



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**ACTUALIZACIÓN DEL INFORME DEL MUESTREO DE COMBUSTIBLE DEL
2018 DEL CANTÓN CUENCA MEDIANTE PRUEBAS DE ESPECTROSCOPIA
FTIR**

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

AUTORES: JOAN KEVIN ARIAS MOROCHO

KEVIN JOEL ESPINOZA CAMPOVERDE

TUTOR: ING. CHRISTIAN OMAR PULLA MOROCHO, MSc.

Cuenca - Ecuador

2026

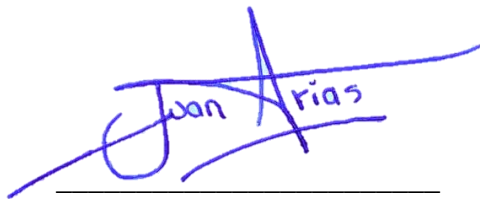
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Joan Kevin Arias Morocho con documento de identificación N° 0106680283 y Kevin Joel Espinoza Campoverde con documento de identificación N° 0107011603; manifestamos que:

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

Cuenca, 14 de enero de 2026

Atentamente,



Joan Kevin Arias Morocho
0106680283



Kevin Joel Espinoza Campoverde
0107011603

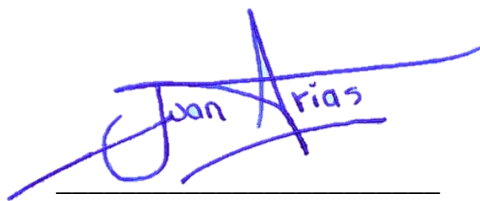
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACION DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Joan Kevin Arias Morocho con documento de identificación N° 0106680283 y Kevin Joel Espinoza Campoverde con documento de identificación N° 0107011603, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto técnico: “Actualización del informe del muestreo de combustible del 2018 del cantón Cuenca mediante pruebas de espectroscopía FTIR”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Automotriz, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

Cuenca, 14 de enero de 2026

Atentamente,



Joan Kevin Arias Morocho

0106680283



Kevin Joel Espinoza Campoverde

0107011603

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Christian Omar Pulla Morocho con documento de identificación N° 0103570602, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ACTUALIZACIÓN DEL INFORME DEL MUESTREO DE COMBUSTIBLE DEL 2018 DEL CANTÓN CUENCA MEDIANTE PRUEBAS DE ESPECTROSCOPIA FTIR, realizado por Joan Kevin Arias Morocho con documento de identificación N° 0106680283 y por Kevin Joel Espinoza Campoverde con documento de identificación N° 0107011603, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 14 de enero de 2026

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and lines, positioned above a horizontal line.

Ing. Christian Omar Pulla Morocho, MSc.

0103570602

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación con todo el amor y mucho cariño y gratitud a mis padres, Carlos y Angelita, por su amor, apoyo en mi formación, apoyo de siempre salir en adelante y enseñarme que todo sacrificio tiene su recompensa, me enseñaron que para alcanzar cada logro se debe de realizar con honestidad, humildad, amor, constancia y siempre tener fe. Gracias por siempre creer en mí, sin ustedes nada de lo que estoy logrando sería posible.

A mi familia, quienes siempre me apoyaron con sus enseñanzas y sus conocimientos para siempre salir en adelante escuchando sus palabras de ánimo que todo es complicado, pero siempre se logra y siempre creyeron en mí, celebrando este logro junto a ellos con todo mi corazón.

Finalmente dedico este esfuerzo a todas personas que en todo momento creyeron en mí. familiares, primos, amigos, cada animo que me brindaron, fue parte de mi camino. Este logro no me pertenece solo a mí, sino de todos por estar a mi lado y confiar que pueda lograr mi meta.

Joan Kevin Arias Morocho

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, en primer lugar, a mis padres Carlos Espinoza y Rosa Campoverde, por su amor incondicional, sacrificio y apoyo permanente. Son los pilares fundamentales de mi formación personal y profesional. A mi hermano y hermanas, por su compañía, respaldo y palabras de aliento que fueron parte importante de este proceso. De igual manera, a todos mis familiares, quienes de una u otra forma contribuyeron con su apoyo, consejos y confianza, formando parte esencial de este logro.

Finalmente, dedico este trabajo a mi novia, quien fue un pilar fundamental para llevar a cabo este logro. Su comprensión, paciencia, motivación y apoyo constante fueron determinantes para mantener la fortaleza y el enfoque necesarios hasta el final. Asimismo, dedico a todas las personas y conocidos que creyeron en mí y me brindaron su apoyo durante este camino; este logro no es solo mío, sino de todos quienes me acompañaron y confiaron en que este objetivo podía alcanzarse.

Kevin Joel Espinoza Campoverde

AGRADECIMIENTO

Agradezco, en mi primer lugar a Dios, a la santísima Virgen y a San Antonio de Cumbe por ser mi apoyo, brindarme salud y fuerza para lograr este proceso muy importante en mi trayectoria, sin ustedes nada de esto sería posible.

A mis padres que son un ejemplo de vida y superación, gracias por siempre mostrarme su amor, cariño, apoyo, el esfuerzo para lograr que todo salga de la mejor manera. Su sacrificio y palabras de ánimo han sido muy importante para convertirme en lo que soy.

Agradezco a todos los docentes, mi tutor de tesis, amigos, familiares, compañeros de carrera y a todos quienes siempre me apoyaron y creyeron en mi formación académica para lograr cumplir esta meta. Este trabajo representa no solo una meta conseguida sino también la muestra de apoyo que me brindaron, el amor y cariño quienes siempre confiaron y han estado conmigo. Este triunfo no es solo mío, es de todos ustedes. Gracias de todo corazón.

Finalmente agradezco a mi compañero de tesis y quien me apoyo desde el principio de la carrera, Kevin, por su apoyo, liderazgo y compromiso en nuestra investigación para culminar con satisfacción nuestro trabajo

Joan Kevin Arias Morocho

AGRADECIMIENTO

Agradezco, en primer lugar, a Dios y a la Virgen del Cisne, por su guía, protección y fortaleza espiritual durante todo este proceso académico. Su acompañamiento fue fundamental para mantener la fe, la constancia y la serenidad necesarias para superar cada desafío y culminar esta etapa de mi formación profesional.

A mis padres, expreso mi más sincero agradecimiento por su apoyo incondicional, sacrificio y confianza. Gracias por brindarme los valores, la motivación y el respaldo necesarios para seguir adelante, así como por estar presentes en cada etapa de mi vida académica, impulsándome siempre a alcanzar mis objetivos.

A mi tutor de tesis ingeniero Christian Pulla, agradezco de manera especial por su orientación, conocimientos y acompañamiento académico a lo largo del desarrollo de este trabajo. Asimismo, expreso mi gratitud a los docentes que contribuyeron con sus enseñanzas, asesorías y apoyo, los cuales fueron fundamentales para el correcto desarrollo de esta investigación.

De igual manera, correspondo mi gratitud a la Universidad Politécnica Salesiana, por brindarme la formación académica y los recursos necesarios para mi desarrollo profesional.

A mis amigos y compañeros de la Universidad, agradezco por el compañerismo, el trabajo en equipo y el apoyo mutuo durante esta etapa académica. Los aprendizajes compartidos y las experiencias vividas hicieron de este proceso una etapa enriquecedora tanto en lo personal como en lo profesional.

De manera muy especial, agradezco a mi novia, por su apoyo incondicional, comprensión, paciencia y motivación constante a lo largo de este proceso. Su acompañamiento fue fundamental para mantener la fortaleza y el enfoque necesarios para culminar este trabajo.

Finalmente, agradezco a mi compañero de tesis Joan, por su compromiso, responsabilidad y apoyo constante durante todo el proceso de investigación. Su colaboración y dedicación fueron fundamentales para culminar con éxito este trabajo.

Kevin Joel Espinoza Campoverde

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo la actualización y análisis de la calidad de los combustibles que se comercializan en las gasolineras dentro del cantón Cuenca, a partir del muestreo aleatorio realizado en diferentes estaciones de servicio urbanas y rurales, considerando los tipos de combustible que existen (Ecopaís, Súper y Diésel). El estudio se caracteriza en la necesidad de evaluar las posibles variaciones de las propiedades del combustible con respecto al informe de muestreo realizado por la EMOV en el año 2018 donde se estudia varios parámetros: contenido de azufre (p.p.m) para diésel, octanaje y contenido de azufre (%) para el caso de las gasolinas.

El diseño experimental adoptado corresponde a un diseño factorial que abarca como variables independientes; la estación de servicio, horario del muestreo y los tipos de combustibles. Las muestras fueron analizadas por medio de espectroscopia infrarroja (FTIR) utilizando el equipo ERASPEC Fuel de la Universidad Politécnica Salesiana, lo que permitió obtener parámetros como: el número de octano (RON), contenido de aromáticos, densidad y en diésel el número de cetano.

Los datos obtenidos fueron estructurados y procesados mediante software de análisis estadístico y diseño de experimentos, empleando herramientas como: Excel, Minitab y Matlab, con la finalidad de realizar comparaciones gráficas, análisis de variabilidad y la evaluación de resultados. De la misma manera, se realizó un análisis espectral para identificar el comportamiento del combustible asociado a una estación de servicio, horario de despacho y tipo de combustible; evidenciando variaciones en condiciones operativas y de distribución.

Los resultados obtenidos aportan información técnica sobre el estado actual de la calidad del combustible comercializado en el cantón Cuenca, estableciéndose en un insumo actualizado para la evaluación técnica, ambiental y regulatoria del combustible. De la misma manera, el estudio proporciona una base sólida y segura para futuros trabajos de monitoreo, control de calidad y toma de decisiones relacionadas con el uso eficiente de los combustibles en sectores urbanos y rurales.

Palabras clave: Eraspec, espectroscopía, variabilidad, octano, aromáticos, cetano

ABSTRACT

This research aims to update and analyze the quality of fuels sold at gas stations within the Cuenca canton, based on random sampling conducted at various urban and rural service stations, considering the available fuel types (Ecopaís, Super, and Diesel). The study is characterized by the need to evaluate potential variations in fuel properties compared to the sampling report conducted by EMOV in 2018, which analyzed several parameters: sulfur content (ppm) for diesel, octane rating, and sulfur content (%) for gasoline.

The experimental design adopted is a factorial design, with the following independent variables: service station, sampling time, and fuel type. The samples were analyzed by means of Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) using the ERASPEC Fuel equipment of the Salesian Polytechnic University, which allowed obtaining parameters such as the octane number (RON), aromatic content, density and in diesel the cetane number.

The data obtained were structured and processed using statistical analysis and experimental design software, employing tools such as Excel, Minitab, and Matlab, in order to perform graphical comparisons, variability analysis, and results evaluation. Similarly, a spectral analysis was conducted to identify fuel behavior associated with a service station, dispensing time, and fuel type, revealing variations in operating and distribution conditions.

The results obtained provide technical information on the current state of fuel quality sold in the Cuenca canton, establishing an updated input for the technical, environmental, and regulatory evaluation of fuel. Likewise, the study provides a solid and reliable foundation for future monitoring, quality control, and decision-making related to the efficient use of fuels in urban and rural areas.

Keywords: Eraspec, spectroscopy, variability, octane, aromatic, cetane

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN.....	XXIII
PROBLEMA DE ESTUDIO.....	XXIV
Antecedentes.....	XXIV
Importancia y Alcances.....	XXV
Delimitación.....	XXVI
OBJETIVOS.....	XXIX
OBJETIVO GENERAL.....	XXIX
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	XXIX
1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	1
1.1 Normativas técnicas y ambientales.....	1
1.1.1 Normativa Ecuatoriana INEN 935: Combustibles. Gasolinas. Requisitos.....	1
1.1.2 Normativa Ecuatoriana INEN 1489: Productos derivados de petróleo. Diésel. Requisitos.....	2
1.1.3 Normas internacionales ASTM.....	3
1.1.4 Normas API.....	3
1.1.5 Control de Calidad en Ecuador.....	4
1.2 Parámetros del combustible.....	5
1.2.1 Octanaje.....	5
1.2.2 Azufre.....	6
1.2.3 Etanol.....	7
1.2.4 Volatilidad.....	8
1.2.5 Índice del cetano.....	8
1.2.6 Viscosidad.....	9

1.2.7	Densidad	9
1.3	Analizador de gasolina FTIR Eraspec	9
1.3.1	Absorbancia	10
1.3.2	Número de Onda.....	11
1.3.3	Resolución espectral	12
1.3.4	Terminología analítica y espectroscópica.....	13
1.3.5	Quimiometría.....	13
1.4	Análisis y diseños de experimentos.....	14
1.4.1	Diseño completamente al azar (DCA).....	14
1.4.2	Diseño en bloques completamente al azar (DBCA).....	15
1.4.3	Diseño factorial 3x3 en bloques aleatorizados	15
1.4.4	Diseño factorial fraccionado.....	16
1.4.5	Diseño de superficie de respuesta (DSR)	16
1.5	Análisis ANOVA.....	16
1.5.1	ANOVA de un factor.....	17
1.5.2	ANOVA dos factores (dos vías).....	17
1.5.3	ANOVA multivariante (MANOVA).....	18
2.	RECOLECCIÓN EXPERIMENTAL DE MUESTRAS DE COMBUSTIBLES	
	DEL CANTÓN CUENCA	19
2.1	Diseño experimental del muestreo	19
2.1.1	Planteamiento del diseño experimental	21
2.1.2	Selección de factores (estación, franja horaria y combustible) ..	21
2.1.3	Determinación del número de análisis por muestra.....	27
2.2	Selección de estaciones de servicio	27
2.2.1	Criterios de selección urbana y rural	27

2.2.2	Frecuencia de operación y rotación de combustibles	28
2.2.3	Distribución geográfica del muestreo.....	29
2.3	Definición de franjas horarias de muestreo	29
2.3.1	Franja 1 (mañana: 6h00–7h00).....	30
2.3.2	Franja 2 (medio día: 12h00–13h00)	30
2.3.3	Franja 3 (tarde/noche: 18h00–19h00).....	31
2.4	Procedimiento de adquisición del combustible	31
2.4.1	Llegada, verificación y registro en la estación	31
2.4.2	Adquisición de combustible	31
2.4.3	Solicitud de muestra directa a despachadores	32
2.4.4	Uso del combustible sobrante para desplazamiento logístico	33
2.5	Sistemas de etiquetación y trazabilidad.....	34
2.5.1	Identificación por estación.....	34
2.5.2	Identificación por franja horaria.....	34
2.5.3	Identificación por tipo de combustible	35
2.6	Preservación, sellado y almacenamiento temporal.....	35
2.6.1	Sellado inmediato posterior a la recepción de combustible	35
2.6.2	Transporte en la caja de poliestireno expandido (Espumaflex) con protección térmica	36
2.7	Procedimiento del análisis ERASPEC FTIR Fuel.....	36
2.7.1	Paso 1: Encendido del equipo.....	38
2.7.2	Paso 2: Verificación del estado operativo del equipo	38
2.7.3	Paso 3: Selección del tipo de combustible.....	39
2.7.4	Paso 4: Ingreso del código de referencia	39
2.7.5	Paso 5: Registro del operador del equipo de análisis	40

2.7.6	Paso 6: Preparación de la muestra para análisis	41
2.7.7	Paso 7: Inicio del análisis (RUN)	41
2.7.8	Paso 8: Etapa de succión de la muestra de combustible.....	42
2.7.9	Paso 9: Etapa de remoción del tubo de succión.....	43
2.7.10	Paso 10 : Etapa de expulsión de combustible terminado de analizar.....	43
2.7.11	Paso 11: Limpieza de la celda óptica.....	44
2.7.12	Paso 12: Procesamiento y cálculo de los parámetros	44
2.7.13	Paso 13: Repetición de la medición.....	45
2.7.14	Paso 14: Exportación de datos a un computador mediante la aplicación Erasoft RCS.....	45
2.7.20	Paso 20: Almacenamiento y respaldo de resultados.....	50
2.8	Tabulación automatizada de resultados.....	51
2.8.1	Tablas de resultados del análisis de la gasolina Ecopaís	52
2.8.2	Tablas de resultados del análisis de la gasolina Súper	53
2.8.3	Tablas de resultados del análisis del Diésel	55
3.	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LOS COMBUSTIBLES MEDIANTE SOFTWARE DE DISEÑO EXPERIMENTAL.....	57
3.1	Enfoque del análisis computacional de los resultados.....	57
3.1.1	Justificación del uso de múltiples softwares de análisis.....	57
3.2	Preparación de la base de datos para análisis en software estadístico....	58
3.2.1	Estructuración de los datos experimentales.....	58
3.2.2	Codificación de variables para análisis computacional.....	58
3.3	Análisis descriptivo de las propiedades del combustible mediante Microsoft Excel	58

3.3.2	Representación gráfica de resultados en Excel.....	58
3.3.1	Estadística descriptiva en Microsoft Excel.....	65
3.3	Análisis del diseño experimental mediante Minitab.....	65
3.3.1	Implementación del diseño experimental en Minitab.....	65
3.3.2	Análisis de varianza (ANOVA) en Minitab	65
3.3.3	Evaluación de efectos principales e interacciones.....	67
3.4	Procesamiento y modelado de datos mediante MATLAB	75
3.4.1	Tratamiento numérico de los datos en MATLAB	75
3.4.2	Graficas relevantes de espectros en la gasolina Ecopaís.	76
3.4.3	Graficas relevantes de espectros en la gasolina Súper.	79
3.4.4	Graficas relevantes de espectros en la Diésel	81
	CONCLUSIONES.....	84
	RECOMENDACIONES	85
	BIBLIOGRAFÍA	86
	ANEXOS	99

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Laboratorio de análisis de combustibles y aceites	XXVII
Figura 2 Vista panorámica de la ciudad de Cuenca donde se realiza el muestreo .	XXVII
Figura 3 EP Petroecuador produce combustibles con estándares de calidad	2
Figura 4 Zona de distribución de diésel para vehículos de transporte de combustible ...	3
Figura 5 Contaminación ambiental emitida por vehículos automotores	4
Figura 6 Estándares de octanaje de la gasolina Súper en distintos países.....	6
Figura 7 Ppm de azufre de los combustibles según la Normativa Técnica Ecuatoriana .	7
Figura 8 Evaluación de la cantidad de etanol en el combustible.....	8
Figura 9 Analizador de combustible ERASPEC FTIR Fuel Analyzer.....	10
Figura 10 Energía luminosa retenida de un líquido por la luz	11
Figura 11 Comportamiento del número de onda de la gasolina.	11
Figura 12 Resolución espectral de la división de una imagen.....	12
Figura 13 La espectroscopía y sus técnicas de medición	13
Figura 14 Gráfica de Quimiometría característica	14
Figura 15 Modelo estadístico para comparar medias de varios tratamientos.....	14
Figura 16 Representación de la magnitud y significancia de efectos estandarizados en un experimento factorial.....	16
Figura 17 Gráfica característica de un análisis Anova	17
Figura 18 Gráfica de un diseño MANOVA	18
Figura 19 Flujograma del diseño experimental y proceso de muestreo de combustibles	20
Figura 20 Mapa de calor con numeración de todas las gasolineras	22
Figura 21 Gasolinera con alta demanda de combustible en el medio día	26
Figura 22 Variedad de combustibles que se comercializan en una gasolinera.....	26

Figura 23 Esquema de los componentes de una gasolinera	28
Figura 24 Ruta de muestreo realizado en la ciudad de Cuenca.....	29
Figura 25 Recipientes de galón donde se almacena el combustible restante en la gasolinera.....	32
Figura 26 Envase hermético para las muestras	33
Figura 27 Almacenamiento de combustibles restantes del muestreo (Súper y diésel)..	33
Figura 28 Etiquetación de envases para cada muestra	34
Figura 29 Envases de recolección y caja de espumaflex para las muestras en envases más pequeños	36
Figura 30 Laboratorio de tribología de la Universidad Politécnica Salesiana	37
Figura 31 Materiales de protección y limpieza	37
Figura 32 Envases de combustible con su codificación	38
Figura 33 Equipo de análisis apagado	38
Figura 34 Opciones de combustible que se pueden analizar	39
Figura 35 Asignación de un código de referencia para cada muestra	39
Figura 36 Opción para almacenar todos los análisis dentro de nuestra base de datos ..	40
Figura 37 Colocación de la muestra para su respectivo análisis	41
Figura 38 Inicio de la medición del software del equipo	42
Figura 39 Succión de la muestra para análisis del combustible	42
Figura 40 Opción que indica que se debe remover el tubo de la muestra	43
Figura 41 Recipiente de almacenamiento de combustible luego del análisis	44
Figura 42 Filtro y tubo de succión desmontados.....	44
Figura 43 Resultados de los análisis de combustible mostrados en la pantalla del equipo	45
Figura 44 Erasoft RCS aplicación para realizar la exportación de datos	46

Figura 45 Código de IP para conectar el computador al Equipo por vía ethernet.....	46
Figura 46 Menú principal del Erasoft RCS	47
Figura 47 Opción "Get All Results"	47
Figura 48 Resultados exportados del analizador a la aplicación Erasoft RCS.....	48
Figura 49 Opciones de combustibles para exportar los datos	48
Figura 50 Opción de exportar datos del Erasoft RCS	49
Figura 51 Ventana de configuración de exportación de datos del Erasoft RCS	49
Figura 52 Carpeta con los resultados en el explorador de archivos	50
Figura 53 Ejemplo de espectro referencial de un análisis de combustible.....	51
Figura 54 Programas de software de análisis estadístico	57
Figura 55 Gráfica del índice del RON en gasolina Ecopaís por estaciones y franjas horarias	59
Figura 56 Gráfica del índice del RON en gasolina Súper por estaciones y franjas horarias	60
Figura 57 Gráfica del índice del número de cetano del Diésel por estaciones y franjas horarias	61
Figura 58 Gráfica del índice de Aromáticos en gasolina Ecopaís por estaciones y franjas horarias	62
Figura 59 Gráfica del índice de Aromáticos en gasolina Súper por estaciones y franjas horarias	63
Figura 60 Gráfica del índice de Aromáticos en Diésel por estaciones y franjas horarias	64
Figura 61 Residuals vs Fits (Density)	65
Figura 62 Normal Probability Plot of Residuals (Density)	66
Figura 63 Gráfica de interacción de la densidad (Combustible × Horario)	67

Figura 64	Gráfico de intervalos de confianza de la densidad (95 %)	67
Figura 65	Gráfico de valores individuales del RON	68
Figura 66	Gráfico de valores individuales del MON	69
Figura 67	Diagrama de dispersión RON vs MON	69
Figura 68	Gráfico de valores individuales de la sensibilidad (RON – MON)	70
Figura 69	Gráfico de valores individuales del número de cetano del diésel	71
Figura 70	Gráfico de valores individuales del índice de cetano del diésel	71
Figura 71	Dispersión número de cetano vs índice de cetano	72
Figura 72	Gráfico de valores individuales del contenido de aromáticos en gasolinas	73
Figura 73	Gráfico de valores individuales del contenido de olefinas en gasolinas	73
Figura 74	Gráfico de valores individuales del contenido de oxigenados en gasolinas	74
Figura 75	Gráfico de valores individuales del contenido de benceno en gasolinas	74
Figura 76	Gráfico de valores individuales del contenido de etanol en gasolinas	75
Figura 77	Comparación de Gasolina Ecopaís en la estación 1 por rangos del espectro	76
Figura 78	Comparación de Gasolina Ecopaís en la estación 4 por rangos del espectro	77
Figura 79	Comparación de Gasolina Súper en la estación 1 por rangos del espectro	79
Figura 80	Comparación de Gasolina Súper en la estación 4 por rangos del espectro	80
Figura 81	Comparación de Diésel en la estación 1 por rangos del espectro	81
Figura 82	Comparación de Diésel en la estación 4 por rangos del espectro	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Índices de octano (RON) de las gasolinas Eco y Súper	6
Tabla 2 Densidades de los combustibles comercializados en Cuenca	9
Tabla 3 Arreglo de los datos en un diseño en bloques completos al azar.	15
Tabla 4 Modelo estadístico y estructura ANOVA para un diseño en bloques	15
Tabla 5 Gasolineras del cantón Cuenca.....	23
Tabla 6 Franjas de horarios para realizar el muestreo de combustibles	25
Tabla 7 Orden del muestreo por días y franjas horarias	30
Tabla 8 Significados de las siglas que se encuentran en los envases de las muestras ...	40
Tabla 9 Resultados obtenidos de la gasolina Ecopaís en la mañana	52
Tabla 10 Resultados obtenidos de la gasolina Ecopaís en el medio día.....	52
Tabla 11 Resultados obtenidos de la gasolina Ecopaís en la noche	53
Tabla 12 Resultados obtenidos de la gasolina Súper en la mañana.....	53
Tabla 13 Resultados obtenidos de la gasolina Súper en el medio día	54
Tabla 14 Resultados obtenidos de la gasolina Súper en la noche	54
Tabla 15 Resultados obtenidos del diésel en la mañana.....	55
Tabla 16 Resultados obtenidos del diésel en el medio día	55
Tabla 17 Resultados obtenidos del diésel en la noche.....	56
Tabla 18 Tabla ANOVA (Session Window).....	66

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Muestreo en diferentes estaciones de servicio en diferentes franjas horarias .	99
Anexo 2 Preparación del equipo para el análisis de las muestras	100
Anexo 3 Gráficas del programa de análisis Minitab	101
Anexo 4 Equipos de protección personal para el laboratorio.....	102
Anexo 5 Gráficas del programa de cálculo Matlab	103
Anexo 6 Parámetros del manual del equipo ERASPEC	104

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la calidad de los combustibles ha adquirido una relevancia significativa debido a su impacto directo en el rendimiento de los vehículos, la vida útil de los sistemas mecánicos y la generación de emisiones contaminantes. En este contexto, las condiciones de circulación vehicular en la ciudad presentan una elevada exigencia operativa, lo que hace imprescindible garantizar la calidad del combustible comercializado, ya que este constituye un factor esencial para el correcto funcionamiento del motor y para la reducción de los efectos negativos derivados de una combustión deficiente. Parámetros como el contenido de azufre, etanol, volatilidad y densidad influyen de manera directa en dicho proceso.

En la ciudad de Cuenca, el parque automotor es considerablemente amplio, por lo que resulta recomendable la implementación de un monitoreo continuo que permita verificar el cumplimiento de las especificaciones técnicas establecidas para los combustibles. En este sentido, la información más reciente disponible sobre la calidad de los combustibles en la ciudad corresponde al estudio realizado por la Empresa Pública Municipal de Movilidad, Tránsito y Transporte (EMOV EP) en el año 2018. No obstante, la evolución de las normativas vigentes genera la necesidad de mantener actualizados los parámetros de evaluación, con el fin de disponer de indicadores confiables y representativos de la calidad real del combustible.

La espectroscopía infrarroja se presenta como una herramienta de alta precisión para la verificación de las características fisicoquímicas del combustible. El uso del equipo Eraspec FTIR Fuel Analyzer permite realizar mediciones en tiempo real, constituyéndose como una alternativa confiable frente a métodos tradicionales que suelen ser más complejos y costosos. La aplicación de esta técnica en el análisis de combustibles provenientes de estaciones de servicio de la ciudad de Cuenca aporta un valor significativo al proceso de control de calidad y contribuye al fortalecimiento de su comercialización.

El presente proyecto tiene como finalidad actualizar el informe de muestreo de combustibles realizado por la EMOV EP en el año 2018 en el cantón Cuenca, mediante el empleo de técnicas FTIR para el análisis de los combustibles comercializados en distintas estaciones de servicio. A través de la comparación de los resultados obtenidos con las normativas vigentes, se busca determinar posibles variaciones en la calidad del combustible disponible para los consumidores.

PROBLEMA DE ESTUDIO

Las variaciones en la composición de los combustibles pueden generar impactos económicos, ambientales y en la salud pública, cuya identificación resulta técnicamente compleja. Sin embargo, métodos físicos rápidos y no destructivos permiten detectar componentes como diésel o queroseno incluso en bajas concentraciones, siendo útiles para el control rutinario de la calidad del combustible (Leghrib, Ouacha, Zouida, Faiz, & Amghar, 2020).

En el contexto ecuatoriano, esta problemática ha generado una creciente preocupación, debido a que diversos estudios y reportes han evidenciado la circulación de gasolinas con niveles de calidad inferiores a los establecidos por los estándares normativos vigentes, lo que refleja un incumplimiento recurrente de las especificaciones técnicas exigidas. (Terán, 2025).

El uso de gasolina adulterada impacta de manera directa en la vida útil de los motores de combustión interna. Diversos estudios han documentado que la presencia de impurezas o la mezcla inadecuada del combustible provoca el deterioro prematuro de componentes críticos, tales como inyectores y pistones, lo cual se traduce en una disminución de la potencia y un rendimiento deficiente del vehículo.

En este contexto, la ciudad de Cuenca no es ajena a esta problemática. La ausencia de un sistema de control riguroso y permanente en las estaciones de servicio podría estar facilitando la comercialización de combustibles que no cumplen con las normas técnicas ecuatorianas vigentes (Rubio Terán et al, 2023).

Por esta razón, el presente estudio tiene como objetivo analizar muestras de gasolina provenientes de diferentes estaciones de servicio de la ciudad de Cuenca, comparando los resultados obtenidos con los parámetros establecidos en la normativa correspondiente.

Antecedentes

La calidad de los combustibles líquidos, como la gasolina y el diésel, constituye un factor fundamental que influye directamente en el desempeño, la eficiencia y la durabilidad de los motores endotérmicos. En el Ecuador, la normalización de estos combustibles se encuentra regulada por la norma NTE INEN 935 para gasolinas y la NTE INEN 1489 para diésel. A nivel internacional, la norma ASTM D4814 establece las

especificaciones para la gasolina, mientras que la ASTM D975 define los parámetros de calidad del diésel.

En el ámbito local, el antecedente institucional más relevante corresponde al Informe de Muestreo de Combustibles del año 2018, elaborado por la Empresa Pública Municipal de Movilidad, Tránsito y Transporte (EMOV EP), en conjunto con la Alcaldía de Cuenca. Dicho estudio incluyó el muestreo aleatorio de las 31 estaciones de servicio del cantón Cuenca, considerando las tres clases de combustibles comercializados. El análisis se centró en la determinación del contenido de azufre en diésel, gasolina Súper y gasolina Eco, así como en la evaluación del número de octano Research (RON) en las gasolinas Súper y Ecopaís (Emov EP, 2018).

Si bien este informe representó un avance significativo en el control de la calidad de los combustibles en el cantón, no incorporó el uso de métodos y técnicas analíticas modernas, tales como la espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR), ni contempló análisis comparativos en función de horarios de despacho o rotación del producto. Esta limitación impidió evaluar de forma detallada la composición química del diésel, así como la presencia y variación de compuestos aromáticos en las gasolinas Súper y Ecopaís.

A pesar de la existencia de múltiples investigaciones académicas enfocadas en el análisis de parámetros fisicoquímicos de los combustibles, se evidencia una carencia de estudios comparativos realizados dentro de un mismo cantón, así como una limitada aplicación sistemática de técnicas espectroscópicas para evaluar variaciones entre estaciones de servicio. Esta necesidad justifica el desarrollo de investigaciones más actualizadas, que incorporen métodos avanzados capaces de proporcionar mayor precisión y confiabilidad en el análisis de la calidad del combustible.

Importancia y Alcances

En el presente estudio se considera que la calidad del combustible constituye un factor determinante en el rendimiento de los vehículos, la vida útil del motor y la generación de emisiones contaminantes en la ciudad de Cuenca. La creciente demanda de combustibles, asociada al aumento del parque automotor y a las condiciones de movilidad urbana y rural, puede influir en las propiedades del combustible comercializado. Por ello, un análisis riguroso permite verificar el cumplimiento de las normativas vigentes a nivel nacional e internacional, garantizando la confiabilidad de los parámetros evaluados.

Este estudio no solo busca actualizar los resultados obtenidos en el muestreo realizado en el año 2018, sino también evaluar el comportamiento actual de los combustibles comercializados en las distintas estaciones de servicio mediante el uso de tecnología basada en espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR).

Los resultados aportarán información relevante para el sector automotriz, contribuyendo al fortalecimiento de los procesos de monitoreo, al aseguramiento de la calidad del combustible y a la protección del consumidor. Asimismo, los datos obtenidos podrán servir como referencia para investigaciones futuras relacionadas con eficiencia energética, emisiones contaminantes y control de calidad de combustibles.

En cuanto a los alcances, la investigación se centrará en el muestreo de los combustibles comercializados en las diferentes estaciones de servicio del cantón Cuenca, abarcando gasolinas y diésel. El análisis se realizará mediante un equipo FTIR, con capacidad para determinar parámetros como número de octano, porcentaje de etanol, índice de cetano y densidad.

Los resultados obtenidos serán comparados con las normativas ecuatorianas vigentes y con los datos correspondientes al estudio de muestreo realizado en el año 2018. La presente investigación no contempla el análisis del comportamiento del combustible en motores ni la medición directa de emisiones vehiculares, ya que su enfoque se limita a la caracterización del combustible bajo condiciones de muestreo controladas.

Delimitación

El proyecto se enfoca en el análisis de los combustibles comercializados por diversas estaciones de servicio del cantón Cuenca, en la provincia del Azuay, seleccionadas estratégicamente y de manera aleatoria tanto en zonas urbanas como rurales. La investigación se desarrollará utilizando tecnología FTIR disponible en la Universidad Politécnica Salesiana, metodología ampliamente recomendada para la evaluación rápida, precisa y confiable de la calidad de los combustibles.

Figura 1

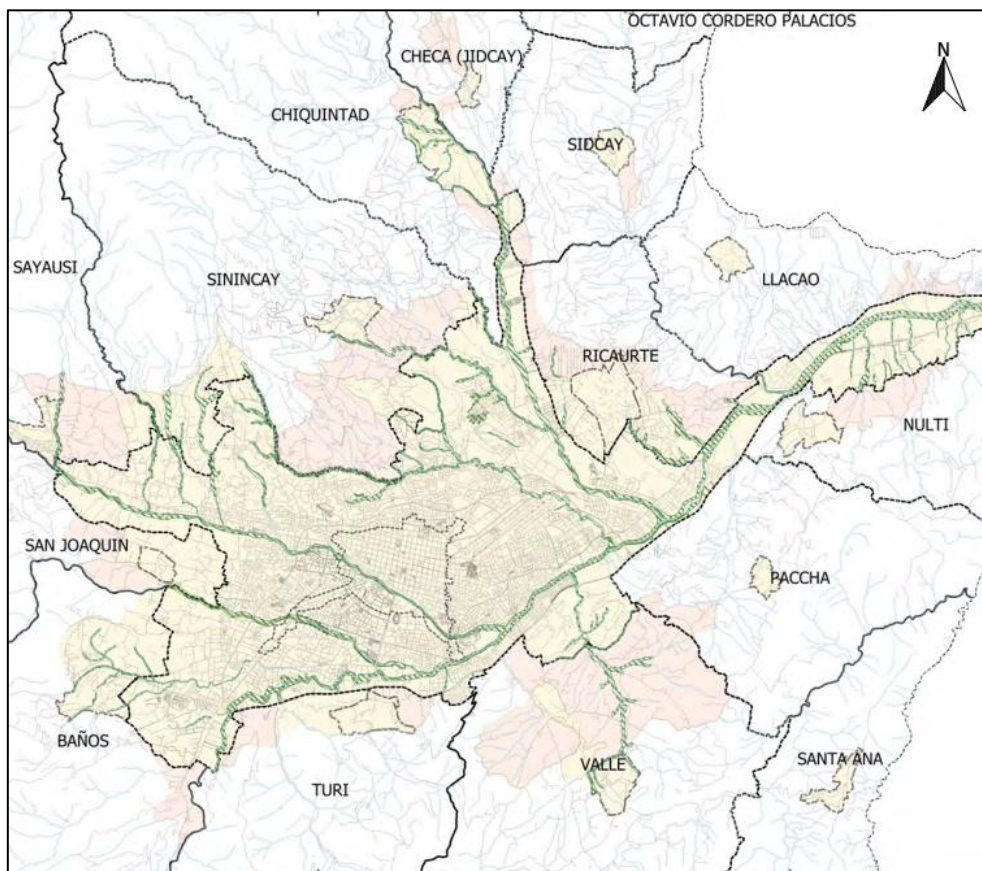
Laboratorio de análisis de combustibles y aceites



Fuente: (Autores)

Figura 2

Vista panorámica de la ciudad de Cuenca donde se realiza el muestreo



Fuente: (MAPAS NORMATIVOS, 2022).

El presente estudio se desarrollará entre los meses de octubre de 2025 y enero de 2026, período durante el cual se llevará a cabo el muestreo de los combustibles, su análisis y la posterior comparación de los resultados obtenidos. La toma de muestras se realizará en tres horarios específicos y en días distintos: en la mañana, de 06h00 a 07h00; al mediodía, de 12h00 a 13h00; y en la noche, de 18h00 a 19h00. Estos intervalos de tiempo han sido definidos conforme a los criterios establecidos por el método de diseño de experimentos seleccionado, con el fin de garantizar una adecuada interpretación de los resultados y evaluar posibles variaciones asociadas al horario de despacho.

La investigación se centrará específicamente en la caracterización espectroscópica de gasolina Eco, gasolina Súper y diésel, empleando un analizador FTIR Eraspec. Como referencia normativa se utilizarán las disposiciones nacionales establecidas en las normas NTE INEN 935 y NTE INEN 1489. El estudio no considerará la influencia de los combustibles en el rendimiento de los motores ni la incidencia de variables externas no controladas, limitándose exclusivamente a la comparación de las características fisicoquímicas obtenidas a partir de las muestras analizadas.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Analizar las propiedades del combustible en las estaciones de servicio del cantón Cuenca, mediante pruebas de espectroscopía FTIR, para la actualización de datos del informe del muestreo de combustible del año 2018.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir el marco teórico para el análisis de la gasolina y el diésel, a partir de la investigación de la información bibliográfica, las normativas nacionales (INEN 935, INEN 1489) y los factores de calidad establecidos.
- Analizar las muestras de combustible provenientes de las diferentes gasolineras del cantón Cuenca, bajo un patrón de horarios establecido utilizando el equipo de laboratorio FTIR Fuel Analyzer.
- Elaborar una comparativa de las propiedades de los combustibles utilizando software de análisis de los diseños de experimento.

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1 Normativas técnicas y ambientales

Las normativas estandarizadas desempeñan un papel fundamental en la protección de la calidad del aire, especialmente en zonas con una elevada concentración del parque automotor, donde las emisiones contaminantes representan un riesgo significativo para la salud pública y el medio ambiente. En este contexto, resulta indispensable contar con normativas estandarizadas a nivel nacional e internacional que permitan regular, controlar y reducir los distintos tipos de emisiones nocivas generadas por los vehículos, contribuyendo así a la mitigación de sus impactos ambientales y sanitarios.

A nivel internacional, diversas normativas orientadas a la prevención y control de contaminantes incorporan métodos de ensayo más actualizados, los cuales permiten detectar emisiones con criterios más estrictos y bajo condiciones de operación más cercanas a la realidad. Estas herramientas normativas fortalecen la gestión ambiental y permiten garantizar a la sociedad una mayor protección de la salud, al establecer límites claros y mecanismos de verificación confiables.

1.1.1 Normativa Ecuatoriana INEN 935: Combustibles. Gasolinas. Requisitos

La calidad de las gasolinas comercializadas en el Ecuador se encuentra regulada por la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 935, la cual establece los requisitos que deben cumplir estos combustibles para su uso adecuado en motores de combustión interna. Esta normativa define parámetros técnicos fundamentales, tales como el número de octano, la presión de vapor, el contenido de azufre y la proporción de compuestos aromáticos, con el objetivo de garantizar un adecuado desempeño del motor y una combustión eficiente (INEN, 2016).

Asimismo, la norma establece valores mínimos de octanaje para evitar la ocurrencia de fenómenos de detonación y asegurar un proceso de combustión más eficiente. En este sentido, se especifica que la gasolina Eco debe presentar un índice de octano aproximado de 87 RON, mientras que la gasolina Súper debe alcanzar un valor mínimo de 92 RON. Estos parámetros han sido definidos considerando las características y requerimientos predominantes del parque automotor ecuatoriano (QUALCO, 2020).

Figura 3

EP Petroecuador produce combustibles con estándares de calidad



Fuente: (EP PETROECUADOR, 2025)

1.1.2 Normativa Ecuatoriana INEN 1489: Productos derivados de petróleo. Diésel. Requisitos

La Normativa NTE INEN 1489 establece sobre los requisitos de la calidad que debe cumplir el diésel comercializado a nivel nacional, esta regulación define sobre las especificaciones fisicoquímicas con la finalidad de tener un buen desempeño en los motores, así como en la protección del medio ambiente. ((INEN) S. E., 2012).

La normativa establece que existen parámetros claves como es el punto de inflamación, contenido de agua, viscosidad, azufre, índice de cetano estos nos determinan la seguridad y la eficiencia del combustible.

La norma establece parámetros muy específicos para garantizar que el combustible sea más limpio y no afecte el funcionamiento del motor. En el caso del diésel tipo Premium, se exige que el contenido de azufre sea muy bajo máximo 0,05 %, con el fin de reducir la contaminación y prevenir daños en los sistemas de control de emisiones. Además, se requiere que el combustible tenga un valor mínimo de 45 en el índice de cetano, lo que asegura una combustión adecuada y un mejor desempeño del motor ((INEN) S. E., 2012).

Figura 4

Zona de distribución de diésel para vehículos de transporte de combustible



Fuente: (EP PETROECUADOR, 2022)

1.1.3 Normas internacionales ASTM

En esta normativa D975 planteada por Riazi y Daubert en considerado importante en la simulación de los procesos de la destilación de los combustibles. Debido a las mezclas de los hidrocarburos, analiza en el estudio de las características termodinámicas de los componentes del combustible, lo que permite estimar las temperaturas de ebullición y poder elaborar las diferentes curvas de destilación de acuerdo con el comportamiento de las mezclas (Alves, y otros, 2025)

Las temperaturas idóneas se plantean que los parámetros de la volatilidad deben cumplir los combustibles, teniendo los valores límites para la presión de vapor las cuales las temperaturas idóneas es de 10%, 50% y el 90%. Estas regulaciones contemplan seis categorías de la volatilidad y los seis del vapor/destilación teniendo combinaciones para cada mes y región en la norma internacional con los factores que influyen como la altitud y el rango de las temperaturas. Por lo que llega a influir dentro de las emisiones de los compuestos orgánicos a través de los procesos evaporativos del vehículo como es el sistema de escape, el gobierno llegó a implementar las regulaciones destinadas a mitigar la liberación de hidrocarburos a la atmósfera (Manal, N., & Y.Barakat, 2019)

1.1.4 Normas API

El American Petroleum Institute (API) su objetivo principal es poder contribuir en la formación de las políticas públicas que nos permita favorecer el fortalecimiento y la sostenibilidad en la industria petrolera y el gas natural. además, la normativa es la única entidad gremial en el alcance de nivel nacional que puede agrupar todos los sectores vinculados sobre la industria petrolera a nivel nacional (Instituto Americano del Petróleo (API), 2016).

La norma API establece que la calidad de los combustibles diésel mediante normas complementa metodologías ASTM y nos guían en verificar la pureza, densidad y el almacenamiento del combustible. Proteger y defender un sistema de orden en los precios al carbono basado en el mercado no requiere necesariamente de estar en total acuerdo con el convenio de las políticas rígidas y el cumplimiento destinado al uso de los combustibles fósiles y poder controlar las emisiones contaminantes (Tanner, 2021).

1.1.5 Control de Calidad en Ecuador

Las emisiones en el país han aumentado drásticamente en la última década debido al mayor uso de automóviles. Esto representa mayores emisiones de gases nocivos como monóxido de carbono e hidrocarburos. Por lo que este fenómeno representa varios desafíos en la movilidad de las personas sino también en los mantenimientos de los vehículos para poder controles sostenibles. Ya que si no se toma conciencia puede llegar afectar a la salud y el medio ambiente sobre todo el aire que respiramos.

Para la detección de la calidad en el Ecuador se debe tomar en cuenta que no solo está en juego los vehículos, sino que existen muchos químicos al momento que manipulamos los parámetros que ya vienen dados en las normativas estamos haciendo un daño a la sociedad contaminando el medio ambiente y acabado con la vida de la población.

Figura 5

Contaminación ambiental emitida por vehículos automotores



Fuente: (Guamán, 2024),

1.2 Parámetros del combustible

Los combustibles en los motores de combustión interna tienen una serie de parámetros que nos permite determinar la eficiencia, su comportamiento y el impacto con las emisiones contaminantes entre lo cual los parámetros más importantes se encuentra el octanaje, azufre, etanol, volatilidad índice de cetano, viscosidad y densidad lo que influye directamente en la capacidad del motor para poder desarrollar de manera segura su potencia, evitar fallos y poder optimizar el consumo del combustible (BENAVIDES & MONTENEGRO, 2023).

La calidad del combustible influye muchísimo más de lo que normalmente se piensa en el rendimiento de un motor. No se trata únicamente de que el vehículo funcione, sino de cómo lo hace y cuánto tiempo puede mantenerse en buenas condiciones. Cuando el combustible cumple con características adecuadas, el motor trabaja con menos esfuerzo, responde mejor y se evitan problemas como vibraciones, pérdida de potencia o fallos prematuros en componentes internos y de esa manera se puede evitar gastos innecesarios en las reparaciones.

1.2.1 Octanaje

El índice de octano es una medida que tiene un combustible (como la gasolina) para poder resistir la auto detonación al estar mezclado con aire comprimido dentro de la cámara de combustión de un motor térmico cuando el combustible está sometido a altas temperaturas y presiones.

Este fenómeno es dirigido por principios termo dinámicos, pero que primordialmente por la ley de los gases ideales, que nos indica como con el aumento de presión aumenta la temperatura siendo proporcionales hasta que alcance la auto ignición del combustible (QUIMICA.ES, 2025).

El octanaje también puede estar relacionado con las siguientes terminologías

- **Número de octano de Investigación (RON):** Se mide en condiciones de laboratorio simulando conducción calmada a condiciones de bajas revoluciones y temperaturas.
- **Número de octano del Motor (MON):** Se mide en condiciones más severas simulando conducción agresiva a altas revoluciones y temperaturas.

Tabla 1

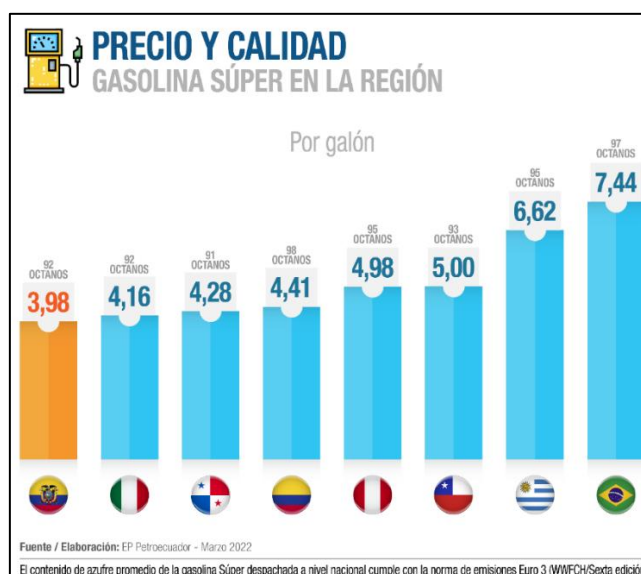
Índices de octano (RON) de las gasolinas Eco y Súper

COMBUSTIBLE	Número de octano de investigación (RON)
Gasolina Eco	87
Gasolina Súper	92

Fuente: (NTE INEN 935, 2016)

Figura 6

Estándares de octanaje de la gasolina Súper en distintos países



Fuente: (Eppetroecuador, 2022)

1.2.2 Azufre

El azufre es uno de los elementos químicos más conocidos y abundantes de la tierra, el azufre se denomina un componente inherente al petróleo crudo siendo un elemento de gran importancia para la evaluación del valor, la idoneidad y credenciales medioambientales que son de los productos que se derivan del petróleo. La ausencia de un proceso de eliminación, todos los tipos de gasolina y también en el diésel contienen azufre cambiando la cantidad de concentraciones para cada combustible.

La presencia de esta sustancia química es crítica por la consecuencia de corrosión de los componentes del motor y también en las emisiones contaminantes durante la combustión, al quemarse el azufre se oxida formando así partículas de óxidos de azufre sien los que contribuyen a la lluvia ácida.

Figura 7

Ppm de azufre de los combustibles según la Normativa Técnica Ecuatoriana



Fuente: (Eppetroecuador, 2022)

1.2.3 Etanol

Es etanol o alcohol etílico producido por la levadura a partir de azúcares. Este combustible se establece como un compuesto orgánico de gran importancia para diversas industrias, siendo un líquido incoloro e inflamable con un punto de ebullición de 78 °C. Adicionalmente este líquido es reconocido por tener una eficacia alta como desinfectante, anticongelante y un combustible industrial. Así que el uso del etanol abarca desde la industria de las bebidas alcohólicas hasta los productos de higiene y farmacéuticos.

El etanol puede estar mezclado en diferentes porcentajes dependiendo los distribuidores, siendo de las más comunes son: E5 (5% etanol), E10 (10% etanol) y E15 (15% etanol) (Moiser, 2015) mientras la cantidad de etanol aumente se requerirá de vehículos con mayores prestaciones.

Figura 8

Evaluación de la cantidad de etanol en el combustible



Fuente: (BARRERA, 2025)

1.2.4 Volatilidad

La volatilidad en química se refiere a la facilidad que tiene un compuesto para que cambie de fase. Se conceptualiza como una tendencia inherente de que una sustancia transite hacia la fase de vapor estando ya sea líquida o sólida. Es un indicador que define la facilidad con la que un compuesto puede experimentar un proceso de evaporación (Saul, 2017).

A una temperatura específica, las sustancias que contienen mayor presión de vapor tienen una tasa de evaporación mayor diferencia con aquellas que poseen una menor presión de vapor.

1.2.5 Índice del cetano

El índice de cetano es relacionado con los motores diésel pues constituye un parámetro esencial que logra determinar el comportamiento del combustible durante la etapa de ignición por compresión. Con relación hacia el índice de octano al establecer una resistencia a la detonación en la gasolina, en el caso del índice del cetano mide la facilidad que el diésel tiende a auto encenderse al ser comprimido (Liqui Moly, 2024). Un valor alto del índice implica que la ignición que tendrá el diésel ocurre de manera más rápida y efectiva en las condiciones de alta presión de los motores de este combustible.

Mientras este índice de cetano sea mayor ofrecerá mejores beneficios que repercuten directamente en la eficiencia del vehículo. Uno de ellos es la eficiencia y potencia puesto que tiene una combustión más completa y rápida de la mezcla, mejora la calidad de la combustión generando reducción en las emisiones de gases contaminantes y también ayudando al encendido en frío del motor. Siendo este el índice de cetano de 45 especificado por la norma.

1.2.6 Viscosidad

La viscosidad se define formalmente como una medida de resistencia que tiene un fluido a fluir. Esta propiedad surge como una resistencia interna de un líquido al movimiento, específicamente debido a la fricción que ocurre internamente que se genera cuando hay un desplazamiento relativo entre capas adyacentes del fluido.

Por comprensión, la viscosidad también puede ser interpretada como la oposición de un fluido al paso de objetos a través de él. Es decir que, un fluido que tiene alta viscosidad manifiesta una fuerte oposición al movimiento esto se debe a las fuerzas intermoleculares que actúan entre sí en sus partículas.

1.2.7 Densidad

La densidad es un concepto muy fundamental en los campos de la física y de la química, el cual se denomina a la relación cuantitativa que existe entre una masa de una sustancia y el volumen que está ocupando. Tratándose de una propiedad intensiva de la materia, lo que significa que su valor es independiente de cuanta cantidad de sustancia se esté considerando (Álvarez, 2025)

La densidad se expresa comúnmente en unidades como el kilogramo por metro cúbico (kg/m^3) o gramo por centímetro cúbico (g/cm^3).

Tabla 2

Densidades de los combustibles comercializados en Cuenca

Combustible	Densidad
Gasolina Eco	761,7 kg/m^3
Gasolina Súper	720 kg/m^3
Diésel	840 kg/m^3

Fuente: (Sistema Integrado de Consulta de Clasificaciones y Nomenclaturas, 2012)

1.3 Analizador de gasolina FTIR Eraspec

El Eraspec es un espectrómetro portátil de infrarrojo medio (medium-FTIR) diseñado para el análisis rápido y automatizado de combustibles. El equipo registra el espectro IR de la muestra y, con apoyo de modelos quimio métricos, predice propiedades complejas como número de octano, propiedades de destilación y tensión de vapor. (Systems E. A., 2023).

- **Gasolina:** Componentes: benceno, tolueno, xilenos, etilbenceno, MTBE/ETBE/TAME/DIPE, alcoholes (metanol, etanol), anilinas, olefinas/aromáticos totales, oxígeno total, etc. (Systems E. A., 2023)
- **Diésel:** Componentes: FAME/FAEE, aceites vegetales, aromáticos totales y polinucleares, mejoradores de cetano (2-EHN), contaminantes típicos (p. ej., ftalatos, disolventes clorados) (Systems E. A., 2023).

Figura 9

Analizador de combustible ERASPEC FTIR Fuel Analyzer.



Fuente: (Systems E. A., 2023)

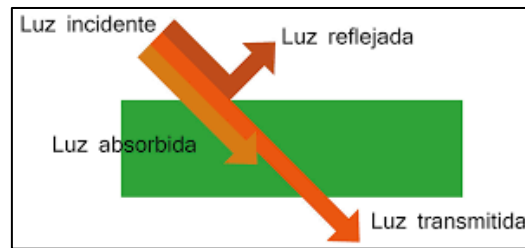
1.3.1 Absorbancia

La absorbancia constituye un principio esencial dentro de la espectroscopia y la química analítica, pues describe cuánta energía luminosa es retenida por un material al ser atravesado por un haz de luz (Trento, 2025) a partir de la información recopilada se tener información sobre la composición de los compuestos en una muestra tomada al analizarla se puede identificar la precisión.

La relación entre absorbancia y concentración de una sustancia en una disolución sigue el principio establecido por la ley de Beer-Lambert, la cual indica que, al incrementarse la cantidad de soluto presente, también aumenta la absorbancia. Esto se cumple siempre que la longitud del trayecto óptico y el coeficiente de absorción permanezcan constantes. (Trento, 2025).

Figura 10

Energía luminosa retenida de un líquido por la luz



Fuente: (Absorbancia/Transmitancia, 2019)

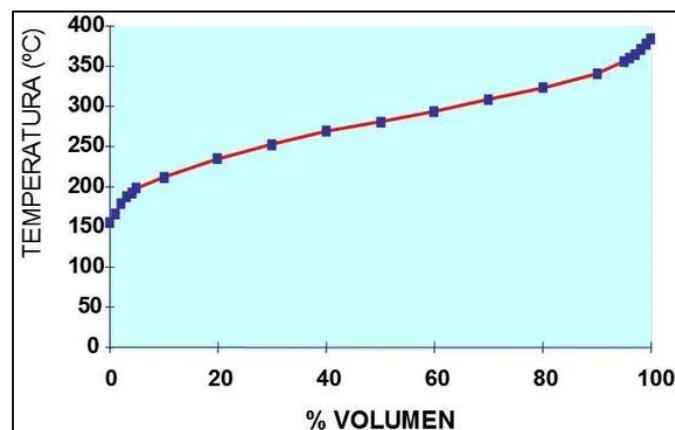
1.3.2 Número de Onda

La longitud corresponde a la separación entre dos puntos que oscilan en la misma fase, pero de manera diferente dentro de una onda. En el sistema internacional, la medida la cual utilizan es en metros (m). Este parámetro nos informa sobre la repetición que realiza la onda puesto que su forma vuelve ser proporcional a la onda en metros, lo que nos permite observar en las representaciones gráficas se relaciona la variable con la posición del eje espacial (Fernández J. L., 2025).

Según el análisis, existe la posibilidad de determinar la naturaleza del combustible indagando las temperaturas a la que se obtiene cada fracción, se puede observar por recuperaciones a temperaturas bajas lo que nos muestran un predominio de compuestos muy livianos para dar una gasolina muy volátil, por el contrario, si las temperaturas de recuperación son altas, la gasolina es más pesada y contiene más componentes pesado (Toyo, Guía completa de los diferentes tipos de gasolina y sus usos, 2024).

Figura 11

Comportamiento del número de onda de la gasolina.



Fuente: (Toyo, Guía completa de los diferentes tipos de gasolina y sus usos, 2024)

1.3.3 Resolución espectral

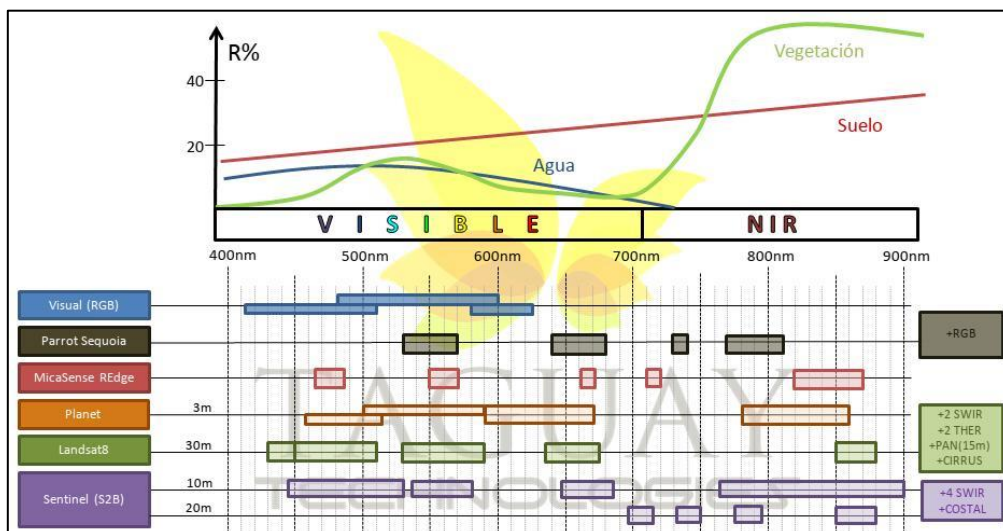
En este proceso consiste en dividir la imagen en zonas o en grupos a partir de la relación entre el área se deberá tomar en cuenta como base característica estadística, geométricas o criterios. De esta manera cada parte resultante comparte las propiedades comunes que permiten distinguirla al resto de la imagen. (Castillo Romero, 2012), lo cual nos permite dividir una imagen en ciertas áreas para facilitar la interpretación y el correcto análisis.

Con esta técnica podemos identificar ciertas diferencias entre los objetos, reconocer patrones y poder separar cada elemento de la escena lo cual es muy importante para las aplicaciones del parque automotor lo que nos ayuda a transformar la información en datos mejorando la precisión y poder extraer información útil.

Mediante este tipo de resolución es posible poder diferenciar sutiles dentro de un mismo escenario, lo que nos ayuda a examinar áreas naturales y poder comprender todos los procesos que ocurren. Nos permite observar las modificaciones en la parte del terreno y de esa manera vigilar el estado de los ecosistemas y su comportamiento, así como es la variación del clima también es indispensable en tareas como la prospección de los minerales y en los ámbitos del parque automotor. (Ochoa, 2023).

Figura 12

Resolución espectral de la división de una imagen.



Fuente: (Campos, 2025)

1.3.4 Terminología analítica y espectroscópica

Consiste en estudiar la interacción entre la radiación luminosa con la materia, con la finalidad de poder identificar todos los compuestos y analizar los fenómenos energéticos. En esta disciplina se encarga de medir la luz que un material absorbe y en separarla en sus diferentes longitudes de onda que están tanto dentro como fuera del espectro. Las aplicaciones tienen múltiples campos en donde nos permiten conocer la composición química y las características físicas del objeto del universo (IEQFB, 2021).

Las técnicas consisten en poder dirigir un tipo de radiación hacia las muestras y de esa manera poder registrar las respuestas obtenidas. A través de esta técnica es posible identificar que sustancias se encuentran presentes, conocer su composición y determinar las cantidades relativas de cada componente que se encuentra. (Espectroscopía, 2024).

Figura 13

La espectroscopía y sus técnicas de medición



Fuente: (Alvarado-Olivo, 2024)

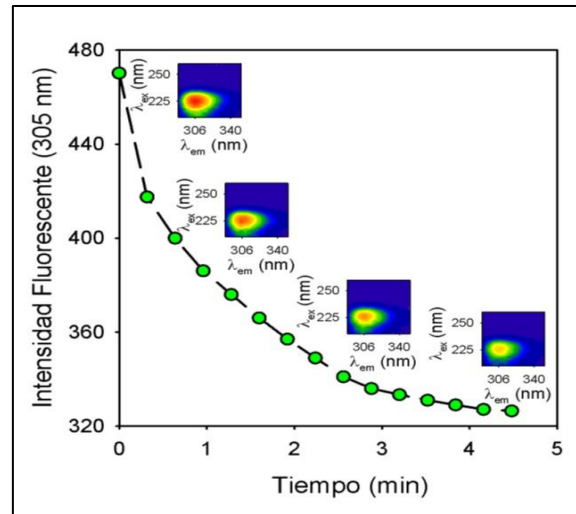
1.3.5 Quimiometría

La Quimiometría es una rama de la química en donde integran los procedimientos matemáticos y estadísticos con el propósito de planificar y seleccionar todos los métodos experimentales poder evaluar las mediciones y llegar a extraer toda la información de los datos analíticos y con eso se logra mejorar la calidad (RESÉNDIZ, s.f.). Por medio de la integración nos permite interpretar los resultados con mayor precisión y una mejor fiabilidad para de esa manera optimizar los métodos analíticos y lograr procesar todos los datos.

Consiste en poder aplicar todas las prácticas y controles que son encargados de asegurar el producto o el servicio cumpla con todos los requisitos de calidad y entregando al usuario la certeza que estos parámetros se satisfagan con el nivel de fiabilidad requerida (RESÉNDIZ, s.f.), estas acciones nos permiten poder garantizar y asegurar la satisfacción del usuario.

Figura 14

Gráfica de Quimiometría característica



Fuente: (Olivieri, 2022)

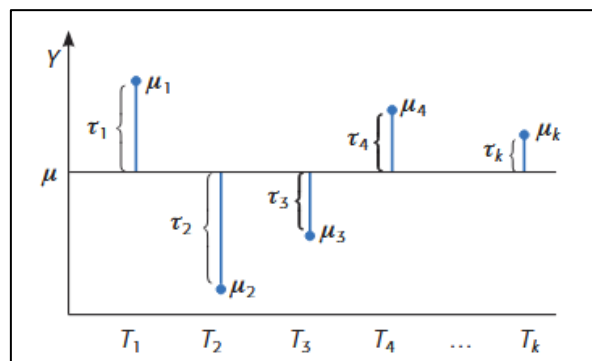
1.4 Análisis y diseños de experimentos

1.4.1 Diseño completamente al azar (DCA)

El diseño completamente al azar se caracteriza por su simplicidad metodológica y se aplica cuando las unidades experimentales presentan condiciones homogéneas. En este esquema, las corridas experimentales se asignan de forma totalmente aleatoria, permitiendo que los efectos asociados al ambiente o al tiempo se distribuyan de manera uniforme entre los tratamientos. El análisis estadístico de los resultados se realiza mediante un análisis de varianza de un solo factor, en el cual se considera únicamente la variabilidad debida a los tratamientos y al error experimental. (Pulido & Vara, 2012)

Figura 15

Modelo estadístico para comparar medias de varios tratamientos



Fuente: (Pulido & Salazar, 2008)

1.4.2 Diseño en bloques completamente al azar (DBCA)

El diseño en bloques completamente al azar se emplea cuando se identifican factores externos que pueden introducir variabilidad en la respuesta experimental, tales como diferencias entre operadores, jornadas de ensayo o lotes de análisis. En este diseño, los tratamientos se asignan de forma aleatoria dentro de cada bloque, el cual agrupa unidades experimentales con características similares (Pulido & Vara, 2012).

Tabla 3

Arreglo de los datos en un diseño en bloques completos al azar.

Tratamiento	Bloque				
	1	2	3	...	b
1	γ_{11}	γ_{12}	γ_{13}	...	γ_{1b}
2	γ_{21}	γ_{22}	γ_{23}	...	γ_{2b}
3	γ_{31}	γ_{32}	γ_{33}	...	γ_{3b}
...
K	γ_{k1}	γ_{k2}	γ_{k3}	...	γ_{kb}

Fuente: (Pulido & Salazar, 2008)

1.4.3 Diseño factorial 3x3 en bloques aleatorizados

Los diseños factoriales permiten analizar de manera simultánea la influencia de varios factores experimentales y la posible interacción entre ellos. En un diseño factorial 3x3 con bloques aleatorizados, se consideran dos factores con tres niveles cada uno, organizados dentro de bloques homogéneos con el fin de reducir la variabilidad no controlada asociada a condiciones externas, como el día de muestreo o el lote de análisis. Este tipo de diseño se evalúa mediante un análisis de varianza multifactorial que incluye el efecto de los bloques. (Pulido & Vara, 2012)

Tabla 4

Modelo estadístico y estructura ANOVA para un diseño en bloques

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	Grado de libertad	Cuadrado medio	F_0	Valor-p
Tratamientos	SC_{TRAT}	$k-1$	CM_{TRAT}	$F_0 = \frac{CM_{TRAT}}{CM_E}$	$P(F > F_0)$
Bloques	SC_B	$b-1$	CM_B	$F_0 = \frac{CM_B}{CM_E}$	$P(F > F_0)$
Error	SC_E	$(k-1)(b-1)$	CM_E		
Total	SC_T	$N-1$			

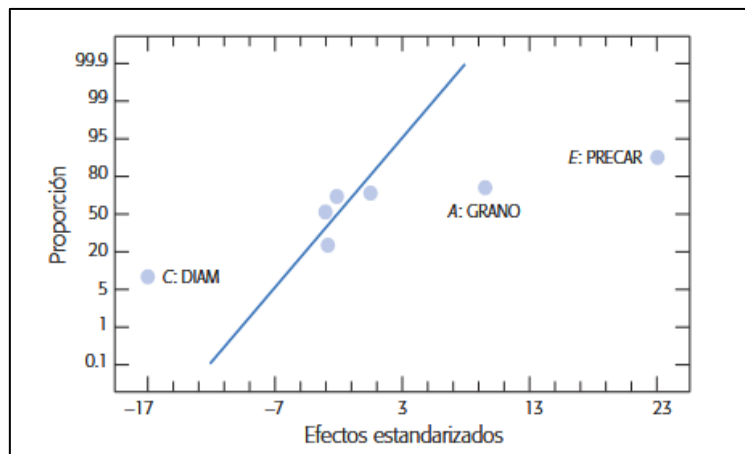
Fuente: (Pulido & Salazar, 2008)

1.4.4 Diseño factorial fraccionado

El diseño factorial fraccionado 2^{k-p} se utiliza cuando la ejecución del diseño factorial completo resulta impracticable debido al elevado número de corridas experimentales. En este enfoque se ejecuta únicamente una fracción del total de tratamientos, lo que implica una pérdida parcial de información; sin embargo, permite estimar de manera confiable los efectos principales, asumiendo que las interacciones de orden superior tienen una influencia mínima. (Pulido & Vara, 2012)

Figura 16

Representación de la magnitud y significancia de efectos estandarizados en un experimento factorial



Fuente: (Pulido & Salazar, 2008)

1.4.5 Diseño de superficie de respuesta (DSR)

En los capítulos finales, el autor presenta el diseño de superficie de respuesta como una herramienta para optimizar una variable dependiente afectada por varios factores continuos. A través de modelos polinomiales (generalmente de segundo orden), el DSR permite identificar la combinación óptima de factores. Es ampliamente utilizado en la mejora de procesos industriales y experimentos con mezclas (Salazar, 2008).

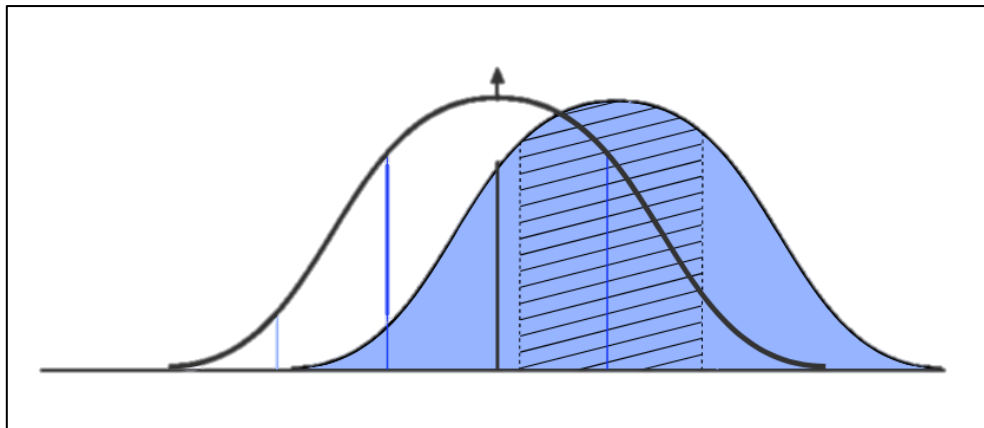
1.5 Análisis ANOVA

Es un método estadístico donde nos permite poder comparar de diferentes grupos identificar si existen diferencias que son muy relevantes desde un punto de vista estadístico. Se basa en separar la variabilidad de los datos para entender la proveniencia de los factores que se está investigando lo que corresponde al azar o a errores propios del proceso experimental.

Poder distinguir entre efectos reales y variación este análisis se ha convertido en una herramienta muy importante cuando se formulan hipótesis en investigaciones. El análisis al principio es utilizado de la misma manera se compara la variación que existe en todos los grupos con su diferente variación interna por lo que se calcula y permite poder determinar las diferencias de las muestras (Dagnino, 2014).

Figura 17

Grafica característica de un análisis Anova



Fuente: (Appinio, 2024)

1.5.1 ANOVA de un factor

Conocido como ANOVA factorial, este método permite determinar los valores medios de una variable cuantitativa que cambian dependiendo de los grupos de una variable. Evalúa si las medidas de dos o más grupos son iguales o si tienen diferencias. Debe cumplirse ciertas condiciones básicas como la variable dependiente debe ser cuantitativa mientras que independiente es ser categórica.

Los datos siguen una distribución normal dentro de los diferentes grupos y sus varianzas son muy similares. Se centra en comparar todas las medias de la variable dependiendo entre los distintos niveles que existe del factor (Cardenas, 2015).

1.5.2 ANOVA dos factores (dos vías)

Permite analizar el efecto de dos variables independientes sobre una independiente. Este estudio se aplica cuando se trabaja con tres o más muestras clasificadas llamado factor de fila y factor de columna. Su origen a estos trabajos de Ronald Fisher es quien en 1925 realizó la metodología en su obra métodos estadísticos.

Se empieza planteando su análisis nulo que no que existe la interacción entre dos factores de esa manera poder evaluar el efecto en conjunto, cuando las líneas no son paralelas se interpreta que los factores influyen entre sí, pero cuando las líneas se mantienen paralelas se toma en cuenta que no es una interacción entre los factores (JOVE, 2023).

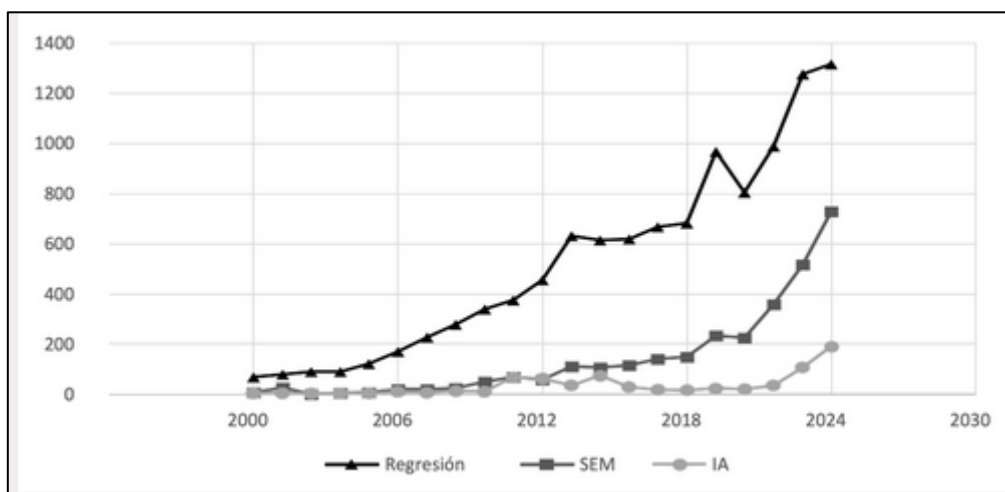
1.5.3 ANOVA multivariante (MANOVA)

El ANOVA multivariante (MANOVA) constituye una extensión natural del ANOVA tradicional dentro del análisis multivariante. Su principal utilidad radica en la posibilidad de estudiar de manera simultánea dos o más variables dependientes que mantienen algún grado de relación entre sí resulta especialmente pertinente en investigaciones donde estas variables podrían responder de forma distinta frente a los mismos factores.

A diferencia del ANOVA univariante que exige analizar cada variable por separado el MANOVA integra todas las variables dependientes dentro de un mismo modelo estadístico, lo que permite obtener conclusiones más robustas y representativas. Esta característica proporciona una visión conjunta del comportamiento multivariado y evita interpretaciones basadas únicamente en comparaciones aisladas entre media (Appinio, 2024).

Figura 18

Grafica de un diseño MANOVA



Fuente: (Alarcón & Soriano, 2024)

2. RECOLECCIÓN EXPERIMENTAL DE MUESTRAS DE COMBUSTIBLES DEL CANTÓN CUENCA

2.1 Diseño experimental del muestreo

La presente investigación tiene como finalidad evaluar la variación de los parámetros de los combustibles comercializados en las estaciones de servicio del cantón Cuenca. En este contexto, la calidad de la gasolina y del diésel no es constante y puede variar debido a diversos factores, tales como las condiciones de almacenamiento y los procesos de transporte.

Estudios realizados por Szczucka-Lasota sugieren que los combustibles almacenados en diferentes estaciones de servicio presentan cambios en su composición debido a procesos como la oxidación, la degradación y la formación de sedimentos. Estas alteraciones ocurren cuando el combustible permanece almacenado durante períodos prolongados o cuando se presentan variaciones de temperatura a lo largo del día.

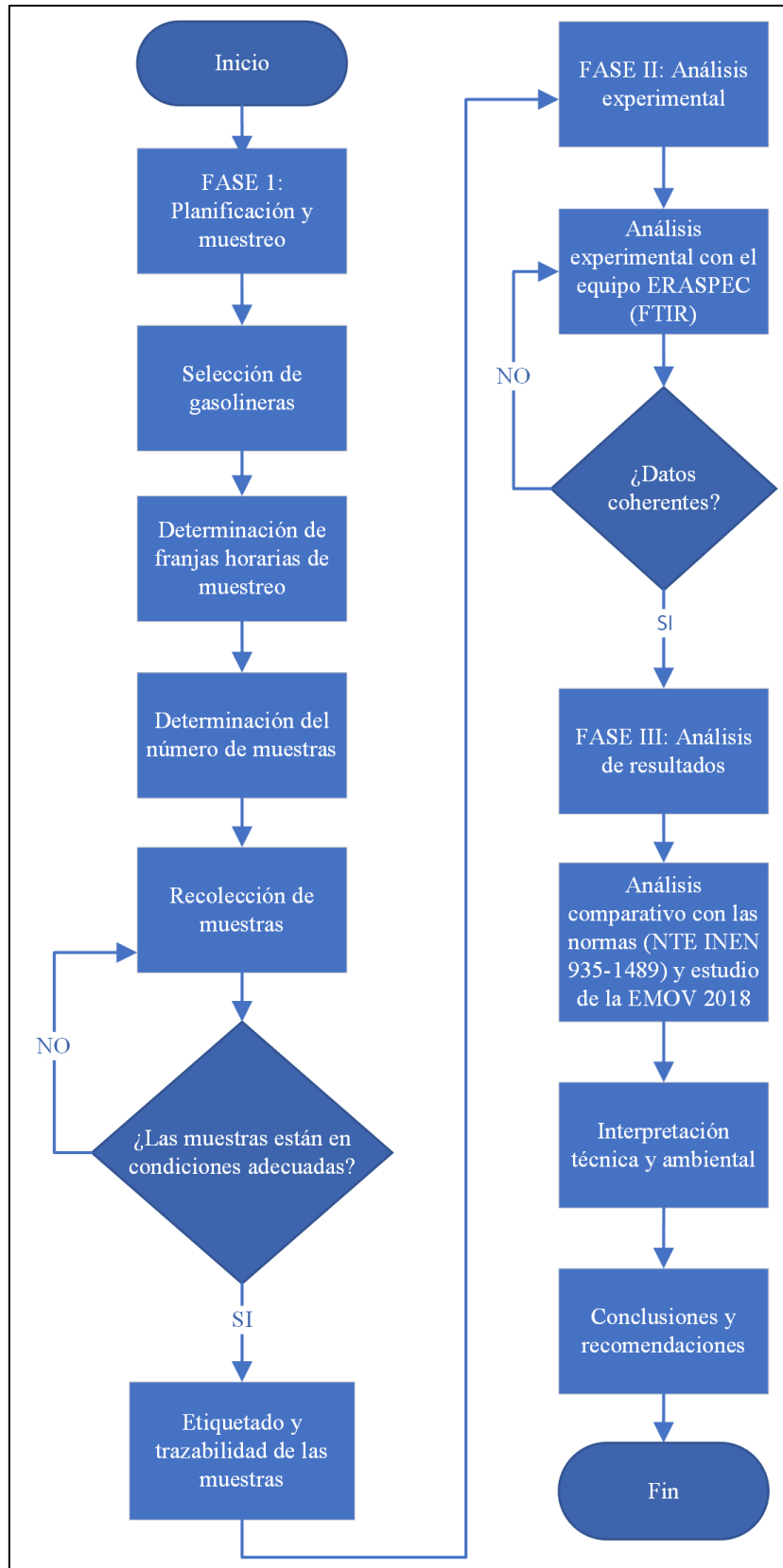
El autor señala que los combustibles no mantienen una composición homogénea dentro del tanque de almacenamiento, ya que los componentes más propensos a la evaporación se concentran en la parte superior, mientras que en la zona inferior tienden a acumularse agua y partículas de mayor densidad (SZCZUCKA-LASOTA, 2024).

Por su parte, los hallazgos de Mondal evidencian que es posible que dos estaciones de servicio reciban combustible de un mismo proveedor y, aun así, se obtengan productos con características diferentes. Esto se debe a que cada estación opera de manera distinta y aplica métodos propios para el almacenamiento y el control del combustible, aspectos que influyen directamente en su composición.

En consecuencia, el estudio determinó que parámetros como aromáticos, olefinas y oxigenados presentan variaciones entre estaciones de servicio, lo que permite concluir que la calidad final del combustible suministrado al consumidor no depende únicamente de los distribuidores, sino también de la forma en que cada estación gestiona y conserva el producto (Mondal, 2024).

Figura 19

Flujograma del diseño experimental y proceso de muestreo de combustibles



Fuente: (Autores)

2.1.1 Planteamiento del diseño experimental

El diseño experimental adoptado corresponde a un diseño factorial complejo de tres factores:

$$\textit{número de estaciones} \times \textit{tres horarios} \times \textit{tres combustibles} = \# \textit{condiciones experimentales.}$$

Para lo cual se estableció una selección de un total de gasolineras que se encontraban distribuidas en los diferentes sectores del cantón Cuenca, se consideró tanto la parte de las zonas rural y urbana con la finalidad de estudiar las variaciones asociadas geográfica. Por lo que se escogieron aleatoriamente seis estaciones de servicio que se encuentran ubicadas en los sectores urbanas y las otras seis ubicadas en el sector rural, los tres horarios de muestreo y los tres tipos de combustible evaluados.

Esta estructura experimental resulta adecuada, ya que permite analizar de manera simultánea los efectos principales de cada factor y sus interacciones, aspecto fundamental en estudios donde múltiples variables pueden influir en la calidad del combustible.

En este contexto, factores como la ubicación de la estación, la franja horaria y el tipo de combustible no actúan de forma aislada, sino que pueden modificar su comportamiento de manera conjunta para un análisis comparativo más representativo (Mondal, 2024).

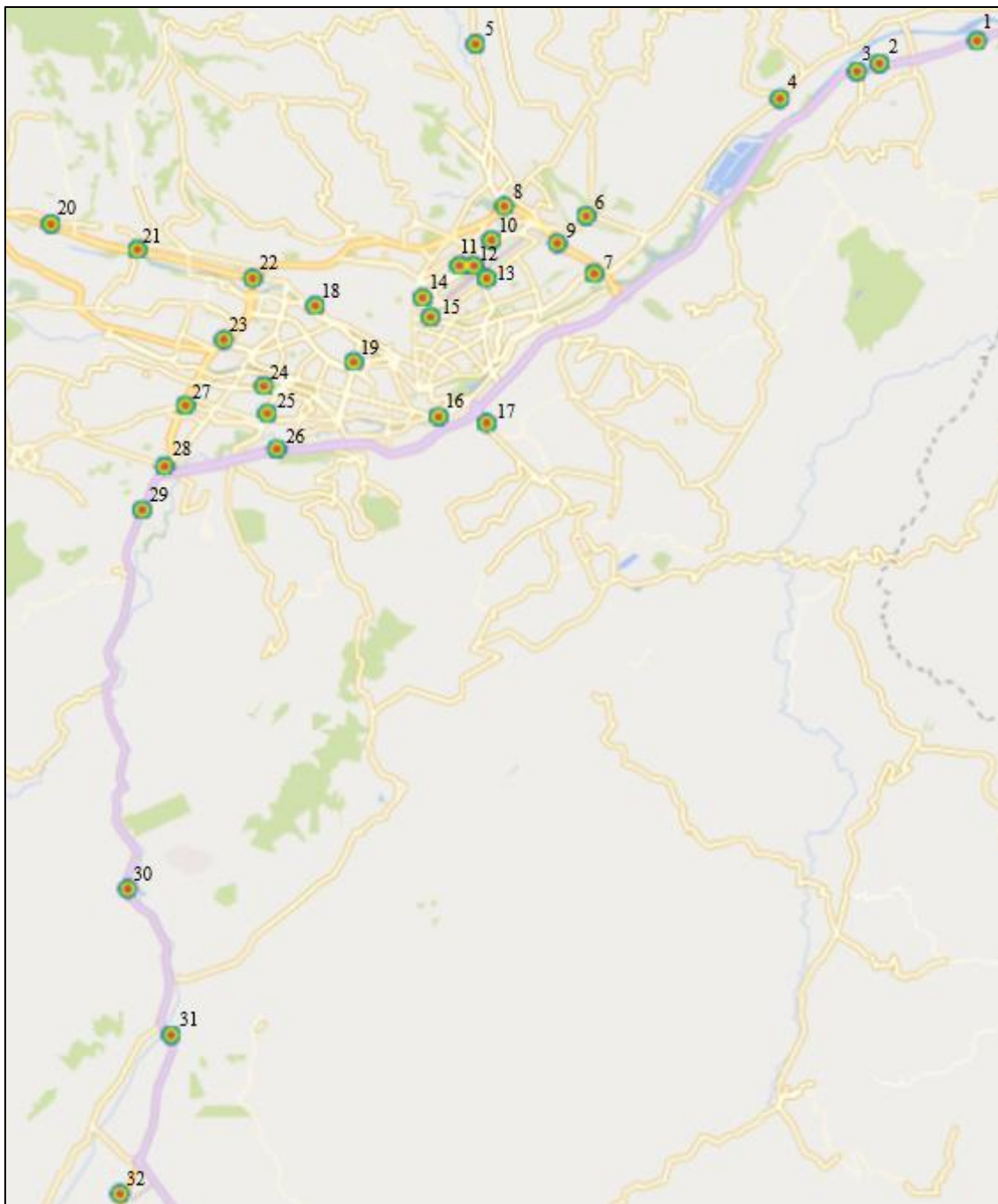
2.1.2 Selección de factores (estación, franja horaria y combustible)

Factor A: Estación de servicio

En la presente investigación, el primer aspecto considerado corresponde a las estaciones de servicio ubicadas en el cantón Cuenca. En este territorio existen alrededor de 32 gasolineras distribuidas entre parroquias urbanas y rurales; sin embargo, para este estudio no se realiza un muestreo completo, sino un muestreo estratificado que represente a los diferentes sectores de la ciudad.

Figura 20

Mapa de calor con numeración de todas las gasolineras



Fuente: (Autores)

Tabla 5*Gasolineras del cantón Cuenca*

ESTACIÓN	REFERENCIA	COMERCIALIZADORA	DIRECCIÓN
1	Miravalle	Petróleos y Servicios	Autopista Cuenca- Azogues frente a Quinta Mercedes
2	Eco plaza	Primax	Autopista Cuenca- Azogues y Pueblo Aguaruna
3	Atimasa	Primax	Autopista Cuenca- Azogues y Guillermo Vázquez Astudillo
4	Gas Vidal	Petróleos y Servicios	Antigua Panamericana y Francia
5	Patamarca	PDV	Paseo Río Machángara a un km de Plastiazuay
6	Machángara	Terpel	Antigua Panamericana y Batallón Rifles
7	Milchichig	Terpel	Avenida González Suárez y Avenida Cumandá
8	Sindicato de Choferes	Petróleos y Servicios	Avenida de las Américas y Avenida del Toril
9	Quinta Chica	Petróleos y Servicios	Avenida de las Américas junto a Hyundai
10	Del Austro	Primax	Avenida Gil Ramírez Dávalos y De Las Laderas
11	Miraflores	Petróleos y Servicios	Avenida Gil Ramírez Dávalos y Francisco Pizarro
12	Servi España	Primax	Avenida España y Avenida Elia Liut
13	Rectigas Tocasa	Primax	Avenida Hurtado de Mendoza y Paseo de los Cañaris
14	Sociogas	Clyan	Avenida España y Núñez de Bonilla
15	Vazgas	Primax	Avenida González Suarez y García Moreno

16	Gapal	Terpel	Avenida 24 de mayo y Ángel Paredes
17	Tarqui	PDV	Vía al Valle a 300 metros de la Autopista Cuenca- Azogues
18	Riogas	Primax	Avenida 3 de noviembre y Manuel Coronel
19	Solano	Primax	Avenida Fray Vicente Solano y Remigio
20	Sayausi	Primax	Tamariz Crespo Avenida Ordóñez Lasso y De La Hierbaluisa
21	Ordoñez Lazo	Clyan	Avenida Ordóñez Lasso y Manuel Rada
22	Eloy Alfaro	Petróleos y Servicios	Avenida de las Américas y Avenida Ordóñez Lasso
23	Servisalazar	Primax	Avenida de las Américas y Francisco Aguilar
24	Isabel la Católica	Petróleos y Servicios	Avenida Isabel la Católica y Lope de Rueda
25	Don Bosco	Petróleos y Servicios	Avenida Doce de Octubre y Francisco de Quevedo
26	Vista Linda	Primax	Autopista Cuenca- Azogues
27	El Arenal	Petróleos y Servicios	Avenida de las Américas y Camino Viejo a Baños
28	Control Sur	Terpel	Avenida de las Américas y Avenida Ricardo Durán
29	Narancay	Terpel	Panamericana Sur y Calle de las Escondidas
30	Rancho Alegre	Petróleos y Servicios	Panamericana Sur km 8
31	BP Plaza	Primax	Panamericana Sur E35
32	Cumbe	Ultra	Panamericana Sur E59

Fuente: (Autores)

La decisión de trabajar con una fracción de estaciones de servicio se fundamenta en estudios que demuestran que no es necesario realizar un muestreo en la totalidad de las estaciones para evaluar la calidad del combustible. En dichas investigaciones se analizaron gasolinas en la ciudad de Khulna, seleccionando únicamente 16 estaciones de servicio distribuidas por zonas (norte, sur, este y oeste), con la finalidad de capturar las

variaciones asociadas a parámetros como la rotación del combustible, la temperatura, la antigüedad de los contenedores de almacenamiento y la demanda. (Mondal, 2024) Se concluye que, incluso dentro de una misma ciudad, la calidad del combustible presenta variaciones; por ello, se propone que la selección de estaciones de servicio por sectores resulta suficiente para capturar dicha variabilidad, sin necesidad de realizar un muestreo completo de todas las estaciones de servicio ubicadas en la ciudad de Cuenca.

La selección de las estaciones se optará considerando la ubicación, volumen de venta y la accesibilidad para poder realizar los muestreos en tres horarios del día. Para garantizar que las estaciones elegidas sean muy representativas manteniendo las muestras compatibles y el tiempo.

Factor B: Horario de muestreo

En nuestro estudio contempla de tres momentos críticos que se evaluará el muestreo en el día:

Tabla 6

Franjas de horarios para realizar el muestreo de combustibles

Recolección de combustible	Horario
Muestra N°1	6h00 a 7h00
Muestra N°2	12h00 a 13h00
Muestra N°3	18h00 a 19h00

Fuente: (Autores)

Estos horarios se plantearon debido a que en el cantón Cuenca representa las horas en donde existe mayor temperatura ambiental y la actividad operativa en las diferentes estaciones de servicio (Castillo, Guzmán-Beckmann, Escola, & Reyes, 2023)

La literatura científica ha demostrado que la variación térmica en el transcurso del día llega a influir directamente en las propiedades fisicoquímicas del combustible. En el artículo publicado por Chulalongkorn se encontró que el incremento de la temperatura entre el transcurso del medio día y en la tarde eleva la volatilidad de los compuestos aromáticos lo que pueden llegar afectar en el muestreo y en la composición del combustible en su almacenamiento de los tanques y su vapor (Chulalongkorn, 2014).

Figura 21

Gasolinera con alta demanda de combustible en el medio día



Fuente: (Primicias, 2025)

Factor C: Tipo de combustible

Considera los combustibles que se comercializan en el cantón Cuenca en las diferentes estaciones de servicio las cuales se encuentran la gasolina Eco, gasolina Súper, y diésel. Tienen una composición química, grado de refinación, adictivos y volatilidad.

Según Mondal, mediante pruebas realizadas en el análisis FTIR las gasolinas presentan parámetros como aromáticos, oxigenados y compuestos residuales por lo que da a entender que los combustibles reaccionan de diferentes maneras a los factores como temperatura y el tiempo que tiene almacenado el combustible (Mondal, 2024).

Figura 22

Variedad de combustibles que se comercializan en una gasolinera



Fuente: (Blog Single, 2023)

2.1.3 Determinación del número de análisis por muestra

La determinación del número de repeticiones fue diseñada de manera que, mediante el analizador FTIR, cada muestra fuera evaluada en dos ocasiones, con el fin de garantizar una mayor confiabilidad en los análisis, verificación de que no existan variaciones exageradas y permitir realizar un promedio entre las muestras. Estas repeticiones fortalecieron y mejoraron el análisis del diseño experimental, ya que se obtuvo un valor promedio por muestra, el cual no presentó variaciones significativas y permitió asegurar una mayor precisión en los resultados.

2.2 Selección de estaciones de servicio

En la selección de las estaciones de servicio, el diseño de experimentos constituyó una herramienta de apoyo esencial, ya que permitió estudiar las fuentes asociadas a condiciones operativas de mayor y menor demanda. Dado que el cantón Cuenca dispone de 32 estaciones de servicio activas, no resulta necesario realizar el análisis de la totalidad de ellas, sino aplicar un muestreo estratégico por sectores.

Estudios como los desarrollados por Mondal demuestran que incluso estaciones de servicio pertenecientes a un mismo proveedor pueden influir de manera diferente en los estudios de combustibles, debido a las distintas formas en que su composición puede variar. Por ello, la presente investigación realizó la selección aleatoria de 6 estaciones considerando sectores rurales y urbanos. (Mondal, 2024).

2.2.1 Criterios de selección urbana y rural

La selección se realizó en el cantón Cuenca, considerando su división en sectores urbanos y rurales. Este enfoque permitió analizar la demanda de ventas, el comportamiento de cada sistema, las condiciones en las que operan las estaciones de servicio y las diferencias poblacionales.

En este sentido, se evidenció que las estaciones de servicio con baja demanda y que almacenan combustible durante períodos prolongados pueden presentar procesos de degradación del producto; en contraste, aquellas con una rotación continua y una demanda de ventas sostenida ofrecen combustibles más frescos, con menor riesgo de degradación (Macioszek & Sobczyński, 2024).

2.2.2 Frecuencia de operación y rotación de combustibles

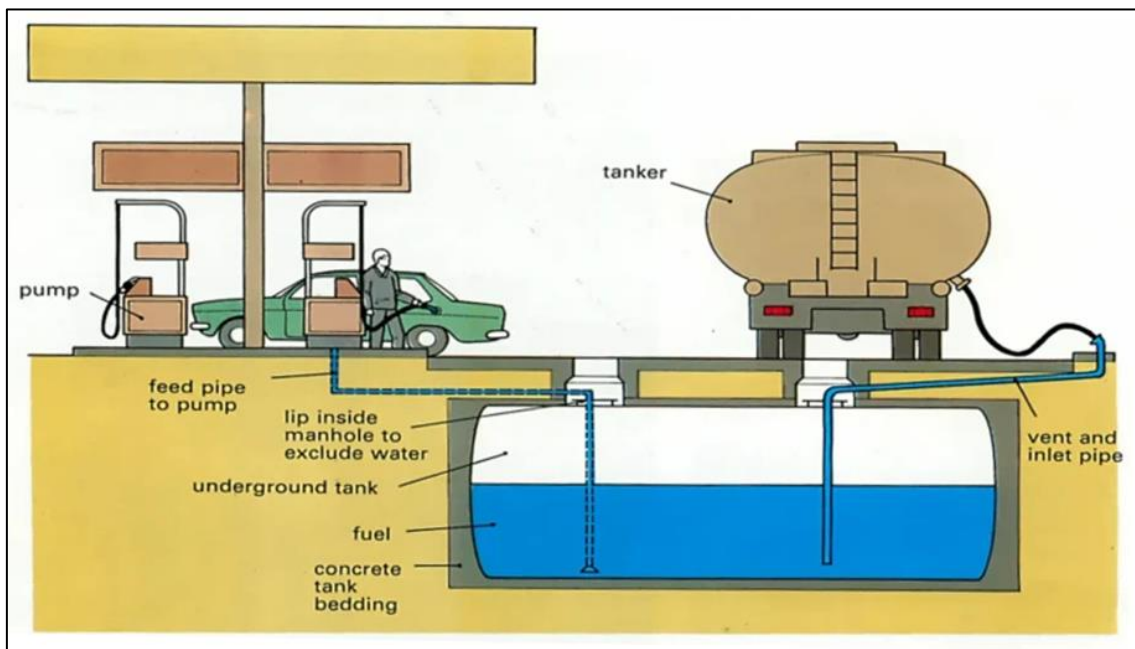
La demanda de combustible en las diferentes estaciones de servicio constituye un factor determinante para la frescura del producto que llega al consumidor. Cuando una estación presenta una baja rotación de combustible, este permanece almacenado durante períodos más prolongados, lo que incrementa la probabilidad de que se produzcan cambios como la pérdida de compuestos ligeros, variaciones en la densidad, alteraciones en el número de octano y modificaciones en el contenido de aromáticos.

Estas condiciones se intensifican cuando el combustible está expuesto a variaciones de temperatura y humedad. Diversos estudios señalan que las estaciones de servicio con baja demanda presentan mayores niveles de degradación, generando consecuencias que afectan los parámetros de calidad del combustible.

En este sentido, la rotación del combustible influye directamente en la confiabilidad del producto comercializado en las distintas estaciones de servicio (Mondal, 2024).

Figura 23

Esquema de los componentes de una gasolinera



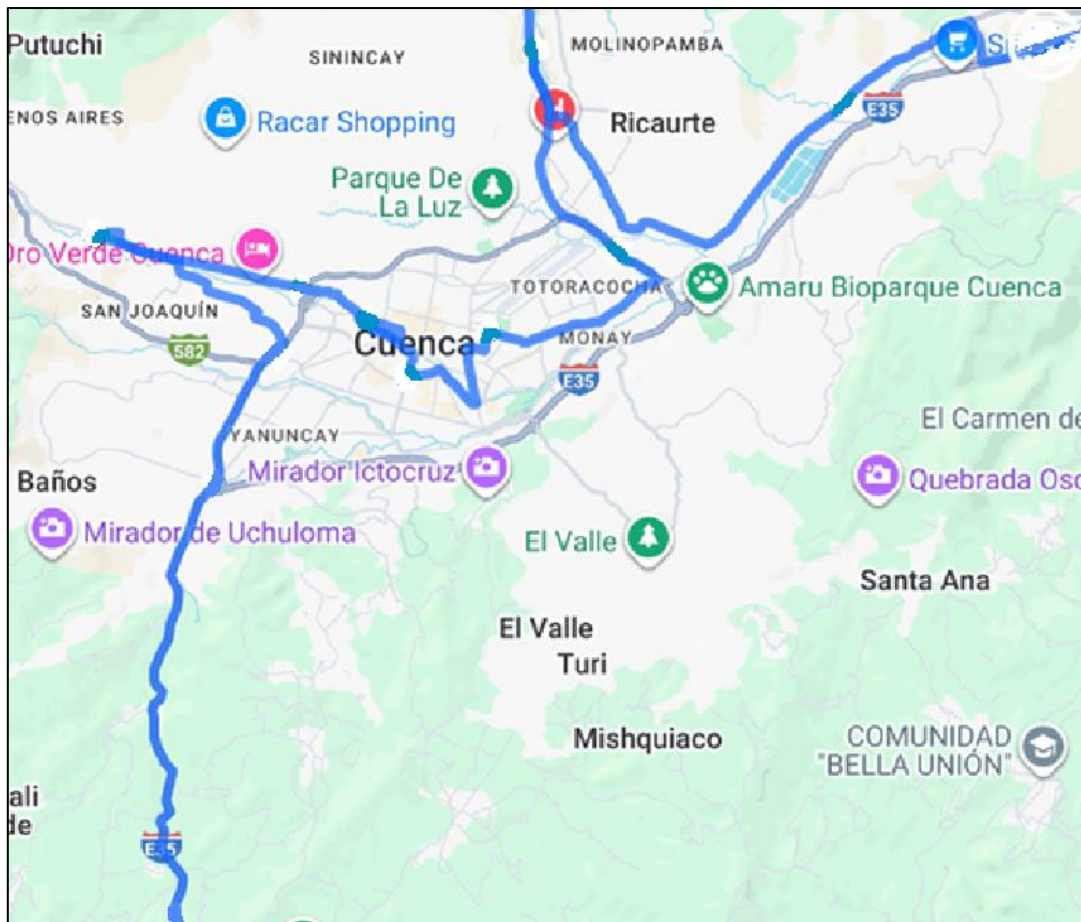
Fuente: (Quiñonez, 2024)

2.2.3 Distribución geográfica del muestreo

Se puede observar que las diferentes estaciones de servicio están distribuidas por todo el cantón

Figura 24

Ruta de muestreo realizado en la ciudad de Cuenca



Fuente: (Google, 2026)

2.3 Definición de franjas horarias de muestreo

En la toma de muestras se optó por realizar el muestreo en tres horarios del día, con la finalidad de comprobar las diferentes desviaciones en la calidad del combustible y su comportamiento durante el almacenamiento en los tanques. Los distintos horarios permiten analizar la variación de la temperatura, la cual puede cambiar en función de la hora del día. En este sentido, diversos investigadores establecen que existen fluctuaciones térmicas que afectan la calidad y la composición del combustible, por lo que una planificación temporal contribuye al fortalecimiento del diseño experimental (Montgomery, 2017).

Tabla 7*Orden del muestreo por días y franjas horarias*

Día de muestreo	Franja 1 (07h00 a 8h00)	Franja 2 (12h00 a 13h00)	Franja 3 (18h00 a 19h00)
1	ESTACIÓN	ESTACIÓN	ESTACIÓN
	1, 2 Y 3	4, 5 Y 6	7, 8 Y 9
2	ESTACIÓN	ESTACIÓN	ESTACIÓN
	10, 11 Y 12	1, 2 Y 3	4, 5 Y 6
3	ESTACIÓN	ESTACIÓN	ESTACIÓN
	7, 8 Y 9	10, 11 Y 12	1, 2 Y 3
4	ESTACIÓN	ESTACIÓN	ESTACIÓN
	4, 5 Y 6	7, 8 Y 9	10, 11 Y 12

Fuente: (Autores)**2.3.1 Franja 1 (mañana: 6h00–7h00)**

Esta franja horaria fue seleccionada considerando que, en el momento en que las personas comienzan a movilizarse hacia sus actividades laborales, no realizan de manera inmediata el abastecimiento de combustible en sus vehículos, y que las condiciones climáticas suelen presentar temperaturas más bajas según, (Quesada.F & Bustillos.D, 2018) las mediciones muestran valores cercanos a 10-14°C cuando son temporadas de frío. Este horario permite evaluar el comportamiento del combustible durante el período de almacenamiento comprendido entre la noche anterior y la mañana, por lo que la toma de muestras en esta franja posibilita identificar el estado del combustible bajo condiciones de estabilidad inicial.

2.3.2 Franja 2 (medio día: 12h00–13h00)

Según, (Quesada.F & Bustillos.D, 2018) realizó estudios que en el cantón Cuenca, el clima suele ser predominantemente soleado con temperaturas de 20-24°C, lo que permite identificar la mayor exposición solar a la que están sometidos los sistemas de almacenamiento. Estos factores pueden modificar la volatilidad del combustible e incrementar la evaporación de los componentes ligeros. Además, la demanda en ciertas estaciones de servicio tiende a aumentar durante el mediodía, ya que las rutas de circulación se amplían por diversas actividades, lo que genera condiciones distintas en comparación con el primer horario de muestreo.

2.3.3 Franja 3 (tarde/noche: 18h00–19h00)

Investigaciones realizadas por (Quesada.F & Bustillos.D, 2018), el combustible almacenado ha estado expuesto a diversas condiciones climáticas, y hacia estas horas la temperatura comienza a descender a 14-18°C dando el inicio del enfriamiento nocturno. En esta franja horaria, la circulación vehicular y la demanda aumentan de manera significativa, debido a que los usuarios retornan de sus actividades laborales y suelen abastecer de combustible a sus vehículos. Esta condición aporta información relevante que permite verificar la variación molecular del combustible y el comportamiento del sistema de bombeo, dado que el flujo de consumidores tiende a modificarse y la rotación difiere en comparación con los demás horarios definidos.

2.4 Procedimiento de adquisición del combustible

El muestreo se realizará directamente desde el surtidor de la estación de servicio hacia un envase único por muestra, con el fin de analizar los parámetros del combustible sin que exista ningún tipo de contaminación, garantizando que cada muestra represente el producto que es entregado al consumidor final.

2.4.1 Llegada, verificación y registro en la estación

Al ingresar a cada estación de servicio, se consideró la disponibilidad de los despachadores, dado que en determinadas franjas horarias y en algunas gasolineras la atención rápida era limitada. Así mismo, se identificó la disposición de la infraestructura del surtidor y se verificó la hora del muestreo, ya que era necesario cumplir con el rango establecido; por ello, la toma de muestras se realizó de manera inmediata, con el propósito de asegurar un mejor control y un adecuado almacenamiento de las muestras.

2.4.2 Adquisición de combustible

Para cada muestreo por estación de servicio y franja horaria, el combustible fue adquirido en recipientes tipo galón (3,78 litros), los cuales se seleccionaron en diferentes colores con el fin de identificar el tipo de combustible.

Se aseguró que el combustible fuera bombeado directamente por el despachador, garantizando que no hubiese pasado por envases previos. Estos recipientes permiten disponer de un volumen suficiente para el análisis, el transporte y la reserva del combustible, ya que una parte se destina a la movilización del vehículo utilizado durante el proceso de muestreo (gasolina Eco).

Figura 25

Recipientes de galón donde se almacena el combustible restante en la gasolinera



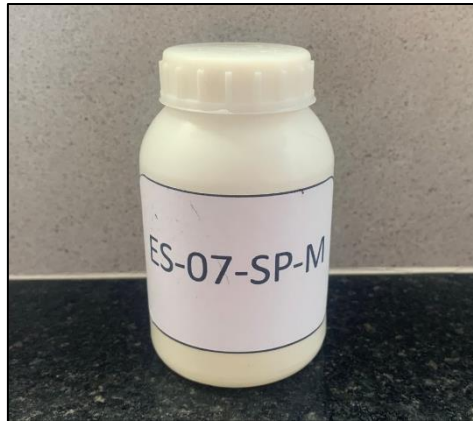
Fuente: (Autores)

2.4.3 Solicitud de muestra directa a despachadores

Al solicitar el despacho del combustible, la interacción con el despachador se realizó de manera respetuosa y formal, lo que permitió que una pequeña cantidad de combustible fuera depositada directamente en recipientes de menor volumen destinados exclusivamente al análisis. Esta práctica se adoptó debido a que el almacenamiento previo en envases tipo galón habría requerido un trasvase posterior hacia frascos pequeños, lo cual podría afectar los resultados del análisis, ya que dichos envases podían presentar contaminación residual de muestreos anteriores. En determinadas estaciones de servicio, la atención fue deficiente, principalmente debido a la alta congestión vehicular, lo que influyó en la actitud del personal de despacho.

Figura 26

Envase hermético para las muestras



Fuente: (Autores)

2.4.4 Uso del combustible sobrante para desplazamiento logístico

Debido a que los despachadores no expendían fracciones mínimas de combustible, se optó por adquirir un galón de cada combustible gasolina Eco, gasolina Súper y de diésel. El volumen restante de gasolina Eco fue reutilizado para el transporte durante el proceso de recolección de muestras, mientras que los demás combustibles se almacenaron en envases de 20 litros, tanto para la gasolina Eco como para el diésel.

Figura 27

Almacenamiento de combustibles restantes del muestreo (Súper y diésel)



Fuente: (Autores)

2.5 Sistemas de etiquetación y trazabilidad

Para garantizar un control adecuado de todas las muestras recolectadas en las estaciones de servicio, se diseñó un sistema de codificación que permitió distinguir la información correspondiente a cada estación. Este sistema facilitó la identificación de cada muestra desde su recolección hasta su almacenamiento en el laboratorio y posterior análisis, evitando confusiones, pérdidas de muestras o mezclas entre las diferentes condiciones experimentales.

Figura 28

Etiquetación de envases para cada muestra



Fuente: (Autores)

2.5.1 Identificación por estación

En las diferentes estaciones de servicio donde se realizó el muestreo, se utilizaron los códigos asignados a cada muestra con el fin de evitar la vinculación directa de los resultados obtenidos en el laboratorio y prevenir confusiones con otras muestras. De esta manera, se garantizó la correcta interpretación del análisis correspondiente a cada estación, ya que las muestras fueron recopiladas considerando su orden y ubicación. El primer componente del código de las etiquetas hace referencia a la estación mediante la abreviatura “ES”, seguido de una serie de números que identifican a una gasolinera específica.

2.5.2 Identificación por franja horaria

En la codificación también se incluyó la franja horaria, lo que permitió distinguir si el recipiente correspondía a muestreos realizados en la mañana, al mediodía o en la noche, asegurando una adecuada diferenciación de las muestras durante el

almacenamiento. Contar con una identificación correcta facilita el análisis de la influencia de la temperatura en la calidad del combustible y en sus posibles procesos de degradación. En el caso de la identificación por franja horaria, la etiqueta utiliza las siglas “M”, “MD” y “N”, cada una con el siguiente significado:

- M= Mañana
- MD= Medio día
- N= Noche

2.5.3 Identificación por tipo de combustible

Dentro del mismo código se estableció el tipo de combustible correspondiente a cada estación de servicio y a cada muestra recolectada, garantizando una correcta separación entre los diferentes combustibles. Esta codificación permitió organizar posteriormente los resultados y compararlos bajo las condiciones establecidas. La identificación del tipo de combustible se realizó mediante las siglas “EP”, “SP” y “DS”, asignadas a cada tipo de combustible.

- EP= Gasolina Ecopaís
- SP= Gasolina Súper
- DS= Diésel

2.6 Preservación, sellado y almacenamiento temporal

Luego de la toma de cada muestra de combustible en las estaciones de servicio, los envases destinados al análisis fueron almacenados dentro del vehículo en una caja de poliestireno expandido (EPS), con el fin de evitar su desplazamiento durante el transporte lo que permitió mantenerlos protegidos y seguros, evitando cualquier posible mezcla de compuestos que pudiera afectar los análisis posteriores.

2.6.1 Sellado inmediato posterior a la recepción de combustible

Una vez depositado el combustible en cada recipiente, los envases fueron cerrados herméticamente con el fin de evitar la evaporación de los compuestos ligeros y prevenir procesos de oxidación por la entrada de aire. Posteriormente, los recipientes fueron almacenados de manera adecuada para su análisis, y se continuó con la toma de muestras en las estaciones de servicio restantes.

2.6.2 Transporte en la caja de poliestireno expandido (Espumaflex) con protección térmica

Una vez sellados los envases, las muestras correspondientes a los tres tipos de combustible fueron almacenadas de forma ordenada en una caja térmica de espumaflex, con el propósito de evitar la exposición solar y minimizar las variaciones inducidas por el movimiento y las vibraciones del vehículo durante el transporte. Para este fin, la caja fue adaptada con compartimentos a medida, lo que permitió mantener cada muestra en una posición estable y reducir la agitación. Esta medida contribuyó a preservar la estabilidad de los parámetros del combustible, como la densidad y el contenido de aromáticos, hasta su llegada al laboratorio, donde las muestras fueron colocadas en un estanque a temperatura controlada.

Figura 29

Envases de recolección y caja de espumaflex para las muestras en envases más pequeños



Fuente: (Autores)

2.7 Procedimiento del análisis ERASPEC FTIR Fuel

A continuación, se va a describir el proceso de la medición mediante el equipo ERASPEC FTIR Fuel, permitiendo tener resultados confiables y representativos de los parámetros reales del combustible analizado.

Figura 30

Laboratorio de tribología de la Universidad Politécnica Salesiana



Fuente: (Autores)

Equipo y materiales del análisis.

- Envases de combustible con su codificación
- Recipientes limpios
- Computadora para la exportación de datos
- Analizador ERASPEC Fuel
- Equipos de protección personal (mandil, guantes, franela, mascarilla)
- Equipos de protección e industrial (casos extintores) ver anexo 4

Figura 31

Materiales de protección y limpieza



Fuente: (Autores)

Figura 32

Envases de combustible con su codificación



Fuente: (Autores)

2.7.1 Paso 1: Encendido del equipo

Encender el equipo y permitir que todos los sistemas completen sus procesos de arranque resulta necesario para el correcto funcionamiento de la fuente infrarroja y para que el detector opere bajo condiciones estables. Este procedimiento evita variaciones en la señal y permite obtener mediciones consistentes durante el análisis.

Figura 33

Equipo de análisis apagado



Fuente: (Autores)

2.7.2 Paso 2: Verificación del estado operativo del equipo

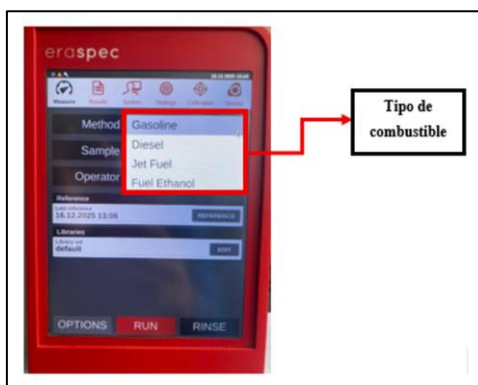
Antes de realizar cualquier análisis en el equipo, se debe verificar en el software que no existan alertas ni códigos de error. Esta revisión permite asegurar que el sistema opere de manera correcta; en caso de que el equipo presente fallas o códigos de error durante la medición, no se debe continuar con el análisis, ya que podrían afectar la variabilidad de los resultados.

2.7.3 Paso 3: Selección del tipo de combustible

Para realizar el análisis, se debe seleccionar en el software el tipo de combustible a evaluar, ya sea Ecopaís o Súper seleccionar “**Gasoline**” o en el caso de diésel la opción propia de “**Diesel**”.

Figura 34

Opciones de combustible que se pueden analizar



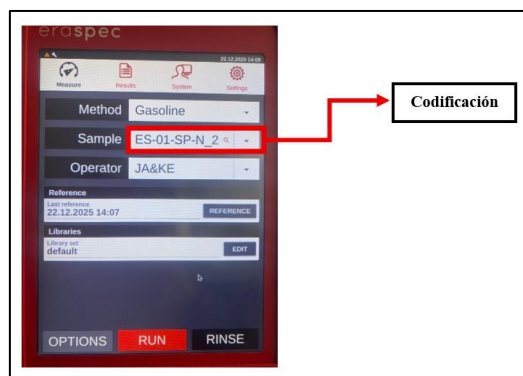
Fuente: (Autores)

2.7.4 Paso 4: Ingreso del código de referencia

Para realizar el análisis de la muestra, esta debe guardarse en el equipo mediante un código de identificación o referencia, lo que permite almacenar y verificar adecuadamente todos los datos obtenidos. Esta selección es de especial importancia, ya que el analizador ERASPEC ajusta los modelos quimiométricos y los parámetros de cálculo en función del tipo de combustible, permitiendo una correcta interpretación del espectro infrarrojo.

Figura 35

Asignación de un código de referencia para cada muestra



Fuente: (Autores)

Tabla 8

Significados de las siglas que se encuentran en los envases de las muestras

Codificación	Significado
ES	Estación de servicio
01	Número de estación
SP	Súper
EP	Ecopaís
DS	Diésel
M	Mañana
MD	Medio Día
N	Noche

Fuente: (Autores)

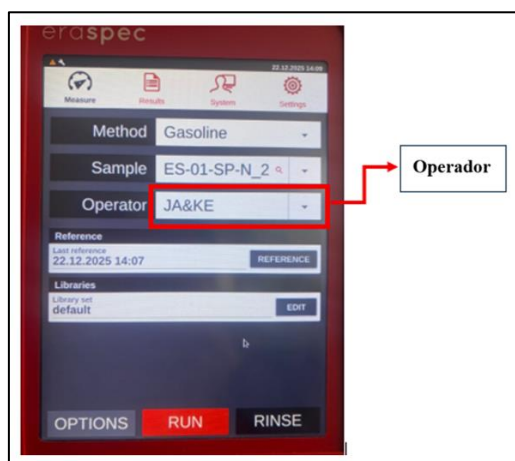
2.7.5 Paso 5: Registro del operador del equipo de análisis

Para realizar el análisis de las muestras, se debe seleccionar la opción “**Operator**” en el equipo, lo que permite almacenar toda la información dentro de las librerías del software bajo un identificador específico.

En este caso, se utilizaron las iniciales de los operadores, JA (Joan Arias) y KE (Kevin Espinoza); no obstante, puede asignarse cualquier nombre, siempre que permita identificar de manera clara la forma de trabajo y facilite la trazabilidad de los análisis realizados.

Figura 36

Opción para almacenar todos los análisis dentro de nuestra base de datos



Fuente: (Autores)

2.7.6 Paso 6: Preparación de la muestra para análisis

Agitar el envase que contiene la muestra para de esa manera asegurar una distribución de todos los componentes y sea homogénea. Con este paso podemos lograr que la composición sea correcta y no influya en la medición. No realizar una agitación muy brusca debido a que comienza a producirse burbujas de aire lo que puede provocar un análisis incorrecto.

Figura 37

Colocación de la muestra para su respectivo análisis



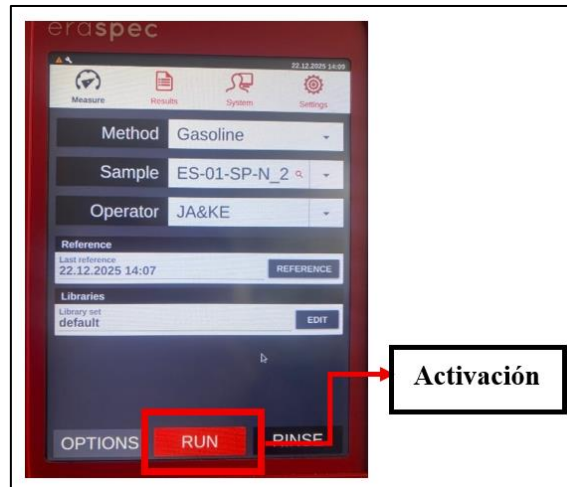
Fuente: (Autores)

2.7.7 Paso 7: Inicio del análisis (RUN)

Iniciar la medición activando la opción “RUN” del software del equipo. Al ejecutar este comando, se inicia el análisis del espectro infrarrojo de la muestra, durante el cual el sistema controla el tiempo de medición y la radiación aplicada. A lo largo del procedimiento, el software genera la información y los espectros necesarios para asegurar una medición correcta.

Figura 38

Inicio de la medición del software del equipo



Fuente: (Autores)

2.7.8 Paso 8: Etapa de succión de la muestra de combustible

Colocar la manguera de succión del analizador dentro del envase y activar, desde el software, el sistema de aspiración automática para iniciar el análisis (**RUN**). El combustible es conducido hacia la celda óptica correspondiente, cuyo sensor opera en función del tipo de combustible analizado. Este procedimiento permite reducir errores y minimizar la probabilidad de fallas, al asegurar un volumen de muestra constante.

Figura 39

Succión de la muestra para análisis del combustible



Fuente: (Autores)

2.7.9 Paso 9: Etapa de remoción del tubo de succión

Una vez que se termina de realizar el análisis se presenta un mensaje “**Remove tube from sample**”, indicando que se debe de remover el tubo en donde se succionó el combustible de ensayo hacia otro envase que se encuentra limpio y sin ningún líquido.

Luego se procede a pulsar la opción “**OK**” para que el equipo comience a despachar la muestra que se analizó. Posteriormente, el tubo y el equipo queda listo para realizar la siguiente medición de una nueva muestra.

Figura 40

Opción que indica que se debe remover el tubo de la muestra



Fuente: (Autores)

2.7.10 Paso 10 : Etapa de expulsión de combustible terminado de analizar

Esta etapa es ejecutada de manera automática por el equipo una vez que se ha retirado el tubo de la muestra, sin requerir intervención directa del operador. No obstante, es fundamental verificar previamente que el recipiente de reserva destinado a la recolección de los combustibles ya analizados cuente con la capacidad adecuada para el volumen descargado. Esta precaución permite evitar derrames innecesarios, posibles pérdidas de muestra y riesgos de contaminación del área de trabajo, garantizando así un proceso de análisis más seguro y controlado.

Figura 41

Recipiente de almacenamiento de combustible luego del análisis



Fuente: (Autores)

2.7.11 Paso 11: Limpieza de la celda óptica

Este proceso el equipo lo realiza automáticamente después que el líquido haya sido drenado completamente. Después de este procedimiento se elimina los residuos de análisis que previenen de la contaminación cruzada que se haya dado por el muestreo y sus envases. Debido a que en una celda y filtros limpios son esenciales para tener espectros claros y comparables debido a la toma de las muestras.

Figura 42

Filtro y tubo de succión desmontados



Fuente: (Autores)

2.7.12 Paso 12: Procesamiento y cálculo de los parámetros

Una vez realizada la medición, el software procede a calcular los parámetros de calidad del combustible, transformando la información obtenida en resultados cuantitativos confiables y adecuados para su posterior análisis y comparación.

Figura 43

Resultados de los análisis de combustible mostrados en la pantalla del equipo



Fuente: (Autores)

2.7.13 Paso 13: Repetición de la medición

El procedimiento de medición no es obligatorio; sin embargo, para garantizar resultados confiables, se recomienda realizar al menos dos mediciones por muestra con el fin de comprobar la consistencia de los resultados. La repetición del análisis permite verificar la estabilidad del espectro y detectar posibles desviaciones. Asimismo, en caso de que los resultados obtenidos no sean consistentes, se debe efectuar una nueva medición.

2.7.14 Paso 14: Exportación de datos a un computador mediante la aplicación Erasoft RCS.

Para realizar la exportación de datos se tiene que descargar una aplicación llamada Erasoft RCS, cuya plataforma trabaja en convenio con el software del equipo sin presentar problemas al momento de exportar la información.

Figura 44

Erasoft RCS aplicación para realizar la exportación de datos



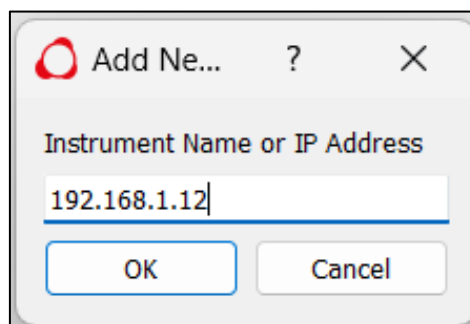
Fuente: (Autores)

2.7.15 Paso 15: Digitación la dirección IP de internet del Erasoft RCS

Al ingresar a la aplicación, se debe introducir la dirección IP de la Universidad Politécnica Salesiana para establecer la conexión directa con el equipo. Esta conexión permite crear una carpeta destinada al almacenamiento de los datos exportados desde el analizador, manteniendo la comunicación entre ambos sistemas. La clave de acceso utilizada corresponde a la configurada previamente en el software del equipo.

Figura 45

Código de IP para conectar el computador al Equipo por vía ethernet



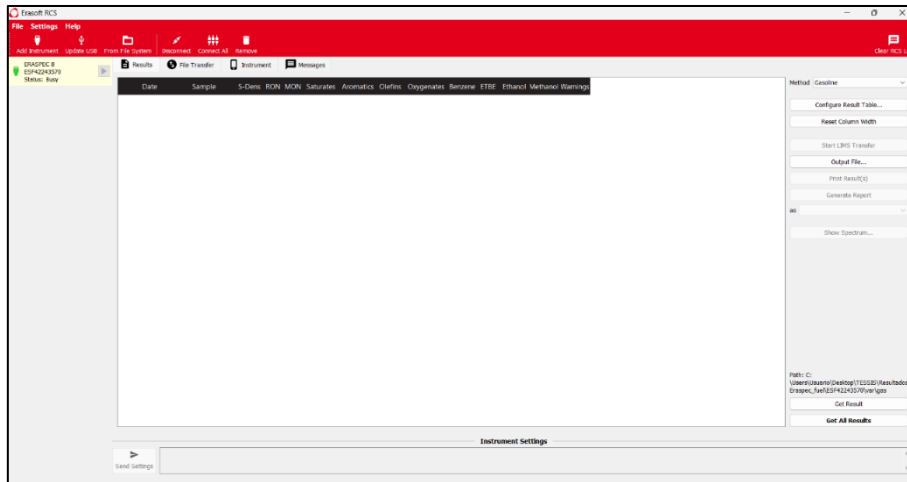
Fuente: (Autores)

2.7.16 Paso 16: Exportación de resultados desde el software.

Para realizar la exportación de los datos, una vez ingresada la dirección IP, el sistema muestra una ventana con todos los parámetros disponibles, aunque inicialmente sin valores asociados. Para continuar con el proceso, se debe acceder a la parte inferior del programa y seleccionar la pestaña denominada “**Get All Results**” presentándose todos los resultados de los análisis.

Figura 46

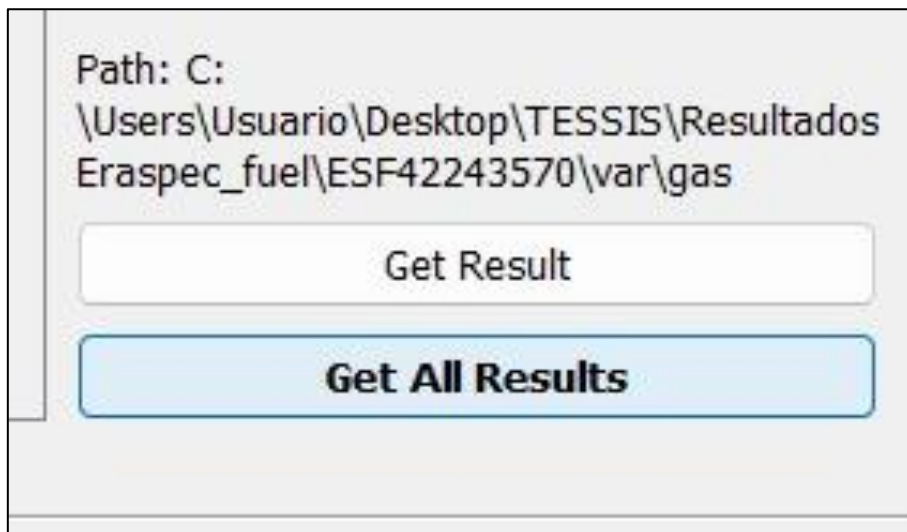
Menú principal del Erasoft RCS



Fuente: (Autores)

Figura 47

Opción "Get All Results"



Fuente: (Autores)

Figura 48

Resultados exportados del analizador a la aplicación Erasoft RCS

Date	Sample	S-Dens	RON	MCN	Saturates	Aromatics	Olefins	Oxygenates	Benzene	ETBE	Ethanol	Methanol	Warnings
05.12.2025	ES-01-SP-NL_2	0.7312	96.5	92.0	96.8	27.9	15.1	0.21					UM
05.12.2025	ES-01-SP-NL_1	0.7312	96.3	91.8	97.3	27.5	15.1	0.21					UM
05.12.2025	ES-02-SP-NL_2	0.7311	96.4	93.0	98.4	33.2	16.2	0.21					UM
05.12.2025	ES-02-SP-NL_1	0.7311	96.4	92.5	98.9	33.2	15.7	0.22					UM
05.12.2025	ES-03-SP-NL_2	0.7331	94.4	89.9	94.2	22.7	12.9	0.16					UM
05.12.2025	ES-03-SP-NL_1	0.733	94.5	89.8	93.9	22.8	13.1	0.16					UM
05.12.2025	ES-04-SP-NL_2	0.7329	94.9	89.7	94.2	22.5	13.1	0.15					UM
05.12.2025	ES-04-SP-NL_1	0.7327	94.9	90.1	93.5	23.0	13.4	0.19					UM
05.12.2025	ES-05-SP-M_2	0.7301	96.3	94.3	42.0	42.4	15.4	0.23					UM
05.12.2025	ES-05-SP-M_1	0.73	96.5	94.6	41.0	43.3	15.5	0.24					UM
05.12.2025	ES-06-SP-M_2	0.7432	94.0	86.7	84.6	25.3	19.0	0.2					I
05.12.2025	ES-06-SP-M_1	0.7431	94.0	86.7	85.3	24.4	19.1	0.19					I
05.12.2025	ES-07-SP-MD_2	0.73	96.6	94.6	41.4	42.8	15.3	0.23					UM
05.12.2025	ES-07-SP-MD_1	0.73	96.6	94.7	41.2	43.2	15.4	0.23					UM
05.12.2025	ES-08-SP-MD_2	0.7302	96.7	94.6	41.9	42.5	15.4	0.23					UM
05.12.2025	ES-08-SP-MD_1	0.7301	97.3	94.7	40.2	41.6	17.7	0.22					UM
05.12.2025	ES-9-SP-MD_2	0.7303	97.2	94.5	39.7	42.4	17.7	0.23					UM
05.12.2025	ES-9-SP-MD_1	0.7303	96.6	94.5	41.8	42.6	15.3	0.23					UM
05.12.2025	ES-10-SP-NL_2	0.7301	97.3	94.6	39.0	43.0	17.7	0.23					UM
05.12.2025	ES-10-SP-NL_1	0.73	96.6	94.6	41.1	43.1	15.5	0.24					UM
05.12.2025	ES-11-SP-NL_2	0.731	96.0	91.2	81.2	24.1	14.5	0.19					UM
05.12.2025	ES-11-SP-NL_1	0.731	96.2	91.4	81.4	24.1	14.4	0.19					UM
05.12.2025	ES-12-EP-NL_2	0.7307	88.0	81.5	38.2	14.2	0.21	0.29					UM
05.12.2025	ES-12-EP-NL_1	0.7307	88.4	81.4	38.6	13.7	0.22	0.32					UM
05.12.2025	ES-12-EP-NL_2	0.7376	89.4	83.8	78.1	18.8	6.9	4.22	0.5	3.95			I
05.12.2025	ES-12-EP-NL_1	0.7375	89.2	83.7	89.6	19.0	7.2	4.23	0.51	3.96			I
05.12.2025	ES-11-EP-NL_2	0.7374	88.4	82.9	70.7	17.9	7.0	4.36	0.51	3.96			I
05.12.2025	ES-11-EP-NL_1	0.7373	88.4	82.9	70.3	18.4	7.1	4.17	0.52	3.91			I
05.12.2025	ES-10-EP-NL_2	0.7379	89.8	83.3	70.3	18.4	7.0	4.27	0.5	4.0			I
05.12.2025	ES-10-EP-NL_1	0.7378	88.7	83.1	69.4	19.2	7.2	4.29	0.52	4.02			I
05.12.2025	ES-09-EP-MD_2	0.737	88.8	83.3	71.6	17.2	7.2	4.04	0.51	3.78			I
05.12.2025	ES-09-EP-MD_1	0.737	88.7	83.1	70.6	18.4	6.9	4.07	0.51	3.79			I
05.12.2025	ES-08-EP-MD_2	0.7322	88.8	83.1	70.7	18.2	7.0	4.17	0.52	3.9			I
05.12.2025	ES-08-EP-MD_1	0.731	88.9	83.3	70.6	18.4	6.7	4.17	0.51	3.91			I

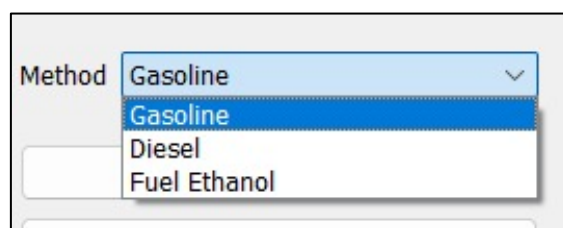
Fuente: (Autores)

2.7.17 Paso 17: Almacenamiento de datos en el computador

Para guardar todos los resultados, se debe seleccionar el tipo de combustible correspondiente, ya que los datos se almacenan según su clasificación, gasolina o diésel. Para este propósito, el software dispone de la opción “**Method**”, la cual permite evitar confusiones en los datos del muestreo y seleccionar correctamente el tipo de combustible que se va a exportar.

Figura 49

Opciones de combustibles para exportar los datos



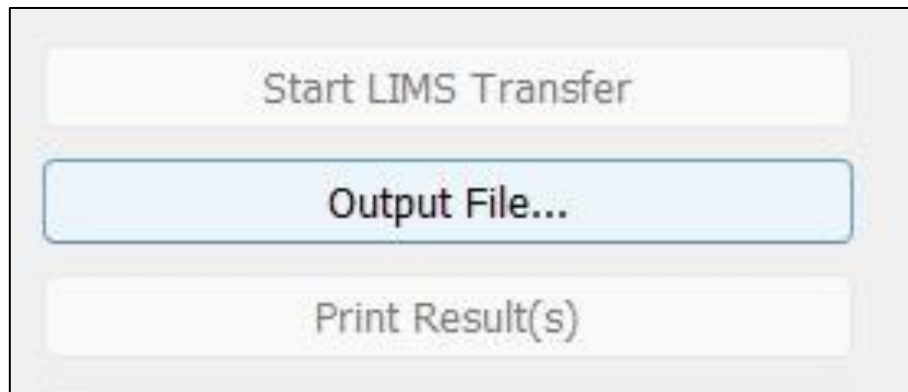
Fuente: (Autores)

2.7.18 Paso 18: Selección de parámetros a exportar

Para realizar la exportación de los parámetros, se elige la opción de “**Output File**” en donde aparecerá otra ventana de la configuración con el nombre del combustible antes seleccionado y con una lista de todos los parámetros que se requiera exportar, una vez seleccionado tenemos que pulsar en la opción “**Export**” para la función de exportar para guardar los archivos.

Figura 50

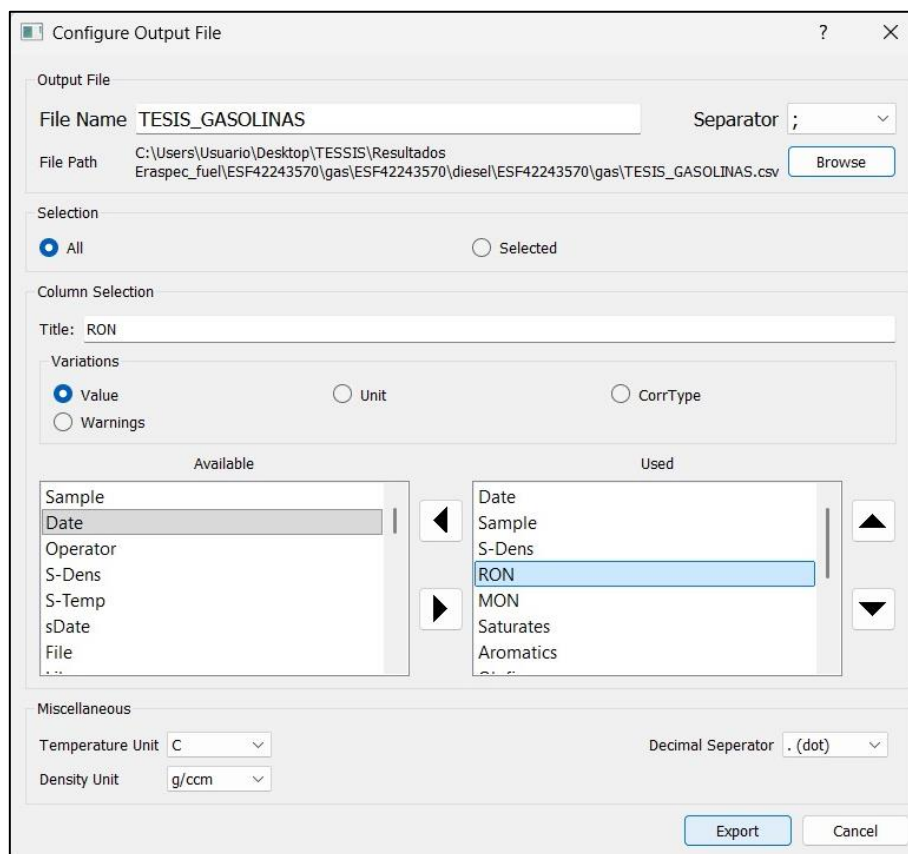
Opción de exportar datos del Erasoft RCS



Fuente: (Autores)

Figura 51

Ventana de configuración de exportación de datos del Erasoft RCS



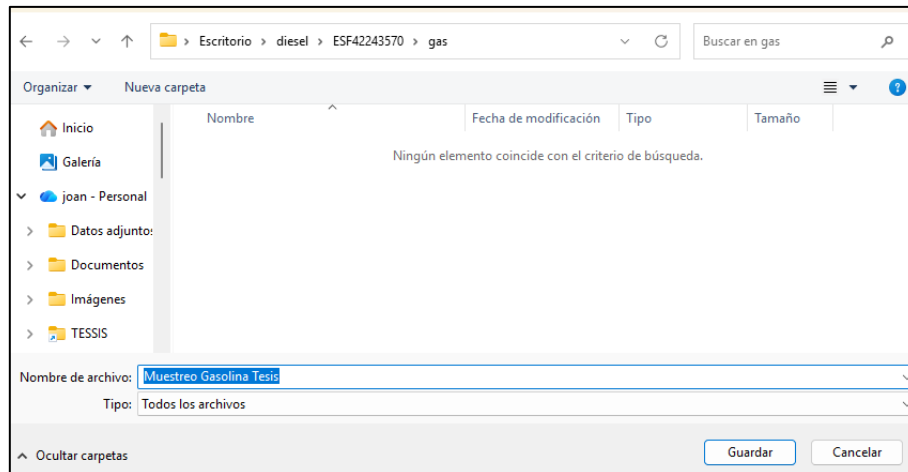
Fuente: (Autores)

2.7.19 Paso 19: Exportación de datos hacia una carpeta segura

Una vez culminada la configuración de exportación de los análisis de combustibles, aparecerá la ventana de archivos del computador en donde se podrá guardar y disponer de mejor manera los datos obtenidos.

Figura 52

Carpeta con los resultados en el explorador de archivos



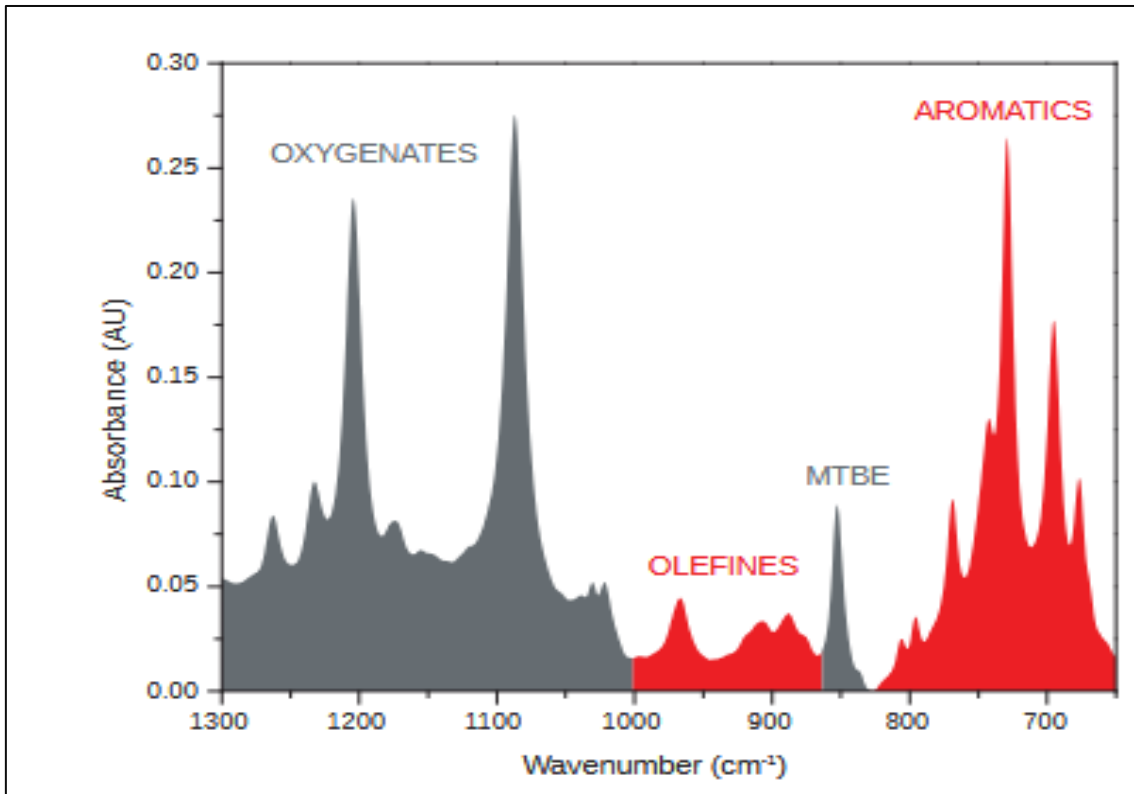
Fuente: (Autores)

2.7.20 Paso 20: Almacenamiento y respaldo de resultados

Una vez finalizado el análisis, los resultados deben almacenarse en la memoria interna del equipo, lo que permite su posterior verificación mediante el código correspondiente a cada muestra. Luego, los datos pueden exportarse a una hoja de cálculo en Excel para llevar a cabo el análisis estadístico y la comparación entre estaciones de servicio, franjas horarias y tipos de combustible.

Figura 53

Ejemplo de espectro referencial de un análisis de combustible



Fuente: (eralytics, 2025)

2.8 Tabulación automatizada de resultados

Todos los datos integrados por el equipo se establecieron en una base de datos única, que nos permitía vincular cada una de ellas con su espectro respectivo, con su código, su estación, su horario y el tipo de combustible. Nos permitió realizar comparaciones entre los picos más altos de varias sustancias y lograr identificar patrones en la variación de la calidad del combustible.

2.8.1 Tablas de resultados del análisis de la gasolina Ecopaís

Tabla 9

Resultados obtenidos de la gasolina Ecopaís en la mañana

Sample	S-Dens	RON	MON	Aromatics	Olefins	Oxygenates	Benzene	Ethanol
ES-01-EP-M	0,7382	88,7	83,2	17,8	6,5	3,59	0,44	3,29
ES-02-EP-M	0,739	89	83,6	17,8	5,1	3,9	0,47	3,58
ES-03-EP-M	0,7382	88,6	83,2	18,5	6,2	3,66	0,48	3,45
ES-04-EP-M	0,7375	89,1	83,6	19	7	4,2	0,49	3,93
ES-05-EP-M	0,738	89,2	83,7	19,9	7,1	4,3	0,51	4,12
ES-06-EP-M	0,7375	89,1	83,5	18,4	6,9	3,92	0,52	3,77
ES-07-EP-M	0,7373	88,8	83,2	17,8	6,8	3,9	0,45	3,74
ES-08-EP-M	0,7374	88,7	83,2	18,1	7	3,96	0,44	3,71
ES-09-EP-M	0,7373	88,7	83,2	18,4	6,8	3,97	0,46	3,81
ES-10-EP-M	0,738	89,3	84	19,5	7	4,24	0,47	4,07
ES-11-EP-M	0,7376	89,5	84,1	19,1	6,9	3,91	0,49	3,64
ES-12-EP-M	0,7372	89,6	84	18,1	6,6	3,84	0,5	3,57

Fuente: (Autores)

Tabla 10

Resultados obtenidos de la gasolina Ecopaís en el medio día

Sample	S-Dens	RON	MON	Aromáticos	Olefins	Oxygenates	Benzene	Ethanol
ES-01-EP-MD	0,738	89,2	83,7	18	6,7	4,09	0,47	3,78
ES-02-EP-MD	0,7372	88,7	83,2	17,9	6,6	3,97	0,49	3,72
ES-03-EP-MD	0,7373	88,7	83	17,6	6,7	4,11	0,48	3,76
ES-04-EP-MD	0,7374	88,4	83,2	17,4	6,1	3,54	0,48	3,32
ES-05-EP-MD	0,7388	89,5	84,1	18,2	6,6	4,18	0,49	3,85
ES-06-EP-MD	0,7381	89,3	84	18,7	6,8	4,02	0,51	3,86
ES-07-EP-MD	0,7367	88,6	82,9	18,1	7,1	4,09	0,51	3,84
ES-08-EP-MD	0,7372	88,6	83,1	18,2	7	4,17	0,52	3,9
ES-09-EP-MD	0,737	88,7	83,1	18,4	6,9	4,07	0,51	3,79
ES-10-EP-MD	0,7381	89	83,5	20	6,9	4,49	0,51	4,24
ES-11-EP-MD	0,7377	89,3	83,7	19	7,1	4,25	0,52	4,02
ES-12-EP-MD	0,7376	89,1	83,6	18,9	7	4,09	0,52	3,89

Fuente: (Autores)

Tabla 11*Resultados obtenidos de la gasolina Ecopaís en la noche*

Sample	S-Dens	RON	MON	Aromatics	Olefins	Oxygenates	Benzene	Ethanol
ES-01-EP-N	0,7379	89,4	83,9	19,9	7,1	4,1	0,51	3,92
ES-02-EP-N	0,7378	89	83,4	19,4	6,9	4,12	0,51	3,94
ES-03-EP-N	0,7376	89,1	83,3	19,3	7,2	4,17	0,52	3,89
ES-04-EP-N	0,7372	88,7	83,1	18	6,6	3,97	0,47	3,62
ES-05-EP-N	0,7377	88,4	82,9	17,9	6,7	3,78	0,45	3,63
ES-06-EP-N	0,7372	88,6	83,2	18	6,5	3,92	0,45	3,68
ES-07-EP-N	0,7388	89,3	83,8	18,6	6,7	4,14	0,49	3,88
ES-08-EP-N	0,7378	89,4	84,1	18,9	6,8	4,26	0,49	3,99
ES-09-EP-N	0,7379	89,3	84,1	18,7	6,6	4,16	0,47	3,99
ES-10-EP-N	0,7378	88,7	83,1	19,2	7,2	4,29	0,52	4,02
ES-11-EP-N	0,7374	88,4	82,9	17,9	7	4,36	0,51	3,96
ES-12-EP-N	0,7376	89,4	83,8	18,8	6,9	4,22	0,5	3,95

Fuente: (Autores)**2.8.2 Tablas de resultados del análisis de la gasolina Súper****Tabla 12***Resultados obtenidos de la gasolina Súper en la mañana*

Sample	S-Dens	RON	MON	Aromatics	Olefins	Oxygenates	Benzene
ES-01-SP-M	0,7317	96,2	92,1	27,8	15,6	0,21	0,29
ES-02-SP-M	0,7325	95,8	90,6	22,6	14,3	0,18	0,3
ES-03-SP-M	0,733	94,6	90,2	21,6	13,5	0,17	0,31
ES-04-SP-M	0,7329	94,3	89,7	22,5	13,1	0,15	0,29
ES-05-SP-M	0,73	96,5	94,6	43,3	15,5	0,24	0,27
ES-06-SP-M	0,7431	94	86,7	24,4	10,1	0,19	0,35
ES-07-SP-M	0,7298	97	94,3	42,5	17,6	0,25	0,23
ES-08-SP-M	0,73	96,7	93,7	40,7	17,1	0,21	0,27
ES-09-SP-M	0,7305	96,4	93,3	36,9	16,3	0,19	0,26
ES-10-SP-M	0,7323	96,5	91,9	28,1	14,7	0,2	0,28
ES-11-SP-M	0,7314	95	89,8	21,1	13,8	0,17	0,3
ES-12-SP-M	0,7324	96,4	91,8	28,1	14,5	0,2	0,27

Fuente: (Autores)

Tabla 13*Resultados obtenidos de la gasolina Súper en el medio día*

Sample	S-Dens	RON	MON	Aromatics	Olefins	Oxygenates	Benzene
ES-01-SP-MD	0.7306	96,3	91,6	26,9	14,8	0.19	0.29
ES-02-SP-MD	0.7307	96,3	92,5	31,3	16.1	0.20	0.27
ES-03-SP-MD	0.7323	94,6	89,6	22,1	12.8	0.14	0.29
ES-04-SP-MD	0.7312	97,2	94,3	42,4	17.5	0.23	0.27
ES-05-SP-MD	0.7307	96,4	92,1	28,2	16.2	0.21	0.27
ES-06-SP-MD	0.7313	97,1	94,1	42,3	17.4	0.22	0.26
ES-07-SP-MD	0.7300	96,6	94,7	43,2	15.4	0.23	0.28
ES-08-SP-MD	0.7302	96,7	94,6	42,5	15.4	0.23	0.26
ES-09-SP-MD	0.7303	97,2	94,5	42,4	17.7	0.23	0.27
ES-10-SP-MD	0.7301	97,7	94,7	42,5	18.0	0.22	0.28
ES-11-SP-MD	0.7310	96,4	91,4	24,2	14.7	0.22	0.36
ES-12-SP-MD	0.7326	96,9	92,5	28,9	14.9	0.18	0.30

Fuente: (Autores)**Tabla 14***Resultados obtenidos de la gasolina Súper en la noche*

Sample	S-Dens	RON	MON	Aromatics	Olefins	Oxygenates	Benzene
ES-01-SP-N	0.7312	96,5	92	27,9	15.1	0.21	0.30
ES-02-SP-N	0.7311	96,4	92,5	33,2	15.7	0.22	0.29
ES-03-SP-N	0.7330	94,5	89,8	22,8	13.1	0.16	0.29
ES-04-SP-N	0.7312	95,4	90,7	23,7	14.5	0.16	0.29
ES-05-SP-N	0.7439	93,7	86,2	24,7	10.1	0.13	0.32
ES-06-SP-N	0.7300	96,9	94,1	41,5	17.3	0.22	0.25
ES-07-SP-N	0.7308	96,9	93,8	39,8	17.2	0.21	0.26
ES-08-SP-N	0.7305	97	94,1	41,4	17.3	0.22	0.27
ES-09-SP-N	0.7305	96,8	93,8	40,2	17.4	0.22	0.27
ES-10-SP-N	0.7300	96,6	94,6	43,1	15.5	0.24	0.26
ES-11-SP-N	0.7310	96,2	91,4	24,1	14.4	0.19	0.31
ES-12-SP-N	0.7307	96,4	93,4	38,6	13.7	0.22	0.32

Fuente: (Autores)

2.8.3 Tablas de resultados del análisis del Diésel

Tabla 15

Resultados obtenidos del diésel en la mañana

Sample	S-Dens	Cetane Number	Cetane Index	FAME	Aromatics
Es-01-DS-M	0,8409	51,2	55	0,1	26,9
Es-02-DS-M	0,8408	51	55	0,09	25,9
Es-03-DS-M	0,8387	53,6	53,9	0,09	22,7
Es-04-DS-M	0,8412	56,8	50,7	0,13	32,5
Es-05-DS-M	0,841	46,6	50,4	0,13	32,7
Es-06-DS-M	0,8396	47,5	51,4	0,13	32
Es-07-DS-M	0,8413	48,6	50,6	0,08	30,1
Es-08-DS-M	0,8404	48,3	51,6	0,15	29,5
Es-09-DS-M	0,8409	48,3	50,9	0,11	30,1
Es-10-DS-M	0,8411	49,2	51,5	0,1	29,5
Es-11-DS-M	0,8403	51	55	0,09	27,9
Es-12-DS-M	0,8409	51	55	0,09	27,9

Fuente: (Autores)

Tabla 16

Resultados obtenidos del diésel en el medio día

Sample	S-Dens	Cetane Number	Cetane Index	FAME	Aromatics
Es-01-DS-MD	0,8416	51	55	0,1	28,4
Es-02-DS-MD	0,8414	51	55	0,08	28,1
Es-03-DS-MD	0,84	51	55	0,09	27,3
Es-04-DS-MD	0,841	51	55	0,12	27
Es-05-DS-MD	0,8382	51	55	0,9	25,2
Es-06-DS-MD	0,8401	48,8	51,1	0,1	26,4
Es-07-DS-MD	0,841	46,5	50,6	0,13	32,7
Es-08-DS-MD	0,8413	46,8	50,6	0,13	32,8
Es-09-DS-MD	0,841	46,6	50,5	0,13	32,4
Es-10-DS-MD	0,841	49,7	51,7	0,1	29,4
Es-11-DS-MD	0,8403	49,7	52,1	0,1	28,7
Es-12-DS-MD	0,8408	49,4	51,9	0,1	29,1

Fuente: (Autores)

Tabla 17*Resultados obtenidos del diésel en la noche*

Sample	S-Dens	Cetane Number	Cetane Index	FAME	Aromatics
Es-01-DS-N	0,8411	46,7	50,7	0,12	32,5
Es-02-DS-N	0,8415	46,5	50,7	0,13	32,6
Es-03-DS-N	0,8398	47,5	51,5	0,13	31,9
Es-04-DS-N	0,8414	48,2	50,7	0,09	29,8
Es-05-DS-N	0,8398	49,3	51,9	0,08	28,8
Es-06-DS-N	0,8415	48	50,7	0,08	29,8
Es-07-DS-N	0,8404	51	55	0,08	28,5
Es-08-DS-N	0,8408	51	55	0,09	28,2
Es-09-DS-N	0,8405	51	55	0,09	27,4
Es-10-DS-M	0,8411	51	55	0,09	28,4
Es-11-DS-N	0,8403	46,9	51	0,13	32
Es-12-DS-N	0,8408	46,5	50,6	0,13	32,2

Fuente: (Autores)

3. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LOS COMBUSTIBLES MEDIANTE SOFTWARE DE DISEÑO EXPERIMENTAL

3.1 Enfoque del análisis computacional de los resultados

En los análisis de los combustibles se genera un conjunto de datos, por la influencia de variables como es el tipo de combustible, la estación, y su franja horaria. la literatura propone que la aplicación de métodos estadísticos apoyados con todas las herramientas es importante para tener un tratamiento riguroso y reproducible de la información experimental (Mishra, Pandey, Singh, & Keshri, 2019).

Esta investigación se basa en el uso de herramientas estadísticas y comparativas implementadas mediante software de análisis de datos, las cuales permiten resumir el volumen de información recopilada, evaluar los parámetros analizados y comparar el comportamiento de los diferentes tipos de combustibles (Rosales-Torres, Diseño, Experimentación y Validación Estadística de una Metodología para Resolver Problemas Complejos de Ingeniería en la Educación Superior , 2022)

3.1.1 Justificación del uso de múltiples softwares de análisis

Utilizar software permite tener y aprovechar todas las capacidades específicas de cada herramienta y aumentar la confiabilidad de todos los resultados por medio de la comparación de los equipos computacionales. La literatura señala que el uso de las herramientas nos ayuda a tener menos riesgos metodológicos y poder mejorar en el análisis (Mishra, Pandey, Singh, & Keshri, 2019).

Figura 54

Programas de software de análisis estadístico



Fuente: (Autores)

3.2 Preparación de la base de datos para análisis en software estadístico

Es importante realizar una preparación de todos los datos experimentales. En esta etapa nos aumenta la confiabilidad que la información sea consistente, confiable y compatible con los demás equipos computacionales. La literatura resalta que una separación separada de los datos puede comprometer en los resultados. (Aalst, 2016)

3.2.1 Estructuración de los datos experimentales

Los datos son organizados por hojas de cálculo en donde cada fila corresponde al muestreo que se realizar y cada columna en cambio corresponde a la variable del diseño experimental como es del estudio de la calidad del combustible que es de estación de servicio, tipo de combustible, franja horaria. toda estructura nos permite tener, mejor trazabilidad de la información y facilita su posterior análisis (Aalst, 2016).

3.2.2 Codificación de variables para análisis computacional

El propósito de optimizar los datos y evitar ciertos errores mediante la ejecución del análisis, las variables cualitativas fueron codificadas mediante alfanuméricos estandarizados. Realizar de esta manera facilita la manipulación de la información en los equipos computacionales y softwares y mejora el análisis y los resultados confiables (Mishra, Pandey, Singh, & Keshri, 2019).

3.3 Análisis descriptivo de las propiedades del combustible mediante

Microsoft Excel

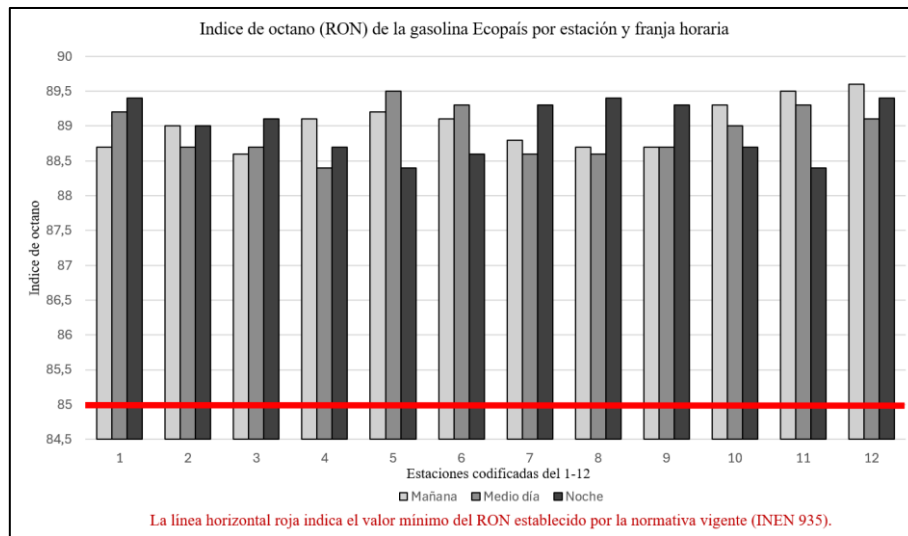
3.3.2 Representación gráfica de resultados en Excel

Las representaciones en Excel constituyen una herramienta fundamental para el desarrollo del análisis de datos, ya que permiten organizar, visualizar e interpretar de manera clara y sistemática las tendencias, diferencias y resultados obtenidos durante el proceso experimental.

Mediante el uso de recursos gráficos como gráficos de líneas, diagramas de barras e histogramas, es posible comparar valores de forma precisa y evaluar el comportamiento de las variables involucradas. Estas representaciones facilitan la identificación de patrones, variaciones y relaciones entre los datos, contribuyendo a una mejor comprensión de los resultados y respaldando la toma de decisiones y conclusiones con un sustento visual y analítico adecuado. (SIMCA, 2019).

Figura 55

Gráfica del índice del RON en gasolina Ecopaís por estaciones y franjas horarias



Fuente: (Autores)

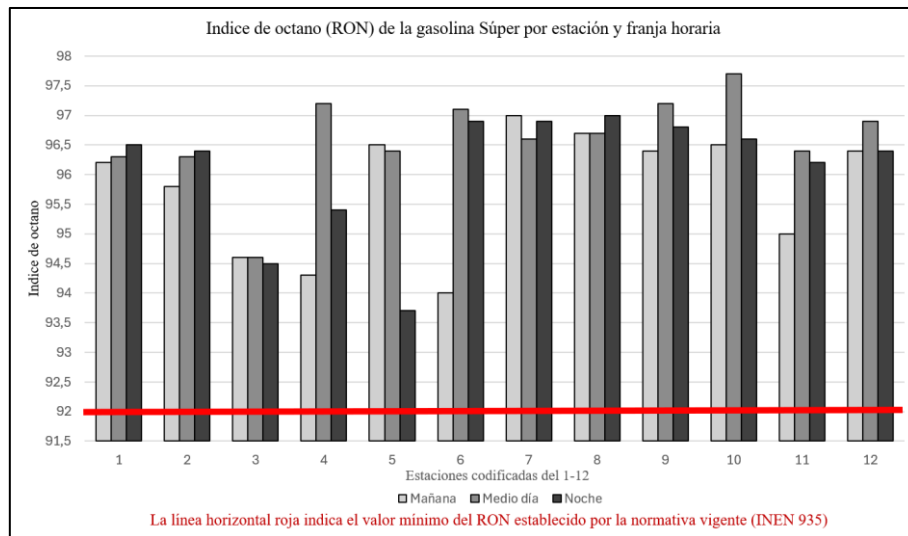
La Figura 55 muestra el comportamiento del número de octano de investigación (RON) de la gasolina Ecopaís en función de la estación de servicio y la franja horaria de muestreo. La línea horizontal indica el valor mínimo de RON “85” establecido por la normativa vigente (INEN 935). Los resultados evidencian que, en todas las estaciones analizadas y en las tres franjas horarias consideradas, el valor de RON se mantiene por encima del límite normativo, confirmando el cumplimiento general de los requisitos de calidad para este tipo de combustible.

A pesar de este cumplimiento, la gráfica permite identificar variaciones tanto entre estaciones de servicio como entre franjas horarias. Las diferencias observadas, aunque del orden de décimas de unidad de RON, se presentan de manera consistente en varias estaciones, lo que indica que el número de octano no permanece estrictamente constante a lo largo del día.

Estas variaciones sugieren la influencia de factores operativos y logísticos asociados al suministro y manejo del combustible, tales como procesos de mezcla, rotación de producto y condiciones de almacenamiento. En este sentido, la figura cumple un rol exploratorio fundamental, al evidenciar variabilidad temporal y espacial que justifica la aplicación de análisis estadísticos inferenciales para evaluar la significancia de los factores estudiados y sus interacciones.

Figura 56

Gráfica del índice del RON en gasolina Súper por estaciones y franjas horarias



Fuente: (Autores)

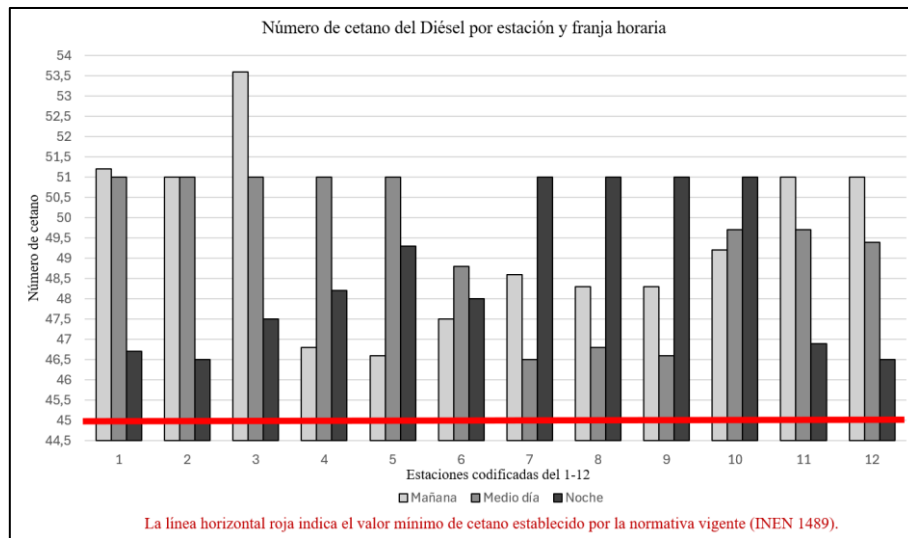
La Figura 56 muestra el comportamiento del número de octano de investigación (RON) de la gasolina Súper en función de la estación de servicio y la franja horaria de muestreo. La línea horizontal indica el valor mínimo de RON “92” establecido por la normativa vigente (INEN 935). Los resultados evidencian que, en todas las estaciones analizadas y en las tres franjas horarias consideradas, el valor de RON se mantiene ampliamente por encima del límite normativo, reflejando un elevado margen de cumplimiento para este tipo de combustible.

A diferencia de lo observado en la gasolina Ecopaís, la gasolina Súper presenta una mayor dispersión de valores de RON entre estaciones de servicio. Esta variabilidad sugiere diferencias más marcadas en la formulación y composición del combustible, lo que se traduce en rangos de octanaje considerablemente distintos entre puntos de suministro.

En cuanto a la variación por franja horaria, si bien esta no se presenta de manera uniforme en todas las estaciones, se observan diferencias puntuales que indican que el número de octano no permanece completamente constante a lo largo del día. En este sentido, la gráfica permite identificar que, para la gasolina Súper, la variabilidad entre estaciones tiene un mayor peso que la variabilidad temporal, lo que refuerza la necesidad de un análisis estadístico multifactorial para evaluar la significancia de los factores considerados.

Figura 57

Gráfica del índice del número de cetano del Diésel por estaciones y franjas horarias



Fuente: (Autores)

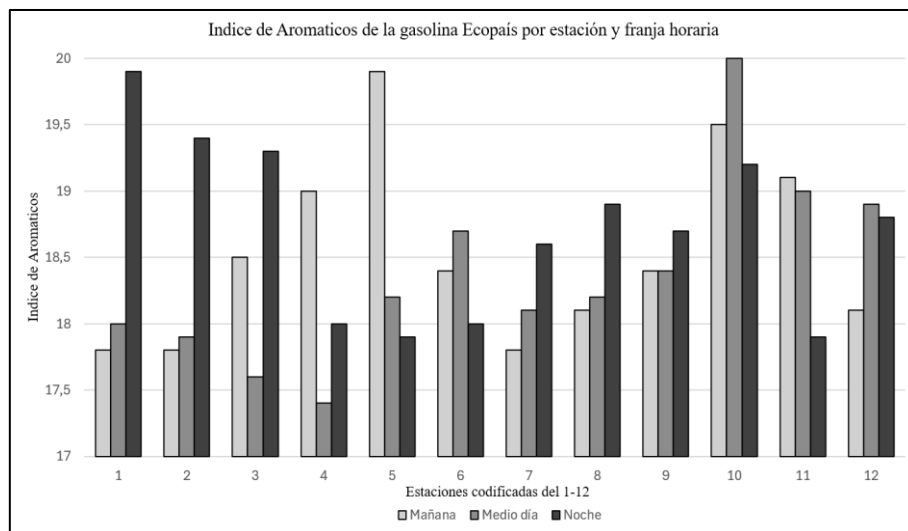
La Figura 57 presenta el comportamiento del número de cetano del diésel en función de la estación de servicio y la franja horaria de muestreo. La línea horizontal indica el valor mínimo de número de cetano “45” establecido por la normativa vigente (INEN 1489). Los resultados muestran que, en todas las estaciones analizadas y en las tres franjas horarias consideradas, el número de cetano se mantiene por encima del límite normativo, evidenciando el cumplimiento de los requisitos mínimos de calidad.

No obstante, a diferencia de lo observado en las gasolinas, el diésel presenta una mayor dispersión de valores de número de cetano entre estaciones de servicio, así como variaciones más marcadas entre franjas horarias. En algunos casos, los valores registrados se aproximan al límite normativo, lo que resulta relevante desde el punto de vista del comportamiento de ignición del combustible.

La variabilidad observada sugiere la influencia de factores asociados al suministro, mezcla y condiciones de almacenamiento del diésel, los cuales pueden afectar las propiedades de ignición a lo largo del día. En este sentido, la gráfica pone de manifiesto la necesidad de un análisis estadístico detallado para evaluar la significancia de los factores considerados y su posible impacto en el desempeño del motor y las emisiones.

Figura 58

Gráfica del índice de Aromáticos en gasolina Ecopaís por estaciones y franjas horarias



Fuente: (Autores)

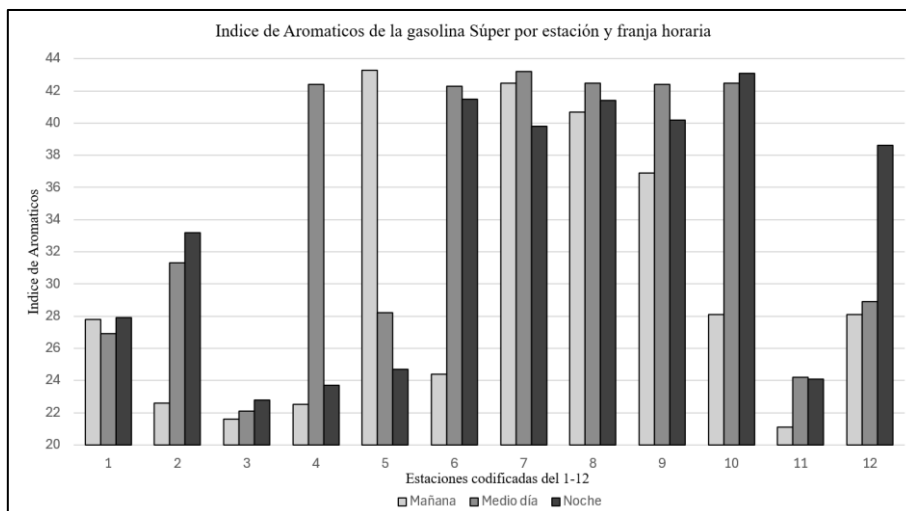
La Figura 58 presenta el comportamiento del índice de aromáticos de la gasolina Ecopaís en función de la estación de servicio y la franja horaria de muestreo. A diferencia del número de octano, el contenido de aromáticos muestra una mayor dispersión de valores tanto entre estaciones como entre franjas horarias, evidenciando una variabilidad composicional más marcada del combustible.

Las diferencias observadas entre estaciones sugieren que la formulación de la gasolina Ecopaís no es completamente homogénea en todos los puntos de suministro, lo que puede estar asociado a procesos de mezcla, suministro y manejo del combustible. Asimismo, la variación entre franjas horarias indica que el contenido de aromáticos puede modificarse a lo largo del día, a diferencia de lo observado en el comportamiento del RON.

La comparación conjunta de los resultados de RON y aromáticos pone de manifiesto que el cumplimiento normativo del número de octano no garantiza una composición constante del combustible. En este sentido, el análisis de aromáticos resulta fundamental para una evaluación más completa de la calidad de la gasolina Ecopaís, ya que aporta información adicional sobre su comportamiento composicional y su posible impacto en la combustión y las emisiones.

Figura 59

Gráfica del índice de Aromáticos en gasolina Súper por estaciones y franjas horarias



Fuente: (Autores)

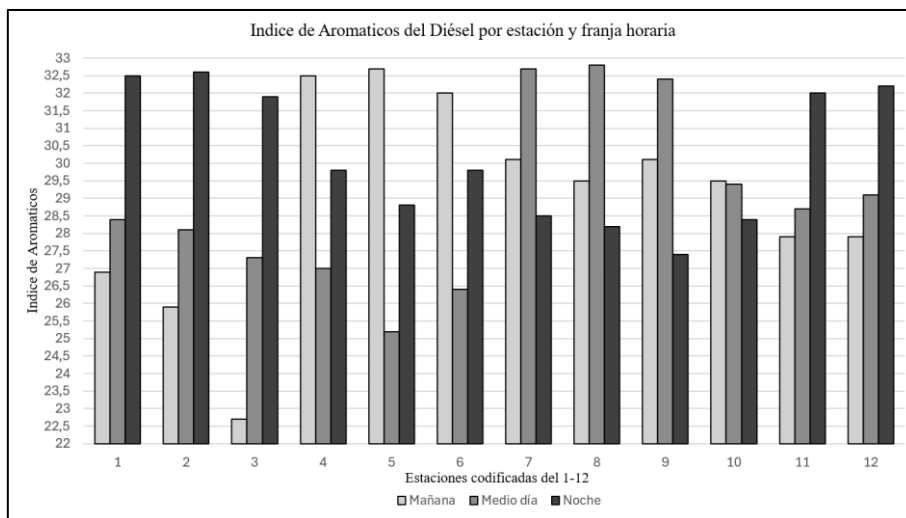
La Figura 59 presenta el comportamiento del índice de aromáticos de la gasolina Súper en función de la estación de servicio y la franja horaria de muestreo. A diferencia de lo observado en la gasolina Ecopaís, el contenido de aromáticos en la gasolina Súper muestra una dispersión considerablemente mayor, con diferencias marcadas entre estaciones de servicio.

Las variaciones observadas indican una elevada heterogeneidad composicional del combustible, lo cual se refleja en rangos amplios del índice de aromáticos. Esta heterogeneidad permite explicar, al menos en parte, la mayor dispersión del número de octano observada previamente en la gasolina Súper, dado que los compuestos aromáticos contribuyen significativamente al aumento del octanaje.

En cuanto a la franja horaria, si bien se identifican variaciones puntuales, estas no presentan un comportamiento sistemático en todas las estaciones, lo que sugiere que, para la gasolina Súper, la estación de servicio constituye el factor predominante en la variabilidad del contenido de aromáticos. En este contexto, el análisis de aromáticos aporta información clave para la comprensión integral de la calidad y comportamiento del combustible.

Figura 60

Gráfica del índice de Aromáticos en Diésel por estaciones y franjas horarias



Fuente: (Autores)

La Figura 60 presenta el comportamiento del índice de aromáticos del diésel en función de la estación de servicio y la franja horaria de muestreo. Los resultados evidencian una variabilidad significativa del contenido de aromáticos, tanto entre estaciones como entre franjas horarias, lo que indica una heterogeneidad composicional del combustible diésel comercializado.

Las diferencias observadas entre estaciones sugieren que el contenido de aromáticos no es uniforme en todos los puntos de suministro, mientras que la variación por franja horaria indica que este parámetro puede verse influenciado por procesos de mezcla, rotación y condiciones de almacenamiento a lo largo del día.

La variabilidad del índice de aromáticos resulta relevante desde el punto de vista técnico, ya que los compuestos aromáticos influyen directamente en las propiedades de ignición del diésel y en la formación de emisiones. En este sentido, los resultados obtenidos muestran coherencia con las variaciones observadas en el número de cetano, reforzando la necesidad de un análisis estadístico detallado para evaluar la significancia de los factores considerados y su impacto en la calidad del combustible.

3.3.1 Estadística descriptiva en Microsoft Excel

En lo que va de la estadística se basa en los métodos para lograr describir los datos mediante formas de medidas numéricas. La medida más utilizada es de la media, mediana, valores como son mínimo y máximo y la desviación estándar lo que nos permite evaluar la tendencia de todos los datos experimentales (Mishra, Pandey, Singh, & Keshri, 2019).

3.3 Análisis del diseño experimental mediante Minitab

3.3.1 Implementación del diseño experimental en Minitab

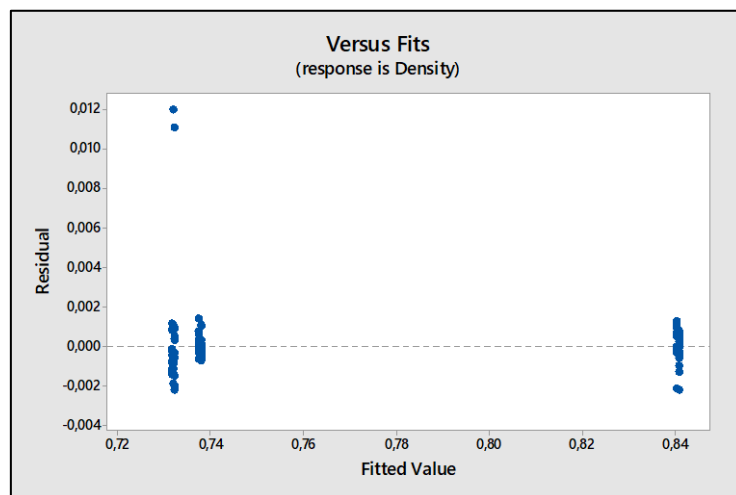
En lo que va del análisis por medio de diseño en Minitab es una estrategia para poder verificar los experimentos de una manera que los efectos de los diferentes factores puedan ser evaluados de acuerdo como desee en número de control de ensayos. Es muy útil por lo que su enfoque va en estudios donde están intervenidos por múltiples variables como es el ejemplo del estudio de la calidad del combustible.

3.3.2 Análisis de varianza (ANOVA) en Minitab

Se realizó el análisis de varianza (ANOVA) con la finalidad de evaluar el efecto que tiene el combustible y el horario de muestreo sobre la densidad. Se identificó los supuestos del modelo a través del análisis gráfico de residuos. En la gráfica de residuos versus valores ajustados mostré una dispersión alrededor de cero, sin tener patrones evidentes, la gráfica de probabilidad de igual manera evidenció una alineación con la recta teórica demostrando que cumple y es correcto.

Figura 61

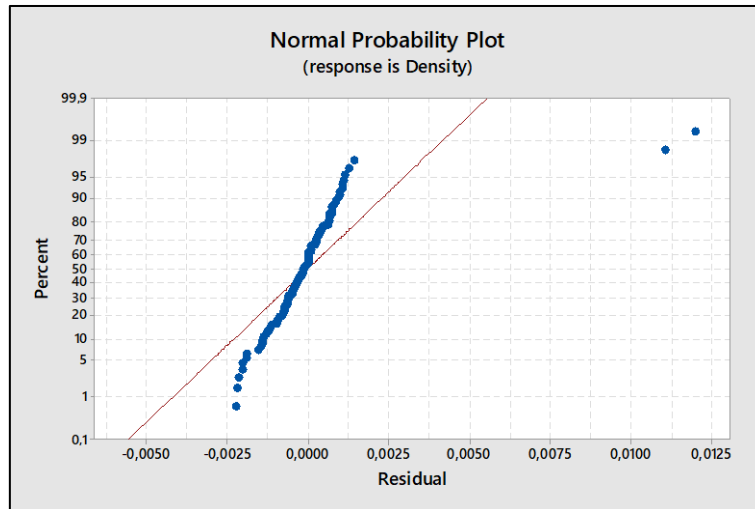
Residuals vs Fits (Density)



Fuente: (Autores)

Figura 62

Normal Probability Plot of Residuals (Density)



Fuente: (Autores)

Tabla 18

Tabla ANOVA (Session Window)

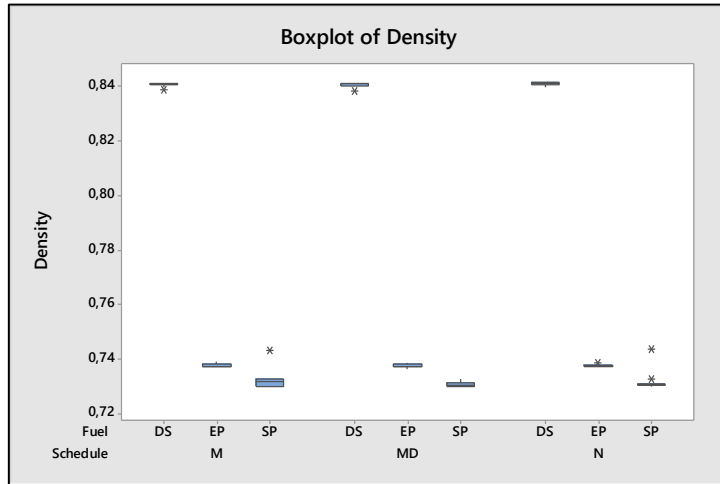
Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Fuel	2	0,269874	0,134937	40298,63	0,000
Schedule	2	0,000006	0,000003	0,93	0,398
Error	103	0,000345	0,000003		
Lack-of-Fit	4	0,000009	0,000002	0,68	0,605
Pure Error	99	0,000336	0,000003		
Total	107	0,270226			

Fuente: (Autores)

3.3.3 Evaluación de efectos principales e interacciones

Figura 63

Gráfica de interacción de la densidad (Combustible \times Horario)

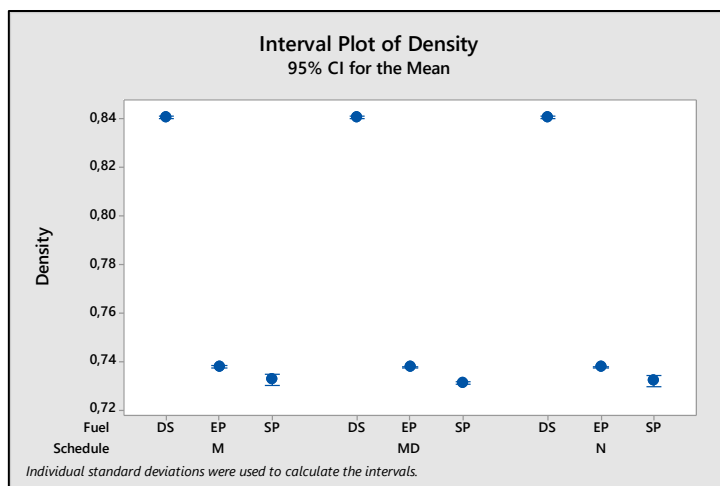


Fuente: (Autores)

En la figura 63 sobre la densidad, se analiza que las líneas corresponden a los combustibles que tienen una tendencia paralela en su franja horaria. Por lo que en este comportamiento nos permite identificar que la densidad no se ve afectada por el horario. La densidad es una de las propiedades del combustible por lo que no se espera que sufra variaciones en los cortos periodos de tiempo bajo las condiciones que está sometido.

Figura 64

Gráfico de intervalos de confianza de la densidad (95 %)

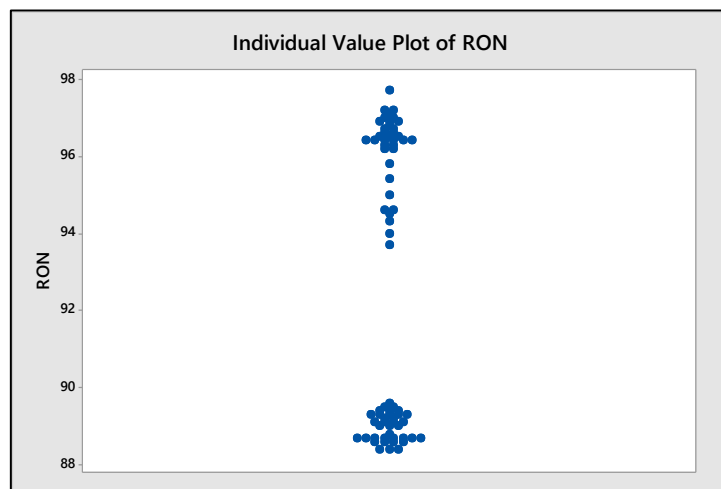


Fuente: (Autores)

En la figura 64 nos da a conocer en la siguiente grafica de intervalos como la densidad del combustible para cada tipo de combustible en su combinación y horario de muestreo, teniendo intervalos de confianza de 95%.se puede identificar que contienen una diferencia entre los combustibles presentando su primer valor de la densidad mayor. Él combustible Ecopaís contienen valores superiores que la superior lo que las variaciones con el horario de muestreo so reducidas, lo sugiere no ejercer una influencia en la densidad.

Figura 65

Gráfico de valores individuales del RON

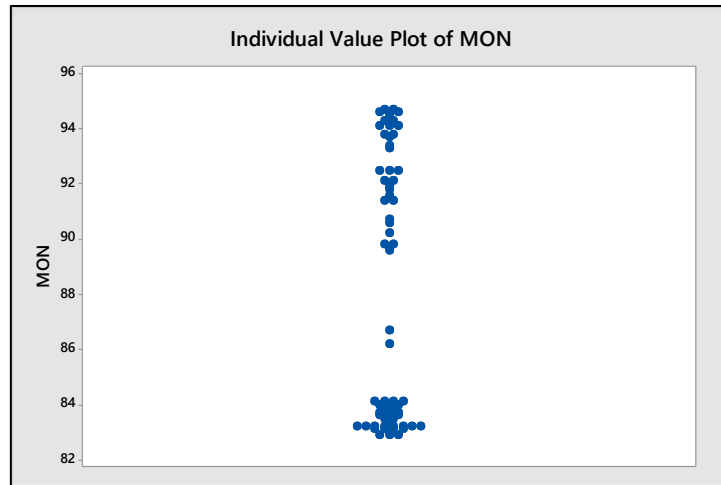


Fuente: (Autores)

En la figura 65 presenta los valores individuales de cada muestra del número de octano que corresponden a las muestras de gasolinas analizadas se llegó a observar la presencia de dos concentraciones en las gasolinas con rangos de 88–89 y 95–97. La separación entre cada una de ellas es corto y reducida lo que el RON conserva una estabilidad entre las muestras.

Figura 66

Gráfico de valores individuales del MON

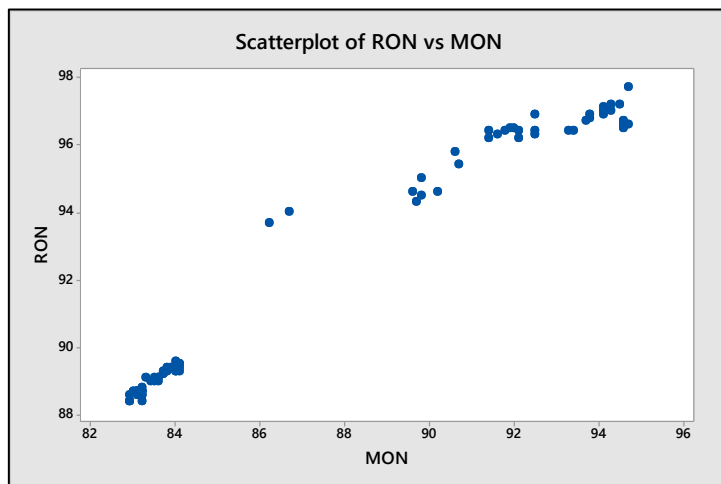


Fuente: (Autores)

La figura 66 la siguiente grafica muestra los valores individuales del parámetro de valor del número de octano (MON) del muestreo realizado de las gasolineras del cantón Cuenca. Se puede identificar que está dividido por dos valores que son las gasolineras Ecopaís y Súper, con sus respectivos rangos cada uno de 83-84 y 92-94. En cada grupo existe una dispersión muy reducida lo que significa la presencia del MON, está en estabilidad con respecto entre gasolineras evaluadas. Por otro lado, los valores obtenidos almacenan coherencias en el comportamiento del combustible, lo que resulta ser inferiores a los valores del RON.

Figura 67

Diagrama de dispersión RON vs MON

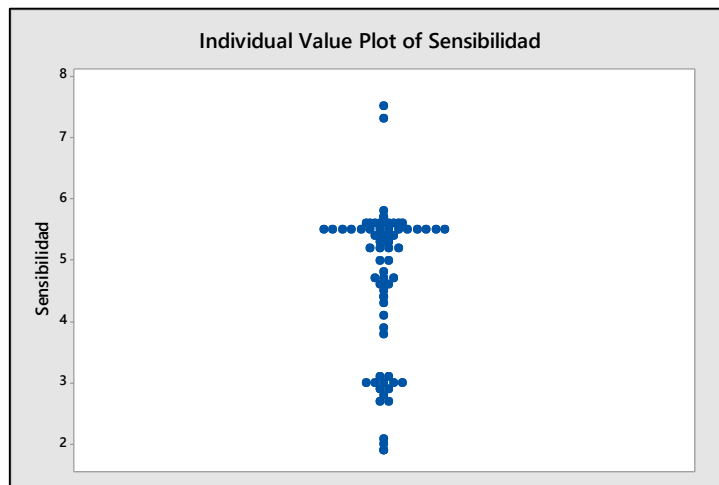


Fuente: (Autores)

La figura 67 muestra el diagrama de dispersión que existe entre el número de octano de investigación y el numero octano MON para respectivo análisis de cada gasolinera. Se puede analizar la relación positiva entre ambos parámetros, lo que evidencia que presenta una coherencia en el comportamiento antidetonante. De la misma manera se presencié dos grupos de los combustibles que no presentan solapamientos significativos y su distribución de datos propone una sensibilidad constante lo que permite identificar que existe una estabilidad en la calidad del combustible que se comercializa dentro de la ciudad.

Figura 68

Gráfico de valores individuales de la sensibilidad (RON – MON).

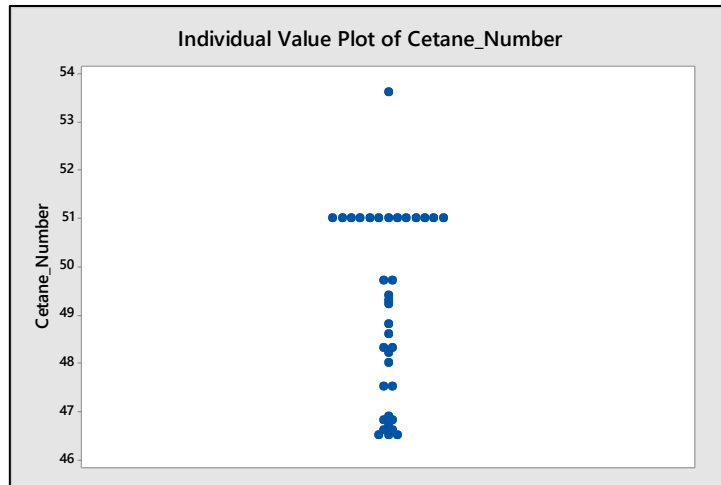


Fuente: (Autores)

La figura 68 interpreta sobre valores de la sensibilidad que existe en el combustible, lo que permite identificar la diferencia entre el número de octano (RON) y el (MON). Todos los valores que se obtuvo se encuentran en un rango que va de entre 4 a 6 unidades, lo que es común en las gasolineras comerciales. Permite identificar que presenta una respuesta antidetonante estable entre las muestras, no se llegó a identificar que existe valores extremos en el comportamiento anómalo del combustible.

Figura 69

Gráfico de valores individuales del número de cetano del diésel.

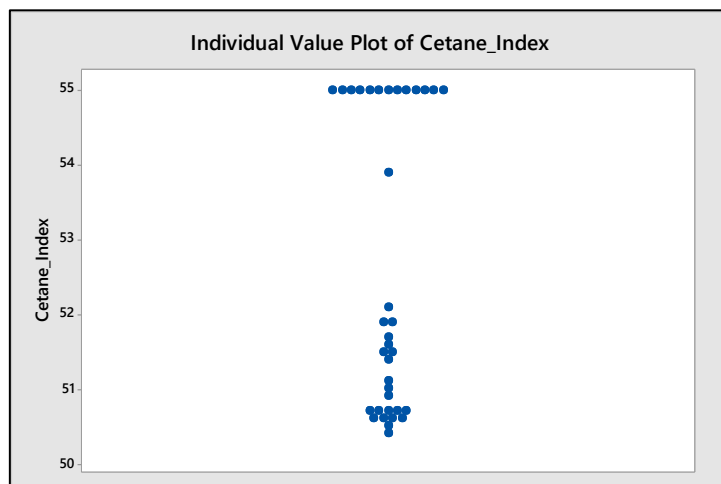


Fuente: (Autores)

La figura 69 presenta valores del número de cetano respecto a las muestras analizadas sobre la calidad del combustible sobre todo del combustible diésel. Los valores obtenidos se centran en un rango de 46 a 51 lo que significa que es muy común del diésel. Contienen una dispersión moderada con una mayor dispersión de concentración en los valores que se aproximan a 50 entendiéndose que presenta una capacidad de autoignición y una calidad estable del combustible. No presenta valores bajos que contengan o causen problemas severos de combustión.

Figura 70

Gráfico de valores individuales del índice de cetano del diésel

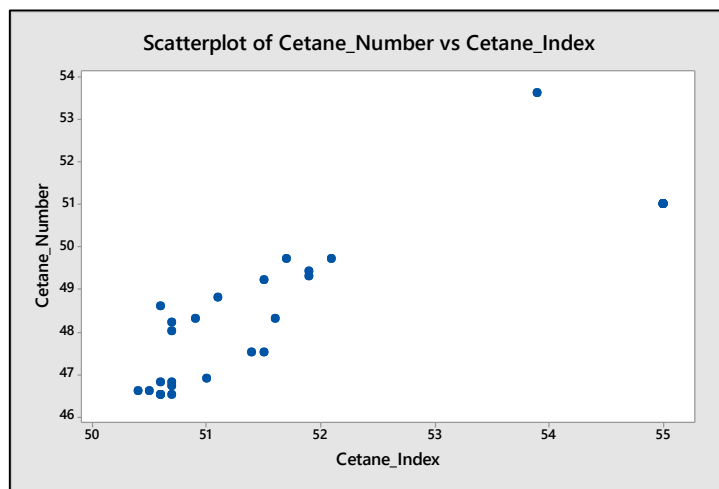


Fuente: (Autores)

La figura 70 contienen valores del índice de cetano de las muestras realizadas del combustible diésel. Los valores obtenidos del análisis se centran en un valor que va desde los 50 a 55 que es muy frecuente y característico del diésel. Contiene una dispersión moderada y mayor concentración en rango de 55, lo que indica que presenta una estabilidad en las propiedades del combustible. La cercanía que existe entre los valores del índice de cetano y el número de cetano nos da a entender que presenta una coherencia entre ambos parámetros medidos y analizados.

Figura 71

Dispersión número de cetano vs índice de cetano



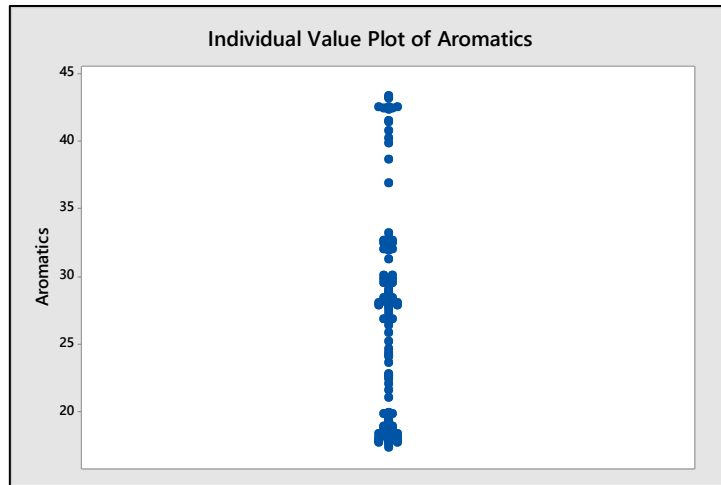
Fuente: (Autores)

La figura 71 muestra el diagrama de dispersión entre el cetano y el índice llegando a estimar las muestras realizadas para el diésel. Contienen una relación positiva entre ambos parámetros lo que permite analizar una coherencia entre los valores experimental y el valor calculado.

En la dispersión moderada se da con la naturaleza estimada del índice de cetano y con la variación que se obtuvo en el muestreo. Todos los valores obtenidos indican que contiene un buen indicador para el uso y comportamiento de ignición del diésel. Gráfico de valores individuales del contenido de aromáticos en gasolinas.

Figura 72

Gráfico de valores individuales del contenido de aromáticos en gasolinas.

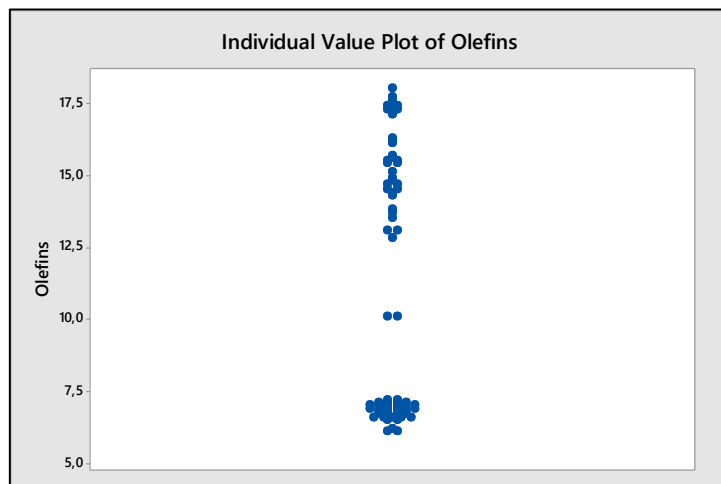


Fuente: (Autores)

La figura 72 habla sobre los valores de los aromáticos obtenidos del muestro realizado en la ciudad de Cuenca. Todos los datos obtenidos se encuentran distribuidos entre 18 % y 43 %, pero contienen una concentración en el rango de 25 % a 32 %, suele ser muy casual en las gasolinas, pero la dispersión que se puede observar nos da a entender que existe una variabilidad composicional del combustible dentro de las estaciones de servicio que se encuentran dentro de la ciudad. Lo que significa que no se encuentran valores anómalos y todos los resultados obtenidos son coherentes para el comportamiento previamente analizado mediante el RON y la sensibilidad.

Figura 73

Gráfico de valores individuales del contenido de olefinas en gasolinas.

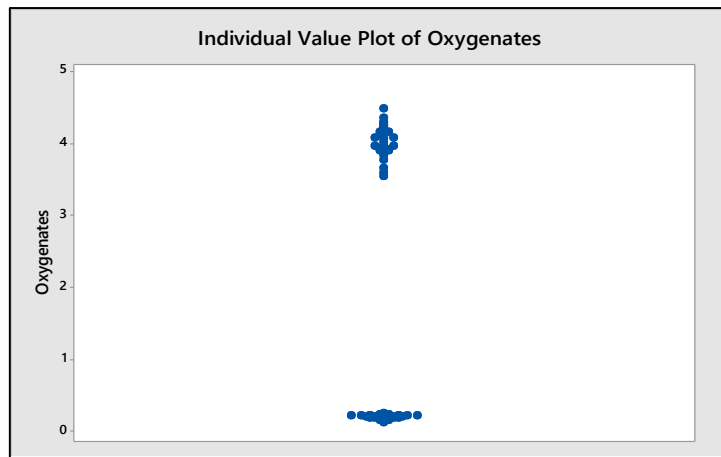


Fuente: (Autores)

La figura 73 muestra los valores de olefinas del muestreo del combustible. Todos los valores obtenidos y datos recopilados se encuentran en el rango de 6 % y 18 %, observándose dos concentraciones principales en torno a 6 –7 % y 13 – 18 %. Con estos rangos se visualiza una dispersión en la variabilidad composicional de las gasolinas que se encuentran asociadas a diferentes en formulación y las condiciones de suministro.

Figura 74

Gráfico de valores individuales del contenido de oxigenados en gasolinas.

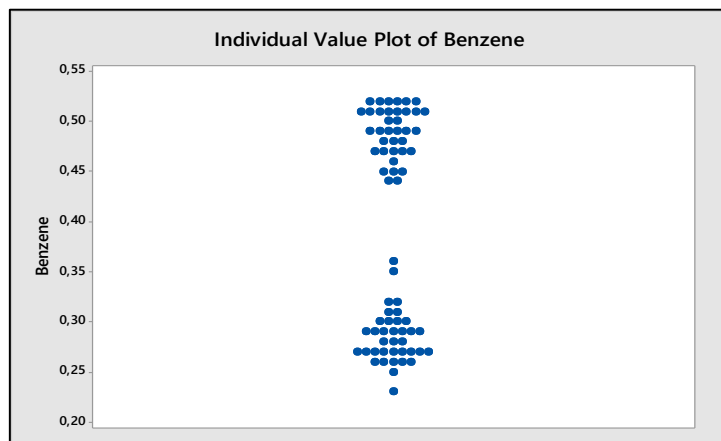


Fuente: (Autores)

La figura 74 contiene el muestro de los valores del contenido de oxigenantes correspondiente al muestro. Se puede identificar dos grupos que él un grupo contienen valores cercanos a cero y el otro con valores al 4% lo que quiere decir que contiene mezclas con y sin adición de compuestos oxigenados como el etanol.

Figura 75

Gráfico de valores individuales del contenido de benceno en gasolinas.

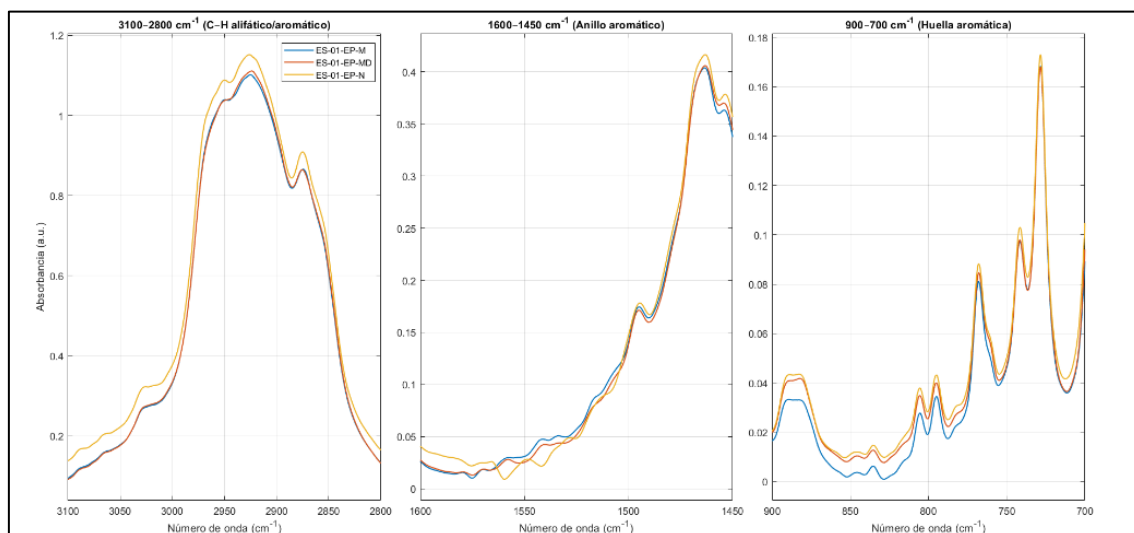


Fuente: (Autores)

3.4.2 Graficas relevantes de espectros en la gasolina Ecopaís.

Figura 77

Comparación de Gasolina Ecopaís en la estación 1 por rangos del espectro



Fuente: (Autores)

Región 3100–2800 cm⁻¹ (C–H alifático/aromático)

En esta región se observan bandas intensas correspondientes a las vibraciones de estiramiento C–H de hidrocarburos alifáticos, que constituyen la fracción mayoritaria de la gasolina Ecopaís. Los espectros obtenidos en los tres horarios presentan una alta superposición, con diferencias mínimas en la intensidad, lo que indica que la base hidrocarbonada del combustible se mantiene prácticamente constante a lo largo del día. La ausencia de variaciones significativas sugiere estabilidad composicional en la fracción parafínica y una adecuada homogeneidad del producto despachado en la estación analizada.

Región 1600–1450 cm⁻¹ (Anillo aromático)

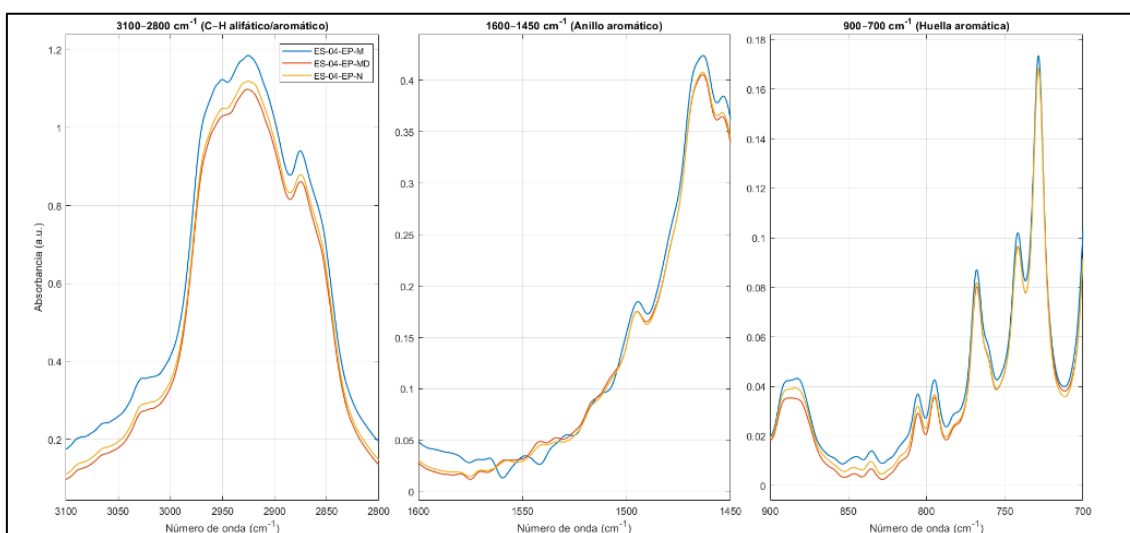
Las bandas ubicadas en esta región, asociadas a las vibraciones del anillo aromático, muestran perfiles muy similares entre los tres horarios de muestreo. Las ligeras variaciones de absorbancia observadas son de baja magnitud y no evidencian cambios relevantes en el contenido relativo de compuestos aromáticos. Este comportamiento confirma una consistencia intradiaria en la fracción aromática de la gasolina Ecopaís en la Estación 1.

Región 900–700 cm^{-1} (Huella aromática)

En la región de huella aromática se identifican picos bien definidos que confirman la presencia de hidrocarburos aromáticos en la formulación del combustible. La forma e intensidad de estas bandas se mantienen prácticamente constantes entre horarios, reforzando la evidencia de una composición aromática estable y controlada. En conjunto, los espectros de la Estación 1 representan un caso típico de estabilidad espectral, característico de un combustible regulado y distribuido bajo condiciones operativas normales.

Figura 78

Comparación de Gasolina Ecopaís en la estación 4 por rangos del espectro



Fuente: (Autores)

Región 3100–2800 cm^{-1} (C–H alifático/aromático)

En esta región se observan diferencias más perceptibles entre los espectros correspondientes a los distintos horarios de muestreo, particularmente en la intensidad de las bandas asociadas a enlaces C–H. Aunque la forma general del espectro se conserva, las variaciones de absorbancia sugieren cambios leves en la proporción relativa de hidrocarburos alifáticos y aromáticos a lo largo del día. Estas diferencias, si bien moderadas, indican una variabilidad intradiaria mayor en comparación con la Estación 1.

Región 1600–1450 cm⁻¹ (Anillo aromático)

La región aromática muestra diferencias claras en la intensidad de los picos entre horarios, evidenciando variaciones en el contenido relativo de compuestos aromáticos. Este comportamiento sugiere que factores operativos, como el despacho continuo, la reposición del combustible o la mezcla en los tanques de almacenamiento, pueden influir en la composición aromática del producto durante el día.

No obstante, las variaciones observadas se mantienen dentro de un rango esperado para un combustible comercial regulado.

Región 900–700 cm⁻¹ (Huella aromática)

En la zona de huella aromática se aprecian diferencias leves en la intensidad de algunos picos característicos, lo que respalda las variaciones observadas en la región del anillo aromático. Estas diferencias confirman la presencia de una variabilidad intradiaria moderada en la fracción aromática de la gasolina Ecopaís en la Estación 4, sin evidenciar alteraciones estructurales significativas en el combustible.

Comparativa entre los espectros de la gasolina Ecopaís

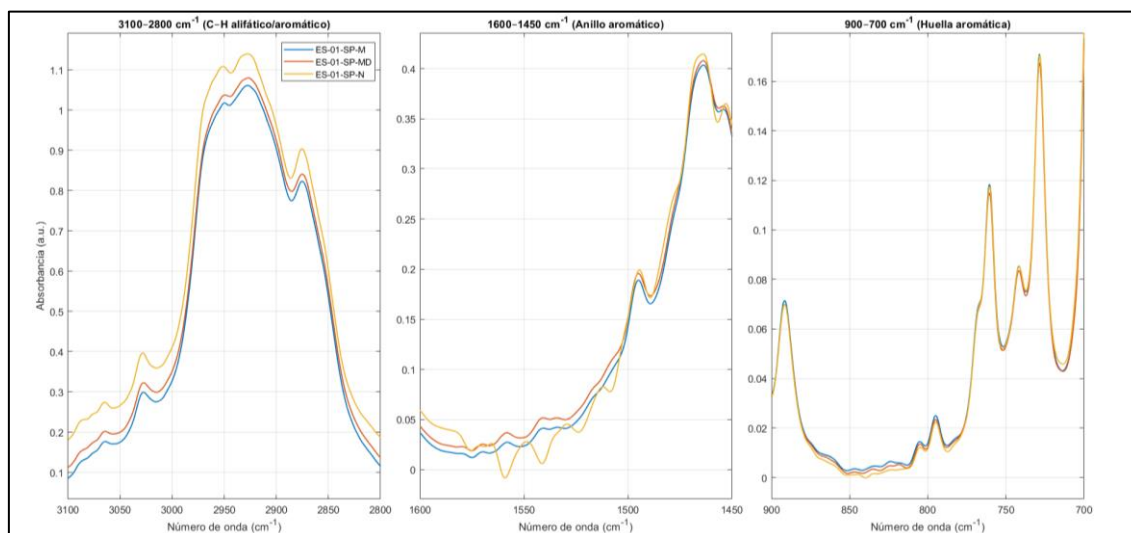
La comparación entre las estaciones analizadas evidencia que la gasolina Ecopaís presenta, en términos generales, una alta estabilidad composicional entre horarios, con variaciones espectrales leves concentradas principalmente en regiones asociadas a compuestos aromáticos. Mientras que la Estación 1 muestra un comportamiento espectral altamente consistente.

La estación 4 presenta una mayor variabilidad intradiaria, atribuible a condiciones operativas propias del proceso de almacenamiento y despacho. Estos resultados son coherentes con la naturaleza regulada del combustible y respaldan los valores cuantitativos obtenidos para parámetros como el contenido de aromáticos y el número de octano.

3.4.3 Graficas relevantes de espectros en la gasolina Súper.

Figura 79

Comparación de Gasolina Súper en la estación 1 por rangos del espectro



Fuente: (Autores)

Región 3100–2800 cm⁻¹ (C–H alifático/aromático)

En esta región se observan bandas intensas asociadas a las vibraciones de estiramiento C–H de hidrocarburos alifáticos, las cuales presentan una alta superposición entre los espectros correspondientes a los distintos horarios de muestreo. Las diferencias de absorbancia observadas son leves y no evidencian cambios relevantes en la fracción parafínica del combustible, esto indica una base hidrocarbonada estable a lo largo del día.

Región 1600–1450 cm⁻¹ (Anillo aromático)

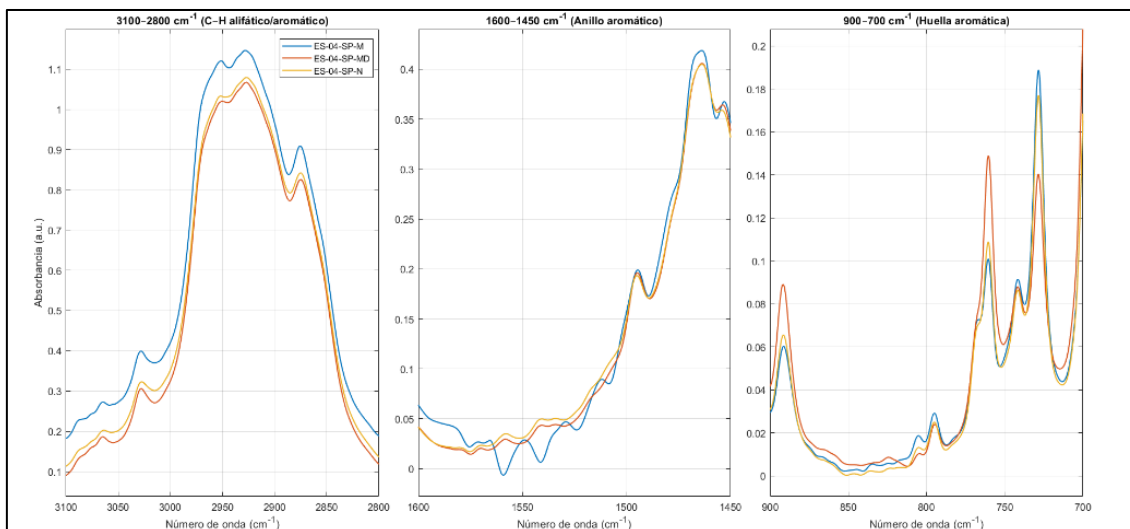
Las bandas correspondientes a las vibraciones del anillo aromático muestran perfiles muy similares entre horarios, con variaciones de baja magnitud en la intensidad de los picos. Este comportamiento sugiere que el contenido relativo de compuestos aromáticos en la gasolina Súper se mantiene prácticamente constante durante la jornada de muestreo en la Estación 1.

Región 900–700 cm⁻¹ (Huella aromática)

En la región de huella aromática se identifican picos bien definidos y superpuestos entre los tres horarios analizados. La estabilidad en la forma e intensidad de estas bandas confirma la consistencia estructural de la fracción aromática, reforzando la evidencia de una composición homogénea del combustible.

Figura 80

Comparación de Gasolina Súper en la estación 4 por rangos del espectro



Fuente: (Autores)

Región 3100–2800 cm^{-1} (C–H alifático/aromático)

En esta región se observan diferencias ligeramente más perceptibles entre los espectros correspondientes a los distintos horarios, principalmente en la intensidad de las bandas C–H. No obstante, la forma general del espectro se conserva, lo que indica que las variaciones responden a cambios menores en la intensidad relativa y no a modificaciones significativas en la composición del combustible.

Región 1600–1450 cm^{-1} (Anillo aromático)

La región aromática presenta una leve variación de intensidad entre horarios, aunque los picos mantienen posiciones y formas similares. Estas diferencias sugieren una variabilidad intradiaria limitada en el contenido de compuestos aromáticos, sin evidenciar alteraciones estructurales relevantes.

Región 900–700 cm^{-1} (Huella aromática)

En la zona de huella aromática se aprecian pequeñas variaciones en la intensidad de algunos picos característicos; sin embargo, el patrón espectral general permanece constante. Este comportamiento confirma que, aun en la estación con mayor variabilidad relativa, la composición aromática de la gasolina Súper se mantiene dentro de un rango estable.

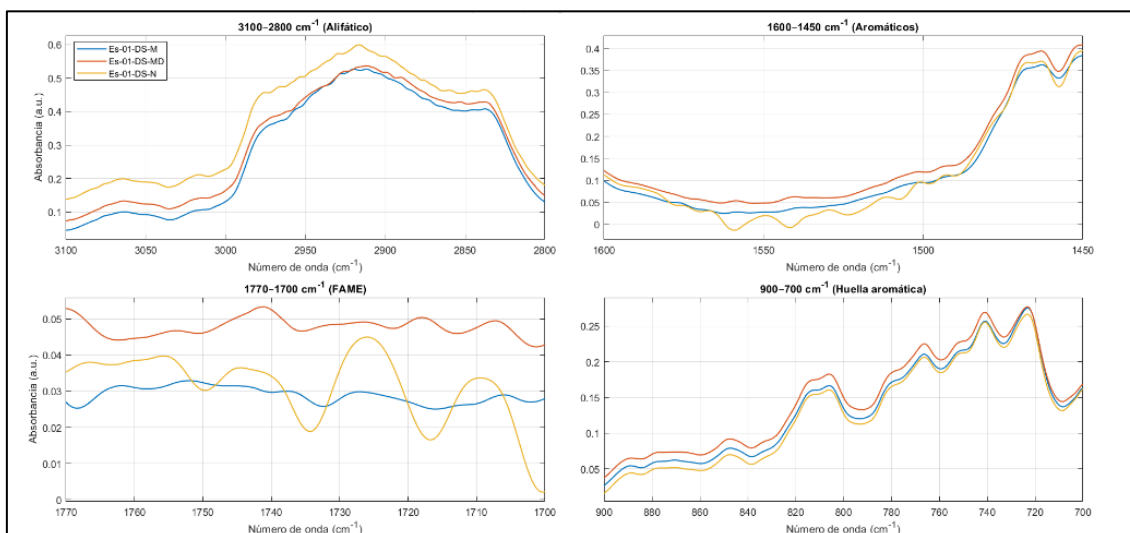
Interpretación comparativa de la gasolina Súper (párrafo clave)

El análisis espectral FTIR de la gasolina Súper evidencia una alta estabilidad composicional entre horarios, tanto en la fracción alifática como en la aromática. En comparación con la gasolina Ecopaís, las variaciones espectrales observadas en la gasolina Súper son de menor magnitud, lo que sugiere una formulación más homogénea y un control más estricto de sus componentes. Estos resultados respaldan el uso de la gasolina Súper como combustible de referencia o control dentro del análisis comparativo realizado.

3.4.4 Graficas relevantes de espectros en la Diésel

Figura 81

Comparación de Diésel en la estación 1 por rangos del espectro



Fuente: (Autores)

Región 3100–2800 cm⁻¹ (C–H alifático)

La Figura 81 correspondiente a la estación 1 presenta los espectros FTIR del diésel obtenidos en tres horarios de muestreo (mañana, mediodía y noche), analizados en cuatro regiones espectrales características. En la región 3100–2800 cm⁻¹, asociada a las vibraciones de estiramiento C–H de grupos alifáticos, los espectros muestran una forma prácticamente idéntica y picos bien definidos, lo que evidencia una matriz hidrocarbonada estable entre las muestras. Las variaciones observadas en la intensidad de absorbancia son leves y no indican cambios estructurales en la composición del combustible.

Región 1770–1700 cm^{-1} (FAME)

Por otro lado, la región 1770–1700 cm^{-1} , asociada al grupo carbonilo (C=O) de los ésteres metílicos de ácidos grasos (FAME), presenta diferencias más marcadas entre los espectros. El incremento de absorbancia en uno de los horarios indica una variación en la fracción biodiésel dentro de la mezcla, lo cual puede atribuirse a cambios de lote, procesos de mezcla no homogéneos o condiciones operativas del sistema de almacenamiento y distribución.

Región 1600–1450 cm^{-1} (Aromáticos)

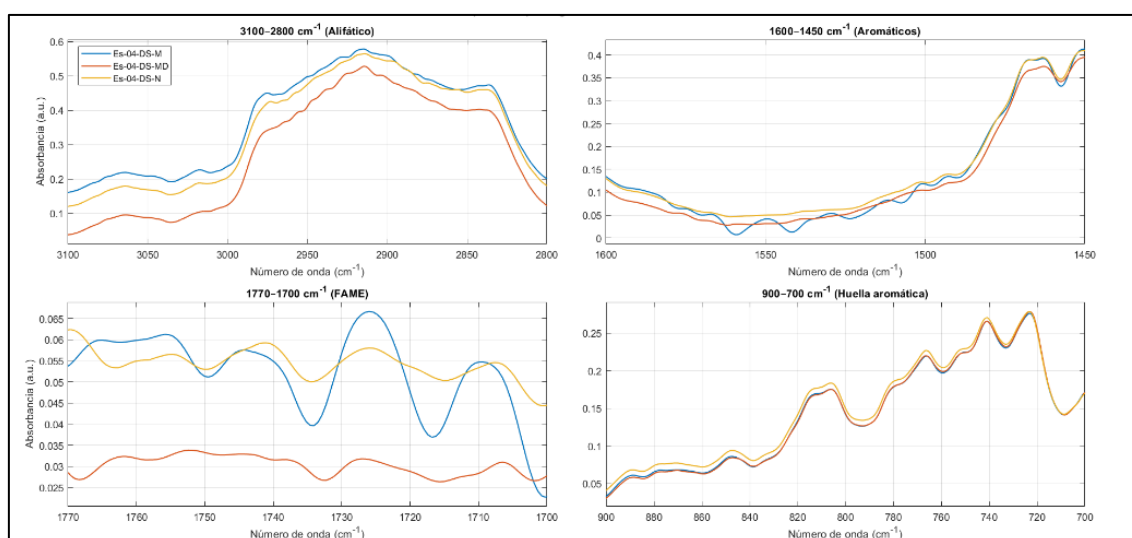
En la región 1600–1450 cm^{-1} , se observa una alta superposición de las curvas, lo que indica que el contenido aromático del diésel se mantiene constante entre los distintos horarios de despacho. Esta estabilidad sugiere uniformidad en la fracción aromática del combustible comercializado en esta estación.

Región 900–700 cm^{-1} (Huella aromática)

Finalmente, en la región 900–700 cm^{-1} , los espectros mantienen un patrón similar en forma y posición de picos, lo que confirma que el tipo de compuestos aromáticos presentes no varía significativamente. En conjunto, los resultados indican que la principal fuente de variabilidad del diésel en esta estación se concentra en la fracción FAME, mientras que la matriz hidrocarbonada y aromática permanece estable.

Figura 82

Comparación de Diésel en la estación 4 por rangos del espectro



Fuente: (Autores)

Región 3100–2800 cm⁻¹ (C–H alifático)

La Figura 82 correspondiente a la estación 4 muestra los espectros FTIR del diésel analizados en diferentes horarios del día, evaluados en cuatro regiones espectrales representativas. En la banda 3100–2800 cm⁻¹, asociada a las vibraciones C–H de cadenas alifáticas, los espectros presentan una forma consistente y picos característicos del diésel, lo que indica que la composición hidrocarbonada principal se mantiene estable. Las diferencias de intensidad entre curvas son moderadas y no reflejan alteraciones significativas en la estructura del combustible.

Región 1770–1700 cm⁻¹ (FAME)

Sin embargo, en la región 1770–1700 cm⁻¹, asociada a la presencia de ésteres (FAME), se evidencian diferencias claras en la intensidad de absorbancia entre las muestras. La variación observada indica cambios en la proporción relativa de biodiésel dentro de la mezcla, siendo esta región la más sensible para detectar variaciones composicionales del diésel. Estas diferencias pueden estar relacionadas con la renovación de combustible en los tanques o con variaciones en la homogeneización del producto.

Región 1600–1450 cm⁻¹ (Aromáticos)

En la región 1600–1450 cm⁻¹, correspondiente a los compuestos aromáticos, se observa una marcada superposición de las curvas, evidenciando una alta estabilidad del contenido aromático entre los horarios de muestreo. Este comportamiento sugiere un control adecuado del perfil aromático del combustible distribuido en la estación.

Región 900–700 cm⁻¹ (Huella aromática)

Finalmente, la región 900–700 cm⁻¹, correspondiente a la huella aromática, presenta espectros con formas prácticamente idénticas, lo que confirma que la naturaleza de los compuestos aromáticos permanece constante. En conjunto, los resultados muestran que, al igual que en la estación Es-01-05, la principal variabilidad del diésel en Es-04-05 se encuentra asociada a la fracción FAME, mientras que las regiones alifática y aromática muestran un comportamiento estable.

CONCLUSIONES

El análisis de los combustibles comercializados en el cantón Cuenca mediante espectroscopía FTIR permitió actualizar los datos del muestreo realizado en 2018, evidenciando que las gasolinas Ecopaís y Súper cumplen con los valores mínimos de número de octano establecidos por la norma NTE INEN 935, y que el diésel presenta números de cetano superiores al límite definido en la NTE INEN 1489.

No obstante, los resultados muestran una variabilidad composicional entre estaciones de servicio y franjas horarias, especialmente en el contenido de aromáticos y en la fracción FAME del diésel, lo que demuestra que el cumplimiento normativo de parámetros globales no garantiza una homogeneidad total del combustible.

El análisis estadístico confirmó que el tipo de combustible influye significativamente en la densidad, mientras que el horario de muestreo no ejerce un efecto relevante sobre esta propiedad. Asimismo, el análisis espectral FTIR permitió identificar regiones sensibles a cambios composicionales, validando esta técnica como una herramienta confiable para la evaluación integral de la calidad del combustible.

RECOMENDACIONES

Durante la ejecución del muestreo y el análisis de combustibles (gasolina y diésel) en laboratorio de tribología, se recomienda el uso obligatorio de equipos de protección personal e industrial, tales como bata ignífuga, guantes resistentes a hidrocarburos, gafas de seguridad y mascarilla adecuada para vapores orgánicos, con el fin de minimizar riesgos asociados a la manipulación de sustancias inflamables y volátiles. Asimismo, se debe controlar el tiempo de permanencia dentro del laboratorio, evitando exposiciones prolongadas e innecesarias, y garantizar una ventilación adecuada y continua, ya sea natural o forzada, para evitar la acumulación de vapores de combustible que puedan comprometer la seguridad del personal y la calidad de las mediciones.

Se recomienda además cumplir estrictamente los protocolos de limpieza y mantenimiento de los equipos de análisis, en especial la limpieza periódica del filtro y de las líneas de medición después de un número definido de pruebas o cambio de tipo de combustible, con el objetivo de evitar contaminación cruzada y pérdida de veracidad en los resultados. Para futuras investigaciones, se sugiere incrementar el número de muestras y campañas de muestreo, considerando mayor cobertura temporal y espacial dentro de la ciudad de Cuenca, lo que permitiría obtener resultados más representativos y estadísticamente robustos. Finalmente, se recomienda estandarizar los tiempos de estabilización del equipo y las condiciones ambientales de análisis, así como registrar de manera sistemática cualquier incidencia durante el proceso experimental, con el fin de mejorar la repetibilidad, trazabilidad y confiabilidad de los análisis realizados.

BIBLIOGRAFÍA

- Appinio. (13 de Agosto de 2024). *¿Qué es la prueba ANOVA? Definición, tipos y ejemplos*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2025, de Investigación de Appinio: https://www-appinio-com.translate.google.com/en/blog/market-research/analysis-of-variance-anova-test?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc
- (INEN), I. E. (2011). *Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN)*. Recuperado el 5 de Noviembre de 2025, de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/reglamentos/RTE-028-1R.pdf>
- (INEN), S. E. (2012). *NTE INEN 1489: Productos derivados del petróleo Diésel Requisitos*. Quito, Ecuador: INEN. Recuperado el 10 de Noviembre de 2025
- Aalst, V. d. (2016). *PROCESS MINING*.
- Absorbancia/Transmitancia. (16 de MARZO de 2019). *¿Qué porcentaje de opacidad han de tener las bolsas de basura?* Recuperado el 10 de NOVIEMBRE de 2025, de Laboratorios Eycó: <https://www.laboratorioseyco.com/que-porcentaje-de-opacidad-han-de-tener-las-bolsas-de-basura/>
- Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables. (2023). *Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables*. Recuperado el 5 de Noviembre de 2025, de <https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec>
- Alarcón, M., & Soriano, J. (2024). La evolución de los métodos de análisis multivariante en el campo de las ciencias de la administración. *UNIVERSIDAD DE CONCEPCION*. doi: <https://doi.org/10.29393/RAN10-15EMML20015>
- Alvarado-Olivo, S. (27 de diciembre de 2024). *Revolucionando el análisis de combustibles refinados con la espectroscopia Raman de estado sólido*. Recuperado el 8 de Noviembre de 2025, de ThermoFisher: <https://www.thermofisher.com/blog/cienciaacelerada/mineria/espectroscopia-raman-estado-solido-analisis-combustibles/>
- Álvarez, D. O. (16 de Julio de 2025). *Concepto*. Obtenido de Densidad: <https://concepto.de/densidad>
- Alves, A. A., Alves, R. S., Medeiros, P. Y., Maia, L. C., Feitosa, F. X., & Sant'Ana, H. B. (1 de marzo de 2025). Análisis de destilación de mezclas de diésel y biodiésel:

- un estudio comparativo con las normas ASTM, datos experimentales y correlaciones novedosas. *Combustible*. Recuperado el 9 de Noviembre de 2025, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S001623612403014X>
- American Petroleum Institute. (2022). *American Petroleum Institute*. Recuperado el 5 de Noviembre de 2025, de America Builds. America wins.: <https://www.api.org/>
- Armados con el mejor equipo de investigación. (04 de ABRIL de 2024). *Armados con el mejor equipo de investigación*. Recuperado el 14 de 12 de 2025, de VMPAUTO: <https://esp.smazka.ru/news/company-news/armados-con-el-mejor-equipo-de-investigacion>
- ASTM International. (2023). *ASTM International*. Recuperado el 5 de noviembre de 2025, de Helping Our World Work Better: <https://www.astm.org/>
- Awad, Mamát, Ibrahim, Hammid, Yusri, Hamidi, & Humada. (8 de 2018). Visión general de los combustibles oxigenados en el motor de encendido por chispa: Medio ambiente y rendimiento. *Reseñas de energía renovable y sustentable*, 394-408. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.03.107>
- B. Zare Rameshti. (2013). Conductividad de Boltzmann del grafeno ferromagnético con impurezas magnéticas. *Cornell University*. doi:<https://doi.org/10.1103/PhysRevB.88.245424>
- BARRERA, P. (1 de SEPTIEMBRE de 2025). *Camino a la sostenibilidad: la contribución de la investigación de UVG en la implementación del etanol como combustible*. Recuperado el 12 de NOVIEMBRE de 2025, de UVG: <https://noticias.uvg.edu.gt/etanol-guatemala-combustible-sostenible-investigacion-universitaria/>
- Beebe, Pell, & Seasholtz. (1998). *Chemometrics: A Practical Guide*. Wiley-Interscience. Recuperado el 6 de Noviembre de 2025, de Chemometrics: A Practical Guide. Wiley-Interscience.: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781118904643>
- BENAVIDES, K. F., & MONTENEGRO, F. I. (2023). *ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DE UN MOTOR MPI*. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, Quito - Ecuador. Recuperado el

11 de Noviembre de 2025, de
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/24250/1/TTS1151.pdf>

Blog Single. (16 de agosto de 2023). *tipos de combustible*. Recuperado el 4 de 12 de 2025, de Blog Single: <https://xiga.mx/estos-son-los-tipos-de-gasolinas-en-mexico-para-autos/>

Campos, A. N. (2025). *Resolución espectral*. Recuperado el 8 de Noviembre de 2025, de LinkedIn: https://www.linkedin.com/posts/camposalfredon_la-resoluci%C3%B3n-espectral-de-un-sensor-nos-activity-6428021751254392832-i9f8

Cardenas, J. (6 de Noviembre de 2015). *Qué es ANOVA de un factor y cómo analizarla*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2025, de Networkianos: <https://networkianos.com/anova-de-un-factor-que-es-como-analizar/>

Castillo Romero, O. G. (2012). *Aplicación espectral y topológica en el procesamiento de imágenes satelitales*. Trabajo de grado - Maestría. Recuperado el 8 de Noviembre de 2025, de <https://repositorio.unal.edu.co/items/cc4a1e62-fa92-46b9-8713-6c7782900948>

Castillo, J., Guzmán-Beckmann, L., Escola, B., & Reyes, E. (2023). Influencia de las Condiciones de Almacenamiento en la Presión de Vapor Reid, Formación de Gomas y el Número de Octano Research de la Gasolina. *Revista Politécnica*. doi:<https://doi.org/10.33333/rp.vol52n1.07>

Chulalongkorn. (21 de 2 de 2014). Temporal variation of BTEX at the area of petrol station in. *ScienceDirect*. doi: 10.1016/j.apcbee.2014.10.011

Dagnino, J. (2014). ANÁLISIS DE VARIANZA. *Bioestadística y Epidemiología*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2025, de <https://revistachilenadeanestesia.cl/PII/revchilanestv43n04.07.pdf>

eBay. (30 de junio de 2021). *eBay*. (I. #362673843258, Editor, & eBAY) Recuperado el 05 de 07 de 2025, de <https://www.ebay.com/itm/362673843258>

Emov EP. (2018). *Emov EP*. Obtenido de Informe del muestreo de combustible del año 2018: <https://www.emov.gob.ec>

Environmental Protection Agency. (2023). *Environmental Protection Agency*. Recuperado el 6 de Noviembre de 2025, de EPA: <https://www.epa.gov/>

- EP PETROECUADOR. (15 de DICIEMBRE de 2022). *Diésel Premium se despacha con normalidad desde la Refinería Shushufindi*. Recuperado el 10 de NOVIEMBRE de 2025, de EP PETROECUADOR: <https://www.eppetroecuador.ec/?p=15955>
- EP Petroecuador. (2022). *EP Petroecuador*. Recuperado el 5 de Noviembre de 2025, de EL NUEVO ECUADOR: <https://www.eppetroecuador.ec/>
- EP Petroecuador. (2022). *EP Petroecuador*. Recuperado el 5 de NOVIEMBRE de 2025, de EL NUEVO ECUADOR: <https://www.eppetroecuador.ec>
- EP PETROECUADOR. (7 de NOVIEMBRE de 2025). *Gobierno Nacional implementa sistema automático de autotanques en Terminal Pascuales: reduce tiempos y fortalece la transparencia en el despacho de combustibles*. Recuperado el 10 de NOVIEMBRE de 2025, de EP PETROECUADOR: <https://www.eppetroecuador.ec/?p=27663>
- EPE Brasil. (2022). *Biofuels and ethanol industry outlook*. Recuperado el 6 de Noviembre de 2025, de Empresa de Pesquisa Energética: <https://www.epe.gov.br>
- Eppetroecuador. (18 de Marzo de 2022). *EP PETROECUADOR DESPACHA COMBUSTIBLES CON MENOS CONTENIDO DE AZUFRE DE LO QUE ESTABLECE LA NORMATIVA ECUATORIANA*. Obtenido de Eppetroecuador: www.eppetroecuador.ec
- Eppetroecuador. (18 de Marzo de 2022). *EP PETROECUADOR DESPACHA COMBUSTIBLES CON MENOS CONTENIDO DE AZUFRE DE LO QUE ESTABLECE LA NORMATIVA ECUATORIANA*. Obtenido de Eppetroecuador: <https://www.eppetroecuador.ec>
- Eppetroecuador. (18 de Marzo de 2022). *EP PETROECUADOR DESPACHA COMBUSTIBLES CON MENOS CONTENIDO DE AZUFRE DE LO QUE ESTABLECE LA NORMATIVA ECUATORIANA*. Obtenido de Eppetroecuador: <https://www.eppetroecuador.ec>
- eralytics. (2025). *eraspec ANÁLISIS ESPECTRAL DE COMBUSTIBLES EN SEGUNDOS*. Recuperado el 06 de Enero de 2026, de eralytics: https://eralytics.com/wp-content/uploads/eraspec_bro_ES_web.pdf

- Espectroscopía. (11 de abril de 2024). *Espectroscopía: Definición, tipos y técnicas*. Recuperado el 8 de noviembre de 2025, de Estudiando: <https://estudiando.com/espectroscopía-definicion-tipos-y-tecnicas/>
- Fernández, J. L. (2025). *Ondas Armónicas*. Recuperado el 7 de NOVIEMBRE de 2025, de FISICALAB: <https://www.fisicalab.com/apartado/ondas-armonicas>
- Fernández, L. (24 de JULIO de 2019). *Contaminación vehicular: qué es, tipos, causas y consecuencias*. Recuperado el 10 de NOVIEMBRE de 2025, de Ecología verde: <https://www.ecologiaverde.com/contaminacion-vehicular-que-es-tipos-causas-y-consecuencias-2130.html>
- González, P. U. (17 de 06 de 2016). *Calidad de gasolina que usted compra es analizada en laboratorio de la UCR*. Recuperado el 14 de 12 de 2025, de UCR: <https://www.ucr.ac.cr/noticias/2016/6/17/calidad-de-gasolina-que-usted-compra-es-analizada-en-laboratorio-de-la-ucr.html>
- Google. (2026). *Google*. Recuperado el 15 de enero de 2026, de <https://www.google.com/maps>
- Guamán, G. (23 de marzo de 2024). Guayaquil y Quito, agobiadas por la contaminación vehicular. *expreso*. Recuperado el 11 de Noviembre de 2025, de <https://www.expreso.ec/quito/guayaquil-agobiadas-contaminacion-vehicular-194136.html>
- Harris, D. C. (2016). *Harris, D. C.* Recuperado el 6 de Noviembre de 2025, de Elevating Practical Applications with Cutting-Edge Updates and Enhanced Problem-Solving Practice: <https://www.macmillanlearning.com/college/us/product/Quantitative-Chemical-Analysis/p/131948770X>
- IEQFB. (17 de NOVIEMBRE de 2021). *¿Qué es la espectroscopia?: Tipos y técnicas*. Recuperado el 8 de NOVIEMBRE de 2025, de IEQFB: <https://ieqfb.com/que-es-la-espectroscopia-tipos-y-tecnicas/>
- INEN. (2016). *INEN*. Quito, Ecuador: INEN. Recuperado el 10 de Noviembre de 2025
- INEN. (2016). *NTE INEN 935: Productos derivados del petróleo Gasolina Requisitos*. Quito, Ecuador: INEN. Recuperado el 10 de Noviembre de 2025

- Instituto Americano del Petróleo (API). (2016). *Instituto Americano del Petróleo*. Recuperado el 9 de noviembre de 2025, de American Petroleum Institute: https://www-desmog-com.translate.goog/american-petroleum-institute/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc&_x_tr_hist=true
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2022). *Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN)*. Recuperado el 5 de Noviembre de 2025, de <https://zonalegal.net/uploads/documento/DIESEL.%20REQUISITOS.pdf>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (19 de octubre de 2021). *Instituto Ecuatoriano de Normalización*. Recuperado el 5 de noviembre de 2025, de APEL: <https://apel.ec/biblioteca-fecha/inen-nte-inen-935-productos-derivados-del-petroleo-gasolina-requisitos/>
- JOVE. (30 de Abril de 2023). *jove core statistics*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2025, de jove core statistics: <https://www.jove.com/es/science-education/v/13624/two-way-anova>
- Konteni. (18 de Octubre de 2022). *Bidones y jerricanes para gasolina*. Recuperado el 16 de 12 de 2025, de Konteni: https://www.konteni.es/blog/bidones-y-jerricanes-para-gasolina-a/?srsltid=AfmBOorbW1D5zRLJGPfZuemKnn_-idpWULGqk92xvGgMRJ16eBqmAHrL
- Kozak, R. (s.f.). *Almacenamiento en el Laboratorio: ¿Cómo seleccionar el contenedor adecuado?* Obtenido de <https://osmosyslab.com/almacenamiento-en-el-laboratorio-como-seleccionar-el-contenedor-adecuado/>
- LA VANGUARDIA. (20 de 03 de 2022). *¿Puedo guardar gasolina en casa?* Obtenido de LA VANGUARDIA: <https://www.lavanguardia.com/motor/20220320/8138397/guardar-gasolina-casa-se-puede-condiciones-pmv.html>
- Leghrib, R., Ouacha, E., Zouida, A., Faiz, B., & Amghar, A. (2020). Monitoring automobile fuel adulteration using ultrasound technique for environmental issues,. *Sciencedirect*, 150. Recuperado el 15 de Enero de 2026, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S026322411930870X>

- Liqui Moly. (6 de Junio de 2024). *Liqui Moly*. Obtenido de Índice de cetano: clave para motores diésel: <https://liqui-moly.com.ar/indice-de-cetano-clave-para-motores-diesel>
- Macioszek, & Sobczyński. (2024). Evaluación del contenido de humedad del combustible diesel disponible en el mercado utilizando espectroscopía de impedancia. *MDPI*. doi:<https://doi.org/10.3390/en17081903>
- Manal, A., N., E., & Y.Barakat. (4 de diciembre de 2019). Mezclas de gasolina y etanol enriquecidas con reformado: criterios de volatilidad y formación de azeótropos. *ScienceDirect*. Recuperado el 9 de noviembre de 2025, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1110062119301709>
- MAPAS NORMATIVOS. (2022). Obtenido de Cuenca Alcaldía: https://www.cuenca.gob.ec/sites/default/files/planificacion/ANEXO%203_Planos%20normativos__0.pdf
- MICROPLANET. (30 de JUNIO de 2020). *Soluciones para automatizar el etiquetado de sus muestras*. Obtenido de MICROPLANET: <https://www.microplanet-psl.com/blog/soluciones-para-automatizar-el-etiquetado-de-sus-muestras/>
- Ministerio de Ambiente y Energía. (2022). *Ministerio de Ambiente y Energía*. Recuperado el 5 de NOVIEMBRE de 2025, de EL NUEVO ECUADOR: <https://www.ambienteyenergia.gob.ec/ecuador-distribuye-diesel-premium-de-mayor-calidad-a-la-exigida-en-la-norma-inen/>
- Ministerio de Energía y Minas del Ecuador. (2022). *Ministerio de Energía y Minas del Ecuador*. Recuperado el 6 de Noviembre de 2025, de EL NUEVO ECUADOR: <https://www.ambienteyenergia.gob.ec/>
- Mishra, P., Pandey, C. M., Singh, U., & Keshri. (SEPTIEMBRE de 2019). Selección de métodos estadísticos apropiados para el análisis de datos. *ANNALS OF CARDIAC ANAESTHESIA*. doi:10.4103/aca.ACA_248_18
- Mitsubishi Motors. (02 de 08 de 2020). *Mitsubishi-motors.com.ec*. Obtenido de https://www.mitsubishi-motors.com.ec/wp-content/uploads/2020/08/Ficha_L200_AltaCalidad.pdf

- ML TRUCK. (04 de JUNIO de 2024). *¿Se puede almacenar gasolina en recipientes de plástico?* Obtenido de ML TRUCK: <https://es.ml-vehicle.com/info/can-gasoline-be-stored-in-plastic-containers-91996107.html>
- Moiser, N. (2015). *ScienceDirect*. Obtenido de Capítulo 23 - Cómo se produce el etanol combustible a partir del maíz: https://www-sciencedirect-com.translate.google/science/chapter/edited-volume/abs/pii/B9780124079090000237?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc
- Mondal, S. (2024). Qualitative assessment of regular and premium gasoline available. *Heliyon*, 9. doi: www.cell.com/heliyon
- Montgomery, D. (2017). *Design and Analysis*. Recuperado el 10 de 12 de 2025, de https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=Py7bDgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=design+and+analysis+of+experiments&ots=X8v3o4MO26&sig=fXseStxvLdVJA18F2ASophVQYYE&redir_esc=y#v=onepage&q=design%20and%20analysis%20of%20experiments&f=false
- Muñoz, C. (30 de DICIEMBRE de 2024). Estos son los horarios en que se suspende la venta de gasolina en Guayaquil para evitar emergencias en fin de año. *EL UNIVERSO*. Recuperado el 4 de 12 de 2025, de <https://www.eluniverso.com/guayaquil/comunidad/guayaquil-estos-son-los-horarios-en-que-se-suspende-la-venta-de-gasolina-en-guayaquil-para-evitar-emergencias-en-fin-de-ano-nota/>
- National Institute of Standards and Technology. (2023). *National Institute of Standards and Technology*. Recuperado el 6 de Noviembre de 2025, de Libro del Web de Química: <https://webbook.nist.gov/chemistry/>
- NIST. (2023). *National Institute of Standards and Technology*. Recuperado el 6 de Noviembre de 2025, de Libro del Web de Química: <https://webbook.nist.gov/chemistry/>
- NTE INEN 935. (febrero de 2016).
- Ochoa, F. (6 de febrero de 2023). *Tipos de resolución*. Recuperado el 8 de Noviembre de 2025, de ArcGeek: <https://acolita.com/tipos-de-resolucion/>

- Olivieri, A. C. (3 de Octubre de 2022). *Quimiometría Analítica*. Recuperado el 12 de Noviembre de 2025, de CONICET IQUIR: <https://www.iquir-conicet.gov.ar/2022/10/03/quimiometria-analitica/>
- Onder, G. L. (2010). *Introduction to Modeling and Control of Internal Combustion Engine Systems*. Springer.
- Parra, E. A. (25 de junio de 2024). *Scribd*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/401163581/Sensores-Common-Rail>
- Petroecuador, E. (2022a). *EP Petroecuador*. Recuperado el 5 de Noviembre de 2025, de EL NUEVO ECUADOR: <https://www.eppetroecuador.ec/>
- Petroecuador, E. (2022b). *EP Petroecuador*. Recuperado el 5 de Noviembre de 2025, de EL NUEVO ECUADOR: <https://www.eppetroecuador.ec/>
- Primicias, R. (10 de 12 de 2025). Largas filas de carros en las gasolineras de Cuenca por la falta de diésel. *PRIMICIAS*. Recuperado el 10 de 12 de 2025, de <https://www.primicias.ec/economia/largas-filas-carros-gasolineras-cuenca-falta-diesel-premiun-petroecuador-84131/>
- Pulido, G., & Salazar, d. I. (2008). *Análisis y diseño de experimentos*. México. Recuperado el 10 de 12 de 2025
- Pulido, H. G., & Vara, R. d. (2012). *Análisis y diseño de experimentos*. Recuperado el 8 de Enero de 2026
- QUALCO. (16 de Octubre de 2020). *OCTANAJE DE NUESTRAS GASOLINAS vs. PARQUE AUTOMOTOR*. Recuperado el 11 de Noviembre de 2025, de QUALCO: <https://www.qualco.com.ec/post/octanaje-de-nuestras-gasolinhas-vs-parque-automotor>
- Quesada.F, & Bustillos.D. (2018). Indoor Environmental Quality of Urban Residential Buildings in Cuenca—Ecuador: Comfort Standard. *Buildings*. doi:<http://dx.doi.org/10.3390/buildings8070090>
- QUIMICA.ES. (2025). *Octanaje*. Obtenido de QUIMICA.EC: <https://www.quimica.es/enciclopedia/Octanaje.html>
- Quiñonez, E. (10 de Noviembre de 2024). *Tanques de almacenamiento de combustible para estaciones de servicio*. Recuperado el 4 de 12 de 2025, de Inspenet:

<https://inspenet.com/articulo/tanques-de-almacenamiento-de-combustible-en-estaciones/>

Rattanjongjitrakorn, P. (2014). Variación temporal de BTEX en el área de la gasolinera en Bangkok, Tailandia. *ResearchGate*. doi:10.1016/j.apcbee.2014.1.0.011

Registro Oficial del Ecuador. (2017). *Registro Oficial del Ecuador*. Recuperado el 5 de Noviembre de 2025, de Registro Oficial del Ecuador ÓRGANO DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR: <https://www.registroficial.gob.ec/registro-oficial-no-696-7/>

RESÉNDIZ, A. R. (s.f.). *QUIMIOMETRÍA*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Recuperado el 8 de Noviembre de 2025, de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/63951230/Quimiometria_RodriguezResendizA20200717-98988-1eptzzi-libre.pdf?1595048757=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DQUIMIOMETRIA_ALEXIS_RODRIGUEZ_RESENDIZ.pdf&Expires=1762648554&Signature=CDCl0s~Ar

Rosales-Torres, C. (2022). Design, Experimentation and Statistical Validation of a Methodology to Solve Complex Engineering Problems in Higher Education . *MDPI*.

Rosales-Torres, C. (2022). Diseño, Experimentación y Validación Estadística de una Metodología para Resolver Problemas Complejos de Ingeniería en la Educación Superior . *MDPI*.

Rubio Terán et al. (2023). *Rubio Terán et al.*

Ruichuan Li, W. Y. (03 de septiembre de 2023). Study of the Optimization of Rail Pressure Characteristics in the High-Pressure Common Rail Injection System for Diesel Engines Based on the Response Surface Methodology. *11*. doi:<https://doi.org/10.3390/pr11092626>

Salazar, H. G. (2008). *Análisis y diseño de experimentos*. McGraw-Hill.

Saul, J. (24 de Abril de 2017). *Scrib*. Obtenido de La Volatilidad Desde El Punto de Vista Químico: <https://es.scribd.com/document/346183963/La-Volatilidad-Desde-El-Punto-de-Vista-Quimico>

SIMCA. (2019). *Software Multivariante De Análisis De Datos Que Convierte Los Datos En Crecimiento* . Obtenido de SIMCA:

https://www.sartorius.com/en/products/process-analytical-technology/data-analytics-software/mvda-software/simca?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=ww_n_a_en_Pmax_Always-On_Simca&gad_source=1&gad_campaignid=23206209283&gclid=Cj0KCQiA0p7KBhCkARIsA

Sistema Integrado de Consulta de Clasificaciones y Nomenclaturas. (2012). Obtenido de FICHA TÉCNICA DE PRODUCTOS QUÍMICOS: https://aplicaciones2.ecuadorencifras.gob.ec/SIN/co_quimico.php?id=33310.01.01

Skoog, D. A., Holler, F. J., & Crouch, S. R. (2014). *Skoog, D. A., Holler, F. J., & Crouch, S. R.* Recuperado el 6 de Noviembre de 2025, de Cengage: <https://www.cengage.com/c/principles-of-instrumental-analysis-7e-skoog/>

Skoog, D., Holler, F., & Crouch, S. (2014). *Skoog, D., Holler, F., & Crouch, S.* Recuperado el 6 de NOVIEMBRE de 2025, de CENGAGE GROUP: <https://www.cengage.com/c/principles-of-instrumental-analysis-7e-skoog/>

Systems, A. (06 de Abril de 2024). *Fuel Flow Meter AIC 5000 – Direct Measurement.* Obtenido de <https://es.flowmeter-aic.com/wp-content/uploads/2024/04/07-Fuel-Flow-Meter-AIC-5000.pdf>

Systems, E. A. (2023). *ERASPEC FTIR Fuel Analyzer.* Eralytics GmbH. Vienna: Eralytic. Recuperado el 6 de Noviembre de 2025, de <https://www.eralytics.com/products/eraspec/>

SZCZUCKA-LASOTA, B. (2024). ONGOING MONITORING OF LIQUID FUEL QUALITY AT STORAGE. *Scientific Journal of Silesian University of Technology.* Series Transport, 125. doi:<https://doi.org/10.20858/sjsutst.2024.125.17>

Tanner, D. (25 de marzo de 2021). *Instituto Americano del Petróleo (API).* Recuperado el 9 de Noviembre de 2025, de Instituto Americano del Petróleo: https://www-desmog-com.translate.google.com/american-petroleum-institute/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc&_x_tr_hist=true

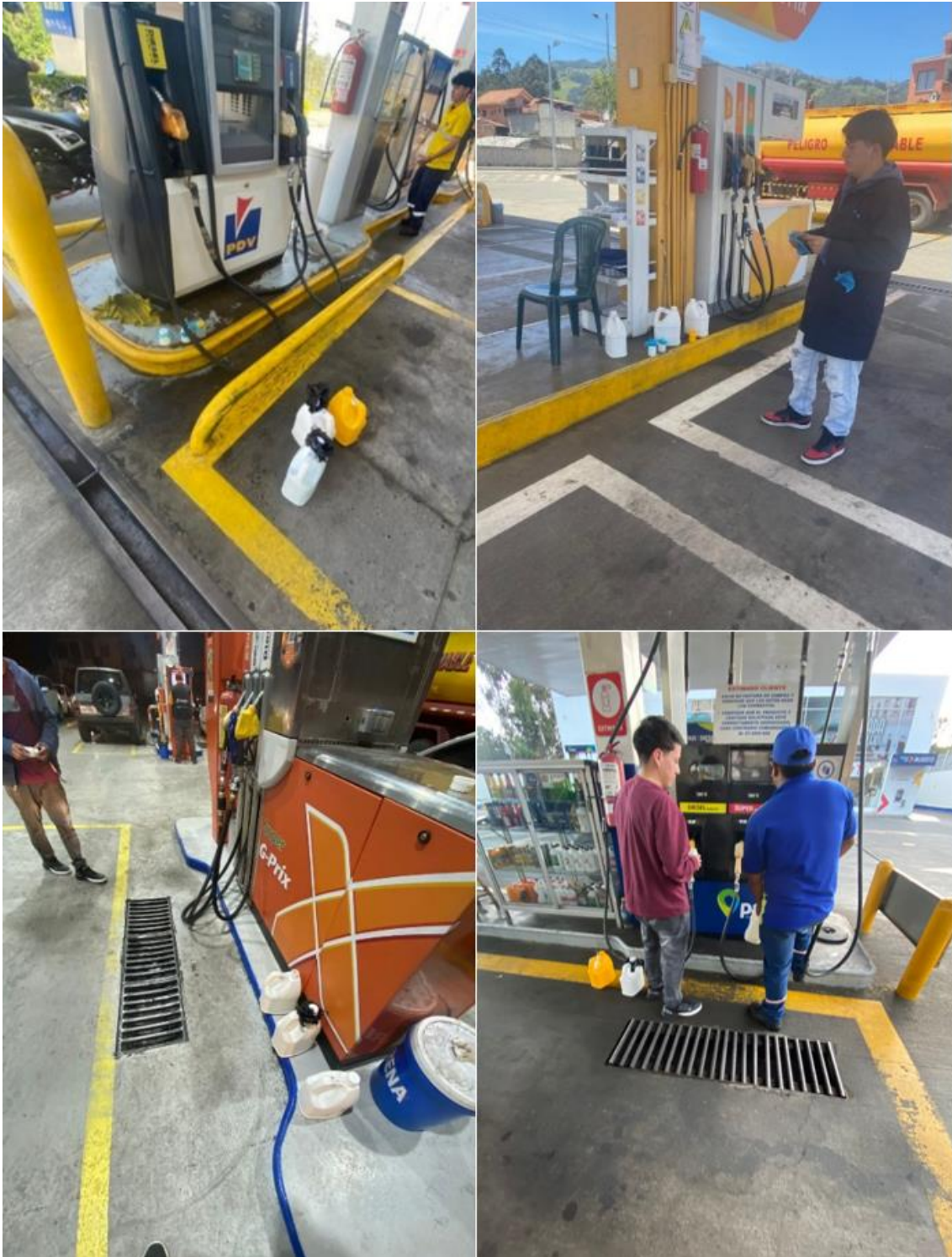
- Terán, P. (29 de Agosto de 2025). *Ecuador Chequea Periodismo con rigor*. Recuperado el 14 de Octubre de 2025, de <https://ecuadorchequea.com/?s=Calidad+vs.+precio%3A+la+realidad+de+los+c+ombustibles+en+Ecuador>
- Toyo, M. (14 de JULIO de 2024). *Guía completa de los diferentes tipos de gasolina y sus usos*. Recuperado el 8 de NOVIEMBRE de 2025, de INSPENET: <https://inspenet.com/articulo/guia-completa-tipos-de-gasolina-y-sus-usos/>
- Toyo, M. (2 de julio de 2024). *Modos de falla en los tanques de almacenamiento de hidrocarburo*. Recuperado el 4 de 12 de 2025, de Inspenet: <https://inspenet.com/articulo/modos-de-falla-en-tanques-de-almacenamiento/>
- Trento, C. (24 de JULIO de 2025). *Absorbancia: Fundamentos y aplicaciones*. Recuperado el 7 de NOVIEMBRE de 2025, de STANFORD ADVANCED MATERIALS: <https://www.samaterials.es/content/absorbance-basics-and-applications.html>
- U.S. Department of Energy. (2023). *Fuel properties and ethanol blending benefits*. Recuperado el 6 de Noviembre de 2025, de Fuel properties and ethanol blending benefits: <https://www.energy.gov/eere/bioenergy/fuel-properties>
- U.S. Department of Energy. (2023). *U.S. Department of Energy*. Recuperado el 6 de Noviembre de 2025, de <https://www.energy.gov/eere/vehicles/ethanol-fuel-basics>
- U.S. Environmental Protection Agency. (2023). *U.S. Environmental Protection Agency*. Recuperado el 6 de Noviembre de 2025, de Gasoline Standards: <https://www.epa.gov/gasoline-standards>
- UNIVISION NOTICIAS. (22 de MAYO de 2019). *Cómo se deben llenar y transportar contenedores con combustible de forma segura*. Obtenido de UNIVISION NOTICIAS: <https://www.univision.com/noticias/sucesos/como-se-deben-llenar-y-transportar-contenedores-con-combustible-de-forma-segura-tras-explosion-en-una-gasolineria>
- Wetter, T. (25 de octubre de 2025). *Efectos del combustible*. Recuperado el 4 de 12 de 2025, de Facebook: <https://www.facebook.com/61557829876478/posts/%EF%B8%8F-1->

combustible-de-baja-calidadpunto-de-partida-del-problemael-combustible-
barat/122224392776260995/

ANEXOS

Anexo 1

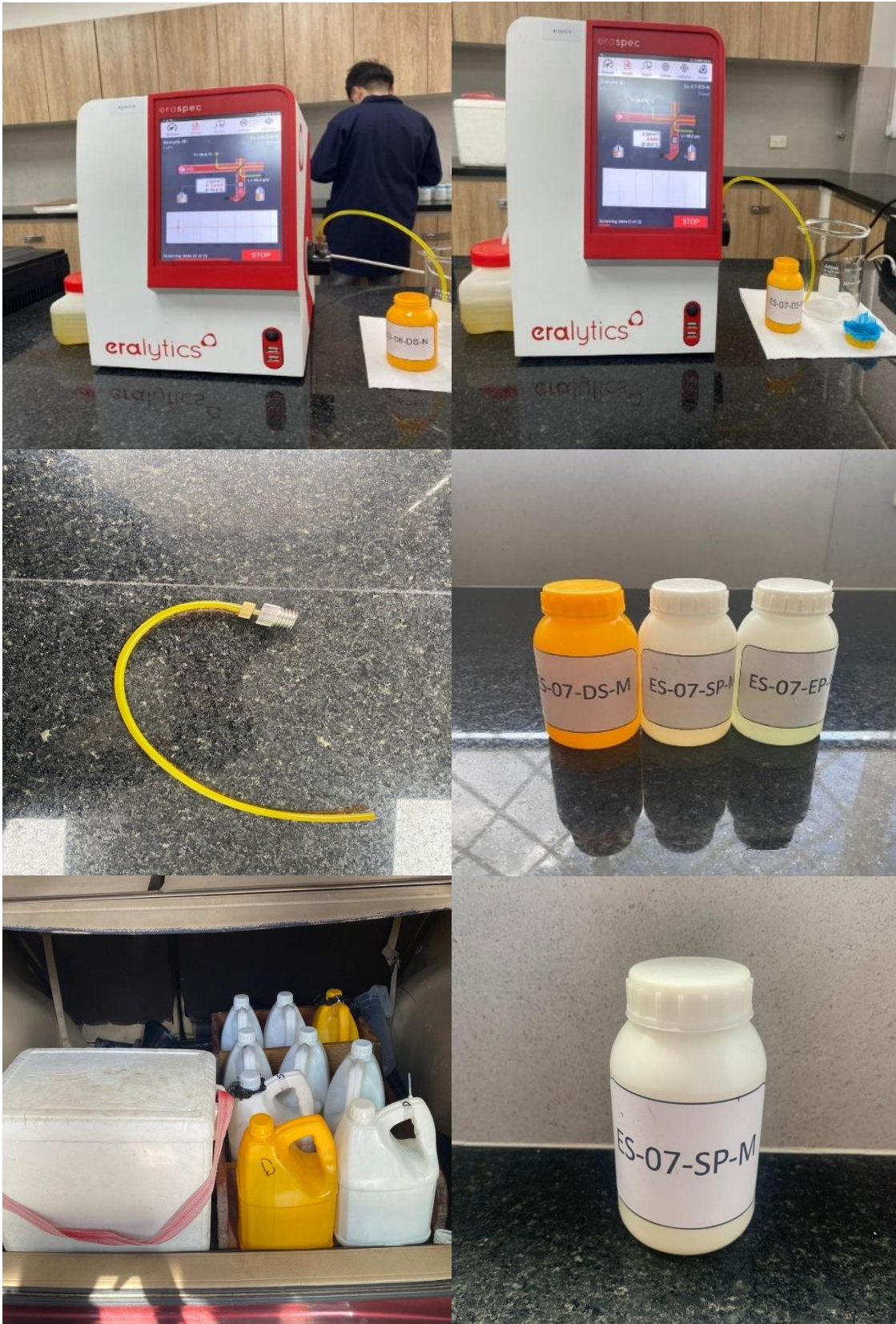
Muestreo en diferentes estaciones de servicio en diferentes franjas horarias



Fuente: (Anexos)

Anexo 2

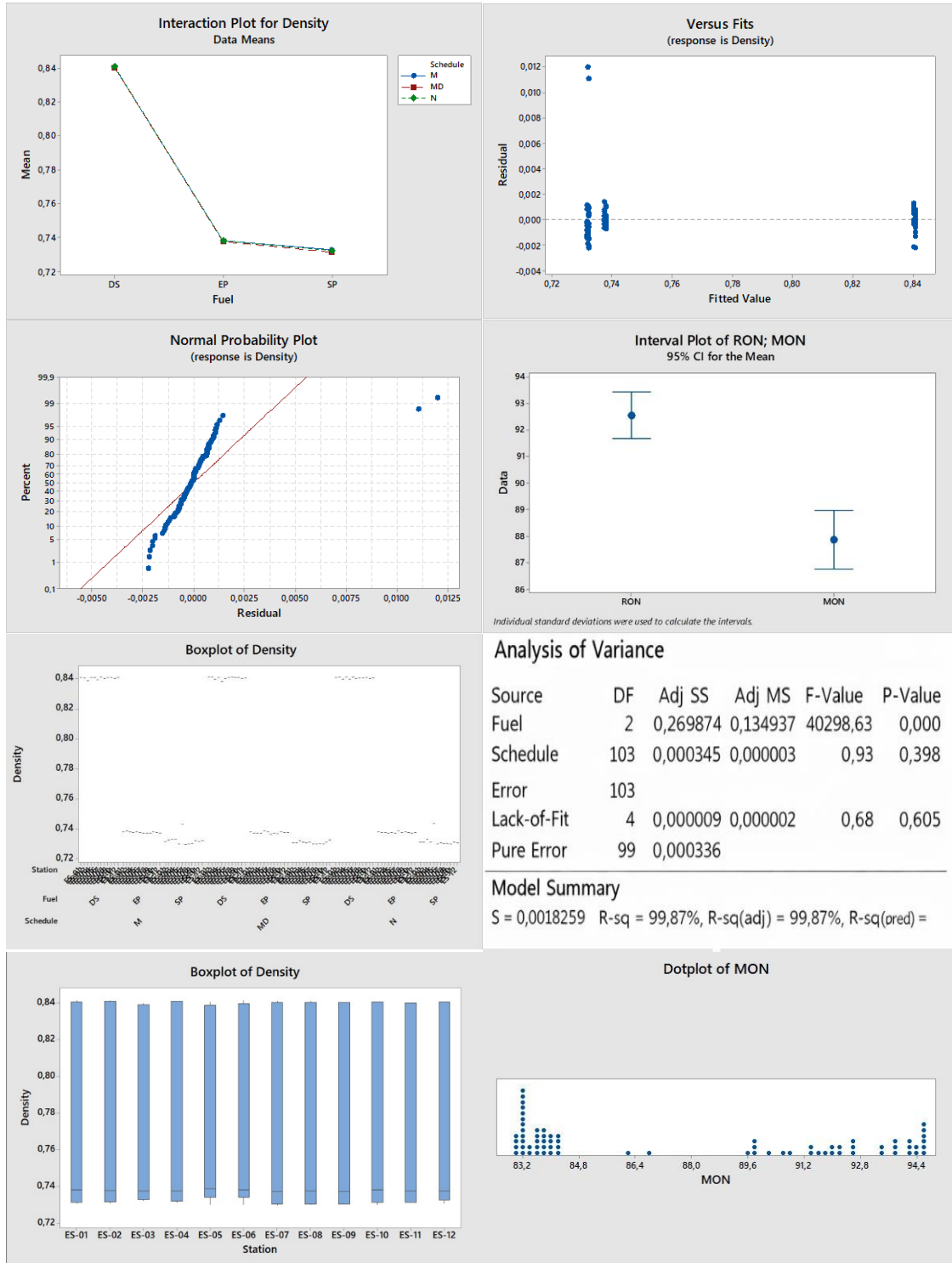
Preparación del equipo para el análisis de las muestras



Fuente: (Autores)

Anexo 3

Gráficas del programa de análisis Minitab



Fuente: (Autores)

Anexo 4

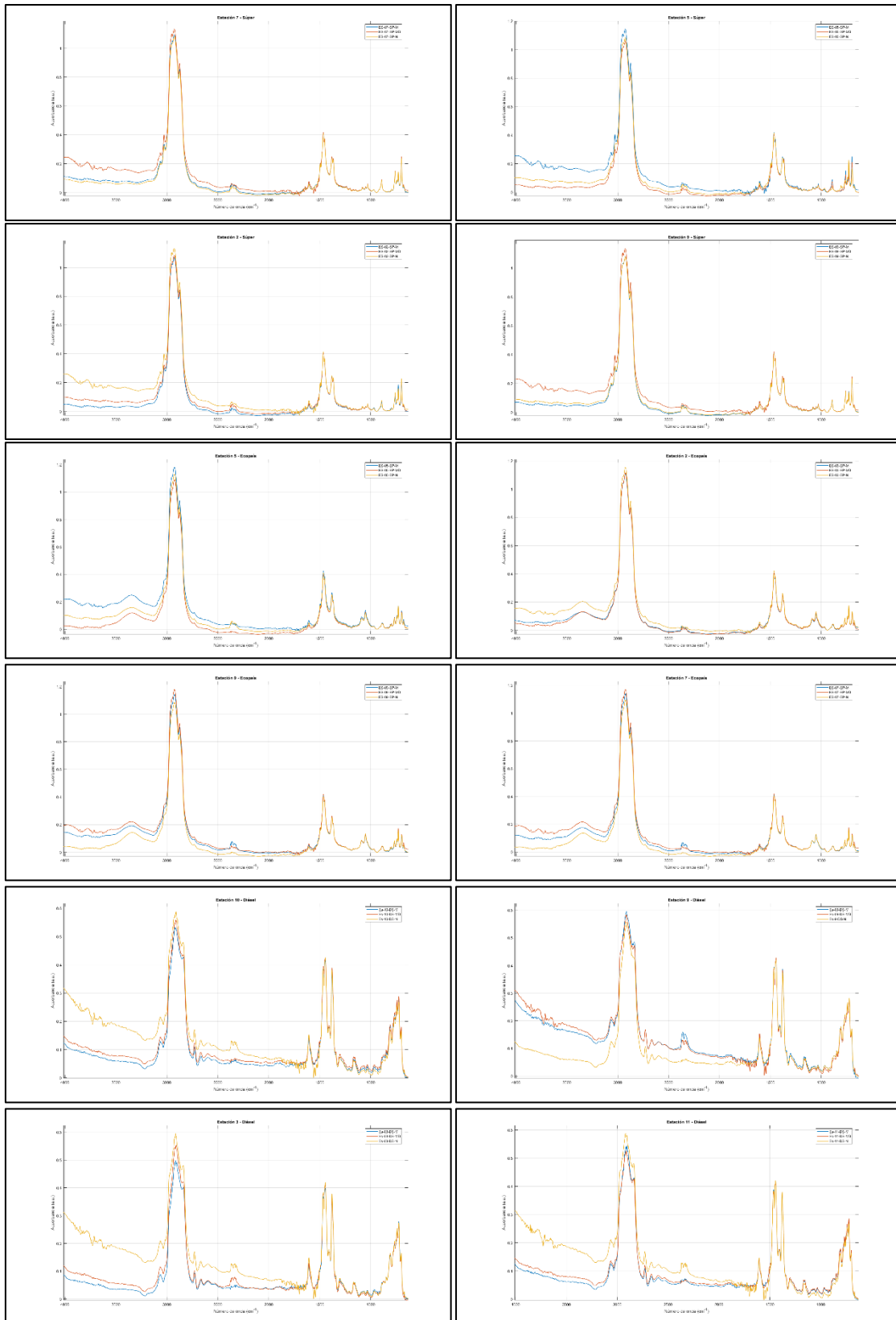
Equipos de protección personal para el laboratorio



Fuente: (Autores)

Anexo 5

Gráficas del programa de cálculo Matlab



Fuente: (Autores)

Anexo 6

Parámetros del manual del equipo ERASPEC

Substance	Measurement Range	Repeatability	Repeatability at	Limit of Detection
Total Oxygen	0.09 – 12 m%	0.04 m%	1.6 m%	0.09 m%
Total Olefins	0.5 – 80 Vol%	0.7 Vol%	15 Vol%	0.5 Vol%
Total Aromatics	0.5 – 80 Vol%	0.8 Vol%	33 Vol%	0.5 Vol%
Saturates	0 – 100 Vol%	1.1 Vol%	45 Vol%	N/A
Di-Olefins	0.2 – 15 Vol%	0.18 Vol%	5 Vol%	0.2 Vol%
Total Anilines	0.5 – 25 Vol%	0.24 Vol%	4 Vol%	0.5 Vol%
Ester	0.4 – 30 Vol%	0.15 Vol%	5 Vol%	0.4 Vol%
DCPD (Dicyclopentadiene)	0.5 – 15 Vol%	0.11 Vol%	5 Vol%	0.5 Vol%
N-Methylaniline (Monomethyl aniline)	0.25 – 15 Vol%	0.1 Vol%	2 Vol%	0.25 Vol%
Nitromethane	0.5 – 10 Vol%	0.2 Vol%	6 Vol%	0.5 Vol%
Cyclohexane	5 – 100 Vol%	1.3 Vol%	50 Vol%	5 Vol%
MMT (100µm-cell)	20 – 10000 mg/l	4 mg/l	80 mg/l	20 mg/l
CMT (100µm-cell)	20 – 10000 mg/l	7 mg/l	80 mg/l	20 mg/l
Manganese (by MMT)	5 – 2500 mg/l	1.3 mg/l	80 mg/l	5 mg/l
Property	Measurement Range	Repeatability	Repeatability at	
RON	70 – 110	0.4	92 RON	
MON	60 – 105	0.3	82 MON	
AKI	65 – 107	0.3	87 AKI	
IBP	20 – 50 °C	1.8	37 °C	
T10	30 – 70 °C	3.3	67 °C	
T50	65 – 130 °C	5.5	95 °C	
T90	140 – 190 °C	6.2	150 °C	
FBP	160 – 220 °C	5.2	195 °C	
DVPE	35 – 105 kPa	2.8	60 kPa	
Density	0.500 – 1.999 g/cm ³	0.0006	0.780	
Substance	Measurement Range	Repeatability	Repeatability at	Limit of Detection
Biodiesel (FAME, FAEE)	0.08 – 100 Vol%%	0.2 Vol%	0 – 6.5 Vol%	0.08 Vol%
		0.3 Vol%	6.5 – 30 Vol%	
Vegetable Oil	0.8 – 65 Vol%	0.3 Vol%	7 Vol%	0.8 Vol%
Total Aromatics	0.5 – 60 Vol%	0.3 Vol%	20 Vol%	0.5 Vol%
Polynuclear Aromatics (PNA)	0.5 – 80 Vol%	0.1 Vol%	5 Vol%	0.5 Vol%
Cetane Improver (2-EHN, IPN)	50 – 20 000 mg/l	25.2 mg/l	50 – 800 mg/l	50 mg/l
Dimethoxymethane (Methylal)	0.06 – 20 Vol%	0.02 Vol%	@ 0.4 Vol%	0.06 Vol%
		0.18 Vol%	@ 2.5 Vol%	
		0.6 Vol%	@ 20 Vol%	
Property	Measurement Range	Repeatability	Repeatability at	
Cetane Number	20 – 80	0.8	50	
Cetane Index	20 – 80	0.7	50	
T90	140 – 190 °C	6.2	150 °C	
Density	0.500 – 1.999 g/cm ³	0.0006	0.780	

Fuente: (Systems E. A., 2023)