

# ANEXO V

## Plan de mejora tecnológica de la flota de autobuses

## 7. Plan de mejora tecnológica de la flota de autobuses

### a) Introducción

En el presente momento, casi la totalidad de la flota de la Red de Transporte Público de Pasajeros del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) utiliza el diésel como combustible. La única excepción siendo los autobuses del corredor Trolebús, los cuales vienen siendo parcialmente reemplazados tras la adquisición de 80 autobuses biarticulados diésel en 2016. La dependencia total en relación a ese tipo de combustible implica consecuencias negativas en términos ambientales, sobre todo a lo que se refiere a la calidad del aire.

Sin embargo, la situación en Quito es aun más grave, una vez que en el Distrito Metropolitano aun se utilizan mayoritariamente autobuses con tecnologías ya desactualizadas en términos de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub> y otros. En la flota de la Red de Transporte Público de Pasajeros no se encuentran autobuses que vayan más allá del rango EURO III de la Normativa Europea sobre Emisiones Contaminantes. Como se puede observar en la tabla I, tal clasificación data del 2000 y, desde entonces, se han introducido tecnologías que mejoran significativamente los niveles de emisiones de vehículos de transporte.

**TABLA 1 - Normativa Europea sobre Emisiones Contaminantes (vehículos a diésel)**

|                 | Válido a partir de | CO     | Nox    | PM10   |
|-----------------|--------------------|--------|--------|--------|
|                 | -                  | [g/Km] | [g/Km] | [g/Km] |
| <b>Euro I</b>   | 1991               | 2,71   | 10,1   | 0,479  |
| <b>Euro II</b>  | 1991               | 2,44   | 10,7   | 0,22   |
| <b>Euro III</b> | 2000               | 2,67   | 9,38   | 0,207  |
| <b>Euro IV</b>  | 2005               | 0,223  | 5,42   | 0,0462 |
| <b>Euro V</b>   | 2008               | 0,223  | 3,09   | 0,0462 |
| <b>Euro VI</b>  | 2014               | 0,223  | 0,597  | 0,0023 |

Fuente: Comisión Europea de Transporte

Así siendo, se propone complementar la implementación de la nueva red de autobuses con la adopción de un Plan de Mejora Tecnológica de la flota. Tal estrategia tiene como objetivo maximizar los beneficios ambientales del reordenamiento de la red de autobuses, potencializando los impactos positivos de una red más eficiente y menos redundante tras la adopción de tecnologías con menor impacto ambiental. De tal manera, se propone que Quito siga la iniciativa de ciudades como Bogotá y Santiago de Chile, entre otras en Latinoamérica y el mundo, que vienen invirtiendo esfuerzos en la modernización de sus flotas de autobuses.

### b) Metodología

A continuación se presenta un análisis de la viabilidad económica para la adopción en el DMQ de tecnologías más limpias de autobuses. El estudio se basa en una comprensiva evaluación de diferentes modelos y tecnologías de autobuses, enfocándose en los modelos más recientes y

abarcando tecnologías implementadas en otros países, especialmente de Latinoamérica. Se propone la comparación entre cuatro tipologías distintas: diésel, híbridos (diésel/eléctrico), gas y eléctricos. Los autobuses diésel son utilizados como marco de referencia, presentándose los tres modelos de autobuses urbanos tipo utilizados en Quito, un autobús Euro VI de última generación y el modelo más reciente de autobús articulado utilizado en la ciudad (adquirido en 2015). A partir de la comparación de distintos modelos se ha llegado a dos promedios tipo para las diferentes tipologías: 12m (autobuses tipo) y 18m (articulados).

La evaluación de la viabilidad se estructura en tres partes:

- I) Resumen de las características técnicas, ambientales y de costos de los distintos modelos según tipología
- II) Obtención de promedios tipo por tipología y comparación entre tipologías
- III) Evaluación de los resultados, cronograma de recambio y presupuestos

Antes de proseguir al análisis es necesario hacer dos precisiones metodológicas cuanto a la cantidad de vehículos a ser reemplazados y cuanto al calendario de remplazo a ser seguido.

### Autobuses a ser reemplazados

Es sabido que una de las principales restricciones a la adopción de autobuses movidos a tecnologías más limpias es el precio elevado de adquisición en relación al diésel. Por este motivo, se recomienda un remplazo parcial y no total de la flota. Se han seleccionado dos sistemas principales para la implementación de las nuevas unidades: la red de autobuses convencionales urbanos y los corredores BRT Sur Occidental y Alonso Angulo. La elección de esos ámbitos se justifica a continuación.

#### A) Corredores BRT Sur Occidental y Alonso Angulo

Bajo el Plan de Mejora Tecnológica, se recomienda que los corredores BRT Sur Occidental y Alonso Angulo operen utilizando, en su totalidad, solo autobuses movidos a tecnologías de menor impacto ambiental. En el caso del Corredor Sur Occidental, 41 nuevas unidades articuladas (18m) reemplazarían los 33 autobuses convencionales tipo hoy en operación. Para el caso del Corredor de Alonso Angulo, se recomienda que este opere, desde su implantación inicial, solamente con unidades articuladas con menor impacto ambiental (36 unidades en total). Así siendo, se plantea la adquisición de un total de **77** autobuses articulados en el total.

**TABLA 2 - Recambios para autobuses articulados (18m)**

| Recambio BRT (autobuses articulados - 18m) |                 |                  |
|--|-----------------|------------------|
| Ambito                                     | Buses a reponer | Buses a adquirir |
| <b>SOCC</b>                                | 33 (12m)        | 41               |
| <b>Alonso Angulo</b>                       | 0               | 36               |
| <b>TOTAL</b>                               | 33              | 77               |

Fuente: BCN Ecología

Se propone que el Corredor de Alonso Angulo sea pionero, operando desde su implantación solamente con autobuses de tecnologías de menor impacto ambiental. En el caso del Corredor Sur Occidental, la prolongación de su trayecto hace necesario remplazar las unidades actualmente en operación (tipo, 12m) por autobuses articulados de 18m, de forma a maximizar la capacidad vehicular. Así, se aprovecha de esa ocasión para implementar nuevas unidades, de forma que este corredor pase a operar 100% con tecnologías de menor impacto ambiental.

Adicionalmente, la localización geográfica de los corredores en cuestión va en el sentido de maximizar los beneficios ambientales de una renovación de la flota hacia tecnologías de menor impacto ambiental. Los corredores de Alonso Angulo y Sur Occidental recorren algunas de las zonas de mayor densidad poblacional del área urbana de Quito, maximizando el alcance del impacto positivo de la renovación de la flota. Más allá de las densidades, las rutas de estos dos corredores atraviesan zonas críticas en término de exposición a contaminación del aire, como la porción oeste del Centro Histórico y, más específicamente, el ámbito de los túneles San Roque, San Diego y San Juan. De esta forma, se aprovechan cambios en la red (prorrogación e implementación de corredores) para aliar incrementos en la cobertura y calidad del servicio a mejoras en términos ambientales (sobre todo en lo que concierne la contaminación y calidad del aire).

## **B) Autobuses convencionales urbanos**

Complementariamente a las acciones en Corredores BRT, se propone un remplazo de parcial de los autobuses tipo urbanos de 12 metros de longitud que corresponden a aproximadamente un 44,25% de la flota, como se verifica en las tablas a continuación. Se ha optado por concentrarse en el recambio de los autobuses convencionales urbanos dada la densidad de líneas de autobús en la región urbana, llevando a un impacto ambiental no despreciable. De la misma forma, dada la densidad de habitantes en esta región (y sobre todo en el hiper centro), las mejoras ambientales resultantes del recambio de la flota hacia tecnologías más limpias tienen su impacto potencializado.

Así siendo, se propone efectuar un recambio de la flota que permita que la operación de la nueva red de autobuses en el ámbito del hiper-centro de Quito se haga estrictamente con autobuses movidos a nuevas tecnologías. Otra vez, la elección del hiper-centro como ámbito principal de la intervención se justifica por las densidades poblacionales y de actividades en el área; concentración de vehículos y niveles preocupantes de contaminación y calidad del aire. Finalizada la implementación de la nueva red de autobuses, se propone remplazar los autobuses tipo urbanos de 12 metros movidos a diesel por nuevas tecnologías en los siguientes tramos:












### **I) Todas las rutas Diagonales**

### **II) Todas las rutas Horizontales**

### **III) Rutas Verticales del Híper-Centro (V01AS-V04S, V01N-V15N, V01CH-V05CH)**

Tomando en cuenta las flotas programadas para el escenario 2 (con metro), el recambio de la flota en esos ámbitos significaría la reposición de un total de **650 autobuses**.

**TABLA 3 - Flota de Autobuses de la Red de Transporte Público de Pasajeros del DMQ**

| ESPECIFICACIONES Y CAPACIDAD DE LA FLOTA |                               |                            |                   |                           |          |   |
|--|-------------------------------|----------------------------|-------------------|---------------------------|----------|---|
| TIPO                                     | CAPACIDAD SENTADOS [personas] | CAPACIDAD TOTAL [personas] | LONGITUD [metros] | SERVICIO                  | UNIDADES |   |
| Minibús                                  | 35                            | -                          | 8                 | Intraparroquial           | 18       | <br>     |
| Bus Tipo                                 | 41                            | 70-90                      | 12                | Interparroquial           | 109      | <br>     |
|  |                               |                            |                   | Urbano Convencional       | 1.595    | <br>   |
|  |                               |                            |                   | Alimentadoras Sistema BRT | 660      |   |
| Buses Especiales/ Populares              | 45-53                         | 70                         | 12                | Urbano Convencional       | 87       | <br> |
|  |                               |                            |                   | Interparroquial           | 744      |   |
| Bus articulado                           | 41                            | 125                        | 18                | BRT's METROBUS Q          | 278      | <br> |
| Bus bi-articulado                        | 50                            | 250                        | 24 - 27           | BRT's METROBUS Q          | 80       | <br> |

| TIPO     | Minibus | Tipo Convencional Urbano | Tipo Alimentador | Tipo BRT | Tipo Interparroquial | Especial/ Popular | Articulados | Biarticulados | TOTAL |
|----------|---------|--------------------------|------------------|----------|----------------------|-------------------|-------------|---------------|-------|
| Unidades | 18      | 1.595                    | 660              | 33       | 109                  | 831               | 278         | 80            | 3604  |
| %        | 0,5     | 44                       | 18,5             | 1        | 3                    | 23                | 8           | 2             | 100   |

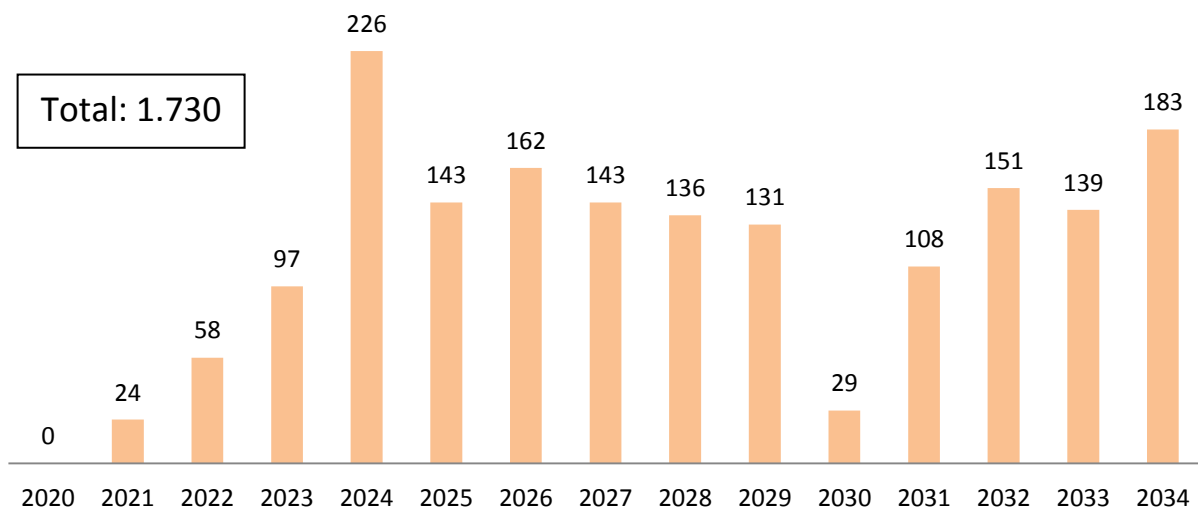
Fuente: elaboración propia con datos de la Secretaria de Movilidad del DMQ y de estudio de campo



### Calendario de reposición

Los recambios se organizan siguiendo el calendario de reposición de la flota tras el fin de la vida útil de 20 años (estipulada por la Ordenanza Metropolitana N° 92 del 23 de diciembre de 2015). Observando la tabla III, se puede verificar que en los 15 años siguiendo la implementación del Metro de Quito y la nueva Red de Autobuses, se deben reponer 1.730 autobuses urbanos tipo (de un total de 1.595).

**TABLA 4 - Calendario de recambio de autobuses tipo urbanos 2020-2034**



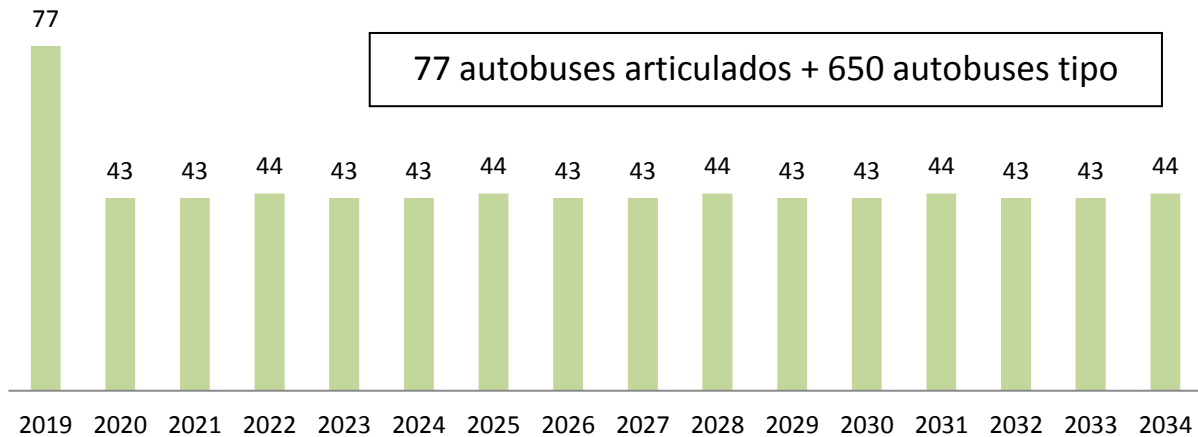
Fuente: Elaboración propia con datos de la Secretaria de Movilidad del DMQ

La adopción de un calendario gradual de reposición a lo largo de 15 años permite que se beneficie de eventuales mejorías en los precios de estas nuevas tecnologías, a la medida en que sus precios tienden a caer en los años a venir, tras una implementación ampliada en el mercado Latinoamericano. Se fija un calendario de implementación a lo largo de 15 años a partir de la implementación del Metro de Quito y Nueva Red de Autobuses en 2020, de forma a coincidir con el periodo de la evaluación de los impactos económicos de la nueva red, permitiendo una evaluación de los impactos conjuntos de la implementación de la nueva red y del Plan de Mejora tecnológica de la Flota.

El periodo de 15 años también coincide con la vida útil promedio estimada por fabricantes para autobuses tipo (12m), aunque en Quito esta este fijada en 20 años. Se se estima que respetar un calendario de remplazo de 15 años permite mantener una calidad superior de servicio al pasajero, respetando las vidas útiles indicadas por los fabricantes, al mismo tiempo en que los operadores tienen acceso a niveles superiores de salvamento tras la venta o chatarrización del vehículo. Así se adopta un calendario de implementación a lo largo de 15 años, al fin del cual se recomienda que las primera unidades de 12m adquiridas bajo el plan se renueven. Para las unidades articuladas, se suelen estipular vidas útiles más largas, en general en torno de 20 años.

Así siendo, se proponen dos estrategias para la implantación de los nuevos autobuses:

- I) 77 autobuses articulados (18m): se implementan simultáneamente en 2019, tras la finalización de las obras en los Corredores de Alonso Angulo y Sur Occidental
- II) 650 autobuses tipo urbanos (12m): se implementan gradualmente a lo largo de 15 años en lotes de 43/44 autobuses a partir de 2020 con la implementación del Metro y nueva Red de Autobuses

**TABLA 5 – Calendario de recambios del Plan de Mejora Tecnológica de la Flota**


Fuente: Elaboración propia con datos de la Secretaria de Movilidad del DMQ

**c) Viabilidad económica de la adopción de tecnologías de autobuses más limpias para el Distrito Metropolitano de Quito**

A continuación se presentan tablas de elaboración propia que sirven como insumos del estudio de viabilidad económica. Las tablas describen los distintos modelos analizados, así como la comparación de los promedios de las distintas tipologías. Se analizan tres quesitos principales:

**A) Especificaciones Técnicas:** Incluye datos técnicos de los distintos modelos analizados, como longitud, potencia de trabajo, peso, autonomía, consumo de energía, entre otros.

**B) Datos Ambientales:** Incluye datos relativos a emisiones y al ruido emitido por los distintos modelos, permitiendo valorar el impacto ambiental que generan los distintos modelos y tipologías.

**C) Costos:** Incluye costos para la unidad móvil (material móvil, mantenimiento y costos energéticos) y costos de infraestructura específica. Los costos están todos en USD y no incluyen IVA. Para los costos de adquisición del material móvil fueron comparados datos de diversos países, seleccionando valores representativos para el mercado latinoamericano.

Para los costos de mantenimiento, se utilizaron como escenario de referencia los costos de mantenimiento de autobuses urbanos tipo y articulado de la red de autobuses de Quito, del

orden de US\$1.600 mensuales según estimaciones académicas y de la prensa<sup>12</sup>. Para las otras tipologías se calcularon valores con base en el escenario de referencia, adoptando variaciones estimadas por estudios de la industria y de Organizaciones Internacionales<sup>345</sup>, como se presenta en la Tabla VI.

**TABLA 6 - Costos de Mantenimiento por Tipología**

|            |          | Diesel |        | Gas   |        | Eléctrico |        | Híbrido |        |
|------------|----------|--------|--------|-------|--------|-----------|--------|---------|--------|
|            |          | Més    | Año    | Més   | Año    | Més       | Año    | Més     | Año    |
| <b>12m</b> | Costo    | 1.600  | 19.200 | 1.728 | 20.736 | 800       | 9.600  | 2.000   | 24.000 |
|            | % diesel | 100    | 100    | 108   | 108    | 50        | 50     | 125     | 125    |
| <b>18m</b> | Costo    | 1.977  | 23.724 | 2.135 | 25.622 | 989       | 11.862 | 2.471   | 29.655 |
|            | % diesel | 100    | 100    | 108   | 108    | 50        | 50     | 125     | 125    |

Fuente: Elaboración propia

Sin embargo los costos de mantenimiento se distribuyen de manera irregular a lo largo de la vida útil de los autobuses, se optó por incluir un promedio de los costos totales, distribuyéndolos de manera homogénea a lo largo de la vida útil del vehículo. Esos costos incluyen los mantenimientos planificados y preventivos a lo largo de la vida útil, así como eventuales mantenimientos correctivos.

Para el cálculo de los costos energéticos se utilizaron como base el promedio anual de circulación de un autobús de tipo urbano en la ciudad de Quito<sup>6</sup>, presentados en la Tabla VII. Luego, los costos fueron calculados utilizando los consumos de energía promedios calculados para cada tipología y los precios de combustible de referencia para el DMQ, señalados en la Tabla VIII. Los precios fueron levantados a partir de valores del mercado local. Para el gas natural comprimido (GNC) fueron utilizados estimaciones de importación y conversión desde Gas Natural Líquido (GNL)<sup>7</sup>. Para la electricidad se utilizó un valor de US\$0,07, obtenido a partir del promedio entre los precios de la energía al día y a la noche para vehículos eléctricos para el año de 2016<sup>8</sup>.

<sup>1</sup> “Diseño de Modelo de Gestión administrativa financiera para las empresas delegatarias del servicio público de transporte agrupadas en la corporación evolución de movilidad CEM, del DMQ”; Universidad Salesiana de Quito, 2015, Pg. 81, 82

<sup>2</sup> “Provisión Mensual de Gatos de un Bus en Quito en el Modelo Empresarial”, El Comercio, 2014, <http://especiales.elcomercio.com/2014/09/buses/>

<sup>3</sup> “Low carbon technologies can transform Latin America’s Bus Fleets”; C40Cities y Clinton Initiative, 2013, pg 28-29

<sup>4</sup> “Análisis de buses de bajas emisiones en el “Sistema Integrado de Transporte” de Bogotá”, Banco Interamericano de Desarrollo, 2013, pg. 6

<sup>5</sup> Comparación de costos diésel-CNG, MAN Bus España, <http://www.bus.man.eu/es/es/autobuses-urbanos/man-lions-city-cng/eficiencia/Eficiencia.html>

<sup>6</sup> “Diseño de Modelo de Gestión administrativa financiera para las empresas delegatarias del servicio público de transporte agrupadas en la corporación evolución de movilidad CEM, del DMQ”; Universidad Salesiana de Quito, 2015, Pg. 81

<sup>7</sup> Ministerio de Recursos Naturales no Renovables, 2013, <http://www.puce.edu.ec/sitios/economia/docs/2014/semana-economia/ECONOMIA-SEMIIII-Gas-Natural.pdf>

<sup>8</sup> Empresa Eléctrica de Quito, Pliego Vigente, Enero 2016, pg. 4,

<https://www.eeq.com.ec:8443/documents/10180/143788/Pliego+Tarifario+Enero+2016/414767b2-234d-4f10-a578-2c2990465c1f>



**TABLA 7 - Kilometraje promedio para un autobús urbano tipo en el DMQ**

|    | Día | Més  | Año   |
|----|-----|------|-------|
| Km | 190 | 5130 | 61560 |

Fuente: Universidad Salesiana de Quito

**TABLA 8 - Precios de Combustible para el DMQ**

| Tipología    | Diesel  |         | Electricidad              | Gas   |
|--------------|---------|---------|---------------------------|-------|
| Unidad       | [Galón] | [Litro] | [kWh]                     | [m3]  |
| Precio [USD] | 1,04    | 0,27    | 0,07 + encargos de 12,743 | 0,553 |

Fuente: Elaboración propia con base en valores del mercado local

A continuación, se presentan las tablas de comparación entre distintos modelos y tipologías de autobuses.

| Modelo                 | ESPECIFICACIONES TECNICAS |                    |              |                            |                 |                |                          |                         |                                |                         |                 | ELECTRICOS                 |                |                          |                          |                     | COSTES            |               |             |            |             |                   |                          |                      |                         |   |               |                         |   |
|------------------------|---------------------------|--------------------|--------------|----------------------------|-----------------|----------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------------|-------------------------|-----------------|----------------------------|----------------|--------------------------|--------------------------|---------------------|-------------------|---------------|-------------|------------|-------------|-------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|---|---------------|-------------------------|---|
|                        | UNIDAD MOVIL              |                    |              |                            |                 |                |                          |                         | BATERIA                        |                         |                 |                            |                |                          |                          |                     | DATOS AMBIENTALES |               |             |            |             | UNIDAD MOVIL      |                          |                      |                         | INFRAESTRUCTURA ESPECIFICA (por vehiculo) |               |                         |   |
|                        | Fabricante                | Fabricante Bateria | Longitud [m] | Capacidad Total [personas] | Peso vacio [kg] | Peso max. [kg] | Potencia de trabajo [kW] | Velocidad Máxima [km/h] | Consumo de energia [kWh/100km] | Capacidad bateria [kWh] | Tipo de Bateria | Energia especifica [Wh/kg] | Autonomia [km] | Tiempo de recarga [min.] | Potencia de Recarga [kW] | Carga Rapida [min.] | Vida util [km]    | Euro Standard | CO2 [kg/km] | Nox [g/km] | PM10 [g/km] | Ruido parado [dB] | Ruido en movimiento [dB] | Material Movil [USD] | Mantenimiento [USD/año] | Coste energetico [USD/año]                | Inicial [USD] | Mantenimiento [USD/año] |   |
| 12e 18m                | Irizar                    | -                  | 18,73        | 140                        | -               | 235            | -                        | -                       | 105                            | -                       | -               | -                          | 420            | -                        | -                        | -                   | -                 | -             | 0           | 0          | 0           | -                 | -                        | -                    | -                       | -   | -             | -                       | - |
| K11                    | BYD                       | -                  | 18           | 150                        | -               | 29.000         | -                        | 218,18                  | 480                            | LiFe PO4                | 120             | 220                        | 180            | -                        | -                        | 825.000             | -                 | 1,29          | 0           | 0          | -           | -                 | 650.000                  | 11862                | 9415                    | 17.043                                    | 535           |                         |   |
| Urbino 18              | Solaris                   | Vossloh Klape      | 18           | 115                        | -               | 29.000         | 70                       | 130,00                  | 125                            | LTO                     | 90              | 96                         | 150            | -                        | 7                        | -                   | -                 | 0,77          | 0           | 0          | -           | -                 | 733.200                  | 5615                 | 30000                   | 800                                       |               |                         |   |
| eCobus                 | Coetono                   | -                  | 13,9         | 105                        | -               | 20.000         | 50                       | 143,57                  | 101                            | -                       | -               | 70                         | 270            | -                        | -                        | -                   | -                 | 0,85          | 0           | 0          | -           | -                 | -                        | -                    | 6200                    | 30000                                     | 800           |                         |   |
| BYD K9                 | BYD                       | -                  | 12           | 75                         | 13.300          | 19.000         | 70                       | 129,60                  | 324                            | LiFe PO4                | 133             | 250                        | 300            | 60                       | -                        | 660.000             | -                 | 0,76          | 0           | 0          | -           | -                 | 420.000                  | 9600                 | 5597                    | 17.043                                    | 535           |                         |   |
| e City Gold            | Coetono                   | Stemmer            | 12           | 85                         | -               | 19.000         | 70                       | 83,75                   | 168                            | -                       | -               | 200                        | 380            | 85                       | 40                       | -                   | -                 | 0,49          | 0           | 0          | -           | -                 | -                        | 9600                 | 3622                    | -   | -             |                         |   |
| EV350                  | GreenPower Bus            | Stemmer            | 12           | -                          | -               | 19.000         | -                        | 106,67                  | 320                            | -                       | -               | 300                        | -              | -                        | -                        | 660.000             | -                 | 0,63          | 0           | 0          | -           | -                 | -                        | 9600                 | 4609                    | -   | -             |                         |   |
| 12e                    | Irizar                    | -                  | 12           | 75                         | -               | 20.000         | -                        | 156,44                  | 352                            | -                       | -               | 225                        | 360            | -                        | -                        | 600.000             | -                 | 0,92          | 0           | 0          | -           | -                 | 441.758                  | 9600                 | 6754                    | 17.043                                    | 535           |                         |   |
| 7900 Electrico         | Volvo                     | -                  | 12           | 105                        | -               | 19.000         | -                        | 84,70                   | 76                             | LTO                     | 90              | 40                         | -              | -                        | 6                        | -                   | -                 | 0,50          | 0           | 0          | 49          | 64                | -                        | 9600                 | 3663                    | 30000                                     | 800           |                         |   |
| YCK6128HEC             | Zonda                     | -                  | 12           | 89                         | 15.500          | 19.500         | 80                       | 82,80                   | 207                            | -                       | -               | 250                        | -              | -                        | -                        | 500.000             | -                 | 0,49          | 0           | 0          | -           | -                 | 492.035                  | 9600                 | 3581                    | 17.043                                    | 535           |                         |   |
| Urbino 12              | Solaris                   | -                  | 12           | 90                         | -               | 18.500         | 80                       | 90,00                   | 230                            | -                       | -               | 255                        | 240            | -                        | 5,00                     | -                   | -                 | 0,53          | 0           | 0          | -           | -                 | 533.000                  | 9600                 | 3891                    | 30000                                     | 800           |                         |   |
| Linkker Oy (Heistinki) | Linkker                   | -                  | 11,8         | 80                         | 12.000          | 16.000         | -                        | 110,00                  | 44                             | -                       | -               | 40                         | -              | -                        | 2,2                      | 880.000             | -                 | 0,65          | 0           | 0          | -           | -                 | -                        | 9600                 | 4753                    | 30000                                     | 800           |                         |   |
| Versa EV (V1170)       | Optare                    | -                  | 11,74        | 67                         | 12.500          | -              | 80                       | -                       | 138                            | -                       | -               | 130                        | 240            | 50                       | -                        | -                   | -                 | -             | 0           | 0          | -           | -                 | -                        | -                    | -                       | 17.043                                    | 535           |                         |   |
| Ecotride B E35         | Protara                   | -                  | 11           | 65                         | -               | -              | -                        | 110,77                  | 72                             | LTO                     | 90              | 65                         | -              | -                        | -                        | -                   | -                 | 0,65          | 0           | 0          | -           | -                 | 851.549                  | -                    | 4786                    | -   | -             |                         |   |
| Gothenberg Bus         | Volvo                     | -                  | 10,7         | -                          | 11.500          | 18.000         | -                        | -                       | 76                             | -                       | -               | -                          | -              | -                        | 6                        | -                   | -                 | -             | 0           | 0          | -           | -                 | -                        | -                    | -                       | 30000                                     | 800           |                         |   |
| Urbino 8,9 LE Electric | Solaris                   | Vossloh Klape      | 9            | 51                         | -               | 15.000         | 80                       | 80,00                   | 121                            | -                       | -               | 100                        | 240            | -                        | -                        | -                   | -                 | 0,47          | 0           | 0          | -           | -                 | -                        | -                    | 3460                    | -   | -             |                         |   |

| Modelo         | GAS                       |              |                            |                 |               |                          |                               |                                |                          |                |                |               |              |            | COSTES            |                   |                          |                      |                         |                            |               |                         |   |  |
|----------------|---------------------------|--------------|----------------------------|-----------------|---------------|--------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------|----------------|----------------|---------------|--------------|------------|-------------------|-------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------------|---------------|-------------------------|---|--|
|                | ESPECIFICACIONES TECNICAS |              |                            |                 |               |                          |                               |                                |                          |                |                |               |              |            | DATOS AMBIENTALES |                   |                          |                      |                         | UNIDAD MOVIL               |               |                         | INFRAESTRUCTURA ESPECIFICA (por vehiculo) |  |
|                | Fabricante                | Longitud [m] | Capacidad Total [personas] | Peso vacío [kg] | Peso max [kg] | Potencia de trabajo [kW] | Consumo de energía [kg/100km] | Consumo de energía [kWh/100km] | Capacidad Carga [Litros] | Autonomía [km] | Vida util [km] | Euro Standard | CO2 [kg/ km] | Nox [g/km] | PM10 [g/km]       | Ruido parado [dB] | Ruido en movimiento [dB] | Material Móvil [USD] | Mantenimiento [USD/año] | Coste energético [USD/año] | Inicial [USD] | Mantenimiento [USD/año] |   |  |
| Lion's City GL | MAN                       | 18,75        | 143                        | 18280           | 28.000        | 228                      | 32                            | 443                            | 1.640                    | 650            | -              | 0,88          |              |            |                   |                   | 424.000                  |                      | 15.251                  | -                          | -             |                         |   |  |
| Urbino 18 CNG  | Solaris                   | 18           | 148                        | 17.600          | -             | 200                      | -                             | -                              | -                        | -              | 5              | -             |              |            |                   |                   | -                        | 25.622               | -                       | -                          | -             |                         |   |  |
| Urbanway 18    | IVECO                     | 18           | 164                        | -               | 30.000        | 243                      | 55                            | 761                            | 1.550                    | 375            | 6              | 1,5125        | 2,5          |            |                   |                   | -                        |                      | 26.213                  | -                          | -             |                         |   |  |
| CityWide LF 18 | Scania                    | 18           | 160                        | 17.720          | 28.600        | 280                      | -                             | -                              | -                        | -              | 6              | -             |              |            |                   |                   | -                        |                      | -                       | -                          | -             |                         |   |  |
| CityWide LF 15 | Scania                    | 15           | 120                        | -               | -             | 220                      | -                             | -                              | -                        | 650            | 6              | -             |              |            |                   |                   | 263.049                  | -                    | -                       | -                          | -             |                         |   |  |
| Lion's city    | MAN                       | 12           | 89                         | -               | -             | 200                      | 39                            | 539                            | 1.281                    | 450            | 6              | 1,0725        |              |            |                   |                   | 298.284                  | 20.736               | 18.587                  | -                          | -             |                         |   |  |
| AvanCity 1     | Bredamen oribus           | 12           | 95                         | 12.200          | -             | 205                      | 45                            | 622                            | 1.284                    | 400            | 5              | 1,2375        | 1,89         |            |                   |                   | 287.072                  | 20.736               | 21.447                  | -                          | -             |                         |   |  |
| LIAT-529267    | GAZ                       | 12           | 111                        | 10.500          | 18.000        | 210                      | 27,4                          | 379                            | 1.200                    | 600            | 5              | 0,7535        | 2,5          | 0,005      | 78                | 78                | -                        | 20.736               | 13.059                  | -                          | -             |                         |   |  |
| GX 327GNV      | Hueliezbus                | 12           | 110                        | -               | 19.800        | 200                      | 49                            | 678                            | 1.240                    | 400            | 5              | 1,3475        | 2            |            |                   |                   | 298.000                  | 20.736               | 23.353                  | -                          | -             |                         |   |  |
| CityWide LF 12 | Scania                    | 12           | 120                        | 12.590          | 19.100        | 206                      | -                             | -                              | -                        | -              | 6              | -             |              |            |                   |                   | 254.400                  |                      | -                       | -                          | -             |                         |   |  |
| Urbino CNG     | Solaris                   | 12           | 105                        | -               | -             | 239                      | -                             | -                              | 1.284                    | -              | 6              | -             | 2,5          |            |                   |                   | -                        | 20.736               | -                       | -                          | -             |                         |   |  |
| Urbanway 12    | IVECO                     | 12           | 111                        | -               | 19.000        | 213                      | 37                            | 512                            | 1.280                    | 425            | 6              | 1,0175        |              |            |                   |                   | -                        |                      | 17.634                  | -                          | -             |                         |   |  |
| Claro          | Mercedes                  | 12           | 93                         | 11.650          | 18.000        | 185                      | 48,4                          | 669                            | -                        | 600            | 5              | 1,331         | 2            |            |                   |                   | -                        |                      | 23.067                  | -                          | -             |                         |   |  |
| Enviro 2000    | Alexander Dennis          | 9,5          | 77                         | 13.750          | -             | 120                      | -                             | -                              | -                        | -              | -              | -             | 2,5          |            |                   |                   | -                        |                      | -                       | -                          | -             |                         |   |  |

| MODELO                  | ESPECIFICACIONES TECNICAS |          |                 |            |          |                         |                               |                  |              |                    |                    |                 |           |           |                   | AMBIENTALES   |             |            |        |              |                     | COSTES         |               |                  |   |                                |
|-------------------------|---------------------------|----------|-----------------|------------|----------|-------------------------|-------------------------------|------------------|--------------|--------------------|--------------------|-----------------|-----------|-----------|-------------------|---------------|-------------|------------|--------|--------------|---------------------|----------------|---------------|------------------|---|--------------------------------|
|                         | Fabricante                | Longitud | Capacidad Total | Peso vacío | Peso max | Potencia de trabajo MCI | Potencia de trabajo electrico | Velocidad Máxima | Combustible  | Consumo de energia | Consumo de energia | Capacidad Carga | Autonomía | Vida util | Vida util batería | Euro Standard | CO2 (kg/km) | Nox (g/km) | PM10   | Ruido parado | Ruido en movimiento | Material Movil | Mantenimiento | Coste energético | Infrasestrutura Especifica (por vehiculo) | Infrasestrutura (por vehiculo) |
|                         | -                         | [m]      | [personas]      | [kg]       | [kg]     | [kW]                    | [kg/100km]                    | [km/h]           | -            | [l/100 km]         | [kWh/100]          | [litros]        | [km]      | [km]      | [km]              | -             | [kg/km]     | [g/km]     | [g/km] | [db]         | [db]                | [USD]          | [USD/año]     | [USD/año]        | [USD]                                     | [USD/año]                      |
| 7900 hybrid articulated | Volvo                     | 18       | 154             | -          | 29.600   | 228                     | 150                           | -                | diesel       | -                  | 506                | 380             | 864       | 660.000   | -                 | 6             | 1,1661      | 1,1        | 0,03   | -            | -                   | 507.004        | -             | -                | -   | -                              |
| Urbino 18               | Solaris                   | 18       | 161             | -          | 28.000   | 209                     | 178                           | -                | diesel       | 44                 | 506                | 250             | 570       | -         | 368.500           | 6             | 1,166       | -          | -      | 69           | 73                  | 489.476        | 29.655        | 7.313            | -   | -                              |
| Citaro G                | Mercedes                  | 18       | 125             | -          | 28.000   | 160                     | 320                           | -                | diesel       | -                  | 506                | 300             | 682       | -         | -                 | -             | 1,166       | -          | -      | -            | -                   | -              | -             | -                | -   | -                              |
| CityWider LE            | Scania                    | 18       | -               | -          | -        | 208                     | 150                           | -                | Biodiesel el | -                  | 506                | -               | -         | -         | -                 | -             | 1,166       | -          | -      | -            | -                   | -              | -             | -                | -   | -                              |
| Urbanway                | IVECO                     | 18       | 173             | -          | 30.000   | 210                     | -                             | -                | diesel       | -                  | 506                | -               | -         | -         | -                 | 6             | 1,166       | 1,1        | 0,03   | -            | -                   | 586.793        | -             | -                | -   | -                              |
| Lion's City Hybrid      | MAN                       | 12       | 92              | -          | -        | 184                     | 150                           | -                | diesel       | 30                 | 345                | 200             | 660       | -         | -                 | 6             | 0,795       | -          | -      | -            | -                   | 372.328        | 24.000        | 4.986            | -   | -                              |
| B21SRH                  | Volvo                     | 12       | 80              | -          | -        | 161                     | 120                           | -                | diesel       | -                  | 345                | -               | -         | 742.500   | 220.000           | 5             | -           | -          | -      | -            | -                   | 290.000        | -             | -                | -   | -                              |

| Cifras EURO VI                |                            | DIESEL                    |                    |          |                 |            |          |                     |                    |                    |                 |           | COSTES         |               |                                |         |               |           |               |         |           |           |              |                     |
|-------------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------|----------|-----------------|------------|----------|---------------------|--------------------|--------------------|-----------------|-----------|----------------|---------------|--------------------------------|---------|---------------|-----------|---------------|---------|-----------|-----------|--------------|---------------------|
|                               |                            | ESPECIFICACIONES TECNICAS |                    |          |                 |            |          |                     |                    |                    |                 |           | UNIDAD MOVIL   |               | INFRAESTRUCTURA (por vehículo) |         |               |           |               |         |           |           |              |                     |
| Bus Convencional Tipo - Quito | Bus Articulado Quito (BRT) | Modelo                    |                    |          |                 |            |          |                     |                    |                    |                 |           | Material Móvil | Mantenimiento | Coste energético               | Inicial | Mantenimiento |           |               |         |           |           |              |                     |
|                               |                            | Fabricante                | Año de Fabricación | Longitud | Capacidad Total | Peso vacío | Peso max | Potencia de trabajo | Consumo de energía | Consumo de energía | Capacidad Carga | Autonomía |                |               |                                |         |               | Vida útil | Euro Standard | CO2     | Nox       | PM10      | Ruido parado | Ruido en movimiento |
| Mercedes                      | Mercedes                   | Volvo                     | -                  | [m]      | [personas]      | [kg]       | [kg]     | [kW]                | [l/100 km]         | [kWh/100 km]       | [litros]        | [Km]      | [Km]           | -             | [kg/km]                        | [g/km]  | [g/km]        | [dB]      | [dB]          | [USD]   | [USD/año] | [USD/año] | [USD]        | [USD/año]           |
| -                             | -                          | 2011                      | 18                 | -        | -               | -          | -        | 250                 | 69                 | 794                | 540             | 782       | 825.000        | 3             | 1,829                          | 10,5    | 0,29          | 80        | 77            | 340.000 | 23.724    | 11.469    | -            | -                   |
| 12                            | 12                         | 12                        | 12                 | 82       | -               | 15.700     | 186      | 46                  | 529                | -                  | -               | 825.000   | 3              | 1,2191        | 9,38                           | 0,207   | 80            | 77        | 122.000       | 7.646   | -         | -         | -            |                     |
| 105                           | 90                         | -                         | -                  | -        | -               | 17.200     | 206      | 50                  | 575                | 275                | 550             | 825.000   | 2              | 1,3251        | 10,7                           | 0,22    | 80            | 77        | 122.000       | 8.311   | -         | -         | -            |                     |
| -                             | -                          | -                         | 12                 | 90       | -               | 17.000     | 153      | 39                  | 449                | 300                | 600             | 825.000   | 2              | 1,3251        | 10,7                           | 0,22    | 80            | 77        | 122.000       | 8.311   | -         | -         | -            |                     |
| 19.000                        | 19.000                     | 19.000                    | 220                | 220      | 220             | 220        | 220      | 220                 | 220                | 220                | 220             | 220       | 220            | 220           | 220                            | 220     | 220           | 220       | 220           | 220     | 220       | 220       | 220          | 220                 |
| 215                           | 215                        | 215                       | 215                | 215      | 215             | 215        | 215      | 215                 | 215                | 215                | 215             | 215       | 215            | 215           | 215                            | 215     | 215           | 215       | 215           | 215     | 215       | 215       | 215          | 215                 |
| 551                           | 551                        | 551                       | 551                | 551      | 551             | 551        | 551      | 551                 | 551                | 551                | 551             | 551       | 551            | 551           | 551                            | 551     | 551           | 551       | 551           | 551     | 551       | 551       | 551          | 551                 |
| 825.000                       | 825.000                    | 825.000                   | 825.000            | 825.000  | 825.000         | 825.000    | 825.000  | 825.000             | 825.000            | 825.000            | 825.000         | 825.000   | 825.000        | 825.000       | 825.000                        | 825.000 | 825.000       | 825.000   | 825.000       | 825.000 | 825.000   | 825.000   | 825.000      | 825.000             |
| 6                             | 6                          | 6                         | 6                  | 6        | 6               | 6          | 6        | 6                   | 6                  | 6                  | 6               | 6         | 6              | 6             | 6                              | 6       | 6             | 6         | 6             | 6       | 6         | 6         | 6            | 6                   |
| 1.0336                        | 1.0336                     | 1.0336                    | 1.0336             | 1.0336   | 1.0336          | 1.0336     | 1.0336   | 1.0336              | 1.0336             | 1.0336             | 1.0336          | 1.0336    | 1.0336         | 1.0336        | 1.0336                         | 1.0336  | 1.0336        | 1.0336    | 1.0336        | 1.0336  | 1.0336    | 1.0336    | 1.0336       | 1.0336              |
| 1,1                           | 1,1                        | 1,1                       | 1,1                | 1,1      | 1,1             | 1,1        | 1,1      | 1,1                 | 1,1                | 1,1                | 1,1             | 1,1       | 1,1            | 1,1           | 1,1                            | 1,1     | 1,1           | 1,1       | 1,1           | 1,1     | 1,1       | 1,1       | 1,1          | 1,1                 |
| 0,03                          | 0,03                       | 0,03                      | 0,03               | 0,03     | 0,03            | 0,03       | 0,03     | 0,03                | 0,03               | 0,03               | 0,03            | 0,03      | 0,03           | 0,03          | 0,03                           | 0,03    | 0,03          | 0,03      | 0,03          | 0,03    | 0,03      | 0,03      | 0,03         | 0,03                |
| 80                            | 80                         | 80                        | 80                 | 80       | 80              | 80         | 80       | 80                  | 80                 | 80                 | 80              | 80        | 80             | 80            | 80                             | 80      | 80            | 80        | 80            | 80      | 80        | 80        | 80           | 80                  |
| 77                            | 77                         | 77                        | 77                 | 77       | 77              | 77         | 77       | 77                  | 77                 | 77                 | 77              | 77        | 77             | 77            | 77                             | 77      | 77            | 77        | 77            | 77      | 77        | 77        | 77           | 77                  |
| 225.000                       | 225.000                    | 225.000                   | 225.000            | 225.000  | 225.000         | 225.000    | 225.000  | 225.000             | 225.000            | 225.000            | 225.000         | 225.000   | 225.000        | 225.000       | 225.000                        | 225.000 | 225.000       | 225.000   | 225.000       | 225.000 | 225.000   | 225.000   | 225.000      | 225.000             |
| 19200                         | 19200                      | 19200                     | 19200              | 19200    | 19200           | 19200      | 19200    | 19200               | 19200              | 19200              | 19200           | 19200     | 19200          | 19200         | 19200                          | 19200   | 19200         | 19200     | 19200         | 19200   | 19200     | 19200     | 19200        | 19200               |
| 6.482                         | 6.482                      | 6.482                     | 6.482              | 6.482    | 6.482           | 6.482      | 6.482    | 6.482               | 6.482              | 6.482              | 6.482           | 6.482     | 6.482          | 6.482         | 6.482                          | 6.482   | 6.482         | 6.482     | 6.482         | 6.482   | 6.482     | 6.482     | 6.482        | 6.482               |
| -                             | -                          | -                         | -                  | -        | -               | -          | -        | -                   | -                  | -                  | -               | -         | -              | -             | -                              | -       | -             | -         | -             | -       | -         | -         | -            | -                   |
| -                             | -                          | -                         | -                  | -        | -               | -          | -        | -                   | -                  | -                  | -               | -         | -              | -             | -                              | -       | -             | -         | -             | -       | -         | -         | -            | -                   |

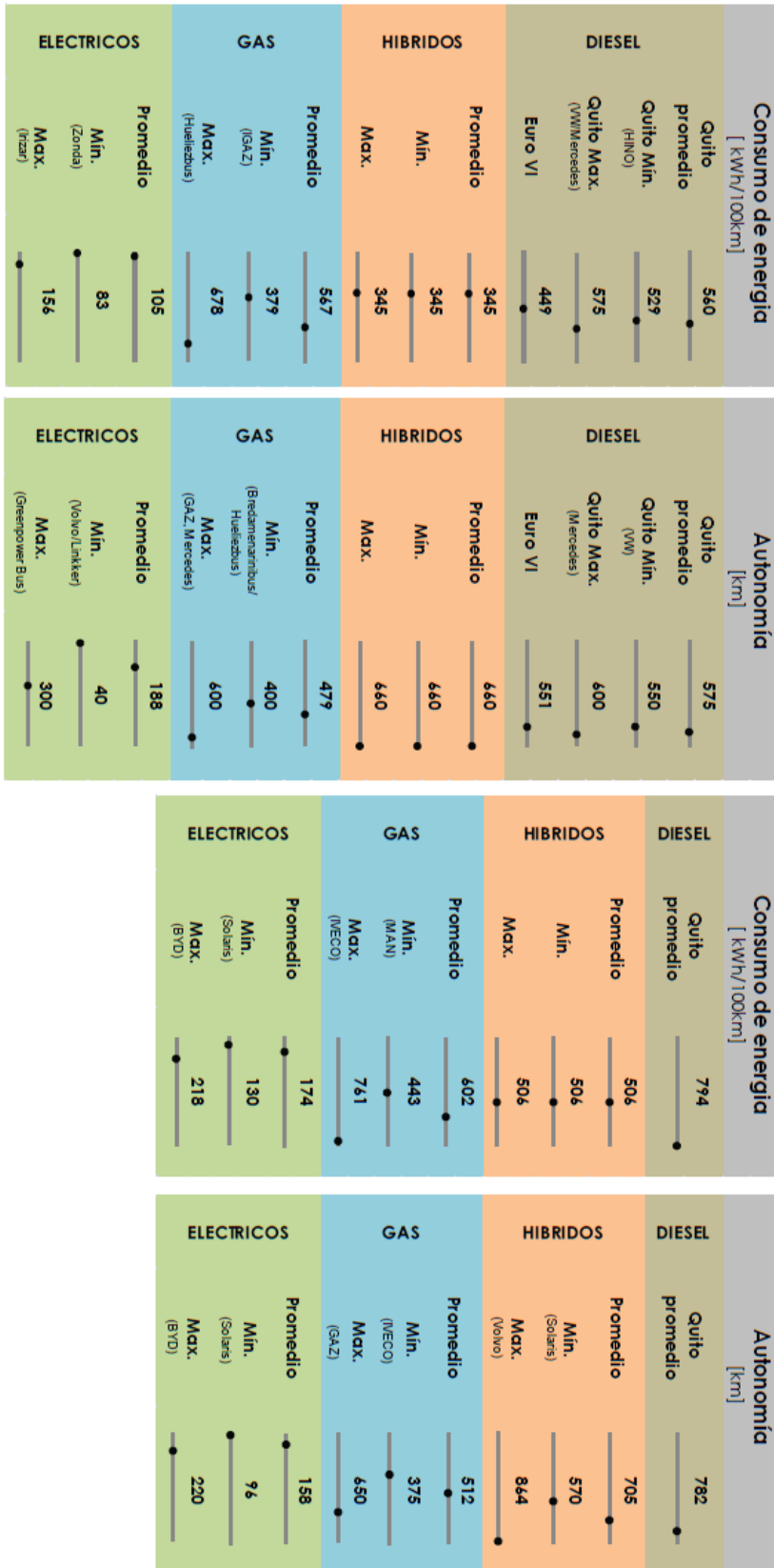


## CUADRO DE COMPARACIÓN DE PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

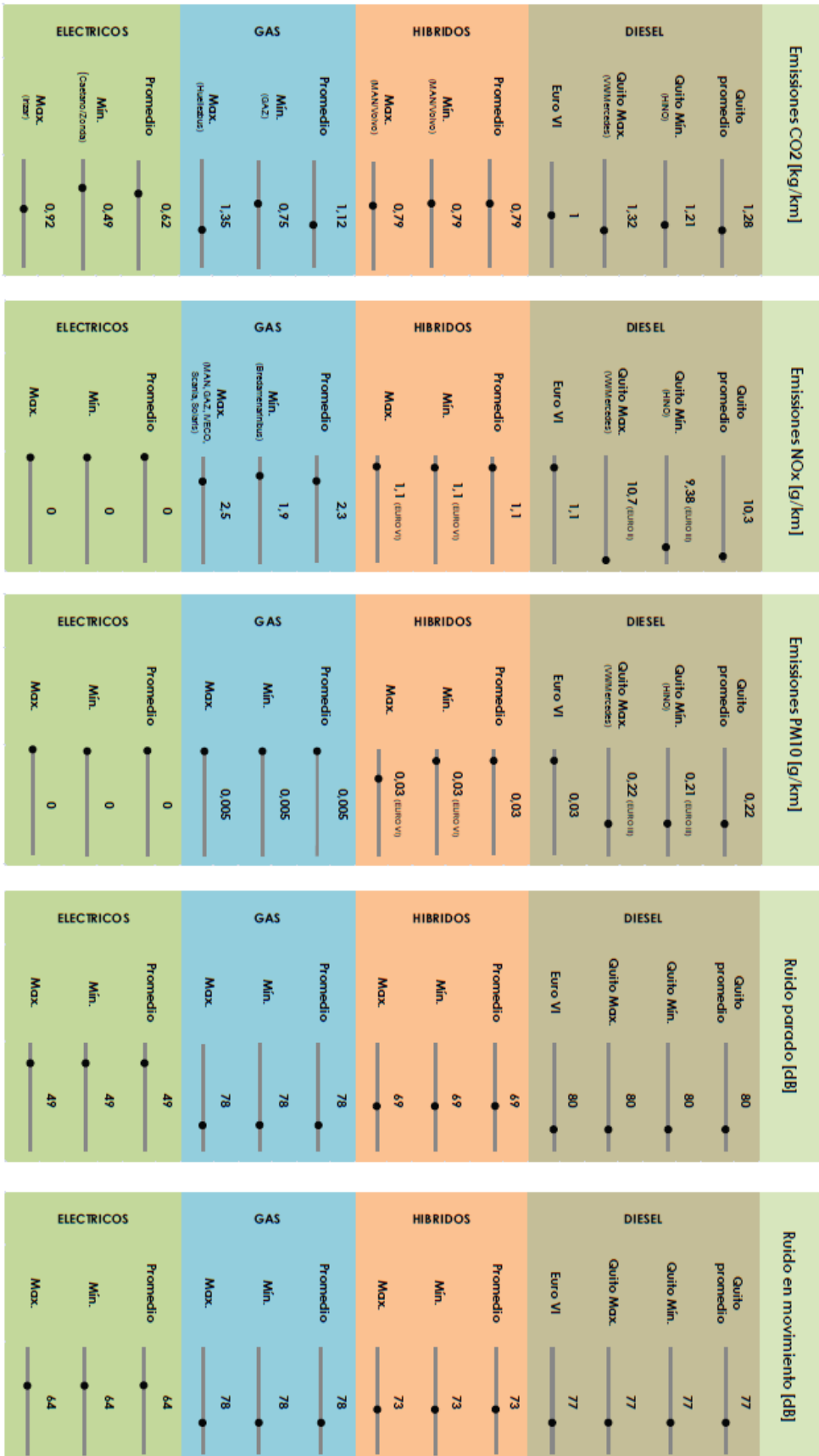
| ELECTRICOS       | GAS | HIBRIDOS | DIESEL | ESPECIFICACIONES TECNICAS |                            |                 |               |                              |                                    |                                |                 |                |                | DATOS AMBIENTALES |            |             |                   |                          | COSTES               |                         |   |               |                         |
|------------------|-----|----------|--------|---------------------------|----------------------------|-----------------|---------------|------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|-----------------|----------------|----------------|-------------------|------------|-------------|-------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|---|---------------|-------------------------|
|                  |     |          |        | Longitud [m]              | Capacidad Total [personas] | Peso vacío [kg] | Peso max [kg] | Potencia de trabajo MCI [kW] | Potencia de trabajo electrico [kW] | Consumo de energia [kWh/100km] | Capacidad Carga | Autonomía [km] | Vida util [km] | CO2 [kg/km]       | Nox [g/km] | PM10 [g/km] | Ruido parado [dB] | Ruido en movimiento [dB] | UNIDAD MOVIL         |                         | INFRAESTRUCTURA ESPECIFICA (por vehiculo) |               |                         |
|                  |     |          |        |                           |                            |                 |               |                              |                                    |                                |                 |                |                |                   |            |             |                   |                          | Material Móvil [USD] | Mantenimiento [USD/año] | Coste energético [USD/año]                | Inicial [USD] | Mantenimiento [USD/año] |
| Quito tipo       | 12m | 12m      | 12m    | 12                        | 86                         | -               | 16.600        | 182                          | -                                  | 560                            | 287             | 575            | 825.000        | 1,3               | 10,3       | 0,22        | 80                | 77                       | 122.000              | 19.200                  | 8.089                                     | -             | -                       |
| Euro 6 stand     | 12m | 12m      | 12m    | 12                        | 105                        | -               | 19.000        | 220                          | -                                  | 449                            | 215             | 551            | 825.000        | 1,0               | 1,1        | 0,03        | 80                | 77                       | 225.000              | 19.200                  | 6.482                                     | -             | -                       |
| Quito BRT        | 18m | 18m      | 18m    | 18                        | -                          | -               | -             | 250                          | -                                  | 794                            | 540             | 782            | 825.000        | 1,8               | 10,5       | 0,30        | 80                | 77                       | 340.000              | 23.724                  | 11.469                                    | -             | -                       |
|                  | 12m | 12m      | 12m    | 12                        | 86                         | -               | -             | 203                          | 135                                | 345                            | 200             | 660            | 742.500        | 0,8               | 1,1        | 0,03        | 69                | 73                       | 331.164              | 24.000                  | 4.986                                     | -             | -                       |
|                  | 18m | 18m      | 18m    | 18                        | 153                        | -               | 28.900        | 172                          | 200                                | 506                            | 310             | 705            | 660.000        | 1,2               | 1,1        | 0,03        | 78                | 73                       | 527.758              | 29.655                  | 7.313                                     | -             | -                       |
|                  | 12m | 12m      | 12m    | 12                        | 104                        | 12.000          | 19.000        | 207                          | -                                  | 567                            | 1.261           | 479            | 708.750        | 1,1               | 2,3        | 0,01        | 78                | 78                       | 284.440              | 20.736                  | 19.525                                    | -             | -                       |
|                  | 18m | 18m      | 18m    | 18                        | 154                        | 18.000          | 29.000        | 238                          | -                                  | 602                            | 1.595           | 512            | 840.000        | 1,2               | 2,5        | 0,01        | 78                | 78                       | 424.000              | 25.622                  | 20.732                                    | -             | -                       |
| 12m carga rapida | 12m | 12m      | 12m    | 12                        | 83                         | 13.300          | 19.000        | -                            | 159                                | 105                            | 207             | 188            | 728.000        | 0,6               | 0,0        | 0,00        | 49                | 64                       | 471.700              | 9.600                   | 4.559                                     | 30.000        | 800                     |
| 18m carga rapida | 18m | 18m      | 18m    | 18                        | 135                        | -               | 29.000        | -                            | 218                                | 174                            | 237             | 158            | 825.000        | 1,0               | 0,0        | 0,00        | 49                | 64                       | 691.600              | 11.862                  | 7.514                                     | 30.000        | 800                     |
| 18m carga normal | 18m | 18m      | 18m    | 18                        | 135                        | 13.300          | 19.000        | -                            | 159                                | 105                            | 207             | 188            | 728.000        | 0,6               | 0,0        | 0,00        | 49                | 64                       | 471.700              | 9.600                   | 4.559                                     | 17.043        | 535                     |
| 18m carga normal | 18m | 18m      | 18m    | 18                        | 135                        | -               | 29.000        | -                            | 218                                | 174                            | 237             | 158            | 825.000        | 1,0               | 0,0        | 0,00        | 49                | 64                       | 691.600              | 11.862                  | 7.514                                     | 17.043        | 535                     |

La observación general de la tabla de comparación entre tipologías nos permite observar algunos de los contrastes entre las diferentes tipologías. Las tablas a continuación permiten tener una visualización más precisa de esas diferencias. Las barras ayudan a localizar la posición de un determinado valor en relación a los valores de otras tipologías. Por ejemplo, podemos ver que los consumos de energía de los autobuses eléctricos se localizan en el espectro mínimo de valores para esa categoría, mientras que el autobús Hueliebus de 18m a gas presenta los valores máximos para esa misma categoría.

## DATOS TÉCNICOS - 12m y 18m



## DATOS AMBIENTALES - AUTOBUSES 12M



## DATOS AMBIENTALES - AUTOBUSES 18M



## COSTES UNIDAD MÓVIL POR VIDA UTIL (12M)\*

|                   | INVERSIÓN<br>[USD/15 años] | ANUALES<br>[USD/año] | TOTALES<br>[USD/15 años] |         |
|-------------------|----------------------------|----------------------|--------------------------|---------|
| <b>DIESEL</b>     | Quito promedio             | 122.000              | 27.289                   | 531.335 |
|                   | Quito Mín. (HINO)          | 122.000              | 26.846                   | 524.690 |
|                   | Quito Max. (VW/Mercedes)   | 122.000              | 27.511                   | 534.665 |
|                   | Euro VI (LATAM)            | 225.000              | 25.682                   | 610.230 |
| <b>HIBRIDOS</b>   | Promedio                   | 331.164              | 28.986                   | 765.954 |
|                   | Mín. (Volvo)               | 290.000              | 28.986                   | 724.790 |
|                   | Max. (MAN)                 | 372.328              | 28.986                   | 807.118 |
| <b>GAS</b>        | Promedio                   | 284.440              | 40.261                   | 888.355 |
|                   | Mín. (Breda/meratibus)     | 287.072              | 42.183                   | 919.817 |
|                   | Max. (Hualkebuss)          | 298.000              | 44.089                   | 959.335 |
| <b>ELECTRICOS</b> | Promedio carga normal      | 488.9743             | 14.694                   | 709.153 |
|                   | Promedio carga rápida      | 501.700              | 14.959                   | 726.085 |
|                   | Mín. (BYD)                 | 437.043              | 15.732                   | 673.023 |
|                   | Max. (Solaris)             | 563.000              | 14.291                   | 777.365 |

\*Precios basados en el mercado Latinoamericano  
 Vida Útil estimada en 15 años



| COSTES UNIDAD MÓVIL POR VIDA UTIL (12m) |                                  |                            |                       |                        |                        |                          |                     |                    |
|---|----------------------------------|----------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|---------------------|--------------------|
|   |                                  | INVERSIÓN<br>[USD/15 años] |                       | ANUALES<br>[USD/año]   |                        | TOTALES<br>[USD/15 años] |                     |                    |
| DIESEL                                  | <b>Quito promedio</b>            | <b>122.000</b>             |                       | <b>27.289</b>          |                        | <b>531.335</b>           |                     |                    |
|   |                                  | Material móvil             | Mantenimiento         | Coste energético       | Material móvil         | 15x costes anuales       |                     |                    |
|   |                                  | 122.000                    | 19.200                | 8.089                  | 122.000                | 409.335                  |                     |                    |
|   |                                  |                            |                       |                        |                        |                          |                     |                    |
|   | <b>Quito Mín. (HINO)</b>         | <b>122.000</b>             |                       | <b>26.846</b>          |                        | <b>524.690</b>           |                     |                    |
|   |                                  | Material móvil             | Mantenimiento         | Coste energético       | Material móvil         | 15x costes anuales       |                     |                    |
|   |                                  | 122.000                    | 19.200                | 7.646                  | 122.000                | 402.690                  |                     |                    |
|   |                                  |                            |                       |                        |                        |                          |                     |                    |
|   | <b>Quito Max. (VWM Mercedes)</b> | <b>122.000</b>             |                       | <b>27.511</b>          |                        | <b>534.665</b>           |                     |                    |
|   |                                  | Material móvil             | Mantenimiento         | Coste energético       | Material móvil         | 15x costes anuales       |                     |                    |
|   |                                  | 122.000                    | 19.200                | 8.311                  | 122.000                | 412.665                  |                     |                    |
|   |                                  |                            |                       |                        |                        |                          |                     |                    |
|   | <b>Euro VI (LATAM)</b>           | <b>225.000</b>             |                       | <b>25.682</b>          |                        | <b>610.230</b>           |                     |                    |
|   |                                  | Material móvil             | Mantenimiento         | Coste energético       | Material móvil         | 15x costes anuales       |                     |                    |
|   |                                  | 225.000                    | 19.200                | 6.482                  | 225.000                | 385.230                  |                     |                    |
|   |                                  |                            |                       |                        |                        |                          |                     |                    |
| HIBRIDOS                                | <b>Promedio</b>                  | <b>331.164</b>             |                       | <b>28.986</b>          |                        | <b>765.954</b>           |                     |                    |
|   |                                  | Material móvil             | Mantenimiento         | Coste energético       | Material móvil         | 15x costes anuales       |                     |                    |
|   |                                  | 331.164                    | 24.000                | 4.986                  | 331.164                | 434.790                  |                     |                    |
|   |                                  |                            |                       |                        |                        |                          |                     |                    |
|   | <b>Mín. (Volvo)</b>              | <b>290.000</b>             |                       | <b>28.986</b>          |                        | <b>724.790</b>           |                     |                    |
|   |                                  | Material móvil             | Mantenimiento         | Coste energético       | Material móvil         | 15x costes anuales       |                     |                    |
|   |                                  | 290.000                    | 24.000                | 4.986                  | 290.000                | 434.790                  |                     |                    |
|   |                                  |                            |                       |                        |                        |                          |                     |                    |
|   | <b>Max. (MAN)</b>                | <b>372.328</b>             |                       | <b>28.986</b>          |                        | <b>807.118</b>           |                     |                    |
|   |                                  | Material móvil             | Mantenimiento         | Coste energético       | Material móvil         | 15x costes anuales       |                     |                    |
|   |                                  | 372.328                    | 24.000                | 4.986                  | 372.328                | 434.790                  |                     |                    |
|   |                                  |                            |                       |                        |                        |                          |                     |                    |
| GAS                                     | <b>Promedio</b>                  | <b>284.440</b>             |                       | <b>40.261</b>          |                        | <b>888.355</b>           |                     |                    |
|   |                                  | Material móvil             | Mantenimiento         | Coste energético       | Material móvil         | 15x costes anuales       |                     |                    |
|   |                                  | 284.440                    | 20.736                | 19.525                 | 284.440                | 603.915                  |                     |                    |
|   |                                  |                            |                       |                        |                        |                          |                     |                    |
|   | <b>Mín. (Bredamenarinibus)</b>   | <b>287.072</b>             |                       | <b>42.183</b>          |                        | <b>919.817</b>           |                     |                    |
|   |                                  | Material móvil             | Mantenimiento         | Coste energético       | Material móvil         | 15x costes anuales       |                     |                    |
|   |                                  | 287.072                    | 20.736                | 21.447                 | 287.072                | 632.745                  |                     |                    |
|   |                                  |                            |                       |                        |                        |                          |                     |                    |
|   | <b>Max. (Hueliezbus)</b>         | <b>298.000</b>             |                       | <b>44.089</b>          |                        | <b>959.335</b>           |                     |                    |
|   |                                  | Material móvil             | Mantenimiento         | Coste energético       | Material móvil         | 15x costes anuales       |                     |                    |
|   |                                  | 298.000                    | 20.736                | 23.353                 | 298.000                | 661.335                  |                     |                    |
|   |                                  |                            |                       |                        |                        |                          |                     |                    |
| ELECTRICOS                              | <b>Promedio carga normal</b>     | <b>488.743</b>             |                       | <b>14.694</b>          |                        | <b>709.153</b>           |                     |                    |
|   |                                  | Material móvil             | Cargador plug-in      | Mantenimiento autobús  | Mantenimiento cargador | Coste energético         | Costes de inversión | 15x costes anuales |
|   |                                  | 471.700                    | 17.043                | 9.600                  | 535                    | 4.559                    | 488.743             | 2204.0             |
|   |                                  |                            |                       |                        |                        |                          |                     |                    |
|   | <b>Promedio carga rapida</b>     | <b>501.700</b>             |                       | <b>14.959</b>          |                        | <b>726.085</b>           |                     |                    |
|   | Material móvil                   | Cargador pantográfico      | Mantenimiento autobús | Mantenimiento cargador | Coste energético       | Costes de inversión      | 15x costes anuales  |                    |
|   |                                  | 471.700                    | 30.000                | 9.600                  | 800                    | 4.559                    | 501.700             | 224.385            |
|   |                                  |                            |                       |                        |                        |                          |                     |                    |
|   | <b>Mín. (BYD)</b>                | <b>437.043</b>             |                       | <b>15.732</b>          |                        | <b>673.023</b>           |                     |                    |
|   | Material móvil                   | Cargador plug-in           | Mantenimiento autobús | Mantenimiento cargador | Coste energético       | Costes de inversión      | 15x costes anuales  |                    |
|   |                                  | 420.000                    | 17.043                | 9.600                  | 535                    | 5.597                    | 437.043             | 235.980            |
|   |                                  |                            |                       |                        |                        |                          |                     |                    |
|   | <b>Max. (Solaris)</b>            | <b>563.000</b>             |                       | <b>14.291</b>          |                        | <b>777.365</b>           |                     |                    |
|   | Material móvil                   | Cargador pantográfico      | Mantenimiento autobús | Mantenimiento cargador | Coste energético       | Costes de inversión      | 15x costes anuales  |                    |
|   |                                  | 533.000                    | 30.000                | 9.600                  | 800                    | 3.891                    | 563.000             | 214.365            |
|   |                                  |                            |                       |                        |                        |                          |                     |                    |

## COSTES UNIDAD MÓVIL POR VIDA UTIL (18M)\*

|                   |                            | INVERSIÓN<br>[USD/15 años] | ANUALES<br>[USD/año] | TOTALES<br>[USD/15 años] |
|-------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------|--------------------------|
| <b>DIESEL</b>     | Quito promedio             | 340.000                    | 35.193               | 867.895                  |
|                   | Promedio                   | 527.758                    | 36.968               | 1.082.278                |
| <b>HIBRIDOS</b>   | Mín.<br>(Volvo)            | 489.476                    | 36.968               | 1.043.996                |
|                   | Max.<br>(MAN)              | 586.793                    | 36.968               | 1.141.313                |
|                   | Promedio                   | 424.000                    | 46.354               | 1.119.310                |
| <b>GAS</b>        | Mín.<br>(Bredamenarinibus) | 424.000                    | 40.873               | 1.037.095                |
|                   | Max.<br>(Hueliazbus)       | 424.000                    | 51.835               | 1.201.525                |
|                   | Promedio                   | 708.643                    | 19.912               | 1.007.323                |
| <b>ELECTRICOS</b> | Promedio carga normal      | 721.600                    | 20.177               | 1.024.255                |
|                   | Mín.<br>(BYD)              | 667.043                    | 21.812               | 994.223                  |
|                   | Max.<br>(Solaris)          | 763.200                    | 18.277               | 1.037.355                |
|                   | Promedio carga rápida      |                            |                      |                          |

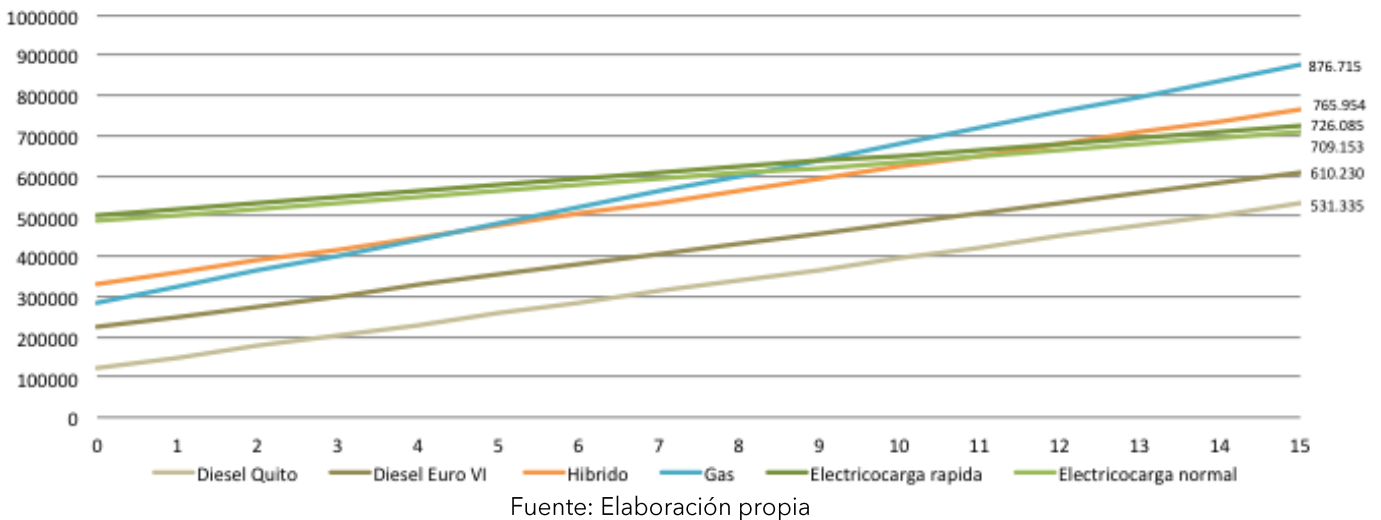
\*Precios basados en el mercado latinoamericano.  
 Vida útil estimado en 15 años

| COSTES UNIDAD MÓVIL POR VIDA ÚTIL (18m) |                       |                            |                       |                       |                        |                  |                          |                    |
|---|-----------------------|----------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------|--------------------------|--------------------|
|   |                       | INVERSIÓN<br>[USD/15 años] |                       | ANUALES<br>[USD/año]  |                        |                  | TOTALES<br>[USD/15 años] |                    |
| DIESEL                                  | Quito promedio        | <b>340.000</b>             |                       | <b>35.193</b>         |                        |                  | <b>867.895</b>           |                    |
|   |                       | Material móvil             |                       | Mantenimiento         | Coste energético       |                  | Material móvil           | 15x costes anuales |
|   |                       | 340.000                    |                       | 23.724                | 11.469                 |                  | 340.000                  | 527.895            |
| HIBRIDOS                                | Promedio              | <b>527.758</b>             |                       | <b>36.968</b>         |                        |                  | <b>1.082.278</b>         |                    |
|   |                       | Material móvil             |                       | Mantenimiento         | Coste energético       |                  | Material móvil           | 15x costes anuales |
|   |                       | 527.758                    |                       | 29.655                | 7.313                  |                  | 527.758                  | 554.520            |
|   | Mín.<br>(Solaris)     | <b>489.476</b>             |                       | <b>36.968</b>         |                        |                  | <b>1.043.996</b>         |                    |
|   | Material móvil        |                            | Mantenimiento         | Coste energético      |                        | Material móvil   | 15x costes anuales       |                    |
|   |                       | 489.476                    |                       | 29.655                | 7.313                  |                  | 489.476                  | 554.520            |
|   | Max.<br>(IVECO)       | <b>586.793</b>             |                       | <b>36.968</b>         |                        |                  | <b>1.141.313</b>         |                    |
|   | Material móvil        |                            | Mantenimiento         | Coste energético      |                        | Material móvil   | 15x costes anuales       |                    |
|   |                       | 586.793                    |                       | 29.655                | 7.313                  |                  | 586.793                  | 554.520            |
| GAS                                     | Promedio              | <b>424.000</b>             |                       | <b>46.354</b>         |                        |                  | <b>1.119.310</b>         |                    |
|   |                       | Material móvil             |                       | Mantenimiento         | Coste energético       |                  | Material móvil           | 15x costes anuales |
|   |                       | 424.000                    |                       | 25.622                | 20.732                 |                  | 424.000                  | 695.310            |
|   | Mín.<br>(MAN)         | <b>424.000</b>             |                       | <b>40.873</b>         |                        |                  | <b>1.037.095</b>         |                    |
|   | Material móvil        |                            | Mantenimiento         | Coste energético      |                        | Material móvil   | 15x costes anuales       |                    |
|   |                       | 424.000                    |                       | 25.622                | 15.251                 |                  | 424.000                  | 613.095            |
|   | Max.<br>(IVECO)       | <b>424.000</b>             |                       | <b>51.835</b>         |                        |                  | <b>1.201.525</b>         |                    |
|   | Material móvil        |                            | Mantenimiento         | Coste energético      |                        | Material móvil   | 15x costes anuales       |                    |
|   |                       | 424.000                    |                       | 25.622                | 26.213                 |                  | 424.000                  | 777.525            |
| ELECTRICOS                              | Promedio carga normal | Material móvil             | Cargador plug-in      | Mantenimiento autobús | Mantenimiento cargador | Coste energético | Costes de inversión      | 15x costes anuales |
|   |                       | 691.600                    | 17.043                | 11.862                | 535                    | 7.515            | 708643                   | 298680             |
|   | Promedio carga rapida | Material móvil             | Cargador pantográfico | Mantenimiento autobús | Mantenimiento cargador | Coste energético | Costes de inversión      | 15x costes anuales |
|   |                       | 691.600                    | 30.000                | 11.862                | 800                    | 7.515            | 721.600                  | 302.655            |
|   | Mín.<br>(BYD)         | Material móvil             | Cargador              | Mantenimiento autobús | Mantenimiento cargador | Coste energético | Costes de inversión      | 15x costes anuales |
|   | 650.000               | 17.043                     | 11.862                | 535                   | 9.415                  | 667043           | 327180                   |                    |
|   | Max.<br>(Solaris)     | Material móvil             | Cargador              | Mantenimiento autobús | Mantenimiento cargador | Coste energético | Costes de inversión      | 15x costes anuales |
|   |                       | 733.200                    | 30.000                | 11.862                | 800                    | 5.615            | 763200                   | 274155             |

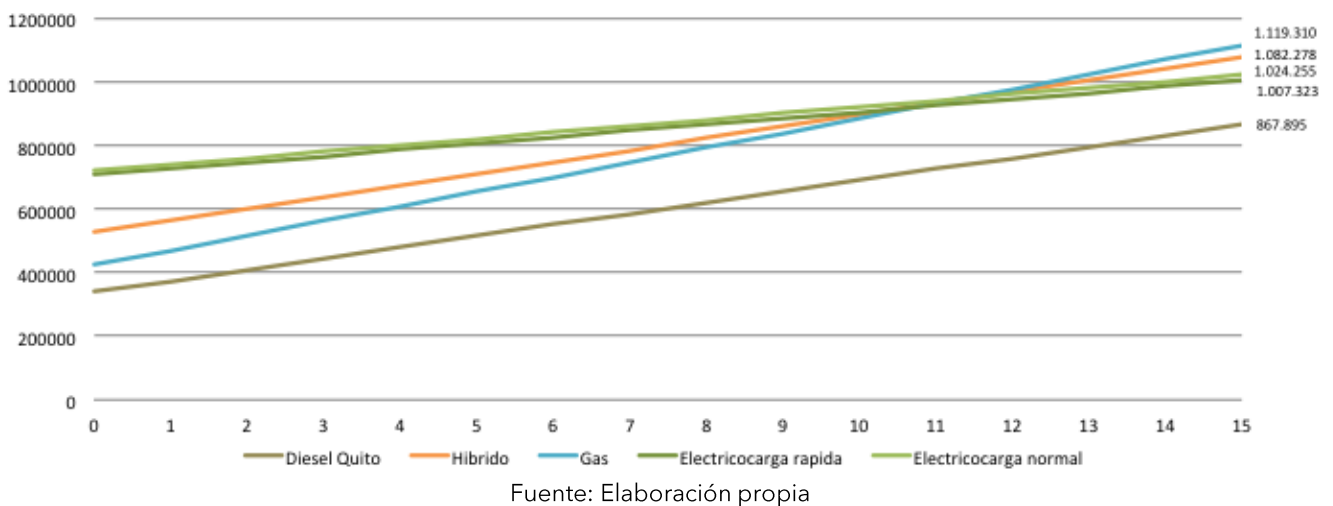
### III) Evaluación de los resultados y cronograma de recambio

Comparando los distintos datos, se puede llegar a algunas conclusiones. Primeramente, se observa que los autobuses eléctricos presentan indicadores ambientales substancialmente superiores a los de las otras tipologías, sobre todo si comparados con los autobuses a diésel. Los vehículos eléctricos también son la tipología que pide la inversión inicial más intensa, una vez que, no solo los vehículos son más caros, pero también es necesario hacer inversiones en infraestructura. Sin embargo, sus costos más bajos de operación y mantenimiento hacen con que los precios totales a lo largo de una vida útil de 15 años sean más bajos que los de autobuses híbridos y gas, como se puede observar en los gráficos a continuación. Conforme señalado anteriormente, los costos de mantenimiento para autobuses eléctricos representan un 50% de lo que se gasta con modelos diesel. De forma complementaria, los gastos con combustible son los más bajos entre las cuatro tipologías (conforme señalado en la tabla 17). Eso se debe a los precios de la energía eléctrica, pero sobre todo a altos niveles de eficiencia energética (señalados en la tabla 14 sobre los consumos de energía).

**TABLA 9 - Costo Total de Autobuses 12m en Vida Útil (USD)**



**TABLA 210 - Costo Total de Autobuses 18m en Vida Útil (USD)**



Sin embargo los autobuses eléctricos no logran ser competitivos en términos de costos cuando comparados con los movidos a diésel, las mejoras en términos ambientales ayudan a justificar una adopción gradual de esos vehículos. En los años a venir, a la medida en que la oferta de autobuses eléctricos se incrementa en Latinoamérica y estos se empiezan a fabricar localmente, se estima que los precios de estos bajen, aproximándose aún más a los de diésel.

Los autobuses híbridos, representan un medio término cuanto a los costos de inversión (material móvil) y presentan costos energéticos similares a los de los autobuses eléctricos. Sin embargo, los costos de mantenimiento (25% superiores a los del diésel) llevan a costos totales superiores a los de los eléctricos. Los autobuses movidos a gas presentan los costos de inversión más bajos entre las tipologías limpias, pero sus costos totales son los más altos entre todos los modelos analizados. Eso se debe a sus altos costos energéticos, ligados a la importación del gas natural.

**Así siendo, una vez que los autobuses eléctricos presentan los mejores indicadores ambientales y son los más competitivos en términos de costos totales, se recomienda su adopción bajo el Plan de Mejora Tecnológica.** Se sugiere la adopción de autobuses eléctricos de carga normal (carga plug-in por la noche), una vez que requieren menos inversiones en infraestructura (sobre todo en el caso de los de 12m). Complementariamente, la disponibilidad de buses eléctricos de carga rápida en el mercado Latinoamericano aun es pequeña, beneficiando la adopción de autobuses plug-in.

Para calcular los costos de implementación del Plan de Mejora Tecnológica de la flota, se toman como referencia los costos anuales y de inversión para un autobús promedio eléctrico 12m y 18m plug-in y para los autobuses urbanos tipo y articulados utilizados en el DMQ.

Los costos de implementación del Plan de Mejora Tecnológica se obtienen al aplicar los montantes referentes a los autobuses eléctricos al calendario de reposición previamente presentado. Así se obtiene una estimación de los gastos iniciales con inversión y a lo largo de 15 años (operación y mantenimiento) necesarios a la implementación del Plan de Mejora Tecnológica de la flota. Se presentan separadamente las estimaciones de costos para los 77 autobuses articulados y para los 650 autobuses tipo 12m. En cada caso se presentan tanto montos referentes a las inversiones totales para adquirir, operar y mantener los autobuses eléctricos, cuanto montos diferenciales referentes a las diferencias de costos de adquisición, operación y mantenimiento entre los autobuses eléctricos y diésel. Tal análisis es especialmente importante dado que la adopción de autobuses eléctricos lleva a ahorros en costos de operación y mantenimiento, como se muestra en la tabla 27. Esos ahorros, a lo largo de la vida útil, compensan una parte de las inversiones iniciales suplementares (en relación al diésel).



## A) Corredores BRT: AUTOBUSES ARTICULADOS (18m) - Costos TOTALES

**TABLA 11 - Comparación de Costos entre Diesel y Eléctricos (18m)**

|                                       | COMPARACIÓN DE COSTOS ENTRE DIESEL Y ELÉCTRICOS (18m) |          |                |                                     |                       |                        |               |
|---------------------------------------|---|----------|----------------|-------------------------------------|-----------------------|------------------------|---------------|
|                                       | Inversión (USD)                                       |          |                | Operación y Mantenimiento (USD/año) |                       |                        |               |
|                                       | Material Móvil  | Cargador | TOTAL          | Coste energético                    | Mantenimiento autobús | Mantenimiento cargador | TOTAL         |
| <b>Bus Articulado Quito (18m)</b>     | 340.000   | -        | <b>340.000</b> | 11.469                              | 23.724                | -                      | <b>35.193</b> |
| <b>Eléctrico Plug-in 18m promedio</b> | 691.600   | 17.043   | <b>708.643</b> | 7.514                               | 11.862                | 535                    | <b>19.911</b> |

Fuente: Elaboración propia

**TABLA 12 - COSTOS TOTALES DE INVERSIÓN PARA ELÉCTRICOS 18m (USD)**

| COSTOS TOTALES DE INVERSIÓN PARA ELÉCTRICOS 18m (USD) |                       |                  |                   |
|---|-----------------------|------------------|-------------------|
| Año   | Unidades incorporadas | Costo por unidad | TOTAL             |
| 2019  | 77                    | 708.643          | 54.565.511        |
| <b>TOTAL</b>  | <b>77</b>             | <b>708.643</b>   | <b>54.565.511</b> |

Fuente: Elaboración propia

**TABLA 13 - COSTOS TOTALES DE OEPRACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA ELÉCTRICOS 18m**

| COSTOS TOTALES DE OEPRACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA ELÉCTRICOS 18m (USD) |                   |                  |                   |
|---|-------------------|------------------|-------------------|
| Año   | Unidades operando | Costo por unidad | TOTAL             |
| 2019  | 77                | 19.911           | 1.533.147         |
| 2020  | 77                | 19.911           | 1.533.147         |
| 2021  | 77                | 19.911           | 1.533.147         |
| 2022  | 77                | 19.911           | 1.533.147         |
| 2023  | 77                | 19.911           | 1.533.147         |
| 2024  | 77                | 19.911           | 1.533.147         |
| 2025  | 77                | 19.911           | 1.533.147         |
| 2026  | 77                | 19.911           | 1.533.147         |
| 2027  | 77                | 19.911           | 1.533.147         |
| 2028  | 77                | 19.911           | 1.533.147         |
| 2029  | 77                | 19.911           | 1.533.147         |
| 2030  | 77                | 19.911           | 1.533.147         |
| 2031  | 77                | 19.911           | 1.533.147         |
| 2032  | 77                | 19.911           | 1.533.147         |
| 2033  | 77                | 19.911           | 1.533.147         |
| 2034  | 77                | 19.911           | 1.533.147         |
| <b>TOTAL</b>  | <b>77</b>         | <b>-</b>         | <b>24.530.352</b> |

Fuente: Elaboración propia

**TABLA 14 - COSTOS TOTALES ANUALES DE IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MEJORA (18m)**

| COSTOS TOTALES ANUALES DE IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MEJORA TECNOLÓGICA DE LA FLOTA - BUSES 18m - (USD) |                   |                    |                                    |                   |
|---|-------------------|--------------------|------------------------------------|-------------------|
| Año   | Unidades operando | Costo de inversión | Costo de operación y mantenimiento | TOTAL             |
| 2019  | 77                | 54.565.511         | 1.533.147                          | 56.098.658        |
| 2020  | 77                | 0                  | 1.533.147                          | 1.533.147         |
| 2021  | 77                | 0                  | 1.533.147                          | 1.533.147         |
| 2022  | 77                | 0                  | 1.533.147                          | 1.533.147         |
| 2023  | 77                | 0                  | 1.533.147                          | 1.533.147         |
| 2024  | 77                | 0                  | 1.533.147                          | 1.533.147         |
| 2025  | 77                | 0                  | 1.533.147                          | 1.533.147         |
| 2026  | 77                | 0                  | 1.533.147                          | 1.533.147         |
| 2027  | 77                | 0                  | 1.533.147                          | 1.533.147         |
| 2028  | 77                | 0                  | 1.533.147                          | 1.533.147         |
| 2029  | 77                | 0                  | 1.533.147                          | 1.533.147         |
| 2030  | 77                | 0                  | 1.533.147                          | 1.533.147         |
| 2031  | 77                | 0                  | 1.533.147                          | 1.533.147         |
| 2032  | 77                | 0                  | 1.533.147                          | 1.533.147         |
| 2033  | 77                | 0                  | 1.533.147                          | 1.533.147         |
| 2034  | 77                | 0                  | 1.533.147                          | 1.533.147         |
| <b>TOTAL</b>  | <b>77</b>         | <b>54.565.511</b>  | <b>24.530.352</b>                  | <b>79.095.863</b> |

Fuente: Elaboración propia

## B) Corredores BRT: AUTOBUSES ARTICULADOS (18m) - Costos DIFERENCIALES

**TABLA 15 - COSTES DIFERENCIALES DE INVERSIÓN PARA ELÉCTRICOS 18m**

| COSTES DE INVERSIÓN ADICIONALES PARA ELÉCTRICOS 18m (USD por vehículo) |                |                  |                |
|--|----------------|------------------|----------------|
|  | Material Móvil | Cargador Plug-in | TOTAL          |
| Bus Articulado Quito (18m)   | 340.000        | -                | 340.000        |
| Eléctrico Plug-in 18m promedio   | 691.600        | 17.043           | 708.643        |
| <b>Costes adicionales</b>  | <b>351.600</b> | <b>17.043</b>    | <b>368.643</b> |

Fuente: Elaboración propia

**TABLA 16 - COSTES ANUALES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA ELÉCTRICOS 18m**

| COSTES ANUALES DE OPERACIÓN ADICIONALES PARA ELÉCTRICOS 18m (USD por vehículo) |                  |                            |                  |                |
|--|------------------|----------------------------|------------------|----------------|
|  | Coste energético | Mantenimiento Unidad Movil | Cargador Plug-in | TOTAL          |
| Bus tipo Quito   | 11.469           | 23.724                     | -                | 35.193         |
| Eléctrico Plug-in promedio   | 7.514            | 11.862                     | 535              | 19.911         |
| <b>Costes adicionales</b>  | <b>-3.955</b>    | <b>-11.862</b>             | <b>535</b>       | <b>-15.282</b> |

Fuente: Elaboración propia

**TABLA 17 - COSTOS DIFERENCIALES DE INVERSIÓN PARA ELÉCTRICOS 18m (USD)**

| COSTOS DIFERENCIALES DE INVERSIÓN PARA ELÉCTRICOS 18m (USD) |                       |                   |                   |
|---|-----------------------|-------------------|-------------------|
| Año   | Unidades incorporadas | Costo diferencial | TOTAL             |
| 2019  | 77                    | 368.643           | 28.385.511        |
| <b>TOTAL</b>  | <b>77</b>             | <b>366.743</b>    | <b>28.239.211</b> |

Fuente: Elaboración propia

**TABLA 18 - COSTOS DIFERENCIALES DE OEPRACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA ELÉCTRICOS 18m**

| COSTOS DIFERENCIALES DE OEPRACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA ELÉCTRICOS 18m (USD) |                   |                   |                    |
|---|-------------------|-------------------|--------------------|
| Año   | Unidades operando | Costo diferencial | TOTAL              |
| 2019  | 77                | -15.282           | -1.176.714         |
| 2020  | 77                | -15.282           | -1.176.714         |
| 2021  | 77                | -15.282           | -1.176.714         |
| 2022  | 77                | -15.282           | -1.176.714         |
| 2023  | 77                | -15.282           | -1.176.714         |
| 2024  | 77                | -15.282           | -1.176.714         |
| 2025  | 77                | -15.282           | -1.176.714         |
| 2026  | 77                | -15.282           | -1.176.714         |
| 2027  | 77                | -15.282           | -1.176.714         |
| 2028  | 77                | -15.282           | -1.176.714         |
| 2029  | 77                | -15.282           | -1.176.714         |
| 2030  | 77                | -15.282           | -1.176.714         |
| 2031  | 77                | -15.282           | -1.176.714         |
| 2032  | 77                | -15.282           | -1.176.714         |
| 2033  | 77                | -15.282           | -1.176.714         |
| 2034  | 77                | -15.282           | -1.176.714         |
| <b>TOTAL</b>  | <b>77</b>         | <b>-</b>          | <b>-18.827.424</b> |

Fuente: Elaboración propia

**TABLA 19 - COSTOS DIFERENCIALES ANUALES DE IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MEJORA (18m)**

| COSTOS DIFERENCIALES DE IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MEJORAMIENTO TECNOLÓGICO DE LA FLOTA 18m (USD) |                   |                                |  |                  |
|---|-------------------|--------------------------------|--|------------------|
| Año   | Unidades operando | Costo diferencial de inversión | Costo diferencial de operación y mantenimiento | TOTAL            |
| 2019  | 77                | 28.385.511                     | -1.176.714                                     | 27.208.797       |
| 2020  | 77                | 0                              | -1.176.714                                     | -1.176.714       |
| 2021  | 77                | 0                              | -1.176.714                                     | -1.176.714       |
| 2022  | 77                | 0                              | -1.176.714                                     | -1.176.714       |
| 2023  | 77                | 0                              | -1.176.714                                     | -1.176.714       |
| 2024  | 77                | 0                              | -1.176.714                                     | -1.176.714       |
| 2025  | 77                | 0                              | -1.176.714                                     | -1.176.714       |
| 2026  | 77                | 0                              | -1.176.714                                     | -1.176.714       |
| 2027  | 77                | 0                              | -1.176.714                                     | -1.176.714       |
| 2028  | 77                | 0                              | -1.176.714                                     | -1.176.714       |
| 2029  | 77                | 0                              | -1.176.714                                     | -1.176.714       |
| 2030  | 77                | 0                              | -1.176.714                                     | -1.176.714       |
| 2031  | 77                | 0                              | -1.176.714                                     | -1.176.714       |
| 2032  | 77                | 0                              | -1.176.714                                     | -1.176.714       |
| 2033  | 77                | 0                              | -1.176.714                                     | -1.176.714       |
| 2034  | 77                | 0                              | -1.176.714                                     | -1.176.714       |
| <b>TOTAL</b>  | <b>77</b>         | <b>28.385.511</b>              | <b>-18.827.424</b>                             | <b>9.558.087</b> |

Fuente: Elaboración propia

### C) Autobuses urbanos hiper-centro: AUTOBUSES TIPO (12m) - Costos TOTALES

**TABLA 20 - Comparación de Costos entre Diesel y Eléctricos (12m)**

|                                       | <b>COMPARACIÓN DE COSTOS ENTRE DIESEL Y ELÉCTRICOS (12m)</b> |          |                |  |                       |                        |               |
|---------------------------------------|--|----------|----------------|--|-----------------------|------------------------|---------------|
|                                       | <b>Inversión (USD)</b>                                       |          |                | <b>Operación y Mantenimiento (USD/año)</b> |                       |                        |               |
|                                       | Material Móvil   | Cargador | TOTAL          | Coste energético                           | Mantenimiento autobús | Mantenimiento cargador | TOTAL         |
| <b>Bus tipo Quito</b>                 | 122.000  | -        | <b>122.000</b> | 8.089                                      | 19.200                | -                      | <b>27.289</b> |
| <b>Eléctrico Plug-in 12m promedio</b> | 471.700  | 17.043   | <b>488.743</b> | 4.559                                      | 9.600                 | 535                    | <b>14.694</b> |

Fuente: Elaboración propia

**TABLA 21 - COSTOS TOTALES DE INVERSIÓN PARA ELÉCTRICOS 12m**

| <b>COSTOS TOTALES DE INVERSIÓN PARA ELÉCTRICOS 12m (USD)</b> |                       |                  |                    |
|--|-----------------------|------------------|--------------------|
| Año  | Unidades incorporadas | Costo por unidad | TOTAL              |
| 2020   | 43                    | 488.743          | 21.015.949         |
| 2021   | 43                    | 488.743          | 21.015.949         |
| 2022   | 44                    | 488.743          | 21.504.692         |
| 2023   | 43                    | 488.743          | 21.015.949         |
| 2024   | 43                    | 488.743          | 21.015.949         |
| 2025   | 44                    | 488.743          | 21.504.692         |
| 2026   | 43                    | 488.743          | 21.015.949         |
| 2027   | 43                    | 488.743          | 21.015.949         |
| 2028   | 44                    | 488.743          | 21.504.692         |
| 2029   | 43                    | 488.743          | 21.015.949         |
| 2030   | 43                    | 488.743          | 21.015.949         |
| 2031   | 44                    | 488.743          | 21.504.692         |
| 2032   | 43                    | 488.743          | 21.015.949         |
| 2033   | 43                    | 488.743          | 21.015.949         |
| 2034   | 44                    | 488.743          | 21.504.692         |
| <b>TOTAL</b>   | <b>650</b>            | <b>488.743</b>   | <b>317.682.950</b> |

Fuente: Elaboración propia

**TABLA 22 - COSTOS TOTALES DE OEPRACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA ELÉCTRICOS (12m)**

| <b>COSTOS TOTALES DE OEPRACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA ELÉCTRICOS 12m (USD)</b> |                   |                  |                   |
|--|-------------------|------------------|-------------------|
| Año  | Unidades operando | Costo por unidad | TOTAL             |
| 2020   | 43                | 14.694           | 631.842           |
| 2021   | 86                | 14.694           | 1.263.684         |
| 2022   | 130               | 14.694           | 1.910.220         |
| 2023   | 173               | 14.694           | 2.542.062         |
| 2024   | 216               | 14.694           | 3.173.904         |
| 2025   | 260               | 14.694           | 3.820.440         |
| 2026   | 303               | 14.694           | 4.452.282         |
| 2027   | 346               | 14.694           | 5.084.124         |
| 2028   | 390               | 14.694           | 5.730.660         |
| 2029   | 433               | 14.694           | 6.362.502         |
| 2030   | 476               | 14.694           | 6.994.344         |
| 2031   | 520               | 14.694           | 7.640.880         |
| 2032   | 563               | 14.694           | 8.272.722         |
| 2033   | 606               | 14.694           | 8.904.564         |
| 2034   | 650               | 14.694           | 9.551.100         |
| <b>TOTAL</b>   | <b>650</b>        | <b>14.694</b>    | <b>76.335.330</b> |

Fuente: Elaboración propia

**TABLA 23 - COSTOS TOTALES DE IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MEJORA (12m)**

| COSTOS TOTALES ANUALES DE IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MEJORA TECNOLÓGICA DE LA FLOTA 12m (USD) |                   |                    |                      |             |
|---|-------------------|--------------------|----------------------|-------------|
| Año   | Unidades operando | Costo de inversión | Costo de operación y | TOTAL       |
| 2020  | 43                | 21.015.949         | 631.842              | 21.647.791  |
| 2021  | 86                | 21.015.949         | 1.263.684            | 22.279.633  |
| 2022  | 130               | 21.504.692         | 1.910.220            | 23.414.912  |
| 2023  | 173               | 21.015.949         | 2.542.062            | 23.558.011  |
| 2024  | 216               | 21.015.949         | 3.173.904            | 24.189.853  |
| 2025  | 260               | 21.504.692         | 3.820.440            | 25.325.132  |
| 2026  | 303               | 21.015.949         | 4.452.282            | 25.468.231  |
| 2027  | 346               | 21.015.949         | 5.084.124            | 26.100.073  |
| 2028  | 390               | 21.504.692         | 5.730.660            | 27.235.352  |
| 2029  | 433               | 21.015.949         | 6.362.502            | 27.378.451  |
| 2030  | 476               | 21.015.949         | 6.994.344            | 28.010.293  |
| 2031  | 520               | 21.504.692         | 7.640.880            | 29.145.572  |
| 2032  | 563               | 21.015.949         | 8.272.722            | 29.288.671  |
| 2033  | 606               | 21.015.949         | 8.904.564            | 29.920.513  |
| 2034  | 650               | 21.504.692         | 9.551.100            | 31.055.792  |
| <b>TOTAL</b>  | 650               | 317.682.950        | 76.335.330           | 394.018.280 |

Fuente: Elaboración propia

**D) Autobuses urbanos hiper-centro: AUTOBUSES TIPO (12m) - Costos DIFERENCIALES**

**TABLA 24 - COSTES DIFERENCIALES DE INVERSIÓN PARA ELÉCTRICOS 12m**

| COSTES DE INVERSIÓN ADICIONALES PARA ELÉCTRICOS (USD por vehículo) |                |                  |         |
|--|----------------|------------------|---------|
|  | Material Móvil | Cargador Plug-in | TOTAL   |
| Bus tipo Quito   | 122.000        | -                | 122.000 |
| Eléctrico Plug-in promedio   | 471.700        | 17.043           | 488.743 |
| <b>Costes adicionales</b>  | 349.700        | 17.043           | 366.743 |

**TABLA 25 - COSTES DIFERENCIALES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA ELÉCTRICOS 12m**

| COSTES ANUALES DE OPERACIÓN ADICIONALES PARA ELÉCTRICOS (USD por vehículo) |                  |                            |                  |         |
|--|------------------|----------------------------|------------------|---------|
|  | Coste energético | Mantenimiento Unidad Móvil | Cargador Plug-in | TOTAL   |
| Bus tipo Quito   | 8.089            | 19.200                     | -                | 27.289  |
| Eléctrico Plug-in promedio   | 4.559            | 9.600                      | 535              | 14.694  |
| <b>Costes adicionales</b>  | -3.530           | -9.600                     | 535              | -12.595 |

**TABLA 26 - COSTOS TOTALES DE INVERSIÓN PARA ELÉCTRICOS 12m**

| COSTOS DIFERENCIALES DE INVERSIÓN PARA ELÉCTRICOS 12m (USD) |                       |                              |             |
|---|-----------------------|------------------------------|-------------|
| Año   | Unidades incorporadas | Costo diferencial por unidad | TOTAL       |
| 2020  | 43                    | 366.743                      | 15.769.949  |
| 2021  | 43                    | 366.743                      | 15.769.949  |
| 2022  | 44                    | 366.743                      | 16.136.692  |
| 2023  | 43                    | 366.743                      | 15.769.949  |
| 2024  | 43                    | 366.743                      | 15.769.949  |
| 2025  | 44                    | 366.743                      | 16.136.692  |
| 2026  | 43                    | 366.743                      | 15.769.949  |
| 2027  | 43                    | 366.743                      | 15.769.949  |
| 2028  | 44                    | 366.743                      | 16.136.692  |
| 2029  | 43                    | 366.743                      | 15.769.949  |
| 2030  | 43                    | 366.743                      | 15.769.949  |
| 2031  | 44                    | 366.743                      | 16.136.692  |
| 2032  | 43                    | 366.743                      | 15.769.949  |
| 2033  | 43                    | 366.743                      | 15.769.949  |
| 2034  | 44                    | 366.743                      | 16.136.692  |
| <b>TOTAL</b>  | 650                   | 366.743                      | 238.382.950 |

Fuente: Elaboración propia

**TABLA 27 - COSTOS TOTALES DE OEPRACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA ELÉCTRICOS (12m)**

| COSTOS DIFERENCIALES DE OEPRACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA ELÉCTRICOS 12m (USD) |                   |                              |             |
|---|-------------------|------------------------------|-------------|
| Año   | Unidades operando | Costo diferencial por unidad | TOTAL       |
| 2020  | 43                | -12.595                      | -541.585    |
| 2021  | 86                | -12.595                      | -1.083.170  |
| 2022  | 130               | -12.595                      | -1.637.350  |
| 2023  | 173               | -12.595                      | -2.178.935  |
| 2024  | 216               | -12.595                      | -2.720.520  |
| 2025  | 260               | -12.595                      | -3.274.700  |
| 2026  | 303               | -12.595                      | -3.816.285  |
| 2027  | 346               | -12.595                      | -4.357.870  |
| 2028  | 390               | -12.595                      | -4.912.050  |
| 2029  | 433               | -12.595                      | -5.453.635  |
| 2030  | 476               | -12.595                      | -5.995.220  |
| 2031  | 520               | -12.595                      | -6.549.400  |
| 2032  | 563               | -12.595                      | -7.090.985  |
| 2033  | 606               | -12.595                      | -7.632.570  |
| 2034  | 650               | -12.595                      | -8.186.750  |
| <b>TOTAL</b>  | 650               | -12.595                      | -65.431.025 |

Fuente: Elaboración propia

**TABLA 28 - COSTOS TOTALES DE IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MEJORA (12m)**

| COSTOS DIFERENCIALES DE IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MEJORAMIENTO TECNOLÓGICO DE LA FLOTA 12m (USD) |                   |                                |  |             |
|---|-------------------|--------------------------------|--|-------------|
| Año   | Unidades operando | Costo diferencial de inversión | Costo diferencial de operación y mantenimiento | TOTAL       |
| 2020  | 43                | 15.769.949                     | -541.585                                       | 15.228.364  |
| 2021  | 86                | 15.769.949                     | -1.083.170                                     | 14.686.779  |
| 2022  | 130               | 16.136.692                     | -1.637.350                                     | 14.499.342  |
| 2023  | 173               | 15.769.949                     | -2.178.935                                     | 13.591.014  |
| 2024  | 216               | 15.769.949                     | -2.720.520                                     | 13.049.429  |
| 2025  | 260               | 16.136.692                     | -3.274.700                                     | 12.861.992  |
| 2026  | 303               | 15.769.949                     | -3.816.285                                     | 11.953.664  |
| 2027  | 346               | 15.769.949                     | -4.357.870                                     | 11.412.079  |
| 2028  | 390               | 16.136.692                     | -4.912.050                                     | 11.224.642  |
| 2029  | 433               | 15.769.949                     | -5.453.635                                     | 10.316.314  |
| 2030  | 476               | 15.769.949                     | -5.995.220                                     | 9.774.729   |
| 2031  | 520               | 16.136.692                     | -6.549.400                                     | 9.587.292   |
| 2032  | 563               | 15.769.949                     | -7.090.985                                     | 8.678.964   |
| 2033  | 606               | 15.769.949                     | -7.632.570                                     | 8.137.379   |
| 2034  | 650               | 16.136.692                     | -8.186.750                                     | 7.949.942   |
| <b>TOTAL</b>  | 650               | 238.382.950                    | -65.431.025                                    | 172.951.925 |

Fuente: Elaboración propia

#### E) RESUMEN DE LAS PROPUESTAS

En este Plan de Mejora Tecnológica para la Flota de Autobuses del DMQ se plantean dos propuestas principales:

- I) Implementación en 2019 de 77 autobuses articulados eléctricos plug-in (18m) en los Corredores BRT de Alonso ANGULO Y Sur Occidental
- II) Implementación a lo largo de 15 años, a empezar por 2020, de 650 autobuses tipo (12m) eléctricos plug-in en las rutas urbanas del hiper-centro de Quito (diagonales, verticales y horizontales)

Para cada propuesta fueron presentados presupuestos con los costes totales y diferenciales (en relación a unidades similares movidas a diesel). Los resultados se resumen a continuación:

**TABLA 29 - Costos diferenciales y totales para la implementación del Plan de Mejora (USD)**

|                          | 12m<br>(650 unidades) | 18m<br>(77 unidades) |
|--------------------------|-----------------------|----------------------|
| <b>Costo total</b>       | 394.018.280           | 79.095.863           |
| <b>Costo diferencial</b> | 172.951               | 9.558.087            |

Fuente: Elaboración propia