

REVISIÓN Y ANÁLISIS DE LA NORMATIVIDAD ACTUAL DE PRODUCTOS Y EQUIPOS ELÉCTRICOS FRENTE A LA ENTRADA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN COLOMBIA

J. A. Bohórquez*, C. P. López**, A. E. Díez*†, I. C. Díez***

*Universidad Pontificia Bolivariana, Cir. 1 #70-01, of. 11-259, Medellín, Colombia.

**XM, Compañía Expertos en Mercados S.A. E.S.P. Cl 12 Sur # 18 - 168 Bloque 2, Medellín, Colombia.

***Ingeniería Especializada-IEB-S.A. Cl 8B # 65-191, of. 331, Medellín, Colombia.

Recibido 16 Septiembre 2011; aceptado 19 Octubre 2011
Disponible en línea: 16 Diciembre de 2011

Resumen: Frente a la posibilidad de la incorporación del vehículo eléctrico - VE como alternativa de transporte en el país, se hace necesario realizar un estudio del impacto en todos los ámbitos, en especial ante su posible masificación. La normalización es uno de los temas a tener en cuenta cuando se desea ingresar nuevas tecnologías en un país, pues además de proporcionar confianza en el mercado a través de su aplicación, garantizando unos estándares de calidad y compatibilidad con los diferentes fabricantes, brinda seguridad en su uso, para minimizar los riesgos contra la integridad de las personas. En el presente artículo se presenta un análisis realizado sobre la normatividad existente de los vehículos eléctricos y una propuesta para la elaboración de un Reglamento Técnico mediante el cual se establezcan los requisitos mínimos que deberán cumplir los VE para su comercialización en el país. *Copyright © 2007 UPB.*

Palabras clave: Vehículo Eléctrico, Estandarización, Seguridad, Regulación

Abstract: With the possibility of incorporating electric vehicles in the country, it is necessary to conduct a study of the impact in all areas. Normalization is one of the key issues to consider, because of the need provide confidence in the market through, ensure quality standards and compatibility with different manufacturers, and overall guaranty safety to the users. This paper presents an analysis of electric vehicle standards proposing the development of Technical Regulations to establish the minimum requirements to meet for marketing EVs in the country.

Keywords: Electric vehicle, standardization, security, regulation

1. INTRODUCCIÓN

El transporte por carretera sigue siendo muy dependiente de los productos petrolíferos (en un 98%), representando un gran porcentaje de las emisiones totales de CO₂, incentivando a plantear un marco de actuación encaminado a incorporar medios de transportes más eficientes y limpios. Es aquí donde se vislumbra la promoción de tecnologías de propulsión alternativas a las

existentes (como la gasolina), donde prime la eficiencia energética y la reducción de los contaminantes arrojados a la atmosfera.

El motor eléctrico sigue siendo energéticamente más eficiente que el motor de combustión interna. Si se considera el rendimiento del pozo a la rueda (Well to Wheel), en el mejor de los casos, la tracción con motor de combustión interna tiene un rendimiento que no llega al 20% mientras que

† Autor al que se le dirige la correspondencia:
Tel. (+574) 4488388.
E-mail: andres.diez@upb.edu.co (Andrés Díez).

un vehículo de baterías alimentado con electricidad proveniente del mix energético actual (diferentes fuentes de energía como el petróleo, agua, aire) se acerca al 30%, mientras que en países con matriz energética predominantemente renovable, la eficiencia del vehículo eléctrico puede superar el 50%. Colombia encaja en este último caso, gracias a la hidroelectricidad. Además la ausencia de contaminación acústica debida al funcionamiento del motor de combustión interna, permite disminuir el nivel de ruido emitido por el vehículo, contribuyendo a mitigar la contaminación sonora.

De ahí que la incorporación del vehículo eléctrico puede suponer una nueva revolución industrial, con lo que se espera hacer más sostenible el futuro. Sin embargo, todo cambio trae consigo nuevos desafíos en todos los niveles. En lo que respecta a la seguridad, se hace necesario establecer reglamentos especialmente diseñados para la correcta implementación de esta tecnología. Con base en lo anterior, los primeros esfuerzos se deben concentrar en la normalización específica del sector, ya que éstas aún se encuentran por desarrollar.

Si se revisa la situación actual, se encuentra que no hay una posición definida en cuanto a la normatividad que debe cumplir los vehículos eléctricos en caso de que se lleguen a comercializar en el país como una alternativa de transporte, si bien es cierto que, actualmente la mayoría de sus componentes se encuentran reglamentados y normalizados por separado, se requiere establecer pautas específicas para los vehículos eléctricos en su conjunto. Es por esto, que se hace necesario revisar desde el punto de vista normativo que aspectos se tendrían que evaluar al momento de importar los vehículos, ya que, por tratarse de una nueva tecnología, se requiere de un esfuerzo de normalización que garantice la homogeneidad de los productos para facilitar su uso y comercialización en el país consecuente con lo establecido en la reglamentación colombiana.

La introducción de normas de seguridad para componentes de vehículos eléctricos brinda la confianza y la aceptación del consumidor, necesaria para el desarrollo y la incorporación de los vehículos al mercado. Es claro que, a medida que se introducen nuevos conceptos a la sociedad, se debe considerar la seguridad que brindan los nuevos desarrollos. Es por esto que, ante la

entrada de los vehículos eléctricos, se hace necesaria la adopción de normas y reglamentos que estandaricen los parámetros bajo los cuales dicha tecnología operará en el país.

Es importante considerar la posición de Colombia frente a la reglamentación y normalización de este tipo de tecnologías, ya que, como país importador neto, que no cuenta con el desarrollo tecnológico o con empresas fabricantes y desarrolladoras en estas tecnologías, no tiene la suficiente capacidad para desarrollar una normatividad propia desde cero, además de lo impráctico que esto sería. Por lo tanto, la posición debe ser conservadora, estando atento a la evolución del desarrollo normativo a nivel internacional y a los acuerdos y estándares que se vayan consolidando de manera que se vaya estableciendo la normalización y reglamentación propia basado en los estándares internacionales.

2. NECESIDAD DE DEFINIR UNA NORMATIVA ASOCIADA A LA INCORPORACIÓN DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO EN COLOMBIA

De acuerdo con lo planteado, desde el punto de vista normativo, es necesario un proceso de exploración, conocimiento y adopción de un marco que facilite la incorporación del vehículo eléctrico en Colombia, tomando como referencia la experiencia en otros países, donde la incorporación del vehículo eléctrico se encuentre en un estado más avanzado, y por tanto, más estudiado.

Con respecto a la normatividad colombiana, la Norma Técnica NTC 2050-1999 ([ICONTEC, 1999](#)) hace mención al vehículo eléctrico y establece algunos requisitos relacionados con los conductores y equipos eléctricos externos a los vehículos, que sirven para conectarlos a una fuente de alimentación y a la instalación de los equipos y dispositivos para la carga de los vehículos. En este mismo sentido, EL RETIE-Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (MME, 2008) por su parte, no establece requisitos particulares para los VE.

Haciendo un análisis de los requisitos establecidos en los documentos anteriores, se encuentra que estos hacen referencia sólo a los conductores y equipos externos al vehículo eléctrico. No existe en el país una norma que indique de manera precisa qué requisitos deben

cumplir los componentes eléctricos que hacen parte de un vehículo y que puedan representar riesgos a la seguridad de las personas. Sin embargo, estos requisitos se pueden tomar como un punto de partida para iniciar la verificación del cumplimiento de requisitos mínimos de seguridad de los VE.

3. NORMATIVIDAD INTERNACIONAL

En el ámbito internacional existen muchas normas relacionadas con el vehículo eléctrico y sus implicaciones en la sociedad y más directamente sobre los usuarios del vehículo. En general, y debido a la tendencia masificación del vehículo en algunos países europeos, se han ido desarrollando y adoptando normas con el fin de establecer medidas que garanticen la seguridad de las personas, así como el buen funcionamiento de los componentes de los vehículos. Estas medidas pretenden eliminar cualquier barrera técnica al comercio, de modo que los requisitos se encuentren estandarizados y puedan ser aplicados en cualquier país. Se mostrarán a continuación, algunos de los avances realizados en temas de normatividad del vehículo eléctrico en otros países.

3.1. Regulación internacional sobre seguridad de los vehículos híbridos y totalmente eléctricos: Reglamento No 100 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE/ONU) — Disposiciones uniformes relativas a la homologación de vehículos en relación con los requisitos específicos del grupo motopropulsor eléctrico.

Las Naciones Unidas ([CEPE/ONU, 2011](#)) han adoptado la primera regulación internacional sobre seguridad de los vehículos híbridos y totalmente eléctricos. Este reglamento contempla condiciones mediante las cuales se asegure que los usuarios no se pondrán en contacto accidental con los cables de alto voltaje. Se establecen también medidas de seguridad para evitar que los vehículos arranquen cuando están siendo recargados. Se definen los requisitos generales de uso, indicando al conductor, entre otras cosas, si el sistema eléctrico está encendido para evitar que el vehículo se ponga en marcha. En este Reglamento se prescribe además, una prueba

estandarizada o 'test manual' para revisar el nivel de protección de todo el vehículo.

Este reglamento tendrá carácter internacional, para que los fabricantes puedan vender sus vehículos, acogiéndose a los requisitos allí contemplados y puedan ser comercializados no sólo en la Unión Europea sino en otros mercados importantes, como Corea del Sur, Japón y Rusia.

Los requisitos normalizados del Reglamento n° 100 de la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas (CEPE/ONU, 2011), están destinados a eliminar las barreras técnicas al comercio entre las partes contratantes del Acuerdo de 1958 y garantizar un elevado nivel de seguridad en los vehículos de motor eléctrico.

3.2. B. Norma ISO 6469-2009: Requisitos de Seguridad para Vehículos Eléctricos.

La organización internacional ISO publicó en el año 2009 una nueva versión de la Norma ISO 6469 ([ISO, 2009](#)), con especificaciones de seguridad para vehículos de propulsión eléctrica. Esta norma establece los requisitos mínimos que deben tener en cuenta los fabricantes a la hora de realizar los diseños de los vehículos de propulsión eléctrica y proporciona un marco con la información necesaria para el personal de seguridad y de servicios de emergencias que atienden accidentes relacionados con estos vehículos.

La primera parte de la versión de la norma ISO 6469-1:2009, especifica los requisitos de seguridad de los sistemas de almacenamiento de energía recargable (RESS) de los vehículos de tracción eléctrica, incluidos los vehículos de batería eléctrica (BEVs), los vehículos de pila de combustible (FCV) y los vehículos eléctricos híbridos (HEV), para la protección de las personas dentro y fuera del vehículo y del entorno del mismo.

La segunda parte de la norma (ISO 6469-2:2009) ([ISO, 2009](#)), define los requisitos para los medios de seguridad operacional y la protección contra los fallos relacionados con los riesgos específicos para los vehículos de propulsión eléctrica.

La tercera parte de la norma (ISO 6469-3:2009) ([ISO, 2009](#)), especifica los requisitos para los sistemas de propulsión eléctrica y sistemas

conectados por conducción auxiliar para la protección de las personas dentro y fuera de un vehículo eléctrico.

Vale la pena aclarar, que actualmente la Organización Internacional de Estandarización - ISO, se encuentra trabajando en la actualización y extensión de la norma ISO 6469, a través de un importante proyecto mediante el cual, se están adaptando los requisitos de las normas a los nuevos retos de los vehículos eléctricos con batería (BEV) y vehículos eléctricos híbridos (HEV), que abarcan la seguridad de los vehículos, sistemas de almacenamiento energía recargable, protección contra fallas, entre otras consideraciones.

4. NORMATIVIDAD DE LOS COMPONENTES DE LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

4.1. Motor Eléctrico.

Con relación a la normatividad nacional asociada a los motores eléctricos, encontramos las siguientes normas:

- NTC 2805-2005 (IEC 60034-1): Máquinas eléctricas rotatorias - características nominales; máquinas eléctricas rotatorias - características de funcionamiento.
- NTC 4240-1997: Máquinas eléctricas rotatorias. Evaluación funcional de los sistemas de aislamiento. Procedimientos de ensayo para devanados preformados. Evaluación funcional de múltiples factores-resistencia de los sistemas de aislamiento usados en máquinas hasta 50 MV y 15kV inclusive, bajo combinación de esfuerzos térmicos y eléctricos.
- NTC 4587-2001 Máquinas eléctricas rotatorias. Evaluación funcional de los sistemas de aislamiento. Procedimientos de ensayo para devanados prealambrados. Clasificación de cambios y sustitución de componentes aislantes.
- NTC 4652-1999. Máquinas eléctricas rotatorias. Métodos de ensayo específicos para máquinas de c.c. con alimentación convencional y por rectificadores.

4.2. Conectores para vehículos eléctricos

Los diferentes grupos de trabajo de normalización SAE, ISO/IEC y demás, se prepararon para definir los requerimientos de las comunicaciones entre el vehículo eléctrico y la red, y a estudiar los distintos casos que se podrían presentar.

Actualmente se destacan dentro del marco normativo las siguientes normas:

- Norma IEC 61851-1:2002 e IEC 62196-1:2004: Esta norma contempla los aspectos generales del sistema conductivo de carga para vehículos eléctricos. Establece los diferentes modos de carga que se pueden adoptar para la recarga de los vehículos eléctricos:

Modo 1 de carga - AC: La conexión se realiza directamente desde el vehículo hasta el tomacorriente en donde deberá situarse un dispositivo diferencial. La capacidad del tomacorriente es de 16 A (3,7 – 11 kW) y la tensión inferior a 250V monofásica / 480V trifásica. Es un modo que apenas será usado en los vehículos eléctricos. (En algunos países está prohibido el modo 1 por ley - USA).

Modo 2 de carga - AC: Conexión del VE a un conector de red eléctrica estándar, mediante un cable especial, donde uno de los pines denominado control piloto es el encargado de la comunicación vehículo con la infraestructura de recarga. Cuando no se tiene un punto de recarga inteligente, y el punto se limita a un tomacorriente convencional, se debe emplear un dispositivo intermedio que lo simule. En este modo, el VE se conecta mediante un dispositivo que es posible que venga con el vehículo, y que permitirá simular una carga con comunicación con el punto de recarga. Tiene un problema de seguridad ya que en ese conector se podrá enchufar cualquier equipo eléctrico convencional. La corriente máxima que se permite es de 32 A por fase (7,4 – 22 kW).

Modo 3 de carga - AC: En este modo de carga existe comunicación real entre vehículo e infraestructura de recarga a través del Control Pilot. Es el modo de carga más evolucionado y el que

verdaderamente aporta beneficios en la carga de vehículos eléctricos. El VE se conecta a la red de Baja Tensión BT (CA) con un enchufe y un tomacorriente específico (hasta 70A/250V en monofásico y hasta 63A/480V en trifásico), a través de un circuito de uso exclusivo. Este conector es incompatible con el conector de red eléctrica estándar, pues se compone de 5 o 7 pines para VE.

Modo 4 de carga: - DC: Este modo de carga está reservado a la carga ultrarrápida mediante corriente continua, para la cual no todos los vehículos vendrán preparados en un primer momento. Este modo consiste en una estación de recarga para uso exclusivo del VE, permanentemente conectada al suministro AC. Supone un cargador de baterías externo al VE, con suministro DC al mismo hasta 400 A (aprox 50 – 150 kW).

Además de definir los modos de carga para los vehículos eléctricos y los métodos de conexión, las normas IEC 61851-1:2002 e IEC 62196-1:2004 contemplan aspectos relacionados con el piloto de control, la protección adicional obligatoria, la secuencia de contacto y el grados IP, entre otras.

- Norma SAE J1172 - 2009: La norma SAE J1172 ([SAE, 1995](#)) es un estándar norteamericano de conectores eléctricos para vehículos eléctricos, elaborada y expedida por la Sociedad de Ingenieros Automotrices, cuya intención es definir un conductor común de carga para vehículos eléctricos que incluya las características físicas y eléctricas del conector, los requisitos de funcionamiento, requisitos dimensionales de la entrada del vehículo y el conector de acoplamiento.

La emisión de la norma SAE J1172, fue aprobada inicialmente en 1996 y ahora da cabida a la última generación de vehículos que necesitan ser conectados a una fuente de alimentación para la carga de sus baterías.

La revisión de la norma SAE J1172 (octubre del 2009) se basa en un conector

diseñado por Yazaki y permite un incremento de potencia hasta 16.8kW, suministrados vía corriente monofásica (120-240 V AC y 70A). El conector redondo de 43 mm de diámetro tiene 5 pines y soportará un canal de comunicaciones a través de la línea eléctrica para identificar al vehículo y controlar su carga. El conector ha sido diseñado para soportar hasta 10.000 ciclos de conexión/desconexión y exposición a cualquier clase de elementos. Con un ciclo de conexión/desconexión diario, la vida promedio sería de unos 27 años.

- Norma 1650/2004 - IEC 60884-1: Esta norma, aplica a clavijas y tomacorrientes fijos o portátiles para C.A., con o sin contacto de tierra, con una tensión nominal entre los 50 V y 440 V y corriente nominal que no exceda de 32 A, destinada para uso doméstico y propósitos similares, ya sea para interiores o exteriores.

Esta norma aplica también a clavijas incorporadas a un cable fijo de alimentación y a clavijas y tomacorrientes portátiles incorporados a extensiones. También aplica a clavijas y tomacorrientes que son un componente de un aparato eléctrico, a menos que se establezca de otra manera en la norma para ese aparato eléctrico en particular.

Las clavijas y tomacorrientes fijos o portátiles que cumplen con esta norma, son adecuados para usar a temperatura ambiente que normalmente no exceda los 25 °C, y ocasionalmente los 35 °C.

Los tomacorrientes que cumplan con esta norma, solamente son adecuados para incorporarse en equipo de tal manera y en tal lugar que sea poco probable que la temperatura que los rodea exceda los 35 °C.

4.3. Cables para el vehículo eléctrico:

Es importante precisar que existen varios tipos de cables asociados a la funcionalidad del vehículo, entre los cuales se tiene el cable utilizado para tomar la energía de una fuente de alimentación

externa para recargar la batería, y los cables de los diferentes circuitos al interior del vehículo.

De lo anterior, se deriva todo un compendio de normas diseñadas para cada tipo de cable dependiendo de su función, construcción y aplicación.

Con la entrada del vehículo eléctrico, llegan desafíos que deben enfrentar las diferentes entidades de normalización para afrontar los nuevos retos que supone una nueva tecnología. Es así como la firma de certificación de seguridad Underwriters Laboratorios (UL), anunció nuevos requisitos para los juegos de cables para interiores y exteriores de vehículos eléctricos e híbridos, con el fin de ayudar a los fabricantes automotrices a producir unidades más seguras y eficientes de acuerdo con la demanda que va en ascenso.

Los juegos de cables establecen una conexión eléctrica con el propósito de cargar vehículos eléctricos en casa o en estaciones públicas de carga, además incluye juegos de cables estacionarios y portátiles, incluyendo el contacto, cable flexible de potencia, circuitos de protección al personal, cable del vehículo eléctrico y conector del vehículo, entre otros aspectos. Esta norma cumplirá con el Artículo 625 del Código Nacional Eléctrico de los EE.UU.

Sin embargo, por ahora, es sólo un proyecto, y hasta el momento UL no ha dado una fecha definitiva para la expedición de dichas normas. Es por esto, que actualmente, los cables para vehículos se deben evaluar bajo el marco de la normatividad existente.

A continuación se presentan algunas de las normas que cubren dentro de su alcance, los cables a ser utilizados en los vehículos. Para los cables al interior de los vehículos se ha venido utilizando hasta ahora las normas tales como la norma SAE J1128 y la UL 62.

- Norma SAE J 1128: Esta norma es aplicable a los cables de baja tensión con voltaje igual a 60 V DC (25 V AC) o menos en la superficie de los sistemas del vehículo eléctrico. Las pruebas están destinadas a calificar cables para aplicaciones normales con exposición limitada a los líquidos y al abuso físico.

La norma define requisitos que aseguren la correcta operación de los cables en

sistemas eléctricos de bajo voltaje en automóviles, dependiendo de su funcionamiento. Los cables cumplen varias funciones en el vehículo: Alimentación de los sistemas de iluminación, control y señalización de los vehículos. Adicionalmente pueden ser usados en el alambrado de circuitos de bajo voltaje en tableros de control y señalización. La norma establece distintos tipos de cables, dependiendo de su aplicación: Tipo TWP; Tipo GPT; Tipo HDT; Tipo HTS; Tipo TXL; Tipo GXL y Tipo SXL.

De los anteriores, los cables más utilizados para los vehículos son los cables tipo GPT y los cables tipo SXL. Los tipo GPT, se utilizan para propósitos generales en vehículos automotores, trabajan a 50V y soportan una temperatura hasta 75°C.

Los cables tipo SXL, se utilizan normalmente para el vano del motor. Donde se requieran conductores para servicio más pesado que los tipo GPT. Trabajan a 50V y soportan una temperatura hasta 125°C.

La norma define los siguientes ensayos para que se realicen sobre los cables y de esta manera se compruebe que son aptos para su uso: Recubrimiento de los alambres, compatibilidad con los fluidos, resistencia a la abrasión, entre otros.

- Norma SAE J 1127: Esta norma es aplicable a los cables baja tensión para batería de vehículos. Las pruebas están destinadas a calificar cables para aplicaciones normales con exposición limitada a los líquidos y al abuso físico. Dichos cables se clasifican como: Tipo STT; Tipo SGT; Tipo STR; Tipo SGR; Tipo STX; Tipo SGX; Tipo STE y Tipo SGE. (SAE, 1995)

El cable más utilizado es el cable Bateria SGT, el cual tiene su aplicación principal en el circuito de arranque de vehículos entre la batería y el motor de combustión interna.

Los cables fabricados bajo esta norma, cuentan con las siguientes características,

las cuales los hacen aptos para su uso: son cables de cobre suave, en construcción flexible, con aislamiento termoplástico extruido, a base de policloruro de vinilo (PVC). Tensión máxima de operación: 60V C.D. (25V C.A.) y son compatibles con fluidos (aceite, gasolina, diesel, ácido de baterías entre otros).

La norma define los siguientes ensayos para que se realicen sobre los cables y de esta manera se compruebe que son aptos para su uso: Compatibilidad con los fluidos, Resistencia al ozono, Propiedades mecánicas, entre otras.

- Norma UL 62 - 2004: Esta norma establece los requisitos para cables flexibles, cables para elevador y cables para grúas viajeras, hasta 600V y que se destinan para utilizarse de acuerdo con el Código Eléctrico Canadiense, La Norma Oficial Mexicana de Instalaciones Eléctricas y el Código Eléctrico Nacional (NEC), de los Estados Unidos.

Los cables diseñados bajo esta norma son aplicables para cableado de motores, cableado interno de luminarias, balastos, secadores de ropa, estufas, neveras. Adicionalmente, son utilizados para la alimentación, señal y control a los vehículos eléctricos durante el proceso de carga. Estos cables se componen de dos o más conductores aislados, con o sin conductores a tierra, con una chaqueta en general.

4.4. Baterías de tracción:

La batería de tracción es aquella que se utiliza como fuente de alimentación de un sistema de transporte que utiliza la tracción eléctrica como medio de propulsión en aplicaciones relacionadas siempre con el transporte. Por lo tanto, el desarrollo y evolución de éstas, está íntimamente ligado con el desarrollo de los vehículos eléctricos de tracción eléctrica.

La batería de tracción almacena una gran cantidad de energía eléctrica y su corriente de cortocircuito es normalmente muy elevada, es por ello que se deben de tomar las medidas de seguridad preventivas de manera oportuna.

Las regulaciones referentes al suministro de energía para baterías de tracción de vehículos eléctricos están evolucionando de forma rápida. El principal documento que hace referencia a ellas es el IEC 718 (Electrical equipment for the supply of energy to battery-powered road vehicles), 1992 que esta siendo revisado por WG 4 de TC 69 de la IEC.

Las normas más comunes de aplicación para las baterías son:

- IEC 61056 Baterías de acumuladores de Pb – Ácido para uso general.
- IEC 610896 Baterías Pb – Ácido estacionarias.
- IEC 60254 Baterías Pb – Ácido para tracción.
- IEC 95 Baterías Pb – Ácido para arranque.

5. CONSIDERACIONES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN REGLAMENTO TÉCNICO

Cuando se estudia la posibilidad de incorporar el vehículo eléctrico al país como una alternativa de transporte, se debe tener presente el análisis anterior, ya que por tratarse de una nueva tecnología no sólo al interior del país sino alrededor del mundo, implica un análisis exhaustivo del impacto que trae consigo la incorporación de esta alternativa al interior del país.

El Reglamento propuesto, debe ser elaborado de acuerdo con el procedimiento, definido por el Subsistema Nacional de Calidad - SNCA. En el alcance de este artículo, sólo se definirán algunos de los pasos establecidos por el SNCA:

5.1. Determinación del Riesgo que se debe controlar, del objetivo legítimo que se pretende defender.

Debido a que los vehículos eléctricos representan una tecnología diferente a la de los vehículos de motor de combustión interna actuales, éstos traen consigo una serie de riesgos asociados, los cuales comprometen la seguridad de los ocupantes y de su entorno. Por lo tanto, se hace necesario revisar los siguientes aspectos: La seguridad en el

sistema de tracción eléctrica, seguridad en la batería de tracción, seguridad en la carga de las baterías, seguridad en los conectores, seguridad con el cableado, seguridad ante un impacto accidental del vehículo y seguridad asociada al ruido que dejarían de percibir los peatones y los conductores de los vehículos eléctricos.

Se procederá a ilustrar lo que hasta ahora se ha clasificado como un riesgo en la utilización de los vehículos eléctricos:

En cuanto al uso de las baterías en los vehículos:

- Peligro eléctrico, debido a la presencia de altos voltajes y de una alta corriente de cortocircuito de la batería.
- Peligro mecánico, debido al elevado peso de la batería.
- Peligro químico, debido a la presencia de productos químicos altamente reactivos dentro de la batería.
- Peligro de explosión, debido a la formación de gases explosivos (hidrógenos).
- La ventilación del compartimiento de la batería debe ser de tal forma que el aire sobrante no pueda entrar en el comportamiento de los ocupantes: en primer lugar porque se podría tener riesgo de explosión (posibilidad de personas fumando en el interior) y en segundo lugar porque el aire sobrante de dicha ventilación podría contener pequeñas gotas de ácido.

En cuanto a la estandarización de los conectores para la recarga del vehículo:

Los primeros adelantos en cuanto a vehículos eléctricos se han trabajado con la clavija estándar a nivel mundial, y la cual se encuentra estandarizada por la norma NTC 1650/2004 (IEC 60884-1), la cual desde el punto de vista de la seguridad claves para su funcionamiento, y que si se incluyen en otro tipo de clavijas: Detección de proximidad, lo cual impide el movimiento del vehículo mientras está conectado al cargador, control de la línea piloto de comunicación para coordinar nivel de carga entre él y el vehículo y el cargador, entre otras.

Por lo anterior, es necesario que se establezcan las condiciones y los requisitos técnicos que deben cumplir los conectores de los vehículos, previa comercialización de éstos en el mercado colombiano, de manera coherente con las corrientes que van a manejar.

En cuanto a un impacto accidental del vehículo:

Los componentes esenciales de los vehículos eléctricos se limitan básicamente al motor eléctrico y a la batería que lo alimentan. En esta alternativa se elimina el motor de combustión como elemento de tracción. Con el fin de sacar mayor provecho del motor, se trabaja con voltajes elevados, desde 200V hasta 600V aproximadamente. Por lo anterior, la seguridad de los ocupantes del vehículo así como la determinación de la posición de las piezas de elevado voltaje en el vehículo, entra a ser un factor importante, sobre todo en el escenario de un impacto o choque del mismo. Al respecto, se deben definir también, los requisitos necesarios que garanticen, que ante un impacto del vehículo, no se expondrá la seguridad de los usuarios.

En Europa, por ejemplo, se ha puesto a prueba un crashtest frontal desalineado 64km/h (según metodología Euro NCAP) y un choque por alcance desalineado, según normativa americana a 80 km/h. También se ha realizado ensayos de corte en la carrocería del vehículo accidentado, para determinar el nivel de seguridad para los equipos de rescate tras un accidente.

Después de estos ensayos se concluyó lo siguiente:

- La construcción del vehículo debe ser ligera, reduciendo así el consumo de energía, alcanzándose mayor autonomía y costos adecuados para las baterías.
- Se debe proporcionar un habitáculo de supervivencia. A pesar de que el vehículo sea de construcción ligera, no implica que no pueda proporcionar la seguridad necesaria para sus ocupantes. Esto quedó demostrado con el crashtest que se ha realizado.
- Debe asegurarse la colocación segura de los sistemas de alto voltaje en caso de impactos (tramos de cables, baterías, relés, etc).

- Por tratarse de nuevas tecnologías, se debe poner a disposición del usuario, la información unificada y estandarizada para el rescate. Es razonable, pensar en la posibilidad, de poner esta información a disposición de los equipos de rescate de manera electrónica en el lugar del accidente.
- Todo vehículo con una instalación de elevados voltajes, debe disponer de información sobre la desconexión del alto voltaje en caso de un choque. Estas deben ser parte del manual de instrucciones de todo vehículo.
- Los equipos de rescate requieren de un elemento visual unificado que se encuentre en un lugar centralizado y visible en el lugar del accidente, que indique claramente la desconexión de la batería a través de elementos separadores y que se pueda asegurar de que el vehículo está libre de elementos de alto voltaje.
- Los equipos de rescate deben poder desconectar el sistema de alto voltaje con medios sencillos. Debe asegurarse que la accesibilidad siga estando garantizada incluso después de un accidente.
- Finalmente, se recomienda que las entidades encargadas de otorgar las homologaciones de los vehículos, se aseguren que sólo obtengan la homologación aquellos con componente de alto voltaje con seguridad intrínseca para eliminar posibles peligros mortales.

Para minimizar estos riesgos, se incorporan varios aspectos de seguridad redundantes en el vehículo, con el fin de eliminar cualquier tipo de peligro para los ocupantes, el personal de rescate y el entorno.

El primer paso, en la fase de diseño es la adecuada ubicación de todos los componentes, especialmente las baterías. Éstas deben colocarse en un lugar que esté protegido contra impactos, pero al mismo tiempo en una zona adecuada para el centro de gravedad, ya que dependiente de la capacidad, llegan a suponer el 20% del peso total del vehículo.

También se debe tener en cuenta un posible aplastamiento de los cables de alto voltaje. Estos, al igual que las baterías, no deberían encontrarse dentro de la zona directa del choque sino estar colocados de forma protegida. El recubrimiento de los cables, en combinación con relés, se encarga de que en caso de rotura del cable o contacto con la carrocería se genera un cortocircuito y los cables de alto voltaje sean separados de la batería. Esto es lo que se conoce como la seguridad intrínseca del vehículo.

Finalmente se ha estudiado el riesgo asociado al ruido que dejarían de percibir los peatones y conductores de los vehículos eléctricos. Pues si bien es cierto que el nivel de ruido en las ciudades, se debe, fundamentalmente, al tráfico de las vías y que dicho ruido afecta a la salud de los transeúntes (La medida límite soportable de intensidad sonora, se cifra entre 110 y 130 decibelios (dB)), existe un comportamiento generalizado en la sociedad, que asume el ruido urbano como algo que forma parte de su vida. Por lo que los peatones, están acostumbrados a que el ruido les rodee y, por tanto, sin mirar el emisor del ruido, son capaces de determinar dónde se encuentra un vehículo, qué trayectoria sigue y a qué velocidad aproximada circula. Por otro lado, se da una reacción psicológica en los conductores en el interior de un vehículo eléctrico: Al no existir ruido del motor, el conductor tiende a aumentar la velocidad por relacionarla con el ruido percibido.

Cuando los vehículos eléctricos en desarrollo, pasen a la fase de la cadena de producción masiva, el primer efecto que el peatón notará es la ausencia en la percepción del peligro. Esto ha dado que pensar a los fabricantes y la mayoría de ellos, optará por incluir ruidos que permitan la detección de un vehículo en marcha.

5.2. Determinación del Norma Técnica Colombiana NTC, Norma Internacional o estudio científico, que servirá de referente técnico del Reglamento.

Según lo estudiado a lo largo de este documento, vemos que en otros países como España, se han realizado importantes avances en cuanto al tema normativo. Aprovechándonos de esta experiencia y con el ánimo de fomentar en Colombia un marco regulatorio que asegure la adecuada

implementación e incorporación de esta nueva tecnología, se podrían tomar bases de lo que ya se ha implementado en este país, rescatando de allí lo que sea conveniente y técnicamente viable de adoptar en el país.

Se propone que mediante la expedición de este Reglamento, se haga exigible para los vehículos eléctricos, el cumplimiento de las siguientes Normas Técnicas Internacionales o la normatividad nacional desarrollada a partir de las mismas:

Para la seguridad del vehículo, la norma ISO 6469-2009: Requisitos de Seguridad para Vehículos Eléctricos

Para el motor eléctrico del vehículo. Los motores eléctricos de los vehículos, deben cumplir los requisitos establecidos en las Normas Técnicas NTC 2805-2005 (IEC 60034-1), IEC 61557 -8 o sus equivalentes.

Conectores para vehículos eléctricos. Los conectores para vehículos deben cumplir en principio los requisitos establecidos en la Norma Técnica 1650/2004 (IEC 60884-1). En un futuro, se puede evaluar la viabilidad técnica en el país de aceptar conductores diseñados conforme la Norma Técnica SAE J1172 - 2009 o su equivalente en su momento.

Cabe aclarar, que los conectores diseñados según esta última norma, son conectores de 5 pines de formación redonda, por lo que no son compatibles con los tomacorrientes desde donde deben tomar la energía. Por lo tanto, sí a nivel mundial se establece un único conector para vehículos eléctricos de características similares, será necesario evaluar la necesidad de adaptar estaciones de carga diseñadas especialmente para la recarga de los vehículos.

Cables del vehículo. Los cables del vehículo, deben cumplir los requisitos establecidos en Normas Técnicas tales como SAE J 1128, SAE J 1127, UL 62 - 2004 o sus equivalentes.

Baterías de tracción. Los baterías de los vehículos, deben cumplir los requisitos establecidos en Normas Técnicas tales como: IEC 61056 Baterías de acumuladores de Pb – Ácido para uso general, IEC 610896 Baterías Pb – Ácido estacionarias, IEC 60254 Baterías Pb – Ácido para tracción o IEC 95 Baterías Pb – Ácido para arranque.

5.3. Determinación de los Requisitos de Etiquetado y Técnicos Específicos, de acuerdo con los numerales de requisitos y numerales de ensayos de las NTC.

Las normas referenciadas pueden indicar métodos para probar los requisitos establecidos en el Reglamento; pero si dichas normas no contemplan tales pruebas, el Organismo de Certificación Acreditado podrá recurrir a otras normas técnicas internacionales, normas técnicas de reconocimiento internacional o NTC relacionadas con dicho producto. Si en estas normas tampoco existen los métodos para probar tal requisito, el certificador podrá utilizar otros referentes reconocidos por las buenas prácticas de la física.

De acuerdo con esto, se proponen los siguientes requisitos para evaluar la conformidad de los vehículos eléctricos:

5.3.1. Protección contra choques eléctricos:

Protección contra el contacto directo: No debe existir contacto accidental con las partes vivas cuando el conector está suministrando energía desde la fuente hacia el vehículo.

Construcción de clavijas y conectores: No debe ser posible desmontar las clavijas o conectores de vehículo sin la ayuda de herramientas.

Se deberá proporcionar el grado de protección IPXXD para la protección de las partes activas dentro del habitáculo para las personas o del compartimento para equipaje.

Se cumplirá el grado de protección IPXXB especificado, para la protección de las partes activas en zonas distintas del habitáculo para las personas o del compartimento para equipaje.

5.3.2. Conectores:

El acople entre el conector y el dispositivo de entrada debe tener un medio adecuado que evite su desconexión accidental.

El conector de suministro para los vehículos eléctricos debe tener un polo de puesta a tierra que sea el primero que se conecte y el último que se desconecte con el dispositivo de entrada del vehículo.

Los conectores deben cumplir lo establecido en los apartados iii y iv.

Podrá aceptarse una desconexión del servicio que pueda abrirse, desmontarse o quitarse sin necesidad de herramientas, si se cumple un grado de protección IPXXB.

5.3.3. Protección contra el contacto indirecto

Para la protección contra los choques eléctricos que puedan producirse por contacto indirecto, las partes conductoras expuestas, como las barreras y las envolventes conductoras, estarán conectadas galvánicamente de forma segura al chasis eléctrico a través de una conexión con cables eléctricos o un cable de tierra, o bien mediante soldadura, tornillos, etc., de manera que se eviten situaciones de peligro.

La resistencia entre todas las partes conductoras expuestas y el chasis eléctrico será inferior a $0,1\Omega$ cuando haya un flujo de corriente del al menos $0,2A$.

En el caso de los vehículos de motor destinados a ser conectados a una fuente de energía eléctrica exterior, conectada a tierra a través de la conexión conductora, se facilitará un dispositivo para permitir la conexión galvánica del chasis eléctrico a la tierra. El dispositivo debe permitir la conexión a tierra antes de que la tensión externa se aplique al vehículo y mantenerla hasta que se retire la tensión externa del vehículo. El cumplimiento de este requisito podrá demostrarse bien utilizando el conector especificado por el fabricante del automóvil o bien mediante análisis.

5.3.4. Resistencia de aislamiento

Grupo motopropulsor eléctrico que conste de dos buses de c.c. o de c.a. separados:

Si los buses de alta tensión de c.a. y los de c.c. están aislados galvánicamente entre sí, la resistencia de aislamiento entre el bus de alta tensión y el chasis eléctrico tendrá un valor mínimo $100\Omega/V$ de la tensión de funcionamiento en el caso de los buses de c.c., y de $500\Omega/V$ de la tensión de funcionamiento en caso de los de c.a.

5.3.5. Grupo motopropulsor eléctrico que conste de buses de c.c. y de c.a. combinados:

Si los buses de alta tensión de c.a. y los de c.c. están conectados galvánicamente, la resistencia de aislamiento entre el bus de alta tensión y el chasis eléctrico tendrá un valor mínimo de $500\Omega/V$ de la tensión de funcionamiento.

Sistema de acumulación de energía recargable (RESS)

5.3.6. Protección contra la corriente excesiva:

La batería no deberá sobrecalentarse. Si la batería está sujeta a un sobrecalentamiento como consecuencia de una corriente excesiva, deberá estar equipada con un dispositivo de protección, como fusibles, disyuntores o contactores principales. El tipo y localización de este fusible deberá ser cuidadosamente determinado para evitar cualquier riesgo de explosión, teniendo en cuenta la posible presencia de hidrógeno cerca de la batería. El recipiente de almacenamiento de la batería deberá estar especialmente diseñado.

No obstante, este requisito podrá no aplicarse si el fabricante proporciona datos que garanticen que el recalentamiento como consecuencia de una corriente excesiva, se evita sin necesidad del dispositivo de protección.

El compartimiento de la batería debe ser ventilado para evitar la acumulación de gases.

Los tipos de conectores de las baterías que se pueden aceptar son sólo aquellos que no producen chispas, si no son utilizados como dispositivo de apagado de emergencia.

5.3.7. Seguridad funcional

Se dará al usuario al menos una indicación momentánea cuando el vehículo esté en modo de conducción posible activo.

Al salir del vehículo, el usuario deberá ser informado mediante una señal (óptica o acústica) en caso de que el vehículo siga estando en el modo de conducción posible activo.

En caso de que el usuario pueda cargar desde el exterior la batería, el movimiento del vehículo a

través de su propio sistema de propulsión, será imposible mientras la fuente de energía eléctrica exterior esté conectada físicamente a la toma del vehículo. Este requisito se demostrará mediante la utilización del conector especificado por el fabricante del automóvil.

El usuario podrá identificar el estado de la unidad de control de la dirección de la conducción.

Los dispositivos que son factibles de producir chispas (por ejemplo los contactores, interruptores, conectores o motores eléctricos) o que puedan alcanzar elevadas temperaturas de más de 300°C (lámparas), no deben estar localizados donde potencialmente se pueda formar una mezcla de gas/aire.

Enclavamiento. Los equipos de suministro para vehículos eléctricos deben estar dotados con un medio de enclavamiento que des-energice el conector para vehículo y su cable del vehículo eléctrico siempre que el conector se desacople del vehículo.

5.3.8. Determinación de las emisiones de hidrógeno

Se debe controlar las emisiones de hidrógeno en las baterías. Las baterías de electrolito acuoso (ácido-plomo, níquel-cadmio, etc) pueden emitir hidrógeno y oxígeno debido a la electrolisis de electrolito. Esta mezcla de gas es explosiva cuando la concentración de hidrógeno alcanza el 4% en volumen. En la práctica, la concentración de hidrogeno en el aire debe mantenerse por debajo del 1% para proporcionar un factor de seguridad adecuado. El hidrogeno es más ligero que el aire y por lo tanto se acumulará en los espacios superiores: Cercano a los terminales de los vasos y bajo las tapas de la batería, en el techo de espacios no ventilados. Por lo tanto, es necesario que se verifique que las emisiones de hidrógeno no atentan la seguridad de los ocupantes del vehículo y de las personas alrededor de él.

5.3.9. Marcación

El vehículo deberá llevar la marca de certificación, de manera visible y en un lugar fácilmente accesible.

Los equipos de alta tensión se deberán diferenciar, a través de un rotulo, de tinta permanente, claramente visible y legible.

Las baterías deberán estar marcadas con un símbolo específico y visible tal como se describe en la norma. Se debe evidenciar fácilmente el voltaje y la capacidad de las baterías.

Se deberá especificar y rotular por tipo de batería (ácido-plomo, níquel-cadmio, ion de Litio), por uso (baterías de vehículos eléctricos y baterías convencionales) y la disposición final que se debe realizar con dichas baterías.

6. CONCLUSIONES

Se considera importante que, previo a la comercialización masiva de los vehículos eléctricos en el país, se establezcan los requisitos que garanticen la seguridad de las personas, con el fin de eliminar cualquier riesgo de tipo eléctrico para el usuario. Estos requisitos, están directamente relacionados con el buen funcionamiento de los componentes que hacen parte del vehículo eléctrico. En este sentido, se hace indispensable estudiar desde ya los requisitos deben cumplir cada uno de estos elementos dependiendo de su riesgo y funcionalidad. Adicionalmente, desde el punto de vista de la normatividad técnica es necesario adoptar de manera consensuada unos estándares que permitan la entrada de manera competitiva, segura y de calidad de los vehículos eléctricos.

Se puede observar que actualmente no existe en el país una normatividad específica, clara y definida para los vehículos eléctricos. Por lo tanto, en caso de la entrada de este tipo de tecnologías sería aplicable la normatividad que actualmente existe para cada uno de los componentes eléctricos de manera individual, y lo aplicable a los vehículos de manera general

Actualmente existe una tendencia mundial para la estandarización de los componentes de los vehículos y definición requisitos técnicos que eliminen cualquier obstáculo a la masificación de esta tecnología. Según lo anterior, no se considera práctico pensar en la opción de elaborar nuevas normas. En este caso, lo ideal es adoptar las normas que ya se tienen, o que vienen desarrollando entidades internacionales y aprovechar la experiencia que se tiene en el país en cuanto al proceso de certificación y la

ejecución pruebas sobre estos productos bajo dichas normas.

Se considera de gran importancia, la expedición de un reglamento técnico por parte del Ministerio (de Minas y Energía y de Transporte) que reúna los requisitos mínimos de seguridad que deben cumplir tanto los componentes de los vehículos eléctricos como los elementos que serán utilizados en la infraestructura necesaria para el funcionamiento de los mismos. De este modo, se contaría con un documento técnico legal que facilite y regule el comercio de esta tecnología.

REFERENCIAS

- Crashtest al Mitsubishi i-MiEV La seguridad en los vehículos eléctricos (2011).. Enero 2011. Recuperado el 27 de marzo de 2011 de <http://www.econduccion.es/es/mitsubishi-i-miev-supera-pruebas-de-seguridad-de-choque>.
- Departamento de Ingeniería Mecánica. Automóviles Eléctricos e Híbridos. Curso 2010 - 2011. 9. Seguridad en Automóviles eléctricos. Recuperado el 15 de mayo de 2011 de <http://www.feriavalladolid.com/vehiculoalternativo10/ponencias/1410-B1-1330%20Normativa%20interconexi%F3n%20infraestructura%20recarga%20JON%20AS%CDN.pdf>
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Código Eléctrico Colombiano: ICONTEC, 1999. (NTC 2050). (1999)
- ISO, Requisitos de Seguridad para Vehículos Eléctricos. Norma 6469-2, 2009.
- Ministerio de minas y energía de Colombia. (2008). Resolución N°18 1294 del 6 de agosto de 2008, Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE. Recuperado el 04 de agosto de 2009 de http://www.minminas.gov.co/minminas/kernel/usuario_externo_normatividad/index.jsp?inf_tipo_norma=Todas%20las%20normas&posScrollX=undefined&posScrollY=0
- Naciones Unidas para Europa. Diario Oficial de la Unión Europea. Reglamento no 100 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE/ONU) (2011): Disposiciones uniformes relativas a la homologación de vehículos en relación con los requisitos específicos del grupo motopropulsor eléctrico. Recuperado el 15 de mayo de 2011 de

<http://www.gencat.cat/infonorma/pdf/20164091.pdf>
Surface Vehicle Standard. 1995 (Norma SAE J 1127)

SOBRE LOS AUTORES

Armando Bohórquez

Ingeniero electricista de la Universidad Pontificia Bolivariana, Especialista en Transmisión y Distribución de Energía eléctrica y Magister en Transmisión y Distribución de Energía eléctrica de esta misma Universidad. Se desempeña como docente y Jefe de Laboratorio en la Universidad Pontificia Bolivariana

Clara P. López

Ingeniera electricista de la Universidad Pontificia Bolivariana. Actualmente trabaja en XM Compañía Expertos en Mercados. cplope24@gmail.com.

Andrés Emiro Díez

Ingeniero electricista de la Universidad Pontificia Bolivariana, Especialista en Transmisión y Distribución de Energía eléctrica y Magister en Transmisión y Distribución de Energía eléctrica de esta misma Universidad. PhD en Energía de la Universidad Pontificia Bolivariana. Se desempeña como docente en la Universidad Pontificia Bolivariana

Iván Camilo Díez

Ingeniero electricista de la Universidad Pontificia Bolivariana, Especialista en Transmisión y Distribución de Energía eléctrica. Actualmente se desempeña como ingeniero en Ingeniería Especializada-IEB-S.A.