

## T-2. ELECTRIFICACIÓN DE VEHÍCULOS

### Diseño y al análisis de la acción

#### Contenido

1.	Resumen	2
2.	Descripción de la Acción	4
3.	Nivel de esfuerzo y tiempo de Implementación	5
4.	Impacto de descarbonización estimado (Impacto estimados en las emisiones de GEI)	5
	<i>Resultados</i>	5
	<i>Métodos y Fuentes</i>	8
	Paso 1 - Cambio en los datos de actividad	8
	Paso 2 - Estimación en la reducción de GEI	10
5.	Magnitud estimada de los costos o ahorros directos	11
	<i>Introducción</i>	11
	<i>Resultados</i>	13
	<i>Métodos y Fuentes</i>	13
	Paso 1 - Determinación de un valor de referencia de CE	13
	Paso 2 - Estimación aproximativa de los costos o ahorros directos totales	15
	Paso 3 - Determinación de la contribución de los costos o ahorros a los niveles de gasto del sector	15
	Paso 4 - Determinación de la magnitud (alto, mediano o bajo) de los costos o ahorros directos	16
6.	Evaluación macroeconómica	17
	<i>Introducción</i>	17
	<i>Resultados</i>	18
	<i>* Impacto positivo indica uno estímulo macroeconómico para la jurisdicción (beneficio), mientras el negativo indica la ausencia de este estímulo</i>	20
	<i>Metodología</i>	20
7.	Co-beneficios de la acción	25
8.	Otra información potencialmente importante	25

## 1. Resumen

**Descripción:** Esta acción está diseñada para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (principalmente CO<sub>2</sub>) del sector transporte en Querétaro mediante la electrificación de los vehículos. La electrificación de los vehículos reduce las emisiones del tubo de escape al disminuir la proporción de la flota de vehículos que utiliza motores tradicionales de combustión interna que queman combustibles fósiles (gasolina y diesel), es decir, una convergencia entre los sistemas eléctricos y mecánicos. Los trenes de potencia electrificados requieren menos de un tercio de la energía que requieren los trenes de potencia de los motores de combustión interna. Además, las reducciones de GEI de la electrificación de vehículos aumentan cuando se agrega más energía renovable a la red eléctrica de la que se necesita para hacer funcionar los vehículos eléctricos.

### **Nivel de esfuerzo y el tiempo de la implementación:**

- Para 2035, todos los mecanismos de implementación necesarios para apoyar la electrificación de vehículos en todos los municipios estarán implementados. El logro de esta meta los vehículos eléctricos e híbridos representarán el 50% de las ventas de vehículos nuevos. La acción se centrará primero en los vehículos ligeros, e incluirá los vehículos pesados después de 5 años.
- Para 2050, los vehículos eléctricos e híbridos representarán el 100% de las ventas de vehículos nuevos.

### **Potencial Mitigación de GEI:**

- Reducciones acumuladas (2022 - 2050) de GEI: 2.5 TgCO<sub>2</sub>e.
- 1,6% reducción de GEI a nivel del sector del transporte (es decir, potencial bajo de mitigación según los criterios en la Tabla 1).

Tabla 1. Criterios para evaluar el potencial de mitigación.

Potencial de mitigación	% de reducción en comparación con las emisiones totales en el sector
Muy bajo	<1%
Bajo	1% - 10%
Moderado	10% - 25%
Alto	25% - 40%
Muy alto	>40%

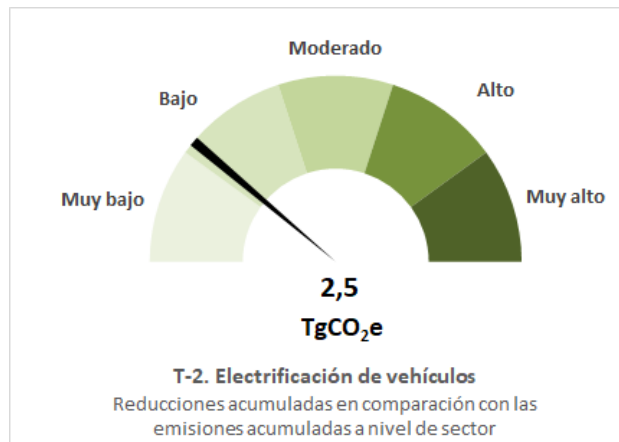


Figura 1. Magnitud del potencial de mitigación de la acción a nivel del sector.

**Magnitud potencial de los costos o ahorros directos:** ahorros directos pequeños debido a los menores costos en el tiempo del transporte realizado en vehículos electrificados en comparación con los vehículos de combustibles fósiles para residentes y comercios del Estado en comparación con el escenario BAU.

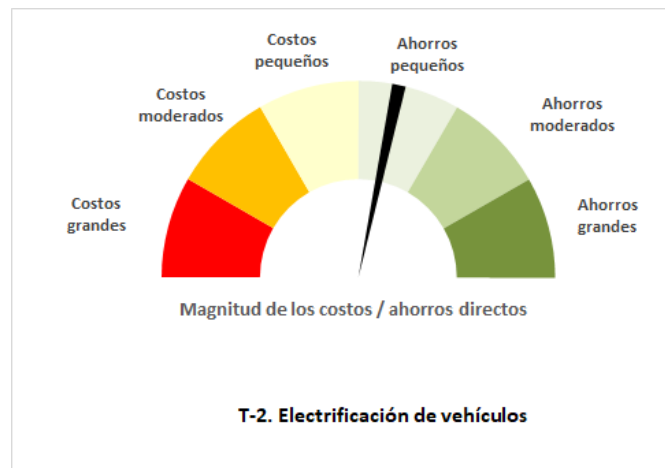


Figura 2. Magnitud potencial de los costos o ahorros directos de la acción.

**Evaluación macroeconómica:** impacto macroeconómico positivo asumiendo que la acción genera

- Cambio a favor de costos del sistema más bajos (reducción del costo total de propiedad mediante la reducción en los gastos de combustible y la reducción en los costos de O&M; reducción en los precios de los vehículos eléctricos) para incentivar las inversiones en la economía local.
- Cambio a favor de consumo más bajo de combustible y energía y gastos asociados que liberan fondos que se pueden redistribuir en la economía local.

- Cambio a favor de fuentes de energía locales (menos importaciones) si se usa generación renovable local para proporcionar carga a los vehículos eléctricos. Esto libera fondos que se pueden redistribuir en la economía local.
- Cambio a favor de las cadenas de suministro locales (instalación y materiales de carga de vehículos), incluida la expansión del sector de producción y ensamblaje de automóviles ya presente en Querétaro, para retener los fondos de inversión en la economía local.
- Cambio a favor de actividades que brindan oportunidades para la expansión del empleo en el sector de transporte, particularmente para la producción de componentes de vehículos eléctricos.
- Fuentes externas de financiamiento (nacional o internacional) que inyectan más capital en la economía local.

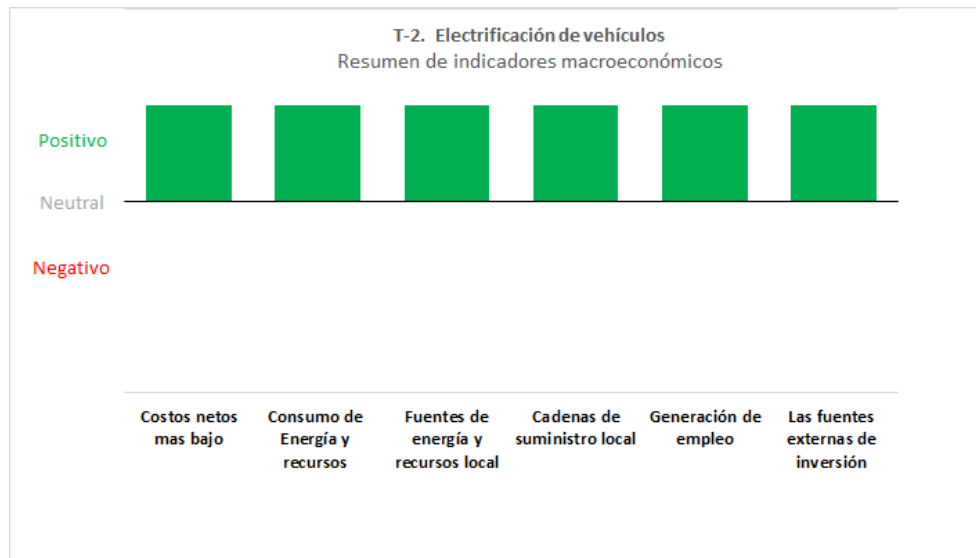


Figura 3. Resumen de indicadores macroeconómicos.

## 2. Descripción de la Acción

La electrificación de los vehículos reduce las emisiones del tubo de escape al disminuir la proporción de la flota de vehículos que utiliza motores tradicionales de combustión interna que queman combustibles fósiles (gasolina y diesel), es decir, una convergencia entre los sistemas eléctricos y mecánicos. Los trenes de potencia electrificados requieren menos de un tercio de la energía que requieren los trenes de potencia de los motores de combustión interna. Además, las reducciones de GEI de la electrificación de vehículos aumentan cuando se agrega más energía renovable a la red eléctrica de la que se necesita para hacer funcionar los vehículos eléctricos (reduciendo las emisiones de GEI por kWh de electricidad). Como resultado, la Acción de Suministro de Energía que aborda la producción de energía solar centralizada tiene vínculos importantes con esta acción.

### 3. Nivel de esfuerzo y tiempo de Implementación

A continuación, se muestra un nivel sugerido de esfuerzo y el tiempo de la implementación de esta acción.

- Para 2035, todos los mecanismos de implementación necesarios para apoyar la electrificación de vehículos en todos los municipios estarán implementados. El logro de esta meta los vehículos eléctricos e híbridos representarán el 50% de las ventas de vehículos nuevos. La acción se centrará primero en los vehículos ligeros, e incluirá los vehículos pesados después de 5 años.
- Para 2050, los vehículos eléctricos e híbridos representarán el 100% de las ventas de vehículos nuevos.

A continuación, hay información adicional de la línea de base para complementar la revisión del nivel de esfuerzo:

- Desde la línea de base, hubo aproximadamente 717,000 vehículos en el estado en 2015. Según la distribución de esta flota, un promedio de aproximadamente 31,000 vehículos nuevos ingresaron a la flota en función del número promedio de vehículos para el año modelo de los 5 años anteriores (4.1% nuevos vehículos que ingresan a la flota cada año).
- La proyección BAU supone bajos niveles de electrificación de vehículos (0.9% de vehículos nuevos en 2019; 3.0% de vehículos nuevos en 2035; y 5.0% en 2050).
- El transporte por carretera consumió aproximadamente 57,000 TJ de combustible en 2019, lo que resultó en 4.2 TgCO<sub>2</sub>e de emisiones, con 62% de vehículos de gasolina y 38% de vehículos diesel.

### 4. Impacto de descarbonización estimado (Impacto estimados en las emisiones de GEI)

Esta sección resume los resultados del análisis de impacto en las emisiones de GEI de esta acción en comparación con la línea de base (impactos directos) y los métodos y las fuentes de datos utilizados para desarrollar estos resultados.

#### *Resultados*

La siguiente tabla proporciona un resumen de los impactos directos estimados para esta acción. Los impactos directos incluyen: impactos energéticos, incluidos los niveles de generación o ahorro de energía; y reducciones de emisiones de GEI en toneladas equivalentes de dióxido de carbono (tCO<sub>2</sub>e). La siguiente sección de este documento proporciona un resumen de los métodos y fuentes de datos aplicados para derivar estos resultados.

Parámetro	2025	2030	2035	2040	2045	2050
1. Uso de combustible para	15,833	18,797	22,316	26,494	31,454	37,343

vehículos ligeros en el escenario BAU (TJ)						
2. Uso de combustible en autobuses urbanos n el escenario BAU (TJ)	14,415	16,793	19,937	23,670	28,101	33,362
3. Uso BAU de combustible para vehículos medianos y pesados en el escenario BAU (TJ)	12,972	15,401	18,284	21,707	25,771	30,596
4. Conversión de electricidad en el escenario BAU - todos los tipos de vehículos (%)	0.22%	0.35%	0.47%	0.57%	0.64%	0.69%
5. Fracción de ventas de vehículos ligeros de electricidad nueva (% por encima del escenario BAU)	0.30%	0.66%	1.0%	1.5%	1.9%	2.3%
6. Vehículos ligeros acumulado convertido a electricidad (% por encima del escenario BAU)	0.76%	3.3%	7.8%	14%	23%	33%
7. Compensación de combustible de vehículos ligeros por electricidad (TJ)	120	629	1.733	3,763	7,165	12,509
8. Fracción de ventas de autobús de electricidad nueva (% por encima del escenario BAU)	0.12%	0.28%	0.43%	1.1%	1.7%	2.3%
9. Autobus acumulado convertido a electricidad (% por encima del escenario BAU)	0.32%	1.4%	3.2%	7.3%	14%	25%
10. Compensación de combustible de autobús urbano por electricidad (TJ)	45	235	647	1,723	4,063	8,265
11. Fracción de ventas de vehículos pesados de electricidad nueva (% por encima del escenario BAU)	0.12%	0.28%	0.43%	1.1%	1.7%	2.3%
12. Vehículos pesados acumulado convertido a electricidad (% por encima del escenario BAU)	0.32%	1.4%	3.2%	7.3%	14%	25%
13. Compensación de combustible de vehículos de servicio mediano a pesado por	41	215	593	1,580	3,726	7,580

electricidad (TJ)						
14. Reducciones directas de GEI por vehículos ligeros (tCO <sub>2</sub> e)	9,026	47,445	130,713	283,772	540,329	943,276
15. Reducciones directas de GEI en autobuses (tCO <sub>2</sub> e)	3,294	17,316	47,707	127,097	299,625	609,569
16. Reducciones directas de GEI por vehículos pesados (tCO <sub>2</sub> e)	3,021	15,880	43,751	116,559	274,783	559,030
17. Requisitos de energía eléctrica de vehículos ligeros (MWh)	9,508	49,975	137,683	298,902	569,137	993,569
18. Requisitos de energía eléctrica de autobuses (MWh)	3,548	18,649	51,380	136,883	322,697	656,507
19. Requisitos de energía eléctrica de vehículos pesados (MWh)	3,254	17,103	47,120	125,534	295,542	602,076
20. Intensidad de carbono de la red (tCO <sub>2</sub> e / MWh)	0.625	0.637	0.645	0.652	0.657	0.662
21. Emisiones indirectas de GEI: vehículos ligeros (tCO <sub>2</sub> e)	5,944	31,835	88,799	194,773	374,060	657,697
22. Emisiones indirectas de GEI: autobuses (tCO <sub>2</sub> e)	2,218	11,880	33,138	89,197	212,089	434,577
23. Emisiones indirectas de GEI: vehículos pesados (tCO <sub>2</sub> e)	2,034	10,895	30,390	81,802	194,505	398,547
24. Reducciones netas de GEI por vehículos ligeros (tCO <sub>2</sub> e)	3,082	15,610	41,915	88,999	166,268	285,579
25. Reducciones netas de GEI por autobuses (tCO <sub>2</sub> e)	1,076	5,436	14,569	37,899	87,535	174,991
26. Reducciones netas de GEI por vehículos pesados (tCO <sub>2</sub> e)	987	4,985	13,361	34,757	80,278	160,483
<b>Reducciones totales estimada de GEI (tCO<sub>2</sub>e)</b>	<b>5,145</b>	<b>26,031</b>	<b>69,844</b>	<b>161,656</b>	<b>334,082</b>	<b>621,054</b>

## Métodos y Fuentes

### Paso 1 - Cambio en los datos de actividad

El primer paso en el análisis fue determinar el cambio en los datos de la actividad resultante de la implementación de esta acción. Para esta acción, se refiere a la cantidad de combustible consumida por vehículos ligeros, autobuses urbanos y vehículos pesados.

Se realizaron los siguientes cálculos y supuestos:

- A. Identificación de los valores de consumo de combustible en el escenario BAU para las categorías de vehículos. Estos valores se tomaron directamente de la línea base del sector transporte y están indicados en las filas 1 a 3 de la tabla de resumen anterior.
- B. Identificación del porcentaje de vehículos electrificados para todas las categorías de vehículos en el escenario BAU. Estos valores se tomaron directamente de la línea base del sector transporte y están indicados en la fila 4 de la tabla de resumen anterior.
- C. Cálculo del porcentaje de ventas adicional de vehículos eléctricos nuevos en comparación a el escenario BAU. La siguiente tabla proporciona un resumen de las metas de ventas de esta acción y el tiempo supuesto para alcanzarlas. A los efectos del análisis, se toman los siguientes supuestos:
  - a. Las metas de ventas para los autobuses urbanos (vehículos de pasajeros) se aplican al consumo total de combustible de los autobuses (en la línea de base no está disponible un desglose de los autobuses urbanos frente a otros tipos de autobuses).
  - b. Las metas de ventas de vehículos pesados se aplican a las categorías de vehículos de servicio mediano y pesado en la línea de base.
  - c. Para estimar el ahorro de combustible en todas las categorías de vehículos, se asume que los vehículos completamente electrificados están reemplazando a los vehículos convencionales.

Metas de la acción:

2035	50%	Vehículos ligeros	Fracción de las ventas de vehículos ligeros nuevos que son híbridos o completamente eléctricos
2050	100%	Vehículos ligeros	Fracción de las ventas de vehículos ligeros nuevos que son híbridos o completamente eléctricos
2035	30%	Autobus	Fracción del transporte urbano convertido en electricidad (autobuses urbanos)
2050	100%	Autobus	Fracción del transporte urbano convertido en electricidad (autobuses urbanos)



2035	30%	Vehículos pesados	Fracción de vehículos nuevos de servicio mediano a pesado que son híbridos o completamente eléctricos
2050	100%	Vehículos pesados	Fracción de vehículos nuevos de servicio mediano a pesado que son híbridos o completamente eléctricos

Se aplicó la siguiente fórmula:

*(% de vehículos nuevos en base a las metas x 3,0% de rotación anual de vehículos) -*

*% Ventas de vehículos electrificados en el escenario BAU*

El valor de rotación anual del 3,0% proviene de la línea de base y es una variable clave en este análisis (tasas de rotación más altas resultan en una electrificación más rápida de la flota). Es necesario restar la fracción BAU de las nuevas ventas de electricidad, porque ya se considera en la línea de base (es decir, el objetivo aquí es calcular los impactos sólo atribuibles a la acción).

Las filas 5, 8, y 11 de la primera tabla proporcionan el porcentaje anual de ventas adicional de vehículos electrificados nuevos para cada tipo de vehículo en comparación a el escenario de BAU. Estos se basan en el diseño de la acción. Por ejemplo, en 2035 para vehículos ligeros:

*(50% de vehículos nuevos x 3.0% de facturación anual de vehículos) – 0.47% Ventas de vehículos electrificados en el escenario BAU = 1.0% (por encima de BAU)*

- D. Cálculo de la fracción acumulada de vehículos electrificados. Para cada año del período de planificación, se sumó el porcentaje de vehículos nuevos agregados a la flota calculando en el paso anterior al porcentaje del año anterior. Por ejemplo, en 2035:

*1,0% de participación de vehículos ligeros nuevos + 6.7% de vehículos ligeros electrificados en 2034 = 7.8% de vehículos ligeros electrificados en 2035*

(Nota: es posible que los resultados que se muestran aquí y en la tabla de resumen no se sumen exactamente debido al redondeo)

Los resultados se muestran en las filas 6, 9 y 12 de la tabla de resumen al comienzo de esta sección.

- E. Cálculo de la cantidad de combustible del vehículo compensada con el uso de vehículos electrificados. El consumo de combustible identificado en la línea base para cada categoría de vehículo se multiplica por la fracción de vehículos electrificados. Esto supone que, en promedio, los vehículos electrificados en cada categoría han reemplazado a los vehículos de combustibles fósiles que consumen la cantidad

promedio de combustible por año (es decir, los vehículos electrificados no solo han reemplazado a los vehículos con niveles más bajos de actividad). Por ejemplo, en 2035 para vehículos ligeros:

$$22,316 \text{ TJ} \times 7.8\% = 1.733 \text{ TJ}$$

Los resultados se muestran en las filas 7, 10 y 13 de la tabla de resumen al comienzo de esta sección.

## Paso 2 - Estimación en la reducción de GEI

Después de estimar el cambio en los datos de actividad, se estimaron las reducciones de GEI para cada año. Para esta estimación se realizaron los siguientes cálculos:

- A. Cálculo de las reducciones directas de GEI que resultan de la reducción del consumo de combustible para cada categoría de vehículo. Esto requiere las reducciones de combustible calculadas en el paso anterior y un factor de emisión para la compensación de combustible (el factor de emisión es consistente con el factor usado en la línea de base). En este análisis, se asume que la mayor parte de la compensación de combustible para vehículos ligeros es gasolina, y para autobuses y vehículos pesados, es diesel.<sup>1</sup> Por ejemplo, para vehículos ligeros en 2035:

$$1,733 \text{ TJ} \times 75.4 \text{ tCO}_2\text{e} / \text{TJ} = 130,713 \text{ tCO}_2\text{e}$$

Los resultados se muestran en las filas 14, 15 y 16 de la tabla de resumen al comienzo de esta sección.

- B. Cálculo de la cantidad de electricidad de la red, en megavatios-hora (MWh, para los nuevos vehículos electrificados que se incorporan a la flota como resultado de esta acción). Para este cálculo, se necesitan las siguientes variables:
- Conversión unitaria de TJ de combustible a MWh de combustible (278 MWh/TJ);
  - La diferencia en la eficiencia para convertir la energía almacenada (combustible o electricidad) en energía en las ruedas (los vehículos electrificados requieren sólo alrededor del 26% de la energía requerida por los vehículos de combustión interna para producir la misma cantidad de energía en las ruedas);<sup>2</sup> y
  - Las pérdidas de energía durante la carga del vehículo (10%).<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> Tanto el factor de emisión de gasolina (75,4 tCO<sub>2</sub>e / TJ) como el factor de emisión de diesel (73,7 tCO<sub>2</sub>e / TJ) se toman de la línea base de GEI e incluyen emisiones de dióxido de carbono, metano y óxido nítrico.

<sup>2</sup> Calculado a partir de las diferencias de eficiencia para convertir la energía almacenada en potencia en las ruedas para vehículos convencionales de combustión interna y vehículos eléctricos. Departamento de Energía de Estados Unidos; un vehículo eléctrico convierte más del 77% de la electricidad almacenada en energía en las ruedas en comparación con un motor de combustión interna que convierte aproximadamente el 20% (12-30%) de la gasolina en energía en las ruedas. <https://www.fueleconomy.gov/feg/evtech.shtml>

<sup>3</sup> Se asume este valor.

Por ejemplo, los requisitos de energía eléctrica para los nuevos vehículos ligeros electrificados en 2035 son:

$$1,733 \text{ TJ} \times 278 \text{ MWh} / \text{TJ} \times 26\% \times (1 + 10\%) = 137,683 \text{ MWh}$$

Los resultados se muestran en las filas 17 a 19 de la tabla de resumen al comienzo de esta sección.

- C. Cálculo de las emisiones indirectas de GEI que resultan del consumo de electricidad de la red para los nuevos vehículos electrificados que se incorporan a la flota como resultado de esta acción. Esto requiere los valores de consumo de electricidad calculados en el paso anterior (MWh) y la intensidad de carbono de la red eléctrica (tCO<sub>2</sub>e/MWh) indicada en la línea de base de GEI (consulte la fila 20 de la tabla de resumen anterior). Por ejemplo, para vehículos ligeros en 2035:

$$137,683 \text{ MWh} \times 0.645 \text{ tCO}_2\text{e} / \text{MWh} = 88,799 \text{ tCO}_2\text{e}$$

Los resultados se muestran en las filas 21-23 en la tabla de resumen al comienzo de esta sección.

- D. Cálculo de las reducciones netas de emisiones de GEI para cada categoría de vehículo. Esto implica restar las emisiones indirectas de GEI calculadas en el paso anterior de las reducciones de emisiones directas. Por ejemplo, para vehículos ligeros en 2035:

$$130,713 \text{ tCO}_2\text{e} - 88,799 \text{ tCO}_2\text{e} = 41,915 \text{ tCO}_2\text{e}$$

Los resultados se muestran en las filas 24-26 en la tabla de resumen al comienzo de esta sección.

- E. Cálculo de las reducciones totales de GEI de la acción. Estas se calculan como la suma de las reducciones netas para cada categoría de vehículo. Estos resultados se muestran en la última fila de la tabla de resumen al comienzo de esta sección.

## 5. Magnitud estimada de los costos o ahorros directos

### Introducción

Los costos directos totales de implementación de una acción incluyen los costos de equipo, energía, materiales, tierra, mano de obra y otros elementos para implementar la acción. En un análisis formal de costos directos, cada uno de estos costos se analiza típicamente como un flujo anual de costos (por ejemplo, de 2020 a 2050), y luego los costos totales se comparan con los costos que se producirían en condiciones normales de negocio (*business as usual* - BAU). Si los costos de implementación de la acción son menores que los incurridos por la sociedad en condiciones BAU, entonces la acción produce un ahorro social neto (a menudo representado

como un costo neto negativo). Si ocurre lo contrario, entonces la sociedad incurre en un costo para implementar la acción (representado como costo neto positivo).

El nivel de detalle en el diseño de acciones para este Proyecto de Descarbonización es suficiente para determinar los impactos de GEI (ver la sección anterior sobre el impacto de descarbonización); sin embargo, no se proporcionan detalles suficientes para realizar un análisis de costos directos (es decir, un análisis y cuantificación de cada flujo anual de costos como se explica en el párrafo anterior). Como resultado, cuando el estado decida implementar esta acción, será necesario desarrollar detalles adicionales para respaldar un análisis completo de costos directos (como tipos de tecnología, costos de operación y mantenimiento, costos de mano de obra de instalación, etc.). Además, se necesitarán detalles adicionales sobre cómo se implementará la acción para respaldar la implementación final.

Con base en el supuesto anterior, el enfoque de este proyecto fue comprender si es probable que esta acción produzca costos netos o ahorros netos para la sociedad de Querétaro (sin cuantificarlos) y la magnitud potencial de estos costos o ahorros netos (alto, mediano, bajo). Para esta evaluación se utilizó el siguiente método.

Es importante resaltar que este análisis de costos y ahorros no toma en cuenta el costo social de carbono, es decir el daño evitado que cada tonelada métrica de GEI causa a la sociedad debido a los impactos negativos del cambio climático.

Primero, se realizó una revisión de los análisis y estudios que identificaron las estimaciones de costo-efectividad (CE) para acciones similares en otras jurisdicciones similares.

CE indica el costo de cada tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente reducida (CE). El valor de CE se indica en dólares estadounidenses para cada tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente reducida (US\$/tCO<sub>2</sub>e). Un CE positivo representa un costo neto para la sociedad, mientras que un CE negativo representa un ahorro neto. CE es la medida de los costos o ahorros directos totales durante un período fijo de tiempo (generalmente la vida útil del equipo o proyecto) dividido por la reducción de las emisiones de GEI para ese mismo período de tiempo:

$$CE = \text{costos o ahorros directos totales} / \text{reducción de emisiones de GEI estimadas}$$

Si se ha estimado la reducción de emisiones y se ha identificado un valor razonable de CE, entonces se puede estimar aproximadamente los costos o los ahorros directos totales (depende si el valor de CE es positivo o negativo):

$$\text{Costos o ahorros directos totales (estimación)} = \text{reducción de emisiones de GEI estimadas} \times CE$$

Luego, la estimación de los costos directos se normaliza en función del nivel de gasto del sector asociado con la acción para determinar la magnitud relativa en comparación con otras acciones.

$$\text{Magnitud de los costos o ahorros directos} =$$

## *estimación de los costos o ahorros directos totales / nivel de gasto del sector*

### *Resultados*

En términos de magnitud, se espera que esta acción resulte en un pequeño ahorro social para Querétaro en comparación con los niveles de gasto típicos del sector institucional (subsector de transporte, comunicaciones y almacenamiento). Este sector de la economía se eligió para indicar el tamaño relativo de los ahorros sociales. Sin embargo, los costos y ahorros directos no se limitarán al gobierno. Los ciudadanos y las empresas privadas también participarán en la implementación de acciones (compra de vehículos, compra y construcción de infraestructura de recarga, ahorros por el uso evitado de gasolina y diesel, ahorros por cobertura de enfermedades respiratorias, ahorros por la mitigación y control del aire contaminado en el Estado, reducción de costos por conceptos de verificación y multas por vehículos ineficientes, reducción de costos en infraestructuras de energías “sucias”, entre otros).

El pequeño nivel estimado de ahorro podría incrementarse si se lograran niveles más altos de penetración de vehículos eléctricos en la flota que los que se incluyen actualmente en los objetivos de esta acción (es decir, mayores ventas de vehículos eléctricos durante los primeros 10-15 años de implementación). Como resultado, las reducciones de GEI también serían mayores. Tenga en cuenta que una incertidumbre clave en los ahorros sociales netos se relaciona con la literatura disponible sobre electrificación de vehículos. La mayoría de las estimaciones se basan en la electrificación de vehículos ligeros, pero esta acción también se dirige a vehículos medianos a pesados, incluyendo los de transporte urbano. La comercialización de la electrificación de vehículos para esas categorías está ligeramente por detrás de los vehículos ligeros; pero se supone que el ahorro de combustible que se logrará con los vehículos de servicio mediano a pesado compensará los costos de compra más altos y conducirá a un nivel similar de ahorro social al que se concluye aquí para los vehículos de trabajo ligero.

### *Métodos y Fuentes*

#### Paso 1 - Determinación de un valor de referencia de CE

El primer paso para evaluar la magnitud de los costos y ahorros sociales de esta acción fue determinar un valor de referencia para el CE de la acción. En 2018, el INECC realizó análisis para acciones de mitigación en México, incluida la electrificación de vehículos. Se estimó un valor de CE de -\$41 USD/tCO<sub>2</sub>e (el valor negativo indica ahorros de costos). Los costos parecen estar basados en la diferencia promedio en el costo de los vehículos ligeros entre los vehículos de combustión interna estándar y una combinación de vehículos híbridos (gasolina y eléctricos) y vehículos completamente electrificados.

Los valores de CE identificados en la literatura varían ampliamente. Las estimaciones realizadas hace más de 2-3 años encontraron costos sociales netos en el rango de alrededor de \$40-\$75/tCO<sub>2</sub>e. Sin embargo, como se muestra en la tabla que sigue, dos estimaciones más

recientes para estudios de electrificación de vehículos en México y Guatemala han estimado un ahorro neto para la sociedad por implementar acciones de electrificación de vehículos. El problema más probable que contribuye a esta discrepancia es el costo incremental asumido por cualquiera de estos investigadores por el costo de un vehículo electrificado en comparación con un vehículo de combustión interna convencional. Solo en años muy recientes se ha hecho evidente que debido a la caída de los costos de las baterías, se espera que los costos generales de los vehículos electrificados caigan al nivel de los vehículos de combustión interna alrededor de 2025.

Otra diferencia que impulsa algunas de estas estimaciones de CE es si los investigadores incluyeron o no los costos de infraestructura de carga adicionales. Por ejemplo, se necesitarán suficientes cargadores para vehículos públicos además de los cargadores en el hogar para soportar altos niveles de electrificación del vehículo.

Los valores de CE negativos indican ahorro y los valores de CE positivo un costo

Sector - Segmento de mercado	CE (2020 USD/tCO <sub>2</sub> e)	Región	Citación y Notas
Vehículos ligeros	\$40	América del Norte	Bloomberg NEF, 2010 <sup>a</sup> ; costos directos de los vehículos eléctricos híbridos enchufables.
Vehículos ligeros	\$61	Romania	World Bank, 2016 <sup>b</sup> ; vehículos públicos eléctricos; parecen ser principalmente reemplazos de vehículos de gasolina ligeros por vehículos electrificados.
Autobuses eléctricos	\$74	Romania	World Bank, 2016 <sup>b</sup> ; autobuses eléctricos en flotas públicas.
Vehículos ligeros	- \$41	México	INECC, 2018 <sup>c</sup> ; basado en costos de vehículos incrementales para una combinación de vehículos ligeros híbridos y eléctricos.
Vehículos ligeros	- \$84	Guatemala	CCS, 2019 <sup>d</sup> ; La política T-5 aborda flotas más eficientes dirigidas principalmente a la electrificación de vehículos ligeros, incluye cierta contabilidad para los costos de

			infraestructura de carga.
<p>Nota: todos los valores están en dólares estadounidenses de 2020.</p> <p><sup>a</sup> Bloomberg New Energy Finance: una nueva mirada a los costos de reducir las emisiones de carbono de EE. UU. Enero de 2010. <a href="https://about.bnef.com/blog/us-mac-curve-a-fresh-look-at-the-costs-of-reducing-us-carbon-emissions/">https://about.bnef.com/blog/us-mac-curve-a-fresh-look-at-the-costs-of-reducing-us-carbon-emissions/</a>.</p> <p><sup>b</sup> Evaluación de crecimiento verde de Rumania: abordar un clima cambiante y avanzar hacia una reducción de las emisiones de carbono. Junio de 2016. <a href="http://documents.worldbank.org/curated/en/512891470687952934/pdf/107578-WP-PUBLIC-Romania-green-growth.pdf">http://documents.worldbank.org/curated/en/512891470687952934/pdf/107578-WP-PUBLIC-Romania-green-growth.pdf</a>.</p> <p><sup>c</sup> Costos de las Contribuciones Nacionalmente Determinadas de México. Medidas Sectoriales No Condicionadas. Informe final. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), México. <a href="http://cambioclimatico.gob.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/publicaciones/40/723_2018_Costos_Contribuciones_Nacionalmente_Determinadas_Mexico_.pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y">http://cambioclimatico.gob.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/publicaciones/40/723_2018_Costos_Contribuciones_Nacionalmente_Determinadas_Mexico_.pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y</a>.</p> <p><sup>d</sup> Estrategia de desarrollo de bajas emisiones de Guatemala, Informe final, CCS, marzo de 2019. <a href="http://www.climatestrategies.us/library/library/view/1226">http://www.climatestrategies.us/library/library/view/1226</a>.</p>			

Tanto la dirección como la magnitud de los costos directos netos dependen en gran medida del costo de los combustibles que se están desplazando a través de la electrificación (gasolina y diesel). Si bien el valor CE proporcionado por INECC no pareció abordar los costos adicionales necesarios para la carga de vehículos públicos, todavía representa el mejor valor CE para esta evaluación. La principal preocupación tanto con la estimación del INECC como con la estimación para Guatemala es si se incluyó o no una buena contabilidad de la infraestructura de carga pública. Por lo tanto, el nivel de ahorro social puede no ser tan alto como lo indican ambos valores. Para esta acción, se seleccionó el CE desarrollado a partir de la evaluación del INECC (es decir, -\$41 USD/tCO<sub>2</sub>e).

## Paso 2 - Estimación aproximativa de los costos o ahorros directos totales

Si se considera la estimación aproximada de CE indicada anteriormente (- \$41 tCO<sub>2</sub>e) y la reducción de emisiones de GEI estimada anteriormente (26.031 tCO<sub>2</sub>e en 2030 y 621.054 tCO<sub>2</sub>e en 2050), el *ahorro anual neto estimado para la sociedad en Querétaro* debido a la implementación de esta acción y en consideración de la reducción de GEI estimada anteriormente sería:

- 2030: - \$41/tCO<sub>2</sub>e x 26,031 tCO<sub>2</sub>e = - \$1.1 millones de dólares
- 2050: - \$ 41/tCO<sub>2</sub>e x 621,054 tCO<sub>2</sub>e = - \$25 millones de dólares

## Paso 3 - Determinación de la contribución de los costos o ahorros a los niveles de gasto del sector

El tercer paso en esta evaluación fue escalar los valores de ahorro directo anteriores en función de los niveles de gasto proyectados para el sector económico afectado por la acción. En este caso, el sector más afectado es el institucional (gubernamental), subsectores de transporte, comunicaciones y almacenamiento, aunque el gasto de los ciudadanos privados también se ve

afectado. El gobierno ahorrará dinero debido a los menores costos totales de los vehículos electrificados en comparación con sus contrapartes de combustión interna. Los ciudadanos privados ahorrarán dinero debido a los menores costos de transporte. Para los propósitos de este análisis, los ahorros directos fueron escalados por el gasto del gobierno estatal en el subsector de transporte, almacenamiento y comunicaciones.

A partir de la Línea Base Socioeconómica, el valor agregado a la economía<sup>4</sup> de 2017 por el subsector de transporte, almacenamiento y comunicaciones del sector institucional en 2017 fue de \$37 mil millones de pesos (año base 2019). Suponiendo un crecimiento de este subsector al mismo ritmo que el resto de la economía (es decir, 3,8% como se indica en la línea base socioeconómica), el valor agregado por este sector en 2030 será de \$60 mil millones de pesos 2019 (es decir, es decir, \$2.7 mil millones de dólares) y en 2050 el valor agregado será de \$126 mil millones de pesos en 2019 (es decir, 5.7 mil millones de dólares).

Los valores de ahorro estimados de esta acción enumerado anteriormente (es decir, \$11 millones en 2030 y \$47 millones en 2050) representan el siguiente porcentaje del valor agregado del subsector de transporte, almacenamiento y comunicaciones:

- 2030: - \$1.1 millones de dólares/\$2.7 mil millones de dólares = - 0.04% del valor agregado del subsector de transporte, almacenamiento y comunicaciones
- 2050: - \$25 millones de dólares/\$5.7 mil millones de dólares = - 0.4% del valor agregado del subsector de transporte, almacenamiento y comunicaciones




Paso 4 - Determinación de la magnitud (alto, mediano o bajo) de los costos o ahorros directos


El último paso fue convertir el porcentaje anterior de valores de ahorro directo (es decir, % de los niveles de gasto proyectados para el sector) en término de magnitud (alto, mediano o bajo). Por esto se usó la siguiente escala de calificaciones:

Costos o ahorros sociales directos	Tamaño del costo ahorro directo en 2050 (% de los niveles de gasto proyectados para el sector en 2050)	Indicador de la magnitud de costos/ahorros directos
Ahorros	> 10%	◆◆◆
Ahorros	1,0% - 10%	◆◆
Ahorros	< 1,0%	◆

<sup>4</sup> El valor agregado es un término económico para expresar la diferencia entre el valor de los bienes y servicios y el costo de los materiales, suministros y mano de obra que se utilizan para producirlos. El valor agregado incluye sueldos, salarios, intereses, depreciación, alquiler, impuestos y ganancias.



Costo	< 1,0%	
Costo	1,0% - 10%	
Costo	> 10%	

La contribución estimada de los ahorros generados de la implementación de esta acción a los niveles de gasto de los sectores de referencia en 2050 (es decir, 0.4%) indican que la magnitud estimada de los ahorros directos de la implementación de la acción será bastante pequeña () en comparación con los niveles de gasto típicos en este subsector (es decir, gasto en materiales y mano de obra).

## 6. Evaluación macroeconómica

### Introducción

La experiencia ha demostrado que las acciones de bajas emisiones de carbono tienen el potencial de proporcionar importantes beneficios macroeconómicos si se cuenta con un diseño de implementación y un apoyo financiero adecuados. La evaluación macroeconómica tiene como objetivo identificar y evaluar los efectos indirectos de los cambios inducidos por acciones en la economía en su conjunto, así como los impactos en diferentes sectores económicos, grupos de personas y tipos y tamaños de empresas.

Los resultados típicos de la evaluación incluyen cambios estimados en el empleo a nivel de toda la economía y del sector, el PIB (o crecimiento económico), los ingresos personales, el consumo y los gastos personales, los cambios en el precio y la productividad, y los cambios en la población a medida que las personas responden a los cambios en ingresos, costos de vida y disponibilidad de trabajo.

Las evaluaciones de los impactos económicos secundarios, o macroeconómicos, de las acciones se pueden realizar de manera cuantitativa y/o cualitativa y con diversos grados de detalle y sofisticación según la necesidad, el nivel de detalle en el diseño de la acción, y los datos disponibles. Los resultados de tales evaluaciones pueden orientar la planificación, implementación y mayor desarrollo de acciones para asegurar que cumplan con las metas y objetivos socioeconómicos.

El desarrollo y aplicación de un modelo analítico macroeconómico totalmente empírico para la economía de Querétaro, basado en el análisis de datos primarios, está fuera del alcance de este proyecto debido al nivel de detalles de diseño de las acciones y a los datos disponibles. En este sentido, se llevó a cabo una evaluación basada en indicadores y modelos empíricos previos para determinar la dirección potencial y la magnitud de los impactos en el empleo, los ingresos y el crecimiento económico impulsados por las acciones de la Trayectoria. Esta metodología con indicadores macroeconómicos se basa en un análisis de regresión de estudios

macroeconómicos previos de mitigación del cambio climático<sup>5</sup> que muestran que seis indicadores (o factores) son importantes para comprender cómo las acciones pueden cambiar el crecimiento económico y el empleo en una jurisdicción determinada. Cada uno de estos indicadores (descritos a continuación) está influenciado por el diseño de implementación, los impactos financieros (gastos e ingresos) de una acción, y los efectos multiplicadores económicos resultantes. Estos incluyen efectos tanto positivos como negativos asociados con cada indicador para producir un resultado neto. Los seis indicadores son:

1. **Cambios a favor de tecnologías y prácticas con costos de implementación netos más bajos que en el escenario BAU:** la suma de los costos de implementación y ahorros de la acción es menor que el costo neto esperado en el escenario BAU. En tal caso, la acción no utiliza fondos que se pueden gastar en otros sectores para estimular el crecimiento económico.
2. **Cambios en los gastos de energía y recursos naturales:** los cambios en la eficiencia neta, o a favor de un mayor ahorro de energía o recursos mediante tecnologías o prácticas recientemente adoptadas podrían crear fondos disponibles que pueden gastarse en otros sectores para estimular el crecimiento económico
3. **Cambio a favor del suministro de energía local y otras recursos locales:** los cambios de fuentes de energía o recursos importados a locales podrían crear fondos disponibles que se pueden gastar en otros sectores para estimular el crecimiento económico
4. **Cambio a favor de las cadenas de suministro locales:** los cambios en las actividades a favor de productos de otros sectores locales o cadenas de suministro locales podrían estimular el crecimiento económico
5. **Cambio a favor de actividades intensivas en mano de obra:** los cambios a favor de actividades más intensivas en mano de obra local en comparación con el escenario BAU podrían estimular el crecimiento económico
6. **Cambios a favor de fuentes externas de inversión e ingresos:** los cambios a favor de las fuentes de inversión nacionales o internacionales crean fondos disponibles que se podrían gastar en otros sectores locales para estimular el crecimiento económico

La presencia de cualquiera de estos indicadores como consecuencia de la implementación de una acción se asocia positivamente con el crecimiento del PIB, con la excepción del quinto indicador, que está asociado estadísticamente con el crecimiento del empleo en toda la economía en lugar del PIB.

### *Resultados*

Se espera que esta acción genere un impacto macroeconómico positivo general en la economía de Querétaro con potencial para un crecimiento significativo, asumiendo que durante la

---

<sup>5</sup> La evaluación macroeconómica basada en indicadores se basa en el estudio titulado “Resumen de factores clave que contribuyen a los impactos macroeconómicos de las opciones de mitigación de GEI”, de Dan Wei, Adam Rose y Noah Dormady de la Escuela de Políticas Públicas Sol Price de la USC. [www.climatestrategies.us/library/library/download/905](http://www.climatestrategies.us/library/library/download/905).

siguiente fase de implementación, se definen parámetros de diseño y mecanismos de implementación de manera que:

- En la medida de lo posible, los vehículos eléctricos se cargarán utilizando electricidad generada localmente (a través de generación de energía renovable central o distribuida que proporciona los mayores beneficios de GEI).
- El porcentaje más alto de mano de obra local y componentes de la cadena de suministro producidos localmente se utilizará para la instalación y los materiales de carga de vehículos.
- Se establecerán programas de fomento, capacitación y desarrollo de la fuerza laboral para garantizar el suministro y mantenimiento local de los vehículos eléctricos.
- Apoyar el desarrollo de Compañías locales para que sustituyan productos y componentes de suministro y mantenimiento de combustión a refaccionamiento de sistemas eléctricos.
- Si es posible, el sector de producción y ensamblaje de automóviles ya presente en Querétaro se ampliará para apoyar una mayor producción local de componentes de vehículos eléctricos o vehículos eléctricos completos. Los incentivos específicos para atraer proveedores de la cadena de suministro de vehículos eléctricos para expandir la industria local pueden mejorar los impactos macroeconómicos.
- Aplicación de incentivos por parte del gobierno actual ante la compra de vehículos eléctricos o híbridos.
- Se utilizarán inversiones extranjeras y/o subvenciones o préstamos federales para permitir la inyección directa de capital a la economía local.
- Apoyar el desarrollo de Compañías locales para que sustituyan productos y componentes de suministro y mantenimiento de combustión a refaccionamiento de sistemas eléctricos.
- Generar incentivos y eliminación de verificación ante la compra de vehículos eléctricos a los particulares por parte del Gobierno Estatal.

La tabla siguiente resume los impactos de cada uno de los seis indicadores macroeconómicos en esta acción (es decir, la presencia o ausencia de cada indicador como consecuencia de la implementación de la acción) en base a los supuestos anteriores y a los parámetros de diseño de esta acción. Más detalles sobre esta evaluación se proporcionan en las secciones que siguen:

*Tabla 2. Resumen de los resultados.*

Indicador macroeconómico	Impacto de la acción en el indicador *
1. Cambios a favor de tecnologías y prácticas con costos de implementación netos más bajos que en el escenario BAU	Positivo

2. Cambios en los gastos de energía y recursos	Positivo
3. Cambio a favor del suministro de energía y recursos locales	Positivo
4. Cambio a favor de las cadenas de suministro locales	Positivo
5. Cambio a favor de actividades intensivas en mano de obra	Positivo
6. Cambios a favor de fuentes externas de inversión e ingresos	Positivo

\* Impacto positivo indica un estímulo macroeconómico para la jurisdicción (beneficio), mientras el negativo indica la ausencia de este estímulo

## Metodología

### Factores de costo primarios para la evaluación de la acción

Se espera que los principales impactos asociados con esta acción sean el resultado de la compra de nuevos vehículos de transporte de propulsión eléctrica para reemplazar los vehículos con motor de combustión interna (ICE), la reducción del consumo de combustibles fósiles importados y el aumento de la demanda de electricidad, ya sea producida localmente o suministrada desde la red nacional. Además, adquisición e instalación de infraestructura de carga de vehículos, incluidas estaciones de carga de vehículos e infraestructura de red de distribución.

La cuantificación completa de estos costos directos está fuera del alcance de este Proyecto. Sin embargo, una comprensión de su magnitud basada en una investigación bibliográfica proporcionada en la sección anterior sirve como insumo para el desarrollo de la evaluación macroeconómica aplicada a cada uno de los seis factores identificados anteriormente.

### Parámetros financieros y parámetros de implementación en la evaluación macroeconómica

La aplicación de los seis indicadores requiere la evaluación de algunos parámetros financieros y de diseño. Sin embargo, no todos estos parámetros están disponibles para la evolución macroeconómica de esta acción y en su ausencia se utilizaron investigaciones bibliográficas o supuestos. A continuación se muestra un resumen de cada uno de los seis indicadores refinados para su aplicación a esta acción, junto con (i) los parámetros financieros que en teoría cada uno de ellos considera (es decir, costos o ingresos que están asociados con este indicador), y (ii) los parámetros de implementación que en teoría puedan impactar el desempeño de la acción contra ese indicador. Tenga en cuenta que algunos indicadores pueden ser más aplicables que otros para esta acción en particular. Por ejemplo, si no se espera ningún cambio en la demanda de energía, los ahorros de energía del indicador 2 pueden no ser relevantes.

Tabla 3. Indicadores macroeconómicos con parámetros financieros y de implementación que podrían soportar la evaluación macroeconómica.

Indicador macroeconómico	Parámetros financieros	Parámetros de implementación
<p><b>1. Cambios a favor de tecnologías y prácticas con costos de implementación netos más bajos que en el escenario BAU</b></p>	<p>Cambios en el gasto en sistemas de transporte, combustibles y flujos de energía</p>	<p>Tiempo de implementación, nivel de esfuerzo, tipo de vehículos, diseño para el despliegue del sistema, incluidas fuentes de financiación e incentivos</p>
<p><b>2. Cambios en los gastos de energía y recursos naturales</b></p>	<p>Cambios en el consumo (uso) de combustible y niveles de gasto relacionados para los consumidores de combustibles fósiles. Cambio en los combustibles fósiles al transporte con propulsión eléctrica. Cambios en la cantidad total y el costo del combustible / energía de transporte.</p>	<p>Consumo de energía, nueva infraestructura de carga de vehículos, aumento de la demanda de electricidad y reducción de la demanda de combustibles fósiles, generación de energía local, compra/propiedad de nuevos vehículos.</p>
<p><b>3. Cambio a favor del suministro de energía y recursos locales</b></p>	<p>Cambios en las fuentes y características de los insumos de energía y recursos para los combustibles de transporte/electricidad; ubicación del gasto, incluidos los cambios derivados del aumento de la generación local y la reducción de las importaciones de combustible.</p>	<p>Cambios en la demanda de electricidad basada en la red a través de la generación en el sitio y que afecta el nivel de energía consumida en comparación con las importaciones; producción y venta de energía local total, crecimiento del sector energético.</p>
<p><b>4. Cambio a favor de las cadenas de suministro locales</b></p>	<p>Cambio en el gasto local en mano de obra, equipo, materiales para el</p>	<p>Producción y montaje locales de componentes de vehículos eléctricos a corto plazo.</p>

	desarrollo y operación de infraestructura y sistemas.	
<b>5. Cambio a favor de actividades intensivas en mano de obra</b>	Cambios en las tasas de gasto local en mano de obra para construcción y operaciones.	Nueva instalación, operaciones y mano de obra de mantenimiento para la infraestructura de carga de vehículos. Desarrollo y la capacitación de nueva fuerza laboral para el mantenimiento continuo de los vehículos eléctricos.
<b>6. Cambios a favor de fuentes externas de inversión e ingresos</b>	Cambios en la fuente y monto de los fondos para financiamiento e ingresos operativos.	Fuentes de financiamiento públicas y privadas locales, públicas y privadas nacionales o fondos internacionales para nuevos proyectos.

#### Evaluación de la acción en base a los seis indicadores

#### **Indicador 1 - Cambios a favor de tecnologías y prácticas con costos netos de implementación más bajos que en el escenario BAU**

- La evaluación de costos netos directos proporcionada en la sección anterior mostró que esta acción probablemente generará ahorros para la sociedad de Querétaro.
- Se ha demostrado consistentemente que la adopción de vehículos eléctricos para reemplazar los vehículos de combustibles fósiles reduce el costo total de propiedad mediante la reducción en los gastos de combustible y la reducción en los costos de operación y mantenimiento de los vehículos.<sup>6</sup>
- Los vehículos eléctricos actualmente tienen un costo inicial más alto que los vehículos tradicionales y requerirán una inversión inicial significativa. Sin embargo, los precios de los vehículos eléctricos han caído significativamente en los últimos diez años debido a la tecnología mejorada de baterías y se espera que los vehículos eléctricos tengan un costo similar al de los vehículos tradicionales para 2025.<sup>7</sup>
- La infraestructura de carga de vehículos eléctricos requerirá una inversión significativa tanto del sector público como del privado. Es importante incentivar las empresas de servicios públicos a respaldar la implementación de esta acción mediante el aumento de las ventas de electricidad y los productores de automóviles a respaldar las ventas de vehículos.
- Con base en los supuestos anteriores y los parámetros de diseño de esta acción, se espera que este indicador sea positivo para esta acción.

<sup>6</sup> [https://www.nrel.gov/news/press/2020/research-determines-financial-benefit-from-driving-electric-vehicles.html?fbclid=IwAR1SOIM2T1Fpq60gQlvhIHBdi8ZJH4NZ9403o\\_-cnRJlqiuXOKAMxE\\_cvU4](https://www.nrel.gov/news/press/2020/research-determines-financial-benefit-from-driving-electric-vehicles.html?fbclid=IwAR1SOIM2T1Fpq60gQlvhIHBdi8ZJH4NZ9403o_-cnRJlqiuXOKAMxE_cvU4).

<sup>7</sup> <https://about.bnef.com/electric-vehicle-outlook/>.

## **Indicador 2- Cambios en el gasto de energía y recursos naturales**

- Esta acción implica un cambio de la demanda de energía de la producción de combustibles fósiles importados (principalmente gasolina) a electricidad producida localmente e importada. Se espera que este cambio sea significativo, disminuyendo los costos operativos de los consumidores para el transporte y disminuyendo los costos netos de energía al reducir las importaciones de combustible y aumentar la demanda doméstica de electricidad.
- En México, el costo promedio de transporte es de aproximadamente \$ 0.02/km USD para un vehículo eléctrico, en comparación con \$ 0.12/km USD para un vehículo de combustión interna<sup>8</sup>, lo que reduce significativamente los gastos de energía del consumidor relacionados con el transporte, liberando capital que se puede gastar en otras partes de la economía local.
- Con base en los supuestos y parámetros de diseño anteriores, se espera que este indicador sea positivo suponiendo que con esta acción los gastos generales de energía para el transporte disminuirán debido al hecho que actualmente Querétaro importe la mayor parte de su combustible fósil para el transporte y los vehículos eléctricos mejoren la eficiencia energética.

## **Indicador 3 - Cambios en favor del suministro de energía y recursos locales**

- En base a las condiciones actuales en Querétaro, se estima que esta acción cambiará la demanda de combustibles fósiles importados a electricidad importada de la red nacional, y por lo tanto no tendrá un impacto en los recursos energéticos locales. Sin embargo, si se considera de utilizar electricidad de fuente renovable generada en el estado (como la generación solar distribuida para la carga de vehículos), los fondos que actualmente se gastan en combustible importado podrían trasladarse a electricidad producida localmente, mejorando las condiciones macroeconómicas.
- Debido a las consideraciones anteriores, se espera que si se implementa la generación renovable local para proporcionar carga a los vehículos eléctricos, existe la posibilidad que este indicador sea positivo.

## **Indicador 4 - Cambios a favor de cadenas de suministro locales**

- Para maximizar los beneficios macroeconómicos, se deben establecer y expandir cadenas de suministro locales para retener los fondos de inversión en la economía local. Querétaro tiene un sector de producción de automóviles bien establecido, que incluye numerosos proveedores de materiales y componentes para la producción de vehículos eléctricos. Querétaro está muy bien posicionado para expandir este sector a medida que los vehículos eléctricos se despliegan en mayor número en el estado y en todo México.

---

<sup>8</sup> <https://publications.iadb.org/publications/english/document/The-Incorporation-of-Electric-Cars-in-Latin-America.pdf>.

- Debe emplearse el mayor porcentaje posible de materiales producidos localmente para la producción e instalación de infraestructura de carga de vehículos eléctricos para respaldar el despliegue de vehículos eléctricos, incluidos los materiales de construcción y los componentes eléctricos. Si se pueden establecer nuevas cadenas locales de suministro, existe un potencial significativo para nuevas fuentes externas de inversión en la economía local que de otra manera no serían capturadas y aumentarían significativamente los impactos macroeconómicos positivos.
- En los primeros años de implementación de la acción, se espera que sea necesario importar vehículos eléctricos y que ya se establezcan cadenas de suministro de componentes de vehículos. Además, las compras reducidas de vehículos de combustible fósiles pueden tener un impacto negativo en la cadena local de suministro de automóviles aunque no se espera que las ventas específicas de Querétaro tengan un impacto significativo en las cadenas global de suministro.
- Se espera que esta acción tenga un pequeño impacto positivo en las cadenas de suministro locales a corto plazo a través del desarrollo de la infraestructura de carga. Sin embargo, esta acción tiene potencial para un impacto macroeconómico positivo significativo a largo plazo, si las cadenas existentes de suministro de automóviles se pueden expandir para incorporar una mayor producción de componentes de vehículos eléctricos, vehículos eléctricos e infraestructura de carga.

#### **Indicador 5 - Cambios a favor de actividades intensivas en mano de obra**

- Querétaro tiene un alto nivel de empleo en la producción de automóviles a nivel local. El despliegue de nuevos vehículos eléctricos puede brindar oportunidades para la expansión del empleo en este sector, particularmente para la producción de componentes de vehículos eléctricos.
- Los vehículos eléctricos tienen requisitos de mantenimiento y servicio diferentes a los de los vehículos de combustible fósiles. Esto brinda oportunidades para la capacitación y el desarrollo de nuevos trabajadores para el mantenimiento de vehículos eléctricos, y la posible expansión a nuevos sectores de producción y mano de obra para la provisión de bienes y servicios de la cadena de suministro.
- Con base en los supuestos y parámetros de diseño anteriores, se espera que este indicador sea positivo. Si se pueden establecer nuevos tipos de mano de obra y se amplían los existentes, existe un potencial macroeconómico positivo significativo.

#### **Indicador 6 - Cambios en favor fuentes externas de inversión e ingresos**

- Nuevos proyectos en el sector de automóviles tienen potencial para atraer inversiones regionales, nacionales o extranjeras que de otro modo no estarían disponibles, lo que puede tener un efecto estimulante significativo en la economía local, si se pueden establecer cadenas de suministro locales. Se han invertido más de \$242 millones (USD) en el sector de producción de automóviles en Querétaro desde 2015, por lo que el sector debería estar bien preparado para atraer inversiones adicionales en nueva producción local.



- Los incentivos fiscales, las subvenciones u otros programas de subvenciones proporcionados por el gobierno estatal o federal permitirán que la economía local capture ingresos adicionales. En el caso de los incentivos fiscales, los fondos que de otro modo fluirían del estado al gobierno federal pueden ser retenidos por los operadores locales para invertir en nuevas operaciones o mano de obra, lo que da como resultado un crecimiento económico neto para el estado. Las subvenciones o préstamos federales permiten la inyección directa de capital en la economía para la inversión en nuevos proyectos, lo que aumenta los impactos macroeconómicos positivos. En particular, cualquier incentivo fiscal federal que pueda ayudar a los consumidores a adoptar vehículos eléctricos tendrá un efecto estimulante en la economía local.
- Con base en los supuestos y parámetros de diseño anteriores, se espera que este indicador sea positivo.

## **7. Co-beneficios de la acción**

Además de los beneficios energéticos, de GEI y macroeconómicos mencionados anteriormente, esta acción también puede producir los siguientes beneficios colaterales:

- Reducción de las emisiones de contaminantes atmosféricos de los gases de escape de los vehículos y los impactos locales asociados a la salud (debido al ozono, las partículas y los contaminantes atmosféricos tóxicos).
- Reducción de los impactos ambientales como resultado de la reducción de la demanda de gasolina y diesel, incluida la contaminación del aire, suelo y agua por la extracción, procesamiento y transmisión de combustibles fósiles.
- Mejoría en la Salud Pública, la exposición a las emisiones de GEI se asocia con el aumento de la mortalidad y las enfermedades relacionadas con la contaminación del aire ambiental exterior.
- La producción de vehículos eléctricos y su infraestructura asociada representa una oportunidad para generar empleos adicionales.
- Población y empresas privadas, motivadas por los cambios de Legislación a favor de impuestos e incentivos que impactarían directamente en su economía.
- Atracción de nuevos inversionistas Mexicanos y Extranjeros al Estado de Querétaro.
- Reducción de la contaminación acústica, dado los motores silenciosos.
- Implementación y aplicaciones de Incentivos Federales, estatales y municipales.
- Infraestructura de nivel comparado con países de primer mundo en materia de suministro de energía y transporte eléctrico.

## **8. Otra información potencialmente importante**

Insumos adicionales pueden ser útiles para el análisis. Esto podría incluir una comprensión más detallada de quién está obligado a implementar acciones (por ejemplo, qué tipo de

instalaciones) o cómo se hace (por ejemplo, regulaciones o subsidios), así como otras condiciones habilitantes que pueden apoyar la implementación de la acción.

El aumento de la proporción de vehículos eléctricos e híbridos ligeros, medianos y pesados en la flota de vehículos se puede lograr mediante:

- Incentivos para la compra privada de vehículos principalmente en la clase social media y baja, así como en la flota de empresas e industrias privadas.
- Cambios en la Legislación Municipal, Estatal y Federal en materia de impuestos e incentivos, por la adquisición de vehículos eléctricos de forma unitaria o masiva.
- Promoción e información a Compañías privadas sobre los componentes relacionados al mantenimiento de vehículos eléctricos para incluir en su inventario de refaccionamiento.
- Programas gubernamentales de reemplazo de flotas vehiculares
- La construcción de infraestructura para la carga de vehículos.
- Se puede utilizar la infraestructura actual para los camiones urbanos migrando estos con el paso del tiempo a vehículos electrificados.
- obligando el transporte escolar electrificado para educación preescolar y básica
- programa de incentivos a estacionamientos públicos y particulares para estaciones de carga de vehículos eléctricos
- Electrificar flotas de transporte de empresas privadas de personal, taxis, vehículos de reparto, vehículos de transporte público
- Crear e implementar políticas de industrialización y de investigación y desarrollo, las cuales entre otros factores reduzcan los costos de producción de las baterías  
Impulsar la evolución de otras tecnologías en el Estado para generar energías alternas como celdas de combustible, celdas de hidrógeno, etc.
- Los beneficios fiscales pueden adoptar la forma de exenciones o reducciones fiscales.
- Cambios en la Legislación Municipal, Estatal y Federal en materia de impuestos e incentivos, por la adquisición de vehículos eléctricos de forma unitaria o masiva.
- Promoción e información a Compañías privadas sobre los componentes relacionados al mantenimiento de vehículos eléctricos para incluir en su inventario de refaccionamiento.

Para implementar esta acción se estima que

- Para 2023, se tenga una regulación en materia de adquisiciones del Gobierno del Estado y sus Municipios, sobre la adquisición, colocación, uso, mantenimiento, entre otros, en relación obligatoria de iluminación solar de zonas públicas y adquisición de vehículos eléctricos a funcionarios.
- Para 2023, se tenga un proyecto con fechas hitos, puestos de gobierno responsables, con un plan de trabajo aprobado el cual, se dé seguimiento permanente de los avances hasta 2035, de forma anual generar una revisión del plan y ajustar a 2050, para el logro

del presente proyecto. Los gobiernos actuales, deberá asegurar que el presupuesto no sufra cambios significativos que mitiguen el objetivo de reducción de emisiones de GEI.

A continuación, se muestra un nivel sugerido de esfuerzo y el tiempo de la implementación de esta acción.

- Para 2035, todos los mecanismos de implementación necesarios para apoyar la electrificación de vehículos en todos los municipios estarán implementados. El logro de esta meta los vehículos eléctricos e híbridos representarán el 50% de las ventas de vehículos nuevos. La acción se centrará primero en los vehículos ligeros, e incluirá los vehículos pesados después de 5 años. Esta etapa incluye acciones de regulación, revisión de aspectos tales como la verificación de vehículos e incentivos por parte del Gobierno Estatal; Así como la instalación de sistemas de carga de energía por empresas privadas para la venta de energía como sustituto de la gasolina y el diesel.
- Para 2050, todos los mecanismos de implementación necesarios para apoyar la electrificación de vehículos en todos los municipios estarán implementados El logro de esta meta los vehículos eléctricos e híbridos representarán el 100% de las ventas de vehículos nuevos. Esta etapa incluye, el suministro de energía limpia a la industria y empresas Mexicanas, para la continuidad de reducción de emisiones e impactos, por parte del Gobierno Federal, mitigando con ello, el uso de energías provenientes del petróleo.

Esto tiene el objeto de conocer, cual es el grado de sustitución de vehículos de gasolina y diesel por vehículos eléctricos, se espera un incremento conforme el paso del tiempo, ante la renovación de los sistemas. Este dato arrojará adicionalmente la cantidad de vehículos que se deben producir por las empresas en el País para suministrar la capacidad de consumo.

Esto, en conjunto con la cantidad de ventas de vehículos eléctricos, proporcionará la cantidad de energía que debe ser suministrada por el Gobierno Federal y por consecuencia de las empresas que se dediquen a la venta de energía para vehículos. Obteniéndose la capacidad para suministro de energía en el Estado.