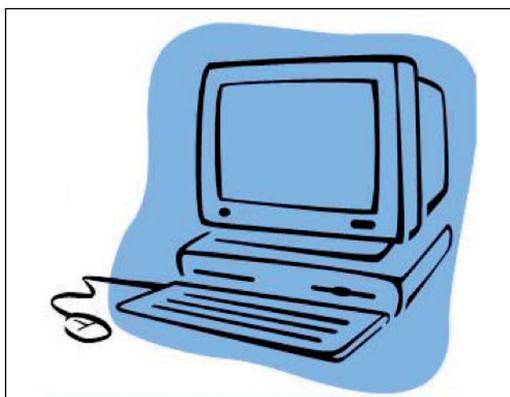


# Sistema inteligente de recarga de vehículos eléctricos: diseño y operación



Javier Sedano \*  
Miguel Portal \*  
Alejandro Hernández-Arauzo \*\*  
José Ramón Villar\*\*  
Jorge Puente \*\*  
Ramiro Varela\*\*

Dr. Ingeniero  
Ingeniero de Organización Industrial  
Ingeniero en Informática  
Dr. Ingeniero  
Dr. Ingeniero  
Dr. En Informática

\* INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CASTILLA Y LEÓN (ITCL). P.I. Villalonquénar.  
C/López Bravo, 70 – 09001 Burgos. Tfno: +34 947 298471. javier.sedano@itcl.es  
\*\* UNIVERSIDAD DE OVIEDO. Dpto. de Informática. Edificio departamental 1,  
Campus de Viesques, s/n - 33204 Gijón. Tfno: +34 985 182451

Recibido: 11/03/2013 • Aceptado: 07/10/2013

DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/5788>

## INTELLIGENT SYSTEM FOR ELECTRIC VEHICLE CHARGING: DESIGN AND OPERATION

### ABSTRACT

- The achievement of sustainable transport systems by means of sustainable vehicles that use alternative fuels, such as electrical vehicles, entails the necessity of designing and developing a suitable infrastructure, capable of providing charging services for those vehicles. This infrastructure will require management and will also open up a new range of services and new business opportunities. This paper presents an innovative and comprehensive Soft Computing system that enables charging electrical vehicles in parking areas and collective garages and that features charge Scheduling and users' usage and charge pattern recognition by means of sets of rules and reasoning systems. Experimentation and testing were based on charging actual electrical vehicles in several charging modes.
- **Keywords:** electronics design, recharge in electric vehicle, charging stations, Job Scheduling, case base reasoning, computer applications, power distribution.

### RESUMEN

El Transporte sostenible, mediante el uso de vehículos sostenibles con combustibles alternativos como el vehículo eléctrico, conlleva la necesidad del diseño e implementación de una adecuada infraestructura para dar servicios de recarga a estos vehículos. Infraestructura que será necesaria gestionar y que desarrollará un catálogo de nuevos servicios y nuevas opciones de negocio. En este artículo se presenta un sistema novedoso y completo Soft Computing que permite las recargas en aparcamientos y garajes colectivos, incluyendo la planificación de las recargas y la incorporación de reglas y sistemas de razonamiento para reconocer patrones de uso y de carga en los usuarios. La experimentación se ha realizado sobre vehículos eléctricos reales sometidos a diferentes modos de carga.

**Palabras clave:** diseño electrónico, recarga de vehículo eléctrico, estaciones y planificadores de recarga, sistemas de razonamiento basados en

casos, aplicaciones informáticas, distribución de energía.

### 1. INTRODUCCIÓN

El “Libro blanco del transporte 2011” recoge la hoja de ruta hacia un espacio único europeo de transporte, basado en un sistema de transporte competitivo y eficiente de los recursos (Libro Blanco del transporte 2011). La nueva estrategia 20-20-20 (Comisión europea: Europa 2020), promueve la adopción y aplicación de las medidas necesarias para conseguir los objetivos de la UE. El transporte sostenible, mediante el uso de vehículos con combustibles alternativos como el vehículo o moto eléctrica (VE), forma parte de las estrategias de movilidad que los diferentes gobiernos están poniendo en práctica. Sin embargo, el uso del VE y su potencial de desarrollo supone la necesidad del diseño e implementación de una adecuada infraestructura necesaria para dar servicios de recarga a es-

tos vehículos. La recarga se puede producir de varias formas y en diversos entornos. Cabe destacar la idoneidad de los aparcamientos y garajes colectivos para dicha recarga que presentan especial complejidad, debido a la cantidad de consumidores, las demandas y las necesidades de carga en tiempo y cantidad, la ocupación, las llegadas de los vehículos, la potencia contratada en la instalación, la existencia de un gestor de carga, etc. frente a otros potenciales lugares, como viviendas individuales. En la literatura encontramos algunos ejemplos de soluciones sobre estacionamientos de VE, así en (Timpner et al. 2012) se ofrece una solución mediante el concepto de aparcamiento y de carga basado en la aceptación mediante el confort, en (Tan Ma et al. 2012) se propone un estacionamiento inteligente que consiste en un controlador que usa paneles fotovoltaicos como energía, para limitar los impactos de los VE en la red de suministro eléctrico y reducir el costo de carga. En (Gan et al. 2007) los autores consideran un escenario en el que  $N$  vehículos eléctricos deben ser cargados a lo largo de  $T$  unidades de tiempo de forma que se satisfagan restricciones de tipo “*due date*”. En (Gan et al. 2011), se propone el algoritmo ODC (*optimal decentralized charging*) para resolver el problema de recarga. En (Hutson 2008) los autores consideran el caso en el que las baterías pueden tomar energía de la red, o bien proporcionar energía a la red cuando están estacionados, lo que se conoce como V2G (*vehicle to grid*) donde se propone un algoritmo basado en la metaheurística PSO (*Particle Swarm Optimization*). En (Qin et al. 2011) se propone un modelo para una red de carreteras a gran escala en la cual se disponen un conjunto de estaciones de recarga en algunas entradas y salidas de la red. En (Wu et al. 2012) se propone un marco de trabajo en el que varios agentes (*aggregators*) coordinan y controlan las recargas de una serie de vehículos eléctricos y finalmente en (Lopes et al. 2009) se evalúan varias estrategias de recarga utilizando un cargador trifásico.

Este artículo presenta una solución novedosa dirigida a satisfacer las restricciones de carga de VE en garajes y grandes aparcamientos, mediante la incorporación de soluciones de *Soft Computing* en la infraestructura de recarga, tratando de resolver los problemas que a priori se plantean en un proceso de recarga de vehículo eléctrico, dentro de un entorno de grandes garajes y aparcamientos colectivos de forma que se pueda adaptar la energía disponible, a los consumidores que quieran cargar los vehículos, armonizando las potencias de contratación y la planificación de las recargas que utilizan como límites estrictos la potencia y el balanceo entre fases. Además, la incorporación de reglas y sistemas de razonamiento basados en casos que reconozcan patrones de uso y de carga en los usuarios de VE, para determinar las necesidades de energía en éstos, permitirá al sistema planificar en base a la experiencia de las recargas realizadas.

El artículo se organiza de la manera siguiente. La sección 2 introduce la normativa. La sección 3 presenta la solución propuesta. La sección 4 desarrolla las partes que componen el dispositivo electrónico. La sección 5 muestra la aplicación de distribución de energía y reconocimiento de patrones. La

sección 6 describe el experimento y finalmente, las conclusiones junto con los trabajos futuros son comentadas en la sección 7.

## 2. NORMATIVA

El proceso de carga de las baterías en un VE lleva asociada una normativa nacional, europea e internacional compleja, donde se definen las funciones, los modos de carga, así como las tensiones y corrientes en éstas (UNE-EN 61851-1), las características de la instalación (ITC-BT-52) -pendiente de aprobación-, los conectores y las clavijas (UNE-EN 62196-1), (IEC 62196-2) y finalmente, los demás elementos de la infraestructura de recarga (UNE-EN 61851-1), etc.

La norma UNE-EN 61851-1 establece los requisitos generales para los sistemas conductivos de carga en VE, así como prescribe las funciones que se deben cumplir en cada modo de carga. Así, para los modos 2, 3 y 4, son necesarias: la verificación de que el vehículo está conectado correctamente, la comprobación continua de la integridad del conductor de tierra de protección y la activación/desactivación del sistema. Otras funciones de estos modos pueden ser: la selección de la velocidad de carga, la determinación de requisitos de ventilación del área de carga, el ajuste de la corriente de carga disponible en tiempo real del equipo de alimentación, la retención/liberación del acoplador, el control del flujo de potencia bidireccional hacia y desde el vehículo, etc.

La norma UNE-EN 62196-1 (UNE-EN 62196-1), especifica los requisitos para clavijas, bases, conectores, entradas y cables de carga que son indicados en la norma UNE-EN 61851-1.

Finalmente, en la norma IEC 62196-2 (IEC 62196-2) se recogen las configuraciones de los conectores de carga, donde existen dos tipos de configuraciones que pueden ser usadas en el VE; la configuración de tipo1, apta para una tensión de 250V y 32A en sistema monofásico y la configuración de tipo2, adecuada para tensiones de 250V con corrientes de 13A a 70A en monofásico o de 380-480V con corrientes desde 13A a 63 en trifásico.

## 3. SOLUCIÓN PROPUESTA

El objetivo del artículo es presentar el diseño, la experimentación y el desarrollo de un sistema de carga inteligente de VE para la infraestructura de carga de aparcamientos y garajes colectivos, con arquitectura maestro-esclavo, de “ $n$ ” surtidores de energía -tomas de energía para la recarga del VE-.

En la Figura 1 se presenta la idea global de la propuesta; la instalación está formada por una red de estaciones de carga de tipo bimodal con modos de carga de tipo 1, 2, ó 3 (UNE-EN 61851-1), -llamados los esclavos-. Los agentes maestros están destinados a realizar todas las gestiones entre los esclavos y el sistema experto de gestión energética, don-

de se incorporan los algoritmos inteligentes para la planificación de recargas, entre otros.

al esclavo, a la toma de carga, a la estancia de carga, etc. Y donde se implementan algoritmos que son usados para la dis-

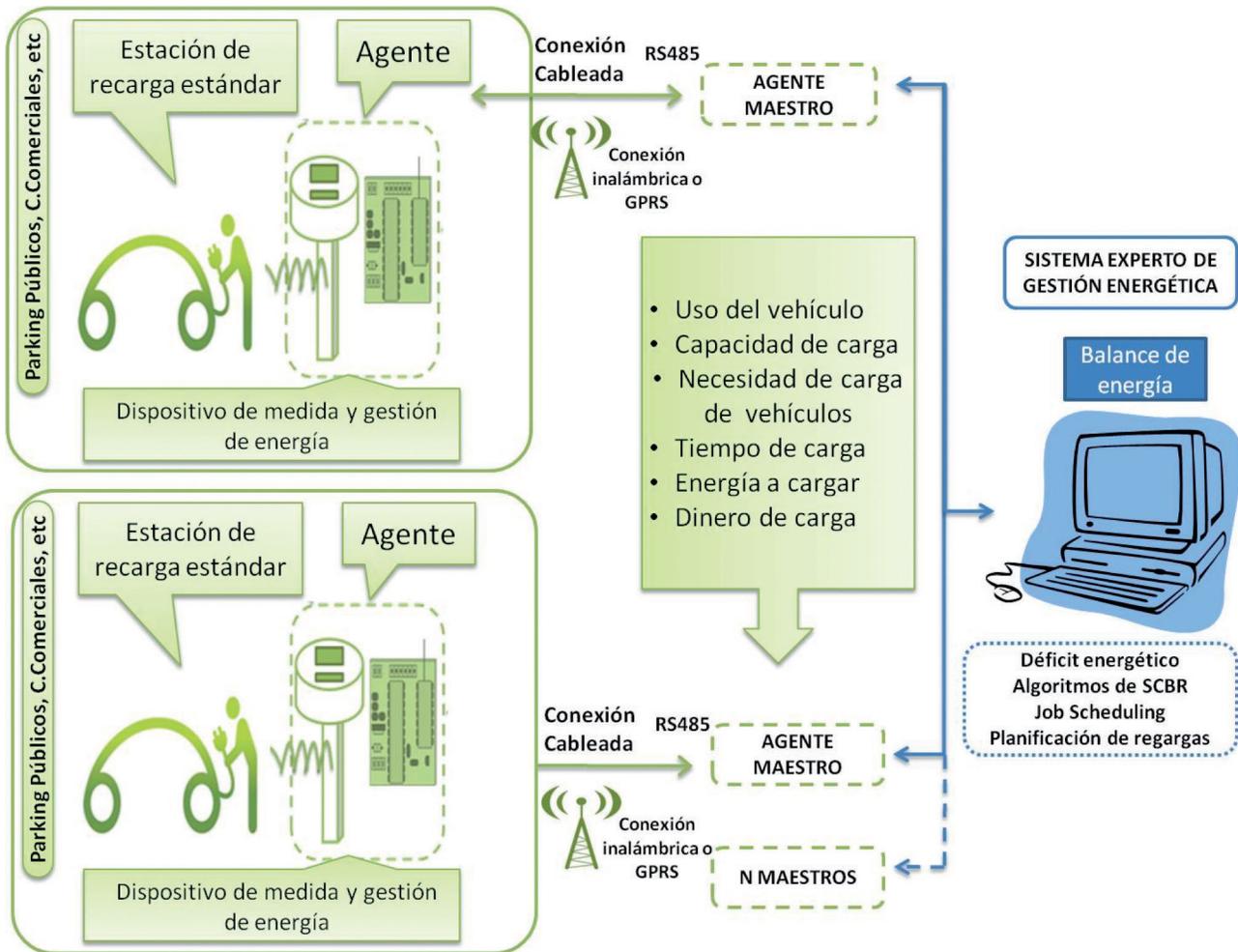


Fig. 1: Esquema de la solución propuesta, para la carga de VE en garajes y grandes aparcamientos

Los agentes esclavos son los encargados de gestionar las maniobras de conexión y desconexión entre la estación de carga y el vehículo. Gestionan las señales que tienen lugar durante la carga entre el vehículo y la estación de carga, así como las acciones de enclavamiento de los conectores, donde es conectado el vehículo para realizar la recarga eléctrica del mismo. También, estos agentes contabilizan la energía consumida durante el proceso de carga.

En los agentes maestros es donde se realizará la gestión de la comunicación: (i) con los esclavos a través de una comunicación en bus maestro esclavo de tipo RS 485 *full-duplex* y (ii) con el sistema experto de gestión de energía, mediante una red Ethernet, según el estándar IEEE802.3, con protocolo TCP/IP. Finalmente, el maestro es usado como interface de usuario entre el conductor del vehículo y el proceso de recarga eléctrica.

El sistema experto de gestión energética es donde se implementa la base de datos (BBDD) que contiene información relativa al usuario, al vehículo, a la instalación, al maestro,

tribución de energía, la gestión de la demanda y la búsqueda de patrones de los usos del sistema en relación a los tiempos, los días, la energía disponible, etc.. Por consiguiente, el sistema experto permitirá gestionar la recarga de un número “n” de vehículos eléctricos de forma inteligente, controlando los distintos parámetros de la red eléctrica y los vehículos que a ella se conectan, así como las preferencias del usuario y del gestor del parking.

Finalmente, integrar en esta solución a los gestores de carga: sociedades mercantiles que siendo consumidores de energía están habilitados para la reventa de energía eléctrica para servicios de recarga energética asociados al vehículo eléctrico, de modo que sistema permita desarrollar las funciones de éstos, tales como la gestión de usuarios del sistema, la monitorización y el mantenimiento del sistema de carga, la gestión de incidencias, la tarificación y la facturación del servicio de recarga eléctrica; al mismo tiempo que se optimicen al máximo las instalaciones, gestionando las cargas de los vehículos eléctricos y la capacidades de la línea

-potencia contratada- para reducir los costos, maximizando su rendimiento.

#### 4. DISPOSITIVO ELECTRÓNICO

La solución propuesta consta de dos dispositivos electrónicos. El agente “maestro” y los agentes “esclavo”. Esta arquitectura queda formada por dos niveles. En el nivel inferior se encuentran los esclavos, encargados de gestionar las tomas de carga y controlar el proceso de carga. En el nivel superior se encuentran los maestros encargados de realizar la función de interfaz con el usuario y de gestionar las órdenes y consultas efectuadas desde el sistema experto de gestión de energía para enviarlas a los dispositivos esclavos. Cada dispositivo Maestro tiene capacidad de gestionar hasta 18 esclavos, es decir, puede gestionar un total de 36 tomas eléctricas de modo 1, 2, ó 3 -2 tomas eléctricas por esclavo-.

##### 4.1. AGENTE MAESTRO

Este dispositivo es el maestro de una red en bus 485 formada por hasta 18 esclavos, se ubica en cualquier posición dentro de la red, sin embargo la mejor realización se corresponde con una disposición que se encuentre en torno a la mitad de los dispositivos esclavos. Realiza la función de gestión de la red, indicando la recarga que se debe efectuar en cada uno de los esclavos. Además es el interfaz con el usuario, con el conductor, Incorporando display y permitiendo mostrar mensajes al usuario. Para interactuar con el sistema, dispone de teclado que permite introducir parámetros tales como el puesto que quiere utilizar el usuario para cargar, el importe que desea invertir en la carga, detener una recarga iniciada, etc.

Para que el sistema sólo sea accesible a determinados usuarios, el maestro incorpora un lector de tarjetas que permite validar a aquellos usuarios que estén dados de alta en el

sistema. Este lector de tarjeta también permite escribir en la propia tarjeta, de manera que habilita la función de sistema prepago.

##### 4.2. AGENTE ESCLAVO

Este dispositivo gestiona las órdenes de inicio y fin de carga de las tomas de corriente. Cada esclavo permite gestionar una configuración bimodal de modos 1, 2 ó 3. Está comunicado con dos contadores energía -uno por punto de carga-, lo que le permite controlar la potencia instantánea de cada toma y la energía consumida durante el proceso de carga del vehículo.

Durante el proceso de carga en modo 1 y 2, el dispositivo esclavo es el encargado de gestionar las señales de bloqueo del conector, así como la señal de presencia de enchufe. Estas funciones permiten realizar las maniobras de conexión y desconexión de la toma modo 1 y 2 de manera segura.

El dispositivo incorpora dos puertos de comunicación. El puerto de comunicación RS485 permite comunicar el esclavo con el maestro. El puerto de comunicación RS232 permite comunicar al esclavo con el dispositivo Control Pilot encargado de gestionar la carga en la toma modo 3 y diseñado conforme a la norma UNE-EN 61851-1(UNE-EN 61851-1). En este tipo de carga, existe una comunicación continua entre el vehículo y la estación de recarga mediante una señal PWM de 1Khz de frecuencia. El VE realiza una medición de la señal PWM que le llega de la estación de carga. Si le llega un ciclo de trabajo válido, el VE indica que puede recibir energía. La estación de carga está continuamente monitorizando el valor de tensión en el punto de contacto piloto, de manera que en función del valor de esa tensión la estación de carga sea capaz de determinar el estado de carga del vehículo.

En la Figura 2 se presentan dos modos de carga en dos VE, el eje Y representa la intensidad de carga en Amperios, mientras que el eje x es el tiempo de carga en horas. En la

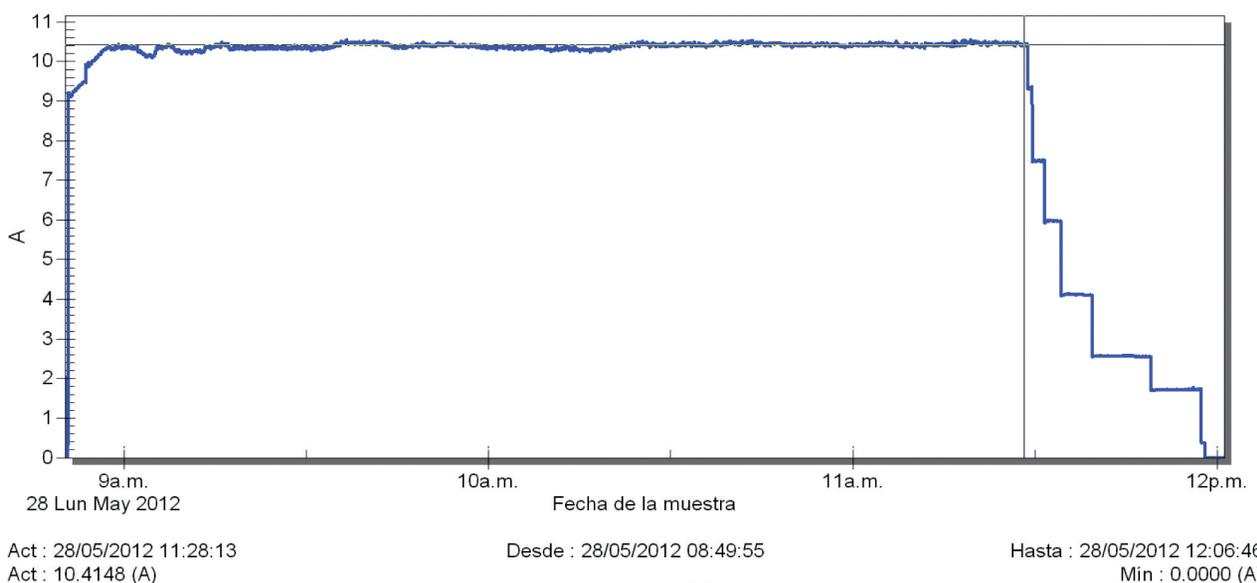


Fig. 2a: Curva de intensidad de carga en modo 1

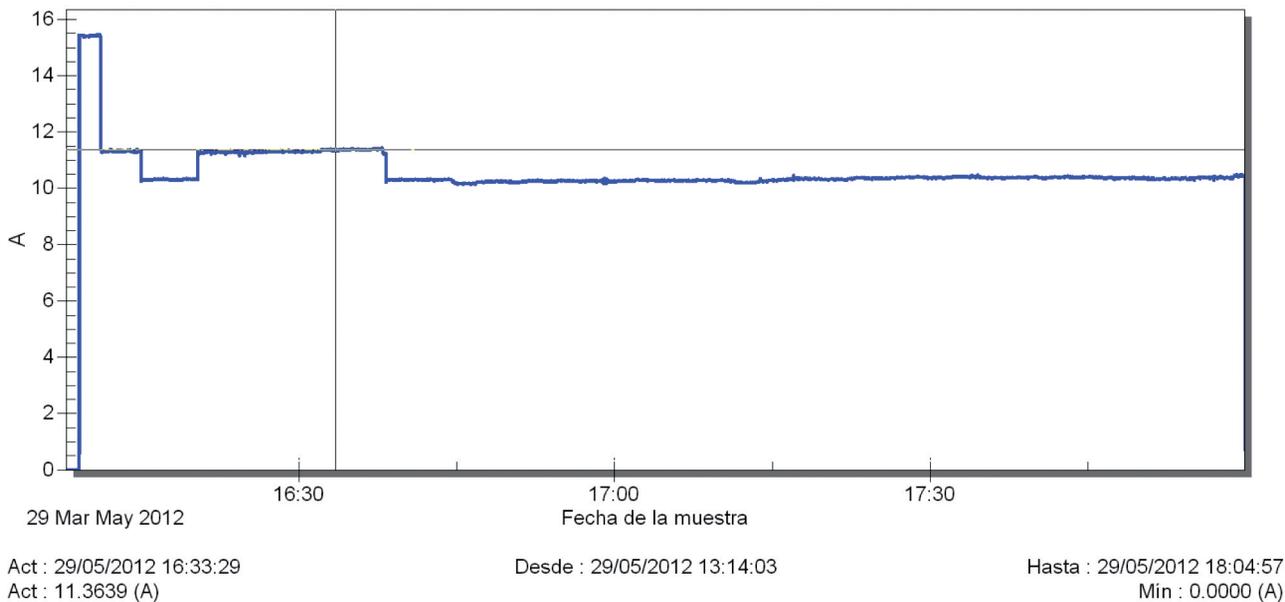


Fig. 2b: Curva de intensidad de carga en modo 3

Figura 2.a se muestra la gráfica de la carga en modo 1, mientras que en la Figura 2.b se muestra la gráfica de la carga en modo 3. En ella se puede comprobar cómo la carga se realiza a una intensidad variable, mediante cambios del ciclo de trabajo que determina la señal PWM del Control Pilot.

### 5. SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA Y RECONOCIMIENTO DE PATRONES

Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) (Sedano et al. 2010a, Sedano et al. 2012a) junto con la incorporación de técnicas de Soft Computing, sistemas híbridos multiagente, sistemas de razonamiento basados en casos (Sedano et al. 2010b, Villar et al. 2009, Sedano et al. 2013, Vafaie et al. 2002, Ashwin et al. 2009) y sistemas de Job Scheduling (Vela et al. 2010, González et al. 2012), permiten el desarrollo de aplicaciones capaces de analizar y procesar la información de las recargas, reconocer patrones de carga de los usuarios del sistema, planificar las recargas teniendo en cuenta las restricciones de energía y automatizar en ellas diferentes algoritmos en forma de conocimiento.

La aplicación que se presenta es novedosa, dado que el sistema propuesto cumple con los siguientes requisitos: (i) sistema de razonamiento basado en casos (CBR), que permite saber el patrón de carga de un vehículo -cada usuario tendrá su patrón de carga-, es decir, determinar, cuánta energía necesita y cuánto tiempo estará disponible en el sistema; (ii) sistema de distribución, que permite decir quién de todos los posibles usuarios conectados adquiere qué tipo de energía y en cuánto tiempo deberá hacerlo a partir de datos introducidos por el usuario o recuperados por el CBR; (iii) sistema de distribución de energía que deberá optimizar ésta, de forma que todos puedan cargar y que esta carga sea ade-

cuada con la vida de las baterías. En la Figura 3 se presenta un diagrama del funcionamiento del sistema, donde el CBR, proporcionará el aprendizaje y las similitudes de los casos para el funcionamiento en automático, definiendo la energía de carga que se necesita y la disponibilidad horaria; y donde el planificador usa estos parámetros dentro del problema de optimización para proporcionar a los usuarios la energía en plazo y cantidad necesaria.

Para realizar las estimaciones por parte del CBR, se recuperan los datos de cargas anteriores -estancias- y se calcula un ratio de similitud entre la situación actual y la situación de las cargas anteriores, atendiendo a diferentes criterios, como son: (i) el ratio de similitud que considera las estancias ocurridas en el mismo día de la semana, (ii) el ratio de similitud que considera las estancias más próximas en el tiempo, (iii)

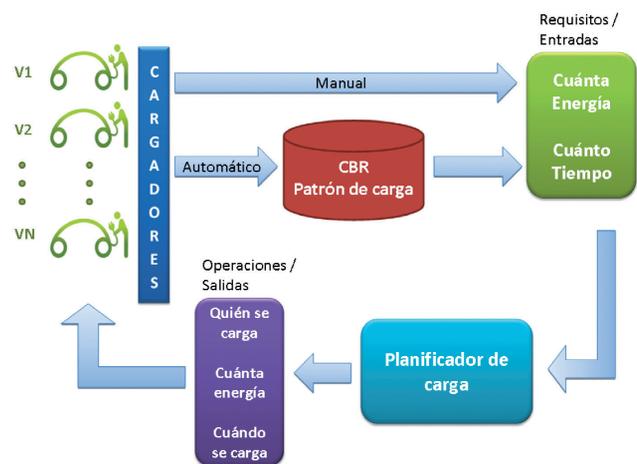


Fig. 3: Esquema de la solución propuesta, para la carga inteligente de VE en garajes y grandes aparcamientos

el ratio de similitud entre estancias del VE en días recientes, etc.

Para el planificador de recargas se ha formulado un problema de optimización y satisfacción de restricciones, concretamente se ha definido un problema de “*Scheduling*” (Hernández-Arauzo et al.), donde se asignan tiempos de inicio de carga a todos los vehículos, de forma que se maximice la cantidad total de carga transferida a los vehículos a partir de unas restricciones, éstas se definen a continuación: (i) la carga de un vehículo no se puede interrumpir, (ii) el número máximo de estaciones que están en fase de carga simultáneamente no puede exceder de un valor *N* menor o igual que el máximo número de VE que pueden ser cargados con la potencia contratada, (iii) el desequilibrio máximo entre las líneas de carga no puede exceder de un valor.

### 6. EXPERIMENTACIÓN

La aplicación CBR ha sido implementada en la BBDD SQL Server mediante lenguaje Transact-SQL, mientras que el planificador ha sido desarrollado en C y el supervisor del

sistema en Visual-Basic.NET. Los agentes -maestros y esclavos- son microprocesados y han sido diseñados y prototipados en montaje superficial (SMD). El banco de pruebas está formado por una red de 3 maestros y 9 esclavos por maestro, en el servidor se encuentran implementada la BBDD y los servicios de supervisión, de reconocimiento de patrones y de planificación. El sistema ha sido probado a partir de un data set obtenido mediante la simulación de un parking donde se ha supuesto una población de 280 vehículos, donde han sido simuladas las demandas de carga de cada vehículo a través de distribuciones normales, el grado de ocupación, mediante distribuciones uniformes y finalmente, la distribución normal de las llegadas de los vehículos al parking.

La potencia de cada línea permite que haya un número máximo de vehículos en estado de carga (*N*) y además este número máximo de vehículos debe de cumplir que el desequilibrio máximo será inferior a un límite que podrá ser ajustado y que no permitirá que más VE puedan ser recargados cuando se dé esta restricción. El desequilibrio máximo entre líneas está calculado como la máxima diferencia de vehículos en carga en dos de las tres líneas del sistema trifásico. En la Figura 4, se presenta un ejemplo de planificación de 9

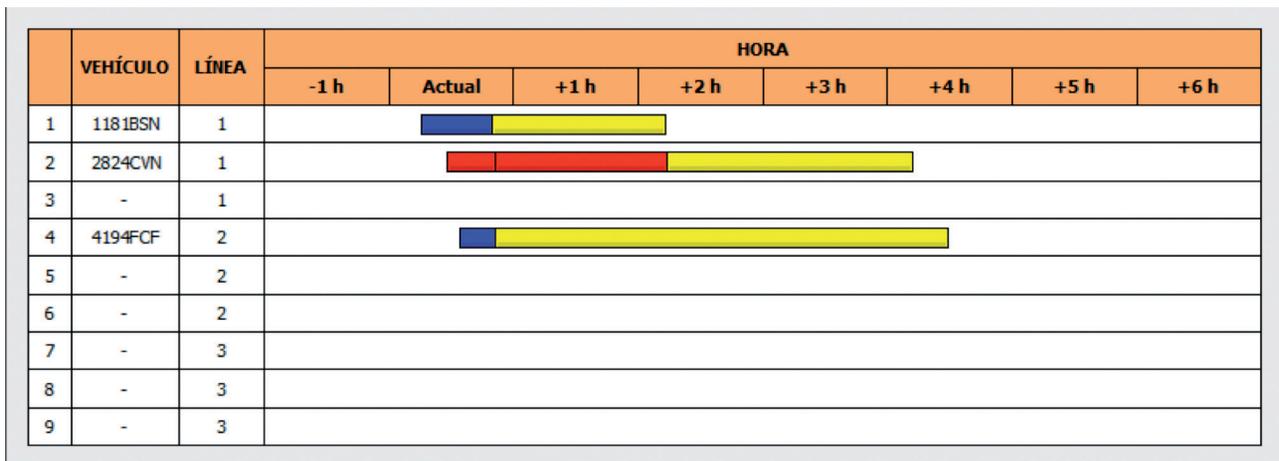


Fig. 4a: Escenario de carga 1

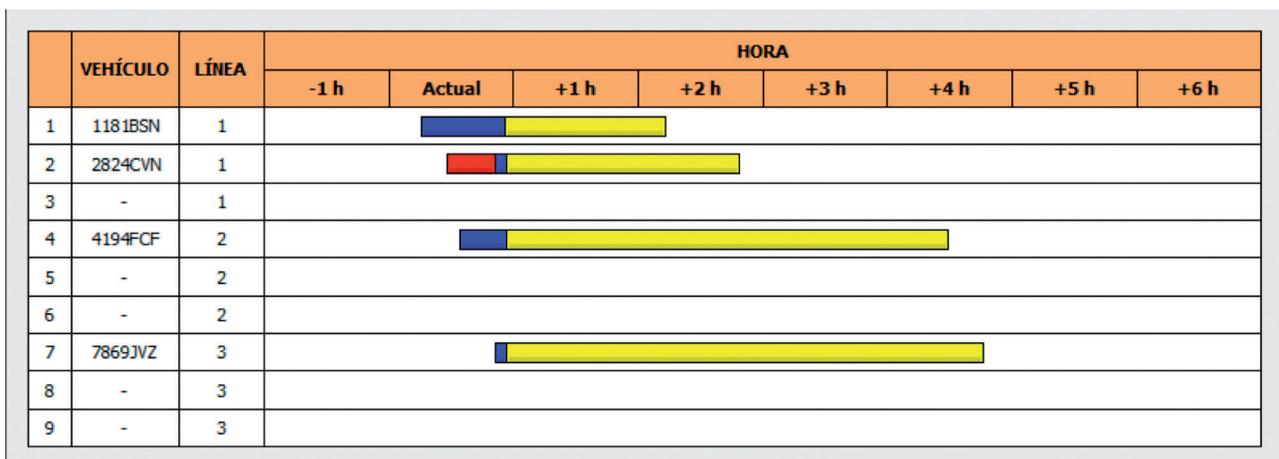


Fig. 4b: Evolución del escenario 1

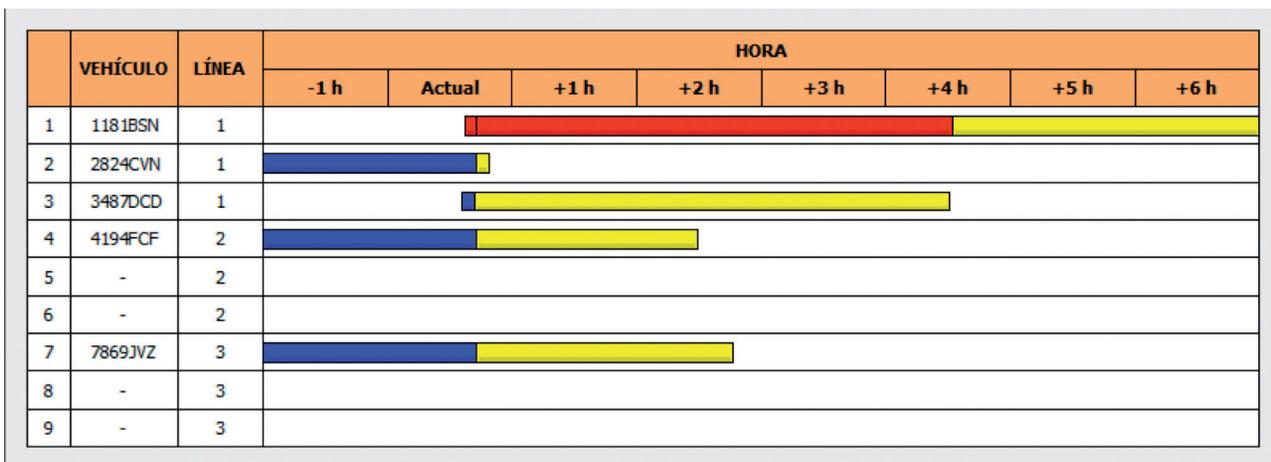


Fig. 4c: Escenario de carga 2

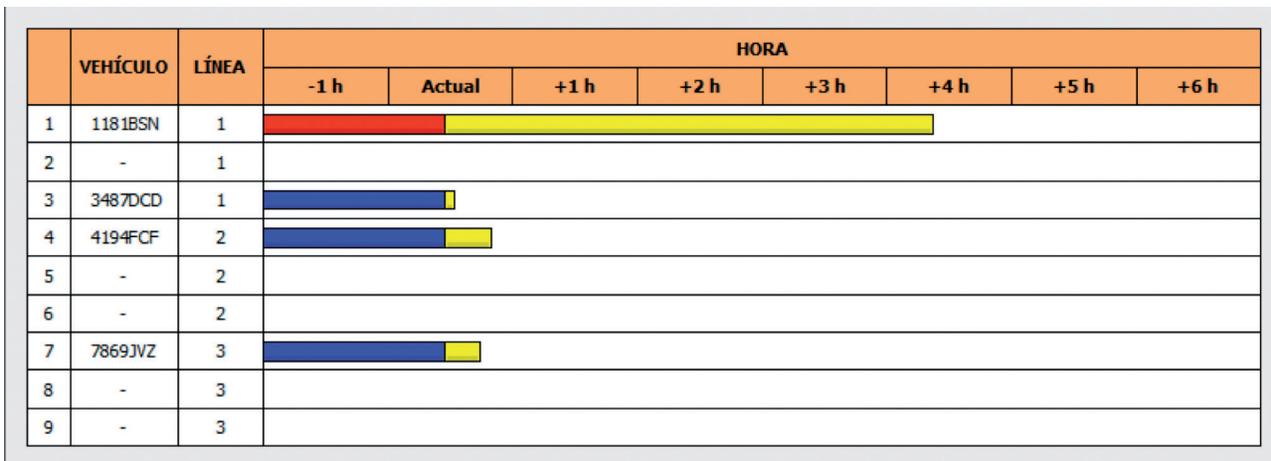


Fig. 4d: Evolución del escenario 2

vehículos, los situados en las tres primeras filas cargan en la fase 1, los situados en las 3 posiciones siguientes en la fase 2 y así sucesivamente. En el escenario definido, las restricciones de desequilibrio entre fases son fijadas a 0.6, mientras que la potencia por línea ha sido definida para que el número máximo de vehículos a cargar de forma simultánea en la misma fase sea 2. En la Figura 4.a se presenta el escenario 1, donde en el sistema hay 3 vehículos -1, 2, 4-, mientras que los que se encuentran en carga son el -1 y 4-. El vehículo -2- no entra en carga por restricciones de desequilibrio y esta planificado para entrar en carga cuando el vehículo -1-, haya alcanzado un mínimo de energía configurable. El color azul muestra que el vehículo esta en carga, el rojo representa que esta en espera, mientras que amarillo es el tiempo que le queda por cargar –tiempo pendiente de carga-. En la Figura 4.b se presenta la evolución cuando otro vehículo entra en el sistema -7- de modo que el situado en la posición -2- pasa a carga, al eliminarse la restricción de desequilibrio. En la Figura 4.c, se representa el escenario 2 donde se encuentran 5 vehículos en el sistema, donde el -2, 3, 4 y 7- se encuentran en carga y el 1 se encuentra en espera

debido a desequilibrio, pero planificado para entrar cuando termine el 3. El vehículo 3 entra antes que el 1 en carga debido a que el tiempo disponible en el sistema es menor que el del 1. En la Figura 4.d se presenta la evolución del escenario donde el vehículo 2 sale del sistema y se replanifica todo el sistema introduciendo al 1 en el proceso de carga.

### 7. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

El artículo presenta un sistema global para la carga de VE, en garajes y grandes aparcamientos. El sistema ha sido diseñado y prototipado electrónicamente y forma en sí una novedosa aplicación de *Soft Computing*. El sistema permite que la potencia contratada para suministrar energía a los VE en los garajes sea muy inferior al límite superior de contratación normal, dado que el sistema es capaz de planificar las recargas, evitando que los VE reciban la energía en el mismo instante en que se conecten sino que su recarga sea planificada en el tiempo de modo que se cumplan las restricciones y se optimice la energía disponible y la infraestructura

eléctrica. Además, el algoritmo inteligente de distribución de energía evita las caídas de la red por sobrecarga o por desequilibrios en las fases, controlando los diferentes circuitos de recarga, mediante la interacción en éstos y la planificación de los VE que demandan energía en la instalación. Del mismo modo los patrones de carga detectados en el CBR permitirán disponer de perfiles de carga por cada usuario, de modo que puedan predecirse, algunos parámetros en la instalación de modo automático, tales como son los tiempos de carga, las necesidades de energía en estos, la disponibilidad del VE en el sistema para realizar la carga, etc.

Como trabajos futuros se establece la necesidad de desarrollar nuevos prototipos de carga, que integren más funciones de supervisión y control sobre los puntos de carga, así como plataformas de comunicación que permitan la reserva de los puntos de carga de exterior. También, la incorporación del modo 3 en la estrategia de distribución de energía, proporciona elevadas posibilidades de gestión energética; distribuyendo ésta no sólo mediante planificadores globales -a corriente constante-, sino mediante planificadores dinámicos por vehículo -a corriente variable-. Igualmente la incorporación de las tarifas en los procesos de planificación de recarga permitirá la discriminación entre usuarios en función de la tarifa que quieran pagar, cumpliendo el resto de restricción del sistema.

Finalmente, los gestores de energía podrán integrar este sistema, dentro de un marco superior, gestionando las demandas de diferentes parkings y prediciendo las necesidades de cada uno de ellos, buscando el equilibrio entre la demanda, la acometida y la contratación, en definitiva, minimizando las necesidades de producción y evitando el colapso de las redes de distribución de energía.

## AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido parcialmente soportada a través del proyecto del Ministerio de Economía y Competitividad CDTI IDI-20120127, TIN2011-24302 y TIN2010-20976-C02-02.

## BIBLIOGRAFÍA

- Libro blanco del transporte. "Hoja de ruta hacia un espacio único europeo de transporte: por una política de transportes competitiva y sostenible". COM (2011) 144 final. Bruselas, 28.3.2011.
- Comisión europea: Europa 2020. Comunicación de la comisión EURO-PA 2020. "Una estrategia para un crecimiento inteligente, sostenible e integrador". COM (2010) 2020. Bruselas, 3.3.2010.
- Timpner, J.; Wolf, L., "A back-end system for an autonomous parking and charging system for electric vehicles," Electric Vehicle Conference (IEVC), 2012 IEEE International. p.1-8. 4-8 March 2012. Doi: 10.1109/IEVC.2012.6183267.
- Tan Ma; Mohamed, A.; Mohammed, O., "Optimal charging of plug-in electric vehicles for a car park infrastructure," Industry Applications Society Annual Meeting (IAS), 2012 IEEE. p.1-8. 7-11 Oct. 2012. Doi: 10.1109/IAS.2012.6374035.
- Gan, L., Topcu, U., & Low, S. (2007). Optimal decentralized protocols for electric vehicle charging. IEEE Transaction on Power Systems, 6. p. 1-10. Doi: <http://dx.doi.org/10.1109/TPWRS.2012.2210288>
- Gan, L., Topcu, U., & Low, S. (2011). Optimal decentralized protocol for

- electric vehicle charging. In IEEE Conference on Decision and Control and European Control Conference, CDC-ECE. p. 5798-5804. Doi: <http://dx.doi.org/10.1109/CDC.2011.6161220>
- Hutson, C., Venayagamoorthy, G., & Corzine, K. (2008). Intelligent scheduling of hybrid and electric vehicle storage capacity in a parking lot for profit maximization in grid power transactions. In Energy 2030 Conference, 2008. ENERGY 2008. IEEE p. 1-8. Doi: <http://dx.doi.org/10.1109/ENERGY.2008.4781051>
- Qin, H., & Zhang, W. (2011). Charging scheduling with minimal waiting in a network of electric vehicles and charging stations. In Proceedings of the Eighth ACM international workshop on Vehicular inter-networking, VANET11, p. 51-60. Doi: <http://dx.doi.org/10.1145/2030698.2030705>
- Wu, D., Aliprantis, D., & Ying, L. (2012). Load scheduling and dispatch for aggregators of plug-in electric vehicles. IEEE Transactions on Smart Grid, 3. p. 368-376. Doi: <http://dx.doi.org/10.1109/TSG.2011.2163174>
- Lopes, J., Soares, F., Almeida, P. M., & Moreira da Silva, M. (2009). Smart charging strategies for electric vehicles: Enhancing grid performance and maximizing the use of variable renewable energy resources. In EVS24 International Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Symposium, 2009. p. 392 -396.
- UNE-EN 61851-1. "Sistema conductivo de carga para vehículos eléctricos". AENOR. Marzo 2012.
- ITC-BT-52. Proyecto de real decreto. "Instalaciones con fines especiales. Instalaciones para la carga de vehículos eléctricos". Ministerio de Industria, Energía y Turismo. 18.04.2012.
- UNE-EN 62196-1. "Bases, clavijas, acopladores de vehículo y entradas de vehículo. Carga conductiva de vehículos eléctricos. Parte 1: Carga de vehículos eléctricos hasta 250 A en corriente alterna y 400 A en corriente continua". AENOR. Junio 2004.
- IEC 62196-2. "Plugs, socket-outlets, vehicle connectors and vehicle inlets - Conductive charging of electric vehicles - Part 2: Dimensional compatibility and interchangeability requirements for a.c. pin and contact-tube accessories". IEC. 2011.
- Sedano J, López A, Berzosa A. "IT and the carpooling habits". Dyna (Bilbao). 2010, 85(7), p. 14-16. DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/3745>
- Sedano J, Chira C, González J. "Intelligent system for measuring stress: STRESSTIC". Dyna. 2012, 87(3), p. 336-344. DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/4429>
- Sedano J, Curiel L, Corchado E, et al. "A soft computing knowledge identification framework for detecting thermal insulation failures in Buildings". Integrated Computer Aided Engineering. 2010, 17(2), p. 103-115. Doi: <http://dx.doi.org/10.3233/ICA-2010-0337>
- Villar JR, De La Cal E, Sedano J. "A fuzzy logic based efficient energy saving approach for domestic heating systems". Integrated Computer-Aided Engineering. 2009, 16(2), p.151-163. Doi: <http://dx.doi.org/10.3233/ICA-2009-0302>
- Sedano J, Chira C, Villar JR, Ambel E. "An intelligent management system for electric vehicle charging". Integrated Computer-Aided Engineering. 2013, 20(4), p. 321-333. DOI: 10.3233/ICA-130437
- Vafaie H, Shaughnessy M, Bethem T, and Burton J. "Intelligent decision support system for monitoring major US waterways". In Callaos, N and Ebisuzaki, T and Starr, B and Abe, JM and Lichtblau, D, editor, 6th World multiconference on systemics, cybernetics and informatics. 2002, 16, p. 370-375.
- K. Ashwin Kumar, Yashwardhan Singh, and Sudip Sanyal. "Hybrid approach using case-based reasoning and rule-based reasoning for domain independent clinical decision support in icu". Expert Syst. Appl. January 2009, 36, p. 65-71. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2007.09.054>
- Vela CR, Varela R, Gonzalez MA. "Local search and genetic algorithm for the job shop scheduling problem with sequence dependent setup times". Journal of heuristics. 2010, 16 (2), p. 139-165. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10732-008-9094-y>
- González MA, Vela CR, Varela R. "A competent memetic algorithm for complex scheduling". Natural Computing. 2012, 11 (1), p. 151-160. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11047-011-9300-y>
- Alejandro Hernandez Arauzo, Jorge Puente Peinador, Miguel A. González, Ramiro Varela and Javier Sedano. Dynamic Scheduling of Electric Vehicle Charging under Limited Power and Phase Balance Constraints. SPARK - Scheduling and Planning Applications workshop. ICAPS 2013, the 23rd International Conference on Automated Planning and Scheduling Rome, 10-14 June, 2013