

DESARROLLO DE UN PANEL FOTOVOLTAICO ESPECÍFICO PARA UN VEHÍCULO ELÉCTRICO ULTRALIGERO ENFOCADO A LA MOVILIDAD URBANA

Marina Gil-Sánchez

José Fernández-Ramos

*Universidad de Málaga, Andalucía Tech, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial,
C/ Doctor Ortiz Ramos, S/N Campus de Teatinos, 29071, Málaga, España*

Resumen

En la actualidad, los vehículos eléctricos son considerados como la mejor alternativa para la consecución de una movilidad urbana sostenible. No obstante, su implantación a gran escala está supeditada a la instalación de un número suficiente de estaciones de recarga y a un rediseño de la red de distribución de corriente eléctrica. Además de esto, el modelo de automóvil que domina el mercado actual, ya sea eléctrico o de combustión interna, se caracteriza por tener un peso diez veces superior al de la carga útil (personas más equipaje) que suele transportar, por lo que es muy poco eficiente en el uso de la energía.

En este artículo proponemos un vehículo eléctrico ultraligero dotado de su propio generador fotovoltaico como prototipo de vehículo adecuado para conseguir una movilidad urbana sostenible. Este tipo de vehículos no necesitan de una amplia red de estaciones de recarga, por lo que su implantación a gran escala es mucho menos compleja.

Para verificar la propuesta, se ha diseñado, construido y evaluado un panel fotovoltaico específico para este tipo de vehículos que alcanza una potencia específica de 27,24 W/kg en condiciones estándar, valor muy superior a la de los paneles fotovoltaicos comerciales.

Se ha realizado un estudio experimental en el túnel de viento con el objetivo de conocer la influencia del generador fotovoltaico en el coeficiente aerodinámico del vehículo y de esta forma poder calcular las prestaciones del vehículo en un entorno urbano.

Los resultados más importantes son que el vehículo, en condiciones estándar de irradiancia, puede circular a una velocidad máxima de 35 km/h sin necesidad de recargar energía de la red eléctrica. En estas mismas condiciones, si el vehículo circula a la máxima velocidad permitida en ciudad, 50 km/h, alcanzaría una autonomía de 200 km por cada kWh de energía recargado de la red eléctrica.

Abstract

Nowadays, electric vehicles are considered the best alternative for the achievement of the sustainable urban mobility. However, the extended implementation is conditional to a sufficient number of the charging stations and to design a new grid power distribution. Indeed, the vehicle's model that dominates the actual market, either electric or thermal motors, is ten times higher than its useful weight (occupant plus luggage), so is not efficient in the way to use the energy.

In this article an ultra light electric vehicle with his own photovoltaic generator is proposed as a vehicle's prototype adequate to get a sustainable mobility. This kind of vehicle doesn't need a lot of charging stations, because of that, the implantation is less complex than for the others commercial vehicles.

To verify this propose, an specific photovoltaic panel is designed, manufactured and evaluated for this kind of vehicles, that can get a specific power of 27,24 W/kg in STC, upper than the others commercials panels.

An experimental study in a wind tunnel is realised with the goal to know the influence of the photovoltaic generator in the aerodynamic coefficient and to calculate the performance of the vehicle in an urban circuit.

The most important results are that the vehicle, at STC, can circulate at a maximum speed of 35 km/h, without the necessity to charge the battery in the grid. For the same conditions, if the vehicle circulates at the maximum speed allowed in urban circuits, 50 km/h, it'll get a range of 200 km per each kWh charged in the grid.

Palabras clave: *movilidad urbana; vehículo eléctrico; panel fotovoltaico;*

Área temática: *Actuaciones sostenibles del espacio urbano.*

1. Introducción

Hoy día está plenamente aceptado que la necesidad de un sistema de transporte urbano sostenible y eficiente desde el punto de vista energético es esencial para evitar la degradación de la calidad de vida en las ciudades. Según el Consejo de transportes de la UE, un sistema de transporte sostenible debe verificar las siguientes condiciones (IDAE, 2006):

- Permite responder a las necesidades básicas de acceso y desarrollo de individuos, empresas y sociedades, con seguridad y de manera compatible con la salud humana y el medioambiente, y fomenta la igualdad dentro de cada generación y entre generaciones sucesivas
- Resulta asequible, opera equitativamente y con eficacia, ofrece una elección de modos de transporte y apoya una economía competitiva, así como el desarrollo regional equilibrado.
- Limita las emisiones y los residuos dentro de la capacidad del planeta para absorberlos, usa energías renovables al ritmo de generación y utiliza energías no renovables a las tasas de desarrollo de sustitutivos de energías renovables mientras se minimiza el impacto sobre el uso del suelo y la generación de ruidos.

Sin embargo, el modelo de movilidad urbana actual dista mucho de cumplir estas condiciones. Los siguientes datos confirman esta afirmación (IDAE, 2015)-(MAGRAMA, 2015)-(Sanz, 2014):

- El consumo de energía de los vehículos privados representa en España alrededor del 50% del total de los consumos del transporte por carretera. El porcentaje restante corresponde fundamentalmente al tráfico de mercancías (alrededor del 47%), y, con una participación mínima, al transporte colectivo de pasajeros (un 3%).
- En el conjunto de las ciudades españolas se realizan aproximadamente un número igual de viajes en coche privado y en transporte público

- Por cada litro de gasolina consumido, un coche emite en promedio 2,3 kg de CO₂ y por cada litro de gasóleo, unos 2,6 kg de CO₂. En 2012, el transporte contribuyó al 20,1% de emisiones totales de CO₂ en la Unión Europea (UE, 2014).

En cuanto al uso del vehículo particular para el transporte urbano (MAGRAMA, 2015)-(Sanz, 2014):

- El 50% de los viajes son trayectos de menos de 3 km
- El 10% son trayectos de menos de 500 m
- Más del 75% de los viajes se hacen con un solo ocupante
- El índice medio de ocupación es de 1,2 personas por vehículo

En este contexto, la utilización del vehículo eléctrico (VE) en la movilidad urbana aparece como una alternativa viable para solucionar estos problemas, debido a que no producen contaminación en las áreas urbanas, pueden ser alimentados por energías 100% renovables y los motores eléctricos son mucho más eficientes que los motores de combustión interna (Arena, 2013). No obstante, la implantación de los VEs también plantea una serie de inconvenientes que deben ser resueltos. A pesar de que actualmente la mayor parte de los VEs suelen recargarse durante la noche en los garajes particulares (Zem2all, 2015), para que la utilización de VEs en la movilidad urbana sea viable a gran escala es fundamental la instalación de una gran cantidad de puntos de recarga rápida, lo que obligaría a un rediseño de la red eléctrica en las ciudades (Liu, 2013).

Se han planteado una gran variedad de soluciones para superar este problema, desde el desarrollo de pequeños vehículos híbridos (Concari, 2008), hasta diseños de VEs ligeros y menos convencionales como los triciclos (Solero, 2001)-(Bertoluzzo, 2008). Especialmente interesante es el concepto de Vehículo Eléctrico Ultraligero o ELBEV “Ecologic Low Budget Electric Vehicle” (Van den Bossche, 2010). Las características de este tipo de vehículos son:

- Un único ocupante
- Peso menor que 100 kg
- Triciclo, dos ruedas delanteras direccionales y una trasera.
- Velocidad limitada a 70 u 80 km/h
- Tensión de alimentación: 48 V

Para poder comparar las prestaciones de los diferentes vehículos utilizados en la movilidad urbana, en (Van den Bossche, 2010) se define el concepto de “eficiencia en la movilidad” de la siguiente forma:

$$\text{eficiencia en la movilidad} = \text{eficiencia del sistema de propulsión} \cdot \frac{\text{peso útil transportado}}{\text{peso total del vehículo}}$$

En base a esta expresión se obtienen los siguientes resultados de eficiencia en la movilidad:

- Un 1% para un vehículo con un motor diesel con un 14% de rendimiento, un peso de 1300 kg y un peso útil de 100 kg (1,2 personas de 80 kg mas un equipaje de 4 kg)
- Un 6,7% para el VE i-Miev, con un motor con rendimiento medio del 80%, un peso de 1100 kg y un peso útil de 100 kg
- Un 32% para un ELBEV con un motor con rendimiento medio del 70%, un peso de 100 kg y un peso útil de 84 kg (1 persona mas un equipaje de 4 kg)

Estos resultados muestran que el ELBEV es un tipo de vehículo muy apropiado para su utilización en una movilidad urbana sostenible.

No obstante, y a pesar de que este tipo de vehículo precisa de mucha menos energía para su funcionamiento, el problema de la necesidad de instalar una red de puntos de recarga y su impacto en la red eléctrica sigue presente. Se han propuesto diferentes soluciones, entre las cuales podemos destacar las que proponen la integración de sistemas de generación eléctrica basados en energías renovables en zonas restringidas de las ciudades que alimenten directamente a los sistemas de recarga. En (Longo, 2014) se describe una de estas propuestas, concretamente la instalación de dos generadores fotovoltaicos en el Campus de la Universidad de Bérgamo para recargar los VEs utilizados en el campus, que son de tres tipos, bicicletas, ciclomotores y cuadriciclos.

En este artículo proponemos una solución similar a la anterior en el sentido de que la recarga de los VEs se realiza utilizando generadores fotovoltaicos, pero con la diferencia de que el generador irá instalado directamente sobre el vehículo, de forma que la necesidad de realizar una recarga a lo largo del día sea muy poco probable, minimizando de esta forma la necesidad de instalación de puntos de recarga.

Como base del proyecto se ha utilizado el vehículo eléctrico ultraligero VEIR14 (Figura 1), desarrollado por los alumnos del equipo AERO de la ETSI Industrial de la Universidad de Málaga para su utilización en competiciones de eficiencia energética como la Solar Race de la Región de Murcia (SRRM, 2014). Se ha diseñado, construido y evaluado un generador fotovoltaico específico para este vehículo con una potencia de 190 Wp para ser instalado en su parte superior y se han obtenido las prestaciones del vehículo con el generador en distintas modalidades de funcionamiento.



Figura 1: El vehículo eléctrico ultraligero VEIR14

2. Objetivos

El objetivo general del presente artículo es el diseño, construcción y evaluación de un generador fotovoltaico para su posterior implementación en un VE ultraligero.

Este panel se ajustará a las necesidades propias del vehículo, por lo que incorporamos ventajas tales como:

- Elección del número óptimo de células que forman el panel para poder ser adaptado fácilmente al tipo de batería que se utilice sin necesidad de disponer de un regulador de carga.

- El panel a implementar será menos pesado que un panel comercial debido a que se diseñará sin ciertos complementos como son el marco reforzado o el vidrio de protección, necesarios para su colocación en un emplazamiento fijo en el exterior, pero que consideramos que no son necesarios para esta aplicación.
- Las dimensiones del panel serán las adecuadas y se adaptarán al VE, superando las limitaciones que imponen las dimensiones estándar de los paneles comerciales.

Con este panel fotovoltaico se pretende que el VE tenga la máxima autonomía, de forma que se minimice la necesidad de recargar su batería en la red eléctrica.

3. Metodología

3.1 Caracterización de la célula fotovoltaica

El primer paso para el diseño del generador fotovoltaico ha sido caracterizar las células fotovoltaicas que hemos usado para construirlo. El modelo de célula utilizado es el “Bosch Solar Cell M 3BB”, dividida por la mitad. Para obtener los datos de funcionamiento de una célula tipo, se ha diseñado una prueba de funcionamiento utilizando los siguientes instrumentos:

- Una célula calibrada 5V compensada del fabricante ATERSA.
- Una carga electrónica del fabricante AIM-TTI INSTRUMENTS, modelo LD300.
- Dos multímetros digitales del fabricante Multimetrix, modelo DMM 120.

Uno de los resultados de esta prueba es que, a una temperatura ambiente de 25 °C, la tensión en el punto de máxima potencia de la célula está en torno a 0,47 V.

3.2 Diseño del generador fotovoltaico

El siguiente paso es el estudio de las características de la batería que incorpora el VE. Esta batería tiene una tensión nominal de 48V y está formada por 13 celdas de ión-litio. Se ha realizado una prueba para obtener la tensión de la batería frente a su estado de carga, cuyo resultado se muestra en la Figura 2.

El rango de trabajo de la batería en su mayor tiempo de utilización se encuentra entre el 70%-30% de su estado de carga. En la gráfica se puede observar que en este intervalo el voltaje sólo varía 2V (50V-48V). Puesto que el objetivo es no tener que utilizar un regulador electrónico para conectar el generador a la batería, la tensión de salida del generador en su punto de máxima potencia debe estar comprendida entre estos dos valores de tensión.

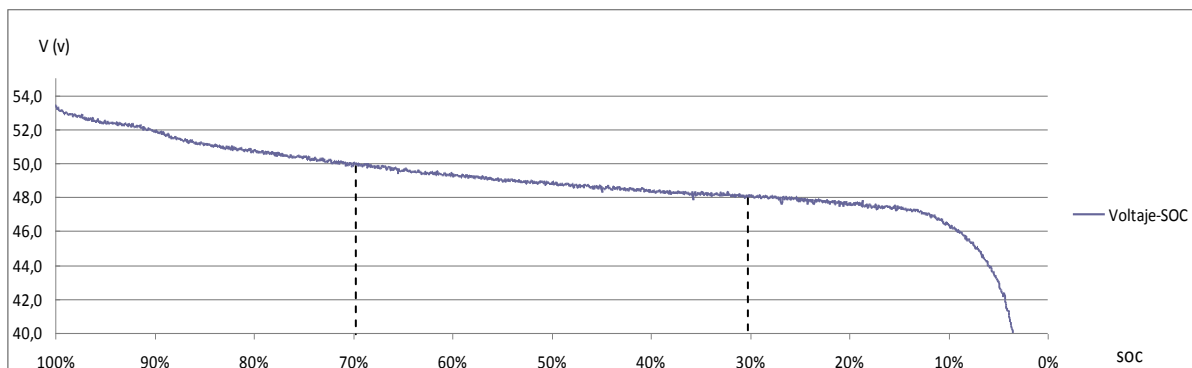


Figura 2: Tensión frente al estado de carga de la batería

A partir de este resultado, y teniendo en cuenta la tensión de la célula en su punto de máxima potencia, se ha calculado el número aproximado de células en serie que constituirán el generador fotovoltaico. Para ello se realiza el siguiente cálculo:

$$N^{\circ} \text{ células} = \frac{V_{\text{panel}}}{V_{\text{mpcélula}}} = \frac{50}{0,47} \approx 106 \text{ células} \quad (1)$$

Otro componente necesario del generador fotovoltaico son los diodos de bypass, necesarios para evitar que se produzca el fenómeno del “punto caliente” (Castañer, 2002) y que se anule la potencia proporcionada por el generador cuando hay alguna célula sombreada.

Para calcular el número máximo de células por cada diodo de bypass, se ha medido la tensión de ruptura zener de la célula tipo, obteniendo un valor de 25 Voltios.

Considerando que el voltaje máximo de una célula va a estar en torno a 0,55V, obtenemos el siguiente resultado:

$$\frac{V_{\text{zenercélula}}}{V_{\text{max célula}}} = \frac{25}{0,55} \approx 45 \text{ células} \quad (2)$$

Esto significa que, teóricamente, como máximo, por cada 45 células se tendría que colocar un diodo de bypass. En la práctica, se ha colocado un diodo de bypass por cada 20 células.

Para completar el diseño del generador, necesitamos añadir un diodo de bloqueo que no deje pasar la corriente en sentido contrario, evitando la descarga de las baterías hacia los paneles.

Una vez calculados los componentes del generador, hemos pasado a diseñar su geometría. Esta geometría debe adaptarse a las dimensiones del VEIR14. El resultado ha sido un generador compuesto de dos paneles fotovoltaicos cuyas características se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1: Dimensiones de los paneles fotovoltaicos

1º panel	800mm x 814mm	5 x 10 células	50 células
2º panel	800mm x 900mm	5 x 11 células	55 células

Se ha tenido que ajustar el número de células a 105 en lugar de las 106 calculadas a causa de las restricciones que impone la geometría de los paneles.

La figura 3 muestra una representación de la disposición de los paneles sobre el vehículo.

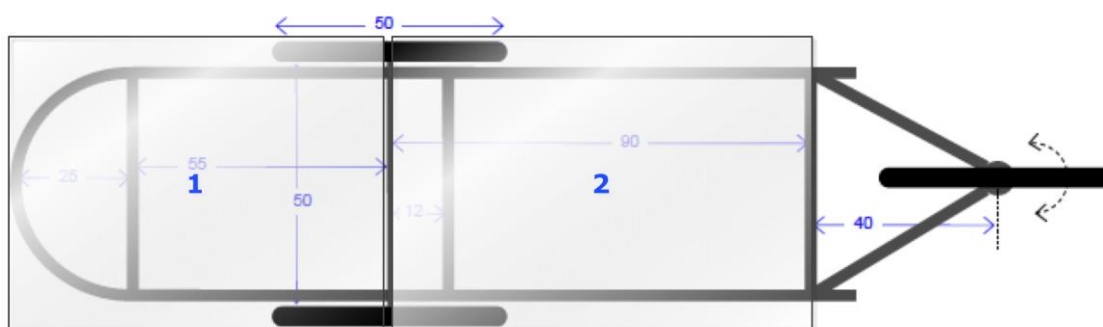


Figura 3: Vista superior de la disposición del generador fotovoltaico en el VEIR14

Para verificar los cálculos realizados, se ha fabricado el panel nº1 utilizando como soporte un composite de aluminio y como encapsulante dos láminas de plástico EVA. No se ha colocado un vidrio de protección para obtener un peso mínimo, que ha resultado ser finalmente de 3,3 kg.

3.3 Estudio aerodinámico del vehículo con el generador fotovoltaico.

La siguiente etapa del proceso de diseño ha sido realizar una estimación de cómo afecta la colocación del generador fotovoltaico en la dinámica del VEIR14.

Tras realizar un estudio de las fuerzas que se oponen al movimiento del vehículo, hemos supuesto que la que más se ve afectada es la fuerza aerodinámica, ya que las fuerzas de rodadura y aceleración son proporcionales al peso del vehículo y éste apenas se ve afectado por el generador, cuyo peso total se ha estimado en 7 kg.

La aerodinámica no se puede estimar con facilidad ya que el área total de los paneles si es considerable, superando el metro cuadrado. Por este motivo se decidió realizar una maqueta del VE a escala 1:5 para poder ensayarlo en un túnel de viento y observar los distintos comportamientos según la configuración de los paneles fotovoltaicos respecto a la carrocería (altura a la que se colocará) y su comparativa respecto al VE sin panel.

La figura 4 muestra la maqueta instalada en el túnel de viento.

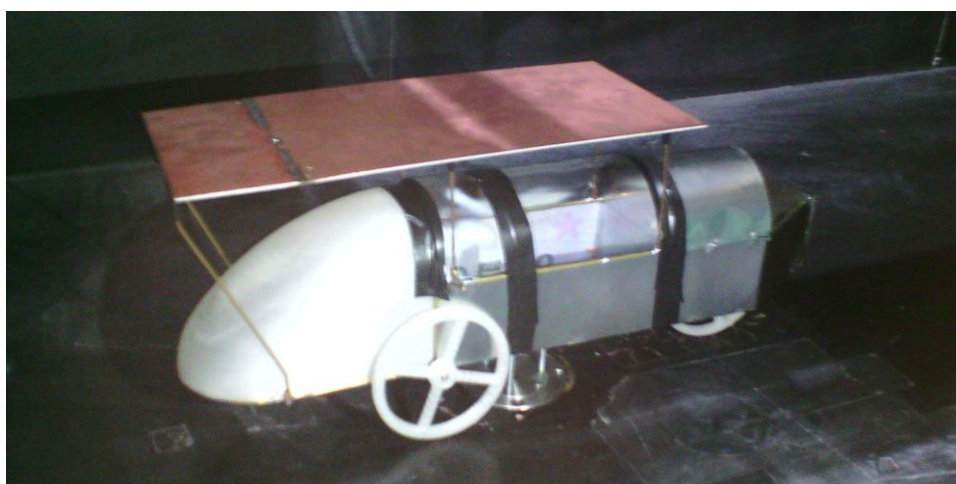


Figura 4: Maqueta a escala 1:5 del VEIR14 con el generador fotovoltaico instalado en su parte superior, en el túnel de viento de la Universidad de Málaga

Los resultados de este estudio han validado nuestra hipótesis, ya que para el vehículo sin generador obtuvimos un coeficiente aerodinámico 0,349 y el del vehículo con generador fue apreciablemente superior, llegando a 0,447.

3.4 Evaluación teórica de las prestaciones del VEIR14 con el generador fotovoltaico.

Para finalizar este estudio, se ha evaluado el comportamiento del VEIR14 con el generador incorporado en diferentes condiciones de funcionamiento.

En primer lugar se ha estimado la velocidad máxima a la que podría circular sin necesidad de realizar una recarga de la batería en la red eléctrica, en función de la irradiancia.

En segundo lugar, se ha calculado la autonomía del vehículo cuando circula a una velocidad constante igual al valor máximo permitido en ciudad (50 km/h), también en función de la irradiancia.

En tercer lugar, se ha realizado una comparación de las prestaciones del vehículo con respecto a otros vehículos eléctricos comerciales.

4. Resultados

4.1 Evaluación del panel fotovoltaico

Se ha realizado una prueba en el exterior para obtener las prestaciones del panel fotovoltaico nº 1 en condiciones reales de funcionamiento.

Para ello se ha utilizado una carga activa del fabricante AIM-TTI INSTRUMENTS, modelo LD300 que hemos usado para simular la batería, una célula calibrada de 5V del fabricante Atersa para medir radiación directa y la temperatura, una fuente de tensión para alimentar a la célula calibrada y dos multímetros del fabricante Multimetrix modelo DMM 120.

La figura 5 muestra el panel durante la prueba realizada.



Figura 5: Panel fotovoltaico nº 1 durante su evaluación

Puesto que se está evaluando uno de los paneles, que consta de 50 células, en lugar de las 105 células que tienen en total los dos paneles, no se puede conectar directamente a la batería. Para solventar este problema hemos utilizado la carga activa configurada a una tensión equivalente a los límites de tensión útil de la batería. Esto se ha hecho mediante una simple relación lineal:

- 22,85 V correspondiente a una tensión de batería de 48 V.
- 23,81 V correspondiente a una tensión de batería de 50 V.

La prueba se realizó a un valor de irradiancia de $1062,5 \text{ W/m}^2$ y a una temperatura ambiente de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. En estas condiciones se ha medido una intensidad en cortocircuito de $4,14 \text{ A}$ y una tensión en circuito abierto de $27,3 \text{ V}$.

La tabla 2 muestra los resultados obtenidos para las tensiones equivalentes de la batería y el punto de máxima potencia (MPP) del panel fotovoltaico (PF).

Tabla 2: Resultados de la evaluación del panel fotovoltaico nº1

Voltaje Carga activa (V)	Voltaje salida PF (V)	Intensidad salida PF(A)	Potencia PF (W)
22,84	22,84	3,77	86,11
23,81	23,81	3,54	84,29
23,15 (MPP)	23,15	3,75	86,81

En estos resultados se puede observar que el punto de máxima potencia se encuentra entre esos dos valores de tensión de la batería, lo cual es muy bueno porque en su mayor parte el uso se situará dentro de ese rango, no en los extremos ($48\text{-}50\text{V}$) ni en voltajes menores.

A partir de estos resultados, también se ha evaluado el rendimiento del panel en condiciones estándar, obteniéndose un valor del $13,54\%$.

También hemos calculado la potencia que tendría el generador completo, obteniendo un resultado de $182,30 \text{ W}$ en las mismas condiciones en que se ha realizado la prueba.

Para finalizar, hemos obtenido un parámetro fundamental a considerar en los generadores fotovoltaicos apropiados para su instalación en vehículos. Este parámetro es la potencia específica, que es igual a la potencia en condiciones estándar dividida por el peso del panel. Hemos comparado el valor de este parámetro con el de otros paneles fotovoltaicos comercializados en la actualidad, obteniendo unos resultados muy favorables para nuestro diseño. Estos resultados se muestran en la tabla 3.

Tabla 3: Comparación del panel nº1 con otros paneles comerciales

Modelo	Potencia (W)	Peso (kg)	Potencia específica (W/kg)
Panel nº1	89,89	3,3	27,24
Bosch M60 EU42117	260	21	12,38
BP 4175	175	15,4	11,36
Sunpower-333NE	333	18,6	17,90

4.2 Evaluación de las prestaciones del vehículo con el generador fotovoltaico integrado.

Se han realizado una serie de cálculos para obtener las prestaciones del vehículo en diferentes condiciones de funcionamiento. Las características del VEIR14 con el generador instalado son las siguientes:

- Peso total del vehículo junto con el generador fotovoltaico: 48 kg .
- Coeficiente de rodadura: $0,005$
- Coeficiente aerodinámico: $0,447$

- Área frontal: 0,3106 m².
- Peso estimado de un conductor mas equipaje: 80 kg.
- Potencia del generador fotovoltaico: 182,3 Wp
- Rendimiento medio del motor: 80%

Todos los cálculos se han realizado considerando que el vehículo se mueve a velocidad constante, por lo que no se ha tenido en cuenta la fuerza necesaria para acelerar al vehículo.

La figura 6 muestra la velocidad máxima a la que podría circular en función de la irradiancia utilizando únicamente la energía proporcionada por el panel fotovoltaico.

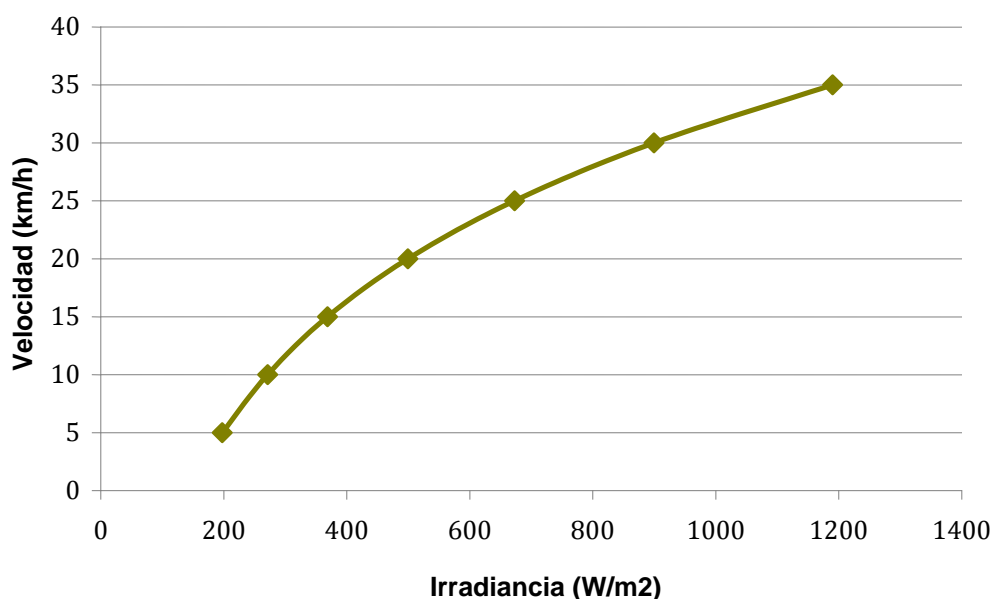


Figura 6: Velocidad a la que la podría circular el vehículo sin ser recargado en la red eléctrica, en función de la irradiancia

De esta gráfica se puede deducir que el vehículo puede ser totalmente autónomo circulando a una velocidad constante como máximo en torno a 35 km/h, en condiciones óptimas de irradiancia. Si se desea que el vehículo circule a una velocidad constante superior, su batería debe ser recargada en la red eléctrica porque el panel fotovoltaico no generaría la energía suficiente.

En la figura 7 se representa la distancia que recorrería el vehículo a una velocidad constante de 50 km/h por cada kWh recargado de la red eléctrica.

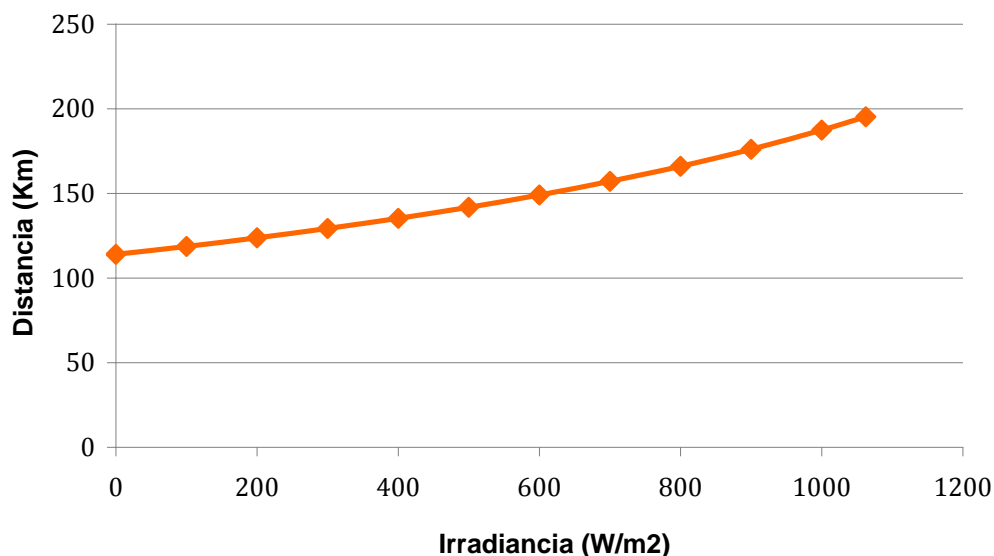


Figura 7: Distancia recorrida por el vehículo por cada kWh de energía recargada en la red eléctrica cuando circula a 50 km/h, en función de la irradiancia

Para finalizar, se ha realizado una simulación de la distancia por cada kWh de energía que recorrerían dos vehículos comerciales, el iMIEV de Mitsubishi y el Leaf de Nissan, suponiendo que llevan un peso útil de 100 kg (1,2 personas de 80 kg más un equipaje de 4 kg) y se ha comparado con los resultados obtenidos para el VEIR14 con el generador fotovoltaico y un peso útil de 84 kg (una persona más equipaje de 4 kg). Los resultados se muestran en la tabla 4.

Tabla 4: Distancia recorrida por kWh de energía recargada de la red

Irradiancia (W/m ²)	VEIR14 + PF (km)	Leaf (km)	i-MiEV (km)
1062,5	195,23	10,11	11,93
1000	187,38	10,11	11,93
800	166,03	10,11	11,93
600	149,05	10,11	11,93
400	135,22	10,11	11,93
200	123,73	10,11	11,93
0	114,05	10,11	11,93

Estos resultados muestran que, aún en condiciones de irradiancia nula, la autonomía del vehículo propuesto en este artículo es como mínimo diez veces superior a la de los vehículos eléctricos disponibles actualmente en el mercado.

5. Conclusiones y líneas futuras de investigación

En este artículo se ha diseñado y fabricado un generador fotovoltaico específico para un vehículo eléctrico ultraligero y se ha evaluado su funcionamiento en su aplicación para la movilidad urbana. De los resultados podemos obtener las siguientes conclusiones:

Con este tipo de vehículo se puede obtener una autonomía ilimitada circulando a velocidades hasta 35 km/h, en condiciones óptimas de irradiación.

Para velocidades superiores, es necesario recargar el vehículo, pero la autonomía sigue siendo muy alta, que puede llegar a los 200 km para una velocidad constante de 50 km/h.

Incluso en ausencia de irradiación, la autonomía obtenida es diez veces superior a la de los vehículos eléctricos comercializados en la actualidad.

Como línea futura de investigación, proponemos la evaluación de las prestaciones del vehículo en un entorno real de circulación.

Referencias

- Arena, (2013); Arena, M.; Cheli, F.; Zaninelli, D.; Capasso, A.; Lamedica, R.; Piccolo, A., "Smart mobility for sustainability," AEIT Annual Conference, 2013 , vol., no., pp.1,6, 3-5 Oct. 2013. doi: 10.1109/AEIT.2013.6666811
- Bertoluzzo, (2008); Bertoluzzo, M.; Buja, G.; Cossaltcr, V.; Doria, A.; Mazzaro, D., "Electric tilting 3-wheel vehicle for a sustainable urban mobility," Advanced Motion Control, 2008. AMC '08. 10th IEEE International Workshop on , vol., no., pp.757,762, 26-28 March 2008; doi: 10.1109/AMC.2008.4516162
- Castañer, (2002); Castañer L., Silvestre, S. "Modelling photovoltaic systems using PSpice London: John Wiley & Sons, cop.2002
- Concari, (2008); Concari, C.; Franceschini, G.; Toscani, A., "Hybrid-Electric Vehicles for advanced urban mobility: a New Proposal," Electrical Machines, 2008. ICEM 2008. 18th International Conference on , vol., no., pp.1,5, 6-9 Sept. 2008; doi: 10.1109/ICELMACH.2008.4800167
- IDAE, (2006); IDAE, "Guía práctica para la elaboración e implantación de Planes de Movilidad Urbana Sostenible"; http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10251_Guia_PMUS_06_2735e0c1.pdf
- IDAE, (2015); IDAE; Consumo de carburante y emisiones de CO2, <http://coches.idae.es/portal/Consumo.aspx>
- Liu, (2013); Zhipeng Liu; Fushuan Wen; Ledwich, G., "Optimal Planning of Electric-Vehicle Charging Stations in Distribution Systems," Power Delivery, IEEE Transactions on , vol.28, no.1, pp.102,110, Jan. 2013; doi: 10.1109/TPWRD.2012.2223489
- Longo, (2014) Longo, M.; Roscia, M., "Sustainable transportation application for smart mobility," Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion (SPEEDAM), 2014 International Symposium on , vol., no., pp.1054,1059, 18-20 June 2014; doi: 10.1109/SPEEDAM.2014.6872112
- MAGRAMA, (2015); Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente; "Movilidad Sostenible desde el hogar", http://www.magrama.gob.es/es/ceneam/programas-de-educacion-ambiental/hogares-verdes/movilidad-sostenible-2014_tcm7-13500.pdf
- Sanz, (2014); Sanz, A. Vega, P. y Mateos, M. (2014). Las cuentas ecológicas del transporte en España, http://www.ecologistasenaccion.org/IMG/pdf/info_cuentas-ecologicas.pdf
- Solero, (2001); Solero, L.; Honorati, O.; Caricchi, F.; Crescimbin, F., "Nonconventional three-wheel electric vehicle for urban mobility," Vehicular Technology, IEEE Transactions on , vol.50, no.4, pp.1085,1091, Jul 2001 doi: 10.1109/25.938582
- SRRM, (2014); <http://www.murciasolarrace.es/>
- UE, (2014); Unión Europea, "Comprender las políticas de la Unión Europea: Acción por el clima", http://europa.eu/pol/pdf/flipbook/es/climate_action_es.pdf
- Van den Bossche, (2010); A. Van Den Bossche, "Towards Low Energy Mobility Using Light and Ultralight Electric Vehicles", First International Conference On Electromechanical Engineering, At Skikda Algeria. DOI: 10.13140/2.1.2154.7846
- Zem2all, (2015); <https://vms.zem2all.com/des/html/#/menu/top.html>

Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado en parte bajo el amparo del Campus Internacional de Excelencia Andalucía TECH y en el marco del proyecto denominado “Desarrollo de Vehículos Eléctricos de Competición: Una experiencia de Educación interdisciplinaria basada en proyectos en el ámbito de la Ingeniería”, con código PIE13_012, perteneciente a la convocatoria 2013-2015 de Proyectos de Innovación Educativa de la Universidad de Málaga

Correspondencia

Nombre y Apellido: Marina Gil Sánchez

Teléfono: +34 653342452

E-mail: mgs.marina@gmail.com

Cesión de derechos

Por la presente, y como autor del trabajo mencionado arriba, cedo al Palacio de Ferias y Congresos de Málaga una licencia no-exclusiva irrevocable para imprimir, reproducir, distribuir, transmitir o comunicar de cualquier manera dicho trabajo, incluyendo el derecho de hacer modificaciones de formato. Además, afirmo que esta cesión no lesiona los derechos de terceros.