



Análisis de factibilidad de sustitución de vehículos de motor de combustión interna por vehículos eléctricos de baterías en municipios del estado Chihuahua.

Marzo 2024

Iniciativa Climática de México

<https://iniciativaclimatica.org/>

Ciudad de México

Marzo 2024

El presente documento fue desarrollado por Iniciativa Climática de México AC (ICM) con el generoso apoyo de la Embajada Británica a través del Programa México-UK PACT (Partnering for Accelerated Climate Transitions) del portafolio de ICF (International Climate Finance) del Reino Unido, que busca colaborar con el Gobierno del Estado de Chihuahua. Las opiniones expresadas en este documento son de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente representan la opinión del Programa Mexico-UK PACT. Se autoriza la reproducción parcial o total, siempre y cuando sea sin fines de lucro y se cite la fuente de referencia.

Este documento se basa en los hechos descritos y en la legislación, reglamentos, y precedentes en vigor en México. Cualesquiera modificaciones a lo anterior podrá requerir de análisis posterior.

Autores

July Puentes
Dahely Castelan
Mariano Birlain
Héctor Cuevas
Julio Paredes
Carlos Correa

Edición y supervisión

Ricardo Cruz
Niuni Butrón
Carlos Correa

INICIATIVA CLIMÁTICA DE MÉXICO

Miguel Laurent #70, int. 1-A
Colonia Del Valle
Alcaldía Benito Juárez
CP 03100

Contenido

Resumen Ejecutivo	7
1. Antecedentes	9
2. Objetivos	11
2.1 Objetivo general	11
2.2 Objetivos específicos	11
3. Parque vehicular actual	10
4. Metodología general	11
4.1 Análisis FODA para evaluación jurídica	12
4.2 Estimación de consumo de energía para recarga de patrullas eléctricas	13
4.3 Dimensionamiento del Sistema Fotovoltaico para recarga de vehículos eléctricos con Carpot	15
4.4 Análisis de impactos ambientales	16
4.4.1 Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)	16
4.4.2 Residuos de aceite de motor	17
4.5 Análisis costo-beneficio	18
5. Resultados	19
5.1 Análisis del marco legal aplicable	19
5.2 Análisis FODA	23
5.3 Dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos	24
5.3.1. Proyecto piloto: SUV	24
5.3.2. Proyecto piloto: Sedán	25
5.4 Impactos económicos	26
5.4.1. Proyecto piloto: SUV	26
5.4.2. Proyecto piloto: Sedán	27
5.5 Impactos ambientales	29
5.5.1 Mitigación de emisiones	29
5.5.1.1. Proyecto piloto: SUV	29
5.5.1.1. Proyecto piloto: Sedán	30
5.5.2 Aceite de motor residual	31
6. Perspectiva de género e inclusión social	31
7. Conclusiones	32
8. Recomendaciones	33
9. Referencias	35

Índice de tablas

Tabla 1. Información sobre el uso de patrullas.....	10
Tabla 2. Criterios de evaluación para análisis FODA.	13
Tabla 3. Comparativa entre especificaciones de vehículo utilitario eléctrico vs convencional.....	13
Tabla 4. Comparativa entre especificaciones de vehículo sedán eléctrico vs convencional.....	14
Tabla 5. Cantidad de aceite requerido según número de cilindros en motor y para vehículos eléctricos.....	18
Tabla 6. Factores de emisión para gases de efecto invernadero (GEI) por combustión de lubricantes.	18
Tabla 7. Alternativas de procedimientos de contratación disponibles en la legislación actual.....	21
Tabla 8. Requisitos para sistema fotovoltaico de generación distribuida para la recarga de VE.....	24
Tabla 9. Requisitos para sistema fotovoltaico de generación distribuida para la recarga de VE.....	25
Tabla 10. Comparativa de emisiones por operación de vehículos.....	29
Tabla 11. Comparativa de emisiones por operación de vehículos.....	30

Índice de figuras

Figura 1. Distritos de seguridad pública en la ciudad de Chihuahua y eventos delictivos reportados..	10
Figura 2. Resultados de análisis FODA conforme a los criterios de aseguramiento para contratación de vehículos eléctricos..	24
Figura 3. Análisis de flujos en proyecto piloto para sustitución de 24 patrullas en dos comandancias de Chihuahua.....	27
Figura 4. Figura 4. Análisis de flujos en proyecto piloto para sustitución de 15 patrullas BYD SEAL.....	28
Figura 5. Análisis de flujos en proyecto piloto para sustitución de 15 patrullas JAC ESEI4 PRO.....	29

Abreviaturas

CC	Cambio Climático
CFE	Comisión Federal de Electricidad
DSPM	Dirección de Seguridad Pública del Municipio de Chihuahua
FODA	Análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas
FPM	Fisher – Phillips México
GDMTH	Generación Distribuida
GEI	Gases de efecto invernadero
ICF	International Climate Finance del Reino Unido
ICM	Iniciativa Climática de México A.C.
kWh/m²	Kilowatt hora por metro cuadrado (Unidad de medida de irradiación solar)
MXN	Peso mexicano
O&M	Operación y Mantenimiento
PML	Precio marginal local
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SFV	Sistema Fotovoltaico
TIR	Tasa interna de retorno
tCO₂e	Toneladas de dióxido de carbono equivalente
TR	Tiempo de retorno de inversión
UK-PACT Mexico Programme	Programa en México de Asociaciones para la Transición Climática Acelerada de la Embajada Británica
USD	Dólares Americanos
Wh	Watt por hora (unidad de medida de consumo energético) ... kWh, MWh, TWh, etc.
Wp	Watt pico (unidad de medida de capacidad de generación) ... kWp, MWp, TWp, etc.

Resumen Ejecutivo

La transición energética y el combate al cambio climático conllevan la sustitución de tecnologías con base en el consumo de combustibles fósiles, por alternativas más eficientes y ambientalmente amigables. Uno de los sectores que más contribuyen a la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) causantes del cambio climático es el transporte. Para el caso del municipio de Chihuahua, un 50% (5,894,020 tCO₂e) de las emisiones GEI proviene del sector transporte. Por este motivo, algunos ayuntamientos, a través de su Dirección de Seguridad Pública del Municipio (DSPM), buscan incidir activamente en el desarrollo sostenible del mismo mediante la reducción de emisiones GEI y otros contaminantes a partir de la adopción de movilidad eléctrica en las unidades vehiculares de tareas administrativas.

La Iniciativa Climática de México, A.C. (ICM), con el generoso apoyo de la Embajada Británica a través del Programa Mexico-UK PACT (Partnering for Accelerated Climate Transitions) del portafolio de ICF (International Climate Finance) del Reino Unido, apoyó la ejecución de análisis técnicos y jurídicos necesarios para la toma de decisiones que conlleven a la integración de patrullas eléctricas al servicio de la DSPM y el suministro de electricidad solar para la recarga de dichas unidades, así como en el análisis de impactos y beneficios de este proyecto.

Con base en lo anterior, el presente documento se centra en el análisis de factibilidad legal, técnica y financiera para la ejecución de proyectos de sustitución de vehículos de motor de combustión interna por vehículos eléctricos de baterías y su infraestructura de recarga asociada para uso de las DSPMs en Chihuahua ("Proyectos"); y a través de la realización del análisis jurídico, de costo-beneficio y de emisiones y residuos de aceite evitados; se evalúa la viabilidad de su implementación

El análisis se basó en el enfoque específico de dos proyectos piloto para integrar vehículos eléctricos de características similares a las de las unidades vehiculares que desempeñan tareas administrativas para las DSPMs. En el primer caso, se consideró la sustitución de 24 vehículos tipo SUV; mientras que, para el segundo caso, 15 vehículos tipo sedán. Es importante mencionar que la recarga de los vehículos en ambos casos se realizaría con energía proveniente de paneles fotovoltaicos.

El consumo promedio diario estimado para vehículos destinados a tareas administrativas en Chihuahua, se estima entre 37 y 53.2 kWh (Actualmente los vehículos eléctricos pueden tener baterías con tamaños desde 31 kWh hasta más de 100 kWh), con base en ello se calculó la capacidad de los sistemas fotovoltaicos necesarios para la recarga de la batería de los vehículos deberían ser de entre 99 y 343 kW.

Los resultados del análisis muestran que la sustitución de vehículos convencionales por vehículos eléctricos¹ podría generar beneficios anuales de hasta \$2.68 millones de pesos. Este cálculo que incluye la integración de sistemas fotovoltaicos de generación

¹ Se evaluaron autos del fabricante BYD, Modelo TANG EV para el tipo SUV; y Modelo Seal para el tipo sedán

distribuida para la recarga de los vehículos, un periodo de vida del proyecto de 25 años, la sustitución del inversor en el año 13 y el reemplazo de unidades vehiculares cada 7 años. La evaluación económica demostró que la inversión inicial podría amortizarse en 4.3 años, con una tasa de retorno de 30%; y los beneficios totales al final del proyecto oscilarían entre \$12.7 y \$67.12 millones de pesos. Además, estos proyectos piloto podrían evitar la emisión de hasta ~1,850 tCO₂e por año, sumando más de 45 mil toneladas durante los 25 años de vida útil del proyecto.

Sin embargo, es crucial que la búsqueda del desarrollo sostenible no se limite únicamente a los beneficios económicos y ambientales; también debe considerar aspectos fundamentales como la igualdad de género y la inclusión social, maximizando los beneficios para toda la comunidad. Por ello, se propone que los recursos económicos derivados del ahorro en combustible y mantenimiento se reinviertan en el fortalecimiento de programas que ofrezcan una atención integral y sensible al género para mujeres que sufren violencia en contextos comunitarios, familiares y escolares. Adicionalmente, se sugiere fomentar programas dentro de las DSPMs que promuevan la paridad de género dentro de las instituciones, asegurando así un impacto positivo y equitativo en la sociedad.

Finalmente, desde una perspectiva legal-regulatoria, la ejecución e implementación de estos proyectos piloto es posible sin necesidad de modificar la legislación existente y con las facultades actuales atribuidas a los ayuntamientos del estado de Chihuahua y sus personas funcionarias. No obstante, debido a la inversión inicial requerida, se recomienda su implementación a través de la modalidad arrendamiento mediante licitación pública, lo que proporcionaría un balance óptimo en términos de desempeño, calidad, seguridad, transparencia, competitividad y optimización de costos.

1. Antecedentes

En un contexto donde la dependencia de los combustibles fósiles plantea desafíos ambientales, económicos y sociales, la necesidad de cambiar hacia fuentes de energía más limpias y renovables es fundamental en la búsqueda de un desarrollo más sostenible y resiliente. Es fundamental que los sectores: público, privado y la sociedad en general trabajen de manera colaborativa para impulsar esta transformación y asegurar un futuro más sostenible para las generaciones futuras.

La quema de combustibles fósiles para propiciar la movilización masiva de vehículos ha contribuido de manera considerable al calentamiento global y la contaminación atmosférica. Sin embargo, la incipiente expansión de la electromovilidad emerge como una solución clave para reducir las emisiones de gases contaminantes en el sector transporte. Los vehículos eléctricos (VE) utilizan baterías recargables y motores eléctricos en lugar de combustibles fósiles, lo que los hace considerablemente más eficientes y limpios.

La Agencia Estatal de Desarrollo Energético de Chihuahua busca ser pionera en el desarrollo de proyectos para la adopción de vehículos eléctricos a fin de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y mejorar la calidad del aire de las localidades en el municipio. Además, la integración de energías renovables en el sistema de recarga de baterías de los vehículos eléctricos puede contribuir a la estabilidad y eficiencia de la red eléctrica, fortaleciendo así el compromiso con la sostenibilidad y el bienestar comunitario

En este contexto, también resulta crucial abordar temas de género y seguridad como parte integral de la estrategia de desarrollo. De acuerdo con la información pública disponible, en el estado de Chihuahua las mujeres policías para tareas de prevención suman apenas 335 en contraste con los 1,141 hombres, en otras palabras, las mujeres representan apenas el 29% de personas en las tareas de prevención del delito.

Por otro lado, la Figura 1 muestra los eventos delictivos reportados en la ciudad de Chihuahua, por distrito. Los delitos con mayor incidencia reportados en el número de emergencia 911, señalan que la violencia contra la mujer es el primer delito reportado en el estado.

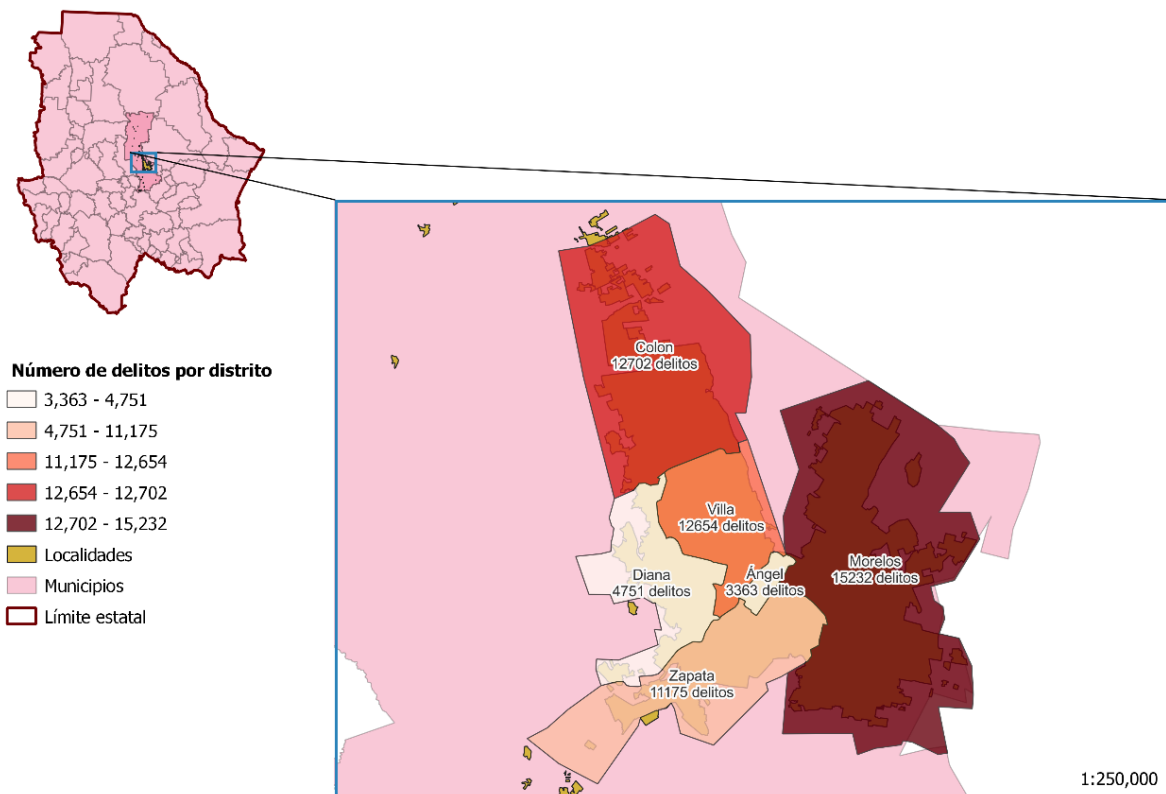


Figura 1. Distritos de seguridad pública en la ciudad de Chihuahua y eventos delictivos reportados en cada uno. Fuente: Elaborado por ICM con datos de FICOSEC, 2024.

1.1 Parque vehicular actual

Las direcciones de seguridad pública en los municipios del estado de Chihuahua reportan distintos tipos de vehículos adaptados como patrullas para prestar servicios de seguridad pública y operaciones tácticas, de inteligencia y administrativas, distribuidos en distintas comandancias dentro de las localidades de los municipios.

Actualmente, se reporta un consumo promedio por vehículo de entre 19 - 35 litros de gasolina al día, que equivalen a un gasto diario de alrededor de \$500 - \$900 pesos por vehículo. Siendo los de mayor consumo y recorrido los vehículos tipo pick-up, así como los más utilizados para realizar operaciones de seguridad pública y tácticas (Tabla 1).

Tabla 1. Información sobre el uso de patrullas.

Tipo de vehículo	Consumo de gasolina (semanal)	Costo por consumo de gasolina	Kilometraje recorrido (semanal)
Pick-up	245	5,731	1,156
Sedán	138	2,331	724 - 2,124
SUV	298	6,959	1,512
Promedio	228	5,135	1,111

Fuente: DSPM de Chihuahua y Delicias, 2024.

Finalmente, de acuerdo con la información de la tabla anterior, recorrer 1 km le cuesta

en promedio \$4.62 pesos en gasolina, a una DSPM. Tomando en cuenta esta información inicial, se llevó a cabo el análisis técnico-económico para evaluar la factibilidad de un proyecto piloto de sustitución de vehículos de combustión interna por vehículos eléctricos.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Evaluar la factibilidad en términos jurídicos, técnicos y económicos de la adopción de vehículos eléctricos para las funciones administrativas de las Direcciones de Seguridad Pública del Municipio para territorios del estado de Chihuahua.

2.2 Objetivos específicos

- a) Proponer estructuras institucionales para la ejecución del Proyecto de sustitución de vehículos de la DSPM, asegurando que se cumpla con criterios de efectividad, eficiencia, legalidad y transparencia, con base en la legislación local.
- b) Identificar los preceptos aplicables a la estructura de gobernanza operativa del Proyecto.
- c) Identificar riesgos jurídicos potenciales y proponer medidas preventivas.
- d) Confirmar criterios técnicos y económicos para garantizar la viabilidad y la implementación exitosa del Proyecto.
- e) Incluir el componente de Perspectiva de Género e Inclusión Social, como recomendaciones asociadas al desarrollo e implementación del Proyecto.
- f) Establecer una base y guía para la preparación y elaboración de los formatos de los contratos que deben aplicarse para la ejecución del Proyecto y para la operación diaria de sus componentes, una vez definido el esquema bajo el cual se busque desarrollar.

3. Metodología general

El análisis de factibilidad aquí planteado se estructuró de conformidad con las siguientes actividades:

Solicitud de Información

La información para la elaboración del presente reporte sobre el sistema de patrullas eléctricas fue proporcionada por la Agencia Estatal de Desarrollo Energético de Chihuahua (AEDE). A través de una solicitud, se recopiló información relacionada con:

- (i) información de los vehículos actuales y su uso;
- (ii) normatividad interna y estructura orgánica de las DSPMs;
- (iii) esquema eléctrico contratado e historial del consumo de energía eléctrica de DSPMs;
- (iv) detalle financiero y fiscal de la adquisición y arrendamiento de los

vehículos actuales.

La anterior información sirvió como base para la obtención de datos específicos sobre las características de los vehículos utilizados por las DSPMs, la estructura legal para la implementación del Proyecto, la identificación de restricciones, así como potenciales modalidades de adquisición de las nuevas unidades.

Análisis del marco legal aplicable

Se llevó a cabo un análisis exhaustivo de la legislación aplicable a nivel estatal y municipal relacionada con la adquisición y operación de vehículos eléctricos por parte de la DSPM. Este apartado incluye la identificación de regulaciones y los requisitos del concurso público para llevar a cabo la adquisición o arrendamiento de los equipos.

Análisis Técnico-Económico

Se evaluaron las capacidades técnicas necesarias para la implementación del Proyecto, incluyendo la infraestructura de carga y los vehículos eléctricos disponibles en el mercado, así como el uso de sistemas fotovoltaicos de generación distribuida para la recarga de vehículos. Se estimaron los costos de adquisición, el costo de la energía, los costos de mantenimiento y sistemas fotovoltaicos.

Propuesta de Estructuras Institucionales

Se proponen estructuras institucionales para la ejecución del Proyecto, asegurando que cumplan con los criterios de efectividad, eficiencia, legalidad y transparencia, así como con los componentes de perspectiva de género e inclusión social.

3.1 Análisis FODA para evaluación jurídica

El análisis FODA permite identificar las fortalezas y debilidades inherentes a cada modalidad de contratación disponible, es decir, la Modalidad Adquisición o la Modalidad Arrendamiento. Asimismo, ayuda a identificar las oportunidades y amenazas externas que podrían afectar la implementación de cada modalidad de contratación. Por ejemplo, una oportunidad podría ser un cambio en la regulación que favorezca una modalidad particular, mientras que una amenaza podría ser una fluctuación en los precios del mercado que afecte negativamente. Al considerar estos factores externos, se puede anticipar cuál modalidad podría adecuarse mejor para la implementación del Proyecto por parte de la DSPM.

Al proporcionar una visión completa de los factores internos y externos que afectan a cada modalidad de contratación, el análisis FODA ayuda a mejorar la toma de decisiones. Esto permite evaluar de manera más precisa los pros y los contras de cada opción y seleccionar la que mejor se alinee con los objetivos y necesidades de la DSPM.

Criterios Utilizados

A efecto de evaluar de manera correcta las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas de ambas modalidades, se han establecido criterios para evaluación y aseguramiento del Proyecto (Tabla 4):

Tabla 2. Criterios de evaluación para análisis FODA.

CRITERIO	DEFINICIÓN
Desempeño	Cumplimiento de las obligaciones legales para la toma de decisiones y que aseguren la correcta implementación del Proyecto.
Calidad	Cumplimiento de la normatividad aplicable a los equipos y a las instalaciones de manera que se garantice el correcto funcionamiento de los vehículos
Seguridad	Aseguramiento del cumplimiento de condiciones de seguridad por parte de los actores participantes en el Proyecto, durante la contratación.
Transparencia	Acceso a la información relacionada con la gestión y operación del Proyecto, incluyendo el procedimiento de contratación.
Competitividad	Capacidad del Proyecto para fomentar el fortalecimiento de las competencias y el escalamiento en nuevos proyectos en la administración municipal.
Optimización de costos	Adquisición de los vehículos y cargadores a precios favorables para el Proyecto.
Esquema de Contraprestación	Modalidad confiable para el desembolso inicial y programado del Proyecto.

Fuente: Elaborado por Fisher-Phillips México.

3.2 Estimación de consumo de energía para recarga de patrullas eléctricas

Si bien, el parque total de patrullas sea probablemente superior al analizado en este estudio, se decidió evaluar sólo aquellas unidades que son utilizadas para las operaciones administrativas, determinadas como los vehículos SUV y Sedán. Así mismo, dado el carácter de proyecto piloto para la sustitución de vehículos convencionales a unidades eléctricas, se consideró evaluar un número total de 24 patrullas SUV para un primer escenario y 15 vehículos tipo sedán para el segundo.

La evaluación de opciones disponibles actualmente en el mercado mexicano resultó en la selección del vehículo TANG EV y Seal, del fabricante chino BYD, como alternativa de vehículos eléctricos para el análisis comparativo. En el caso de los vehículos tipo SUV, es importante mencionar que existen otros vehículos como el Tesla Model X o el Volvo EX90; mientras que para el sedán se tiene la opción del Tesla Model S y Tesla Model 3. Sin embargo, por su clasificación como vehículos de lujo y, en el caso del Volvo, incertidumbre en su disponibilidad actual, se optó por el modelo de la marca BYD para realizar la comparativa con los vehículos de motor a gasolina.

Las Tablas 3 y 4 muestran una comparación de las características particulares de los modelos seleccionados y el modelo asociado convencional


Tabla 3. Comparativa entre especificaciones de vehículo utilitario eléctrico vs convencional.

	FORD EXPLORER XLT	BYD TANG EV	Tesla Model X	Volvo EX90
Parámetro				
Precio	\$1,140,000 MXN	\$1,399,000 MXN	\$1,789,830 MXN	~ \$ 1.7 millones MXN
Tracción	4WD	AWD	AWD	AWD
Motor	EcoBoost 2.3L Turbo cargado, Inyección directa Ti-VCT I4	Frontal 180 kW Trasero 200 kW	Motor Dual: 504 kW total	300 kW
Par máximo	420 Nm	Frontal 330 Nm Trasero 350 Nm	ND	770 Nm
Largo	5050 mm	4870 mm	5,057 mm	5,037 mm
Alto	1775 mm	1725 mm	1,740 mm	1,744 mm
Ancho	2004 mm	1950 mm	1,999 mm	1,964 mm
Distancia entre ejes	3025 mm	2820 mm	2,965 mm	2,985 mm
Altura al piso	200 mm	200 mm	206 mm	212 mm
Aceleración de 0-100 km/h	6.0 segundos	4.4 segundos	3.8 segundos	5.9 s
Capacidad de batería/tanque	81.4 l	86.4 kWh	100 kWh	111 kWh
Rendimiento	5.5 km/l*	5.8 km/kWh	4.7 km/kWh	4.8 km/kWh
Autonomía	448 km*	501 km	531 km	585 km
Tiempo de carga 0-100%	N/A	1.3 h en DC 15 h en AC	0.66 h en DC 7.5 h en AC (Cargadores Tesla)	0.5 h en DC 10 h en AC

*Con información de vehículos seminuevos.

Fuentes: Elaborado por ICM con información de fichas técnicas de los modelos 2024.

Tabla 4. Comparativa entre especificaciones de vehículo sedán eléctrico vs convencional.

	Vehículos tipo Sedán	BYD Seal	JAC ESEI 4 PRO
Parámetro			
Precio base	~ \$320,000 MXN	\$778,800 MXN	\$753,000 MXN
Tracción	Delantera	Trasera	Trasera
Motor	3 - 4 cilindros (~120 HP)	150 kW (201.15 HP)	148 HP
Par máximo	175 N m	310 N m	251 N m
Largo	4,474 mm	4,800 mm	4,410 mm
Alto	1,470 mm	1,460 mm	1,660 mm

Ancho	1,730 mm	1,875 mm	1,800 mm
Distancia entre ejes	2,600 mm	2,920 mm	2,620 mm
Altura al piso	ND	120 mm	138 mm
Aceleración de 0-100 km/h	Variable (>6 s)	7.5 s	4.0 s
Capacidad de batería/tanque	44 litros	61.44 kWh	51.9 kWh
Rendimiento	16.35 km/l promedio	7.4 km/kWh	7.3 kWh
Autonomía	~ 600 km	460 km	450 km
Tiempo de carga 0-100%	N/A	0.5 h en DC 8 h en AC	1 h en DC 9.5 h en AC

Fuentes: Elaborado por ICM con información de fichas técnicas de los modelos 2024.

Con base en la información del recorrido promedio diario, se determinó que un vehículo eléctrico BYD TANG EV consumiría alrededor del 43% de su batería, teniendo que recargar aproximadamente 37 kWh de su capacidad, lo cual representa 6.4 horas al finalizar su turno. Lo anterior equivale a un consumo anual de 330 MW, considerando el uso de las 24 patrullas.

Por otro lado, se determinó que un vehículo eléctrico BYD SEAL podría consumir hasta el 86% de su batería (considerando el recorrido máximo de vehículos sedán), teniendo que recargar aproximadamente 53.1 kWh de su capacidad, lo cual representa 7.0 horas al finalizar su turno. Lo anterior equivale a un consumo anual de 296,199 kWh por comandancia, considerando el uso de 15 patrullas. Mientras que un vehículo JAC ESEI 4 PRO, al tener una batería de menor capacidad, consumiría el 100% de su batería, teniendo que recargar totalmente su capacidad (51.9 kWh), lo cual representa 9.5 horas al finalizar su turno. Lo anterior equivale a un consumo anual de 296,199 kWh por comandancia, considerando el uso de 15 patrullas.

3.3 Dimensionamiento del Sistema Fotovoltaico para recarga de vehículos eléctricos con Carpot

Con base en el consumo de energía, se estimó que el tamaño del sistema fotovoltaico (SFV) con Carpot (estación individual de carga de baterías para vehículo), que funcione como estacionamiento para las patrullas, necesario para cubrir el 100% de la demanda energética requerida para la recarga de las 24 patrullas SUV debe ser de 99.0 kW para generar un promedio de 180,920 kWh anuales; mientras que para las 15 patrullas sedán debe ser de 177.2 kW para generar un promedio de 323,793 kWh anuales.

El dimensionamiento del SFV con Carpot se realizó a partir de la siguiente información y supuestos:

- Se consideró un valor de radiación solar diaria promedio de 5.97 kWh/m².
- Panel fotovoltaico de 425 W de capacidad.
- Rendimiento térmico del panel fotovoltaico del 88%
- Eficiencia de los equipos de 98%
- Eficiencia total del sistema de 89%

- Degradación anual de 0.5%
- Costo de inversión: 3.0 USD/Wp.
- Costo de mantenimiento anual equivalente al 10% de la inversión total.
- Costo de inversores a sustituirse en el año 13 año: 1.4 USD/Wp.
- Tiempo de vida de la tecnología fotovoltaica: 25 años.
- Tasa de interés de referencia del 10% y una inflación del 4%; resultando en una tasa real de actualización del 6%.
- Tipo de cambio de dólar americano: 17 MXN/USD.
- El tipo de contraprestación seleccionado para la evaluación fue el de medición neta de energía (Net Metering), y cuyo beneficio fue estimado a partir de la metodología contenida en las disposiciones administrativas de carácter general, los modelos de contrato, la metodología de cálculo de contraprestación y las especificaciones técnicas generales, aplicables a las centrales eléctricas de generación distribuida y generación limpia distribuida. (CRE, 2014)

3.4 Análisis de impactos ambientales

Para estimar integralmente los impactos del proyecto, es decir la flota de vehículos eléctricos con suministro solar, se tomaron dos parámetros principales: el primero para estimar emisiones evitadas por sustitución de combustible fósil a energía eléctrica, y el segundo por la reducción de residuos de aceite lubricante de motor.

Para estos análisis se tomó como base información sobre consumo de combustibles de las unidades vehiculares administrativas de las DSPMs. A partir del consumo diario de combustible, se estimaron: el total anual y las emisiones de gases de efecto invernadero por el consumo de combustible en patrullas de motor de combustión interna.

3.4.1 Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)

Con base en el promedio diario de combustible consumido por cada unidad se estimó el consumo anual de combustible para los 24 vehículos considerados en el análisis.

$$\text{Litros diarios por vehículo} \left[\frac{l}{\text{días}} \right] * 365 \left[\frac{\text{días}}{\text{año}} \right] = \text{Litros anuales por vehículo} \left[\frac{l}{\text{año}} \right]$$

Para el cálculo de emisiones se transformó la cantidad de combustible (litros de gasolina) en energía (calor), para después estimar las emisiones mediante los factores de emisión (Tabla 6); que indican las toneladas de gas emitidas por unidad de energía generada por combustión.

$$\text{Poder Calorífico}_{\text{Gasolinas}} = 5,613 \frac{MJ}{bl} = 35.3047 \frac{MJ}{l}$$

Para lo anterior, se utilizó el poder calorífico de gasolinas de la Secretaría de Energía

(SENER)², a fin de conocer la energía producida por el combustible consumido. El producto de los litros anuales consumidos por vehículo y el poder calorífico de la gasolina es la energía consumida por unidad.

$$\text{Litros anuales por vehículo} \left[\frac{l}{\text{año}} \right] * \text{Poder Calorífico}_{\text{Gasolinas}} \left[\frac{MJ}{l} \right] = \text{Energía por vehículo} \left[\frac{MJ}{\text{año}} \right]$$

Los factores de emisión considerados se encuentran en el “Acuerdo que establece las particularidades técnicas y las fórmulas para la aplicación de metodologías para el cálculo de emisiones de gases o compuestos de efecto invernadero” de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

Tabla 6. Factores de emisión para gases de efecto invernadero (GEI) por combustión de gasolinas.

	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Factor de emisión	0.0000693 t/MJ	0.0000250 kg/MJ	0.0000080 kg/MJ
Potencial de calentamiento global	1	28	265

Fuente: SEMARNAT,2015 y CFE,2016.

Como se mencionó, la estimación de la energía consumida por unidad vehicular permite calcular la emisión de los gases de efecto invernadero. Sin embargo, para homologar las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero a unidades de dióxido de carbono equivalente (CO₂e), se utiliza el Potencial de Calentamiento Global (PCG). El PCG, el cual mide los efectos relativos del calentamiento global que un gas ejerce sobre la Tierra comparado con el dióxido de carbono (CO₂).

$$\text{Emisiones de GEI}(tCO_2eq) = \text{Factor de emisión} \left[\frac{t}{MJ} \right] * \text{Energía por vehículo} \left[\frac{MJ}{\text{año}} \right] * \text{PCG}$$

Las emisiones provenientes de la recarga de baterías se calcularon con base en el factor de emisión del Sistema Eléctrico Nacional (2023), equivalente a 0.438 t CO₂e/MWh.

3.4.2 Residuos de aceite de motor

Se estimó la cantidad de aceite residual producido anualmente a consecuencia de los servicios a los motores de combustión interna. Para el análisis, se consideraron cuatro tipos de vehículos, con distinto cilindraje y requerimientos de cantidad de aceite.

Con base en información pública, se determinaron los requerimientos de aceite por número de cilindros del motor (Tabla 5). Con ello se logró calcular la cantidad de aceite residual por concepto de servicios a motores de combustión interna en unidades vehiculares de la DSPM, considerando un cambio de motor cada 10,000 km.

² CONUEE, “Lista de combustibles y sus poderes caloríficos 2023 que se considerarán para identificar a los usuarios con patrón de alto consumo, así como los factores para determinar las equivalencias en términos de barriles de petróleo”.

Tabla 5. Cantidad de aceite requerido según número de cilindros en motor y para vehículos eléctricos.

Tipo de vehículo	Cilindros en el motor	Cantidad de aceite requerida
Pick-up / Camioneta	8	6.5
Sedán	4	4
Eléctrico	NA	1.5

Fuente: Total-Energies,2022 y DSHP, 2022.

Para las unidades vehiculares administrativas de la DSPM se estiman 8 cambios de aceite requeridos en un año, con base en el número de kilómetros recorridos al día.

Como un impacto ambiental posible, se consideró la quema de estos residuos. Para esto se calcularon las emisiones que representaría la quema de aceites lubricantes usados, utilizando los factores de emisión para lubricantes de SEMARNAT publicados en 2015.

Tabla 6. Factores de emisión para gases de efecto invernadero (GEI) por combustión de lubricantes.

	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Factor de emisión	7.33x10 ⁻⁵ t/MJ	3.00x10 ⁻⁶ kg/MJ	6.00x10 ⁻⁷ kg/MJ
Potencial de calentamiento global	1	28	265

Fuente: SEMARNAT,2015 y CFE,2016.

Para obtener el consumo total en Joules (J), fue necesario convertir los litros de aceite consumidos haciendo uso del poder calorífico neto de lubricantes.

$$\text{Poder Calorífico}_{\text{Lubricantes}} = 6,307 \frac{\text{MJ}}{\text{bl}} = 39.6698 \frac{\text{MJ}}{\text{l}}$$

3.5 Análisis costo-beneficio

La viabilidad económica de la sustitución de patrullas convencionales por patrullas eléctricas en conjunto con la instalación de SFV para su recarga se realizó mediante la estimación de los costos totales de inversión (incluyendo el balizamiento), de operación (uso de gasolina y energía eléctrica) y mantenimiento, tanto para los vehículos eléctricos como para el SFV. Y su comparativo con un parque de patrullas de combustión interna equivalente al parque actual de patrullas eléctricas en operación. Asimismo, se calculó la tasa interna de retorno (TIR) de cada proyecto, tiempo de retorno de inversión (TR) y el beneficio económico total derivado de los ahorros estimados sobre los costos en combustible y en el consumo de energía eléctrica.

Los costos de inversión para los vehículos eléctricos fueron estimados suponiendo que las patrullas serán adquiridas bajo un esquema de arrendamiento (leasing) por un periodo de 36 meses. Así mismo, los análisis se realizaron siguiendo los siguientes supuestos:

- El tiempo de vida para ambos tipos de patrullas se estableció en 7 años o 2,500 ciclos de carga³. Esto con el objeto de que el análisis contara un tiempo de vida equivalente para ambas tecnologías.
- Una tasa de interés de referencia del 10% y una inflación del 4%; que resultan en una tasa real de actualización del 6%.
- Para el caso del análisis de SFV en conjunto con las patrullas eléctricas, se tomó en cuenta el tiempo de vida del SFV (25 años), considerando dentro de este, el número de renovaciones necesarias del parque de patrullas eléctricas, ya que estas cumplen su ciclo de vida en un tiempo menor.

4. Resultados

4.1 Análisis del marco legal aplicable

Bases constitucionales

De conformidad con el artículo 4° de la Constitución Política del Estado de Chihuahua, se establecen una serie de derechos que asume la Administración Pública de Chihuahua dentro de los cuales se incluye *“el derecho de todo habitante del Estado de Chihuahua, para el aprovechamiento de las fuentes renovables de energía solar, eólica y cualquier otro tipo de energía proveniente de sustancias orgánicas, para la generación de energía para el autoabastecimiento en los términos que establezca la ley en la materia”*, lo cual funge como fundamento para la realización del Proyecto, en beneficio de las comunidades de Chihuahua.

De igual manera, en el artículo 173 de la mencionada Constitución se abre la posibilidad para que tanto el gobierno del Estado de Chihuahua, **como los municipios, implementen y promuevan el uso de nuevas tecnologías o energía renovable**, como parte del diseño de sus políticas públicas, a efecto de contribuir a la prevención y adaptación al cambio climático. Al efecto, el citado numeral establece lo siguiente:

“ARTÍCULO 173. En el diseño de las políticas públicas, el Gobierno del Estado y los municipios, procurarán que los criterios que las guíen consideren el aprovechamiento sustentable en el uso de los recursos naturales, a efecto de que se respete la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas de los que forman parte dichos recursos por períodos definidos.

(...)

La legislación y las normas que para tal efecto se expidan en materia ambiental, **tendrán como prioridad, el fomento a las medidas y estrategias de prevención y adaptación al cambio climático en el Estado**, así como a la mitigación de sus efectos adversos, para

³ Un ciclo de carga se refiere al proceso de cargar y descargar una batería. Es decir, cuando se utilice el 75% de una carga, se recargue la batería y se utilice un nuevo 25%; se habrá completado un ciclo de carga de la batería.

atender dicho fenómeno global; así mismo, deberán propiciar el aprovechamiento sustentable de la precipitación pluvial y de la energía solar y eólica.” (**Énfasis añadido**).

Así pues, queda fundamentado, bajo las bases constitucionales del Estado de Chihuahua, la viabilidad programática del Proyecto que se pretende realizar.

En adición a las bases constitucionales del Estado de Chihuahua, se llevó a cabo un análisis del marco jurídico – administrativo que regula la actividad de la Administración Pública de los municipios del Estado de Chihuahua, identificando las normas jurídicas aplicables que inciden en la implementación del Proyecto, a nivel legal, reglamentario y normativo.

Para determinar la aplicabilidad de las normas jurídica específica, se estudió la vinculación con la Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Contratación de Servicios del Estado de Chihuahua (“LAASEC”) y demás normatividad en materia de: (i) facultades; (ii) presupuesto; (iii) procesos de contratación, y (iv) eficiencia energética, a efecto de determinar cuáles se ajustan al Proyecto, conforme a lo que se detalla en los siguientes numerales.

Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Contratación de Servicios del Estado de Chihuahua

La LAASEC es la principal legislación aplicable al Proyecto. Por su relevancia es una ley de orden público e interés social y tiene por objeto regular la planeación, programación, presupuestación, contratación, gasto, ejecución, control y evaluación, así como aplicar el artículo 134, párrafos primero, tercero y cuarto de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de **adquisiciones, arrendamientos** de bienes muebles y prestación de servicios de cualquier naturaleza, que realicen, entre otros, los Poderes del Estado y **los municipios**.⁴

En el marco de la LAASE, de conformidad con el artículo 4 quedan comprendidos:

ARTÍCULO 4. (...)

- I. Las adquisiciones de bienes muebles.
- II. El arrendamiento de bienes muebles.
- III. Los servicios de cualquier naturaleza, cuya prestación genere una obligación de pago para los entes públicos. (...)

En tal sentido, se identifican 3 potenciales modalidades para la ejecución del Proyecto, sin embargo, al tratarse de un Proyecto enfocado en la utilización de bienes para el ejercicio de un servicio público, nos enfocaremos únicamente en el análisis de las dos primeras modalidades de contratación previstas en la LAASEC, sin obviar que la modalidad de prestación de servicios conexos de mantenimiento y operación de los vehículos e infraestructura asociada podrá formar parte del propio contrato de arrendamiento que al efecto se celebre, o bien, mediante un contrato diverso.

⁴ LAASEC. Artículo 1, fr. II.

Por lo tanto, para efectos del presente análisis, se presentan y evalúan dos opciones jurídicamente viables para llevar a cabo la implementación del Proyecto, que son:

(i) mediante la adquisición⁵ de los vehículos eléctricos de batería y centrales de generación para los cargadores eléctricos e infraestructura relacionada, por parte del Gobierno Municipal de Chihuahua ("Modalidad Adquisición"); o

(ii) mediante la celebración de uno o varios contratos de arrendamiento⁶ y prestación de servicios relacionados a la instalación de estaciones de carga con un tercero ("Modalidad Arrendamiento").

Por otro lado, el procedimiento de contratación para cualquier de las modalidades anteriores sería a través de alguno de los siguientes mecanismos previstos en la LAASEC:

Tabla 7. Alternativas de procedimientos de contratación disponibles en la legislación actual.

Procedimiento	Descripción	Fundamento Jurídico	Racional
Licitación Pública	Esquema público para adjudicar la proveeduría de productos y servicios mediante una convocatoria pública en la cual pueden participar todas las empresas que cumplan con los requerimientos	Artículo LAASEC 51.	Contribuye en mayor medida al desempeño del Proyecto debido principalmente a que no restringe la participación de ninguna empresa del mercado que cumpla con los requisitos del Proyecto. Por otra parte, permite mayor seguridad y transparencia durante el proceso de adjudicación
Invitación a Cuando Menos Tres Personas	Esquema público para adjudicar la proveeduría de productos y servicios mediante una invitación restringida a cuando menos tres empresas	Artículo LAASEC 72.	Su aplicación depende de justificar la excepción a la Licitación Pública y para ello, el principal argumento es demostrar mediante un estudio de mercado que las empresas invitadas son aquellas de mayor capacidad técnica, operativa y financiera; con lo cual la falta de información con relación al sector y al mercado podría dificultar tal argumentación
Adjudicación Directa	Esquema no público para adjudicar la proveeduría de productos y servicios de	Artículo LAASEC 73.	Al igual que el esquema anterior, su aplicación depende de justificar la excepción a la Licitación Pública y para

⁵ Para efectos del artículo 3, fr. II de la LAASEC, se define adquisición como "*El acto jurídico por virtud del cual se obtiene el dominio o propiedad de un bien mueble a título oneroso.*"

⁶ Por su parte, el artículo 3, fr. IV de la LAASEC, se define arrendamiento como "*El acto jurídico por el cual se obtiene el uso y goce temporal de bienes muebles a plazo forzoso, mediante el pago de un precio cierto y determinado.*"

	manera directa a una Empresa que ha sido preseleccionada para efectos de la contratación en cuestión		ello, el principal argumento es demostrar mediante un estudio de mercado que la empresa invitada es la de mayor capacidad técnica, operativa y financiera; con lo cual la falta de información con relación al sector y al mercado imposibilitaría tal argumentación. Por otra parte, compromete la transparencia y seguridad del Proyecto.
--	------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fuente: Elaborado por FPM.

Para determinar el procedimiento de contratación, además de las consideraciones mencionadas anteriormente, es importante cumplir con los siguientes requisitos para la invitación a al menos tres proveedores y la adjudicación directa:

(i) asegurarse de cumplir con los criterios de excepción establecidos en la LAASEC; y (II) los criterios del Decreto N.º LXVII/RFLEY/0484/2022 I P.O, publicado en el Periódico Oficial del Estado de Chihuahua, que establece que solamente será posible llevar a cabo la adjudicación directa a los contratos que no rebasen las treinta y seis veces el valor anual de la Unidad de Medida y Actualización vigente por partida presupuestal, es decir, la cantidad de MXN\$1,425,828.96, por partida.

En tal sentido, y considerando los costos estimados por los vehículos eléctricos que se detallan más adelante, entendemos que el único procedimiento de contratación viable de conformidad con las reformas publicadas a la LAASEC, **es precisamente el de adjudicación directa.**

Ley de Presupuesto de Egresos, Contabilidad y Gasto Público del Estado de Chihuahua

En adición a la LAASEC y a efecto de determinar la factibilidad legal-financiera del Proyecto, se detallan los principales aspectos que de la Ley de Presupuesto de Egresos, Contabilidad y Gasto Público del Estado de Chihuahua (la "Ley de Presupuesto") resultan aplicables.

En términos generales, la Ley de Presupuesto tiene por objeto, de acuerdo con lo señalado en su artículo 1º, fr. I, "*Regular los procesos de programación y establecer las bases para la formulación del presupuesto de egresos, debidamente alineados a los planes y programas nacionales, estatales y **municipales vigentes.***" (Énfasis añadido). En tal sentido, las autoridades municipales y sus dependencias son sujetos de la Ley de Presupuesto, tal como lo establece a su vez el artículo 4 de dicho ordenamiento.

Además, es importante destacar que, según el artículo 18 de la Ley de Presupuesto, la planeación y asignación del gasto público, incluye, entre otros aspectos, las acciones que deberán realizar los municipios para cumplir con el Plan Estatal y Municipal de Desarrollo, programas sectoriales, estatales, regionales, especiales o institucionales, así como a los planes y programas que emanen de la Federación.

Por lo anterior, resulta necesario identificar las partidas presupuestarias específicas para la adquisición o arrendamiento de los vehículos eléctricos de baterías. Para este caso concretamente, se proponen, tomando como base el organigrama municipal y el Presupuesto de Egresos del Municipio de Chihuahua para 2024, cualquiera de las siguientes:

*“Dependencia: DIRECCIÓN DE SEGURIDAD PÚBLICA MUNICIPAL
(...)
Capítulo 5 BIENES MUEBLES, INMUEBLES E INTANGIBLES
Partida 54 VEHÍCULOS Y EQUIPO DE TRANSPORTE
Subpartidas: 54101 a 54138 o 54901 o 54903.”*

4.2 Análisis FODA

Una vez desarrollado el marco legal aplicable al Proyecto, resulta necesario establecer mediante una metodología concreta, la evaluación de las dos opciones (Modalidades) viables para la ejecución del Proyecto. En tal sentido y en adición al procedimiento de contratación recomendado (licitación pública), se llevó a cabo un análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA), entre la Modalidad Adquisición y al Modalidad Arrendamientos, con base en la *Guía para la Elaboración del Análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas para la Administración Pública*⁷ y la metodología publicada para esta evaluación por Fred David⁸ para la ejecución de proyectos de inversión.

Lo anterior, a efecto de determinar de manera concreta y sistemática la Modalidad recomendada al Municipio de Chihuahua.

De acuerdo con el análisis FODA que se detalla en la Tabla 1, se identificó que la Modalidad de Arrendamiento es la que más se alinea con los criterios establecidos para el Proyecto, conforme a:

- A. La Modalidad Arrendamiento, representa mayores ventajas competitivas a las DPSMs en cuanto a factores económicos, en particular tratándose de: (i) Competitividad; (ii) Optimización de Costos; y (iii) Esquema de Contraprestación.
- B. Tratándose del factor de Desempeño, esta Modalidad también representa la de más fácil implementación y ágil toma de decisiones, debido al monto inicial de desembolso.
- C. En cuanto a factores técnicos (Calidad y Seguridad), no se identifican cambios considerables entre las modalidades analizadas.
- D. Tratándose de Transparencia, resulta mejor evaluada la Modalidad Adquisición, sin embargo, la propia LAASEC establece que cualquiera de las dos modalidades deberá cumplir con los estándares legales comentados en este documento.

⁷https://gobiernoabierto.pueblacapital.gob.mx/transparencia_file/sindicatura/2017/77.01.17.guia_analisis_foda.sm.pdf

⁸ Fred R. David. (2000). Conceptos de Administración Estratégica. Edit. Prentice Hall, México.



Figura 2. Resultados de análisis FODA conforme a los criterios de aseguramiento para contratación de vehículos eléctricos. Fuente: Elaborado por FPM.

Como consecuencia de lo anterior, la recomendación para la ejecución e implementación del Proyecto desde un punto de vista legal, regulatorio y estratégico sería la contratación bajo la Modalidad Arrendamiento, mediante el procedimiento de licitación pública correspondiente.

4.3 Dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos

5.3.1. Proyecto piloto: SUV

Como se mencionó anteriormente, la evaluación de los proyectos piloto de patrullas SUV considera un recorrido promedio de 216 km por patrulla por día. Se determinó que un vehículo eléctrico BYD TANG EV consume alrededor del 43% de su batería, teniendo que recargar aproximadamente 37 kWh de su capacidad, lo cual representa 6.4 horas al finalizar su turno. Lo anterior equivale a un consumo anual de 330 MWh al año.

Tabla 8. Requisitos para sistema fotovoltaico de generación distribuida para la recarga de VE.

Parámetro	Valor	Parámetro	Valor
Número de VE por comandancia	12	Generación anual (kWh)	181,335.08
Capacidad requerida (kW)	99.0	Consumo anual por recarga de VE (kWh)	162,000.00
Capacidad de panel (W)	425.0	Área requerida (m ²)	559.2
Superficie de panel (m ²)	2.0		
Número de paneles	233		

Fuente: Elaborado por ICM.

El consumo normal de cada vehículo eléctrico sería de 37.0 kWh, para recorrer un promedio de 216.0 km por día. Con ello, se estima un consumo anual de alrededor de 162,000 kWh en cada una de las comandancias. Tomando en cuenta las consideraciones mencionadas en la Sección 4.3, se requerirían 233 paneles de 425 W de capacidad cada uno. Alcanzando un sistema con una capacidad de 99 kW y una generación anual estimada en 181,335.08 kWh. Con ello se pueden cubrir los requisitos eléctricos para la recarga de vehículos nuevos. Este sobredimensionamiento del sistema habilita la posibilidad de vender los excedentes de energía, mejorando los retornos de inversión.

En cuanto al área necesaria para la instalación del SFV sobre techo, considerando que la superficie de un panel de 425 W es aproximadamente 2m²; y un factor de sobredimensionamiento de 20%. El área requerida es de 550m². Además, el área necesaria para instalación de Carpots que funcionen como estacionamiento para las patrullas, esta debe ser suficiente para abarcar completamente las dimensiones de los vehículos. En este sentido el área a cubrir debe ser equivalente a 13.8m² (5.5m de largo y 2.5m de ancho) con una altura mínima de 2m por patrulla. Resultando en un área mínima total de 500m² para adaptar el SFV como Carpot para las 24 patrullas.

5.3.2. Proyecto piloto: Sedán

La evaluación del proyecto piloto de 15 patrullas (tipo sedán) recorre 310 km en un día promedio. Con base en este recorrido, se determinó que un vehículo eléctrico BYD Seal consumiría alrededor del 86% de su batería, teniendo que recargar aproximadamente 53.1 kWh de su capacidad, lo cual representa 7.0 horas al finalizar su turno. Lo anterior equivale a un consumo anual de 296,199 kWh. Mientras que un vehículo JAC ESEI 4 PRO, consumiría el 100% de su batería, teniendo que recargar 51.9 kWh, lo cual representa 9.5 horas al finalizar su turno. Equivalente a un consumo anual de 296,199 kWh.

Tabla 9. Requisitos para sistema fotovoltaico de generación distribuida para la recarga de VE.

Parámetro	Valor	Parámetro	Valor
Número de VE	15	Generación anual (kWh)	625,067
Capacidad requerida (kW)	342.1	Consumo anual por recarga de VE (kWh)	572,651
Capacidad de panel (W)	425.0	Área requerida (m ²)	1,614
Superficie de panel (m ²)	2.0		
Número de paneles	805		

Fuente: Elaborado por ICM.

Tomando en cuenta lo anterior, se requerirían 417 paneles de 425 W de capacidad cada uno. Alcanzando un sistema con una capacidad de 177.2 kW y una generación anual estimada en 323,793 kWh. Con ello se puede cubrir por completo los requisitos

eléctricos para la recarga de vehículos nuevos. Este sobredimensionamiento del sistema habilita la posibilidad de vender los excedentes de energía, mejorando los retornos de inversión.

Adicionalmente, considerando que la superficie de un panel de 425 W es aproximadamente 2m²; y un factor de sobredimensionamiento de 20% en cuanto a área requerida para el SFV.

4.4 Impactos económicos

5.4.1. Proyecto piloto: SUV

Los resultados obtenidos a partir de los análisis técnico-económico desarrollados se muestran a continuación.

El costo total de 24 vehículos eléctricos tipo BYD TANG con balizamiento, asciende a \$39,576,000 MXN. Para su adquisición a través de un esquema de arrendamiento tipo leasing, se necesita aportar un pago inicial aproximado de \$2,374,560 MXN. Cubriendo el restante a 36 pagos mensuales de \$1,157,378 MXN. Mientras que el costo de operación y mantenimiento de dichas patrullas es igual a \$230,400 MXN anuales.

Se estimó que el consumo de energía de 24 patrullas eléctricas puede ser un total de 330 MWh al año. A partir de estos consumos, se estimó, repartiendo los vehículos en dos comandancias, un SFV con una capacidad de 99 kWp que genera 180,920 kWh/año y con la cual se pueden generar 1.09 veces el consumo del total de la demanda de las 12 patrullas eléctricas (162 MWh). Considerando ambas comandancias, la instalación de dichos SFV con Carpot representa un costo de inversión total de \$10,100,550 MXN. Con un costo de operación y mantenimiento de \$202,011 MXN anuales.

En términos generales, considerando en conjunto la instalación de los SFV en cada 2 comandancias y la incorporación de las 24 patrullas eléctricas (12 por comandancia), a lo largo de los 25 años del periodo de estudio. Los costos de inversión sumarían un total de \$ 267,796,478 MXN, tomando en cuenta la sustitución de inversores en el año 13 y la renovación de las patrullas eléctricas cada 7 años (durante los años 7, 14 y 21). Mientras que los costos totales de mantenimiento ascenderían a \$ 18,008,149 MXN. Sin embargo, estos costos son mitigados que derivan tanto del ahorro en el consumo de energía eléctrica (\$ 20,437,475 MXN) como del ahorro en el combustible que deja de consumirse y de los costos en operación de mantenimiento que dejan de realizarse (\$ 434,620,739 MXN); por tanto los ahorros totales generados equivalen a \$ 455,058,213 MXN

Teniendo en cuenta todo lo anterior y como se observa en la Figura 3, la inversión total destinada a la incorporación de patrullas eléctricas que además utilizan energía solar fotovoltaica para recargar sus baterías puede recuperarse en un TR de 4.9 años con una TIR de 23%. Generando a lo largo de los 25 años del periodo de estudio, un beneficio económico equivalente a \$59,412,228 MXN.

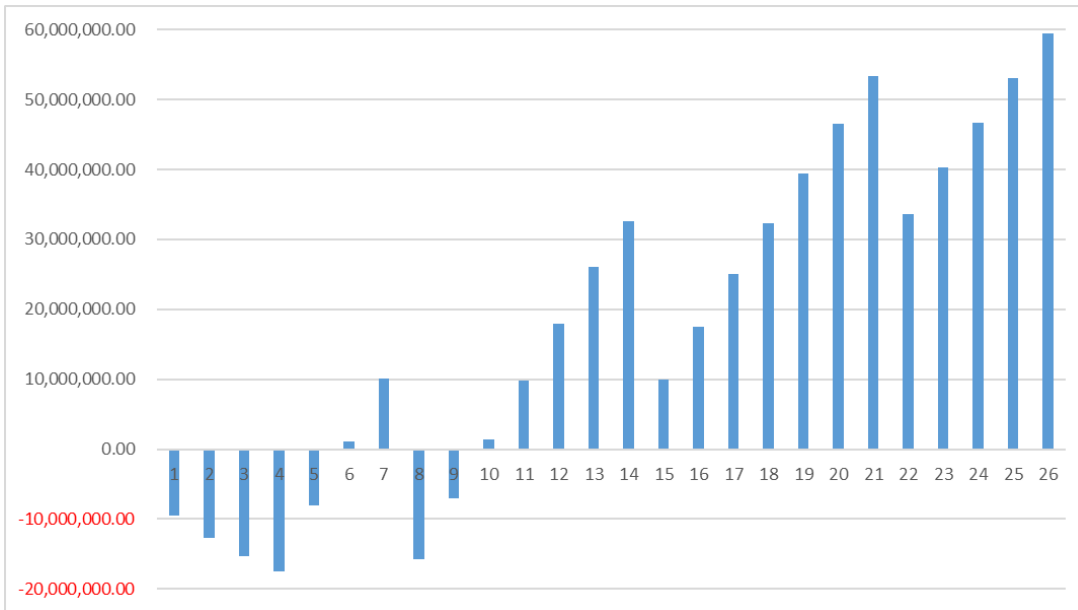


Figura 3. Análisis de flujos en proyecto piloto para sustitución de 24 patrullas en dos comandancias de Chihuahua. Fuente: Elaborado por ICM.

5.4.2. Proyecto piloto: Sedán

Los resultados obtenidos a partir de los análisis técnico-económico desarrollados se muestran a continuación.

a) Vehículo BYD SEAL

En relación a los vehículos eléctricos BYD SEAL, el costo total de adquirir 15 vehículos con balizamiento, asciende a \$15,432,000 MXN. Para su adquisición a través de un esquema de arrendamiento tipo leasing, se necesita aportar un pago inicial aproximado de \$925,920 MXN. Cubriendo el restante a 36 pagos mensuales de \$451,300 MXN. Mientras que el costo de operación y mantenimiento de dichas patrullas es igual a \$144,000 MXN anuales.

A partir del consumo eléctrico de 15 patrullas, se estimó, un SFV con una capacidad de 177.2 kWp que genera 323,793 kWh/año y con la cual se pueden generar 1.09 veces la demanda de las patrullas eléctricas. En este sentido, la instalación de dicho SFV representa un costo de inversión total de \$3,314,107 MXN. Con un costo de operación y mantenimiento de \$66,282 MXN anuales.

En términos generales, considerando en conjunto la instalación de los SFV y la incorporación de las 15 patrullas eléctricas BYD SEAL, a lo largo de 9 años, periodo de tres administraciones municipales. Los costos de inversión sumarían un total de \$20,486,837 MXN. Mientras que los costos totales de mantenimiento ascenderían a \$2,225,373 MXN (\$701,450 MXN por mantenimiento del SFV y \$1,523,923 por mantenimiento de los vehículos eléctricos). Sin embargo, estos costos son mitigados por los ahorros generados, los cuales equivalen a \$42,569,995 MXN. Que derivan tanto del ahorro en el consumo de energía eléctrica (\$4,035,868 MXN) como del ahorro en el combustible que deja de consumirse y de los costos en operación de mantenimiento

que dejan de realizarse (\$38,534,127 MXN).

Teniendo en cuenta todo lo anterior, y como se muestra en la Figura 4, la inversión total destinada a la incorporación de patrullas eléctricas que además utilizan energía solar fotovoltaica para recargar sus baterías puede recuperarse en un TR de 5.1 años con una TIR de 18%. Generando a lo largo de los 9 años del periodo de estudio, un beneficio económico equivalente a \$ 12,480,808 MXN.

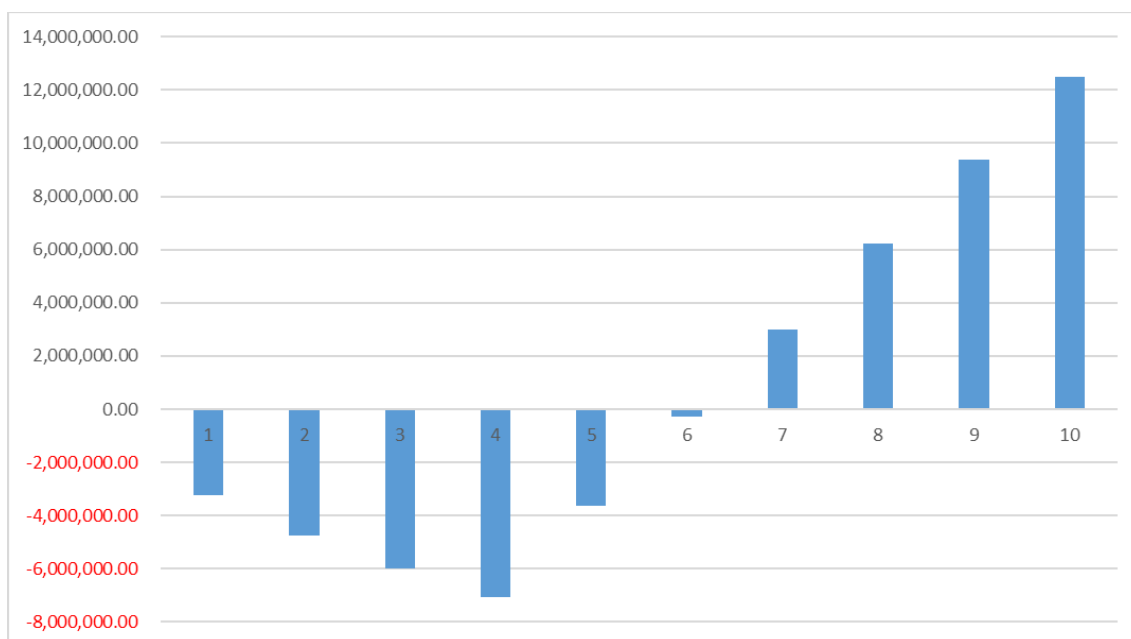


Figura 4. Análisis de flujos en proyecto piloto para sustitución de 15 patrullas BYD SEAL. Fuente: Elaborado por ICM.

b) Vehículo JAC ESEI4 PRO

En relación con los vehículos eléctricos JAC ESEI4 PRO, el costo total de adquirir 15 vehículos con balizamiento, asciende a \$15,045,000 MXN. Para su adquisición a través de un esquema de arrendamiento tipo leasing, se necesita aportar un pago inicial aproximado de \$902,700 MXN. Cubriendo el restante a 36 pagos mensuales de \$439,982 MXN. Mientras que el costo de operación y mantenimiento de dichas patrullas es igual a \$144,000 MXN anuales.

A partir del consumo eléctrico de las patrullas, se estimó, un SFV con una capacidad de 177.2 kWp que genera 323,793 kWh/año y con la cual se pueden generar 1.0 veces el consumo del total de la demanda de las patrullas eléctricas de esta comandancia. En este sentido, la instalación de dicho SFV representa un costo de inversión total de \$3,314,107 MXN. Con un costo de operación y mantenimiento de \$66,282 MXN anuales.

En términos generales, considerando en conjunto la instalación de los SFV en cada una de las comandancias y la incorporación de las 15 patrullas eléctricas BYD SEAL, a lo largo de 9 años, periodo de tres administraciones municipales. Los costos de inversión sumarían un total de \$20,056,184 MXN. Mientras que los costos totales de mantenimiento, estos ascenderían a \$2,225,373 MXN (\$701,450 MXN por mantenimiento del SFV y \$1,523,923 por mantenimiento de los vehículos eléctricos). Sin

embargo, estos costos son mitigados por los ahorros generados, los cuales equivalen a \$42,569,995 MXN. Que derivan tanto del ahorro en el consumo de energía eléctrica (\$4,035,868 MXN) como del ahorro en el combustible que deja de consumirse y de los costos en operación de mantenimiento que dejan de realizarse (\$38,534,127 MXN).

Teniendo en cuenta todo lo anterior, la inversión total destinada a la incorporación de patrullas eléctricas que además utilizan energía solar fotovoltaica para recargar sus baterías puede recuperarse en un TR de 5.0 años con una TIR de 30%. Generando a lo largo de los 9 años del periodo de estudio, un beneficio económico equivalente a \$12,867,053 MXN.

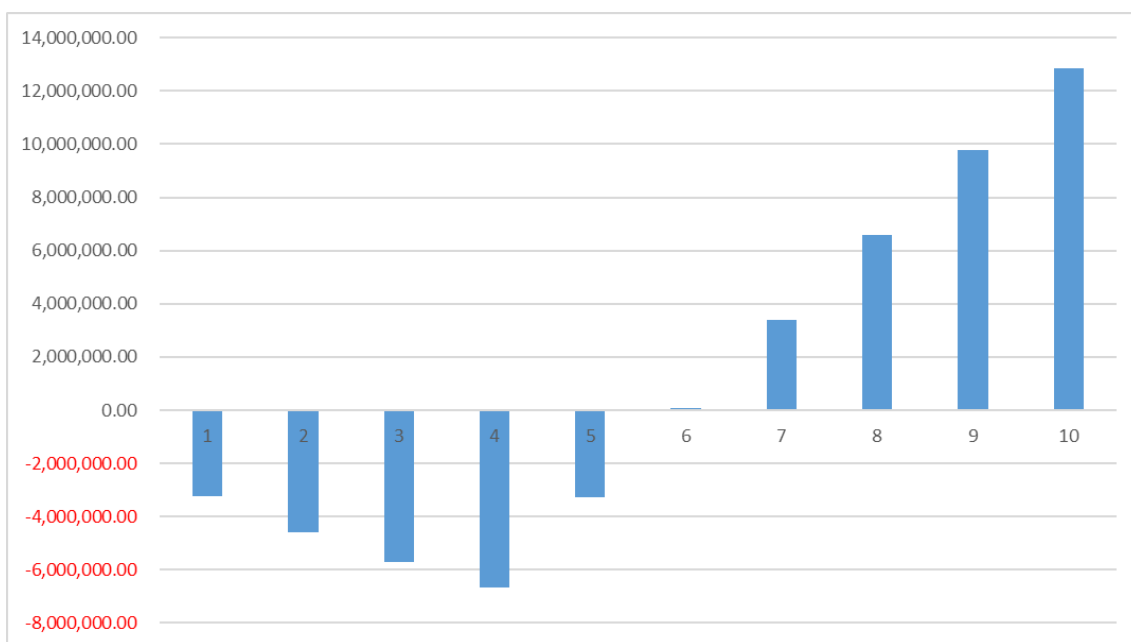


Figura 5. Análisis de flujos en proyecto piloto para sustitución de 15 patrullas JAC ESEI4 PRO. Fuente: Elaborado por ICM.

4.5 Impactos ambientales

4.5.1 Mitigación de emisiones

5.5.1.1. Proyecto piloto: SUV

Considerando el proyecto piloto de sustitución de 24 de vehículos SUV por versiones eléctricas sin emisiones por operación del motor, se podrían evitar cerca de 948 tCO₂e anualmente, es decir, un 40% de las emisiones actuales. La operación de vehículos eléctricos con suministro de energía de la red eléctrica causa 141.96 tCO₂e, mientras que la implementación de sistemas fotovoltaicos para la recarga no tiene emisiones directas. La Tabla 10 muestra una comparativa de las emisiones por operación de vehículos eléctricos y convencionales.

Tabla 10. Comparativa de emisiones por operación de vehículos.

Emisiones anuales	CO ₂ (t)	CH ₄ (kg)	N ₂ O (kg)	CO ₂ e (t)
Gasolinas				
Para 24 vehículos de gasolina	910.88	328.60	109.53	947.94
Para 24 vehículos eléctricos (SEN)				141.96
Para 24 vehículos eléctricos (SFV)				0.00
Quema de aceite residual				
Para 24 vehículos de gasolina	3.58	0.15	0.03	3.59
Para 24 vehículos eléctricos	0.83	0.03	0.01	0.83

Fuente: Elaborado por ICM, 2024.

Por otra parte, suponiendo una disposición por combustión de los residuos de aceite por mantenimiento anual de motores en las 59 unidades para trabajos administrativos, se emitirían alrededor de 9 tCO₂eq. En cambio, los motores eléctricos de 24 vehículos emitirían únicamente serían responsables de 0.8 tCO₂eq, lo que equivale a un 9% de lo que se emite actualmente. La sustitución evitaría cerca de 3.5 tCO₂e.

Alargando el tiempo de uso de vehículos eléctricos como patrullas de la DSPM por el tiempo de vida de los proyectos fotovoltaicos (25 años), el proyecto piloto puede mitigar hasta 23,698 tCO₂e. La sustitución de todos los vehículos de tareas administrativas (58,258 tCO₂e) representaría plantar 1,513 árboles (Encon, 2020) o que 12,664 vehículos dejaran de circular por un año (EPA, 2018).

5.5.1.1. Proyecto piloto: Sedán

El proyecto piloto de sustitución de 15 de estos vehículos por versiones eléctricas sin emisiones por operación del motor, se podrían evitar cerca de 265 tCO₂e anualmente, es decir, un 80% de las emisiones actuales. La operación de vehículos eléctricos con suministro de energía de la red eléctrica estaría ligada a la emisión de 127 tCO₂e, mientras que la implementación de sistemas fotovoltaicos para la recarga no tiene emisiones directas. La Tabla 11 muestra una comparativa de las emisiones por operación de vehículos eléctricos y convencionales tipo sedán.

Tabla 11. Comparativa de emisiones por operación de vehículos.

Emisiones anuales	CO ₂ (t)	CH ₄ (kg)	N ₂ O (kg)	CO ₂ e (t)
Gasolinas				
Para 15 vehículos de gasolina	254.51	91.81	29.38	264.87
Para 15 vehículos eléctricos (SEN)				127.57
Para 15 vehículos eléctricos (SFV)				0.00
Quema de aceite residual				
Para 15 vehículos de gasolina	1.18	0.05	0.01	1.18
Para 15 vehículos eléctricos	0.39	0.02	0.0003	0.39

Fuente: Elaborado por ICM, 2024.

Por otra parte, suponiendo una disposición por combustión de los residuos de aceite por mantenimiento anual de motores en las 36 unidades en la DSP, se emiten alrededor de 2.3 tCO₂eq. En cambio, los motores eléctricos de 15 vehículos emitirían únicamente

0.4 tCO₂eq, evitando cerca de 1.9 tCO₂e.

Alargando el tiempo de uso de vehículos eléctricos como patrullas de la DSP por el tiempo de vida de los proyectos fotovoltaicos (25 años), el proyecto piloto puede mitigar hasta 9,811 tCO₂e. Lo que representaría plantar 172 árboles (Encon, 2020) o que 1,439 vehículos dejarán de circular por un año (EPA, 2018).

4.5.2 Aceite de motor residual

Los residuos de aceite de motor evitados por el uso de vehículos eléctricos, los cuales requieren un menor número de servicios de mantenimiento al año y cuyo principio de funcionamiento involucran menos piezas móviles, ya que no es necesario el mismo nivel de lubricación que los motores de combustión interna, reduce el número de residuos de aceite por uso de los vehículos.

Aunque la emisión de GEI por disposición de aceite residual es importante, el mayor daño que pueden producir los desechos de aceite lubricante de motor es a los recursos hídricos. Se estima que alrededor de 10 millones de litros de agua pueden contaminarse con un solo litro de aceite (Nowak et al., 2019). Por lo que, teniendo una mala disposición anual de los 1,248 y 696 litros por del uso de 24 SUV y 29 sedán de combustión interna, podrían afectarse hasta 312.5 millones de metros cúbicos de agua en los 25 años del proyecto. Este número representa alrededor del 10% de la presa Chihuahua, localizada al Suroeste de la ciudad.

Finalmente, la disposición de aceite lubricante residual en suelo puede resultar en afectaciones en las propiedades físicas del mismo. Los espacios porosos pueden taparse, reduciendo la aireación del suelo y la infiltración del agua, incrementando la densidad del suelo y subsecuentemente, el crecimiento de plantas (Klamerus-Iwan et al. 2015).

5. Perspectiva de género e inclusión social

Incorporar la igualdad de género e inclusión social en todas las esferas de decisión pública es un asunto de derechos humanos al igual que el derecho a la seguridad pública. El artículo 1° de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos reconoce la obligación que tienen todas las autoridades de promover, respetar, proteger y garantizar los derechos humanos, en este caso el derecho a la seguridad y a la igualdad.

Es por ello que, en el marco de esta iniciativa, se realiza una propuesta en la que los ahorros que tendrán las patrullas responsables de la seguridad pública con el cambio de vehículos de combustión interna por eléctricos podrían tener un impacto positivo en las mujeres y hombres en el municipio.

Es importante recordar que en 2019 se aprobó la reforma constitucional conocida como "paridad en todo", la cual tiene el objetivo de garantizar "la participación progresiva de

las mujeres en los tres Poderes de la Unión y en los tres niveles de gobierno, así como en los organismos autónomos” (INMUJERES,2022), y en todos los espacios públicos de representación y toma de decisión.

Asimismo, el artículo 16 de la Ley General para la Igualdad entre Mujeres y Hombres, establece que los municipios serán responsables de implementar a nivel municipal la política en materia de igualdad entre mujeres y hombres y de fomentar la participación social, política y ciudadana dirigida a lograr la igualdad entre mujeres y hombres. La Ley General de Acceso de las Mujeres a una Vida Libre de Violencia, establece en su artículo 2° que los municipios, en el ámbito de sus competencias tomarán las medidas presupuestales y administrativas necesarias para garantizar el derecho de las mujeres a una vida libre de violencia.

Cómo se mencionó en secciones anteriores, la información reportada por las autoridades señala que la violencia contra la mujer es el tercer delito reportado en el número de emergencia 911, con mayor incidencia; y el primer delito reportado en el estado.

Considerando el marco normativo en materia de derechos humanos e igualdad de género y los datos presentados sobre la violencia hacia las mujeres, se sugiere que los ahorros económicos logrados con el cambio de tecnología se podrían destinar a alguna de las siguientes propuestas:

- Fortalecer los programas de capacitación para todas las personas que integran la fuerza de seguridad pública municipal en temas de perspectiva de género, no discriminación, interseccionalidad y respeto a los derechos humanos. Esto contribuirá a brindar una mejor atención a las mujeres y personas en situación de vulnerabilidad, así como a promover que ésta sea sensible al género y respetuosa de los derechos humanos de todas las personas.
- Implementar programas internos para ampliar la participación laboral de las mujeres en los cuerpos de seguridad pública, con el objetivo de lograr la paridad en concordancia con la reforma constitucional en esta materia. Estos programas pueden llevarse a cabo mediante medidas afirmativas enfocadas en mujeres y otros grupos en situación de vulnerabilidad, así como a través de políticas internas que promuevan la igualdad de género y la conciliación entre la vida familiar y laboral.
- Incrementar los recursos que se destinan a los programas municipales existentes para el alumbrado público orientados a prevenir la violencia de género en el ámbito comunitario, prestando particular atención a los espacios que han sido identificados como los más inseguros para las mujeres en los dos municipios.

6. Conclusiones

- El proyecto es factible desde la perspectiva legal-regulatoria en su ejecución e implementación, sin necesidad de modificación a la legislación existente y con las facultades hoy atribuidas a los gobiernos municipales de Chihuahua.

- Se recomienda su implementación a través de la Modalidad Arrendamiento.
- No hay ordenamiento público-administrativo que limite el alcance del Proyecto.
- La sustitución de 24 unidades vehiculares para tareas administrativas tipo SUV y la integración de sistemas fotovoltaicos para la recarga de los mismos, puede producir beneficios de hasta \$67.12 millones de pesos en el periodo de vida del SFV (25 años).
- La sustitución de 29 unidades vehiculares tipo sedán y la integración de sistemas fotovoltaicos para la recarga de estos, puede producir beneficios de hasta \$36.2 millones de pesos en el periodo de vida del SFV (25 años).
- Aún con la inversión necesaria para el cambio de vehículos eléctricos cada 7 años y la sustitución de los inversores de los SFV en el año 13, el periodo de amortización del proyecto piloto para SUVs se estima en 4.3 años; con una tasa interna de retorno de 30%; mientras que para vehículos tipo sedán es en 5.1 años con una tasa del 20%.
- El recorrer 1 km en una patrulla de combustión interna tiene un costo promedio de \$4.25 pesos en gasolina. Mientras que, con el uso de un vehículo eléctrico, recorrer esta misma distancia, costaría en promedio \$0.47 pesos en electricidad, un costo 9 veces menor. Y con el uso de un sistema fotovoltaico que reemplace el consumo de energía eléctrica de la red, dicho costo se vuelve prácticamente cero. Lo que vuelve viable, tanto económica como ambientalmente, esta transición tecnológica.
- La implementación de este proyecto piloto puede representar ahorros en combustible (vehículos a gasolina) de aproximadamente: \$ 22.3 millones de pesos, para el caso de SUVs; y 8.7 millones para el caso de vehículos tipo sedán.
- Es posible canalizar los recursos económicos resultantes del ahorro de combustible y mantenimiento en el fortalecimiento de programas como el "Escuadrón Rosa" para ofrecer una atención integral y sensible al género a las mujeres que experimentan violencia en entornos comunitarios, familiares y escolares; o la fomentar programas dentro de las DSPMs que fomenten la paridad entre hombres y mujeres dentro de la institución.
- La sustitución de patrullas eléctricas y sistemas de recarga con energía solar fotovoltaica del proyecto piloto evita la emisión de 1,491 tCO₂e por año. Esto representaría más de 37 mil tCO₂e en el periodo de vida del proyecto o, lo que sería lo mismo, dejar fuera de circulación a 7,000 automóviles durante un año.

7. Recomendaciones

Por cuestiones de carácter regulatorio, solamente resulta viable la implementación de esta o cualquier modalidad mediante un proceso de licitación pública, toda vez que

existen límites a la contratación por procedimientos de adjudicación directa y la invitación a cuando menos tres personas.

La comparativa de resultados obtenidos entre este estudio para la DSPM de Chihuahua y el realizado anteriormente en el municipio de Hermosillo, demuestra una diferencia en los beneficios del proyecto y periodo de amortización. Es posible afirmar que: a mayor número de vehículos sustituidos por vehículos eléctricos, mayor serán los beneficios económicos por ahorros en combustible y mantenimiento de motor; y menor será el tiempo de amortización de la inversión inicial. Por lo tanto, se recomienda ampliar la ambición de este proyecto piloto y sustituir la mayoría de las unidades vehiculares de tareas administrativas de las DSPM.

Analizar la oferta que el mercado de vehículos eléctricos, actualmente en una etapa de rápida expansión, en busca de modelos que cumplan con los requerimientos de vehículos para operaciones tácticas y de seguridad (tipo pick-up). Marcas como Ford, Chevrolet o RAM cuentan con versiones electrificadas de sus modelos en otros mercados, las cuales podrían estar disponibles en México en los próximos años.

8. Referencias

1. SEMARNAT. (2022, febrero 28). *Factor de Emisión del Sistema Eléctrico Nacional 2021*. Obtenido de Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment_data/filer/data/706809/aviso_fesen_2021.pdf
2. Google Earth Pro 7.3.4.8642
3. CFE. (marzo de 2016). *Guía para determinar el factor de emisión de bióxido de carbono equivalente para el Sistema Eléctrico Nacional*. Obtenido de LAPEM: <https://lapem.cfe.gob.mx/normas/pdfs/t/SPA00-63.pdf>
4. EITI. (2018). *Producción de Petróleo*. Obtenido de Base de datos abiertos EITI: https://eiti.transparenciapresupuestaria.gob.mx/work/models/eiti/Resource/eiti/archivos/prod_uccion_barriles.pdf
5. SEMARNAT. (03 de septiembre de 2015). *Acuerdo que establece las particularidades técnicas y las fórmulas para la aplicación de metodologías para el cálculo de emisiones de gases o compuestos de efecto invernadero*. Obtenido de DOF: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5406149&fecha=03/09/2015#gsc.tab=0
6. SENER. (2022). *Lista de combustibles y sus poderes caloríficos 2022 que se considerarán para identificar a los usuarios con un patrón de alto consumo, así como los factores para determinar las equivalencias en términos de barriles equivalentes de petróleo*. Obtenido de CONUEE: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment_data/filer/data/707880/lista_de_combustibles_y_poderes_calorificos_2022.pdf
7. TotalEnergies. (29 de junio de 2022). *¿Cuánto aceite debo ponerle a mi auto?* Obtenido de Noticias: <https://totalenergies.mx/blog/cuanto-aceite-debo-ponerle-mi-auto>
8. EPA (Marzo de 2018). *Greenhouse Gas Emissions from a Typical Passenger Vehicle*. Obtenido de: <https://www.epa.gov/greenvehicles/greenhouse-gas-emissions-typical-passenger-vehicle>
9. Encon (2020). *Calculation of CO2 offsetting by trees*. Obtenido de: <https://www.encon.eu/en/calculation-co2-offsetting-trees>
10. Nowak P., Kucharska K., Kaminski M. (2019). *Ecological and Health Effects of Lubricant Oils Emitted into the Environment*. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16,3002. DOI: 10.3390/ijerph16163002.
11. Klamerus-Iwan A., Blonska E., Lasota J., Kalandyk A., Waligorsky P. (2015). *Influence of Oil Contamination on Physical and Biological Properties of Forest Soil After Chainsaw Use*. *Water Air Soil Pollut*, 226:389. DOI: 10.1007/s11270-015-2649-2.
12. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2024). *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*. Disponible en: <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/CPEUM.pdf>
13. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2024). *Ley General de Acceso de las Mujeres a una Vida Libre de Violencia*. Disponible en: <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGAMVLV.pdf>
14. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2024). *Ley General para la Igualdad entre Mujeres y Hombres*. Disponible en: <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGIMH.pdf>
15. Comisión Nacional de los Derechos Humanos. (2015). *Ponencia del Lic. Luis Raúl González Pérez, Presidente de la CNDH con motivo de la sesión conjunta de la Conferencia Nacional de Secretarios de Seguridad Pública y la Conferencia Nacional del Sistema Penitenciario*. Disponible en: <https://www.cndh.org.mx/sites/default/files/doc/Participacion/20151211.pdf>
16. Data México. (2023). *Delicias*. Gobierno de México. Disponible en: <https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/geo/delicias?housingConnectivity=equipmentAccess#equidad>
17. INEGI. (2020). *Censo Población y Vivienda 2020. Panorama sociodemográfico de México*. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/tableros/panorama/>

18. INEGI. (2023) Estadísticas a propósito del Día Internacional de la Eliminación de la Violencia contra la Mujer. Disponible en: https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2023/EAP_VCM_23.pdf
19. INMUJERES (2022). Desigualdad en cifras, año 8, boletín N°2, febrero 2022. Las mujeres rumbo a la paridad total. Disponible en: http://cedoc.inmujeres.gob.mx/documentos_download/BA8N02.pdf
20. Observatorio Ciudadano. (s.f.). Comportamiento a través del tiempo. Empresarios de Chihuahua. Disponible en: <https://ri.id-360.org/Home/Tendencias>