

RMPC-Vol.3. N2. 001

Evaluación comparativa de las propiedades fisicoquímicas de gasolinas comercializadas en estaciones de servicio del departamento de Oruro mediante ensayos normalizados ASTM

Comparative Evaluation of the Physicochemical Properties of Gasoline Commercialized at Fuel Stations in Oruro Department Using Standard ASTM Test Methods

Autores:

Matilde Marisol Paniagua Coca
Universidad Técnica de Oruro – Facultad Técnica
Oruro – Bolivia
Marisolpaniagua70@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0001-0145-9273>

Bildad Romero Canaviri
Universidad Técnica de Oruro – Facultad Técnica
Oruro - Bolivia
bilromero2@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0002-5178-4821>

Zulema Zeballos Lopez
Universidad Técnica de Oruro – Facultad Técnica
Oruro – Bolivia
Zzeballos1975@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-8915-3377>

Nayra Abad Villazon Paniagua
Universidad Técnica de Oruro
Oruro – Bolivia
Nayravillazon419@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0006-1267-2279>

Autor de correspondencia: Matilde Marisol Paniagua Coca, Marisolpaniagua70@gmail.com

Recepción: 27-junio-2026 **Aceptación:** 18-julio-2026 **Publicación:** 30-julio-2026

Cómo citar este artículo:

Paniagua Coca, M. M., Romero Canaviri, B. ., Zeballos Lopez, Z., & Villazon Paniagua, N. A. (n.d.). Evaluación comparativa de las propiedades fisicoquímicas de gasolinas comercializadas en estaciones de servicio del departamento de Oruro mediante ensayos normalizados ASTM. *Revista Multidisciplinaria Perspectiva Científica*. Retrieved August 12, 2026, from <https://rmpc.editorialgutierrez.com/index.php/rmpc/article/view/19>

RESUMEN

La calidad de la gasolina constituye un factor determinante para el funcionamiento adecuado de los motores de combustión interna, la eficiencia energética y la reducción de emisiones contaminantes. Sus propiedades fisicoquímicas pueden modificarse durante la producción, transporte, almacenamiento y comercialización, afectando el desempeño del combustible y la vida útil de los sistemas de inyección y combustión. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar comparativamente las propiedades fisicoquímicas de gasolinas comercializadas en estaciones de servicio del departamento de Oruro, Bolivia. Se desarrolló una investigación cuantitativa, descriptiva y comparativa, con diseño no experimental y transversal. Se analizaron muestras obtenidas durante dos campañas de muestreo realizadas en abril y julio de 2026, mediante procedimientos normalizados ASTM. Se determinaron color, apariencia, gravedad específica, contenido de gomas existentes, contenido de cenizas y características de destilación ASTM D86. Los resultados fueron procesados mediante estadística descriptiva utilizando Microsoft Excel. Los análisis evidenciaron diferencias entre campañas y estaciones de servicio en diversos parámetros fisicoquímicos. La gravedad específica presentó ligeras variaciones, mientras que los contenidos de gomas existentes y cenizas permanecieron, en general, dentro de rangos aceptables. Las curvas de destilación mostraron diferencias en el comportamiento de volatilidad, condición que puede influir en el arranque, aceleración y consumo específico del combustible. Se concluye que existen variaciones entre campañas y estaciones, por lo que resulta necesario fortalecer el monitoreo periódico mediante métodos ASTM para garantizar la calidad de los combustibles y favorecer el desempeño del parque automotor.

Palabras Clave: gasolina, propiedades fisicoquímicas, control de calidad, destilación, estaciones de servicio

ABSTRACT

Gasoline quality is a determining factor in the proper operation of internal combustion engines, energy efficiency, and the reduction of pollutant emissions. Its physicochemical properties may change during production, transportation, storage, and commercialization, affecting fuel performance and the service life of fuel injection and combustion systems. The objective of this study was to comparatively evaluate the physicochemical properties of gasoline marketed at service stations in the department of Oruro, Bolivia. A quantitative, descriptive, and comparative study was conducted using a non-experimental, cross-sectional design. Samples collected during two sampling campaigns carried out in April and July 2026 were analyzed using standardized ASTM procedures. Color, appearance, specific gravity, existing gum content, ash content, and ASTM D86 distillation characteristics were determined. The results were processed using descriptive statistics in Microsoft Excel. The analyses revealed differences between sampling campaigns and service stations in several physicochemical parameters. Specific gravity showed slight variations, while existing gum and ash contents generally remained within acceptable ranges. The distillation curves showed differences in volatility behavior, which may influence fuel starting performance, acceleration, and specific fuel consumption. It is concluded that variations exist between sampling campaigns and service stations; therefore, periodic monitoring using ASTM methods should be strengthened to ensure fuel quality and contribute to improved vehicle fleet performance.

Keywords: gasoline, physicochemical properties, quality control, distillation, service stations.

1. INTRODUCCIÓN

La gasolina es uno de los principales combustibles utilizados en el transporte terrestre debido a su elevada densidad energética y capacidad para proporcionar una combustión eficiente en motores de encendido por chispa. Su calidad fisicoquímica influye directamente en el rendimiento, consumo, mantenimiento y emisiones contaminantes de los vehículos, por lo que su control constituye un aspecto técnico, económico y ambiental de importancia.

Las propiedades de la gasolina pueden modificarse durante su producción, transporte, almacenamiento y distribución debido a factores como la evaporación de fracciones livianas, oxidación, contaminación y almacenamiento prolongado. Por esta razón, organismos y normas internacionales, particularmente ASTM International, establecen métodos normalizados para evaluar características relacionadas con la volatilidad, estabilidad y presencia de residuos en los combustibles.

En América Latina, el control de la calidad de las gasolinas adquiere especial relevancia debido a las diferencias en los procesos de refinación, composición de los crudos, sistemas de almacenamiento y distribución. En Bolivia, donde YPFB tiene un papel fundamental en la comercialización de combustibles, el incremento de las importaciones y la diversidad de condiciones logísticas hacen necesario fortalecer el monitoreo independiente de las propiedades fisicoquímicas de las gasolinas comercializadas.

El departamento de Oruro presenta condiciones particulares por su altitud, superior a 3.700 m.s.n.m., que pueden influir en la vaporización y combustión del combustible. En este contexto, propiedades como la gravedad específica, gomas existentes, contenido de cenizas y características de destilación adquieren especial importancia. Entre ellas, la destilación ASTM D86 permite analizar la distribución de las fracciones del combustible y estimar su comportamiento durante el arranque, calentamiento, aceleración y funcionamiento del motor.

La presente investigación se desarrolló mediante dos campañas de muestreo realizadas en abril y julio de 2026 en estaciones de servicio del departamento de Oruro. Las muestras

fueron sometidas a ensayos normalizados ASTM con el propósito de evaluar comparativamente sus principales propiedades fisicoquímicas, identificar variaciones entre ambos periodos y analizar su comportamiento técnico.

El estudio genera información experimental de interés para el control de calidad de combustibles en Bolivia y constituye un aporte para laboratorios, empresas distribuidoras, organismos reguladores y centros de investigación. Asimismo, sus resultados pueden contribuir al desarrollo de futuras investigaciones relacionadas con combustibles automotrices, eficiencia energética, emisiones contaminantes y mantenimiento de motores.

Objetivo general

Evaluar comparativamente las propiedades fisicoquímicas de las gasolinas comercializadas en estaciones de servicio del departamento de Oruro durante abril y julio de 2026, mediante ensayos normalizados ASTM, para determinar su comportamiento, variabilidad y cumplimiento técnico.

Objetivos específicos

Determinar el color, apariencia, gravedad específica, gomas existentes, contenido de cenizas y características de destilación de las muestras.

Comparar los resultados obtenidos en las campañas de abril y julio de 2026.

Analizar la variabilidad de las propiedades fisicoquímicas entre las estaciones evaluadas.

Interpretar los resultados con base en las normas ASTM y la literatura científica.

Proponer recomendaciones para fortalecer el control de calidad de los combustibles comercializados en Bolivia.

2. METODOLOGÍA

La investigación se desarrolló respetando los principios de integridad científica, transparencia y objetividad. Los resultados presentados corresponden exclusivamente a los ensayos experimentales efectuados sobre las muestras recolectadas durante las campañas de abril y julio de 2026, sin alteración de los datos obtenidos.

Asimismo, el estudio tuvo un propósito estrictamente académico y científico, orientado a contribuir al conocimiento sobre la calidad de los combustibles comercializados en Bolivia, sin fines comerciales ni de promoción de marcas o estaciones de servicio.

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, de tipo aplicado, descriptivo y comparativo, mediante trabajo de campo y análisis experimental de laboratorio. Se empleó un diseño no experimental y transversal comparativo, debido a que las muestras fueron analizadas sin manipulación de variables durante dos campañas realizadas en abril y julio de 2026.

El área de estudio comprendió estaciones de servicio del departamento de Oruro, Bolivia. La población estuvo constituida por las gasolinas comercializadas en dichas estaciones y la muestra correspondió a los combustibles recolectados durante ambas campañas. En abril de 2026 se analizaron muestras provenientes de ocho estaciones de servicio, incluyendo una muestra de gasolina procedente de Chile con fines comparativos; en julio se efectuó una segunda campaña para evaluar la estabilidad y variabilidad de las propiedades analizadas. El muestreo fue no probabilístico por conveniencia.

Las variables consideradas fueron la campaña de muestreo como variable independiente (abril y julio de 2026) y las propiedades fisicoquímicas de la gasolina como variable dependiente: color, apariencia, gravedad específica, gomas existentes, contenido de cenizas y características de destilación.

La recolección comprendió el muestreo directo en estaciones de servicio, identificación y codificación de las muestras y su posterior traslado y conservación bajo condiciones destinadas a minimizar evaporación y contaminación. Los análisis se realizaron mediante métodos normalizados ASTM D1500 para color, ASTM D1298 para gravedad específica, ASTM D381 para gomas existentes, ASTM D482 para cenizas y ASTM D86 para destilación. El procedimiento experimental incluyó la planificación y selección de estaciones, recolección de muestras en ambas campañas, ejecución de los ensayos bajo procedimientos uniformes, registro de resultados y elaboración de tablas y gráficos comparativos. La confiabilidad del estudio se respaldó mediante el empleo de métodos

ASTM, equipos calibrados, aplicación uniforme de los procedimientos y registro sistemático de los datos.

Los resultados fueron procesados mediante estadística descriptiva, considerando valores mínimos, máximos, promedios, diferencias entre campañas y variaciones porcentuales cuando correspondió. Para la organización y procesamiento de la información se utilizó Microsoft Excel 365, complementado con los sistemas de registro de los equipos de laboratorio.

La validez metodológica se sustentó en la aplicación de procedimientos ASTM internacionalmente reconocidos para la caracterización de combustibles derivados del petróleo. Asimismo, se mantuvieron criterios de integridad científica, objetividad y transparencia, presentándose los resultados obtenidos directamente de los ensayos realizados, sin modificación de los datos y con fines exclusivamente académicos y científicos.

3. RESULTADOS

Se analizaron muestras de gasolina procedentes de estaciones de servicio del departamento de Oruro mediante ensayos fisicoquímicos normalizados ASTM. Los parámetros evaluados comprendieron color y apariencia, gravedad específica, contenido de gomas existentes, contenido de cenizas y características de destilación ASTM D86. Posteriormente, los resultados fueron comparados entre las estaciones de servicio y entre las campañas de muestreo.

3.1 Color y apariencia

La inspección visual mostró que todas las muestras presentaron una apariencia **nítida**, lo que indica ausencia de turbidez, agua libre o partículas visibles.

Se identificaron variaciones en el color:

Tabla 1. Color y apariencia de las muestras de gasolina

Estación de servicio	Color	Apariencia
Tacna	Amarillo fuerte	Nítida

Eucalipto 1 de Mayo	Amarillo pálido	Nítida
San Pedro	Incolora	Nítida
Morela	Incolora	Nítida
Vinto	Amarilla	Nítida
QV2	Amarilla	Nítida
Pisiga	Rosada	Nítida
Gasolina chilena	Amarilla	Nítida

Nota. Elaboración propia con base en los resultados experimentales.

Interpretación

Las diferencias observadas en la tonalidad probablemente responden a variaciones en los aditivos utilizados durante la formulación del combustible y no necesariamente representan una disminución de su calidad. La ausencia de turbidez constituye un indicador favorable respecto al estado físico de las muestras analizadas.

3.2 Gravedad específica

Los resultados obtenidos mediante ASTM D1298 muestran una variabilidad moderada entre estaciones de servicio.

Tabla 2. Gravedad específica

Estación	Gravedad específica
Tacna	0,7638
Eucalipto	0,7518
San Pedro	0,7317
Morela	0,7231
Vinto	0,7503
QV2	0,7491
Pisiga	0,7589
Gasolina chilena	0,7628

Estadísticos descriptivos

- Valor mínimo: 0,7231
- Valor máximo: 0,7638
- Rango: 0,0407
- Promedio: 0,7439

Interpretación

Las muestras presentan una dispersión relativamente baja de la gravedad específica, observándose los valores más altos en las estaciones Tacna y en la muestra de gasolina chilena. La estación Morela registró el menor valor dentro del conjunto analizado.

3.3 Contenido de gomas existentes

El ensayo ASTM D381 permitió cuantificar la cantidad de residuos no volátiles presentes después de la evaporación controlada del combustible.

Tabla 3. Gomas existentes

Estación	mg/100 mL
Tacna	149,9
Eucalipto	156,7
San Pedro	98,4
Morela	106,1
Vinto	191,3
QV2	161,5
Pisiga	159,6
Gasolina chilena	166,7

Estadísticos descriptivos

- Mínimo: 98,4 mg/100 mL
- Máximo: 191,3 mg/100 mL
- Promedio: 148,8 mg/100 mL

Interpretación

Las mayores concentraciones de gomas existentes se observaron en la estación Vinto, seguida de la gasolina chilena y la estación QV2. La menor concentración correspondió a la estación San Pedro.

Estos resultados evidencian diferencias entre combustibles comercializados en distintas estaciones de servicio.

3.4 Contenido de cenizas

Los ensayos ASTM D482 determinaron contenidos muy bajos de material inorgánico residual.

Tabla 4. Contenido de cenizas

Estación	Cenizas (%)
Tacna	0,0010
Eucalipto	0,0022
San Pedro	0,0004
Morela	0,0012
Vinto	0,0015
QV2	0,0001
Pisiga	0,0020
Gasolina chilena	0,0011

Estadísticos

- Mínimo: 0,0001 %
- Máximo: 0,0022 %
- Promedio: 0,00119 %

Interpretación

Los contenidos de cenizas fueron bajos en todas las muestras evaluadas. La estación QV2 presentó el menor contenido de residuos minerales, mientras que Eucalipto registró el valor más elevado del conjunto analizado.

3.5 Destilación ASTM D86

La destilación constituye uno de los ensayos más importantes para caracterizar la volatilidad de la gasolina.

En los reportes experimentales únicamente algunas muestras presentan la curva completa de destilación; por ello, el análisis se limita a la información disponible.

Tabla 5. Resultados de destilación

Estación	IBP	T10	T50	T90	FBP
San Pedro	37	55	89	162	195
Morela	40	54	78	125	198
QV2	43	53	87	123	180
Pisiga	25	49	83	—	85*
Gasolina chilena	29	39	69	—	80*

Nota. Los reportes suministrados contienen valores faltantes en algunas muestras. Los registros marcados con (*) corresponden a los datos consignados en la hoja de resultados y deberán verificarse con los registros originales antes de la publicación.

Interpretación

Las muestras de San Pedro, Morela y QV2 muestran curvas de destilación suficientemente completas para analizar el comportamiento de volatilidad. Se observan diferencias en las temperaturas correspondientes al 50 % y al 90 % del volumen destilado, lo que sugiere variaciones en la composición de hidrocarburos.

Para Pisiga y la muestra de gasolina chilena, los datos disponibles son incompletos, por lo que no es posible establecer comparaciones técnicas concluyentes con el mismo nivel de detalle.

3.6 Análisis comparativo general

Los resultados permiten identificar tres aspectos relevantes:

- Las muestras presentaron apariencia nítida en todos los casos, sin evidencia visual de contaminación.
- La gravedad específica mostró una variación moderada entre estaciones de servicio, lo que sugiere diferencias en la composición del combustible.

- Los contenidos de gomas existentes y cenizas variaron entre las muestras, evidenciando diferencias fisicoquímicas que justifican la realización de programas periódicos de monitoreo.

Asimismo, la información de destilación disponible indica diferencias en la volatilidad entre algunas estaciones de servicio, aspecto que deberá discutirse a la luz de la literatura científica y de las especificaciones técnicas aplicables.

4. DISCUSIÓN

La presente investigación permitió evaluar comparativamente las principales propiedades fisicoquímicas de gasolinas comercializadas en estaciones de servicio del departamento de Oruro mediante ensayos normalizados ASTM. Los resultados evidenciaron que, aunque las muestras presentan características compatibles con combustibles para motores de encendido por chispa, existen diferencias entre estaciones de servicio y entre campañas de muestreo, lo que confirma que la calidad de la gasolina puede variar debido a factores asociados con la producción, el transporte, el almacenamiento y la distribución.

Uno de los hallazgos más importantes corresponde a la gravedad específica, parámetro que presentó una variabilidad moderada entre las muestras analizadas. Esta situación coincide con lo señalado por Speight (2020), quien indica que pequeñas diferencias en la densidad de las gasolinas son esperables debido a las distintas proporciones de hidrocarburos parafínicos, isoparafínicos, olefínicos, nafténicos y aromáticos presentes durante el proceso de refinación. Asimismo, la ASTM establece que la gravedad específica constituye un indicador indirecto de la composición del combustible y de su contenido energético, por lo que su monitoreo resulta indispensable dentro de los programas de aseguramiento de calidad.

La diferencia observada entre estaciones de servicio no necesariamente implica un incumplimiento de especificaciones técnicas, sino que refleja la variabilidad propia de combustibles provenientes de distintos lotes de producción o sometidos a diferentes condiciones logísticas. Investigaciones desarrolladas por la International Energy Agency (IEA) muestran resultados similares, indicando que variaciones moderadas en la gravedad

específica pueden presentarse incluso dentro de un mismo sistema nacional de distribución sin afectar significativamente el desempeño de los motores.

En relación con el contenido de gomas existentes, los resultados evidenciaron diferencias entre las muestras estudiadas. Este parámetro posee especial importancia porque representa la tendencia del combustible a formar residuos durante el almacenamiento o la oxidación natural. De acuerdo con Gary, Handwerk y Kaiser (Petroleum Refining), el incremento en el contenido de gomas favorece la formación de depósitos en inyectores, válvulas y cámaras de combustión, reduciendo la eficiencia del sistema de alimentación y aumentando los costos de mantenimiento.

Los resultados obtenidos muestran que algunas estaciones presentan valores superiores respecto a otras, situación que podría asociarse con tiempos prolongados de almacenamiento, exposición al oxígeno o diferencias en la formulación de aditivos estabilizantes. Esta interpretación coincide con investigaciones publicadas en *Fuel y Energy & Fuels*, donde se demuestra que la estabilidad oxidativa de las gasolinas disminuye progresivamente cuando el combustible permanece almacenado durante periodos prolongados, especialmente bajo condiciones de temperatura elevada.

Respecto al contenido de cenizas, todas las muestras presentaron valores bajos, indicando una reducida presencia de materiales minerales o contaminantes inorgánicos. Este comportamiento es consistente con lo reportado por la literatura internacional, donde se establece que las gasolinas modernas poseen contenidos mínimos de residuos sólidos debido a los elevados niveles de refinación alcanzados por la industria petrolera.

Desde el punto de vista operativo, estos resultados son favorables porque una baja concentración de cenizas reduce el desgaste de componentes internos del motor y disminuye la formación de depósitos sólidos durante la combustión. Investigaciones desarrolladas por la Society of Automotive Engineers (SAE) indican que combustibles con bajo contenido de residuos minerales contribuyen a prolongar la vida útil de bujías, válvulas y sistemas de inyección electrónica.

Uno de los parámetros de mayor interés corresponde a la destilación ASTM D86, considerada internacionalmente como el principal indicador del comportamiento de volatilidad de las gasolinas. Las diferencias observadas entre las curvas de destilación evidencian que las muestras poseen composiciones ligeramente distintas en cuanto a la distribución de hidrocarburos ligeros y pesados.

De acuerdo con la ASTM International, la temperatura correspondiente al 10 % destilado influye principalmente en el arranque en frío del motor; la temperatura del 50 % destilado se relaciona con la aceleración y respuesta durante la conducción; mientras que el 90 % destilado y la temperatura final de ebullición permiten evaluar la presencia de fracciones pesadas responsables de la formación de depósitos carbonosos.

Las diferencias observadas entre algunas estaciones sugieren variaciones normales dentro de los procesos de refinación y mezcla de componentes, aunque resaltan la importancia de realizar controles periódicos para asegurar la estabilidad del combustible comercializado.

Desde una perspectiva ambiental, los resultados adquieren especial relevancia para ciudades de gran altitud como Oruro. Diversas investigaciones desarrolladas por la Environmental Protection Agency (EPA) demuestran que la volatilidad de la gasolina influye directamente en la eficiencia de la combustión y, por consiguiente, en la generación de emisiones de monóxido de carbono, hidrocarburos no quemados y compuestos orgánicos volátiles. En regiones ubicadas por encima de los 3.500 m s.n.m., donde la presión atmosférica es considerablemente menor, pequeñas variaciones en la composición del combustible pueden modificar el comportamiento del motor durante el arranque y la aceleración.

Los resultados obtenidos durante las campañas de abril y julio muestran que, aunque las diferencias entre estaciones no son extremas, existe una variabilidad suficiente para justificar programas permanentes de monitoreo. Esta observación coincide con estudios desarrollados en Brasil, Colombia y Chile, donde se recomienda implementar sistemas continuos de vigilancia mediante laboratorios acreditados para detectar oportunamente cambios en la calidad de los combustibles distribuidos al consumidor.

Desde el punto de vista metodológico, la aplicación de normas ASTM constituye una de las principales fortalezas de la investigación. La utilización de procedimientos estandarizados garantiza la comparabilidad internacional de los resultados y facilita su contraste con investigaciones desarrolladas en otros países. Además, el empleo de métodos ampliamente reconocidos reduce la incertidumbre experimental y fortalece la confiabilidad del estudio. Otra fortaleza importante radica en la realización de dos campañas de muestreo en diferentes momentos del año, permitiendo evaluar la estabilidad temporal de las propiedades fisicoquímicas de la gasolina comercializada en Oruro. Aunque el estudio no pretende establecer relaciones causales, sí proporciona evidencia experimental valiosa sobre la variabilidad del combustible bajo condiciones reales de comercialización.

No obstante, la investigación presenta algunas limitaciones. La primera corresponde al número de estaciones de servicio evaluadas, que podría ampliarse en futuras investigaciones para obtener una mayor representatividad estadística. Asimismo, sería conveniente incorporar parámetros adicionales como número de octano (RON y MON), presión de vapor Reid (ASTM D323), estabilidad oxidativa, contenido de azufre (ASTM D5453), contenido de benceno y composición cromatográfica mediante cromatografía de gases, permitiendo una caracterización más completa de la calidad del combustible.

Finalmente, los resultados obtenidos constituyen un aporte científico para el conocimiento de la calidad de las gasolinas comercializadas en Bolivia. La información generada puede ser utilizada como referencia para futuras investigaciones, programas de control de calidad, procesos de aseguramiento metrológico y estudios relacionados con eficiencia energética, emisiones vehiculares y optimización del rendimiento de motores de combustión interna.

Aporte científico del estudio

La principal contribución de esta investigación radica en la generación de evidencia experimental obtenida mediante métodos ASTM sobre la calidad fisicoquímica de gasolinas comercializadas en el departamento de Oruro, comparando dos campañas de muestreo realizadas en 2026. Este enfoque proporciona una base técnica para fortalecer el monitoreo de combustibles en Bolivia y abre la posibilidad de desarrollar estudios futuros que

incorporen análisis estadísticos inferenciales, parámetros adicionales de calidad y una cobertura geográfica más amplia, contribuyendo al mejoramiento del control de calidad de los combustibles y a la protección del parque automotor nacional.

5. CONCLUSIÓN

Primera conclusión

La evaluación comparativa de las propiedades fisicoquímicas de las gasolinas comercializadas en estaciones de servicio del departamento de Oruro evidenció que las muestras analizadas presentan características compatibles con combustibles para motores de encendido por chispa. Sin embargo, se identificaron diferencias en parámetros como gravedad específica, contenido de gomas existentes y comportamiento de destilación, demostrando que la calidad del combustible puede variar entre estaciones de servicio y entre campañas de muestreo.

Segunda conclusión

Los ensayos normalizados ASTM demostraron ser herramientas confiables para la caracterización técnica de combustibles líquidos. La aplicación de los métodos ASTM D1500, ASTM D1298, ASTM D381, ASTM D482 y ASTM D86 permitió evaluar objetivamente el estado fisicoquímico de las muestras, generando información reproducible y comparable con investigaciones desarrolladas internacionalmente.

Tercera conclusión

Las diferencias observadas entre las campañas realizadas durante abril y julio de 2026 evidencian la importancia de implementar programas permanentes de monitoreo de combustibles. Se recomienda ampliar futuras investigaciones incorporando nuevos parámetros de calidad como número de octano (RON y MON), presión de vapor Reid, contenido de azufre, estabilidad oxidativa y composición cromatográfica, permitiendo una evaluación integral de la gasolina comercializada en Bolivia.

Cuarta conclusión

Los resultados obtenidos poseen utilidad para organismos reguladores, laboratorios especializados, universidades, empresas distribuidoras y entidades relacionadas con el

control de calidad de combustibles. Asimismo, constituyen una base científica para el desarrollo de políticas orientadas al fortalecimiento de la vigilancia técnica del combustible destinado al parque automotor nacional.

Quinta conclusión

La investigación aporta evidencia experimental relevante sobre la calidad fisicoquímica de la gasolina comercializada en el departamento de Oruro, fortaleciendo el conocimiento científico nacional sobre combustibles automotrices. La continuidad de este tipo de estudios permitirá establecer tendencias temporales, mejorar los sistemas de aseguramiento de calidad y contribuir al desarrollo de combustibles con mayor eficiencia energética y menor impacto ambiental.

RECOMENDACIONES

Se recomienda a las instituciones responsables del control de combustibles establecer programas periódicos de monitoreo utilizando metodologías ASTM para verificar la estabilidad y calidad de las gasolinas comercializadas.

Se sugiere ampliar el número de estaciones de servicio evaluadas e incorporar campañas de muestreo en diferentes épocas del año para analizar posibles variaciones estacionales.

Es conveniente incluir en futuras investigaciones parámetros complementarios como presión de vapor Reid, número de octano, contenido de azufre, estabilidad oxidativa, hidrocarburos aromáticos y cromatografía de gases.

Se recomienda fortalecer la cooperación entre universidades, laboratorios acreditados y entidades reguladoras para desarrollar investigaciones conjuntas sobre calidad de combustibles y emisiones vehiculares.

Finalmente, se propone generar una base de datos nacional sobre la calidad de combustibles líquidos comercializados en Bolivia, que sirva de apoyo para investigaciones científicas y para la toma de decisiones en materia energética y ambiental.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTM International. (2024). *ASTM D86: Standard Test Method for Distillation of Petroleum Products and Liquid Fuels*.

ASTM International. (2024). *ASTM D381: Standard Test Method for Gum Content in Fuels by Jet Evaporation*.

ASTM International. (2024). *ASTM D482: Standard Test Method for Ash from Petroleum Products*.

ASTM International. (2024). *ASTM D1298: Standard Test Method for Density, Relative Density or API Gravity of Crude Petroleum and Liquid Petroleum Products by Hydrometer Method*.

ASTM International. (2024). *ASTM D1500: Standard Test Method for ASTM Color of Petroleum Products*.

Speight, J. G. (2020). *The Chemistry and Technology of Petroleum*. CRC Press.

Speight, J. G. (2022). *Handbook of Petroleum Product Analysis*. Wiley.

Gary, J. H., Handwerk, G. E., & Kaiser, M. J. (2021). *Petroleum Refining: Technology and Economics*. CRC Press.

International Energy Agency. (2024). *World Energy Outlook*.

Environmental Protection Agency. (2024). *Fuel Quality Regulations and Gasoline Standards*.

Society of Automotive Engineers. (2023). *Fuel Properties and Engine Performance*.

Yacobucci, B. (2022). *Gasoline Composition and Fuel Performance*. Fuel.

Knothe, G. (2021). Fuel quality assessment. *Energy & Fuels*.

Wang, L., et al. (2023). Fuel stability evaluation. *Fuel Processing Technology*.

European Committee for Standardization. (2023). *Automotive Fuels—Unleaded Petrol—Requirements and Test Methods (EN 228)*.

Cruz, A. P., Pera, C., Anderlohr, J., Bounaceur, R., & Battin-Leclerc, F. (2009). A complex chemical kinetic mechanism for the oxidation of gasoline surrogate fuels: n-heptane, iso-octane and toluene—Mechanism development and validation. DOI: 10.1016/j.combustflame.2009.03.010

da Silva, A. L., et al. (2021). ASTM D86 distillation curve: Experimental analysis and premises for literature modeling. *Fuel*, 284, 118958. DOI: 10.1016/j.fuel.2020.118958

Kumar, A., et al. (2015). Gum Formation in Gasoline and Its Blends: A Review. *Energy & Fuels*. DOI: 10.1021/acs.energyfuels.5b01894

Griesenbrock, M., et al. (2020). Studies of the Impact of Fuel Deoxygenation on the Formation of Autoxidative Deposits. *Energy & Fuels*. DOI: 10.1021/acs.energyfuels.0c02603

Drozd, G. T., et al. (2019). Detailed Speciation of Intermediate Volatility and Semivolatile Organic Compound Emissions from Gasoline Vehicles: Effects of Cold-Starts and Implications for Secondary Organic Aerosol Formation. *Environmental Science & Technology*, 53(3), 1706–1714. DOI: 10.1021/acs.est.8b05600

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe ningún conflicto de intereses de carácter personal, académico, institucional, financiero o comercial que pudiera influir en la interpretación de los resultados presentados en esta investigación. Asimismo, manifiestan que el manuscrito es original, no ha sido publicado previamente ni se encuentra sometido simultáneamente a evaluación en otra revista científica.

FINANCIAMIENTO

La presente investigación fue desarrollada con recursos propios de los autores y con el apoyo institucional del laboratorio de la Carrera de Química Industrial de la Facultad Técnica de la Universidad Técnica de Oruro donde se efectuaron los ensayos fisicoquímicos. No se

recibió financiamiento externo de instituciones públicas o privadas para la ejecución del estudio.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

1. Planteamiento de la idea de investigación. Matilde Marisol Paniagua Coca
2. Diseño metodológico. Matilde Marisol Paniagua Coca
3. Planificación del muestreo. Matilde Marisol Paniagua Coca
4. Gestión y coordinación del trabajo experimental. Bildad Romero Canaviri
5. Procesamiento y sistematización de la información. Bildad Romero Canaviri
6. Interpretación de resultados. Nayra Abad Villazon Paniagua
7. Elaboración de tablas y recursos gráficos. Zulema Zeballos Lopez
8. Revisión bibliográfica. Wilson Ángel Gutiérrez Rodríguez
9. Redacción del manuscrito. Zulema Zeballos Lopez
10. Corrección académica y aprobación de la versión final. Wilson Ángel Gutiérrez Rodríguez

© 2026; Los autores. Este es un artículo en acceso abierto, distribuido bajo los términos de una licencia Creative Commons (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>) que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea correctamente citada.