

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LA FLOTA ACTUAL DE LAS UNIDADES A DIÉSEL DE LA "ECOVÍA" RUTA ESTACIÓN RIO COCA- PLAYÓN LA MARÍN VERSUS UNA FLOTA DE TRANSPORTE DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS, PARA USO EN TRANSPORTE PÚBLICO"

TESIS DE GRADO PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

AUTOR

ROBERT SANTIAGO MOYANO VILLARREAL

Quito- Ecuador

2019



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL

La presente tesis de grado ha sido realizada por el Sr. Robert Santiago Moyano Villarreal, bajo la Dirección del Ingeniero Paúl Enríquez y revisada por el Ing. Ramiro Erazo y el Ing. Santiago Muñoz quienes dejan en constancia de lo antes indicado.

Ing. Paúl Enríquez
DIRECTOR

Ing. Santiago Muñoz
REVISOR

Ing. Ramiro Erazo
REVISOR



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL

TÍTULO:

"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LA FLOTA ACTUAL DE LAS UNIDADES A DIÉSEL DE LA "ECOVÍA" RUTA ESTACIÓN RIO COCA- PLAYÓN LA MARÍN VERSUS UNA FLOTA DE TRANSPORTE DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS, PARA USO EN TRANSPORTE PÚBLICO"

AUTOR:

El presente documento da constancia que el presente trabajo es de mi autoría y no de otra persona; se debe considerar que cierta información publicada se la ha reconocido con su bibliografía pertinente.

Quito, Marzo 2019.

Robert Santiago Moyano Villarreal
C.I 1719597294



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, Robert Santiago Moyano Villarreal, C.I. 1719597294, autor del trabajo de graduación titulado: "Análisis Comparativo Entre La Flota Actual De Las Unidades A Diésel De La "Ecovía" Ruta Estación Rio Coca- Playón La Marín Versus Una Flota De Transporte De Vehículos Eléctricos, Para Uso En Transporte Público", previa a la obtención del título de INGENIERO CIVIL, en la Facultad de Ingeniería:

1. Declaro tener conocimiento de la obligación que tiene la Pontifica Universidad Católica del Ecuador, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2. Autorizo a la Pontifica Universidad Católica del Ecuador a difundir a través de sitio web de la Biblioteca de la PUCE el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de Universidad.

Quito, 2019.

Robert Santiago Moyano Villarreal
C.I 1719597294

DEDICATORIA

Definitivamente a Dios, por permitirme la oportunidad de culminar esta etapa de mi vida, habiéndome proporcionado a través de todo este tiempo la salud y la sabiduría necesaria para ir cumpliendo objetivo tras objetivo.

A mis padres Robert y Nancy por ser los pilares fundamentales en mi vida, los cuales entregándome su cariño y amor incondicional, sumado a la entereza y coraje de ambos, pudieron forjarme un camino lleno de oportunidades.

A mi hermano Andrés y a toda mi familia por con sus consejos, los cuales supieron sembrar en mí toda aquella actitud de superación.

Al Ingeniero Alejandro Morocho, por su apoyo y cariño incondicional en todo momento, lo cual contribuyó a fortalecer mi mentalidad y superar cada dificultad a través de su ejemplo.

A la Ingeniera Andrea Ruales, por haberme entregado su cariño, sabiduría y amor en los años más satisfactorios de mi vida, logrando que comprenda que la esperanza y los sueños nunca se deben abandonar.

AGRADECIMIENTO

Agradecimiento a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, especialmente a la Facultad de Ingeniería y sus maestros, por haberme impartido sus conocimientos y experiencias para conseguir culminar esta etapa de mi vida.

A mi director de tesis, Ing. Paúl Enríquez porque en calidad de maestro pudo impartir sus conocimientos y experiencias necesarias para poder desenvolverme en el ámbito profesional satisfactoriamente.

A mis compañeros y amigos de la facultad por su amistad y consejos oportunos a lo largo de todo este tiempo.

ÍNDICE

1. CAPITULO I 1

1.1. INTRODUCCIÓN 1

1.2. ANTECEDENTES 4

1.3. JUSTIFICACIÓN. 12

1.4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. 13

1.5. OBJETIVOS 14

1.5.1. GENERAL 14

1.5.2. ESPECÍFICOS 14

2. CAPITULO II 15

2.1. VEHÍCULOS CON MOTOR DIÉSEL 15

2.1.1. FUNCIONAMIENTO DE UN MOTOR A DIÉSEL 15

2.1.1.1. CÁMARAS DE INYECCIÓN INDIRECTA 16

2.1.1.2. CÁMARAS DE INYECCIÓN DIRECTA 17

2.1.1.3. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN EN LOS MOTORES DIÉSEL 17

2.1.1.4. FILTRADO DEL COMBUSTIBLE 18

2.1.1.5. SISTEMA DE INYECCIÓN 19

2.1.2. LA OPACIDAD Y SUS LÍMITES EN EL D.M.Q. 20

2.1.3. VEHÍCULO CON MOTOR DIÉSEL Y SUS VENTAJAS 23

2.1.4. VEHÍCULOS CON MOTOR DIÉSEL Y SUS DESVENTAJAS 23

2.2. VEHÍCULOS ELÉCTRICOS 24

2.2.1. BUS ARTICULADO ELÉCTRICO BYD K11A 25

2.2.2. MOTORES ELÉCTRICOS 27

2.2.2.1. MOTOR SIN ESCOBILLAS DE MAGNETO O IMANES PERMANENTES CON CORRIENTE DIRECTA (DC) 29

2.2.2.2. MOTOR ASÍNCRONO O DE INDUCCIÓN CON CORRIENTE ALTERNA (AC)…… 29

2.2.2.3. MOTOR SIN ESCOBILLAS SÍNCRONO DE MAGNETO O IMANES PERMANENTES (AC) 30

2.2.3. BATERÍAS PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS 31

2.2.4. CONDENSADORES 32

2.2.5. ECUADOR Y SU MATRIZ ENERGÉTICA (ME). 33

2.2.6. MATRIZ ENERGÉTICA VERSUS TRANSPORTE PÚBLICO ELÉCTRICO 40

2.3. COMPARATIVA 43

3. CAPÍTULO III 45

3.1. EMISIONES 45
3.1.1. Dióxido de Carbono (CO_2) 45
3.1.2. Óxidos de Nitrógeno (NOx) 46
3.1.3. Dióxido de Azufre (SO_2) 47
3.1.4. Monóxido de Carbono (CO) 48
3.1.5. Material Particulado (MP) 48
3.1.6. Hidrocarburos Totales (HCT) 49
3.1.7. Compuestos Orgánicos Volátiles (VOCs) 50
3.2. FLOTA ECOVIA Y SUS EMISIONES 50
4. CAPÍTULO IV 51
4.1. COSTOS 51
4.2. COSTOS FIJOS 51
4.2.1. INFRAESTRUCTURA 51
4.2.2. ADMINISTRATIVOS 52
4.2.3. SERVICIOS BÀSICOS 52
4.2.4. SEGUROS 53
4.2.5. IMPUESTOS 53
4.3. COSTOS VARIABLES 56
4.3.1. COSTOS DE PROPIEDAD 56
4.3.1.1. Costo de Capital 56
4.3.1.2. Costos Financieros 56
4.3.1.3. Costo de depreciación 57
4.3.2. COSTOS DE OPERACIÒN 57
4.3.2.1. Combustibles 57
4.3.2.2. Lubricantes 57
4.3.2.3. Neumáticos 58
4.3.2.4. Mantenimiento 58
4.3.2.4.1. Preventivo 58
4.3.2.4.2. Correctivo 59
4.3.3. COSTOS DE PERSONAL 59
4.3.3.1. Conductores 59
4.3.3.2. Auxiliares 59
5. CAPÍTULO V 60
5.1. ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS 60
5.2. COSTOS POR KILÓMETRO ECOVÍA 62

5.2.1. Tabulación de Datos para Costos Fijos y Variables 62
5.2.2. Costos Fijos 63
5.2.2.1. Infraestructura 63
5.2.2.2. Administrativos 64
5.2.2.3. Servicios Básicos 67
5.2.2.4. Seguros 68
5.2.2.5. Impuestos 69
5.2.3. Costos Variables 70
5.2.3.1. Costos de Propiedad 70
5.2.3.1.1. Costo de Capital 70
5.2.3.1.2. Costo de Depreciación 73
5.2.3.2. Costos de Operación 75
5.2.3.2.1. Combustible 75
5.2.3.2.2. Neumáticos 77
5.2.3.2.3. Mantenimiento 78
5.2.3.2.3.1. Preventivo 78
5.2.3.2.3.2. Correctivo 79
5.2.3.3. Costos de Personal 80
5.3. COSTOS POR KILÓMETRO BYD K11A 81
5.3.1. COSTOS FIJOS 81
5.3.2. COSTOS VARIABLES 82
5.3.2.1. COSTOS DE PROPIEDAD 82
5.3.2.1.1. Costo de Capital 82
5.3.2.1.2. Costo de Depreciación 84
5.3.2.2. COSTOS DE OPERACIÓN 86
5.3.2.2.1. Combustible (Energía) 86
5.3.2.2.2. Mantenimiento 89
5.4. ELECCIÓN DE METODOLOGÍA PARA COMPARACIÓN DE AMBAS FLOTAS. 91
5.5. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS 92
6. CAPÍTULO VI 93
6.1. CONCLUSIONES 93
6.2. RECOMENDACIONES 96
7. BIBLIOGRAFÍA 97
ANEXOS 100

RESUMEN

Con el fin de que el presente trabajo de titulación contribuya a establecer los lineamientos necesarios para establecer ventajas, desventajas y criterios claros de lo muy beneficioso que sería contar ya con un sistema de transporte público metropolitano totalmente eléctrico, se plantea un "**ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LA FLOTA ACTUAL DE LAS UNIDADES A DIÉSEL DE LA "ECOVÍA" RUTA ESTACIÓN RIO COCA- PLAYÓN LA MARÍN VERSUS UNA FLOTA DE TRANSPORTE DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS, PARA USO EN TRANSPORTE PÚBLICO**", el cual se desarrollará a través de ciertos parámetros, primeramente informativos a nivel de antecedentes de la movilidad en el distrito metropolitano de Quito, luego estableciendo la problemática actual debido a las emisiones de gases de efecto invernadero que producen las unidades de la "Ecovía", se describirá la funcionalidad de los motores que poseen éstas, así como también la de motores eléctricos. Para el análisis se ha tomado la ruta indicada anteriormente, la misma que parte desde la Estación Río Coca y llega hasta el Playón de la Marín, en la ciudad de Quito, en base a este recorrido se procede a determinar los costos por kilómetro recorrido, tomando en cuenta para cada caso, inversiones iniciales, costos fijos y costos variables. Finalmente, en una tabla se presentan los resultados obtenidos y se procede a sacar las conclusiones pertinentes.

ABSTRACT

The present work “COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN THE CURRENT FLEET OF THE UNITS TO DIESEL OF THE "ECOVÍA" ROUTE STATION RIO COCA PLAYÓN LA MARÍN VERSUS A FLEET OF TRANSPORT OF ELECTRIC VEHICLES, FOR USE IN PUBLIC TRANSPORT " establishes necessary guidelines to compare advantages, disadvantages and more importantly a clear criterion on the benefits of using an electric system for metropolitan public transport. The first parameter considered in this work is the background information on the mobility in the metropolitan district of Quito. The second parameter describes the functionality of the current “Ecovía” engines as well as the functionality of the electric engines. This parameter considers the current problem of greenhouse gas emissions produced by the units of the "Ecovia". Lastly considering the previously mentioned route, this work determines the costs per kilometer traveled for both fleets by taking into account initial investments, fixed operational costs, and variable operational costs. Finally, this work presents a table of results and conclusions.

1. CAPÍTULO I

1.1. INTRODUCCIÓN

Según el Plan Maestro de Movilidad (PMM) para el Distrito Metropolitano de Quito 2009 – 2025, menciona que, la ciudad de Quito es la capital de la República del Ecuador y forma parte de la Provincia del Pichincha a 2850 msnm, se asienta sobre una superficie de 423.000 hectáreas, de las cuales, 18.860 están en la macro - centralidad.

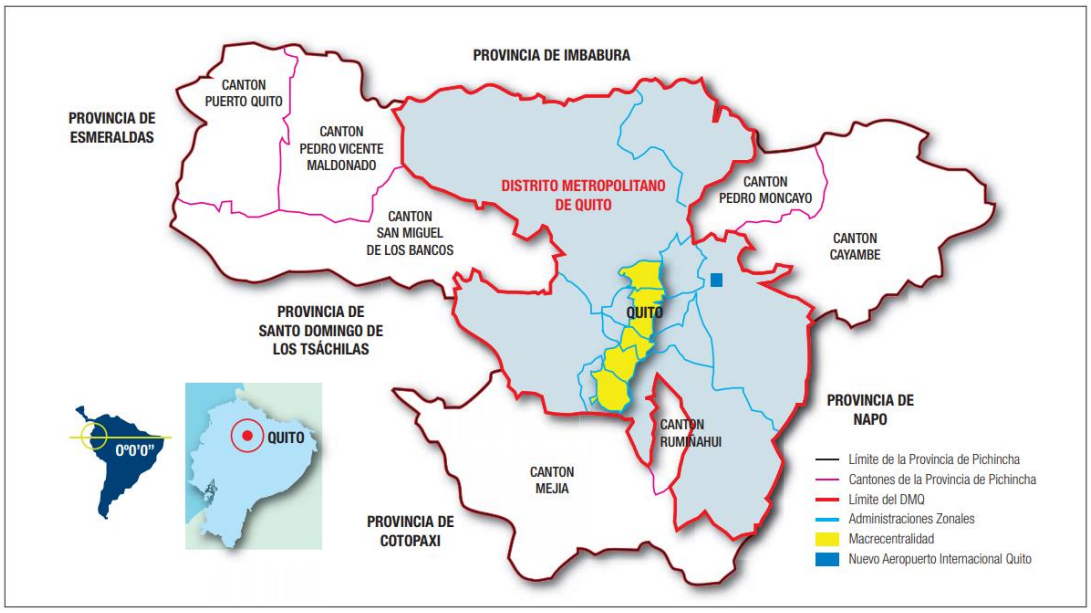


Gráfico No.1: Localización del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) en la Provincia y en el País.

Fuente: Plan Maestro de Movilidad 2009 – 2025 pág. 14

En la macro - centralidad se acoge la mayor parte de la población del DMQ, así como también diferentes centros y servicios: públicos, comerciales, educativos, financieros. Además, se ubica una zona denominada hipercentro (Gráfico No.2), donde los índices de concentración de población, centros y servicios son aún más elevados, dando lugar a la aparición de ciertas problemáticas como la contaminación y problemas de congestión vehicular, que terminan afectando la movilidad de la ciudadanía.

Un aspecto que se menciona en el PMM es que el 77% de la población económicamente activa (PEA) se concentra en la macro - centralidad en conjunto con el hipercentro. Durante las diferentes administraciones de la ciudad de Quito, en años anteriores se han tomado decisiones que se han concretado en la ejecución de corredores, terminales y servicios de interconexión del servicio de trasporte público, así como también, ampliación y mejoramiento de las vías de mayor circulación vehicular, cabe destacar que, lamentablemente la movilidad en el DMQ presenta aun limitaciones pese al esfuerzo de las administraciones en disminuir considerablemente las condiciones deficitarias que presenta el servicio de transporte público, tanto en el ámbito socio – económico como en el ambiental.

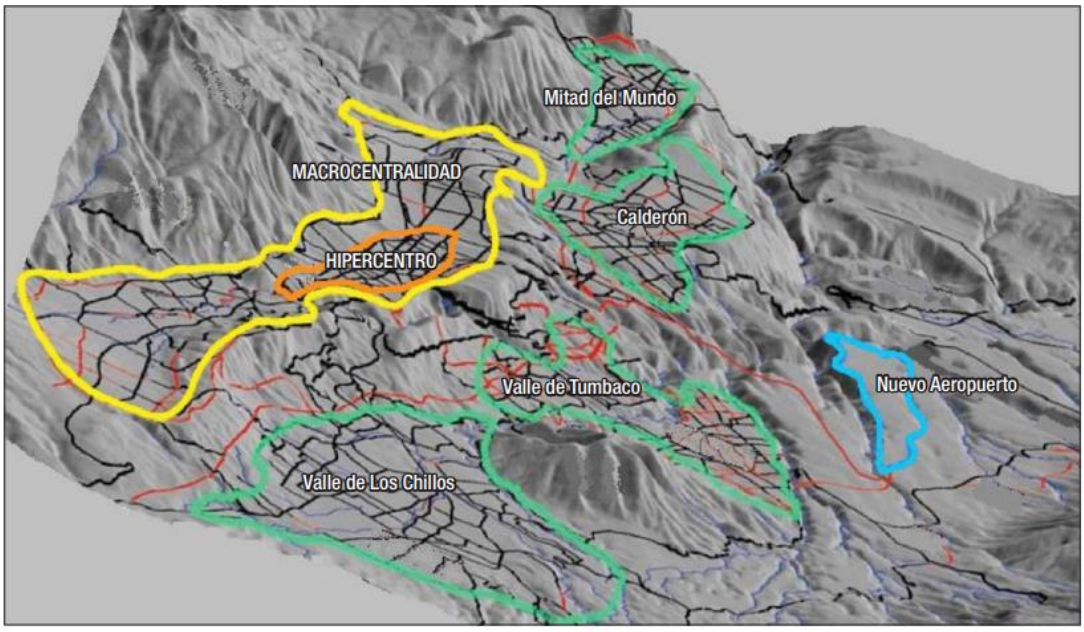


Gráfico No.2: Macro-centralidad e Hipercentro del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ).

Fuente: (Distrito Metropolitano de Quito, 2009)

Los sistemas de corredores exclusivos de transporte público, con vías y terminales propios, que se han implementado en la ciudad de Quito, tienen como objetivo principal mejorar la movilidad de la población del macrocentro, sin embargo,

ésta todavía adolece de limitaciones, y se encuentra que existe un crecimiento excesivo del parque automotor, lo que da como consecuencia que existe un considerable aumento de los tiempos de traslado de un lugar a otro, sobre todo en las denominadas “horas pico”. Por esta razón, por parte del municipio capitalino, se ha previsto la construcción y puesta en operación del Metro de Quito, obra que se halla en plena ejecución y que entrará a funcionar en este año.

Un aspecto importante para evidenciar la demanda del transporte público es el número total de viajes que se realizan diariamente en el DMQ, dónde se realizan aproximadamente 2.9 millones de viajes mediante el transporte público (TP) mientras que alrededor de 1.6 millones de viajes se realizan en vehículos privados (transporte privado TPr). Se prevé que en año 2025, según el estudio realizado en el PMM, el crecimiento del parque automotor privado y las condiciones negativas que presenta el servicio de trasporte público, incluyendo al metropolitano (Ecovía, MetroBús, Trolebús) podrían tener como consecuencia que muchos más ciudadanos opten por trasladarse utilizando medios de transporte privado, de tal forma que, el número de viajes en TP se incrementaría solamente 1.5 veces, mientras que los viajes realizados en TPr se dispararían en 4 veces más. En valores absolutos, en el año 2025, según el estudio mencionado, el transporte público tendría una demanda de 4,45 millones de viajes diarios, mientras que el transporte privado alcanzaría 6,4 millones de viajes por día. En términos porcentuales, dentro del DMQ, el 41% de los viajes serían asumidos por el transporte público, mientras que el 59% de los viajes se harían en transporte privado.

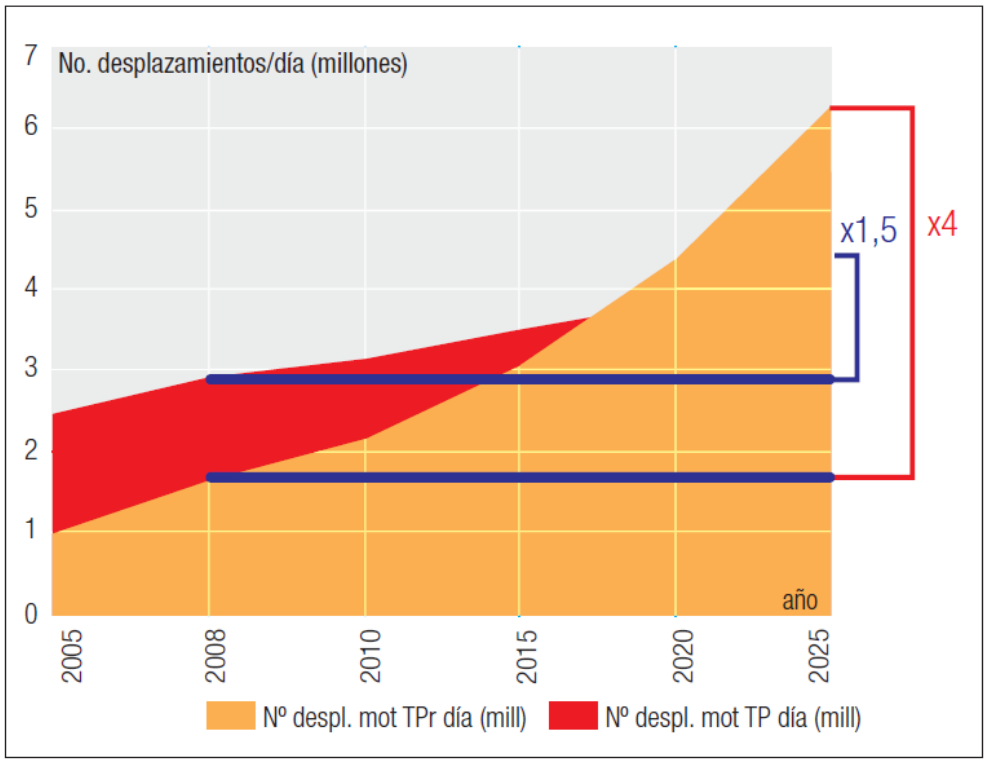


Gráfico No.3: Incremento de viajes en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ).

Fuente: Plan Maestro de Movilidad 2009 – 2025 pág. 22

En el hipercentro que incluye al Centro Histórico, parten y llegan los viajes tanto del transporte público (TP) como los del trasporte privado (TPr), los cuales 50% son realizados en TP. Desde fuera del hipercentro hacia éste proviene el 64%, mientras que el 36% dentro de los límites de su jurisdicción. (Plan Maestro de Movilidad 2009 – 2025)

1.2.ANTECEDENTES

En el año 2010 mediante la Ordenanza Municipal No. 0314 se crea la Empresa Pública Metropolitana de Transporte de pasajeros de Quito (EPMTPQ), la cual a partir de ese año administra el sistema Integrado Metrobús-Q, que comprende Ecovía y

Trolebús; aunque, es a partir del año 1990 con el señor Rodrigo Paz como alcalde, que se determinó al Trolebús como la opción económicamente más adecuada y con todos los requerimientos técnicos apropiados para ser implementados en la capital para mejorar la movilidad de los quiteños, es así que se pone en marcha del proyecto Trole; pero no fue si no hasta octubre de 1995 donde arribó el primer Trolebús, el cual comenzó oficialmente sus funciones el 17 de diciembre del mismo año, bajo la administración de la alcaldía del Dr. Jamil Mahuad, con la primera fase del servicio, que comprendía la ruta entre el Centro Comercial "El Recreo" y la calle Esmeradas, con 14 unidades dispuestas a transportar alrededor de 50 mil pasajeros por día, las cuales son unidades híbridas, es decir, pueden funcionar a base de energía eléctrica o mediante combustible fósil como diésel; posteriormente se continuó con las siguientes fases, que comprenderían primeramente hacia la calle Colón y luego con la terminal Norte la "Y". A finales de 2010 la flota ya contaba con 113 unidades, las cuales el 74% (84 Trolebuses) funcionan con energía eléctrica; mientras que el resto, 4 Troles y 25 articulados utilizan solo combustible diésel; esta flota serviría para ampliar las rutas, tanto hacia el norte como hacia el sur de la capital. (Empresa de pasajeros de Quito, 2018)

En el año 2003 los buses articulados Volvo modelo B10M con carrocería Marcopolo, fueron los encargados de complementar el servicio de transporte público desarrollado para Quito denominándolos "Ecovías", los cuales tomaron a cargo la ruta desde el Playón La Marín hasta la estación Rio Coca; posteriormente esta ruta se amplió en el 2011 hacia el sector Sur Oriental de la Capital y en el 2016 se conectó con la terminal de pasajeros Quitumbe. (Empresa de pasajeros de Quito, 2018)

Con carriles exclusivos la Ecovía recorre la zona nor-oriental de la capital, a través de las calles Gran Colombia, Pichincha y de la avenida 6 de Diciembre; mediante el sistema de buses alimentadores, su servicio longitudinal se prolonga a sectores periféricos de la ciudad. Debido a que el sistema de transporte público metropolitano está integrado. El costo del servicio es de 0,25 USD incluyendo a la mayoría de conexiones de los alimentadores y corredores. (Empresa de pasajeros de Quito, 2018)

Para brindar una mejor calidad en el servicio en el transporte de pasajeros, el municipio de Quito implementó siete circuitos, tres expresos y un circuito nocturno de la Ecovía, que se detallan a continuación:

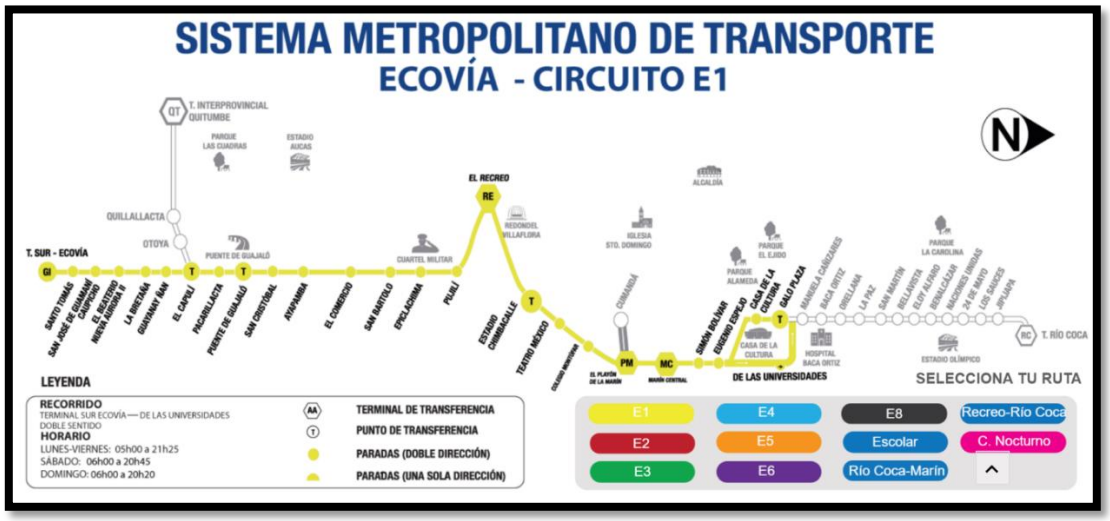


Imagen No. 1: Circuito E1 Ecovía

Fuente: (Empresa de pasajeros de Quito, 2018)

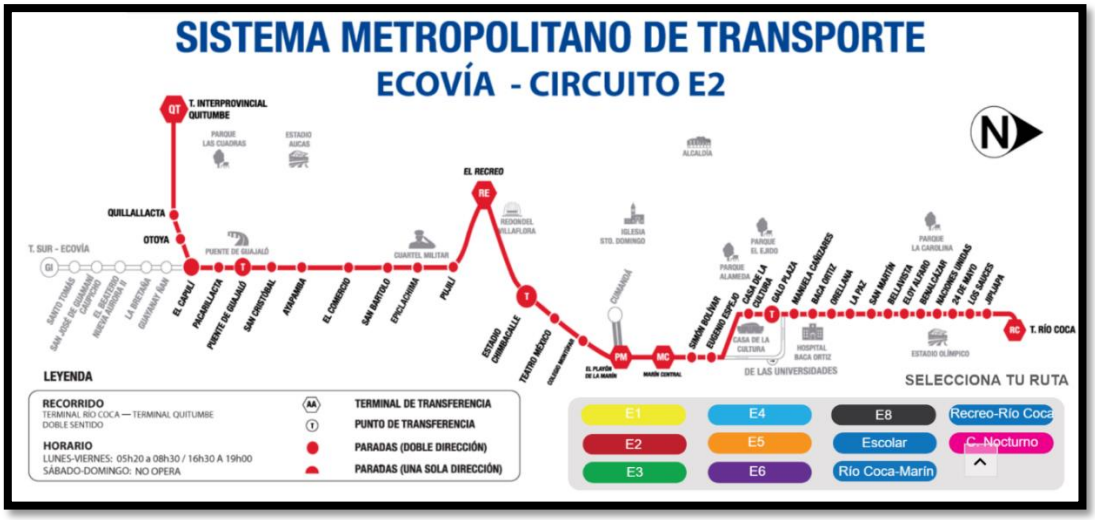


Imagen No. 2: Circuito E2 Ecovía

Fuente: (Empresa de pasajeros de Quito, 2018)

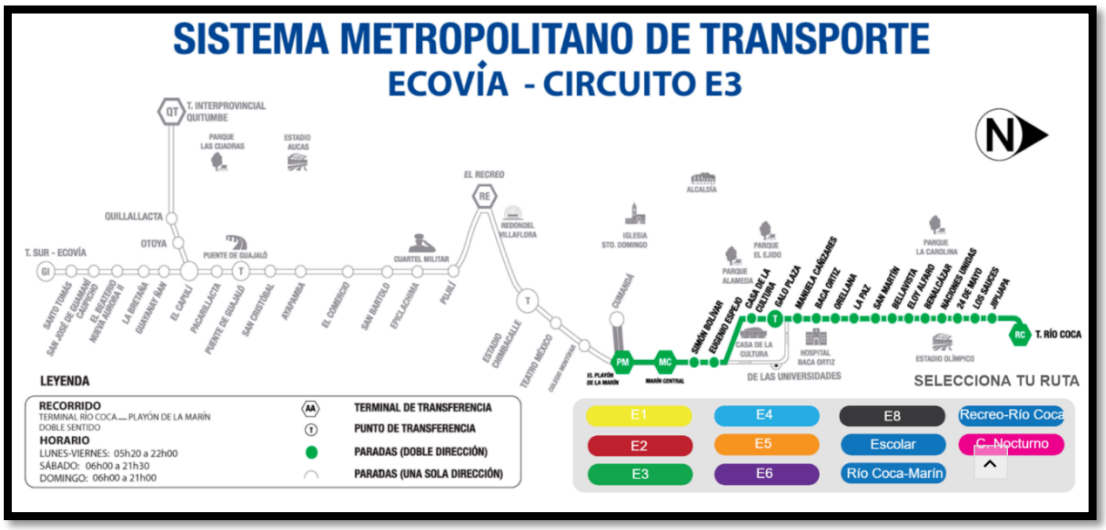


Imagen No. 3: Circuito E3 Ecovía

Fuente: (Empresa de pasajeros de Quito, 2018)

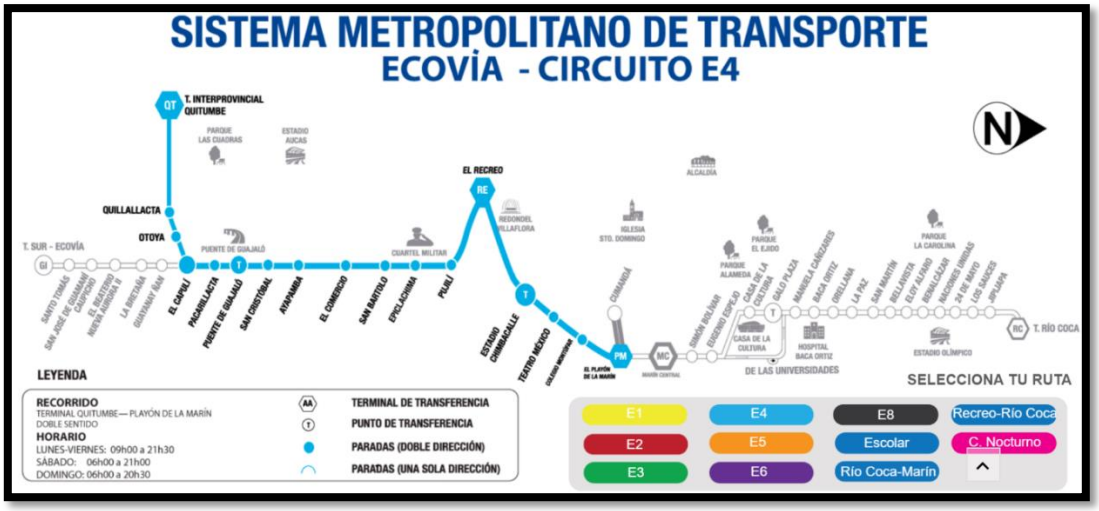


Imagen No. 4: Circuito E4 Ecovía

Fuente: (Empresa de pasajeros de Quito, 2018)

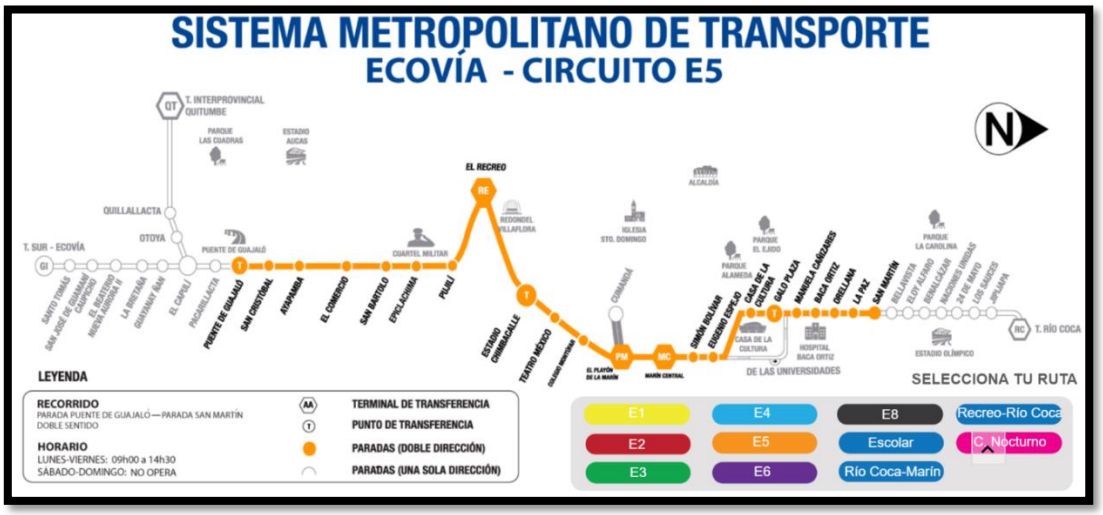


Imagen No. 5: Circuito E5 Ecovía

Fuente: (Empresa de pasajeros de Quito, 2018)

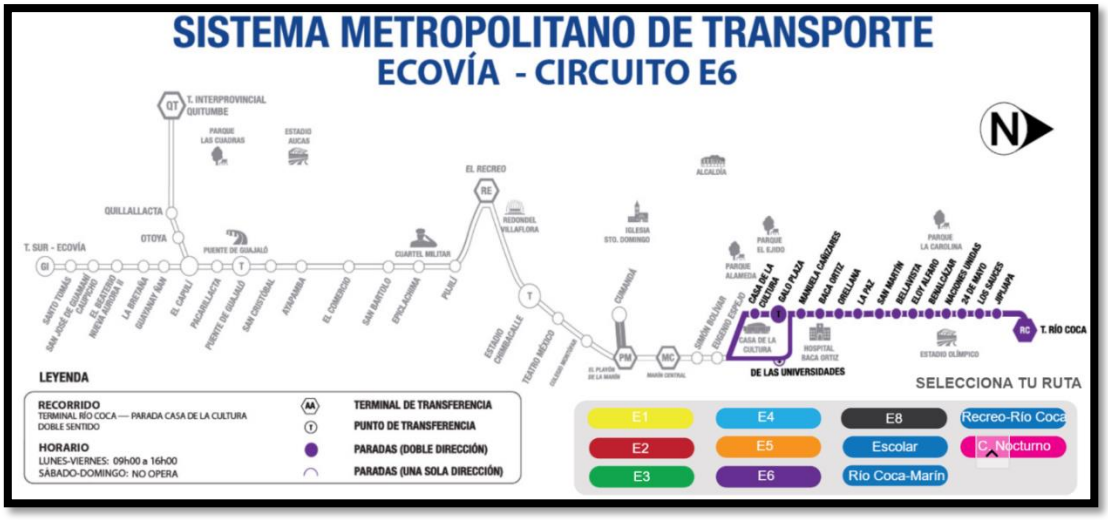


Imagen No. 6: Circuito E6 Ecovía

Fuente: (Empresa de pasajeros de Quito, 2018)

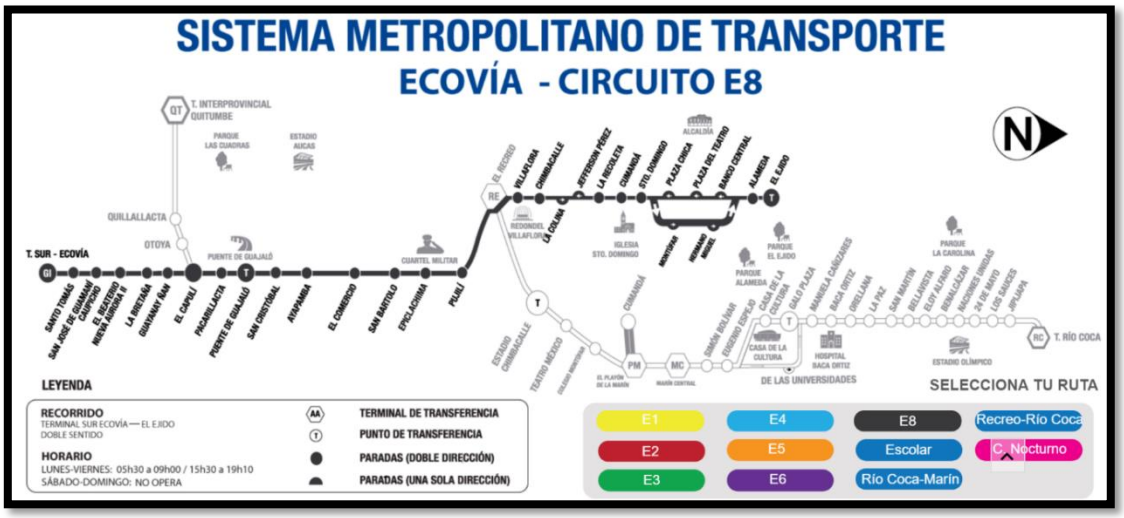


Imagen No. 7: Circuito E8 Ecovía

Fuente: (Empresa de pasajeros de Quito, 2018)



Imagen No. 8: Circuito Expreso Ecovía (Quitumbe – Universidades)

Fuente: (Empresa de pasajeros de Quito, 2018)



Imagen No. 9: Circuito Expreso Ecovía (Quitumbe – Universidades)

Fuente: (Empresa de pasajeros de Quito, 2018)

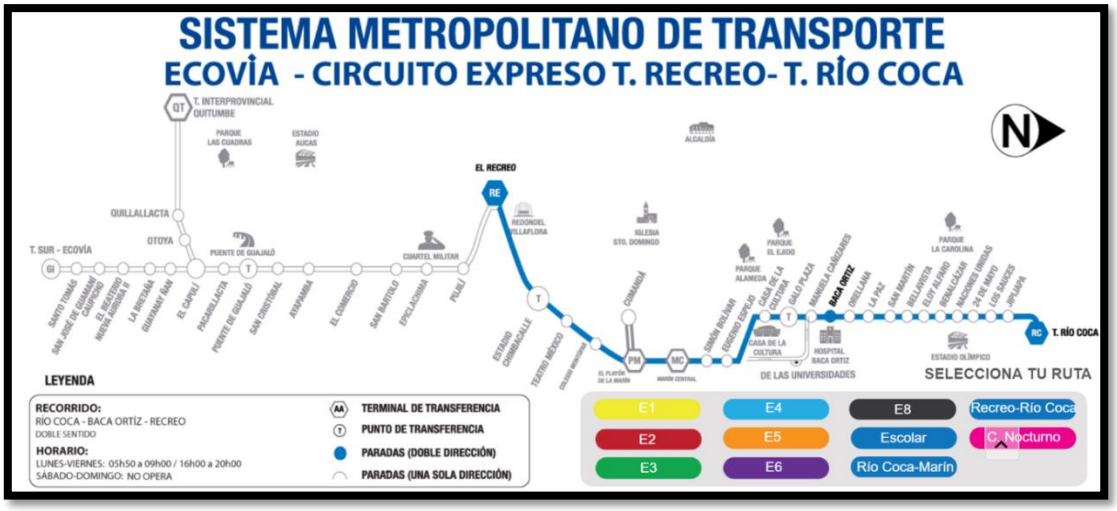


Imagen No. 10: Circuito Expreso Ecovía (T. Recreo – T. Río Coca)

Fuente: (Empresa de pasajeros de Quito, 2018)

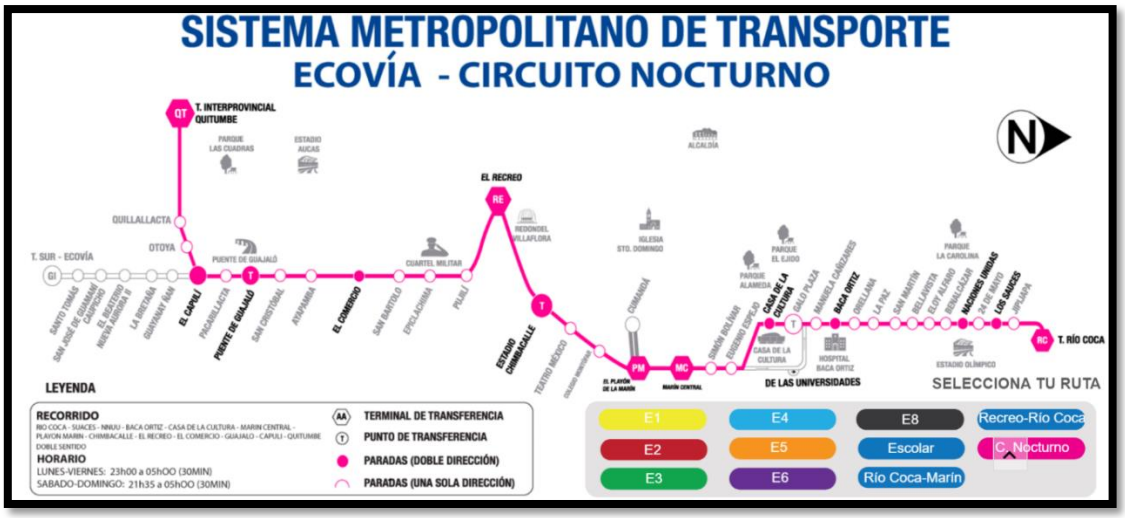


Imagen No. 11: Circuito Nocturno Ecovía (T. Río Coca - Quitumbe)

Fuente: (Empresa de pasajeros de Quito, 2018)

1.3. JUSTIFICACIÓN.

La finalidad de la presente investigación es la de realizar un análisis comparativo entre la flota de transporte masivo de pasajeros "Ecovía" y otro de similares características, pero con la principal diferencia de que éste, su fuente de operación se basa en energía eléctrica, dejando a un lado el uso de combustibles fósiles; para el análisis, se tomará en consideración diversos aspectos, entre los que se destacan los costos fijos y variables para ambas flotas, dichos aspectos se evaluarán entre la ruta: Playón La Marín y la Estación Rio Coca, con el fin de mejorar el impacto ambiental negativo que poseemos en el aire; al mejorar el servicio de transporte público "Ecovía", abriremos la posibilidad de disminuir con el tiempo, el uso del vehículo particular, así como también la puesta en circulación de más buses eléctricos a servicio de la ciudadanía.

Dentro de la contaminación atmosférica tenemos la acústica, producida generalmente por la aglomeración de medios de transporte con motores de combustión interna en un espacio reducido, éstos afectan significativamente en el bienestar de los ciudadanos, así como también en su salud, específicamente en el aparato respiratorio, el cual es afectado por la alta generación y concentración de emisiones de dióxido de carbono (CO_2), óxido de nitrógeno (N_2O), partículas en suspensión, material particulado fino, entre otros, generados por este tipo de transporte. Todo esto desencadena posteriormente en enfermedades respiratorias por dichas emisiones, las mismas que son más intensas en las horas denominadas "pico" debido a que el motor realiza un mayor esfuerzo por parar y arrancar al vehículo varias veces en pequeños intervalos de tiempo.

1.4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Según Verónica Arias, secretaria de Ambiente del Municipio de Quito, menciona que el Ministerio de Hidrocarburos al registrar que el diésel que utilizan los vehículos y buses en la ciudad arrojó una cifra de 350 partículas por millón de azufre (ppm), valor excesivamente alto con respecto a lo ideal que sería de 10 ppm, se comprometió a mejorar la calidad de éste. (Romero & Orozco, 2018)

Los aproximadamente 2 800 metros de altura sobre el nivel del mar en que se encuentra la capital del Ecuador, contribuye a que la mala calidad del combustible diésel se evidencie en la disminución de la eficiencia en motores a combustión interna a un 75%, es decir se pierde algunos caballos de potencia y baje el rendimiento del combustible. (Tamayo Avalos, 2014)

Es por esta razón que implementar un modelo basado en la utilización de una flota de transporte masivo de pasajeros eléctrico, añadido a la próxima culminación del Metro de Quito, colaborará para mejorar la calidad del aire en la capital; con todo lo anterior, sumado a la consideración también de otros aspectos como por ejemplo la relocalización de industrias, la contaminación visual, reforestación etc., contribuiremos a mejorar la calidad del aire y proporcionar a la ciudadanía una mejor calidad de vida.

El costo social que se produce por consecuencia de la contaminación atmosférica se lo puede corroborar y evidenciar a través del deterioro y daños presentados en las estructuras arquitectónicas del Centro Histórico de Quito (CHQ). En donde, tanto en fachadas de casas y edificaciones monumentales se acumula el hollín en sus superficies, destruyendo paulatinamente el Patrimonio Cultural de Quito.

1.5.OBJETIVOS.

1.5.1. GENERAL

Realizar un análisis comparativo entre la flota actual de las unidades a diésel de la "Ecovía" versus una flota de transporte de vehículos eléctricos, para uso en transporte público y una posible implantación en la ruta estación Río Coca- Playón la Marín, tomando en consideración sus costos fijos y variables.

1.5.2. ESPECÍFICOS

1.5.3. Establecer ventajas y desventajas que poseen los motores de la flota actual de la Ecovía (motores a diésel), así como también de los motores eléctricos con los que vienen equipados los buses articulados eléctricos.

1.5.4. Calcular los costos de operación fijos de la flota actual Ecovía, Ruta: Playón La Marín – Estación Río Coca y compararlos con los calculados de la flota de buses articulados eléctricos.

1.5.5. Identificar qué flota de buses, posee un costo mayor por kilómetro recorrido, tomando en consideración su inversión inicial.

1.5.6. Calcular el costo por kilómetro recorrido en referencia a sus costos variables, para posteriormente realizar un análisis comparativo entre los buses articulados de transporte masivo de pasajeros (Ecovía) y los buses articulados eléctricos.

1.5.7. Realizar un cuadro comparativo de costos operativos fijos y costos operativos variables para ambas flotas de buses.

2. CAPITULO II

2.1. VEHÍCULOS CON MOTOR DIÉSEL

Son aquellos vehículos que poseen una máquina térmica (motor diésel), la cual mediante procesos mecánicos y químicos produce combustión interna por la inyección de una determinada cantidad de combustible pulverizado dentro de cilindros, los cuales, debido a la compresión de aire allí presente, generen presiones y temperaturas elevadas. La ignición del combustible particulado inyectado se produce a una temperatura relativamente alta. (Tamayo Avalos, 2014)

Denominados también motores de ignición por compresión se diferencian principalmente con los de gasolina por la supresión y uso de chispa eléctrica para generar combustión, los componentes que conforman el motor a diésel son fabricados con materiales que poseen un mayor refuerzo para poder soportar las elevadas compresiones que produce el aire. El sistema de refrigeración es más complejo y evaluado por expertos debido que es clave para mejorar el rendimiento si se los compara con los motores a gasolina. (Tamayo Avalos, 2014)

2.1.1. FUNCIONAMIENTO DE UN MOTOR A DIÉSEL

El combustible se inyecta en una pre cámara de combustión (inyección indirecta) y debido a que en dicha cámara existe aire y éste está a una temperatura muy superior a la temperatura de auto combustión se produce incineración (ignición), todo esto sin la necesidad de generar chispa. Dicha temperatura necesaria para generar ignición se origina por la elevación de presión en la cámara de comprensión, posteriormente en la

parte superior de ésta se inyecta el combustible a una presión elevada, de tal manera que este se atomiza y se produce una homogenización. (Tamayo Avalos, 2014)

Todo este proceso genera la incineración (quema) rápida de la mezcla, dicha quema produce que en la cámara el gas se irradie, generando la impulsión del pistón hacia abajo. El cigüeñal gira por la recepción del movimiento de la biela; el movimiento lineal del pistón se ha convertido en un movimiento de rotación. Por la utilización de un combustible más pesado que el usado en un motor a gasolina, el fabricante recomienda calentar previamente el motor para que el combustible – aceite alcancen la temperatura adecuada y posteriormente se produzca una auto inflamación con mayor facilidad. (Tamayo Avalos, 2014)

Existen dos tipos de cámaras en los motores a diésel: de inyección indirecta e inyección directa.

2.1.1.1. CÁMARAS DE INYECCIÓN INDIRECTA

Dos cámaras son en dónde se produce la combustión, una de ellas se forma entre el espacio de la culata y el pistón que normalmente es esférica y se la denomina de turbulencia, representando los dos tercios del total de volumen de la cámara de combustión. No se necesita una elevada presión de inyección, debido a que la cámara de turbulencia ayuda a facilitar la pulverización del combustible en ésta siguiente cámara. (Tamayo Avalos, 2014)

Finalmente se logra el paso de la combustión de una cámara a otra, haciendo que las fuerzas aplicadas en los pistones, sea de manera progresiva, consiguiendo que el

funcionamiento del motor sea eficiente, con menos desgaste de las piezas que conforman este.

2.1.1.2. CÁMARAS DE INYECCIÓN DIRECTA

El proceso de inyección de combustible se lo hace de manera directa en el cilindro, aquí la cabeza del pistón presenta alojamientos especiales que son variables, estos ayudarán a la vaporización del combustible ya que funcionarán a manera de cámara de turbulencia, siendo la forma toroidal la más común. Sea cual sea la forma de la cavidad, necesitará estar unida al inyector que se encuentra en posición vertical o levemente inclinada encima de la culata, formando un ángulo preciso. (Tamayo Avalos, 2014)

El inyector cuenta con algunos orificios en donde se vierte el combustible, el cual se encuentra unido a la cámara de combustión. Debido a que la turbulencia aquí es baja, la compresión debe tener relaciones muy altas, alrededor de 15:1 hasta 20:1, al igual que la inyección, para poder conseguir grandes temperaturas y poner en marcha el motor. (Tamayo Avalos, 2014)

2.1.1.3. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN EN LOS MOTORES DIÉSEL

Necesario para proporcionar de combustible al motor, está conformado por dos circuitos principales:

- Circuito de baja presión, es el encargado de conducir el diésel desde el depósito en donde se encuentra almacenado, hasta la bomba de inyección,

- Circuito de alta presión, con una presión determinada por aquí se transporta el combustible hacia las cámaras de combustión.

2.1.1.4. FILTRADO DEL COMBUSTIBLE

Las impurezas que contiene el petróleo bruto, están constituidas principalmente por, silicatos, asfaltos y azufre, estos se caracterizan por ser partículas muy duras y con una densidad suficiente, para perdurar por un cierto tiempo en el líquido, la presencia se debe a que, en el proceso previo de destilación, no se han eliminado en su totalidad, es por esta razón que se hace necesario e indispensable contar con filtros de combustible, que serán los encargados de retener la mayor cantidad de polvo, partículas metálicas, arenas y dichas impurezas del combustible. Los filtros además de realizar el proceso de filtrado del combustible, evitan que todas las partículas retenidas por estos, produzcan una acción de esmerilado y dañen los diferentes componentes del sistema de inyección y desgasten mucho más rápido algunas piezas del motor. (Tamayo Avalos, 2014)

Dichos filtros están constituidos por un elemento filtrante, conformado por una especie de cartucho de papel poroso con celulosa especial o fieltro, dónde una sustancia formada principalmente por resina fenólica se encuentra impregnada en esta, cuya acción será la de absorber el agua que posiblemente de la condensación contenga el combustible, para que no deteriore y oxide las superficies metálicas del sistema de inyección. Se recomienda un kilometraje aproximado para la reposición de los cartuchos filtrantes de 15.000 km para permitir que el motor a base de combustible diésel, funcione eficientemente durante algunos años. (Tamayo Avalos, 2014)

2.1.1.5. SISTEMA DE INYECCIÓN

La necesidad de inyectar una determinada cantidad de combustible pulverizado hacia la cámara de combustión, donde el aire que está presente allí se encuentra caliente y comprimido, ha hecho que se cuente con este tipo de sistema. Desde la bomba de inyección se reparte el combustible a los inyectores los cuales se encargan de realizar la acción de pulverización. (Tamayo Avalos, 2014)

El combustible que llega hacia la cámara de combustión debe ser inyectado con la proporción exacta, debido a que de esta dependerá el correcto funcionamiento del motor, las condiciones óptimas deben ser las siguientes:

- Al momento de inyectar el combustible debe hacérselo en el instante preciso de tal manera que la combustión se realice de manera correcta y en su totalidad, el punto de inyección irá variando dependiendo del sistema de giro del motor y sus condiciones de carga.
- Cada cilindro deberá contar con la proporción de combustible exacta para cada ciclo del pistón, es decir, dicha proporción sea la más adecuada para las condiciones de marcha del motor.
- Se deberá pulverizar el combustible para repartirlo posteriormente en forma de minúsculas gotas, con el objetivo de provocar una combustión uniforme y total.
- Lograr una capacidad de penetración óptima de las gotas ya pulverizadas en la cámara donde se encuentra alojado el aire comprimido.

- Conseguir que las partículas de combustible se repartan de manera uniforme para unirse óptimamente con el aire en la cámara donde se produce la combustión.

La bomba de inyección es la encargada de satisfacer las condiciones necesarias mencionadas anteriormente, logrando proporcionar el combustible requerido a cada uno de los inyectores en el instante oportuno y con la presión adecuada, para que el funcionamiento del motor sea eficiente; así como también los inyectores, que como ya se mencionó anteriormente, serán los encargados de pulverizar uniformemente el combustible sobre el aire comprimido que se encuentra en el interior de las cámaras en donde posteriormente se realizará la ignición del combustible. (Tamayo Avalos, 2014)

Finalmente, el recorrido que deberá realizar el combustible estará distribuido de la siguiente manera:

- Depósito del combustible.
- Bomba de alimentación.
- Filtro.
- Bomba de inyección
- Inyectores.

2.1.2. LA OPACIDAD Y SUS LÍMITES EN EL D.M.Q

La opacidad viene dada por la cantidad de luz que puede atravesar ésta, por una emisión de gases, gráficamente se la puede expresar como, 100% de opacidad si la emisión es totalmente negra y 0% de opacidad si la emisión es totalmente transparente.

Se debe considerar la temperatura de los motores a diésel para medir la opacidad, ya que ésta influye directamente en la producción de partículas en suspensión y gases de efecto invernadero. (INEN, 2002)

Según la Norma Técnica Ecuatoriana (INEN) 2 207:2002 y con su posterior modificación a través de la Ordenanza No.159 en el Distrito Metropolitano de Quito, estableció que la opacidad para motores a diésel en prueba de aceleración libre, tendrán los siguientes porcentajes máximos, de acuerdo al año de fabricación de las unidades, como se presenta en la siguiente tabla:

AÑO MODELO	% OPACIDAD
1999 y anteriores	60
2000 - 2018	50
2019 y posteriores	30

Tabla No. 1: Porcentaje máximo de opacidad en vehículos a diésel.

Fuente: (Imgcop, 2010)



Imagen No. 12: Ecovía y su Opacidad

Fuente: Diario el Telégrafo,2017

TIPO DE FLOTA	VALOR OPACIDAD (%) CON QUE APROBO LA RTV LA FLOTA VOLVO B10M MODEL 2003																			
	2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018	
ECOBUS	PRIMER SEMESTRE	SEGUNDO SEMESTRE	PRIMER SEMESTRE	SEGUNDO SEMESTRE	PRIMER SEMESTRE	SEGUNDO SEMESTRE	PRIMER SEMESTRE	SEGUNDO SEMESTRE	PRIMER SEMESTRE	SEGUNDO SEMESTRE	PRIMER SEMESTRE	SEGUNDO SEMESTRE	PRIMER SEMESTRE	SEGUNDO SEMESTRE	PRIMER SEMESTRE	SEGUNDO SEMESTRE	PRIMER SEMESTRE	SEGUNDO SEMESTRE
D002	SIN REG.	SIN REG.	SIN PRES.	18,00	SIN PRES.	SIN PRES.	SIN PRES.	SIN PRES.	SIN PRES.	10,00	1,00	1,00	10,00	10,00	44,00	44,00	29,00	34,00
D003	SIN REG.	SIN REG.	15,00	SIN PRES.	SIN PRES.	5,00	17,00	8,00	8,00	2,00	10,00	6,00	14,00	14,00	32,00	32,00	36,00	4,00
D004	SIN REG.	SIN REG.	4,00	11,00	SIN PRES.	21,00	1,00	14,00	10,00	7,00	20,00	20,00	4,00	4,00	16,00	16,00	16,00	SIN PRES.
D005	SIN REG.	SIN REG.	SIN PRES.	16,00	SIN PRES.	SIN PRES.	SIN PRES.	SIN PRES.	SIN PRES.	SIN PRES.	14,00	9,00	6,00	6,00	37,00	37,00	SIN PRES.	SIN PRES.
D006	SIN REG.	SIN REG.	41,00	3,00	SIN PRES.	SIN PRES.	SIN PRES.	SIN PRES.	SIN PRES.	SIN PRES.	1,00	2,00	10,00	10,00	6,00	6,00	10,00	4,00
D007	SIN REG.	SIN REG.	SIN PRES.	SIN PRES.	SIN PRES.	6,00	4,00	11,00	0,00	10,00	1,00	1,00	10,00	10,00	41,00	41,00	33,00	2,00
D008	SIN REG.	SIN REG.	8,00	SIN PRES.	SIN PRES.	4,00	1,00	5,00	SIN PRES.	6,00	9,00	15,00	6,00	6,00	8,00	8,00	2,00	10,00
D009	SIN REG.	SIN REG.	6,00	10,00	SIN PRES.	2,00	13,00	11,00	2,00	SIN PRES.	SIN PRES.	SIN PRES.	7,00	7,00	NO REALIZAN	NO REALIZAN	31,00	2,00
D010	SIN REG.	SIN REG.	6,00	11,00	29,00	2,00	9,00	7,00	17,00	5,00	1,00	2,00	2,00	2,00	15,00	15,00	36,00	SIN PRES.
D011	SIN REG.	SIN REG.	SIN PRES.	SIN PRES.	SIN PRES.	10,00	2,00	6,00	3,00	2,00	1,00	13,00	3,00	3,00	21,00	21,00	34,00	SIN PRES.
D012	SIN REG.	SIN REG.	10,00	17,00	SIN PRES.	4,00	15,00	1,00	2,00	1,00	5,00	4,00	6,00	6,00	6,00	6,00	38,00	2,00
D013	SIN REG.	SIN REG.	19,00	13,00	SIN PRES.	6,00	15,00	23,00	6,00	6,00	3,00	4,00	3,00	3,00	7,00	7,00	13,00	9,00
D014	SIN REG.	SIN REG.	SIN PRES.	SIN PRES.	SIN PRES.	4,00	11,00	4,00	3,00	6,00	6,00	7,00	2,00	2,00	15,00	15,00	2,00	SIN PRES.
D015	SIN REG.	SIN REG.	SIN PRES.	SIN PRES.	SIN REV.	21,00	6,00	19,00	7,00	0,00	9,00	11,00	11,00	11,00	39,00	39,00	42,00	35,00
D016	SIN REG.	SIN REG.	14,00	30,00	SIN PRES.	6,00	7,00	4,00	9,00	8,00	12,00	4,00	7,00	7,00	7,00	7,00	33,00	SIN PRES.
D017	SIN REG.	SIN REG.	16,00	12,00	SIN PRES.	SIN PRES.	SIN PRES.	SIN PRES.	SIN PRES.	10,00	17,00	15,00	35,00	35,00	37,00	37,00	40,00	SIN PRES.
D018	SIN REG.	SIN REG.	8,00	11,00	SIN PRES.	6,00	22,00	13,00	SIN PRES.	7,00	2,00	6,00	35,00	35,00	19,00	19,00	30,00	11,00
D019	SIN REG.	SIN REG.	SIN PRES.	SIN PRES.	SIN PRES.	16,00	5,00	5,00	10,00	2,00	2,00	10,00	16,00	16,00	37,00	37,00	2,00	3,00
D020	SIN REG.	SIN REG.	SIN PRES.	SIN PRES.	6,00	6,00	24,00	9,00	18,00	SIN PRES.	6,00	2,00	48,00	48,00	42,00	42,00	SIN PRES.	SIN PRES.
D022	SIN REG.	SIN REG.	17,00	SIN PRES.	6,00	6,00	2,00	SIN PRES.	SIN PRES.	SIN PRES.	SIN PRES.	SIN PRES.	26,00	26,00	18,00	18,00	42,00	SIN PRES.
D023	SIN REG.	SIN REG.	11,00	8,00	7,00	5,00	9,00	34,00	2,00	16,00	4,00	16,00	14,00	14,00	14,00	14,00	SIN PRES.	SIN PRES.
D024	SIN REG.	SIN REG.	SIN PRES.	SIN PRES.	SIN PRES.	SIN PRES.	SIN PRES.	SIN PRES.	SIN PRES.	4,00	4,00	2,00	7,00	7,00	25,00	25,00	21,00	SIN PRES.
D025	SIN REG.	SIN REG.	SIN PRES.	14,00	SIN PRES.	SIN PRES.	SIN PRES.	SIN PRES.	SIN PRES.	SIN PRES.	11,00	5,00	22,00	22,00	15,00	15,00	10,00	SIN PRES.
D026	SIN REG.	SIN REG.	8,00	11,00	SIN PRES.	7,00	6,00	15,00	SIN PRES.	SIN PRES.	1,00	1,00	5,00	5,00	16,00	16,00	34,00	SIN PRES.
D027	SIN REG.	SIN REG.	SIN PRES.	SIN PRES.	SIN PRES.	2,00	11,00	32,00	24,00	7,00	6,00	SIN PRES.	46,00	46,00	29,00	29,00	SIN PRES.	SIN PRES.
D028	SIN REG.	SIN REG.	22,00	11,00	36,00	SIN PRES.	SIN PRES.	SIN PRES.	SIN PRES.	4,00	30,00	8,00	5,00	5,00	5,00	5,00	24,00	SIN PRES.
D030	SIN REG.	SIN REG.	17,00	SIN PRES.	SIN PRES.	SIN PRES.	SIN PRES.	SIN PRES.	SIN PRES.	11,00	4,00	13,00	32,00	32,00	29,00	29,00	5,00	SIN PRES.
D031	SIN REG.	SIN REG.	SIN PRES.	SIN PRES.	SIN PRES.	11,00	11,00	3,00	4,00	11,00	21,00	8,00	3,00	3,00	36,00	36,00	31,00	37,00
D032	SIN REG.	SIN REG.	SIN PRES.	SIN PRES.	SIN PRES.	11,00	3,00	7,00	9,00	2,00	24,00	3,00	12,00	12,00	42,00	42,00	29,00	35,00
D033	SIN REG.	SIN REG.	11,00	7,00	SIN PRES.	3,00	5,00	16,00	7,00	SIN PRES.	4,00	3,00	3,00	3,00	24,00	24,00	32,00	37,00
D035	SIN REG.	SIN REG.	4,00	5,00	SIN PRES.	0,00	10,00	3,00	3,00	4,00	9,00	2,00	12,00	12,00	10,00	10,00	1,00	SIN PRES.
D037	SIN REG.	SIN REG.	SIN PRES.	SIN PRES.	38,00	0,00	12,00	14,00	4,00	1,00	6,00	13,00	8,00	8,00	26,00	26,00	37,00	30,00
D038	SIN REG.	SIN REG.	SIN PRES.	15,00	SIN PRES.	SIN PRES.	SIN PRES.	SIN PRES.	SIN PRES.	6,00	12,00	5,00	5,00	5,00	9,00	9,00	36,00	9,00
D039	SIN REG.	SIN REG.	SIN PRES.	16,00	SIN PRES.	SIN PRES.	SIN PRES.	SIN PRES.	SIN PRES.	16,00	16,00	8,00	18,00	18,00	5,00	5,00	32,00	SIN PRES.
D040	SIN REG.	SIN REG.	3,00	14,00	2,00	SIN PRES.	SIN PRES.	SIN PRES.	SIN PRES.	8,00	2,00	2,00	1,00	1,00	8,00	8,00	16,00	SIN PRES.
D041	SIN REG.	SIN REG.	14,00	1,00	SIN PRES.	4,00	16,00	8,00	11,00	12,00	16,00	2,00	5,00	5,00	21,00	21,00	34,00	49,00
D042	SIN REG.	SIN REG.	19,00	34,00	SIN PRES.	SIN PRES.	SIN PRES.	SIN PRES.	SIN PRES.	SIN PRES.	6,00	8,00	8,00	25,00	25,00	25,00	25,00	17,00
PROMEDIO	SIN REG.	SIN REG.	13,00	12,95	17,71	6,13	10,08	10,79	8,14	6,82	8,26	6,68	12,62	12,62	21,83	21,83	25,63	18,33

Tabla No. 2: Porcentaje promedio de opacidad de las unidades Volvo B10M (Flota para comparativa del presente trabajo).

Fuente: Ing. Gustavo Caizaluisa Coordinador de Logística de la Empresa Metropolitana de Transporte de Pasajeros de Quito (EPMTPQ).

2.1.3. VEHÍCULO CON MOTOR DIÉSEL Y SUS VENTAJAS

La autonomía, tiempo de reabastecimiento de combustible y el precio son las principales ventajas que ofrece un vehículo con motor diésel respecto a un vehículo con motor o motores eléctricos. En el caso de la autonomía, los vehículos con motores diésel ofrecen rangos extendidos a comparación de los eléctricos que necesitan de dos y hasta tres recargas de su batería para completar los mismos kilómetros recorridos por el motor a diésel, otra ventaja es en el tiempo de reabastecimiento de combustible, en un vehículo eléctrico se puede demorar entre 2 y 3 horas dependiendo de la potencia de carga, mientras que para el motor a diésel puede llevar solamente algunos minutos; a pesar de que en los últimos años las empresas automotrices han tratado de comercializar vehículos eléctricos de la misma manera que con los a combustión interna (gasolina – diésel), el precio elevado de los vehículos eléctricos genera que la demanda no sea igual que los otros. (Actualidad motor, 2012)

2.1.4. VEHÍCULOS CON MOTOR DIÉSEL Y SUS DESVENTAJAS

Las desventajas entre un vehículo con motor diésel y un vehículo eléctrico son varias, comenzaremos mencionando la más importante que es la producción de emisiones nocivas para la salud, generadas al interior del motor diésel, debido a la enorme presión de aire y las elevadas temperaturas que posee la cámara de combustión, a comparación de ninguna emisión producida por parte de los vehículos eléctricos. Los mantenimientos deben realizarse más frecuentemente en los vehículos con motor diésel, provocando mayores gastos en relación a los eléctricos que sus costos por este rubro disminuyen considerablemente. (Menshealthlatam, 2018)

Una desventaja técnica tenemos en los caballos de potencia, los vehículos con motor diésel generan su potencia máxima en un rango corto de revoluciones por minuto (rpm) y luego de generala sufren una perdida abrupta de ésta, mientras que en un vehículo eléctrico su potencia máxima puede mantenerse a lo largo de un amplio rango de revoluciones por minuto. Finalmente podremos mencionar que el ruido seguirá siendo una característica y desventaja de un motor diésel, ya que contribuye a la contaminación acústica en comparación a los silenciosos vehículos eléctricos. (Brais Rodriguez, 2011)

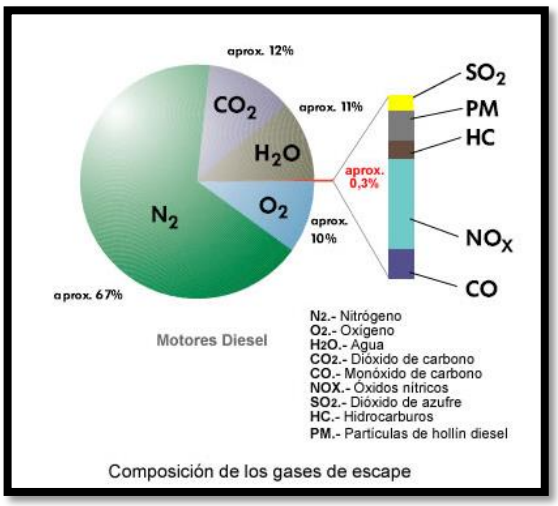


Gráfico No. 4: Composición de los gases de escape generados por un motor diésel.

Fuente: («Emisión de Gases de Escape en Motores Gasolina y Diésel», s. f.)

2.2. VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

Son aquellos que son impulsados por uno o más motores eléctricos, empleando energía eléctrica, la cual se almacena en baterías que se pueden recargan de diferentes maneras como por ejemplo, mediante el frenado del vehículo o mediante la alimentación de una fuente externa, estos logran transformar dicha energía en energía cinética, la

tracción es obtenida por los motores eléctricos que pueden funcionar por corriente alterna o continua, la cual se va consumiendo a medida que el vehículo se desplaza. (Peugeot, 2017)

2.2.1. BUS ARTICULADO ELÉCTRICO BYD K11A



Imagen No. 13: Autobús Eléctrico BYD

Fuente: (Diario el Comercio, 2017)

El transporte público tiene como objetivo a largo plazo ir cambiando sus unidades que funcionan mediante motores de combustión interna y prestan servicio a la ciudadanía, a unidades que funcionen completamente con energía eléctrica, este es el caso del DMQ, el cual ya viene realizando pruebas desde diciembre de 2017 con el bus articulado 100% eléctrico (Imagen No.13), el cual es un avance importante para reducir las emisiones provocadas por los motores diésel de la flota "Ecovía". Así lo asegura BYD Ecuador en su página web mencionando que, "*El bus eléctrico de Quito ha recorrido 9 mil km cubriendo las rutas Ofelia – Seminario Mayor y Ofelia – Playón de la Marín; terminando con resultados exitosos la fase de prueba de tres meses".* Cuyos resultados arrojaron que se dejaron de emitir unas 12 toneladas de CO_2 en los

meses de prueba y afirmando también que, *"La tecnología de los autobuses eléctricos de BYD E-Motors tiene menos componentes que un autobús tradicional lo que se traduce en un ahorro del 30% a 70% en costos de mantenimiento ya que no requieren de motor de combustión, transmisión y embrague, aceites lubricantes"*.

Las especificaciones técnicas que se analizarán y utilizarán en el presente trabajo de titulación para conseguir los objetivos planteados anteriormente, corresponden a un bus articulado eléctrico BYD K11A, que se lo detalla a continuación:



	BUS ELÉCTRICO BYD K11A	OTROS A DIÉSEL
Costo mantenimiento	$0,05 / km	$0,30 / km
Cambios de aceite	No	Sí
Frecuencia mantenimiento	Cada 10.000 km	Cada 5.000 km
Potencia (caballos de fuerza)	482	200-300

Imagen No. 14: Costo mantenimiento en USD/Km de Autobús Eléctrico BYD K11A

Fuente: (Byd electrico, 2016)

Ficha Técnica	
Largo	18000 mm
Ancho	2550 mm
Alto	3260 mm
Distancia entre ejes	5550/ 6755
Sillas - PAX Max	33/>160 PAX+Area sila de ruedas
Área de silla de Ruedas	1
Velocidad Máxima	60 km/h
Capacidad en Pendiente	más de 17 %
DIstancia al Suelo	320 mm
Autonomía	>350 km
Corona circular ext.	13.8 m exterior
Suspensión	Supensión Neumática & ECAS, altura graduable
Sistema de Frenos	Freno de Disco 6 ruedas & ABS
Llantas	295/80R 22.5
Motor Eléctrico (2)	AC Motor de Magneto Permanente (Sin Escobillas)
Potencia Máxima	360 kW (180 kW ×2) 492 hp
Torque Máximo	3.000 Nm (1.500 Nm×2)
Tipo de Batería	Batería de hierro fosfato BYD
Capacidad Energética	400kWh /550 V
Potencia Energética	200 kW (100kWx2, 480V, 3∅, AC)
Tiempo de Carga	2.5 a 3 h

Imagen No. 15: Especificaciones técnicas Autobús Eléctrico BYD K11A

Fuente: (Byd electrico, 2016)

2.2.2. MOTORES ELÉCTRICOS

Debido a que la finalidad del presente trabajo de titulación no es la funcionalidad de motores eléctricos, simplemente se realizará una breve explicación de estos.

Entre los motores eléctricos podemos encontrar aquellos que trabajan con corriente directa (DC) y otros con corriente alterna (AC), no siendo los únicos, debido a que, con el paso de los años, la tecnología implementa nuevos mecanismos para hacer motores eléctricos más eficientes.

Con la repulsión magnética que se produce por polos de igual signo se basa el funcionamiento de los motores eléctricos. Conformados generalmente por 3 partes principales: estator, rotor y escobillas, éstas últimas al producir un desgaste

relativamente rápido se han tenido que reemplazar por un controlador electrónico, ayudando a que la conexión eléctrica entre la parte fija y la giratoria dentro de un motor eléctrico (rotor) pueda realizar el contacto, para el paso de la electricidad sin sufrir desgaste. Ayudado por la posición relativa de las escobillas o controlador electrónico sea el caso, las bobinas que conforman el rotor, producen un campo magnético, el cual mediante el controlador eléctrico transmiten la electricidad desde dichas bobinas, para magnetizarla más adelante. Para que se produzca esta magnetización las bobinas del estator tienen que estar en repulsión con las bobinas del rotor de una manera sincronizada. (Tamayo Avalos, 2014)

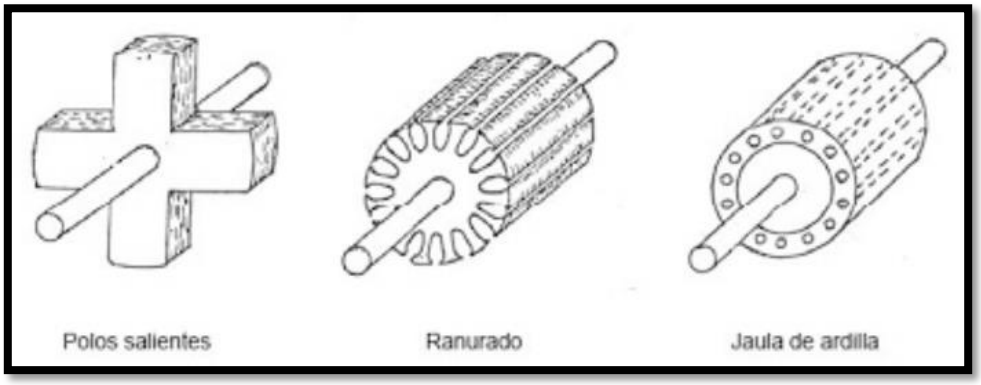


Imagen No. 16: Tipos de rotor

Fuente: Recuperado de: (Tirado, 2016)

La otra parte por la cual está conformado un motor eléctrico es el estator, el cual, constituye la parte fija del motor, permitiendo que desde aquí se produzca la rotación, el estator no ejerce movimiento mecánico, pero sí magnético, constituido principalmente por un conjunto de láminas de acero al silicio, las cuales tienen la capacidad de que a través de ellas se permita el paso del flujo magnético con facilidad. (Rontomé, 2011)

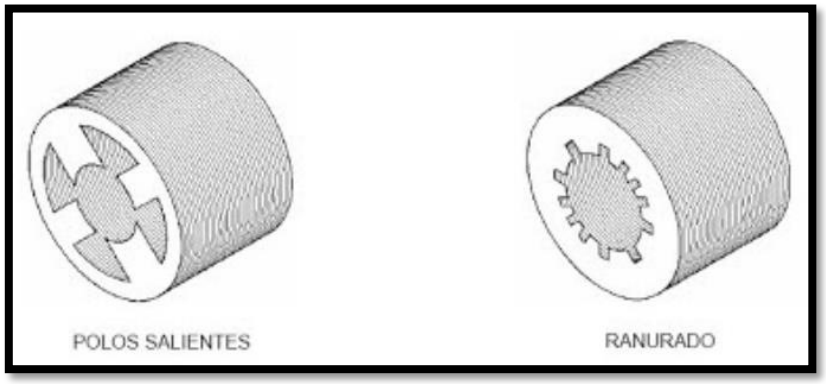


Imagen No. 17: Tipos de estator

Fuente: Recuperado de: (Rontomé, 2011)

2.2.2.1. MOTOR SIN ESCOBILLAS DE MAGNETO O IMANES PERMANENTES CON CORRIENTE DIRECTA (DC)

Estos cuentan con imanes permanentes localizados en el rotor y se alimentan por las diferentes fases secuenciales del estator, pueden ser de dos tipos: un motor que genere mayor velocidad de giro y menor par, u otro que genere menor velocidad y mayor par, usados generalmente en vehículos híbridos, estos motores poseen ciertas ventajas en vehículos eléctricos como, bajas emisiones de ruido, robustez y poca necesidad de mantenimientos. (electromovilidad, 2018)

2.2.2.2. MOTOR ASÍNCRONO O DE INDUCCIÓN CON CORRIENTE ALTERNA (AC)

La velocidad de giro del campo magnético generado por el estator no pertenece al giro del rotor, el cual puede ser ranurado o tipo jaula de ardilla, características

principales de este motor. Existe un desfase entre las bobinas trifásicas inductoras de 120˚ entre sí, localizadas en el estator, las cuales permiten conseguir una alta eficiencia, fiabilidad, bajas vibraciones y ruido, así como también generar un par constante, mientras que en sus desventajas podemos encontrar que generan baja fuerza en el arranque, así como potencia y existe riesgo de sobrecarga. (Tamayo Avalos, 2014)

2.2.2.3. MOTOR SIN ESCOBILLAS SÍNCRONO DE MAGNETO O IMANES PERMANENTES (AC)

El campo magnético del estator gira a una velocidad constante e igual a la del rotor, este tipo de motores pueden ser de flujo axial o de flujo radial, esto dependerá de la ubicación del campo magnético de inducción, el cual se encuentra paralelo o perpendicular al eje de giro del rotor. Los de flujo radial son los más utilizados, pero los de flujo axial al tener la opción de ser implementados juntamente en el mecanismo de frenado de las ruedas del vehículo, aumentando espacio y eliminando mecanismos entre la rueda y el motor de los vehículos.

Podemos establecer que la principal diferencia entre motores de inducción y los motores síncronos, es que, en los primeros, el rotor gira ligeramente más despacio que el campo magnético, mientras en los otros, rotor y campo magnético tienen la misma velocidad.

2.2.2.3.1. MOTOR SIN ESCOBILLAS DE MAGNETO O IMANES PERMANENTES (AC) Y SUS VENTAJAS

- Los motores de magneto permanente sin escobillas, síncronos, ofrecen un alto rendimiento, en condiciones óptimas de funcionamiento.
- Dichos motores ofrecen un fácil control de velocidad, además de baja vibración y sonido.

2.2.2.3.2. MOTOR SIN ESCOBILLAS DE MAGNETO O IMANES PERMANENTES (AC) Y SU MAYOR DESVENTAJA

Poseen un precio elevado por sus componentes de alta calidad, sin embargo, son los más utilizados por las empresas automotrices.

2.2.3. BATERÍAS PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

La necesidad por brindar una autonomía de funcionamiento cercana o igual a la de un vehículo a combustión interna, ha hecho que las baterías se conviertan en uno de los componentes indispensables para lograrlo, pasando inicialmente por baterías que utilizaban plomo – ácido o níquel – hierro hasta las actuales de iones de litio, se ha conseguido que la autonomía se incremente hasta 12 veces más con respecto a las baterías iniciales.

En la actualidad los vehículos eléctricos principalmente utilizan las baterías que almacenan electrolito líquido en su interior, el cual al estar presente entre, el electrodo

negativo (cátodo) y el electrodo positivo (ánodo) permita que se produzca la transferencia de electrones. (Tamayo Avalos, 2014)

Las baterías de iones de litio se pueden subdividir según las proporciones y materiales químicos utilizados tanto en el cátodo como en el ánodo, empleando generalmente grafito o silicio con grafito en los ánodos y litio, níquel, cobalto o aluminio en el cátodo.

Aunque las baterías para vehículos eléctricos ya llevan algunos años en el mercado, la necesidad de conseguir una autonomía mayor, hace que se continúen realizando pruebas y experimentos en el laboratorio con el fin de encontrar la mezcla o material idóneo para lograr autonomías superiores a los 900 km. (Tamayo Avalos, 2014)

2.2.4. CONDENSADORES

Compuestos por dos placas metálicas separadas por un material dieléctrico (aislante), se los denomina también como dispositivos eléctricos que son capaces de almacenar energía eléctrica proporcionada por un campo magnético y, no mediante la utilización de materiales químicos; pudiendo cargar y descargar dicha energía muy rápidamente en cuestión de segundos, su vida útil es extremadamente alta; siendo su baja capacidad de almacenamiento de energía, el principal inconveniente a comparación de las baterías de iones de litio que poseen una muy alta. (Gonzalez , 2018)

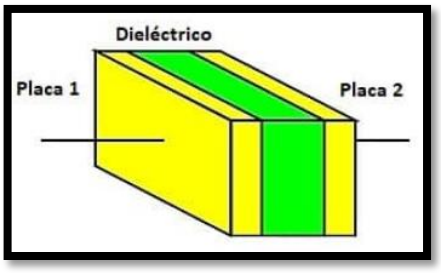


Imagen No. 18: Conformación de un condensador

Fuente: Recuperado de: (Gonzalez , 2018)

Existen varios tipos de condensadores entre los principales tenemos, los que poseen polaridad y los sin polaridad, los primeros, denominados también electrolíticos, están conformados por un lado positivo y uno negativo; mientras que los otros, llamados cerámicos, sus dos placas se encuentran en un mismo nivel y son los mayormente utilizados por su bajo precio.

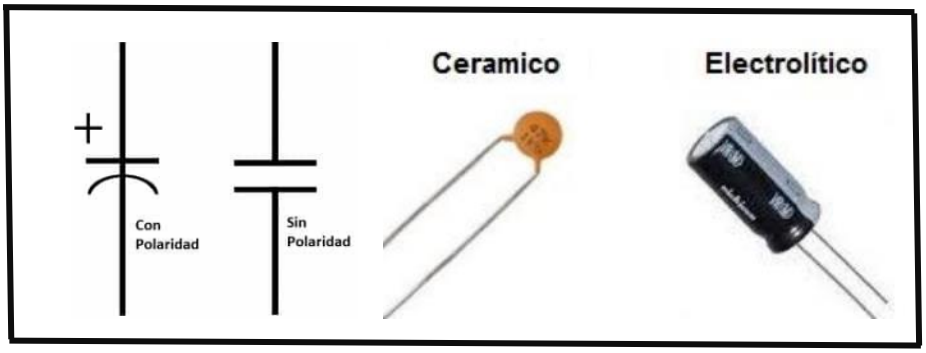


Imagen No. 19: Tipos condensadores

Fuente: Recuperado de: (Area Tecnologica, 2016)

2.2.5. ECUADOR Y SU MATRIZ ENERGÉTICA (ME).

La matriz energética del Ecuador contempla la oferta, demanda y procesos de transformación de la energía, donde la primera está constituida por energía primaria, la cual se genera por agentes naturales tales como, agua, viento y luz solar; las secundarias

son obtenidas por el resultado de un proceso de trasformación de energía como por ejemplo la electricidad, Gas Licuado de Petróleo (GLP), diésel y gasolinas. En la demanda se contempla el consumo y la finalidad para la que fue destinada dicha energía, en el sector residencial GLP para cocción; electricidad para iluminación, calefacción, etc. (Constante, 2016)

En los procesos de transformación de energía se puede mencionar las centrales hidráulicas, las cuales mediante energía potencial que genera el agua, se obtiene electricidad.

La matriz energética en Ecuador tomando en consideración fuentes de energía primarias se distribuye de la siguiente manera: petróleo (88%); gas natural (5%), hidráulica (4%); productos de caña (2%); leña (1%). En cuanto a consumo se contempla un 31% para diésel, 28% para gasolinas, 8% para GLP, 8% para fuel oil y un 14% para electricidad. Para fortalecer la matriz energética, Ecuador invirtió millones de dólares, para producir 468 MW de potencia instalada con las centrales hidroeléctricas San Francisco, Mazar, Ocaña y Baba; y proyectos emblemáticos como Manduriacu, Alazán, Sopladora, Coca Codo Sinclair y parques eólicos tanto en Ecuador continental como en Insular, para producir 4.070 MW en 2006 a 8.226 MW en el año 2016. (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, 2016)

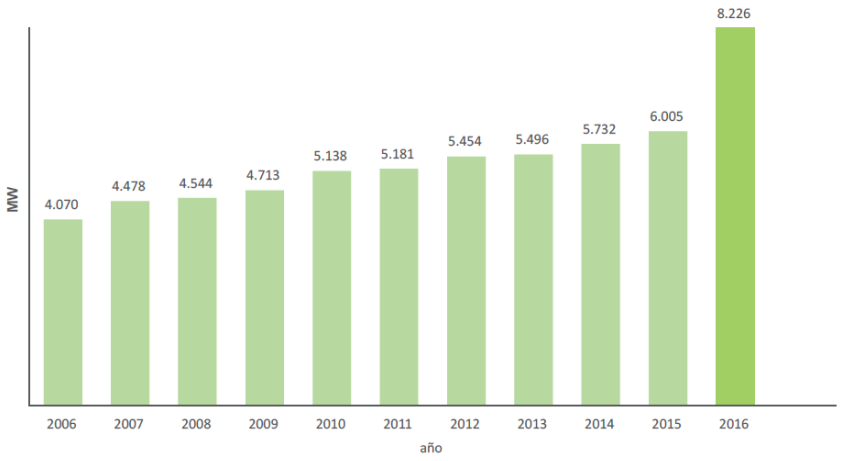


Gráfico No.5: Crecimiento de la potencia nominal instalada.

Fuente: Plan Maestro de Electricidad 2016 – 2025.

	Tipo de Central	Potencia Nominal		Potencia Efectiva	
		(MW)	%	(MW)	%
S.N.I	Hidráulica	4.440,70	53,98	4.412,78	58,02
	Eólica	16,50	0,20	16,50	0,22
	Térmica	2.449,62	29,78	2.148,19	28,24
	Biomasa	144,30	1,75	136,40	1,79
	Fotovoltaica	24,46	0,30	23,57	0,31
	Biogas	2,00	0,02	1,76	0,02
Total S.N.I		7.077,58	86,03	6.739,21	88,60
No Incorporado	Hidráulica	5,66	0,07	5,39	0,07
	Eólica	4,65	0,06	4,65	0,06
	Térmica	1.136,52	13,82	854,83	11,24
	Fotovoltaica	2,02	0,02	2,02	0,03
Total No Incorporado		1.148,84	13,97	866,89	11,40
Total		8.226,42	100,00	7.606,10	100,00

Tabla No. 3A: Potencia nominal y efectiva por sistema.

Fuente: Plan Maestro de Electricidad 2016 – 2025.

La consolidación de la matriz energética, abre la pauta para plantear alternativas viables enfocadas a mitigar la contaminación ambiental, como vendría siendo la eliminación paulatina de transporte público con consumo de combustibles fósiles e implementarlo con buses eléctricos, todo lo anterior y sumado a que, el Plan Maestro

de Electricidad 2016 - 2025 (PME), *“ ...ha restringido la producción de energía eléctrica basada en combustibles fósiles, en especial de aquellos importados; resultando en un ahorro anual promedio de 1.000 millones de dólares; y se ha evitado la emisión al medio ambiente de 6,29 millones de toneladas de CO2”*; deja establecido un precedente para que, si fuese necesario, los municipios alrededor del país inviertan en transporte público eléctrico.

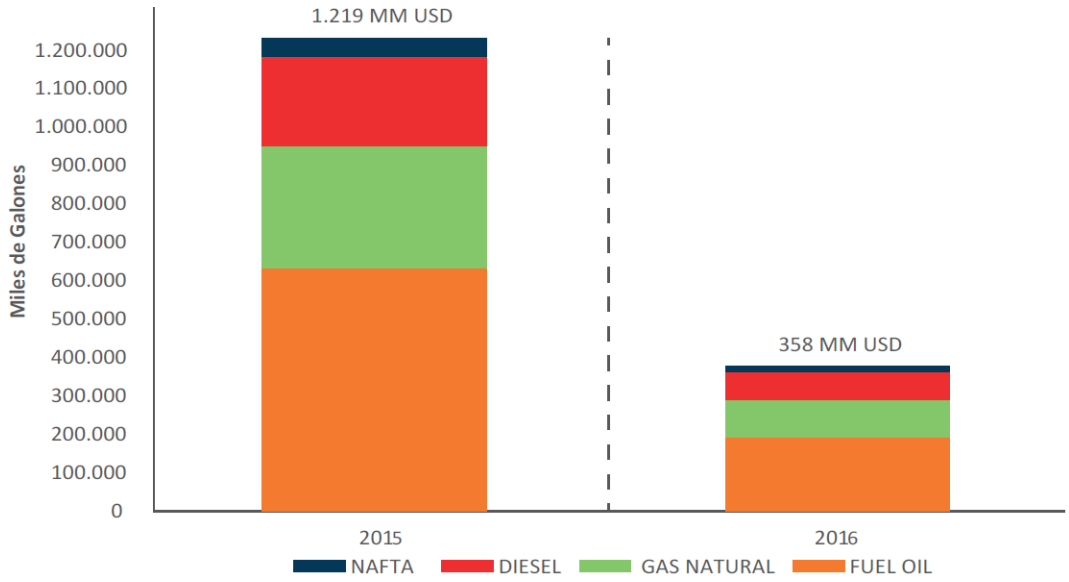


Gráfico No.6: Reducción del consumo de combustibles fósiles.

Fuente: Plan Maestro de Electricidad 2016 – 2025.

Las fuentes y producción total de energía en la matriz energética se divide en renovable y no renovable, la renovable alcanzó unos 16.220,20 GWh representando el 59,67% del total, mientras que la no renovable representando el 40.03% alcanzó unos 10.870,42 GWh. En el Sistema Nacional Interconectado (S.N.I.) la producción en

energía no renovable fue de 7.261 GWh (30,87%) y renovable fue 16.175 GWh (68,78%), siendo esta última la que mayormente aportó al sistema. Hay que considerar que existe una pérdida de 585,85 GWh en transmisión, llegando a distribuir 22.443,83 GWh en puntos de entrega, mientras que en producción se alcanza una pérdida de 2.690,94 GWh equivalente al 12.21% a nivel nacional. (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, 2016)

Todos estos valores mencionados anteriormente se resumen en las siguientes tablas:

Producción Total de Energía e Importaciones		GWh	%
Energía Renovable	Hidráulica	15.589,69	57,41%
	Eólica	83,96	0,31%
	Fotovoltaica	38,75	0,14%
	Biomasa	476,52	1,75%
	Biogas	13,28	0,05%
Total Energía Renovable		16.202,20	59,67%
No Renovable	Térmica MCI	6.303,52	23,21%
	Térmica Turbogas	2.762,20	10,17%
	Térmica Turbovapor	1.804,70	6,65%
Total Energía No Renovable		10.870,42	40,03%
Total Producción Nacional		27.072,62	99,70%
Interconexión	Colombia	43,92	0,16%
	Perú	37,74	0,14%
	Importación	81,66	0,30%
Total Producción Nacional + Importación		27.154,28	100,00%

Producción Total de Energía e Importaciones S.N.I		GWh	%
Energía Renovable	Hidráulica	15.572,13	66,21%
	Eólica	78,02	0,33%
	Fotovoltaica	35,81	0,15%
	Biomasa	476,52	2,03%
	Biogas	13,28	0,06%
Total Energía Renovable S.N.I		16.175,76	68,78%
No Renovable	Térmica MCI	3.191,07	13,57%
	Térmica Turbogas	2.306,12	9,81%
	Térmica Turbovapor	1.763,86	7,50%
Total Energía No Renovable S.N.I		7.261,05	30,87%
Total Producción Nacional S.N.I		23.436,81	99,65%
Interconexión	Colombia	43,92	0,19%
	Perú	37,74	0,16%
	Importación	81,66	0,35%
Total Producción Nacional + Importación S.N.I		23.518,47	100,00%

Tabla No.3B: Balance Nacional de energía eléctrica a diciembre 2016.

Fuente: Plan Maestro de Electricidad 2016 – 2025

Energía Entregada para Servicio Público		GWh	%
Energía Renovable	Hidráulica	14.999,26	66,53%
	Eólica	82,04	0,36%
	Fotovoltaica	38,39	0,17%
	Biomasa	268,11	1,19%
	Biogás	12,88	0,06%
Total Energía Renovable		15.400,68	68,31%
No Renovable	Térmica MCI	3.179,25	14,10%
	Térmica Turbogas	2.233,79	9,91%
	Térmica Turbovapor	1.651,08	7,32%
Total Energía No Renovable		7.064,13	31,33%
Total Producción Nacional		22.464,81	99,64%
Interconexión	Importación	81,66	0,36%
Total Energía Entregada para Servicio Público		22.546,47	100,00%

Energía Disponible para Servicio Público	GWh	%
Pérdidas en Transmisión *	584,85	2,83%
Total Energía Disponible para Servicio Público	22.443,83	97,17%
Energía Exportada Perú	23,28	0,10%
Energía Exportada Colombia	378,27	1,69%
Total Energía Disponible en los Sistemas de Distribución	22.042,28	98,21%

Consumo de Energía para Servicio Público		GWh	%
Consumo de Energía a Nivel Nacional	Residencial	7.104,85	32,23%
	Comercial	3.838,87	17,42%
	Industrial	5.231,38	23,73%
	A. Público	1.127,10	5,11%
	Otros	2.049,14	9,30%
Total		19.351,34	87,79%
Pérdidas en Distribución	Técnicas	1.761,76	7,99%
	No Técnicas	929,19	4,22%
Total Pérdidas de Energía en Distribución		2.690,94	12,21%
Recaudación	Facturados (MM USD)	1.867,66	
Recaudados (MM USD)		1.831,84	98,08%

Tabla No. 3C: Balance Nacional de energía eléctrica a diciembre 2016.

Fuente: Plan Maestro de Electricidad 2016 – 2025

2.2.6. MATRIZ ENERGÉTICA VERSUS TRANSPORTE PÚBLICO ELÉCTRICO

Según el Plan Nacional de Eficiencia Energética 2016 – 2035 (PLANEE) el sector con mayor consumo energético de la demanda nacional es el del transporte, con un 42% de la ME (16.977,532 GWh), es el sector que más contamina por la utilización de combustibles fósiles. En la última década el Gobierno Central en su afán de reemplazar vehículos ineficientes y contaminantes por unos con características eléctricas para su funcionamiento, los ha exonerado de impuestos y aranceles a manera de incentivo.

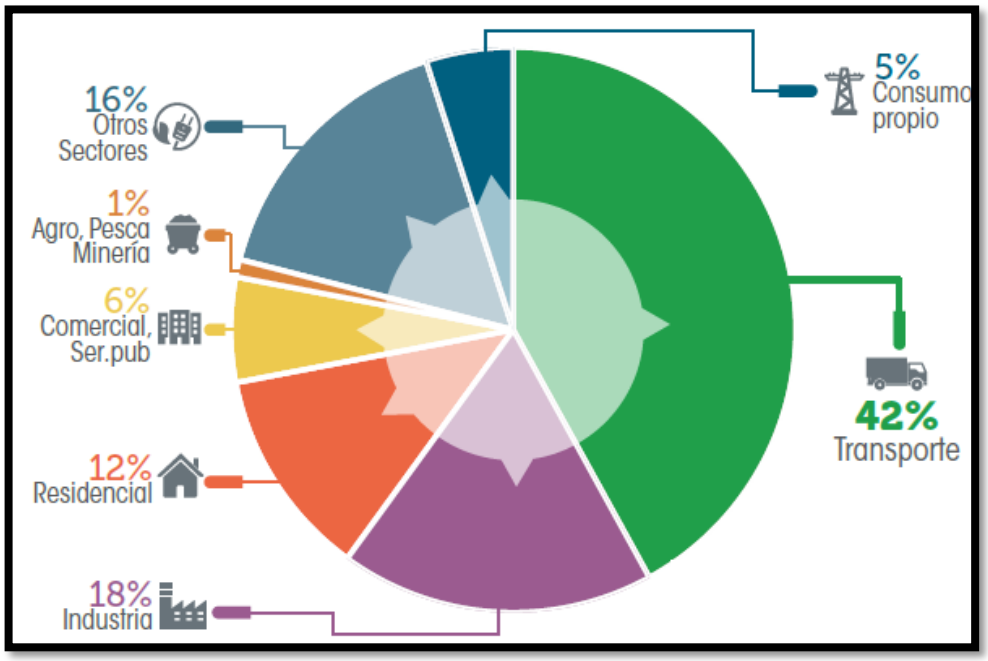


Gráfico No. 7: Estructura del consumo de energía por sectores.

Fuente: PLANEE, 2016 – 2035

Por otra parte, el diésel con un 31%, gasolinas y naftas con un 28%, electricidad con un 13,5%, gas licuado de petróleo con un 8,5% y fuel oil con 8,1% son los energéticos más representativos que se consumen en cada sector mostrado en el gráfico No. 7.

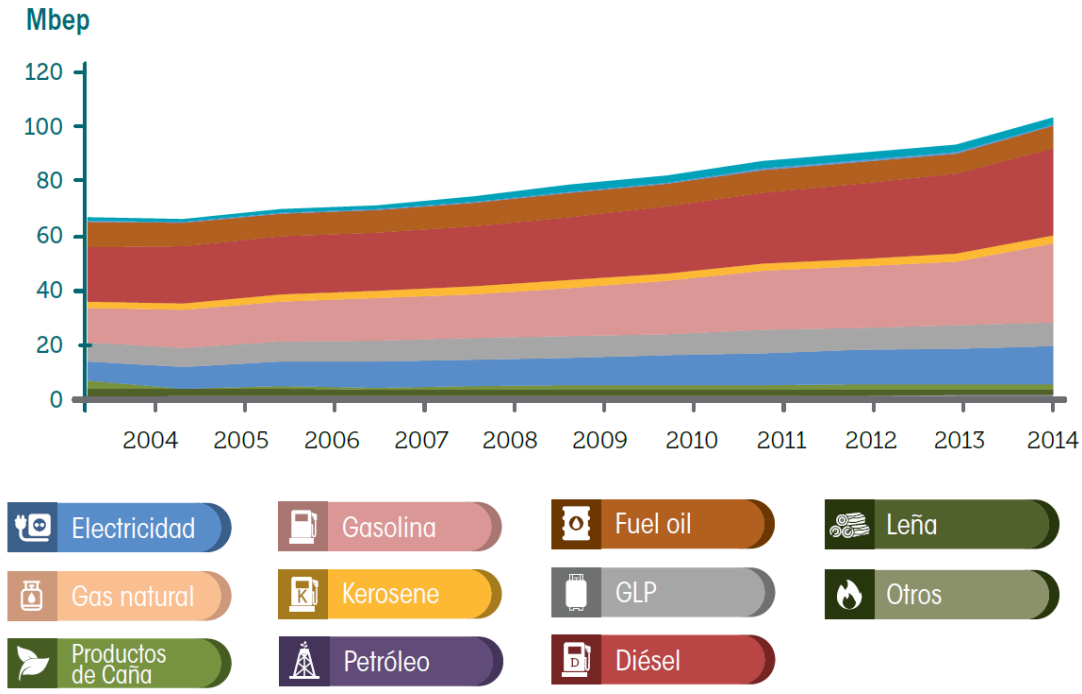


Gráfico No. 8: Estructura del consumo de energía por energético.

Fuente: PLANEE, 2016 – 2035

Uno de los objetivos sectoriales planteados en el PLANEE es, progresivamente disminuir el subsidio a los combustibles, entre ellos al diésel, el cual según el ministerio de finanzas en el 2018 desembolsó USD 899 millones, mientras que para finales del 2019 se estima USD 1.923 millones. (Diario El Telégrafo, 2018)

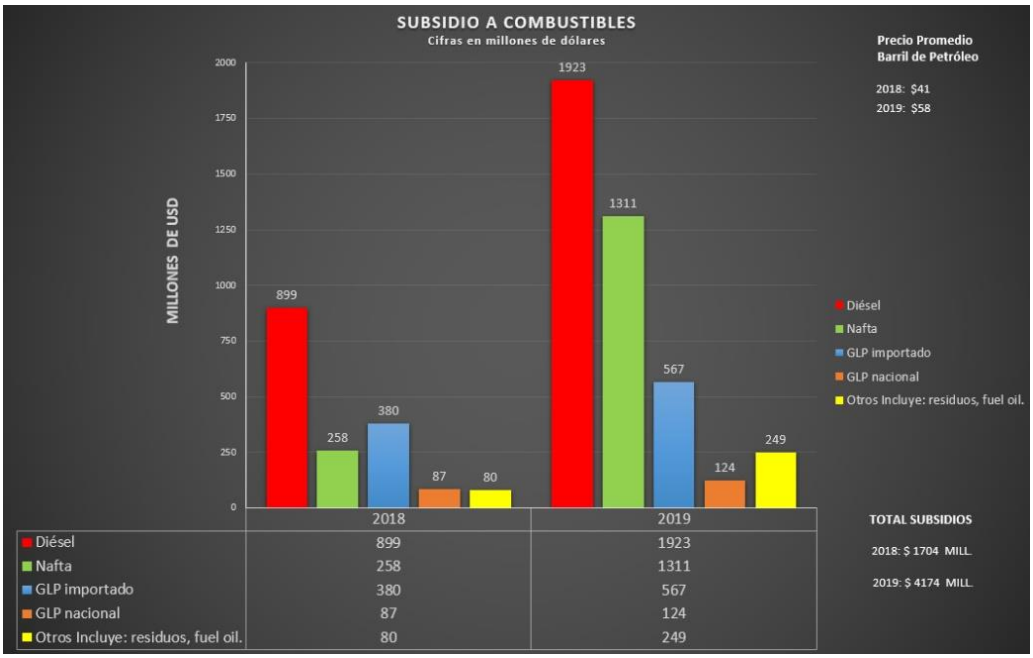


Gráfico No. 9: Subsidio Combustibles 2018 – 2019.

Fuente: (Diario El Telégrafo, 2018)

Si se toma en consideración que para el año 2019 el subsidio para el diésel se incrementará en más de la mitad; la migración del transporte público a base de combustibles fósiles, hacia un transporte público autosustentable cuya fuente de alimentación para su funcionamiento sea la electricidad, provocaría un ahorro fiscal, eso lo afirma Juan Carlos Jácome presidente de la Corporación Financiera Nacional (CFN), además complementó señalado que USD 500 millones es la cifra aproximada que se ahorraría el Estado ecuatoriano en los próximos 15 años, por implementar dicha medida. (Diario el Telégrafo, 2018)

2.3. COMPARATIVA

	VEHÍCULOS CON MOTOR DIÉSEL	VEHÍCULOS ELÉCTRICOS
Autonomía (Depende del tamaño del vehículo / tamaño o capacidad de almacenamiento de las baterías)	Alta (800 – 900) km	Baja – Media (150- 500) km
Emisiones	Si	No
Mantenimientos	Costosos	Económicos
Potencia Máxima	En altas revoluciones por minuto	Desde bajas revoluciones por minuto
Ruido del motor	Alto	Muy Bajo
Reabastecimiento de Combustible/ Energía	Minutos	Horas
Regeneración de carga de sus baterías a través del frenado y desaceleración.	No	Si
Torque	Paulatino	Instantáneo
Peso en el vehículo de las unidades de abastecimiento.	El tanque donde se almacena el combustible representa el 5% del peso total	El 40% del peso del auto equivale a las baterías.

Componentes principales del motor	Bloque del motor, culata, cigüeñal, válvulas, árbol de levas, bomba de aceite, bomba de agua, sistema de inyección, pistones, cilindros, biela, cojinetes, turbocompresor, cárter.	Estator, rotor, ventilador y escobillas o controlador electrónico.
Tipos	- 4 tiempos, con cilindros en línea - 4 tiempos, con disposición de los cilindros en V.	- Con motores sin escobillas de magneto o imanes permanentes de corriente directa (DC) - Con motores asíncronos o de inducción de corriente alterna (AC) - Con motores sin escobillas de magneto o imanes permanentes de corriente alterna (AC)
Oferta y demanda	Alta	Baja por sus precios elevados, mientras mayor es su autonomía mayor es su costo.

Tabla No. 4: Comparativa entre vehículos con motor diésel y vehículos eléctricos.

Elaborado por: Robert Moyano

3. CAPÍTULO III

3.1. EMISIONES

Debido a que las emisiones que se mencionan en el presente capítulo las genera la flota Ecovía, se las detallará para conocer y concienciar del impacto negativo que producen en la salud de la ciudadanía.

Al no realizarse una combustión interna teórica de los combustibles en los vehículos con motores a diésel (formar solamente dióxido de carbono (CO_2) y agua (H_2O)), es que se producen emisiones tales como Dióxido de Carbono, Óxidos de Nitrógeno, Dióxido de Azufre, Monóxido de Carbono, Material Particulado, Hidrocarburos Totales y Compuestos Orgánicos Volátiles los cuales se detallarán a continuación.

3.1.1. Dióxido de Carbono (CO_2)

El dióxido de carbono se produce por la combustión de combustibles fósiles correspondiendo a la oxidación máxima del carbono. Es identificado como un contaminante a nivel global y no como la emisión principal causante y encargada de afectar a la salud pública; contribuye significativamente al calentamiento global por lo cual, está haciendo que los gobiernos alrededor del mundo se vean en la necesidad de implementar medidas con el objetivo de disminuir el consumo de este tipo de combustible, optando por la utilización de energías renovables ocasionando que este tipo de emisión se reduzca considerablemente. (Acevedo Herrera, 2007)

3.1.2. Óxidos de Nitrógeno (NOx)

Los óxidos de nitrógeno hacen referencia principalmente al dióxido de nitrógeno (NO_2) y al óxido nítrico (NO), de ahí el término NOx. Se producen debido a que en las zonas de ignición se alcanzan elevadas temperaturas, como consecuencia se disocia el nitrógeno gaseoso N_2 presente en el aire y oxidándolo.

La reacción que se produce entre los hidrocarburos y los óxidos de nitrógeno sumado a la presencia de los rayos del sol es lo que produce ozono troposférico, el cual contribuye como contaminante secundario. En la atmósfera una reacción fotoquímica transforma el dióxido de nitrógeno en ácido nítrico y nitratos, que mediante el viento y la lluvia forman la denominada lluvia ácida, el resto de nitratos producidos son partículas muy finas con un tamaño menor de alrededor de 10 micrones de diámetro (MP_{10}) las cuales permanecen en la atmósfera. (Acevedo Herrera, 2007)

El ser humano al inhalar las concentraciones de óxido de nitrógeno presentes en la atmósfera, no llega a ser perjudicial para su salud; no así con el dióxido de nitrógeno, gas de tonalidad rojiza, que al ser inhalado en concentraciones moderadas produce inflamación aguda de los conductos del sistema respiratorio, particularmente en pacientes con asma, en concentraciones elevadas, puede causar la muerte. Un día es comúnmente el tiempo de vida, en que el dióxido de nitrógeno permanece en la atmósfera para luego transformarse en ácido nítrico y otros compuestos químicos. (Acevedo Herrera, 2007)

Existen en la actualidad dispositivos encargados de regular la emisión de NOx´s en los motores de combustión interna a base de gasolina. Donde la presencia de un catalizador de 3 vías hace reaccionar los óxidos de nitrógeno con los hidrocarburos y el monóxido de carbono produciendo N_2, H_2O y CO_2, la disminución de la producción de NOx, se debe a que una parte de gases de escape en la cámara de ignición recircula y baja la temperatura. En motores que trabajan con el combustible diésel y son de combustión interna una nueva tecnología está permitiendo obtener N_2 y H_2O mediante la inyección de amoniaco NH_3 en los gases de escape para hacerlo reaccionar con el NOx. (Acevedo Herrera, 2007)

3.1.3. Dióxido de Azufre (SO_2)

El dióxido de azufre se produce cuando el petróleo o el carbón posee cantidades elevadas de azufre y se combustiona, generando un gas ácido incoloro; el grado de contaminación dependerá de las condiciones climáticas, a mayor inmovilidad del aire mayor contaminación.

Partículas secundarias, cuando el dióxido de azufre se oxida con la luz solar forman ácido sulfúrico y el sulfato de amonio, formando también una lluvia ácida al igual que con los óxidos de nitrógeno; con la diferencia que, si se está expuesto a grandes concentraciones de dióxido de azufre, se incrementa aún más el peligro para la salud humana (irrita ojos, nariz y garganta), también produce daño en plantaciones, estructuras arquitectónicas, degradación del suelo, etc. La emisión de este gas ataca al tejido pulmonar deteriorando la respiración y por consecuencia la persona enferma con una bronquitis. (Acevedo Herrera, 2007)

3.1.4. Monóxido de Carbono (CO)

La poca presencia de oxígeno genera una combustión incompleta del carbono, produciendo el gas tóxico denominado monóxido de carbono, las características principales de este son que es incoloro, inodoro e insípido, cualidades extremadamente peligrosas ya que el ser humano no lo puede reconocer. Alrededor de 4 semanas pasa este gas en la atmósfera, para posteriormente, luego de una oxidación paulatina, formar CO_2. (Acevedo Herrera, 2007)

El monóxido de carbono es uno de los gases más perjudiciales y peligrosos para la salud humana ya que impide que se transporte con normalidad el oxígeno por medio de la sangre, ocasionando problemas respiratorios, dolores de cabeza, fatiga y hasta la muerte por asfixia. La mezcla heterogénea de oxígeno con diésel en motores de combustión interna genera el denominado monóxido de carbono. En los últimos años gracias a la utilización de catalizadores de 3 vías, cuya función es la de transformar más eficientemente el CO, los hidrocarburos (HC) y el óxido de nitrógeno (NOx) a CO_2, $CO_2 + H_2O$ y CO_2 + Nitrógeno mediante oxidación, ha logrado que se disminuya la emisión de este tipo de gas en un 90%; una mejora mínima en la calidad del combustible también ha contribuido. (Acevedo Herrera, 2007)

3.1.5. Material Particulado (MP)

Se denomina material particulado principalmente a cenizas existentes en el combustible, sulfatos, polvos en suspensión, hidrocarburos sólidos y nitratos.

Los motores a diésel luego de la combustión usualmente arrojan partículas con un diámetro menor a 2.5 micrómetros.

La Organización Mundial del a Salud (OMS) ha creído necesario pronunciarse sobre las consecuencias negativas causadas por la inhalación de material particulado presente en nuestra atmósfera, la OMS clasificó al material particulado de acuerdo a su diámetro, donde las partículas de hasta 10 micrómetros o menores son las mayormente peligrosas para la salud ya que estas al tener esta medida en su diámetro llegan a la zona más profunda del pulmón e incluso podrían llegar hasta la sangre en algunos casos. (Acevedo Herrera, 2007)

3.1.6. Hidrocarburos Totales (HCT)

Se denomina hidrocarburo al compuesto orgánico en estado gaseoso, el cual se forma por la combustión del combustible no quemado o quemado parcialmente, a dichos hidrocarburos en estado sólido se los considera como material particulado.

Hay que tomar en cuenta y saber distinguir que el mecanismo y forma en que se producen los hidrocarburos en un motor a gasolina es totalmente diferente a los generados por uno a diésel, ya que en estos últimos, únicamente se forman cuando el aire se comprime dentro de este espacio del motor, concluyendo que se reduce la cantidad de aire necesario para la combustión y una importante cantidad de combustible no se ausenta en el proceso de combustión; mientras que en los motores a gasolina se comprime una mezcla casi en su totalidad homogénea de combustible y aire, para que en la cámara de combustión se esparza la llama y se generen

emisiones de hidrocarburos únicamente en sitios donde la llama no tiene acceso como entre la pared del cilindro y el pistón, y la parte superior del anillo del pistón. (Acevedo Herrera, 2007)

3.1.7. Compuestos Orgánicos Volátiles (VOCs)

Clasificados también como agentes contaminantes, son compuestos que están presentes en la atmósfera en estado de vapor, contribuyendo significativamente en la formación de agentes contaminantes secundarios como el ozono, ya que los VOCs al estar en presencia de los rayos solares se produce un reacción química con los óxidos de nitrógeno; pudiendo formarse en meses de verano los hidrocarburos, halocarburos y oxigenantes, sin embargo son el 1.3-butadieno y el benceno, aquellos hidrocarburos que generan mayor preocupación todos los meses del año debido a su alto impacto negativo en la salud humana. (Acevedo Herrera, 2007)

3.2. FLOTA ECOVIA Y SUS EMISIONES

Las pruebas realizadas luego de 3 meses y de 9.000 kilómetros recorridos por el bus eléctrico BYD K11A en la ciudad de Quito, el personal técnico de la Empresa Pública Metropolitana de Pasajeros de Quito (EPMTPQ) confirmó que, un bus articulado con combustible diésel de similares características (Volvo B10M) emite unas 12 toneladas de CO_2 por recorrer la misma cantidad de kilómetros, llegando a la conclusión que al año una unidad de la Ecovía emite 87 toneladas CO_2 y toda la flota alrededor de 3.480,00 toneladas CO_2 debido a la quema del combustible. (BYD ELÉCTRICO, 2018)

4. CAPÍTULO IV

4.1. COSTOS

Partiendo de la definición de que los costos son gastos económicos invertidos por una persona, asociación, empresa o compañía para brindar un servicio o fabricar un producto, la presente investigación detalla y calcula los costos fijos y costos variables de la Empresa Metropolitana de Transporte de Pasajeros de Quito (EPMTPQ), dichos costos se los tabulará en términos de dólares por kilómetro recorrido, con el fin de realizar un análisis comparativo entre la flota actual de la Ecovía versus una flota de buses articulados eléctricos. (Tamayo Avalos, 2014)

4.2. COSTOS FIJOS

Se denomina a todos aquellos costos que permanecen constantes, sin considerar la actividad desarrollada por la empresa, éstos dependerán más de un espacio de tiempo, que de la variación que pueda existir en la producción o prestación de un servicio, pudiendo ser considerados en meses, semestres o años. Un caso claro podría ser el arrendamiento del garaje donde se estacionan las unidades del Ecovía, el costo será el mismo, independientemente si el número de unidades que brindan el servicio de transporte aumentan o disminuyen. (Duque Navarro, 2017)

4.2.1. INFRAESTRUCTURA

Los costos fijos por infraestructura están relacionados directamente con las edificaciones, construcciones, vías, terminales de pasajeros y todo lo relacionado con

ello, para que las unidades de buses de la flota Ecovía y todo el personal de la EMTPQ puedan brindar eficientemente el servicio de trasporte público metropolitano.

4.2.2. ADMINISTRATIVOS

Los costos administrativos contemplan todos aquellos honorarios y sueldos relacionados con gerentes, jefes, directivos, asesores, contadores, empleados, personal administrativo, gastos en marketing, gastos de oficina en general y gastos hacia todo personal que brinde apoyo a la empresa. Los costos administrativos no están asociados con un departamento específico y son necesarios e importantes para que una empresa pueda desenvolverse de manera eficiente en todo ámbito legal. (Cantillo Maza, 1999)

4.2.3. SERVICIOS BÀSICOS

Los servicios básicos en este caso se los considera costos fijos debido a que la utilización de ellos en la EPMTPQ no genera mayores ni menores niveles de producción ni está relacionada con la parte productiva de la empresa, sin embargo, es un gasto necesario, constante e importante para el bienestar y el correcto desenvolvimiento de todo el personal que labora todos los días en la empresa, y son:

- Agua Potable
- Luz Eléctrica
- Teléfono

4.2.4. SEGUROS

El costo por seguros además de ser un costo fijo es obligatorio para todo vehículo a motor que circule en Ecuador, sin restricción de ninguna naturaleza, sean de propiedad privada o pública, éste seguro se denomina Servicio Público para Pago de Accidentes de Tránsito (SPPAT), el cual sustituyó al SOAT por reforma a la Ley Orgánica de Transporte Terrestre Transito y Seguridad Vial en el año 2015 y está incluido al momento de cancelar el valor de la matricula vehicular. (SPPAT, s.f.)

4.2.5. IMPUESTOS

Los impuestos son costos fijos necesarios para que un vehículo a motor pueda transitar en el territorio nacional, estos están considerados al momento de obtener la matrícula vehicular, documento habilitante para la libre circulación de las vías dentro del territorio nacional. Es decir que, al momento de su facturación, se está considerando diferentes tasas e impuestos correspondientes al cumplimiento de los requisitos previstos en el reglamento de la Agencia Nacional de Tránsito (ANT) y del Servicio de Rentas Internas (SRI).

Como lo muestra la siguiente tabla obtenida en la página web del SRI.

RUBRO	VALOR DETERMINADO POR	CUENTA DE ACREDITACIÓN
Impuesto a la propiedad de Vehículos Motorizados de Transporte Terrestre	SRI	NACIONAL
Impuesto Ambiental a la Contaminación Vehicular	SRI	NACIONAL
Tasas y multas por matriculación	ANT	SECCIONAL
Impuesto al Rodaje	SRI	SECCIONAL
Tasa SPPAT	ANT	NACIONAL

Tabla No. 5: Rubros de Matrícula Vehicular.

Fuente: SRI

Cabe mencionar que el SRI menciona que el impuesto al rodaje va desde los 5 dólares para vehículos avaluados hasta 4000,00 dólares y aumenta hasta los 70 dólares para automotores con un avalúo de 40001,00 dólares en adelante. (SRI, s.f.)

El SRI establece exoneraciones de impuestos para los beneficiarios que se encuentren en la siguiente tabla.

Beneficiario	Exoneraciones vigentes (1)			
	Impuesto a la Propiedad			Impuesto Ambiental
	Exención 100%	Reducción 80%	Rebaja Especial (2)	Exención 100%
Entidades y organismos del Estado previstos en el artículo 225 de la Constitución de la República	*			*
Cruz Roja Ecuatoriana, Sociedad de Lucha Contra el Cáncer (SOLCA) y Junta de Beneficencia de Guayaquil	*			*
Organismos internacionales y funcionarios diplomáticos, conforme los Convenios Internacionales suscritos por el Ecuador (Ley sobre Inmunidades, Privilegios y Franquicias Diplomáticas, Consulares y de los Organismos Internacionales)	*			*
Personas con discapacidad (aplica para vehículos de uso y de traslado) (4)			*	* (3)
Adultos mayores (4)			*	* (3)
Contribuyentes que realicen actividades de transporte público y comercial, debidamente autorizados (5)	*	*		*
Contribuyentes que utilicen sus vehículos exclusivamente en la actividad productiva registrada en el RUC (aplica para vehículos de más de 1 tn de carga útil)		*		*

(1) Se aplicarán los beneficios para ambos impuestos, cuando apliquen, con una sola solicitud.

(2) A los vehículos de uso y traslado de personas con discapacidad, aplica una rebaja de una fracción básica desgravada del Impuesto a la Renta al avalúo vehicular. En el caso de vehículos de propiedad de adultos mayores, tendrán una disminución del 70% de una fracción básica desgravada del Impuesto a la Renta al avalúo vehicular.

(3) El beneficio para vehículos de uso y traslado de personas con discapacidad y de propiedad de adultos mayores, para el Impuesto Ambiental, aplica hasta el año fiscal 2016, año hasta el que se encontró vigente este beneficio.

(4) Aplica para un solo vehículo por titular.

(5) En el caso del Impuesto a la Propiedad, aplica el 100% para vehículos de propiedad de choferes profesionales (un vehículo por titular) y de propiedad de operadoras de transporte público y taxis debidamente legalizadas; para el resto de casos del transporte, aplica el 80%.

Tabla No. 6: Beneficiarios de exoneración de Impuestos.

Fuente: (SRI, s.f.)

4.3. COSTOS VARIABLES

Los costos variables son directamente proporcionales al volumen de producción o prestación de un servicio, es decir pueden disminuir o incrementarse según la actividad desarrollada por la empresa, denominados también costos de consumo. Los costos variables que intervienen en este análisis comparativo son los de propiedad, de operación y los de personal (conductores, auxiliares). (Cantillo Maza, 1999)

4.3.1. COSTOS DE PROPIEDAD

4.3.1.1. Costo de Capital

Dicho costo está representado por la forma en la cual se procede a recuperar y obtener ganancias a partir de la inversión inicial del equipo a lo largo de toda su vida útil. El objetivo del costo del capital será el de obtener los recursos necesarios para, el momento de cumplir la vida útil del equipo se lo pueda reemplazar por uno nuevo. (Cantillo Maza, 1999)

4.3.1.2. Costos Financieros

Son aquellos costos que están completamente relacionados con los recursos económicos utilizados por una empresa con el objetivo de desarrollar la actividad principal de la ésta, pueden tener dos acepciones: La primera hace referencia a los costos que debe cancelar la empresa por deudas adquiridas con la finalidad de brindar un servicio. La segunda acepción se relaciona con la capacidad económica que posee una empresa para renovar o mantener sus activos productivos relacionados a su actividad principal. (Cantillo Maza, 1999)

4.3.1.3. Costo de depreciación

Según el Servicio de Rentas Internas en el artículo 28 (Gastos generales deducibles) numeral 6, existente en el Reglamento para la aplicación de la Ley Orgánica de Régimen Tributario establece que, los costos por depreciación de activos fijos se realizará de acuerdo a la naturaleza del bien o vida útil, por consiguiente debido que el bien en análisis entra en la categoría de vehículos, equipos de transporte o equipo caminero la depreciación a considerar es del 20% anual. (SRI, s.f.)

4.3.2. COSTOS DE OPERACIÒN

4.3.2.1. Combustibles

El costo del combustible dependerá de ciertos aspectos como el valor por galón o litro de diésel, potencia del motor o condiciones de trabajo, de las especificaciones proporcionadas por el fabricante también podríamos obtener la cantidad de combustible que necesita el autobús para su funcionamiento. Sin embargo, debido a que ciertas unidades de la "Ecovía" están en funcionamiento desde hace más de 10 años, es recomendable realizar mediciones de rendimiento en cuanto al consumo de combustible, pudiéndolo expresar en kilómetros recorridos por galón de diésel o en kilómetros recorridos, en hora de trabajo. (Cantillo Maza, 1999)

4.3.2.2. Lubricantes

Para la determinación del consumo de lubricantes necesarios para operar la unidad, la fuente más confiable será el registro del administrador o de la persona encargada de realizar los cambios de aceite de motor, aceite para los componentes

hidráulicos, aceite de transmisión, filtros. También se deberá incluir en costo por lubricantes al parqueo, aseo y lavado de la unidad (Cantillo Maza, 1999).

4.3.2.3. Neumáticos

La estimación de los gastos relacionados a neumáticos es muy variable, ya que, dependerán de las condiciones de trabajo de la unidad, estos no sufren desgaste homogéneo, llegando en ciertos casos a tener una vida útil mucho menor a las mencionadas por el fabricante. (Cantillo Maza, 1999)

4.3.2.4. Mantenimiento

Son costos necesarios debido a que los componentes que integran la unidad de transporte sufren desgaste y según las condiciones de operación, se las deberá realizar en un kilometraje o tiempo determinado, ayudado por las especificaciones de los fabricantes es importante llevar un registro de dichos cambios, con el objetivo de planificar los valores a invertir en mantenimientos y mano de obra. (Cantillo Maza, 1999)

4.3.2.4.1. Preventivo

El mantenimiento preventivo tiene por objetivo principal el de mitigar o evitar el deterioro acelerado de equipos, máquinas, motores, instalaciones, etc, mediante la revisión y cambio de piezas desgastadas, esto se lo realiza en equipos en condiciones de funcionamiento y de acuerdo a recomendaciones de los fabricantes. (Cantillo Maza, 1999)

4.3.2.4.2. Correctivo

El mantenimiento correctivo se lo realiza posteriormente a la avería, defecto o daño del equipo y representa un gasto elevado generalmente no presupuestado, ya que implica el reemplazo de alguna o algunas piezas necesarias para que le equipo vuelva a funcionar correctamente. (Cantillo Maza, 1999)

4.3.3. COSTOS DE PERSONAL

4.3.3.1. Conductores

Se deberá considerar las prestaciones sociales que están estipuladas por leyes y convenciones laborales vigentes, así como también el sueldo que recibe el chofer u operario al momento que la máquina se encuentre sin uso, y obviamente el jornal básico. Las horas extras, trabajos nocturnos, en feriados, domingos y otras bonificaciones constan igualmente en los costos de operario o chofer.

4.3.3.2. Auxiliares

Este costo está relacionado con el personal que necesitan los conductores de las flotas de transporte para controlar sus tiempos operación, dicho personal generalmente se encuentra en las terminales de pasajeros o en las paradas, debido a que se los considera como personal de apoyo su costo podría hacerlo referencia también en los costos fijos administrativos.

5. CAPÍTULO V

5.1. ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS

Se procederá a elegir el circuito E3 de la Ecovía, para realizar la comparativa con el bus articulado eléctrico BYD K11A:

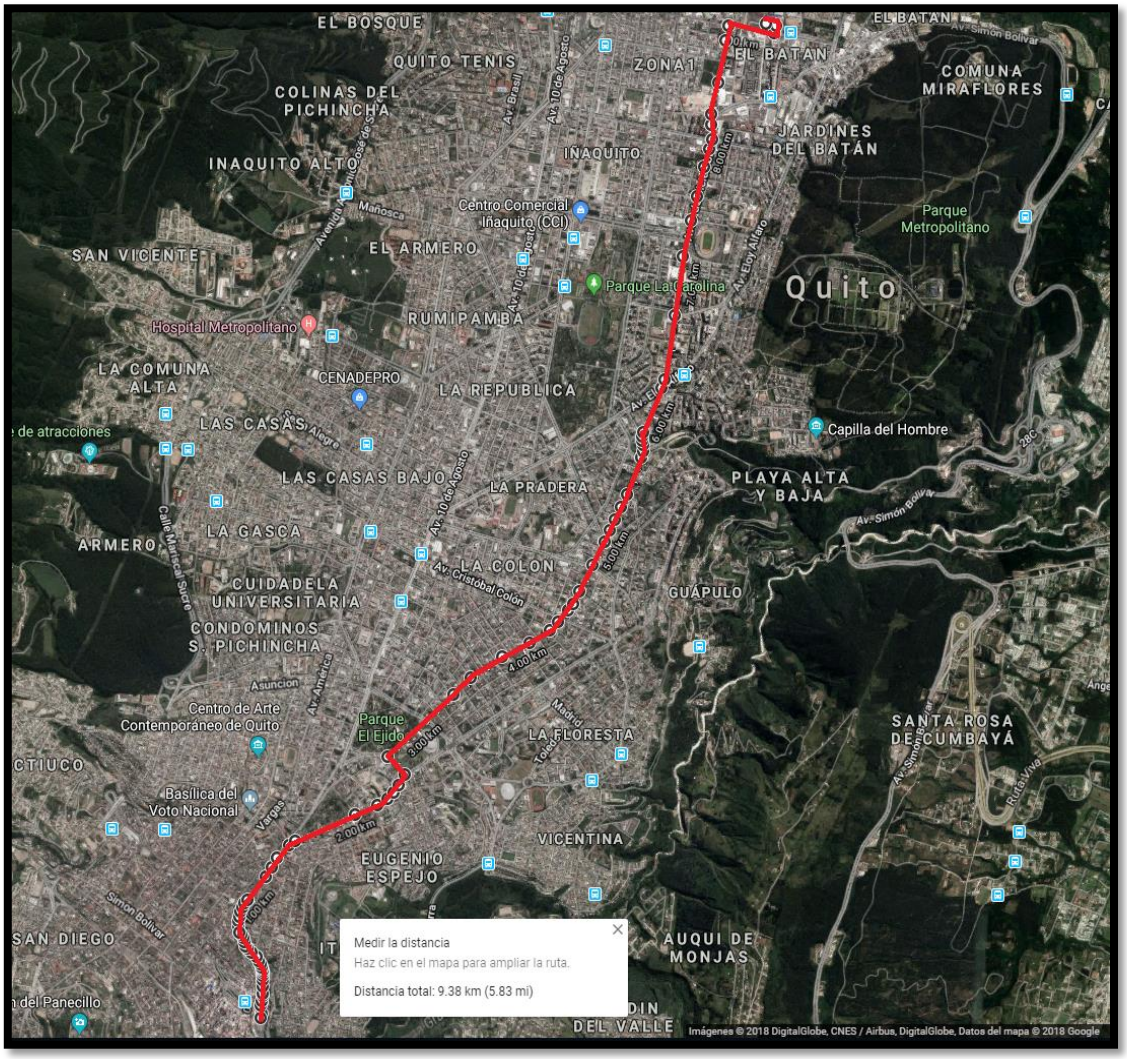


Imagen No. 20: Ruta de análisis (Circuito E3 Ecovía)

Fuente: Google Earth

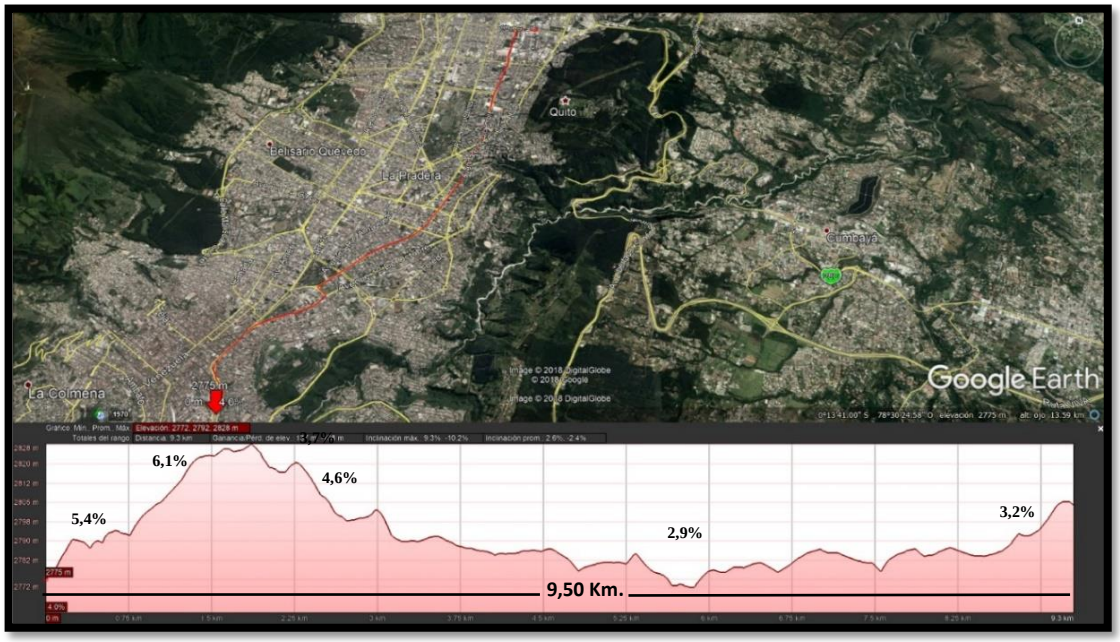


Imagen No. 21: Pendientes de la ruta en análisis (Circuito E3 Ecovía)

Fuente: Google Earth

La ruta que se ha seleccionado para realizar la comparativa entre buses articulados consta de 19 paradas:

Comienza en el Playón la Marín siguiendo por la avenida Pichincha dirección norte con pendiente promedio de 5,4% hasta llegar a la parada Marín Central; con una pendiente promedio de 6,1% continúa la ruta hasta la parada Simón Bolívar; para posteriormente con pendiente promedio de 3,7% ya en la avenida Gran Colombia se conecte con la parada Eugenio Espejo; manteniendo dirección norte y con una pendiente promedio de 4,6% se pasa por la Avenida Tarqui para llegar a la parada Casa de la Cultura que se encuentra en la avenida 6 de Diciembre; de ahí con una pendiente promedio del 2,9% se mantiene durante 6,2 Km. hacia el norte, pasado por las paradas, Galo Plaza, Manuela Cañizares, Baca Ortiz, Orellana, La Paz, San Martín, Bellavista,

Eloy Alfaro, Benalcázar, Naciones Unidas, 24 de Mayo, Los Sauces; para finalmente desde la penúltima parada Jipijapa, subir con una pendiente promedio de 3,2% hacia la Estación Río Coca.

5.2. COSTOS POR KILÓMETRO ECOVÍA

5.2.1. Tabulación de Datos para Costos Fijos y Variables

Para la determinación de dichos costos, la recopilación de datos efectuados al departamento de Gerencia Técnica de la Empresa Pública Metropolitana de Transporte de Pasajeros, proporcionó los siguientes parámetros a considerar para el cálculo requerido, los cuales se detallan en la tabla que se presenta a continuación:

Parámetros de Funcionamiento	**Ruta: Playón Marín – Río Coca (E3)**
Distancia Recorrida Circuito E3 (Ida – Vuelta) en Kilómetros.	19
Recorrido Diario (Km.)	266
Kilómetros Mensuales	7980
Número de ciclos por día (Ida y Vuelta).	14
Tiempo de recorrido aproximado en circuito E3 (Ida - Vuelta) en minutos.	72

Tabla No. 7: Parámetros de funcionamiento de Ecovías.

Elaborado por: Robert Moyano

Según la información proporcionada por la Empresa Pública Metropolitana de Transporte de Pasajeros de Quito (EPMTPQ) un total de 40 buses articulados Volvo B10M son los que posee actualmente la flota de la Ecovía. Teniendo el número total de unidades y un valor promedio de 30 días, se puede calcular los kilómetros recorridos por toda la flota en 1 mes; los cuales se obtienen mediante la multiplicación de los días que trabaja el departamento administrativo, el recorrido de la unidad en un día y el número total de buses de la flota; teniendo en consideración que el mencionado departamento administrativo labora los 30 días del mes con horarios y días rotativos para el personal, la determinación del precio por kilómetro en los costos fijos y costos variables, se lo debe hacer considerando los kilómetros que toda la flota realiza en un mes completo, como se lo muestra a continuación:

	Kilómetros recorridos por día.	Kilómetros recorridos por mes.	Kilómetros recorridos por las 40 unidades en 30 días.
Ruta (E3)	266	7.980	319.200,00

Tabla No. 8: Kilómetros recorridos diarios y mensuales por la flota Ecovía.

Elaborado por: Robert Moyano

5.2.2. Costos Fijos

5.2.2.1. Infraestructura

Estos costos en la empresa Pública Metropolitana de Transporte de Pasajeros de Quito (EPMTPQ) serán iguales independientemente de la implementación de la nueva flota de buses eléctricos articulados BYD, debido a que éstos utilizarán la misma infraestructura existente para proporcionar el servicio. Se podría mencionar que lo

único que se necesitaría implementar son puntos de carga de energía en los lugares de abastecimiento de la flota, pero debido a que su costo es despreciable en relación al costo total de la infraestructura de la EPMTPQ, no se cree necesario establecer una comparativa en este costo.

5.2.2.2. Administrativos

Cada departamento con su personal de apoyo respectivo que se muestra en la imagen No. 22, conforman la estructura organizacional de la Empresa Pública Metropolitana de Transporte de pasajeros de Quito (EPMTPQ), la cual influye en la operación de las unidades, no directamente en su funcionabilidad, pero sí para que la flota de buses pueda brindar el servicio a la ciudadanía, dichos departamentos están representados de manera jerárquica como se muestra a continuación.

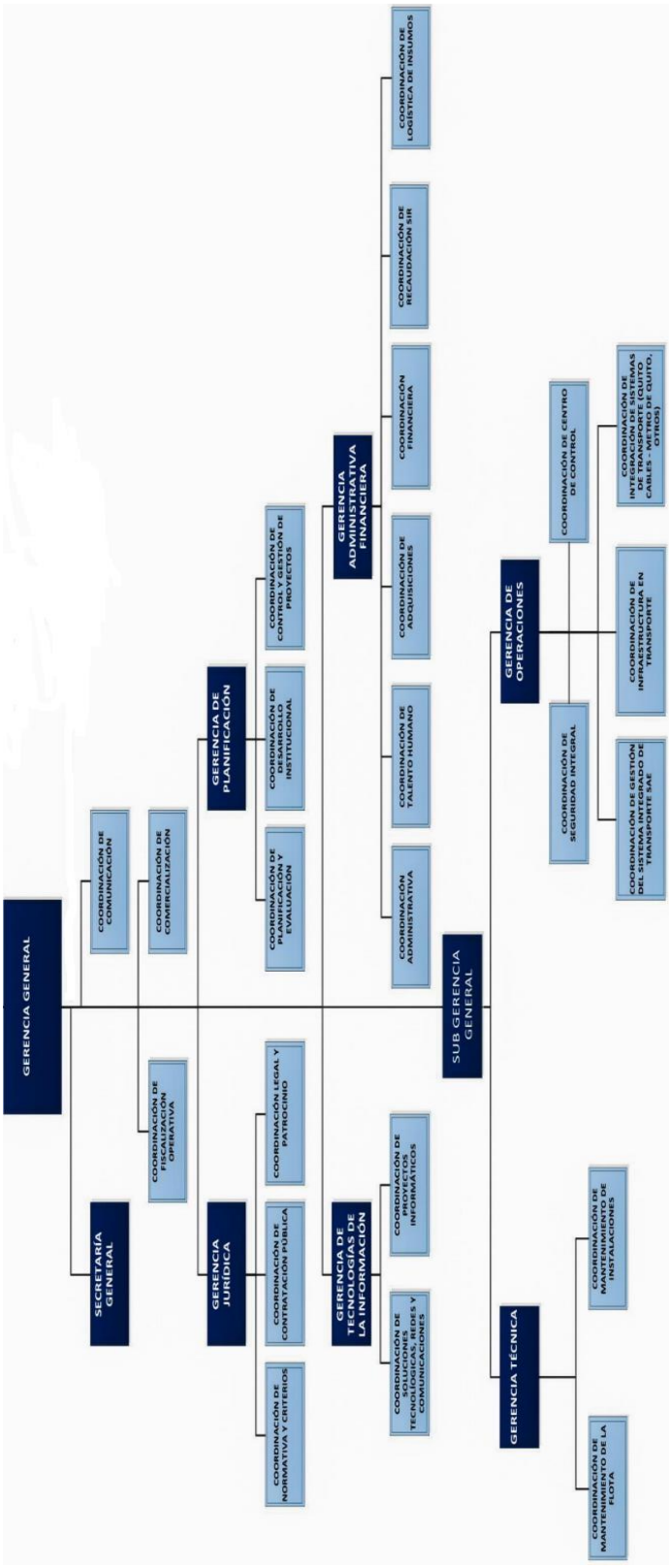


Imagen No. 22: Estructura Organizacional de la EPMTPQ

Fuente: (Empresa de pasajeros de Quito, 2018)

ADMINISTRATIVOS (Encargados de la Flota Volvo B10M)					
Remuneraciones Mensuales			Ingresos Adicionales		
Número de trabajadores	Remuneración mensual unificada	Remuneración Unificada (Anual)	Décimo tercera Remuneración	Décima Cuarta remuneración	Total, ingresos adicionales
208	$ 158.652,77	$ 1´903.833,223	$ 14.930,97	$ 6.645,09	$ 21.576,06
Total Costos Administrativos (mensual)			**$ 180.228,83**		

Tabla No. 9: Remuneración Mensual (noviembre 2018) y anual total, incluido el sistema de compensación de la Empresa Metropolitana de Transporte de Pasajeros de Quito (EPMTPQ)

Fuente: (Empresa Metropolitana de Transporte de Pasajeros de Quito, 2018)

Para obtener el costo administrativo en dólares por kilómetro, debemos dividir el valor total costos administrativos, entre el número de kilómetros recorridos por todas las unidades de la flota en 30 días. (Tamayo Avalos, 2014)

$$\textbf{Costo Administrativo} = \frac{\text{Total Costos Administrativos}}{\text{Kilómetros recorridos por todas las unidades en 30 días.}}$$

$$\textbf{Costo Administrativo} = \frac{180.228,83}{319.200,00}\ \frac{USD}{Km}$$

$$\text{Costo Administrativos} = 0,56\ \frac{USD}{Km}$$

5.2.2.3. Servicios Básicos

Servicios		
	Año 2017	Mensual 2017
BÁSICOS	$ 1´186.529,80	$ 98.877,48

Tabla No. 10: Gastos Mensual y anual en servicios básicos de la Empresa Metropolitana de Transporte de Pasajeros de Quito (EPMTPQ)

Fuente: (Empresa de pasajeros de Quito, 2018)

Para obtener el costo por servicios básicos en dólares por kilómetro, debemos dividir el valor mensual 2017, entre el número de kilómetros recorridos por todas las unidades de la flota en 30 días. (Tamayo Avalos, 2014)

$$\textbf{Costo por Servicios Básicos} = \frac{\text{Mensual 2017 (Sevicios Bàsicos)}}{\text{Kilómetros recorridos por todas las unidades en 30 días.}}$$

$$\textbf{Costo por Servicios Básicos} = \frac{98.877,48}{319.200,00}\ \frac{USD}{Km}$$

$$\text{Costo por Servicios Básicos} = 0,31\ \frac{USD}{Km}$$

5.2.2.4. Seguros

Consulta valores a pagar por placa o chasis

Placa
PME0469

Marca	Modelo	Año de modelo	País
VOLVO	B10M	2003	BRASIL

Último año de pago
2017

RAMV o CPN	Cantón	Clase	Servicio
E00053857	QUITO	OMNIBUS	PARTICULAR

Cilindraje	Color 1	Color 2	Estado exoneración	Prohibido enajenar
10000	ROJO	ROJO	SI	NO

Fecha caducidad matrícula	Fecha última matrícula	Fecha compra	Fecha matrícula anual
2022-10-31	2017-10-24	2002-11-19	2017-10-24

Detalle de valores a pagar

Seguros

Rubro	Período fiscal	Beneficiario	Valor
TASA SPPAT	2018 - 2018	SPPAT	$48.96

Tabla No. 11: Detalle a pagar por seguros unidad Ecovía placa (PME0469)

Fuente: SRI, 2018

Seguros (Para Flota Volvo B10M)		
	Año 2017	Mensual 2017 ((48,96/12)+(11,15%*738))
SEGUROS	$ 41.457,60	$ 3.454,80

Tabla No. 12: Gastos Mensual y anual en seguros de la Empresa Metropolitana de Transporte de Pasajeros de Quito (EPMTPQ)

Fuente: (Empresa de pasajeros de Quito, 2018)

Para obtener el costo por seguros en dólares por kilómetro, debemos dividir el valor mensual 2017, entre el número de kilómetros recorridos por todas las unidades de la flota en 30 días. (Tamayo Avalos, 2014)

$$\textbf{Costo por Seguros} = \frac{\text{Mensual 2017 (Seguros)}}{\text{Kilómetros recorridos por todas las unidades en 30 días.}}$$

$$\textbf{Costo por Seguros} = \frac{3.454{,}80}{319.200{,}00}\ \frac{USD}{Km}$$

$$\text{Costo por Seguros} = 0{,}011\ \frac{USD}{Km}$$

5.2.2.5. Impuestos

Consulta valores a pagar por placa o chasis

Placa

PME0469

Marca	Modelo	Año de modelo	País
VOLVO	B10M	2003	BRASIL

Último año de pago

2017

RAMV o CPN	Cantón	Clase	Servicio
E00053857	QUITO	OMNIBUS	PARTICULAR

Cilindraje	Color 1	Color 2	Estado exoneración	Prohibido enajenar
10000	ROJO	ROJO	SI	NO

Fecha caducidad matrícula	Fecha última matrícula	Fecha compra	Fecha matrícula anual
2022-10-31	2017-10-24	2002-11-19	2017-10-24

Detalle de valores a pagar

Impuestos

Rubro	Período fiscal	Beneficiario	Valor
IMPUESTO AMBIENTAL	2018 - 2018	SRI	$0.00
IMPUESTO RODAJE	2018 - 2018	SRI	$0.00
IMPUESTO A LA PROPIEDAD	2018 - 2018	SRI	$0.00
IMPUESTO ANT	2018 - 2018	SRI	$36.00

Tabla No. 13: Detalle a pagar impuestos unidad Ecovía placa (PME0469)

Fuente: SRI, 2018

Impuestos (Para Flota Volvo B10M)		
	Año 2017	Mensual 2017
IMPUESTOS	$ 1.440,00	$ 120,00

Tabla No. 14: Gastos Mensual y anual en impuestos de la Empresa Metropolitana de Transporte de Pasajeros de Quito (EPMTPQ)

Fuente: (Empresa de pasajeros de Quito, 2018)

Para obtener el costo por impuestos en dólares por kilómetro, debemos dividir el valor mensual 2017, entre el número de kilómetros recorridos por todas las unidades de la flota en 30 días. (Tamayo Avalos, 2014)

$$\textbf{Costo por Impuestos} = \frac{\text{Mensual 2017 (Impuestos)}}{\text{Kilómetros recorridos por todas las unidades en 30 días.}}$$

$$\textbf{Costo por Impuestos} = \frac{120{,}00}{319.200{,}00}\ \frac{USD}{Km}$$

$$\text{Costo por Impuestos} = 0{,}00037\ \frac{USD}{Km}$$

5.2.3. Costos Variables

5.2.3.1. Costos de Propiedad

5.2.3.1.1. Costo de Capital

Para la determinación del costo del capital es necesario primero calcular la tasa de interés real (r), la cual toma en consideración tasa de interés activa (k) y tasa de inflación (f). (Cantillo Maza, 1999)

$$r = \frac{1+k}{1+f} - 1$$

k= Tasa de interés activa (anual)

f= Tasa de inflación (anual)

Según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) la inflación anual (f) 2018 cerró en 0,27%, mientras en lo que va del 2019 ésta se ha situado en 0,47%. La tasa de interés activa anual (k) promedio publicada por el Banco Central del Ecuador en su página web es de 7,83% a enero del 2019.

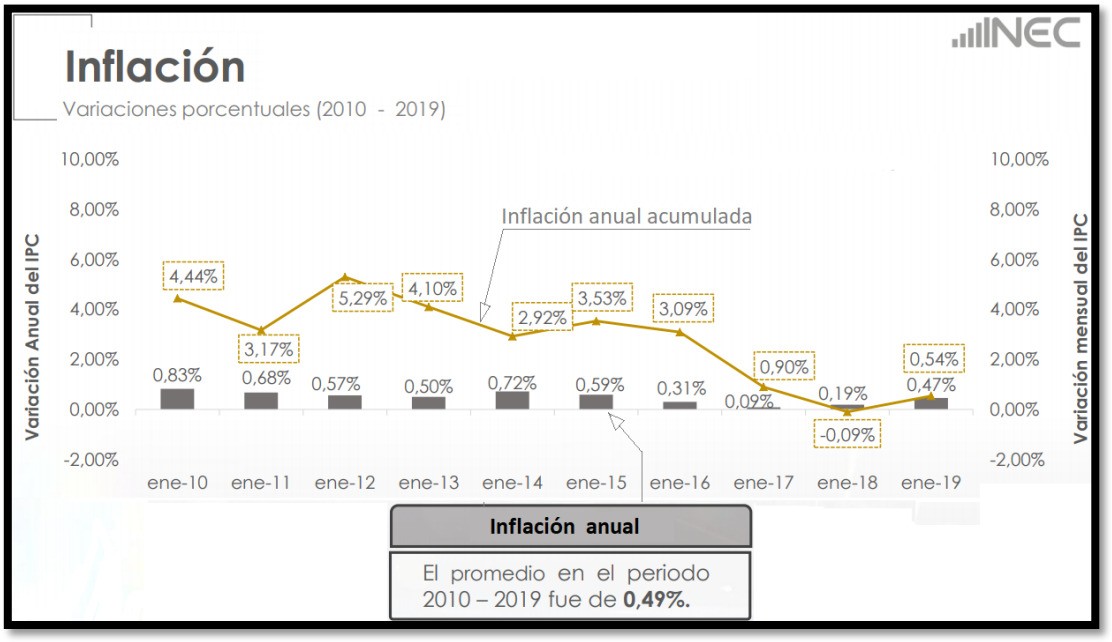


Gráfico No. 10: Inflación promedio Enero 2010 – Enero 2019

Fuente: INEC, 2019

$$r = \frac{1 + 7{,}83}{1 + (0{,}49)} - 1$$

$$r = 4{,}93\%$$

Luego procedemos a determinar el costo anual de capital (CK), tomando en consideración la tasa de interés real, valor comercial del vehículo nuevo, valor de salvamento y la vida útil del activo (Cantillo Maza, 1999)

$$CK = \frac{[Vo * (1 + r)^n * r] - Vs * r}{(1 + r)^n - 1}$$

CK= Costo anual de capital

Vo= Valor comercial del vehículo nuevo

Vs= Valor de salvamento (10% Vo)

n= Vida útil del equipo (20ños)

r = Tasa de interés real

BUS ARTICULADO	
Marca	VOLVO
Modelo	B10M
Año	2003
Vida Útil (n)	20 años
Horas diarias laboradas por la unidad	16,5
Kilómetros recorridos mensualmente	7.980,00

Costo de la unidad incluido valor de la carrocería (Vo)	USD 175.800,00
Valor residual al final de la vida útil de la unidad según el SRI (10% Vo)	USD 17.580,00

Tabla No. 15: Datos para cálculo de costo de capital y depreciación.

Fuente: Ing. Gustavo Caizaluisa Coordinador de Logística de la Empresa Metropolitana de Transporte de Pasajeros de Quito (EPMTPQ).

$$CK = \frac{[175.800{,}00 * (1+0{,}0493)^{20} * 0{,}0493] - 17{,}580{,}00 * 0{,}0493}{(1+0{,}0493)^{20}-1}$$

$$CK = \text{USD } 13.487{,}43$$

$$\text{Costo de capital mensual} = \text{USD } 1.123{,}95$$

$$\text{Costo de capital en dólares por kilómetro} = \frac{Costo\ de\ Capital\ Mensual}{Kilómetros\ recorridos\ mesualmente}$$

$$\text{Costo de capital en dólares por kilómetro} = \frac{1.123{,}95}{7.980{,}00}\ \frac{USD}{Km}$$

$$\text{Costo de Capital} = 0{,}14\ \frac{USD}{Km}$$

5.2.3.1.2. Costo de Depreciación

Para el cálculo de la depreciación de las unidades B10M el SRI establece que se debe considerar una depreciación anual del 20% por entrar en la categoría de vehículos, equipos de transporte o equipo caminero y un 10% del costo del capital para valor residual, sin embargo, yo recomiendo establecer el porcentaje de depreciación anual, utilizando el método de línea recta, debido a la exagerada vida útil que se le asignado a la flota de la Ecovía.

AÑO	% DE DEPRECIACIÓN	DEPRECIACIÓN ANUAL $	DEPRECIACIÓN ACUMULADA $	VALOR RESIDUAL $
1	4.5%	7.911,00	7.911,00	167.889,00
2	4.5%	7.911,00	15.822,00	159.978,00
3	4.5%	7.911,00	23.733,00	152.067,00
4	4.5%	7.911,00	31.644,00	144.156,00
5	4.5%	7.911,00	39.555,00	136.245,00
6	4.5%	7.911,00	47.466,00	128.334,00
7	4.5%	7.911,00	55.377,00	120.423,00
8	4.5%	7.911,00	63.288,00	112.512,00
9	4.5%	7.911,00	71.199,00	104.601,00
10	4.5%	7.911,00	79.110,00	96.690,00
11	4.5%	7.911,00	87.021,00	88.779,00
12	4.5%	7.911,00	94.932,00	80.868,00
13	4.5%	7.911,00	102.843,00	72.957,00
14	4.5%	7.911,00	110.754,00	65.046,00
15	4.5%	7.911,00	118.665,00	57.135,00
16	4.5%	7.911,00	126.576,00	49.224,00
17	4.5%	7.911,00	134.487,00	41.313,00
18	4.5%	7.911,00	142.398,00	33.402,00
19	4.5%	7.911,00	150.309,00	25.491,00
20	4.5%	7.911,00	158.220,00	17.580,00

Tabla No. 16: Depreciación anual y valor residual de una unidad de la flota Ecovía.

Elaborado por: Robert Moyano

$$\text{Depreciación anual} = \frac{(Valor\ activo\ fijo - Valor\ residual)}{Años\ de\ vida\ útil}$$

$$\text{Depreciación anual} = \frac{(175.800{,}00 - 17.580{,}00)}{20}$$

Depreciación anual en dólares = 7.911,00

Depreciación anual en % = 4,5

$$\text{Depreciación en USD por Kilómetro recorrido} = \frac{7.911{,}00}{65.000{,}00}\ \frac{USD}{Km}$$

$$\text{Depreciación en USD por Kilómetro recorrido} = 0{,}11\ \frac{USD}{Km}$$

5.2.3.2. Costos de Operación

5.2.3.2.1. Combustible

El combustible utilizado en las unidades en estudio es el diésel; para obtener el costo por kilómetro es necesario primero calcular el rendimiento en kilómetros por galón de combustible, el cual como mencionamos en el planteamiento del problema, por los aproximadamente 2 800 metros de altura sobre el nivel del mar, forma incorrecta de conducir del operario, condición de las vías y baja calidad del diésel, la eficiencia de los motores a combustión baja al 75 por ciento. (Tamayo Avalos, 2014)

BUS ARTICULADO VOLVO				
MODELO	AÑO	CONSUMO DIARIO (gal)	MEDIA CONSUMO DIARIO (gal)	KILÓMETROS RECORRIDOS DIARIOS
B10M	2003	28 - 32	30	266

Tabla No. 17: Datos para cálculo de rendimiento del combustible.

Fuente: Ing. Gustavo Caizaluisa Coordinador de Logística de la Empresa Metropolitana de Transporte de Pasajeros de Quito (EPMTPQ).

$$\text{Rendimiento diésel} = \frac{\text{Kilómetros diarios}}{\text{consumo diario combustible (gal)}}$$

$$\text{Rendimiento diésel} = \frac{266\ (\text{Km})}{30\ (\text{gal})} = 8{,}86\ \frac{\text{Km}}{\text{gal}} = 2{,}34\ \frac{\text{Km}}{\text{l}}$$

$$75\%\ \text{Rendimiento diésel} = 8{,}86 * 0{,}75 = \ 6{,}645\ \frac{Km}{gal}$$

Es decir que realmente con 1 galón de diésel únicamente la unidad del Ecovía recorre 6,645 kilómetros y no 8,86 kilómetros como está originalmente. El precio por galón a enero 2019 asignado por el gobierno para el combustible diésel se mantiene en 1,037 dólares. (Pacheco & Tapia, 2019)

$$\text{Combustible} = \frac{Precio\ por\ galón\ de\ diésel\ \frac{\$}{gal}}{75\%\ \text{Rendimiento diésel}\ \frac{Km}{gal}}$$

$$\text{Combustible} = \frac{1{,}037\ \frac{\$}{gal}}{6{,}645\ \frac{Km}{gal}}$$

Combustible = 0,16 $\frac{\$}{Km}$

5.2.3.2.2. Neumáticos

Marca	Cantidad	Precio Unitario ($)	Precio Total ($)	Período de cambio (Km).
Continental	10	503,00	5.030,00	25.000,00

Tabla No. 18: Datos para cálculo de costo por kilómetro de los neumáticos.

Fuente: Ing. Gustavo Caizaluisa Coordinador de Logística de la Empresa Metropolitana de Transporte de Pasajeros de Quito (EPMTPQ).

$$\textbf{Neumáticos} = \frac{Costo\ del\ juego\ completo}{Frecuencia\ de\ Cambio}\ \frac{USD}{Km}$$

$$\textbf{Neumáticos} = \frac{5.030,00}{25.000,00}\ \frac{USD}{Km}$$

Neumáticos = 0,20 $\frac{\$}{Km}$

5.2.3.2.3. Mantenimiento

5.2.3.2.3.1. Preventivo

FLOTA ARTICULADOS VOLVO	
Cantidad	40
Modelo	B10M
Año	2003
Antigüedad (años)	15
Precio	175.800,00
Intervalo (Km)	7.500,00
Intervalo (Tiempo)	45 días
Valor aproximado de mantenimiento preventivo. ($)	250
Kilómetros recorridos anualmente	65.000,00

Tabla No. 19: Datos para cálculo de costo por kilómetro del mantenimiento preventivo.

Fuente: Ing. Gustavo Caizaluisa Coordinador de Logística de la Empresa Metropolitana de Transporte de Pasajeros de Quito (EPMTPQ).

$$\text{Manteniemento Preventivo} = \frac{Costo\ aproximado\ de\ mantenimiento\ preventivo}{Intervalo}\ \frac{USD}{Km}$$

$$\text{Mantenimiento Preventivo} = \frac{250{,}00}{7.500{,}00}\ \frac{USD}{Km}$$

$$\text{Mantenimiento Preventivo} = 0{,}033\ \frac{\$}{Km}$$

5.2.3.2.3.2. Correctivo

COSTO ANUAL - MENSUAL MANTENIMIENTOS FLOTA VOLVO B10M										
MES	COSTO MENSUAL MANTENIMIENTOS FLOTA ARTICULADOS: MOTOR-EMBRAGUE-SUSPENSIÓN-FRENOS-NEUMÁTICOS	PROMEDIO COSTO MENSUAL MANTENIMIENTOS FLOTA ARTICULADOS: MOTOR- EMBRAGUE-SUSPENSIÓN-FRENOS-NEUMÁTICOS	PROMEDIO ANUAL MANTENIMIENTOS FLOTA ARTICULADOS: MOTOR-EMBRAGUE-SUSPENSIÓN-FRENOS-NEUMÁTICOS	PROMEDIO DE COSTO ANUAL DE MANTENIMIENTOS PARA UN ARTICULADO	PROMEDIO DE COSTO MENSUAL DE MANTENIMIENTOS PARA UN ARTICULADO	COSTO APROXIMADO MESUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UN ARTICULADO	COSTO APROXIMADO ANUAL MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UN ARTICULADO	COSTO APROXIMADO MESUAL DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO PARA UN ARTICULADO	COSTO APROXIMADO ANUAL MANTENIMIENTO CORRECTIVO PARA UN ARTICULADO	KILOMETRAJE PROMEDIO RECORRIDO ANUAL
ENERO	$ 77.449,65	$ 61.952,46	$ 743.429,56	$ 18.585,74	$ 1.548,81	$ 250,00	$ 3.000,00	$ 1.298,81	$ 15.585,74	65000,00
FEBRERO	$ 60.731,31									
MARZO	$ 57.112,69									
ABRIL	$ 67.171,21									
MAYO	$ 65.811,45									
JUNIO	$ 43.438,47									

Tabla No. 20: Costo anual mensual mantenimientos flota Volvo B10M

Fuente: Ing. Gustavo Caizaluisa Coordinador de Logística de la Empresa Metropolitana de Transporte de Pasajeros de Quito (EPMTPQ).

$$\textbf{Mantenimiento Correctivo} = \frac{Costo\ aproximado\ anual\ mantenimiento\ correctivo\ para\ un\ articulado}{Kilometraje\ promedio\ recorrido\ anual}\ \frac{USD}{Km}$$

$$\textbf{Mantenimiento Correctivo} = \frac{15.585,74}{65.000,00}\ \frac{USD}{Km}$$

$$\text{Mantenimiento Correctivo} = 0,24\ \frac{USD}{Km}$$

5.2.3.3.Costos de Personal

5.2.3.1.1. Conductor

CONDUCTOR			
Descripción	Salario Mensual (Descontando el 11,15% Aporte Patronal)	Salario Diario	Kilómetros laborados x día
Sueldo Conductor	$ 655,71	$ 21,86	266

Tabla No. 21: Costo por kilómetro en relación a sueldo de conductor

Fuente: (Empresa Metropolitana de Transporte de Pasajeros de Quito, 2018)

$$\text{Conductor} = \frac{Salario\ Diario}{Kilómetros\ laborados\ por\ día}\ \frac{USD}{Km}$$

$$\text{Conductor} = \frac{21{,}86}{266{,}00}\ \frac{USD}{Km}$$

$$\text{Conductor} = 0{,}082\ \frac{USD}{Km}$$

5.3. COSTOS POR KILÓMETRO BYD K11A

5.3.1. COSTOS FIJOS

Con el objetivo de que el análisis comparativo sea lo más tangible posible se debe mencionar que los costos por kilómetros recorridos que se pueden considerar como iguales, o no variar significativamente en ambas flotas son; todos en los costos fijos y, el costo de personal en los costos variables, por lo explicado previamente en el literal *5.2.2.1* de la página 63; un criterio similar podemos aplicar hacia los otros costos que se los puede considerar "iguales", de los fijos y de los variables.

Si la flota actual de la Ecovía posee 40 buses articulados Volvo B10M se procede a estimar la misma cantidad de unidades para la flota eléctrica BYD, así como también los kilómetros recorridos por una unidad al día, como muestra la siguiente tabla.

Parámetros de Funcionamiento	**Ruta: Playón Marín – Río Coca (E3)**
Distancia Recorrida Circuito E3 (Ida – Vuelta) en Kilómetros.	19
Recorrido Diario (Km.)	266
Kilómetros Mensuales	7980
Número de ciclos por día (Ida y Vuelta).	14
Tiempo de recorrido aproximado en circuito E3 (Ida – Vuelta) en minutos.	72

Tiempo de Carga de Baterías (horas)	2,5- 3,0

Tabla No. 22: Parámetros de funcionamiento buses eléctricos BYD.

Fuente: Robert Moyano

5.3.2. COSTOS VARIABLES

5.3.2.1. COSTOS DE PROPIEDAD

5.3.2.1.1. Costo de Capital

Se procede a calcular la tasa de interés real (r), para posteriormente determinar el costo del capital (CK), considerando los mismos valores utilizados anteriormente en el cálculo de CK para una unidad de la flota Ecovía.

$$r = \frac{1+k}{1+f} - 1$$

k= Tasa de interés activa (anual)

f= Tasa de inflación (anual)

$$r = \frac{1+7{,}83}{1+(0{,}49)} - 1$$

$$r = 4{,}93\%$$

$$CK = \frac{[Vo * (1+r)^n * r] - Vs * r}{(1+r)^n - 1}$$

CK= Costo anual de capital

Vo= Valor comercial del vehículo nuevo

Vs= Valor de salvamento (10% Vo)

n= Vida útil del equipo (20ños)

r= Tasa de interés real

BUS ARTICULADO ELÉCTRICO	
Marca	BYD
Modelo	K11A
Año	2018
Vida Útil (n)	20 años
Horas diarias laboradas por la unidad	16,5
Kilómetros recorridos mensualmente	7.980,00
Costo de la unidad incluido valor de la carrocería (Vo)	USD 505.500,00
Valor residual al final de su vida útil según el SRI (10% Vo)	USD 50.550,00

Tabla No. 23: Datos para cálculo de costo de capital y depreciación.

Fuente: Departamento financiero de BYD e-Motors Quito - Ecuador

$$\text{Costo de Capital (CK)} = \frac{[505.500{,}00 * (1+0{,}0493)^{20} * 0{,}0493] - 50.550{,}00 * 0{,}0493}{(1+0{,}0493)^{20}-1}$$

$$\text{Costo de Capital (CK)} = \text{USD } 38.782{,}12$$

$$\text{Costo de Capital mensual} = \text{USD } 3.231{,}84$$

Costo de Capital en dólares por kilómetro = $\frac{Costo\ de\ Capital\ Mensual}{Kilómetros\ recorridos\ mesualmente}$

Costo de Capital en dólares por kilómetro = $\frac{3.231,84}{7.980,00}\ \frac{USD}{Km}$

Costo de Capital = 0,40 $\frac{USD}{Km}$

5.3.2.1.2. Costo de Depreciación

DEPRECIACIÓN					
MARCA	MODELO	AÑO	VIDA ÚTIL	TIEMPO UTILIZACIÓN AL DÍA	PRECIO
BYD	K11A	2018	20	16.5 (Horas)	505.500,00

Tabla No. 24: Datos para cálculo de depreciación de unidades BYD.

Fuente: BYD Ecuador

Para el cálculo de la depreciación de las unidades BYD se utilizará el mismo método de progresión aritmética decreciente, que se usó para los del Ecovía.

AÑO	% DE DEPRECIACIÓN	DEPRECIACIÓN ANUAL $	DEPRECIACIÓN ACUMULADA $	VALOR RESIDUAL
1	4,5	22.747,50	22.747,50	482.752,50
2	4,5	22.747,50	45.495,00	460.005,00
3	4,5	22.747,50	68.242,50	437.257,50
4	4,5	22.747,50	90.990,00	414.510,00
5	4,5	22.747,50	113.737,50	391.762,50
6	4,5	22.747,50	136.485,00	369.015,00
7	4,5	22.747,50	159.232,50	346.267,50
8	4,5	22.747,50	181.980,00	323.520,00
9	4,5	22.747,50	204.727,50	300.772,50
10	4,5	22.747,50	227.475,00	278.025,00
11	4,5	22.747,50	250.222,50	255.277,50
12	4,5	22.747,50	272.970,00	232.530,00
13	4,5	22.747,50	295.717,50	209.782,50
14	4,5	22.747,50	318.465,00	187.035,00
15	4,5	22.747,50	341.212,50	164.287,50
16	4,5	22.747,50	363.960,00	141.540,00
17	4,5	22.747,50	386.707,50	118.792,50
18	4,5	22.747,50	409.455,00	96.045,00
19	4,5	22.747,50	432.202,50	73.297,50
20	4,5	22.747,50	454.950,00	50.550,00

Tabla No. 25: Depreciación anual por años de las unidades BYD.

Elaborado por: Robert Moyano

$$\text{Depreciación anual} = \frac{(Valor\ activo\ fijo - Valor\ residual)}{Años\ de\ vida\ útil}$$

$$\text{Depreciación anual} = \frac{(505.500{,}00 - 50.550{,}00)}{20}$$

Depreciación anual en dólares = 22.747,50

Depreciación anual % = 4,5

$$\text{Costo Depreciación} = \frac{22.747{,}50}{65.000{,}00}\ \frac{USD}{Km}$$

$$\text{Costo Depreciación} = 0.35\ \frac{USD}{Km}$$

5.3.2.2. COSTOS DE OPERACIÓN

5.3.2.2.1. Combustible (Energía)

Para proceder a calcular el costo de operación por combustible es necesario primero obtener el consumo energético kW h por kilómetro recorrido, es así que según las especificaciones proporcionadas por BYD e-Motors (Imagen No.15 pág. 27), la capacidad de almacenamiento de la batería de hierro fosfato BYD es de 400 kW h y su autonomía es de 350,00 Km, entonces si despejamos el consumo energético de la ecuación que cita Juan Torres en su tesis obtendremos (Torres Sarmineto, 2015)

$$\text{Autonomía} = \frac{Capacidad\ de\ la\ batería}{Consumo\ energético}\ \frac{kW\ h}{\frac{kW\ h}{Km}}$$

$$\text{Consumo energético } = \frac{Capacidad\ de\ la\ batería}{Autonomía}\ \frac{kW\ h}{Km}$$

$$\text{Consumo energético } = \frac{400}{350}\ \frac{kW\ h}{Km}$$

$$\text{Consumo energético } = 1{,}14\ \frac{kW\ h}{Km}$$

Por consiguiente, ya teniendo dicho valor calculamos la energía que consume el bus eléctrico articulado BYD al día.

$$\text{Energía por día} = Consumo\ energético\ \frac{kW\ h}{Km}\ x\ Recorrido\ Diario\ \frac{Km}{día}$$

$$\text{Energía por día} = 1{,}14\ \frac{kW\ h}{Km}\ x\ 266\ \frac{Km}{día}$$

$$\text{Energía por día} = 303{,}24\ \frac{kW\ h}{día}$$

Con un factor de conversión se transforma la energía consumida diaria a energía consumida por hora, para posteriormente multiplicar por el costo del kW h en la ciudad de Quito (Tabla No. 26).

$$\text{Energía por hora} = 303{,}24\ \frac{kW\ h}{día}\ x\ 0{,}041666\ \frac{día}{horas}$$

$$\text{Energía por hora} = 12{,}64\ \frac{kW\ h}{h}$$

AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ELECTRICIDAD

EMPRESA ELÉCTRICA QUITO S.A.

PERIODO: ENERO - DICIEMBRE

CARGOS TARIFARIOS

RANGO DE CONSUMO	DEMANDA (USD/kW-mes)	ENERGÍA (USD/kWh)	COMERCIALIZACIÓN (USD/Consumidor)
NIVEL VOLTAJE	**BAJO VOLTAJE CON DEMANDA HORARIA**		
	SERVICIO PÚBLICO / COMERCIALES		
1-300	4,182		
Superior			
08:00 hasta 22:00 horas		0,088	
22:00 hasta 08:00 horas		0,070	
	INDUSTRIALES		
1-300	4,182		
Superior			
08:00 hasta 22:00 horas		0,063	
22:00 hasta 08:00 horas		0,067	
	E. OFICIALES, ESC. DEPORTIVOS SERVICIO COMUNITARIO Y ABONADOS ESPECIALES		1,414
1-300	4,182		
Superior			
08:00 hasta 22:00 horas		0,078	
22:00 hasta 08:00 horas		0,064	
	BOMBEO AGUA		
1-300	4,182		
Superior			
08:00 hasta 22:00 horas		0,068	
22:00 hasta 08:00 horas		0,054	

Tabla No. 26: Costo del kW h - hora para sector público proyección año 2019

Fuente: (ARCONEL, 2018)

Según la Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL) el costo del kW h para el sector no residencial con necesidad de voltaje de 1 a 300 kW de 22:00 horas hasta las 08:00 horas es de 0,070 dólares, lo que significa que será mucho más conveniente cargar la flota BYD durante toda la noche; por consiguiente, si por hora una unidad requiere 18,38 kW, el costo de energía para operar una unidad será:

$$\text{Costo de energía por hora} = 12{,}64\ \frac{kW\ h}{h}\ \text{x}\ 0{,}070\ \frac{USD}{kW\ h}$$

$$\text{Costo de energía por hora} = 0{,}88\ \frac{USD}{h}$$

$$\text{Costo de energía por dìa} = 0{,}88\ \frac{USD}{h}\ x\ 16{,}5\ \ h\ (horas\ que\ trabaja\ la\ unidad)$$

$$\text{Costo de energía por día} = \$\ 14{,}52$$

$$\text{Costo de energía por día} = \frac{Costo\ de\ energía\ por\ día}{Kilómetros\ recorridos\ por\ día}\ \frac{USD}{Km}$$

$$\text{Costo de energía por día} = \frac{14{,}52}{266}\frac{USD}{Km}$$

$$\text{Costo de energía por día} = 0{,}055\,\frac{USD}{Km}$$

5.3.2.2.2. Mantenimiento

Al representar los lubricantes y repuestos para motor, embrague, eje de transmisión los costos más representativos en el rubro de mantenimientos en una unidad de la flota Ecovía, se procede a considerar un ahorro del 60% del precio de dicho rubro tanto para mantenimiento preventivo como para el correctivo según la información proporcionada y verificada por la empresa BYD E-Motors en Quito Ecuador (Anexo pág. 102). Para calcular los mantenimientos en términos de dólares por kilómetro recorrido para un bus eléctrico BYD K11A se deberá mantener el valor promedio de 65.000,00 kilómetros recorridos anualmente, así como también la misma ruta E3.

5.3.2.2.2.1. Preventivo

COSTO APROXIMADO MENSUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO (UNIDAD B10M)	COSTO APROXIMADO ANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO (UNIDAD B10M)	COSTO APROXIMADO MENSUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO (UNIDAD BYD)	COSTO APROXIMADO ANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO (UNIDAD BYD)	KILÓMETROS ANUALES
$ 250,00	$ 3.000,00	$250,00 x 0.4 = **$100,00**	$ 1.200,00	65.000,00

Tabla No. 27: Costo aproximado mantenimiento preventivo mensual - anual unidad BYD K11A.

Elaborado por: Robert Moyano

$$\text{Manteniemento Preventivo} = \frac{Costo\ aproximado\ de\ mantenimiento\ preventivo}{Intervalo\ (Imagen\ No.14\ pág\ 26)}\frac{USD}{Km}$$

$$\text{Mantenimiento Preventivo} = \frac{100{,}00}{10.000{,}00}\ \frac{USD}{Km}$$

$$\text{Mantenimiento Preventivo} = 0{,}010\ \frac{\$}{Km}$$

5.3.2.2.2.2. Correctivo

COSTO APROXIMADO MENSUAL DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO (UNIDAD B10M)	COSTO APROXIMADO ANUAL DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO (UNIDAD B10M)	COSTO APROXIMADO MENSUAL DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO (UNIDAD BYD)	COSTO APROXIMADO ANUAL DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO (UNIDAD BYD)	KILÓMETROS ANUALES
$ 1.298,81	$ 15.585,72	$ 1.298,81 x 0,4 = **$ 519,524**	**$ 6.234,29**	65.000,00

Tabla No. 28: Costo aproximado mantenimiento correctivo mensual - anual unidad BYD K11A.

Elaborado por: Robert Moyano

$$\text{Mantenimiento Correctivo} = \frac{Costo\ aproximado\ anual\ mantenimiento\ correctivo\ para\ un\ BYD\ K11A}{Kilometraje\ promedio\ recorrido\ anual}\ \frac{USD}{Km}$$

$$\text{Mantenimiento Correctivo} = \frac{6.234{,}29}{65.000{,}00}\ \frac{USD}{Km}$$

$$\text{Mantenimiento Correctivo} = 0{,}095\ \frac{USD}{Km}$$

5.4. ELECCIÓN DE METODOLOGÍA PARA COMPARACIÓN DE AMBAS FLOTAS.

Según las prestaciones de cada flota, la metodología se basará principalmente en la comparativa de sus especificaciones técnicas, necesarias para brindar el servicio de transporte público en la ruta E3 escogida inicialmente, teniendo en consideración lo antes mencionado, el método más apropiado será el comparativo, ya que identifica todos aquellos factores que proporcionen una idea tangible del incremento de precio por cada kilómetro recorrido, o en efecto los factores que permanezcan constantes, tanto en los costos fijos como en los costos variables, como por ejemplo; la estructura organizacional e infraestructura existente de la EPMTPQ se mantendrá igual al momento de la incursión de la flota de buses articulados BYD eléctricos.

El método comparativo basado en las especificaciones técnicas para ambas flotas, proporciona conclusiones determinantes en relación a si es conveniente mantener flotas con motores de combustión interna o migrar a una con motores eléctricos, adicionalmente se debe complementar con consideraciones como, inversión inicial y capacidad de endeudamiento que se posea.

5.5. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

De acuerdo con los cálculos realizados anteriormente de ambas flotas de transporte público, VOLVO como BYD, los costos obtenidos se los presenta a continuación:

CONCEPTO		VALORES VOLVO B10M ($\frac{USD}{Km}$) (DIÉSEL)	VALORES BYD K11A ($\frac{USD}{Km}$) (ELÉCTRICO)
COSTOS FIJOS			
Administrativos		0,56	0,56
Servicios Básicos		0.31	0.31
Seguros		0,011	0,011
Impuestos		0,00037	0,00037
Costo Fijos Total		**0,88**	**0,88**
COSTOS VARIABLES			
COSTOS DE PROPIEDAD			
Costo Capital		0,14	0,40
Depreciación		0,11	0,35
COSTOS DE OPERACIÓN			
Combustible / Energía		0,16	0,055
Neumáticos		0,20	0,20
Mantenimiento	Preventivo	0,033	0,01
	Correctivo	0,24	0,095
COSTO DE PERSONAL			
Conductores		0,082	0,082
Costo Variables Total		**0,97**	**1,20**
Costo Fijos Total + Costo Variables Total		**1,86**	**2,08**

Tabla No. 29: Resumen de Costos Operacionales Fijos y Variables

Elaborado por: Robert Moyano

6. CAPÍTULO VI

6.1. CONCLUSIONES

6.1.1. El costo de operación de una unidad B10M de la Ecovía es de 0,63 dólares por cada kilómetro recorrido, mientras que el de una unidad de flota BYD sería de 0,36 dólares en el circuito E3 que comprende desde la estación Playón la Marín, hasta la Estación Río Coca, lo que representa un gasto diario de $ 95,76 para operar una unidad de la flota eléctrica BYD; frente a los $ 167,58 que cuesta actualmente operar una unidad de la Ecovía.

6.1.2. La inversión para la adquisición de una flota de 40 unidades eléctricas BYD K11A bordea los 20´220.000 millones de dólares, representando casi 2,88 veces más, a comparación de los 7´032.000 millones de dólares aproximadamente que costaría mantener una flota de similares características que las de la Ecovía actual.

6.1.3. El personal administrativo necesario para brindar operatividad a la flota de buses articulados eléctricos BYD K11A será la misma que posee actualmente la Empresa Metropolitana de Transporte de Pasajeros de Quito, es decir, el costo por cada kilómetro recorrido para ambas flotas sería de 0,56 dólares.

6.1.4. Según las especificaciones técnicas proporcionadas por BYD Ecuador, los buses articulados BYD K11A tienen una capacidad de funcionamiento en pendientes mayores del 17%, por lo tanto, la topografía de la ruta E3 que sirvió para realizar la comparativa entre ambas flotas, fue la apropiada, ya que a pesar

de poseer pendientes muy variadas, en ninguno de los tramos entre paradas la pendiente sobrepasa el 10%, la mayor se obtuvo entre la parada Marín Central y la calle Manabí, donde el paso a desnivel existente allí, posee una pendiente de 7,3%.

6.1.5. Una unidad de la flota Ecovía necesita de $ 42,56 en combustible para completar 266 Km de la ruta E3 al día, mientras que una unidad de la flota BYD necesita $ 14,63 para energía y recorrer los mismos 266 Km, representando un ahorro de $ 27,93.

6.1.6. Los motores a diésel para alcanzar una eficiencia y potencia óptima, se necesita que transcurra un tiempo determinado, mientras que con los eléctricos se cuenta con dicha potencia y eficiencia al instante de encenderlos.

6.1.7. El costo en relación al mantenimiento, en la flota de buses articulados Volvo B10M es mayor, precisamente 0,27 dólares por cada kilómetro recorrido, a comparación de los 0,11 en los articulados BYD K11A, esto se debe a que, al no necesitar de lubricantes, repuestos para embragues, motores y ejes de transmisiones en la flota de articulados eléctricos BYD K11A, el costo en mantenimiento de éstos representa únicamente el 40% del valor de los B10M.

6.1.8. Debido a que la inversión inicial en la flota de articulados BYD K11A es mucho más alta que la de los B10M de la Ecovía, el costo en dólares por kilómetro recorrido por costo de capital de la unidad BYD es igualmente alta, 0,40 frente a los 0,14 de la unidad Volvo actual.

6.1.9. Por utilizar energía eléctrica la flota de articulados BYD K11A no producen emisiones de CO_2 al ambiente, mientras que cada articulado B10M de la Ecovía al año arroja 87 toneladas de CO_2 a la atmósfera por la quema de combustible fósil.

6.1.10. La adquisición de una flota de buses articulados BYD K11A es conveniente para la ciudad de Quito, por todo lo detallado a lo largo de la presente tesis (cero emisiones, silenciosos, menos costo en los mantenimientos, etc), sin embargo, los impactos positivos tanto económica como ambientalmente se los evidenciará a mediano y a largo plazo, dependiendo de la correcta inversión y administración de dicha flota.

6.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda no esperar que toda la flota actual Volvo B10M de la Ecovía llegue a culminar su vida útil, para recién introducir la flota eléctrica BYD K11A al sistema, debido a que se produciría un impacto negativo en la ciudadanía por la alta demanda de pasajeros que ocupa esta ruta en horas pico.

- Con la próxima inauguración del Metro de Quito, se recomienda establecer mecanismos de cooperación entre éste y la flota de buses articulados BYD, con el fin de aprovechar al máximo las rutas de ambas inversiones.

- Incentivar mediante eliminación de impuestos, por parte del Gobierno Central, hacia municipios, compañías de transporte público y privado del país, para que puedan realizar inversiones en flotas de buses eléctricos, por ser casi nula la contaminación que estas producen en el medio ambiente.

7. BIBLIOGRAFÍA

Acevedo Herrera, C. I. (2007). *DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DE FACTORES DE EMISIÓN EN VEHÍCULOS PESADOS DE TRASNPORTE PÚBLICO (Tesis de Pregrado).* Universidad De Chile, Santiago de Chile. Recuperado el 15 de 12 de 2018

Actualidad motor. (2 de Enero de 2012). *Ventajas de los Motores Diésel.* Obtenido de https://www.actualidadmotor.com: https://www.actualidadmotor.com/ventajas-de-los-motores-diesel/

ARCONEL. (28 de 12 de 2018). *Resoluciones y Pliegos Tarifarios.* Recuperado el 20 de 01 de 2019, de ARCONEL: https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/02/Pliego-Tarifario-SPEE-2019.pdf

Area Tecnologica. (2016). *Condensador electrico .* Obtenido de http://www.areatecnologia.com: http://www.areatecnologia.com/electricidad/condensador.html

Brais Rodriguez. (02 de 11 de 2011). *Motor eléctrico versus motor de combustión: par, potencia y eficiencia*. Recuperado el 26 de 01 de 2019, de Foro Coches Eléctricos: https://forococheselectricos.com/2011/11/motor-electrico-versus-motor-de.html

Byd electrico. (2016). *los buses articulados en Quito.* Obtenido de https://bydelectrico.com: https://bydelectrico.com/buses-electricos/bus-electrico-k11a/

BYD ELÉCTRICO. (06 de 03 de 2018). *BUS ELÉCTRICO DE QUITO: NUESTRO BUS ARTICULADO 100% ELÉCTRICO PASA PRUEBAS EXITOSAMENTE*. Recuperado el 16 de 12 de 2018, de BYD ELÉCTRICO: https://bydelectrico.com/bus-electrico-de-quito/

Cantillo Maza, V. (1999). Modelo para el cálculo de la tarifa en equipos de trasporte. 41. Recuperado el 03 de 02 de 2019

Constante, J. (10 de Septiembre de 2016). *Importancia de la energía eléctrica en el cambio de la matriz energética en Ecuador.* Obtenido de https://www.eltelegrafo.com.ec: https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/punto/1/importancia-de-la-energia-electrica-en-el-cambio-de-la-matriz-energetica-en-ecuador

Diario el Comercio. (Abril de 2017). *https://www.elcomercio.com.* Obtenido de buses electricos en Quito : https://www.elcomercio.com/app_public.php/actualidad/mauriciorodas-municipio-compensacion-transporte-quito.html

Diario el Telégrafo. (14 de 12 de 2018). Juan Jácome: “Los buses eléctricos serán un ahorro fiscal”. *Diario el Telégrafo*. Recuperado el 15 de 01 de 2019, de https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/guayaquil/1/juancarlosjacome-buses-electricos-ahorro-fiscal-guayaquil

Diario El Telégrafo. (09 de 11 de 2018). Subsidios a los combustibles no se reducirán en 2019. *El Telégrafo*. Recuperado el 20 de 12 de 2018, de https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/economia/4/subsidios-combustibles-ecuador

Distrito Metropolitano de Quito. (8 de abril de 2009). *Flacso Andes*. Obtenido de http://biblio.flacsoandes.edu.ec/shared/biblio_view.php?bibid=118765&tab=opac

Duque Navarro, J. (25 de 08 de 2017). *Costos fijos y variables*. Recuperado el 04 de 02 de 2019, de ABC Finanzas: https://www.abcfinanzas.com/administracion-financiera/costos-fijos-y-variables

electromovilidad. (Marzo de 2018). *Tipos de motores eléctricos .* Obtenido de http://electromovilidad.net/tipos-de-motores-electricos: http://electromovilidad.net/tipos-de-motores-electricos

Empresa de pasajeros de Quito. (13 de Mayo de 2017). *Trolebus Quito*. Obtenido de http://www.trolebus.gob.ec/: http://www.trolebus.gob.ec/lotaipadjuntos/2018/Liquidacion%20presupuestaria%20POA%202017%20final.pdf

Empresa Metropolitana de Transporte de Pasajeros de Quito. (31 de 12 de 2018). *Transpariencia 2018.* Recuperado el 15 de 01 de 2019, de Empresa Metropolitana de Transporte de Pasajeros de Quito: http://www.trolebus.gob.ec/index.php/transparencia/documentos/transparencia-2018/l-diciembre/c-sueldos-y-beneficios-2018-11/1211-remuneracion-mensual-51/file

Gonzalez , V. (Octubre de 2018). *Qué es un condensador, para qué sirve y tipos.* Obtenido de https://piensa3d.com: https://piensa3d.com/que-es-un-condensador-para-que-sirve-tipos/

Gustavo Noboa Bejarano. (23 de 11 de 2001). *Impuesto a la Propiedad de Vehículos Motorizados.* Recuperado el 04 de 02 de 2019, de Servicio de Rentas Internas: http://www.sri.gob.ec/web/guest/matriculacion-vehiculos#%C2%BFqu%C3%A9-valores

Imgcop. (Octubre de 2010). *Contaminacion atmosferica pdf.* Obtenido de https://imgcop.com: https://imgcop.com/img/Contaminacion-Atmosferica-Pdf-Libro-39055203/

Menshealthlatam. (2018). *Ventajas y Desventajas de los motores diesel.* Obtenido de https://www.menshealthlatam.com: https://www.menshealthlatam.com/ventajas-desventajas-motores-diesel/

Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (5 de 7 de 2016). *Plan Maestro de Electricidad 2016-2025.* Recuperado el 15 de 12 de 2018, de https://www.celec.gob.ec/hidroagoyan/images/PME%202016-2025.pdf

Pacheco, M., & Tapia, E. (9 de 01 de 2019). El precio del diésel no varía y aumenta la brecha fiscal en el Ecuador. *El Comercio*. Recuperado el 07 de 02 de 2019, de https://www.elcomercio.com/actualidad/precio-diesel-transportistas-petroecuador-finanzas.html

Peugeot. (2017). *Qué es un coche eléctrico y cómo funciona.* Obtenido de https://www.peugeot.es/que-es-un-coche-electrico.html: https://www.peugeot.es/que-es-un-coche-electrico.html

Romero, D., & Orozco, M. (08 de 08 de 2018). La calidad del diésel sigue en discusión. *El Comercio*. Recuperado el 20 de 01 de 2019, de https://www.elcomercio.com/actualidad/calidad-diesel-discusion-quito-contaminacion.html

Rontomé, R. (2011). *Partes Fundamentales de un Motor Eléctrico.* Obtenido de https://sites.google.com: https://sites.google.com/site/279motoreselectricos/partes-fundamentales-de-un-motor-electrico/2-1-estator

SPPAT. (s.f.). Recuperado el 05 de 02 de 2019, de Agencia Nacional de Tránsito: https://www.ant.gob.ec/index.php/home-2/36-servicios/servicios-en-linea/1041-sppat#.XFkcXVxKiUk

SRI. (s.f.). *Exoneración de impuestos vehiculares*. Recuperado el 04 de 02 de 2019, de SRI: http://www.sri.gob.ec/web/guest/matriculacion-vehiculos#exoneraci%C3%B3n

SRI. (s.f.). *REGLAMENTO PARA LA APLICACIÓN DE LA LEY DE RÉGIMEN TRIBUTARIO.* Recuperado el 04 de 02 de 2019, de SRI: http://www.sri.gob.ec/web/guest/matriculacion-vehiculos#estad%C3%ADsticas

SRI. (s.f.). *Rubros que componen la matrícula*. Recuperado el 04 de 02 de 2019, de SRI: http://www.sri.gob.ec/web/guest/matriculacion-vehiculos#%C2%BFqu%C3%A9-valores

Tamayo Avalos, E. R. (2014). *ESTIMACIÓN DE COSTOS PARA QUE UNA EMPRESA OPERADORA DE TRANSPORTE PÚBLICO PASE DE MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA A MOTORA ELÉCTRICOS A ELÉCTRICOS (TESIS DE MAESTRÍA).* Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.

Tirado, S. (2016). *Motores Eléctricos.* Obtenido de https://www.monografias.com/trabajos93/motores-electricos/motores-electricos.shtml: https://www.monografias.com/trabajos93/motores-electricos/motores-electricos.shtml

Torres Sarmineto, J. D. (2015). *ESTUDIOS DE VIABILIDAD EN LA IMPLEMEMTACIÓN DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN LA CIUDAD DE CUENCA (TESIS DE PREGRADO).* Cuenca.

ANEXOS



ARTICULADO VOLVO B10M	
Año:	2003
Carrocería:	Superpolo
Color:	Rojo
Motor:	DH10A340 Turbo Intercooler (Euro II)
Sistema de frenos:	Frenos de aire comprimido con circuitos independientes
Peso bruto vehicular:	28000 kg
Diferencial:	RAM 75 Cubo reductor.
Dirección:	ZF Asistida (Hidráulica).
Sistema inyección:	Bomba de inyección en línea regulada Electrónicamente (EDC)
Neumáticos:	295/80R22.5
CAPACIDAD	
Sentados:	35
De pie:	127

eBus Andino -18 articulado 100% Eléctrico

de cero emisiones contaminantes



Tecnología limpia, eco eficiente e innovadora en el transporte urbano de pasajeros.

- Amigable con el medio ambiente.
- Baterías con tecnología de hierro fosfato desarrolladas por BYD.
- Motores acoplados a las ruedas.
- Piso alto con accesibilidad para PMR (Personas con Movilidad Reducida)
- Regeneración de carga de sus baterías a través del frenado y desaceleración.
- Sistema de carga rápida 2.5 a 3 h.

El eBus Andino es el primer bus 100% eléctrico de producción en serie en el mundo; es el único bus impulsado por baterías de hierro fosfato amigables con el medio ambiente. estas baterías suministran energía que nos permiten garantizar una autonomía > 350 km, - producido por BYD - incorpora los últimos avances en tecnologías limpias. Homologado por el Ministerio de Transporte.





eBus Andino-18 articulado 100% eléctrico

Vida Útil
Las baterías de hierro fosfato patentadas por BYD proporcionan una vida útil de más de 6.000 ciclos equivalentes a mas de 15 años de carga y son reutilizables en otras aplicaciones.

Autonomía
>350 km por cada ciclo de carga en condiciones reales de operación .



Ecológico
Por ser de cero emisiones contaminantes reduce el calentamiento global ecologico por efecto invernadero,por ser cero emisiones contaminantes reduce el calentamiento global.

Económico
60% más económico en costos frente a los combustibles tradicionales y de mantenimiento.
Menor tiempo en intervenciones de mantenimiento.

Seguridad
Las baterías de hierro fosfato cumplen con todas las normas internacionales de UI1642 y UL2580 de seguridad y protección a los usuarios.

TREN MOTRIZ BYD



Reemplaza partes mecánicas de buses convencionales:



Embrague + Transmisión + Motor

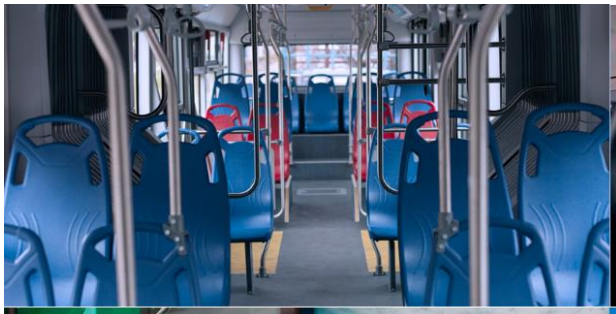
Ficha Técnica	
Largo	18000 mm
Ancho	2550 mm
Alto	3260 mm
Distancia entre ejes	5550/ 6755
Sillas - PAX Max	33/>160 PAX+Area sila de ruedas
Área de silla de Ruedas	1
Velocidad Máxima	60 km/h
Capacidad en Pendiente	más de 17 %
Distancia al Suelo	320 mm
Autonomía	>350 km
Corona circular ext.	13,8 m exterior
Suspensión	Supensión Neumática & ECAS, altura graduable
Sistema de Frenos	Freno de Disco 6 ruedas & ABS
Llantas	295/80R 22.5
Motor Eléctrico (2)	AC Motor de Magneto Permanente (Sin Escobillas)
Potencia Máxima	360 kW (180 kW ×2) 492 hp
Torque Máximo	3.000 Nm (1.500 Nm×2)
Tipo de Batería	Batería de hierro fosfato BYD
Capacidad Energética	400kWh /550 V
Potencia Energética	200 kW (100kWx2, 480V, 3∅ , AC)
Tiempo de Carga	2.5 a 3 h

*Acorde a estudio de precios de primer semestre 2015, sujeto a cambios.

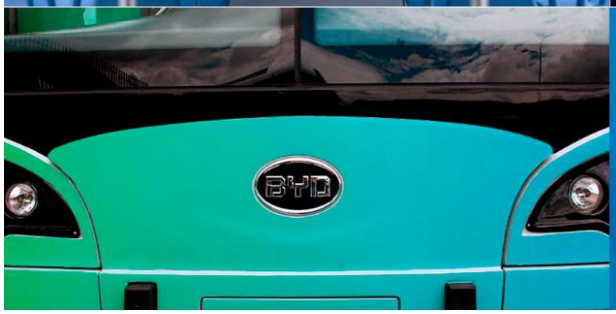
Toda la información presentada en este documento se basa en los últimos datos disponibles de publicación. BYD se reserva el derecho a realizar cambios en cualquier momento sin previo aviso.

BYD
Build Your Dreams


100% ELÉCTRICO
BYD




BYD


BYD

