

Más allá del petróleo: *Una mirada al impacto de los autos eléctricos en las tres principales ciudades de Ecuador*

Beyond Petroleum: *A look at the impact of electric cars in the three main cities of Ecuador*

Resumen

El propósito de este trabajo es estudiar el impacto del cambio de vehículos privados en las tres principales ciudades de Ecuador, y evaluar si la demanda de electricidad creada podría ser satisfecha por energías renovables ubicadas dentro de los límites de la ciudad. El trabajo estudia las tres principales ciudades del Ecuador: Quito, Guayaquil y Cuenca. Se encontró que en teoría y en el caso extremo, si hubiese un cambio repentino donde todos los autos y VUDs de Quito serían reemplazados por vehículos eléctricos, se crearía una demanda de electricidad que podría satisfacerse a través la energía solar fotovoltaica dentro los límites de la ciudad. Esto estaría en línea con la teoría del metabolismo urbano. Sin embargo, no sería factible, hacer esto a través de la energía eólica. En general, se reconoció que en la realidad habría una transición más lenta hacia el uso de vehículos eléctricos, que resolvería parcialmente la demanda de combustibles fósiles del sector de transporte, con poco impacto en la problemática de congestión y la demanda de espacio. Como tal, los sistemas de transporte colectivo y de transporte multimodal tienen un importante papel que desempeñar en este contexto para la siguiente etapa de la investigación.

Autor:

Ing. Michael Maks Davis
mdavis930@puce.edu.ec

Facultad de Arquitectura,
Diseño y Artes (FADA)
Pontificia Universidad
Católica de Ecuador
(PUCE)

Ecuador

Recibido: 26 Jun 2016
Aceptado: 23 Nov 2016

Palabras clave: carros eléctricos, energías renovables, metabolismo urbano, transporte público, vehículos privados

Abstract:

The purpose of this paper is to study the impact of changing private vehicles in Ecuador's three main cities from combustion engines to their electric counterparts, and to assess whether the newly created electricity demand could be met by renewable energies located within the city boundaries. The work studies Ecuador's three main cities: Quito, Guayaquil and Cuenca. It was found that in theory and in the extreme case, if there were a sudden change where all the cars and SUVs of Quito were to be replaced by electric vehicles, an electricity demand would be created that could be satisfied through roof installed solar PV within the city boundaries. It would not be feasible however, to do this through wind power. Overall, it was recognised that in reality the changeover to electric vehicles is not likely to be sudden, plus that a transition to electric cars and SUVs only works towards partially solving the problem of fossil fuel demands from the transport sector, but has little impact on the issue of congestion and space requirements. As such, mass transit, multi-modal, electric transport systems have an important role to play in this context for the next stage of research.

Keywords: electric cars, private vehicles, public transport, renewable energies, Urban Metabolism.

1. Introducción

Este trabajo pretende responder a la pregunta de investigación: "¿Cuál sería el impacto en términos de demanda de energía si todos los autos en las tres principales ciudades del Ecuador cambiaran a vehículos eléctricos, y podrían estas demandas ser satisfechas con energías renovables colocadas dentro de los límites de la ciudad?"

Ecuador, al igual que muchos países cuyas economías dependen de las exportaciones de petróleo, enfrenta actualmente una crisis potencial debido a la fuerte caída en el precio del crudo. El crudo representa el 55% de las exportaciones de Ecuador (Simoes, Hidalgo & Landry, 2014). Sin embargo, necesita gastar el 3% de su PIB en subvencionar combustibles fósiles refinados (Banco Mundial, 2015 y Ministerio de Finanzas, 2015). Además, el transporte es responsable del 49% de las demandas de estos combustibles fósiles (MCSE, 2014). Por otro lado, Ecuador ha invertido 4,2 mil millones de dólares desde 2007, con el objetivo de obtener el 95,53% de su electricidad generada a partir de plantas hidroeléctricas a fines de 2016 (MICSE, 2013). Una vez instalada, la producción de energía a través de hidroeléctricas es barata y no depende de los combustibles fósiles. Por lo tanto, podría decirse que es interesante para el país hacer una transición de la demanda de energía de los combustibles fósiles a la eléctrica. Esto se reflejó en el reciente plan gubernamental para reemplazar tres millones de cocinas de gas con tecnología de inducción eléctrica, con el objetivo de reducir los subsidios de gas doméstico, donde casi el 80% es importado y requiere un gasto de 700 millones de dólares al año en subvenciones (MEER, 2015).

El siguiente paso lógico sería apuntar al sector del transporte, cambiando la demanda de los combustibles fósiles a la electricidad. Esto se demostró en los planes del gobierno en 2015 para la importación de 15.000 autos eléctricos (Jaramillo, 2015), que estarían libres de cualquier impuesto a las importaciones (El Universo, 2015).

Se argumenta aquí que para que el sector del transporte experimente una transición de los combustibles fósiles a la electricidad, hay dos áreas que necesitan ser abordadas. Los primeros son los vehículos privados, que representan el 7,84% de la demanda total, o el 18,13% si se incluyen vehículos de carga ligera (MCSE, 2014). El segundo es el sector del transporte de carga, que representa el 19,11% de la demanda (MCSE, 2015). En cuanto a los vehículos privados, se

centra en los tres principales centros urbanos de Ecuador: Quito, Guayaquil y Cuenca, que entre ellos tienen el 48% del total de 795.711 automóviles en circulación (INEC, 2014). El transporte de carga está fuera del alcance de este estudio. En primer lugar, habría que investigar a nivel nacional, por lo que estaría fuera de una evaluación de las tres ciudades. En segundo lugar, este trabajo se centra en una transición al transporte electrificado. En la actualidad no hay vehículos eléctricos de carga pesados disponibles comercialmente, por lo que se requerirían investigaciones separadas en hidrocarburos alternativos, como los biocombustibles, para satisfacer esta demanda.

2. Metodología

Esta investigación se lleva a cabo utilizando recursos secundarios de otros estudios académicos y ministeriales. En primer lugar, se determinan las demandas teóricas de electricidad creadas a partir de una transición masiva a autos eléctricos privados y jeeps en las ciudades de Quito, Guayaquil y Cuenca. En segundo lugar, se calculan los requerimientos de espacio para satisfacer estas demandas teóricas a través de la energía solar fotovoltaica y la energía eólica. En el contexto del metabolismo urbano, se tiene en cuenta si las energías renovables podrían situarse dentro de los límites de la ciudad. En tercer lugar, se discute brevemente la capacidad de las técnicas del metabolismo urbano para la planificación urbana, donde la localización de las energías renovables podría ser aprovechada para el desarrollo socioeconómico de las comunidades marginales. En cuarto lugar, dada la improbabilidad de una transición abrupta a los automóviles privados eléctricos y jeeps, los sistemas de tránsito multimodal como una alternativa en América Latina se examinan brevemente.

3. Mirando más allá del petróleo

3.1 El problema de los automóviles

Se acuerda comúnmente que las ciudades se definen por sus sistemas de transporte:

"Si planeas ciudades para autos y tráfico, obtienes autos y tráfico. Si planeas para personas y lugares, obtienes gente y lugares." (Kent, 2005, <http://goo.gl/3wVzfb>).

Urry (2007, citado en Brand y Dávila, 2011) llega hasta el punto de argumentar que la infraestructura de movilidad sirve de paradigma para la organización social urbana. Además, el Documento de Estudio de las Naciones

Unidas sobre el Transporte y la Movilidad para Hábitat III (HIII, 2015b) puso de relieve la necesidad de "ciudades compactas" (en la UE) o "crecimiento inteligente" (en las EEUU) que se alejan de ser dependientes de los autos privados. De hecho, los autos a menudo son demonizados en el mundo de la planificación urbana, siendo vistos como portadores de pocas personas, que necesitan grandes espacios y que son ineficientes energéticamente:

"... el automóvil: es invitado a una fiesta, nunca quiere irse... y bebe mucho...y pide siempre más infraestructura, autopistas, es una persona muy exigente". (Lerner, 2007, <https://goo.gl/4oZcKb>, min 2,40 - 3,13).

Sin embargo, no se puede negar el hecho de que existe una preferencia por la propiedad del automóvil. Aunque se dice que la propiedad de los vehículos de motor ligeros en los países más desarrollados se ha estabilizado (HIII, 2015b), se espera que en todo el mundo crezca de 1.000 millones en 2010 a 1.600 millones en 2035 (HIII, 2015b). Esto lleva a dos áreas en la investigación académica y la planificación de la política urbana. En primer lugar, se afirma que debe haber una transición rápida a los vehículos privados eléctricos, con una red nacional que sea capaz de soportar las nuevas demandas impuestas de una manera baja en carbono (Tran, Banister, Bishop y McCulloch, 2012). En segundo lugar, se argumenta que el uso del automóvil necesita ser reducido dramáticamente, con un fuerte empuje hacia sistemas de transporte multimodal que mitiguen el uso de automóviles en áreas urbanas (HIII, 2015b, Rueda, 2011, Hermida Palacios, Calle y Cabrera, 2015).

3.2 Transición a los vehículos eléctricos en las tres principales ciudades del Ecuador

Las tres principales ciudades de Ecuador son casos de estudio interesantes. Quito y Cuenca se encuentran en la región de las tierras altas, y Guayaquil en la costa.

Quito se caracteriza por ser largo y delgado; 80 km de largo y 5 km de ancho en promedio encerrado dentro del valle de sus montañas adyacentes. Cuenta con tres líneas de Tránsito Rápido de Bus (TRB) que abarcan el Norte-Sur de la ciudad a través de las rutas Central Norte, Corredor Central y Noreste a Sur-Este (EPMTP, s.f.), y se está construyendo un metro subterráneo (Metro, 2011). Además, hay una gran afluencia de viajeros diarios procedentes de los valles circundantes en la ciudad, se prevé que los viajes diarios del transporte público aumenten de 47.000 en 2008 a 76.000 por 2025 (Municipio del DMQ, 2009).

Guayaquil también ofrece un sistema TRB llamado Metrovía, el cual cuenta con tres líneas: Troncal 1 (Guasmo – Río Daule), Troncal 2 (25 de Julio – Río Daule) y Troncal 3 (Río Daule – Centro) (Fundación Metrovía, 2015). Según Fundación Metrovía (s.f) la Troncal 1 transporta 2924,53 pasajeros por bus al día, mientras que la Troncal 3 moviliza 2312,86.

Cuenca está actualmente en proceso de terminar la instalación de un servicio de tranvía, haciendo de la ciudad un pionero de esta tecnología en la región andina. Según el estudio del Instituto Nacional de Preinversión (INP), citado en el diario El Tiempo (2012), el sistema planea tener 14 unidades, cada una transportara 300 pasajeros. Añade que se proyecta la cifra de 120 000 pasajeros diarios.

El siguiente paso es evaluar la demanda potencial de energía en una transición a los autos eléctricos en las tres ciudades. En 2013 el consumo total de energía del sector de transporte en Ecuador fue de 49 millones de BOE, el 16% de los cuales se debió a automóviles y jeeps (MCSE, 2014). La relación entre el BOE y el kWh es de 1: 1628,2, lo que supone un total de 12.765.088.000 kWh para automóviles y jeeps en 2013. Esto no tiene en cuenta el uso privado de camionetas, que se incluyen en la misma categoría que los vehículos de carga (MCSE, 2014). Según datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, 2014) se puede determinar que: a) de los 1.752.712 vehículos matriculados en 2014, 784.398 son autos y jeeps. De estos 482.294 se encuentran en las provincias de Pichincha (Quito), Guayas (Guayaquil) y Azuay (Cuenca). Si se asume entonces una relación entre la población y la propiedad del automóvil, con datos del último Censo (INEC, 2010) se puede hacer una estimación del número de autos y jeeps en las tres principales ciudades del Ecuador. Una relación puede entonces calcularse entre el número total de vehículos a nivel nacional y cada ciudad en particular. Las respectivas demandas de energía para automóviles y jeeps en cada ciudad se pueden determinar, en comparación con el consumo total de energía para automóviles y jeeps en Ecuador en 2013:

- Quito - 242.598 autos / VUDs y 3.947.973.550 kWh al año.
- Guayaquil - 91, 011 autos / VUDs y 1.481.097.031 kWh al año.
- Cuenca - 44.050 autos / VUDs y 716.865.840 kWh al año.

Esto da una demanda de 6.145,94 GWh para las tres ciudades, que representan el 48% del total de automóviles y jeeps en el Ecuador. Si todos los vehículos fueran a cambiar radicalmente a sus contrapartes eléctricas, entonces podrían obtenerse ganancias en eficiencia de aproximadamente 2,61 (Davis, en prensa). Esto reduciría las demandas para:

- Quito - 1.512.633.544 kWh al año (4.144.201 kWh por día).
- Guayaquil - 567470127 kWh al año (1.554.713 kWh por día).
- Cuenca - 274.661.241 kWh por año (752.497 kWh por día).

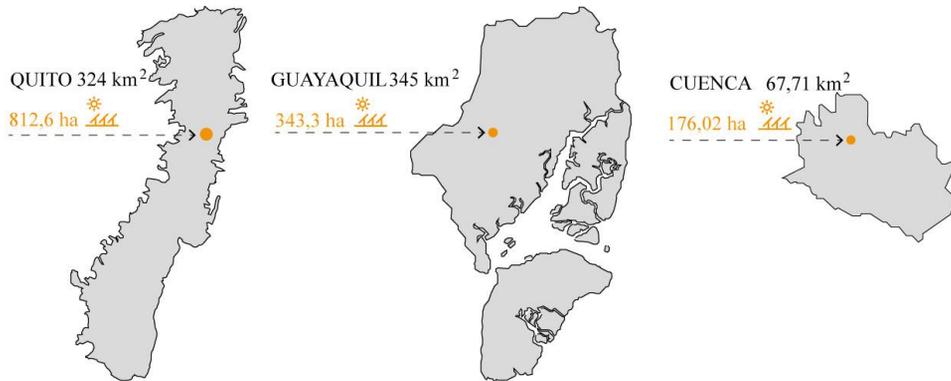


Figura 1: Requerimientos espaciales para energía solar fotovoltaica
Fuente: Autor

3.3 El espacio necesario para las energías renovables dentro de los límites de la ciudad

El concepto de Metabolismo Urbano se utiliza como punto de partida aquí, donde la resiliencia de una ciudad se incrementa al contar con los recursos que el entorno urbano necesita para operar dentro de los límites del entorno urbano mismo. El metabolismo urbano representa una economía circular, donde los residuos se consumen como un recurso en ciclos continuos (Kennedy et al., 2007, citado en Kennedy, C., et al., 2011). Como tal, el concepto mitiga la transformación de los flujos de recursos en flujos de desechos y no tiene impactos perjudiciales subsecuentes sobre el medio ambiente y la sociedad que lleven a la escasez de los mismos recursos necesarios (Greyson, 2006). Por otra parte, el Documento Temático de las Naciones Unidas sobre los Ecosistemas Urbanos y la Gestión de los Recursos para Hábitat III (HIII, 2015a), sostiene que para que una ciudad sea eficiente en los recursos debe dissociarse de la necesidad de explotar los recursos externos. En este contexto y en términos de energías renovables, se puede evaluar el espacio necesario para la energía solar fotovoltaica y eólica para satisfacer la demanda teórica de un cambio masivo de vehículos eléctricos. Posteriormente, se puede considerar la posibilidad de localizar la energía solar fotovoltaica o la energía eólica dentro de los límites de Quito, Guayaquil y Cuenca y, como tal, poder satisfacer sus propias demandas de electricidad de transporte privado.

En términos de energía solar fotovoltaica, según el Atlas Solar de Ecuador (CONELEC, 2008), la irradiación solar global promedio diaria que recae en las tres ciudades es:

- Quito - 5.100 Wh por m2 por día.
- Guayaquil - 4.500 Wh por m2 por día.
- Cuenca - 4.275 Wh por m2 por día.

Si tomamos el 10% como una eficiencia razonable para un sistema solar fotovoltaico en la conversión de la irradiación solar a electricidad (MacKay, 2008), los siguientes resultados se pueden deducir para las áreas

requeridas en cada ciudad para satisfacer las demandas teóricas de una conversión masiva a autos eléctricos privados y jeeps (Tabla 1 y Figura 1).

Ciudad	Demanda teórica diaria de autos eléctricos /SUV (kWh/día)	Radiación Solar potencial (kWh/m2/day)	Espacio requerido para la energía solar fotovoltaica (ha)
Quito	4,144,201	5,1	812,6
Guayaquil	1,554,713	4,5	343,3
Cuenca	752,497	4,275	176,02

Tabla 1: Requerimientos espaciales para energía solar fotovoltaica
Fuente: Autor

Consideremos a Quito como caso de estudio para evaluar la factibilidad de localizar la energía solar fotovoltaica necesaria dentro de los límites de la ciudad. Según el último Censo realizado en Ecuador (INEC, 2010), Quito tiene un total de 763.719 hogares divididos en las siguientes tipologías:

- Casa: 57% (435.320).
- Apartamento: 29% (221,478).
- Habitación: 8% (6.097).
- Vivienda temporal: 6% (45.824).

Adicionalmente, el Municipio de Quito (DMQ, 2011) clasifica la superficie que el hogar ocupa como:

- Hogares pequeños ≤ 65 m².
- Hogares grandes = entre 65 y 120 m.
- Hogar extra grande > 120 m².

Supóngase que el porcentaje de viviendas se sitúa en promedio entre los hogares pequeños y grandes, con una

superficie de 65 m². Esto daría entonces el resultado de una superficie de:

- Vivienda: 28.295.800 m² de superficie.

En general, el 28,7% de los techos de los hogares tendrían que cubrirse con energía solar fotovoltaica (Figura 2) para satisfacer la demanda potencial de una conversión masiva a vehículos eléctricos y, como tal, parece factible localizar la energía renovable dentro de los límites de la ciudad.

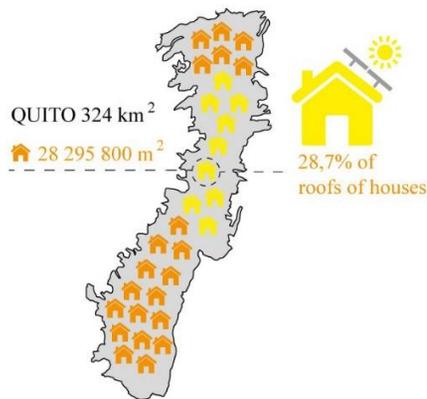


Figura 2: Porcentaje de cubiertas de hogares necesarios para energía solar fotovoltaica
Fuente: Autor

En términos de energía eólica, según el Consejo Nacional de Electricidad de Ecuador (CONELEC, 2013) a corto plazo Ecuador tiene el potencial de producir la siguiente energía eólica en las provincias de Pichincha (donde se ubica Quito) y Azuay (donde se ubica Cuenca)

- Pichincha (Provincia de Quito) - 109,48 GWh / año en un área de 21,25 km².
- Azuay (Provincia de Cuenca) - 110.13 GWh / año en un área de 21.38 km².

La provincia de Guayas (donde se ubica Guayaquil) no fue incluida como área potencial para la expansión de la

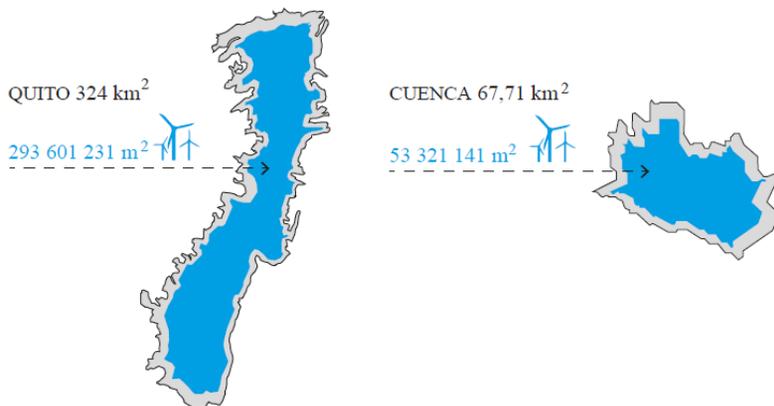


Figura 3: Requerimientos espaciales para energía eólica
Source: Autor

energía eólica (CONELEC, 2013), por lo que no se tiene en cuenta aquí. Si se supone una relación directa entre el espacio requerido y la energía eólica generada, se pueden deducir los siguientes resultados para las áreas requeridas en Quito y Cuenca para satisfacer las demandas teóricas de una conversión masiva a vehículos eléctricos y SUV privados (Tabla 2 y Figura 3).

City	Demanda teórica diaria de autos eléctricos /SUV (kWh/día)	Potencial eólico (kWh/m2/día)	Espacio requerido para energía eólica (m2)
Quito	4,144,201	5,2	293,601,231
Cuenca	752,497	5,2	53,321,141

Tabla 2: Requerimientos espaciales para energía eólica
Fuente: Autor

En general, es evidente que la energía solar fotovoltaica tiene el potencial para satisfacer la demanda de electricidad teórica dentro de los límites de la ciudad, mientras que la energía eólica no lo hace.

3.4 Metabolismo Urbano como herramienta para la planificación urbana y el desarrollo socioeconómico

EL metabolismo urbano puede ser considerada como un sistema socioeconómico, o un ecosistema (Fischer-Kowalski y Huttler, 1999), aunque se argumenta que no se debe confundir entre la ciudad y un organismo biológico (Golubiewski, 2012). El metabolismo urbano rara vez se utiliza como una herramienta para la planificación urbana, salvo en algunos casos (Kennedy et al., 2007, citado en Kennedy, C., et al., 2011). Sin embargo, está ganando popularidad en China, debido a que se ve como una manera de acoplar la escasez de recursos y el crecimiento económico (Yuan, Bi y Moriguchi, 2008). Adicionalmente, Alduán y LaFuente

(2012) investigan la movilidad y el metabolismo urbano. Aquí dicen que no solo se trata de los desplazamientos físicos dentro del ámbito urbano, sino de todos los procesos de ciclo de vida que implican dichos desplazamientos (lo cual es un nivel de detalle no considerado en este artículo presentado). Davis, Jácome y Lamour (2016) llevan el concepto de metabolismo urbano a un paso más para su uso en las ciudades en desarrollo en las economías emergentes. Aquí se argumentó que el metabolismo urbano debería ser aprovechado de tal manera que las demandas de energía urbana se cumplan a través de micro plantas renovables, que se ubican en zonas vulnerables a la pobreza que conducen a su desarrollo socioeconómico. La investigación exploró micro-plantas de biogás para la producción de electricidad en Quito. En primer lugar, se realizó un estudio de densidad poblacional y de índice de vulnerabilidad. Este fue utilizado para localizar la ubicación óptima para un micro-planta de biogás, donde se evaluaron los recursos económicos que podrían generarse en el área. La misma metodología podría ser utilizada para la instalación de la energía solar fotovoltaica para satisfacer la demanda teórica de una conversión masiva a coches eléctricos privados y jeeps en Quito, Guayaquil y Cuenca. En este caso se llevaría a cabo un estudio para evaluar la forma en que la energía solar fotovoltaica podría ser instalado de modo que no sólo cumpla con los requisitos para el metabolismo urbano, sino que también conduzca al desarrollo socioeconómico de las comunidades urbanas vulnerables.

3.5 A corto plazo: la necesidad de sistemas de transporte multimodal en América Latina

Es poco probable que los vehículos eléctricos de batería completa (BEV) dominen el mercado sobre su contraparte del motor de combustión interna en el mediano plazo (Tran, Banister, Bishop y McCulloch, 2012). Por lo tanto, es cada vez más importante asegurar que los sistemas de transporte multimodales mitiguen la necesidad del uso masivo del automóvil. En América Latina se pueden encontrar varios casos de estudio interesantes para sistemas innovadores de transporte multimodal. Por ejemplo, Curitiba en Brasil fue pionera en el sistema Tránsito Rápido de But (TRB) en 1974 (Lerner, 2007). Esto ha sido elogiado como una tecnología de transporte masivo de bajo costo, además de ser implementado con una política de uso de la tierra que fomentó el aumento de la densidad en las proximidades de las estaciones de TRB (Hill, 2015b). La tecnología se ha extendido desde entonces en todo el mundo, como lo demuestra el ejemplo de Guangzhou en China, que cuenta con un sistema de TRB utilizado por 800.000 personas diarias con una infraestructura de bicicletas integrada (Hill, 2015b). En Colombia, mientras tanto, el uso de los teleféricos de Medellín como parte de su sistema público de transporte de masas se considera tanto audaz como exitoso. Fue capaz de conectar comunidades urbanas de laderas aisladas del sistema metropolitano y como tal fue fundamental en el desarrollo urbano de estas áreas (Brand y Dávila, 2011). Las tres líneas de metrocables de Medellín tienen una

capacidad combinada de 7.200 pasajeros por hora (Serna Gallego, 2011). Esto es menor que la capacidad de los sistemas de TRB, pero proporciona una solución donde las áreas urbanas relativamente aisladas de la ladera tienen acceso a la ciudad para un coste-por-kilómetro comparable como TRB (marca y Dávila, 2011).

4. Conclusiones

En general, se afirma que Ecuador en particular tiene un interés en una transición al transporte eléctrico. El principal consumo nacional de energía sigue siendo la gasolina refinada, que tiene que ser importada y está fuertemente subvencionada. Además, el país está invirtiendo fuertemente en energía hidroeléctrica, que una vez instalada brinda una fuente barata de electricidad. En caso de que se produzca un cambio repentino y masivo en automóviles eléctricos privados y jeeps en las tres principales ciudades de Ecuador (Quito, Guayaquil y Cuenca), la energía solar fotovoltaica podría ser una fuente de energía renovable que aporte electricidad extra dentro de los límites de las ciudades mismas. La energía eólica no sería capaz de hacerlo. Esto es importante en términos de metabolismo urbano, donde las ciudades son capaces de proporcionar sus propios recursos en el futuro. Además, sería interesante explorar la posibilidad de ubicar la energía solar fotovoltaica para el desarrollo socio-económico de comunidades urbanas vulnerables. A corto plazo, sin embargo, no es probable que ocurra tal cambio masivo, por lo que los sistemas de transporte multimodal que han tenido éxito en América Latina deben ser considerados con mayor profundidad, mientras que los vehículos eléctricos tienen un período de transición.

5. Recomendaciones para futuras investigaciones

En primer lugar, es necesario realizar estudios de las estadísticas locales de las respectivas agencias de tránsito de las tres ciudades, con el fin de cuantificar mejor el número exacto de autos y VUDs en circulación en Quito, Guayaquil y Cuenca. En segundo lugar, se debe estudiar más a fondo la legislación y los parámetros económicos para evaluar el potencial de la instalación de paneles solares en cubiertas urbanas, preferentemente en zonas urbanas vulnerables que podrían beneficiarse dentro de planes para el desarrollo socioeconómico. En tercer lugar, debe realizarse un estudio a fondo de la transición a los vehículos eléctricos, y el papel de los sistemas de transporte multimodal. Esto se relaciona con el hecho de que una transición a los vehículos eléctricos sólo trabaja para resolver parcialmente el problema de las demandas de combustibles fósiles del sector de transporte, pero tiene poco impacto en la cuestión de la congestión y las necesidades de espacio.

6. Agradecimientos

Este trabajo fue posible gracias al apoyo de Lizeth Marcela Lozano-Huera, estudiante de pregrado de Arquitectura de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Artes de la Pontificia Universidad Católica de Ecuador.

Como citar este artículo/How to cite this article:
Maks, M. (2017). Más allá del petróleo: Una mirada al impacto de los autos eléctricos en las tres principales ciudades del Ecuador *Estoa, Revista de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca*, 6(10), 151-158. doi:10.18537/est.v006.n010.13

Bibliografía

- Alduán, A. S., & Lafuente, M. N. (2012). Metabolismo urbano, energía y movilidad: los retos del urbanismo en el declive de la era del petróleo. *Ciudad y territorio: Estudios territoriales*, (171), 87-96.
- Brand, P., & Dávila, J. D. (2011). Mobility innovation at the urban margins: Medellín's Metrocables. *City*, 15(6), 647-661.
- CONELEC. (2008). Atlas Solar del Ecuador con fines de generación eléctrica.
- CONELEC y la Corporación para la Investigación Energética. Quito, Ecuador.
- CONELEC. (2013). Atlas Eólico del Ecuador con fines de generación eléctrica. Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos y Ministerio de Electricidad y Energías Renovables. Quito, Ecuador.
- Davis, M. J. M., Polit, D. J., & Lamour, M. (2016). Social Urban Metabolism Strategies (SUMS) for Cities. *Procedia Environmental Sciences*, 34, 309-327.
- Davis, M. J. M. (in press). An electrifying change: the need to introduce electric vehicles in Ecuador, and its potential impact on the energy sector. Proceedings of the First International Conference on Urban Physics (FICUP). Quito, Ecuador.
- DMQ, Distrito Metropolitano de Quito. (2011). Ordenanza Municipal No 3746. Retrieved from: <http://www.departamentos.com.ec/blog/39-municipio-regulaciones/80-ordenanza-municipal-3746.html>
- El Tiempo. (2012). Estudios para tranvía se entregaron ayer. *El Tiempo* (30 de Agosto de 2012). Retrieved from: <http://www.eltiempo.com.ec/noticias/cuenca/2/295389/estudios-para-tranvia-se-entregaron-ayer>.
- El Universo. (2015). Autos eléctricos sin aranceles anuncia el Gobierno ecuatoriano. *El Universo* (12 January 2015). Retrieved from: <http://www.eluniverso.com/noticias/2015/02/12/nota/4549911/autos-electricos-aranceles-anuncia-gobierno-ecuatoriano>.
- EPMT. (s.f.). Nuestros corredores. Retrieved from: http://www.trolebus.gob.ec/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=674

- Fischer-Kowalski, M., & Hüttler, W. (1998). Society's metabolism. *Journal of industrial ecology*, 2(4), 107-136.
- Fundación Metrovía. (2015). Mapa de rutas. Retrieved from: <http://www.metrovia-ge.com.ec/mapaderutas>.
- Fundación Metrovía. (s.f). Producción. Retrieved from: <http://www.metrovia-ge.com.ec/PDF/produccion.html>.
- Gallego, R. A. S. (2011). Metrocable en Medellín, Colombia. El cable integrado, una nueva dimensión del transporte por cable aéreo. *Zugriff am*, 26, 2013.
- Greyson, J. (2006). An Economic Instrument for Zero Waste, Economic Growth and Sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 15(13-14), 1382-1390. DOI:10.1016/j.jclepro.2006.07.019
- Golubiewski, N. (2012). Is there a metabolism of an urban ecosystem? An ecological critique. *Ambio*, 41(7), 751-764.
- Habitat III (HIII), 2015a. Issue Paper 16 – Urban Ecosystems and Resource Management. United Nations Conference on Housing and Sustainable Development. New York, USA. Retrieved from: http://unhabitat.org/wp-content/uploads/2015/04/Habitat-III-Issue-Paper-16_Urban-Ecosystem-and-Resource-Management-2.0.pdf.
- Habitat III (HIII), 2015b. Issue Paper 19 – Transport and Mobility. United Nations Conference on Housing and Sustainable Development. New York, USA. Retrieved from: http://unhabitat.org/wp-content/uploads/2015/04/Habitat-III-Issue-Paper-19_Transport-and-Mobility-2.0.pdf.
- Hermida Palacios, M. A., Calle, C., & Cabrera, N. (2015). La ciudad empieza aquí: metodología para la construcción de barrios compactos sustentables.
- INEC. (2010). Censo de Poblacion y Vivienda Quito. Retrieved from: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manu-lateral/Resultados-provinciales/pichincha.pdf>
- INEC. (2014) Anuario de Estadísticas de Transportes 2014. Cuadros Estadísticos de Resultados. Retrieved from: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/Estadistica%20de%20Transporte/Publicaciones/Anuario_de_Estad_de_Transporte_2014.pdf.
- Kennedy et al., 2007, cited in Kennedy, C., et al. (2011). The study of urban metabolism and its applications to urban planning and design. *Environmental pollution*, p.1. 159 (8), 1965-1973.
- Kent, F. (2005, June 1). Streets are People Places. Project for Public Places. Retrieved from: <http://www.pps.org/blog/transportationasplace/>.
- Jaramillo, A. (2015). USD 35 000 costará un auto eléctrico. *El Comercio* (23 February 2015). Retrieved from: <http://www.elcomercio.com/tendencias/autoelctrico-ecuador-costos-tecnologia-electrolineras.html>, 2015.
- Lerner, J. (2007, March). Jaime Lerner: A song of the city [Video file]. Retrieved from: https://www.ted.com/talks/jaime_lerner_sings_of_the_city?language=en.
- MacKay, D. (2008). *Sustainable Energy-without the hot air*. UIT Cambridge.
- Metro. (2011). Metro de Quito. Retrieved from: <http://www.metrodequito.gob.ec/metrohome.php?c=43>.
- Ministerio Coordinador De Sectores Estratégicos (MICSE). (2013). Sectores Estratégicos para el Buen Vivir. Avanzamos en el cambio de la Matriz Energética [online]. September 2013, no 01. [Date of access: 20 September 2015]. Retrieved from: <http://www.sectoresestrategicos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/03/Web-Sectores-Estrate%CC%81gicos-para-el-Buen-Vivir-01.pdf>.
- Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos (MCSE). (2014). Resúmen Balance Energético 2014. Quito, Ecuador.
- Ministerio de Finanzas. (2015). Programación Presupuestaria Cuatrienal 2015-2018 (p. 73). Quito: Ministerio de Finanzas. Retrieved from: <http://www.observatoriofiscal.org/docs/analisis-opinion/Presupuesto2015ProgramaCuatrienal.pdf>.
- Municipio del DMQ. (2009). Plan Maestro de Movilidad para el Distrito Metropolitano de Quito 2009-2025. Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, Empresa Municipal de Movilidad y Obras Públicas, Gerencia de Planificación de Movilidad. Quito.
- Rueda, S. (2011). Las supermanzanas: reinventando el espacio público, reinventando la ciudad. In *Ciudades (im) propias: la tensión entre lo global y lo local* (pp. 123-134). Centro de Investigación Arte y Entorno.
- Simoes, A., Hidalgo, C., Landry, D. (2014). A proportional representation of Ecuador's exports. *Atlas of Economic Complexity*, MIT Media, Lab, Boston, USA.
- Tran, M., Banister, D., Bishop, J. D., & McCulloch, M. D. (2012). Realizing the electric-vehicle revolution. *Nature climate change*, 2(5), 328-333.
- World Bank. (2014). Ecuador, Country at a Glance. Retrieved from: <http://www.worldbank.org/en/country/ecuador>.
- Yuan, Z., Bi, J., Moriguichi, Y. (2008). The Circular Economy. A New Development Strategy in China. *Industrial Ecology in Asia*, 10(1-2), 4-8. DOI: 10.1162/10881980677545321