121	1450	161	4625	201	14500	241	46250
42	150	82	475	122	1500	162	4750	202	15000	242	47500
43	155	83	487	123	1550	163	4875	203	16000	243	48750
44	160	84	500	124	1600	164	5000	204	16000	244	50000
45	165	85	515	125	1650	165	5150	205	16500	245	51500
46	170	86	530	126	1700	166	5300	206	17000	246	53000
47	175	87	545	127	1750	167	5450	207	17500	247	54500
48	180	88	560	128	1800	168	5600	208	18000	248	56000
49	185	89	580	129	1850	169	5800	209	18500	249	58000
50	190	90	600	130	1900	170	6000	210	19000	250	60000
51	195	91	615	131	1950	171	6150	211	19500	251	61500
52	200	92	630	132	2000	172	6300	212	20000	252	63000
53	206	93	650	133	2060	173	6500	213	20600	253	65000
54	212	94	670	134	2120	174	6700	214	21200	254	67000
55	218	95	690	135	2180	175	6900	215	21800	255	69000
56	224	96	710	136	2240	176	7100	216	22400	256	71000
57	230	97	730	137	2300	177	7300	217	23000	257	73000
58	236	98	750	138	2360	178	7500	218	23600	258	75000
59	243	99	775	139	2430	179	7750	219	24300	259	77500
60	250	100	800	140	2500	180	8000	220	25000	260	80000
61	257	101	825	141	2575	181	8250	221	25750	261	82500
62	265	102	850	142	2650	182	8500	222	26500	262	85000
63	272	103	875	143	2725	183	8750	223	27250	263	87500
64	280	104	900	144	2800	184	9000	224	28000	264	90000
65	290	105	925	145	2900	185	9250	225	29000	265	92500
66	300	106	950	146	3000	186	9500	226	30000	266	95000
67	307	107	975	147	3075	187	9750	227	30750	267	97500
68	315	108	1000	148	3150	188	10000	228	31500	268	100000
69	325	109	1030	149	3250	189	10300	229	32500	269	103000
70	335	110	1060	150	3350	190	10600	230	33500	270	106000
71	345	111	1090	151	3450	191	10900	231	34500	271	109000
72	355	112	1120	152	3550	192	11200	232	35500	272	112000
73	365	113	1150	153	3650	193	11500	233	36500	273	115000
74	375	114	1180	154	3750	194	11800	234	37500	274	118000
75	387	115	1215	155	3875	195	12150	235	38750	275	121500
76	400	116	1250	156	4000	196	12500	236	40000	276	125000
77	412	117	1285	157	4125	197	12850	237	41250	277	128500
78	425	118	1320	158	4250	198	13200	238	42500	278	132000
79	437	119	1360	159	4375	199	13600	239	43750	279	136000

Tomado de (Carlider, 2024)

Tabla 2.  
Índice de velocidad.

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


Tomado de (Carlider, 2024)

Tabla 3.  
*Código por país europeo.*

Código	País	Código	País
E1	Alemania	E14	Suiza
E2	Francia	E15	Noruega
E3	Italia	E16	Finlandia
E4	Holanda	E17	Dinamarca
E5	Suecia	E18	Rumania
E6	Bélgica	E19	Polonia
E7	Hungría	E20	Portugal
E8	República Checa	E21	Rusia
E9	España	E22	Grecia
E10	Yugoslavia	E23	Irlanda
E11	Reino Unido	E24	Croacia
E12	Austria	E25	Eslovenia
E13	Luxemburgo	E26	Eslovaquia


*Tomado de (FEDIMA, 2024)*

Anexo 2 Formatos de recolección de datos. Usuarios

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA	Formato: E____ - ____	Página 1/2
		Fecha:	
		Hora:	
		Formato de recolección de datos usuario	
- Objetivo: obtener información detallada sobre el conocimiento de los usuarios sobre la presión de aire en neumáticos y sus efectos en el rendimiento del vehículo. - Indicación: Marque con una X o ✓ el campo que considere adecuado y complete la información de ser necesario.			
Autorización para la realización de la investigación por parte del usuario dueño del vehículo <input type="checkbox"/> Si. <input type="checkbox"/> No.			
<b>Conocimiento General de la Presión de Neumáticos</b>			
¿Conoce la presión de aire adecuada para los neumáticos de su vehículo? <input type="checkbox"/> Si. <input type="checkbox"/> No. psi/bar. ____			
¿Cómo conoció el valor recomendado? <input type="checkbox"/> En manuales o etiqueta en puerta del conductor (presión recomendada por fabricante del vehículo). <input type="checkbox"/> Consulta con el personal de la estación de servicio. <input type="checkbox"/> Experiencia <input type="checkbox"/> Otros: _____			
<b>Influencia de Presión en Neumáticos</b>			
¿Considera que la presión de aire afecta el funcionamiento del vehículo? <input type="checkbox"/> Si. <input type="checkbox"/> No. ¿En cuál de los aspectos siguientes lo ve reflejado? <input type="checkbox"/> Distancia de frenado. <input type="checkbox"/> Consumo de combustible. <input type="checkbox"/> Manejo y Estabilidad. <input type="checkbox"/> Capacidad de carga. <input type="checkbox"/> Otros: _____			
¿Qué factores cree que afectan la presión en los neumáticos? <input type="checkbox"/> Temperatura ambiente. <input type="checkbox"/> Tipo de terreno. <input type="checkbox"/> Tiempo de uso constante del vehículo (Llanta caliente o llanta fría). <input type="checkbox"/> Carga del vehículo <input type="checkbox"/> Desgaste en el grabado del neumático. <input type="checkbox"/> Otros: _____			
¿Considera los factores antes mencionados al momento de solicitar el servicio? <input type="checkbox"/> Si. <input type="checkbox"/> No. Cuales considera: _____			
<b>Verificación y ajuste de presión en neumáticos</b>			
¿El vehículo cuenta con Sistema de monitoreo de presión de llantas (TPMS)? <input type="checkbox"/> Si. <input type="checkbox"/> No.			
¿Posee medidor de presión propio? <input type="checkbox"/> Si. <input type="checkbox"/> No.			

<p>¿Qué tipo es el que posee?</p> <p><input type="checkbox"/> varilla común    <input type="checkbox"/> digital    <input type="checkbox"/> analógico (Bourdon)    Otro: _____</p> <p>¿Tiene conocimiento de la utilización de manómetro usado para ajuste y verificación de presión en sus neumáticos?</p> <p><input type="checkbox"/> Si.    <input type="checkbox"/> No.    <input type="checkbox"/> Verificación.</p> <p>¿Corrobora que la presión solicitada sea la correcta?    <input type="checkbox"/> Si.    <input type="checkbox"/> No.</p>
<p>¿Realiza una verificación programada? <input type="checkbox"/> Si.    <input type="checkbox"/> No.</p> <p>¿Cuál es la periodicidad con la que verificar la presión en sus neumáticos?</p> <p><input type="checkbox"/> Diariamente    <input type="checkbox"/> Semanalmente    <input type="checkbox"/> Mensualmente    <input type="checkbox"/> Por condición    <input type="checkbox"/> Otros: _____</p> <p>Si es por condición, ¿Cuáles de los aspectos a continuación son considerados?</p> <p><input type="checkbox"/> Antes de realizar viajes largos.</p> <p><input type="checkbox"/> Al realizar una inspección visual y encontrar daños (cortes, protuberancias o desgaste irregular).</p> <p><input type="checkbox"/> Funcionamiento del vehículo.</p> <p><input type="checkbox"/> TPMS activo en tablero.</p> <p><input type="checkbox"/> Otros: _____</p>
<p>Recuerda cuándo fue la última vez que calibro los neumáticos <input type="checkbox"/> Si.    <input type="checkbox"/> No.</p> <p>Cuanto tiempo: _____</p>
<p>¿Aprovecha la oportunidad de verificar la presión de sus neumáticos durante visitas a estaciones de servicio?</p> <p><input type="checkbox"/> Si.    <input type="checkbox"/> No    <input type="checkbox"/> A veces</p>
<p><b>Consideraciones para adquirir neumáticos</b></p> <p><input type="checkbox"/> Índice de carga.    <input type="checkbox"/> Índice de velocidad.    <input type="checkbox"/> Condición climática.    <input type="checkbox"/> Nuevos.</p> <p><input type="checkbox"/> Usados.    <input type="checkbox"/> Garantía.    <input type="checkbox"/> Costo.    <input type="checkbox"/> Marca.</p> <p><input type="checkbox"/> Especificaciones del vehículo.    <input type="checkbox"/> Tipo de carretera.    <input type="checkbox"/> Estructura: radial__ diagonal__</p>

Anexo 3 Formatos de recolección de datos. Gerentes

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA	Formato: E ____ - ____	<b>Página 1/2</b>																				
			Fecha:																				
			Hora:																				
			Formato de recolección de datos gerencia																				
- Objetivo: obtener información detallada sobre el equipo de medición de presión de aire en neumáticos en estaciones de servicios, con el fin de evaluar la precisión y confiabilidad de los dispositivos utilizados, así como también información relevante de estos. - Indicación: Marque con una X o ✓ el campo que considere adecuado y complete la información de ser necesario.																							
Autorización para la realización de la investigación por parte del gerente encargado de la estación de servicio <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No																							
<b>Situación actual del servicio de calibración de neumáticos</b>																							
<input type="checkbox"/> Brinda el equipo y opera el manómetro <input type="checkbox"/> Brinda solo el equipo <input type="checkbox"/> No tiene el equipo																							
<b>Instrumento de Medición</b>																							
¿Cuántos manómetros posee la estación? _____ En reserva: _____ ¿Poseen manómetro patrón que sirva como referencia a los demás? <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No Tipo de instrumento (manómetro):																							
<input type="checkbox"/> Varilla común <input type="checkbox"/> Digital <input type="checkbox"/> Analógico (Bourdon)                    Otro: _____																							
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="text-align: center;">Marca:</td> <td style="text-align: center;">Modelo:</td> <td style="text-align: center;">Número de serie:</td> <td style="text-align: center;">Intervalo de medición</td> </tr> <tr> <td>1. _____</td> <td>1. _____</td> <td>1. _____</td> <td>1. _____</td> </tr> <tr> <td>2. _____</td> <td>2. _____</td> <td>2. _____</td> <td>2. _____</td> </tr> <tr> <td>3. _____</td> <td>3. _____</td> <td>3. _____</td> <td>3. _____</td> </tr> <tr> <td>4. _____</td> <td>4. _____</td> <td>4. _____</td> <td>4. _____</td> </tr> </table>				Marca:	Modelo:	Número de serie:	Intervalo de medición	1. _____	1. _____	1. _____	1. _____	2. _____	2. _____	2. _____	2. _____	3. _____	3. _____	3. _____	3. _____	4. _____	4. _____	4. _____	4. _____
Marca:	Modelo:	Número de serie:	Intervalo de medición																				
1. _____	1. _____	1. _____	1. _____																				
2. _____	2. _____	2. _____	2. _____																				
3. _____	3. _____	3. _____	3. _____																				
4. _____	4. _____	4. _____	4. _____																				
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="text-align: center;">Unidad de medida</td> <td style="text-align: center;">Tipo de escala</td> <td style="text-align: center;">Resolución</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"> <input type="checkbox"/> psi  <input type="checkbox"/> bar  <input type="checkbox"/> Pa                 </td> <td style="text-align: center;"> <input type="checkbox"/> Lineal  <input type="checkbox"/> No lineal                 </td> <td style="text-align: center;">                     1. _____                      2. _____                      3. _____                      4. _____                 </td> </tr> </table>				Unidad de medida	Tipo de escala	Resolución	<input type="checkbox"/> psi <input type="checkbox"/> bar <input type="checkbox"/> Pa	<input type="checkbox"/> Lineal <input type="checkbox"/> No lineal	1. _____ 2. _____ 3. _____ 4. _____														
Unidad de medida	Tipo de escala	Resolución																					
<input type="checkbox"/> psi <input type="checkbox"/> bar <input type="checkbox"/> Pa	<input type="checkbox"/> Lineal <input type="checkbox"/> No lineal	1. _____ 2. _____ 3. _____ 4. _____																					
Normativas y estándares con las que cumplen: _____																							
<b>Control de Funcionamiento</b>																							
Verificación de funcionamiento <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Diariamente <input type="checkbox"/> Semanalmente <input type="checkbox"/> Mensualmente <input type="checkbox"/> Por condición                    Otro _____ * Si la verificación es por condición, en qué condiciones se realiza. _____																							
Limpieza del instrumento: <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Diariamente <input type="checkbox"/> Semanalmente <input type="checkbox"/> Mensualmente <input type="checkbox"/> Por condición																							
Condición extraordinaria bajo el cual se realiza una limpieza no programada: <input type="checkbox"/> Suciedad general (polvo) <input type="checkbox"/> Contaminación química (Aceite, pintura, etc.)                    Otro: _____																							

Revisión de conexiones: <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Diariamente <input type="checkbox"/> Semanalmente <input type="checkbox"/> Mensualmente <input type="checkbox"/> Por condición Condición extraordinaria bajo el cual se realiza una revisión no programada: <input type="checkbox"/> Escucha de fugas de aire. <input type="checkbox"/> Caídas de presión al momento de realización de calibración. Otro: _____				
Vida útil de manómetro: _____ ¿Qué medidas toman con los manómetros en desechados? _____				
<b>Calibración</b>				
¿Al instrumento se le realiza calibración? Si___ No___				
Encargado de la calibración	Trabajo realizado de forma: <input type="checkbox"/> Interna <input type="checkbox"/> Externa Nombre de la entidad externa: _____			
<b>Resguardo y almacenaje</b>				
Condición	Lugar de resguardo			
	En pista, bajo techo	caseta	En pista, bajo el sol	Dentro de estación
Jornada laboral diurna				
Jornada laboral nocturna				
Lluvia				
<u>Condición especial:</u>				
<b>Adquisición de instrumento</b>				
Factores considerados para la adquisición: <input type="checkbox"/> Precisión y fiabilidad <input type="checkbox"/> Rango de medición <input type="checkbox"/> Facilidad de uso <input type="checkbox"/> Durabilidad <input type="checkbox"/> Resistencia <input type="checkbox"/> Precio <input type="checkbox"/> Otro _____				
<b>Personal</b>				
Personal de estación: <input type="checkbox"/> Gerente de estación ( ) <input type="checkbox"/> Subgerente ( ) <input type="checkbox"/> Supervisor ( ) <input type="checkbox"/> Personal administrativo ( ) <input type="checkbox"/> Operadores en pista ( ) <input type="checkbox"/> Encargados de tienda ( ) <input type="checkbox"/> Seguridad ( ) <input type="checkbox"/> Limpieza y mantenimiento ( ) Otros: _____				
El personal de pista es capacitado en la utilización de los equipos. <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> periodo de adaptación <input type="checkbox"/> capacitaciones programadas <input type="checkbox"/> otros _____				

Anexo 4 Formatos de recolección de datos. Operadores y Mediciones

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA	Formato: E__ - __	Página 1/4
		Fecha:	Hora:
		Formato de recolección de datos de operador y muestra	
- Objetivo: obtener información detallada sobre el proceso de medición de presión de aire en neumáticos en estaciones de servicios, con el fin de evaluar la precisión y confiabilidad de los dispositivos utilizados, así como también información relevante de estos. - Indicación: Marque con un <input checked="" type="checkbox"/> el campo que considere adecuado y complete la información de ser necesario.			
<b>Datos generales de la estación de servicio</b>			
Nombre/código de estación: _____ Ubicación: _____ Georreferencia: _____			
<b>Tipo de instrumento (manómetro):</b> <input type="checkbox"/> varilla común <input type="checkbox"/> digital <input type="checkbox"/> analógico (Bourdon)      Otro: _____			
Marca: _____      Modelo: _____      Número de serie: _____      Intervalo de medición _____			
Unidad de medida      Tipo de escala      Resolución _____ <input type="checkbox"/> psi <input type="checkbox"/> Lineal <input type="checkbox"/> bar <input type="checkbox"/> No Lineal <input type="checkbox"/> Pa			
Normativas y estándares con las que cumple el manómetro. (no la llenara el encuestado) _____			
<b>Condición de manómetro:</b>			
<input type="checkbox"/> 1.Carcasa o cuerpo de manómetro libre de polvo o suciedad acumulada <input type="checkbox"/> 2.Lecturas de presión constantes durante toma de mediciones. <input type="checkbox"/> 3.No hay signos de desgaste o daños físicos en la carcasa, vástago, o pantalla. <input type="checkbox"/> 4.El mecanismo de medición (aguja, vástago) se mueve suavemente sin atascos ni variaciones. <input type="checkbox"/> 5.Conexiones firmes y sin movimientos inusuales. <input type="checkbox"/> 6. Pantalla y escalas de presión libres de distorsiones y completamente legibles.			
<input type="checkbox"/> 7.Carcasa o cuerpo de manómetro muestra signos de abrasión o pequeñas grietas. <input type="checkbox"/> 8.Las lecturas empiezan a mostrar ligeras desviaciones. <input type="checkbox"/> 9.Cuerpo de manómetro presenta suciedad acumulada <input type="checkbox"/> 10.El mecanismo de medición (aguja, vástago) se mueve con cierta resistencia. <input type="checkbox"/> 11.La pantalla presenta algunas manchas o pequeños rayones. <input type="checkbox"/> 12.Las conexiones están algo sueltas, pero todavía funcionales.			
<input type="checkbox"/> 13.Lecturas incorrectas o fluctuantes en la toma de medición. <input type="checkbox"/> 14.Hay evidencia de daño o corrosión en la carcasa, las conexiones y cuerpo del manómetro. <input type="checkbox"/> 15.El mecanismo de medición (aguja, vástago) atascado o con movimiento inusual. <input type="checkbox"/> 16.Hay signos de fugas en la carcasa, cuerpo de manómetro o conexiones. <input type="checkbox"/> 17.El vidrio de pantalla está roto o tiene grietas significativas. <input type="checkbox"/> 18.Cuerpo de manómetro presenta suciedad excesiva que imposibilite su uso. <input type="checkbox"/> 19.Escalas ilegibles. <input type="checkbox"/> 20.El dispositivo no enciende, se apaga rápidamente o muestra error en pantalla			

Problemas de funcionamiento. Especificar de ser necesario

Actividades de Mantenimiento aplicadas.

Periodicidad: **D**: Diariamente. **S**: Semanalmente. **M**: Mensualmente. **P**: Por condición. **N**: Nunca. **X**: No Aplica.

- |   |   |
|---|---|
| 1. Comprobar que el manómetro marque cero cuando no esté bajo presión.                            | <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/> X |
| 2. Revisión de daños visibles, corrosión o suciedad en el cuerpo del manómetro.                   | <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/> X |
| 3. Verificar que no haya desgaste o deformación en el vástago o aguja del manómetro.              | <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/> X |
| 4. Aplicar lubricación en partes móviles del manómetro.<br>Tipo de lubricante utilizado: _____    | <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/> X |
| 5. Asegurar de que la escala de presión sea legible o no presente desgaste.                       | <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/> X |
| 6. Desmontar y limpiar los componentes internos del manómetro, si es posible.                     | <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/> X |
| 7. Limpiar la superficie del manómetro para eliminar polvo y suciedad acumulada.                  | <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/> X |
| 8. Detecta fugas Inspeccionando conexiones y partes móviles                                       | <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/> X |
| 9. Verificar que el vástago o aguja se mueva libremente sin obstrucciones                         | <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/> X |
| 10. Comparar las lecturas del manómetro con un manómetro de referencia para asegurar la medición. | <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/> X |
| 11. Verificar que el cristal de la pantalla no esté roto o agrietado.                             | <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/> X |
| 12. Realizar cambio de baterías si es necesario   | <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/> X |

Si alguna de las actividades es por condición, especifique esa condición.

#### Procedimiento Utilizado Para La Toma de Medición

- 1. Asegurarse de que el vehículo esté en reposo.
- 2. Consulta al conductor o alguna etiqueta para conocer las presiones recomendadas.  
Conductor                      Etiqueta                      Por Experiencia
- 3. Localizar las válvulas de los neumáticos.
- 4. Retirar las tapas de las válvulas de los neumáticos, si las posee.
- 5. Colocar correctamente el manómetro sobre la válvula del neumático evitando fugas de aire y leer la medida de presión en el manómetro antes de agregar o purgar aire.
- 6. Lee correctamente la medida tomada.
- 7. Añadir aire si la presión está por debajo de la recomendada.
- 8. Liberar aire si la presión está por encima de la recomendada.
- 9. Volver a medir la presión para asegurarse de que esté en el nivel correcto.
- 10. Colocar nuevamente las tapas en las válvulas una vez que la presión sea la correcta.
- 11. Verifica que la medida tomada sea la solicitada.
- 12. Repetir el proceso para cada neumático, incluyendo la llanta de repuesto si aplica.

Realiza algún tipo de recomendación al momento de prestar el servicio     Si.     No.  
Especifique: \_\_\_\_\_

**20 psi**

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

**30 psi**

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

**40 psi**

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

**50 psi**

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

**60 psi**

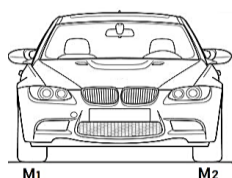
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

**Tipo de vehículo:**

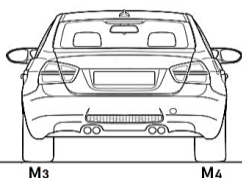
Microbús                       Motocicleta                       Pick Up                       Camioneta

Tipo sedan                       Cuatrimoto                       Bicicleta

Marca/modelo: \_\_\_\_\_  TPMS funciona  Si  No



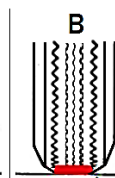
*Vista frontal de vehículo*



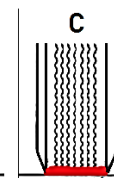
*Vista trasera de vehículo*



Presión Baja  
Desgaste Lateral



Presión Alta  
Desgaste Central



Presión Ideal  
Desgaste Uniforme

**Neumático delantero M1**

Marca de neumático: _____	Presión en neumático <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C
Identificación del neumático: _____	Tipo de desgaste <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C
Presión máx. recomendada por fabricante de neumático: _____	Gravado de neumático _____
Presión solicitada por usuario: ____.	<input type="checkbox"/> psi <input type="checkbox"/> bar <input type="checkbox"/> kPa

Instrumento Patrón	Instrumento de Estación

**Neumático delantero M2**

Marca de neumático: _____	Presión en neumático <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C
Identificación del neumático: _____	Tipo de desgaste <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C
Presión máx. recomendada por fabricante de neumático: _____	Gravado de neumático _____
Presión solicitada por usuario: ____.	<input type="checkbox"/> psi <input type="checkbox"/> bar <input type="checkbox"/> kPa

Instrumento Patrón	Instrumento de Estación

**Llanta trasera M3**

Marca de neumático: \_\_\_\_\_ Presión en neumático  
 A  B  C

Identificación del neumático: \_\_\_\_\_ Tipo de desgaste  
 A  B  C

Presión máx. recomendada \_\_\_\_\_ Gravado de neumático  
 por fabricante de neumático: \_\_\_\_\_

Presión solicitada por usuario: \_\_\_\_.  psi  bar  kPa

Instrumento Patrón	Instrumento de Estación

**Llanta trasera M4**

Marca de neumático: \_\_\_\_\_ Presión en neumático  
 A  B  C

Identificación del neumático: \_\_\_\_\_ Tipo de desgaste  
 A  B  C

Presión máx. recomendada \_\_\_\_\_ Gravado de neumático  
 por fabricante de neumático: \_\_\_\_\_

Presión solicitada por usuario: \_\_\_\_.  psi  bar  kPa

Instrumento Patrón	Instrumento de Estación

**Observaciones:**



SERVICIOS DE CALIBRACIÓN, S.A. DE C.V.

## CERTIFICADO DE CALIBRACION

Certificado No.: PRE01240911AR

Equipo: Manómetro (Digital)

Marca: Performance Tool

Modelo: M525

Serie: S/N

Código: S/N

Intervalo: 0 psi a 150 psi

Intervalo de Calibración: 15,0 psi a 135,0 psi

División de Escala: 0,1 psi

Ubicación: Medición de Presión de Aire en Neumáticos

Fecha de Recepción: 2024-09-04

Fecha de calibración: 2024-09-11

Fecha de Emisión : 2024-09-19

Próxima calibración: 2025-03

Empresa Solicitante: CÉSAR AVELAR / JUAN SÁNCHEZ / MARCOS SANDOVAL /  
WILBER VÁSQUEZ

Dirección: Col. Providencia, Calle Sevilla, # 336, San Salvador, El Salvador.

**TRAZABILIDAD:** SERCAL asegura la trazabilidad de los patrones utilizados en esta calibración, por el certificado del patrón No. SCM-00054951 de SCM.

**PROCEDIMIENTO No.:** PT-19

**METODO:** comparación directa de forma ascendente y descendente del instrumento con el patrón.

PT-10:FT-01 Pág. 1/2

Laboratorio de Calibración acreditado por el OSA con registro N° LCA-01:15 para el alcance detallado en [www.osa.gob.sv](http://www.osa.gob.sv)

# CERTIFICADO DE CALIBRACION

Certificado No.: PRE01240911AR

## RESULTADOS OBTENIDOS:

Conversión al SI (kPa)	Valor Nominal (psi)	Valor del Patrón (psi)	Indicación del instrumento sujeto a calibración (psi)	Corrección de indicación (psi)	Incertidumbre expandida K= 2 (psi)
103,4	15	15,0	13,5	1,5	0,24
220,6	32	32,0	30,5	1,5	0,27
344,7	50	50,0	48,4	1,6	0,28
462,0	67	67,0	65,4	1,6	0,27
579,2	84	84,0	82,3	1,7	0,25
689,5	100	100,1	98,4	1,7	0,27
806,7	117	117,1	115,3	1,8	0,32
930,8	135	135,1	133,1	2,0	0,38

La presión indicada se da por la relación siguiente:

$$\text{Presión} = \text{Valor de indicación} + \text{Corrección}$$

Observación: En caso que se desee expresar los resultados obtenidos en unidades SI utilizar el siguiente factor de conversión: **1 kPa= 0,145038 psi**

Las incertidumbres expandidas están calculadas usando un factor de cobertura  $k= 2$ , para un intervalo de confianza de aproximadamente el 95 %.

Condiciones ambientales: 17 °C, 55 % HR, 926 hPa


Los resultados obtenidos en el presente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y para los ítems identificados en este certificado.

Este documento no podrá ser reproducido de forma parcial, sin la autorización de SERCAL.

**SERCAL:** No se responsabiliza por daños que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos calibrados.

  
Adiel Ramírez  
Técnico

  
FIN DEL CERTIFICADO

  
Francisco Funes  
Aprobó

Pág. 2/2

Anexo 6 Resultados de Mediciones

<b>Manómetro 1</b>				
<b>Valor nominal (psi)</b>	Valor patrón (psi)	Indicación del instrumento (psi)	Corrección de indicación	Incertidumbre expandida (K=2; 95%)
<b>20</b>	20,0	20	0,0	1,1
<b>30</b>	30,1	31	-1,0	1,2
<b>40</b>	40,1	40	-1,0	1,3
<b>50</b>	50,1	51	-1,0	1,3
<b>60</b>	60,1	59	1,0	1,0
<b>Manómetro 2</b>				
<b>20</b>	20,1	20	0,0	1,2
<b>30</b>	30,1	31	-1,0	1,3
<b>40</b>	40,1	41	-1,0	1,5
<b>50</b>	50,2	52	-2,0	1,7
<b>60</b>	60,2	62	-2,0	1,8
<b>Manómetro 3</b>				
<b>20</b>	20,0	20	0,0	1,1
<b>30</b>	30,1	30	0,0	1,1
<b>40</b>	40,1	39	1,0	1,2
<b>50</b>	50,1	49	1,0	1,3
<b>60</b>	60,1	59	1,0	1,3
<b>Manómetro 4</b>				
<b>20</b>	19,9	19	1,0	1,3
<b>30</b>	29,9	29	1,0	1,3
<b>40</b>	39,9	39	1,0	1,4
<b>50</b>	49,8	49	1,0	1,5
<b>60</b>	59,8	61	-1,0	1,5
<b>Manómetro 5</b>				
<b>20</b>	20,0	19	1,0	1,3
<b>30</b>	30,0	30	0,0	1,4
<b>40</b>	40,0	39	1,0	1,6
<b>50</b>	50,0	49	1,0	1,8
<b>60</b>	59,9	59	1,0	1,9
<b>Manómetro 6</b>				
<b>20</b>	19,9	19	1,0	1,3
<b>30</b>	29,9	29	1,0	1,3
<b>40</b>	39,8	39	1,0	1,6
<b>50</b>	49,8	49	1,0	1,6
<b>60</b>	59,7	59	1,0	1,9

**Manómetro 7**

Valor nominal (psi)	Valor patrón (psi)	Indicación del instrumento (psi)	Corrección de indicación	Incertidumbre expandida (K=2; 95%)
20	20,0	20	0,0	1,2
30	30,0	31	-1,0	1,2
40	40,0	41	-1,0	1,3
50	50,1	51	-1,0	1,3
60	60,1	62	-2,0	1,4

**Manómetro 8**

20	20,0	19	1,0	1,2
30	30,0	30	0,0	1,2
40	39,9	40	0,0	1,3
50	49,9	49	1,0	1,3
60	59,9	59	1,0	1,3

**Manómetro 9**

20	19,8	20	0,0	1,2
30	29,7	30	0,0	1,2
40	39,6	41	-1,0	1,2
50	49,5	51	-1,0	1,2
60	59,5	61	-1,0	1,3

**Manómetro 10**

20	20,0	20	0,0	1,2
30	30,0	30	0,0	1,2
40	39,9	39	1,0	1,3
50	49,9	49	1,0	1,3
60	59,9	59	1,0	1,3

**Manómetro 11**

20	19,9	20	0,0	1,2
30	29,9	30	0,0	1,2
40	39,8	40	0,0	1,2
50	49,8	50	0,0	1,2
60	59,8	60	0,0	1,2

**Manómetro 12**

20	20,1	20	0,0	1,2
30	30,1	30	0,0	1,3
40	40,1	40	0,0	1,6
50	50,2	50	0,0	1,8
60	60,2	61	-1,0	2,0

<b>Manómetro 13</b>				
<b>Valor nominal (psi)</b>	<b>Valor patrón (psi)</b>	<b>Indicación del instrumento (psi)</b>	<b>Corrección de indicación</b>	<b>Incertidumbre expandida (K=2; 95%)</b>
<b>20</b>	20,0	20	0,0	1,2
<b>30</b>	30,0	30	0,0	1,2
<b>40</b>	40,0	40	0,0	1,3
<b>50</b>	49,9	50	0,0	1,3
<b>60</b>	59,9	60	0,0	1,4
<b>Manómetro 14</b>				
<b>20</b>	20,0	20	0,0	1,2
<b>30</b>	30,0	30	0,0	1,2
<b>40</b>	40,0	40	0,0	1,3
<b>50</b>	50,0	50	0,0	1,3
<b>60</b>	60,0	60	0,0	1,3
<b>Manómetro 15</b>				
<b>20</b>	19,9	20	0,0	1,2
<b>30</b>	29,9	30	0,0	1,3
<b>40</b>	39,8	40	0,0	1,3
<b>50</b>	49,8	49	1,0	1,6
<b>60</b>	59,7	59	1,0	1,6
<b>Manómetro 16</b>				
<b>20</b>	20,0	19	1,0	1,5
<b>30</b>	30,1	29	1,0	1,9
<b>40</b>	40,1	39	1,0	2,3
<b>50</b>	50,1	48	2,0	2,9
<b>60</b>	60,1	58	2,0	3,1
<b>Manómetro 17</b>				
<b>20</b>	19,8	18	2,0	1,6
<b>30</b>	29,8	27	3,0	1,9
<b>40</b>	39,7	37	3,0	2,2
<b>50</b>	49,6	46	4,0	2,5
<b>60</b>	59,5	56	4,0	2,9
<b>Manómetro 18</b>				
<b>20</b>	19,9	20	0,0	1,2
<b>30</b>	29,8	30	0,0	1,2
<b>40</b>	39,7	40	0,0	1,4
<b>50</b>	49,7	49	1,0	1,4
<b>60</b>	59,6	59	1,0	1,5

<b>Manómetro 19</b>				
<b>Valor nominal (psi)</b>	Valor patrón (psi)	Indicación del instrumento (psi)	Corrección de indicación	Incertidumbre expandida (K=2; 95%)
<b>20</b>	20,0	20	0,0	1,1
<b>30</b>	30,1	30	0,0	1,1
<b>40</b>	40,1	39	1,0	1,2
<b>50</b>	50,1	49	1,0	1,3
<b>60</b>	60,1	59	1,0	1,3
<b>Manómetro 20</b>				
<b>20</b>	19,9	19	1,0	1,3
<b>30</b>	29,9	29	1,0	1,3
<b>40</b>	39,9	39	1,0	1,4
<b>50</b>	49,8	49	1,0	1,5
<b>60</b>	59,8	61	-1,0	1,5
<b>Manómetro 21</b>				
<b>20</b>	20,1	20	0,0	1,2
<b>30</b>	30,1	31	-1,0	1,3
<b>40</b>	40,1	41	-1,0	1,5
<b>50</b>	50,2	52	-2,0	1,7
<b>60</b>	60,2	62	-2,0	1,8

## Anexo 7 Abreviaturas

- atm – Unidad de presión equivalente a 101 325 pascales. También abreviada como atm.
- bar – Unidad de presión no perteneciente al SI, equivalente a 100 000 pascales.
- BIPM – Bureau International des Poids et Mesures (Oficina Internacional de Pesas y Medidas). Es la organización que garantiza la uniformidad mundial de las mediciones.
- CIM – Centro de Investigación en Metrología. Dependencia especializada en temas de metrología (nombre puede variar según el país).
- CIPM – Comité Internacional de Pesas y Medidas. Órgano del BIPM que supervisa aspectos técnicos del Sistema Internacional de Unidades (SI).
- CGPM – Conférence Générale des Poids et Mesures (Conferencia General de Pesas y Medidas). Autoridad máxima del Sistema Internacional de Unidades.
- CONACYT – Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Institución que promueve la ciencia y tecnología.
- DGEHM – Dirección General de Energía, Hidrocarburos y Minas. Entidad reguladora en algunos países, como El Salvador.
- IIE – Instituto de Investigaciones Eléctricas. Centro de investigación tecnológica, principalmente en México.
- LNML – Laboratorio Nacional de Metrología de Legal.
- mmHg – Milímetro de mercurio. Unidad de presión basada en la altura de una columna de mercurio ( $1 \text{ mmHg} \approx 133.322 \text{ Pa}$ ).
- OIML – Organización Internacional de Metrología Legal (Organisation Internationale de Métrologie Légale). Organismo internacional que promueve la armonización global de la metrología legal.
- OSA – Organización Salvadoreña de Acreditación. Entidad que acredita laboratorios y organismos de evaluación en El Salvador.
- OSARTEC – Organismo Salvadoreño de Reglamentación Técnica.
- OSN – Organismo Salvadoreño de Normalización. Desarrolla y promueve normas técnicas en El Salvador.

- psi – Pound per Square Inch (libras por pulgada cuadrada). Unidad de presión utilizada en sistemas anglosajones ( $1 \text{ psi} \approx 6894.76 \text{ Pa}$ ).
- RAE – Real Academia Española. Institución que regula el uso del idioma español.
- torr – Unidad de presión basada en el mmHg.  $1 \text{ torr} = 1 \text{ mmHg} \approx 133.322 \text{ Pa}$ .
- VIM – Vocabulario Internacional de Metrología. Documento internacional que define conceptos clave de metrología.

## **Bibliografía**

DGEHM. (2024). *Dirección General de Energía, Hidrocarburos y Minas*. Obtenido de

Distribucion de estaciones de servicio por bandera y zonas :

[https://sinapp.dgehm.gob.sv/drhm/graficos\\_estadisticos.aspx?uid=12](https://sinapp.dgehm.gob.sv/drhm/graficos_estadisticos.aspx?uid=12)

Brain, M. (2024). *HowStuffWorks*. Obtenido de How Tire Pressure Gauges Work:

<https://auto.howstuffworks.com/pressure-gauge.htm>

Calidad para la Competitividad. (Noviembre de 2001). *Ciencia y Tecnología*. Obtenido de

[https://issuu.com/conacyt/docs/08\\_esc\\_t\\_v06\\_noviembre\\_2001?utm\\_medium=referral&utm\\_source=www.conacyt.gob.sv](https://issuu.com/conacyt/docs/08_esc_t_v06_noviembre_2001?utm_medium=referral&utm_source=www.conacyt.gob.sv)

Carlider. (2024). *¿Qué partes tiene un neumático?* Obtenido de [https://www.carlider.es/Que-partes-tiene-un-neumatico\\_es\\_1\\_36\\_0.html](https://www.carlider.es/Que-partes-tiene-un-neumatico_es_1_36_0.html)

Cortez, M., & Iglesias, M. (2004). *Generalidades sobre Metodología*. Mexico .

FEDIMA. (2024). *IDENTIFICACIÓN DE NEUMÁTICOS / MERCADO DE NEUMÁTICOS*.

Obtenido de <https://www.fedima4x4.com/identificacion-neumaticos.html>

Gómez, J. L. (2022). *¿Cuáles son los diferentes elementos que conforman un neumático?*

*Descubre todos sus secretos*. Obtenido de <https://www.diarimotor.com/ques/neumatico-elementos/>

Grupo Sadeco. (mayo de 2018). *Sadeco*. Obtenido de <https://www.gruposadeco.com/blog/guia-comprar-neumaticos-adecuados-coche/>

Gutiérrez, J. I. (15 de Octubre de 2015). *Sabes cómo medir la presión de tus neumáticos*.

Obtenido de latercera: <https://www.latercera.com/mtonline/noticia/presion-neumaticos/428037-218/>

Hankook Tire & Technology. (2024). *hankooktire*. Obtenido de

<https://www.hankooktire.com/es/es/help-support/tire-guide/tire-sidewall.html>

IIE. (2019). *La Metrología Tambien Existe* (Primera ed.). (C. E. Metrología, Ed.) Obtenido de

[https://www.cem.es/sites/default/files/30363\\_lametrologiatambienexiste\\_web.pdf](https://www.cem.es/sites/default/files/30363_lametrologiatambienexiste_web.pdf)

JACO Superior Powersport Products. (17 de Junio de 2023). *Understanding How Tire Pressure*

*Gauges Work: An In-Depth Guide*. Obtenido de

[https://jacosuperiorproducts.com/blogs/news/understanding-how-tire-pressure-gauges-work-an-in-depth-](https://jacosuperiorproducts.com/blogs/news/understanding-how-tire-pressure-gauges-work-an-in-depth-guide#:~:text=They%20measure%20the%20force%20exerted,to%20move%20or%20change%20shape)

[guide#:~:text=They%20measure%20the%20force%20exerted,to%20move%20or%20change%20shape](https://jacosuperiorproducts.com/blogs/news/understanding-how-tire-pressure-gauges-work-an-in-depth-guide#:~:text=They%20measure%20the%20force%20exerted,to%20move%20or%20change%20shape)

JCGM. (2008). *Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición*.

KIA PERÚ. (12 de Octubre de 2021). *¿Qué son los medidores de presión?* Obtenido de

<https://www.kia.com/pe/util/news/-que-son-los-medidores-de-presion-.html>

Michelin. (2024). *Las marcas de neumáticos explicadas: ¿cómo leer un neumático?* Obtenido de

<https://www.michelin.es/auto/consejos/aspectos-basicos-de-los-neumaticos/marcas-de-neumaticos-explicadas-como-leer-neumatico>

Milton Industries, INC. All. (2024). Obtenido de [https://miltonindustries.com/products/milton-r-](https://miltonindustries.com/products/milton-r-dual-head-chuck-service-gauge-pack-of-5-s-976)

[dual-head-chuck-service-gauge-pack-of-5-s-976](https://miltonindustries.com/products/milton-r-dual-head-chuck-service-gauge-pack-of-5-s-976)

NSO 75.04.11.03 . (s.f.). *ESTACIONES DE SERVICIO AUTOMOTRICES (GASOLINERAS) Y TANQUES PARA CONSUMO PRIVADO. ESPECIFICACIONES TECNICAS*. Obtenido de <https://estadisticas.dgehm.gob.sv/wp-content/uploads/2024/08/NSO-75-04-11-03-Gasolineras.pdf>

Osha 1910.177. (s.f.). *Servicio de mantenimiento de llantas de una sola pieza y de varias piezas*. Administración de Seguridad y Salud Ocupacional.

Quispe, G. G. (2014). *neumaticos michellin*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/slideshow/neumaticos-michellin/41431040>

RAE. (2023). *Real Academia Española*. Obtenido de [Rae.es: https://dle.rae.es/metrolog%C3%ADa](https://dle.rae.es/metrolog%C3%ADa)

Roldan, P. L. (2015). *Metodologia de la investigacion social cuantitativa* (primera ed.). Barcelona. Obtenido de [https://ddd.uab.cat/pub/caplli/2017/185163/metinvsocua\\_cap2-4a2017.pdf](https://ddd.uab.cat/pub/caplli/2017/185163/metinvsocua_cap2-4a2017.pdf)

Román, E. F. (2015). *Diseño e Implementación de un Sistema de Monitoreo para el Control y Mantenimiento de Neumáticos en Vías del Austro*. Cuenca- Ecuador. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8930/1/UPS-CT005177.pdf>

Sampieri, R. (s.f.). *Metodologia de la investigacion* (Sexta ed.). McGraw-Hill.

Schmid, W. A., & Lazos Martínez, R. J. (2004). *Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición*. Mexico. Obtenido de <https://www.amcsoluciones.cl/media/cenam-03-guia-para-estimar-la-incertidumbre-de-la-medicion.pdf>

- Tamason. (30 de Julio de 2021). *Manómetro de Tubo de Bourdon - Cómo Funciona*. (C. Kolstad, Editor) Obtenido de <https://tameson.es/pages/como-funcionan-los-manometros-de-tubo-bourdon>
- Tapia, M. G. (2002). *Metrología y Normalización* (Primera ed.). Mexico: Instituto Politécnico Nacional. Recuperado el 25 de Marzo de 2024, de <https://elibro-net.minerva.remotexs.co/es/ereader/biblioues/74067>
- Truper S.A. DE C.V. (2024). Obtenido de [https://www.truper.com/ficha\\_tecnica/Calibradores-de-presion-de-cabeza-doble-uso-rudo.html?code=18243](https://www.truper.com/ficha_tecnica/Calibradores-de-presion-de-cabeza-doble-uso-rudo.html?code=18243)
- VIM. (2012). *Vocabulario internacional de metrología (VIM)* (Tercera ed.). Recuperado el 3 de Abril de 2024, de Cem.es: [https://www.cem.es/sites/default/files/vim-cem-2012web\\_0.pdf](https://www.cem.es/sites/default/files/vim-cem-2012web_0.pdf)
- Wilmar LLC. (2024). *Perfomance Tool*. Obtenido de <https://wilmarllc.com/m525/m525-digital-tire-inflator>