

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

Facultad de Gestión y Alta Dirección



Análisis de oportunidad para la introducción de la
Electromovilidad en el transporte público, en el marco del Triple
Valor, en Lima Metropolitana para el periodo 2020 – 2030

Tesis para obtener el título profesional de Licenciada en Gestión con
mención en Gestión Empresarial que presenta:

Nicole Stefhany Villanueva Justino

Tesis para obtener el título profesional de Licenciado en Gestión con
mención en Gestión Empresarial que presentan:

Erick Alejandro Julián Panduro

Irvin Pierre Otoy Condor

Asesor:

Berlan Rodríguez Pérez

Lima, 2022

La tesis

Análisis de oportunidad para la introducción de la electromovilidad en el transporte público, en el marco del Triple Valor, en Lima Metropolitana para el periodo 2020 – 2030.

ha sido aprobada por:

Mgtr. Juan Carlos Pasco Herrera
[Presidente de Jurado]

Dr. Berlan Rodriguez Perez
[Asesor Jurado]

Mgtr. Gerardo Enrique Arroyo Andonaire
[Tercer Jurado]

DEDICATORIA

Mi agradecimiento a Dios por haberme guiado en las decisiones que me llevan a culminar una gran etapa en mi formación profesional, a mi familia por haberme apoyado en cada momento en mi paso por la universidad, enseñarme la importancia de la perseverancia y de luchar por mis sueños, y a todas las personas que sumaron a mi desarrollo profesional y personal.

Erick Julián

Expresar mi agradecimiento para todas aquellas personas que me han apoyado durante este arduo camino es corta para estas líneas, doy gracias a Dios por haberlas puesto en mi camino y de todo corazón anhelo que las mismas tengan éxito y prosperidad para sus vidas.

Gracias a mis mamás, mi familia (a aquellas que son parte de ella ahora) y confiaron en todo momento en mí.

Irvin Otoya

Agradezco a mi padre, a mi madre y a mi hermano Valentino, por construir un hogar juntos y brindarme amor, cuidado y educación. Papá, gracias por acompañarme en todo momento, por creer en mí y por enseñarme el gran valor del conocimiento y del compromiso.

Te amo.

Nicole Villanueva

Este proyecto no habría sido posible sin el apoyo de varios agentes involucrados.

Gracias a nuestro asesor Berlan Rodríguez por su apoyo en todo este camino respecto a nuestro proyecto de investigación y las diversas tribulaciones que nos tocaron vivir.

Gracias a José Luis Torres (BYD), Daniel Rubio (Modasa), Alex Ascón (Enel X), Adolfo Rojas (AEDIVE), Ángel Mendoza (ACTU), Han Kim (BanBif) y Raquel Quintanilla (Banco Santander) por confiar en nuestro proyecto y brindarnos toda la información necesaria.

Sin el apoyo de todos los mencionados anteriormente no habría sido posible el desarrollo de la presente investigación.



ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1. Objetivos de investigación	5
1.1. Pregunta General.....	5
1.2. Objetivo General	5
1.3. Objetivos Específicos.....	5
2. Viabilidad.....	5
Tabla 1: Expertos contactados	6
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	8
1. Gestión de Sistemas Complejos	8
2. Sostenibilidad y Sistemas Urbanos	11
3. Urbanismo y Transporte Público.....	14
4. Electromovilidad	15
CAPÍTULO 3: MARCO CONTEXTUAL	17
1. Transporte Público en el Perú	17
2. Electromovilidad para el Transporte Público.....	19
2.1. Historia de la Electromovilidad.....	19
2.2. Electromovilidad en el Mundo y la Región.....	20
2.3. Electromovilidad en el Perú.....	22
3. COVID – 19	25
CAPÍTULO 4: MARCO METODOLÓGICO	28
1. Estrategia Metodológica.....	28
2. Fuentes de Información	30
3. Ejes de Evaluación	30
3.1. Eje Económico	30
3.2. Eje Ambiental	32
3.3. Eje Social.....	37
CAPÍTULO 5: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	41
1. Eje Económico	41
1.1. Análisis Costo Total de Propiedad.....	41
1.2. Escenarios implementación buses eléctricos.....	49
1.3. Benchmarking Regional	57

2. Eje Ambiental.....	58
2.1. Análisis de Ciclo de Vida (ACV).....	59
2.2. Indicadores Ambientales.....	65
3. Eje Social	67
3.1. Cuestionarios	67
3.2. Análisis Multi Scoring.....	69
4. Mapa de Acciones de Sostenibilidad (SAM)	71
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	73
1. Conclusiones	73
2. Recomendaciones.....	75
REFERENCIAS.....	77
ANEXOS	86
ANEXO A: Capacidad de la batería de un bus eléctrico en un horizonte de 10 años.....	86
ANEXO B: Estimación del costo del cargador de un bus eléctrico.....	87
ANEXO C: Supuestos para la estimación del flujo de caja.....	88
ANEXO D: Benchmarking regional sobre electromovilidad en Latinoamérica.....	98
ANEXO E: Cuestionario encuesta sobre bienestar social en el Transporte Público de Lima Metropolitana.....	99
ANEXO F: Mapa de Acciones Sostenibles – SAM.....	101

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Expertos contactados	6
Tabla 2 Ventas por Tipo de Vehículos.....	24
Tabla 3 Avance Latinoamérica.....	25
Tabla 4 Tipos de ACV	34
Tabla 5 Horizonte de evaluación.....	40
Tabla 6 Costo Chasis - Carrocería	42
Tabla 7 Costo Total Sistema de Recarga.....	43
Tabla 8 Rendimiento Bus Eléctrico.....	44
Tabla 9 Costos Variables y Costos Fijos	44
Tabla 10 Costos de Personal.....	45
Tabla 11 Resultados ACV Bus Diésel - Eléctrico.....	57
Tabla 12 Resultados ACV Bus Gas - Eléctrico	60
Tabla 13 Resultados de encuesta sobre bienestar social en el Transporte Público de Lima Metropolitana.....	67

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 The Triple Bottom Line.....	14
Figura 2 Registro de Matrículas de EV 2019.....	21
Figura 3 Compromisos nacionales.....	23
Figura 4 Ejemplo estacionamientos carga solar.....	31
Figura 5 Proceso de Implementación de una NAMA.....	40
Figura 6 Costo promedio de baterías.....	42
Figura 7 Resultado TCO 10 años.....	47
Figura 8 Tasas Activas Promedio Perú 2018-2021.....	50
Figura 9 Primer Escenario - Situación Pandemia.....	52
Figura 10 Segundo Escenario - Sin Pandemia.....	53
Figura 11 Tercer Escenario - Sin Pandemia + Exoneración IGV.....	54
Figura 12 Cuarto Escenario - Situación Pandemia + Exoneración IGV.....	55
Figura 13 Resultados ACV.....	62

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1 Fórmula Costo Total de Propiedad	39
Ecuación 2 Emisiones de gases de efecto invernadero (Co2)	63
Ecuación 3 Velocidad media del transporte público.....	63
Ecuación 4 Km de viaje de vehículos.....	64
Ecuación 5 Cobertura transporte público.....	64



RESUMEN

En las últimas décadas, el crecimiento de la población a nivel mundial y, particularmente en Lima, ha demandado nuevas alternativas en el transporte urbano para que ofrezca mejoras en la calidad de vida de los ciudadanos. La movilización de las personas en la ciudad se ha convertido en uno de los elementos claves y fundamentales para el desarrollo de *esta* ya que va relacionado con la calidad y eficiencia del transporte público.

De esta manera, como ha incrementado la necesidad de transporte, también hay crecimiento de la conciencia medioambiental y el desarrollo tecnológico, que abre otras posibilidades de buscar nuevas formas de movilidad sostenible. A partir de esta realidad, se han ido investigando y desarrollando nuevas fuentes de energía que tengan menor impacto en la contaminación del medio ambiente.

Desde esta perspectiva, la investigación desarrolla el análisis acerca de la comparación entre los buses que utilizan combustible a diésel, gas y energía eléctrica para conocer el escenario actual en el que se desarrollan en la ciudad de Lima. Así mismo, se analiza el panorama actual para futuras oportunidades de inversión y la introducción de la electromovilidad en el transporte público, donde se reconozca, a través de una perspectiva sistémica, los principales agentes involucrados en el sistema del transporte público y sus interacciones con otros grupos de interés.

Para tener una visión sistémica y se proceda a la búsqueda de nuevas soluciones en el transporte público, se analiza los buses señalados previamente a partir de tres ejes principales: económico, social y ambiental. La finalidad es analizar variables que están involucradas para que exista un ecosistema en cual se desarrolle la implementación de nuevas tecnologías a partir del análisis del Triple Valor.

Al final de la investigación, tras realizar la comparación de los buses estudiados, se determinó que el uso de buses eléctricos es una alternativa con menor impacto en el medio ambiente y con indicadores favorables para la sociedad. Sin embargo, mantiene una posición menos competitiva en cuestiones financieras respecto a los otros tipos de buses, razón por la cual se vuelve una opción poco atractiva. La decisión de inversión en nuevas tecnologías debe estar acompañada de mejoras en la normatividad y una forma de afrontar ello es a través de planes estratégicos.

Palabras clave: Lima Metropolitana, electromovilidad, sostenibilidad, Triple Valor, transporte público

INTRODUCCIÓN

El siguiente trabajo de investigación se basa, como herramienta, en el Triple Valor, el cual ha sido adoptado por la Universidad Estatal de Portland como una manera de guía para evaluar diferentes opciones y, sobre todo, tomar decisiones de inversión. Mediante esta investigación, se ha podido analizar que las decisiones de inversión no solo deben centrarse en el desarrollo económico, sino que deben buscar mejorar y comunicar el rendimiento de la inversión en una amplia gama de impactos como el ambiental y social, a fin de que sea sostenible en el tiempo (Portland State University, 2015).

Así mismo, para ahondar más en el tema, se encontró información sobre la sostenibilidad del transporte y la toma de decisiones de este. En ese sentido, la Universidad de Oregon (2013) propone ciertas iniciativas que se tomarán en cuenta al momento de adoptar el transporte sostenible en el presente caso de estudio. En este se señala que el desarrollo de las demás personas, en un estilo de vida estándar decente, debe ser preservado, mientras que el resto de la vida alrededor también debe ser posible. Así mismo, en base al transporte y la sostenibilidad, la investigación está enfocada en cuatro aspectos principales: Primero, las concentraciones de sustancias extraídas del suelo no deben dañar la vida de las personas; segundo, se debe tener cuidado con la concentración de sustancias producidas en la sociedad; tercero, la degradación de las personas por medios físicos; y, finalmente, las personas no deben estar sometidas a condiciones que impidan, sistemáticamente, satisfacer sus necesidades (Zako y Moore, 2013).

En base a lo expuesto previamente, se pretende evaluar, mediante el Triple Valor, el impacto de la inversión en el transporte, en el cual se incluyen categorías importantes sobre los costos y proyecciones a largo plazo. Se considera el impacto de los diferentes tipos de buses¹ en evaluación dentro del medio ambiente y el aspecto social. Se mide y cuantifica lo máximo posible a partir de datos recolectados. Finalmente, se obtiene información relevante para la discusión pública sobre los diferentes tipos de tecnología para tomar decisiones eficientes. En base a esta investigación se puede obtener, como guía, que la inversión en transporte debe intentar cuantificar los costos y beneficios de la electromovilidad en el transporte público; desarrollar medidas de eficiencia que puedan usarse para comparar diferentes tipos de transporte cuando se relacionan vidas humanas con cada sol o dólar invertido, que son traducidos en la cantidad de horas reducidas o atrapados en la congestión; y analizar temas como la salud, la contaminación, entre otros

¹ Entiéndase por tipos de buses a los mencionados dentro de la investigación: diésel, gas y eléctrico.

(Portland State University, 2015).

Para el desarrollo de la electromovilidad en el Perú, se han tomado como referencia distintos escenarios en países de Latinoamérica que la han ido adoptando. En primer lugar, se encuentra Colombia, en la cual el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2019), ha dispuesto la promoción de incentivos para vehículos con bajas emisiones de gases contaminantes, esto con el fin de enfrentar el cambio climático y frenar su impacto en el medioambiente, así como promover el uso de combustibles menos contaminantes en su “Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica”. Hay que mencionar que Colombia tiene de 0 % a 5 % en aranceles por la importación de vehículos no contaminantes y que, actualmente, ha obtenido, por licitación, la flota más grande de buses eléctricos en Latinoamérica por la empresa BYD (Banco Interamericano de Desarrollo [BID], 2019). Entonces, impulsar medios de transporte que reduzcan su consumo en combustibles tipo fósiles y su presencia de menor cantidad de Gases de Efecto Invernadero (GEI) es a través de políticas en la infraestructura, comercio y operación de vehículos eléctricos, así como cambiar su flota de vehículos de uso gubernamental (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019).

Así mismo, se tiene el caso de Brasil, donde los automóviles y camiones de carga eléctrica están totalmente exentos del 35 % de arancel de importación. En algunos estados del país, estos vehículos están exentos del Impuesto de propiedad. BYD ha establecido una planta de construcción de vehículos eléctricos en este país (Ministerio de Energía y Minas [MINEM], 2017). Finalmente, se tiene el caso de Chile, en cuyo territorio se están implementando, dentro de la Red Metropolitana de Movilidad (Transantiago), buses eléctricos que vienen operando desde el 2019. Además, se tiene contemplado contar con el 40 % de vehículos particulares y el 100 % de transporte público eléctrico (Ministerio de Energía de Chile, 2019).

En base a lo expuesto, algunos países latinoamericanos vienen desarrollando la electromovilidad en el transporte público para que la misma pueda ser un medio de solución frente a problemas medioambientales y, de esta manera, llegue a más personas dentro de la esfera privada. En Perú se tienen propuestas analizadas por el Ministerio de Energía y Minas, las cuales señalan algunas de las principales barreras a las que se enfrenta como país y las posibles soluciones frente a la misma. Se tiene evidencia de proyectos piloto como el desarrollado por la Municipalidad de San Isidro, donde, en un trabajo conjunto con la empresa Engie, ponen en circulación un vehículo eléctrico de la marca BYD; y el proyecto realizado por la Municipalidad de Lima en el corredor vial de la Línea 209, en participación con Enel X.

Finalmente, debido a que la electromovilidad es un tema que se viene desarrollando en la actualidad, la información de fuentes recopiladas en nuestro país solo se limita principalmente a informes de sostenibilidad y/o análisis de escenarios (como referencia a otros países), más no al desarrollo de un programa en concreto. Esto último debido a sendas circunstancias que actualmente son puestas aún más de lado por la situación de pandemia vivida en el mundo entero. Entonces, el desarrollo de la investigación ha sido una constante búsqueda de información y entrevistas con agentes que están inmersos en las organizaciones que vienen desarrollando y promocionando nuevas fuentes de energía -como la eléctrica- en los buses eléctricos. Ello hay que considerarlo para tener más acercamiento a la investigación y a los propósitos que la misma busca desarrollar.

CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el Perú existe una amplia variedad de vehículos automotores. Aproximadamente más de la mitad de los vehículos tienen algún tipo de combustible a gasolina o diésel. Después de ellos, se puede encontrar aquellos que usan GLP y GNV (Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC], 2020). El aumento de la población y, con ello, la demanda de mayor cantidad de medios de transporte ha llevado a la ciudad de Lima a generar algunos problemas relacionados con altos niveles de contaminación medioambiental y sonora que tienen consecuencia en la salud de las personas; y problemas con el tráfico, ya que actualmente Lima es considerada la tercera ciudad con el mayor tráfico a nivel mundial (TomTom, 2019).

A partir de ello, se pueden indicar algunos problemas en el transporte público. Por ejemplo: el alto índice de informalidad; número elevado de rutas no gestionadas adecuadamente; la interconexión con el Callao; sistema ineficiente del transporte público, entre otros (Bielich, 2009). Pero solucionar estos problemas presenta una barrera en la gestión de la infraestructura y jerarquización vial y organizacional (Jiménez, 2014). Es decir, los diferentes problemas que afronta cada municipalidad, para aplicar y tener intervenciones en la normativa de esta, siempre estarán inmersos dentro de la política y la infraestructura de cada organización (Defensoría del Pueblo, 2008). La evidencia de ello es el cambio de personal que se realiza cuando el periodo o la gestión de un alcalde o presidente termina y demanda una nueva convocatoria según las necesidades del nuevo régimen. En suma, esto puede ocasionar la falta de estabilidad en algunos proyectos en marcha o que se tengan planeados cumplir.

En base a lo expuesto, es necesario una reforma en el transporte que reemplace al sistema integrado de transporte que se tiene actualmente. Este sistema, en un futuro, debería considerar estar conformado por vehículos eléctricos, específicamente buses, ya que tendrían un impacto

menor en el medio ambiente. Ello demanda coordinación entre lo público y privado, ejemplo de ello es lo realizado por la Municipalidad de Lima con el proyecto de un primer bus integrado a la línea del Corredor Rojo (Faucett-La Marina-Javier Prado), que pone como operador a Allin Group en cooperación para el desarrollo con Enel X Perú, Hydro Quebec y Global Sustainable Electricity Partnership (GSEP) tanto en la homologación del vehículo como en el desarrollo e implementación de estaciones de carga del bus eléctrico. Este tipo de iniciativas forman parte de cómo afrontar la problemática en el transporte limeño, ya que supone la revolución del parque automotor. Si bien existen autos híbridos en el mercado, estos tienen un precio más elevado que un vehículo a gasolina, debido a que los mismos demandan un costo mayor de importación y no se tienen regulaciones en el Perú para fomentar el ingreso de este; esta realidad contrasta con países vecinos como Colombia, Brasil y Chile, que tienen regulaciones para la importación de vehículos eléctricos (MINEM, 2017). También es necesario mencionar la creación de la Autoridad de Transporte Urbano para Lima y Callao², mediante la cual se han planteado herramientas para la planificación de estrategias que ayuden a afrontar los problemas relacionados al tráfico y la informalidad que en existe.

Realizar este tipo de gestiones no resultar una tarea sencilla a pesar de contar con facultades que, en teoría, deberían permitirlo, como la Ley General del Ambiente³. Esta normativa señala que se debe considerar dentro de las políticas de ordenamiento urbano y rural la Política Nacional del Ambiente o el Plan de Desarrollo de Lima Metropolitana 2012-2025⁴, los cuales enfatizan la promoción de la movilidad sostenible. En base al panorama expuesto y a una serie de demandas y regulaciones que existen, resulta importante la búsqueda de nuevas alternativas respecto a la sostenibilidad en el transporte de Lima.

Finalmente, en función de la revisión que se ha realizado, se pretende identificar las condiciones necesarias para la introducción de la electromovilidad en el transporte público, con la finalidad de desarrollarlo, en la ciudad de Lima, a partir de la evaluación de tres ejes importantes (económico, ambiental y social) que conforman el Triple Valor. De esta manera, será importante abrir paso a un nuevo mercado de posibilidades, tanto para empresas privadas como para las públicas y la población en general, ya que el cambio progresivo del mismo siempre traerá consecuencias de cambio que demandarán nuevos puestos de trabajo y mano de obra especializada. En la medida que se vayan realizando acciones de mejora en el transporte urbano, se buscará también mejoras en la calidad de vida de las personas no solo en el tráfico, sino -sobre todo- en la salud, valorpreciado en tiempos de pandemia.

² Ley N° 30900, 2019

³ Ley N° 28611, 2005

⁴ Ordenanza N° 1851 - MML, 2014

1. Objetivos de investigación

1.1. Pregunta General

¿Cuáles serían las condiciones necesarias que incentiven a posibles inversionistas, a través del marco del Triple Valor, a introducir la electromovilidad en el transporte público, en Lima Metropolitana, en el periodo 2020-2030?

1.2. Objetivo General

Analizar las variables y presentar condiciones que influyan en la toma de decisiones de inversión en electromovilidad en el transporte público, en Lima Metropolitana, a través del enfoque de Triple Valor.

1.3. Objetivos Específicos

OE1: Identificar variables empleadas para estudios de viabilidad similares en países que hayan implementado la electromovilidad en el transporte público, adaptándolas a la realidad nacional.

OE2: Identificar los factores e incentivos que han sido utilizados/requeridos por países de la región en los que se ha implementado la electromovilidad en el transporte público.

OE3: Explicar, de manera transparente, los costos y beneficios de las decisiones de inversión, considerando el impacto para los agentes involucrados.

OE4: Analizar la posibilidad de inversión de buses eléctricos, dentro de la ruta Javier Prado del Corredor Rojo, como una alternativa enfocada en el Triple Valor.

2. Viabilidad

El presente proyecto de investigación se desarrolló, desde sus inicios, en un contexto de crisis sanitaria, debido a la declaración de pandemia generada por el virus SARS-CoV-2 (Covid19), por lo que, de acuerdo con las medidas de protección, la posibilidad de acceder a información de primera mano por medio de entrevistas presenciales y realizar un trabajo de campo para la observación del sistema de transporte a estudiar se dificulta. Pese a ello, para obtener información se encontró la oportunidad de realizar una investigación en base a reportes, memorias, informes y demás artículos informativos publicados por las instituciones de diversos sectores relacionados al objetivo de investigación. Del mismo modo, debido a la relevancia que tiene la perspectiva y la consideración de cada experto en el sector, desde entidades involucradas hasta actores relacionados, se recurrió a realizar, a profundidad, conversatorios y encuestas, con la finalidad de analizar la información recabada por estos medios.

Durante la primera etapa de este proyecto y de acuerdo con el objeto de estudio, se pudo concretar una reunión con el Gerente de CIDATT, Juan Tapia, quien, a su vez, ha estado encargado de la presidencia del Metropolitano en años anteriores. Gracias a su experiencia y bastos conocimientos, proporcionó una basta lista de contactos clave para abarcar, en lo posible, los puntos más relevantes relacionados a la electromovilidad, tanto de vehículos particulares como de uso público, así como relacionados al transporte público en general, tales como el presidente de Protransporte y otras organizaciones del sector transporte que serán detallados en la Tabla 1. Así mismo, para abordar los demás objetivos específicos de la investigación se recurrió a organizaciones como Allin Group (Operadora de la ruta La Marina - Javier Prado), fabricantes de buses, distribuidores de energía y bancos. Durante los meses de investigación, a pesar del contexto identificado previamente, se logró conseguir información precisa y de mucha utilidad para desarrollar y lograr aproximaciones como los resultados del análisis del objeto de estudio.

Tabla 1: Expertos contactados

Nombre	Empresa	Cargo	Sector
Juan Tapia Grillo	CIDATT	Gerente	Consultora
Jaime Parada	DEUMAN	Gerente General	
Cristhian Abanto Vilca	DEUMAN	Gestor Comercial	
Adolfo Rojas	AEDIVE PERÚ	Director	
Orlando Ardito	AGPEIP	Gerente General	
Daniel Rubio	Modasa	Gerente División Buses	Fabricante
Martín Elías	Higer Bus Company Ltd.	Ventas Corporativas	
Jose Luis Torres De La Piedra	BYD	Gerente Comercial	
Evelyn Terán	Engie Perú	Gerente de Desarrollo	Generador/ Distribuidor
Edwin Zorrilla	ABB	Sales Manager Electrification	
Alex Ascon	Enel X	Responsable de E-Mobility	
David Mendoza	Allin Group Javier Prado S.A.	Director	Operador
Ángel Mendoza	ACTU	Gerente General	
Raquel Quintanilla	Banco Santander	Analista de riesgos financieros Banca Vehicular	Banca
Han Kim	BanBif	Especialista Pricing	

En adición a lo mencionado líneas arriba, se cuenta con acceso a diversas fuentes bibliográficas de corte académico, tanto por parte de la universidad como de otras universidades a nivel internacional debido a su progreso en temas de electromovilidad en general. Se incluyen, además, publicaciones recientes a las que se ha podido acceder mediante el sistema de compra de la universidad. Sin embargo, considerando el panorama adverso de crisis sanitaria, los esfuerzos

de los órganos estatales están orientados a contribuir con la mejora de condiciones y sumar a la salud y recuperación de la población en el corto plazo, por lo que no se ha podido establecer contacto con autoridades gubernamentales referidas al medio ambiente o al transporte; no obstante, se accedió a diversos conversatorios y exposiciones sobre electromovilidad y el transporte sostenible, en los cuales se compartió avances gubernamentales respecto al objeto de estudio como “Electrotransporte digital 2020” que tuvo desarrollo los días 24 y 25 de setiembre.

De este modo, se encontró el soporte de corte global que se requiere para establecer relaciones entre el acceso e implementación a la electromovilidad en el Perú, en comparación con sus pares del continente y del resto del mundo. Cobra importancia, sobre todo, por ser un tópico relativamente nuevo en el Perú, particularmente por el nivel de implementación que se registra de acuerdo con los avances, aún en un panorama con un ligero incremento en el número de unidades tanto híbridas como eléctricas. Debido a lo expuesto, es preciso comentar el uso de material e información relativa a la electromovilidad de uso particular y para transporte público, la cual proviene principalmente de fuentes institucionales tales como ministerios, municipios, empresa privada, reportes de consultoras, entre otros. Además, para establecer el comparativo con países vecinos, se cuenta con fuentes académicas, gubernamentales y privadas de los principales países referente en electromovilidad, como son Chile, Colombia y Brasil. Por los motivos mencionados, es oportuno plantear y desarrollar el proyecto de investigación desde una óptica teórica descriptiva, valiéndose de las fuentes mencionadas y la información recabada de entrevistas a expertos del sector.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

1. Gestión de Sistemas Complejos

La complejidad está asociada con la imposibilidad de considerar aspectos particulares de un fenómeno, proceso o situación a partir de una disciplina específica (García, 2006). Según el referido autor, un sistema complejo puede entenderse como la representación de un recorte de la realidad percibida, la cual es conceptualizada como una totalidad organizada, un sistema, y donde los elementos no pueden separarse ni ser estudiados aisladamente. Bajo este concepto, investigar, administrar o trabajar sistemas complejos, ordenándolos desde una perspectiva académica, política o empresarial, por dar algunos ejemplos, requiere necesariamente el desarrollo de relaciones interdisciplinarias que permitan abordar los aspectos concretos del problema, proceso, fenómeno o situación en cuestión. Rolando García, en su libro titulado: “El conocimiento en construcción” (2006), explica en el capítulo sobre Sistemas Complejos dos condiciones que dotan a un sistema el carácter de complejo. En primer lugar, los componentes deben presentar interdefinibilidad. Es decir, las funciones de estos, también llamados subsistemas, no son independientes ni pueden definirse aisladamente. En segundo lugar, dado que el sistema está inmerso en una realidad más amplia, a la cual pertenece y con la cual interactúa por medio de flujos de recursos económicos y políticas públicas, por ejemplo: el sistema carece de fronteras rígidas tanto de influencia como de acción. El sistema como totalidad es abierto. Debido a que el presente trabajo de investigación busca identificar a los principales agentes involucrados en el sistema de transporte público en Lima Metropolitana, sus interacciones con otros grupos de interés tanto en el ámbito de cobertura geográfica como respecto a oportunidades de cooperación regional, nacional e internacional. Del mismo modo, Almaguer y Escriche (2015) plantean a aquellos grupos de interés involucrados en el sistema de transporte en Lima que, para lograr un efectivo análisis de interacciones entre actores o elementos de un sistema complejo, es requisito necesario manejar una perspectiva sistémica.

La perspectiva sistémica implica necesariamente un enfoque por procesos, analizando los problemas u objetos de estudio respecto al sistema no como algo estático, sino como procesos en constante transformación debido a las múltiples interacciones entre los subsistemas y a la influencia de factores externos con alto poder de influencia. En síntesis, dado que un sistema complejo es también un sistema abierto, coexiste una interrelación entre una dinámica interna y una externa. Posteriormente a la definición del concepto de sistema complejo, es importante detallar las características principales del mismo. Las siguientes características han sido propuestas por García (2006): la principal característica se enfoca en el comportamiento del sistema. Un sistema complejo se comporta como una totalidad, dado que está compuesto por

subsistemas que coexisten. La segunda característica hace referencia a dichos subsistemas, o elementos, los cuales son altamente heterogéneos, lo cual otorga la característica de complejidad al sistema. La tercera característica se enfoca en las relaciones del sistema, las cuales presentan una alta densidad tanto hacia adentro como hacia fuera. Asimismo, un sistema complejo no puede ser dividido, ya que un subsistema determina al otro y no pueden ser separados para explicar una parte del sistema. La explicación implica la relación misma entre los elementos, es decir, estos son interdefinibles. Otra característica respecto a los subsistemas es que para definir a uno se requiere de los otros subsistemas, especialmente la relación mutua mediante la cual ambos coexisten y define su función dentro de un sistema mayor.

Un sistema complejo presenta niveles en su estructura y, con ello, procesos específicos que estarán vinculados entre sí y cuya interacción no es mecánica ni lineal, es completamente dinámica y continua. Finalmente, la última característica mencionada por García (2006) hace referencia a la estructura del sistema complejo, la cual presenta en sí misma una superposición de estructuras continua en el tiempo. Los sistemas complejos, además, siguen dos principios: El primero responde a la disposición de subsistemas, los cuales estarán organizados por niveles, cada uno con dinámicas propias, pero en constante interacción entre sí; el segundo principio responde a la evolución del sistema, la cual no procederá por desarrollos continuos, sino por reorganizaciones sucesivas. Si bien los elementos del sistema se encuentran continuamente en evolución, la totalidad se entenderá como como un simple resultado de estas sin una evolución particular, sino como una consecuencia de sus propios elementos (García, 2006). Los sistemas complejos presentan niveles superpuestos en su estructura, lo que hace necesario un análisis por y entre niveles. El primer nivel de análisis se enfocará en los subsistemas o elementos: los principales elementos transversales en sistemas complejos con el subsistema físico, el subsistema económico y el subsistema social. García (2006) desarrolla un segundo nivel donde se enfoca en los cambios introducidos en el sistema como resultado de fenómenos de carácter más general, generados por agentes externos o macroelementos transversales a diversos sistemas nacionales, regionales o sectoriales. Por último, en el tercer nivel se analizarán los cambios que ocurren en estos fenómenos generales debidos a modificaciones globales. Es importante mencionar que el aspecto más complejo es el análisis de las interacciones entre los niveles de organización. Debido a que continuamente los subsistemas modifican su comportamiento como parte del todo, se producen reorganizaciones sucesivas en el sistema complejo y son estas transformaciones las que orientan el análisis, identificando patrones y grados de influencia. El tipo de transformaciones y su relación con las propiedades del sistema son indispensables para comprender cómo funciona y para tener la oportunidad de realizar un análisis y diagnóstico del sistema complejo.

Una crítica fundamentalmente importante hacia el pensamiento simplista es formulada por Edgar Morín, y permitirá ilustrar la necesidad de la complejidad como concepto para entender estructuras sistémicas. Morín (1999) resalta los límites, las insuficiencias y las asimetrías de información como causas que hacen necesario un método que integre un análisis complejo y multidimensional. Es así como, en primera instancia, el autor define la complejidad como un crisol de eventos, interacciones, rasgos y patrones que pueden ser cuantificados, dado que son parte de un fenómeno. Para el presente trabajo de investigación, se buscó una perspectiva sistémica alineada a la cooperación para el desarrollo debido al objeto de estudio propuesto. Al respecto, Almaguer y Escriche (2015) plantean un diseño de proyectos enfocados en el desarrollo aplicable en un entorno de sistemas complejos. Para ello, los autores proponen dos fases: Diagnóstico y Transformación.

La primera es la fase de diagnóstico para identificar los elementos del sistema complejos y establecer la delimitación del objeto de estudio. Posteriormente, se deberá identificar también las relaciones entre los subsistemas. También es necesario identificar los niveles de organización dentro del sistema complejo, para, finalmente, definir las propiedades estructurales del mismo y los estados históricamente desarrollados. En conclusión, la primera etapa tiene por objetivo entender la naturaleza del sistema complejo para que puedan definirse los objetivos de la propuesta de desarrollo respecto a este. Cuando se hace referencia a objetivos, debe entenderse que estos serán modificaciones propuestas al sistema para lograr un fin. Asimismo, los objetivos planteados no son los únicos, pues toda propuesta de desarrollo ya sea económica, social o para el transporte, como es el caso, incluye también objetivos implícitos, entendiendo estos como los supuestos o condiciones necesarias para lograr la implementación y sostenibilidad de la propuesta. Según Rolando García (2006), una propuesta de desarrollo para un sistema complejo requiere analizar cada una de las hipótesis planteadas respecto al objeto de estudio. Para ello se deben identificar las posibles variaciones en los agentes involucrados que hayan sido identificados, también llamados subsistemas debido a que en su interacción conjunta crean al sistema complejo y forman parte de este. Posteriormente, es necesario detectar las nuevas consecuencias que se podrían generar de acuerdo con las hipótesis propuestas y las nuevas propiedades estructurales que tendría el sistema complejo una vez adoptada esta. Finalmente, deberán identificarse los requisitos obligatorios que permitirán a la propuesta ser factible. El autor recomienda complementar la fase de diagnóstico con un análisis de factibilidad.

La segunda etapa de una propuesta para el desarrollo en un sistema complejo recibe el nombre de Fase de Transformación; es decir, esta es la etapa donde se procede a realizar la intervención sistémica. Esta suele ser, según Almaguer y Escriche (2015), la etapa más retadora

y, posiblemente, la que más tiempo implique, debido a que cada subsistema requerirá distintos procesos de implementación para que se logre la ejecución total. Es fundamental, entonces, evaluar previamente la viabilidad tecnológica de ejecución. Para ello debe considerarse y evaluarse el uso de tecnología disponible, así como la posibilidad de proponer cambios tecnológicos, adaptaciones o innovaciones para resolver los problemas identificados. También es necesario evaluar la disponibilidad de los recursos en cada uno de los ámbitos de la propuesta; es decir, factores económicos, de infraestructura, tecnológicos y sociales necesarios. Otro punto fundamental será la identificación del contexto internacional, con el objetivo de conocer qué intereses nacionales o internacionales pueden ser afectados tanto de manera positiva, como de manera negativa. Con ello podrán evaluarse las posibilidades de factibilidad sin conflicto de intereses que perjudiquen la implementación y viabilidad de la propuesta. Los autores sintetizan la factibilidad de una propuesta que busca el desarrollo en un sistema complejo con un argumento respaldado en el presente trabajo de investigación: será crítico valorar la generación de conocimiento como base de la ejecución y sostenibilidad del proyecto (Almaguer y Escriche, 2015). Un enfoque final que se considera relevante para la presente investigación es el análisis de trabajos en sistemas complejos aterrizados en América Latina y el Caribe. En un estudio realizado por la Universidad de Buenos Aires, se definen dos enfoques bajo los cuales puede analizarse el desarrollo de propuestas en sistemas complejos. El primero es el enfoque algorítmico-computacional, y el segundo es el enfoque Weltanschauung. Debido a que es necesario comprender la dinámica del sistema complejo, cada uno de estos enfoques permite entender la complejidad desde una perspectiva que será de utilidad según la realidad en la que se implementará la propuesta. Es así como las características de los sistemas complejos no sólo establecen la necesidad de estudiarlos con una metodología adecuada, que implique necesariamente un carácter interdisciplinario, sino que fundamentalmente determinan cuáles son las condiciones que debe reunir dicha metodología. En este contexto, la metodología "adecuada" debe servir como instrumento de análisis de los procesos que tienen lugar en un sistema complejo y que explican su comportamiento y evolución como totalidad organizada (García, 2011).

2. Sostenibilidad y Sistemas Urbanos

En el año 1987, la comisión mundial para el ambiente y el desarrollo de las Naciones Unidas declaró el desarrollo sostenible en el Informe de Brundtland como el modelo de desarrollo que satisface las necesidades del presente sin afectar la capacidad de futuras generaciones de atender sus propias necesidades (ONU, 1987). Durante las décadas de 1960 y 1970, surgieron enfoques empresariales que iniciaron una transformación respecto al conocimiento y la evaluación del impacto de las empresas con su entorno. Dichos conceptos permitieron identificar

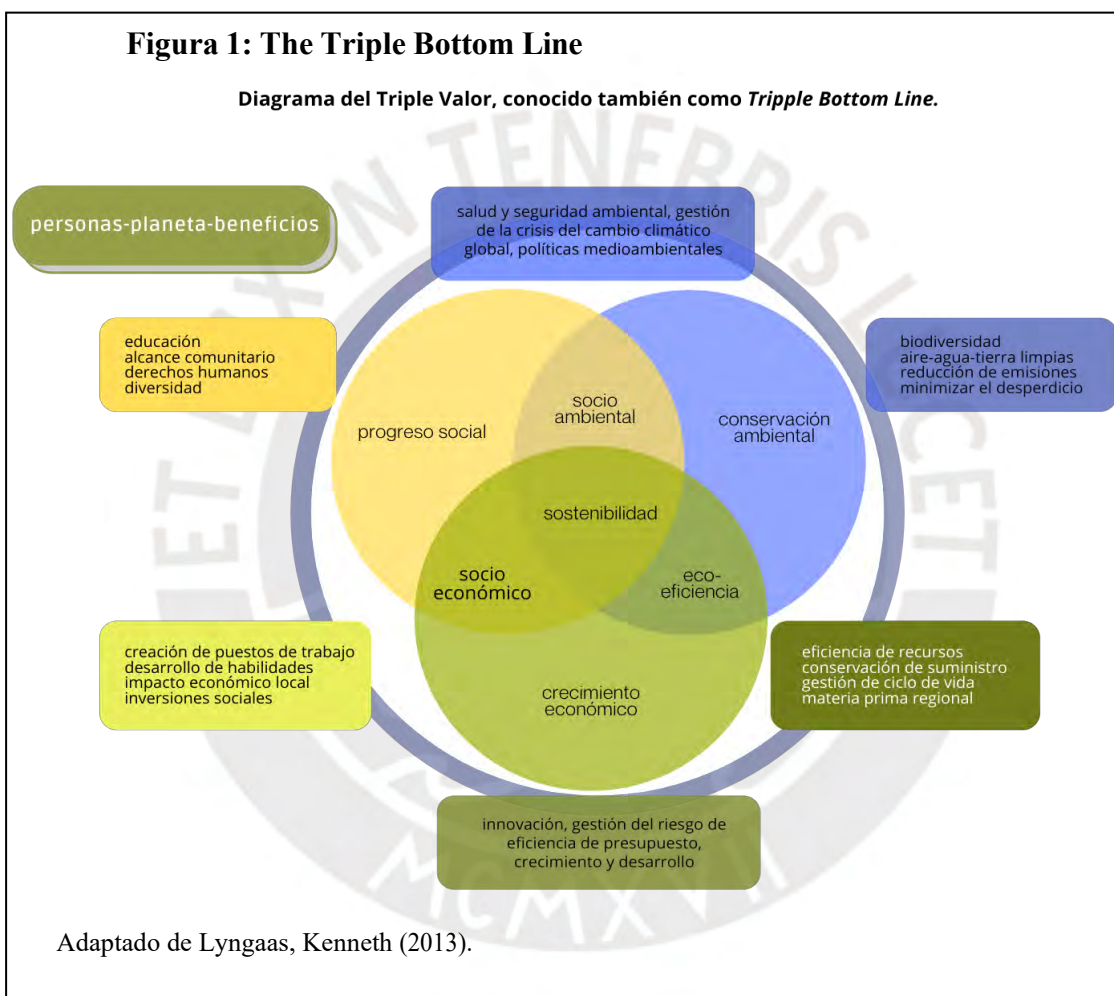
la responsabilidad de las corporaciones no sólo con accionistas, sino también con los grupos de interés involucrados en sus operaciones, concepto conocido como Responsabilidad Social Empresarial. La Responsabilidad Social Empresarial surge en la década de 1970 como una respuesta post revolución industrial que permite entender a las empresas y a las industrias más allá del enfoque clásico que se respalda en el paradigma de desarrollo económico medido por ganancias. En 1981, Freer Spreckley argumenta que todas las empresas deben medir y reportar su desempeño a nivel financiero, social y ambiental como normativa organizacional obligatoria, debido a que su propuesta los señala como categorías críticas para realizar, a través del proceso que llama “auditoría social”, una evaluación del valor que generan las empresas para la sociedad en la que se desarrollan. Spreckley plantea la auditoría social como una solución para conocer el real impacto de las organizaciones, dado que, normalmente, el público genera una valoración hacia una empresa basándose en sus estrategias de posicionamiento o penetración del mercado; sin embargo, el valor o beneficio neto público generado por el sector empresarial debe incluir los costos de transacción y las externalidades generadas en las operaciones económicas en un territorio, tomando en cuenta todos los grados de impacto de las mismas.

Para 1989, en Suecia, surge el marco de referencia conocido como el “Paso Natural”, desarrollado por Karl Robèrt. Este incluye cuatro condiciones sistémicas necesarias para la sostenibilidad social. Este enfoque sostiene que, en una sociedad sostenible, la extracción de recursos naturales no debe generar el aumento sistemático de concentraciones de sustancias extraídas de la superficie terrestre (suelo y subsuelo), concentraciones de sustancias producidas por la sociedad ni degradación de estos por medios físicos. Además, en dicha sociedad las personas no son sujeto de condiciones sistémicas que limiten la capacidad colectiva para satisfacer sus necesidades. A partir de 1990, el concepto de sostenibilidad adquiere un triple enfoque transversal a todas las organizaciones participantes en una sociedad, tanto públicas como privadas y sociales. John Elkington define el Triple Valor argumentando que las organizaciones deben regirse bajo tres pilares: Beneficio (Profit), Personas (People) y Planeta (Planet), también llamadas las “3 P” por sus siglas en inglés; o las “3 E”, debido a que hacen referencia a Economía (Economy), Equidad social (Equity) y Entorno o Ambiente (Environment). Cuando Elkington evalúa el beneficio de las organizaciones, no se enfoca únicamente en las ganancias monetarias generadas por la misma en un periodo de tiempo y región geográfica específicas, sino al beneficio social neto hacia todos los grupos sociales involucrados y/o afectados. Respecto a la categoría personas, evalúa el bienestar de estas en función del impacto de las actividades de una organización o industria, con variables como trabajo y comunidades afectadas. Finalmente, en la categoría Planeta, se hace referencia a la evaluación del medioambiente, y toma en cuenta la capacidad de la organización para la gestión de residuos y huella de carbono (Elkington, 1994).

A finales de la década, se formó la Iniciativa de Reporte Global o GRI como parte del proyecto entre el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y CERES, organización que busca generar coaliciones para fomentar economías ambientalmente responsables. El objetivo es promover una economía global sostenible mediante la generación de guías para evaluar la sostenibilidad a través de reportes estructurados o memorias de sostenibilidad. Gracias a esta iniciativa, se logró estandarizar mundialmente un marco de referencia que permite medir y evaluar las cuatro áreas clave de la sostenibilidad; es decir, el Triple Valor de sus operaciones, así como el desempeño organizacional (GRI, 2013). En 1998, John Elkington publica el libro “La Triple Línea Base de los negocios del siglo XXI” donde, mediante una amplia variedad de ejemplos, visibiliza la transformación, a veces proactiva y otras veces impuesta, de políticas públicas y decisiones corporativas, alineándose al Triple Valor tanto para su diseño como para su implementación y posterior evaluación. Elkington argumenta que direccionar a las organizaciones hacia la sostenibilidad en la actualidad requiere cambios drásticos en el desarrollo de sus operaciones, así como cambios graduales de poco impacto en el corto plazo y gran impacto a largo plazo. El autor afirma que las áreas que presentan los cambios más interesantes y retadores son aquellas que cubren las intersecciones entre los tres ejes principales (económico, social y ambiental). Ello debido a que, mientras más actores o agentes se involucren en algún proceso o actividad, más compleja se torna la evaluación y habrá que tomar en cuenta más variables para medir su impacto. Este tipo de problemas no pueden ser resueltos desde un enfoque únicamente económico o ambiental, debido a su origen o naturaleza compleja que involucra aspectos étnicos, políticos y culturales. Finalmente, para el presente proyecto de investigación es importante mencionar la paradoja planteada por Stuart Hart, la cual explica que aún si para el año 2000 todas las empresas del mundo hubieran logrado alcanzar cero de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), los recursos naturales seguirán en camino al déficit.

El incremento durante el último siglo de actividades extractivas como la ganadería, la pesca y la agricultura, así como la aparición de contaminación urbana, el aumento de pobreza, las enfermedades infecciosas y las migraciones, han creado múltiples crisis geopolíticas que vienen destruyendo las oportunidades de generaciones futuras de asegurar un desarrollo sostenible (Hart, 2000). Para el 2007, las Naciones Unidas publican un conjunto de normas para el Triple Valor como enfoque recomendado para la valorización de costos totales del sector público. El modelo de valorización alineado al Triple Valor presentado sería luego desarrollado por Kenneth Lyngaas en el 2013 e incluye tres ejes: progreso social, crecimiento económico y cuidado del medio ambiente. Asimismo, incluye las zonas de intersección entre los ejes: socioeconómico, eco-eficiente y socioambiental. Respecto a los objetivos de progreso social, se establecen como variables la educación, los derechos humanos, la diversidad y el alcance comunitario. Para el sub-

eje socioeconómico, las variables incluyen indicadores como la creación de puestos de trabajo, el impacto económico local, las inversiones sociales y la generación de capacidades. Para el eje de crecimiento económico, los objetivos se alinean a indicadores de innovación, eficiencia de capital, gestión del riesgo y capacidad de crecimiento. El sub-eje de ecoeficiencia toma en cuenta indicadores como el uso eficiente de recursos, la innovación de productos, gestión de ciclo de vida y el uso regional de materiales. Respecto al cuidado del medio ambiente, los objetivos están orientados a cumplir con indicadores óptimos de biodiversidad, agua-aire y tierra limpias, reducción de emisiones y reducción de desperdicios.



3. Urbanismo y Transporte Público

Según Pozueta (2000), en las últimas décadas y en la inmensa mayoría de las ciudades, los índices de motorización y la demanda de movilidad en vehículo privado aumentan continuamente y, con ellos, el consumo de energías no renovables, la contaminación atmosférica, el ruido ambiental, la intrusión visual, los accidentes, el peligro y la congestión circulatoria.

El planeamiento urbanístico tiene un gran compromiso en el proceso de desarrollo de la demanda

urbana de movilidad, esta ordena de forma importante las posibles reacciones a esta, en el proceso en que define la densidad modelos territoriales y urbanos, la distribución espacial de los usos, etc. Estas variables son los pilares condicionantes de la demanda de movilidad. Encuentra y crea los espacios públicos y la red viaria, favoreciendo directa o indirectamente a unos u otros medios de transporte; regula la cantidad y disposición de lugares de estacionamiento. Por tanto, en el panorama de difundir medios de transporte alternativos al vehículo privado, sea urgente insertar, en la puesta en práctica de la planificación urbanística, la consideración sobre el efecto que las determinaciones urbanísticas influyen en el ámbito de la movilidad y, en consecuencia, en el uso del automóvil y sus impactos asociados.

El autor afirma que existe la necesidad de frenar un desarrollo, cuyas consecuencias se agravan día a día. Han convergido a los esfuerzos de diversas organizaciones, grupos, gobiernos, instituciones internacionales, expertos y administradores para intervenir en cuestiones de movilidad desde una nueva perspectiva: la de disminuir el uso del automóvil privado en las ciudades, promover medios de transporte menos consumidores de suelo y de recursos como el transporte público (autobús, ferrocarril, metro, tranvías, etc.) y los modos no motorizados (desplazamiento a pie y en bicicleta). Es necesario contemplar instrumentos de planeación de la movilidad inscritos en la planeación urbana Total de las ciudades y regiones metropolitanas.

Adicionalmente, el análisis respecto a la movilidad urbana y sus latentes necesidades de mejora, Paéz (2017) afirma que un respaldo legal sólido permite que los gobiernos aprueben la normatividad tanto nacional como internacional y, con ello, la aplicación de propuestas alineadas a las mismas.

La calidad de la movilidad en las ciudades está conectada a la forma en cómo se concibe el ordenamiento de la ciudad. Necesariamente se tendría que conocer cómo está estructurada la plataforma del desarrollo urbano para reconocer y articular las estructuras principales de índole ecológico y social con los sistemas funcionales y de servicios, de forma tal que permita a los usuarios acceder a las actividades, productos y ofertas de la ciudad, y afiliar de manera adecuada las diferentes demandas urbanas.

4. Electromovilidad

La creciente conciencia medioambiental ha llevado a las personas e instituciones, tanto públicas como privadas, a buscar nuevas formas de poder movilizarse reduciendo el impacto que genera el hacerlo con los medios tradicionales de transporte, los cuales, en su mayoría, son alimentados por combustibles fósiles o algún derivado de estos; como se sabe, estos emiten gases contaminantes y peligrosos (en mayor cantidad CO₂) tanto para el medioambiente como para los humanos directamente.

Dentro del marco para conseguir estos objetivos, es propicio hacer una definición acerca

de lo que es el transporte sostenible. El transporte sostenible busca, como principal objetivo, el transporte de personas y mercancía con un reducido costo ambiental y social a comparación del convencional, dejando de lado al petróleo como principal combustible y desplazando, en cierta medida, el uso de vehículos personales; sin embargo, para que se puedan poner en práctica el transporte sostenible, se reconoce que hacen falta cambios estructurales de diferentes niveles, los cuales van desde modificaciones en el comportamiento humano hasta la creación de infraestructura necesaria y la consecución de vehículos necesarios que utilicen energía limpia renovable (Línea verde).

Dentro de las opciones actuales en el marco del transporte sostenible resaltan principalmente las de vehículos que operan por medio de energía eléctrica provista por un motor alimentado por la misma: scooters eléctricos, autos y autobuses que generan cero emisión, autos y motos eléctricos. Para fines de la presente investigación, se realizará especial precisión en lo que son los buses con motor eléctrico orientados a la introducción de la electromovilidad al transporte público en Lima. Se precisa remarcar las diferencias en los vehículos eléctricos, dentro de los cuales existen dos tipos: híbridos y no híbridos.

Los vehículos híbridos son los que combinan el combustible convencional y las cargas eléctricas. Existen dos tipos de vehículos híbridos: uno como tal tiene motor dual que trabaja en paralelo utilizando gasolina para propulsar el motor eléctrico y diésel para el motor de combustión interna, mientras que existen también vehículos híbridos que tienen la característica adicional de poseer una batería recargable, en los que la gasolina y el diésel se encargan del motor eléctrico, y la electricidad se encarga del motor de combustión interna. De otro lado, se tienen los vehículos eléctricos no híbridos: vehículo eléctrico de batería, el cual, a través de la carga eléctrica, opera con un motor eléctrico; el vehículo eléctrico con pila de combustible que opera a motor eléctrico por medio del hidrógeno; y, finalmente, el vehículo eléctrico solar que utiliza paneles solares para movilizar su motor eléctrico (Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería [OSINERGMIN], 2019).

CAPÍTULO 3: MARCO CONTEXTUAL

1. Transporte Público en el Perú

Para hablar de la electromovilidad en el transporte público en Lima Metropolitana, se partirá por realizar un recorrido por la historia del transporte público limeño, a lo largo de las últimas décadas.

Durante la década de los sesenta desapareció, progresivamente, la preferencia por el uso del tranvía, mientras el servicio ofrecido por los buses se consolidó como el principal medio de transporte público de la época. Fue durante los años setenta, mientras se presenciaba el auge del bus, específicamente en el año 1974, que se inicia con los lineamientos y proyecciones de cuatro líneas de metro subterráneo en Lima, las cuales no pudieron llegar a concretarse y quedaron en proyecciones, debido a los cambios en el ámbito político que tendrían lugar en 1975, acompañado de una marcada crisis económica que afectó notablemente al país. Durante ese año, una de las líneas de buses más recordadas era el Ikarus, que cubría una ruta por la Avenida Paseo de la República, luego conocida como “El Zanjón”, con 50 unidades de buses articulados (Orrego, J., 2011). A raíz de la demanda insatisfecha de transporte público del servicio de busing ofrecido por la Empresa Administradora Paramunicipal de Transportes de Lima - APTL, se crea la Empresa Nacional del Transporte Urbano del Perú - ENATRU Perú S.A., con la finalidad de satisfacer el exceso de demanda señalada. Si bien estas dos empresas fueron las principales durante algunos años, a finales de la década surgió competencia por parte de servicios ofrecidos por empresas privadas, con flotas propias y mayor cantidad de vehículos con la posibilidad de cubrir más rutas. Por su parte, los autos que brindaban servicios de colectivo (conocidos como colectivos) y otros servicios rápidos, similares a los ofrecidos por los vehículos de transporte de menor tamaño que un bus, conocidos nacionalmente como combis, hacían su aparición con mayor número. Los taxis iniciaban un proceso de desinstitucionalización que llevó al incremento de la informalidad en el sector de transporte urbano.

Hacia mediados de los años ochenta, la crisis social que causó el terrorismo afectó de gran manera al transporte público, debido a que las unidades de transporte sufrieron ataques terroristas. Con la crisis económica que aquejaba al país, se hizo dificultoso poder importar nuevas unidades, lo que decantó en un progresivo declive de los líderes del transporte público de la época, ENATRU Perú S.A. y la empresa Transportes Lima Metropolitana Empresa de Propiedad Social - TLMEPS (Infotransporte, 2018). Hacia finales de la década, se logró concretar la construcción de un primer tramo de las vías para el metro eléctrico aéreo de Lima; sin embargo, fue un gasto en su momento cuestionable por la situación social y económica que atravesaba el país, ya que la

obra no contaba con los estudios ni cálculos adecuados para el correcto funcionamiento y recorrido de un tren: no se habían calculado ni definido, con exactitud, las especificaciones de los trenes que podrían transitar por dichas vías (IPE, 2011). Sin embargo, esta obra fue inaugurada en 1990 y no tuvo uso alguno, debido a sus falencias, quedando como una construcción más en la ciudad. La época de los años noventa se vio inicialmente marcada por el fin y disolución de las empresas ENATRU Perú y TLMEPS por motivos de crisis, generando desempleo en este sector económico, acompañado de desempleos masivos en instituciones públicas, como resultado de nuevas políticas estatales que tenían importantes costos sociales (Fernández, 2015).

Respecto al transporte, se liberó la importación de vehículos para transporte público, lo cual impulsó el inicio de la era de las combis y coasters. Estas unidades, con gran rapidez, lograron crear más rutas para así cubrir mayor parte de los recorridos que requerían los ciudadanos. A la par, los taxis se hacían mucho más comunes hacia el año de 1970 con los modelos de auto Station Wagon y Daewoo Tico (Infotransporte, 2018). Como consecuencia de este crecimiento exponencial en unidades y rutas, se reforzó el sentido de informalidad en el servicio ofrecido tanto por las combis y coasters como por los taxis que operaban de manera independiente. Con ello Lima alcanzó nuevos niveles de tráfico y congestión vehicular, incitando a las autoridades a realizar obras de gran impacto para satisfacer las nuevas necesidades de la sociedad.

Durante los primeros meses del año 2000 el problema era otro. Luego de que la informalidad promoviera el avance del mercado de unidades de segunda mano para ofrecer el servicio, existió una sobreoferta de servicios, sobre todo por la cantidad de rutas que había, muchas de las cuales eran las mismas. Una de las medidas que se planteó con miras a reordenar y reorganizar la cantidad de rutas y el desorden generalizado fue la de un sistema de corredores de transporte público que cubriría principales rutas con buses de gran capacidad (Protransporte, 2006). Además, para finales de la década, se logró concretar lo que sería hoy el Metropolitano y retomar la construcción de lo que hoy se conoce como la Línea 1 del Metro (CAF, 2015).

A partir del 2010, se marcaría una nueva etapa en el transporte público de Lima, ya que en ese año se iniciaron las operaciones del Metropolitano y, al año siguiente, se verían los primeros recorridos de la Línea 1 del Metro de Lima. Estos dos tipos de transporte retomaban la forma de transporte estructurado que existía en Lima con el sistema de buses articulados y el antiguo tranvía. Más adelante se vería la integración de otro grupo de buses del Sistema Integrado de Transporte (SIT), que recorrería diferentes rutas tratando de unificar y ordenar la oferta de transporte por las principales rutas de la ciudad. Mientras esto sucedía, se vio un progreso en términos de mejora de las unidades por parte de las empresas privadas que ofrecen el servicio de transporte público, cambiando muchas de sus unidades convencionales (coasters y combis) por unidades de mayor capacidad (minibuses y nuevas coasters) (Infotransporte, 2018). También se

vio la aparición de los consorcios de taxis y nuevos consorcios de transporte, además de las variaciones de transporte como la llegada del taxi por aplicaciones móviles en los últimos años. En la actualidad, operan los medios de transporte previamente mencionados, con diversos proyectos de ampliación como las rutas o líneas que corresponden al tren eléctrico. Por su parte, los gobiernos municipales de Lima, junto con el Ministerio de Transporte, se encuentran trabajando en alternativas para hacer frente a los nuevos requerimientos que exige la sociedad.

2. Electromovilidad para el Transporte Público

2.1. Historia de la Electromovilidad

La historia de la electromovilidad tiene sus inicios durante la década de 1830, cuando Robert Anderson, el hombre de negocios escocés, diseñó un vehículo utilizando el concepto de electromovilidad. Fue en 1852 cuando se inició la producción de este tipo de vehículo a muy pequeña escala, claramente limitada por la mínima autonomía de las baterías eléctricas de la época, debido a que hasta ese entonces no se desarrollaban aún las baterías recargables (OSINERGMIN, 2019). Sin embargo, todo este panorama tendría un giro cuando se logró construir las baterías recargables por manos de Gastón Planté en 1859 (Reve, 2019), y más tarde Camille Faure propuso importantes mejoras, las cuales serían de mucha utilidad para el desarrollo de la electromovilidad. Durante el inicio del siglo XX, ya se había hecho popular aun cuando estos vehículos eléctricos no podían cubrir grandes distancias. Existían también diversas empresas que ya construían y comercializaban sus propios modelos. Fue entonces cuando, en 1860, Jean Joseph Etienne Lenoir creó el motor de combustión interna, el cual ofrecía una mayor autonomía a los vehículos a pesar de la cantidad de ruido y emisiones de humo que este generaba (Bardahl, 2020). Durante los siguientes años, la electromovilidad pasó a un segundo plano hasta que, en 1970, se retoma el interés por esta, debido a la crisis del petróleo que impactó también en la economía mundial. Desde entonces se ha venido buscando opciones efectivas para lograr la autonomía en los vehículos eléctricos. Actualmente, a pesar de los avances tecnológicos, se siguen realizando investigaciones para lograr mayor eficiencia y autonomía en este tipo de vehículos.

Teniendo en cuenta la necesidad de regresar sobre la definición de electromovilidad para la adecuada comprensión de esta, de manera sencilla se refiere a la utilización de diversos vehículos destinados a la movilización y que operan con una fuente de energía alternativa a través de uno (o más) motor(es) eléctrico(s) (BCN, 2019). Habiendo hecho la precisión anterior, es oportuno iniciar con el desarrollo de la historia de la inclusión de la electromovilidad en el transporte urbano alrededor del mundo.

En el mundo, los principales continentes que vienen apostando por la electromovilidad son el asiático y el europeo; sin embargo, es preciso comentar de manera puntual sobre

Luxemburgo, uno de los países que ha logrado la expansión de la electromovilidad en el transporte público. Este país ha logrado ir más allá de la propuesta inicial de evolución del transporte al introducir, de manera eficiente, el transporte público eléctrico, tanto en trenes como buses, de manera gratuita, con la finalidad de asegurar un crecimiento sostenible mediante la reducción del tráfico y las emisiones de carbono y gases de efecto invernadero. Para ello, está realizando las gestiones necesarias para llegar al 2030 con el 100 % de buses eléctricos en el transporte público; así también logra un ahorro significativo para la gran cantidad de ciudadanos y personas que llegan de otros lugares cercanos principalmente por motivos de trabajo (Galán, 2020). En lo que respecta a Latinoamérica, uno de los primeros países en implementar buses eléctricos en el transporte público fue Chile, quien ahora desea lograr una flota de buses totalmente eléctricos para el año 2040 (UNENVIRONMENT, 2020), a raíz de que reconocen y optan por participar de la transformación de la ciudad convencional en una ciudad inteligente - smart city-, en la que el foco no es únicamente los avances tecnológicos, sino la sostenibilidad que estos cambios puedan generar, la capacidad de los mismos de perdurar y de buscar la mejora de la calidad de vida de los ciudadanos que la habitan (ENEL, 2018), siendo la electromovilidad una de las acciones clave para iniciar este camino. Para el año 2021 estiman contar con una flota de aproximadamente 1,059 unidades de buses eléctricos de fabricación china para complementar nuevas rutas y, a la vez, entregar un mejor servicio en el sistema de transporte (Hutt, 2020).

2.2. Electromovilidad en el Mundo y la Región

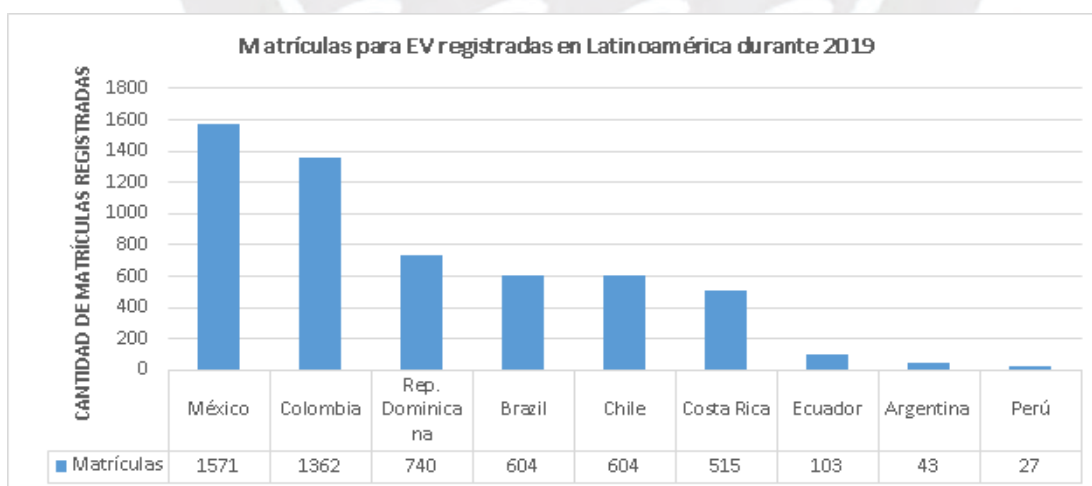
La electromovilidad ha tenido presencia en diversos países alrededor del mundo y donde ha tenido mayor avance ha sido en países del continente europeo y en el continente asiático. En las principales ciudades de estos continentes se puede apreciar el uso de diferentes opciones de transporte sostenible y, específicamente, la inclusión de vehículos eléctricos, tanto autos como motos eléctricas, en su mayoría. En el mundo, China lidera la lista de países con mayor cantidad de vehículos eléctricos con 1'204,000 unidades; Estados Unidos con 324,000 unidades; y, en tercer lugar, Alemania con 109,000 unidades, cifras que, en comparación con el año anterior, resultan con un incremento importante para Alemania de un 50 %, lo que se explica también en la fabricación de vehículos híbridos y eléctricos por parte de fabricantes alemanes (IMX, 2019). Cabe señalar que, a diferencia de Alemania, en China un 81 % y en Estados Unidos un 75 % de autos eléctricos son puramente eléctricos operados únicamente por motores de energía eléctrica.

En el caso de América Latina, se parte de una situación económica específica en la que el aspecto de costos de operación de buses eléctricos tiene una ponderación relevante, particularmente los costos iniciales de operación y de infraestructura. A pesar de lo señalado, en

algunos países de la región los costos de operar el transporte público con combustible convencional (diésel) son incluso mayores a los costos y gastos de la electromovilidad. No obstante, después de diversos estudios y proyectos de prueba, han logrado encontrar una propuesta eficiente y sostenible que ha permitido un avance notable, partiendo desde la introducción de buses eléctricos para el transporte urbano hasta la colocación de líneas de transporte enteras que cubren rutas y tramos en su totalidad, de la misma manera que lo hacían con los buses diésel (CAF, 2019). La necesidad de implementar la electromovilidad en países de la región surge como principal consecuencia del cambio climático, frente al cual se buscaron diversas opciones para mitigar el impacto de la producción de gases de efecto invernadero, tomando en consideración el aporte por parte del transporte público; y la búsqueda de mejora en la salud y calidad de vida de las personas, para lo cual se estimó la reducción de la huella de carbono en 2 TM per cápita hasta 2050, considerando una de las mejores alternativas el uso de transporte eléctrico (IBD, 2014).

Si bien es cierto, la presente investigación busca dar conocimiento acerca de los factores para la introducción de la electromovilidad en el transporte urbano, también es relevante conocer algunas cifras que muestran el nivel de avance del parque automotor de vehículos tanto híbridos como eléctricos particulares, representado en el número de placas registradas tan solo en el año 2019, en la siguiente figura. Viendo un poco más a detalle los resultados, se puede encontrar en último lugar al Perú, mientras que los principales países que lideran esta tabla han logrado esas cifras gracias a las políticas que desarrollan referente a movilidad y electromovilidad (AVEC, 2019).

Figura 2: Registro de Matrículas de EV 2019



Adaptado de Asociación Gremial de Vehículos Eléctricos de Chile (2019).

Para el año 2019 se tenía previsto el ingreso de nuevas unidades en diferentes países de la región: Santiago, Medellín, Cali, Guayaquil, Sao Paulo y Buenos Aires. Un dato importante es

que, durante el 2018, Bogotá había decidido no renovar una importante flota de buses por buses eléctricos. Se presume que la carencia de incentivos, modelos de financiación pública nacional, construcción de estaciones de carga y la mano de obra cualificada fueron los motivos principales por los que no se pudo cubrir la necesidad de esta ciudad en cuanto al cambio en el transporte público. Por otra parte, es de vital importancia reconocer que la necesidad de Latinoamérica por hacer el cambio hacia un panorama sostenible en el ámbito de transporte ha sido también identificada con anterioridad por parte de los principales productores de vehículos y autobuses eléctricos en China (Bermúdez, 2019).

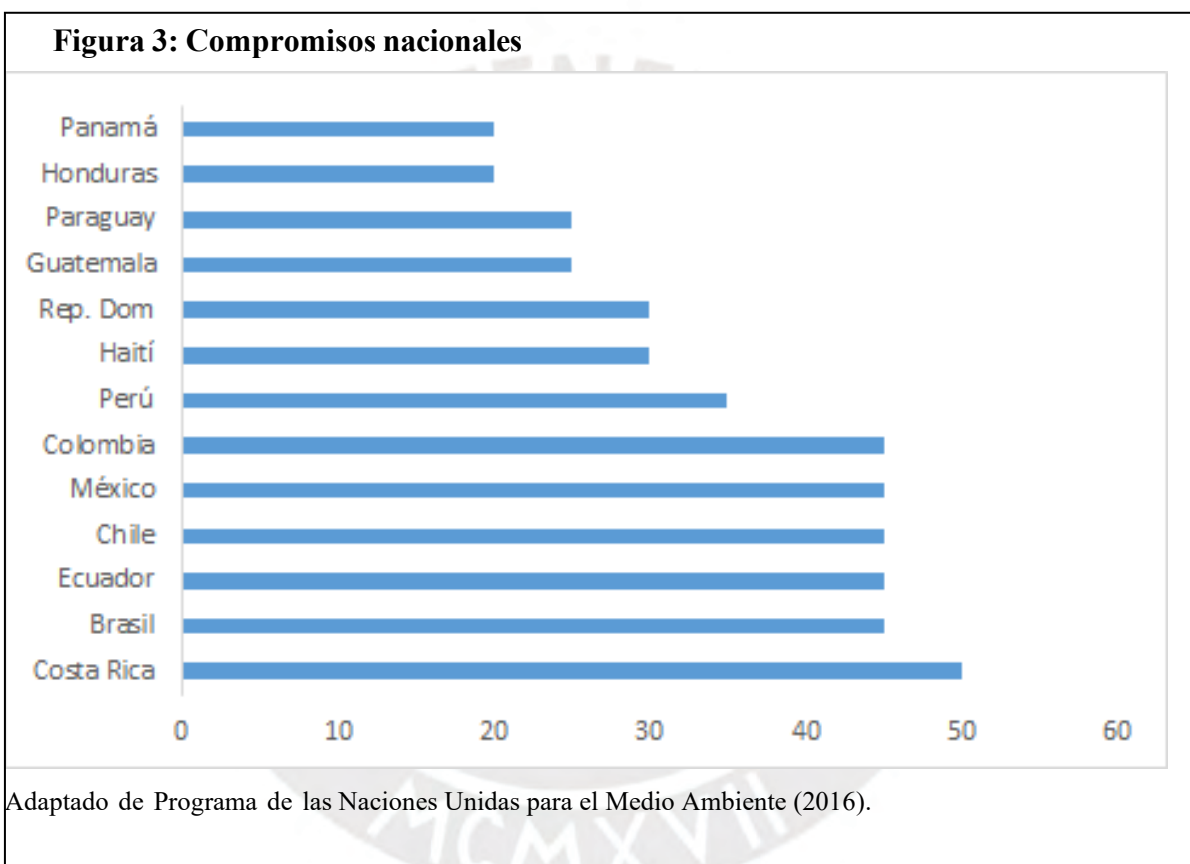
En algunas de las capitales más importantes de la región como Bogotá (Colombia), Quito (Ecuador), Montevideo (Uruguay), Santiago (Chile) y Río de Janeiro y Sao Paulo (Brasil), se han implementado ya alternativas de transporte sostenible. De los países mencionados, resalta especialmente Chile con su sistema Transantiago, que lleva dos años en circulación de una flota entera (Red, 2020). Es importante el desarrollo y aplicación de medidas que faciliten la inclusión y el desarrollo de la electromovilidad en la región, debido a que estos países han demostrado considerable reducción en el nivel de emisiones desde la implementación en el transporte público (IBD, 2014). Tomando como ejemplo lo anteriormente mencionado, en el caso de Chile en la gestión de la introducción de la electromovilidad para el transporte público como un proyecto a futuro, se planteó desde sus inicios conseguir un 40 % de vehículos eléctricos particulares y el 100 % del transporte público cubierto por buses eléctricos para el 2050 (Jiménez, 2018).

2.3. Electromovilidad en el Perú

El uso de transporte sostenible en el Perú se viene planteando desde hace ya algunas décadas por el frente de los trenes eléctricos desde el planeamiento de la construcción de un tren que conectará puntos estratégicos de la ciudad, el del primer tramo del Metro de Lima en el año 1972 (CAF, 2015), pasando por el inicio de operaciones de la actual Línea 1 del Metro de Lima en el 2011, hasta el estado actual de construcción de la Línea 2 del Metro de Lima (Metro de Lima Línea 2, 2020), e incluso la tentativa a futuro de implementar una tercera línea para cubrir mayor área en la ciudad. Por otra parte, en el interior del país también hay apuestas por el transporte sostenible haciendo uso de la electricidad. Arequipa tiene en agenda la construcción de un tren eléctrico con la finalidad de brindar un beneficio social y ambiental sostenible para sus pobladores (Sánchez, 2020).

Refiriendo más específicamente a la electromovilidad como parte del transporte sostenible, las empresas privadas generadoras de energía, importantes actores en este panorama han presentado ciertos planes e incluso han puesto en funcionamiento buses como planes piloto para analizar los resultados de la eficiencia de estas unidades en el recorrido de ciertos tramos. Es el caso de Enel, con su proyecto Enel X que, por medio de su Proyecto Piloto E-bus, ha puesto en

funcionamiento un bus eléctrico con una batería de rendimiento de cuatro horas cubriendo la ruta Javier Prado - Faucett con capacidad para 80 pasajeros, con la finalidad de observar, desde una perspectiva de rendimiento, el funcionamiento de este bus; y analizar, a partir de los primeros datos generados, la variación de las emisiones de gases de efecto invernadero que resultan por su operación (Enel, 2018). Por otra parte, también en algunos proyectos mineros se están utilizando vehículos de transporte tipo van movilizadas por energía eléctrica a fin de reducir aún más el impacto ambiental que genera esta industria con sus actividades regulares. Resulta relevante también señalar porcentajes de compromisos nacionales orientados al nivel de reducción de emisión de gases de efecto invernadero por parte de los países de la región.



Por su parte, el Estado peruano y las organizaciones involucradas han venido proponiendo ciertas normativas orientadas al desarrollo de las energías limpias en el país, resaltando su compromiso con sus ciudadanos y con el cuidado del planeta, lo que por su parte beneficia a las propuestas de implementación del transporte eléctrico para alcanzar beneficios de salud, ambientales y, a la vez, económico; por ejemplo, el Ministerio de Energía y Minas en el 2017 publicó el estudio de diagnóstico, evaluación, análisis y propuesta para apoyar con la NAMA de preparación del Sector Energético para la transformación hacia una matriz energética limpia a través del uso de transporte limpio en el Perú, en el cual se estudian y analizan propuestas viables

para la implementación de soluciones. Dentro de este margen se puede tomar en consideración el incremento en el número de unidades de vehículos híbridos y eléctricos, en su parte impulsados por las nuevas propuestas e incentivos que presentan las principales concesionarias en el país. En la Tabla 2 se detallan las ventas de vehículos eléctricos de batería (BEV por sus siglas en inglés) registradas durante el 2018-2019, los cuales funcionan, en su totalidad, de manera eléctrica, con una o más baterías; vehículos híbridos eléctricos (HEV por sus siglas en inglés), que cuentan con un motor principal que funciona con diésel y un motor adicional o batería eléctrica; y vehículos híbridos eléctricos enchufables (PHV por sus siglas en inglés), que de manera similar al tipo anterior cuentan con dos tipos de motores, pero en este caso la batería eléctrica posee mayor capacidad y puede ser recargada conectada a la red eléctrica (Gutiérrez, 2019).

Tabla 2: Ventas por Tipo de Vehículos

CLASE	Ene-Nov 2018	Ene-Nov 2019	Variación Anual %
BEV	4	10	150
HEV	143	294	105.6
PHV	3	7	133.3
Total	150	311	107.3

Fuente: Electromov.cl, 2020.

A pesar de que se tiene en agenda la propuesta de subvención estatal para la importación de vehículos particulares, aún no se presentan incentivos específicos estatales para la transición de vehículos operador por combustible fósil a vehículos eléctricos en el sector de transporte público. Se ha resaltado la importancia y la necesidad que tienen los ciudadanos y el medio ambiente de una mejor calidad de aire. A su vez, se plantea la posibilidad de dar así inicio a un Perú más moderno y sostenible para generaciones venideras. Teniendo en cuenta que existe sobreoferta de energía (al 2018), se debe aprovechar para dar marcha a la electromovilidad, lo cual ayudaría a reducir los niveles CO₂ en 12.2 millones de toneladas para el 2030 (Ramírez, 2018). Es importante destacar que la posición que tiene el país frente a sus pares en la región se ve determinada en gran medida por la aplicación de instrumentos de fomento para la implementación de la electromovilidad propuestos por la ONU, en contraste con los instrumentos usados coincidentemente en países en los que lideran el desarrollo e implementación de electromovilidad, como se aprecia en la siguiente tabla.

Tabla 3: Avance Latinoamérica

Instrumento	Impuesto de importación	Impuesto de Valor	Impuesto de propiedad	Tarifas de energía diferenciadas	Regulación de Sistemas de recarga	Ley o estrategia nacional de movilidad	Buses eléctricos en ruta
Colombia	✓	✓				✓	✓
Chile					✓	✓	✓
Ecuador		✓		✓		✓	
Costa Rica	✓	✓	✓				
Brasil	✓					✓	✓
México	✓		✓				
Perú	✓					✓	
Argentina	✓					✓	

Adaptado de Organización de las Naciones Unidas (2018).

3. COVID – 19

El año 2020 se ha visto fuertemente golpeado por la pandemia mundial, provocada por el virus de la COVID-19, el cual no solo ha afectado gravemente la salud de los países alrededor del mundo, sino que también ha afectado de manera significativa el ámbito económico de las naciones (Pasquali, 2020).

En el caso de la región latinoamericana, el principal efecto en la economía se ha registrado en los países donde la informalidad es muy acentuada, tal como en el Perú, donde una significativa porción de trabajadores es informal o tiene una empresa independiente (formal o informal), aumentando actualmente las cifras del desempleo en el país (Priale, 2020). En el Perú se evidencian los casos más frecuentes de pérdida de trabajo debido a la informalidad en la que se opera, además de la gran cantidad de trabajadores independientes, quienes también han perdido su trabajo a raíz de las restricciones y la adaptación a la nueva normalidad; sin embargo, las acciones propuestas por el gobierno para la reactivación económica del país han sido vistas como una oportunidad para resurgir en medio de esta crisis, la cual ha afectado de manera significativa al país (PNUD, 2020).

No obstante, se resalta que, a pesar de los estragos que está ocasionando esta pandemia, uno de los principales motores del abastecimiento, como la cadena logística, no ha sufrido grandes impactos debido, principalmente, a que los procesos que intervienen en la importación y exportación de bienes se realizan en su mayoría de manera digital con mínima intervención física presencial en ciertos procesos que no se han podido digitalizar hasta la fecha, lo cual ha

permitido que no exista un desabastecimiento de productos en la región sin romper la cadena de abastecimiento.

De otro modo, el panorama Covid-19, el confinamiento y las medidas aplicadas para la mitigación y protección de las personas alrededor del mundo dieron como resultado datos ciertamente interesantes con respecto a la contaminación del aire. Desde los primeros días de confinamiento en diversos países, se pudo ver una notable diferencia en lo que respecta a la calidad del aire como resultado de la drástica y repentina disminución del uso de transporte tanto particular como público. Prueba de lo señalado anteriormente es la reducción de los niveles, por ejemplo, de dióxido de nitrógeno en un 33 % en la ciudad de Los Ángeles; Delhi 70 %; y París un 70 %. Además, se ha producido una mejora en la calidad del aire de hasta un 30 %, cifras que no se registraban desde hace aproximadamente 40 años (Amblard, 2020).

De acuerdo a un estudio publicado por Harvard T.H. Chan School of Public Health, se resalta en primera instancia que, además de diversos factores como estado del sistema de salud, número de población, entre otros, existe una relación entre la calidad del aire de la zona y los contagios, ya que se registra una tendencia en la cual las regiones de Estados Unidos con una menor contaminación y los ciudadanos con mayor tiempo de residencia en estas zonas se ven aproximadamente con un 8 % más de probabilidades de fallecer por Covid-19 que personas contagiadas que habitan en distintos estados con menor contaminación (Harvard T.H. Chan, 2020). Una de las moléculas contaminantes detectadas en este estudio es PM2.5, la cual se genera principalmente por el uso de combustible fósil. El factor de la contaminación del aire resulta relevante para la electromovilidad, pues se establece que esta condición de menor contaminación y mejor calidad de aire se puede también lograr en un escenario post Covid-19, si se logra promover el ingreso de vehículos eléctricos en diferentes dimensiones por medio de una serie de incentivos (Electromov.cl, 2020).

El Perú no es ajeno a las posibilidades que se originan ante la actual situación de pandemia. Si bien es cierto, se viene ya desarrollando hace algún tiempo proyectos piloto de un bus eléctrico, además de la introducción de vehículos eléctricos. A pesar de estos avances, no se han dado actualmente los incentivos necesarios para la introducción masiva tanto en el rubro particular como público de parte del transporte público. Existen aún factores que se deben afrontar y superar para poder hacer de la electromovilidad una realidad en el país. Estos factores son la informalidad, la desarticulación y crisis económica, aun cuando se reconoce la importancia y la necesidad de tomar acción con el fin de mejorar las condiciones del aire (Jara, 2020).

De este modo, durante la crisis sanitaria y las restricciones que iniciaron durante el 2020, Chile, con importantes avances en lo que respecta a la continua implementación de la electromovilidad en el transporte público, registró cifras relevantes que se reportaron desde las

primeras semanas de confinamiento, en las cuales la calidad del aire tuvo una notable mejora con la disminución en un 29 % de PM 2.5 y un 71 % del óxido de nitrógeno (BID, 2020). De acuerdo con su compromiso acerca de Contribución Nacionalmente Determinada (NDC, por sus siglas en inglés), seguimiento del Acuerdo de París, en el que establecen tener un máximo de emisiones para el 2025 y lograr ser carbono neutro para el 2050, por lo que el Ministerio de Energía de Chile una vez más ha reconocido la importancia del desarrollo de la electromovilidad en este país para acercarse al logro de estos compromisos. Para ello, continuó con su plan de importación e implementación de unidades eléctricas para el transporte público (Lefevre, 2020).

Del mismo modo, en el Perú se ha registrado un incremento notable en el interés por la electromovilidad, teniendo así indicadores tales como: en octubre de 2020 se vendió 94.44 % más de vehículos ecoamigables en comparación con octubre del año pasado (AAP, 2020). Las cifras registradas respecto al incremento de la venta de vehículos eléctricos o híbridos, también conocidos como eco amigables por las pocas o nulas emisiones GEI (gases de efecto invernadero), en palabras del presidente de la Asociación Automotriz del Perú, Adrián Revilla, significan que están ganando terreno en nuestra sociedad. Esto último se puede contrastar con las cifras de ventas entre enero y octubre de 2020, con un total de 417 vehículos, entre híbridos y eléctricos, superando por un 44.29 % el número de ventas en comparación al mismo periodo en el año 2019 (Revilla, 2020). Dentro de esta cantidad de vehículos, 388 fueron híbridos HEV (Hybrid Electric Vehicle), 22 vehículos eléctricos puros BEV (Electric Vehicle) y 7 vehículos híbridos con enchufe a cargador PHEV (Plug in Hybrid Electric Vehicle). Sin embargo, a pesar de este notable incremento, frente al país vecino Colombia, el Perú está detrás, puesto que han registrado una venta de 657 vehículos de este tipo durante octubre de 2020, lo cual significa aproximadamente diez veces las cifras nacionales. Esta significativa diferencia se debe a que en Colombia se viene impulsando la electromovilidad desde hace varios años (Andina, 2020).

CAPÍTULO 4: MARCO METODOLÓGICO

1. Estrategia Metodológica

Para realizar la presente investigación se recurrió a diferentes modelos de análisis con la finalidad de cubrir el modelo eje, el Triple Bottom Line. De este modo, para analizar las condiciones establecidas desde la perspectiva del Triple Valor, se tuvo como punto de partida la revisión del Triple Bottom Line, el cual requirió, como primer paso, la revisión de literatura y, posteriormente, la definición de variables. Con ello, se realizó el análisis y se procedió con la recopilación de resultados. Finalmente, se generaron las conclusiones.

Desde el ámbito económico, se propone el desarrollo de un análisis comparativo de costos entre las principales alternativas desarrolladas en esta investigación, desde la adquisición hasta la puesta en operación de estas. Para ello, se analiza el Costo Total de Propiedad (TCO por sus siglas en inglés), donde se busca analizar los mayores costos de inversión que existen para la comparación de tres tipos de tecnología que existen en el mercado actualmente: buses diésel, gas y eléctricos. Esto último para responder uno de nuestros objetivos, que es la introducción de vehículos eléctricos en la ruta Javier Prado del Corredor Rojo y observar que tan competitivo es actualmente la implementación de buses eléctricos y si los mismos pudieran tener una posición competitiva respecto a los buses diésel y gas. De esta manera pasar de solo suposiciones o análisis regionales, a una posible realidad hecha en la ciudad de Lima. Para ello se obtuvo información desarrollada por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) en su reporte sobre el “Análisis y diseño de modelos de negocio y mecanismos de financiación para buses eléctricos en Lima, Perú” publicado en febrero de 2020. Y también, sendos alcances que se pudieron contrastar con diversas organizaciones, las cuales fueron: fabricantes de buses, generadoras de energía, operadora de bus y bancos (ver Tabla 1). Se ha decidido realizar entrevistas a expertos de diferentes sectores que estén relacionados con el transporte público. Este método de recopilación de datos fue utilizado, tras una revisión académica y posterior elección de la propuesta de Ponce y Pasco (2015), puesto que ha permitido una detallada interacción entre el investigador y el entrevistado, con el propósito de recopilar información a detalle sobre el tema investigado. Esta técnica se diferencia por adjuntar consultas principalmente abiertas que no condicionan la réplica del entrevistado, es decir, no existen respuestas preestablecidas, sino que resalta su autonomía para decir libremente su perspectiva. Para los fines del estudio, la clase de entrevista a detalle utilizada según nivel de estructuración fue la conversación semiestructurada, ya que utiliza preguntas definidas, pero con una progresión y formulación flexible. Las entrevistas a profundidad fueron realizadas a especialistas en temas de sostenibilidad, transporte urbano, movilidad eléctrica y transporte

público eléctrico. Esta fue realizada a diversos actores de diferentes sectores los cuales deciden invertir en diferentes sectores. Las entrevistas fueron desarrolladas utilizando guías de preguntas personalizadas, dado que cada entrevistado tenía conocimientos específicos del área particular en la que se desarrolla profesionalmente. La selección de los entrevistados se realizó a conveniencia, lo cual quiere decir que fueron personas a las cuales se obtuvo acceso debido a su reconocimiento como expertos en distintos vértices de la electromovilidad, tales como el sector del transporte eléctrico o el sector de la generación energética, así como asociaciones de transporte y entidades públicas. (Ponce y Pasco, 2015).

Del mismo modo, durante el tiempo en que se desarrolló la investigación, se realizó, de forma paralela, el Análisis Comparativo Regional (ACR), con la finalidad de conocer el estatus actual de los países vecinos de la región respecto de su progreso en lo que refiere a la electromovilidad en el transporte público. Se revisó y comparó las políticas públicas, diferentes ópticas internacionales y las estrategias utilizadas para superar las barreras y limitantes. Además, se realizaron entrevistas y encuestas aplicadas a expertos del rubro y actores involucrados tanto en transporte público como en generación y distribución de energía, medio ambiente, políticas públicas, entre otros, para plasmar el panorama nacional.

En el ámbito ambiental, se realizó un análisis de impacto ambiental, considerando buses convencionales y de mayor circulación, operados por diésel y por gas natural, frente a la opción propuesta de buses eléctricos. Para el análisis se utilizó el software SimaPro que realizó el Análisis del Ciclo de Vida ACV (LCA, por sus siglas en inglés) mediante el método de análisis ReCiPe 2016, que ha sido detallado líneas abajo. Mediante el análisis propuesto, se obtuvo resultados divididos en categorías de impacto, a partir de los cuales se realizó comparaciones entre estas tres opciones y, a la vez, se emitieron comentarios de dichos resultados con la finalidad de describir y explicar en cuál de estas categorías residen las principales diferencias y de señalar a qué se debe esta diferencia. Además, se tuvo el objetivo de hacer notorio el por qué se debe poner esfuerzos en mantener las cifras en niveles bajos. Para abordar el aspecto social, se recurrió a la herramienta Análisis Multi-Scoring, que trabaja de la mano con la opinión de usuarios de este servicio de transporte público. Mediante la recolección de sus perspectivas se genera un reporte en forma de tablas de valoración para identificar sus perspectivas acerca de los aspectos relacionados a dicho servicio.

Otra herramienta que se utilizó es el Mapa de Acciones de Sostenibilidad (SAM, por sus siglas en inglés), el cual se realiza a partir de la recopilación de datos e información, seguido de la elaboración de un FODA con el cual se establece la relación con los ejes respectivos y se concluye con la elaboración del mencionado mapa.

2. Fuentes de Información

Para el desarrollo de la presente investigación, se recurrió a la revisión de literatura de diversas índoles, utilizando, particularmente, fuentes primarias y secundarias. Dentro de las principales fuentes consultadas y analizadas destacan los planes de energía y transporte, tanto nacional como de los principales países de la región y referentes a nivel mundial, elaborados por organismos gubernamentales y por consultoras independientes; reportes de ruta correspondientes a electromovilidad, particular y pública; informes de empresas automotrices y concesionarias del rubro transporte; reportes de empresas generadoras y distribuidoras de energía eléctrica a nivel nacional; normativa legal correspondiente a la electromovilidad; informes de organismos gubernamentales y de gobierno; informes de instituciones medioambientales; e información obtenida de primera mano por medio de entrevistas a expertos en la materia y actores relacionados al desarrollo de la electromovilidad en el país. Se ha decidido realizar entrevistas a expertos de diferentes sectores que estén relacionados con el transporte público. Cabe mencionar que las entrevistas fueron coordinadas a través de llamadas, correos electrónicos, contacto por LinkedIn y reuniones virtuales mediante plataformas digitales. Todas estas últimas se realizaron de manera virtual, dado el actual panorama de pandemia. Asimismo, es importante señalar que, para utilizar la información obtenida, se recolectaron también todos los consentimientos informados de los entrevistados de manera virtual.

3. Ejes de Evaluación

Se ha determinado realizar el análisis del objeto de estudio desde los tres principales ejes de análisis, con la finalidad de presentar un panorama más amplio e interrelacionado en el que se establezcan relaciones entre el ámbito económico, ambiental y social. De esta manera se puede plantear y estudiar la interacción que produce la introducción de la electromovilidad en el transporte público de la ciudad de Lima Metropolitana.

3.1. Eje Económico

Dentro de una evaluación económica se comparan las relaciones entre el costo y beneficio, de manera que esta pueda dar resultados respecto a la conveniencia de inversión o el rechazo frente a un proyecto. Si una propuesta de inversión muestra indicadores de rentabilidad atractivos, la misma puede ser considerada para ejecutarse; de lo contrario, rechazarse. Sin embargo, el aspecto económico no será el único factor para la evaluación dentro de la investigación; se consideran otros ejes que serán abordados más adelante para obtener una visión global de todo el ecosistema que demanda una inversión en nueva tecnología.

Para la evaluación del eje económico, se analiza el TCO⁵ de la implementación de un bus eléctrico en la ciudad de Lima. Este mismo está compuesto por: el análisis del costo de capital para la adquisición de un bus en el cual se incluyen componentes importantes como batería, chasis y carrocería; costo de sistema de recarga, en donde se considera tanto al cargador como la infraestructura necesaria para su funcionamiento; y, finalmente, el costo de salvamento, debido a que el mercado de buses eléctricos es nuevo en el país, como indicó Daniel Rubio, representante de Modasa (ver Tabla 1). Es desconocido ya que no existe suficiente información para el segundo uso de las baterías que vayan a ser cambiadas en los buses eléctricos cuando estos alcancen su vida útil en sus ciclos de carga correspondiente. Ahora, si bien se desconoce un posible segundo uso para las baterías, es importante mencionar que, actualmente, se tienen algunas alternativas como la creación de estaciones de almacenamiento de energía solar o eólica (Castells, 2018), así como el uso de las baterías para estacionamientos de recarga solar, la optimización del consumo energético dentro de los hogares y el almacenamiento de energía en hogares aislados (Mora, 2015). Entonces, el segundo uso que pueda dársele a las baterías de buses eléctricos tiene un nuevo mercado a desarrollar y ello posibilita que con más experiencia tecnológica podría llevarse a cabo en el Perú.

Figura 4: Ejemplo estacionamientos carga solar



Fuente: Adaptado de “Estudio para la reutilización de baterías de coches eléctricos en segunda vida para nuevas funciones”, por Mora A., 2015.

Dentro de la evaluación también se considera el análisis del flujo de caja económico, a partir de la cual se analizan algunos escenarios con la finalidad de obtener indicadores financieros que permitan visualizar la decisión de inversión en este tipo de proyectos y la implementación de buses eléctricos en la ruta del corredor rojo Javier Prado. Para el análisis de este, se ha considerado necesario la perspectiva de la banca para la evaluación en financiamiento y riesgo sobre el sector transporte. Se entrevistó a representantes del Banco Santander y BanBif que están relacionados con el análisis de riesgo, financiamiento y tasas en el mercado vehicular.

⁵ TCO (Por sus siglas en inglés) = Costo Total de Propiedad

Es necesario mencionar que, actualmente, existen proyectos en desarrollo respecto a buses eléctricos en el Perú, pero debido a la situación pandémica varios de estos han sido retrasados, y el esfuerzo del Estado por participar en la introducción de una nueva tecnología en el transporte urbano cambió, ya que enfocó la mayoría de sus esfuerzos en la salud, así lo señaló María Jara, Presidenta Ejecutiva de la ATU, en “Electro Transporte Digital 2020”. Así mismo, para realizar un análisis regional sobre la situación en la que se encuentran los países de Latinoamérica respecto a vehículos eléctricos, se realiza el benchmarking, que es una práctica en la que una compañía estudia e implementa los aspectos más destacables de sus competidores. En este caso se utilizó para visualizar a otros países. Actualmente, este término también se utiliza como un referente para que una organización pueda medir y mejorar sus áreas de desempeño más débiles. Cuando se habla del sector de salud y seguridad, el concepto de benchmarking consiste en que las compañías se autoevalúan y adquieren las mejores estrategias de sus competidores (Parada, 2019). Según David T. Kearns, director general de Xerox Corp., el benchmarking es “un proceso sistemático y continuo para evaluar los productos, servicios y procesos de trabajo de las organizaciones reconocidas como las mejores prácticas”. En base a la definición antes planteada, el presente proyecto de investigación recoge un concepto importante: “Evaluar las mejores prácticas”. Para que este tipo de benchmarking logre obtener las mejores lecciones, al hacer esta comparación, es necesario comparar regiones homogéneas y de condiciones equiparables (Navarro, 2014), razón por la cual se ha realizado una selección de países pertenecientes a la región, considerando factores de corte político, social, geográfico y ambiental. Estos países son Chile, Colombia y Brasil, principales referentes por sus grandes avances respecto a la electromovilidad tanto en el transporte particular como en el público.

3.2. Eje Ambiental

Es de importante consideración realizar el análisis de las variaciones y potenciales impactos en el medio ambiente tomando en cuenta diferentes factores que están directa e indirectamente relacionados a la electromovilidad; no solo respecto de la operación de los vehículos eléctricos, sino también de los componentes que integran cada unidad de estos, desde su proceso de fabricación hasta el final de su vida útil o incluso su nueva utilización luego de esta. Para ello, se consideró preciso utilizar la herramienta del Análisis de Ciclo de Vida ACV aplicado particularmente a los buses eléctricos para el transporte público.

Los productos son creados principalmente para atender y satisfacer las necesidades de los consumidores, y se suele prestar atención al producto en sí en el estado en el que se adquiere, pero existe detrás de él todo un ciclo de vida que comúnmente no es analizado. Este ciclo de vida incluye todos los procesos y subprocesos por los que pasa para llegar a un producto final e incluso

su vida luego de terminar su uso principal. Ello hace referencia al momento de la ideación, el diseño, la obtención de materia prima, la transformación de esta, la producción, la distribución, el funcionamiento y el fin de la vida útil que pueda tener el producto en análisis, ya sea reciclaje, reutilización u otros.

Es relevante enfatizar en que cada uno de estos procesos y subprocesos que se realizan para obtener un resultado final genera un impacto en el medio ambiente, debido principalmente a la emisión de gases y la utilización de recursos. Por ello, es crucial medir y analizar estos impactos con la finalidad de encontrar la forma de reducir o eliminar la contaminación que se genera con ellos. Actualmente, se pueden realizar mediante el uso de distintas herramientas dentro de las que resalta el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) o Life Cycle Assessment (LCA). Siendo esta la que se utilizó para la presente investigación.

Los primeros usos de esta herramienta se dieron en Estados Unidos y en Europa, aproximadamente a finales de los años sesenta. Para 1969, Coca-Cola encargó este análisis al Midwest Research Institute, con la finalidad de encontrar, mediante un estudio, la manera de poder reducir el impacto en el medio ambiente que generaban por sus operaciones y optimizar sus costos. Por su parte, Boustead Consulting también realizó un estudio en los años setenta respecto del consumo de energía necesaria para la fabricación de envases de bebidas. El uso de este tipo de análisis se popularizó hacia la década de los ochenta. Durante los siguientes años, la ISO destinó esfuerzos para establecer un marco normativo de trabajo, con la finalidad de uniformizar términos, metodologías y métodos debido a la creación constante de diferentes metodologías, índices, procedimientos y variados programas por computadora que realicen este análisis en distintas plantas (Romero, 2003). El Análisis de Ciclo de Vida ACV es definido como un marco metodológico de análisis medioambiental utilizado para poder estimar y evaluar de manera objetiva, científica y sistemática el impacto ambiental del ciclo de vida de un determinado producto en todo su proceso, desde el inicio de la producción hasta el fin de su vida útil (Haya, 2016). Este marco de análisis se vale de la consideración de diferentes variables para obtener resultados valiosos; dentro de los principales se toma el estrés toxicológico en la salud humana y medioambiental, agotamiento de recursos naturales, uso del agua, tierra, contaminación sonora, producción de smog, cambio climático, entre otros. Dentro de este marco de análisis no se incluye el proceso de diseño de producto como tal, pues este no aporta información relevante para el estudio, aun cuando es ciertamente importante, debido a que, en la fase del diseño, se define y detalla los componentes y funcionamiento del producto (Rebitzer, 2004).

Para desarrollar un Análisis de Ciclo de Vida (ACV), se tiene como marco de referencia principal a la norma UNE-EN ISO 14040 (SO 14040. 2006), la misma que define al ACV como una técnica que -por medio de recopilación de un inventario de inputs y outputs relacionados al

sistema del producto; evaluación de los posibles impactos ambientales de los inputs y outputs identificados en la recopilación anterior mencionado inventario; reporte de resultados obtenidos del análisis de inventario y la evaluación de impacto en relación con el objeto de estudio- realiza el análisis de los tentativos impactos ambientales durante el ciclo de vida de un producto. Se rige también bajo la norma UNE-EN ISO 14044, la cual da alcances, principalmente, sobre cómo debe ser definido el objeto de estudio y cuál es el alcance de este análisis (ISO 14044. 2006). En el desarrollo de un ACV se tiene en cuenta el nivel de detalle en el que se incide, el cual será detallado a continuación:

Tabla 4: Tipos de ACV

ACV Conceptual	ACV Simplificado	ACV Completo
<ul style="list-style-type: none"> ● Estudio cualitativo. ● Datos generales. ● Identificar impactos ambientales potenciales. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Análisis selectivo ● Selección de datos en etapas más relevantes ● Análisis de fiabilidad de resultados. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Análisis detallado (inventarios e impacto) ● Cualitativo. ● Cuantitativo.

Los principales alcances que tiene esta metodología de análisis son las siguientes: Gate to gate, considera solo el proceso productivo del producto; Cradle to gate, considera desde la extracción de materias primas, transformación y producción; Gate to grave, considera desde la producción hasta la gestión de residuos; Cradle to grave, desde la gestión de materias primas hasta la gestión de residuos finales; y Cradle to cradle, que se enfoca en el análisis de ciclo de vida completo desde materia prima hasta reinserción del residuo en otro proceso productivo o en el original. (Haya, 2016). Para llevar a cabo un ACV existen cuatro pasos o etapas principales de acuerdo con Bruseeau (2019):

1. Definición y alcance de objetivos: Definir y describir el producto, proceso o actividad. Establecer el contexto en el que se realizará la evaluación e identificar los límites y los efectos ambientales que se revisarán para la evaluación.

2. Análisis de inventario: Identificar y cuantificar el uso de energía, agua y materiales, y las liberaciones ambientales (por ejemplo, emisiones al aire, eliminación de desechos sólidos, descargas de aguas residuales).

3. Evaluación de impacto: Evaluar los posibles efectos humanos y ecológicos del uso de energía, agua y materiales, y las liberaciones ambientales identificadas en el análisis del inventario.

4. Interpretación: Evaluar los resultados del análisis de inventario y la evaluación de impacto para seleccionar el producto, proceso o servicio preferido con una comprensión clara de la incertidumbre y los supuestos utilizados para generar los resultados.

Dentro del mundo de los vehículos eléctricos (VE) el ACV juega un rol muy importante, debido a que es utilizado como una herramienta para cuantificar y analizar el impacto ambiental que realizan estos frente a sus pares, vehículos operados principalmente por diésel y, en ocasiones, otros tipos de combustibles, e incluso entre los tipos propios de vehículos eléctricos (vehículos híbridos no conectados/no conectados y vehículos de motor eléctrico). Además, es comúnmente utilizado puesto que permite generar reportes de valor que influyen en la decisión final de la ingeniería de los vehículos (Edege, 2015). Una de las cualidades por las que los vehículos eléctricos son atractivos al público es principalmente la nula emisión de ruidos y emisiones locales, los cuales son muy valorados particularmente por ciudades que sufren de alta contaminación ambiental y sonora generada por el alto número de vehículos diésel que agravan la situación, por el hecho de ser vehículos antiguos en mal estado. En adición, suelen ser vehículos que representan la sostenibilidad tanto ambiental como económica, relacionada a los gastos que requieren estos vehículos en su etapa de operación. Es de conocimiento que para las evaluaciones referentes a esta clase de vehículos se toma en cuenta primordialmente la fuente de energía primaria que estos utilizan y sobre los gases de efecto invernadero (GEI) que generan durante su etapa de operación (Faria, 2013). No obstante, de acuerdo con cada análisis que se realice se pueden tomar en consideración otras etapas del ciclo de vida de estos vehículos, atendiendo los alcances mencionados líneas arriba.

Existen variadas consideraciones y factores comunes que se deben tomar en cuenta para poder llevar a cabo un ACV sobre vehículos eléctricos y sus pares. Algunas de estas consideraciones son la comparación de vehículos de similares características, los efectos de las condiciones de conducción en el mundo real, emisiones GEI relacionadas a la producción, operación y eliminación del producto (entre otras, de acuerdo con los requerimientos del estudio) (Ma, 2012). Respecto a los factores comúnmente utilizados para este tipo de análisis en vehículos eléctricos, tomando en cuenta que estos dependen en gran parte por los parámetros del lugar en el que son conducidos, estos son las variaciones en la conducción en cada ubicación geográfica diferente, el uso del aire acondicionado o calefacción de acuerdo a las condiciones climáticas de cada lugar tiene un efecto importante en el consumo de energía; la combinación regional de electricidad; los patrones de uso de los vehículos, pues sería necesario contar con rutas y condiciones similares para poder establecer comparaciones entre

ellos y generar variaciones significantes en los resultados; y el análisis “end-of-life” tanto de los vehículos como de los componentes (Edege, 2015). Existen también otros tipos de factores hallados gracias a previos análisis realizados mediante este marco metodológico, el cual ha identificado que afectan el análisis del impacto de las emisiones de este tipo de vehículos y que pueden hacer variar los resultados respecto del consumo de energía tales como: el estilo de conducción agresiva genera un incremento aproximado de 47 % y el uso en general del control climático en vehículos en operación aumenta el consumo en un rango de 24 a 60 % (Faria, 2013).

De este modo, para realizar el ACV se utiliza el método ReCiPe 2016, una versión actualizada de la presentada inicialmente en el 2008 por manos de RIVM, Radboud University Nijmegen, Leiden University and PRé Sustainability. Este método tiene como finalidad convertir los resultados del inventario utilizado en el ACV en resultados con puntaje limitado para explicar el grado de implicancia y gravedad relativa en una categoría de impacto ambiental (PRé Sustainability, 2021). Este método incluye dos niveles de análisis: punto medio (mid point) y punto final (end point), con 18 y 3 indicadores, respectivamente. Para este análisis, señalado previamente, se utilizó el nivel “punto medio” con incidencia en las siguientes categorías de impacto:

- Cambio climático: mediante el impacto en el calentamiento global, medido a través de toneladas de CO₂ equivalente, es relevante registrar la incidencia por medio de este indicador, puesto que es el principal indicador y punto de referencia común para medir el calentamiento global por gases de efecto invernadero.
- La formación de partículas finas: estas se miden por PM 2.5 en la unidad año/km PM2.5 equivalente. Es importante el análisis de incidencia en este factor, puesto que la constante exposición de los humanos al PM2.5 está asociada con varios efectos negativos para la salud, tales como incremento de morbilidad respiratoria y cardiovascular crónica y aguda, al igual que la mortalidad, cáncer de pulmón, diabetes e incluso afecciones en el parto (Frantke, 2015).
- Acidificación terrestre: con este indicador se mide el potencial de acidificación (AP por sus siglas en inglés) y se mide universalmente en SO₂ mediante año/kg SO₂ equivalente (SIMAPRO). Es relevante considerarlo por la contaminación que se produce al registrar altos niveles de ácidos en la superficie terrestre, lo que genera la disminución de condiciones para la germinación de semillas y reproducción de plantas, afectando la biomasa vegetal y su diversidad (Acevedo, 2016).
- Toxicidad cancerígena humana: incide en la cantidad de partículas que exponen a los humanos a la generación de cáncer y expresan la posibilidad de un grupo de personas

de un millón que presenten cáncer en una zona determinada con exposición determinada (SIMAPRO).

- Uso del suelo: refiere al impacto y los daños que sufre la biodiversidad de especies en una porción de tierra específica, la cual depende del tipo de uso y su tamaño. Se expresa en fracción potencialmente desaparecida (SIMAPRO).
- Consumo de agua: cantidad de agua dulce involucrada en el proceso de actividad de un producto. Es medida por m³ (Berger, 2010).

3.3. Eje Social

Uno de los principales factores a partir del cual se utilizó la teoría de sistemas complejos fue la necesidad de incluir un análisis de factores sociales para el desarrollo de la electromovilidad para el transporte público en Lima. En el Perú existe una amplia variedad de vehículos automotores, aproximadamente más de la mitad de los vehículos tienen algún tipo de combustible a gasolina o diésel. Después de ellos se puede encontrar aquellos que usan GLP y GNV (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2020). Ello conlleva a que en la ciudad de Lima se puedan generar algunos problemas relacionados no solo con la contaminación, sino también con el tráfico, ya que actualmente es la tercera ciudad con este problema a nivel mundial (TomTom, 2019). Esto es resultado de algunos problemas en el transporte público, por ejemplo: el alto índice de informalidad, el número elevado de rutas no gestionadas adecuadamente, la interconexión con el Callao, el sistema ineficiente del transporte público, entre otros (Bielich, 2009).

La búsqueda de soluciones a estos problemas presenta una barrera en la gestión organizacional, así como en la gestión de la infraestructura y jerarquización vial (Jiménez, 2014). Es decir, los diferentes problemas que afronta cada municipalidad para aplicar y tener intervenciones en la normativa correspondiente al transporte público estarán inmersas dentro de la política y la infraestructura que se designe según nueva elección de autoridades y funcionarios (Defensoría del Pueblo, 2008). La evidencia de ello es el cambio de funcionarios públicos que ocurre cuando la gestión de un alcalde o presidente termina y demanda una nueva convocatoria según las necesidades del nuevo régimen. Esto, en suma, puede ocasionar la falta de sostenibilidad de proyectos o políticas públicas que estén en proceso de ejecución. En base a lo expuesto, se plantea la propuesta de un nuevo sistema vial para Lima Metropolitana que presente mejoras respecto al que se tiene actualmente e incluya a la electromovilidad, específicamente buses eléctricos; los cuales tendrán no sólo un impacto menor en el medio ambiente respecto a vehículos de combustión mecánica, sino que también permitirán mejorar la experiencia de viaje para los usuarios, utilizar nuevas tecnologías para un sistema de transporte con mayor control en tiempo real, entre otros beneficios de impacto directo en la sociedad limeña. Esto demanda coordinación

entre entes públicos y privados, ya que, en base a las evidencias que ha presentado la Municipalidad de Lima con el proyecto de un primer bus integrado a la línea del Corredor Rojo (ruta entre las avenidas Elmer Faucett - La Marina - Javier Prado), se evidencian las alianzas estratégicas estipuladas, tal como la concesión a Allin Group, la cooperación con Enel X Perú, Hydro Quebec y el Global Sustainable Electricity Partnership (GSEP) para la homologación del vehículo e implementación de estación de carga del bus eléctrico. Estos tipos de iniciativas forman parte de proyectos piloto que permiten conocer nuevos modelos de negocio para afrontar la problemática en el transporte en Lima, y supone la revolución del parque automotor.

En el panorama expuesto hemos identificado una oportunidad de mejora para la gestión del transporte público directamente relacionada al bienestar social en Lima Metropolitana, así como una necesidad urgente de nuevas regulaciones, políticas públicas e inversiones privadas que promuevan nuevas alternativas respecto a la sostenibilidad en el transporte público de Lima Metropolitana. En base a la revisión que se ha realizado, se pretende identificar las condiciones necesarias para que la inversión en electromovilidad para el transporte público pueda darse de manera óptima en la ciudad de Lima Metropolitana, enfatizando el direccionamiento hacia la mejora de la movilidad urbana y el bienestar social. De esta manera, se busca visibilizar un nuevo mercado y modelos de negocio posibles basados en la innovación social, donde se creen oportunidades de desarrollo y crecimiento tanto para empresas privadas, entidades públicas, organizaciones internacionales, academia y ciudadanos en general, pues considera que el cambio adecuado para el sistema de transporte público debe ser sistemático y progresivo, articulando ejes económicos y sociales que desarrollen soluciones sostenibles. Por lo tanto, en la medida que se vayan implementando estrategias de mejora en el transporte urbano, podría mejorar también la calidad de vida de las personas no solo respecto a la seguridad vial, sino también a la salud, pues, al ser vehículos eléctricos, una de las cualidades más relevantes es que no emiten gases contaminantes, lo que impacta directamente en las tasas de enfermedades respiratorias derivadas de la emisión de estos gases, punto crítico en la agenda nacional, actualmente.

Para el presente proyecto de investigación se ha realizado una revisión académica tanto a nivel nacional con el objetivo de identificar investigaciones que tomen en cuenta factores sociales para el análisis del transporte público. Se inició con la revisión de publicaciones institucionales de diversos niveles gubernamentales, entre las más relevantes cabe mencionar el Programa Estratégico Institucional 2018 – 2022 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones en el cual se define como el octavo de los objetivos estratégicos institucionales: “Incrementar el nivel de cumplimiento de la normativa socio ambiental de los proyectos de infraestructura y servicios de transporte y comunicaciones al ciudadano y fortalecer la sostenibilidad ambiental de los sistemas de transportes” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Gobierno del Perú, 2019); objetivo para el cual responde como única acción estratégica la supervisión, a través de la

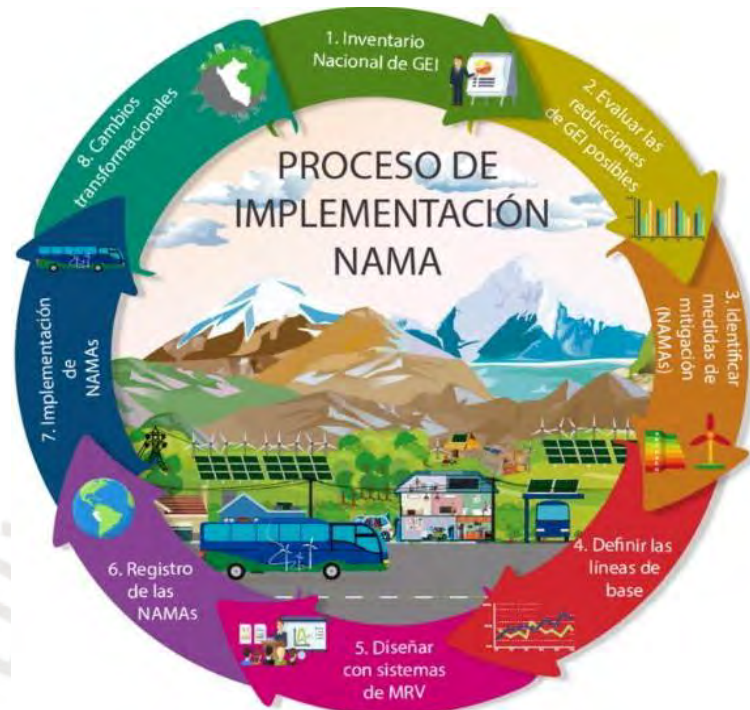
fiscalización y control de proyectos, servicios y actividades del sector, y la promoción de la gestión ambiental a los proyectos y servicios de transportes. Es evidente la falta de inclusión del factor social tanto en los objetivos como en las acciones del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Gobierno del Perú, así como también se identifica la falta de aplicación de tecnologías más sostenibles y la falta de intención para articular ejes sociales y fomentar la interacción de agentes, por el contrario, se identifica únicamente la mención de capacitaciones y asistencia técnicas sobre gestión socio ambiental en su conjunto, cuando cada eje presenta actualmente una gran cantidad de necesidades por atender particularmente (Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Gobierno del Perú, 2019). Por su parte, el Ministerio de Energía y Minas (2017), presenta un enfoque opuesto, pues desde el 2017 se vienen desarrollando acciones para apoyar la NAMA de preparación del sector energético para la transformación hacia una matriz energética limpia a través del uso de transporte limpio en el Perú. A continuación, se presenta la definición de una NAMA según Ministerio de Energía y Minas en su portal web. Las Acciones Nacionales Apropriadas de Mitigación (NAMA, por sus siglas en inglés) refieren a todas aquellas acciones que realizan los países en vías de desarrollo que tienen como finalidad reducir importantes cantidades de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y que se preparan bajo iniciativas nacionales de gobierno (Ministerio de Energía y Minas, 2021). En ese sentido, el Ministerio de Energía y Minas ha definido como tercera NAMA de energía el desarrollo del Transporte Eléctrico Terrestre, para entender mejor el proceso en la figura 5 se adjunta el proceso de implementación de esta.

Finalmente, entre de las acciones resalta la inversión en un estudio de Diagnóstico, Evaluación, Análisis y Propuesta para Apoyar la NAMA de Preparación del Sector Energético para la Transformación hacia una Matriz Energética Limpia a Través del uso de Transporte Limpio en el Perú realizado por la consultora latinoamericana Hincio y entregado en julio del 2017 (Hincio, 2017, pp.1) que ha brindado información muy valiosa respecto a comparación de escenarios, evaluando la transformación energética hacia una matriz sostenible en el parque automotor peruano. En los capítulos siguientes se interpretarán estos resultados según cada uno de los ejes mencionados utilizando herramientas de análisis acordes al tipo de análisis necesario.

Finalmente, además de la revisión académica, las herramientas que se utilizarán para analizar el eje social serán las entrevistas a profundidad y encuestas a un panel de expertos conformado por representantes de las organizaciones líderes en la electromovilidad en el Perú con el objetivo de conocer sus perspectivas y medir su nivel de satisfacción respecto al desarrollo de la electromovilidad a nivel nacional y local. Asimismo, se utilizará un Mapa de Acciones Sostenibles diseñado por la Universidad de Oregón en el año 2013 para la evaluación cualitativa de los niveles de desarrollo en los diferentes espectros sociales: naturaleza, individuo, comunidad

y economía del transporte público en Lima Metropolitana.

Figura 5. Proceso de Implementación de una NAMA



Fuente: Ministerio de Energía y Minas (2017).

CAPÍTULO 5: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

1. Eje Económico

Para la evaluación económica, se hizo uso de algunas herramientas que nos brindarán el panorama actual sobre la situación en la que se encuentran actualmente los buses eléctricos en nuestro país. Para esto se analizó el Costo Total de Propiedad de los tres diferentes buses que se explica previamente en el punto 4.1 con el cual se ha obtenido información sobre los principales costos que demandan la implementación de un bus. Estos han sido evaluados por costo el costo de la batería, costo del chasis, costo de sistema de recarga y costos operativos, los cuales son estimados a un horizonte de evaluación de 10 años. Estos últimos en mención, han sido contrastados con las organizaciones que tienen relaciones con las operaciones de cada una de ellas, como fabricantes de buses, baterías, generadores de energía y consultoras que ven actualmente temas relaciones a electromovilidad (ver Tabla 1).

Como parte de responder nuestros objetivos de investigación, se desarrollan algunos escenarios en los cuales se podrían dar decisiones de inversión en buses eléctricos. Para ello se aterrizó, el análisis previo, en la situación actual de la operadora del Corredor Rojo, Allin Group en la ruta La Marina – Javier Prado. Para esto fue necesaria la información brindada directamente de la operadora sobre costos de pasajes, cantidad de pasajeros, ingresos anuales y tasas de financiamiento con los bancos. De igual manera, se consideró relevante entrevistar a representantes de algunos bancos para analizar la situación respecto al financiamiento en el sector automotriz actualmente y si el mismo considera invertir en proyectos como buses eléctricos. Es importante señalar que actualmente no se puede dejar de lado la situación actual de pandemia por el Covid-19, razón por la cual se hace análisis considerando algunos escenarios en los cuales se ha desarrollado el país por el estado de emergencia que trajo consigo este virus y como el mismo tiene impacto en las decisiones de inversión.

Por último, se analizan las practicas gubernamentales que han sido desarrolladas en otros países de Latinoamérica para que estas puedan ser consideradas dentro de las buenas prácticas, como una propuesta de análisis y futuras estrategias frente a la innovación, gestión y promoción de nuevas tecnologías. De esta manera, se busca contrastar la situación que tiene el país respecto a proyectos de electromovilidad e inversión en buses eléctricos como parte de la solución frente a problemas en el transporte público y contaminación ambiental.

1.1. Análisis Costo Total de Propiedad

El costo total de la propiedad, o como se indicaría en inglés Total Cost of Ownership (TCO), será el modelo de cálculo para la estimación del costo del ciclo de vida de la nueva

tecnología que se analizará calculando su valor al presente. Este modelo en mención es ampliamente utilizado para realizar comparaciones entre proyectos que permitan tomar decisiones según el costo que representaría en su vida útil, en este caso para los buses eléctricos a diésel y gas. El método no contempla los ingresos obtenidos durante el periodo analizado, por lo cual no determina la eficiencia y el retorno sobre la inversión (Gatti, 2013). Estos últimos indicadores en mención serán analizados más adelante. Es decir, mediante el TCO los costos de propiedad de las tecnologías que se evaluarán tienen componentes más allá de los estipulados: no solo el costo de adquisición, sino también los costos que debe asumir para garantizar el funcionamiento correcto del proyecto a ejecutarse durante la vida útil del mismo. En consecuencia, el TCO brinda un resumen general que refleja el costo inicial o de adquisición y los aspectos del uso y mantenimiento (Costos Operativos).

Ecuación 1: Fórmula Costo Total de Propiedad

$$TCO = C_{CAP} + C_{OP} + C_{REP}$$

C_{CAP} = Costo de Capital C_{OP} = Costo Operativo C_{REP} = Costo Residual

a. Costo de la batería

Parte importante por considerar dentro del costo del bus es la batería (aparte del chasis y carrocería). Para esta última, es necesario considerar varios aspectos que darán resultado al cálculo de esta. El análisis de la evaluación considera los ciclos de vida útil que tendrá la batería, ya que al llegar un momento la batería tendrá que ser reemplazada. Ello está sujeto al nivel de uso y cantidad de recargas que la batería tenga en el día, ya que en caso requiera ser cargada más de una vez al día el ciclo de vida de la batería se verá acelerada. En el escenario analizado, la batería no requiere cambio alguno hasta el año 10, en el cual llega, aproximadamente, a los 3000 ciclos, debido a las recargas que haya tenido y a partir de las cuales haya llegado al final de su vida útil (ver anexo A). Se ha considerado para el horizonte de evaluación el plazo que las concesiones tienen por contrato, como lo es actualmente el corredor complementario en la ruta Javier Prado: un tiempo estimado de 10 años. De esta manera, la capacidad de la batería necesaria para la evaluación, cantidad de kilómetros recorridos y autonomía están descritos en la siguiente Tabla:

Tabla 5: Horizonte de evaluación

Variable	Unidad	Dato
Horizonte analizado	años	10
Vida útil de la batería	años	10
Número de recambio de batería	# de veces	0
Capacidad de la batería estimada	kWh	240
Autonomía requerida por el servicio	km	182
Autonomía promedio de la batería	km	178
Recarga diaria requerida	minutos	7

Adaptado de BID (2020).

Actualmente, los fabricantes de buses eléctricos brindan el costo del bus considerando dentro de la misma el costo de la batería. Según las estimaciones que indica el reporte del Banco Interamericano de Desarrollo, se identifica que el valor aproximado de la batería es 460 USD/kWh (BID, 2020).

Con respecto a las baterías, es menester mencionar que, según la Agencia Internacional de Energía, el costo promedio de fabricación de baterías disminuyó, ya que el precio de esta se encontraba por encima de los 900 USD/kWh en el 2010, para bajar a 300 USD/kWh aproximadamente, en el 2014 (ver Figura 5). Desde entonces, el precio de las baterías ha ido disminuyendo a un ritmo aproximado de 9 % anual, para llegar al precio de 200 USD/kWh en el año 2019.

Figura 6: Costo promedio de baterías



Fuente: International Energy Agency Publications (2017).

Así mismo, algunos fabricantes como Tesla y General Motors suponen que el precio de la batería alcanzará, aproximadamente, los 100 USD/kWh entre los años 2020 y el 2022; sin embargo, según las estimaciones de Bloomberg, el precio de la batería estará alrededor de los 100 USD para el 2025 y 70 USD en el 2030 (Bloomberg New Energy Finance, 2018). Con ello se podría estimar que el costo de baterías e implementación para los buses eléctricos disminuirá. Al ser una nueva tecnología que está ingresando al mercado, la demanda de esta tenderá a aumentar con el tiempo; por lo tanto, el mercado se volverá más competitivo y brindará mejores precios para adquirir baterías.

Bajo este contexto, Latinoamérica tiene ventaja estratégica al poseer el 50 % de los

yacimientos mundiales de litio (material necesario para la fabricación de baterías) en el Triángulo del Litio en Chile, Bolivia y Argentina (Frost y Sullivan, 2015). Además, la minera Macusani Yellowcake descubrió, según sus propias palabras, uno de los mayores yacimientos de litio en Puno que podría explotarse hacia el 2021 (RPP, 2018). En base a estas últimas premisas, el Perú, como Latinoamérica, podría ser el centro de fabricación de baterías de Litio si se realizan estudios que brinden resultados favorables para la inversión en nuevos proyectos relacionados a la elaboración de estos aparatos para nuevas tecnologías.

b. Costo de chasis y carrocería

Luego del análisis de la información, en base a las reuniones que se tuvieron con los fabricantes que actualmente vienen comercializando la introducción de buses eléctricos en el mercado peruano, estos fueron dos: BYD y Modasa. Este último, en cooperación con QVE-Tech,

tiene un acuerdo para la fabricación de buses eléctricos en la ciudad de Lima que, con apoyo de la empresa de energía ENGIE, presentó en septiembre de 2020 el primer bus eléctrico hecho en el país, al cual dieron el nombre del “E-Titán”. Por el lado de BYD, se tuvo el primer bus eléctrico en circulación dentro del corredor complementario de la línea 209 de la ruta Javier Prado. Este bus se encuentra a cargo del operador Allin Group, con el cual también se tuvo una reunión donde señalaron que, debido a la pandemia y a las medidas que se tomaron a raíz de esta en el 2020, este bus eléctrico no estuvo en funcionamiento, ya que la demanda de pasajeros disminuyó considerablemente respecto a años anteriores, llegando a solo atender aproximadamente el 20 % de la demanda respecto del año 2019. Actualmente, este bus tiene seis meses en circulación, aproximadamente (considerado a marzo 2021), razón por la cual recién se tendrán los datos que necesita la empresa Hydro-Québec, quien fue la que donó este bus. El lanzamiento del bus eléctrico de BYD fue en diciembre de 2019 y, debido a las circunstancias que atraviesa el país, recién para abril de 2021 se podrá analizar el funcionamiento del bus, lo que evidencia la lejanía y retraso para tener pruebas concretas sobre el funcionamiento de este tipo de buses. En semejanza, Modasa y QVE-Tech tenían estimado el lanzamiento del E-Titan para el segundo semestre del 2019; sin embargo, este también tuvo retrasos por la situación de pandemia actual.

A partir de ello, se tomó en consideración los precios de los fabricantes BYD y Modasa (en conjunto con QVE-Tech) para el análisis del costo del chasis y la carrocería. Entiéndase por chasis el esqueleto del vehículo que es la base donde se montan todas las partes de este, y la carrocería a todas aquellas partes que recubren el bus como estructura externa, asientos, escalones, etc. (FUSO, 2019).

Tabla 6: Costo Chasis - Carrocería

Costo del bus	BYD	Modasa
Chasis	\$ 205,100	\$ 195,000
Carrocería		

Adaptado de BID (2020).

c. Costo de sistema de recarga

Otra parte fundamental dentro del funcionamiento de un bus eléctrico es el sistema de recarga de la batería que este mismo utiliza. Actualmente, existen tres formas de recargar las baterías de los buses eléctricos: conectables, conductivos e inductivos. Cada uno de estos últimos tiene características dependiendo de las necesidades y del proyecto en el cual se vayan desarrollando. Por ejemplo, el sistema de recarga conectable es el de mayor uso debido a su fácil manipulación de uso y bajo costo que generalmente se ubican en los patios de recarga donde se encuentran los buses. Su objetivo es recargar la batería que generalmente se realiza por la noche para tener completo funcionamiento durante el día. También se encuentra el sistema de recarga conductivo (por contacto) que tiene como fin reducir el tamaño de la batería, reducir el costo del bus y maximizar el transporte de la mayor cantidad de pasajeros. Su finalidad es recargar la batería de forma corta durante el trayecto del bus que permita ampliar la autonomía y rango de este; sin embargo, el costo de capital de esta tecnología llega a ser entre cuatro a cinco veces más que la recarga conectable. Por último, se tiene el tipo de recarga inductivo con la cual el bus se detiene en determinados lugares para que el sistema de carga, sin la necesidad de algún tipo de conexión, pueda recargar la batería (BID, 2020).

Ahora, para el cálculo del sistema de recarga para los buses se debe tomar en cuenta dos aspectos importantes: el cargador y la infraestructura de carga. El costo del cargador se ha estimado mediante el promedio ponderado de la oferta local de los fabricantes (ver Anexo B). El costo de la infraestructura considera el costo del transporte de la energía, la instalación de subestaciones, la red interna, los sistemas de protección, entre otros. Se indica el escenario en el cual la implementación de los buses tenga un tiempo de recarga aproximado de seis horas durante la noche. Mediante este contexto de evaluación, es factible hacer la recarga de tres buses por cargador. Los costos estimados para el cargador e infraestructura pueden verse a continuación:

Tabla 7: Costo Total Sistema de Recarga

POTENCIA	100 KW	
Cantidad de Buses	100	unidades
Costo del cargador	30,281	USD
Eficiencia del bus	0.95	km/kWh
Recorrido diario	182	km
Energía consumida	192	kWh/día
Tiempo de recarga	115	minutos
Max. Buses/cargador	3	buses/cargador
Real Buses/cargador	3	buses/cargador
Cargadores requeridos	33	cargadores
Potencia requerida	3,333	kW
Factor de seguridad	15	%
Potencia requerida	3.83	MW
Costo Infraestructura	3,229	USDM
Costo Infraestructura/Bus	32,294	USD/bus
Total: Costo Sistema Recarga	42,388	USD/bus

Adaptado de BID (2020).

d. Costos Operativos

El rendimiento de los buses eléctricos es medido en relación con la cantidad de kilómetros que recorre por kilowatts (Km/kWh). Estimarlos en el contexto del Perú es una barrera, porque aún se tiene falta de experiencia tecnológica, como se explicó en el apartado 5.1.1.2. Debido a la falta de más proyectos en el país, el rendimiento de un bus presenta dificultad para ser estimado por la alta sensibilidad para el cálculo. Para comprender mejor el escenario, un ejemplo de ello es la ruta que hace un ciclista tanto cuesta arriba como cuesta abajo. El nivel de energía que utilice para cada una de estas rutas no será el mismo, y tampoco el nivel de esfuerzo y tiempo. Caso similar es el de un vehículo: está inmerso dentro del relieve del país que no es uniforme y existen diferentes niveles de elevación para cada tipo de zona, en este caso particular para Lima Metropolitana (Villacorta y Úbeda, 2012). En materia de investigación, el promedio de los servicios complementarios de los corredores viales se encuentra en una elevación mínima de 63 msnm hasta llegar a 278 msnm, dentro de la cual la ruta del corredor Javier Prado presenta una menor pendiente en promedio (BID, 2020). Entonces, a partir de escenarios con proyectos similares, realizados en Colombia y Chile, se tiene información sobre el rendimiento que presentaron estos buses eléctricos en sus operaciones (ver Tabla 9).

Tabla 8: Rendimiento Bus Eléctrico

Rendimiento Bus Eléctrico		
Indicador	BYD Bogotá	BYD Santiago
Km/kWh	0.95	0.93

Adaptado de BID (2020).

En base a la experiencia de los países mencionados en el párrafo anterior, se tiene información sobre el costo de mantenimiento que tienen. Para el caso de Bogotá, BYD realiza el mantenimiento de las unidades a 0.14 USD/km y en Santiago a 0.086 USD/km (BID, 2020). La diferencia de costos se estima en la cantidad de buses adquiridos debido al tamaño de flota con la que cuenta actualmente Santiago de Chile (Red Metropolitana de Movilidad, 2020). En el Perú, Daniel Rubio, representante de Modasa, indicó que, al ser un mercado nuevo, aún no se tiene la estimación exacta para un bus eléctrico; sin embargo, para el modelo que lanzaron al mercado (E-Titan), el costo promedio está cerca a los 0.2 USD/km. Para fines de la investigación, se consideró la estimación que propone el BID de 0.11 USD/km, tomando como parámetros de sensibilidad los costos de mantenimiento expuestos para Bogotá y Chile, así como el 2 % para el mantenimiento de la infraestructura y cargadores.

Por otro lado, es necesario señalar también los diferentes costos variables y fijos que se consideran dentro del costo para el funcionamiento del bus eléctrico. En la siguiente tabla se detallan los principales costos que son parte de la operación de este bus. También se considera el mantenimiento de la infraestructura de recarga como parte de este. El análisis de la información estima un recorrido anual de 56,784 km para cada bus y el rendimiento de 0.95 Km/KW.

Tabla 9: Costos Variables y Costos Fijos

Costos Operativos			
Costos Variables	Costo del combustible	0.08	M/UC
	Mantenimiento	0.11	M/km
	Neumáticos	0.02	M/km
Costos Fijos	Seguros	2.2	% Capex bus
	Mant. Infraestructura	0.01	M/km

Adaptado de BID (2020).

En base al modelo desarrollado por el Banco Interamericano de Desarrollo sobre modelos de negocio de buses eléctricos en Lima, se considera lo siguiente: para los Gastos Administrativos que incurren en la operación de un bus se debe considerar el 21 % del total de Costo Operativo. Y para considerar el análisis del Capital de Trabajo y los Costos Operativos se considera el 12 %. Finalmente, respecto a los costos de personal, estos fueron proporcionados por el mismo

operador Allin Group que se detallan en la Tabla 10:

Tabla 10: Costos de Personal

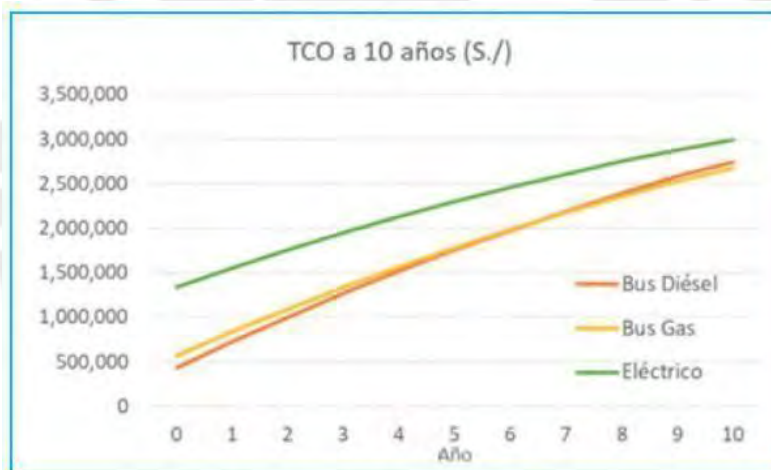
Personal	Sueldo	
Conductores	S/	1,800
Supervisores	S/	2,500
Despachadores	S/	2,000
Mecánicos	S/	3,000

Fuente: Allin Group (2020).

Resultado análisis TCO

La siguiente figura muestra el resultado del Costo Total de Propiedad estimado para la implementación de buses eléctricos en un horizonte de 10 años. Así mismo, se muestra la comparación con las otras dos tecnologías que existen actualmente en la ciudad de Lima: buses diésel y a gas.

Figura 7: Resultado TCO 10 años



Adaptado de BID (2020).

En el resultado estimado para el horizonte de evaluación, se observa que la inversión inicial para este tipo de proyecto es más elevada en los buses de tecnología tradicional. Aunque la diferencia entre el costo de los buses a diésel y gas contraste a los buses eléctricos, se hacen más cercanas en el tiempo, debido a los bajos costos de operación del bus eléctrico. El periodo de evaluación a 10 años podría no ser suficiente para que este tipo de tecnología eléctrica sea competitiva en el mercado peruano. Esto abre la puerta a que los contratos, por concesión, sean estimados a un mayor horizonte de tiempo o que los mismos estén contemplados a renovarse para incentivar la inversión a largo plazo.

Mediante el TCO se ha podido obtener una visión global de lo que podría ser el costo de inversión en una nueva tecnología -más allá del costo de adquisición de los buses- que permite visualizar y comparar los otros tipos de buses que existen en el mercado actualmente. Así mismo, la aceptación de esta nueva tecnología en el país, a partir de la cual se han venido implementado algunos proyectos piloto, trae como consecuencia no solo beneficios ambientales, si no la oportunidad de tener la madurez tecnológica que se necesita para reducir los costos de mantenimiento y se tengan precios más atractivos para chasis, carrocería y baterías en todo Latinoamérica.

1.2. Escenarios implementación buses eléctricos

En este apartado se presentará el análisis del flujo económico que corresponde a la decisión de inversión en buses eléctricos para el escenario en el cual estos mismo puedan ser operados y formar parte de Allin Group en la ruta Javier Prado. Actualmente, Allin Group cuenta con 192 vehículos en funcionamiento que tienen, aproximadamente, 4 a 5 años en operación, para luego ser cambiados y ser parte del bono chatarrero. Se consideró tomar en cuenta los ingresos realizados durante el año 2020, periodo en el cual el país estuvo en cuarentena, ya que el mismo formará parte del análisis. Mediante este análisis, se estimó y analizó la rentabilidad que tendrá cada bus eléctrico mediante indicadores financieros. La información que se brinde servirá para los agentes involucrados en la implementación de este proyecto.

Se han considerado cuatro escenarios a partir de los cuales podría desarrollarse la introducción de buses eléctricos que, mediante los supuestos que considera cada uno de ellos, serán analizados a continuación. Los supuestos establecidos para la elaboración, estimación del flujo y cálculos se detallan en el anexo C.

Para la estimación de la tasa de descuento y para conocer las tasas que actualmente tienen o con aquellas que habían sido financiadas, se consultó con Allin Group directamente. Según la información que brindó, los bancos ofrecían tasas promedio del 14 %; sin embargo, pudieron obtener créditos al 10 % y 8 % por la buena calificación crediticia que tenían por cumplir los compromisos con los bancos. Así mismo, tienen indicaciones por parte de Enel y el BID, la cual consideraría una tasa promedio del 8 % para el financiamiento de buses eléctricos.

También se consultó a representantes del Banco Santander y BanBif que actualmente ven análisis de riesgo, financiamiento y tasas en el sector transporte. El nombre, cargo y organización de los entrevistados están detallados en la Tabla 1.

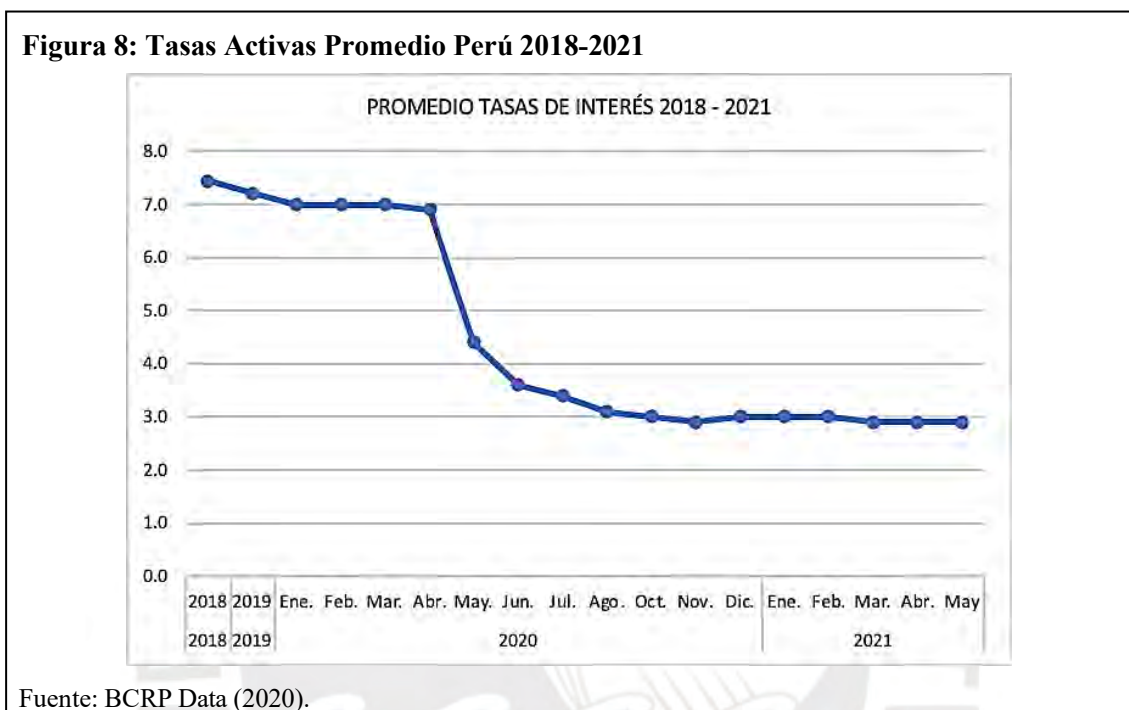
Según información del Banco Santander, para que una empresa del sector transporte pueda tener mayor respaldo en el financiamiento que solicite, son necesarios más agentes involucrados. Es decir, que no solo se encuentre la operadora de buses dentro de la evaluación, sino también el papel del Estado mediante los contratos de concesión que garantizan la operación

y flujo de este, el propio fabricante de los buses eléctricos para ver el tema de post venta y algunos otros elementos necesarios para el análisis de riesgos en financiamiento en el sector transporte.

Para tener un mayor contexto sobre el sector automotriz en el Perú, es necesario mencionar que desde el incremento del Índice Selectivo al Consumidor (ISC), las ventas de vehículos se vieron disminuidas y recién para fines del año 2019 había una proyección de recuperación en la demanda de venta de unidades. Así mismo, para inicios de 2020, con el inicio de la pandemia en Asia, muchas fábricas pararon sus operaciones, teniendo como consecuencia la falta de stock para muchos países en Latinoamérica. En consecuencia, desde hace un par de años el sector transporte viene pasando por constantes retos que han ido castigando el nivel de ventas que se tenía en contraste con años anteriores. De esta forma, el interés de la banca hacia el sector transporte ha disminuido, porque es un sector de alto riesgo no solo debido a las ventas, sino respecto a paros, accidentes y buses quemados, ya que la principal garantía que tiene el banco al financiar un proyecto en transporte generalmente “son los mismos buses”, como indica Raquel Quintanilla. En base a ello, para empresas del sector transporte que tienen las características de la operadora Allin Group se manejan tasas entre 7.5 % a 12 %.

Por otro lado, más allá de buscar simplemente el financiamiento de un nuevo proyecto, este debe ir de la mano con la imagen que brindará la empresa. Es decir, según indica Han Kim (Banco BanBif), para proyectos relacionados a sostenibilidad debe haber más que solo buses, debe haber toda una red orientada a la sostenibilidad, como paraderos de bus con cargas solares. Esto involucraría el cambio de imagen de la operadora de bus al no ser solo una empresa de transporte más, sino una empresa que impacte a los usuarios y la relacionen directamente con la sostenibilidad. Además de ello, demanda una reforma de transporte en la cual la cultura se vea inmersa para que el “competir” con la informalidad en llegar más rápido a algún lugar cambie. Ahora, la Tasa de Referencia, según indicó, ha disminuido por la pandemia, motivo por el cual se están otorgando financiamientos a tasas menores a las que se tenía antes. Por lo cual nos indicó (BanBif) que para Allin Group y el proyecto que se realizaría este calificaría al 7.5% y si la situación fuera antes de la pandemia la misma calificaría a una tasa de 9.2 %, aproximadamente.

En ese sentido y en base a las fuentes de información revisadas, también se consultó con el BCR respecto a las tasas activas que se manejan actualmente para tamaños de empresas parecidas al operador del corredor rojo. Y en efecto, las tasas para antes del 2020 eran más elevadas, en un promedio de 7.5%. Para inicios del año 2020, considerando el avance de la pandemia, se ve la tendencia que comienza a descender hasta llegar a promedios de 3 % para el año 2021 (ver figura 8).



En ese sentido, se tiene evidencia que, efectivamente, las tasas que se manejaban antes de la pandemia y durante se consideran de distinta manera. Esta evaluación será considerada dentro de los escenarios que se proponen. Finalmente, cabe señalar que, en base a la información brindada por los bancos, para que una empresa pueda conseguir mejor tasa de financiamiento se recomienda usar diferentes productos de un banco y canalizar sus flujos en el mismo. De manera que, en la medida que el banco se encuentre más cubierto, menor será el riesgo que considerará con una empresa, por lo cual podrá ofrecer mejores opciones de financiamiento.

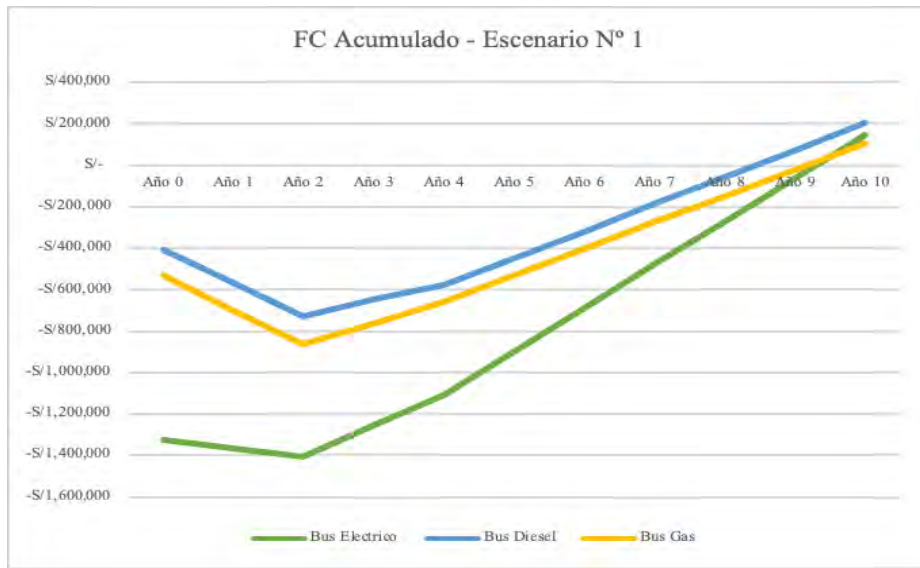
a. Primer Escenario

Para el primer escenario se ha considerado la situación actual de pandemia en la que se encuentra el Perú. Los ingresos han sido considerados en base a los proporcionados por Allin Group durante el año 2020. Para los dos primeros años de horizonte de evaluación, se contempla el estimado de la demanda de pasajeros igual a la del año 2020. Según el director general de la OMS, Tedros Adhanom Ghebreyesus, en agosto de 2020 dijo que la pandemia terminaría “en

menos de dos años”, para fines prácticos, se estima el escenario similar para el Perú, en el cual se consideran los ingresos indicados previamente (BBC, 2021). Si bien es cierto los peruanos se enfrentan a un panorama donde existe incertidumbre con una pandemia que podría tener nuevos rumbos, se considera, para los siguientes dos años del horizonte de evaluación, los ingresos generados durante el 2019 que fueron inferiores al 2018. Para los siguientes años, a partir del quinto, para Allin Group se ha considerado que el flujo de ingreso se considere a los recibidos durante el año 2018. Esto último en concordancia con la entrevista a Han Kim (BanBif), donde indica que la banca estima para el sector transporte una “normalidad” dentro de un tiempo aproximado de tres a cuatro años.

El análisis comprende la estimación de las tecnologías en el mercado actualmente (incluyendo bus eléctrico) y con las que cuenta Allin Group en el corredor rojo (gas y diésel). Se considera para el escenario de pandemia actual la tasa de descuento de 7.5 % en base a la información detallada en el apartado 5.1.2. El resultado del flujo económico determina que el VAN de los tres tipos de buses es negativo. De igual manera, el TIR obtenido es inferior a la tasa de descuento utilizada. De esta forma, estos indicadores muestran la rentabilidad del proyecto si se invierte en un horizonte de 10 años. En base a los resultados obtenidos, se encuentra que la decisión de inversión actualmente podría ser no viable por los indicadores obtenidos. Si bien se presenta un TIR positivo, este no es suficiente para alcanzar la tasa de descuento, por lo cual no se estaría alcanzando la expectativa de ganancia del inversor. En la siguiente figura se muestra la tendencia del flujo económico acumulado para los tres tipos de buses en los que se estima el tiempo de recuperación de la inversión a partir del octavo año.

Figura 9: Primer Escenario - Situación Pandemia



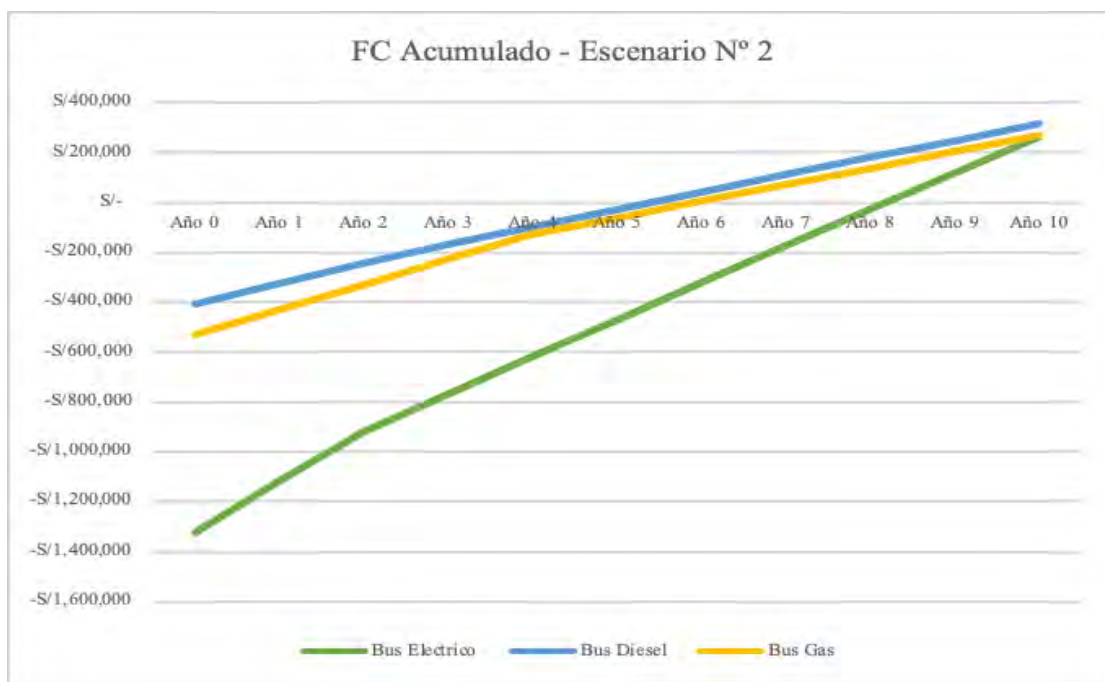
	Bus Eléctrico	Bus Diesel	Bus Gas
VAN	-431,957	-121,375	-222,152
TIR	1.5%	4.1%	2.0%

b. Segundo Escenario

Para el segundo escenario, se considera el supuesto de una situación en la que el país no se encuentre en pandemia, en situación de emergencia. Para ello se ha considerado los ingresos de los años 2018 y 2019 del operador del corredor rojo, y se considera una tasa de descuento del 9.2 % en base a la información detallada en el apartado 5.1.2. En ese sentido, para los tres tipos de buses se obtiene que el bus a diésel y a gas tienen VAN positivo y solo el bus eléctrico tiene VAN negativo. Con respecto a la TIR, las tres tecnologías presentan indicador positivo; sin embargo, solo el bus eléctrico presenta indicador menor a la tasa de descuento señalada, en contraste con los otros dos tipos de buses que tienen indicador mayor a la tasa que se utiliza.

En base a ello se puede señalar que, en el escenario planteado y en el horizonte de tiempo considerado, el bus con tecnología diésel es el que tiene indicadores más competitivos para decisiones de inversión, ya que cubre por encima del costo de inversión y el retorno que el inversionista necesitaría. Por lo tanto, el proyecto de buses diésel tiene una mejor posición respecto a los otros dos tipos de buses, sin dejar de lado a los buses a gas que se pueden considerar para decisiones de inversión. Considerando el tiempo de recuperación de inversión solo para los buses diésel y gas, se tiene en tiempo estimado a partir del cuarto año en adelante. Para el bus eléctrico, el tiempo se extiende aún más hasta el octavo año, aproximadamente.

Figura 10: Segundo Escenario - Sin Pandemia



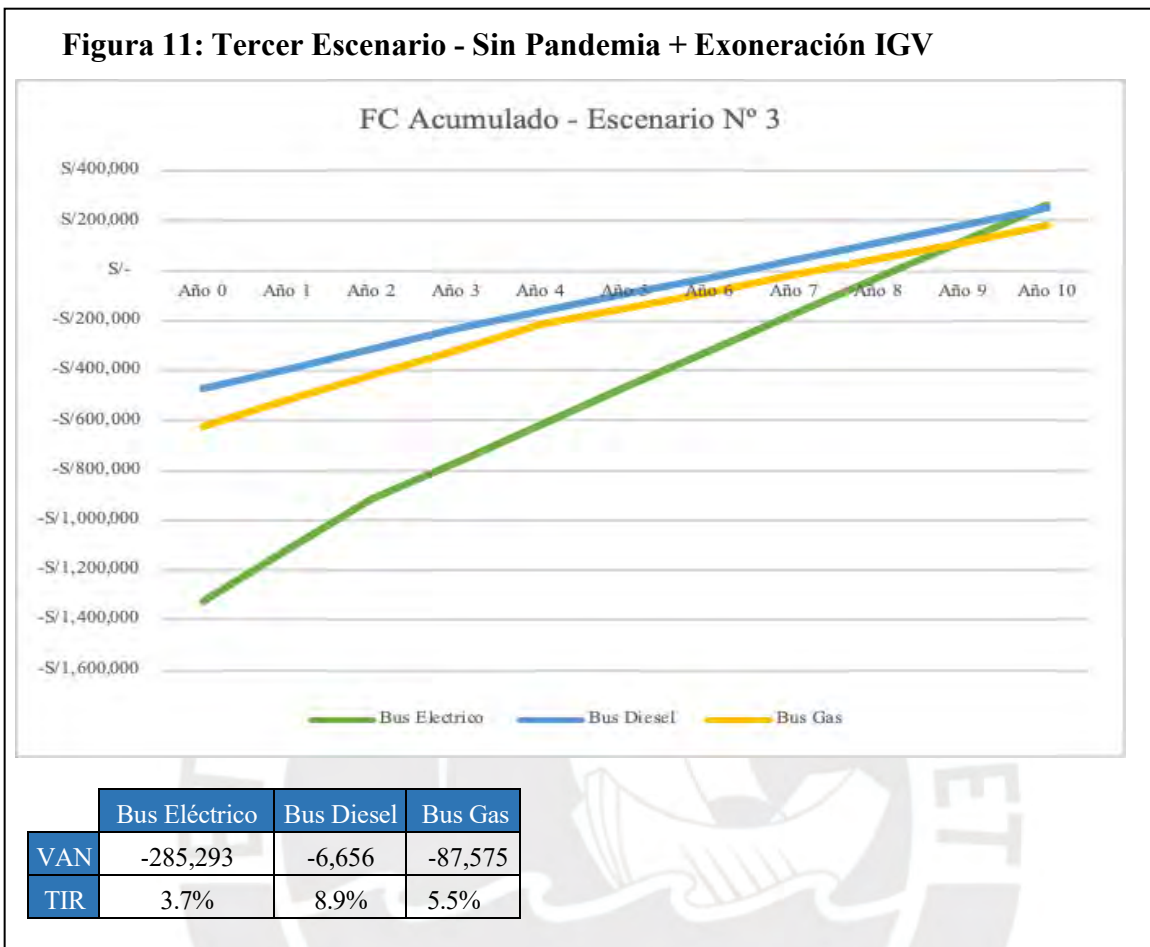
	Bus Eléctrico	Bus Diesel	Bus Gas
VAN	-285,293	60,763	2,430
TIR	3.7%	12.6%	9.3%

c. Tercer Escenario

En el tercer escenario, y en base al “Plan nacional para promover la electromovilidad en el país” propuesto por la Asociación Automotriz del Perú, se considera la exoneración del IGV para un horizonte de 10 años. De esta manera, se considera la propuesta como parte de la transformación del transporte urbano para lograr una movilidad más eficiente y sostenible. Considerando ello, se plantea un escenario en el cual no exista pandemia y se siga la propuesta de la AAP. En ese sentido, los ingresos de la operadora del corredor rojo estarían estimados en base al año 2019, sumando a ello la exoneración del IGV y Promoción Municipal de los buses eléctricos. Así mismo, se debe considerar una tasa de descuento del 9.2 % como corresponde al escenario evaluado señalado en el apartado 5.1.2.

Con los supuestos considerados se obtiene que el VAN tiene indicador negativo en todos estos tipos de buses. Y por el mismo lado, el TIR no llega a superar la tasa señalada, por lo cual en este tipo de escenario ninguno de los buses actualmente presenta opciones atractivas de inversión. Sin embargo, considerando la información brindada por Allin Group, con la tasa a la que han sido financiados (aproximadamente 8%) la opción de buses a diésel tendría una posición más competitiva para decisiones de inversión, ya que superaría el costo de invertir en el proyecto. En este escenario, el tiempo de recuperación de inversión para los buses diésel y gas empieza por

el quinto y sexto año, en contraste con el bus eléctrico que tiene un periodo de recuperación a partir del octavo año.

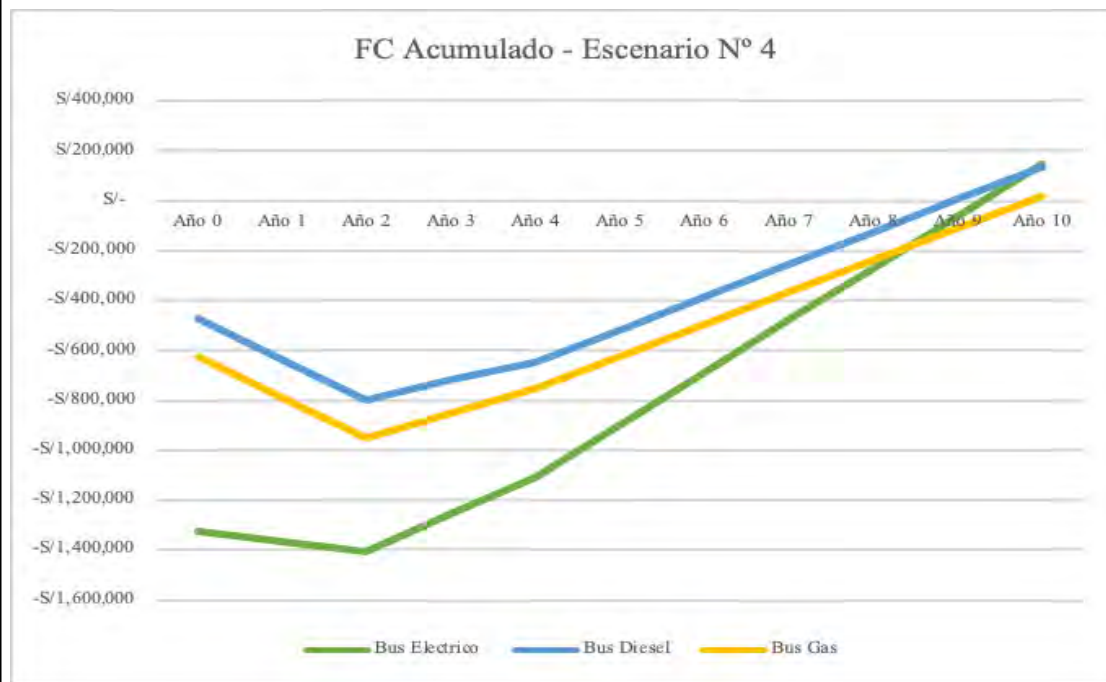


d. Cuarto Escenario

Finalmente, se considera el cuarto escenario en el cual el país se encuentra en la situación actual de pandemia por la COVID-19, y se sigue la propuesta hecha por la AAP respecto a la exoneración del IGV a vehículos eléctricos. En ese sentido, se consideran los ingresos obtenidos durante el 2019 para el corredor rojo y la exoneración del IGV y Promoción Municipal del 18 % para los buses eléctricos. Así también, se considera la tasa de descuento del 7.5 % para este escenario en evaluación.

Los indicadores obtenidos muestran que el VAN sigue siendo negativo para los tres tipos de buses. También se muestra que la TIR es positiva, pero inferior a la tasa de descuento, por lo cual los proyectos evaluados no presentan indicadores atractivos de inversión. El periodo de recuperación de inversión para el bus a diésel es a partir del octavo año, mientras que para el bus eléctrico aproximadamente al noveno año, similar al bus a gas.

Figura 12: Cuarto Escenario - Situación Pandemia + Exoneración IGV



	Bus Eléctrico	Bus Diesel	Bus Gas
VAN	-431,957	-188,794	-312,156
TIR	1.5%	2.6%	0.3%

En conclusión, se han mostrado cuatro tipos de escenarios diferentes, en los cuales se podría desarrollar la introducción de buses eléctricos en la ciudad de Lima, aplicados al corredor rojo, con el operador Allin Group, en la ruta Javier Prado. Los datos e indicadores obtenidos muestran que los buses a diésel y a gas tienen resultados más competitivos entre sí, dejando de lado a los buses eléctricos que arrojaron resultados poco atractivos para todos los escenarios propuestos.

Es importante señalar que el periodo de recuperación de inversión para los buses eléctricos, en todos los escenarios evaluados, ha resultado ser mayor a los otros tipos de buses; sin embargo, la propensión de este tiene una pendiente más elevada, por lo cual, si el periodo de evaluación fuera mayor a 10 años, el mismo tendría una posición más competitiva respecto de los buses a diésel y a gas. Esto último debido al costo de mantenimiento y combustible que es mayor en buses eléctricos donde la mayor inversión se desarrolla en el CAPEX inicial. El bus a diésel, en base a todas las situaciones planteadas, muestra mejores indicadores para decisiones de inversión en buses en el transporte público; sin embargo, actualmente todas las tecnologías presentan riesgo de inversión por la situación de pandemia actual que se desarrolla en el mundo entero. Evidencia de ello es el subsidio que el Gobierno destinó para ayudar a varias empresas de transporte por la caída en la demanda de pasajeros que ocasionó la pandemia. Empresas privadas,

el Metropolitano e incluso Allin Group, necesitaron la intervención del MTC para poder sobrellevar las tribulaciones que trajo consigo la pandemia (Resolución Ministerial N.º 700-2020- MTC/01.02).

Finalmente, los escenarios analizados evidencian, más allá de la posición del diésel, que este tiene mucha cercanía con el gas y que será desplazado con el pasar del tiempo, por los indicadores financieros cercanos que manejan y el tiempo de recuperación similar. Ello debido principalmente al costo del combustible que consume cada uno. No es lejano aproximar que el gas sea desplazado en unos años también por el bus eléctrico. Por último, la evaluación desarrollada abre puertas para que los plazos de concesión para operadoras de corredores complementarios tengan una extensión mayor a 10 años cuando se trate de introducir proyectos con una nueva tecnología, como son ahora los buses eléctricos.

1.3. Benchmarking Regional

En esta parte se desarrolló un análisis comparativo con el objetivo de identificar las principales posturas adoptadas en el ámbito internacional por algunos países vecinos de Latinoamérica. La finalidad es analizar las características y experiencias que se han implementado para buses eléctricos en el transporte urbano. En ese sentido, se expuso las razones que los países consideran para realizar el benchmarking con el Perú. De esta manera se describen factores de éxito, incentivos e investigaciones, con el fin de tener un panorama completo para obtener buenas prácticas.

Existen tres tipos de benchmarking:

- Interno: realiza la comparación respecto de los niveles de desempeño obtenidos en diferentes divisiones de una misma organización.
- Competitivo: el benchmarking se realiza teniendo en cuenta los indicadores de desempeño o factores claves de una organización frente a sus pares o frente a la organización que lidera el mercado.
- Funcional: se basa en obtener información, tal como indicadores, desempeño, entre otros, de organizaciones de giro diferente.

Considerando este concepto como fundamento, el mismo que se obtiene de la metodología del benchmarking, se hizo uso del benchmarking funcional para definir cuáles han sido las rutas y acciones tomadas por los países que lideran en la introducción y uso de la electromovilidad en el transporte público. Por la naturaleza del presente trabajo, que busca precisar la viabilidad en tres ejes específicos (económico, social y ambiental), se optó realizar el análisis por medio del tipo de benchmarking funcional.

De esta manera, el benchmarking resulta óptimo para realizar un análisis como se mencionó anteriormente. Específicamente, se realizará benchmarking regional considerando a

países como Chile, Colombia y Brasil, ya que han mostrado avances respecto a electromovilidad tanto para lo privado como para lo público. Los principales avances que se comentan a nivel regional son principalmente políticas públicas para el transporte eléctrico (particular y público), incentivos económicos y no económicos, que han sido desarrollados en el capítulo 1 y 2.

En el anexo D se precisan los datos de estos avances, en donde se hace referencia principalmente a los lineamientos correspondientes a las políticas energéticas. Los países incluyen -dentro de sus medidas para alcanzar objetivos de mejora medioambiental mediante la disminución de uso de combustibles convencionales-: reducción de impuestos e incentivos para promover el uso de energía alternativa; propuestas de transporte público, donde se revisan primordialmente los proyectos y propuestas de renovación de flotas, planes piloto de buses eléctrico, entre otros; medidas de energía eléctrica adoptadas respecto de buses eléctricos y transporte eléctrico tales como líneas de trenes eléctricos; finalmente, detalla las principales ciudades en donde se han implementado los primeros proyectos y las conclusiones a las que se llegan considerando el progreso y el estado de cada una.

2. Eje Ambiental

Dentro del marco de investigación y análisis es de crucial importancia resaltar las acciones que se desarrollan desde el ámbito gubernamental para promover de distintas maneras las acciones de la ciudadanía destinadas a caminar hacia un futuro verde. Una de las acciones que promueve el Ministerio del Ambiente es, principalmente, el Plan Nacional del Ambiente (PNA): una serie de lineamientos que busca establecer las bases para diferentes actividades que se interrelacionan con el medio ambiente, con la finalidad de preservarlo con miras hacia el año 2030.

El Plan Nacional de Ambiente (PNA) tiene ya vigencia desde hace más de 10 años y se viene desarrollando e implementando con una participación descentralizada para asegurar abarcar y atender requerimientos específicos de cada lugar del país. El MINAM refiere que el PNA es el instrumento de política ambiental nacional de mayor jerarquía, ya que este es el que define y a la vez orienta las actividades gubernamentales de los tres niveles (nacional, regional y local); y también del sector privado y social del país (MINAM, 2020). De esta manera y mediante este instrumento, busca reflejar las actividades e interacciones de instituciones y de la sociedad en general con el medio ambiente, respecto de las actividades propuestas y guías para alcanzar los objetivos planteados hacia el 2030.

Dentro de los principales temas que promueve el PNA se encuentran: mejora de la calidad del aire, agua y suelo; enfoque de economía circular, transporte sostenible, reducción de emisiones GEI, mejora de la salud de los ciudadanos, reducción de uso de plásticos de un solo uso, reducción

de la deforestación y la recuperación de servicios que promuevan los ecosistemas. Es aquí donde se genera la relación entre el PNA y el objetivo de análisis del presente proyecto de investigación, puesto que la electromovilidad como tal, y para el transporte público en Lima Metropolitana, responde a los principales puntos que promueve el MINAM para un desarrollo sostenible y de respeto hacia el medio ambiente.

Para la fecha en la que se redactó este proyecto, el MINAM propuso y viene trabajando en la actualización del PNA, con la intención de continuar apostando por la salud y el bienestar de los ciudadanos, a través del vínculo entre los aspectos económicos, sociales, ambientales y el uso de los recursos naturales. Se promueve que cada persona e institución debe realizar su aporte para el cumplimiento de este objetivo (Linares, 2020). Las actividades y proyectos de actualización se vienen desarrollando de la mano de organizaciones gubernamentales asociadas al MINAM, tales como el ANA, Serfor, INIA, Senasa, Imarpe, APCI, Concytec, entre otros. Uno de los objetivos en desarrollo es la transición hacia el transporte sostenible, particularmente a la movilidad eléctrica, pues responde de manera acertada a las necesidades de la reducción de gases de efecto invernadero GEI en el contexto de crisis con el cambio climático, el cuidado de la salud y la eficiencia de uso de recursos naturales (MINAM, 2020). En adición a los esfuerzos anteriormente mencionados, durante el evento virtual de “Electrotransporte 2020”, la ex ministra de ambiente Kirla Echegaray Alfaro señaló que, debido a la importancia y urgencia que existe por la transformación del sistema de transporte público, se viene trabajando en la formulación e implementación de normas nacionales relacionadas a incentivos de corte económico, principalmente. Una de las normativas que se ha podido observar es el Decreto Supremo N° 095-2018-EF, el cual establece la diferencia entre el pago del Impuesto Selectivo al Consumo para los vehículos híbridos a gas y eléctricos que corresponde a una tasa del 0 %, frente a las tasas del 10 % y 20 % para vehículos a gasolina y diésel, respectivamente.

2.1. Análisis de Ciclo de Vida (ACV)

Según lo mencionado en el capítulo cuatro, para medir la diferencia que genera un bus eléctrico en su operación anual frente a un bus convencional que utiliza diésel para operar, se ha optado por comparar buses de características similares. Dentro de los principales aspectos directamente comparables cabe mencionar la capacidad máxima de estas unidades de 80 pasajeros, 12 metros de largo, diferencias en sistemas de frenos y manejo en las que resalta el bus eléctrico (estándar de la marca BYD) como la mejor tecnología en sistemas de suspensión, lo cual se refleja en un mejor confort en el manejo para el usuario. Asimismo, han demostrado una mayor eficiencia energética de 75 % a 80 % frente al bus estándar de diésel con eficiencia de 25 % a 30 %, una autonomía mayor del vehículo a diésel de 350 km frente al eléctrico con 320 km y una misma cantidad de km promedio realizado en el día (250 km).

a. Comparativo Diésel – Eléctrico

De este modo, para la presente investigación se realizó un Análisis de Ciclo de Vida ACV (LCA por sus siglas en inglés Life Cycle Assessment) con la finalidad de medir y realizar un estudio posterior de los resultados obtenidos correspondientes a un año de operación de los dos tipos de buses en condiciones normales de funcionamiento. Se utilizó el software SIMAPRO mediante el método de ReCiPe 2016 Midpoint (H) enfatizando las principales áreas de impacto dentro de las que ofrece el software, debido a la adecuación de estas a la realidad nacional peruana. A continuación, se muestra la tabla obtenida con los resultados en base al cálculo estimado de 78,000 km al año con un promedio de 276,214 pasajeros:

Tabla 11: Resultados ACV Bus Diésel - Eléctrico

Categoría de impacto	Unidad	Bus Diésel por Km	Bus Eléctrico por Km	Multiplicador (Km año x pax año)	Bus Diésel al año	Bus Eléctrico al año
Calentamiento Global	Kg Co2 eq	0.10818044	0.0452868	21544692000	2330714.26	975690.18
Formación de partículas finas	Kg PM2.5 eq	0.00020568	4.8705E-05		4431.28	1049.33
Acidificación terrestre	Kg So2 eq	0.00051224	0.0001108		11036.007	2387.051
Toxicidad cancerígena humana	Kg 1,4-DCB	0.00185161	0.00137546		39892.408	29633.93
Uso del suelo	m2a crop eq	0.00734875	0.0089257		158236.63	192301.43
Consumo de agua	m3	0.00026486	0.00930208		5706.29	200410.35

a.1. Calentamiento global

Esta categoría hace referencia al potencial de calentamiento global que puede aportar el vehículo estudiado, y es medido por la cantidad de CO2 equivalente que produce al año por kg. Para este análisis, el resultado obtenido hace resaltar la notable diferencia entre la producción de CO2 equivalente de 975,690.17 tn de un bus eléctrico frente a 2'330,714.26 tn del bus regular operado a diésel, lo significa una diferencia de 1'355,024.08 tn de optar por el bus eléctrico, expresado en una disminución del 58%. La importancia de medir este impacto reside en que, de acuerdo con el Department of Environmental Science, Radbound University Nijmegen (en adelante DES), estas emisiones generan daño a la salud humana debido a que incrementan la malnutrición y, a la vez, los efectos de otras enfermedades relacionadas.

a.2. Formación de partículas finas

En esta categoría se refiere a las partículas que se generan por el funcionamiento u operación de los vehículos analizados, y es medido en kg PM_{2.5} eq. El resultado obtenido para un bus eléctrico fue de 1,049.33 tn y para un bus regular fue de 4,431.28 tn con una diferencia de 3,381.94 tn al año de optar por la opción eléctrica, reflejada en una disminución de 76 % de aporte frente al bus diésel. De acuerdo con el DES, las grandes cantidades de estas partículas son, en exceso, dañinas para la salud humana, puesto que incrementan las posibilidades y condiciones de enfermedades respiratorias como el cáncer de pulmón y la mortalidad cardiovascular.

a.3. Acidificación terrestre

La presente categoría analiza el impacto de las operaciones -en este caso de los vehículos en cuestión- por los grados de acidificación mediante el uso del factor de destino medio mundial ponderado por emisiones de SO₂, y se expresa en kg de SO₂ al año. Se obtuvo el siguiente resultado: 2,387.05 tn y 11,036.00 tn para bus eléctrico y bus regular, respectivamente, con una diferencia de 8,648.95 tn, lo que representa un 78 % menos de impacto por parte del bus eléctrico respecto del diésel.

La diferencia se explica porque, en el caso del bus eléctrico, a pesar de contar con muchos menos componentes que un bus regular, genera una cantidad considerable de SO₂ debido a los componentes presentes en la batería recargable. Este tipo de contaminación causa daños al ecosistema, puesto que afecta directamente a las especies terrestres, según el DES.

a.4. Toxicidad cancerígena humana

Esta categoría de impacto explica el impacto de la exposición de los alimentos que forman parte de la cadena alimenticia y su efecto en ellos por la exposición a químicos. Se mide en kg 1,4-diclorobenceno (1,4-DCB) emitidos en el año. El resultado obtenido para el bus eléctrico es de 29,633.92 tn y para el bus regular es de 39,892.40 tn, con una notable diferencia de 10,258.48 tn, lo que significa un aporte de 26 % menos por parte del bus eléctrico, explicado en la mayor contaminación de químicos producto de la combustión de combustibles fósiles. De acuerdo con el DES, la exposición prolongada y en grandes cantidades a estos químicos es dañina para la salud humana, puesto que estos son cancerígenos y aumentan las probabilidades de padecer diferentes tipos de cáncer.

a.5. Uso del suelo

Esta categoría de impacto se refiere a la cantidad en m² de tierra que ha sido utilizada, transformada u ocupada durante un año para realizar sus actividades de operación. Se obtuvo el resultado de 192,301.43 km² bus eléctrico y 158,326.62 km² para bus regular, una diferencia

33,974.80 km², lo que representa un 18 % menor frente al bus eléctrico que puede explicarse en un mayor tiempo de uso estacionado para realizar su carga de energía. Del mismo modo que con la acidificación terrestre, el DES señala que el uso de la tierra significa un daño para los ecosistemas, puesto que afecta directamente a las especies terrestres.

a.6. Consumo de agua

Esta categoría hace referencia a la cantidad de agua dulce que ha sido utilizada o transformada en el tiempo de operación de los vehículos, y es medida en m³ consumidos. Se obtuvo como resultado el uso de 200,410.34 km³ y 5,706.28 km³ para bus eléctrico y bus regular, respectivamente, con una diferencia de 194,704.05 km³, lo que representa un 97 % menos de aporte por parte del bus diésel frente a uno eléctrico. Según el DES, este impacto es un peligro para la salud humana, debido a que aumenta las condiciones para casos de malnutrición. Además, es un peligro para los ecosistemas, ya que afecta a las especies de agua dulce y terrestres.

b. Comparativo Gas – Eléctrico

De la misma manera, y siguiendo los lineamientos y características de los buses mencionados líneas arriba para hacerlos comparables, se optó por realizar una comparación más entre un bus convencional, pero que utiliza gas natural para funcionar, y un bus eléctrico. Ambas comparaciones se realizaron tomando en cuenta insumos en el entorno peruano, de acuerdo con la base de datos provista por el software SimaPro y mediante el método de ReCiPe 2016 Midpoint (H). Se llegó a los siguientes resultados en las categorías más resaltantes expuestas en la siguiente tabla:

Tabla 12: Resultados ACV Bus Gas - Eléctrico

Categoría de impacto	Unidad	Bus Gas por Km	Bus Eléctrico por Km	Multiplicador (km año x pax año)	Bus Gas al año	Bus Eléctrico al año
Calentamiento Global	kg CO2 eq	0,1014	0,0453	21544692000	2185148,84	975690,18
Formación de partículas finas	Kg PM2.5 eq	0,0002	0.00004		3768,65	1049,33
Acidificación terrestre	kg SO2 eq	0.0004	0.0001		9100,90	2387,05
Toxicidad cancerígena humana	kg 1,4 DCB	0.0017	0.0014		35769,43	29633,93
Uso del suelo	m ² a crop eq	0.0066	0.0089		142472,43	192301,43
Consumo de agua	m ³	0.0001	0.0093		2653,22	200410,35

b.1. Calentamiento global

La unidad de medida de esta categoría es el Co2 equivalente que se produce anualmente por kg para la contribución de los vehículos en cuestión al calentamiento global. Los resultados obtenidos por parte de un bus eléctrico es 975,690.17 tn de Co2 equivalente, mientras que el bus convencional que utiliza gas natural aporta una cantidad de 2'185,148.84 tn de Co2 equivalente, dejando una diferencia de 1'209,458.66 tn de Co2 equivalente, con una notable menor cantidad por parte del bus eléctrico, lo que representa un 55 % menor en comparación con el primero.

Como se mencionó anteriormente, de acuerdo con la DES, este tipo de emisión afecta y causa daño a la salud humana, puesto que incrementa la malnutrición y los efectos originados por otras enfermedades relacionadas.

b.2. Formación de partículas finas

La unidad de medida correspondiente a esta categoría es kg de PM2.5 equivalente, y mide la cantidad de partículas que se originan a raíz del funcionamiento de los vehículos que se han analizado. Los resultados arrojan los siguientes datos: un bus eléctrico genera 1,049.33 tn de PM 2.5 equivalente, mientras que un bus convencional que utiliza gas natural genera 3,768.65 tn de PM 2.5 equivalente, dejando una diferencia de 2,719.32 tn de PM 2.5 equivalente. Al igual que con el Co2 equivalente, el bus eléctrico presenta una emisión de 72 % menos frente al bus de gas natural. Siguiendo los lineamientos y comentarios de la DES, es relevante prestar atención a la emisión de partículas, debido a que grandes cantidades de estas incrementan las probabilidades de contraer enfermedades respiratorias, agravando sus efectos y complicando las enfermedades ya existentes.

b.3. Acidificación terrestre

Se mide por el ponderado de emisiones de SO2 y se expresa en kg de SO2 al año, para tener un registro de los grados de acidificación generados por los vehículos analizados respecto de su funcionamiento. El análisis realizado dio como resultado 2,387.05 tn de SO2 para el bus eléctrico y 9,100.89 tn de SO2 para el bus convencional operado por gas natural; una vez más demostrando el bajo impacto que genera el bus eléctrico respecto de su par, por una diferencia de 6713.84 tn de SO2, en la que el bus eléctrico presenta un aporte de 74 % menos que el bus de gas natural.

Se puede observar que, aun cuando el bus eléctrico posee menos componentes que un bus convencional, la presencia de algunos componentes en su batería eléctrica son los causantes de ese nivel de SO2 generado. De acuerdo con el DES, son los ecosistemas de las especies terrestres las que se ven afectadas directamente.

b.4. Toxicidad cancerígena humana

La unidad de medida es kg 1,4 dicloro benceno (1,4-DCB) emitidos en el año. Esta

categoría explica la relación entre la exposición de los alimentos que forman parte de la cadena alimenticia y su efecto en ellos como resultado de la exposición a químicos. Como resultado del análisis, se obtuvo que un bus eléctrico genera 29,633.92 tn 1,4-DCB frente a la generación de 35,769.43 tn 1,4-DCB por parte de un bus que utiliza gas natural, con una marcada diferencia de 6,135.501 tn 1,4-DCB, lo que significa que el primero aporta un 21 % menos respecto al bus de gas natural.

Por su naturaleza cancerígena, la exposición prolongada a estas sustancias es dañinas para el ser humano, ya que se incrementan las probabilidades de sufrir diferentes tipos de cáncer.

b.5. Uso del suelo

Categoría que registra la cantidad de tierra que ha sido utilizada, transformada u ocupada durante el periodo de un año para llevar a cabo las actividades por parte de los vehículos analizados. Los resultados reflejan que el bus eléctrico genera 192,301.43 km², mientras que el bus que utiliza gas natural genera 142,472.43 km², con una diferencia de 49,829.00 km². De esta manera, este último representa un 26 % menos respecto del aporte de un bus eléctrico. Esta diferencia puede deberse a la mayor cantidad de tiempo que utiliza el bus eléctrico para realizar la carga de energía necesaria para su recorrido.

De acuerdo con la DES, es importante prestar atención al impacto de las operaciones respecto de la acidificación terrestre, ya que el uso de la tierra implica el daño directo para ecosistemas terrestres y las especies que lo habitan.

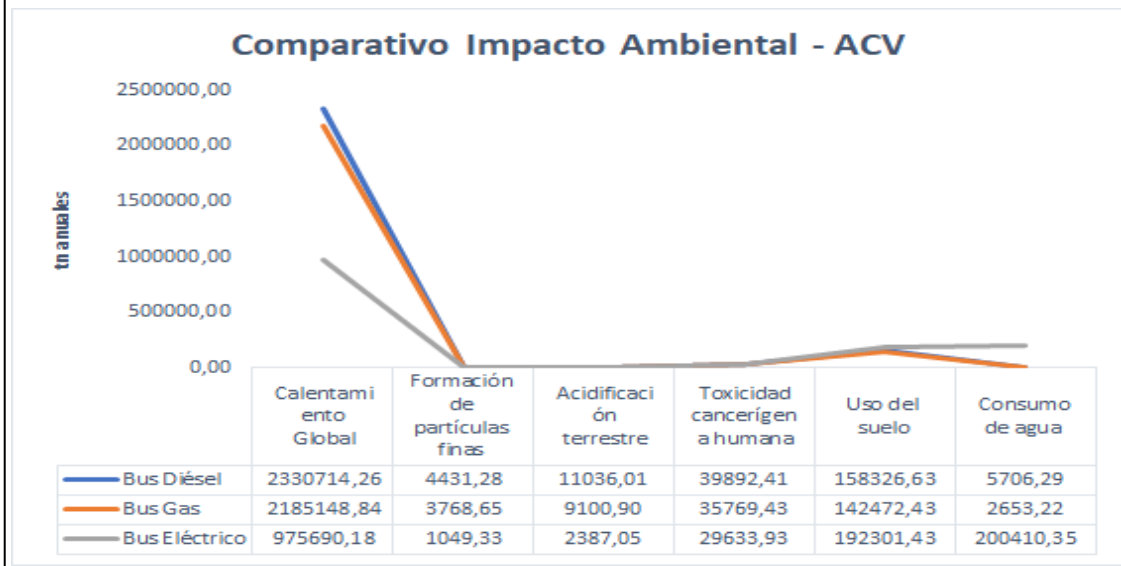
b.6. Consumo de agua

La unidad de medida es el m³ y se refiere a la cantidad de agua dulce que se utilizó y/o transformó durante el tiempo de operación de los vehículos analizados. Los resultados obtenidos reflejan que un bus eléctrico aporta 200,410.34 km³ frente al bus que utiliza gas natural, el cual genera 2,653.22 km³. La diferencia es de 197,757.12 km³, lo que significa que el aporte de este último representa un 99 % menos respecto del aporte del bus eléctrico.

El impacto principal que se relaciona a esta categoría es el riesgo que corre la salud humana, puesto que, al afectar a los ecosistemas de agua dulce y terrestre, también pone en riesgo la calidad nutritiva a la que pueden acceder las personas.

Finalmente, es importante agrupar los resultados en un gráfico que muestre los datos obtenidos por medio de los análisis realizados.

Figura 13: Resultados ACV



2.2. Indicadores Ambientales

Durante la realización de la presente investigación, se calcularon algunos indicadores de impacto ambiental del desarrollo de operaciones y actividades del parque automotor en Lima Metropolitana. De acuerdo con lo analizado, se sugiere que estas cifras obtenidas tengan una reducción acorde a las decisiones de mejora que se tomen de ahora en adelante, por lo que serán explicadas en detalle en los siguientes párrafos; de este modo, se proponen estos indicadores como puntos de referencia inicial para la medición del impacto antes mencionado, con la finalidad de aportar en su estudio y desarrollo próximos. A continuación, se detallan los primeros indicadores propuestos, en base a las cifras obtenidas previamente en el apartado de resultados de LCA.

Ecuación 2: Emisiones de gases de efecto invernadero (Co2)

Emisiones de gases de efecto invernadero CO₂ = (t Emisiones de CO₂) / (N° de habitantes)

Emisiones de gases de efecto invernadero (Co₂) = 5,796262626 tCo₂/habitante

Este indicador refleja la cantidad aproximada de toneladas de CO₂ que emite un habitante en promedio respecto de la cantidad de producción total con las condiciones actuales del uso de buses convencionales que utilizan diésel. Es importante que esta cantidad disminuya debido a que es uno de los principales gases de efecto invernadero que produce diferentes afecciones a la salud humana y también deteriora el medio ambiente. Esta es una medida importante según los principales objetivos de los acuerdos comprometidos por los países en la COP 21 (We Are Water Foundation, 2016). Una de las principales maneras de poder disminuir estas cifras se realiza a

través del uso de vehículos con uso de energía alternativa. Una potencial opción es el uso de vehículos eléctricos debido a su bajo impacto y generación de dichas sustancias, como se detalla líneas arriba.

Ecuación 3: Velocidad media del transporte público

Velocidad media del transporte público = (Distancia total recorrida por el transporte público) /
(tiempo total empleado para el desplazamiento)

Velocidad media del transporte público= 10, 11 km/hora diaria

Este indicador refleja la velocidad media con la que el bus realiza su recorrido. En primera instancia no se vería un problema debido a las condiciones de tráfico que atraviesa el transporte público en Lima; sin embargo, si lo analizamos más a detalle, existen aspectos que pueden ser mejorados con transporte de energías limpias. Por ejemplo, el tiempo de viaje a esta velocidad se vuelve incómodo para los pasajeros, puesto que perciben las vibraciones del motor cada vez que arranca o se detiene para recoger pasajeros, lo que disminuye el confort en el viaje. Por otra parte, los buses generan Co2 al producir la combustión para arrancar el vehículo cada vez que hacen paradas y continúan su marcha en velocidades bajas.

Ecuación 4: Km de viaje de vehículos

Km de viaje de vehículos = vehículos x distancia en km

Km de viaje de vehículos = 78,000 km anuales por vehículo

Este indicador sirve para estimar el consumo de combustible o fuente energética que esté utilizando el vehículo en cuestión; a su vez, permite estimar la cantidad de gases contaminantes que se están generando o evitando. Por otra parte, ayuda a hacer estimaciones de escenarios para la implementación de vehículos que utilicen fuentes de energía alternativa y la proyección del posible impacto.

Ecuación 5: Cobertura transporte público

Cobertura transporte público= Longitud

Cobertura transporte público= 0,008513657 km2 (por bus regular utilizado en la investigación)

Este indicador cobra relevancia, ya que, para encaminar a la ciudad hacia una perspectiva sostenible y conectada, se debería de incrementar la longitud de las líneas de transporte público antes que la cantidad en sí misma de las unidades, porque con una mayor cobertura, acompañado de una mejor organización y distribución de las líneas, se puede ampliar el alcance de estas logrando conectar diferentes puntos de la ciudad y beneficiando la mayor cantidad de habitantes posible. De este modo, el incremento de este indicador, acompañado de una buena gestión de las líneas de transporte, explicaría un avance positivo en alcanzar el objetivo de mejora de servicio

de transporte público, lo que a su vez es sostenido y se apoya en la propuesta del CAF en lo que a servicio de transporte público refiere. Este organismo menciona que, para que se desarrolle un buen servicio de Sistemas de Buses Colectivos (SBC), este necesita ofrecer calidad de servicio, y una de las principales características es la disponibilidad que se refiere a la cobertura geográfica en toda la ciudad, acompañada de disponibilidad de rutas, tarifas asequibles y frecuencia conveniente de las unidades de transporte (Scorcía, 2016).

3. Eje Social

3.1. Cuestionarios

La herramienta que se utilizó para recolectar información fue el cuestionario. Esta herramienta permitirá recoger la opinión de los expertos de una forma estructurada. Para ello, se utilizó la escala de Likert. Las preguntas se construyen utilizando la escala de cinco categorías, en la cual 1 es nada valorado y 5 indica que es muy valorado (Hernández, Fernández y Baptista, 2014). El cuestionario utilizado fue elaborado según los ítems más relevantes.

1) Acceso de la población a los servicios de movilidad (transporte público): Esta variable permite valorar la percepción respecto al actual modelo de transporte público y de la oferta que presenta para la movilización de la población dentro Lima Metropolitana. Esta información puede ser obtenida mediante la opinión de los expertos, así como de datos del INEI respecto a población y cantidad de unidades de transporte público.

2) Acceso de la población al transporte sostenible: Esta variable se ha definido en base a la valoración del transporte sostenible como opción de transporte público dentro de Lima Metropolitana. Así como las actuales ofertas de entidades públicas y privadas. Además, se considera la oportunidad de acceder a dichas opciones de transporte. Esta información es recogida mediante encuestas a los expertos seleccionados.

3) Accesibilidad para los grupos con movilidad reducida (Acceso a transporte sostenible): Esta variable se ha contabilizado en función de la cantidad de hogares en Lima Metropolitana que tiene vehículos sostenibles, que no impliquen el uso de combustibles. Esta información se obtendrá de la base de datos del INEI, particularmente de la Encuesta Nacional de Hogares (2014). Se especificó que el 23 % de hogares tenía una bicicleta en casa.

4) Asequibilidad del transporte público para el grupo más pobre: Esta variable se ha evaluado en función de los datos brindados por el INEI respecto a población de sectores de bajos recursos socioeconómicos y el presupuesto que estos destinan para movilización dentro de la ciudad. Además, brinda información sobre los medios de transporte frecuentados por la población perteneciente a dichos niveles socioeconómicos.

5) Satisfacción del usuario con el servicio de transporte público: Esta variable valora la satisfacción de los usuarios que han frecuentado el transporte público. Esto permite evaluar la valoración del actual modelo de movilización y sus opciones. La información será recabada a partir de los expertos seleccionados, los cuales poseen la experiencia que permite presentar una valoración bajo un criterio riguroso.

6) Medidas adoptadas para la reducción del tráfico: Esta variable consiste en verificar las medidas propuestas por entidades públicas y privadas como soluciones tentativas a la actual problemática del tráfico en Lima Metropolitana. Esta información se puede recabar mediante revisión de leyes propuestas desde el Estado, enfocados al sector transporte (Ministerio de Transporte y comunicaciones), así como los modelos de negocio de entidades privadas que proponen soluciones al problema. Esto último puede ser recabado desde la opinión de los expertos.

7) Cobertura (zonas con transporte público) del servicio ofrecido: Esta variable hace referencia al nivel de cobertura del sistema de transporte público, es decir, las zonas en la que este tipo de transporte tiene acceso. La información será recabada a partir de la percepción que tengan los expertos según su experiencia en el sector y experiencia personal.

8) Proximidad del servicio del lugar donde vive con el lugar donde trabaja: Esta variable comprende el tiempo que le toma a un usuario desplazarse entre los espacios de trabajo y de residencia. Asimismo, involucra la distancia entre estos dos espacios de suma importancia para el usuario.

9) Conectividad del servicio con otros medios de transporte: Esta variable se refiere a la forma en que el servicio ofrecido se conecta con otros servicios que emplean el mismo tipo de vehículo u otro modelo. Involucra estaciones de transbordo, mecanismo de pago, posibilidad de usar la tarjeta de otro servicio para pagar este y el cobro de un solo pasaje.

10) Tiempo de respuesta ante accidentes de tránsito: Esta variable mide el tiempo que le toma a los operadores del servicio activar protocolos, enviar unidades de auxilio al lugar donde ocurrió un accidente o alguna otra acción que permita socorrer a los usuarios del servicio.

11) Choques fatales y no fatales: Esta variable permite mostrar la cantidad de accidentes vehiculares anuales que se originan en Lima Metropolitana, distribuidos entre accidentes que registran alguna fatalidad y los que no. Además, indica los tipos de accidentes de tránsito que se presentan (choque, atropello, despiste, etc.). Dicha información puede ser encontrada en los archivos del INEI.

3.2. Análisis Multi Scoring

En el siguiente apartado se analizaron los enunciados presentados en la encuesta, la cual consistió en determinar, a partir de la opinión de los expertos, los atributos más valorados. En cuanto al enunciado acceso de la población a los servicios de movilidad, tal como aparece en la tabla 3, los resultados arrojaron que para el 85 % de encuestados este atributo es muy valorado, pero existe un 16.7 % para los cuales es un atributo nada valorado. Se obtuvo una media de 4.33 y una desviación estándar de 1.630.

Tabla 13: Resultados de encuesta sobre bienestar social en el Transporte Público de Lima Metropolitana.

Variable	Valores					Total	Media	Desviación estándar
	1	2	3	4	5			
Acceso de la población a los servicios de movilidad (transporte público)	16.7%	0%	0%	0%	83.3%	100%	4.3	1.6
Acceso de la población al transporte sostenible	0%	0%	0%	0%	100%	100%	5	0
Accesibilidad al transporte sostenible para grupos con movilidad reducida	0%	0%	0%	0%	100%	100%	5	0
Accesibilidad al transporte sostenible para grupos muy pobres	0%	0%	16.7%	16.7%	66.6%	100%	4.5	0.8
Medidas adoptadas para la reducción del tráfico	16.7%	16.7%	0%	16.7%	50%	100%	3.7	1.8
Cobertura (zonas con transporte público) del servicio ofrecido	16.7%	16.7%	0%	16.7%	50%	100%	3.7	1.8
Proximidad del servicio del lugar donde vive con el lugar donde trabaja	16.7%	0%	0%	50%	33.3%	100%	3.8	1.5
Conectividad del servicio con otros medios de transporte	16.7%	0%	0%	50%	33.3%	100%	3.8	1.5
Tiempo de respuesta ante accidentes de tránsito	16.7%	16.7%	0%	16.6%	50%	100%	3.7	1.8
Cantidad de choques fatales o no fatales en los que se ve involucrado el servicio	16.7%	0%	0%	16.7%	66.6%	100%	4.2	1.6

Respecto a el enunciado acceso de la población al transporte sostenible, tal como aparece en la tabla 4, los resultados arrojaron que para el 100 % de los encuestados resulta muy valorado. Además, se obtuvo una media de 5 y una desviación estándar de 0. Respecto al enunciado accesibilidad al transporte sostenible para grupos con movilidad reducida, tal como aparece en la

Tabla 5, los resultados arrojaron que para el 100 % de los encuestados resulta muy valorado. Además, se obtuvo una media de 5 y una desviación estándar de 0, debido a que todos los encuestados marcaron 5. En cuanto al enunciado accesibilidad al transporte sostenible para grupos muy pobres, tal como aparece en la Tabla 6, los resultados arrojaron que para el 66.6 % de encuestados este atributo es muy valorado; para un 16.7 % es valorado; y para un 16.7 % es indiferente. Se obtuvo una media de 4.5 y una desviación estándar de 0.8366, lo cual indica que los datos se encuentran cerca.

En cuanto al enunciado satisfacción del usuario por el servicio de transporte público brindado, tal como aparece en la Tabla 7, los resultados arrojaron que para el 66.6 % de encuestados este atributo es muy valorado; para el 16.7 % es valorado. Sin embargo, para 16,7% es nada valorado. Se obtuvo una media de 4.33 y una desviación estándar de 1.630. En cuanto al enunciado medidas adoptadas para la reducción del tráfico, tal como aparece en la Tabla 8, los resultados arrojaron que para el 50 % de encuestados este atributo es muy valorado; para el 16.7 % es valorado; para el 16.7 % es poco valorado; y para 16.7 % es nada valorado. Se obtuvo una media de 3.666 y una desviación estándar de 1.751. En cuanto al enunciado cobertura del servicio ofrecido, tal como aparece en la Tabla 9, los resultados arrojaron que para el 50 % de encuestados este atributo es muy valorado; para el 16.7 % es valorado; para el 16.7 % es poco valorado; y para 16.7 % es nada valorado. Se obtuvo una media de 3.666 y una desviación estándar de 1.751.

En cuanto al enunciado proximidad del servicio del lugar donde vive con el lugar donde trabaja, tal como aparece en la Tabla 10, los resultados arrojaron que para el 33.3 % de encuestados este atributo es muy valorado; para 50 % es valorado; y para el 16.7 % es nada valorado. Se obtuvo una media de 3.833 y una desviación estándar de 1.4719. En cuanto al enunciado proximidad conectividad del servicio con otros medios de transporte, tal como aparece en la Tabla 11, los resultados arrojaron que para el 33.3 % de encuestados este atributo es muy valorado; para 50 % es valorado; y para el 16.7 % es nada valorado. Se obtuvo una media de 3.833 y una desviación estándar de 1.4719. En cuanto al enunciado tiempo de respuesta ante accidentes de tránsito, tal como aparece en la Tabla 12, los resultados arrojaron que para el 50 % de encuestados este atributo es muy valorado; para el 16.6 % es valorado; para el 16.7 % es poco valorado; y para 16.7% es nada valorado. Se obtuvo una media de 3.667 y una desviación estándar de 1.751. En cuanto al enunciado cantidad de choques fatales o no fatales en los que se ve involucrado el servicio, tal como aparece en la Tabla 13, los resultados arrojaron que para el 66.6 % de encuestados este atributo es muy valorado; para el 16.7 % es valorado; y para 16.7 % es nada valorado. Se obtuvo una media de 4.167 y una desviación estándar de 1.602. Finalmente, en el Anexo E se encuentran detalladas la lista de preguntas y el formato

el cuestionario que se utilizó para la presente encuesta.

4. Mapa de Acciones de Sostenibilidad (SAM)

En el año 2013, la Universidad de Oregón desarrolló la Iniciativa para Ciudades Sostenibles, y, a través de esta, generó una guía para la toma de decisiones enfocada en el transporte sostenible para el Consorcio de Educación e Investigación para el Transporte de Oregón. Se considera fundamental resaltar dos puntos clave para la elección de esta herramienta de análisis: En primer lugar, las organizaciones involucradas en el desarrollo de la misma evidencian la interdisciplinariedad necesaria para la gestión del transporte en una ciudad, la cual debe articular entidades públicas tales como municipios, gobiernos regionales y ministerios, empresas del sector y universidades y centros de investigación que cuenten con capacidad instalada y talento humano para desarrollar proyectos y generar mayor conocimiento para la mejora de los sistemas de transporte y su impacto en la movilidad urbana y el medio ambiente. En segundo lugar, se considera la innovación propuesta por la Universidad de Oregón un valioso aporte para el trabajo de investigación, al generar un análisis orientado hacia la sostenibilidad en el proceso de toma de decisiones para proyectos de inversión en el transporte público de una ciudad. Este tipo de análisis, el cual incluye indicadores sociales, continúa siendo una latente necesidad en la producción académica latinoamericana; es por ello por lo que se decidió complementar la evaluación situacional regional con el Mapa de Acciones de Sostenibilidad o SAM, por sus siglas en inglés.

El Mapa de Acciones de Sostenibilidad es un marco de referencia alineado específicamente hacia el Triple Valor, económico, ambiental y sobre todo social. El diseño de esta herramienta tiene la intención de ser una guía para funcionarios públicos, inversionistas y todas las partes interesadas y participantes en el sistema de transporte público. Ello permitirá identificar los beneficios clave y los costos más críticos respecto a una alternativa, propuesta o proyecto (OTREC, 2013). El Mapa de Acciones de Sostenibilidad posee tres dimensiones que trabajan en simultáneo y permiten un análisis integrado:

- NICE: Corresponde a los cuatro componentes del eje vertical de la matriz SAM. Estos son: natural, individual, comunidad y economía; ejes de sostenibilidad mediante los cuales se evaluará el diseño de la propuesta o proyecto.

- FODA: Corresponde a los cuatro componentes del eje horizontal de la matriz SAM: fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas, los cuales están definidos como atributos de los componentes descritos en apartado el a.

- Semáforo: Según OTREC (2013), este elemento permitirá tener un indicador respecto a la propuesta y conocer los logros o riesgos particulares de cada eje. Para el presente trabajo, se identificó inicialmente el tópico, la electromovilidad; y se inició la búsqueda de información

sobre los factores internos y externos más relevantes acotados al contexto elegido. Posteriormente, se organizó y priorizó la información recolectada; se desarrollaron los argumentos para los factores elegidos, es decir, aquellos considerados con mayor relevancia según expertos consultados y encuestados. Finalmente, se adaptó los argumentos y proposiciones al formato SAM y se categorizaron nuevamente respecto a la viabilidad y desarrollo actual de las mismas, como puede apreciarse en la adaptación (ver Anexo F).



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Conclusiones

El presente trabajo de investigación tuvo como principal objetivo analizar la oportunidad de introducir la electromovilidad al transporte público en Lima metropolitana para el periodo 2020 - 2030 por medio de un análisis de triple valor: económico, social y ambiental. Para lograr el desarrollo del mismo, se plantearon cuatro objetivos específicos: el primero se refiere a identificar las variables utilizadas en estudios de viabilidad de electromovilidad en el transporte público por países que ya la hayan implementado para poder compararlas y adaptarlas a la realidad nacional; el segundo, identificar los factores e incentivos (económicos y no económicos) que han hecho posible la implementación de la electromovilidad en transporte público por parte de otros países; tercero, explicar los costos y beneficios (ámbito económico, social y ambiental) de las decisiones de inversión tomando en cuenta el impacto en los principales agentes involucrados; y, finalmente el cuarto objetivo que busca analizar la posibilidad de inversión de buses eléctricos, dentro de la ruta Javier Prado del Corredor Rojo, como una alternativa directamente enfocada en el Triple Valor. Para el desarrollo de los objetivos mencionados, se utilizó la metodología cualitativa inductiva y se analizaron los diferentes factores, impacto y desarrollo por medio del triple valor definido en capítulos previamente desarrollados.

Teórico:

Es necesario contar con la experiencia tecnológica para que el país emita las normas y reglamentos necesarios que permiten la existencia y estandarización de tipos de buses eléctricos y sistemas de recarga, así también como la preparación técnica de personal que esté apto para poder asistir tanto en el área operativa y de mantenimiento, como en el proceso de transición de buses diésel a buses eléctricos. Del mismo modo, se concluye que, de acuerdo con las diferentes posturas de los actores involucrados en el ecosistema de electromovilidad (transporte particular y transporte público), el principal objetivo es alcanzar un ecosistema de carbono neutro.

Contextual:

Uno de los principales factores a tomar en cuenta al momento de hacer una inversión en la compra de unidades de transporte eléctricos, tanto empresa privada como organismo estatal, es el costo de inversión y el periodo de recuperación de este durante la operación. Actualmente los buses a diésel serían los más rentables para inversión a corto plazo ya que manejan menor

CAPEX; sin embargo, estos están sujetos a la variación en el costo del combustible ya que manejan costos operativos más elevados contraste a los buses eléctricos y a gas.

Si bien es cierto, los incentivos económicos como reducción o eliminación de aranceles de importación son de los de mayor utilidad, existen otro tipo de incentivos no económicos tales como placas verdes, espacios de estacionamiento exclusivos para vehículos eléctricos, entre otros que han tenido buena aceptación y ha servido de apoyo en el desarrollo e implementación de la electromovilidad en el transporte tanto público como personal. De este modo, también es vital resaltar la importancia de que los países interesados en formar parte de esta transformación deben contar con un plan de Electromovilidad para poder desarrollar las mejoras pertinentes en el transporte público. Estas a la vez, tener impacto en el cambio climático que se traducen en ahorro de energía e inclusive en la generación de nuevas estrategias sostenibles para una mejor calidad de vida en las personas.

Analítico:

El Perú aún no cuenta con la suficiente madurez tecnológica para la llegada de vehículos eléctricos, a diferencia de Chile que cuenta con un plan de electromovilidad con miras a obtener un 40 % de vehículos eléctricos y utilizar un 70 % de energía renovable para el 2050. Respecto a los costos del bus eléctrico, la inversión y su periodo de recuperación son ciertamente elevados lo que los pone en una posición poco atractiva frente a inversionistas a pesar de los costos de mantenimiento que están muy por debajo de un vehículo diésel. Los beneficios que ofrecen los buses eléctricos, la valoración por parte del público usuario, la cual es considerada por los expertos, son los siguiente: accesibilidad al transporte sostenible para grupos con movilidad reducida y el acceso al transporte sostenible; acceso a servicios de movilidad de calidad; cantidad de choques fatales o no fatales en los que se ve involucrado el servicio y la satisfacción del usuario por el servicio de transporte público brindado; y finalmente, medidas adoptadas para la reducción del tráfico y el tiempo de respuesta ante accidentes de tránsito.

Finalmente, se puede disminuir notablemente los niveles de emisiones de gases de efecto invernadero por parte del sector automotriz de acuerdo con los resultados y proyecciones obtenidas en los análisis realizados, además de la reducción del impacto generado por las actividades industriales ligadas a la fabricación y operación de vehículos eléctricos, además de las posibilidades de apertura de nuevas empresas con diferentes giros de negocio.

Propositivo:

Para que pueda ser posible que se realice la inversión en buses eléctricos en el sistema de transporte público limeño, dentro de la ruta Javier Prado del Corredor Rojo, es necesaria la

participación directa del Estado no solo mediante incentivos y beneficios para las empresas y usuarios, sino también mediante alianzas junto a organismos gubernamentales, asociaciones y empresa privada buscando la optimización del sistema de transporte público actual.

Actualmente, con las suposiciones consideradas para la implementación de buses eléctricos en el Corredor Rojo, mantienen una posición poco atractiva para decisiones de inversión por los indicadores financieros obtenidos. Los buses a diésel y gas mantienen proyecciones con mejor posición a corto plazo, ya que las estimaciones del bus eléctrico tienden a pasar inversiones sobre los 9 años. Esto abre la posibilidad a nuevas opciones de financiamiento; proyectos e investigaciones a largo plazo; y alianzas sistémicas para el desarrollo de una nueva tecnología, así como la inversión de recursos en formación técnica y científica.

2. Recomendaciones

Para crear sinergia, se debe investigar más a detalle las necesidades e incentivos requeridos por parte de los principales actores clave involucrados en el tema, partiendo de los principales incentivos como los identificados a lo largo del desarrollo de esta investigación y realizar la adaptación de estos a la realidad nacional.

- Evaluar posibles impactos resultantes de la introducción de la electromovilidad en el transporte público de Lima Metropolitana, tomando en consideración casos similares de otros países de la región. Mediante el análisis documentado del proceso de transición por el que estos países pasaron, lograr introducir este tipo de movilidad en el transporte, partiendo desde los programas nacionales de energía y transporte sostenible y estudios relacionados.

- Promover el desarrollo de más proyectos piloto y con mayor duración en su funcionamiento para recabar más información y así analizar más a detalle el rendimiento, costos y efectos de la electromovilidad. Del mismo modo, se puede poner en marcha proyectos enfocados en la creación de nuevos negocios entorno a la electromovilidad, como por ejemplo el segundo uso de las baterías de buses eléctricos.

- Para las empresas que inviertan en la compra de buses o vehículos eléctricos, es importante considerar que se debe brindar un adecuado soporte y servicio post venta para lograr el desarrollo del mercado. Por otro lado, deben valorar los resultados del impacto ambiental que estarán generando al momento de incursionar en esta transición en el tipo de transporte y que podría ser el punto de inicio para que otras empresas se sumen al cambio.

- Promover el trabajo conjunto entre empresas privadas, organismos públicos y el Estado, con la finalidad de unificar esfuerzos para lograr mejor aproximación al cumplimiento de los objetivos medioambientales al 2030. Del mismo modo, incentivar a las empresas de transporte para incluir, dentro de sus lineamientos, acciones concretas para aportar en la disminución de sustancias contaminantes y dañinas para el medio ambiente y para la salud de las personas

considerando el cambio de perspectiva y negocio a ser más sostenible.

- La difusión e incentivo de la movilidad eléctrica debe desarrollarse no solo en buses eléctricos, sino también en movilidad urbana: Scooter, bicicletas, patines, motos, etc. Todo ello enfocado en la reducción de emisiones de gases contaminantes y el impacto positivo en los aspectos sociales, económicos y ambientales a fin de acercarnos cada vez más a convertirnos en una sociedad sostenible partiendo de la transformación del transporte como se conoce actualmente.

- Es importante regular la normativa actual en el transporte ya que, mediante la intervención del Estado en este tipo de políticas, se puede acercar más a la población a una cultura que considere menor contaminación y promoción de nuevas tecnologías debido a que estas necesitan tiempo para madurar y no son a corto plazo. Invertir en proyectos de largo plazo será un reto para la sinergia entre diversos actores involucrados ya que cada uno por su parte no podrá desarrollarse.



REFERENCIAS

- AAP. (2020). AAP Propone modernizar transporte público con buses eléctricos y exonerar de IGV a vehículos eco amigables. Recuperado de <https://aap.org.pe/aap-propone-modernizar-transporte-publico-con-buses-electricos-y-exonerar-de-igv-a-vehiculos-ecoamigables/>
- Almaguer, P., y Escriche, P. (2015). Cooperación al desarrollo: una perspectiva sistémica y compleja. Zaragoza: Prensas de la Universidad de Zaragoza.
- Amblard, M. (2020). How will the Covid-19 Crisis impact the Electrification of Mobility? París, Francia: Urban Mobility Daily. Recuperado de https://urbanmobilitycompany.com/content/daily/how-will-the-covid-19-crisis-impact-the-electrification-of-mobility?utm_source=Urban+Mobility+Weekly&utm_campaign=9feead8cc8-EMAIL_CAMPAIGN_2020_04_22_08_45&utm_medium=email&utm_term=0_c05460f761-9feead8cc8-133316997
- Asociación Nacional de Movilidad Sostenible. (2019). Informe vehículos HEV, PHEV y BEV diciembre 2019. Recuperado de <https://www.andemos.org>
- AVEC. (2019). Electromovilidad en Chile 2019. Informe del Estado Actual de la Industria. Asociación Gremial de Vehículos Eléctricos de Chile. Recuperado de <http://www.electromov.cl/wp-content/uploads/2020/04/Electromovilidad-en-Chile-2019.pdf>
- Azevedo, L. (2016). Terrestrial Acidification. Recuperado de https://lc-impact.eu/doc/method/Chapter7_Terrestrial_Acidification_20160926.pdf
- Banister, D. (2008). The sustainable mobility paradigm. *Transport Policy*, 15, 73-80.
- Berer, M., y Finkbeiner, M. (2010). Water Foot printing: How to Address Water Use in Life Cycle Assessment? *Sustainability*, 2, 919-944.
- Bermúdez, A. (2019). El año en que los buses eléctricos llegaron (finalmente) a América Latina. *Diálogo Chino*. Recuperado de <https://dialogochino.net/es/clima-y-energia-es/21995-el-ano-en-que-los-buses-electricos-llegaron-finalmente-a-america-latina/>
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2019). Hablemos de Sostenibilidad y Cambio Climático. Bogotá es pionera en adquirir buses eléctricos por licitación. Recuperado de <https://blogs.iadb.org/sostenibilidad/es/bogota-es-pionera-en-adquirir-buses-electricos-por-licitacion/>

- Banco Interamericano de Desarrollo. (2020). Análisis y diseño de modelos de negocio y mecanismos de financiación para buses eléctricos en Lima, Perú. División de Cambio Climático, División de Transporte. Recuperado de <https://publications.iadb.org/es/análisis-y-diseno-de-modelos-de-negocio-y-mecanismos-de-financiacion-para-buses-electricos-en-lima-peru>
- Bielich, C (2009). La guerra del centavo: una mirada actual al transporte público en Lima Metropolitana. Documento de trabajo 155. Serie Economía, 49. Recuperado de <http://repositorio.iep.org.pe/bitstream/IEP/1007/2/documentodetrabajo155.pdf>
- CAF-Banco de Desarrollo de América Latina. (2015). Metro de Lima El caso de la línea 1. Banco de Desarrollo de América Latina. Recuperado de http://www.cesel.com.pe/noticias_CAF_caso_de_exito_linea_1.pdf
- CAF-Banco de Desarrollo de América Latina. (2019). La Electromovilidad En El Transporte Público De América Latina. CAF Banco de Desarrollo de América Latina. Recuperado de <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1466>
- Cambio16. (2018). Chile será el primer país en implementar el transporte público eléctrico en América Latina. Cambio 16. Recuperado de <https://www.cambio16.com/chile-implementar-el-transporte-electrico-publico/>
- Castells, J. (2018). El segundo uso del coche eléctrico, o cómo sus baterías pueden generar dinero. Híbridos y Eléctricos (HyE). Recuperado de <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/sector/segundo-uso-coche-electrico-baterias-pueden-generar-dinero/20181025090240022741.html>
- Clean Energy Brief. (2020). La flota más grande de buses 100% eléctricos brilla en Chile líder en movilidad eléctrica en América Latina. Energía Limpia para Todos. Recuperado de <https://energialimpiaparatodos.com/2020/06/19/mundomassostenible-movilidad-electrica-y-liderazgo-chileno-se-afianza-en-la-region/>
- Coase, R. (2002). El problema del costo social. En A. Roemer (comp.). Derecho y Economía: Una revisión de la literatura (pp. 512- 557). Fondo de Cultura Económica/Econ. Contemporánea.
- Defensoría del Pueblo (2008). El transporte urbano en Lima Metropolitana: un desafío en defensa de la vida. Informe Defensorial N° 137. Recuperado de https://www.defensoria.gob.pe/wpcontent/uploads/2018/05/informe_137.pdf
- De la Rosa A., Hernández, A., y Ramírez, G. (2017). De la aplicación de las ciencias de la complejidad en el estudio de las organizaciones, al estudio de la complejidad

organizacional. En G. Ramírez y D. González (eds.). Tratado de estudios organizacionales. Vol. 1: Teorización sobre el campo, 395-425. Universidad EAFIT- SAGE.

Electromov.cl. (2020). La electromovilidad como herramienta para combatir el coronavirus. Chile: Electromov. Recuperado de <http://www.electromov.cl/2020/04/27/la-electromovilidad-como-herramienta-para-combatir-el-coronavirus/>

ENEL. (2018). ¿Qué es una Smart City y cuáles son sus beneficios? Perú. Recuperado de <https://www.enel.pe/es/sostenibilidad/que-es-una-smart-city-y-cuales-son-sus-beneficios.html>

Espejel, B., Frich, B., Berhmann, G., Espinoza, M., y Madrigal, S. (2011). Sistemas complejos e investigación participativa. Consideraciones teóricas, metodológicas y epistémicas para el estudio de las Organizaciones Sociales hacia la Sustentabilidad. *Sociedades Rurales, Producción Y Medio Ambiente*, 11(22).

Fernández, J. (2020). Electromovilidad en Perú tras la pandemia: hablan Engie, Enel X, BYD, Shell y la ATU. *Revista ENERGIMINAS Energía-Minería*. <https://energiminas.com/electromovilidad-en-peru-tras-la-pandemia-hablan-engie-enel-x-byd-shell-y-la-atu/>

Frankte, P. (2015). Health effects of fine particulate matter in life cycle impact assessment: findings from the Basel Guidance Workshop. LCIA of Impacts on Human Health and Ecosystems. Recuperado de https://depts.washington.edu/airqual/Marshall_46.pdf

Frost y Sullivan. (2015). Strategic Analysis of the Electric Passenger Car Market in Latin America: A Market Outlook to Designing Policy Guidelines for Electric Vehicle Adoption in the Region. Reporte para the InterAmerican Development Bank, Washington D.C.

FROTCOM. (2020). Perú está listo para ser ecológico al declarar que la electromovilidad es de importancia nacional. FROTCOM Intelligent Fleets. Recuperado de <https://www.frotcom.com/es-ES/blog/2020/01/peru-esta-listo-para-ser-ecologico-al-declarar-que-la-electromovilidad-es-de>

FUSO. (2019). Detalles Que Debes Saber Sobre El Chasis De Un Camión. Recuperado de <https://www.fuso.com.pe/blog/detalles-saber-chasis-camion/>

Galán, D. (2020). Luxemburgo se convierte en el primer país del mundo con transporte público gratis para reducir el tráfico y la contaminación. México: Motorpasión. Recuperado de <https://www.motorpasion.com/industria/luxemburgo-se-convierte->

[primer-pais-mundo- transporte-publico-gratis-para-reducir-trafico-contaminacion#:~:text=Luxemburgo%20se%20convierte%20en%20el,e1%20tr%C3%A1fico%20y%20la%20contaminaci%C3%B3n](#)

García, R. (2000). El conocimiento en construcción. Barcelona: Editorial Gedisa.

García, Rolando. 2006. Sistemas Complejos. Barcelona: Editorial Gedisa.

Greenwald, B., y Stiglitz, J. (1986). Externalities in Economies with Imperfect Information and Incomplete Markets. *Quarterly Journal of Economics*, pp. 229–264.

Gutiérrez, D. (2019). Siglas de coches eléctricos: BEV, HEV, PHEV, MHEV, FCEV... ¿Qué significan? Híbridos y eléctricos. Recuperado de <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/curiosidades/significado-siglas-coches-electricos/20190712192309029022>

Harvard T.H. Chan. (2020). Air pollution linked with higher COVID-19 death rates. Boston, Estados Unidos: Harvard T.H. Chan School of Public Health. Recuperado de <https://www.hsph.harvard.edu/news/hsph-in-the-news/air-pollution-linked-with-higher-covid-19-death-rates/>

IEA. (2017). Global EV outlook 2017. Paris: International Energy Agency Publications.

Independent Group of Scientists appointed by the Secretary-General of the United Nations. (2019). Global Sustainable Development Report 2019: The Future is Now – Science for Achieving Sustainable Development. United Nations.

Infotransporte. (2018). Evolución del transporte público en Lima en los últimos 100 años. Transporte Urbano de Lima. Recuperado de <https://infotransportenlima.blogspot.com/2018/02/hoja-de-ruta-evolucion-del-transporte.html>

Inland Transport Committee - Economic Commission for Europe. (2020). Inland Transport Committee Declaration on enhancing sustainable inland transport solutions to global climate and environment challenges — a united call to action. United Nations.

Jiménez, J. (2014). Análisis de la distribución de competencias en materia de jerarquización y gestión de infraestructura vial: caso de Lima Metropolitana. *Círculo de Derecho Administrativo*, (14), 199-237. <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/derechoadministrativo/article/view/13452/14079>

- Ley N° 28611. Ley General del Ambiente. Congreso de la República del Perú. (2005). Ley N° 30900. Ley que crea la Autoridad de Transporte Urbano para Lima y Callao (ATU) (2018).
- Maguire, S., Mckelvey, B., Mirabeau, L., y Öztas, N. (2017). Ciencias de la complejidad y estudios organizacionales. En G. Ramírez y D. González (eds.). Tratado de estudios organizacionales. Vol. 1: Teorización sobre el campo, 325-393. Universidad EAFIT- SAGE.
- Metro de Lima Línea 2. (2020) Concesionario Metro de Lima Línea 2. Lima, Perú: Sociedad Concesionaria Metro de Lima Línea 2. Recuperado de <https://www.metrolima2.com/inicio.php>
- Ministerio de Energía y Minas (MINEM). (2014). Plan Energético Nacional 2014- 2025. Lima, Perú. Recuperado de http://www.minem.gob.pe/_detalle.php?idSector=10&idTitular=6397
- Ministerio de Energía y Minas (MINEM). (2017). Estudio de diagnóstico, evaluación, análisis y propuesta para apoyar con la NAMA de preparación del Sector Energético para la transformación hacia una matriz energética limpia a través del uso de transporte limpio en el Perú. Lima, Perú. Recuperado de <http://namasenergia.minem.gob.pe//Content/fileman/Uploads/Images/menu-centroinformacion/Diagn%C3%B3stico%20NAMA%20Transporte%20Limpio.pdf>
- Ministerio de Energía y Minas (MINEM). (2019). Estrategia Nacional de Electromovilidad Chile. Un camino para los vehículos eléctricos.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2019). Estrategia nacional de movilidad eléctrica. Bogota D.C. Recuperado de <https://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/Estrategia-Nacional-de-Movilidad-Elctrica-enme-minambiente.pdf>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). (2020). Panorama de electromovilidad en el Perú [PPT]. Recuperado de <https://www.greenfinancelac.org/wp-content/uploads/2020/02/MTC-Panorama-de-En-en-Peru.pdf>
- Mora, A. (2015). Estudio para la reutilización de baterías de coches eléctricos en segunda vida para nuevas funciones. UPC, Escola Tècnica Superior d'Enginyeries Industrial i Aeronàutica de Terrassa, Departament de Projectes d'Enginyeria. Recuperado de <http://hdl.handle.net/2117/77961>
- Morin, E. (1999). Los siete saberes necesarios para la educación del futuro (Trad. M.Vallejos). París, Francia: Santillana/UNESCO.

- Morin, E. (2007). *La cabeza bien puesta* (Trad. P. Mahler). Buenos Aires, Argentina: Ediciones Buena Visión.
- Morin, E. (2002). *La mente bien ordenada*. (2a ed.). Barcelona, España: Seix Barral.
- Morín, E. (2004). *Introducción al pensamiento complejo*. México, D. F.: Editorial Gedisa.
- Moscoso, M, Van Laake, T. y L. Quiñones, Eds. (2019). *Sustainable Urban Mobility in Latin America: Assessment and recommendations for mobility policies*. Despacio: Bogotá, Colombia.
- Municipalidad de Lima. (2019). *Primer Bus Eléctrico Empezará a operar en el Corredor Rojo*. Recuperado de: <http://www.munlima.gob.pe/noticias/item/39258-primer-bus-electrico-empezara-a-operar-en-el-corredor-rojo>
- Navarro, M. (2014). *Regional benchmarking in the smart specialisation process: Identification of reference regions based on structural similarity*. S3 Working Paper Series. (No. 03/2014). España: European Commission, Joint Research Centre.
- Olhoff, Anne. (2020). *UN Environment Emissions Gap Report*. Copenague, Dinamarca: UNEP DTU Partnership. Recuperado de <https://unepdtu.org/project/un-environment-emissions-gap-report/>
- Ordenanza N° 1851. (2015). *Para la promoción de movilidad sostenible y eficiente a través de la recuperación y uso de espacios públicos para el transporte no motorizado en bicicleta en la provincia de Lima Metropolitana y la permanencia del programa de ciclovías recreativas de Lima*. Municipalidad Metropolitana de Lima.
- Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. (2019). *ELECTROMOVILIDAD Conceptos, políticas y lecciones aprendidas para el Perú*. [Osinergmin-Electromovilidad-conceptos-politicas-lecciones-aprendidas-para-el-Peru.pdf](https://osinergmin.gob.pe/Documentos/Conceptos-politicas-lecciones-aprendidas-para-el-peru.pdf)
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2018). *Movilidad eléctrica: Avances en América Latina y el Caribe y oportunidades para la colaboración regional*. ONU Medio Ambiente.
- Orrego, J. (7 de julio de 2011). *El transporte público en Lima, siglo XX: ENATRUPERÚ*. Blog en Defensa de la PUCP. Recuperado de <http://blog.pucp.edu.pe/blog/juanluisorrego/2011/07/07/el-transporte-publico-en-lima-siglo-xx-enatruperu/>
- Ostrom, E. (1995). *Diseños complejos para manejos complejos*. En: S. Hanna y M. Munasinghe (eds.). *Property Rights and the Environment. Social and Ecological Issues*. The Beijer International Institute y The World Bank. Washington, EUA.

Traducción de Horacio Bonfil Sánchez publicada en Gaceta Ecológica 54.

Parada, M. (2019). Los cinco pasos del proceso de benchmarking en PRL. *Gestión Práctica de Riesgos Laborales*, 175, 82–83.

Pasquali, M. (2020). ¿Qué impacto económico tendrá el coronavirus en América Latina? World Economic Forum. Recuperado de <https://es.weforum.org/agenda/2020/03/que-impacto-economico-tendra-el-coronavirus-en-america-latina-06a230ad1e/>

PNUD. (2020). Covid-19 y el shock externo: Impactos económicos y opciones de política en el Perú. Recuperado de https://www.latinamerica.undp.org/content/rblac/es/home/library/crisis_prevention_and_recovery/covid-19-y-el-schock-externo--impactos-economicos-y-opciones-de-.html

PNUMA. (2016). Movilidad Eléctrica. Oportunidades para América Latina. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Recuperado de http://www.pnuma.org/cambio_climatico/publicaciones/informe_movilidad_electrica.pdf

Ponce, M. y Pasco, M. (2015). Guía de Investigación. Gestión. Lima: PUCP.

Portland State University. (2015). Triple Bottom Line Tool for Economic Development: User's Guide. The Triple Bottom Line Tool.

PRé Sustainability. (2020). SimaPro database manual. Methods library. Países Bajos. Recuperado de <https://simapro.com/wp-content/uploads/2020/10/DatabaseManualMethods.pdf>

Prialé, J. (23 de marzo de 2020). Gobierno preocupado porque el Covid-19 incrementa las tasas de pobreza en el Perú. Gestión. <https://gestion.pe/economia/gobierno-preocupado-porque-el-covid-19-incrementa-las-tasas-de-pobreza-en-el-peru-noticia/>

Radio Programas del Perú (RPP). (2018). Lito: ¿Cuáles son los países con más reservas de este mineral? RPP Noticias. Recuperado de <https://rpp.pe/economia/economia/lito-que-cuales-son-los-paises-con-mas-reservas-de-este-mineral-noticia-1137165/4>

Red Metropolitana de Movilidad. (2020). Información del sistema. Santiago de Chile. Chile: Red Metropolitana de Movilidad. Recuperado de <http://www.red.cl/acerca-de-red/informacion-del-sistema;jsessionid=ortAXzk8LB8+AkuPLyEiTvZJ>

- Richert, F. (2020). Global E-Mobility Markets 2019. Berlín, Alemania: Intelligent Mobility Xperience. Recuperado de <https://www.intelligent-mobility-xperience.com/global-e-mobility-markets-2019-a-896036/>
- Rivera, I. (2014). Externalidades. Principios de Microeconomía, 534-567. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Rodríguez, L. (2011). Exploraciones de la complejidad: aproximación introductoria al pensamiento complejo y a la teoría de los sistemas complejos. José Mármol. Centro Iberoamericano de Estudios en Comunicación, Información y Desarrollo - CIECID.
- Romero, B. (2003). El análisis del ciclo de vida y la gestión ambiental. *Tendencias tecnológicas. IIE* (03) 91-97. <https://www.ineel.mx/boletin032003/tend.pdf>
- Sánchez, M. (2020). Arequipa: Planean construir tren eléctrico por US\$ 350 millones. infoMercado. Recuperado de <https://infomercado.pe/arquipa-se-planea-contruir-tren-electrico-por-us-350-millones/>
- Scorcia, H. Por qué los autobuses son tan importantes como los metros. Banco de Desarrollo de América Latina. Recuperado de <https://www.caf.com/es/conocimiento/visiones/2016/06/por-que-los-autobuses-son-tan-importantes-como-los-metros/>
- Stiglitz, J. (2000). Fundamentos de la economía del bienestar (3ª ed.). En La economía del sector público, 67-145. Edición. Antoni Bosh. Editor.
- Sustainable Mobility for All. (2019). Global Roadmap of Action Toward Sustainable Mobility. Washington DC, License: Creative Commons Attribution CC BY 3.0
- TomTom. (2019). Traffix Index 2018. Recuperado de: https://www.tomtom.com/en_gb/trafficindex/ranking
- UN General Assembly. (2016). Ashgabat Statement on Commitments and Policy Recommendations of the Global Sustainable Transport Conference. United Nations.
- Villacorta, S., y Ubeda, J. (2012). El mapa geomorfológico de Lima Metropolitana y sus cuencas hidrográficas, una herramienta para la gestión sostenible del territorio. *Espacio y Desarrollo*, (24), 7 -16. <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/espacioydesarrollo/article/view/7580>
- We are Water. (2016). Reducir las emisiones de CO2, principal objetivo planetario. Recuperado de https://www.wearewater.org/es/reducir-las-emisiones-de-co2-principal-objetivo-planetario_273571

Zako, R., y Moore, T. (2013). Sustainable Transportation Decision-Making. Oregon Transportation Research and Education Consortium



ANEXOS

ANEXO A: Capacidad de la batería de un bus eléctrico en un horizonte de 10 años

El siguiente cuadro muestra la capacidad de la batería en un bus eléctrico, en un horizonte de 10 años, donde no se considera ningún cambio ya que al final del horizonte establecido llega al final de los ciclos de carga donde a partir del fin de esta es donde llegaría a necesitar cambiar la batería por una nueva.

La capacidad de la batería es de 240 kW con lo cual el bus puede recorrer distancias diarias de 178 km. Debido al pasar de los años y uso de la batería, la autonomía de esta se verá comprometida por lo cual al final de año 10 la distancia aproximada que podría recorrer sería de 162 km. La vida útil de la batería es de 3000 ciclos de recarga y cada año irá consumiendo su vida útil en base a las cantidades de recargas que se realicen.

Tabla A1: Capacidad de la batería en un bus eléctrico, en un horizonte de 10 años

Variable	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Capacidad de la batería (kWh)	240	226	217	212	208	204	201	198	195	192	189
Autonomía (km)		199	191	187	182	178	175	172	169	165	162
Autonomía por cubrir (km)		-17	9	5	0	4	7	10	13	17	20
Número de recargas por día		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Duración recarga nocturna (minutos)		115	115	115	115	115	115	115	115	115	115
Duración recarga diurna (minutos)		-11	-6	-3	0	2	4	6	8	10	12
Número de recargas por año		285	298	304	311	319	325	330	337	343	350
Vida útil de la batería (ciclos)	-3000	-2735	-2458	-2175	-1886	-1589	-1287	-980	-667	-347	-22
Vida útil en años	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10

Fuente: BID (2020).

ANEXO B: Estimación del costo del cargador de un bus eléctrico

La siguiente tabla muestra los posibles sistemas de recarga que contemplan la potencia necesaria e infraestructura. En base a la evaluación de las diferentes variables presentadas y costo de las estaciones se obtiene que el sistema con 100 KW tiene un menor costo respecto a los demás cargadores. Por ello, para la evaluación se considera el costo total de 42,388 USD/Bus. Es necesario mencionar que una infraestructura de carga puede alimentar a 3 buses.

Tabla B1: Lista de posibles sistemas de recarga

POTENCIA	150 KW	120 KW	100 KW	80 KW	Unidad de medida
Cantidad de Buses	100	100	100	100	unidades
Costo del cargador	45,422	36,338	30,281	24,225	USD
Eficiencia del bus	0.95	0.95	0.95	0.95	km/kWh
Recorrido diario	182	182	182	182	km
Energía consumida	192	192	192	192	kWh/día
Tiempo de recarga	77	96	115	144	minutos
Max. Buses/cargador	4.5	3.6	3	2.4	buses/cargador
Real Buses/cargador	4	3	3	2	buses/cargador
Cargadores requeridos	25	33	33	50	cargadores
Potencia requerida	3,750	4,000	3,333	4,000	kW
Factor de seguridad	15	15	15	15	%
Potencia requerida	4.31	4.6	3.83	4.6	MW
Costo Infraestructura	3,527	3,703	3,229	3,703	USDM
Costo Infraestructura/Bus	35,270	37,029	32,294	37,029	USD/bus
Total, Costo Sistema Recarga	50,411	49,142	42,388	45,104	USD/bus

Adaptado de BID (2020).

ANEXO C: Supuestos para la estimación del flujo de caja

Tabla C1: Supuestos de Ingresos para la estimación del flujo de caja

Precio pasaje general		Precio pasaje estudiante	
S/1.70		S/0.85	
2020	Demanda por bus general	Demanda por bus estudiante	Ingreso Anual
Ingreso por pasajes primeros años¹	88,692	13,923	S/ 162,610
2019	Demanda por bus general	Demanda por bus estudiante	Ingreso Anual
Ingreso por pasajes partir del tercer año	208,840	87,284	S/ 429,219
2018	Demanda por bus general	Demanda por bus estudiante	Ingreso Anual
Ingreso por pasajes partir del tercer año	264,613	86,352	S/ 523,241

Tabla C2: Supuestos de Costos para la estimación del flujo de caja

Bus Eléctrico			
Cantidad de buses	1		
Chasis y carrocería	200,050		
Batería	104,880		
Cargador	10,094		
Sistema de carga	32,294		
C.T sin impuestos	347,318		
Costo Total/bus	S/ 1,302,443²		
Costo Operativo bus eléctrico			
Costos Variables			
Recorrido anual	56,784	km	4,782
Rendimiento (energía)	0.95	km/kw	
Precio de la energía	0.08	USD/kw	
Mantenimiento	0.11	USD/km	6,246
Neumáticos	0.02	USD/km	1,136
Costo Variable Total (USD/bus)			12,164
Costo Variable Total			S/ 45,614

¹ Fuente: Allin Group (2021)

² Tipo de cambio considerado 3.75 soles

CF			
Mant. Infraes. Recarga	0.01	Sistema de recarga	424
Seguros	2.20%	Capex	7,916
			8,340
CF USD/bus =			S/ 31,274.49

Personal Operativo ³			
Conductores	2.5	1800	4500
Supervisores	0.02	2500	50
Despachadores	0.11	2000	220
Mecánicos	0.16	3000	480
Costo Laboral	47%		
CT Personal/bus =			S/ 92,610
CF Total =			S/ 123,884

Gastos Administrativos = S/ 35,595 (21% Costo operativo)
 Capital de Trabajo = S/ 20,340 (12% Costo operativo)

a. Bus Diésel

Cantidad de buses	1
Chasis	51,480
Carrocería	48400
CT sin impuestos	99,880
Costo Total/bus	S/ 374,550
Costo Total/bus + IGV	S/ 441,969

Tabla C3: Costo Operativo bus diésel

CV			
Recorrido anual	56,784	km	94,837
Rendimiento (galones - Km/UC)	7.5	km/galón	
Costo del combustible	12.53	Soles/galón ⁴	
Mantenimiento	0.21	USD/km	11,925
Lubricantes	0.02	USD/km	1,136
Neumáticos	0.02	USD/km	1,136
CV Total USD/bus=			14,196
CV Total =			S/ 148,072

³ Fuente: Allin Group (2021)

⁴ Fuente: Facilito (2021)

CF			
Seguros	1.40%	Capex	5244
CF USD/bus =			S/ 19,664

Personal Operativo			
Conductores	2.5	1800	4500
Supervisores	0.02	2500	50
Despachadores	0.11	2000	220
Mecánicos	0.3	3000	900
Costo Laboral	47%		
CT Personal/bus =			S/ 100,019
CF Total =			S/ 119,683

Gastos Administrativos = S/ 56,228 (21% Costo operativo)
 Capital de Trabajo = S/ 32,131 (12% Costo operativo)

b. Bus Gas

Cantidad de buses	1
Chasis	71,190
Carrocería	62150
CT sin impuestos	133,340
Costo Total/bus	S/ 500,025

Costo Total/bus + IGV S/ 590,030

Tabla C4: Costo Operativo Bus Gas

CV			
Recorrido anual	56,784	km	54,801
Rendimiento (m3)	1.5	km/m3	
Costo del combustible	1.45	Soles/m3 ⁵	
Mantenimiento	0.32	USD/km	18,170.88
Lubricantes	0.04	USD/km	2,271.36
Neumáticos	0.02	USD/km	1,135.68
CV Total USD/bus=			21,578
CV Total =			S/ 135,718
CF			
Seguros	1.40%	Capex	7000
CF USD/bus =			S/ 26,251

⁵ Fuente: Facilito (2021)

Personal Operativo			
Conductores	2.5	1800	4500
Supervisores	0.02	2500	50
Despachadores	0.11	2000	220
Mecánicos	0.47	3000	1410

Costo Laboral 47%

CT Personal/bus = S/ 109,015
CF Total = S/ 135,267

Gastos Administrativos = S/ 56,907 (21% Costo operativo)

Capital de Trabajo = S/ 32,518 (12% Costo operativo)

2. Datos por considerar

Depreciación Bus eléctrico⁶ = 50% Anual

Depreciación Bus gas y diésel⁷ = 33.3% Anual

Participación Laboral⁸ = 5%

Impuesto a la renta⁹ = 29.5%

3. Escenarios propuestos

Tabla C5: Primer Escenario - Pandemia

Bus Eléctrico											
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Ingresos		S/ 162,610	S/ 162,610	S/ 429,219	S/ 429,219	S/ 523,241	S/ 523,241	S/ 523,241	S/ 523,241	S/ 523,241	S/ 523,241
Costo Variable		S/ 45,614	S/ 45,614	S/ 45,614	S/ 45,614	S/ 45,614	S/ 45,614	S/ 45,614	S/ 45,614	S/ 45,614	S/ 45,614
Costo Fijo		S/ 123,884	S/ 123,884	S/ 123,884	S/ 123,884	S/ 123,884	S/ 123,884	S/ 123,884	S/ 123,884	S/ 123,884	S/ 123,884
Gastos Administrativos		S/ 35,595	S/ 35,595	S/ 35,595	S/ 35,595	S/ 35,595	S/ 35,595	S/ 35,595	S/ 35,595	S/ 35,595	S/ 35,595
Depreciación		S/ 160,943	S/ 160,943	S/ 8,478	S/ 8,478	S/ 8,478	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
Utilidad Operativa		-S/ 203,425	-S/ 203,425	S/ 215,649	S/ 215,649	S/ 309,670	S/ 318,147	S/ 318,147	S/ 318,147	S/ 318,147	S/ 318,147
Participación laboral		S/ -	S/ -	S/ 10,782	S/ 10,782	S/ 15,483	S/ 15,907	S/ 15,907	S/ 15,907	S/ 15,907	S/ 15,907
Impuesto a la renta		S/ -	S/ -	S/ 63,616	S/ 63,616	S/ 91,353	S/ 93,853	S/ 93,853	S/ 93,853	S/ 93,853	S/ 93,853
Utilidad Neta		-S/ 203,425	-S/ 203,425	S/ 141,250	S/ 141,250	S/ 202,834	S/ 208,387	S/ 208,387	S/ 208,387	S/ 208,387	S/ 208,387
Depreciación		S/ 160,943	S/ 160,943	S/ 8,478	S/ 8,478	S/ 8,478	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -

⁶ INFORME N.º 057-2020-SUNAT/7T0000

⁷ INFORME N.º 196-2006-SUNAT/2B0000

⁸ Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo

⁹ Artículo 55 de la Ley del Impuesto a la Renta

FC Operativo		-S/ 42,483	-S/ 42,483	S/ 149,727	S/ 149,727	S/ 211,311	S/ 208,387	S/ 208,387	S/ 208,387	S/ 208,387	S/ 208,387
CAPEX	-S/ 1,302,443	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Capital de Trabajo	-S/ 20,340	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FC Económico	-S/ 1,322,782	-S/ 42,483	-S/ 42,483	S/ 149,727	S/ 149,727	S/ 211,311	S/ 208,387	S/ 208,387	S/ 208,387	S/ 208,387	S/ 208,387
FC Económico Acumulado	-S/ 1,322,782	-S/ 1,365,265	-S/ 1,407,748	-S/ 1,258,020	-S/ 1,108,293	-S/ 896,982	-S/ 688,595	-S/ 480,208	-S/ 271,822	-S/ 63,435	-S/ 144,951

VAN = - 431,957

TIR = 1.5%

	Bus Diesel										
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Ingresos		S/ 162,610	S/ 162,610	S/ 429,219	S/ 429,219	S/ 523,241	S/ 523,241	S/ 523,241	S/ 523,241	S/ 523,241	S/ 523,241
Costo Variable		S/ 148,072	S/ 148,072	S/ 148,072	S/ 148,072	S/ 148,072	S/ 148,072	S/ 148,072	S/ 148,072	S/ 148,072	S/ 148,072
Costo Fijo		S/ 119,683	S/ 119,683	S/ 119,683	S/ 119,683	S/ 119,683	S/ 119,683	S/ 119,683	S/ 119,683	S/ 119,683	S/ 119,683
Gastos Administrativos		S/ 56,228	S/ 56,228	S/ 56,228	S/ 56,228	S/ 56,228	S/ 56,228	S/ 56,228	S/ 56,228	S/ 56,228	S/ 56,228
Depreciación		S/ 33,260	S/ 33,260	S/ 33,260	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
Utilidad Operativa		-S/ 194,633	-S/ 194,633	S/ 71,976	S/ 105,236	S/ 199,258	S/ 199,258	S/ 199,258	S/ 199,258	S/ 199,258	S/ 199,258
Participación laboral		S/ -	S/ -	S/ 3,599	S/ 5,262	S/ 9,963	S/ 9,963	S/ 9,963	S/ 9,963	S/ 9,963	S/ 9,963
Impuesto a la renta		S/ -	S/ -	S/ 21,233	S/ 31,045	S/ 58,781	S/ 58,781	S/ 58,781	S/ 58,781	S/ 58,781	S/ 58,781
Utilidad Neta		-S/ 194,633	-S/ 194,633	S/ 47,145	S/ 68,930	S/ 130,514	S/ 130,514	S/ 130,514	S/ 130,514	S/ 130,514	S/ 130,514
Depreciación		S/ 33,260	S/ 33,260	S/ 33,260	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
FC Operativo		-S/ 161,373	-S/ 161,373	S/ 80,405	S/ 68,930	S/ 130,514	S/ 130,514	S/ 130,514	S/ 130,514	S/ 130,514	S/ 130,514
CAPEX	-S/ 374,550	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Capital de Trabajo	-S/ 32,131	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FC Económico	-S/ 406,681	-S/ 161,373	-S/ 161,373	S/ 80,405	S/ 68,930	S/ 130,514	S/ 130,514	S/ 130,514	S/ 130,514	S/ 130,514	S/ 130,514
FC Económico Acumulado	-S/ 406,681	-S/ 568,053	-S/ 729,426	-S/ 649,021	-S/ 580,091	-S/ 449,578	-S/ 319,064	-S/ 188,550	-S/ 58,036	S/ 72,477	S/ 202,991

VAN = - 121,375

TIR = 4.1%

	Bus Gas										
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Ingresos		S/ 162,610	S/ 162,610	S/ 429,219	S/ 429,219	S/ 523,241	S/ 523,241	S/ 523,241	S/ 523,241	S/ 523,241	S/ 523,241
Costo Variable		S/ 135,718	S/ 135,718	S/ 135,718	S/ 135,718	S/ 135,718	S/ 135,718	S/ 135,718	S/ 135,718	S/ 135,718	S/ 135,718
Costo Fijo		S/ 135,267	S/ 135,267	S/ 135,267	S/ 135,267	S/ 135,267	S/ 135,267	S/ 135,267	S/ 135,267	S/ 135,267	S/ 135,267
Gastos Administrativos		S/ 56,907	S/ 56,907	S/ 56,907	S/ 56,907	S/ 56,907	S/ 56,907	S/ 56,907	S/ 56,907	S/ 56,907	S/ 56,907
Depreciación		S/ 166,508	S/ 166,508	S/ 166,508	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
Utilidad Operativa		-S/ 331,789	-S/ 331,789	-S/ 65,180	S/ 101,328	S/ 195,349	S/ 195,349	S/ 195,349	S/ 195,349	S/ 195,349	S/ 195,349
Participación laboral		S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ 9,767	S/ 9,767	S/ 9,767	S/ 9,767	S/ 9,767	S/ 9,767
Impuesto a la renta		S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ 57,628	S/ 57,628	S/ 57,628	S/ 57,628	S/ 57,628	S/ 57,628
Utilidad Neta		-S/ 331,789	-S/ 331,789	-S/ 65,180	S/ 101,328	S/ 127,954	S/ 127,954	S/ 127,954	S/ 127,954	S/ 127,954	S/ 127,954
Depreciación		S/ 166,508	S/ 166,508	S/ 166,508	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
FC Operativo		-S/ 165,281	-S/ 165,281	S/ 101,328	S/ 101,328	S/ 127,954	S/ 127,954	S/ 127,954	S/ 127,954	S/ 127,954	S/ 127,954
CAPEX	-S/ 500,025	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Capital de Trabajo	-S/ 32,518	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
FC Económico	-S/ 532,543	-S/ 165,281	-S/ 165,281	S/ 101,328	S/ 101,328	S/ 127,954	S/ 127,954	S/ 127,954	S/ 127,954	S/ 127,954	S/ 127,954
FC Económico Acumulado	-S/ 532,543	-S/ 697,824	-S/ 863,105	-S/ 761,778	-S/ 660,450	-S/ 532,496	-S/ 404,543	-S/ 276,589	-S/ 148,636	-S/ 20,682	-S/ 107,272

VAN = - 222,152

TIR = 2.0%

Tabla C6: Segundo Escenario - Sin Pandemia

Bus Eléctrico											
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Ingresos		S/ 429,219	S/ 429,219	S/ 429,219	S/ 429,219	S/ 429,219	S/ 429,219	S/ 429,219	S/ 429,219	S/ 429,219	S/ 429,219
Costo Variable		S/ 45,614	S/ 45,614	S/ 45,614	S/ 45,614	S/ 45,614	S/ 45,614	S/ 45,614	S/ 45,614	S/ 45,614	S/ 45,614
Costo Fijo		S/ 123,884	S/ 123,884	S/ 123,884	S/ 123,884	S/ 123,884	S/ 123,884	S/ 123,884	S/ 123,884	S/ 123,884	S/ 123,884
Gastos Administrativos		S/ 35,595	S/ 35,595	S/ 35,595	S/ 35,595	S/ 35,595	S/ 35,595	S/ 35,595	S/ 35,595	S/ 35,595	S/ 35,595
Depreciación		S/ 160,943	S/ 160,943	S/ 8,478	S/ 8,478	S/ 8,478	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
Utilidad Operativa		S/ 63,184	S/ 63,184	S/ 215,649	S/ 215,649	S/ 215,649	S/ 224,126	S/ 224,126	S/ 224,126	S/ 224,126	S/ 224,126
Participación laboral		S/ 3,159	S/ 3,159	S/ 10,782	S/ 10,782	S/ 10,782	S/ 11,206	S/ 11,206	S/ 11,206	S/ 11,206	S/ 11,206
Impuesto a la renta		S/ 18,639	S/ 18,639	S/ 63,616	S/ 63,616	S/ 63,616	S/ 66,117	S/ 66,117	S/ 66,117	S/ 66,117	S/ 66,117
Utilidad Neta		S/ 41,385	S/ 41,385	S/ 141,250	S/ 141,250	S/ 141,250	S/ 146,803	S/ 146,803	S/ 146,803	S/ 146,803	S/ 146,803
Depreciación		S/ 160,943	S/ 160,943	S/ 8,478	S/ 8,478	S/ 8,478	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
FC Operativo		S/ 202,328	S/ 202,328	S/ 149,727	S/ 149,727	S/ 149,727	S/ 146,803	S/ 146,803	S/ 146,803	S/ 146,803	S/ 146,803
CAPEX	-S/ 1,302,443	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
Capital de Trabajo	-S/ 20,340	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
FC Económico	-S/ 1,322,782	S/ 202,328	S/ 202,328	S/ 149,727	S/ 149,727	S/ 149,727	S/ 146,803	S/ 146,803	S/ 146,803	S/ 146,803	S/ 146,803
FC Económico Acumulado	-S/ 1,322,782	-S/ 1,120,454	S/ 918,127	S/ 768,399	-S/ 618,672	-S/ 468,944	S/ 322,141	S/ 175,339	S/ 28,536	S/ 118,267	S/ 265,069

VAN = - 285,293

TIR = 3.7%

Bus Diesel											
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Ingresos		S/ 429,219	S/ 429,219	S/ 429,219	S/ 429,219	S/ 429,219	S/ 429,219	S/ 429,219	S/ 429,219	S/ 429,219	S/ 429,219
Costo Variable		S/ 148,072	S/ 148,072	S/ 148,072	S/ 148,072	S/ 148,072	S/ 148,072	S/ 148,072	S/ 148,072	S/ 148,072	S/ 148,072
Costo Fijo		S/ 119,683	S/ 119,683	S/ 119,683	S/ 119,683	S/ 119,683	S/ 119,683	S/ 119,683	S/ 119,683	S/ 119,683	S/ 119,683
Gastos Administrativos		S/ 56,228	S/ 56,228	S/ 56,228	S/ 56,228	S/ 56,228	S/ 56,228	S/ 56,228	S/ 56,228	S/ 56,228	S/ 56,228
Depreciación		S/ 33,260	S/ 33,260	S/ 33,260	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
Utilidad Operativa		S/ 71,976	S/ 71,976	S/ 71,976	S/ 105,236	S/ 105,236	S/ 105,236	S/ 105,236	S/ 105,236	S/ 105,236	S/ 105,236
Participación laboral		S/ 3,599	S/ 3,599	S/ 3,599	S/ 5,262	S/ 5,262	S/ 5,262	S/ 5,262	S/ 5,262	S/ 5,262	S/ 5,262
Impuesto a la renta		S/ 21,233	S/ 21,233	S/ 21,233	S/ 31,045	S/ 31,045	S/ 31,045	S/ 31,045	S/ 31,045	S/ 31,045	S/ 31,045
Utilidad Neta		S/ 47,145	S/ 47,145	S/ 47,145	S/ 68,930	S/ 68,930	S/ 68,930	S/ 68,930	S/ 68,930	S/ 68,930	S/ 68,930
Depreciación		S/ 33,260	S/ 33,260	S/ 33,260	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -

FC Operativo		S/ 80,405	S/ 80,405	S/ 80,405	S/ 68,930	S/ 68,930	S/ 68,930	S/ 68,930	S/ 68,930	S/ 68,930	S/ 68,930
CAPEX	-S/ 374,550	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Capital de Trabajo	-S/ 32,131	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FC Económico	-S/ 406,681	S/ 80,405	S/ 80,405	S/ 80,405	S/ 68,930	S/ 68,930	S/ 68,930	S/ 68,930	S/ 68,930	S/ 68,930	S/ 68,930
FC Económico Acumulado	-S/ 406,681	-S/ 326,276	-S/ 245,871	-S/ 165,467	-S/ 96,537	-S/ 27,607	S/ 41,323	S/ 110,253	S/ 179,183	S/ 248,112	S/ 317,042

VAN = 60,763

TIR = 12.6%

Bus Gas											
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Ingresos		S/ 429,219	S/ 429,219	S/ 429,219	S/ 429,219	S/ 429,219	S/ 429,219	S/ 429,219	S/ 429,219	S/ 429,219	S/ 429,219
Costo Variable		S/ 135,718	S/ 135,718	S/ 135,718	S/ 135,718	S/ 135,718	S/ 135,718	S/ 135,718	S/ 135,718	S/ 135,718	S/ 135,718
Costo Fijo		S/ 135,267	S/ 135,267	S/ 135,267	S/ 135,267	S/ 135,267	S/ 135,267	S/ 135,267	S/ 135,267	S/ 135,267	S/ 135,267
Gastos Administrativos		S/ 56,907	S/ 56,907	S/ 56,907	S/ 56,907	S/ 56,907	S/ 56,907	S/ 56,907	S/ 56,907	S/ 56,907	S/ 56,907
Depreciación		S/ 166,508	S/ 166,508	S/ 166,508	-	-	-	-	-	-	-
Utilidad Operativa		-S/ 65,180	-S/ 65,180	-S/ 65,180	S/ 101,328	S/ 101,328	S/ 101,328	S/ 101,328	S/ 101,328	S/ 101,328	S/ 101,328
Participación laboral		S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ 5,066	S/ 5,066	S/ 5,066	S/ 5,066	S/ 5,066	S/ 5,066
Impuesto a la renta		S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ 29,892	S/ 29,892	S/ 29,892	S/ 29,892	S/ 29,892	S/ 29,892
Utilidad Neta		-S/ 65,180	-S/ 65,180	-S/ 65,180	S/ 101,328	S/ 66,370	S/ 66,370	S/ 66,370	S/ 66,370	S/ 66,370	S/ 66,370
Depreciación		S/ 166,508	S/ 166,508	S/ 166,508	-	-	-	-	-	-	-
FC Operativo		S/ 101,328	S/ 101,328	S/ 101,328	S/ 101,328	S/ 66,370	S/ 66,370	S/ 66,370	S/ 66,370	S/ 66,370	S/ 66,370
CAPEX	-S/ 500,025	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Capital de Trabajo	-S/ 32,518	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FC Económico	-S/ 532,543	S/ 101,328	S/ 101,328	S/ 101,328	S/ 101,328	S/ 66,370	S/ 66,370	S/ 66,370	S/ 66,370	S/ 66,370	S/ 66,370
FC Económico Acumulado	-S/ 532,543	-S/ 431,215	-S/ 329,888	-S/ 228,560	-S/ 127,232	-S/ 60,862	S/ 5,508	S/ 71,877	S/ 138,247	S/ 204,617	S/ 270,987

VAN = 2,430

TIR = 9.3%

Tabla C7: Tercer Escenario - Sin Pandemia + Sin IGV

Bus Eléctrico											
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Ingresos		S/ 429,219	S/ 429,219	S/ 429,219	S/ 429,219	S/ 429,219	S/ 429,219	S/ 429,219	S/ 429,219	S/ 429,219	S/ 429,219
Costo Variable		S/ 45,614	S/ 45,614	S/ 45,614	S/ 45,614	S/ 45,614	S/ 45,614	S/ 45,614	S/ 45,614	S/ 45,614	S/ 45,614
Costo Fijo		S/ 123,884	S/ 123,884	S/ 123,884	S/ 123,884	S/ 123,884	S/ 123,884	S/ 123,884	S/ 123,884	S/ 123,884	S/ 123,884
Gastos Administrativos		S/ 35,595	S/ 35,595	S/ 35,595	S/ 35,595	S/ 35,595	S/ 35,595	S/ 35,595	S/ 35,595	S/ 35,595	S/ 35,595
Depreciación		S/ 160,943	S/ 160,943	S/ 8,478	S/ 8,478	S/ 8,478	-	-	-	-	-
Utilidad Operativa		S/ 63,184	S/ 63,184	S/ 215,649	S/ 215,649	S/ 215,649	S/ 224,126	S/ 224,126	S/ 224,126	S/ 224,126	S/ 224,126
Participación laboral		S/ 3,159	S/ 3,159	S/ 10,782	S/ 10,782	S/ 10,782	S/ 11,206	S/ 11,206	S/ 11,206	S/ 11,206	S/ 11,206
Impuesto a la renta		S/ 18,639	S/ 18,639	S/ 63,616	S/ 63,616	S/ 63,616	S/ 66,117	S/ 66,117	S/ 66,117	S/ 66,117	S/ 66,117
Utilidad Neta		S/ 41,385	S/ 41,385	S/ 141,250	S/ 141,250	S/ 141,250	S/ 146,803	S/ 146,803	S/ 146,803	S/ 146,803	S/ 146,803

Depreciación		S/ 160,943	S/ 160,943	S/ 8,478	S/ 8,478	S/ 8,478	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
FC Operativo		S/ 202,328	S/ 202,328	S/ 149,727	S/ 149,727	S/ 149,727	S/ 146,803	S/ 146,803	S/ 146,803	S/ 146,803	S/ 146,803
CAPEX	-S/ 1,302,443	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
Capital de Trabajo	-S/ 20,340	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
FC Económico	-S/ 1,322,782	S/ 202,328	S/ 202,328	S/ 149,727	S/ 149,727	S/ 149,727	S/ 146,803	S/ 146,803	S/ 146,803	S/ 146,803	S/ 146,803
FC Económico Acumulado	-S/ 1,322,782	S/ 1,120,454	S/ 918,127	S/ 768,399	S/ 618,672	S/ 468,944	S/ 322,141	S/ 175,339	S/ 28,536	S/ 118,267	S/ 265,069

VAN = - 285,293

TIR = 3.7%

Bus Diesel											
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Ingresos		S/ 429,219	S/ 429,219	S/ 429,219	S/ 429,219	S/ 429,219	S/ 429,219	S/ 429,219	S/ 429,219	S/ 429,219	S/ 429,219
Costo Variable		S/ 148,072	S/ 148,072	S/ 148,072	S/ 148,072	S/ 148,072	S/ 148,072	S/ 148,072	S/ 148,072	S/ 148,072	S/ 148,072
Costo Fijo		S/ 119,683	S/ 119,683	S/ 119,683	S/ 119,683	S/ 119,683	S/ 119,683	S/ 119,683	S/ 119,683	S/ 119,683	S/ 119,683
Gastos Administrativos		S/ 56,228	S/ 56,228	S/ 56,228	S/ 56,228	S/ 56,228	S/ 56,228	S/ 56,228	S/ 56,228	S/ 56,228	S/ 56,228
Depreciación		S/ 33,260	S/ 33,260	S/ 33,260	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
Utilidad Operativa		S/ 71,976	S/ 71,976	S/ 71,976	S/ 105,236	S/ 105,236	S/ 105,236	S/ 105,236	S/ 105,236	S/ 105,236	S/ 105,236
Participación laboral		S/ 3,599	S/ 3,599	S/ 3,599	S/ 5,262	S/ 5,262	S/ 5,262	S/ 5,262	S/ 5,262	S/ 5,262	S/ 5,262
Impuesto a la renta		S/ 21,233	S/ 21,233	S/ 21,233	S/ 31,045	S/ 31,045	S/ 31,045	S/ 31,045	S/ 31,045	S/ 31,045	S/ 31,045
Utilidad Neta		S/ 47,145	S/ 47,145	S/ 47,145	S/ 68,930	S/ 68,930	S/ 68,930	S/ 68,930	S/ 68,930	S/ 68,930	S/ 68,930
Depreciación		S/ 33,260	S/ 33,260	S/ 33,260	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
FC Operativo		S/ 80,405	S/ 80,405	S/ 80,405	S/ 68,930	S/ 68,930	S/ 68,930	S/ 68,930	S/ 68,930	S/ 68,930	S/ 68,930
CAPEX	-S/ 441,969	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
Capital de Trabajo	-S/ 32,131	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
FC Económico	-S/ 474,100	S/ 80,405	S/ 80,405	S/ 80,405	S/ 68,930	S/ 68,930	S/ 68,930	S/ 68,930	S/ 68,930	S/ 68,930	S/ 68,930
FC Económico Acumulado	-S/ 474,100	-S/ 393,695	-S/ 313,290	-S/ 232,886	-S/ 163,956	-S/ 95,026	-S/ 26,096	S/ 42,834	S/ 111,764	S/ 180,693	S/ 249,623

VAN = - 6,656

TIR = 8.9%

Bus Gas											
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Ingresos		S/ 429,219	S/ 429,219	S/ 429,219	S/ 429,219	S/ 429,219	S/ 429,219	S/ 429,219	S/ 429,219	S/ 429,219	S/ 429,219
Costo Variable		S/ 135,718	S/ 135,718	S/ 135,718	S/ 135,718	S/ 135,718	S/ 135,718	S/ 135,718	S/ 135,718	S/ 135,718	S/ 135,718
Costo Fijo		S/ 135,267	S/ 135,267	S/ 135,267	S/ 135,267	S/ 135,267	S/ 135,267	S/ 135,267	S/ 135,267	S/ 135,267	S/ 135,267
Gastos Administrativos		S/ 56,907	S/ 56,907	S/ 56,907	S/ 56,907	S/ 56,907	S/ 56,907	S/ 56,907	S/ 56,907	S/ 56,907	S/ 56,907
Depreciación		S/ 166,508	S/ 166,508	S/ 166,508	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
Utilidad Operativa		-S/ 65,180	-S/ 65,180	-S/ 65,180	S/ 101,328	S/ 101,328	S/ 101,328	S/ 101,328	S/ 101,328	S/ 101,328	S/ 101,328
Participación laboral		S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ 5,066	S/ 5,066	S/ 5,066	S/ 5,066	S/ 5,066	S/ 5,066
Impuesto a la renta		S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ 29,892	S/ 29,892	S/ 29,892	S/ 29,892	S/ 29,892	S/ 29,892

Utilidad Neta		-S/ 65,180	-S/ 65,180	-S/ 65,180	S/ 101,328	S/ 66,370	S/ 66,370	S/ 66,370	S/ 66,370	S/ 66,370	S/ 66,370
Depreciación		S/ 166,508	S/ 166,508	S/ 166,508	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
FC Operativo		S/ 101,328	S/ 101,328	S/ 101,328	S/ 101,328	S/ 66,370	S/ 66,370	S/ 66,370	S/ 66,370	S/ 66,370	S/ 66,370
CAPEX	-S/ 590,030	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
Capital de Trabajo	-S/ 32,518	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
FC Económico	-S/ 622,548	S/ 101,328	S/ 101,328	S/ 101,328	S/ 101,328	S/ 66,370	S/ 66,370	S/ 66,370	S/ 66,370	S/ 66,370	S/ 66,370
FC Económico Acumulado	-S/ 622,548	-S/ 521,220	-S/ 419,892	-S/ 318,564	-S/ 217,236	-S/ 150,867	-S/ 84,497	-S/ 18,127	S/ 48,243	S/ 114,612	S/ 180,982

VAN = - 87,575

TIR = 5.5%

Tabla C8: Cuarto Escenario - Pandemia + Sin IGV

Bus Eléctrico											
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Ingresos		S/ 162,610	S/ 162,610	S/ 429,219	S/ 429,219	S/ 523,241	S/ 523,241	S/ 523,241	S/ 523,241	S/ 523,241	S/ 523,241
Costo Variable		S/ 45,614	S/ 45,614	S/ 45,614	S/ 45,614	S/ 45,614	S/ 45,614	S/ 45,614	S/ 45,614	S/ 45,614	S/ 45,614
Costo Fijo		S/ 123,884	S/ 123,884	S/ 123,884	S/ 123,884	S/ 123,884	S/ 123,884	S/ 123,884	S/ 123,884	S/ 123,884	S/ 123,884
Gastos Administrativos		S/ 35,595	S/ 35,595	S/ 35,595	S/ 35,595	S/ 35,595	S/ 35,595	S/ 35,595	S/ 35,595	S/ 35,595	S/ 35,595
Depreciación		S/ 160,943	S/ 160,943	S/ 8,478	S/ 8,478	S/ 8,478	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
Utilidad Operativa		-S/ 203,425	-S/ 203,425	S/ 215,649	S/ 215,649	S/ 309,670	S/ 318,147	S/ 318,147	S/ 318,147	S/ 318,147	S/ 318,147
Participación laboral		S/ -	S/ -	S/ 10,782	S/ 10,782	S/ 15,483	S/ 15,907	S/ 15,907	S/ 15,907	S/ 15,907	S/ 15,907
Impuesto a la renta		S/ -	S/ -	S/ 63,616	S/ 63,616	S/ 91,353	S/ 93,853	S/ 93,853	S/ 93,853	S/ 93,853	S/ 93,853
Utilidad Neta		-S/ 203,425	-S/ 203,425	S/ 141,250	S/ 141,250	S/ 202,834	S/ 208,387	S/ 208,387	S/ 208,387	S/ 208,387	S/ 208,387
Depreciación		S/ 160,943	S/ 160,943	S/ 8,478	S/ 8,478	S/ 8,478	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
FC Operativo		-S/ 42,483	-S/ 42,483	S/ 149,727	S/ 149,727	S/ 211,311	S/ 208,387	S/ 208,387	S/ 208,387	S/ 208,387	S/ 208,387
CAPEX	-S/ 1,302,443	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
Capital de Trabajo	-S/ 20,340	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
FC Económico	-S/ 1,322,782	-S/ 42,483	-S/ 42,483	S/ 149,727	S/ 149,727	S/ 211,311	S/ 208,387	S/ 208,387	S/ 208,387	S/ 208,387	S/ 208,387
FC Económico Acumulado	-S/ 1,322,782	-S/ 1,365,265	-S/ 1,407,748	-S/ 1,258,020	-S/ 1,108,293	-S/ 896,982	-S/ 688,595	-S/ 480,208	-S/ 271,822	-S/ 63,435	S/ 144,951

VAN = - 431,957

TIR = 1.5%

Bus Diesel											
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Ingresos		S/ 162,610	S/ 162,610	S/ 429,219	S/ 429,219	S/ 523,241	S/ 523,241	S/ 523,241	S/ 523,241	S/ 523,241	S/ 523,241
Costo Variable		S/ 148,072	S/ 148,072	S/ 148,072	S/ 148,072	S/ 148,072	S/ 148,072	S/ 148,072	S/ 148,072	S/ 148,072	S/ 148,072
Costo Fijo		S/ 119,683	S/ 119,683	S/ 119,683	S/ 119,683	S/ 119,683	S/ 119,683	S/ 119,683	S/ 119,683	S/ 119,683	S/ 119,683

Gastos Administrativos		S/ 56,228	S/ 56,228	S/ 56,228	S/ 56,228	S/ 56,228	S/ 56,228	S/ 56,228	S/ 56,228	S/ 56,228	S/ 56,228
Depreciación		S/ 33,260	S/ 33,260	S/ 33,260	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
Utilidad Operativa		-S/ 194,633	-S/ 194,633	S/ 71,976	S/ 105,236	S/ 199,258	S/ 199,258	S/ 199,258	S/ 199,258	S/ 199,258	S/ 199,258
Participación laboral		S/ -	S/ -	S/ 3,599	S/ 5,262	S/ 9,963	S/ 9,963	S/ 9,963	S/ 9,963	S/ 9,963	S/ 9,963
Impuesto a la renta		S/ -	S/ -	S/ 21,233	S/ 31,045	S/ 58,781	S/ 58,781	S/ 58,781	S/ 58,781	S/ 58,781	S/ 58,781
Utilidad Neta		-S/ 194,633	-S/ 194,633	S/ 47,145	S/ 68,930	S/ 130,514	S/ 130,514	S/ 130,514	S/ 130,514	S/ 130,514	S/ 130,514
Depreciación		S/ 33,260	S/ 33,260	S/ 33,260	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
FC Operativo		-S/ 161,373	-S/ 161,373	S/ 80,405	S/ 68,930	S/ 130,514	S/ 130,514	S/ 130,514	S/ 130,514	S/ 130,514	S/ 130,514
CAPEX	-S/ 441,969	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
Capital de Trabajo	-S/ 32,131	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
FC Económico	-S/ 474,100	-S/ 161,373	-S/ 161,373	S/ 80,405	S/ 68,930	S/ 130,514	S/ 130,514	S/ 130,514	S/ 130,514	S/ 130,514	S/ 130,514
FC Económico Acumulado	-S/ 474,100	-S/ 635,472	-S/ 796,845	-S/ 716,440	-S/ 647,510	-S/ 516,997	-S/ 386,483	-S/ 255,969	-S/ 125,455	S/ 5,058	S/ 135,572

VAN = - 188,794

TIR = 2.6%

Bus Gas											
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Ingresos		S/ 162,610	S/ 162,610	S/ 429,219	S/ 429,219	S/ 523,241	S/ 523,241	S/ 523,241	S/ 523,241	S/ 523,241	S/ 523,241
Costo Variable		S/ 135,718	S/ 135,718	S/ 135,718	S/ 135,718	S/ 135,718	S/ 135,718	S/ 135,718	S/ 135,718	S/ 135,718	S/ 135,718
Costo Fijo		S/ 135,267	S/ 135,267	S/ 135,267	S/ 135,267	S/ 135,267	S/ 135,267	S/ 135,267	S/ 135,267	S/ 135,267	S/ 135,267
Gastos Administrativos		S/ 56,907	S/ 56,907	S/ 56,907	S/ 56,907	S/ 56,907	S/ 56,907	S/ 56,907	S/ 56,907	S/ 56,907	S/ 56,907
Depreciación		S/ 166,508	S/ 166,508	S/ 166,508	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
Utilidad Operativa		-S/ 331,789	-S/ 331,789	-S/ 65,180	S/ 101,328	S/ 195,349	S/ 195,349	S/ 195,349	S/ 195,349	S/ 195,349	S/ 195,349
Participación laboral		S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ 9,767	S/ 9,767	S/ 9,767	S/ 9,767	S/ 9,767	S/ 9,767
Impuesto a la renta		S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ 57,628	S/ 57,628	S/ 57,628	S/ 57,628	S/ 57,628	S/ 57,628
Utilidad Neta		-S/ 331,789	-S/ 331,789	-S/ 65,180	S/ 101,328	S/ 127,954	S/ 127,954	S/ 127,954	S/ 127,954	S/ 127,954	S/ 127,954
Depreciación		S/ 166,508	S/ 166,508	S/ 166,508	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
FC Operativo		-S/ 165,281	-S/ 165,281	S/ 101,328	S/ 101,328	S/ 127,954	S/ 127,954	S/ 127,954	S/ 127,954	S/ 127,954	S/ 127,954
CAPEX	-S/ 590,030	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
Capital de Trabajo	-S/ 32,518	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
FC Económico	-S/ 622,548	-S/ 165,281	-S/ 165,281	S/ 101,328	S/ 101,328	S/ 127,954	S/ 127,954	S/ 127,954	S/ 127,954	S/ 127,954	S/ 127,954
FC Económico Acumulado	-S/ 622,548	-S/ 787,829	-S/ 953,110	-S/ 851,782	-S/ 750,454	-S/ 622,501	-S/ 494,547	-S/ 366,594	-S/ 238,640	-S/ 110,687	S/ 17,267

VAN = - 312,156

TIR = 0.3%

ANEXO D: Benchmarking regional sobre electromovilidad en Latinoamérica

PAÍS	POLÍTICA ENERGÉTICA	PROPUESTAS DE TRANSPORTE PÚBLICO	MEDIDAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA	CIUDADES DE IMPLANTACIÓN	CONCLUSIONES
Brasil	La política energética de transporte para 2030 tiende a favorecer el empleo de biodiésel y etanol, considerando residual el modo eléctrico.	Propuestas de autobús eléctrico a nivel local en tres ciudades.	Autobús eléctrico con batería en las ciudades indicadas.	São Paulo, Campinas y Río de Janeiro	La política energética de transporte recogida en los Planes Decenales de Energía de Brasil considera en crecimiento el empleo de biodiésel y etanol en tecnología flex-fuel, estimando residual el modo eléctrico en los próximos 10 años. Existen incentivos al vehículo privado eléctrico o híbrido en São Paulo. En 2014, la Empresa Municipal de Transportes Urbanos (EMTU) puso en pruebas un autobús eléctrico biarticulado con baterías. Ese mismo año, Fetransport y Rio Bus pusieron en pruebas un autobús eléctrico de la empresa china Building Your Dreams (BYD). Los resultados de los buses eléctricos son buenos desde el punto de vista ambiental, pero malos desde el punto de vista financiero. Los estudios recomiendan el uso de la tecnología flex-fuel y biodiésel a corto y medio plazo. En Campinas, BYD inauguró en 2017 una planta de fabricación de autobuses eléctricos.
Chile	Existen planes específicos de electromovilidad y eficiencia energética. Existen leyes de etiquetado energético del transporte que se va a ampliar a los autobuses. Se espera la aprobación en breve de la Ley de Eficiencia Energética. Existen subsidios locales al transporte eléctrico.	Propuestas de renovación de flotas con buses eléctricos e híbridos.	Bus eléctrico con baterías en las ciudades indicadas.	Santiago.	En Chile, existen planes específicos de electromovilidad y eficiencia energética. Existen también leyes de etiquetado energético del transporte que se va a ampliar a los autobuses. Se espera la aprobación en breve de la Ley de Eficiencia Energética. Igualmente, existen subsidios locales al transporte eléctrico. En Santiago, hay autobuses eléctricos en prueba y se ha adoptado un programa de renovación de 1.700 autobuses de la flota de Transantiago para 2025 (el 25 %).
Colombia	Política de incentivación del ingreso de nuevas tecnologías al parque automotor público y privado mediante la reducción y eliminación de impuestos (IVA) y aranceles. Aplicable a un n° determinado de unidades anuales.	Introducción de la flota de autobús eléctrica. Teleféricos y metro ligero.	Bus eléctrico con baterías en las ciudades indicadas.	Bogotá y Medellín	En Colombia, existe una política nacional y local que incentiva la electromovilidad. Se incentiva mediante la reducción de aranceles a los vehículos híbridos y la eliminación a vehículos eléctricos y sus instalaciones de recarga. El IVA aplicado a vehículos eléctricos es reducido. En 2013-2015, se realizaron en Bogotá las primeras pruebas de electromovilidad con autobuses eléctricos e híbridos. En 2015, se produjo un proceso de sustitución de flota con la puesta en servicio de 430 buses híbridos en Bogotá. La electromovilidad se podrá extender a 20 buses en Medellín.
Perú	Existe una política energética para la generación de energías renovables (solar, eólica, minihidros, etc.) y el uso eficiente de la energía.	Planes piloto para el año 2018 (bus eléctrico en Lima).	Tren eléctrico en Lima.	Lima y Callao	En Perú, no existe normativa que incentive la movilidad eléctrica. Sin embargo, en el año 2017, se realizaron Acciones de Mitigación Nacionalmente Apropiadas (NAMA, por sus siglas en inglés) con las que se buscaba estimular su uso mediante ajustes a la normativa, planes piloto de buses eléctricos y el desarrollo de incentivos financieros para el transporte eléctrico. Actualmente, en Lima está operativa la línea 1 y en construcción las líneas 2 y 4 de metro eléctrico.

Adaptado de Ardanuy Ingeniería S.A. (2019).

ANEXO E: Cuestionario encuesta sobre bienestar social en el Transporte Público de Lima Metropolitana

Figura E1: Lista de preguntas y formato del cuestionario

PUCP - Electromovilidad - Eje social

Somos estudiantes de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Actualmente, nos encontramos realizando una investigación sobre Factores Sociales favorables, en el marco del triple valor, para la introducción de la electromovilidad en el transporte público en Lima Metropolitana. Para ello, le pedimos valorar los siguientes ítems en una escala del 1 al 5, siendo 1 poco valorado y 5 lo más valorado.

* Requerido

1. Email *

2. Nombre y apellido *

3. Ocupación / cargo *

4. ¿Qué tanto valora usted el acceso de la población a los servicios de movilidad (transporte público)? *

Muy poco valorado

1 2 3 4 5

Poco valorado Muy valorado

5. ¿Qué tanto valora usted el acceso de la población al transporte sostenible? *

Muy poco valorado

1 2 3 4 5

Poco valorado Muy valorado

6. ¿Qué tanto valora usted la accesibilidad al transporte sostenible para grupos con movilidad reducida? *

Muy poco valorado

1 2 3 4 5

Poco valorado Muy valorado

7. ¿Qué tanto valora usted la accesibilidad al transporte sostenible para grupos muy pobres? *

Muy poco valorado

1 2 3 4 5

Poco valorado Muy valorado

8. ¿Qué tanto valora usted la satisfacción del usuario por el servicio de transporte público brindado? *

Muy poco valorado

1 2 3 4 5

Poco valorado Muy valorado

Figura E1: Lista de preguntas y formato del cuestionario (continuación)

9. ¿Qué tanto valora las medidas adoptadas para la reducción del tráfico? *

Seleccione una opción:

1 2 3 4 5

Poco valorado Muy valorado

10. ¿Qué tanto valora usted la cobertura (zonas con transporte público) del servicio ofrecido? *

Seleccione una opción:

1 2 3 4 5

Poco valorado Muy valorado

11. ¿Qué tanto valora usted la proximidad del servicio del lugar donde vive con el lugar donde trabaja? *

Seleccione una opción:

1 2 3 4 5

12. ¿Qué tanto valora usted la conectividad del servicio con otros medios de transporte? *

Seleccione una opción:

1 2 3 4 5

13. ¿Qué tanto valora usted el tiempo de respuesta ante accidentes de tránsito? *

Seleccione una opción:

1 2 3 4 5

Poco valorado Muy valorado

14. ¿Qué tanto valora usted la cantidad de choques fatales o no fatales en los que se ve involucrado el servicio? *

Seleccione una opción:

1 2 3 4 5

Poco valorado Muy valorado

ANEXO F: Mapa de Acciones Sostenibles – SAM.

	Naturaleza	Individual	Comunidad	Economía
	Capacidad energética nacional (hidroeléctrica)	Ser parte del desarrollo de una nueva tecnología.	Acceso a moderna infraestructura en transporte	Intensión en la generación de un marco normativo para buses eléctricos.
	Costo de oportunidad al elegir dejar de usar combustibles fósiles	Experiencia de viaje con mejor calidad: comodidad, menos ruido, menos emisiones, acceso a internet	Experiencia de viaje con mejor calidad: comodidad, menos ruido, menos emisiones, acceso a internet	Inversión de fabricantes en tecnología para vehículos eléctricos.
	Se alinearía a las metas de reducción de gases contaminante por el acuerdo de París.	Contribuir al cuidado de la salud de nuestros pares.	Sistema integrado para la recolección de data en tiempo real	Proyectos piloto de buses eléctricos en funcionamiento actualmente.
	Apertura a nuevos métodos de tratamiento para el segundo uso de baterías.	Difusión por el uso de vehículos sostenibles que no consuman combustibles fósiles.	Ampliación de cobertura a nivel nacional	Generación de empleos multisectoriales
	Ciudad más sostenible		Programas de atracción de talento con municipios, institutos, universidades	Nuevo mercado para fabricación y exploración de las baterías.
	Fuente de energía renovable y aprovechamiento de capacidad energética	Optimización de experiencia en transporte: pago online, seguimiento de ruta, geolocalización	Concientización ambiental a través de campañas de promoción y publicidad	Alianzas entre diferentes empresas de diversos sectores.
	Permitirá alcanzar los objetivos nacionales de reducción de niveles de CO2 para lograr carbono neutro.			Nuevas alianzas público-privada para inversión.
	Tratamiento de la gestión de residuos de las baterías.	Tendencia al alto costo a la movilidad eléctrica	Cobertura inicial limitada	Se necesita experiencia tecnológica para recopilar información, analizarla y tomar decisiones de inversión.
	Conciencia ambiental en el sector de transporte público		Baja aceptación o rechazo (sesgo político, sindicatos, prensa)	En un mercado nuevo se desconoce el valor residual para el uso de las baterías.
	La generación de energía proviene de combustibles fósiles.		Falta de estrategias de promoción y publicidad articuladas e inclusivas (tomando en cuenta la diversidad social de Lima Metropolitana)	Falta de estandarización en protocolos de conexión para sistemas de recarga y conectores.
			Conflicto de intereses por parte de empresas de diferentes sectores.	Incentivos y beneficios para la importación de vehículos eléctricos.
	Preferencia por vehículos de combustible fósil por costumbre	Que las personas no perciban la importancia de los beneficios que tiene un vehículo eléctrico	Burocracia a nivel de gobiernos locales que limiten o perjudiquen la implementación de buses eléctricos (permisos para inicios de obra)	Inestabilidad política para proyectos de inversión privada.
	Dependencia de recursos hídricos para la generación de energía (hidroeléctricas)	Generación de incertidumbre respecto a la manipulación de vehículos eléctricos	Corrupción y lobbies (competencia desleal para impedir introducción de la electromovilidad)	La crisis sanitaria ocasiona que los esfuerzos estén enfocados hacia el sector salud y se deje de lado otros sectores.
			Inestabilidad social (huelgas, paros)	Mala reputación crediticia para la obtención de financiamiento en el sector transporte.

Adaptado a la propuesta de la Universidad de Oregón (2013).