

**ANALISIS ESTADISTICO DE LA CRISIS ECONOMICA PRESENTADA EN
ECOPETROL EN EL 2025**

LEONARDO JAVIER TORRES VELILLA

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA

**ASIGNATURA METODOLOGIAS Y HERRAMIENTAS PARA EL TRATAMIENTO Y
LA ANALITICA DE DATOS**

BOGOTA D.C

Tabla de Contenido

1. Introducción.....	3
2. Recopilación de Datos	4
3. Distribuciones de Probabilidad e Inferencia Estadística	5
3.1. Modelación de la Pérdida Financiera	5
3.1.2 Prueba de Hipótesis:	6
3.2 Inferencia Estadística.....	6
3.2.1 Histograma y Curva Normal.....	6
3.2.2 Gráfico Q-Q (Quantile-Quantile)	7
3.2.3 Prueba de Normalidad de Shapiro-Wilk	8
3.2.4 Simulación de Monte Carlo.....	8
4. Evaluación Crítica de las Acciones Tomadas	11
4.1 Evaluación de Respuestas.....	11
4.2 Evaluación Estadística de las Acciones	11
5. Propuestas de Mejora	12
6. Recomendaciones Prospectivas	12
7. Conclusión.....	13
8. Bibliografía.....	14

1. Introducción

¿Por qué se escogió este tema?

El caso de Ecopetrol fue seleccionado por representar una crisis empresarial compleja y multidimensional que impacta no solo a una de las compañías más importantes de Colombia, sino también al entorno económico y político del país. Durante el primer trimestre de 2025, Ecopetrol enfrentó una caída del 22,1% en su utilidad neta, provocada por una combinación de factores externos tales como la caída de los precios internacionales del crudo, políticas comerciales de EE. UU., la depreciación del peso, factores internos como el alto endeudamiento y una lenta adaptación hacia la transición energética. Haremos una comparativa con respecto a los reportes de los años 2023 y 2024.

Adicionalmente, un requerimiento fiscal por parte de la DIAN por 9,4 billones de pesos añade una presión financiera significativa. Esta situación brinda una oportunidad ideal para aplicar herramientas de análisis estadístico, modelado económico y teoría empresarial para evaluar de manera integral los factores causantes, las respuestas estratégicas adoptadas y los escenarios futuros de recuperación o deterioro financiero.

A lo largo de este informe se utilizarán herramientas de inferencia estadística, métodos estadísticos, modelado con Python y análisis crítico para evaluar los factores contribuyentes, las acciones tomadas por la empresa y proponer soluciones prospectivas con un sustento técnico.

2. Recopilación de Datos

Datos Financieros Clave:

Datos Históricos de Utilidades Trimestrales de Ecopetrol

Trimestre	Utilidad Neta (COP billones)
Q1 2023	4,0
Q2 2023	4,0
Q3 2023	5,1
Q4 2023	4,2
Q1 2024	4,0
Q2 2024	3,3
Q3 2024	3,6
Q4 2024	3,8
Q1 2025	3,1

Fuente tomada de *La república* (2025, mayo 04).

- **Producción diaria:** 745.000 barriles.
- **Requerimiento tributario DIAN:** 9,4 billones COP por IVA de gasolina importada entre 2022 y 2024. *El País*. (2025, mayo 6).
- **Factores externos:** Estos factores se encuentran fuera del control directo de la mencionada empresa, tales como, caída en los precios del crudo debido al enfoque en transición energética del actual gobierno que reduce el apoyo a nuevos proyectos como la explotación/ exploración, devaluación del peso colombiano y la depreciación del dólar influida por la política comercial de EE. UU bajo el mandato de Trump. *El país* (2025, mayo 7).
- **Factores internos:** La empresa se encuentra con varios factores que dependen directamente de la gestión y decisiones de ellos mismos tanto del gobierno, entre esos factores se encuentran el alto apalancamiento financiero debido al alto nivel de deuda,

baja rentabilidad en el negocio de refinación dentro del país, falta de inversión reciente en exploración puesto que no se han firmado nuevos contratos desde antes del 2022. *El país* (2025, mayo 7).

Eventos Clave:

- **Caída de Precios del Crudo:** Reducción en los precios internacionales del crudo.
- **Políticas Aduaneras:** Implementación de políticas aduaneras por parte de EE. UU. que afectaron las exportaciones.
- **Requerimiento de IVA:** Exigencia de pago de impuestos por parte de la DIAN. *El País, La Dian Exige* (2025, mayo 05).
- **Incertidumbre Política:** Políticas del presidente Gustavo Petro hacia la transición energética. *El país* (2025, mayo 7).

3. Distribuciones de Probabilidad e Inferencia Estadística

Objetivo: Modelar la distribución de las pérdidas financieras, analizando la volatilidad y la incertidumbre que se generaron debido a la caída en los precios del crudo y los factores externos que afectaron a Ecopetrol.

3.1. Modelación de la Pérdida Financiera

Para modelar las pérdidas de Ecopetrol, probaremos que la distribución de las utilidades o pérdidas sigue una **distribución normal**, teniendo en cuenta la estimación de parámetros a partir de los datos presentados y simulación de escenarios que puedan validar este tipo de distribución.

Estimación de Parámetros: Se estiman los parámetros de la distribución tales como la media, varianza a partir de los datos históricos.

- **Media (μ):** 3,9 (promedio de las pérdidas registradas durante la crisis de 2023 a 2025).
- **Desviación estándar (σ^2):** 0,56 (desviación estándar de las pérdidas durante 2023 - 2025).
- **Tendencia:** Disminución general después de Q3 2023.

3.1.2 Prueba de Hipótesis:

Hipótesis nula (H_0):

Las utilidades trimestrales de Ecopetrol siguen una distribución normal con una media poblacional estable cercana a 3,9 billones COP y su comportamiento financiero puede ser modelado adecuadamente bajo este supuesto.

Hipótesis alternativa (H_1):

Las utilidades trimestrales de Ecopetrol no siguen una distribución normal y presentan un comportamiento no predecible bajo supuestos estadísticos estándar.

3.2 Inferencia Estadística

Las inferencias estadísticas nos permitirán extraer conclusiones basadas en los datos observados y realizar estimaciones sobre el impacto de la crisis. Realizaremos diferentes tipos de simulación de escenarios y aplicamos diferentes métodos para comprobar nuestra hipótesis y validar que los datos siguen una distribución normal.

3.2.1 Histograma y Curva Normal

De acuerdo con lo aprendido en la unidad 1 definiendo a los Histogramas como un tipo de gráfico de barras que representan la distribución de una variable numérica; y a la curva normal como un modelo matemático que describe la distribución de probabilidad de muchas variables la cual es simétrica y definiéndose por su media y desviación estándar. *JMP, Distribución normal.*

Decidimos Graficar las 9 utilidades netas trimestrales y superponer una curva normal con la media calculada (3,9) y desviación estándar (0,56), visualizamos si los datos se parecen a una distribución normal.

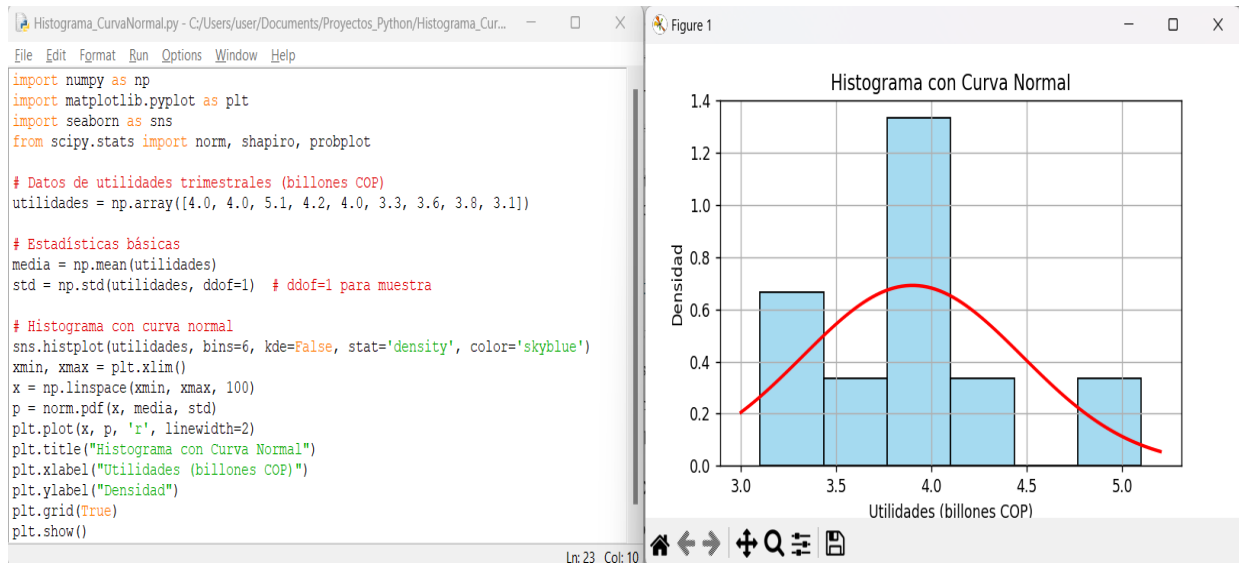


Figura 1. Histograma y Curva normal (Elaboración Propia)

3.2.2 Gráfico Q-Q (Quantile-Quantile)

Estos gráficos se utilizan para comparar dos distribuciones de probabilidad mediante el trazado de sus cuantiles uno contra el otro. *IBM, Gráficos Q-Q (2021, diciembre 7).*

Para aplicarlo a este proyecto se compararon los datos cuantiles con los de una distribución normal. Para esto usaremos un código en Python donde ingresaremos todos nuestros datos anteriormente calculados, junto con las utilidades de Ecopetrol.

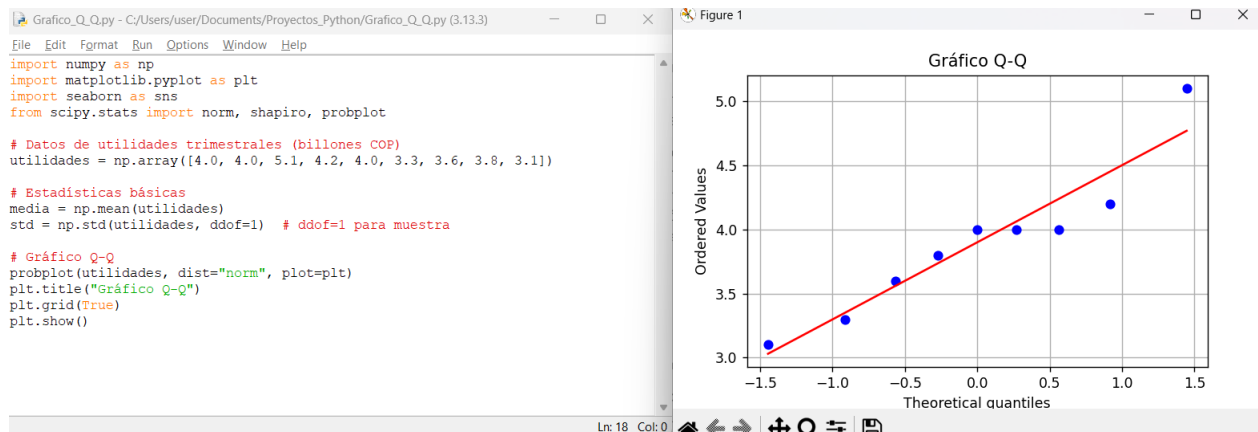
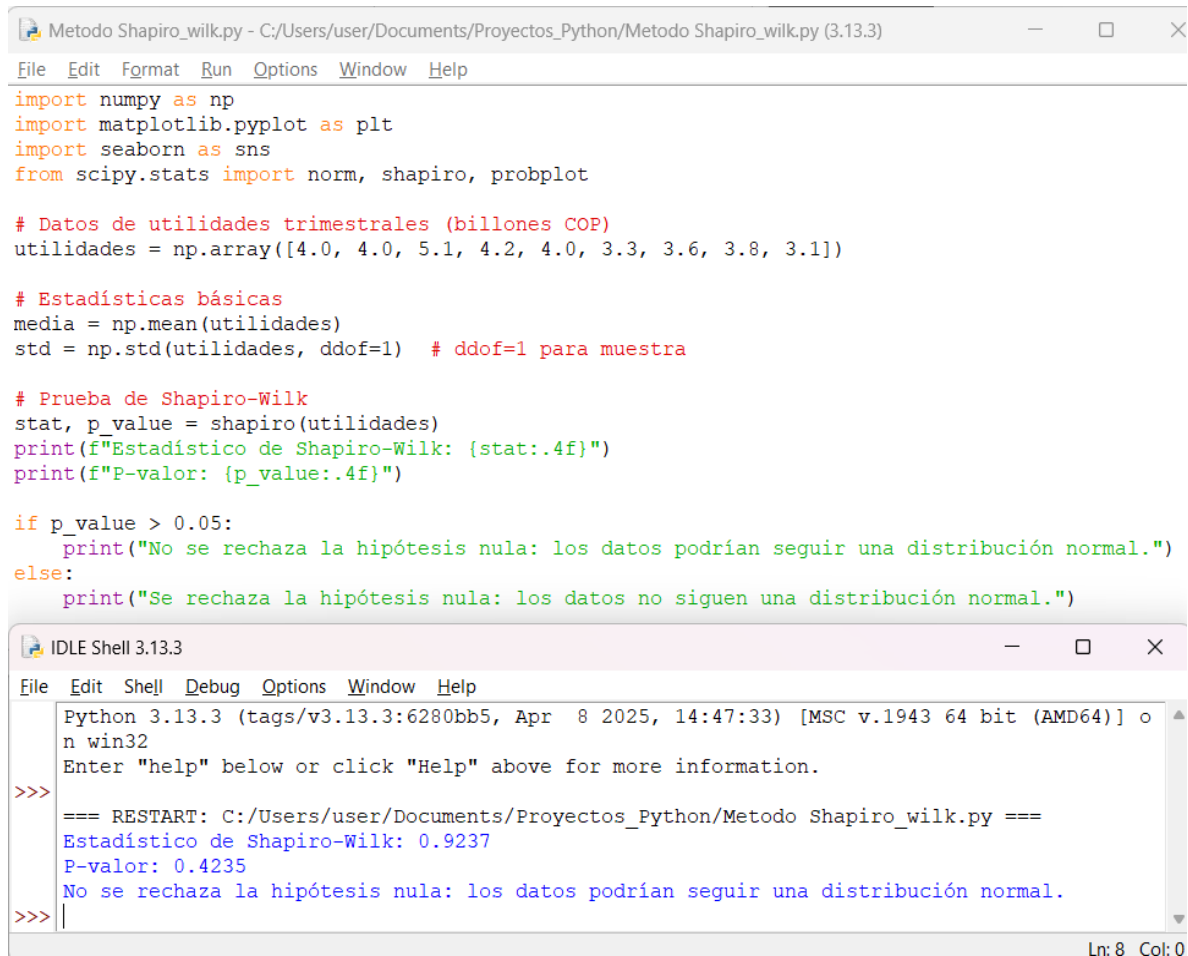


Figura 2. Gráfico Q-Q (Elaboración propia).

3.2.3 Prueba de Normalidad de Shapiro-Wilk

Es una prueba estadística adecuada para determinar si una muestra de datos proviene de una distribución normal, sobre todo cuando se trata de muestras ($n < 50$). *Whitefield Brennan, Shapiro-Wilk (2025, enero 23)*.

Un p-valor $> 0,05$ indica que no hay evidencia suficiente para rechazar la normalidad.



```
Metodo Shapiro_wilk.py - C:/Users/user/Documents/Proyectos_Python/Metodo Shapiro_wilk.py (3.13.3)
File Edit Format Run Options Window Help
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import seaborn as sns
from scipy.stats import norm, shapiro, probplot

# Datos de utilidades trimestrales (billones COP)
utilidades = np.array([4.0, 4.0, 5.1, 4.2, 4.0, 3.3, 3.6, 3.8, 3.1])

# Estadísticas básicas
media = np.mean(utilidades)
std = np.std(utilidades, ddof=1) # ddof=1 para muestra

# Prueba de Shapiro-Wilk
stat, p_value = shapiro(utilidades)
print(f"Estadístico de Shapiro-Wilk: {stat:.4f}")
print(f"P-valor: {p_value:.4f}")

if p_value > 0.05:
    print("No se rechaza la hipótesis nula: los datos podrían seguir una distribución normal.")
else:
    print("Se rechaza la hipótesis nula: los datos no siguen una distribución normal.")

IDLE Shell 3.13.3
File Edit Shell Debug Options Window Help
Python 3.13.3 (tags/v3.13.3:6280bb5, Apr 8 2025, 14:47:33) [MSC v.1943 64 bit (AMD64)] o
n win32
Enter "help" below or click "Help" above for more information.
>>>
=== RESTART: C:/Users/user/Documents/Proyectos_Python/Metodo Shapiro_wilk.py ===
Estadístico de Shapiro-Wilk: 0.9237
P-valor: 0.4235
No se rechaza la hipótesis nula: los datos podrían seguir una distribución normal.
>>>
```

Figura 3. Método Shapiro-Wilk (Elaboración Propia).

3.2.4 Simulación de Monte Carlo

Vamos a realizar una simulación de Monte Carlo para modelar las pérdidas y sus probabilidades. La simulación de Monte Carlo nos permite explorar cómo podrían comportarse las pérdidas de la empresa bajo distintos escenarios.


```

Simulacion_MonteCarlo.py - C:/Users/user/Documents/Proyectos_Python/Simulacion_MonteCarlo.py (3...
File Edit Format Run Options Window Help
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import seaborn as sns
from scipy.stats import norm, shapiro, probplot

# Datos de utilidades trimestrales (billones COP)
utilidades = np.array([4.0, 4.0, 5.1, 4.2, 4.0, 3.3, 3.6, 3.8, 3.1])

# Estadísticas básicas
media = np.mean(utilidades)
std = np.std(utilidades, ddof=1) # ddof=1 para muestra

# Simulación Monte Carlo (10000 simulaciones)
num_simulaciones = 10000
simulaciones = np.random.normal(loc=media, scale=std, size=num_simulaciones)

# Gráfico de simulación
plt.figure(figsize=(10, 5))
sns.histplot(simulaciones, bins=50, kde=True, color='lightgreen')
plt.axvline(x=media, color='red', linestyle='--', label=f"Media: {media:.2f} billones")
plt.title("Simulación de Monte Carlo - Utilidades Trimestrales")
plt.xlabel("Utilidades simuladas (billones COP)")
plt.ylabel("Frecuencia")
plt.legend()
plt.grid(True)
plt.tight_layout()
plt.show()

# Percentiles clave
percentiles = np.percentile(simulaciones, [5, 25, 50, 75, 95])
print("Percentiles simulados:")
print(f"P5: {percentiles[0]:.2f} billones COP")
print(f"P25: {percentiles[1]:.2f} billones COP")
print(f"P50: {percentiles[2]:.2f} billones COP")
print(f"P75: {percentiles[3]:.2f} billones COP")
print(f"P95: {percentiles[4]:.2f} billones COP")

```

Ln: 36 Col: 48

Figura 4. Cálculo de Media, Desviación estándar, simulación Monte Carlo (Elaboración Propia).

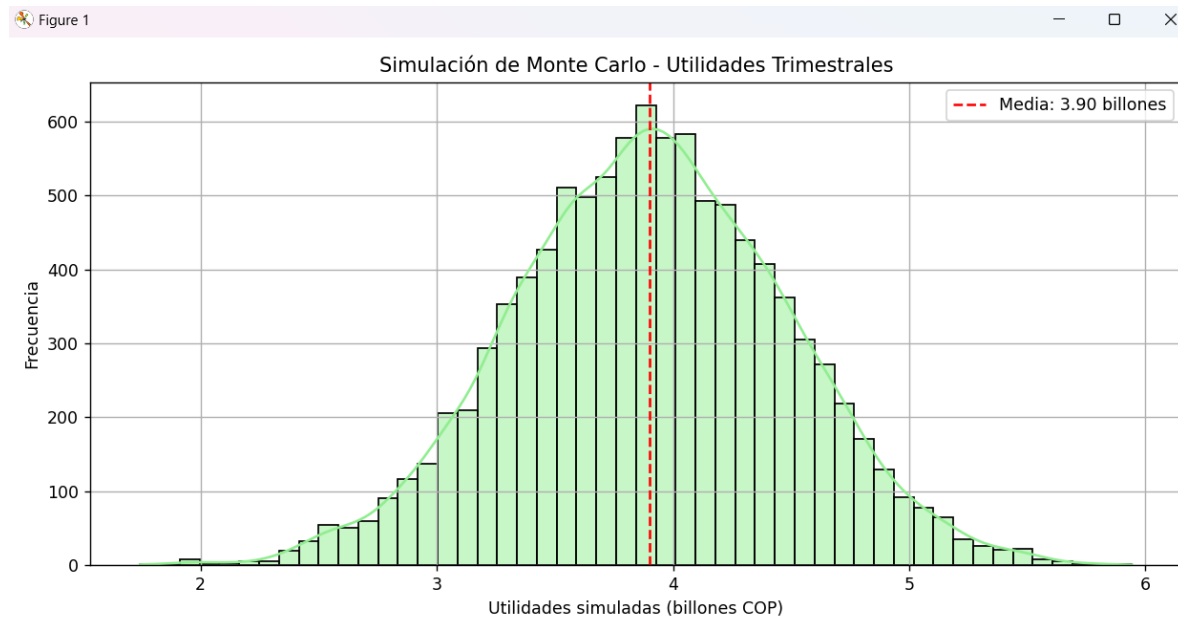
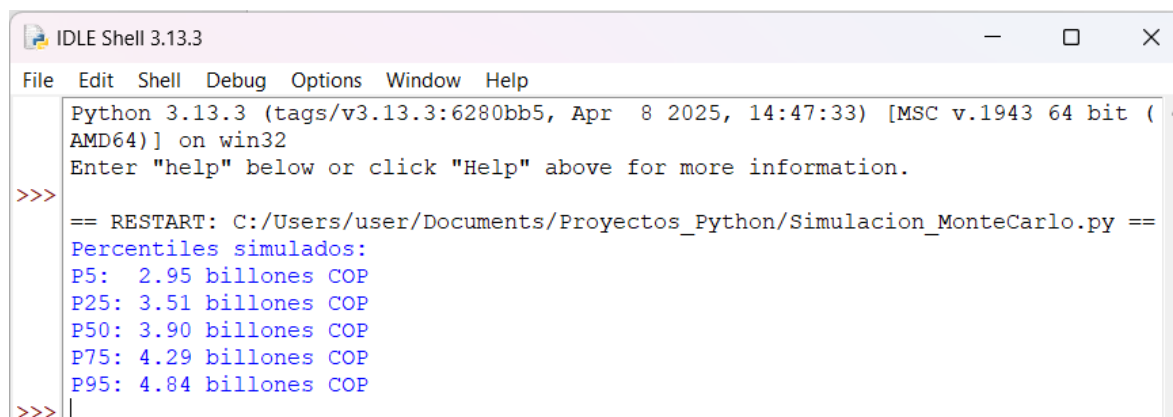


Figura 5. Resultado Monte Carlo (Elaboración propia)



```
Python 3.13.3 (tags/v3.13.3:6280bb5, Apr 8 2025, 14:47:33) [MSC v.1943 64 bit (AMD64)] on win32
Enter "help" below or click "Help" above for more information.

>>> == RESTART: C:/Users/user/Documents/Proyectos_Python/Simulacion_MonteCarlo.py ==
Percentiles simulados:
P5: 2.95 billones COP
P25: 3.51 billones COP
P50: 3.90 billones COP
P75: 4.29 billones COP
P95: 4.84 billones COP
>>>
```

Figura 6. Percentiles Simulados. (Elaboración Propia).

Interpretación de resultados:

- A partir de datos reales de los 9 trimestres (2023–2025), se estimó una media de **3,9 billones COP** y una desviación estándar de **0,56 billones COP**.
- El resultado que nos arrojó el gráfico Q-Q mostró que los puntos se alinean razonablemente con la diagonal de referencia, lo que **confirma visualmente la normalidad** de los datos.
- La prueba de normalidad de Shapiro-Wilk arrojó un **p-valor de 0.4235**, lo que indica que **no se rechaza la hipótesis de normalidad**.
- La simulación de Monte Carlo con 10.000 escenarios mostró que las utilidades trimestrales se distribuyen, con un 90% de probabilidad, en el rango de **2,95 a 4,84 billones COP**.
- La mediana simulada fue de **3,90 billones**, lo cual es coherente con la media histórica calculada.

Los análisis realizados indican que las utilidades trimestrales de Ecopetrol se comportan de forma **consistente con una distribución normal**. Esto permite aplicar con confianza modelos estadísticos como simulaciones Monte Carlo, pruebas de hipótesis y análisis de riesgo para la toma de decisiones financieras y estratégicas en la empresa.

4. Evaluación Crítica de las Acciones Tomadas

Con base en los análisis estadísticos anteriores, podemos evaluar las acciones tomadas por Ecopetrol durante la crisis.

4.1 Evaluación de Respuestas

Acciones tomadas:

- **Diversificación hacia energías renovables:** La empresa ha comenzado a explorar fuentes de energía limpia, pero esto aún no está completamente integrado en su modelo de negocio, lo que puede contribuir a la vulnerabilidad a largo plazo. *Ecopetrol, crecer con la transición energética.*
- **Respuestas fiscales ante la DIAN:** Ecopetrol ha tomado acciones para responder al requerimiento de impuestos, pero la falta de negociación rápida puede indicar una falta de preparación ante situaciones de crisis. *La República, Ecopetrol acudirá a instancias legales (2025, mayo 7).*
- **Adaptación a las fluctuaciones del crudo:** Si bien Ecopetrol tiene cierta flexibilidad operativa, la dependencia de los precios internacionales del crudo sigue siendo un factor de riesgo crítico. *Infobae, Ricardo Roa (2025, abril 04).*

4.2 Evaluación Estadística de las Acciones

El análisis estadístico basado en datos históricos reales confirma que las utilidades trimestrales de Ecopetrol pueden ser razonablemente modeladas mediante una distribución normal. La evidencia empírica apoya la validez de este enfoque, lo cual permite:

1. **Realizar simulaciones confiables (Monte Carlo)** para modelar incertidumbre financiera.
2. **Estimar intervalos de confianza** útiles para la planificación estratégica y evaluación de riesgos.
3. **Validar decisiones financieras basadas en pronósticos estadísticos**, como la gestión del portafolio de inversiones o estrategias de cobertura.

Este análisis respalda la necesidad de que Ecopetrol adopte herramientas estadísticas avanzadas como parte integral de su gestión de riesgos y planeación financiera. Además de implementar estrategias, especialmente en relación con la transición energética, deberían implementarse más rápidamente para reducir la dependencia de los precios del crudo.

5. Propuestas de Mejora

Estrategia de cobertura: Ecopetrol podría considerar implementar estrategias de cobertura financiera, por ejemplo, opciones y futuros sobre petróleo con el fin de protegerse de las fluctuaciones extremas de los precios del crudo.

Reestructuración Financiera y optimización de deuda: recomendamos reestructurar la deuda, utilizando modelos estadísticos y simulaciones para identificar las mejores estrategias de pago, especialmente en la moneda extranjera, teniendo en cuenta las fluctuaciones que esta misma están teniendo.

Fortalecimiento en Energías Renovables usando un modelo de predicción de rentabilidad para estimar el retorno sobre las inversiones en energías renovables y ajustar el portafolio de proyectos en consecuencia.

6. Recomendaciones Prospectivas

Teniendo en cuenta nuestro análisis y simulaciones realizados nos basamos en estas 3 recomendaciones:

- **Incorporación de análisis predictivo y gestión de riesgos:** Ecopetrol debe incorporar técnicas de análisis predictivo para prever cambios en los precios del crudo y otras variables externas. Esto podría incluir el uso de IA para anticipar fluctuaciones del mercado.
- **Diversificación acelerada:** Dado el cambio global hacia energías renovables, es crucial que Ecopetrol diversifique sus operaciones para reducir la dependencia de los precios del crudo y se prepare para los mercados energéticos futuros.

- **Revisión de la estrategia fiscal:** Es urgente que la empresa negocie con la DIAN para abordar los pagos de impuestos de manera más eficiente y evitar impactos fiscales negativos adicionales.

7. Conclusión

El presente análisis estadístico de la crisis económica enfrentada por Ecopetrol en el primer trimestre de 2025 proporciona una visión integral y fundamentada sobre las causas, impactos y posibles estrategias de mitigación ante una reducción del 22,1% en su utilidad neta. Utilizando herramientas de inferencia estadística y simulación, se modeló el comportamiento financiero de la compañía, identificando una distribución normal en sus utilidades trimestrales entre 2023 y 2025, con una media de 3,9 billones COP y una desviación estándar de 0,56 billones.

Este hallazgo permitió validar la aplicación de métodos como la simulación de Monte Carlo y pruebas de hipótesis para evaluar el impacto de variables externas e internas. Entre los factores más relevantes destacan la caída de los precios internacionales del crudo, políticas comerciales restrictivas, devaluación del peso colombiano y una fuerte presión fiscal por parte de la DIAN. Internamente, se evidencian retos estructurales relacionados con el endeudamiento, la falta de inversión en exploración y la lenta transición hacia fuentes de energía renovable.

Si bien Ecopetrol ha iniciado acciones orientadas a la diversificación energética y ha respondido a los requerimientos fiscales, estas medidas aún no se consolidan como una estrategia integral de mitigación del riesgo. Por tanto, se recomienda fortalecer el uso de herramientas estadísticas y de análisis predictivo en la toma de decisiones, acelerar la implementación de estrategias de cobertura financiera y avanzar con mayor determinación en la transformación de su matriz energética.

El estudio concluye que una gestión basada en modelos estadísticos confiables no solo es viable, sino esencial para que Ecopetrol afronte con mayor resiliencia los desafíos del entorno energético global y logre sostener su estabilidad financiera en el mediano y largo plazo.

8. Bibliografía

La República. (2025, marzo 4). *Balance de Ecopetrol al cierre de 2024 arroja pérdidas de 4,1 billones en utilidades*. <https://www.larepublica.co/economia/las-utilidades-de-ecopetrol-cayeron-21-7-en-2024-4-1-billones-menos-que-en-2023-4077741>

El País. (2025, mayo 6). *La DIAN le exige a Ecopetrol el pago de 9,4 billones en impuestos por la gasolina importada durante tres años*. [https://elpais.com/america-colombia/2025-05-06/la-dian-le-exige-a-ecopetrol-el-pago-de-94-billones-en-impuestos-por-la-gasolina-importada-durante-tres-anos.html#:~:text=La%20Uni%C3%B3n%20Sindical%20Obrera%20\(USO,importada%20entre%202022%20y%202024.](https://elpais.com/america-colombia/2025-05-06/la-dian-le-exige-a-ecopetrol-el-pago-de-94-billones-en-impuestos-por-la-gasolina-importada-durante-tres-anos.html#:~:text=La%20Uni%C3%B3n%20Sindical%20Obrera%20(USO,importada%20entre%202022%20y%202024.)

El País. (2025, mayo 8). *Ecopetrol también padece la caída del precio internacional del crudo*. <https://elpais.com/america-colombia/2025-05-08/ecopetrol-tambien-padece-la-caida-del-precio-internacional-del-crudo-y-sus-utilidades-se-descuelgan-22.html>

Ecopetrol, transformación energética.
<https://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/Home/estrategia2040/transicion-energetica>

Respuesta de Ecopetrol. <https://www.larepublica.co/economia/ecopetrol-acudira-a-instancias-legales-por-cobro-dian-en-cuanto-al-iva-a-importaciones-4127625>

Infobae (2025, abril 11) Ricardo Roa, presidente de Ecopetrol habla.
<https://www.infobae.com/colombia/2025/04/11/ricardo-roa-afirmo-que-ecopetrol-ajustara-su-estrategia-ante-la-caida-de-los-precios-del-petroleo/>

La república (2025, mayo 04) Balance Ecopetrol. <https://www.larepublica.co/economia/las-utilidades-de-ecopetrol-cayeron-21-7-en-2024-4-1-billones-menos-que-en-2023-4077741>

JMP, Distribución normal. <https://www.jmp.com/es/statistics-knowledge-portal/measures-of-central-tendency-and-variability/normal-distribution#:~:text=Uso%20de%20un%20gr%C3%A1fico%20de,datos%20que%20se%20distribuyen%20normalmente.>

IBM, Gráficos Q-Q (2021, diciembre 7). <https://www.ibm.com/docs/es/spss-statistics/beta?topic=types-q-q-plots>

Whitefield Brennan, Shapiro-Wilk (2025, enero 23). <https://builtin-com.translate.goog/data-science/shapiro-wilk-test? x tr sl=en& x tr tl=es& x tr hl=es& x tr pto=sge#:~:text=%C2%BFcu%C3%A1l%20debo%20utilizar%20Shapiro%20Wilk,en%20muestras%20de%20tamaño%20peque%C3%B1o.>