

## **CARGADOR DOMÉSTICO DE VEHÍCULOS GESTIONABLE POR APLICACIÓN MOVIL**

Joaquín Cañada-Bago

Pedro Pérez-Higueras

José Ángel Fernández-Prieto

J. Fernández Carrasco

*Universidad de Jaén*

### **Resumen**

*En los últimos años, los vehículos eléctricos (VE) se están posicionando como una tecnología capaz de reducir sustancialmente el consumo de gasolina y las emisiones de CO<sub>2</sub> mediante el uso de electricidad producida a partir de tecnologías de baja emisión. Además, los VE pueden ayudar a descongestionar la red eléctrica y optimizar los recursos disponibles. Por otro lado, el precio de los VE va reduciéndose y mejorando su autonomía y prestaciones. Por lo tanto, se puede pronosticar un aumento sustancial del uso de VE en los próximos años.*

*El desarrollo futuro del vehículo eléctrico implicará el uso de un gran número y tipo de cargadores. Uno de los cargadores demandados es el doméstico, el cual, presentan características diferentes de los cargadores públicos.*

*Actualmente los cargadores domésticos son caros o tienen unas funciones tan básicas que apenas cumplen las normas actuales. Además, debido a su arquitectura, difícilmente se pueden adaptar a las futuras normativas y a las necesidades y/o gustos de los potenciales clientes*

*El cargador de vehículo eléctrico que se presenta en este trabajo, está concebido mediante una nueva arquitectura electrónica basada en microprocesadores de bajo costo y código abierto que permite dotar fácilmente al cargador de nuevas funciones y adaptarse a los cambios futuros forzados por el desarrollo de nuevas normativas, así como, por los gustos de los usuarios y los avances tecnológicos. Además de esta capacidad de adaptación tiene como ventaja su bajo costo y que puede ser gestionado mediante una aplicación diseñada para dispositivos smartphohe.*

*El cargador desarrollado implementa el modo de carga 3 (Norma UNE 61851), es decir, establece una conexión directa del vehículo eléctrico a la red de alimentación de corriente alterna usando un sistema dedicado con función de control piloto y conectado permanente y de forma fija a la instalación de alimentación eléctrica de la vivienda.*

## Abstract

*In recent years, electric vehicles (EVs) are being positioned as a low-emission technology. This technology can reduce fuel consumption and CO2 emissions. In addition, the EVs can help to manage the grid and optimize available resources. On the other hand, the price of EVs is been reducing and its range and performance are improving. Therefore, it is easy to forecast a substantial increase in the use of EVs during next years.*

*The future development of EVs involves the use of a large number and types of chargers. The home charger will be used widely. This charger has different characteristics of public chargers.*

*Currently, home chargers are expensive and only have basic functions. Furthermore, due to its architecture, it will be difficult to adapt to future standards and the needs and / or likes of customer*

*The home charger presented in this paper is designed using a new electronic architecture based on low-cost microprocessors and open source. This charger can add new features and can suit: the future standard, the likes of the users and the technological advances. In addition, this domestic charger is low-cost and manageable by smartphone apps.*

*The charger implements load 3 mode (UNE 61851), therefore, the charger is fixed and it is permanently connected to home electric grid. The charger uses the pilot function to communicate with the EVs*

**Palabras clave:** *Cargador vehículos eléctricos, aplicación móvil*

**Área temática:** *Actuaciones sostenibles del espacio urbano.*

## 1. Introducción

En los últimos años, el consumo desmedido de combustibles fósiles ha aumentado la contaminación del medio ambiente y ha disminuido la seguridad del suministro energético a escala global. El sector del transporte es uno de los contribuidores más grandes y de más rápido crecimiento en la demanda de energía y en las emisiones de gases de efecto invernadero (IEA, 2010). Así, este sector está muy condicionado por las constantes subidas de precios del petróleo y las cada vez más exigentes regulaciones de misiones de gases contaminantes. Por lo tanto, el tema de los combustibles alternativos para satisfacer la futura demanda de energía del sector transporte ha ganado mucha atención en el debate político y en el marco de la investigación y la industria automovilística.

Uno de los combustibles alternativos para el sector del transporte es la electricidad, ya que presenta las siguientes ventajas (Asín, 2010):

- La electricidad se produce localmente y de diversas fuentes
- Los precios de la electricidad presentan mayor estabilidad
- El sector eléctrico tiene suficiente capacidad sobrante

- La infraestructura principal ya existe
- Los kilómetros eléctricos son más económicos que los del petróleo
- Los kilómetros eléctricos son más limpios que los del petróleo

Así, los vehículos eléctricos (VE) se están posicionando como una tecnología capaz de reducir sustancialmente el consumo de gasolina y las emisiones de CO<sub>2</sub> mediante el uso de electricidad producida a partir de tecnologías de baja emisión (Yabe et al, 2012) (Juul, Meibon, 2011) (Zhang et al, 2013) (Hedegaard et al, 2012) ya que si la electricidad para cargar los VE se produce a partir de fuentes altamente contaminantes o de alto costo, las ventajas ambientales y económicas de los vehículos eléctricos se reducen considerablemente. Por lo tanto, el desarrollo de los VE se debe considerar junto con el sistema de generación de electricidad, porque el costo de generación y las emisiones de CO<sub>2</sub> dependen del mix de generación eléctrica. Además, el rendimiento económico y medioambiental de los vehículos eléctricos también depende en gran medida la estrategia de carga. Lógicamente favoreciendo la carga de los VE fuera de horas punta se descongestiona la red eléctrica y se optimizan los recursos disponibles. Por lo tanto, se puede anticipar que el desarrollo del VE estará condicionado y se realizará en paralelo al desarrollo de los sistemas de carga de los mismos.

## 2. Términos y definiciones

Los términos y las definiciones de los modos de carga están basados en la norma UNE 61851 “Sistema conductivo de carga para vehículos eléctricos”:

- **Vehículo eléctrico (VE):** Vehículo cuya energía de propulsión procede, total o parcialmente, de la electricidad de sus baterías, cargadas a través de la red eléctrica.
- **Infraestructura de recarga de vehículos eléctricos (ICVE):** Conjunto de dispositivos físicos y lógicos, destinados a la recarga de vehículos eléctricos que cumplan los requisitos de seguridad y disponibilidad previstos para cada caso, con capacidad para prestar servicio de recarga de forma completa e integral. Un ICVE incluye las estaciones de recarga, el sistema de control, los cuadros eléctricos de mando y protección y los equipos de medida, cuando éstos sean exclusivos para la recarga del vehículo eléctrico.
- **Estación de carga:** Conjunto de elementos necesarios para efectuar la conexión del VE a la instalación eléctrica fija necesaria para su recarga. Las estaciones de carga se clasifican como:
  - **Punto de carga,** compuesto por las protecciones necesarias, una o varias bases de toma de corriente o conjuntos cable-conector y, en su caso, la envolvente.
  - **Sistema de alimentación específico del vehículo eléctrico (SAVE)** o conjunto de equipos montados con el fin de suministrar energía eléctrica para la recarga de un VE, incluyendo protecciones de la estación de carga, el cable de conexión, (con conductores de fase, neutro y protección) y la base de toma de corriente o el conector. Este sistema permitirá en su caso la comunicación entre el VE y la instalación

fija. En el modo de carga 4 el SAVE incluye también un convertidor alterna- continua.

- **Estación de movilidad eléctrica:** Infraestructura de recarga que cuenta con, al menos, 2 estaciones de carga, que permitan la recarga simultánea de vehículos con categoría hasta M1 (Vehículos de ocho plazas como máximo -excluida la del conductor- diseñados y fabricados para el transporte de pasajeros) y N1 (Vehículos cuya masa máxima no supere las 3,5 toneladas diseñados y fabricados para el transporte de mercancías), según la Directiva 2007/46/CE. Ha de posibilitar la recarga en corriente alterna (monofásica y trifásica) y en corriente continua.
- **Punto de conexión:** Punto en el que el vehículo eléctrico se conecta a la instalación eléctrica fija necesaria para su recarga, ya sea a una toma de corriente o a un conector.
- **Modo de carga 1:** Conexión del vehículo eléctrico a la red de alimentación de corriente alterna mediante tomas de corriente normalizadas, con una intensidad no superior a los 16A y tensión asignada en el lado de la alimentación no superior a 250V de corriente alterna en monofásico o 480V de corriente alterna en trifásico y utilizando los conductores activos y de protección.
- **Modo de carga 2:** Conexión del vehículo eléctrico a la red de alimentación de corriente alterna no excediendo de 32A y 250V en corriente alterna monofásico o 480V en trifásico, utilizando tomas de corriente normalizadas monofásicas o trifásicas y usando los conductores activos y de protección junto con una función piloto de control y un sistema de protección para las personas, contra el choque eléctrico, entre el vehículo eléctrico y la clavija o como parte de la caja de control situada en el cable.
- **Modo de carga 3:** Conexión directa del vehículo eléctrico a la red de alimentación de corriente alterna usando un SAVE dedicado, dónde la función de control piloto se amplía al sistema de control del SAVE, estando éste conectado permanentemente a la instalación de alimentación fija.
- **Modo de carga 4:** Conexión indirecta del vehículo eléctrico a la red de alimentación de corriente alterna usando un SAVE dedicado que incorpora un cargador externo en el que la función de control piloto se extiende al equipo conectado permanentemente a la instalación de alimentación fija.

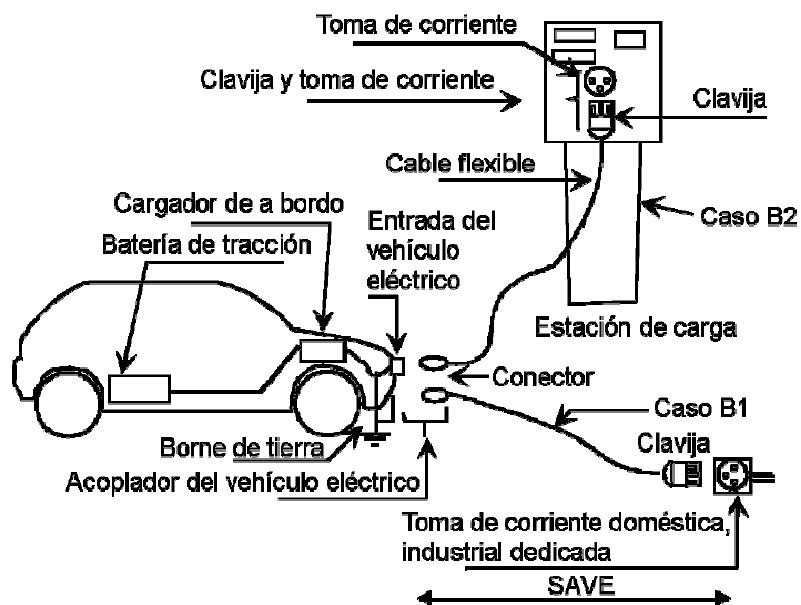


Figura 1. Conexión de un VE a la red eléctrica.

### 3. Mercado

En España, actualmente a unos mil puntos de carga y se pretenden instalar unos 100.000 puntos públicos de recarga para abastecer los 2,5 millones de VE que el Plan de Acción Nacional de las Energías Renovables 2011-2020 (PANER) estima que circularán en 2020.

A nivel europeo, la infraestructura de recarga en 2011 contaba con 11.749 puntos. Alemania con 1.937, Holanda con 1.700 y Francia con 1.600, son los países más dotados. En torno a los 1.350 están España, Italia y Portugal. La U.E. obligará a alcanzar los 800.000 puntos públicos de recarga en 2020.

Para alcanzar los objetivos propuestos, se puede mencionar que casi todos los países de la OCDE están implementando políticas de apoyo al vehículo eléctrico, con el objetivo de contribuir a la mejora de la eficiencia energética y la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> y de contaminantes en las ciudades, al tiempo que se reduce la dependencia del petróleo y se favorece la utilización de fuentes de energía renovables. En particular, en el Libro Blanco sobre Transporte 2050 de la Unión Europea (UE, 2011) se establece que no habrá coches de combustión en el centro de las ciudades para 2050, con el objetivo intermedio de que en 2030 la mitad de los vehículos sean eléctricos. En cuanto a los vehículos eléctricos, se propone que cada Estado cuente con un mínimo de puntos de recarga con el objetivo de crear una masa crítica de puntos de recarga para que las empresas produzcan masivamente los coches a precios razonables.

En España se han propuesto varios planes y programas para alcanzar estos objetivos. El Plan Integral de Automoción, compuesto por el Plan de Competitividad, dotado con 800 millones de euros, el Plan VIVE II y la apuesta por el vehículo híbrido eléctrico, con el objetivo de que en los próximos años circulen por las carreteras españolas un millón de

coches eléctricos. Por otro lado, la Ley 19/2009, de 23 de noviembre, de medidas de la eficiencia energética de los edificios, que regula la instalación de puntos de recarga en edificios.

Dentro del Plan Avanza, Subprograma Avanza Competitividad (I+D+I), para la realización de proyectos y actuaciones de investigación, desarrollo e innovación, se recoge la finalidad de contribuir a la consecución, dentro de las TIC verdes, de aplicaciones y sistemas para el vehículo eléctrico.

El Real Decreto-ley 6/2010, de 9 de abril, de medidas para el impulso de la recuperación económica y el empleo, contempla en el capítulo V, en el ámbito del sector energético, medidas que tienen como objetivo crear las condiciones para impulsar nuevas actividades, muy relevantes para la modernización del sector, como son las empresas de servicios energéticos y el vehículo eléctrico, que por su papel dinamizador de la demanda interna y, en definitiva, de la recuperación económica.

A través del artículo 23, se incluye en el marco normativo del sector eléctrico un nuevo agente del sector, los gestores de cargas del sistema, que prestarán servicios de recarga de electricidad, necesarios para un rápido desarrollo del vehículo eléctrico como elemento que aúna de nuevo, las características de nuevo sector en crecimiento y de instrumento de ahorro y eficiencia energética y medioambiental. Y además, el Gobierno ha presentado la Estrategia Integral para el Impulso del Vehículo Eléctrico, con el horizonte 2014, y el Plan de Acción 2010-2012. En dicho plan de acción y el Plan integral del impulso del vehículo eléctrico.

Lo estudios y previsiones de mercado anteriores, no están referidos a puntos de recarga domésticos, sino que se refieren a puntos de recarga públicos o a puntos de recarga sin especificar el tipo.

En definitiva, no existen estudios donde se hagan previsiones de forma específica para la evolución del mercado de los puntos de recarga domésticos. Sin embargo, es fácil deducir, que al menos deberá existir un punto de recarga doméstico por vehículo eléctrico.

A partir de esta premisa y considerando un escenario donde se considera un crecimiento anual de VE sea de un 30%, implicaría que estarían circulando en España unos 500.000 VE en el año 2020 (Figura 2).

Este escenario considerado es más conservador que el previsto por el Plan de Acción Nacional de las Energías Renovables 2011-2020 (PANER) que estima que en España circularán 2,5 millones de VE en 2020.

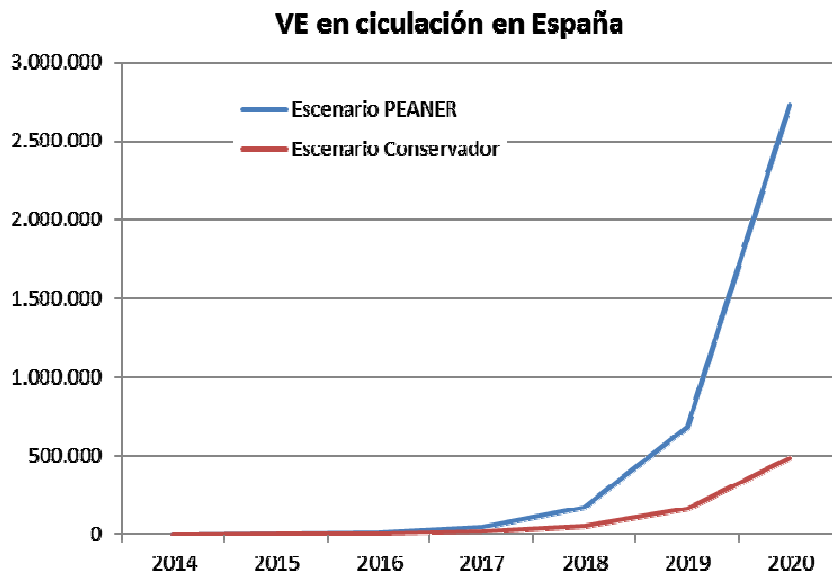


Figura 2. Evolución prevista del mercado de VE en España

Respecto del mercado europeo se pueden realizar los mismos comentarios que para el Español, y si se supone el mismo crecimiento anual (30%) se puede estimar que en un escenario conservador para el año 2020 pueden estar circulando en Europa más de 16 millones VE (Figura 3).

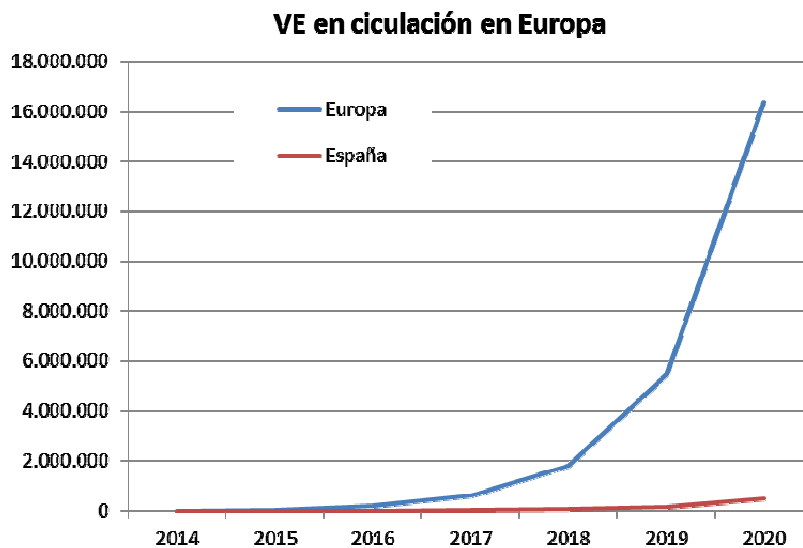
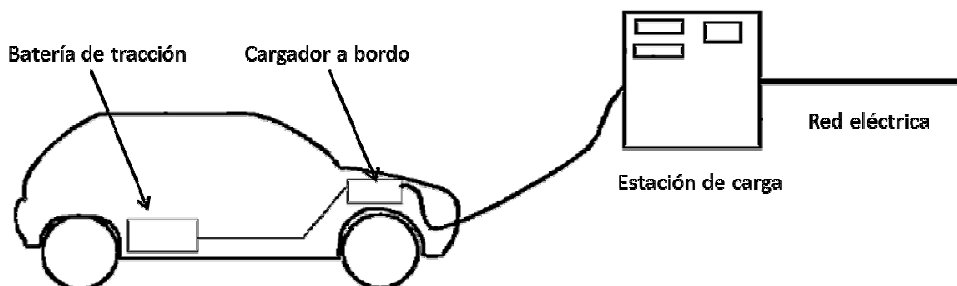


Figura 3. Evolución prevista del mercado de VE en Europa

#### 4. Descripción del cargador desarrollado

Los Vehículos eléctricos (VE) o Vehículo cuya energía de propulsión procede, total o parcialmente, de la electricidad de sus baterías de tracción, necesitan realizar la recarga de las mismas cada cierto tiempo en función del uso del vehículo.

La recarga de las baterías del vehículo eléctrico se puede realizar mediante diferentes tipos de sistemas. El cargador desarrollado realiza la recarga mediante una estación (Cargador) que conecta el VE a la red eléctrica convencional. En este caso es el VE el que dispone a bordo de un equipo de gestión de carga de las baterías, así como de las baterías de tracción.



**Figura 4. Sistema de recarga**

Cargadores de este tipo son los que emplean los modelos actuales de VE de las principales empresas automovilísticas.

En nuestro caso, la estación de carga (cargador) es un equipo montado con el fin de suministrar energía eléctrica para la recarga de un VE, incluyendo protecciones de la estación de carga, el cable de conexión, (con conductores de fase, neutro y protección) y la base de toma de corriente o el conector. El cargador implementa el modo de carga 3 (Norma UNE 61851), es decir, establece una conexión directa del vehículo eléctrico a la red de alimentación de corriente alterna usando un sistema dedicado con función de control piloto y conectado permanentemente y de forma fija a la instalación de alimentación eléctrica de la vivienda.

Así, el cargador desarrollado es un punto de carga doméstico<sup>1</sup> para vehículos eléctricos de bajo costo que cumple todas las normativas internacionales y con altas prestaciones, cuyas características principales son:

- ✓ Basado en arquitecturas abiertas de microcontrolador (bajo costo)
- ✓ Gestión a través de teléfonos inteligentes
- ✓ Sistema de medida de energía cargada
- ✓ Conector tipo 2 y Modo de carga 3 conforme a IEC 61851 con bloqueo del conector y función piloto de comunicación con el vehículo de hasta 32 A.
- ✓ Seguridad: Autodiagnóstico del punto de carga, Elementos de protección y bloqueo.
- ✓ Gestión de recarga: Opción de carga (lenta/semirápida 16A/32A) dependiendo de la potencia instalada en el domicilio y del tipo de vehículo eléctrico.

<sup>1</sup> NOTA: El cargador desarrollado es de uso doméstico, por lo tanto no dispondrá de sistemas de pago (tarjeta de crédito, monedero, etc.) ni de sistemas anti-vandálicos (aunque pueden ser fácilmente incorporados en el mismo)

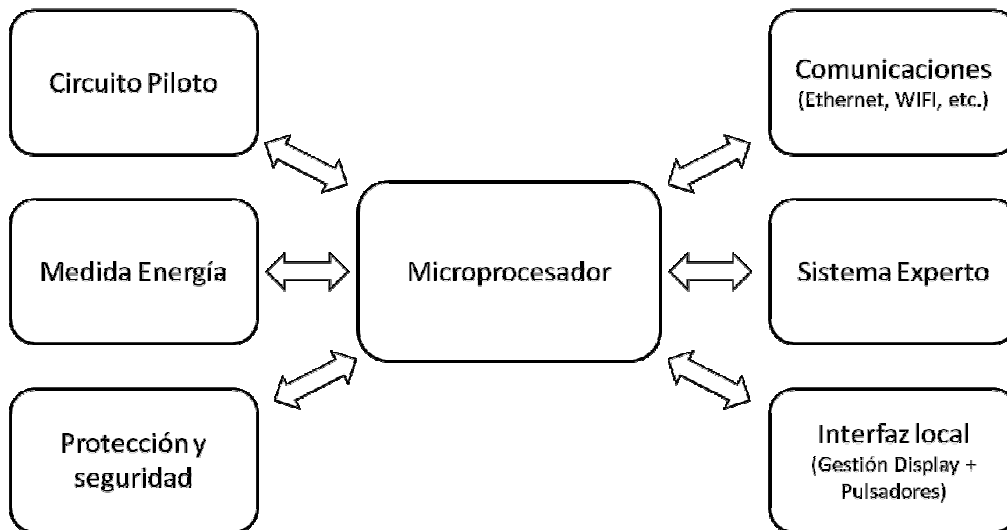


- ✓ Intercambio de datos: Dotado de interface de comunicación para implementar la norma en desarrollo del International Electrotechnical Commission para smartgrid.
- ✓ Normativa : IEC 61851, IEC 62196
- ✓ Realiza la carga para 100 Km en cuatro horas si se conecta el cargador a una toma de corriente de 16 A (El enchufes típico en las casas) y en solo dos horas si se conecta el cargador a una toma de corriente de 32 A (Enchufes como el que usa el horno eléctrico de los que encontramos en las cocina de nuestra casa)

**Tabla 1. Tiempos aproximados de carga**

Km	16 A	32 A
50	2 h	1 h
100	4 h	2 h
150	6 h	3 h
190	8 h	4 h

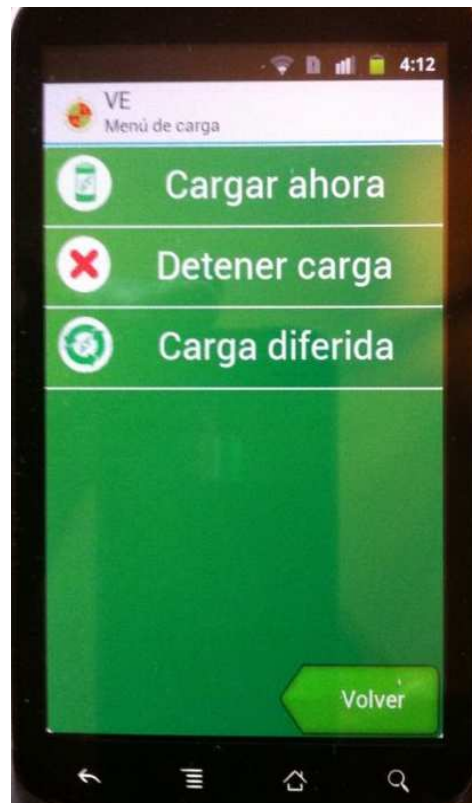
suponiendo un consumo medio de 12 kWh/100Km



**Figura 5. Diagrama de bloques del cargador**



Figura 6. Foto actual del prototipo desarrollado del cargador



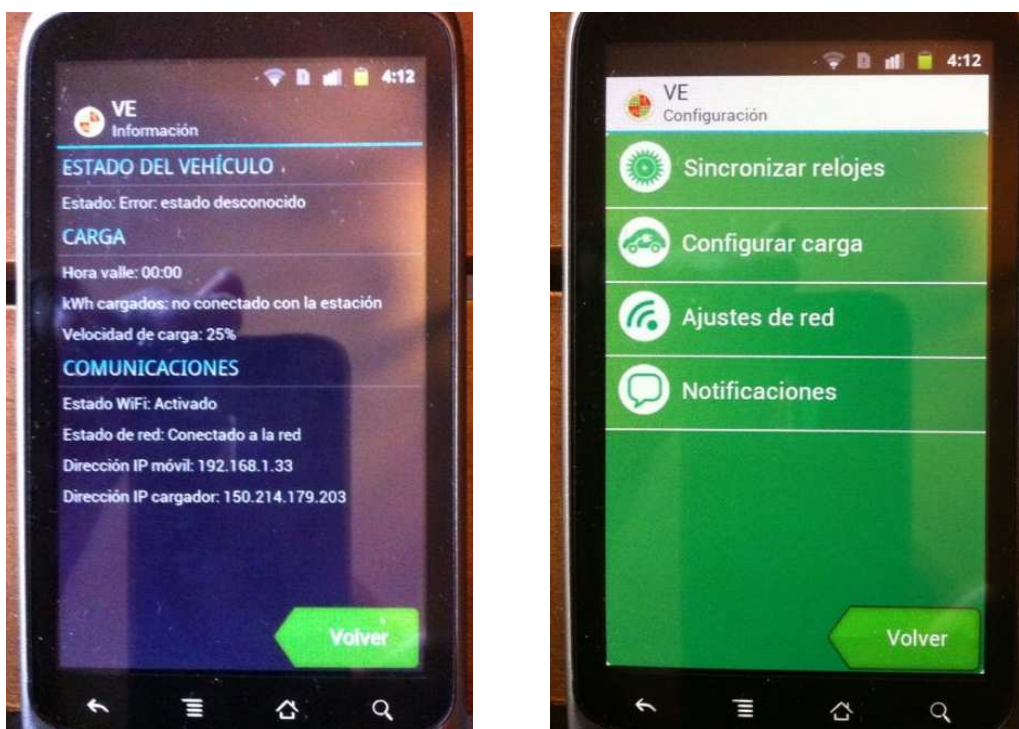


Figura 7. Ejemplo de pantallas de la aplicación desarrollada para la gestión del cargador mediante smartphone

## 5. Conclusiones

Actualmente existe un grupo reducido de empresas dedicadas al desarrollo de cargadores. La mayoría de estas empresas centra sus productos en los cargadores públicos. Este tipo de cargadores presenta otras necesidades y características diferentes de los cargadores

El cargador de vehículo eléctrico desarrollado está concebido mediante una nueva arquitectura electrónica basada en microprocesadores de bajo costo y código abierto que permite dotar fácilmente al cargado de nuevas funciones y adaptarse a los cambios futuros forzados por el desarrollo de nuevas normativas, así como, por los gustos de los usuarios y los avances tecnológicos. Además de esta capacidad de adaptación tiene como ventaja su bajo costo y que puede ser gestionado mediante un dispositivo móvil (smartphone)

## 6. Referencias

Asín Muñoz, J. "Ingeteam - Infraestructuras para la recarga de vehículos eléctricos". Planetario de Pamplona, 19 de Noviembre 2010.

IEA International Energy Agency, "CO2 emissions from fuel combustion", Paris, France, 2010.

Juul N, Meibom P. "Optimal configuration of an integrated power and transport system. Energy 36(5) 2011.

CE Comisión Europea: Libro Blanco "Hoja de ruta hacia un espacio único europeo de transporte: por una política de transportes competitiva y sostenible", 2011.

Yabe K, Shinoda Y, Seki T, Tanaka H, Akisawa A. "Market penetration speed and effects on CO2 reduction of electric vehicles and plug-in hybrid electric vehicles in Japan", Energy Policy, 2012.

Zhang Q, et al., "A methodology for economic and environmental analysis of electric vehicles with different operational conditions", Energy, 2013.

### **Correspondencia** (Para más información contacte con):

Nombre y Apellido: Joaquín Cañada Bago

Teléfono: + 953 212813

E-mail: jcbago@ujaen.es