



UPME



DIC
20
25

Etiquetado Energético **de Motocicletas**





© UPME

Av. Calle 26 # 69 D-91 Torre 1 - Piso 9

Bogotá - Colombia

Tel.: +57 6012220601

upme.gov.co

EDWIN PALMA EGEA

Ministro de Minas y Energía

INDIRA C. PORTOCARRERO OSPINA

Directora General UPME

JOHANNA STELLA CASTELLANOS ARIAS

Subdirectora de Demanda UPME

Elaboró Subdirección de Demanda UPME:

OLGA VICTORIA GONZÁLEZ GONZÁLEZ

Asesora Subdirección de Demanda

RUTH ADRIANA NAVAS CONTRERAS

Profesional Especializado

JAIME FERNANDO ANDRADE

Profesional Especializado

DAVID ANDRÉS SERRATO TOBÓN

Consultor Externo

Asesores externos:

Proyecto CEELA

NICOLA BORGREGARD

PAOLA VALENCIA

JULIÁN JARAMILLO

MÓNICA MARÍA RUEDA VEGA

Comunicaciones:

JEIMMY POSOS RAMÍREZ

Profesional Especializado

DIEGO PEÑARANDA JUYÓ

Diseño y Diagramación



Introducción

El presente informe detalla los hallazgos y el procesamiento inicial de la base de datos de Certificados de Emisiones y Prueba Dinámica (CEPD) disponibles en la ANLA (ANLA, 2025). La base de datos con 148 incidencias cuya última actualización corresponde a mayo de 2024, fue procesada por la Universidad Tecnológica de Pereira en el marco del estudio de consultoría “Estudio de eficiencia energética, reducción de emisiones de CO₂ y etiquetado para motocicletas en Colombia”. Durante este estudio se realizó una limpieza de la información y se añadió el campo “Línea”, un dato clave para el diseño de la etiqueta energética. A partir de este proceso, se identificó que la base incluye información correspondiente a 156 líneas y 12 marcas.

El objetivo principal de esta etapa fue preparar y evaluar la calidad de los datos contenidos en los de CEPD disponibles, con el fin de establecer una base sólida para el diseño de la etiqueta energética. Los resultados de este análisis preliminar, sin embargo, revelaron limitaciones significativas en la información que requieren una interpretación cautelosa de los hallazgos.

Se encontró que el consumo energético de las motocicletas registradas aparece reportado en dos ciclos de conducción distintos, el ciclo ECE R-40 y el ciclo WMTC. Así mismo, no se observaron registros de motocicletas eléctricas. Como hallazgo crítico, se identificó que cerca del 63,1% (240 incidencias) de los datos presentan valores faltantes en el campo de consumo de combustible/rendimiento/emisiones de CO₂. Esto corresponde a una alta proporción que imposibilita considerar la aplicación de estrategias de imputación de datos que permitan fortalecer la robustez estadística del análisis.

Como hipótesis de trabajo, se plantea que las líneas y marcas incluidas en la base de datos disponible podrían no representar la totalidad de la oferta real disponible en el país. Si a esto se suma el elevado porcentaje de datos faltantes, los resultados presentados deben interpretarse con cautela. Según cifras de ANDEMOS, en 2024 se matricularon cerca de 833.178 motocicletas nuevas (frente a 696.173 en 2023). En contraste, los registros incluidos en los CEPD representan menos del 0,02% de ese total.

2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Homogenización de ciclos de conducción

Se realizó una segmentación de las líneas disponibles en rangos de cilindrada 50-100 cm³, 101-125 cm³, 126-150 cm³, > 200 cm³. Se aplicó una estrategia de homogenización de ciclos de conducción para motocicletas basado en el estudio “Proposed fuel-consumption standards for two- and three-wheelers in China” elaborado por ICCT (Yang, 2017). Este estudio proporciona una base técnica para establecer una relación de equivalencia entre los ciclos ECE R-40 y WMTC.

El propósito de esta homogenización es garantizar que todas las comparaciones de consumo energético se realicen bajo un mismo ciclo de conducción, evitando sesgos derivados de metodologías de prueba distintas. Se seleccionó el ciclo WMTC como referencia porque es más exigente y representa de manera más realista las condiciones de operación típicas de una motocicleta, incluyendo aceleraciones, velocidades y patrones de conducción más variados. Trabajar bajo un único ciclo, y particularmente bajo uno más representativo como el WMTC, permite obtener resultados comparables, consistentes y útiles para el análisis de eficiencia energética y para futuras discusiones sobre la etiqueta energética.

Distribución por cilindrada

Se estiman las medidas de tendencia central y de posición. Se construyen las distribuciones del rendimiento de combustible en km/gal sin distinción de etiqueta energética. Se identifica un desbalance importante en el número de datos por rango de cilindrada. De lo cual se concluye que:

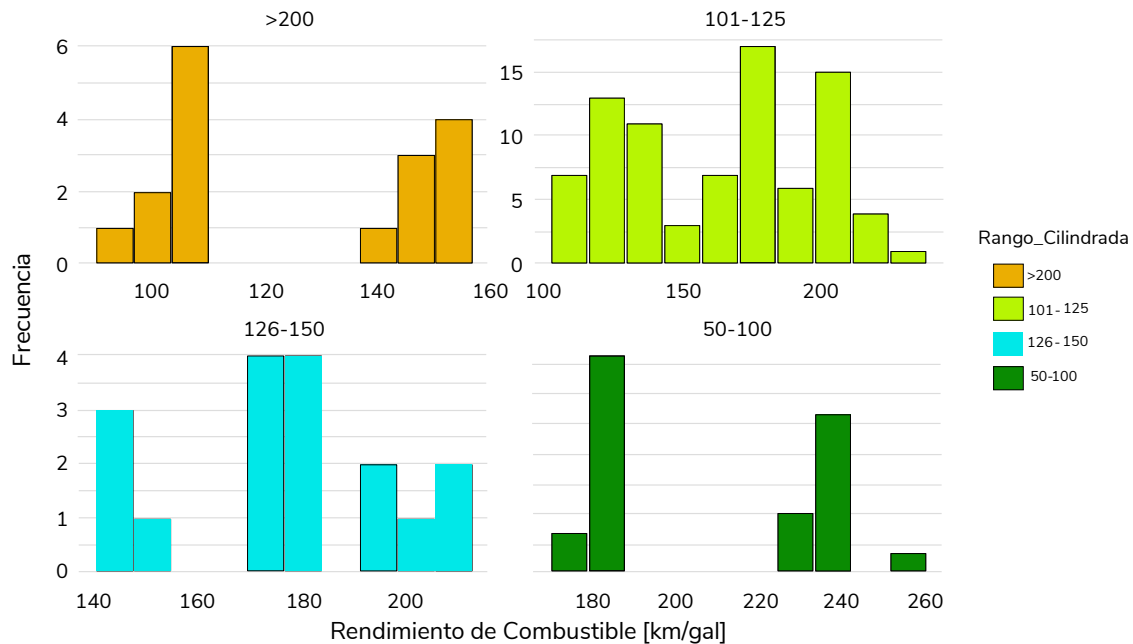
1. Los rangos con más observaciones producen estimaciones de media/mediana más estables y representativas, porque la varianza del estimador es menor.
2. En los rangos con menos datos, la media y la mediana son más sensibles a valores extremos (outliers) y menos confiables como parámetros poblacionales.
3. Pruebas estadísticas como ANOVA, asumen tamaños de muestra similares entre grupos. Un desbalance grande puede afectar la potencia estadística (la capacidad de detectar diferencias reales) y aumentar la probabilidad de errores tipo I o II. Ante diferencias de varianza entre los grupos, un desbalance agrava el problema, porque los grupos con más datos dominan el cálculo.
4. Los grupos con pocos datos tendrán intervalos de confianza más amplios, y por tanto mayor incertidumbre en la estimación de sus parámetros.

A continuación, en la Figura 1, se presenta la distribución del rendimiento de combustible en km/gal en función de la cilindrada. Se identifica que, las motocicletas más pequeñas (50–100) son los más eficientes; las grandes (>200) las menos eficientes; y los grupos intermedios (101-125, 126-150 , muestran mayor variabilidad. Para el rango de cilindrada >200 se tiene una mediana baja (~120 km/gal) y una poca dispersión. La media coincide en la zona baja, motocicletas poco

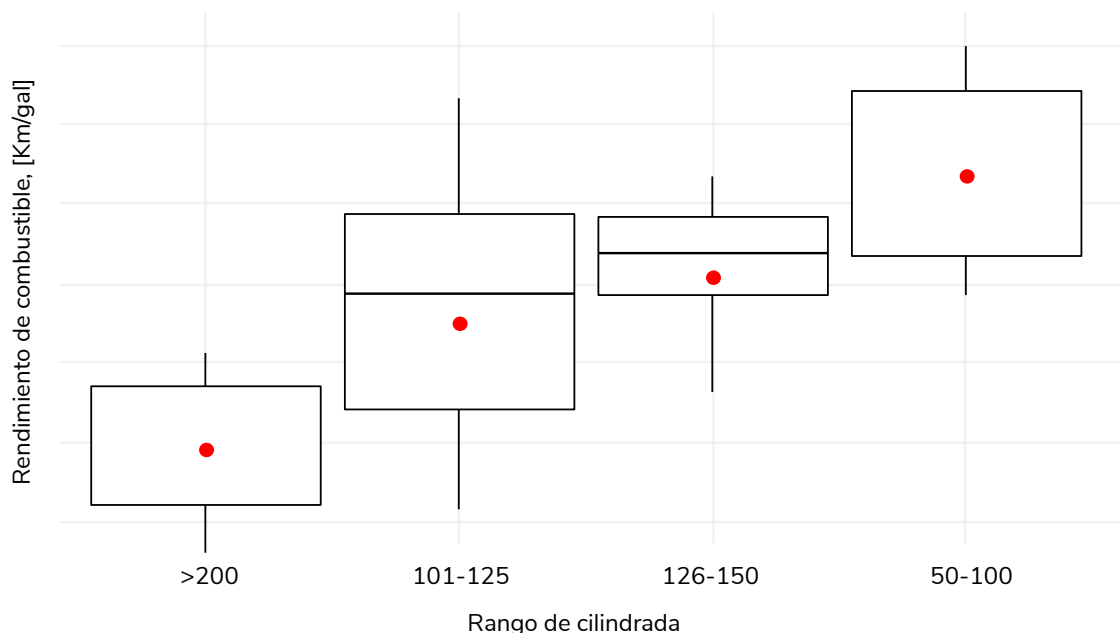
eficientes y homogéneas. Para el rango de cilindrada 101-125 se tiene una mediana intermedia (~170 km/gal) y una alta dispersión (100–230 km/gal), lo cual sugiere heterogeneidad tecnológica (modelos más y menos eficientes coexisten). Para el rango de cilindrada 126–150 se tiene una menor dispersión que para el rango de cilindrada 101–125. La media y la mediana son cercanas y por tanto el grupo es más consistente. Para el rango de cilindrada 50–100, la mediana y la media son altas (~200–210 km/gal), la dispersión es relativamente amplia pero centrada en valores elevados.

Figura 1. Distribución por cilindrada.

a.



b.



Para cada rango de cilindrada, se define un valor de la etiqueta A, B, C, D, E por percentiles como sigue, de acuerdo con los resultados de “”:

- A → p10
- B → p40
- C → p70
- D → p90
- E → p100

ANOVA

En el Análisis de Varianza (ANOVA), se plantea como hipótesis nula (H_0) que todas las medias poblacionales de los grupos son iguales, mientras que la hipótesis alternativa (H_1) establece que al menos una de esas medias difiere del resto. Sin embargo, el ANOVA por sí solo no permite identificar con precisión entre qué grupos específicos ocurren esas diferencias; únicamente indica que existen diferencias globales dentro del conjunto de etiquetas analizadas. Por esta razón es necesario aplicar una prueba *post hoc*, en este caso el método de Tukey, que permite comparar cada par de grupos y determinar cuáles presentan diferencias estadísticamente significativas.

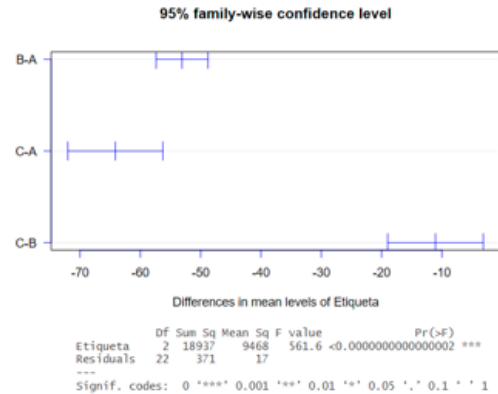
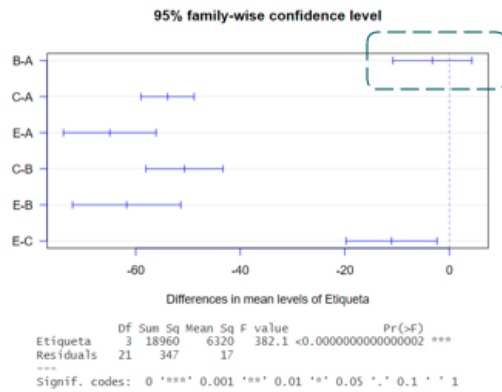
La Figura 2, ilustra este proceso. En la izquierda se observan todas las comparaciones iniciales, incluidas aquellas cuyos intervalos de confianza se superponen y, por tanto, no permiten distinguir diferencias entre etiquetas. Tras aplicar la prueba de Tukey y eliminar en cada iteración una etiqueta verificando si, con un nivel menos, es posible obtener una clasificación en la que cada par de grupos presentara diferencias significativas se obtiene un diagrama depurado (panel derecho), donde sólo permanecen las comparaciones que muestran diferencias estadísticamente significativas. Para algunos rangos de cilindrada este resultado se alcanza con una sola iteración, mientras que en otros es necesario repetir el procedimiento hasta lograr una separación consistente entre grupos. Esta representación facilita visualizar rápidamente qué pares de etiquetas son distinguibles desde el punto de vista estadístico y cuáles no, lo que constituye un insumo fundamental para evaluar la coherencia y la solidez del esquema de clasificación propuesto.

De acuerdo con los resultados del Análisis de Varianza (ANOVA), se concluye que sí existen diferencias significativas entre los grupos (Etiquetas). No obstante, al examinar las comparaciones por rangos de cilindrada, se observa que:

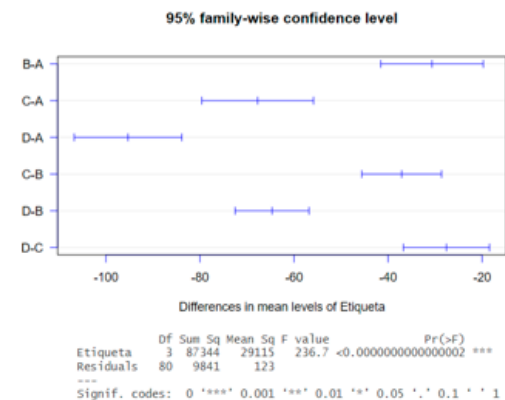
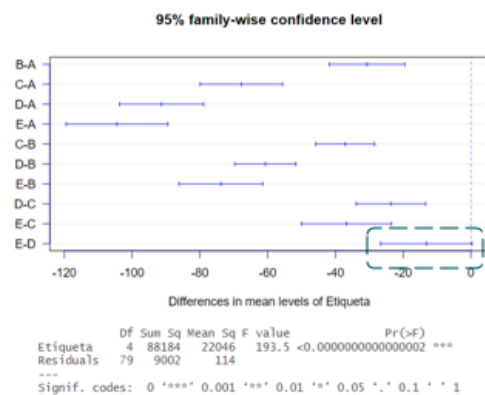
- Para 50-100 el rendimiento es similar entre la etiqueta A y B.
- Para 101-125 el rendimiento es similar entre la etiqueta D y E.
- Para 126-150 cm^3 el rendimiento es similar entre la etiqueta D y E.
- Para $> 200 \text{ cm}^3$ el rendimiento es similar entre la etiqueta A y B, C y D, D y E.

Estos empalmes entre etiquetas sugieren que la clasificación actual no separa de manera suficientemente clara los niveles de eficiencia dentro de varios segmentos de cilindrada. En la práctica, esto implica que un mismo valor de rendimiento de combustible puede corresponder a dos etiquetas distintas, generando ambigüedad y reduciendo la capacidad de la etiqueta para comunicar diferencias reales en eficiencia energética. Esta falta de discriminación interna debilita la utilidad del esquema de etiquetado y señala la necesidad de revisar los umbrales o criterios que lo estructuran.

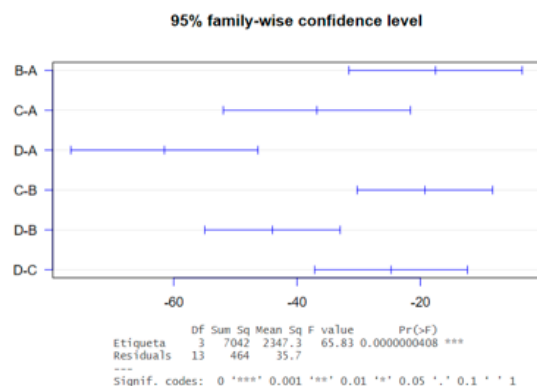
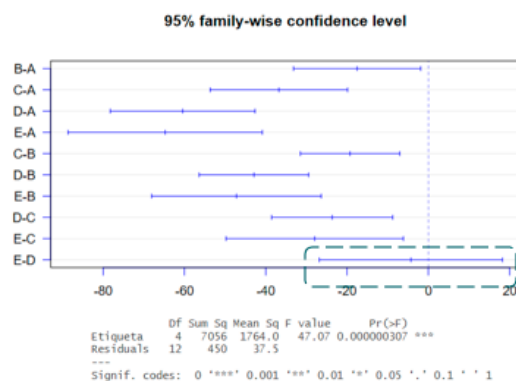
- 50-100 cm³



- 101-125 cm³



- 126 -150 cm³



- > 200 cm³

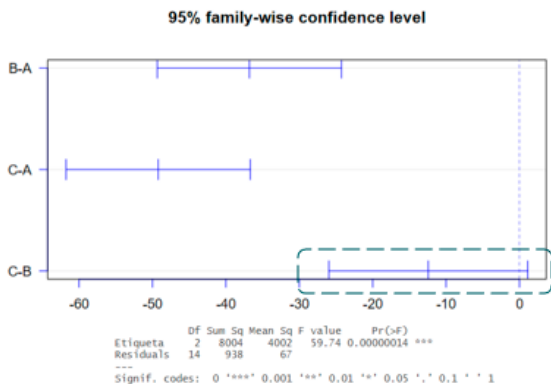
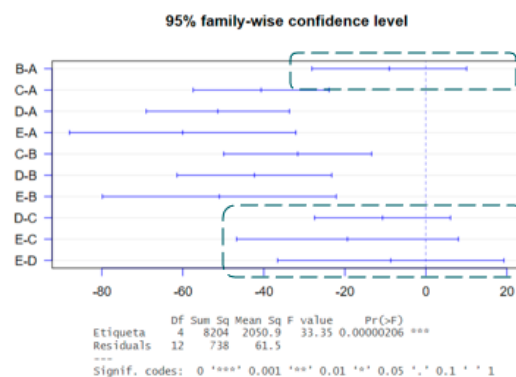


Figura 2. ANOVA inicial – Prueba post hoc de Tuckey.

Resultados

A continuación, en la Tabla 1 y la Tabla 2, se presentan los resultados de asignación de etiqueta por rango de cilindrada una vez se aplica ANOVA y la prueba post hoc de Tuckey hasta obtener grupos complementemente distinguibles.

Tabla 1. Clasificación por rango de cilindrada y etiqueta propuesta – Rendimiento de combustible.

Rango Cilindrada	Etiqueta	n	Rendimiento de combustible, [km/gal]					
			media	mediana	mín	máx	p25	p75
101-125	A	9	216,18	221,37	205,96	230,50	207,90	221,37
101-125	B	34	185,55	183,97	171,28	211,24	171,28	199,20
101-125	C	18	148,45	150,58	138,85	158,45	138,85	157,90
101-125	D	23	120,88	118,65	107,58	136,39	114,87	128,01
126-150	A	2	207,16	207,16	207,16	207,16	207,16	207,16
126-150	B	7	189,63	182,97	182,97	203,08	182,97	196,24
126-150	C	4	170,39	170,39	170,39	170,39	170,39	170,39
126-150	D	4	145,65	145,91	142,43	148,35	145,04	146,53
50-100	A	12	235,43	233,70	233,00	253,62	233,53	233,70
50-100	B	11	182,34	182,34	182,34	182,34	182,34	182,34
50-100	C	2	171,28	171,28	171,28	171,28	171,28	171,28
>200	A	7	150,76	154,63	145,60	154,63	145,60	154,63
>200	B	10	107,75	108,08	94,60	136,80	100,95	108,25

Tabla 2. Clasificación por rango de cilindrada y etiqueta propuesta – Intensidad de emisiones.

Rango Cilindrada	Etiqueta	n	Consumo energético, [gCO ₂ /km]				
			p10	p40	p70	p90	p100
101-125	A	9	39,83	40,15	42,75	42,83	43,15
101-125	B	34	44,61	45,15	51,64	51,64	51,64
101-125	C	18	55,82	57,58	63,70	63,70	63,70
101-125	D	23	65,61	74,09	75,53	81,18	82,22
126-150	A	2	42,90	42,90	42,90	42,90	42,90
126-150	B	7	44,68	46,60	48,57	48,57	48,57
126-150	C	4	51,91	51,91	51,91	51,91	51,91
126-150	D	4	59,92	60,62	60,77	61,66	62,10
50-100	A	12	37,61	38,03	38,03	38,14	38,14
50-100	B	11	48,51	48,51	48,51	48,51	48,51
50-100	C	2	51,64	51,64	51,64	51,64	51,64
>200	A	7	57,47	57,47	61,04	61,04	61,04
>200	B	10	80,04	81,71	84,28	90,05	93,50

3. ANÁLISIS ECONÓMICO

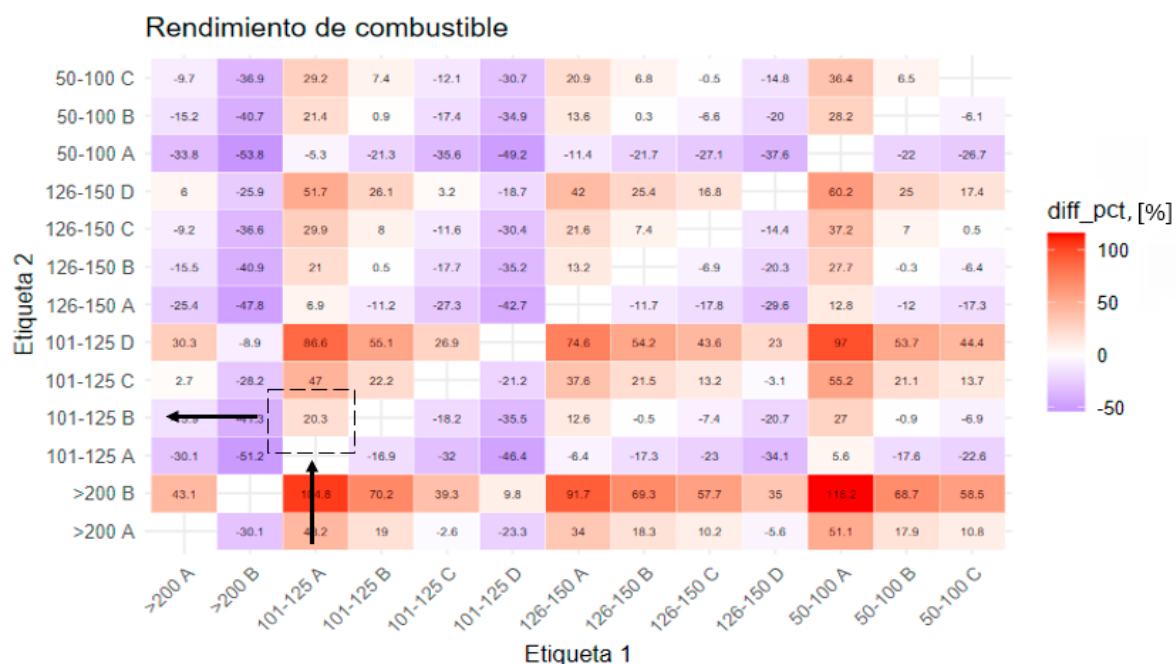
Con el fin de evaluar de manera integral las diferencias económicas asociadas a cada etiqueta y rango de cilindrada, se estimaron los costos de inversión (CAPEX), los costos operativos anuales (OPEX) y el Costo Total de Propiedad (TCO) para cada combinación posible. Para ello, se definieron previamente una serie de supuestos técnicos y económicos que permiten asegurar la comparabilidad entre escenarios y reflejar condiciones realistas de uso y operación de una motocicleta en el país.

Los supuestos considerados incluyen el nivel de actividad anual (VKT), la vida útil del vehículo, la tasa de descuento, los precios de combustible, así como los costos asociados a la adquisición, mantenimiento y obligaciones legales (SOAT, revisión técnico-mecánica, impuesto vehicular). Estos parámetros constituyen la base para calcular los costos totales y analizar cómo varían entre etiquetas y segmentos de cilindrada. A continuación, se presentan los supuestos considerados en la estimación del CAPEX y OPEX y el Costo Total de Propiedad (TCO).

- Nivel de actividad (VKT): ~13.000 km/año
- Vida útil (), [años]: 12 años
- Tasa de descuento , [%]; 4% (Privado)
- Precio combustible en EDS, [COP/gal]: 10.471 (Promedio SICOM enero-marzo 2025) (Ministerio de Minas y Energía - SICOM, 2025)
- Precio de la motocicleta, [COP]: Precio comercial según modelo y marca ¶ Se construye base de datos considerando precios comerciales de motocicletas de la línea y rango de cilindrada específico.
- SOAT, [COP/año]: 243.000 (< 100); 326.300 (entre 100 y 200); 758.300 (> 200) (Seguros de vida del estado, 2025).
- Revisión técnico-mecánica, [COP/año]: 233.819 (Sin distinción de cilindrada) (R5, 2025)
- Impuesto vehicular, [%]: 1,5% de la base gravable ¶ Se filtra base de datos de la base gravable de motocicletas considerando únicamente las líneas contenidas en la base de datos de CEPD (Ministerio de Transporte, 2025)
- Mantenimiento, [COP/año]: ~300.000 (< 100); ~350.000 (entre 100 y 200); ~450.000 (> 200).

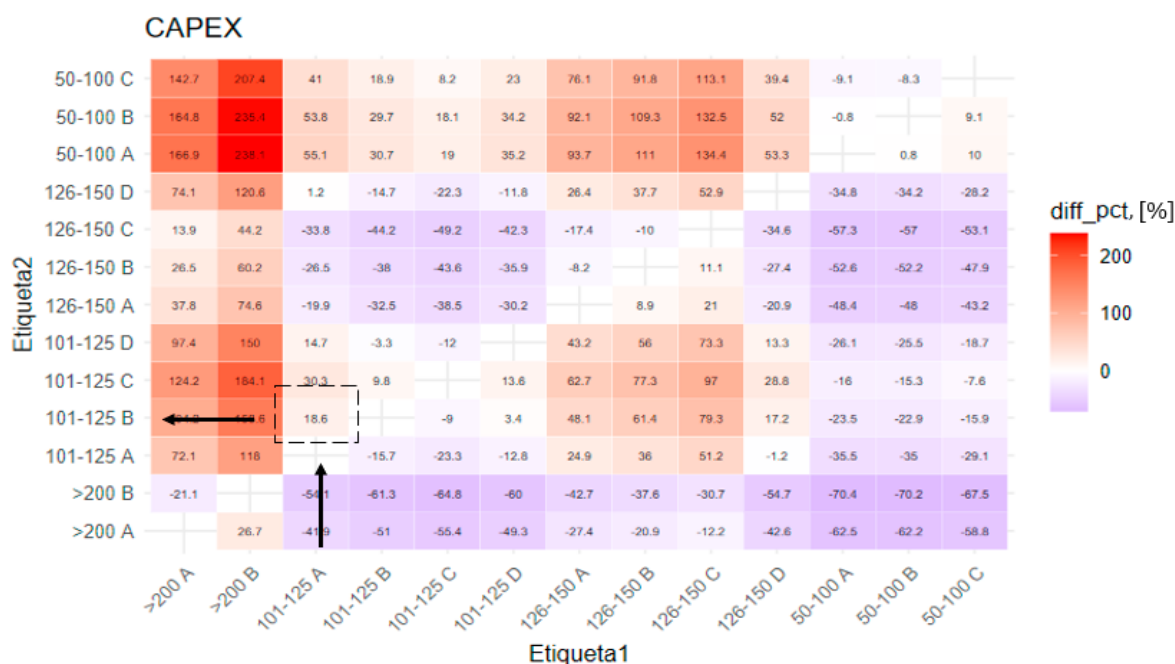
A continuación, en la Figura 3 a la Figura 6, se presentan las comparaciones de rendimiento de combustible, CAPEX, OPEX y TCO por rango de cilindrada con un ejemplo ilustrativo, en la cuales se evidencia las diferencias porcentuales por cada par de combinaciones posibles entre rangos de cilindrada y etiquetas.

Figura 3. Comparación del rendimiento de combustible por etiqueta.



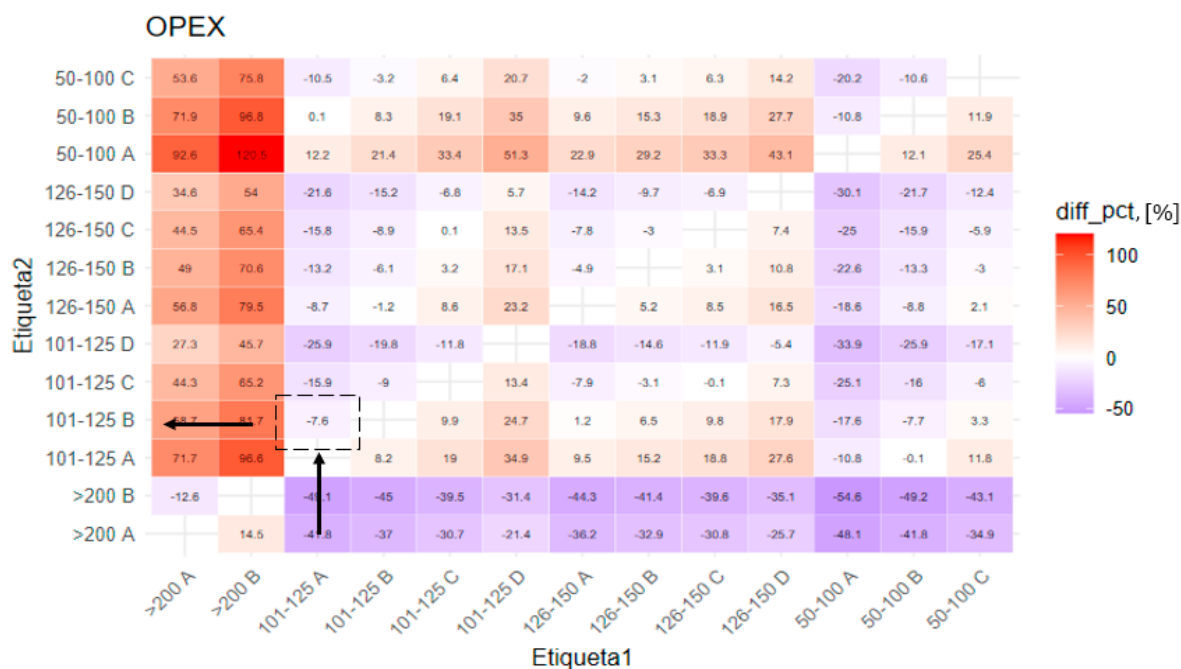
En la Figura 3, se evidencia que las motocicletas con cilindraje entre 101-125 y etiqueta A tienen ~20,3% mayor rendimiento que motocicletas con etiqueta B en el mismo rango de cilindrada.

Figura 4. Comparación del CAPEX por etiqueta.



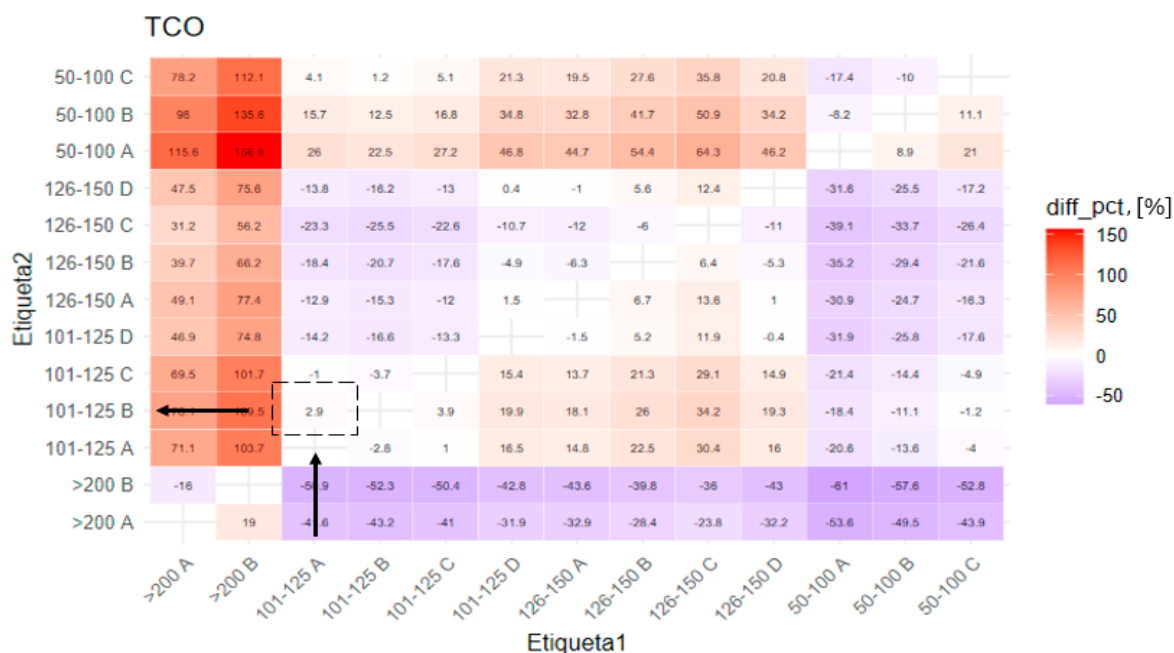
En la Figura 4, se evidencia que las motocicletas con cilindraje entre 101-125 y etiqueta A presentan un CAPEX ~18,6% mayor que motocicletas con etiqueta B en el mismo rango de cilindrada.

Figura 5. Comparación del OPEX por etiqueta.



Las motocicletas con cilindraje entre 101-125 y etiqueta A presentan un OPEX ~7,6% menor que motocicletas con etiqueta B en el mismo rango de cilindrada.

Figura 6. Comparación del TCO por etiqueta.



Las motocicletas con cilindraje entre 101-125 y etiqueta A presentan un TCO ~2,9% mayor que motocicletas con etiqueta B en el mismo rango de cilindrada.

4. REFERENCIAS

ANLA. (2025). CEPD - Listado de certificados. <https://www.anla.gov.co/tramites-y-servicios/certificaciones-ambientales/cepd-y-visto-bueno-por-protocolo-de-montreal/cepd-listado-certificados>

Ministerio de Minas y Energía - SICOM. (2025). Boletín estadístico. <https://www.sicom.gov.co/index.php/boletin-estadistico>

Ministerio de Transporte. (2025). Base gravable 2025. <https://mintransporte.gov.co/publicaciones/11959/base-gravable-2025/>

R5. (2025). Tecnomecánica 2025: Precio para Carro y Moto. <https://www.grupor5.com/tecnomecanica/2025>

Seguros de vida del estado. (2025). Tarifas SOAT. https://www.segurosdelestado.com/pages/SOAT_Tarifas

Yang, Z. (2017). Proposed fuel-consumption standards for two- and three-wheelers in China. <https://www2.unece.org/wiki/download/attachments/15237473/EPPR-05-04e.docx?api=v2>



Unidad de Planeación
Minero Energética

© UPME

AV. CALLE 26 # 69 D-91 TORRE 1 - PISO 9
BOGOTÁ - COLOMBIA | +57 601 2220601
UPME.GOV.CO