

## Análisis energético de un sistema de movilidad eléctrico alternativo

Diego Francisco Torres Moscoso  
Centro de Investigaciones ERGON, Universidad del Azuay  
ftorres@uazuay.edu.ec

**Resumen.** El artículo propone un análisis comparativo del consumo de energía en un sistema de movilidad eléctrico alternativo que funciona en un carril específico que provee de electricidad a motores instalados en vehículos livianos a diferencia de vehículos que funcionan con motores de combustión interna a gasolina. Para el estudio se ha desarrollado un modelo matemático, aplicando la dinámica longitudinal del automóvil, donde se considera la masa, el área frontal, el diámetro de la rueda, el coeficiente de fricción, las fuerzas de inercia, factores de rozamiento, también se analiza las condiciones del consumo de energía eléctrica de la red pública, el tipo de motor eléctrico, las condiciones de la vía, la pendiente, el tiempo y la velocidad de circulación, longitud del recorrido y la capacidad de funcionamiento simultaneo de vehículos dentro del sistema dependiendo del consumo energético. Según la cantidad de vehículos que circulan por el carril, se compara con el consumo de energía provocado por motores de combustión interna a gasolina, determinado la cantidad de gasolinas comercializadas a vehículos livianos. En este contexto se plantea analizar las necesidades y prestaciones que un sistema de movilidad eléctrico alternativo requiere para su funcionamiento.

**Palabras claves:** Energía, alternativa, movilidad, automóvil, carril, consumo, vehículo.

**Abstract.** The paper proposes a comparative analysis of energy consumption in an alternative electric mobility system operating in a specific lane. The system provides electricity to engines installed in light vehicles as opposed to vehicles that run on gasoline internal combustion engines. For the study purposes, we have developed a mathematical model applying the Longitudinal Vehicle Dynamics, which considers mass, frontal area, wheel diameter, friction coefficient, inertial forces, and friction factors. In addition, the conditions of the public network electric power consumption, type of electric motor, road conditions, slope, time and running speed, route length, and the vehicle simultaneous operation capacity within the system depending on energy consumption are also analyzed. The number of vehicles circulating in the lane is considered in order to compare the energy consumption caused by internal gasoline combustion engines, so that the amount of gasoline sold to light vehicles can be determined. In this context, an analysis of the needs and benefits that an alternative electric mobility system requires for its operation is proposed.

**Keywords:** Energy, alternative, mobility, automobile, lane, consumption, vehicle.

### 1 Introducción

El consumo energético mundial aumenta considerablemente y las fuentes generadoras de energía deben satisfacer la demanda de las fábricas, del transporte y de la vivienda.

El transporte es el principal consumidor de energía no renovable, el combustible que se utiliza proviene principalmente de la explotación del petróleo; por lo que, es importante ofrecer una alternativa energética para el transporte, como puede ser el uso de la energía hidroeléctrica como fuente de energía primaria. En este contexto se plantea analizar las necesidades y prestaciones que un sistema de movilidad eléctrico alternativo requiere para su funcionamiento, considerando que las tecnologías de transporte no convencionales y medioambientalmente más sostenibles tendrán una elevada penetración a nivel mundial. La utilización de vehículos para el transporte de pasajeros y mercancías implica consumo de energía, siendo la gasolina y el diésel las principales fuentes en la actualidad, pero con los avances tecnológicos se ha introducido la utilización de vehículos eléctricos e híbridos, con el propósito de disminuir las emisiones contaminantes emitidas por los automóviles y reducir el consumo de combustibles.

La investigación parte de un análisis de un modelo de movilidad alternativo donde a vehículos con motores de combustión interna alternativos (MCIA) se dote de propulsión eléctrica. La energía eléctrica para propulsar estos vehículos se obtiene de una infraestructura vial mediante rieles. El estudio propone el análisis energético que depende por una parte de la configuración del tren motriz, de las características de la ruta establecida y por último el modelo de gestión de este sistema alternativo. Se estimará la demanda de energía del sistema propuesto y la capacidad de funcionamiento de este sistema. Por ejemplo, algunas de las condiciones a considerar para la estimación que es necesario establecer: la cantidad de saturación máxima del viario eléctrico, velocidad de circulación adecuada, longitud del recorrido, características del carril exclusivo de circulación; un factor importante es el estudio energético que demandarán los vehículos, para lo que se realiza una comparación entre el consumo de gasolina con relación al consumo eléctrico.

## 2 Materiales y métodos

Esta investigación pretende desarrollar una herramienta que puede replicar la forma de realizar el análisis del consumo energético de un sistema de movilidad eléctrico alternativo que funciona en un carril específico, analizando la posibilidad de incluir un sistema de movilidad alternativo eléctrico para vehículos que circulan en una ruta y carril específico; mediante un análisis de las características viales que posee la ciudad, también se consideran aspectos como la velocidad de circulación, cantidad de vehículos que soporta el sistema, características del carril exclusivo para los vehículos que funcionan con el sistema alternativo de propulsión, y un factor importante es el estudio energético que demandan los vehículos, también se realiza una comparación entre el consumo de gasolina con relación al consumo eléctrico.

Se determina las variables que intervienen en el cálculo del consumo energético, como es el consumo de gasolinas y cantidad de vehículos livianos, el equivalente mecánico del calor en motores de combustión interna alternativo (MCIA), la inducción de carga inalámbrica, la masa del vehículo, el coeficiente de resistencia al aire, el área frontal del vehículo, coeficientes de resistencia a la rodadura, el radio dinámico de la rueda, la densidad del aire, el valor de la gravedad, utilizando la variables indicadas se

determina la fuerza necesaria para el desplazamiento del vehículo, torque, potencia y el consumo energético, se realiza la validación de la pendiente de la ruta, características del tren motriz mediante la relación de transmisión final de la caja de marchas y según el cuadro de torque y potencia máximos que genera el motor eléctrico, son necesarios para realizar un diagrama de cubrimiento y obtener la configuración del sistema motriz del vehículo, la energía que provee el sistema de alimentación de electricidad pública es importante para determinar la cantidad de vehículos que pueden circular, así como el consumo y el ahorro de energía que tiene la propuesta de movilidad; de esta manera se realiza una comparación entre el consumo de energía de un sistema de movilidad eléctrico en relación al vehículo convencional.

### 3 Paper metodológico

Para analizar el consumo energético en el transporte se debe considerar las fuentes de energía primaria que se extrae de los recursos naturales directamente. Como son: la energía hidráulica, la energía solar, la energía geotérmica, la energía eólica o mediante la exploración del subsuelo o prospección para el petróleo o gas natural. La fuente de energía secundaria se produce desde la energía primaria que para poder ser aprovechada por los consumidores se debe transformar o modificar mediante procesos físicos y/o químicos generando otro tipo de energía como es la electricidad, el gas licuado de petróleo (GLP), gasolinas, diésel y entre otros productos no energéticos como asfaltos y lubricantes derivados del petróleo, en consecuencia existen pérdidas de energía, según lo explica el segundo principio de la termodinámica [1].

Por ello, la matriz de demanda (incluido el consumo de no energéticos y consumo propio) de energía muestra el consumo de energía final o neta por sector. Los sectores que más demandan energía son transporte (49%), seguido por la industria (17%), el consumo residencial (13%), consumo propio (12%), comercial y servicios públicos (4%) y uso no energético (3%) [2].

Así el transporte, demanda el 60% de la producción de petróleo en el mundo, se considera que para el año 2030 sea el 75% de la producción mundial, aumentando considerablemente la demanda energética para el transporte. Los países que pertenecen a la OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) están aplicando políticas que aumenten la eficiencia en el consumo de combustible de los vehículos y conseguir que la demanda de energía por el transporte aumente en un 0.46% anual entre el año 2010 hasta el 2035, sumando a esto a los países que no forman parte de la OECD, se tendrá un incremento del 1.8%. (Atabani, Badruddin, Mekhilef, & Silitonga, 2011). Por lo tanto, en el sector transporte los combustibles más consumidos son la gasolina (44%) y diésel (43%). El fuel oil también tiene una importante participación (8%) debido al consumo de transporte naviero de gran calado. La electricidad en transporte es casi inexistente [2].

Siendo así en el Ecuador el consumo de gasolinas, diésel, fuel oil y GLP alcanzó los 81,6 millones de barriles en 2014. Esta cifra superó en 4 millones de barriles el consumo con relación al 2013, cuando se registraron 77,6 millones de barriles. La demanda de gasolinas aumento en 6,43%, la cifra pasó de 24,9 millones de barriles en 2013, a 26,5 millones de barriles al 2014 [3].

La utilización de vehículos para el transporte de pasajeros y mercancías implica consumo de energía, siendo la gasolina y el diésel las principales fuentes en la actualidad, pero con los avances tecnológicos se ha introducido la utilización de vehículos eléctricos e híbridos, con el propósito de disminuir las emisiones contaminantes emitidas por los automóviles y reducir el consumo de combustibles. Mediante los ciclos de conducción, también con un flujometro utilizando un banco dinamométrico se puede analizar el consumo de combustible y por lo tanto la energía necesaria. La evaluación de vehículos permite determinar el funcionamiento de los componentes del automóvil, como es el motor, la transmisión, los sistemas de seguridad activa y pasiva, y las emisiones de gases de escape, se realiza mediante pruebas basadas en normativas como la norma SAE J1349 o SAE 1995, que analizan la potencia y el par motor producidos por los motores de combustión interna alternativos (MCIA) para certificar el cumplimiento del rendimiento indicado, se aplica también la norma SAE J1506 que analiza las emisiones de gases de escape emitidas y consumo de combustible de vehículos de pasajeros y camiones ligeros según un ciclo de conducción determinado aplicado en un dinamómetro, la norma técnica ecuatoriana RTE INEN 034:2010 determina los elementos mínimos de seguridad en vehículos automotores y la norma NTE INEN 2204:2002, que determina los límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de gasolina, entre otras.

El ciclo de conducción determina el comportamiento del vehículo según la velocidad que necesite en un tiempo de funcionamiento por una ruta preestablecida, permitiendo realizar un análisis del consumo de energía, de las emisiones contaminantes emitidas a la atmósfera, del funcionamiento del motor, ya sea eléctrico o de combustión interna, también se puede verificar el comportamiento de la transmisión. Existen dos tipos de ciclos de conducción, estado estable, donde se mantiene en tramos constante la velocidad del motor y la carga, y el transitorio donde la velocidad del vehículo y del motor cambia constantemente, se pueden obtener en laboratorios o con pruebas de carretera. El ciclo de conducción transitorio estilizado “New European Driving Cycle” (NEDC), que es utilizado para analizar vehículos de trabajo liviano en la Unión Europea con periodos de aceleración constante, desaceleración y velocidad, teniendo poca relación con la situación real de conducción [4].

Como por ejemplo se indica el ciclo de conducción americano regulado por la EPA (Agencia de Protección del medioambiente de Estados Unidos) Urban Dynamometer Driving Schedule (UDDS), aplicado en un tiempo de 1.369 segundos, una distancia de 7,45 millas (11,98km) con una velocidad promedio de 19,59 mph (31,52km/h). Otro ciclo es el FTP-75 (Federal Test Procedure) en el cual se recorre una distancia de 11,04 millas (17,85 km), a una velocidad promedio de 21,2mph (34,3km/h), durante un tiempo de 1.874 segundos [5].

Es necesario indicar que el parque automotor nacional según las estadísticas de transporte publicadas por el Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos [6], entre los años 2003 y 2013, se observa que el parque automotor del Ecuador presentó una tasa de crecimiento anual de 7,8%. En 10 años casi un millón de vehículos se sumaron al parque automotor, alcanzando en el 2013 un total de 1,7 millones de vehículos matriculados.

El parque automotor presentó una gran tendencia de crecimiento especialmente entre 2009 y 2013, cuando creció en un 90%. Los vehículos livianos presentaron una

proporción de participación constante con el resto de vehículos durante todo el periodo, representando aproximadamente la mitad del parque automotor [7].

En el año 2014, se matricularon en el país 1'752.712 vehículos; 34.826 vehículos más en relación al año 2013, siendo del total del país el 94,5% automotores de uso particular y el 56% son vehículos que apenas tienen entre uno y siete años de uso (2008 – 2015), y en la provincia del Azuay se matricularon 105.178 vehículos [6].

Según las cifras expuestas existe un aumento del total de vehículos matriculados en el país desde el año 2013 al año 2014 de un 2%, y el consumo total de combustible en un 5%. En la figura 1 se observa cual ha sido el aumento del consumo de gasolina en los últimos 15 años. En el año 2000 se consumieron 11,6 millones de barriles de gasolina y en el año 2014 fueron 26,5 millones de barriles de gasolina; por lo que el aumento es del 128,4% en 14 años.

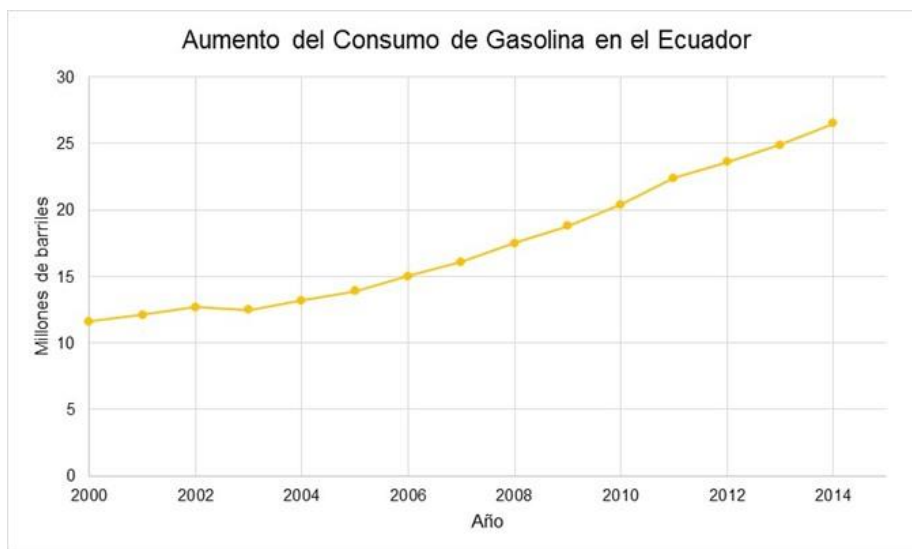


Fig. 1. Aumento del consumo de gasolina en el Ecuador.

En la Provincia del Azuay para el año 2013 se matricularon 100.225 vehículos y para el año 2014 se matricularon 105.178 vehículos, existiendo un aumento anual del 4,9%, de los cuales 100.542 son particulares, 3.330 son de alquiler, 802 son del Estado, 426 del Municipio y 78 de gobiernos seccionales. Del total de vehículos matriculados en la provincia del Azuay el 34% corresponde a automóviles, siendo el equivalente a 35.761, el 25% a jeeps con su equivalente a 26.295, el 24% a camionetas, con el equivalente de 25.243, el 8% a motocicletas, siendo el equivalente 9.466 y el 9% a otros siendo 8.414 [6].

Según los datos obtenidos de la cantidad de vehículos que indica el INEC para la provincia del Azuay, y la cantidad de vehículos que han realizado la revisión en los CRTV de la ciudad de Cuenca y la cantidad de vehículos registrados por la EMOV, para los años 2013 y 2014 se puede observar que entre los CRTV y la EMOV existe una variación en los datos del 2,5% en el año 2013 y del 1,3% para el 2014. En la figura 2 se observa la cantidad de vehículos registrados en los centros, empresa e instituto.

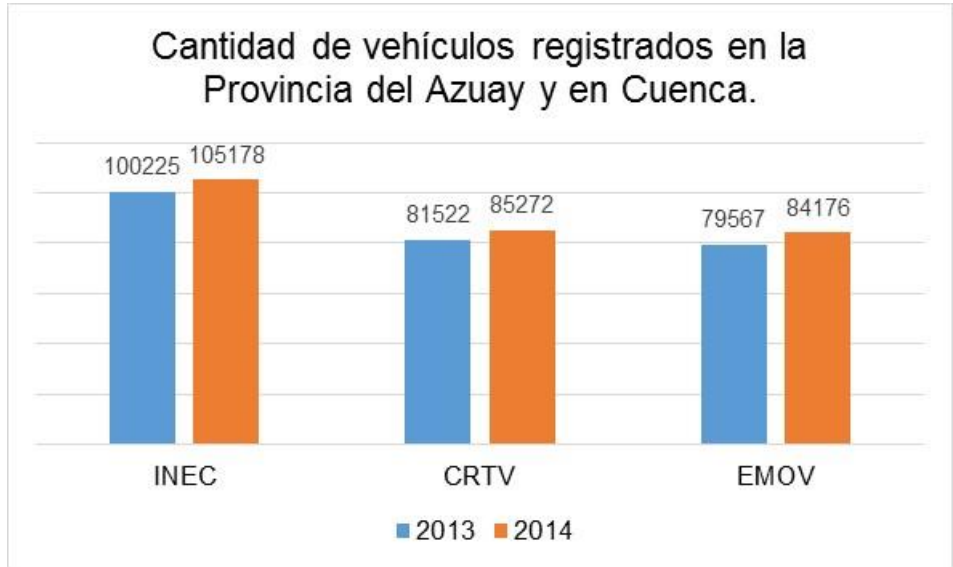


Fig. 2. Cantidad de vehículos registrados en la Provincia del Azuay y en Cuenca, 2013 y 2014.

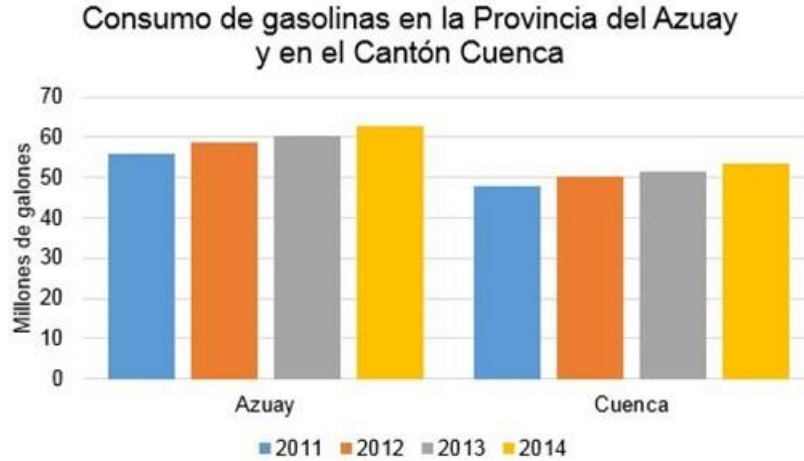
En el Ecuador el consumo de gasolina en el año 2014 fue de 26,48 millones de barriles, mientras que en el 2013 se registraron 24,93 millones de barriles, con un incremento anual de 6,2% [3].

En la provincia del Azuay para el año 2011 se despachó de gasolina extra 47'292.466 galones y de gasolina súper 8'515.306 galones, para el año 2012 de gasolina extra 51'035.358 galones y de gasolina súper 7'672.253 galones, habiendo un incremento en la cantidad total de gasolinas del 5,2% [8].

En el año 2013 se consume de gasolina extra 53'210.000 galones y de gasolina súper 6'980.000, existiendo un aumento en el total de gasolinas de 2,5% en relación al 2012, en el año 2014 se consume de gasolina extra 55'970.000 galones y de gasolina súper 6'910.000 galones, existiendo un aumento en la cantidad total de gasolinas de 4,5% [3].

En la ciudad de Cuenca, para el año 2011 el consumo de gasolina extra para el sector automotriz fue de 40'032.819 galones, de gasolina súper fue de 7'790.388 galones, siendo un total de 47'823.207 galones [9].

En el año 2014 la cantidad de gasolinas consumida en el Cantón Cuenca, con un incremento del 4,3% en relación al año 2013 es de 53'888.314 galones. En la figura 3 se indica la cantidad de consumo de gasolinas por años tanto para la Provincia del Azuay como para el Cantón Cuenca.



**Fig. 3.** Cantidad de consumo de gasolina en la Provincia del Azuay y en el Cantón Cuenca.

El gasto de combustible y poder calorífico: Los motores basan su funcionamiento en el proceso de combustión, cuyo resultado es la liberación de energía contenida en los enlaces químicos en forma de energía térmica, lo que permite al motor obtener trabajo mecánico. Por ello, es clave conocer la cantidad de energía liberada [10].

$$\dot{Q}_{lib} = \dot{m}_f PC . \quad (1)$$

$\dot{Q}_{lib}$  = Potencia térmica liberada.

$\dot{m}_f$  = Gasto de combustible.

$PC$  = Poder calorífico del combustible.

El poder calorífico inferior (PCI) equivale aproximadamente al trabajo máximo obtenible de la combinación combustible/aire, a través de evoluciones reversibles, constituye una referencia para compararlo con el trabajo del motor. El valor del PCI para gasolinas comunes es de 42.700 a 43.000 KJ/kg o 29.000 a 29.600KJ/l [10].

El rendimiento efectivo de un MCIA de encendido provocado es la relación entre la potencia efectiva desarrollada por el motor y la potencia térmica del combustible [10].

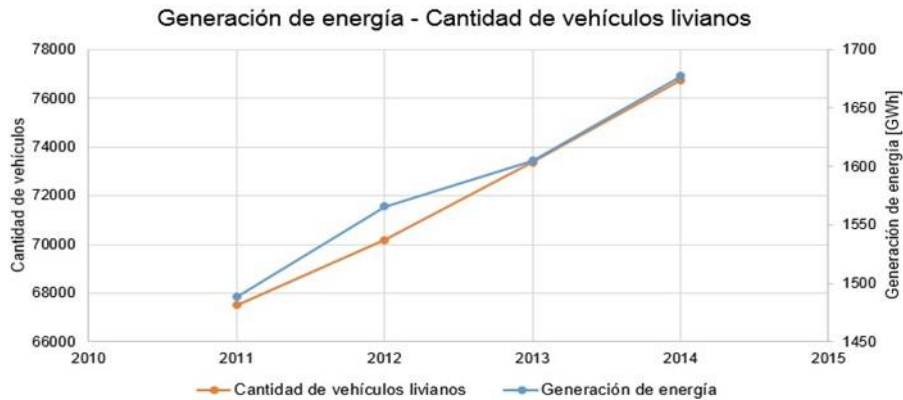
$$n_e = \frac{N_e}{\dot{m}_f PCI} . \quad (2)$$

$N_e$  = Potencia efectiva.

PCI = Poder calorífico inferior.

Considerando que 1litro de gasolina proporciona 29.600kJ de energía y que 1kwh es igual a 3.600kJ, entonces la energía generada por 1litro de gasolina equivale a 8,2 kWh. La energía utilizada por el MCIA para movilidad con un rendimiento del 35% es de 2,88kWh; un galón equivale a 3,785 litros, y en el Cantón Cuenca se consumieron en el año 2014 un total de 53'888.314 galones de gasolinas, entonces son 203'967.269

l/año, consumiendo una energía de 1.677,1GWh por año con el total de la energía producida por la gasolina, por vehículo liviano son 21.853kWh por año. En la figura 4 se muestra el incremento en la generación de energía y de vehículos livianos en el Cantón Cuenca desde el año 2011 hasta el año 2014.



**Fig. 4.** Generación de energía y cantidad de vehículos livianos en el Cantón Cuenca.

En la actualidad existen varios tipos de vehículos para movilización, utilizando energía eléctrica o energía proveniente de combustibles fósiles; por lo que, mediante un análisis económico y ambiental basado en la metodología well-to-wheel (WTW) en el entorno europeo o lo que se puede llamar también de la fuente a la rueda entre vehículos eléctricos (EV), híbridos (HBEV) para compararlos con los motores de combustión interna alternativos (MCIA), y determinar cuales tienen mayores beneficios, considerando distintas circunstancias de manejo y diferentes ciclos de conducción a nivel mundial. Se determinó también que los gases de efecto invernadero emitidos hacia el medio ambiente en la región de la Unión Europea (UE) son menores en relación a los MCIA, pero en costos y consumo de energía basados en diez años (un ciclo de vida) son muy similares, si se reducen los costos de las baterías se puede inclinar la balanza hacia los EV's [11].

Para alimentar el vehículo es necesario aplicar la transmisión inalámbrica de energía, que se clasifica en tres principios de funcionamiento; por radiación electromagnética, por campo eléctrico y por campo magnético, esta última es la más utilizada para el transporte.

El efecto de inducción de campo eléctrico, utiliza principios de polarización de cargas capacitivas para inducir una corriente en un material receptor, permitiendo obtener resultados de eficiencia energética próximos al 90% en un rango reducido a unos pocos centímetros, y el tercer método, efectos de inducción por campo magnético, permite realizar una transferencia a distancias intermedias (desde unos centímetros hasta un par de metros) [12].

En la Universidad de Stanford (EE.UU.) han desarrollado una tecnología con la que se podría recargar, sin necesidad de parar, los vehículos eléctricos que circulen por una autopista especial o por un carril. Estas carreteras estarían equipadas con mecanismos liberadores de energía que transferirían de forma inalámbrica a las bobinas receptoras



de los vehículos que tienen el sistema eléctrico y que se cargarían a medida que los mismos pasen por encima de estos dispositivos [13].

El Reino Unido ha empezado a realizar las primeras pruebas para recargar baterías de vehículos eléctricos mientras circulan por carreteras. El objetivo es crear una red de carga inalámbrica por debajo del asfalto. De esta forma, los conductores de los vehículos eléctricos no necesitarán realizar una parada para recargar sus baterías, sumado a una considerable reducción de las emisiones de gases que genera el parque automotor. La política del gobierno pretende establecer puntos de recarga en autopistas cada 32 kilómetros. No es la primera iniciativa que se lleva a cabo en el mundo, ya que Corea del Sur implementó esta modalidad para que el transporte público pueda cargar sus baterías de forma inalámbrica mientras circulan por una ruta de 12 kilómetros acondicionada con este sistema. El sistema de carga inalámbrica en movimiento está basado en un cableado especial ubicado debajo del asfalto, que emite un campo electromagnético que es recibido por un receptor ubicado en la parte inferior de los vehículos eléctricos [14].

Un sistema de distribución se considera que comienza en una estación eléctrica de potencia con sus respectivos transformadores, los cuales a través de las líneas de subtransmisión transportan la energía hacia las subestaciones de distribución a otro nivel de tensión, y por medio de circuitos primarios, transformadores de distribución, y la red secundaria llega hacia los consumidores finales. La capacidad de la subestación debe cubrir las necesidades del sistema, la energía proporcionada a los consumidores debe provenir de una subestación, si no es una cercana, desde otra lejana [15].

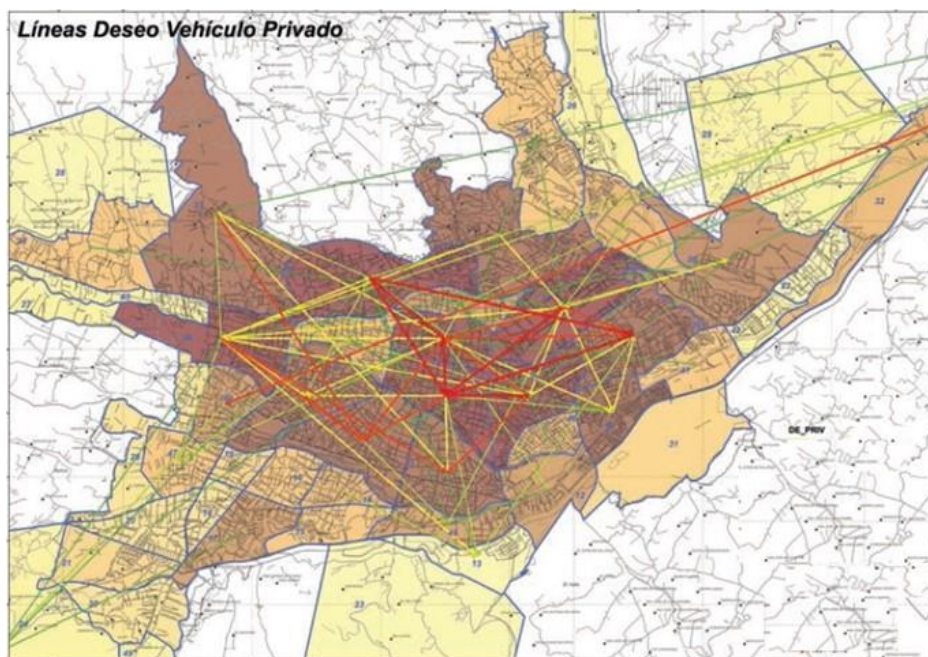
Aunque un vehículo eléctrico no produce emisiones contaminantes durante su funcionamiento, la generación de energía eléctrica necesaria para mover el vehículo eléctrico da lugar a emisiones contaminantes dependiendo de cómo se haya generado dicha energía. El caso ideal sería recargar los vehículos eléctricos a través de fuentes de energía renovables como la energía eólica, la energía hidráulica o la energía solar. Cabe destacar que los vehículos eléctricos, aparte de tener una elevada capacidad de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>, también tienen un impacto positivo en la reducción de otros gases contaminantes, quizá menos conocidos, pero muy perjudiciales para la salud, como son las partículas en suspensión (PM) y los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) [16].

## 4 Resultados

La energía necesaria para que un vehículo se movilice autónomamente, se analiza desde las características dinámicas. De esta forma se determina la fuerza indispensable en la rueda para producir el movimiento, luego se determinan las prestaciones del sistema de propulsión, como es el torque y la potencia, que permitirán, mediante una caja de marchas cubrir las exigencias de la ruta por donde circulará el vehículo.

La ruta será determinada en la ciudad de: Santa Ana de los Cuatro Ríos de Cuenca, ubicada a 2.500msnm, con sus contrastes de modernidad y patrimonio, tiene una alta actividad económica, demandando de las parroquias rurales y urbano parroquiales un

fácil acceso a la ciudad. En esta ciudad se ha realizado un estudio de la movilidad para tratar de establecer las mejores estrategias para mejorar la misma. El conocimiento de los lugares donde se generan los viajes y sus destinos, facilita la comprensión de la ciudad y por tanto la identificación de las mejores estrategias para fortalecer las dinámicas de movilidad deseables que puedan garantizar el desarrollo de la ciudad. El Centro Histórico y El Ejido son las zonas con mayor confluencia de destinos de viaje, como puede observarse a través de la figura 5 **líneas de deseo de viajes**, en los modos motorizados de vehículo privado [17].



Simbología			
Zonas	Cantidad	Líneas Deseo Particulares En Vehículos	Cantidad
	0 – 373		305 – 402
	374 – 974		403 – 543
	975 – 1814		544 – 786
	1815 - 2345		787 – 1090
	2346 - 3070		1091 - 2772
	10382 - 16840		

**Fig. 5.** Simbología Líneas de Deseo Vehículo Privado.

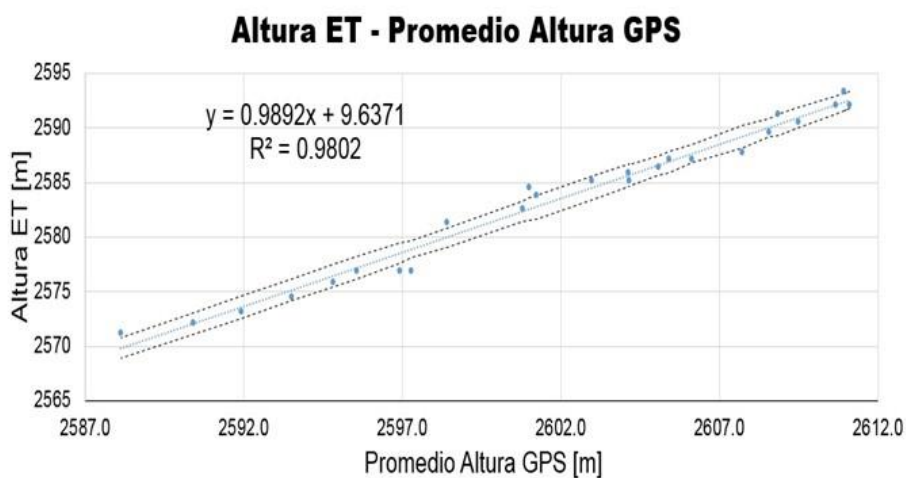
Fuente: GAD Municipal 2014

La red viaria urbana tiene que facilitar el acceso o la salida a la ciudad, distribuir el tráfico dentro de la ciudad y hacia los cantones; por lo que, se realiza una jerarquización del viario, donde se toman en cuenta características como, el flujo que transita,

intensidades soportadas, compatibilidad con el transporte público, estacionamiento, entre otras [17].

Mediante el Mapa Digital del Terreno (MDT), se determinaron las alturas sobre el nivel del mar que tiene la ruta en el sistema, para compararlas con los valores de la Estación Total (ET) y determinar la pendiente máxima que existe en la misma.

En la figura 6 se observa de color celeste dicha pendiente, también se consideran los intervalos de confianza con el promedio de las alturas del GPS para verificar la recta pendiente que se genera, y que se indica en la gráfica de color negro, siendo paralela a la recta pendiente de la correlación de la altura de la ET con el promedio de las alturas del GPS.



**Fig. 6.** Gráfica Altura ET – Promedio Altura GPS.

Las pendientes se obtienen de datos de posición cada 20 metros mediante un algoritmo de selección de datos. En la figura 7, se observan los valores obtenidos de la pendiente en relación a la distancia recorrida para la ruta.

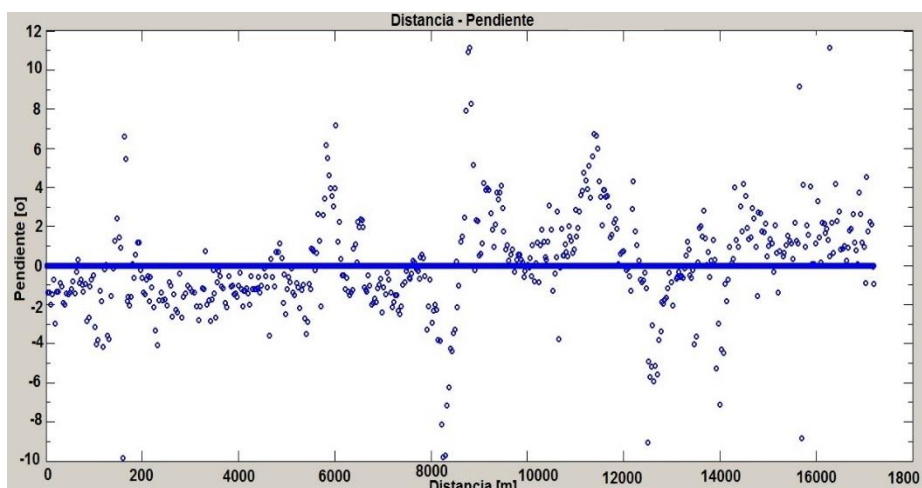


Fig. 7. Gráfica Distancia – Pendiente de la ruta.

#### 4.1 Determinación de energía

Para determinar la energía necesaria para la movilidad de un vehículo liviano en el cantón Cuenca, según el análisis de la conducción, es necesario considerar que las características del vehículo pueden variar dependiendo de la marca y del modelo; por lo que, los cálculos de energía se basan en los parámetros dinámicos de un vehículo liviano. Para ello, se analizó el valor común del peso, el coeficiente de la resistencia al aire ( $C_d$ ), el área frontal aproximada y el valor máximo del coeficiente de resistencia a la rodadura en hormigón o asfalto ( $f_r$ ); dichos valores son característicos y por normativa de un vehículo liviano. Se utilizan valores para que sea un caso de estudio puntual, sin embargo, el estudio puede ser reproducido con otros valores según el tipo de vehículo que más se justifique dependiendo de la ciudad en análisis, en la tabla 1 se indica los valores utilizados para el cálculo de energía.

Tabla. 1. Valores para cálculo de energía necesaria.

Parámetro máximo de un vehículo liviano	Valor o medida
Peso – masa	1.2 Ton – 1.200 kg
Coeficiente de la resistencia al aire ( $C_d$ )	0,3
Área frontal	1.8 m <sup>2</sup>
Coeficiente de resistencia a la rodadura ( $f_r$ )	0,015
Radio dinámico de la rueda ( $r_d$ )	283 mm
Densidad del aire (2.500 msnm)	0,957 kg/m <sup>3</sup>
Gravedad (2.500 msnm)	9,72m/s <sup>2</sup>

Los parámetros que intervienen en el análisis de la demanda energética son [18]:

- Aceleración:

$$a = \frac{\Delta V}{\Delta t} . \quad (3)$$

a = aceleración [m/s<sup>2</sup>]  
 $\Delta V$  = velocidad [m/s]  
 $\Delta t$  = tiempo [s]

- Fuerza de arrastre [N],  $F_d$  (Drag Force), que es la fuerza que ejerce el aire sobre el vehículo en la dirección opuesta al movimiento.

$$F_d = \frac{1}{2} C_d \rho A v^2 . \quad (4)$$

$C_d$  = coeficiente de la resistencia al arrastre [-]  
 $\rho$  = densidad del aire [kg/m<sup>3</sup>]  
 $A$  = área frontal del vehículo [m<sup>2</sup>]  
 $v$  = velocidad [m/s]

- Resistencia a la rodadura [N],  $R_x$  (Rolling Resistance), es la resistencia que tiene el neumático a rodar, producida por la deformación del mismo, y  $R_i$  la inercia.

$$R_x = f_r M g \cos \theta . \quad (5)$$

$f_r$  = coeficiente de resistencia a la rodadura [-]  
 $M$  = masa [kg]  
 $g$  = fuerza de la gravedad [m/s<sup>2</sup>]  
 $\Theta$  = ángulo de la pendiente [rad]

$$R_i = M a . \quad (6)$$

- Resistencia gravitatoria [N],  $R_g$  es la componente del peso en dirección paralela a la superficie de rodadura.

$$R_g = M g \sin \theta . \quad (7)$$

- Demanda del vehículo, es la fuerza necesaria para el desplazamiento del vehículo ( $F_x$ ) en [N].

$$F_x = F_d + R_x + R_i + R_g . \quad (8)$$

- Torque necesario (T) en [Nm]

$$T = Fx r_d . \tag{9}$$

$r_d$  = radio dinámico de la rueda [m]

- Potencia necesaria (P) en [W]

$$P = Fx V . \tag{10}$$

- Consumo energético (E) en [Wh]

$$E = P \Delta t . \tag{11}$$

La energía obtenida en cada ruta se determina mediante el análisis dinámico del vehículo, además se consideran las características del vehículo liviano; se determina la pendiente en la ruta medida cada 20 metros, la distancia recorrida, la velocidad y la aceleración.

Para determinar si la energía positiva consumida entre las 10 repeticiones de cada ruta y entre las 7 diferentes rutas es significativa, se ha realizado un análisis de la varianza ANOVA, En la tabla 2, se indican las energías obtenidas en las 7 rutas.

**Tabla. 2.** Energía positiva obtenida en cada recorrido.

Ruta	Energía Positiva por repetición (E) (kWh)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2.24	1.71	2.09	1.82	2.04	2.20	2.07	2.37	2.14	2.17
2	1.67	2.06	1.89	2.32	2.28	2.36	2.46	2.30	2.16	2.05
3	1.91	2.32	2.29	2.36	2.30	2.24	2.16	2.29	2.17	2.30
4	2.66	2.90	2.98	3.04	3.02	3.00	3.06	3.48	2.80	3.15
5	2.00	2.52	2.39	2.04	2.11	2.23	2.05	2.04	2.11	2.15
6	6.76	6.57	7.25	6.91	7.16	6.87	6.55	6.17	6.66	6.83
7	3.86	3.86	3.85	3.76	3.89	3.30	3.94	3.56	3.78	3.43

#### 4.2 Soporte del número de vehículos que funcionan en el carril específico del sistema

Esta primera parte estará en función de la potencia instalada. Después se calculará en función de la demanda de energía dependiendo de lo calculado según el uso del vehículo. En cada subestación existen transformadores y alimentadores, que distribuyen la energía a los consumidores, para el sistema se utilizan alimentadores autorizados por la Empresa Eléctrica Regional Centrosur C.A., basados en las normas INEN 2110, con capacidades de 30 hasta 500 kVA, y ya que, están conectados en anillo se considera la disponibilidad de energía existente entre todas las subestaciones que se encuentran en el sector de las rutas, que tiene un valor de 58.663 kW.

La potencia necesaria para el funcionamiento de carga sin cables mediante inducción necesita 100 kW con una eficiencia del 75% si el vehículo está en movimiento y del 83% si está estático [19].

Para determinar la cantidad de vehículos que funcionan en el sistema es necesario determinar la potencia de carga que puede entregar el sistema considerando las pérdidas, tanto en la entrega de energía como en la transmisión de energía, se considera también la capacidad de las baterías y la demanda de energía de la ruta.

La potencia disponible para el sistema de movilidad alternativo está dado por:

$$Pd = Pt \times n . \tag{12}$$

Pd = potencia entregada [kW]  
 Pt = potencia disponible [kW]  
 N = 60% de la potencia disponible

Potencia efectiva del sistema de transmisión de energía inalámbrica está dado por:

$$PI = Po \times \eta_i \times \eta_r . \tag{13}$$

PI = potencia en la transferencia inalámbrica de energía [kW]  
 Po = potencia inicial [kW]

Para calcular el número de vehículos que pueden funcionar en el sistema se considera la energía que pueden tener las baterías, cuantos vehículos pueden ser abastecidos con una potencia de 74,25 kW y cuantos abastece la potencia de 35.198 kW.

El número de vehículos en el sistema está determinado por:

Energía de las baterías:

$$Eb = \frac{V \times C}{1.000} . \tag{14}$$

Eb = energía en las baterías [kWh]  
 V = voltaje de las baterías [V]  
 C = capacidad de las baterías [Ah]  
 Cantidad de vehículos en el sistema está determinada por:

$$N1 = \frac{PI}{Eb} \tag{15}$$

$$N2 = \frac{Pd}{PI} \times N1 \tag{16}$$

N1 = número de vehículos según la potencia en la transferencia de energía inalámbrica

N2 = número de vehículos en el sistema por hora

El sistema eléctrico según la longitud de 55,16 km de la ruta con mayor demanda de energía (ruta 6) puede satisfacer a 8.458 vehículos y con una distancia de 16,75 km de 2.568 vehículos. Para obtener estos datos se realiza una aproximación con medidas típicas del vehículo utilizado y medidas comunes de intersecciones y espacios entre vehículos, considerando una longitud de cada vehículo de 4m y con una distancia entre ellos de 2 m. También se considera que cada 100 m existe una intersección con un ancho de 8 m; por lo que, se genera una longitud total de vehículos de 33,83 km y de 10,27 km, entonces al aplicar la distancia máxima en la ruta y con la capacidad de las baterías de 60 Ah dentro del sistema caben desde 3.819.

En la figura 8 se indica en las barras de color naranja la cantidad de vehículos livianos que circulan en el sistema durante una hora y en las barras de color azul la energía necesaria, dependiendo de la capacidad de la batería, puesto que se pueden utilizar distintos tipos de baterías, donde a mayor demanda de energía es menor la cantidad de vehículos que pueden funcionar en el sistema.

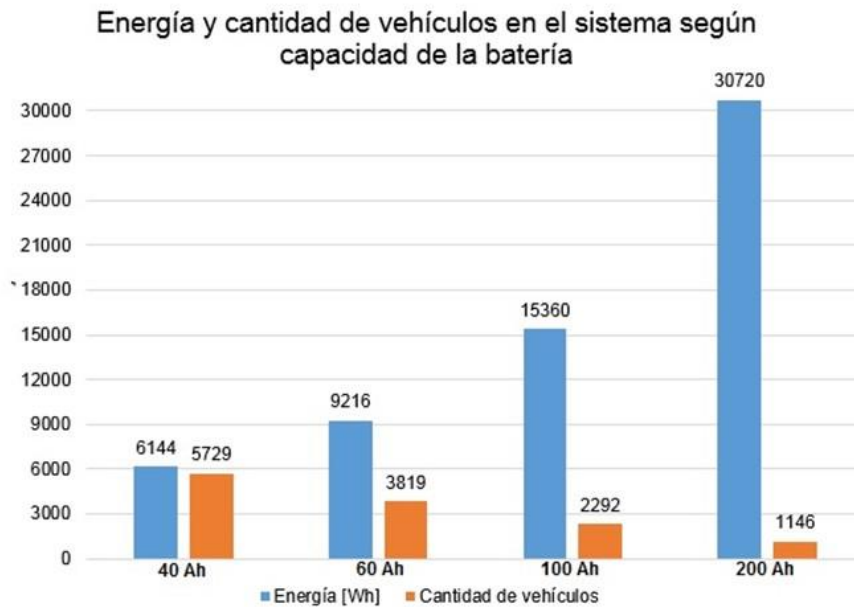


Fig. 8. Demanda de energía y cantidad de vehículos en el sistema.



### 4.3 Consumo de energía en el sistema

Con el propósito de determinar la máxima demanda de energía que genera el sistema, se considera la ruta con mayor distancia de 55,16 km y con mayor energía consumida de 7,25 kWh, donde la cantidad de vehículos en el sistema depende de la capacidad de las baterías, también se consideran parámetros como: El tiempo que el sistema funciona al 100%, el porcentaje de viajes que se efectúan desde y hacia al Centro Histórico de la ciudad y a El Ejido que es un 33% de viajes de vehículos privados y por motivos de trabajo.

De esta manera el análisis de la demanda de energía en el sistema funcionando con el 100% de demanda y durante 6 horas, considerando que las horas con mayor demanda en los viajes son desde las 07h00 hasta las 9h00, de 12h00 a 14h00 y de 18h00 a 20h00, debido a que son las horas características de entrada y salida de trabajos, así como también de centros educativos.

Consumo de energía en el sistema al 100% durante 6 horas está determinado por:

Cantidad de vehículos durante 6 horas:

$$N3 = N2 \times t \quad (17)$$

$N3$  = cantidad de vehículos

$t$  = tiempo [h]

$$E1 = \frac{E \times N3}{1.000} \quad (18)$$

$E1$  = demanda de energía [MWh]

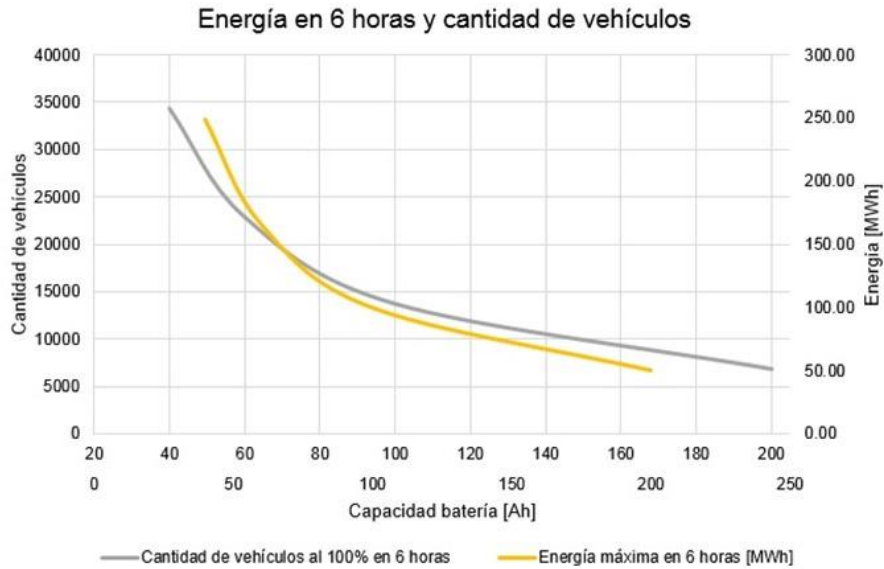
$E$  = demanda de energía máxima en la ruta [kWh]

En la tabla 3 se indica los valores obtenidos de la demanda de energía según la capacidad de la batería y la cantidad de vehículos que funcionan en el sistema.

**Tabla. 3.** Demanda de energía y cantidad de vehículos en el sistema al 100 % durante 6 horas.

Capacidad de la batería (C) [Ah]	Demanda de Energía (E1) [MWh]	Número de vehículos en el sistema (N3)
40	249,20	34.373
60	166,14	22.915
100	99,68	13.749
200	49,84	6.875

En la figura 9 se indica la cantidad de vehículos que funcionan en el sistema al 100% de demanda y durante 6 horas, la disminución de consumo de energía se debe a la menor cantidad de vehículos que puede soportar el sistema, puesto que la demanda de energía de las baterías aumenta desde 6,14 kWh hasta 30,72 kWh, como se mostró en la figura 11. La demanda de energía de la ruta es de 7,25 kWh por vehículo, al disminuir la cantidad de vehículos que soporta el sistema disminuye la demanda de energía total.



**Fig. 9.** Demanda de energía en 6 horas y cantidad de vehículos en el sistema.

Análisis de la cantidad de vehículos y la demanda de energía durante 24 horas, funcionando al 100%:

$$N4 = N2 \times t1 . \tag{19}$$

N4 = cantidad de vehículos  
t1 = tiempo

$$E2 = \frac{E \times N4}{1.000} . \tag{20}$$

E2 = demanda de energía en 24 horas [MWh]

En la tabla 4 se indica los valores obtenidos de la demanda de energía según la capacidad de la batería y la cantidad de vehículos que funcionan en el sistema durante 24 horas al 100%, siendo este un caso crítico de funcionamiento del sistema y anómalo.

**Tabla.4.** Demanda de energía y cantidad de vehículos en el sistema durante 24 horas.

Capacidad de la batería (C) [Ah]	Demanda de Energía (E2) [MWh]	Número de vehículos en el sistema (N4)
40	996,81	137.491
60	664,54	91.661
100	398,73	54.997

200	199,36	27.498
-----	--------	--------

Análisis de la cantidad de vehículos y la demanda de energía durante 24 horas, funcionando al 33% de su capacidad; puesto que, las características de los viajes dentro de la ciudad al día es del 33%.

$$N5 = N4 \times \eta z . \tag{21}$$

N5 = cantidad de vehículos  
 $\eta z = 33\%$  de viajes al día

$$E3 = E2 \times \eta z . \tag{22}$$

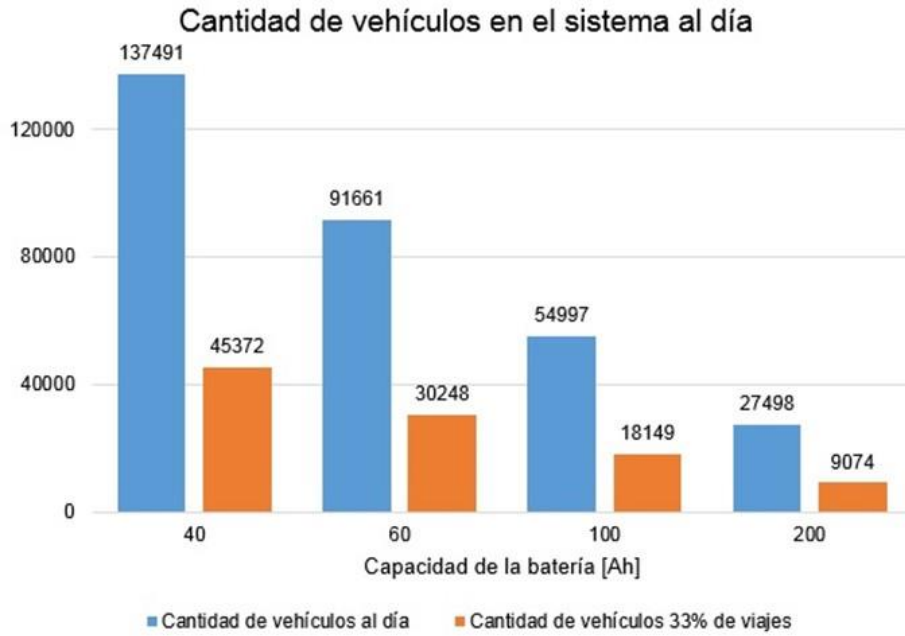
E3 = demanda de energía en 24 horas al 33% de viajes [MWh]

En la tabla 5 se indica los valores obtenidos de la demanda de energía según la capacidad de la batería y la cantidad de vehículos que funcionan en el sistema durante 24 horas al 33%.

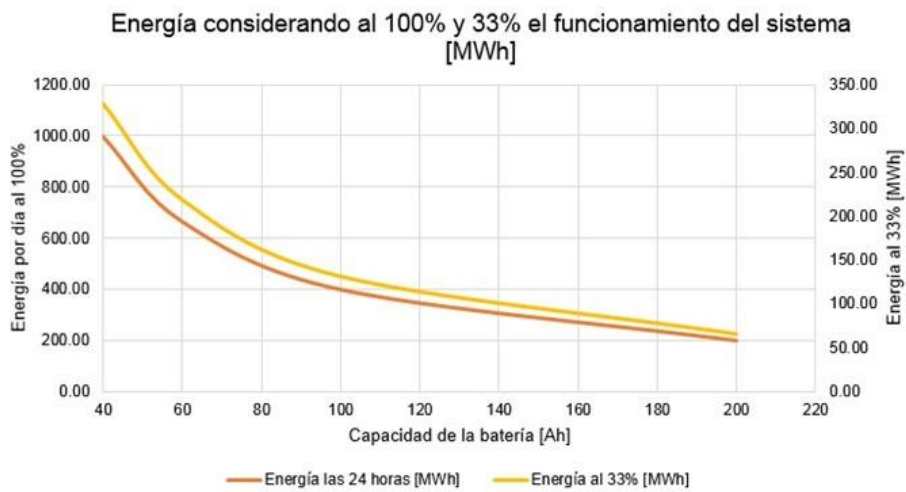
**Tabla. 5.** Demanda de energía y cantidad de vehículos en el sistema al 33% de viajes.

Capacidad de la batería (C) [Ah]	Demanda de Energía (E3) [MWh]	Número de vehículos en el sistema (N5)
40	328,95	45.375
60	219,30	30.248
100	131,58	18,149
200	65,79	90,74

En las figuras 10 y 11 se indican la cantidad de vehículos y energía necesaria para funcionar al 100% las 24 horas y también la cantidad de vehículos y energía necesaria considerando el 33% de viajes dentro de la ciudad.



**Fig. 10.** Cantidad de vehículos en el sistema al día.



**Fig. 11.** Energía considerando al 100% y 33% del funcionamiento del sistema.

#### 4.4 Ahorro energético

La demanda de energía en el sistema se considera según el rendimiento que existe en el sistema de inducción de energía (75%), en el regulador (99%), en las baterías (99%), en el controlador (97%), en el motor eléctrico (89%) y en la caja de cambios (95%), finalmente en el sistema se obtiene un rendimiento del sistema eléctrico (EV) es de 60% y con el MCIA y la caja de marchas el rendimiento es de 33%. (Payri, 2011).

Demanda de energía del sistema eléctrico (EV) y del MCIA está determinado por:

$$Ev = \frac{E1 \times 100}{60} . \quad (23)$$

$$EM = \frac{E1 \times 100}{33} . \quad (24)$$

Ev = energía necesaria para el sistema eléctrico.

EM = energía necesaria para el MCIA.

Ahorro energético:

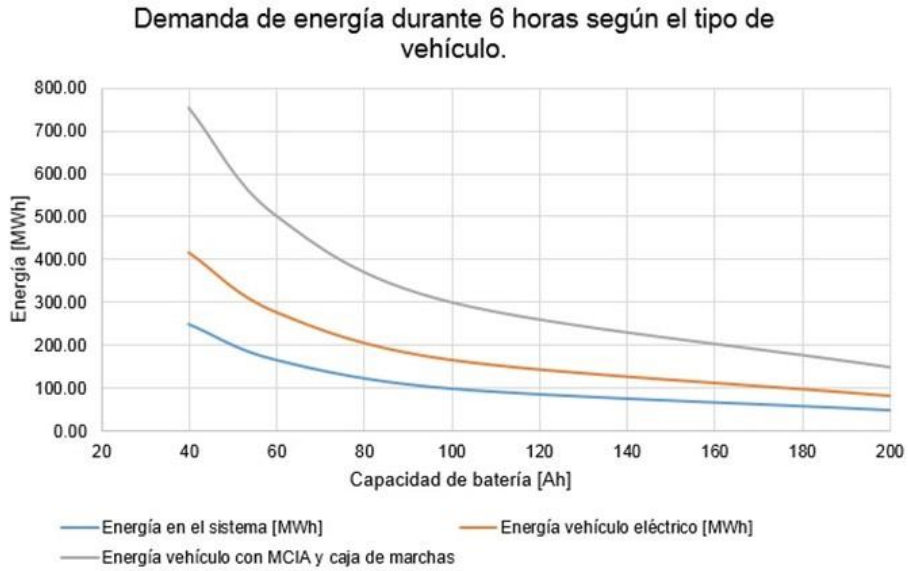
$$AE = 100 - \left( \frac{EM \times 100}{Ev} \right) . \quad (25)$$

AE = ahorro energético del sistema eléctrico Ev.

En la tabla 6 y en la figura 12 se indican los valores de la demanda de energía considerando la demanda energética de la ruta funcionando al 100% durante 6 horas, la demanda energética para satisfacer el sistema con propulsión eléctrica (EV) es desde 415,34 MWh y con el MCIA es de 755,16 MWh; por lo tanto, el ahorro energético utilizando un sistema eléctrico para movilizarse es del 82%.

**Tabla. 6.** Demanda de energética según el sistema de propulsión al 100% durante 6 horas.

Capacidad de la batería [Ah]	40	60	100	200
<b>Demanda energética de la ruta (E1). [MWh]</b>	249,20	166,14	99,68	49,84
<b>Demanda energética del EV. [MWh]</b>	415,34	276,89	166,14	83,07
<b>Demanda energética del EM. [MWh]</b>	755,16	503,44	302,06	151,03
<b>Ahorro energético entre EV y MCIA (AE). [%]</b>	82	82	82	82



**Fig. 12.** Demanda de energía durante 6 horas según el tipo de vehículo.

Considerando el funcionamiento del sistema durante 24 horas con el 33% de viajes dentro de la ciudad, en la tabla 7 y la figura 13 se indican los valores de la demanda de energía considerando la demanda energética de la ruta, donde la demanda energética para satisfacer el sistema con propulsión eléctrica (EV) es desde 548,25 MWh y con el MCIA es de 996,81 MWh; por lo tanto, el ahorro energético utilizando un sistema eléctrico para moverse es del 82%.

Demanda de energía del sistema eléctrico (EV) y del MCIA está determinado por:

$$E_v = \frac{E_3 \times 100}{60} \quad (26)$$

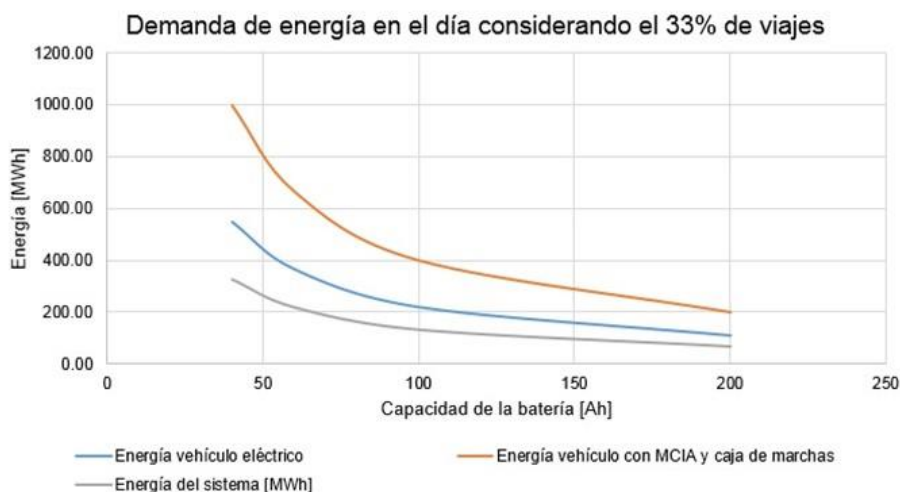
$$E_M = \frac{E_3 \times 100}{33} \quad (27)$$

Ahorro energético:

$$AE = 100 - \left( \frac{E_M \times 100}{E_v} \right) \quad (28)$$

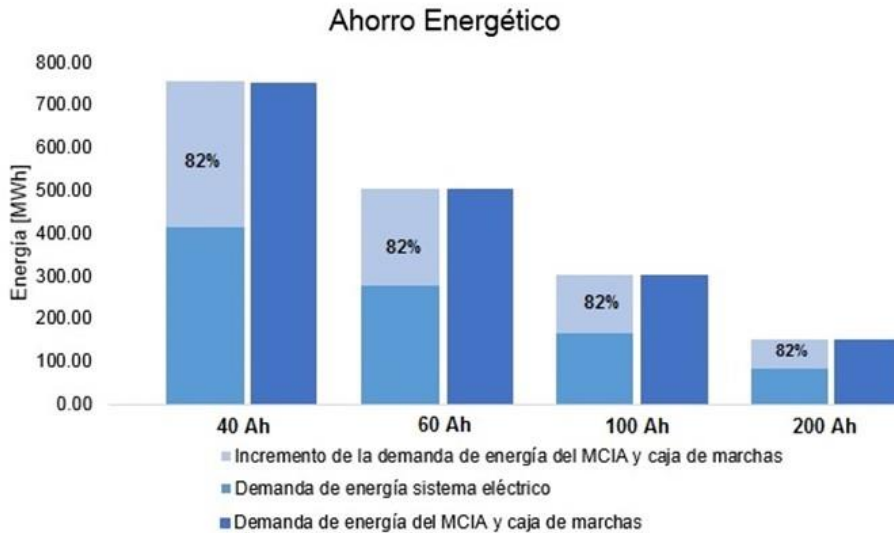
**Tabla.7.** Demanda de energética según el sistema de propulsión al día con el 33% de viajes.

Capacidad de la batería [Ah]	40	60	100	200
<b>Demanda energética de la ruta (E3). [MWh]</b>	328,95	219,30	131,58	65,79
<b>Demanda energética del EV. [MWh]</b>	548,25	365,50	219,30	109,65
<b>Demanda energética del MCIA. [MWh]</b>	996,81	664,54	398,73	199,36
<b>Ahorro energético entre EV y MCIA [%]</b>	82	82	82	82



**Fig. 13.** Demanda de energía en el día considerando el 33% de viajes.

En la figura 14 se indica la demanda de energía del sistema con un vehículo eléctrico de 276,89 MWh y la demanda de energía del sistema con un vehículo que funciona con el MCIA y caja de marchas de 503,44 MWh, donde existe un ahorro de energía del 82% en caso de utilizar el sistema de movilidad eléctrico, se indica 4 grupos de columnas cada una representa la demanda de energía y el ahorro energético según la capacidad de la batería, la misma que define la cantidad de vehículos que pueden funcionar en el sistema.



**Fig. 141.** Ahorro energético.

## 5 Conclusiones

La presente investigación pretende generar una solución para disminuir el consumo de energía que se genera en el transporte, mediante un sistema de movilidad eléctrico alternativo, alimentado por la red de electricidad pública, que tiene una ruta específica en la ciudad, que satisface la demanda de circulación. Comparado con la utilización de vehículos convencionales, dotados de un motor de combustión interna alternativo a gasolina, se obtiene como resultado una disminución en el consumo de energía del 82%, soportando el carril de circulación en 24 horas de uso continuo desde 27.498 hasta 137.491 vehículos. En la ruta número 6 con una distancia de 55,16 km se pueden tener 8.458 vehículos considerando separación entre ellos e intersecciones, estableciendo una distancia ocupada por los vehículos de 33,83 km; en el caso de una distancia de la ruta de 16,75 km se pueden tener 2.568 vehículos con una distancia de 10,27 km; entonces al considerar las distancias máximas y cantidad de vehículos máxima que es de 5.729 vehículos, indica que dentro de la ruta con mayor distancia caben todos los vehículos que satisface el sistema.

A partir de esta investigación se propone para futuros análisis determinar la disminución de gases contaminantes que se puede generar con la aplicación del sistema de movilidad alternativo, también se puede hacer una caracterización de la configuración del sistema de propulsión del vehículo considerando otros tipos de automóviles, que pueden variar en masa, tipo de motor eléctrico, y hacer una comparación con otros tipos de motores de combustión interna, como es el motor Diésel, la investigación también permite que se abra un análisis de las características



de las baterías que se pueden utilizar para alimentar el motor eléctrico y recibir la carga del sistema, otra nueva investigaciones la caracterización del sistema de transmisión inalámbrica de energía, que con nuevas tecnologías se puede disminuir la potencia de 100kW requerida en esta investigación.

## Referencias bibliográficas

1. Sears & Zemansky. Física universitaria, 1. Décima segunda edición. Volumen 1. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Azcapotzalco. México (2009)
2. Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, 2013. Balance Energético Nacional (2013)
3. Asociación de la Industria Hidrocarburífera del Ecuador, 2015. El Petróleo en Cifras (2014)
4. Barlow, T. et al., A reference book of driving cycles for use in the measurement of road vehicle emissions. , p.280. (2009)
5. EPA Vehicle Chassis Dynamometer Driving Schedules (DDS) 2016. Dynamometer Drive Schedules - files contain tab delimited ASCII columns  
<http://www3.epa.gov/nvfel/testing/dynamometer.htm>
6. INEC, 2014. Anuario de Estadísticas de Transportes INEC 2014. , p.198. (2014)
7. Cevallos, J., Estimación del consumo de combustibles en el transporte terrestre en Ecuador. , pp.1–17 (2015)
8. C. V. Arellano, “Determinación y análisis de las emisiones de contaminantes primarios y rendimiento vehicular mediante la variación del octanaje y contenido de azufre en la gasolina y Diésel,” p. 185, (2013).
9. EMOV, 2014. Rendición de Cuentas (2014)
10. Payri. F, Desantes. J.M., Motores de combustión interna alternativos. Editorial Revert SA. Universitat Politècnica de Valencia. España (2011)
11. Faria, R. et al. A sustainability assessment of electric vehicles as a personal mobility system. , 61, pp.19–30 (2012)
12. Laborde, E.S., Transferencia Inalámbrica de Energía para Sistemas de Bajo Consumo Utilizando Resonancia Magnética Fuertemente Acoplada (2015)
13. Crean una tecnología inalámbrica para recargar coches eléctricos que circulan por la autopista. <http://www.rtve.es/noticias/20120215/crean-tecnologia-inalambrica-para-recargar-coches-electricos-circulan-autopista/498088.shtml>
14. Llegan los primeros carriles de recarga inalámbrica para coches eléctricos. <http://www.abc.es/tecnologia/noticias/20150819/abci-carril-recarga-inalambrica-coches-201508191846.html>
15. Chalco, J.G.I., Determinación del área de influencia de la subestación # 8 y diseño preliminar de alimentadores Empresa Eléctrica Regional Centrosur C.A. (2010)
16. Observatorio Tecnológico de la Energía. Mapa Tecnológico Movilidad Eléctrica. , pp.20–20. (2012)
17. GAD Municipal. Categorización de la demanda de transporte de Cuenca. (2014)
18. Aparicio Izquierdo, Francisco. Teoría de los vehículos automóviles. Madrid. Universidad Politécnica de Madrid (1995)
19. BAE, JH. Korea gallops ahead in a race for dynamic on-the-go wireless charging EV system. 2013. <http://itersnews.com/?p=44874>

- Arellano, C.V. Determinación y análisis de las emisiones de contaminantes primarios y rendimiento vehicular mediante la variación del octanaje y contenido de azufre en la gasolina y diesel. , p.185 (2013)
- Atabani, a. E. et al. A review on global fuel economy standards, labels and technologies in the transportation sector. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(9), pp.4586–4610 (2011)
- B. Energ, “2013 Series históricas,” 2013.
- Castillo Mondragón, F. X., & Torres Brito, A. A. Análisis De Rendimiento, Consumo Y Emisiones Generadas Por Los Vehículos Híbridos (2011)
- Emov Ep, R.D.M.D.L.C.D.A.D.C. Resumen del inventario de emisiones atmosféricas del cantón Cuenca, año 2011. Cuenca-Ecuador, (2014).
- EPA Vehicle Chassis Dynamometer Driving Schedules (DDS) 2016. Testing and Measuring Emissions. <http://www.epa.gov/nvfel/testing/dynamometer.htm>
- Evatran. The smarter way to charge your ev (2014)
- F. de la E. de la C. de Madrid., “Guía del Vehículo Eléctrico,” Energy Manag. Agency.
- Fepo, L. Como se relacionan la potencia, el peso y la velocidad (2015)
- Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. Guía del Vehículo Eléctrico. Energy Management Agency (2013)
- Gabriel-Buenaventura, A., & Azzopardi, B. Energy recovery systems for retrofitting in internal combustion engine vehicles: A review of techniques. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 955–964. doi:10.1016/j.rser.2014.08.083 (2015)
- GPSmap® 60CSx. <https://buy.garmin.com/es-ES/ES/fitness-y-outdoor/descatalogados/gpsmap-60csx/prod310.html> (2015, diciembre 25).
- Kit Autolibre AC3. 2015. Manual completo de conversión de vehículos eléctricos. <https://www.autolibreelectrico.com/archives/369>
- Kit Autolibre AC3. 2015. Motor de 60 Hp (equivalente a motor de combustión de 80 Hp) y Controlador Electrónico Curtis de 72 V a 108 V. <http://www.autolibreelectrico.com/archives/651>
- Kit Autolibre AC3. 2015. Motor de 78 a 92 Hp (equivalente a motor de combustión de 110 Hp) y Controlador Electrónico Curtis de 96 V a 144 <http://www.autolibreelectrico.com/archives/651>.
- Loomans, Taz. 2013. Germany Testing Wireless Induction Charging for Electric Buses. <http://inhabitat.com/wireless-induction-charging-for-electric-vehicles-to-be-tested-on-german-buses/primove-induction-charging-2/>
- Marín, P. Aplicación software para la simulación del funcionamiento energético de vehículos eléctricos (2013)
- Markel, T.S.A. Plug-In Hybrid Electric Vehicle Energy Storage System Design Preprint. *Renewable Energy* (2006)
- Ministerio del Ambiente. Inventario Preliminar de las Emisiones de Contaminantes del Aire , de los cantones Ambato , Riobamba , Santo Domingo de los Colorados , Latacunga , Ibarra , Manta , Portoviejo , Esmeraldas y Milagro (2014)
- Ministerio Energía Ecuador, 2014. Ministerio Energía Ecuador. <http://www.energia.gob.ec/programas-y-servicios> .
- NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN-ISO 23274:2013. (2013).
- NTE INEN 2656, 2012. Noma Técnica Ecuatoriana 2656, 2012.
- O. T. de la Energía, “Mapa Tecnológico Movilidad Eléctrica,” pp. 20–20, 2012.
- Principios básicos de la transmisión inalámbrica de energía y fórmulas de desarrollo. <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/13587/PFG%20ANEXO%20DOC%20TECNICA.pdf?sequence=3>
- Suzuki Motor Co, Ltda, “Manual del propietario” (1988)
- T. Markel and a Simpson, “Plug-In Hybrid Electric Vehicle Energy Storage System Design Preprint,” *Renew. Energy*, no. May, (2006)
- Tecnol, A. & Medell, G. Normatividad sobre Vehículos Eléctricos (2012)

## Glosario de fórmulas

1. Potencia térmica liberada.
2. Rendimiento efectivo.
3. Aceleración.
4. Fuerza de arrastre.
5. Resistencia a la rodadura.
6. Resistencia a la inercia.
7. Resistencia gravitatoria.
8. Fuerza necesaria.
9. Torque.
10. Potencia.
11. Energía.
12. Potencia entregada.
13. Potencia en la transferencia inalámbrica de energía
14. Energía en las baterías
- 15 Número de vehículos según la potencia en la transferencia de energía inalámbrica.
16. Número de vehículos en el sistema por hora.
17. Cantidad de vehículos.
18. Demanda de energía.
19. Cantidad de vehículos.
20. Demanda de energía en 24 horas.
21. Cantidad de vehículos
22. Demanda de energía en 24 horas al 33% de viajes
23. Energía necesaria para el sistema eléctrico.
24. Energía necesaria para el MCIA.
25. Ahorro energético del sistema eléctrico Ev.
26. Demanda de energía del sistema eléctrico (EV).
27. Demanda de energía del MCIA.
28. Ahorro energético.