

# **Instrumentación de Vehículo Eléctrico Utilizando HMIs**

**Daniel A. Martínez M.**

Universidad Santo Tomás, Bogotá DC, Colombia, danielmartinezm@usantotomas.edu.co

**Andrés F. Guáqueta**

Universidad Santo Tomás, Bogotá DC, Colombia, andres.guaqueta@usantotomas.edu.co

**Christian Malagon**

Universidad Santo Tomás, Bogotá DC, Colombia, christianmalagon@usantotomas.edu.co

**Faculty Mentor:**

Nelson Rojas

Universidad Santo Tomás, Bogotá DC, Colombia, nelsonrojas@usantotomas.edu.co

## **ABSTRACT**

This work presents the implementation of an Human Machine Interface (HMI) for monitoring the functional states of an electric vehicle (EV), this HMI is an effort for establish the possible methodologies for improve the EV performance at energy level. Taking as reference the governmental challenges related with the energy demand, ecological politics and the insertion of new technologies to the power grid, a pilot EV has been developed that has been dotted with an HMI. This component gives driving advanced assistance and is a platform for data to information transformation, which is supported by a graphical user interface, improving the driver's decision making process, his driving experience and the perception of the environment where the EV is being used. At the same time, the HMI can register the EV's movement dynamics, registering this information into a local database and into a spreadsheet in a reliable way, this information can be accessed by the user at any time. The HMI was developed using LabVIEW® and the communication protocol CANOpen.

**Keywords:** Driver's advanced assistance system, Electric Vehicle, Human-Machine Interface, information system, LabVIEW.

## **RESUMEN**

Este trabajo presenta la implementación de una Interface Hombre Máquina (HMI) para la supervisión de los estados funcionales de un vehículo eléctrico (EV), para poder establecer las posibles metodologías que permitan mejorar el rendimiento energético del EV. Dados los retos relacionados con las demandas energéticas globales y políticas ecológicas gubernamentales relacionadas con la inserción de nuevas tecnologías limpias a la red eléctrica, se desarrolló un EV piloto. Este EV cuenta para efectos de supervisión y control de parámetros con una HMI; este componente brinda asistencia avanzada de conducción y es una plataforma para la transformación de datos en información, que apoyada por una interfaz de usuario - gráfica, logramejorar el proceso de toma de decisiones por parte del conductor, su experiencia y la percepción del medio ambiente en el que se utiliza el vehículo. Paralelamente, la HMI es capaz de registrar la dinámica de movimiento del vehículo, almacenando la información periódicamente de manera confiable tanto en una base de datos local como en una hoja de cálculo, la cual puede ser consultada en cualquier momento por el usuario. El desarrollo de la HMI fue realizado en LabVIEW® y el protocolo de comunicación utilizado fue CANOpen.

**Palabras claves:** Sistema de asistencia avanzada de manejo, Sistema de información, Vehículo Eléctrico, Interface Hombre-Máquina, LabVIEW.

## 1. INTRODUCCIÓN

Actualmente vivimos en una era de constante evolución tecnológica, en donde vehículos eficientes son equipados con instrumentación de última tecnología para dar al conductor nuevas posibilidades de control, supervisión e interacción con el vehículo.

Por lo tanto, la aceptación de un vehículo eléctrico se encuentra ligada a esta evolución tecnológica y se delimita por cuatro pilares preestablecidos que son decisivos en la evaluación de EVs por un usuario: La movilidad, la interfaz hombre máquina (HMI), implicaciones de seguridad y tráfico, y por último su aceptación.

Cada uno de los pilares cuenta con aspectos que determinan su aprobación y fueron tenidos en cuenta en el desarrollo local del vehículo eléctrico, sin embargo, el objetivo de este trabajo se centra en el pilar de la interfaz hombre-máquina (HMI).

Convencionalmente, la conducción de un vehículo equipado con una HMI significa controlar el funcionamiento de parámetros como la dirección de las ruedas, la aceleración y el frenado. Sin embargo con la evolución de los vehículos, los conductores se encuentran expuestos a un mayor flujo de información proporcionada por los estados funcionales del mismo; los conductores no siempre tienen la capacidad de leer e interpretar los mensajes que le presenta la máquina por distintos factores, los que involucran el estado del conductor ya sea por una situación psicológica, física, un perfil de conducción, el tráfico o incluso la misma señalización de la vía.

Este aumento de sistemas y funciones que interactúan con el conductor de forma bidireccional representa un reto para el diseño de la HMI. Este reto incluye el diseño de una HMI para la instrumentación de sistemas independientes que posteriormente se integren en una sola aplicación con respecto a su interacción con el conductor.

En este contexto, para cubrir esta necesidad se plantean tres objetivos para el diseño y desarrollo de la HMI, coordinando adecuadamente la comunicación y la interacción entre el conductor y el vehículo. Los objetivos planteados son los siguientes:

La implementación de una HMI para supervisar los estados funcionales de un vehículo eléctrico desarrollado localmente que se adapte a las necesidades del futuro.

Una armonización entre los canales de comunicación en donde el flujo de información sea percibido por el conductor como uno solo.

Mejorar el conocimiento del conductor respecto a los estados funcionales del vehículo, optimizando la carga de trabajo del conductor, promoviendo un cambio en el estilo de conducción y reduciendo factores de distracción mientras se conduce e interactúa con la HMI.

La HMI es una aplicación práctica y ergonómica, donde se dispone de una interfaz cómoda para múltiples funciones. Una función puede utilizar diversos componentes según sea la instrumentación asociada; por lo tanto, en esta aplicación estas funciones van de acuerdo a los componentes físicos implementados. La HMI desarrollada se relaciona con las funciones de la siguiente manera:

- Asistencia de manejo avanzada (AMA): Se refiere a las funciones destinadas a apoyar directamente la tarea principal de conducir.
- Funciones de información en vehículo (IVI): Estos sistemas ofrecen el potencial para mejorar en gran medida la movilidad y la comodidad.
- Funciones de integración y adaptación (Gestión): Esto se refiere a las funciones previstas para gestionar e integrar todas las funciones teniendo en cuenta el conductor del vehículo y el entorno.

Este trabajo está dividido en tres partes: Primero, una descripción del desarrollo de la HMI; segundo, se presenta la implementación del vehículo eléctrico en sus componentes y finalmente, se presenta el trabajo futuro y las conclusiones.

## 2. HUMAN-MACHINE INTERFACE

La HMI fue desarrollada en NILabVIEW® utilizando como arquitectura hardware una tableta; la tableta como hardware seleccionado para esta aplicación proporciona las capacidades computacionales necesarias para la aplicación, además de una interacción sencilla con el usuario a partir de su pantalla táctil y una interfaz gráfica agradable en la presentación y registro de la información como se ve en la Figura 1.



**Figura 1: Diseño de la Interfaz HMI**

### 2.1 COMUNICACIÓN HMI-CONTROLADOR

La comunicación implementada entre el controlador Curtis 1238r y la HMI funciona bajo protocolo de comunicación CANOpen, ya que la estandarización de este protocolo en la industria automotriz se hace apropiado debido a que integra la información de forma rápida y segura manejada en el controlador en tiempo real con alta eficiencia computacional.

La interface al bus CAN con la HMI se realiza a través de una API que engloba bibliotecas de vínculos dinámicos (DLL) proporcionados por el adaptador CAN-USB de Peak-System, esta es soportada por NILabVIEW® inicializando un canal para la comunicación a una velocidad de 125Kbit/s.

Al inicializar la comunicación entre la HMI y el controlador Curtis 1238r empieza el método de control de errores “Heartbeat”, el cual genera un mensaje periódicamente para indicar que la comunicación esta activa y no hay ningún error, Tabla 1.

**Tabla 1: Descripción de bits en el Heartbeat**

Bits 31 - 24	Bits 15 - 8	Bits 7 - 0
Reserved (value: 00h)	Producer Node-ID	Heartbeat Time
00h	726h	7Fh

Seguido a ello se inicia el proceso de solicitud de información al controlador (Tx) la prioridad está determinada por el COB-ID del mensaje encargado de identificar el tipo de mensaje que en el caso implementado se refiere el Servicio de Datos de Objetos (SDO). Luego en el campo de archivo de datos como la información es mayor a 1Byte debe ser organizada en el formato “Little Endian”, lo que significa que los datos están divididos en bytes individuales y se envía en orden de menor a mayor byte significativo; el primer Byte es el encabezado, consigo a este se envía el mensaje solicitado y la cantidad de información esperada Tabla 2.

**Tabla 2: Little Endian Format para Tx**

Arbitration Field			Data Field (hex)			
Request	COB-ID	Leng.	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4 - 8
RPM	626	8	42	7	32	0
Temperatura	626	8	42	2A	32	0
Voltaje	626	8	42	4D	32	0
Corriente	626	8	42	9E	35	0
Velocidad	626	8	42	A	32	0

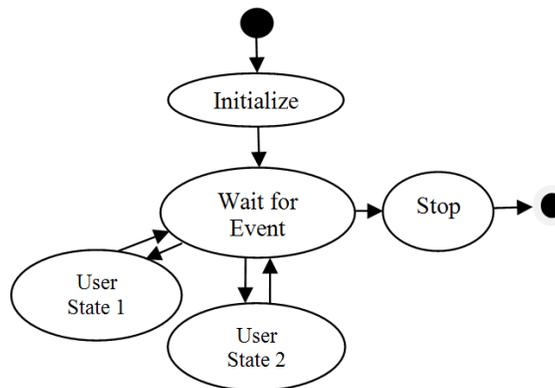
Por último, se realiza la recepción de la información obtenida del controlador (Rx) con todos los datos fundamentales solicitados previamente e identificados como se observa en la Tabla 3.

**Tabla 3: Respuesta del Controlador al Host con toda la información**

Arbitration Field			Data Field (hex)				
Request	COB-ID	Leng	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5 - 8
	580h + Node ID	8	42h	Object Index LSB	MSB	Sub-index	Data, LSB first
RPM	05A6	8	42	7	32	0	Info.
Temp.	05A6	8	42	2A	32	0	Info.
Voltaje	05A6	8	42	4D	32	0	Info.
Corriente	05A6	8	42	9E	35	0	Info.
Vel.	05A6	8	42	A	32	0	Info.

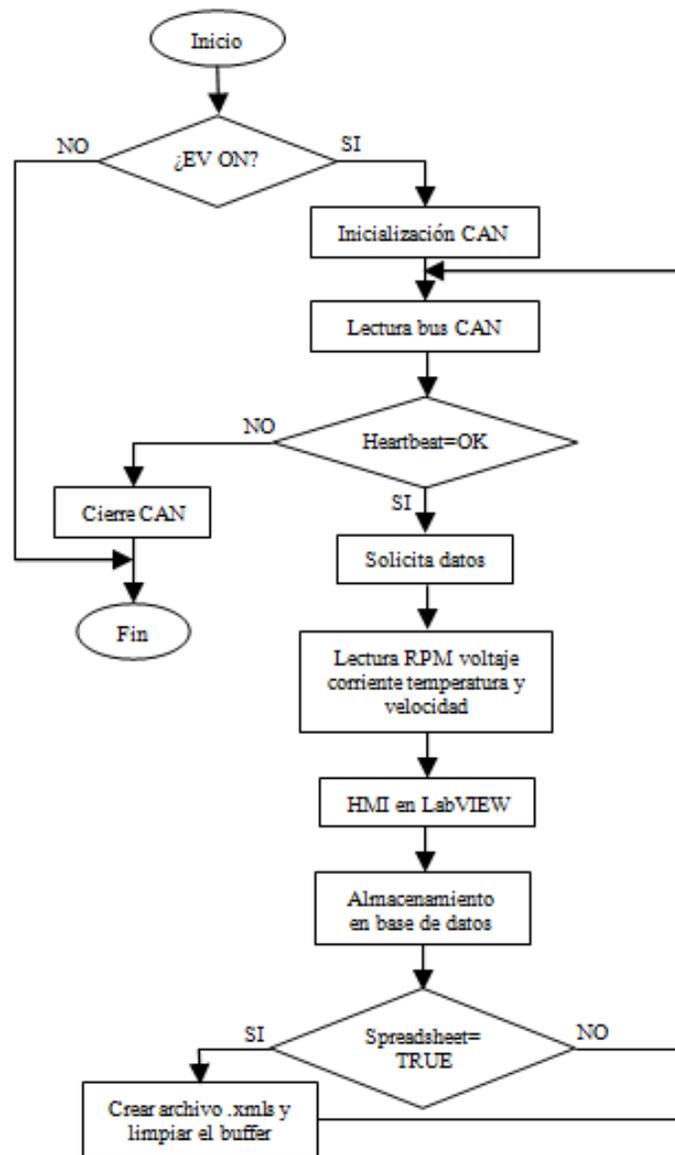
## 2.2 DISEÑO DE LA HMI

El desarrollo de software para conectar el controlador Curtis 1238r junto con la interfaz en la tableta y el almacenamiento de la información sin que esto represente latencias considerables, demanda una arquitectura flexible y modular para la atención de todos los eventos que puedan presentarse. Para esto se utiliza la metodología de máquina de estados Figura 2, en la cual la programación se basa en la ocurrencia de eventos ya sean tanto computacionales como de interacción con el usuario en el panel frontal.



**Figura 2: Metodología de la Máquina de Estados Implementada**

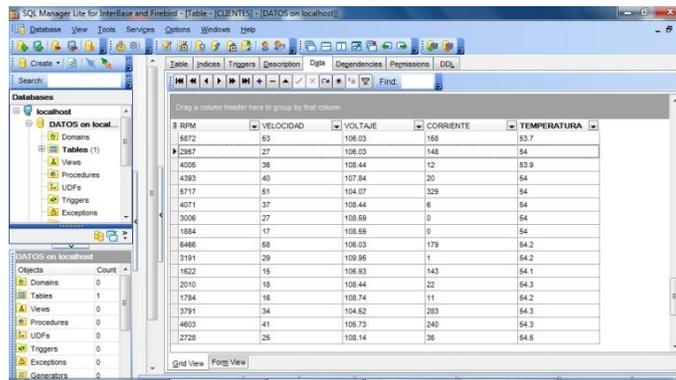
Así, se puede considerar básicamente tres estados característicos de la HMI vistos en el algoritmo de la Figura 3.



**Figura 3: Diagrama de Flujo del Algoritmo Implementado**

El primero hace referencia al procesamiento secuencial de la información que llega del controlador bajo el mecanismo de solicitud y respuesta, en donde los datos más relevantes que se reciben directamente actualizaran el panel frontal visto por el usuario proporcionando una interfaz gráfica agradable y cómoda mejorando así la experiencia de conducción.

Segundo, para llevar a cabo el registro de la información periódicamente se utiliza Firebird®, una base de datos de código abierto que ofrece una excelente concurrencia y alto rendimiento para Windows SO; este evento se atiende por el tiempo transcurrido en la lectura de información, así cada cierto tiempo preestablecido se almacena en la base de datos directamente el valor que se tiene de las variables en ese instante, generando un histórico de información de la planta piloto observable en un servidor local implementado Figura 4.



**Figura 4: Servidor Local Implementado**

Finalmente, la información también será almacenada en una hoja de cálculo para facilidad del análisis de la información deseada, este evento se genera a partir de la solicitud del usuario en el almacenamiento de los datos hasta ese punto transcurrido pulsando el botón “Spreadsheet”, creando por lo tanto un archivo “.xmls” en una dirección del disco duro establecida previamente de la tableta que puede ser revisado en cualquier momento deseado. Cabe resaltar que al generarse el evento, el buffer de los datos se limpia y empieza el ciclo nuevamente almacenando información hasta que se genere una vez más el evento.

### 3. VEHÍCULO ELÉCTRICO

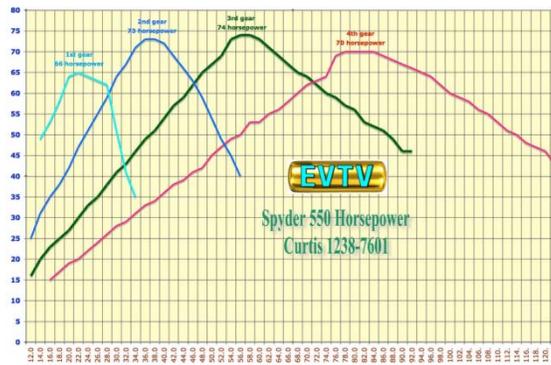
Considerando políticas gubernamentales sobre el calentamiento global y eficiencia a partir de nuevas alternativas energéticas, se desarrolló un vehículo eléctrico el cual consta de dos partes fundamentales.



**Figura 5: Flujo de Información entre el diseño eléctrico y mecánico**

#### 3.1 DISEÑO ELÉCTRICO

Se contempla el desarrollo de la solución óptima en función de la eficiencia y costos. Para ello se dispuso de un motor de inducción trifásico AC50 de 52 HP los cuales el sistema obtiene 14HP plenos de uso, presenta un torque máximo de aproximadamente 14KNm y una máxima velocidad de 6500 R.P.M Figura 6.



**Figura 6: Curva Característica motor AC50**

El motor es controlado a partir de la relación consumo potencia por el controlador Curtis Spyder EVT 1238r capaz de invertir VDC en VAC trifásico, cuenta con freno regenerativo proveniente de la energía cinética que nace de la frenada para la carga del banco de baterías e indispensable en la comunicación por protocolo CANOpen con la HMI para la supervisión de los estados funcionales del vehículo eléctrico; otra característica importante de este controlador es el consumo mínimo de energía cuando las baterías están en un punto crítico de descarga, otorgándole una condición al motor de mínima velocidad para un plan de ahorro de energía.

La alimentación del sistema se realiza a partir de 9 baterías de ion-litio de ciclo profundo con 12v de salida cada una conectadas en serie; el proceso de carga se realiza directo a una toma de energía ya sea pública, casera o comercial de 120VAC, el cual toma un tiempo de carga total estando vacías estimado de 8 horas en donde cargan a una tasa de 1Kw cada 30 minutos hasta que las mismas alcanzan el 80% de carga y a partir de ese momento bajan su tasa de carga a 1Kw cada 60 minutos.

Para el tamaño del vehículo que pesado en una báscula se tiene aproximadamente 1300Kg, lo que significa un consumo medio aproximado de 15Kw/100Km, lo que significa que recargando en horario nocturno en una vivienda puede suponer un coste de 3585 pesos / 100 Km, siendo mucho más bajo frente al mismo trayecto de un vehículo de combustión tradicional.

A partir de diversas pruebas en distintas condiciones de rodamiento en donde se llevaron las baterías a descarga total y teniendo en cuenta el diámetro de giro de la rueda se concluyo una autonomía en torno de aproximadamente 150Km que se pueden estirar o acortar según cuanto se acelere, por donde se está rodando y también de la temperatura ambiente; que comparado a modelos comerciales de vehículos eléctricos no se encuentra distante de la autonomía que ofrecen.

### 3.2 DISEÑO MECÁNICO

Se presenta una estructura evaluada por un estudio de mercado para definir como debe ser acoplada la implementación eléctrica diseñada al vehículo, para ello se inicia sobre un chasis de un Daewoo Matiz ya que una de las características de este chasis es su peso ligero aproximado de 300Kg libres y además esta carrocería es de chasis auto portante cuya características es que lleva el chasis incorporado facilitando el proceso de montaje de todas las partes mecánicas y eléctricas. Por lo tanto, se realiza la carrocería tanto interna y externa correspondiente que contempla:

Todo el acondicionamiento ergonómico del vehículo como resultado el tablero frontal, la cojinería y tapicería y diseño estético del vehículo.

La configuración estructural eléctrica distribuyendo el peso de las baterías equilibradamente es decir cuatro baterías en la parte frontal y cinco baterías en la parte trasera el vehículo, además de la ubicación del controlador en un sitio seguro para evitar daños ya sea por emisiones electromagnéticas o de temperatura y humedad.

Acondicionamiento de la suspensión del vehículo y sistema de frenos a partir de una bomba de vacío reforzando y dando seguridad ante cualquier fallo o situación peligrosa.

Por último, se realiza un sistema de transmisión acoplando la caja de cambios original del vehículo y el motor de inducción AC50 con la finalidad de administrar la potencia que suministra el motor hacia las ruedas y crear un efecto diferencial el cual permite que las ruedas giren a distintas velocidades en el momento de una curva, es decir, la rueda exterior a la curva gira a una velocidad mayor a la rueda interior a la curva. Debido a la configuración de los engranajes de la caja de cambios la cual administra la potencia del motor, se genera una desmultiplicación en la caja de cambios, es decir que la potencia que entrega el motor no es la misma a la que llega a las ruedas presentando unas pérdidas de potencia; la potencia que llega a las llantas se obtuvo a partir de la relación de transmisión entre cada marcha y la potencia de salida del motor Tabla 4, dando como resultado que se presenta una pérdida de potencia del motor de alrededor del 20% en cada cambio.

**Tabla 4: Relación de Transmisión en la Caja de Cambios.**

<b>TRANSMISIÓN DEL DAEWOO MATIZ</b>	
<b>Marcha</b>	<b>Relación de transmisión</b>
1a	3,82
2a	2,21
3a	1,42
4a	1,03
5a	0,84
Reversa	3,58

#### **4. TRABAJO FUTURO**

De acuerdo a los resultados obtenidos, como trabajo futuro se planea cerrar el lazo haciendo control de los estados funcionales de la planta piloto y con ello el usuario será capaz de editar su configuración y personalizar los parámetros necesarios del controlador desde la HMI para mejorar su eficiencia.

#### **5. CONCLUSIONES**

Este trabajo presento el desarrollo e implementación que se ha llevado a cabo para la instrumentación de un vehículo eléctrico utilizando una HMI.

Los resultados obtenidos demuestran que el uso de una HMI es esencial en la supervisión de los estados funcionales del vehículo eléctrico debido a la fidelidad de la información que se presenta, otorgando características de facilidad, sencillez y ergonomía en su lectura por el usuario frente a sistemas análogos convencionales; además, el almacenamiento de la información representa una ventaja adicional ya que permite el registro, análisis y supervisión de la eficiencia del vehículo eléctrico en cualquier instante deseado.

#### **REFERENCIAS**

- Advanced Motion Controls. (2007). "CANopen COMMUNICATION MANUAL". *DP & DZ Series CANopen Drives*, Rev. 4.6, pp. 1 – 219.
- Amditis, A. et al., (2005a). "Design and development of an adaptive integrated driver-vehicle interface: overview of the AIDE project", Proc of the IFAQ Congress, Prague.
- Amditis, A. et al., (2006b). "System architecture for integrated adaptive HMI solutions", *Intelligent Vehicles Symposium*, pp.388-393.
- Amditis, A. et al., (2010c). "Towards the Automotive HMI of the Future: Overview of the AIDE-Integrated Project Results". *Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on*, Vol. 11, No. 3, pp. 567-578.

- Bennett, P.A. (1995). “Advances in the design and deployment of human-machine interfaces”, *Engineering of Complex Computer Systems, First IEEE International Conference on*, pp. 68-69.
- Boterenbrood H. (2000). “CANopen: high-level protocol for CAN – bus”. *NIKHEF*, Amsterdam, Version 3.0, pp. 1 – 23.
- Bunte, T. et al., (2011). “Human machine interface concept for interactive motion control of a highly maneuverable robotic vehicle”, *Intelligent Vehicles Symposium (IV), IEEE*, pp. 1170-1175.
- Ceraolo, M. et al., (2005). “CAN-LabView based development platform for fine-tuning hybrid vehicle management systems”, *Vehicle Power and Propulsion, 2005 IEEE Conference*, pp. 6.
- Cocron et al., (2011). “Methods of evaluating electric vehicles from a user's perspective - The MINI E field trial in Berlin”. *Intelligent Transport Systems, IET*, Vol. 5, No. 2, pp. 127-133.
- Consejería de económica y hacienda, Comunidad de Madrid. (2010). Guía del Vehículo Eléctrico, <http://www.cleanvehicle.eu/fileadmin/downloads/Spain/Guida%20del%20vehiculo%20Electrico.pdf>, 4/15/2012.
- Consejo Nacional de Política Económica y Social, República de Colombia. (2011). Estrategia Institucional para la Articulación de Políticas y Acciones en el Cambio Climático en Colombia, <https://www.dnp.gov.co/LinkClick.aspx?fileticket=2yrDLdRTUKY%3D&tabid=1260>, 04/13/2012.
- Curtis Instruments, Inc. (2006). Manual Curtis 1238r model, [http://www.electriconautsports.com/files/1234\\_36\\_38%20Manual%20Rev%20C2.pdf](http://www.electriconautsports.com/files/1234_36_38%20Manual%20Rev%20C2.pdf), 09/23/2011.
- Del Bosque, J. et al., (2011). “Velocity Control of an Electric Vehicle over a CAN Network”, *Artificial Intelligence (MICAI), 10th Mexican International Conference on*, pp. 121-126.
- Endesa SA. (2013). Vehículo Eléctrico, <http://www.endesavehiculoelectrico.com/>, 03/28/2013.
- Engstrom, J. et al., (2004). “The AIDE Integrated Project: An Overview”, *Proc. ITS Congress*, Budapest.
- Firebird Foundation Incorporated. (2012). About Firebird, <http://www.firebirdsql.org/en/about-firebird/>, 10/17/2012.
- Jing Feng et al., (2008). “Principles and application of the real-time hardware-in-the-loop simulation platform based on multi-thread and CAN”, *Industrial Electronics, ISIE IEEE International Symposium on*, pp. 2225-2230.
- Keoun, B.C. (1995). “Designing an electric vehicle conversion”, *Southcon Conference Record*, pp. 303-308.
- Maggetto, G. and Van Mierlo, J., (2000). “Electric and electric hybrid vehicle technology: a survey”, *Electric, Hybrid and Fuel Cell Vehicles, IEE Seminar*, pp. 1-111.
- Ministerios de minas y energía, República de Colombia. (2007). Plan Energético Nacional 2006-2025, [http://www.upme.gov.co/Docs/PLAN\\_ENERGETICO\\_NACIONAL\\_2007.pdf](http://www.upme.gov.co/Docs/PLAN_ENERGETICO_NACIONAL_2007.pdf), 04/11/2011.
- Norman, A. D. (1999). *The invisible computer*, MIT Press.
- Peak System. (2011). *PCAN – USB, User Manual*, Versión 2.1.0, Alemania.
- Pill-Soo Kim. (2003). “Cost modeling of battery electric vehicle and hybrid electric vehicle based on major parts cost”, *Power Electronics and Drive Systems, PEDS. The Fifth International Conference on*, vol. 2, pp. 1295-1300.
- Reuschenbach, A. et al., (2011). “iDriver - Human Machine Interface for Autonomous Cars”, *Information Technology: New Generations (ITNG), Eighth International Conference on*, pp. 435-440.
- Road Vehicles. (1993). “Interchange of Digital Information – Controller Area Network (CAN)”, International Standard Organisation (ISO), Standard-11898.
- Unidad de Planeación Minero Energética – UPME, República de Colombia. (2003). Colombia y el protocolo de Kioto, [http://unfccc.int/files/adaptation/adverse\\_effects\\_and\\_response\\_measures\\_art\\_48/application/pdf/200310\\_ed\\_paper\\_colombia.pdf](http://unfccc.int/files/adaptation/adverse_effects_and_response_measures_art_48/application/pdf/200310_ed_paper_colombia.pdf), 04/23/2011.

Zhoubo Ding et al., (2011). "Modeling and testing of low-speed electric vehicle", *Electric Information and Control Engineering (ICEICE), International Conference on*, pp. 2355-2357.

Zimmer, D. and Rhodes, D., (2006). "Human-machine interfaces". *Industry Applications Magazine, IEEE*, Vol. 12, No. 2, pp. 29-35.

### ***Authorization and Disclaimer***

*Authors authorize LACCEI to publish the paper in the conference proceedings. Neither LACCEI nor the editors are responsible either for the content or for the implications of what is expressed in the paper.*