



**EVALUACIÓN TÉCNICA, ECONÓMICA Y AMBIENTAL PARA LA
ADQUISICIÓN DE VEHICULOS ELECTRICOS EN LA UNIDAD ESTRATÉGICA
DEL NEGOCIO DE ENERGIA DE EMCALI**

PROYECTO DE GRADO

**Sandra Vargas González
Carlos Arturo González Campuzano**

**Asesor
Luis Felipe Granada Aguirre
Ph.D. Ciencias Técnicas**

**FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA EN GERENCIA DE PROYECTOS
SANTIAGO DE CALI
2021**

**EVALUACIÓN TÉCNICA, ECONÓMICA Y AMBIENTAL PARA LA
ADQUISICIÓN DE VEHICULOS ELECTRICOS EN LA UNIDAD ESTRATÉGICA
DEL NEGOCIO DE ENERGIA DE EMCALI**

**Sandra Vargas González
Carlos Arturo González Campuzano**

**Trabajo de grado para optar al título de
Máster en Gestión de Proyectos**

**Asesor
Luis Felipe Granada Aguirre
Ph.D. Ciencias Técnicas**

**FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA EN GERENCIA DE PROYECTOS
SANTIAGO DE CALI
2021**

CONTENIDO

	pág.
RESUMEN.....	11
1. INTRODUCCIÓN	12
1.1 <i>Contexto y antecedentes.....</i>	12
1.1.1 Contexto.....	12
1.1.2 Antecedentes	14
1.2 <i>Planteamiento del Problema</i>	16
1.3 <i>Objetivo General</i>	18
1.4 <i>Objetivos Específicos.....</i>	18
1.5 <i>Organización del Documento</i>	18
2. MARCO REFERENCIAL	19
2.1 <i>Estudios y trabajos relacionados.....</i>	19
2.2 <i>Marco Legal y Normas técnicas</i>	20
2.2.1 Marco legal Institucional	20
2.2.2 Marco legal Gubernamentales.....	21
2.2.3 Regulación Técnica	22
2.3 <i>Marco Teórico</i>	24
2.3.1 Vehículo eléctrico	24
2.3.1.1 Componentes principales de los vehículos eléctricos	25
2.3.1.2 Esquema conceptual y criterios elaboración del diseño del sistema eléctrico de carga de VE	27
2.3.2 Teoría de la Evaluación Técnica.....	27
2.3.2.1 Proyecto de ingeniería	28
2.3.3 Teoría de la Evaluación Ambiental	29
2.3.3.1 Análisis del Inventario del ciclo de Vida (ICV)	30

2.3.3.2	Inventario de emisiones de CO ₂	31
2.3.3.3	Disposición final de baterías	32
2.3.4	Evaluación económica.....	34
3.	METODOLOGÍA.....	36
3.1	<i>ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....</i>	<i>37</i>
3.1.1	Análisis técnico.....	37
3.1.2	Emisiones de CO ₂	38
3.1.3	Costos de Mantenimiento	38
3.2	<i>CRITERIOS TÉCNICOS, AMBIENTALES Y ECONOMICOS PARA LA ADQUISICIÓN DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS</i>	<i>39</i>
3.2.1	Criterios técnicos	39
3.2.2	Criterios ambientales – disposición final de las baterías	39
3.2.3	Evaluación económica y financiera.....	39
3.3	<i>VALIDACIÓN</i>	<i>41</i>
4.	PRESENTACIÓN DE LA PROPUESTA.....	42
5.	RESULTADOS	42
5.1	<i>ANÁLISIS TÉCNICO, AMBIENTAL Y COSTOS DE MANTENIMIENTO DE FLOTA ACTUAL.....</i>	<i>42</i>
5.1.1	Análisis técnico.....	42
5.1.1.1	Localización y tamaño	42
5.1.2	Costos por mantenimiento.....	46
5.1.2.1	Inventario de vehículos	46
5.1.2.2	Costos de mantenimiento	49
5.1.2.3	Costos de RTM, SOAT, Primas y llantas	50
5.1.2.4	Costos de combustible.....	51
5.1.3	Análisis de emisiones de CO ₂	52
5.2	<i>CRITERIOS TÉCNICOS, AMBIENTALES Y ECONOMICOS PARA LA ADQUISICIÓN DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS</i>	<i>53</i>
5.2.1	Criterios técnicos	53

5.2.1.1	Localización y tamaño	53
5.2.1.2	Proyecto de ingeniería	54
□	Identificación y selección de procesos	61
o	Elaboración del diseño eléctrico	61
5.2.2	Criterios ambientales- disposición final de baterías	62
5.2.3	Criterios económicos	62
6.	VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA	63
6.1	<i>DEFINICIÓN DE LOS PERFILES</i>	<i>64</i>
6.2	<i>DEFINICIÓN DE ROLES.....</i>	<i>64</i>
6.3	<i>RESULTADOS DE LA VALIDACIÓN</i>	<i>64</i>
7.	BIBLIOGRAFIA	69
8.	ANEXOS.....	72

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Acrónimos, Abreviaturas y conceptos	10
Tabla 2. Usuarios de EMCALI.....	12
Tabla 3. Parque automotor UENE EMCALI	16
Tabla 4. Trabajos relacionados.....	19
Tabla 5. Normas Institucionales.....	20
Tabla 6. Marco Legal Gubernamental.....	21
Tabla 7. Regulación Técnica.....	22
Tabla 8 Componentes de un vehículo eléctrico y funciones.....	25
Tabla 9 Lista de chequeo criterio elaboración diseño sistema eléctrico carga VE.....	27
Tabla 10 Variables para determinar el proyecto de ingeniería.	28
Tabla 11. Etapas a realizar para el análisis del inventario del Ciclo de Vida (ICV)	31
Tabla 12. Software para el inventario de emisiones de CO ₂	31
Tabla 13. Ubicación parqueaderos Parque automotor UENE	43
Tabla 14. Parqueaderos de los vehículos de la UENE y área	44
Tabla 15. Infraestructura eléctrica actual por parqueadero	46
Tabla 16. Inventario de vehículos UENE por modelo y cilindraje	47
Tabla 17. Inventario de vehículos con antigüedad mayor a 10 años	47
Tabla 18. Distribución de vehículos por Kilometraje recorrido.....	48
Tabla 19. Distribución de vehículos por Grupo de kilometraje y por parqueadero.....	48
Tabla 20. Incremento porcentual de los costos de mantenimiento.....	49
Tabla 21. Costo mantenimiento por Grupo de kilometraje	50
Tabla 22. Costos por mantenimiento, RTM, SOAT, llantas y primas.....	50
Tabla 23. Emisiones de CO ₂	53
Tabla 24. Localización y tamaño de los nuevos VE	53
Tabla 25. Ficha técnica VE	54
Tabla 26. Cumplimiento de características y criterios técnicos para la tecnología VE.....	56
Tabla 27. Tipo de cargadores seleccionados.....	56
Tabla 28. Dimensionamiento del transformador.....	57
Tabla 29. Dimensionamiento de la acometida del tablero de cargadores.....	58
Tabla 30. Resultado flujo de carga.....	60

Tabla 31. Resultado de cortocircuito.....	60
Tabla 32. Resultados de la evaluación del proyecto	63
Tabla 33 Calificación de los criterios.....	65
Tabla 34. Calificación claridad	65
Tabla 35. Calificación relevancia.....	65
Tabla 36. Calificación Aplicabilidad.....	66
Tabla 37. Resumen de evaluación.....	66

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Costos por mantenimiento	16
Gráfico 2. Costos por combustible	51
Gráfico 3. Rendimiento combustible (km/g) del parque automotor de 38 vehículos	52

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Componentes de un vehículo eléctrico y esquema conceptual	24
Ilustración 2 Evaluación técnica del proyecto.....	28
Ilustración 3 Marco de referencia del análisis del ciclo de vida	29
Ilustración 4. Gestión de residuos sólidos peligrosos	33
Ilustración 5 Metodología	36
Ilustración 6. Área Parqueadero Subestación Diesel I	44
Ilustración 7. Área 2, Área 6, y Área 7 Parqueadero Subestación Diesel I	45
Ilustración 8. Herramienta huella de carbono EMCALI-CO2CERO	52
Ilustración 9. Distribución física vehículos eléctricos parqueadero CAES	54
Ilustración 10. Diagrama unifilar.....	58
Ilustración 11. Modelado y simulación en el software ETAP	59
Ilustración 12. Coordinación de protecciones cargadores del CAES.....	61
Ilustración 13. Diagrama de flujo elaboración diseño	62

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 Estructura Organizacional de EMCALI	72
Anexo 2 Tipos de motor y de baterías	72
Anexo 3. Tipos de conector	75
Anexo 4 Condiciones de contratación N°. 900-IPU-0271-2021	76
Anexo 5. Suministro de combustible	77
Anexo 6 Cronograma de actividades proyecto de ingeniería.	77
Anexo 7. Flujo de caja del proyecto	79
Anexo 8. Diseños Infraestructura Eléctrica	80

Tabla 1. Acrónimos, Abreviaturas y conceptos

Concepto	Descripción
A	Amperio
AC	Corriente Alterna
BEV	Vehículo Eléctrico a baterías
CHADEmo	Charge De Move
CO ₂	El dióxido de carbono es un compuesto inorgánico formado por la unión simétrica de un átomo de carbono y dos átomos de oxígeno. es un gas inerte a condiciones normales y que se produce principalmente como un sub-producto de procesos de combustión. (Medina, 2010)
DC	Corriente Directa
EPA	Environmental Protection Agency (Agencia de protección Ambiental) (Estados Unidos)
FWD	Front Wheel Drive (FWD, por su sigla en inglés) o tracción delantera
GEI	Gases Efecto Invernadero
gCO ₂	Gramos de CO ₂
gCO ₂ /km	Gramos de CO ₂ por kilómetro
IPC	Índice de precios al consumidor
IPP	Índice de precios al productor
kWh	Kilovatio-hora
NEDC	New European Driving Cycle (NEDC siglas en inglés) Nuevo Ciclo Europeo de Conducción
NCM	Níquel – Cobalto – Manganeso
PM ₁₀	Partículas inhalables que tienen diámetros de, por lo general, 10 micrómetros y menores (EPA , 2021)
PM _{2.5}	Partículas inhalables finas que tienen diámetros de, por lo general, 2,5 micrómetros y menores. (EPA , 2021)
RTM	Revisión Tecno mecánica
SOAT	Seguro Obligatorio de Accidentes de Transito
UENE	Unidad Estratégica del Negocio de Energía
V	Voltios
VCI	Vehículo de combustión interna, son el tipo de vehículos que obtienen la energía del proceso de ignición de gasolina.
VE	Vehículo Eléctrico (incluye BEV)

Fuente: elaboración propia

RESUMEN

El propósito de este trabajo es realizar la evaluación técnica, económica y ambiental para la adquisición de vehículos eléctricos en la Unidad Estratégica del Negocio de Energía (UENE) de EMCALI. La metodología adoptada corresponde a la planteada en los libros de evaluación de proyectos de Bacca de 2013 donde se propone realizar en una primera etapa el análisis de la situación actual, en una segunda etapa se define los criterios técnicos, económicos y ambientales para la adquisición de los Vehículos Eléctricos (VE) y finalmente en una tercera etapa se validan los resultados del diseño con el personal experto de la empresa.

En el análisis económico se concluyó que el proyecto tiene un VPN positivo; así mismo una TIR 24.65%, lo cual indica que el proyecto es viable financieramente.

Con el desarrollo de este proyecto EMCALI podrá reducir el impacto sobre el ambiente de las zonas donde opera debido a la disminución en las emisiones de CO₂; de igual forma se espera una reducción en los costos de mantenimiento de la UENE, lo que se traduce en un incremento económico para la unidad

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Contexto y antecedentes

1.1.1 Contexto

Empresas Municipales de Cali - EMCALI. EICE ESP es una empresa industrial y comercial del Estado del orden municipal, dotada de personería jurídica, patrimonio propio e independiente, con autonomía administrativa y objeto social múltiple, presta los servicios públicos domiciliarios de energía, acueducto, alcantarillado, aseo, distribución de gas combustible, los servicios de telecomunicaciones, incluyendo los servicios agregados y servicios de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, TIC's en los municipios de Cali, Candelaria, Jamundí, Palmira, Puerto Tejada y Yumbo, en la Tabla 2 se describe esta información:

Tabla 2. Usuarios de EMCALI

Tipo	Servicio	Usuarios	Participación en el mercado
Públicos domiciliarios	Acueducto	649.780	96%
	Alcantarillado	626.431	90%
	Energía	701.235	73,76%
Telecomunicaciones	Internet	1.135.545	21%
	Televisión	17.239	3,10%
	Telefonía	308.017	40,50%

Fuente: Informe de sostenibilidad año 2019 – Informe de Gestión EMCALI 2019

EMCALI tiene 81 sedes distribuidas de la siguiente forma: 44 sedes para la operación de Acueducto y Alcantarillado, 21 sedes para los servicios de Telecomunicaciones y 16 sedes para la distribución de Energía.

EMCALI cuenta con una planta de personal conformada por 2531 trabajadores entre oficiales y empleados públicos y 870 contratistas para un total de 3401 colaboradores; la estructura organizacional se detalla en el Anexo 1.

La Unidad Estratégica del Negocio de Energía (UENE) presta los servicios de distribución, comercialización y generación de energía eléctrica en los municipios de Cali, Yumbo y Puerto Tejada, atiende aproximadamente 700.000 clientes con una infraestructura de 22 subestaciones de potencia, 16.345 transformadores de distribución de energía, 4.900 kilómetros de redes de energía aéreas y subterráneas.

La UENE para atender las actividades del servicio de energía, cuenta con un parque automotor conformado por noventa y ocho (98) vehículos tipo campero de combustión interna que funciona con combustible gasolina o diésel, Esta cantidad de vehículos por sus características de combustión interna generan emisiones de CO₂ o dióxido de carbono, el cual tiene un gran impacto en el efecto invernadero. Su consumo de combustible en el año 2020 fue de 28.393 galones por año y el gasto anual es de \$248,5 millones. Uno de los principios rectores del plan Estratégico EMCALI 2019 -2023 corresponde a que EMCALI sea una Empresa sustentable, en el sentido de consolidar un modelo empresarial amigable con el ambiente, adicionalmente, en este plan estratégico se tiene planteado una meta asociada al proyecto de movilidad eléctrica, en el cual se pretende al año 2023 contar con 20 vehículos eléctricos, los anteriores objetivos estratégicos buscan disminuir las emisiones de CO₂ del parque automotor de la UENE.

De acuerdo con el informe del Ministerio de Minas y Energía el sector transporte es el consumidor del 40% de los energéticos a nivel nacional. En el año 2018 Colombia tenía 2176 vehículos eléctricos, la meta al 2030 es contar con 600 mil Vehículo Eléctrico (VE), a 2035 el 100% de los vehículos adquiridos para los sistemas de transportes masivos deberán ser eléctricos o de cero emisiones (Ministerio de Minas y Energía, 2019)

Por lo anterior, se hace necesario realizar el reemplazo del parque automotor de vehículos de combustible tipo campero por vehículos eléctricos en la unidad estratégica del negocio de energía de EMCALI, lo cual permita cumplir con los objetivos de la empresa y reducir el impacto de sus actividades sobre el ambiente, por esto se hace necesario formular un proyecto que permita revisar en aspectos:

técnicos, de emisiones de CO₂ y mantenimiento para generar un piloto que permita evaluar la viabilidad del mismo.

1.1.2 Antecedentes

A nivel mundial muchos países han reconocido la importancia de tomar acciones para reducir el impacto del cambio climático, por lo cual instituciones como la Organización para la Cooperación y el desarrollo Económico (OCDE), países miembros de las Naciones Unidas han establecido pactos y metas para realizar un crecimiento que vaya de la mano con la conservación del ambiente. En Colombia a través de la Ley 1844 de 2017 el país se comprometió a reducir las emisiones de CO₂ en el 20% con relación a las proyecciones del año 2030, en dicha ley el sector del transporte se define como uno de los seis sectores priorizados en los que se debe intervenir para alcanzar los objetivos establecidos. Adicionalmente, a través del Acuerdo Regional sobre el Acceso a la Información, la Participación Pública y el Acceso a la Justicia en Asuntos Ambientales en América Latina y el Caribe, se establece que cada parte deberá garantizar que los sistemas de información ambiental se encuentren debidamente organizados, sean accesibles para todas las personas y estén disponibles de forma progresiva por medios informáticos y georreferenciados, cuando corresponda, en ese sentido, se deben tomar medidas para establecer un registro de emisiones y transferencia de contaminantes al aire, agua, suelo y subsuelo, y de materiales y residuos bajo su jurisdicción, el cual se establecerá progresivamente y se actualizará periódicamente (CEPAL, 2018).

Panorama sobre las emisiones de CO₂ en Colombia

En Colombia el sector transporte emite el 25% de gases efecto invernadero y es responsable por el 80% de las emisiones de material particulado, que genera graves efectos sobre la salud de la ciudadanía (PNUMA, Programa de Naciones Unidas

para el Medio Ambiente, 2020); según cifras de la Organización Mundial de la Salud, una de cada ocho muertes ocurridas a nivel mundial, es ocasionada por la contaminación del aire; en Colombia, los sistemas de vigilancia de la calidad del aire del IDEAM han evidenciado que el problema de contaminación del aire está asociado principalmente a partículas (PM₁₀ y PM_{2.5}), cuya emisión se atribuye prioritariamente a vehículos diésel.

Adicionalmente en Colombia de acuerdo al último y más actualizado inventario de emisiones de GEI (Gases Efecto Invernadero) realizado en el 2012, se reporta que el sector de transporte es uno de los que más genera contaminación por la emisión de gases efecto invernadero, según las últimas cifras de emisión de CO₂ del (IDEAM, PNUD , 2012) en 2012 el país generó 178.258 millones de toneladas de CO₂, de las cuales 44% las produjo el sector de la energía (77.784,2 millones). Con ello, el transporte representó 38,3% de las emisiones: el terrestre (automóviles, camiones, autobuses, motocicletas) significó 32,5%, es decir, 29.791,2 millones de toneladas; y la aviación, ferrocarriles y navegación, el 5,7% restante. En ese sentido los gobiernos encuentran en el transporte un nicho fundamental de mejoramiento y control de las emisiones de gases contaminantes.

Movilidad eléctrica en Colombia

Los vehículos eléctricos surgen como una alternativa para reducir el impacto sobre el ambiente, un motor eléctrico puede ser hasta seis veces más eficiente energéticamente que un motor a combustión (ENEL CODENSA , 2019), en Colombia según informes de la asociación Nacional de Movilidad Sostenible (ANDEMOS) en febrero 2021 se vendieron 213% más de vehículos híbridos y eléctricos que en febrero de 2020, logrando así alcanzar un total de 14,789 vehículos híbridos y eléctricos circulando por el país; para ese mismo mes, las cinco ciudades y sus áreas metropolitanas con mayor número de vehículos eléctricos e híbridos matriculados fueron Bogotá, D.C., Medellín, Cali, Cúcuta y Funza con

participaciones de mercado del 50,0%, 27,5%, 3,3%, 3,2% y 2,2% respectivamente, que en conjunto representaron el 86,1% del mercado nacional (ANDI, 2021).

1.2 Planteamiento del Problema

La Unidad Estratégica del Negocio de Energía de EMCALI cuenta con un parque automotor de 98 vehículos de combustión interna, el 44% corresponde a vehículos con cilindraje menor a 1.600 cc y el 56% restante corresponde a vehículos con cilindraje entre a 2.400 cc y 3.500 cc como se detalla en la Tabla 3.

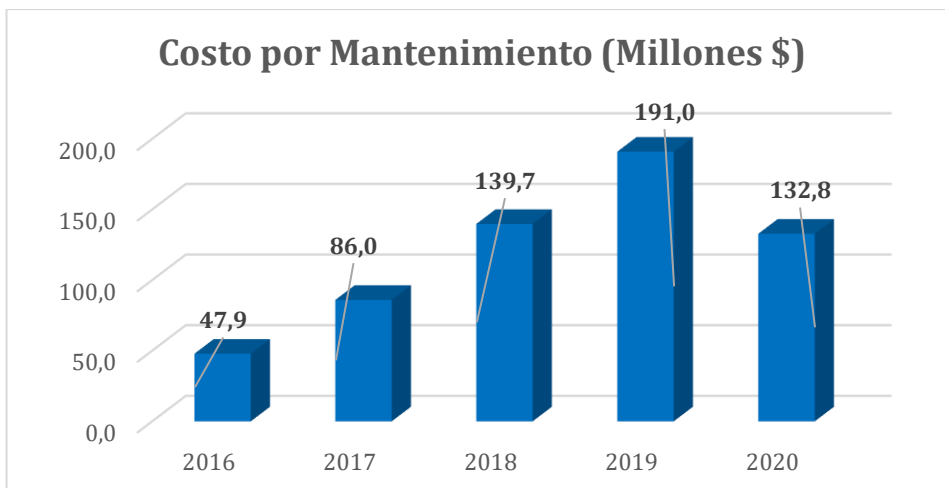
Tabla 3. Parque automotor UENE EMCALI

Cilindraje	Cantidad	Participación
Menor o igual a 1,600 cc	43	44%
Mayor a 1,600 cc	55	56%
Total	98	

Fuente: Elaboración propia

Del total de este parque automotor la cantidad de vehículos tipo campero o “liviano” con cilindraje menor a 1.600 cc y antigüedad mayo a 10 años son treinta y ocho (38) los cuales generaron en el año 2019 un costo por mantenimiento de \$191 millones (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), un costo por combustible de \$97,4 millones, un gasto por seguro obligatorio SOAT de \$26 millones y por revisión tecno- mecánica \$8,2 millones;

Gráfico 1. Costos por mantenimiento



Fuente: Elaboración propia

La utilización de este parque de vehículos de combustión interna (VCI) impactó negativamente en la contaminación acústica y ambiental en los sitios donde operan: Cali, Yumbo y Puerto Tejada generando 87,8 toneladas de CO_{2e}. Además, el compromiso adquirido por EMCALI dentro del Plan de Desarrollo del Distrito de Santiago de Cali 2020-2023 es brindar un servicio que apunte a la reducción de la huella ecológica de Santiago de Cali, (Dimensión 3, línea estratégica: mitigación del cambio climático (302), programa reducción de la huella ecológica de Santiago de Cali (302004)). En el Plan de Desarrollo del Distrito Especial Deportivo, Cultural, Empresarial y de Servicios de Santiago de Cali 2020-2023 (Acuerdo N°.0477 de 2020), EMCALI se comprometió con una meta al 2023 de contar con veinte (20) vehículos eléctricos en funcionamiento.

Adicionalmente, dentro de los principios rectores del plan Estratégico de EMCALI 2019-2023 se establece a EMCALI como una empresa sustentable cuyo modelo empresarial sea amigable con el ambiente, promoviendo proyectos de movilidad eléctrica, sin embargo, a la fecha EMCALI no cuenta con un plan que conduzca a la consecución de esta meta asociada a su plan estratégico.

Por lo anterior, se pretende realizar una evaluación técnica, económica y ambiental que permita la adquisición de vehículos eléctricos para reponer la flota actual de VCI

que compone la UENE y así disminuir el impacto de la huella de carbono que generan los de combustibles fósil y los gastos de mantenimiento actuales.

1.3 Objetivo General

Realizar la evaluación técnica, económica y ambiental para la adquisición de vehículos eléctricos en la Unidad Estratégica del negocio de energía de EMCALI.

1.4 Objetivos Específicos

- 1) Realizar un análisis técnico respecto a los vehículos actuales, ambiental con relación a las emisiones de CO₂ y económico respecto al costo del mantenimiento de los vehículos de combustión interna que se utilizan en la Unidad Estratégica del Negocio de Energía de EMCALI.
- 2) Definir los criterios técnicos, ambientales (disposición final de baterías) y económicos para la adquisición de camperos eléctricos en la Unidad Estratégica del Negocio de Energía de EMCALI.
- 3) Validar el proyecto formulado a través del juicio de expertos de EMCALI.

1.5 Organización del Documento

El presente trabajo contiene seis capítulos desarrollados de la siguiente manera: en el capítulo 2 se presenta el marco de referencia de trabajos relacionados con proyectos de reposición de vehículos de combustión interna por vehículos eléctricos y su impacto ambiental y económico. El capítulo 3, hace referencia a la metodología utilizada para el logro de los objetivos específicos en las etapas de análisis, diseño y validación del proyecto. En el capítulo 4 se presenta la propuesta desarrollada posteriormente, en los capítulos 5 y 6 se presentan los resultados del proyecto y validación de la propuesta para finalmente presentar las conclusiones y sugerencias de trabajos futuros.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1 Estudios y trabajos relacionados

La Tabla 4 presenta los trabajos relacionados con el proyecto a desarrollar:

Tabla 4. Trabajos relacionados

Titulo/autor y año	Estudio
Estudio de factibilidad para el cambio del uso de vehículos de combustible por vehículos eléctricos en la compañía IPS Servicios de Salud Suramericana S.A. (Salazar, 2020)	Se utilizó la Metodología de evaluación de proyectos ONUDI (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial) y la metodología del Marco Lógico (MML). Partiendo de un análisis del panorama actual del mercado de vehículos eléctricos, análisis de mercado, técnico y de medio ambiente, normativa vigente y análisis financiero y de riesgos para el cambio de vehículos de combustible a eléctricos.
Prospective towards implementation of electric vehicles in Colombia (Gomez et al, 2020)	la investigación involucra la descripción del marco legal colombiano y la identificación de las interacciones entre el vehículo eléctrico y el mercado eléctrico; a través de las lecciones aprendidas en diferentes fuentes de información, se identificaron 12 variables entre las que están: Desplazamiento de bloques de energía eléctrica, Incremento incontrolado de la generación fotovoltaica, precio de la energía eléctrica, entre otras que permiten definir lineamientos estratégicos para el fortalecimiento del mercado de vehículos eléctricos.
Escenarios para el cambio de vehículos con motor de combustión interna a vehículos eléctricos en el transporte de carga en Colombia. (Madera, 2019)	Evaluar la factibilidad económica del cambio de vehículos con motor de combustión interna a vehículos eléctricos en el transporte de carga en Colombia, utilizando como metodología una revisión bibliográfica para identificar el estado del arte relacionado con el modelamiento económico de redes de distribución con uso de VE de carga, posteriormente se pasó a una recolección de datos secundarios para tecnologías VE y VCI, evaluando aspectos técnicos, económicos y gubernamentales para posteriormente construir un modelo para evaluar económicamente el costo de utilización de ambas tecnologías, en el modelo se evalúa se compara el valor presente neto del costo logístico de distribución (CLD) de un VE versus el valor presente neto del CLD de un VCI durante un periodo de evaluación del proyecto.
Eficiencia y sustitución energética en el sector transporte (Amézquita, 2017)	Evaluar el alcance de la sustitución de los combustibles fósiles líquidos en Colombia, que son la principal fuente de energía del sector del transporte, por energéticos más eficientes y menos contaminantes como la electricidad y el gas natural, con el fin de disminuir la contaminación, aumentar la eficiencia y generar un aumento en la demanda de electricidad, que permita la participación de energías renovables en la canasta de generación, como herramienta principal se utilizó el MEEAVE Modelo de evaluación económica y ambiental de vehículos eléctricos bajo dos escenarios: 1. Participación de electricidad en el transporte 2. Inclusión del GVN en la canasta de transporte

Plan prospectivo estratégico de movilidad eléctrica para el negocio de distribución de energía de la EPSA al año 2021 (Moreno & Trujillo, 2014)	Identificar un plan estratégico prospectivo de movilidad eléctrica para la EPSA como visión hacia 2021 utilizando una metodología de planeación estratégica bajo un estudio cualitativo. Analiza el entorno primario de la empresa, después el sector eléctrico abarcando toda la cadena de valor y a su vez realizando un análisis a través de las 5 fuerzas de Porter.
Modelo de masificación de vehículos eléctricos en Bogotá D.C. (Morales, 2014)	Se realiza un análisis del panorama del parque automotor de la ciudad, el porcentaje de vehículos eléctricos que lo componen y las barreras de entrada de los vehículos eléctricos, el modelo de masificación se basa en una dinámica de sistemas para determinar la mejor tecnología a utilizar, El modelo está dividido en tres etapas, una etapa de entrada con las características técnica y económica para cada tecnología y el crecimiento del parque automotor (automóviles) de la ciudad de Bogotá. Una segunda etapa, con el modelo de masificación propuesto y una tercera con la salida, donde se obtiene la proyección de EVs para cada tecnología en un periodo de 20 años
Proyecto para la reposición del 10% de los vehículos afiliados a Masivo Capital SAS (Dueñas , Rodriguez, Moreno, & Rodriguez, 2012)	A través de estudios técnicos, financiero, riesgos, mercado de sostenibilidad siguiendo la guía de trabajo de PMBOOK se realiza una propuesta de valor para la reposición del 10% de vehículos de Masivo Capital

Fuente. Elaboración propia a partir de la literatura consultada

2.2 Marco Legal y Normas técnicas

2.2.1 Marco legal Institucional

En la Tabla 5 se presentan las normativas institucionales para este proyecto.

Tabla 5. Normas Institucionales

INSTITUCIONALES	
Autor/Titulo	Objetivo
Resolución Junta Directiva N°. JD 000063 de 1994 Reglamentación para el retiro del servicio del parque automotor de EMCALI	Reglamentación para el retiro del servicio y la venta de equipo o del parque automotor de propiedad de EMCALI.
NOG-E1-88-0010-GN NORMA SMART GRID EMCALI Arquitectura de Movilidad Eléctrica adoptada por EMCALI	Documento directriz que fija los requerimientos técnicos mínimos, con énfasis en las arquitecturas de comunicación e información, establecidos por EMCALI para el desarrollo de las redes inteligentes conocidas por su nombre en inglés como Smart Grids.

Fuente. Elaboración propia a partir de la literatura consultada

2.2.2 Marco legal Gubernamentales

En la Tabla 6 se detalla el marco legal nacional para este tipo de proyectos

Tabla 6. Marco Legal Gubernamental

GUBERNAMENTALES	
Nombre/ Titulo	Objetivo
Ley 2099 del 10 julio de 2021 Congreso de la Republica Transición energética, dinamización del mercado energético y reactivación económica del país.	Modernizar la legislación vigente para la transición energética, la dinamización del mercado energético a través de la utilización, desarrollo y promoción de fuentes no convencionales de energía, la reactivación económica del país y dictar normas para el fortalecimiento de los servicios públicos de energía eléctrica.
CONPES 3943 Consejo Nacional de Política Económica y Social. Política para el mejoramiento de la calidad del aire	Fomentar los procesos de desintegración de los vehículos y reemplazarlos por tecnologías de cero y bajas emisiones.
Ley 1964 de 2019 Congreso de Colombia Promoción del uso vehículos eléctricos en Colombia	Generar esquemas de promoción al uso de vehículos eléctricos y de cero emisiones, contribuir a la movilidad sostenible y a la reducción de emisiones contaminantes y gases de efecto invernadero.
Ley 1972 de 2019 Congreso de Colombia Protección a los derechos a la salud y al medio ambiente	Protección de los derechos a la salud y al medio ambiente sano estableciendo medidas tendientes a la reducción de emisiones contaminantes de fuentes.
CONPES 3934 Consejo Nacional de Política Económica y Social. Política de crecimiento verde	Propone para el año 2030 incorporar 600.000 vehículos eléctricos, disminuir la intensidad energética en 21.6% y disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en un 21%.
CONPES 3943 Consejo Nacional de Política Económica y Social. Política para el mejoramiento de la calidad del aire	Fomentar los procesos de desintegración de los vehículos y reemplazarlos por tecnologías de cero y bajas emisiones.
Resolución N°. 627 del 07 de abril de 2006 Norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental	Norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental, establece los estándares máximos permisibles de niveles de emisión de ruido expresado en decibeles.

Proyecto de Resolución Ministerio de Minas y Energía, enero de 2020	Por la cual se establecen las condiciones mínimas de estandarización y de mercado para la implementación de infraestructura de carga para vehículos eléctricos en Colombia.
Condiciones mínimas de estandarización y de mercado para la implementación de infraestructura de carga para vehículos eléctricos en Colombia.	

Fuente. Elaboración propia a partir de la literatura consultada

2.2.3 Regulación Técnica

En la Tabla 7 se detallan las principales normas técnicas que amparan este proyecto.

Tabla 7. Regulación Técnica

REGULACIÓN TÉCNICA	
Nombre/Título	Objetivo
NTC-IEC 61851-23:2021 Sistema conductor de carga para vehículos eléctricos. Parte 23	Requisitos para las estaciones de carga de vehículo eléctrico (VE) en cc., referidas también como “cargador en cc”, para conexión conductiva al vehículo eléctrico, con una tensión de entrada en c.a. o en cc. De hasta 1000 V en a.c. y hasta 1500 V en cc.
NTC IEC 61851-24 DE 2021 Vehículos sistema conductor de carga para vehículos eléctricos. Parte 24.	Vehículos sistema conductor de carga para vehículos eléctricos. Parte 24: Comunicación digital entre una estación de carga en corriente continua para vehículos eléctricos y un vehículo eléctrico, para el control de la carga en corriente continua.
NTC IEC 61851-25 DE 2021 Sistema de carga conductora para vehículos eléctricos. Parte 25: Equipos de suministro en corriente continua para VE cuando la protección depende de la separación eléctrica.	Sistema de carga conductora para vehículos eléctricos. Parte 25: Equipos de suministro en corriente continua para VE cuando la protección depende de la separación eléctrica.
NTC-IEC 62196-1:2021 Tomacorrientes, clavijas, conectores de vehículo y entradas de vehículo. Carga conductiva de vehículos	Esta parte de la NTC-IEC 62196 se aplica a las clavijas, tomacorrientes, conectores, entradas y cables de carga para vehículos eléctricos, en adelante denominados como "accesorios", destinados al uso en sistemas de carga conductiva que incorporen medios de control, con una tensión de funcionamiento nominal que no exceda de: - 690 V en c.a. a 60 Hz, con una corriente nominal no superior a 250 A.

eléctricos. Parte 1: Requisitos generales.

NTC IEC 62196-2 DE 2021

Tomacorrientes, clavijas, conectores de vehículo y entradas de vehículo. Carga conductiva de vehículos eléctricos. Parte 2: Compatibilidad dimensional y requisitos de intercambiabilidad para los accesorios de espigas y alvéolos en corriente alterna.

Esta parte de la norma NTC-IEC 62196 se aplica a las clavijas, tomacorrientes, conectores de vehículo y entradas de vehículo con espigas y alvéolos de configuraciones normalizadas, en adelante denominadas accesorios. Tienen una tensión de funcionamiento nominal no superior a 480 V en corriente alterna a 60 Hz y una corriente nominal que no excede de 63 A en trifásico o de 70 A en monofásico, para su uso la carga conductiva de vehículos eléctricos.

NTC IEC 62660-1 DE 2021

Celdas secundarias de ion litio para la propulsión de vehículos eléctricos. Parte 1: Ensayo de desempeño

Especifica los ensayos de desempeño y vida útil de las celdas secundarias de ion litio utilizadas para la propulsión de vehículos eléctricos, incluidos los vehículos eléctricos de batería (BEV) y los vehículos híbridos eléctricos (HEV).

NTC ISO 15118-2 DE 2021

Vehículos de carretera. Interfaz de comunicación entre el vehículo y la red eléctrica. Parte 2: Requisitos de red y protocolo de aplicación.

Esta parte de la NTC-ISO 15118 especifica la comunicación entre los vehículos eléctricos de batería (BEV) o los vehículos eléctricos híbridos enchufables (PHEV) y el equipo de suministro de vehículos eléctricos (EVSE). El conjunto de mensajes de la capa de aplicación definido en esta norma está diseñado para admitir la transferencia de energía de un EVSE a un VE.

NTC ISO 17409 DE 2021

Vehículos de carretera propulsados eléctricamente. Transmisión de potencia conductiva. Requisitos de seguridad

Especifica los requisitos de seguridad eléctrica de las conexiones conductivas de los vehículos de carretera propulsados eléctricamente a circuitos eléctricos externos. Los circuitos eléctricos externos incluyen fuentes de alimentación de energía eléctrica externa y cargas eléctricas externas. Este documento proporciona los requisitos de carga de los modos 2, 3 y 4 como se define en la Norma IEC 61851-1, y la transferencia de energía inversa.

NTC ISO TR 8713 DE 2021

Vehículos de carretera propulsados eléctricamente. Vocabulario

Vehículos de carretera propulsados eléctricamente. Vocabulario

Resolución Ministerio de Minas y Energía 40103 del 2021-04-07

Parámetros y requisitos de calidad del combustible diésel (ACPM), los biocombustibles para motores de encendido por compresión.

Por la cual se establecen los parámetros y requisitos de calidad del combustible diésel (ACPM), los biocombustibles para uso en motores de encendido por compresión como componentes de mezcla en procesos de combustión y de sus mezclas y, de las gasolinas básicas y gasolinas oxigenadas con etanol anhidro, combustible para uso en motores de encendido por chispa, y se adoptan otras disposiciones.

Norma Técnica Colombiana NTC 2050 del 2020 Equipo para carga de baterías (Numeral 511-8) y carga de vehículos eléctricos (Numeral 511-9)

Código Eléctrico Colombiano

RETIE Requisitos Técnicos de instalaciones eléctricas

Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE

NTC - ISO 14001:2015 Organización Internacional de Normalización Proporciona a las organizaciones un marco de referencia que proteger el medio ambiente y responder a las condiciones ambientales y socioeconómica.

Sistema de gestión ambiental

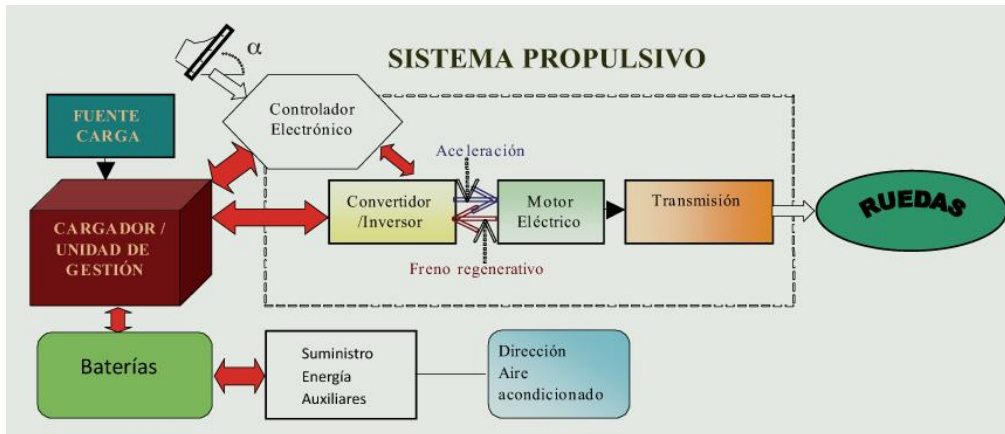
Fuente. Elaboración propia a partir de la literatura consultada

2.3 Marco Teórico

2.3.1 Vehículo eléctrico

El vehículo eléctrico EV (Por su acrónimo en inglés Electric Vehicle), se define como un automotor que obtiene su capacidad de movimiento a través de liberación de energía eléctrica almacenada, y que es transmitida a uno o varios motores eléctricos. Estos vehículos cuentan con una serie de almacenadores de energía, mediante los cuales se alimenta el motor eléctrico para generar el movimiento del vehículo, el almacenamiento más comúnmente utilizado es una batería, (Estefan & Ocampo, 2017), en la Ilustración 1 se presentan los principales componentes principales del VE.

Ilustración 1 Componentes de un vehículo eléctrico y esquema conceptual



Fuente: asociación de ingenieros del ICAI: https://revista-anales.icaei.es/web/n_21/seccion_2.html

2.3.1.1 Componentes principales de los vehículos eléctricos

En la Tabla 8 se detallan cada uno de los componentes y funcionalidad de los mismos:

Tabla 8 Componentes de un vehículo eléctrico y funciones

Concepto	Descripción	Tipo
Motor	Es uno de los componentes principales del vehículo eléctrico, su trabajo es proporcionar la potencia necesaria para hacer rotar las ruedas, estos pueden ser de corriente alterna o corriente continua.	<ul style="list-style-type: none"> Asincrónico o de inducción (la más común en vehículos eléctricos) Sincrónico de imanes permanentes. síncrono de reluctancia conmutada o variable Ver detalles de cada uno en el anexo 2.
Batería	Almacenar electricidad suministrada por la red eléctrica a través del cargador de baterías, suministrando al motor de tracción la potencia y energía necesarias para el correcto movimiento del vehículo, además de ayudar a mantener la estabilidad del vehículo.	<ul style="list-style-type: none"> Batería de litio (la más común en vehículos eléctricos) Batería de Plomo-ácido (Pb-ácido) Batería de Nickel-cadmio (NiCd) Batería de Nickel-hidruro metálico (NiMh) Batería de Ion-Litio (LiCoO₂) Batería de Ion-Litio con cátodo de LiFeP₀₄ Batería de Polímero de Litio (LiPo) Ver detalles de cada una en el anexo 2.
Gestor de carga de baterías (BMS)	Su función es proteger las baterías de litio debido a los peligros de sobrecarga o cortocircuito. El objetivo del BMS es asegurar el buen funcionamiento de la batería.	

<p>Cargador</p>	<p>Todos los vehículos eléctricos llevan incorporado en su interior un cargador cuya misión es convertir la corriente alterna de la red eléctrica en corriente continua para poder almacenarla en las baterías. El principio en que se basan este cargador es el de la rectificación por medio de componentes electrónicos (diodos, transistores, etc.)</p>	<p>Existen diferentes modos de carga dependiendo del vehículo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El BEV se conecta a la red de AC de Baja Tensión a través de un tomacorriente estándar. Carga en AC de tipo lenta. Corriente máxima: 16 A por fase (3,7 – 11 kW). • El BEV se conecta a la red de AC de Baja Tensión a través de un tomacorriente estándar. Carga en AC de tipo lenta. Corriente máxima: 32 A por fase (7,4 – 22 kW) • Conexión directa del VE a la red de alimentación de AC usando un SAVE (sistema de alimentación específico del vehículo eléctrico). • Conexión DC. El BEV se conecta a la red principal de AC de Baja Tensión a través de un cargador externo que realiza la conversión AC/DC en la instalación fija.
<p>Conector</p>	<p>EL conector se usa en función del modo de carga con el que son compatibles y va incluido en el cable que facilita el fabricante del vehículo eléctrico.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Schuko • SAE J1772 (Type 1) • Mennekes (Type 2) • GB/T • Combo (CCS 1 o CCS 2) • CHAdeMO • TESLA • Combo (CCS 1 o CCS 2) • CHAdeMO • Tesla Supercharger <p>Ver detalles de cada uno en el anexo 3</p>
<p>Sistema de Protección de Cargadores de VE</p>	<p>Encargada de garantizar la seguridad y la adecuada actividad de la red eléctrica, el sistema de protección incluye: un interruptor automático con Curva C, un diferencial superinmunizado Tipo A y un protector contra sobretensiones permanentes y transitorias</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Interruptor automático: interruptor magnetotérmico, es el encargado de proteger la instalación eléctrica. • Diferencial superinmunizado: El diferencial superinmunizado cuenta con filtros de altas frecuencias que permiten detectar si se ha producido una derivación de corriente a tierra o si se trata de un falso positivo producido. • Protector contra sobretensiones permanentes y transitorias: Este protector contra sobretensiones ofrece una protección combinada ante sobretensiones permanentes y transitorias, las permanentes se encargan de proteger frente a aumentos de tensión producidos en un tiempo indeterminado. Por otro, las transitorias protegen la instalación frente a aumentos de tensión en un periodo de tiempo que puede ser de microsegundos.

Fuente: Adaptado del Ebook Vehículo Eléctrico

2.3.1.2 Esquema conceptual y criterios elaboración del diseño del sistema eléctrico de carga de VE

En la Tabla 9 se presenta la lista de chequeo para la elaboración del diseño de un sistema de estación de carga de vehículos eléctricos (VE).

Tabla 9 Lista de chequeo criterio elaboración diseño sistema eléctrico carga VE

Criterio diseño	Cumple:	No Cumple:
Ubicación física de los parqueaderos de los vehículos. Levantamiento de infraestructura eléctrica en el parqueadero: redes eléctricas de media y baja tensión, transformadores, acometidas, tablero general de acometida, generador o planta eléctrica, tablero de transferencia.		
Requerimientos técnicos de la nueva infraestructura eléctrica de cargadores de vehículos eléctricos: Potencia demandada por los cargadores, nivel de tensión, esquema de respaldo del circuito principal, sistema de medición de energía. Dimensionamiento de los equipos de acuerdo con las normas técnicas: Dimensionamiento del transformador, cables de media y baja tensión, tablero general de acometidas, interruptores, protecciones.		
Modela el sistema de estaciones de carga en el software ETAP y se realizan diferentes simulaciones, se corre el flujo de carga y cortocircuito y se validan que el dimensionamiento este correctamente seleccionado.		

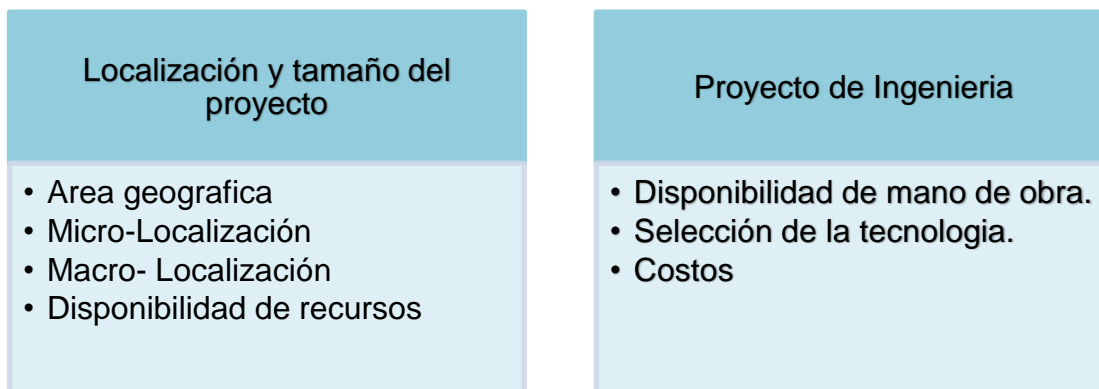
Fuente: Elaboración propia

2.3.2 Teoría de la Evaluación Técnica

En la evaluación técnica de proyectos se identifican tres componentes fundamentales como son: Localización, tamaño e ingeniería (Panesso Franco & Lozano Carrero, 2021) Ilustración 2. Adicionalmente, con la evaluación técnica se determinarán los requerimientos de equipos del proyecto, el monto de la inversión correspondiente, las características y especificaciones técnicas del proyecto la que a su vez permitirá hacer una dimensión de las necesidades de espacio físico. La

decisión del tamaño del proyecto es fundamental para la determinación de las inversiones y los costos que se derivan del estudio técnico (Panesso Franco & Lozano Carrero, 2021) (Salcedo Prieto & Ramírez Ramírez, 2021) y(Castaño & Echeverry, 2021).

Ilustración 2 Evaluación técnica del proyecto



Fuente: Elaboración propia

2.3.2.1 Proyecto de ingeniería

La aplicación del proyecto de ingeniería es tratar de resolver todo lo concerniente a la instalación y el funcionamiento de los equipos según (Bacca, 2013). En la Tabla 10 se detallan las variables y elementos que constituyen el proyecto de ingeniería.

Tabla 10 Variables para determinar el proyecto de ingeniería.

Variable	Descripción
Selección de la tecnología	El estudio de selección de tecnología se compone de tres etapas: Recopilación de información básica para definir el marco en el que se seleccionarán las opciones tecnológicas disponibles. Determinación de las características específicas de la tecnología. Valorización de los elementos de costos atribuibles a cada una de las alternativas seleccionadas.
Selección de maquinaria y equipos	Su selección se debe hacer teniendo en cuenta aspectos como: Características técnicas: acondicionamiento, accionamiento, capacidad, velocidad, operación, simultaneidad, confiabilidad, modularidad y rasgos espaciales. Costos: adquisición, personal, materiales, instalación, extensión y operación. Atención de proveedores: mantenimiento, demostración, pruebas, entrega y garantía Comportamiento: vida útil, carga de trabajo, capacidad instalada y requisitos especiales

Efectos económicos de la ingeniería	La cantidad y calidad de la maquinaria, equipos, herramientas, mobiliario de planta, vehículos y otras inversiones se caracterizarán normalmente por el proceso de producción que se ha elegido.
Control de calidad	Se debe probar la necesidad de mejoramiento, organizar para la conducción de los proyectos, organizar para el diagnóstico o descubrimiento de las causas, diagnosticar las causas, proveer las soluciones, probar que la solución es efectiva bajo condiciones de operación y proveer un sistema de control para mantener lo ganado.
Cronograma de actividades	Una forma sencilla de representarlo en un plano bidimensional, consiste en un gráfico de barras horizontales, donde cada fila representa una actividad y cada columna una unidad de tiempo. Existen diversas técnicas que pueden ser aplicadas en precisar el tiempo mínimo requerido para realizar las actividades inherentes a la ejecución física del proyecto, entre ellas las más usada es la del PERT-CPM
Identificación y selección de procesos	Esta descripción en lo posible debe estar complementada con diseños, gráficos, diagramas de flujo y todo aquello que permita un mejor conocimiento de la opción técnica seleccionada.

Fuente. (Panesso Franco & Lozano Carrero, 2021)

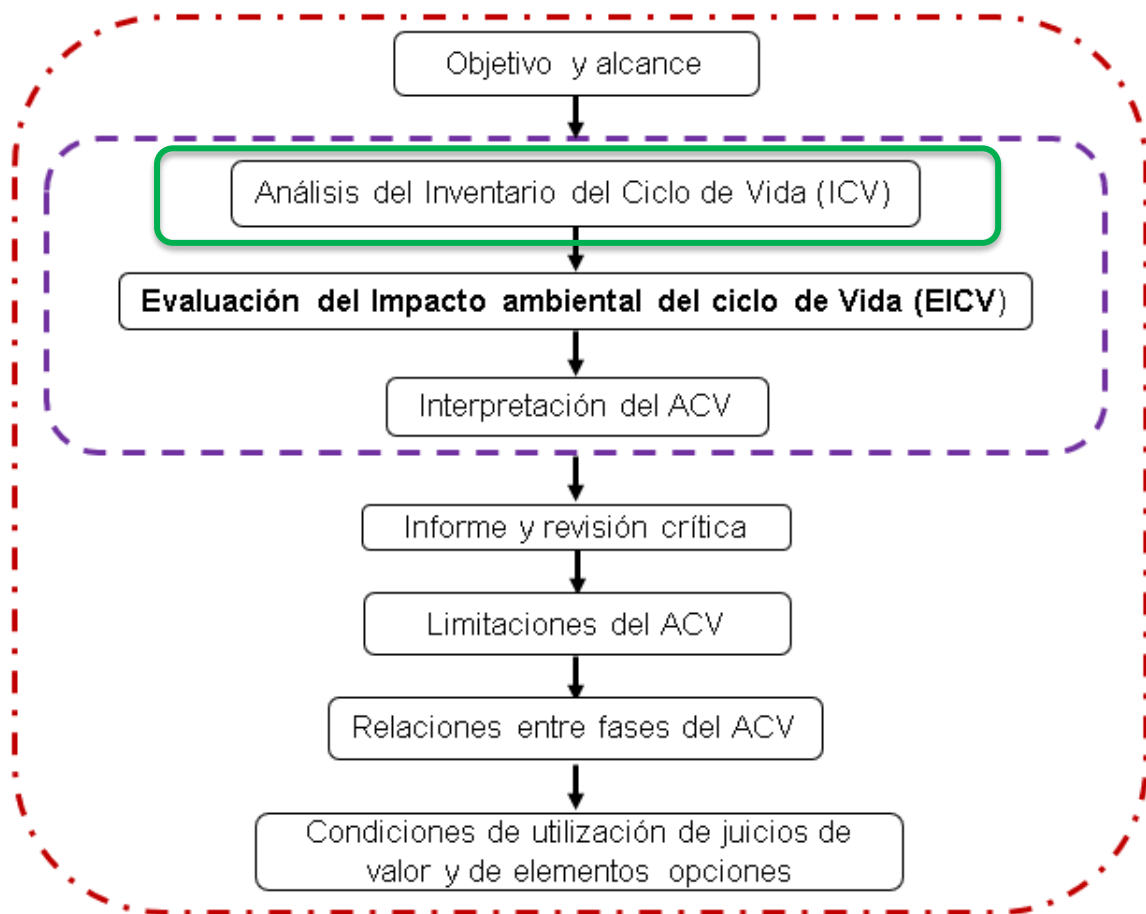
2.3.3 Teoría de la Evaluación Ambiental

El análisis del ciclo de vida (ACV) o Life Cycle Assessment, LCA, por sus siglas en inglés, es una técnica que cuantifica el consumo de energía, las emisiones y los impactos ambientales de un sistema o producto durante las etapas de su ciclo de vida, es decir, desde que nace hasta que muere, considerando también la extracción de materiales, transporte, manufactura, instalación y disposición con base en el reciclaje (Granada Aguirre, Álvarez Castro, & Afanador Rodríguez, 2018).

La norma que describe los principios, estructura y marco de referencia de una evaluación del ciclo de vida es la norma ISO (International Organization for Standardization) 14040:2009. La norma que especifica los requisitos y directrices para realizar la evaluación del ciclo de vida es la norma ISO 14044:2009. Ambas normas incluyen los estudios de Análisis de Ciclo de vida (ACV) y los estudios de Inventario del ciclo de Vida (ICV).

De acuerdo con la norma ISO 14040:2009 en la Ilustración 3 se describe el marco de referencia para el ACV (Granada Aguirre, Álvarez Castro, & Afanador Rodríguez, 2018) Ilustración 3.

Ilustración 3 Marco de referencia del análisis del ciclo de vida



Fuente: (Granada Aguirre, Álvarez Castro, & Afanador Rodríguez, 2018)

La ISO 14040:2009 establece que las fases del ACV son cuatro:

- ✓ Definición del objeto y alcance
- ✓ Análisis del inventario
- ✓ Evaluación del impacto
- ✓ Interpretación de los resultados

2.3.3.1 Análisis del Inventario del ciclo de Vida (ICV)

En esta fase se recopilan los datos y los procedimientos de cálculo para cuantificar las entradas y salidas pertinentes de un sistema de producto, mediante un proceso iterativo; esto significa que, a medida que se recolectan los datos, se puede presentar nuevos requisitos o limitaciones que puede generar cambios en los

procedimientos de recolección de los datos (ISO 14040:2009). En la Tabla 11 se presenta las etapas para realizar la fase ICV y la descripción en cada una de ellas.

Tabla 11. Etapas a realizar para el análisis del inventario del Ciclo de Vida (ICV)

Análisis del Inventario del ciclo de Vida (ICV)
Recopilación de datos
Cálculos utilizando los datos
Asignación de flujos
Asignación

Fuente: (Granada Aguirre, Álvarez Castro, & Afanador Rodríguez, 2018)

2.3.3.2 Inventario de emisiones de CO₂

El inventario de emisiones de CO₂ se puede realizar a través de diferentes metodologías de análisis, las cuales emplean la correlación emisiones y diferentes parámetros que inciden en la misma, en la Tabla 12 se describen los modelos más utilizados.

Tabla 12. Software para el inventario de emisiones de CO₂

Software	Ventajas	Desventajas
Mobile 6	<ul style="list-style-type: none"> Realiza el cálculo de factores de emisión para vehículos especializados como los de gas natural. La versión más reciente MOBILE6.2, es la primera que tiene capacidad para estimar las emisiones de material articulado y de tóxicos de fuentes vehiculares. 	<ul style="list-style-type: none"> Solo es posible estimar factores de emisión. Fue desarrollado para atender principalmente las características tecnológicas y flota de los Estados Unidos o países donde predomina vehículos con tecnología norteamericana. Está próximo a ser reemplazado por la nueva versión de Moves.
Motor vehicle emission simulator (MOVES)	<ul style="list-style-type: none"> Estima de manera directa los inventarios de emisiones de fuentes vehiculares con diferentes niveles de resolución espacial y temporal. 	<ul style="list-style-type: none"> Fue desarrollado para atender principalmente las características tecnológicas y flota de los Estados Unidos.

- Usa una gran categoría vehicular como: vehículos de pasajeros, camiones de pasajeros ligeros, camiones comerciales, camión recolector de basura, camión de trayecto corto, camión de trayecto largo, autobuses intermunicipales, urbanos, entre otros.
- La modelo está el proceso de reestructuración para abarcar más funciones y estimaciones.
- La versión disponible al público MOVES2004 estima únicamente emisiones de gases de efecto invernadero y el análisis del ciclo de vida del combustible

International Vehicle emissions model (IVE)

- El concepto de desarrollo del modelo IVE fue el de proveer a países en vías de desarrollo de una herramienta de estimación rápida, de fácil uso y adaptable para realizar el inventario de emisiones de vehículos en circulación.
- Estima de manera directa los inventarios de emisiones de fuentes vehiculares con diferentes niveles de resolución espacial y temporal.
- Se encuentra disponible en varios idiomas: inglés, español, francés y ruso.
- Es posible estimar las emisiones de diferentes mezclas de tecnologías vehiculares.
- No calcula factores de emisión.

Computer programme to calculate emissions from road transport (COPERT)

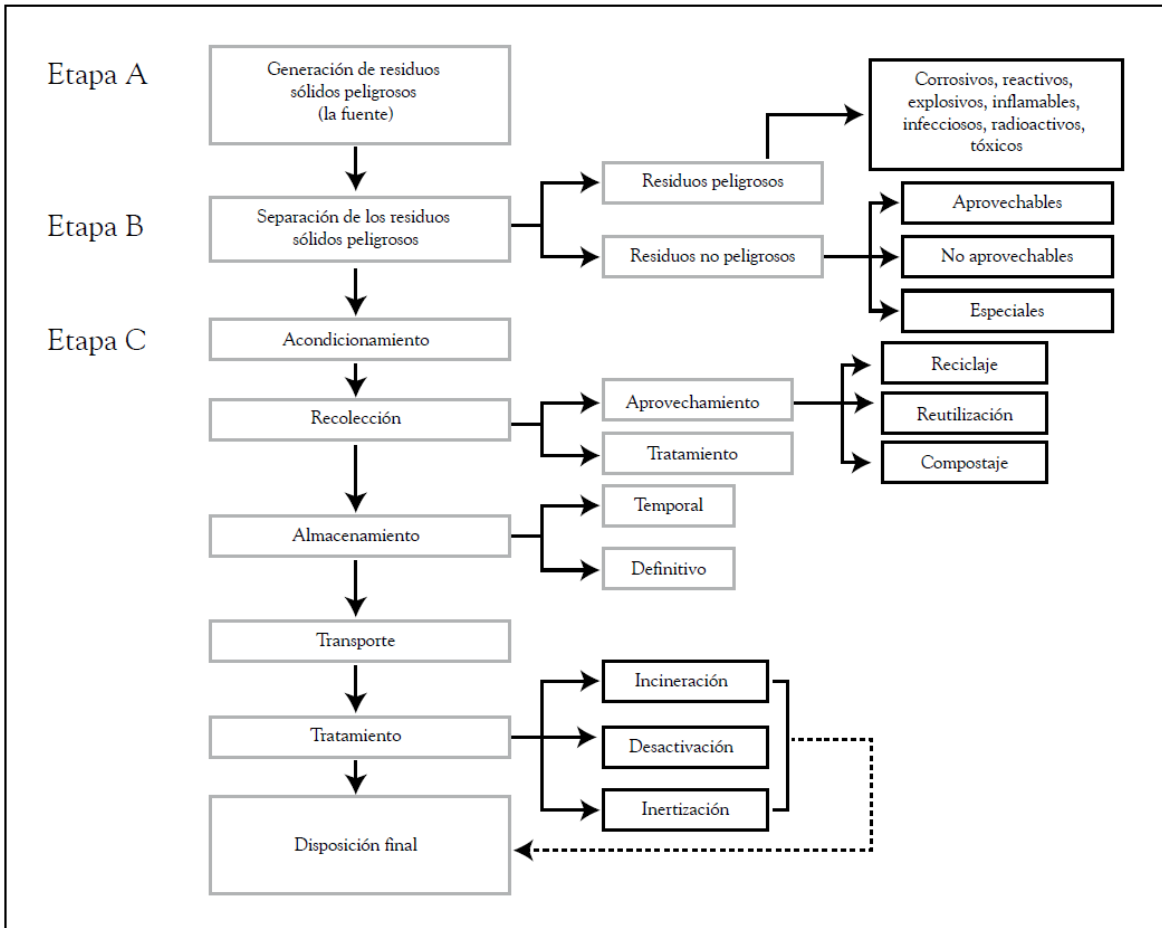
- Estima de manera directa los inventarios de emisiones de fuentes vehiculares con diferentes niveles de resolución espacial y temporal.
- Calcula las emisiones provenientes tanto de vehículos en circulación como de vehículos fuera de camino (equipos con motores de combustión interna empleados en agricultura, silvicultura, residencial, industria, barcos y ferrocarriles)
- Considera la tecnología y los estándares de emisión vigentes en la Unión Europea.
- fue diseñado específicamente para estimar emisiones de vehículos fabricados de acuerdo con la legislación europea.

Fuente: Elaboración propia a partir de información de Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, Modelos empleados en la elaboración de inventarios de emisiones vehiculares 2018

2.3.3.3 Disposición final de baterías

En el caso de los vehículos eléctricos, el agente más contaminante son las baterías, por lo que resulta importante entrar en detalle sobre cuál va ser la disposición final de las mismas, para lo cual se debe tener en cuenta la gestión de residuos sólidos peligrosos que se detalla en el Ilustración 4 Ilustración 4:

Ilustración 4. Gestión de residuos sólidos peligrosos



Fuente: (Granada, Vallejo, Moreno , & Toro, 2015) Libro modelo de gestión integral para el manejo de residuos sólidos peligrosos

Etapa A

Generación de los residuos: La fuente de esos residuos son los vehículos eléctricos cuya batería cumpla con su vida útil.

Etapa B

Separación de los residuos sólidos peligrosos: el proceso de separación de la fuente se realiza en el puesto de trabajo e inicia cuando el personal se dispone a retirar las baterías de los vehículos en alguno de los talleres autorizados.

Etapa C

Acondicionamiento de las baterías: El acondicionamiento se realizará con base en el proceso de etiquetado.

Etiquetado: la norma técnica colombiana NTC1692 establece las características de las etiquetas, Todos los contenedores que contengan residuos sólidos peligrosos estarán etiquetados de forma clara, legible, en tinta imborrable borre y bien fijada en el contenedor. Las etiquetas contendrán el nombre del residuo con el código del residuo sólido peligroso (RSP), el taller generador y las fechas de generación y almacenamiento temporal.

Recolección de las baterías: a cargo de los empleados de la empresa, corresponde al traslado de los residuos sólidos peligrosos desde el punto de generación hasta el lugar de almacenamiento temporal estipulado por la empresa.

Almacenamiento de las baterías: la empresa debe destinar unas bodegas para el almacenamiento de las mismas que deben cumplir con el Decreto 1609 de 2002 del Ministerio de Transporte y las Guías Ambientales de Almacenamiento y Transporte por Carretera de Sustancias Químicas Peligrosas, del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, que suministran las instrucciones para el manejo seguro y ambientalmente responsable durante las actividades de almacenamiento y transporte de los residuos peligrosos.

Transporte, Tratamiento y disposición final: La recolección, el transporte, el tratamiento y la disposición final de los residuos sólidos peligrosos se realizarán de acuerdo a la normativa vigente para esta función estipulada en el Decreto 1609 del 31 de julio de 2002 por el cual se reglamenta el manejo y transporte terrestre de mercancía peligrosa por carretera.

2.3.4 Evaluación económica

La evaluación económica y financiera constituye la parte final de toda una secuencia de análisis de factibilidad en los proyectos de inversión, en la cual, una vez concentrada toda la información generada en los capítulos anteriores, en esta fase se determina el valor presente neto VPN, la Tasa Interna de retorno TIR y la relación beneficio/costo, Gracias a la TIR se puede realizar un óptimo planeamiento

financiero, ya que mide la viabilidad del proyecto a realizar y evita así los riesgos económicos que se puedan generar. Transforma el retorno de inversión de la compañía en un porcentaje para luego ser comparado con porcentajes de una inversión de bajo riesgo (Panesso Franco & Lozano Carrero, 2021).

La propuesta del autor (Urbina, Evaluación de proyectos Sexta edición, 2010) para conocer la TIR, se evidencia en la siguiente ecuación:

$$P = -\frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \frac{FNE_3}{(1+i)^3} + \frac{FNE_4}{(1+i)^4} + \frac{FNE_5 + VS}{(1+i)^5}$$

- FNE: Flujo Netos de Efectivo.
- VS: Valor de Salvamiento.
- i: En este caso i se deja como incognito.

El Valor Presente Neto (VPN) es la diferencia entre el valor de mercado de una inversión y su costo. Esencialmente, el VPN mide cuánto valor es creado o adicionado por llevar a cabo cierta inversión. Sólo los proyectos de inversión con un VPN positivo deben de ser considerados para invertir.

El VPN (Valor presente neto), es el método más conocido y generalmente cuenta con mayor aceptación por parte de los evaluadores de proyectos. Mide el excedente resultante después de obtener la rentabilidad deseada o exigida y después de recuperar toda la inversión. Para ello, calcula el valor actual de todos los flujos futuros de caja, proyectado a partir del primer periodo de operación y le resta la inversión total expresada en el momento cero (Sapag & Sapag, 2008)

La siguiente ecuación es usada para calcular el VPN en un periodo de 5 años (Urbina, Evaluación de proyectos Sexta edición, 2010):

$$VPN = -P + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \frac{FNE_3}{(1+i)^3} + \frac{FNE_4}{(1+i)^4} + \frac{FNE_5 + VS}{(1+i)^5}$$

- VPN: Valor Presente Neto.
- P: Inversión inicial (Presente).
- FNE: Flujo Netos de Efectivo.
- i: Tasa de ganancia.
- VS: Valor de Salvamiento.

La relación costo beneficio toma los ingresos y egresos presentes netos del estado de resultado, para determinar cuáles son los beneficios por cada peso que se sacrifica en el proyecto.

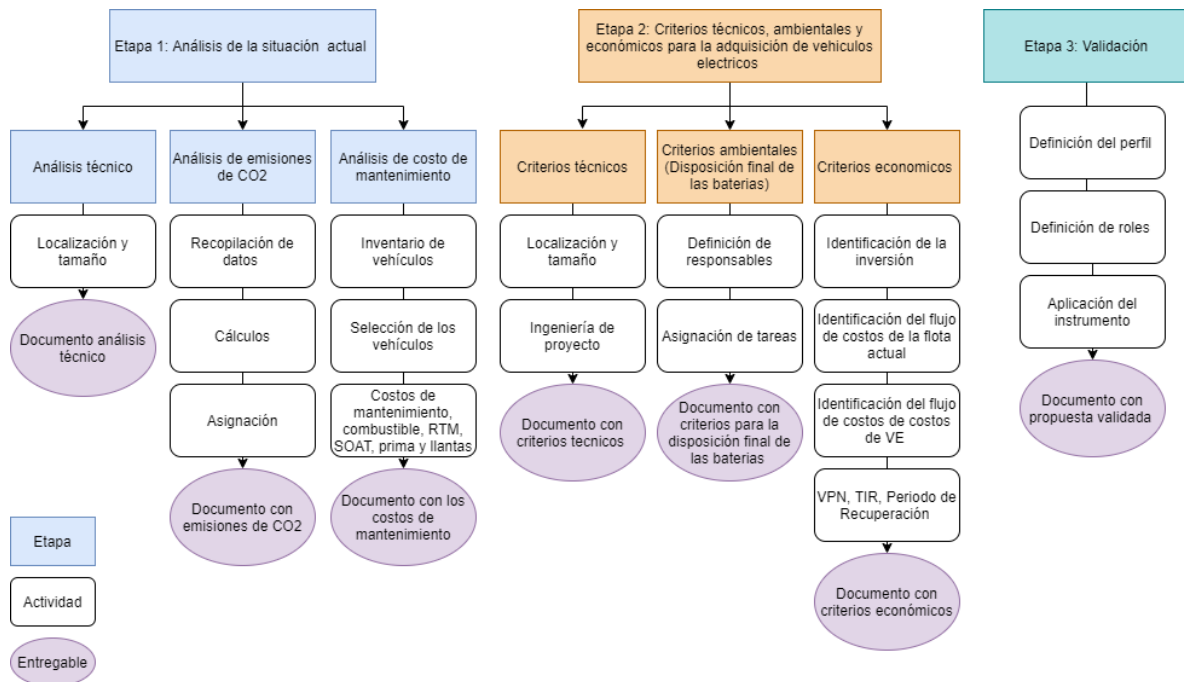
Importante aclarar que en la relación B/C se debe tomar los precios sombra o precios de cuenta en lugar de los precios de mercado. Estos últimos no expresan necesariamente las oportunidades socio-económicas de toda la colectividad que se favorece con el proyecto, de ahí su revisión, o mejor, su conversión a precios sombra.

Si el resultado es mayor que 1, significa que los ingresos netos son superiores a los egresos netos. En otras palabras, los beneficios (ingresos) son mayores a los sacrificios (egresos) y, en consecuencia, el proyecto generará riqueza a una comunidad. Si el proyecto genera riqueza con seguridad traerá consigo un beneficio social.

3. METODOLOGÍA

En la Ilustración 5 se presentan los pasos de la metodología que se utilizará para la elaboración de este proyecto.

Ilustración 5 Metodología



Fuente: Elaboración propia

3.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Las actividades que se definieron para el análisis de la situación actual son:

3.1.1 Análisis técnico

Este análisis se realizó en una fase donde se ejecutaron las siguientes actividades: Se identificó la localización y el tamaño del parque automotor de la UENE de EMCALI compuesta por vehículos de combustión interna (VCI), en el cual se realizó un trabajo en campo en las Unidades de Mantenimiento, Operación y Proyectos, se realizó un inventario con las áreas disponibles para los parqueaderos y los espacios para la movilidad y operación dentro de las plantas de la UENE, los datos de campo se registraron en una tabla en Excel, registro fotográfico y en un plano digital en AutoCAD. En este análisis se identificaron todas las instalaciones (parqueaderos) utilizados para estacionar la totalidad de vehículos de la UENE, posteriormente se realizó el diagnóstico de localización y tamaño de los parqueaderos donde se estacionan exclusivamente los treinta y ocho (38) vehículos a los cuales se les

realizará el análisis de actualización tecnológica o reposición, donde se identificó parqueaderos asignados, ubicaciones, capacidad y área en m² , así como la infraestructura eléctrica instalada en de cada uno, los registros de esta infraestructura se realizaron mediante una tabla en Excel y registros fotográficos, adicionalmente se detallaron aspectos como: lugar para el mantenimiento y tanqueo de los vehículos.

3.1.2 Emisiones de CO₂

Este análisis se realizó en tres fases, en la primera, se hizo la recolección de los datos necesarios para en el cálculo de las emisiones, estos datos se tomaron de la base de datos del Área de Gestión Mantenimiento Parque Automotor de EMCALI, posteriormente en la segunda fase, se recolectaron los datos en una tabla en Excel y se realizaron los cálculos de las toneladas de CO₂ producidas por el parque automotor, finalmente, en la tercera fase se realizó una asignación de ese valor y un diagnóstico del mismo.

3.1.3 Costos de Mantenimiento

Este análisis se realizó en tres fases. La primera, identificó el inventario de vehículos actuales que componen la UENE, posteriormente en la segunda fase se establecieron los criterios para la selección de vehículos a los cuales se les va realizar el análisis de reposición, estos vehículos debían cumplir con las siguientes características:

- Cilindraje del motor menor a 16.000 cc
- Antigüedad superior a 10 años con fecha de fabricación 2008 y 2011
- Kilometraje recorrido priorizando aquellos con un kilometraje mayor a 100,000.

En la tercera fase se calcularon los costos relacionados con mantenimiento, Revisión Técnico Mecánica (RTM), SOAT, llantas, primas y consumo de gasolina

de la flota que cumple con las características anteriores, a partir de los registros en tablas en Excel obtenidos de la base de datos de del Área de Gestión Mantenimiento Parque Automotor EMCALI, se filtraron por año y por vehículo los campos objeto de análisis y se sumaron los valores mensuales con el fin de establecer los costos totales que implica el sostenimiento de la flota.

3.2 CRITERIOS TÉCNICOS, AMBIENTALES Y ECONÓMICOS PARA LA ADQUISICIÓN DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

3.2.1 Criterios técnicos

Este análisis se realizó en dos fases, en la primera se identificó la localización y tamaño de los parqueaderos donde se van a ubicar los nuevos vehículos eléctricos. Posteriormente en la fase dos se establece el proyecto de ingeniería donde se determina todo lo relacionado con selección, instalación y funcionamiento de los equipos necesarios para la nueva flota de vehículos eléctricos.

3.2.2 Criterios ambientales – disposición final de las baterías

Este análisis se realizó en dos fases en donde primero se definieron los actores que intervienen en el proceso de disposición final de las baterías, al ser identificados se procedió a definir las responsabilidades de cada uno para el manejo de este residuo sólido peligroso.

3.2.3 Evaluación económica y financiera

Este análisis se realizó a través de las siguientes actividades: a) Identificación de la inversión necesaria para la reposición con vehículos de combustión interna versus la inversión necesaria para la reposición con vehículos eléctricos, donde se tuvo en cuenta lo siguiente:

- Para la reposición de 38 vehículos por VCI:

- Costo de los vehículos
- Para la reposición de 38 vehículos por VE:
 - Costo de los vehículos incluyendo los descuentos en IVA y SOAT
 - Costo de inversión necesaria en infraestructura para adaptación de los sistemas de carga en los parqueaderos.

b) Identificación del flujo de costos de la flota actual:

Con base en los costos de mantenimiento calculados en el numeral 3.1.3, se estimaron los promedios de las siguientes variables:

- Identificación los costos anuales promedio del mantenimiento, consumo de gasolina, SOAT, revisión técnico mecánica, llantas y primas de la flota destinada para la reposición.
 - Costo de mantenimiento: Se determinó de acuerdo al costo promedio de mantenimiento de los VCI actuales y se incrementó de acuerdo al IPC.
 - Consumo de gasolina: Se estableció de acuerdo al costo promedio de consumo de gasolina de los VCI actuales y se incrementó anualmente teniendo en cuenta el porcentaje promedio de incremento de este ítem en los últimos 3 años.
 - SOAT: Se determinó teniendo en cuenta el costo actual de este seguro; el incremento anual se realizó teniendo en cuenta el porcentaje promedio de incremento de este seguro en los últimos 3 años.
 - Revisión técnico mecánica: Se tomó el valor base de acuerdo al costo actual y el incremento anual se realizó teniendo en cuenta el promedio de incremento de la revisión en los últimos 3 años.
 - Llantas: se determinó a través de los costos actuales que paga EMCALI en la reposición de llantas cada 4 años y de incremento de acuerdo al IPP.
 - Primas: Se estableció de acuerdo al promedio que paga EMCALI en este ítem y se incrementó anualmente de acuerdo al IPP.

c) Identificación de flujo de costos de los vehículos eléctricos:

- Identificación los costos anuales promedio del mantenimiento, consumo de gasolina, SOAT, revisión técnico mecánica, llantas y primas de la flota destinada para la reposición.
 - Costo de mantenimiento: Se estableció de acuerdo a los costos brindados por el concesionario de los VE.
 - Consumo de energía anual: se establece a través de la multiplicación de la base del kilometraje anual de los vehículos por el costo de la energía y se incrementa anualmente con el IPP.

- SOAT: Se estableció de acuerdo a los datos brindados por el concesionario de VE y teniendo en cuenta el descuento que tienen este tipo de vehículos en este ítem; el incremento anual se realizó teniendo en cuenta el porcentaje promedio de incremento de este seguro en los últimos 3 años.
- Revisión técnico mecánica: Se tomó el valor base de acuerdo al costo actual y el incremento anual se realizó teniendo en cuenta el promedio de incremento de la revisión en los últimos 3 años.
- Llantas: se determinó a través de los costos actuales que paga EMCALI en la reposición de llantas cada 4 años y se incrementó de acuerdo al IPP.
- Primas: Se estableció de acuerdo al promedio que paga EMCALI en este ítem y se incrementó anualmente de acuerdo al IPP.

Una vez obtenida esta información, se procedió a realizar la diferencia entre ambos flujos de costos para poder determinar el VPN, TIR y Periodo de recuperación del proyecto. La evaluación del proyecto se realizó bajo los siguientes supuestos: tasa de oportunidad del 11.8%, evaluado a 10 años, los beneficios esperados son: Disminución en los costos de mantenimiento de los vehículos livianos de la UENE teniendo en cuenta los beneficios tributarios para este tipo de vehículos.

3.3 VALIDACIÓN

La validación de la adquisición de vehículos eléctricos para la UENE se realizó a través de entrevista semiestructurada a tres expertos de EMCALI con el fin de validar la claridad, relevancia y aplicabilidad de la propuesta. Esta se desarrolló en tres partes: en la primera se realizó la caracterización de los perfiles: las competencias de los expertos, relacionadas con variables como: la educación, experiencia y conocimientos. En la segunda parte de la entrevista se definieron los roles para los perfiles, posteriormente se realizó la validación de la propuesta donde se definió la encuesta y se realizó la entrevista a expertos. Finalmente, en la cuarta etapa se analizaron los resultados de la aplicación de la encuesta para cada una de las características evaluando pertinencia, coherencia y validación del proyecto.

4. PRESENTACIÓN DE LA PROPUESTA

La propuesta presenta la evaluación técnica, ambiental y económica para la implementación del proyecto de adquisición de vehículos eléctricos en la Unidad Estratégica del Negocio de Energía de EMCALI. De acuerdo con lo establecido en la metodología, en la primera fase se procedió con el análisis de la situación actual de los aspectos técnicos, análisis inventario de emisiones de CO₂ y análisis del costo de mantenimiento.

En la segunda fase se presentan los criterios técnicos, el cual incluye la ingeniería de proyectos y sus aspectos relacionados con la selección de los vehículos eléctricos, la selección de los cargadores de VE y el diseño del sistema eléctrico de las estaciones de carga para cada una de los parqueaderos definidos dentro de componente de localización y tamaño, con el objeto de cumplir con los objetivos propuestos y documentarlos.

En la tercera fase se presentan los resultados de la validación del diseño, a través de un instrumento de validación consensuado por la universidad ICESI, realizado con el juicio de expertos, en la cual se evidencia que el proyecto cumple con los objetivos propuestos.

5. RESULTADOS

5.1 ANÁLISIS TÉCNICO, AMBIENTAL Y COSTOS DE MANTENIMIENTO DE FLOTA ACTUAL

5.1.1 Análisis técnico

5.1.1.1 Localización y tamaño

En la actualidad la Unidad estratégica del Negocio de Energía de EMCALI se encuentra ubicada en la ciudad de Santiago de Cali y cuenta con los siguientes sitios para el parqueo de los vehículos de combustión interna (Tabla 13):

Tabla 13. Ubicación parqueaderos Parque automotor UENE

Ubicación Parqueadero	Año 1996	Año 2011	Año 2008	Año 2012	Año 2013	Año 2017	Año 2018	Cantidad Total	Participación
Edificio Boulevard del Río		10	1				3	14	14%
CAES Zona Sur		18	2	1			4	25	26%
Subestación Diesel I	1	39	1		1	2	1	45	46%
Se reasignó al Area Financiera							1	1	1%
Subestación Melendez		2	1					3	3%
Telecontrol / Subestación Sur		8				1	1	10	10%
Total	1	77	5	1	1	3	10	98	

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del inventario de vehículos livianos gerencia de energía de EMCALI

El 46% de los vehículos tipo campero (liviano) están ubicados en el parqueadero de la Subestación Diesel I (Carrera 6 A # 28-30 barrio Porvenir), el 26% están ubicados en el parqueadero del Centro de Atención Energía Sur - CAES (Carrera 80 con calle 25), el 14% están ubicados en el parqueadero del edificio Boulevard del Río (Avenida 2 Norte No. 7 N 45 barrio centenario) y el 10% están localizados en el parqueadero en Telecontrol-Subestación Sur (Calle 10 con carrera 43)

- **Área de los Parqueaderos de los vehículos de la UENE**

En la Tabla 14 se detalla la cantidad de parqueaderos y área disponible de los mismos según su ubicación:

Tabla 14. Parqueaderos de los vehículos de la UENE y área

Parqueadero	Cantidad Parqueaderos Disponibles	Área Disponible Para los Vehículos Seleccionados (m2)	Área Total Disponible Por Parqueadero (m ²)
Subestación Diesel I (Área de Mantenimiento y Operación)	5	12.5	68.75
Edificio Boulevard del Río	11	27.5	151.25
CAES (Centro Atención Energía Sur)	15	37.5	206.25
Subestación Sur (Telecontrol)	6	15	82.5
Subestación Meléndez	1	2.5	13.75
Total	38	95	522.5

Fuente: Elaboración propia

- **Parqueaderos Subestación Diesel I**

En la Ilustración 6 se presentan la distribución de las siete (7) áreas en la subestación Diesel I disponibles para parquear todos los tipos de vehículos tanto tipo campero (liviano) como pesado

Ilustración 6. Área Parqueadero Subestación Diesel I



Fuente: adaptado de Google Earth

El área disponible en la subestación Diesel I para parquear los vehículos tipo campero (liviano) de la UENE es de 69 m², en el cual se pueden parquear 5 vehículos tipo campero.

En la Ilustración 7 se observa la distribución física de los parqueaderos correspondientes al Área 2, Área 6 y Área 7, los cuales están separados por un corredor de acceso a las oficinas de la Planta Diesel I.

Ilustración 7. Área 2, Área 6, y Área 7 Parqueadero Subestación Diesel I



Fuente: Elaboración propia

5.1.1.1.1 Mantenimiento de los vehículos

En la actualidad las actividades de mantenimiento de los vehículos se realizan mediante la contratación con terceros, en el Anexo 4 se presenta un resumen relacionado con el proceso de contratación N°. 900-IPU-0271-2021, el objetivo de este contrato es el de realizar el Mantenimiento Preventivo y Correctivo para los vehículos livianos, medianos y pesados que hacen parte del Parque Automotor de EMCALI EICE ESP. En las condiciones de contratación “CC” invitación pública se establece el cumplimiento de los requisitos de idoneidad de los participantes, aspectos técnicos, jurídicos y financieros, al igual que los certificados de experiencia que deben tener los participantes.

5.1.1.1.2 Suministro de gasolina

Actualmente el suministro de gasolina se realiza a través de veinticuatro estaciones de gasolina TERPEL, a través de un proceso de contratación con un tercero los detalles se describen en el Anexo 5.

5.1.1.1.3 Infraestructura eléctrica

En la Tabla 15 se detalla la capacidad eléctrica instalada en los parqueaderos asignados a los vehículos de la UENE

Tabla 15. Infraestructura eléctrica actual por parqueadero

Parqueadero	Capacidad Instalada
Subestación Diésel I (Área de Mantenimiento y Operación)	Transformador de Distribución Potencia:225 KVA E13328 Tensión 13,2/0,214 kV Potencia:225 KVA E13329 13,2/0,214 Kv
Edificio Boulevard del Río	Transformador de Distribución Potencia:400 KVA PP5122 Tensión 13,2/0,214 Kv
CAES (Centro Atención Energía Sur)	Transformador de Distribución Potencia: 150 KVA E12485 Tensión 13,2/0,214 kV
Subestación Sur (Telecontrol)	Transformador de Distribución Potencia: 150 KVA E15150 Tensión 13,2/0,214 kV
Subestación Meléndez	Transformador de Distribución Potencia: 112,5 KVA E20721 Tensión 13,2/0,214 kV

Fuente: elaboración propia

5.1.2 Costos por mantenimiento

5.1.2.1 Inventario de vehículos

Como se había mencionado anteriormente, la Unidad Estratégica del negocio de Energía actualmente cuenta con noventa y ocho (98) vehículos de combustión interna, el 44% corresponde a vehículo con cilindraje menor a 1.600 cc y el 56% restante corresponde a vehículo con cilindraje entre a 2.400 cc y 3.500 cc. (Tabla 16).

Tabla 16. Inventario de vehículos UENE por modelo y cilindraje

Cilindraje del Motor del Vehículo (cc)	Modelo							Cantidad de vehículos UENE
	1996	2008	2011	2012	2013	2017	2018	
1.206					1			1
1.586							4	4
1.590			18					18
1.600		4	16					20
2.393						1	5	6
2.488							1	1
2.499			2					2
2.500		1						1
2.999			40	1	1	2		44
3.500	1							1
Total	1	5	76	1	2	3	10	98

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del inventario de vehículos livianos gerencia de energía de EMCALI

El parque de vehículos objeto de este proyecto corresponde a los que presentan un cilindraje del motor menor a 16.000 cc, modelos con antigüedad mayor a 10 años y tipo campero denominados en EMCALI como “vehículo liviano”, los cuales corresponde a un total de treinta y ocho (38) vehículos que se detallan en la Tabla 17.

Tabla 17. Inventario de vehículos con antigüedad mayor a 10 años

Año Fabricación	Edificio Boulevard del Rio	CAES Zona Sur	Subestación Diesel I	Telecontrol / Subestación Sur	Subestación Meléndez	Total
2008	11	2			1	14
2011		13	5	6		24
Total	11	15	5	6	1	38

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, se detallan los kilómetros recorridos de este grupo de vehículos y su distribución en relación a los mismos, de acuerdo con esto se pueden identificar

cuatro grupos (Tabla 18). El 29% corresponde al Grupo 1 (vehículos con más de 120 mil kilómetros), el 32% corresponde al Grupo 2 (vehículos con un kilometraje entre 100 mil y menor a 120 mil kilómetros), el 29% corresponde al Grupo 3 (vehículos con un kilometraje entre 80 mil y menor a 100 mil kilómetros), y el 11% restante está representado en el Grupo 4 (vehículos con un kilometraje entre 50 mil y menor a 100 mil kilómetros).

Tabla 18. Distribución de vehículos por Kilometraje recorrido

Descripción	Grupo	Cantidad	Participación
kilómetros recorridos mayores a 120,000 km	1	11	29%
kilómetros recorridos entre 100,000 y menor a 120,000 km	2	12	32%
kilómetros recorridos entre 80,000 y menor a 100,000 km	3	11	29%
kilómetros recorridos entre 50,000 y menor a 80,000 km	4	4	11%
Total		38	100%

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, se realizó un análisis de distribución de los vehículos de acuerdo con su kilometraje y lugar de parqueadero, en la Tabla 19 se presentan los resultados:

Tabla 19. Distribución de vehículos por Grupo de kilometraje y por parqueadero

Descripción	Cantidad	Participación	CAES	Edificio Boulevard	Diesel I	Subestación Sur	Subestación Meléndez	Total
kilómetros recorridos mayores a 120,000 km	11	29%	7		1	2	1	11
kilómetros recorridos entre 100,000 y menor a 120,000 km	12	32%	6	4	2			12

kilómetros recorridos entre 80,000 y menor a 100,000 km	11	29%	2	4	1	4	11
kilómetros recorridos entre 50,000 y menor a 80,000 km	4	11%		3	1		4
Total	38	100%	15	11	5	6	38

Fuente: Elaboración propia

Según el análisis, los vehículos con más de 100.000 kilómetros corresponden a 34 vehículos, quince (15) en la Planta del CAES, once (11) en el edificio Boulevard del Río, cuatro (4) en la Diesel I, seis (6) en la Subestación Sur y uno (1) en la Subestación Meléndez.

5.1.2.2 Costos de mantenimiento

Los costos por mantenimiento del grupo de 38 de vehículos se han incrementado desde el año 2016 hasta el año 2019 pasando de \$47,9 millones a \$191 millones, entre el año 2017 y el año 2016 se presentó un incremento del 80% y entre el 2019 y el 2018 se presentó un incremento del 63%, en el año 2020 se presenta una disminución debido a la pandemia por la Covid 19 que restringió las actividades en campo, Tabla 20.

Tabla 20. Incremento porcentual de los costos de mantenimiento

Año	Costo por Mantenimiento en millones de pesos (\$)	Incremento (%)
2016	47,9	
2017	86,0	80%
2018	139,7	63%
2019	191,0	37%
2020	132,8	-30%

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la Tabla 21 el Grupo 1 durante el periodo del 2016-2020 presentó un costo por mantenimiento del orden de \$210,7 millones, el Grupo 2 para este mismo período presentó un costo por mantenimiento de \$186,4 millones, el Grupo 3 un costo de \$150,6 millones y el Grupo 4 un costo de \$49,5 millones.

Tabla 21. Costo mantenimiento por Grupo de kilometraje

Descripción	Grupo	Costos Mantenimiento Periodo 2016- 2020 (5 años)	Participación
kilómetros recorridos mayores a 120,000 km	G1	\$ 210.787.520	35%
kilómetros recorridos entre 100,000 y menor a 120,000 km	G2	\$ 186.414.763	31%
kilómetros recorridos entre 80,000 y menor a 100,000 km	G3	\$ 150.661.322	25%
kilómetros recorridos entre 50,000 y menor a 80,000 km	G4	\$ 49.550.020	8%
Total		\$ 597.413.625	100%

Fuente: Elaboración propia

5.1.2.3 Costos de RTM, SOAT, Primas y llantas

En el año 2020 por mantenimiento, revisión tecno mecánica (RTM), SOAT, reposición de las llantas y primas se muestra en la Tabla 22.

Tabla 22. Costos por mantenimiento, RTM, SOAT, llantas y primas

Descripción	AÑO 2016	AÑO 2017	AÑO 2018	AÑO 2019	AÑO 2020
Costo Mantenimiento	\$ 47,885,816	\$ 85,985,081	\$ 139,745,467	\$ 190,956,037	\$ 132,841,225
Costo Revisión Tecno mecánica	\$ 5,170,470	\$ 5,527,214	\$ 7,125,000	\$ 8,245,240	\$ 8,018,000
Costo del SOAT	\$ 20,852,500	\$ 22,313,980	\$ 24,596,700	\$ 26,070,800	\$ 26,281,500

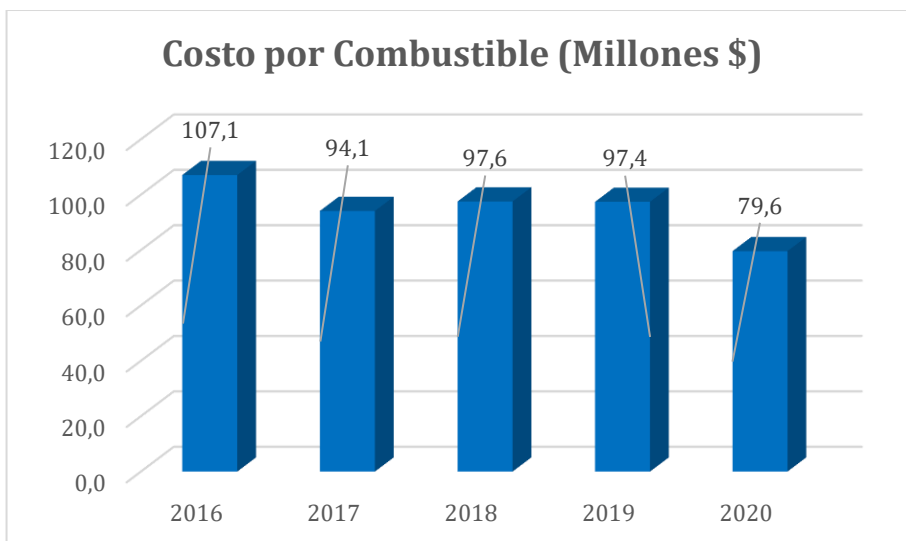
Costo de las Llantas	\$ 7,888,800	\$ 28,005,240	\$ 788,880	\$ 3,155,520	\$ 9,466,560
Prima Autos			\$ 44,701,789	\$ 44,395,496	\$ 49,119,305
Total	\$ 81,797,586	\$ 141,831,515	\$ 216,957,836	\$ 272,823,093	\$ 225,726,590

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del inventario de vehículos livianos gerencia de energía de EMCALI

5.1.2.4 Costos de combustible

De acuerdo con el Grafico 6 el costo del consumo de combustible de este grupo de vehículos entre el año 2016 al 2019 se ha mantenido en un rango entre \$107 millones y 97,4 millones, su variación ha sido poca, en el año 2020 disminuyó debido a la pandemia por la Covid 19 que derivó en restricciones de movilidad. El rendimiento promedio en el consumo de gasolina es alrededor de 33 km/g (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

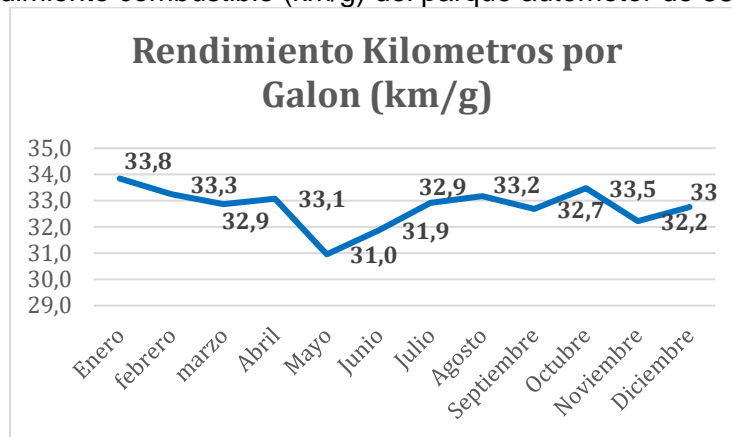
Gráfico 2. Costos por combustible



Fuente: Elaboración autores

En el Gráfico 3. Rendimiento combustible (km/g) del parque automotor de 38 vehículosGráfico 3 se observa que el rendimiento de este grupo de vehículos oscila entre 33,8 km/g y 31km/g.

Gráfico 3. Rendimiento combustible (km/g) del parque automotor de 38 vehículos



Fuente: Elaboración propia

5.1.3 Análisis de emisiones de CO₂

Para el cálculo de las emisiones de CO₂ generadas por esta flota de vehículos, existen diferentes softwares como los que fueron mencionados en la teoría ambiental de este documento, sin embargo, al intentar hacer la simulación con estos modelos los datos de entrada no están disponibles para este estudio, por ejemplo, el ciclo de conducción estudiado. Por esta razón se recurre a una calculadora de emisiones de CO₂ o herramienta de huella de carbono como la que cuenta EMCALI Ilustración 8, esta calculadora o herramienta permite calcular las emisiones de CO₂ a partir del consumo de gasolina de cada uno de los vehículos.

Ilustración 8. Herramienta huella de carbono EMCALI-CO2CERO

HERRAMIENTA HUELLA DE CARBONO
ORGANIZACIONAL



Fuente: Consultor CO2CERO

Según los cálculos realizados analizando variables como: cantidad de vehículos y consumo de combustible, la flota actual de VCI que compone la UENE produce anualmente un total de 89 toneladas de CO₂, los detalles se encuentran en la Tabla 23.

Tabla 23. Emisiones de CO₂

Descripción	Valor
Cantidad de Vehículos Combustión Interna	38
Consumo total de combustible	11.050
Total tCO ₂ e	87,8

Fuente: Consultor CO2CERO

5.2 CRITERIOS TÉCNICOS, AMBIENTALES Y ECONOMICOS PARA LA ADQUISICIÓN DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

5.2.1 Criterios técnicos

5.2.1.1 Localización y tamaño

En la Tabla 24 se presenta la localización y tamaño de los nuevos vehículos eléctricos. En cada uno de estos parqueaderos se identificó los espacios adecuados para los nuevos VE y los espacios para los nuevos equipos eléctricos, tales como transformador, tablero de distribución, tuberías, cargadores de VE, mediante el software AutoCAD se elaboró el diseño con la distribución física de los

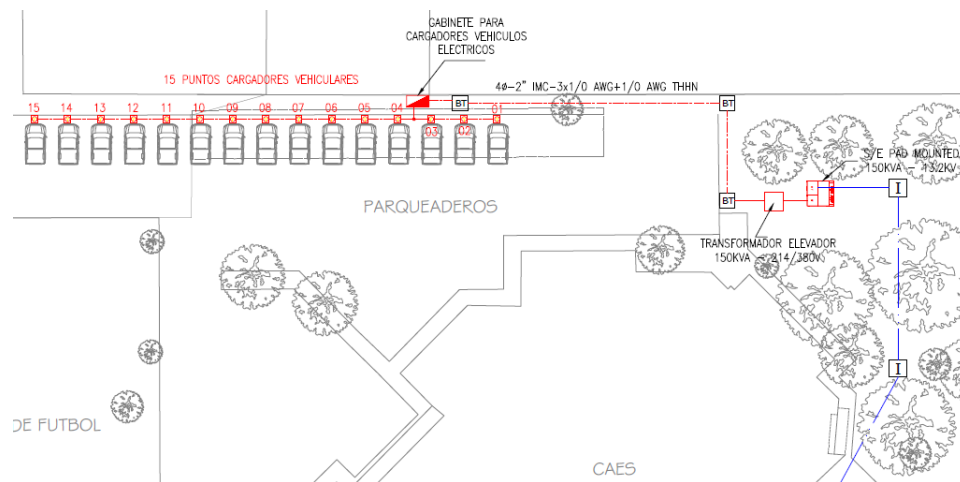
parqueaderos (Ilustración 9), para los otros parqueaderos se elaboraron los planos en AutoCAD (Anexo 8).

Tabla 24. Localización y tamaño de los nuevos VE

Ítems	Parqueadero	Cantidad
1	Subestación Diesel I	5
2	Edificio Boulevard del Río	11
3	CAES (Centro Atención Energía Sur)	15
4	Subestación Sur (Telecontrol)	6
5	Subestación Meléndez	1
Total		38

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 9. Distribución física vehículos eléctricos parqueadero CAES



Fuente: Elaboración propia a partir del software AutoCAD

5.2.1.2 Proyecto de ingeniería

- **Selección de la tecnología VE:**

En la Tabla 25 se presenta la ficha técnica de los VE que cumplen con los requisitos técnicos exigidos para la actividad operativa que actualmente desempeñan la UENE de EMCALI.

Tabla 25. Ficha técnica VE

Ficha técnica	Ficha técnica Yuan EV 300	Ficha técnica Dongfeng Rich 6 EV
Motor		
Potencia máxima	70kW / 94 HP	120kW/ 161HP
Torque máximo	180 N-m (18,4 Kgf-m)	42.81 kg.m
Batería		
Tipo de batería	NCM	Iones de Litio Ternario
Capacidad (kWh)	40,6	67
Voltaje (V)		
	386,9	385
Cantidad de celdas	106	ND
Cantidad de celdas (Ah)	105	ND
Carga		
Potencia de carga	GB AC 5,6 kW/ DC 40 kW	6.6kW, 220V
Tiempo de carga	7 h 15 m/ 1 h	8-10horas a 6,6 kW
Desempeño / Autonomía		
Rango EV (km) (NEDC)	305	400 km
0 - 100 km/h (segundos)	≤13,9	ND
Chasis		
Tracción	FWD	4X2
Frenos delanteros	Discos ventiladores	Discos ventiladores
Frenos traseros discos	Discos	ND
Tren motriz		
Motor	BYD-1814TZ-XS-A 70 Kw	ND
Parámetros básicos		
Largo (mm)	4.100	5.310
Ancho (mm)	1.785	1.850
Altura (mm)	1.680	1.820
Distancia entre ejes (mm)	2.535	3.150
Número de pasajeros	5	5
Llantas	205/60 R16	255/60R18
Peso vehicular vacío (Kg)	1.450	3.220
Peso bruto vehicular vacío (Kg)	1.825	ND
Foto: Imagen		
	Información Disponible:	Información Disponible:
	http://mgco.motorysa.com/resources/documents/871074311abda53438773b7d5f3a597e.pdf	https://www.autecomobility.com/pickup-electrica-dongfeng-rich-6ev/p

Fuente: Elaboración propia adaptado ficha Yuan y Dongfeng

A partir de los datos técnicos de las tecnologías de los VE se verifica el cumplimiento de los requisitos de las características y criterios técnicos (

Tabla 26)

Tabla 26. Cumplimiento de características y criterios técnicos para la tecnología VE

CARACTERÍSTICA	CRITERIO DE SELECCIÓN	C	NC
Técnicas	Capacidad	X	
	Confiabilidad	X	
	Velocidad	X	
	Autonomía	X	
Costos	Adquisición	X	
	Instalación	X	
	Materiales	X	
	Operación	X	
	Mano de obra		
Suministro	Asistencia para pruebas de instalación y funcionamiento	X	
	Servicio de atención del proveedor	X	
	Servicio de garantía	X	
	Servicio de mantenimiento	X	
Comportamiento	Capacidad instalada	X	
	Carga de trabajo	X	
	Requisitos y características específicas	X	
	Vida útil	X	


Fuente. Adaptada de (Garzon & Salazar, 2015)

- **Selección de equipos:**
 - **Equipos de carga:**

Una vez se define el tipo de VE, se procede a la selección del cargador, en este caso se tiene en cuenta que la carga se realizará en las horas de la noche, tiempo

durante el cual los vehículos pernoctan en los diferentes parqueaderos de las plantas de la UENE, se selecciona un cargado ajustable tipo lento con duración entre 4 y 10 horas con gestión de carga (carga inteligente), en la Tabla 27 se presenta los cargadores seleccionados.

Tabla 27. Tipo de cargadores seleccionados

Terra AC wallbox ABB	
Modelo	
Tensión de carga (VAC)	380 V Trifásica
Corriente de carga (A)	11 – 16
Potencia de carga (kW)	7,5 – 11
Frecuencia (Hz)	60
Tiempo de carga (horas)	6 a 10
Tipo de conector	Tipo II
	

Fuente: Elaboración propia adaptado ficha del fabricante ABB

- **Selección del Transformador**

En la Tabla 28 se presenta el dimensionamiento del transformador para el caso del parqueadero del CAES.

Tabla 28. Dimensionamiento del transformador

Dimensionamiento del transformador	
Cantidad de cargadores de VE	15
Potencia por cargador (kW)	7.5
Potencial total cargadores (kW)	112.5
Factor de Potencia	1
Potencial total cargadores (KVA)	112.5

Fuente: Elaboración propia

Los cargadores requieren 230 V Fase – Fase, por tal razón, adicionalmente se utiliza un transformador elevador de 150 KVA 214/400 V, en el cual se deja reserva para otro cargador.

- **Dimensionamiento de la acometida entre el Transformador y los cargadores**

En la Tabla 29 se presenta la selección de la acometida.

Tabla 29. Dimensionamiento de la acometida del tablero de cargadores

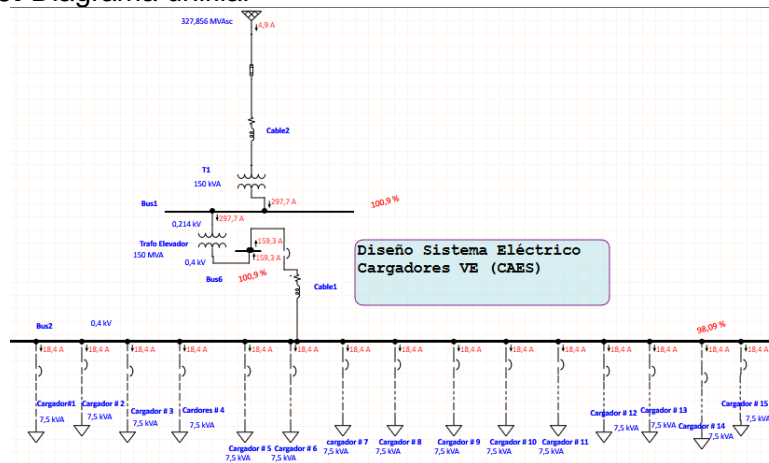
Acometida	Acometida Cargadores
Descripción	Desde el transformador de 150 KVA hasta el tablero de cargadores
Carga instalada (KVA): Quince cargadores de 7,5 kW	112,5
Tensión operación (V): Bifásica	400
Corriente nominal (A): Se distribuyen cinco cargadores entre las Fases AB, cinco cargadores entre las Fases BC y cinco cargadores entre las Fases AC	281
Longitud (m)	100
Tipo de conductor	Cobre
Constante de regulación (%/KVA-m)	0,000864741
Capacidad de corriente nominal del conductor seleccionado (A)	170
Acometida inicial seleccionada	3X1/0 AWG o kcmil THHN/THWN 90°C

Fuente: Elaboración propia

- **Definir esquema de conexión a la red de EMCALI**

Una vez dimensionados los equipos se define el esquema de conexión, en la Ilustración 10 se presenta el diagrama unifilar para el ejemplo del parqueadero del CAES, el cual incluye la conexión a la red de media tensión de EMCALI y la conexión del transformador existente de 150 KVA 13,2/0,214 kV y el transformador adicional elevador de 150 KVA 214/400 V.

Ilustración 10. Diagrama unifilar

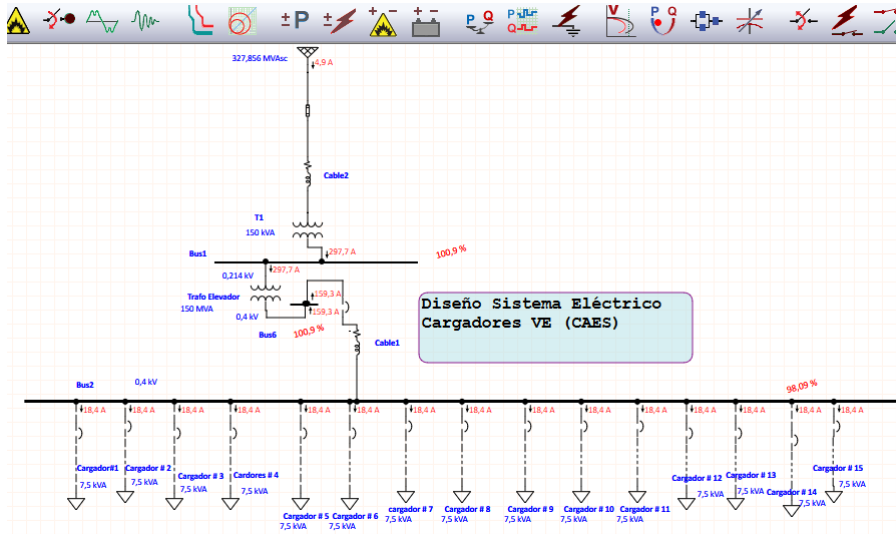


Fuente: Elaboración propia

- **Realizar simulaciones en el software ETAP 20.5**

Finalmente, se realizan las simulaciones en el software ETAP versión 20.5 y se verifica si el dimensionamiento es correcto, en caso de violarse alguno de los criterios normativos como regulación de tensión, sobrecargas, se procede a simular hasta que se cumplan los criterios, en la Ilustración 11 se presenta la simulación para el caso del parqueadero del CAES. También se verifica el nivel de cortocircuito en el sistema y el análisis de coordinación de protecciones mediante la utilización del módulo propio del software ETAP.

Ilustración 11. Modelado y simulación en el software ETAP



Fuente: Elaboración propia a partir simulación software ETAP

○ **Resultados y Elaboración del Plano**

En la Tabla 30 se presenta el reporte del flujo de carga para el ejemplo del parqueadero del CAES, se observa que no se presentan sobrecarga en los elementos: barras de media y baja tensión, cables y transformador.

Tabla 30. Resultado flujo de carga

Bus Loading Summary Report

Bus			Directly Connected Load								Total Bus Load			
			Constant kVA		Constant Z		Constant I		Generic		MVA	% PF	Amp	Percent Loading
ID	kV	Rated Amp	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar				
Bus1	0.214										0.111	100.0	297.7	
Bus2	0.400				0.108						0.108	100.0	159.3	
Bus3	13.200										0.113	100.0	4.9	
Bus4	13.200										0.113	99.9	5.0	
Bus6	0.400										0.111	100.0	159.3	

* Indicates operating load of a bus exceeds the bus critical limit (100.0% of the Continuous Ampere rating).
 # Indicates operating load of a bus exceeds the bus marginal limit (95.0% of the Continuous Ampere rating).

Branch Loading Summary Report

CKT / Branch		Busway / Cable & Reactor			Transformer				
					Capability (MVA)	Loading (input)		Loading (output)	
ID	Type	Ampacity (Amp)	Loading Amp	%		MVA	%	MVA	%
Cable1	Cable	170.91	159.28	93.20					
Cable2	Cable	137.39	4.95	3.60					
T1	Transformer				0.150	0.113	75.4	0.111	74.2
Trafo Elevador	Transformer				150.000	0.111	0.1	0.111	0.1

* Indicates a branch with operating load exceeding the branch capability.

Fuente: Elaboración propia a partir simulación software ETAP

En la Tabla 31 se presentan para el caso del CAES, los resultados de los niveles de cortocircuito en las barras del sistema, en la barra 1 el valor máximo es de 6.9 KA y en la barra 2 el valor máximo es de 2.5 KA, por lo tanto, los equipos seleccionados en este numeral (5.2.1.2) soportan estos niveles de cortocircuito.

Tabla 31. Resultado de cortocircuito

Short-Circuit Summary Report

1/2 Cycle - 3-Phase, LG, LL, & LLG Fault Currents

Prefault Voltage = 100 % of the Bus Nominal Voltage

Bus		3-Phase Fault			Line-to-Ground Fault			Line-to-Line Fault			*Line-to-Line-to-Ground		
ID	KV	Real	Imag	Mag.	Real	Imag	Mag.	Real	Imag	Mag.	Real	Imag	Mag.
Bus1	0.214	2.627	-6.457	6.971	2.632	-6.479	6.993	5.592	2.275	6.037	4.274	5.526	6.986
Bus2	0.400	1.715	-1.815	2.497	0.818	-1.643	1.835	1.572	1.485	2.162	1.366	2.152	2.549

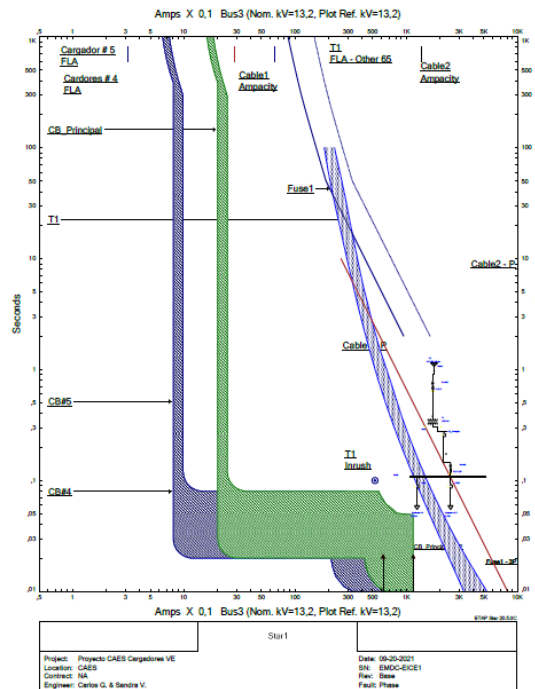
All fault currents are symmetrical (1/2 Cycle network) values in rms kA.

* LLG fault current is the larger of the two faulted line currents.

Fuente: Elaboración propia a partir simulación software ETAP

Los interruptores y equipos de protección seleccionados en este numeral (5.2.1.2) también cumplen con la función de proteger los cables, el transformador de 150 KVA, los tableros y los cargadores y cumplen con la coordinación de protecciones (Ilustración 12).

Ilustración 12. Coordinación de protecciones cargadores del CAES



Fuente: Elaboración propia a partir simulación software ETAP

- **Cronograma proyecto de ingeniería**

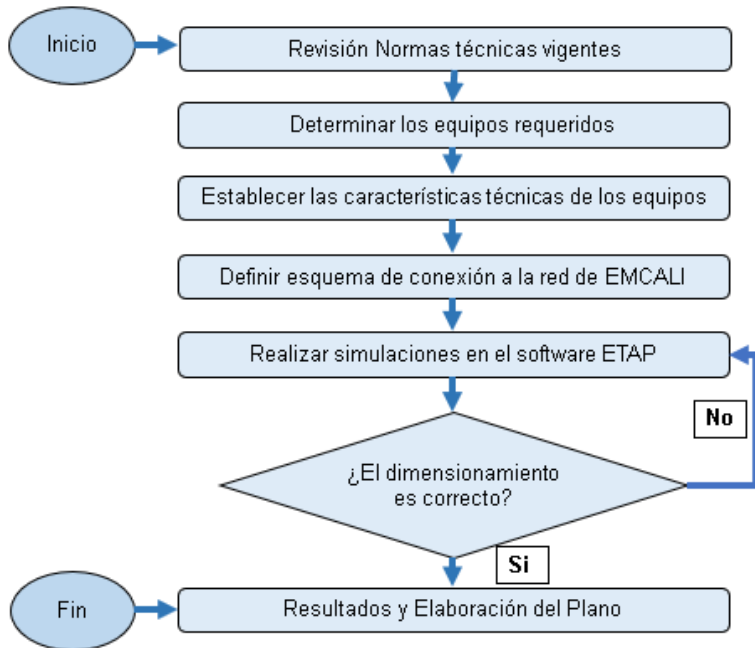
En el Anexo 6 se presenta el cronograma.

- **Identificación y selección de procesos**

- **Elaboración del diseño eléctrico**

Adicionalmente a través del análisis de la infraestructura eléctrica, se estableció el procedimiento para la elaboración de un diseño eléctrico que se detalla en la Ilustración 13. Ilustración 13

Ilustración 13. Diagrama de flujo elaboración diseño



Fuente: Elaboración propia

Los resultados del sistema de carga de VE de los demás parqueaderos hacen parte del acervo documental y confidencial de EMCALI y se encuentran en el Área funcional de Planeación técnica de EMCALI.

5.2.2 Criterios ambientales- disposición final de baterías

De acuerdo con las recomendaciones técnicas realizadas por los concesionarios que expiden los VE, la sustitución de la batería se realiza directamente en sus instalaciones y se realizan las siguientes fases:

1. EMCALI lleva el vehículo a las instalaciones del concesionario
2. El concesionario realiza el cambio de la batería
3. El concesionario entrega batería al gestor final (ALTERO)
4. Altero emite certificado de buen uso

5.2.3 Criterios económicos

En el Anexo 7 se detalla el flujo de caja del proyecto, con base en el cual se establece el VPN, TIR y Periodo de recuperación del proyecto.

En la Tabla 32 se muestran los resultados de la evaluación económica del proyecto. La tasa interna de retorno es de 24.6%, siendo mayor que la tasa de oportunidad, lo que se traduce en la viabilidad del proyecto estimando el rendimiento mayor que el mínimo requerido. En relación al valor presente neto este es de \$ 659,536,660 pesos, lo que indica que se maximiza la inversión realizada, incrementando el valor de la UENE. El plazo de recuperación del proyecto es de 4 años.

Tabla 32. Resultados de la evaluación del proyecto

Resumen de Resultados (millones de \$ del año 2021)	
Vida útil: 10 años	Año cero: 2021
1. Inversión VCI	3,504,515,110
2. Inversión VE	5,416,111,055
3. Valor Presente Neto	659,536,660
4. Tasa Interna de Retorno (Constante)	24.65
5. Plazo de recuperación	4 años

Fuente: Elaboración propia

6. VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

Aplicando el instrumento de validación de la Universidad ICESI para juicio de expertos, se evaluaron criterios relacionados con: claridad, pertinencia y aplicabilidad del proyecto.

Las etapas de la validación se definieron de la siguiente forma i) Definición del Perfil, ii) Selección de Roles, iii) Reunión con cada uno de los expertos para socialización de objetivos, metodología y resultados del proyecto para proceder con el diligenciamiento de la encuesta y iv) Análisis de los resultados de las calificaciones realizadas por los expertos.

6.1 DEFINICIÓN DE LOS PERFILES

Se definieron los perfiles de acuerdo a variables relacionadas con: educación, experiencia y conocimientos:

- Educación: profesional con áreas a fin del proyecto.
- Experiencia: más de 5 años de experiencia en proyectos.
- Conocimientos: relacionados con proyectos en el sector público.

6.2 DEFINICIÓN DE ROLES

Se detallaron los perfiles y roles de los expertos de EMCALI, destinados para la validación del proyecto: Gestor de proyecto PMO, Ingeniero mecánico e Ingeniero electricista.

Experto A: Magister en gerencia de proyectos, más de 5 años de experiencia en la aplicación de proyectos en la UENE.

Experto B: Especialista en Ingeniería eléctrica y evaluación de proyectos, con 5 años de experiencia en la gerencia de Energía.

Experto C: Ingeniero mecánico con 5 años de experiencia en mantenimiento preventivo y correctivo del parque automotor.

6.3 RESULTADOS DE LA VALIDACIÓN

A través de una encuesta cualitativa se evaluaron los tres criterios relacionadas con el desarrollo del proyecto, el detalle de la calificación de estos criterios se define en la Tabla 33.

Tabla 33 Calificación de los criterios

Calificación de los criterios

1	No cumple con el criterio
2	Bajo nivel de cumplimiento
3	Cumple de forma moderada
4	Cumple en alto nivel

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se detallan los resultados de los tres criterios evaluados:

Claridad:

Indica que tan claros le parecen las evaluaciones realizadas en la propuesta, debe tener en cuenta aspectos como la semántica, sintáctica y la facilidad en la comprensión del contenido.

Tabla 34. Calificación claridad

Calificación	Indicador
1. No cumple con el criterio	Las evaluaciones presentadas en la propuesta no son claras
2. Bajo nivel de cumplimiento	Las evaluaciones presentadas en la propuesta requieren bastantes modificaciones considerables en el uso de las palabras de acuerdo con su significado o por la ordenación de las mismas
3. Cumple en un nivel moderado	Se requiere modificaciones específicas en algunas o alguna evaluación realizada.
4. Cumple en un alto nivel	Las evaluaciones presentadas en la propuesta son claras, tiene semántica y sintaxis adecuadas

Fuente: Adaptado de la encuesta de validación de la propuesta.

Relevancia:

Indica que tan relevante es Indica qué tan relevante es la propuesta de adquisición de vehículos eléctricos en la UENE, cumpliendo la meta de plan Estratégico de EMCALI 2019-2023 sobre movilidad eléctrica.

Tabla 35. Calificación relevancia

Calificación	Indicador
--------------	-----------

1. No cumple con el criterio	La propuesta no es relevante como aporte para al cumplimiento del objetivo de movilidad eléctrica de EMCALI.
2. Bajo nivel de cumplimiento	La propuesta tiene bajo nivel de relevancia como aporte al cumplimiento del objetivo de movilidad eléctrica de EMCALI.
3. Cumple en un nivel moderado	La propuesta es relativamente importante como aporte al cumplimiento del objetivo de movilidad eléctrica de EMCALI.
4. Cumple en un alto nivel	La propuesta es muy relevante y contribuye al cumplimiento del objetivo de movilidad eléctrica de EMCALI.

Fuente: Adaptado de la encuesta de validación de la propuesta.

Aplicabilidad:

Revela que tan aplicable es la propuesta de adquisición de vehículos eléctricos en la UENE.

Tabla 36. Calificación Aplicabilidad

Calificación	Indicador
1. No cumple con el criterio	La propuesta no tiene aplicación para la adquisición de vehículos eléctricos en la UENE.
2. Bajo nivel de cumplimiento	La propuesta tiene alguna aplicación, pero requiere de algunas modificaciones para la adquisición de vehículos eléctricos en el UENE.
3. Cumple en un nivel moderado	La propuesta es relativamente aplicable para la adquisición de vehículos eléctricos en la UENE.
4. Cumple en un alto nivel	La propuesta tiene alta aplicación para la adquisición de vehículos eléctricos en la UENE.

Fuente: Adaptado de la encuesta de validación de la propuesta.

Tabla 37. Resumen de evaluación

CLARIDAD: Indique qué tan claros le parecen las evaluaciones realizadas en la propuesta, debe tener en cuenta aspectos como la semántica, sintáctica y la facilidad en la comprensión del contenido.				
Evaluación técnica	1	2	3	4
Experto 1				X
Experto 2				X
Experto 3				X
Evaluación Ambiental	1	2	3	4
Evaluador 1				X
Evaluador 2				X
Evaluador 3				X
Evaluación económica	1	2	3	4
Evaluador 1				X
Evaluador 2				X

Evaluador 3				
RELEVANCIA: Indique qué tan relevante es la propuesta de adquisición de vehículos eléctricos en la UENE, cumpliendo la meta de plan Estratégico de EMCALI 2019-2023 sobre movilidad eléctrica	1	2	3	4
Evaluador 1				X
Evaluador 2				X
Evaluador 3				X
APLICABILIDAD: Indique qué tan aplicable es la propuesta de adquisición de vehículos eléctricos en la UENE.	1	2	3	4
Evaluador 1				X
Evaluador 2				X
Evaluador 3				X

Fuente. Universidad ICESI

CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

La evaluación técnica, económica y ambiental permitió conocer la viabilidad del proyecto. Desde el punto de vista técnico se evaluaron aspectos como la localización y tamaño y las características del proyecto de ingeniería, se diseñó la infraestructura eléctrica necesaria para el sistema de estaciones de carga de los nuevos vehículos eléctricos, incluyendo la gestión de carga inteligente y se seleccionó el espacio físico para el parqueadero de la nueva flota de VE, desde el punto de vista ambiental se identificó las toneladas de emisiones de CO₂ de la flota actual. Desde el punto de vista económico, se encontró que el proyecto es viable financieramente, Adicionalmente se analizó el presupuesto de EMCALI y el presupuesto de inversión asignado para realizar el proyecto.

Desde el punto de vista de diseño técnico, este proyecto permitió ampliar los conocimientos sobre la incorporación de nuevas tecnologías en la movilidad eléctrica de la Unidad Estratégica del Negocio de Energía, asegurando un impacto positivo en la huella de carbono.

Este proyecto permite incrementar la demanda del consumo de energía que es uno de los productos de la UENE.

Desde el punto de vista económico, el resultado del flujo de caja del proyecto presenta una TIR del 24.6%, VPN de \$659,536,660 pesos y un plazo de recuperación de 4 años, por lo tanto, se encontró que el proyecto es viable financieramente.

El trabajo realizado en la validación del juicio de expertos obtuvo un nivel de aceptación favorable, lo cual permite concluir que el procedimiento establecido, integra de manera lógica y secuencial las actividades definidas para la implementación de la tecnología de vehículos eléctricos.

Como trabajo futuro, se propone realizar este mismo proyecto en la Unidad Estratégicas del Negocio de Acueducto y Alcantarillado y en la Unidad Estratégica de Negocio de Información y Comunicación de EMCALI. Se propone utilizar esta misma metodología para evaluar la reposición de los vehículos de combustión interna por vehículos propulsados por hidrógeno.

7. BIBLIOGRAFIA

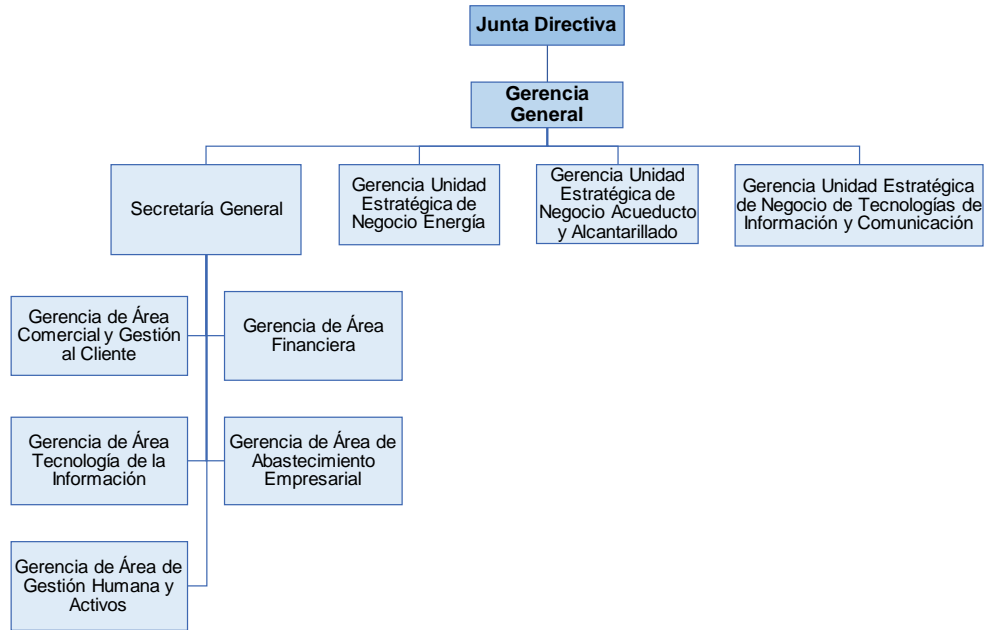
- Amézquita, J. (2017). *EFICIENCIA Y SUSTITUCIÓN ENERGÉTICA EN EL SECTOR TRANSPORTE*. Bogotá: Universidad de los Andes.
- ANDI. (2021). *INFORME DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS E HÍBRIDOS A FEBRERO 2021*. Bogotá DC: ANDI .
- Castaño, A., & Echeverry, M. (2021). Diseño, técnico, administrativo y económico para el servicio “Infraestructura de Escritorio Virtual – VDI EMCALI”. Cali.
- CEPAL. (2018). *Acuerdo Regional sobre el Acceso a la Información, la Participación a y el Acceso a la Justicia en Asuntos Ambientales en América Latina y el Caribe*. Escazú (Costa Rica): Naciones Unidas.
- Congreso de Colombia Ley 1972. (2019). Protección de los derechos a la salud y al medio ambiente. Obtenido de <https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/LEY%201972%20DE%20L%2018%20DE%20JULIO%20DE%202019.pdf>
- Congreso de Colombia Ley 1964. (2019). Ley 1964 Promoción de Vehículos eléctricos en Colombia. Obtenido de <https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/LEY%201964%20DE%20L%2011%20DE%20JULIO%20DE%202019.pdf>
- CONPES 3934, D. N. (2018). CONPES 3934 Política para el mejoramiento de la calidad del aire.
- CONPES 3943, D. N. (2018). Política de crecimiento Verde.
- Dueñas , P., Rodriguez, E., Moreno, M., & Rodriguez, R. (2012). *Proyecto para la reposición del 10% de los vehículos afiliados a Masivo Capital SAS*. Bogotá: Universidad Piloto de Colombia .
- ENEL CODENSA . (Septiembre de 2019). *ENEL*. Obtenido de ENEL : <http://www.enel.com.co/>
- EPA . (4 de Junio de 2021). *Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos* . Obtenido de Conceptos básicos sobre el material particulado (PM, por sus siglas en inglés): <https://espanol.epa.gov/espanol/conceptos-basicos-sobre-el-material-particulado-pm-por-sus-siglas-en-ingles>

- Estefan, V., & Ocampo, R. (Julio de 2017). Estado del arte de los vehículos eléctricos y su posible implementación en Colombia. Pereira.
- García Ruíz, M. (2015). Pasado, presente y futuro de vehículos eléctricos. Perira.
- Garzon, C., & Salazar, J. (2015). *Técnicas para determinar la viabilidad de un proyecto en su etapa de formulación*. Cali: Trabajo de grado para optar al título de Especialista en Gestión Integral de Poryectos. Universidad de San Buenaventura Cali.
- Garzón, C., & Salazar, J. (2015). *Técnicas para determinar la viabilidad técnica de un proyecto en la etapa de formulación*.
- Garzón, C., & Salazar, J. (2015). *Técnicas para determinar la viabilidad técnica de un proyecto en su etapa de formulación*. Cali: Trabajo de grado para optar al título de Especialista en Gestión Integral de Poryectos. Universidad de San Buenaventura Cali.
- Gomez et al, E. (2020). Prospective towards implementation of electric vehicles in Colombia. *Expotecnología 2019 "Research, Innovation and Development in Engineering"*. Cartagena.
- Granada Aguirre, L. F., Álvarez Castro, N., & Afanador Rodríguez, M. I. (2018). Lineamientos para la implementación de una filosofía de gestión ambiental. Ediciones de la U.
- Granada, L., Vallejo, L., Moreno , S., & Toro, E. (2015). *Modelo de gestión integral para el manejo de residuos solidos peligrosos*. Cali: Universidad Libre.
- IDEAM, PNUD . (2012). *Inventario Nacional de Emisiones de Gases Efecto Invernadero* . Bogotá : Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales y Programa de las Naciones.
- Madera, J. (2019). *Escenarios para el cambio de vehículos con motor de combustión interna a vehículos eléctricos en el transporte de carga en Colombia*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia .
- Medina, J. (2010). La Dieta del Dióxido de Carbono (CO2). *Conciencia Tecnologica* , 50-53.
- Ministerio de Minas y Energía. (2019). *Movilidad Eléctrica*. Bogotá: Minenergía.

- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible . (2013). *Resolución 1111 de 2013 Modifica parcialmente Resolución 910 de 2008*. Bogotá : Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible .
- Morales, B. (2014). *Modelo de masificación de vehículos eléctricos*. Bogotá : Universidad Nacional de Colombia.
- Moreno, C., & Trujillo, A. (2014). *EFICIENCIA Y SUSTITUCIÓN ENERGÉTICA EN EL SECTOR TRANSPORTE*. Cali: Universidad del Valle.
- Panesso Franco, F., & Lozano Carrero, W. (2021). Evaluación técnica, administrativa y económica para la prestación del servicio de fttth (fibra hasta el hogar) a 35.014 nuevos clientes de EMCALI en su área de influencia.
- Petrauskiene, K., Galinis, A., & Dvarionienė, J. (2021). Comparative Environmental Life Cycle and Cost Assessment of Electric, Hybrid, and Conventional Vehicles in Lithuania.
- PNUMA, Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2020). Movilidad eléctrica: Avances en América Latina y el Caribe 2019.
- Rivas, M. E., Suárez Aleman, A., & Serebrisky, T. (2019). Stylized urban transportation Facts in Latin America and the Caribbea. *Banco Interamericano de Desarrollo*.
- Salazar, G. (2020). *Estudio de factibilidad para el cambio del uso de vehículos de combustible por vehículos eléctricos en la compañía IPS Servicios de Salud Suramericana S.A*. Medellín: Universidad EAFIT.
- Salcedo Prieto, S. T., & Ramírez Ramírez, F. E. (2021). Evaluación técnica, administrativa y económica para la implementación de la Infraestructura de Medición Avanzada - AMI en EMCALI. Cali.
- Sapag, N. (2011). *Proyectos de inversion Formulación y Evaluación*. Chile: Pearson Educacion.
- Sapag, R., & Sapag, N. (2008). *Preparación y evaluación de proyectos*. Mexico.
- Urbina, G. B. (2010). Evaluación de proyectos Sexta edición. Mexico.

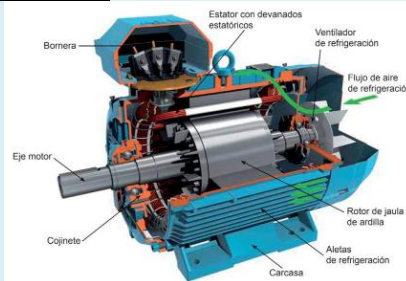
8. ANEXOS

Anexo 1 Estructura Organizacional de EMCALI



Anexo 2 Tipos de motor y de baterías

Componente	Descripción
Motor asíncrono o de inducción (AC):	<p>El giro del rotor no corresponde a la velocidad de giro del campo magnético producido por el estator.</p> <p>El rotor puede ser de tipo jaula de ardilla o bobinado.</p> <p>Ventajas: Alta eficiencia, bajo costo, fiabilidad, bajo ruido y vibraciones y par constante.</p> <p>Desventaja: Baja densidad de potencia, bajo par en el arranque y riesgo de sobrecarga.</p> <p><u>Marcan que suelen utilizarlo:</u> Tesla, Citroën Zero, Mahindra Reva</p>



Motor síncrono de imanes permanentes (AC):

Tiene una velocidad de giro constante, siendo igual el giro del rotor que la velocidad del campo magnético creado por el estator.

Es el motor más extendido entre los vehículos eléctricos.

Puede ser de dos tipos: de flujo radial o de flujo axial (ideales para ser integrados en las ruedas), dependiendo de la posición del campo magnético de inducción, que puede ser perpendicular o paralelo al eje de giro del rotor.

Ventajas: Alto rendimiento, control de velocidad sencillo, bajo ruido, vibración, tamaño y peso.

Desventaja: Alto costo

Marcan que suelen utilizarlo: Nissan LEAF, BMW i3, Hyundai IONIQ, KIA Soul EV, VW e-Golf, BYD E6, Opel Ampera-e



Motor síncrono de reluctancia conmutada o variable (AC):

La corriente es conmutada entre las bobinas de cada fase del estator hasta crear un campo magnético que gira.

El rotor, de material magnético con polos salientes, es influenciado por el campo magnético, atrayéndose y creando un par que mantiene el rotor moviéndose a velocidad síncrona.


Ventajas: No necesita imanes permanentes ni escobillas, elevado par, robustez y bajo costo.

Desventajas: baja potencia y complejidad de diseño

Marcan que suelen utilizarlo: Renault ZOE, Renault Kangoo, Renault Fluence.



Fuente: Vehículo eléctrico: <https://play.google.com/books/reader?id=FMqwDwAAQBAJ&pg=GBS.PA32&hl=es>

Tipo de batería	Ventaja	Desventaja
litio: 	Es la más utilizada en VE, son baterías de iones de litio con electrolito líquido. El material entre el cátodo (electrodo negativo) y el ánodo (electrodo positivo), y que permite la transferencia de electrones, en una solución líquida. Existe varios tipos de baterías de iones de litio, una de ellas es la de litio-hierro-fosfato. Normalmente se emplea ánodo de grafito, o grafito y silicio, y cátodo de litio, níquel, cobalto y aluminio. Suelen tener una tensión por celda de 3,6 V.	
Plomo-acido (Pb-ácido)	Menor costo de adquisición	Son pesadas



Eficiente ante temperatura baja

El plomo es tóxico

Lentitud de carga

Nickel-cadmio (NiCd)



Menor tasa de falla comparado con plomo-ácido
Se puede reciclar totalmente

Alto costo de adquisición
Tiene efecto de memoria
Es contaminante

https://es.wikipedia.org/wiki/Bater%C3%ADa_de_n%C3%ADquel-cadmio

Nickel-hidruro metálico (NiMH).



Tiene menos efecto de memoria que Níquel-cadmio

Menos fiable que Níquel-cadmio
No soporta fuertes descargas y altas corrientes de carga
No es resistente a temperaturas altas

Ion-Litio (LiCoO₂)

Alta densidad energética

Alto costo de producción

Tamaño reducido y peso ligero

Es frágil

Alta eficiencia y no tiene efecto memoria

Necesidad de circuito de seguridad

Necesidad de un almacenamiento cuidadoso

Ion-Litio con cátodo de LiFeP₀₄



Mayor seguridad

Menor densidad de energética

Mayor estabilidad

Mayor costo de adquisición

Mayor potencia

https://es.wikipedia.org/wiki/Bater%C3%ADa_de_litio-ferrofosfato

Polímero de Litio (LiPo)

Mayor densidad de energética

Precio muy elevado

Más ligeras

Ciclo de vida corto





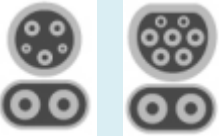


Más eficientes



<https://www.lacasadeldro n.mx/producto/baterias-tattu/>

Fuente Coche eléctrico y la batería: situación actual de mercado y su modelo de operación comercial, Disponible https://ddd.uab.cat/pub/tfg/2020/228099/TFG_jcheng.pdf

Anexo 3. Tipos de conector

Tipo de Conector	Descripción
Schuko: 	Norma UNE 20315. Conector genérico para uso doméstico, homologado 10A/16A y monofásica 2,3 KW. Esta opción es válida para pequeños vehículos eléctricos (referencia Renault Twizy).
SAE J1772 (Type 1): 	Estándar norteamericano adoptado por la Society of Automotive Engineers. Este conector es utilizado principalmente en Estados Unidos y Japón. El componente es diseñado para sistemas monofásicos de 120V o 240V, 32A y hasta 7,2 KW.
Mennekes (Type 2): 	Utilizado principalmente en Europa. Viable para sistemas trifásicos de hasta 500V/63A y 250V/70A monofásicas. Puede brindar las dos opciones de conexión hasta 43 KW. Este tipo de conector es empleado en países como Reino Unido, Alemania e Italia.
GB/T: 	Es usado principalmente en China. Es el conector más usado a nivel mundial teniendo en cuenta el mercado chino y el despliegue que ha tenido la movilidad eléctrica en esta región.
Combo (CCS 1 o CCS 2): 	Este conector incorpora un sistema combinado para carga lenta y carga rápida. De esta manera se presentan dos conectores tipo combo: uno SAE J1772 con la carga en DC y otro conector tipo Mennekes con carga DC. Bajo esta tipología se logra cargas hasta 90 kW. IEC 62196, también conocido como CCS o Combo, es un estándar internacional para el conjunto de conectores eléctricos y los modos de recarga (en especial, la rápida) para vehículos eléctricos y que se mantiene técnicamente por la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC).
CHAdEMO 	Corresponde al estándar propuesto a nivel mundial para carga rápida de hasta 400 kW (CHAdEMO, 2019) con corriente directa. Este conector es una tendencia entre fabricantes japoneses y permite recarga rápida DC. Este tipo de conector comienza a ser utilizado para diferentes vehículos en la Comunidad Europea y Norteamérica.
TESLA: 	Este conector está diseñado exclusivamente para uso de los vehículos TESLA, fue desarrollado por la misma compañía. Este tipo de conector funciona tanto para AC como DC, usando su red de supercargadores que ha sido desplegado a nivel de Estados Unidos y Europa

Fuente: UPME

Anexo 4 Condiciones de contratación N°. 900-IPU-0271-2021

Objeto: Realizar el Mantenimiento Preventivo y Correctivo para los vehículos livianos, medianos y pesados que hacen parte del Parque Automotor de EMCALI EICE ESP.

Presupuesto: \$12.207.613.001,00

Modalidad de selección: INVITACIÓN PÚBLICA

Duración de la labor o servicio: hasta el 30 noviembre de 2023 Días hábiles

Grupo de contrato: Para el cumplimiento del objeto del contrato se suscribirán los contratos en dos grupos así:

Grupo 1 Livianos:

- Gerencia de Unidad Estratégica de Negocio de Acueducto y Alcantarillado – GUEAA
- Gerencia de Unidad Estratégica de Negocio de Energía - GUENE
- Gerencia de Unidad Estratégica de Negocio de Telecomunicaciones – GUENT
- Corporativo

Grupo 2 Medianos y pesados:

- Gerencia de Unidad Estratégica de Negocio de Acueducto y Alcantarillado – GUEAA
- Gerencia de Unidad Estratégica de Negocio de Energía - GUENE y Gerencia de Unidad Estratégica de Negocio de Telecomunicaciones – GUENT

Tipo de mantenimiento

Mantenimiento preventivo: Comprende las revisiones periódicas, inspección, ajuste, cambio de piezas, en los sistemas de vehículos tipo campero o livianos, medianos y pesados. Se realizan previa programación, generalmente cada 5.000 km, 10.000 km o cada 6 meses según lo exija el manual de fabricante de cada vehículo o cuando EMCALI

Mantenimiento correctivo: Se presta cuando el vehículo del parque automotor presenta una falla, el servicio se presta de acuerdo con las ordenes correspondientes generadas a través de sistema utilizado por EMCALI.

Acuerdo de nivel de servicio: El servicio de mantenimiento lo presta el contratista en el área de influencia de EMCALI (Municipio de Santiago de Cali, Yumbo, Puerto Tejada, Jamundí, Candelaria, (Cavasa) y Aeropuerto Palmaseca). Los horarios deben prestar sus servicios, en su sede o sedes, como mínimo de lunes a viernes de 7:30 a.m. a 4:30 p.m. sábado de 7:30 a.m. a 1:00 p.m. y/o domingos y feriados en horario acordado y por solicitudes realizadas por el supervisor del contrato.

Instalaciones: Las actividades de mantenimiento se deben realizar en las instalaciones del contratista o en las instalaciones de EMCALI cuando así lo requiera, para lo cual, su sede o sedes deben ser acordes a las clases de vehículos propiedad de EMCALI, teniendo en cuenta que debe disponer de zonas de trabajo organizadas y demarcadas que cumplan con las normas mínimas de seguridad y salud en el trabajo, acordes con los servicios y trabajos a realizar.

El procedimiento para la prestación del servicio es el siguiente:

- Solicitud en APLICATIVO del cliente interno de EMCALI.
- Generación de la orden en el APLICATIVO

- Traslado de vehículo al taller del contratista, Taller CODE de EMCALI o desplazamiento para diagnóstico en el sitio donde se encuentra el vehículo.
- Diagnóstico
- Cotización
- Autorización
- Realización de la reparación
- Prueba de ruta
- Entrega del vehículo
- Emisión y firma de encuesta de satisfacción
- Facturación de los servicios prestados

Actuales proveedores:

Concesionarios chevrolet para mantenimiento de vehiculos de esta marca

- Autopacifico
- Autosuperio

Mantenimiento de vehiculos multimarca

- Ingemotores
- Arautos

Suministro de llantas:

- Globo llantas
- Sagu

Fuente: Elaboración propia

Anexo 5. Suministro de combustible

Objeto: Suministro de combustible Gasolina Corriente, Extra y Diesel (ACPM) para vehículos y equipos de Emcali.

Presupuesto: \$5.357.532.000 COP

Duración de la labor o servicio: hasta el 31 de agosto de 2021

Cobertura: En las ciudades de Cali, Yumbo, Palmira y Jamundí

Actuales proveedores:

Organización Terpel S.A.

Fuente: Elaboración propia

Anexo 6 Cronograma de actividades proyecto de ingeniería.

id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	Julio 2021	agosto 2021	septiembre 2021
1		Proyecto de Ingeniería	38 días?	20/07/21	9/09/21		6	11	16
2		Selección de tecnología	25 días	20/07/21	23/08/21		6	11	16
3		Recopilación de información básica	10 días	20/07/21	2/08/21		6	11	16
4		Determinación de las características específicas de la tecnología	10 días	3/08/21	16/08/21	3	6	11	16
5		Valorización de los elementos de costos atribuibles a cada una de las alternativas seleccionadas.	5 días	17/08/21	23/08/21	4	6	11	16
6		Selección de equipos	13 días	17/08/21	2/09/21		6	11	16
7		Equipos de carga	4 días	17/08/21	20/08/21	4	6	11	16
8		Selección del Transformador	4 días	23/08/21	26/08/21	7	6	11	16
9		Dimensionamiento de la acometida entre el Transformador y los cargadores	3 días	27/08/21	31/08/21	8	6	11	16
10		Esquema de conexión a la red de EMCALI	2 días	1/09/21	2/09/21	9	6	11	16
11		Realizar simulaciones en el software ETAP 20.5	5 días?	3/09/21	9/09/21	10	6	11	16
12		Modelamiento del Sistema Carga	1 día?	3/09/21	3/09/21		6	11	16
13		Flujo de Carga	1 día?	3/09/21	3/09/21		6	11	16
14		Corto circuito	1 día?	3/09/21	3/09/21		6	11	16
15		Análisis de resultados	1 día?	3/09/21	3/09/21		6	11	16
16		Realizar simulaciones en el software ETAP 20.5	5 días	3/09/21	9/09/21		6	11	16
17		Selección de equipos	5 días?	3/09/21	9/09/21		6	11	16
18		Planos	8 días	20/07/21	29/07/21		6	11	16
19		Elaboración planos arquitectonico parquederos	4 días	20/07/21	23/07/21		6	11	16
20		Elaboración planos eléctricos	4 días	26/07/21	29/07/21	19	6	11	16

Proyecto: Proyecto Reposición Fecha: 20/10/21	Tarea		Resumen inactivo		Tareas externas	
	División		Tarea manual		Hito externo	
	Hito		solo duración		Fecha limite	
	Resumen		Informe de resumen manual		Progreso	
	Resumen del proyecto		Resumen manual		Progreso manual	
	Tarea inactiva		solo el comienzo			
Hito inactivo		solo fin				

Página 1

Fuente: Elaboración propia

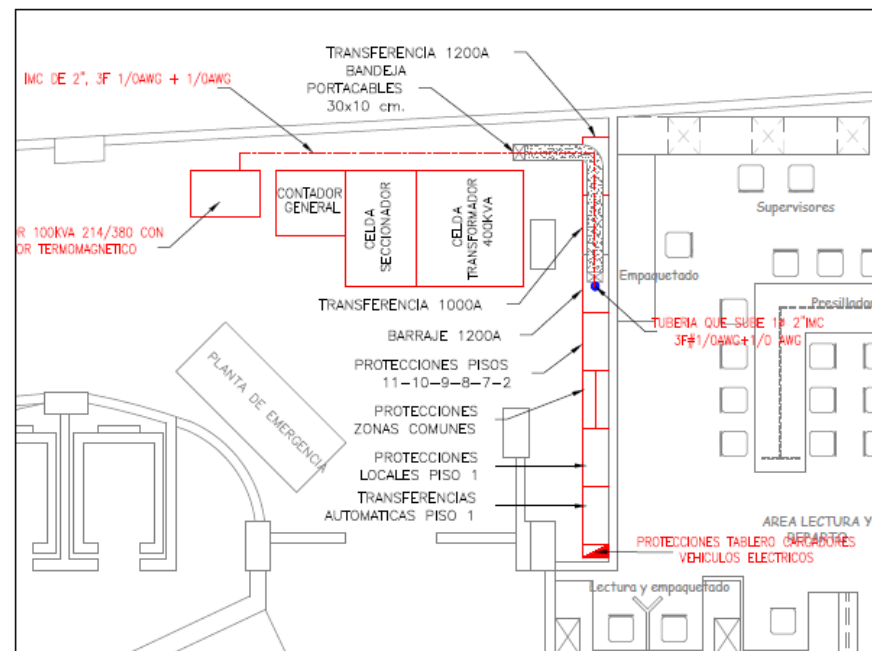
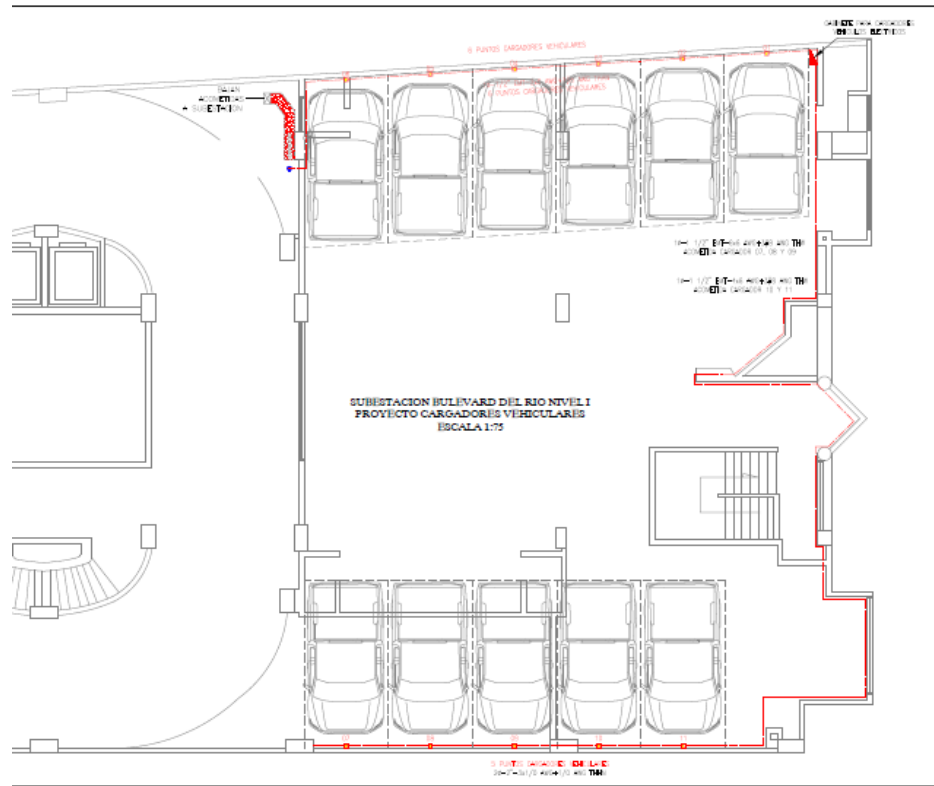
Anexo 7. Flujo de caja del proyecto

Año proyecto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Año calendario	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Inversión VCI	3,504,515,110										
Mantenimiento		3,958,973	4,081,701	4,208,234	4,338,689	4,473,188	4,611,857	4,754,825	4,902,224	5,054,193	5,210,873
Consumo Gasolina		3,188,680	3,427,831	3,684,919	3,961,288	4,258,384	4,577,763	4,921,095	5,290,177	5,686,941	6,113,461
SOAT		711,823	746,837	783,574	822,118	862,558	904,987	949,503	996,209	1,045,212	1,096,626
RTM		221,098	231,680	242,768	254,387	266,562	279,320	292,688	306,696	321,374	336,755
Llantas		-	-	-	-	2,032,917	-	-	-	-	2,619,379
Primas		1,432,442	1,590,010	1,764,911	1,959,052	2,174,547	2,413,748	2,679,260	2,973,978	3,301,116	3,664,239
TOTAL INDIVIDUAL		9,513,016	10,078,060	10,684,406	11,335,533	14,068,157	12,787,674	13,597,370	14,469,284	15,408,836	19,041,333
TOTAL 38 VEHICULOS	3,504,515,110	361,494,614	382,966,282	406,007,435	430,750,263	534,589,948	485,931,613	516,700,072	549,832,807	585,535,766	723,570,648
Inversión VE	5,416,111,055										
Mantenimiento		417,433	417,433	417,433	550,157	417,433	417,433	417,433	828,161	417,433	417,433
Consumo energía		1,764,280	1,856,022	1,952,535	2,054,067	2,160,879	2,273,244	2,391,453	2,515,809	2,646,631	2,784,256
SOAT		524,070	549,849	576,896	605,273	635,046	666,284	699,059	733,445	769,523	807,376
RTM		221,098	231,680	242,768	254,387	266,562	279,320	292,688	306,696	321,374	336,755
Llantas		-	-	-	-	2,032,917	-	-	-	-	2,619,379
Primas		1,432,442	1,590,010	1,764,911	1,959,052	2,174,547	2,413,748	2,679,260	2,973,978	3,301,116	3,664,239
TOTAL INDIVIDUAL		4,359,323	4,644,995	4,954,544	5,422,936	7,687,385	6,050,029	6,479,892	7,358,089	7,456,077	10,629,437
TOTAL 38 VEHICULOS	5,416,111,055	165,654,267	176,509,793	188,272,669	206,071,577	292,120,612	229,901,096	246,235,909	279,607,381	283,330,927	403,918,611
FLUJO DE CAJA NETO	(1,911,595,945)	1,549,868,111	206,456,489	217,734,765	224,678,686	242,469,336	256,030,517	270,464,163	270,225,426	302,204,839	319,652,038

Fuente: Elaboración propia

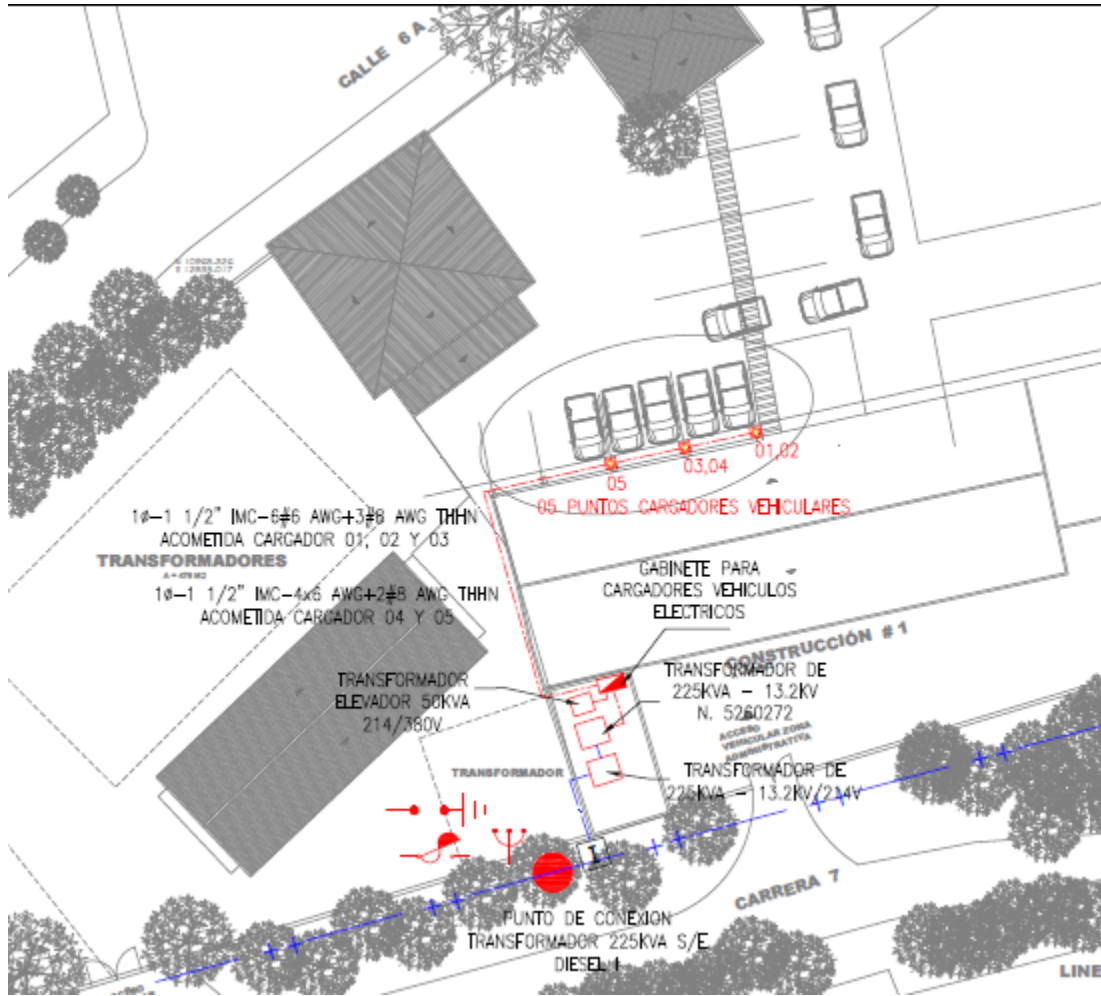
Anexo 8. Diseños Infraestructura Eléctrica

- Parquadero Edificio Boulevard del Río:



Fuente: Elaboración propia

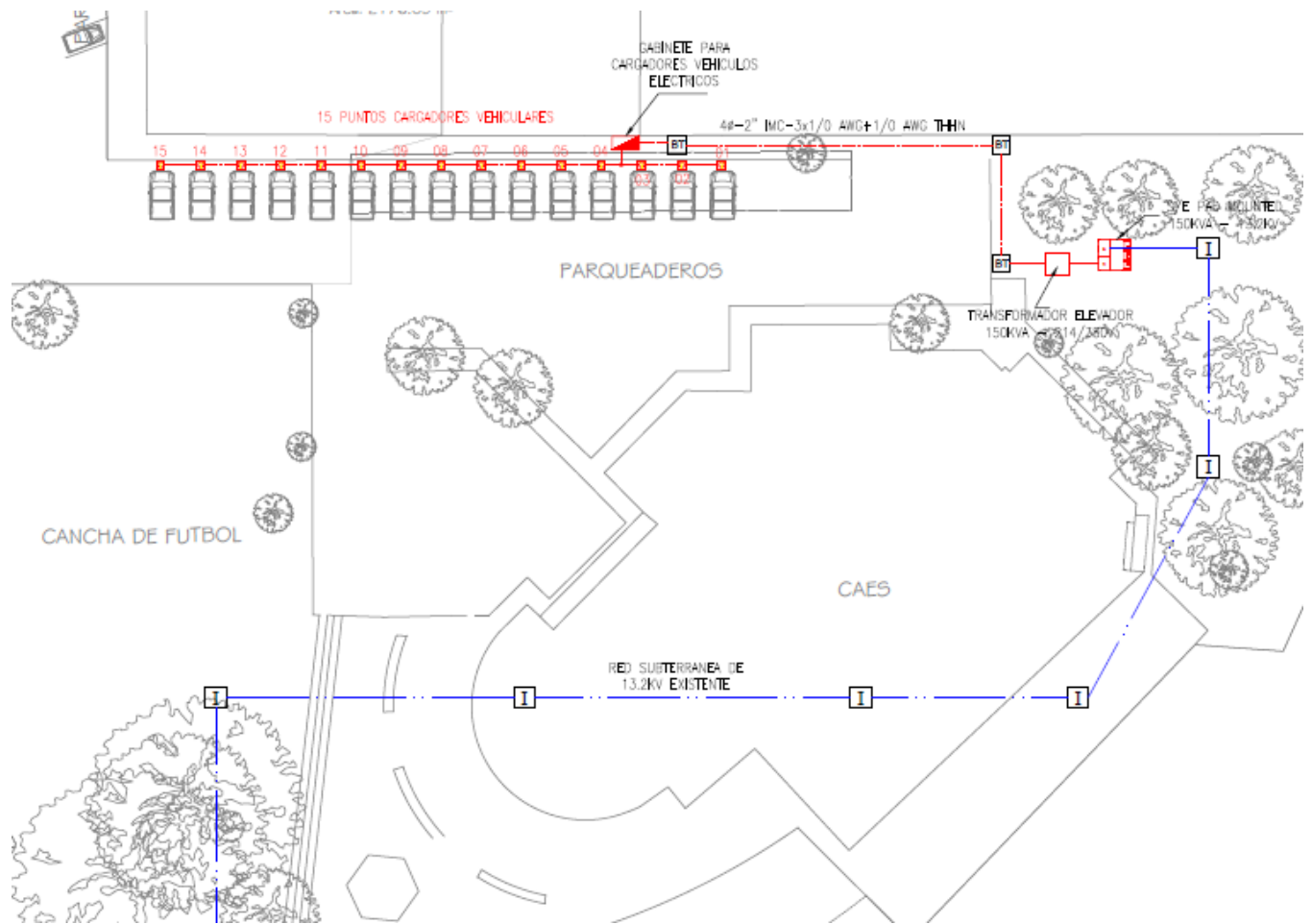
- Parqueadero Diesel I:



CONVENCIONES		
DESCRIPCION	EXISTENTE	PROYECTADO
RED MEDIA TENSIÓN 24.5 KV AEREA	—+—+—+—	—+—+—+—
RED MEDIA TENSIÓN 13.2 KV AEREA	—+—+—	—+—+—
RED MEDIA TENSIÓN 24.5 KV SUBTERRANEA	—+—+—+—	—+—+—+—
RED MEDIA TENSIÓN 13.2 KV SUBTERRANEA	—+—+—	—+—+—
RED BAJA TENSIÓN AEREA	—+—+—+—	—+—+—+—
RED BAJA TENSIÓN SUBTERRANEA	—+—+—+—	—+—+—+—
POSTE PRIMARIO	○	○
POSTE SECUNDARIO	○	○
TRANSFORMADOR	▲	▲
TERMINAL MONOPOLAR	⌋	⌋
TERMINAL DIFERENCIAL	⌋	⌋
TERMINAL CON FIBEL	⌋	⌋
TERMINAL DE I.E. AMBIO	⌋	⌋
TERMINAL POSTE A POSTE	⌋	⌋
PARARRAYOS	⌋	⌋
CONDENSADORES	⌋	⌋
Puentes	⌋	⌋
LAMPARA ALUMBRADO PUBLICO	⌋	⌋
CRUCE AEREO	+	+

Fuente: Elaboración propia

- Parqueadero Diesel I:



Fuente: Elaboración propia