



Madrid
Ahorra
con Energía



 CONSEJERÍA DE ECONOMÍA Y HACIENDA
Comunidad de Madrid
www.madrid.org

Guía del Vehículo Eléctrico II



Guía del vehículo eléctrico II

Madrid, 2015



Fundación de la Energía de
la Comunidad de Madrid



www.fenercom.com



 CONSEJERÍA DE ECONOMÍA Y HACIENDA
Comunidad de Madrid
www.madrid.org

Esta Guía se puede descargar en formato pdf desde la sección de publicaciones de las páginas web:

www.madrid.org

(Consejería de Economía y Hacienda, organización Dirección General de Industria, Energía y Minas)

www.fenercom.com

Si desea recibir ejemplares de esta publicación en formato papel puede contactar con:

Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid

dgtecnico@madrid.org

Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid

fundacion@fenercom.com



La Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, respetuosa con la libertad intelectual de sus colaboradores, reproduce los originales que se le entregan, pero no se identifica necesariamente con las ideas y opiniones que en ellas se exponen y, por tanto, no asume responsabilidad alguna de la información contenida en esta publicación.

La Comunidad de Madrid y la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, no se hacen responsables de las opiniones, imágenes, textos y trabajos de los autores de esta guía.

Depósito Legal: M. 10.820-2015

Impresión Gráfica: Gráficas Arias Montano, S. A.
28935 MÓSTOLES (Madrid)

Autores

- Capítulo 1. **Introducción**
Arturo Pérez de Lucía
AEDIVE
- Capítulo 2. **La revolución silenciosa**
Andrés Seco García
Red Eléctrica de España
- Capítulo 3. **Efecto del vehículo en la red de distribución eléctrica**
Fernando García Martínez y Jean Gardy Germain
Gas Natural Fenosa
- Capítulo 4. **El vehículo eléctrico y la integración de las renovables en el sistema eléctrico**
Jorge González Cortés
Gesternova
- Capítulo 5. **El vehículo eléctrico y la comercialización de energía eléctrica**
Carlos Bergera Serrano
Iberdrola
- Capítulo 6. **Situación actual y expectativas de la infraestructura de recarga**
Arturo Pérez de Lucía
AEDIVE
- Capítulo 7. **ITC BT-52 del REBT sobre las infraestructuras de recarga**
José Manuel Rodríguez García-Marrón
Orbis
- Capítulo 8. **Equipos de recarga de vehículos eléctricos**
Joan Pallisé Clofent
Circuitor
- Capítulo 9. **Modalidad de gestión de carga públicas y privadas**
IBIL
- Capítulo 10. **Introducción a las baterías recargables para vehículos eléctricos**
Paloma Rodríguez Soler y Joaquín J. Chacón Guadalix
Albufera Energy Storage





Guía del vehículo eléctrico II

- Capítulo 11. **Vehículos Eléctricos Renault**
Luis Valerio Fernández y Diego Eznarriaga Barranco
Renault
- Capítulo 12. **La visión Nissan acerca de la movilidad urbana**
Juan Luis Plá de la Rosa
Nissan Motor Ibérica
- Capítulo 13. **Vehículos Eléctricos BMW Group**
BMW Group
- Capítulo 14. **PSA Peugeot Citroën. Vehículo eléctrico**
Ricardo de Lombas Rodríguez-Monte
PSA Peugeot Citroën
- Capítulo 15. **Comarth vehículos eléctricos**
José María Cuadrado Chambó
Comarth
- Capítulo 16. **Nueva Daily Eléctrica**
Javier Mora Casado
IVECO PEGASO
- Capítulo 17. **Bikelecing: Triciclo eléctrico como solución para el sector servicios y la movilidad urbana**
Pilar Macías
BIKELECING
- Capítulo 18. **Vehículos eléctricos para el transporte de ciudadanos**
Carlos González Martín
New Energy Vehicles
- Capítulo 19. **Vehículos eléctricos para transporte de ciudadanos**
Juan Ángel Terrón Alonso
Empresa Municipal de Transportes de Madrid
- Capítulo 20. **SEUR apuesta por la movilidad sostenible**
May López Díaz
SEUR
- Capítulo 21. **El uso del vehículo eléctrico en las actividades logísticas y reparto de mercancías**
Ramón García García
CITET
Sergio Fernández Balaguer
Empresa Municipal de Transportes de Madrid

Índice

PRESENTACIÓN	13
1. INTRODUCCIÓN	15
1.1. Movilidad sostenible y eficiencia energética	15
1.2. Un poco de historia	16
1.3. El renacer del vehículo eléctrico En el siglo XXI	22
1.4. Resumen	26
1.5. Referencias	26
2. LA REVOLUCIÓN SILENCIOSA	27
2.1. "The future is electric; drive the future"	27
2.2. Flexibilidad ante lo «no convencional»	28
2.2.1. Las renovables no convencionales y el CECRE	29
2.2.2. La movilidad no convencional y el CECOVEL	31
2.3. El tambor también es tropa	33
2.4. La innovación de la alta competición	35
2.5. Tres (r)evoluciones: Industria, Sociedad, Movilidad	36
2.6. Referencias	39
3. EFECTO DEL VEHÍCULO EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA	41
3.1. Introducción	41
3.2. La red de distribución	42
3.3. Grado de penetración del vehículo enchufable	43
3.4. Demanda de electricidad del vehículo	45
3.5. Impacto en la red de distribución (capacidad)	49
3.6. Impacto en la red de distribución (calidad)	52
3.7. Conclusiones	55
3.8. Bibliografía	56
4. EL VEHÍCULO ELÉCTRICO Y LA INTEGRACIÓN DE LAS RENOVABLES EN EL SISTEMA ELÉCTRICO	59
4.1. Introducción	59
4.2. El cambio de modelo energético	59
4.3. La movilidad sostenible	61
4.4. ¿Ventaja ambiental? Sí, con renovables	64
4.5. Regulador del sistema eléctrico	65
4.6. El papel del Gestor de carga	67





Guía del vehículo eléctrico II

5.	EL VEHÍCULO ELÉCTRICO Y LA COMERCIALIZACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	69
5.1.	Resumen	69
5.2.	Ciudades más saludables	69
5.3.	La movilidad eléctrica y el sector eléctrico	70
5.4.	Movilidad eléctrica y comercialización de electricidad	75
5.5.	Conclusiones	79
6.	SITUACIÓN ACTUAL Y EXPECTATIVAS DE LA INFRAESTRUCTURA DE RECARGA	81
6.1.	Introducción	81
6.2.	Legislación e infraestructura de recarga en España	83
6.3.	Legislación e infraestructura de recarga en Europa	86
6.4.	Desarrollo de las irves públicas en la Comunidad de Madrid	87
6.5.	La carga rápida	88
6.6.	La carga rápida y el protocolo chademo	88
6.7.	La carga rápida y el sistema de carga combinada CCS	91
7.	ITC BT-52 DEL REBT SOBRE LAS INFRAESTRUCTURAS DE RECARGA	93
7.1.	Introducción	93
7.2.	Entorno	93
7.3.	Modificaciones de otras ITCs del REBT	94
7.4.	Ambito de aplicación	95
7.5.	Definiciones	96
7.6.	Esquemas de instalación	97
7.7.	Previsión de cargas	99
7.8.	Requisitos generales de la instalación	99
7.9.	Protección de influencias externas	100
8.	EQUIPOS DE RECARGA PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS	103
8.1.	Introducción	103
8.2.	Definiendo los equipos de recarga	105
8.3.	Equipos de recarga para V.E. Tipologías principales, clases de equipos y aplicaciones	109
8.4.	Un breve ejercicio de prospectiva	114
9.	MODALIDADES DE GESTIÓN DE CARGA PÚBLICAS Y PRIVADAS	117
9.1.	La recarga del vehículo eléctrico	117
9.2.	Procedimientos de recarga	117
9.3.	Modos de carga	118

9.4. Tipos de infraestructura de recarga	120
9.5. Gestión inteligente de la recarga	121
10. INTRODUCCIÓN A LAS BATERÍAS RECARGABLES PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS	123
10.1. Introducción	123
10.2. Las tecnologías actuales de baterías para vehículos eléctricos	125
10.2.1. Níquel-hidruros metálicos	126
10.2.2. Litio-ión	127
10.3. Las tecnologías en desarrollo de baterías para vehículos eléctricos	129
10.3.1. Baterías sodio beta	130
10.3.2. Baterías Metal-Aire	135
10.3.3. Litio-Aire	137
10.3.4. Aluminio-Aire	140
10.4. Conclusiones	141
11. VEHÍCULOS ELÉCTRICOS RENAULT	143
11.1. Introducción	143
11.2. El vehículo eléctrico en el mundo	143
11.3. Renault y la movilidad eléctrica en Europa y en España en 2014	145
11.4. Gama Z.E. de Renault	146
11.4.1. Renault ZOE	146
11.4.2. Renault Kangoo Z.E.	150
11.4.3. Renault Twizy	152
11.5. La red Renault Z.E.	154
12. LA VISIÓN NISSAN ACERCA DE LA MOVILIDAD URBANA	157
12.1. Introducción	157
12.2. Problemas y soluciones	158
12.3. Ciudades inteligentes	159
12.4. Vehículos Nissan de cero emisiones	159
12.5. Las ciudades, las grandes beneficiadas de la movilidad eléctrica	161
12.6. Aplicación al servicio de taxi	162
12.7. Flotas urbanas	163
12.8. Las infraestructuras de recarga	164
12.9. Conclusiones	164





Guía del vehículo eléctrico II

13. VEHÍCULOS ELÉCTRICOS BMW GROUP	167
13.1. Introducción	167
13.2. BMW y la electro movilidad: más de 40 años de historia	167
13.3. BMW i, desde BMW megacity hasta los faros láser	169
13.4. BMW I3 y BMW I8, producto y desarrollo sostenible	171
13.5. Productos y servicios 360° electric	175
13.6. BMW connecteddrive: coche, móvil y smartwatch	177
13.7. Movilidad urbana: BMW C Evolution	179
14. PSA PEUGEOT CITROËN. VEHÍCULO ELÉCTRICO	181
14.1. La energía del futuro	181
14.2. Un poco de historia	182
15.3. La oferta actual	183
14.4. La tecnología eléctrica PSA	187
14.5. Las baterías	189
15. COMARTH VEHÍCULOS ELÉCTRICOS	191
15.1. Introducción	191
15.2. Razones para electrificación de flotas en entornos urbanos	192
15.3. Tipos de flotas que operan en entorno urbano	194
15.3.1. Reparto <i>last mile</i>	194
15.3.2. Servicios municipales	195
15.3.3. Reparto postal	196
15.3.4. Servicios de mantenimiento industrial	198
15.3.5. Parques de ocio	198
15.3.6. Vigilancia y seguridad	199
15.3.7. Servicios a domicilio	199
15.3.8. Flotas municipales	200
16. NUEVA DAILY ELÉCTRICA	203
16.1. Sostenibilidad	203
16.2. Nuevo Daily electrico	204
16.3. Principales componentes del nuevo Daily electrico	204
16.4. Gama de producto	206
16.5. Principales características	206
17. BIKELECING: TRICICLO ELÉCTRICO COMO SOLUCIÓN PARA EL SECTOR SERVICIOS Y LA MOVILIDAD URBANA	207
17.1. Introducción. El triciclo eléctrico como arma para combatir el cambio climático	207

17.2.	El triciclo eléctrico. Posibilidades de uso y ventajas	208
17.3.	Innovación. Un nicho de mercado para los emprendedores	213
17.4.	Características técnicas. Una mirada en profundidad al triciclo	213
18.	VEHÍCULOS ELÉCTRICOS PARA EL TRANSPORTE DE CIUDADANOS	215
18.1.	El vehículo eléctrico como solución de transporte colectivo	215
18.2.	Taxi eléctrico	217
18.2.1.	¿Puede un vehículo 100% eléctrico ser Autotaxi?	218
18.2.2.	¿Es rentable un vehículo 100% eléctrico como Autotaxi?	219
18.2.2.1.	Ahorro energético	220
18.2.2.2.	Ahorro en mantenimiento de un Autotaxi 100% eléctrico	221
18.2.2.3.	Mayor rentabilidad por facturación en el Autotaxi 100% eléctrico	222
18.2.3.	Presente y futuro del Autotaxi 100% eléctrico	223
18.3.	Autobús eléctrico	224
18.3.1.	Requerimientos generales para un autobús 100% eléctrico	224
18.3.2.	Rentabilidad del autobús 100% eléctrico	226
18.3.3.	Presente y futuro del autobús 100% eléctrico	228
18.4.	Conclusiones	229
19.	VEHÍCULOS ELÉCTRICOS PARA TRANSPORTE DE CIUDADANOS	231
19.1.	Introducción	231
19.2.	Zonas de bajas emisiones	232
19.3.	Promoción de nuevas tecnologías y prototipos de autobuses	233
19.4.	Autobuses eléctricos en el pasado	234
19.4.1.	Midibuses de transmisión eléctrica	234
19.4.2.	Autobuses de pila de combustible	234
19.4.2.1.	Proyecto Cute	235
19.4.2.2.	Proyecto Citycell	235
19.5.	Vehículos eléctricos actuales	235
19.5.1.	Autobuses	235
19.5.2.	Minibuses eléctricos	236





Guía del vehículo eléctrico II

19.6.	AUTOBUSES HÍBRIDOS	237
19.6.1.	Hibridación según su arquitectura	238
19.6.2.	Hibridación según su objetivo	239
19.6.3.	Utilización de componentes de autobuses híbridos	240
19.7.	Proyecto Retrofit de autobuses en servicio	241
19.8.	Proyecto Start-Stop	242
19.9.	Conclusion	242
20.	SEUR APUESTA POR LA MOVILIDAD SOSTENIBLE	245
20.1.	Un compromiso responsable ecológico sostenible	245
20.1.1.	Proyecto FREVUE 2013-2017	246
20.1.2.	Ampliación flota ecológica	248
20.2.	Resultados y beneficios para el medio ambiente y la sociedad	252
20.2.1.	Beneficios medioambientales	252
20.2.2.	Resultados FREVUE	253
20.2.3.	Beneficios sociales	253
20.3.	Referencias	254
21.	EL USO DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO EN LAS ACTIVIDADES LOGÍSTICA Y REPARTO DE MERCANCÍAS	255
21.1.	Barreras actuales al uso del vehículo eléctrico para el reparto de mercancías	255
21.1.1.	Propuestas de mejora para aumentar el uso del vehículo eléctrico en el transporte de mercancías	256
21.1.2.	Conclusiones	257
21.2.	Proyecto frevue: avances en una logística más sostenible	258
21.2.1.	Proyecto FREVUE, una iniciativa pionera	259
21.2.2.	Modelo planteado	260
21.2.3.	Primeros resultados	261

P RESENTACIÓN

En las últimas décadas se ha experimentado en España un importante desarrollo económico en todos los sectores de actividad, lo que ha supuesto un gran aumento de la demanda energética. Uno de los sectores que ha contribuido en mayor medida a ello es el transporte, que a partir de los años 90 se ha convertido en el sector con mayor demanda de energía final, superando a los sectores tradicionalmente consumidores de energía, como el industrial.

Casi el 99% de la energía consumida en el transporte se cubre con derivados del petróleo, lo que supone una dependencia extrema de fuentes de energía importadas, no renovables y cuya combustión es la fuente principal de generación de gases de efecto invernadero.

Este hecho provoca un considerable aumento de la contaminación atmosférica en las zonas urbanas, donde el tráfico de vehículos es la principal fuente de polución.

Para evitarlo, desde hace años se viene trabajando para transformar el sistema de transporte actual en otro que sea ambiental y socialmente sostenible, es decir, para desarrollar un sistema de transporte que contribuya al bienestar económico y social sin agotar los recursos naturales, destruir el medio ambiente, ni dañar la salud humana.

Y es en este escenario donde el coche eléctrico asume un papel esencial al poder aportar una reducción de las necesidades crecientes de productor petrolíferos, a la vez que posibilita una excepcional oportunidad para optimizar el sistema eléctrico, aplanando la curva diaria de carga, y todo ello desde una perspectiva de rentabilidad económica a los usuarios o empresas que se decanten por apostar por esta tecnología.

Los vehículos eléctricos se perfilan hoy como los sustitutos de los vehículos propulsados por motores térmicos, puesto que, entre otras propiedades, los motores eléctricos son altamente controlables y presentan unos rendimientos muy altos.

El histórico problema del vehículo eléctrico en cuanto a su baja capacidad de acumulación de energía eléctrica, hoy en día, está supera-



do mediante el desarrollo de baterías de última generación capaces de dotar al vehículo eléctrico de autonomía suficiente como para que sea una opción perfectamente válida, tanto para el uso particular como para usos colectivos en un entorno urbano.

Este desarrollo, unido a los menores costes operativos del vehículo eléctrico en comparación con los vehículos equipados con motor de combustión interna en cuanto al menor coste tanto del propio combustible como de tareas de mantenimiento, hace que sea una posibilidad atractiva y factible.

Además, la reinención de la movilidad con la introducción de los vehículos eléctricos supone una inmejorable ocasión para sensibilizar a la sociedad a hacer un uso más eficiente de los recursos, siendo más respetuosos y sensibles con el medio ambiente.

Por todo ello, en esta segunda edición de la *Guía del Vehículo Eléctrico* se pretende difundir los últimos avances tecnológicos del sector, así como otros aspectos relacionados con los modelos de gestión de recarga promovidos por las compañías eléctricas, la diversidad de tipos de vehículos que utilizan la energía eléctrica como fuerza motriz o la tendencia de los principales fabricantes del sector automovilístico, con el fin de aportar una visión global del estado actual de implantación del vehículo eléctrico y contribuir a este cambio tecnológico.

Carlos López Jimeno

Director General de Industria, Energía y Minas
Consejería de Economía y Hacienda
Comunidad de Madrid.

1

INTRODUCCIÓN

1.1. MOVILIDAD SOSTENIBLE Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

Sin duda, estamos viviendo la era de la movilidad eléctrica. Y ello es así porque estamos viviendo la era de la eficiencia energética, donde la reducción del consumo de energía y las actuaciones para evitar su despilfarro son —o deberían de ser— para Administraciones, empresas y la sociedad en general un objetivo prioritario en el camino por lograr un abastecimiento de energía sostenible, reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero, mejorando la calidad del suministro y rebajando los costes de importación en favor de las fuentes de energía autóctonas y renovables para fomentar la competitividad de las economías europeas.

El vehículo eléctrico es movilidad sostenible, un concepto nacido de la preocupación por los problemas medioambientales, energéticos y sociales derivados de los modelos de transporte urbano de la segunda mitad del siglo xx y de la generalización del uso del vehículo particular como medio de transporte de personas y mercancías, en un momento en el que el transporte representa la cuarta parte de las emisiones de gases de efecto invernadero y en torno al 40% del consumo energético en España, pero también es desarrollo e innovación tecnológica, entendida ésta como la introducción de nuevos productos y servicios, de nuevos procesos y de nuevas fuentes de abastecimiento y cambios en la organización industrial, con una clara orientación al cliente, al consumidor o al usuario.

Por tanto, y en este contexto, la movilidad eléctrica contempla como criterios básicos el ahorro en términos económicos, el cuidado del medio ambiente en términos ecológicos y la eficiencia energética en



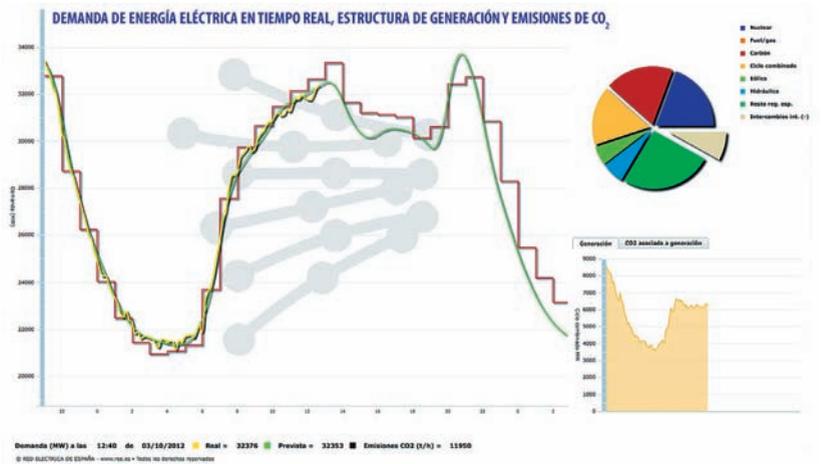


Figura 1. El vehículo eléctrico ayudará a aplanar la curva de demanda de generación eléctrica al recargarse por la noche, cuando la demanda es menor y el producción con energías renovables es mayor

términos de optimización de recursos, actuando como agente normalizador de la demanda energética, como promotor de las redes inteligentes y como catalizador de las energías renovables.

1.2. UN POCO DE HISTORIA

Para cambiar el presente y crear un futuro, es importante conocer el pasado y utilizarlo como punto de apoyo para saber qué hay que hacer y qué no hay que repetir.

La historia del vehículo eléctrico es la del renacer de un mercado que tuvo sus oportunidades en la época preindustrial, pero también en la década de los '90 y ahora en los albores del siglo XXI.

Por tanto, hablamos de tres revoluciones del vehículo eléctrico, que comentamos brevemente.

Ya en 1830, el escocés Robert Anderson diseñó el primer vehículo eléctrico de batería no recargable, al que siguieron otros ingenios como la «*Jamais contente*», el primer vehículo eléctrico que fue capaz de superar los 100 km/h (105,882 km/h) en el año 1899. Hoy en día, se puede visitar este ingenio tecnológico en el museo de la automoción de Compiègne, en Francia.



Figura 2. La «*Jamais contente*», el primer vehículo eléctrico capaz de superar los 100 km/h, se puede visitar en el museo de la automoción de Compiègne, en Francia.



En 1907, la firma *Anderson Carriage* produjo su primer vehículo eléctrico y, en 1911, la firma pasó a denominarse *Anderson Electric Car Company*, nombre que sustituiría nueve años después por el de *The Detroit Electric Car Company*.

El primer *Detroit Electric* data de 1912 y este vehículo fue capaz de recorrer en 1914 hasta 387 km con una sola recarga, una autonomía que, a día de hoy, son pocos los vehículos eléctricos capaces siquiera de igualarla, si bien es cierto que en unas condiciones de conducción lenta muy poco prácticas, en especial para las velocidades a las que nos desplazamos hoy en día.

En 1900 circulaban más vehículos eléctricos que a gasolina y en 1911 se fabricó el primer híbrido eléctrico a manos de la firma *Woods Motor Vehicle Company*.

Otro hito que marcó la movilidad eléctrica en esa época y que a día de hoy se propone como una de las innovaciones más destacadas del vehículo eléctrico es la frenada regenerativa, que ya existía en 1915.

¿Y quién utilizaba los vehículos eléctricos a principios del siglo xx? Principalmente, los doctores y las mujeres, algo que entonces no era muy bien visto por la mente conservadora y machista de los hombres de 1900.

Pero, sin duda, uno de los factores que llevaron a que el vehículo eléctrico desapareciera en los albores del siglo xx fue la invención del arranque eléctrico, que acababa con la incomodidad de la manive-



Guía del vehículo eléctrico II

la que accionaba hasta entonces los vehículos de motor de explosión, la cual requería un esfuerzo físico importante y, además, fallaba mucho (de hecho, en inglés, cuando alguien se enfada, se suele decir de él o ella que «*he or she gets cranky*»), en alusión a la palabra manivela o «crank»).

No fue éste el único factor que truncó el futuro de los eléctricos en esa época. *Vord Motor Co.* fabricó un coche para la clase media americana que se producía en línea: el Ford Model T, cuyo precio rondaba los 300 dólares allá por 1914, mientras que el precio de un *Detroit Electric* ascendía a 2.650 dólares.

Una revolución industrial que abarató los costes de producción e hitos como la Segunda Guerra Mundial, que supuso la demanda de vehículos que pudieran dar servicio a las tropas en entornos difíciles, se sumaron a una fiebre del petróleo que generó una industria poderosa gracias a la cual empezaron a proliferar gasolineras a lo largo y ancho del país.

En 1920, el motor de combustión interna le había ganado la carrera al vehículo eléctrico y de los cientos de millones de coches que se fabricaron en el siglo xx, casi ninguno fue eléctrico.

Pero el vehículo eléctrico encontró con el tiempo un aliado frente a la opción de quemar gasolina en un motor de combustión interna: la polución.

No sería hasta bien entrada la década de los '90 del siglo xx cuando el vehículo eléctrico vivió un renacer, en una época en la que la movilidad eléctrica se vio como una solución a los problemas crecientes de contaminación y escasez energética.

Por aquel entonces, unos años antes, en Estados Unidos, cuna de la industria manufacturera de coches, la calidad del aire de California era la peor del país. Asma, cáncer y afecciones pulmonares entre la población infantil alertaron a las autoridades, y en 1989 un estudio reveló que un joven de cada cuatro entre 15 y 25 años, sufría serias lesiones pulmonares y dificultad respiratoria en el condado de Los Ángeles.

Esto llevó a las compañías automovilísticas a experimentar con nuevas alternativas a lo largo de los años, pero ninguna prueba era capaz de mostrarse como una opción realmente válida.

General Motors desarrolló el Sunraycer para competir en una carrera en Australia: el «Desafío Mundial Solar», que ganó en 1987. El Sunraycer estaba propulsado por energía solar y debido a su éxito en la competición, los directivos de General Motors encargaron a los ingenieros que lo habían creado, un prototipo de coche eléctrico práctico.

En 1996 empezó a circular por las carreteras y ciudades de California el primer vehículo eléctrico producido en serie por *General Motors*: el EV1, un biplaza de estilo Corvette rápido y silencioso, capaz de recorrer hasta 190 km con una recarga y sin emplear gasolina para ello.



Figura 3. El EV1 era un biplaza de estilo Corvette rápido y silencioso, capaz de recorrer hasta 190 km con una recarga y sin emplear gasolina.

Este vehículo llamó la atención de la industria y también de la CARB, la Comisión de Recursos Aéreos de California, que vio en el EV1 la solución a los problemas de calidad del aire. Así, en 1990 se adoptó el proyecto de ley Vehículo de Emisión Cero, que venía a establecer que si la industria automotriz quería seguir vendiendo coches en California, algunos de sus modelos debían de ser cero emisiones (un 2% en 1998; un 5% en 2001 y un 10% en 2003).

Los fabricantes tenían dos opciones: o cumplir la ley o ir en su contra... e hicieron ambas cosas.

Con la fabricación del EV1, se optó por ofrecerlo en modalidad de alquiler sin opción a compra, por un importe que rondaba entre los 250 y los 500 euros/mes.

En su promoción se involucró como pioneros de la movilidad eléctrica a actores famosos y personalidades de aquel entonces, como Tom Hanks o Mel Gibson entre otros, quienes alababan las bondades y prestacio-



Guía del vehículo eléctrico II

nes del vehículo en los medios de comunicación, lo que llevó a que mucha gente se entusiasmara con el hecho de poder conducir el EV1.

Otros fabricantes decidieron transformar sus vehículos de combustión en eléctricos, con similares prestaciones al EV1. La facilidad de uso, el ahorro en consumo de gasolina y las prestaciones en velocidad y aceleración, así como el confort en la conducción, hizo de estos vehículos un objeto de deseo por parte de muchos potenciales usuarios, y modelos como el Nisan Altra EV o el Toyota RAV EV generaron, junto con el EV1 de General Motors, una gran demanda, aunque también encontraron detractores en el camino, como suele suceder con las tecnologías disruptivas.

Entre estos detractores surgieron grupos de presión sobre la Ley de California, tales como el grupo «Californianos contra el abuso de los servicios públicos», que se opuso a la construcción de estaciones de puntos de recarga de vehículos eléctricos. Posteriormente, se descubrió que estos grupos no eran promovidos por los consumidores, sino por la propia industria petrolera.

El lobby de la industria petrolera empezó a pagar editoriales en contra del vehículo eléctrico, e incluso se argumentaban los «dudosos» beneficios que el coche eléctrico implicaba para el medio ambiente sobre la base de que al consumirse menos petróleo a causa de la proliferación de la movilidad eléctrica, las centrales emplearían más carbón, en un país en el que el 55% de la electricidad utilizaba este mineral como fuente energética.

Se llegó a un debate sobre qué se haría si los fabricantes de coches no cumplían con los requisitos de la Ley Cero Emisiones, y ante la opción de aplicar el peso de la Ley, las autoridades pensaron en negociar para flexibilizar la norma. California hizo un memorando de acuerdo por el que se fabricarían vehículos eléctricos según la demanda, con lo que los fabricantes sólo debían demostrar falta de demanda.

Se diseñaron anuncios inquietantes que más que atraer al potencial comprador de un eléctrico, lo asustaban y que parecían destacar sus limitaciones más que sus ventajas.

Frente a este punto de vista, los directivos de General Motors argumentaban que no había demanda, que los usuarios dudaban del vehículo y que era caro de producir, por lo que no se podían bajar costes

Así, *General Motors* cerró silenciosamente la cadena de montaje del EV1 y comenzó a despedir a sus comerciales. Los fabricantes llevaron la batalla a un nuevo nivel, demandando a la Comisión de Recursos Aéreos de California, demanda liderada por *General Motors*, seguida por *Chrysler*, entre otros.

Al tiempo, el Gobierno Federal pareció aliarse con los fabricantes y la entonces Administración Bush anunció un fondo de 1.200 millones de dólares para investigación en hidrógeno como combustible.

Finalmente, el 24 de abril de 2003, California acabó con la Ley Cero Emisiones y toda la inversión en infraestructuras y en desarrollo de vehículos quedó destruida. Como los EV1 se habían entregado en opción de alquiler, *General Motors* se los fue requisando a sus usuarios a medida que se terminaban los contratos y haciendo caso omiso de las peticiones de éstos, que pedían poder seguir utilizando el vehículo, lo que llevó a los usuarios a organizarse para protestar, e incluso se escenificó un «funeral» por el EV1.



Figura 4. Simbólico funeral en el Hollywood Forever Cemetery que los usuarios del EV1 escenificaron contra *General Motors* por su decisión de acabar con la producción de este vehículo y achatarrar las unidades existentes.

General Motors fue recuperando los vehículos para proceder a achatarrarlos en Arizona y los usuarios decidieron organizarse para velar por el futuro de las 78 unidades del EV1 que aún quedaban en las instalaciones de la compañía en Burbank. Incluso tras días de espera



Guía del vehículo eléctrico II

manifestándose frente a las instalaciones, los usuarios decidieron ofertar a *General Motors* un cheque de 1,9 millones de dólares a cambio de esas 78 unidades.

Pero *General Motors* no contestó.

Por el año 2002, el máximo crédito federal en Estados Unidos para la adquisición de un vehículo eléctrico estaba en 4.000 dólares, mientras que el máximo crédito federal para un vehículo de 3 toneladas o más en 2003 alcanzó los 100.000 dólares.

General Motors compró el modelo *Hummer* a la *AM General Corporation* en diciembre de 1999, sólo 1 mes antes de que cerrara la línea de producción del EV1. El renacer del vehículo eléctrico en la década de los '90 había llegado a su fin.

1.3. EL RENACER DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO EN EL SIGLO XXI

¿Qué pasó entre la década de los '90 y la segunda década del siglo XXI?

Varios hitos marcaron el futuro de la humanidad y, en particular, de la industria de la automoción.

Despierta el gigante asiático, lo que supone un cambio estructural de magnitud y velocidad nunca vista en las dimensiones económicas, políticas y culturales de ese país, que está configurando, como ningún otro elemento, un nuevo escenario global para el siglo que vivimos. Una de las consecuencias de este despertar es que Estados Unidos deja de ser el fabricante por antonomasia de vehículos.

Al mismo tiempo, Europa se unifica con el Tratado de la Unión Europea firmado en enero de 1992 y tras los países fundadores: Francia, Bélgica, Luxemburgo, Italia, Países Bajos y Alemania, se fueron incorporando otros, como España en 1986, hasta sumar a día de hoy 28 Estados Miembro.

Desde un punto de vista medioambiental, la polución por tráfico se convierte en un problema a escala mundial, causada por una ausencia de criterios de urbanismo sostenible en el crecimiento de las

ciudades y por dotar al coche de mayor protagonismo en las urbes que el propio ciudadano.

Además, se promueve la «dieselización» del transporte como solución de ahorro económico, pero sin tener conocimiento ni conciencia de las consecuencias catastróficas para la salud humana de las partículas nocivas que emite, incluida la muerte.



Figura 5. Imagen de la ciudad de Madrid afectada por la polución causada por el tráfico.

Y se acuñan nuevos términos que supondrán un cambio conceptual en el modo de entender la vida de la gente, que cada vez emigra más hacia entornos urbanos, tales como «cambio climático», «eficiencia energética», «sostenibilidad» o «ciudades inteligentes».

En España, el año 2009 se considera el de arranque del nuevo resurgir de la movilidad eléctrica tal y como hoy la conocemos, en una época en la que empezaba a aflorar de forma evidente la crisis económica y financiera cuyo alcance no se vislumbraba y que un lustro después, seguimos arrastrando.

Ese año, el 8 de septiembre, el Gobierno de España y su entonces Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, encabezado por el ministro Miguel Sebastián, lanzó el proyecto MOVELE, proyecto de movilidad eléctrica urbana que se enmarcó en el Plan de Activación del Ahorro y la Eficiencia Energética 2008-2011, impulsada por la Secretaría de Estado de Energía a través del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).



Guía del vehículo eléctrico II

El proyecto MOVELE tenía como objetivo la introducción, entre 2009 y 2010, de 2.000 vehículos eléctricos de diversas categorías, prestaciones y tecnologías —que supondrían un ahorro equivalente a 2.772 toneladas de petróleo y evitar la emisión de 4.471 toneladas de CO₂ anuales— en un colectivo amplio de empresas, instituciones y particulares, así como la instalación de puntos de recarga.

Además, se involucró a ciudades como Madrid, Barcelona y Sevilla, cuyos alcaldes ratificaron convenios de colaboración con el Ministerio para instalar los primeros 546 puntos de recarga de vehículos eléctricos en sus ciudades.

Sin embargo, el proyecto MOVELE arrancó con un portafolio de vehículos muy pobre, apenas el modelo Th!nk City y algún que otro cuadríciclo. El Grupo PSA había lanzado entre 1993 y 1999 dos modelos electrificados, el Peugeot 106 y el Citroën AX, pero salieron muy pocas unidades de la frontera gala.

Tampoco a nivel de infraestructuras había un desarrollo tecnológico maduro, a lo sumo puntos de recarga dotados de conector doméstico (schuko), si bien tampoco era necesario más a juzgar por las oferta de vehículos. Los conectores tipo 2, como el Mennekes, estaban todavía fuera de la órbita comercial y tan siquiera se había empezado a debatir en Europa sobre la conveniencia de este tipo frente al 3, defendido por la *EV Plug Alliance*. De la recarga rápida ni se hablaba por aquel entonces.

Un escenario de crisis financiera creciente y con perspectiva de durar más de lo deseable; la entrada de nuevos actores en el sector de la automoción, como las empresas eléctricas; un desconocimiento en la estrategia adecuada de implementación de la movilidad eléctrica; un portafolio de productos (vehículos e infraestructuras) escaso y poco atractivo para el público; un desconocimiento por parte del usuario final acerca de las ventajas y oportunidades de la movilidad eléctrica; un marco normativo en desarrollo y una descoordinación general entre las administraciones y las empresas vinculadas al vehículo eléctrico fueron los mimbres con los que se empezaron a hacer los cestos de la movilidad eléctrica en 2009.

Durante este último lustro se han ido corrigiendo, no con poco esfuerzo, muchas de las dificultades apuntadas y, a día de hoy, el panorama

es completamente diferente al de 2009 y el vehículo eléctrico muestra una sólida cadena de valor a nivel industrial y empresarial y en su relación con las administraciones públicas en la búsqueda de objetivos comunes para implementar la movilidad eléctrica.

Hoy en día existe un portafolio amplio y variado de vehículos de 2, 4 y más ruedas, capaces de dar respuesta a las necesidades de movilidad de colectivos profesionales y al ciudadano particular.

Además, España se presenta como potencia en la fabricación de vehículos eléctricos de 4 ruedas a escala mundial —varios de ellos primeras marcas de automoción como Nissan, Peugeot, Citroën y Renault— y con factorías en Cataluña, Galicia, Castilla-León y Murcia.

Asimismo, las motos eléctricas, de las que existen ya ejemplos de fabricación en España, como Scutum y Bultaco, son un ejemplo de la apuesta empresarial innovadora por la movilidad eléctrica.

También cuenta España con fabricantes nacionales de puntos de recarga como Circutor, Circontrol, Simón, Orbis, Ingeteam, Gamesa Electric, GH Electrotermia, Indra o ZIV, que son referente mundial y que exportan a un gran número de países con estándares de calidad de reconocido prestigio.

Y en innovación, nuestro país es también un referente acompañando a otros países comunitarios en proyectos europeos de prestigio como *Green eMotion*, para enlazar las iniciativas en curso de electromovilidad regional y nacional, o el *Cenit VERDE* y más recientemente el *Faro REMOURBAN* en Valladolid, como muestra de los esfuerzos de la industria española junto con las instituciones públicas para la investigación, desarrollo e implementación del coche eléctrico enchufable y su infraestructura de recarga. A ellos se suman el proyecto *ZEM2ALL* en Málaga, que busca estudiar y analizar la implementación masiva del vehículo eléctrico en entornos urbanos, el proyecto *FREVUE* en Madrid para el desarrollo de la movilidad eléctrica en la distribución urbana de mercancías, y la *Metrolinera*, también en Madrid, y ejemplo mundial de la optimización de recursos al hacer uso de la energía generada en la frenada regenerativa de los trenes de Metro para la recarga rápida de vehículos eléctricos, aprovechando así una energía que, de otro modo, se disiparía.





Guía del vehículo eléctrico II



Figura 6. El proyecto FREVUE se ha implementado en Madrid, en el antiguo mercado de frutas y verduras de la Plaza de Legazpi.

1.4. RESUMEN

El vehículo eléctrico es hoy día una tecnología capaz de satisfacer las necesidades de movilidad de buena parte de la población, si bien es cierto que aunque se trata de la única tecnología cero emisiones en la propulsión, convivirá durante varias décadas con otras tecnologías alternativas como el Gas Licuado del Petróleo o el Gas Natural Comprimido.

Sin duda, el vehículo eléctrico es estratégico en su implementación en las flotas profesionales, lo que ya es evidente en empresas tanto de logística urbana como de servicios municipales y, por supuesto, de transporte público privado, como el taxi, y colectivo, como el autobús 100% eléctrico, con ejemplos de implantación en varias ciudades españolas.

Quedan barreras por superar, como una mayor autonomía de las baterías, el desarrollo de una red de recarga pública, al margen de un impulso en campañas de concienciación acerca de las ventajas y oportunidades que ofrece el vehículo eléctrico, pero sin duda, y pese a las dificultades por las que su implementación ha pasado y sigue pasando, el vehículo eléctrico ha venido para quedarse y su momento es hoy, no mañana.

1.5. REFERENCIAS

- CHRIS PAINE (2006): *Who killed the Electric Car*. Sony Pictures Classics. Estados Unidos.

2 LA REVOLUCIÓN SILENCIOSA



2.1. «THE FUTURE IS ELECTRIC; DRIVE THE FUTURE»

El futuro es eléctrico; conduce el futuro, maneja el futuro, dirige el futuro.

El verbo inglés «drive» nos permite hasta una triple acepción. Esta concisa pero profunda y provocadora frase, contiene dos importantes mensajes y abre todo un mundo de oportunidades, retos y desafíos a la sociedad en general, para mejorar la calidad de vida de nuestros ciudadanos, a través del ingenio, la innovación y el emprendimiento.

El futuro es eléctrico: la primera parte de la frase nos confirma algo que ya sabemos hoy. En nuestra dieta energética, en estos últimos cien años, a medida que hemos ido evolucionando, hemos ido aumentando el porcentaje que la electricidad cubre nuestra necesidad de energía.

Al igual que la dieta mediterránea es una dieta saludable, por ser baja en colesterol, la electricidad puede ser también la energía más saludable, por posibilitarnos una dieta baja en emisiones contaminantes, baja en CO₂ («low carbón diet»).

En España lo sabemos muy bien: dos de cada tres kWh de electricidad que consumimos de media al año en nuestro país, se ha generado sin emitir CO₂; gracias a las renovables —agua, viento, sol, biomasa— y a la nuclear. Incluso la electricidad generada a partir del carbón es más baja en carbono que los carburantes convencionales (gasolina, gasóleo) usados directamente en un motor de movilidad convencional.

La eficiencia de verdad, la eficiencia con mayúsculas, necesita de la combinación simultánea de tres acciones: sustituir energías emisoras



Guía del vehículo eléctrico II

de CO₂ (derivados del petróleo y, en menor medida, gas natural) por electricidad; reafirmarnos en nuestros hábitos energéticos saludables (no basta con tener electrodomésticos eficientes y aparatos inteligentes, hay que hacer además buen uso de ellos); y aprender a ser consumidores responsables (lo más novedoso), pensando en nuestro entorno, en nuestros semejantes y en nuestras generaciones futuras.

Electrificar la sociedad no es la solución al cambio climático, pero sin electricidad no hay solución. Electrificando nuestras vidas seremos capaces de ser ciudadanos más eficientes, formar parte de una sociedad más competitiva, ser un mundo más sostenible. Y lo mismo puede decirse de la movilidad eléctrica, del vehículo eléctrico, del coche eléctrico.

Y aquí llegamos a la segunda parte de la frase: conducir, manejar, dirigir el futuro. Es una invitación a hacer que el futuro sea eléctrico, a que los vehículos que conduzcamos y que nos muevan sean también eléctricos. Según datos de la Comisión Europea, de la Agencia Internacional de la Energía y de Greenpeace, el transporte es el sector económico que más petróleo consume.

La mitad de la dieta energética española se basa en el petróleo. Dos terceras partes del petróleo que consume la Unión Europea están destinadas al transporte. A nivel global, en el sector transporte, la dependencia energética del petróleo es casi total, más del 95%.

Conduzcamos el futuro. Empecemos ya, hoy, en el presente, desde ahora mismo, a dirigir nuestro futuro, a ser más eléctricos.

2.2. FLEXIBILIDAD ANTE LO «NO CONVENCIONAL»

Desde hace poco más de una década, lo «no convencional» está llenando nuestras vidas. Así, cada vez es más frecuente encontrar referencias a conceptos tales como: el gas no convencional (metano del carbón, gas de esquisto), los yacimientos no convencionales (arenas compactas, pizarras bituminosas), la publicidad no convencional, la comunicación no convencional, el calzado no convencional, las viviendas no convencionales, etc.

Desde un punto de vista técnico, España es un referente, un caso de éxito, en la introducción de fuentes de energía renovables no conven-

cionales. En gran medida, al haber sido capaces de integrar elevadas cantidades de estas energías, de manera compatible con la seguridad del sistema y respetando la calidad del suministro; las principales responsabilidades de Red Eléctrica de España como Operador del Sistema. Gracias al desarrollo de herramientas flexibles e inteligentes, a la profesionalidad y excelencia de los equipos humanos involucrados y, fundamentalmente, a la coordinación y la cooperación de todos los agentes y sujetos del sistema.

De igual manera que la penetración continua y creciente de renovables en el 'mix' de generación ha cambiado nuestra manera de interoperar e interactuar en el sistema eléctrico, la introducción progresiva de vehículos eléctricos en nuestro entorno supondrá un cambio sustancial en la demanda de energía eléctrica, incrementando la criticidad y la variabilidad.

La buena noticia es que todo lo que nos hemos desarrollado y evolucionado para superar el reto de las renovables no convencionales, podemos utilizarlo para volver a ser un caso de éxito; esta vez, con demandas no convencionales.

2.2.1. Las renovables no convencionales y el CECRE

A comienzos de este siglo XXI, los responsables de la operación del sistema eléctrico en nuestro país veían imposible poder conectar más de 4.000 MW eólicos a la red de transporte, sin poner en riesgo la seguridad del suministro, sin asumir la posibilidad de sufrir apagones.

Hoy en día, apenas diez años después, tenemos casi 6 veces más de potencia eólica instalada y conectada que aquel límite hipotético. La eólica cubre, de media, el 22% de la demanda eléctrica anual de nuestro país, pudiendo llegar a cubrir más del 50% en determinadas horas. España se convirtió en 2013 en el primer país del mundo en el que la eólica es la principal fuente de generación eléctrica. El pasado 29 de enero de 2015, jueves, coincidiendo con el 30 aniversario de la creación de RED, establecimos el actual registro máximo histórico de producción instantánea horaria de energía eólica: 17.553 MWh, a las 7 de la tarde.

Las renovables, en su conjunto, cubren el 44% de nuestra demanda eléctrica anual, pudiendo llegar a suministrar cerca del 75% de la de-



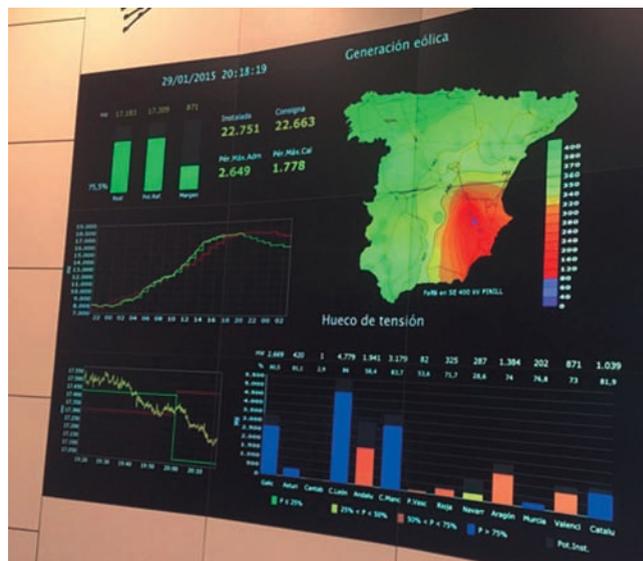


Guía del vehículo eléctrico II

manda cada vez más horas del año. Gracias a las renovables y a la nuclear, el 85% de las horas del año se cubre al menos la mitad de nuestra demanda eléctrica sin emitir CO₂ a la atmósfera.

Uno de los logros relevantes afrontados por RED fue la creación en 2007 del Centro de Control de Energías Renovables (CECRE), y su gestión inteligente y flexible de la generación no convencional. El significativo incremento de la instalación de plantas de generación con fuentes de energía renovable, así como su adecuada integración en el sistema eléctrico español, en condiciones de calidad y seguridad de suministro, ha sido posible gracias a una decidida apuesta de los Gobiernos y de las Comunidades Autónomas, junto al trabajo conjunto y continuado de RED, fabricantes de aerogeneradores, empresas eléctricas, promotores, asociaciones, etc.

Este centro de control, pionero en el mundo —y único a día de hoy—, facilita la integración de las energías renovables y la comunicación y coordinación entre el Operador del Sistema, los productores renovables, sus representantes, las compañías eléctricas, otros operadores internacionales, la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). El esfuerzo de todos ha permitido situar a España entre los países punteros en términos de integración de renovables, facilitando no sólo la creación de miles de puestos de trabajo, sino también de oportunidades de negocio y el fomento de la exportación de nuestros productos y «know-how».



Ante el nuevo reto de introducción de vehículos eléctricos en el sistema eléctrico español, contamos con la tranquilidad de ver las huellas de los peregrinos anteriores. De esta forma, una apuesta decidida y un esfuerzo común de los agentes implicados, unidos a un proceso integral de vigilancia, estudio, desarrollo e implantación de herramientas, permitirán no sólo una integración eficiente, segura y exitosa del vehículo eléctrico en nuestra sociedad, sino también el colocar a España como referente en esta tecnología.



2.2.2. La movilidad no convencional y el CECOVEL

Hablemos de otro caso de éxito de España. Fijémonos en el desarrollo del tren de alta velocidad (AVE) en nuestro país. Es el modo de transporte terrestre más rápido y eficiente con el que contamos actualmente. Y, por si lo habíamos olvidado, es eléctrico. El paradigma de la movilidad eléctrica es el AVE español.

Como consumidor eléctrico, ha supuesto un reto importante en el sector debido a sus especiales características: demandas conectadas directamente a la red de transporte, de cuantías importantes, intermitentes y móviles, que introducen perturbaciones en el sistema y que requieren de una alta calidad y seguridad de abastecimiento.

En las horas punta de estos trenes, su consumo supera los 400 MW. Es equivalente a tener la planta de aluminio de ALCOA en San Ciprián (Galicia) —el mayor centro de consumo en España— moviéndose a 300 km/h por nuestra geografía. Pero de una manera desagregada.

El desarrollo de las redes eléctricas asociadas al despliegue del AVE en España, es otro caso de éxito, dentro de la implantación de infraestructuras inteligentes de última generación asociadas a la movilidad eléctrica.

Son muchos los beneficios que aporta la integración del vehículo eléctrico en el sistema eléctrico español, entre otros: la posibilidad de una operación flexible y una mayor integración de energías renovables. RED anticipa la oportunidad de crear un centro de control a nivel nacional para la gestión del vehículo eléctrico (CECOVEL), equivalente y complementario del CECRE renovable.

El objetivo principal del CECOVEL es integrar, en condiciones de seguridad, en el sistema eléctrico español, la recarga masiva y variable



Guía del vehículo eléctrico II

de coches eléctricos, en un futuro cada vez más cercano. El CECOVEL de RED permitirá adaptar, en tiempo real y de manera flexible, el funcionamiento del sistema eléctrico a los hábitos de recarga de los conductores.

Gracias al CECOVEL es posible la integración eficaz y sostenible de todos los vehículos eléctricos que segundo a segundo se conecten al sistema eléctrico, en cualquier punto geográfico, durante el tiempo que necesiten, para realizar recargas variables y totalmente heterogéneas, unas más rápidas y otras más lentas.

Limitar las recargas de vehículos a las horas valle (horas nocturnas) y realizarlas de manera lenta (8 horas) es la solución fácil y menos atractiva; algo que conviene no olvidar cuando hablamos de coches. La solución que espera la sociedad, de un sector innovador como el eléctrico, es la recarga rápida flexible.

El CECOVEL nace con vocación de convertirse en un centro de control pionero en su actividad, interconectado con el CECOEL (centro de control eléctrico), con el CECRE, con los centros de control de los sistemas insulares en Canarias y Baleares, con los centros de control de las empresas distribuidoras y con los concentradores de los gestores de carga. Todos estos centros de control intercambiarán información de forma bidireccional, y eso facilitará al sistema la flexibilidad necesaria para gestionar la demanda asociada al vehículo eléctrico. Recibirá información relativa al estado de los puntos de recarga en función del volumen de energía que representen, del consumo de los mismos y de la previsión horaria de su consumo. Todos estos datos serán analizados para comprobar el impacto que tienen sobre la curva de la demanda de los sistemas eléctricos españoles.

RED estima que, mediante la aplicación de sistemas de gestión inteligente, las redes eléctricas de media y alta tensión actuales podrían absorber en los próximos veinte años hasta una cuarta parte del parque automovilístico español, lo que supone entre siete y ocho millones de vehículos conectados.

Si esta integración de la carga del vehículo eléctrico se realiza con flexibilidad, inteligencia e ingenio, de manera similar a como se integran actualmente en España las renovables no convencionales, proporcionará una mayor eficiencia y seguridad al sistema, y redundará en una sociedad sostenible y una economía baja en carbono.

Es muy probable, como ha ocurrido con las renovables, que antes de que transcurran esos veinte años, la realidad nos corrija la anterior previsión. Y podamos asistir a anuncios como que España es el primer país del mundo donde los vehículos eléctricos superan a los de gasolina, o que las recargas de coches superan al AVE en consumo eléctrico anual, o que el sistema eléctrico balear ha sido capaz de recargar simultáneamente el 80% de su parque de vehículos enchufables, o que las empresas del IBEX electrifican toda su flota de vehículos, o que Madrid reduce su dependencia energética gracias al suministro a los edificios desde las baterías de los coches.

2.3. EL TAMBOR TAMBIÉN ES TROPA

Quien no haya usado esta frase, siendo jugador de mus, es porque ha ganado pocos envites después de haber pasado una seña a su compañero. Suele usarse por parte del musolari que lleva una buena jugada, a la hora de contar amarracos; generalmente, con pares o con juego. Cuando la otra pareja está contando sus piedras, teniendo sólo en cuenta las cartas del jugador que ha aceptado el envite, y su compañero enseña sus cartas para revelar la jugada ganadora. Y se dice que «el tambor también es tropa», como recordando que aunque no se haya contado con él, por no haber hablado durante el juego, no significa que no pueda ser determinante su participación para ganar.

Nos sirve para poner en valor otra faceta de la experiencia del equipo humano de RED: además de operadores del sistema, también somos usuarios de vehículos eléctricos.

A través de un acuerdo de colaboración técnica alcanzado entre Renault y RED, se ha materializado la cesión de un Renault ZOE a RED con la finalidad de realizar un estudio técnico del comportamiento del vehículo eléctrico. El objetivo ha sido recabar datos asociados al vehículo eléctrico, y a su proceso de carga, mediante un caso de uso en la isla de Mallorca, una isla del Mediterráneo dentro de un sistema eléctrico débilmente interconectado, que reúne óptimas condiciones para el despliegue del vehículo eléctrico a gran escala.

Según el informe técnico realizado por RED en función de los datos obtenidos, el 65% de los trayectos realizados con el vehículo eléc-





Guía del vehículo eléctrico II

trico ha sido relativo a desplazamientos laborales, y el 71% a los realizados por las autovías de la isla de Mallorca. Además, se han ahorrado 352 kg de CO₂ durante la experiencia con el vehículo, que es aproximadamente lo que absorben 383 árboles. Extrapolando este dato a un periodo anual, se evitarían emisiones de 3,8 toneladas de CO₂.

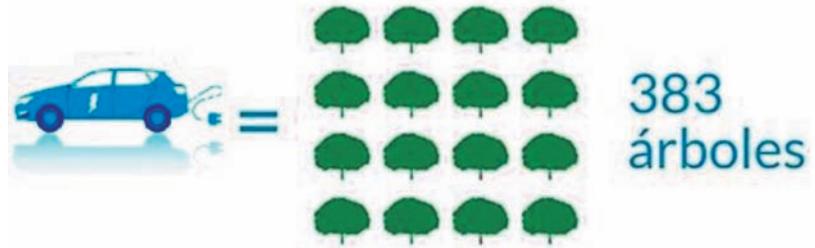


Figura 2. Cantidad de CO₂ no emitida al hacer uso del vehículo eléctrico en nuestro estudio.

Teniendo en cuenta los 2.015 kilómetros recorridos en el periodo de pruebas, se ha estimado que, para la tarifa general, el coste de la carga es de 2,66 €/100 km mientras que para la tarifa nocturna y la tarifa de vehículo eléctrico, el precio de carga es de 1,91 €/100 km.

Comparando el coste €/km entre vehículos de combustión con gasoil y vehículos eléctricos, resulta que para un vehículo con motor de combustión interna el coste medio es de 6,6 €/100 km.

Por tanto, en el peor escenario planteado, con cargas realizadas durante la mañana, y sin que la batería del vehículo se descargue completamente, el coste de la carga del vehículo eléctrico para realizar 100 km ha sido tres veces menor que para un vehículo de combustión con gasoil.

En coherencia con el ejemplo anterior, RED sigue participando en proyectos demostrativos similares. Como complemento, a principios de 2015, RED ha aprobado un plan de movilidad sostenible, que afecta a toda la plantilla, con el que se calcula que se podrá evitar la emisión a la atmósfera de 456 toneladas de CO₂ cada año, lo que muestra el compromiso por el despliegue de los vehículos eficientes y por la movilidad sostenible.

2.4. LA INNOVACIÓN DE LA ALTA COMPETICIÓN

Los rallies y la seguridad pasiva, la vela y la aerodinámica, moto GP y los lubricantes, el Tour de Francia y el cambio Shimano, la Fórmula 1 y el KERS, etc.

La alta competición es un catalizador de la innovación aplicada. Acaba dando como resultado avances tecnológicos que, siguiendo los métodos tradicionales, hubieran tardado décadas en aparecer; o incluso, no habrían llegado. Y todos ellos, antes o después, de manera directa o indirecta, acaban mejorando nuestra calidad de vida.

El pasado 13 de septiembre de 2014, en la ciudad china de Beijing (Pekín), se celebró la primera carrera de competición de monoplasas eléctricas; conducidos por pilotos profesionales, de diez equipos, organizada por la Federación Internacional del Automóvil (FIA); dentro de la primera temporada del Campeonato Mundial de Formula-e, que agrupa diez carreras en otras tantas ciudades alrededor de todo el planeta. Y, dicho sea de paso, con fuerte presencia de españoles en el equipo gestor.

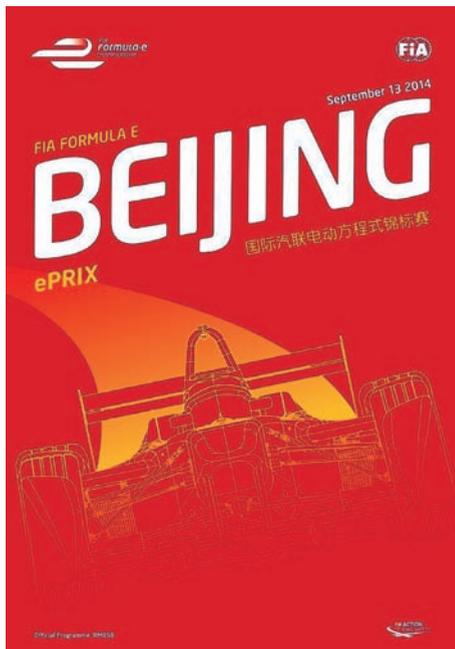


Figura 3. Carátula del programa oficial de la primera carrera (e-prix) del campeonato mundial FIA de Formula-e. Beijing (China), 13 de septiembre de 2014.



Guía del vehículo eléctrico II

Con la intención de introducir los vehículos eléctricos en el entorno urbano, con una clara apuesta por la eficiencia y la sostenibilidad, es un laboratorio de I+D que traerá grandes avances no sólo en las baterías y los sistemas de recarga, sino también en seguridad y hábitos de conducción. Renault, BMW, McLaren, Michelin, Qualcomm son sólo algunas de las marcas de renombre internacional que de momento están presentes en el circuito.

El vehículo eléctrico está experimentando un fuerte desarrollo a nivel mundial: se está produciendo una evolución imparable en toda la cadena de valor del vehículo eléctrico. Esta implicación por parte de todos los agentes del mercado está suponiendo una especialización en el propio vehículo, en sus baterías y en su proceso de carga. Apoyándose en datos:

- Los principales fabricantes generalistas de coches ya disponen de un modelo de vehículo eléctrico en su portfolio.
- En 2014, se han vendido más de 300.000 vehículos eléctricos e híbridos enchufables en el mundo, con una marca histórica de ventas mensual de más de 30.000 unidades.
- El aumento de ventas de vehículos eléctricos en España está siendo exponencial. En 2014, durante el periodo de ayudas estatales aumentaron las ventas en un 168% frente al periodo sin ayudas.
- España, segundo fabricante europeo de coches y noveno del mundo, es también una potencia europea en fabricación de vehículos eléctricos, produciendo cinco modelos que son exportados a todo el mundo.

Sin ánimo de ser exhaustivos, los tres principales retos a los que se enfrenta el sector, a medio plazo, son: despliegue de infraestructura (puntos de recarga, carriles de inducción), tiempo de recarga (reducirlo a 10 minutos) y baterías (600 km / 6 años).

2.5. TRES (R)EVOLUCIONES: INDUSTRIA, SOCIEDAD, MOVILIDAD

En lo que llevamos de siglo XXI, y muy directamente relacionado con la energía eléctrica y los avances tecnológicos, estamos viviendo tres revoluciones de manera simultánea.

En primer lugar, estamos inmersos en la llamada Tercera Revolución Industrial. Si el siglo *xix* fue el de la primera revolución industrial, dominada por el carbón y la máquina de vapor; y el siglo *xx* fue el de la Segunda, con el petróleo y el motor de explosión, el siglo *xxi* es el siglo de la energía baja en carbono y de la electrificación global de la sociedad.

Inspirada por el profesor estadounidense de Wharton, Jeremy Rifkin, se basa en cuatro pilares fundamentales: un «mix» energético bajo en carbono, donde las renovables tienen un papel protagonista; el almacenamiento de electricidad —la piedra filosofal de los alquimistas contemporáneos—; los edificios eficientes; y las redes inteligentes.

El profesor Rifkin dedica su libro titulado así, «La Tercera Revolución Industrial», a explicarnos su visión. Por cierto, que identifica a España como un «laboratorio viviente» de esta transformación.

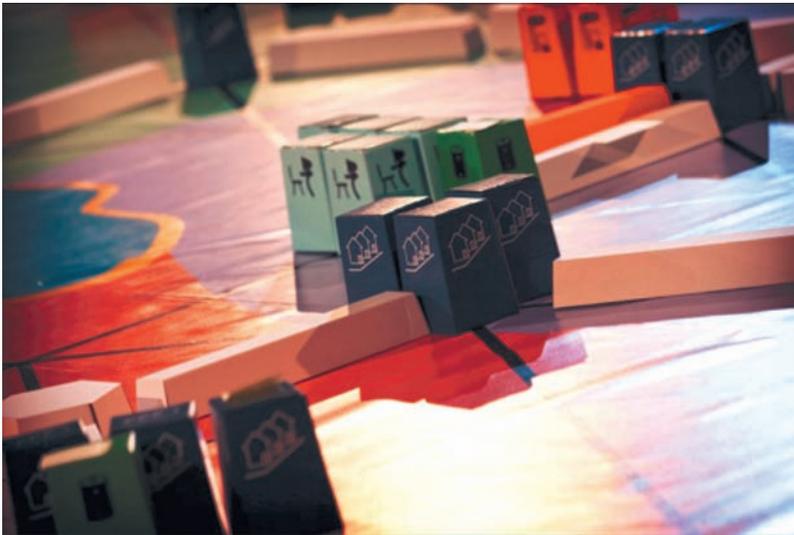


Figura 4. Flexnet XXL, simulador de negocios de redes inteligentes (Fuente: DNV KEMA, Great Minds).

En segundo lugar, asistimos a una auténtica revolución copernicana, en relación con los consumidores. Como es conocido, en el siglo *xvi*, Nicolás Copérnico, astrónomo y matemático polaco, detuvo el Universo, para poner al Sol en el centro de nuestro sistema planetario, desplazando a la Tierra y al propio ser humano.



Guía del vehículo eléctrico II

La Tierra pasó a ser un planeta más. Y el Hombre, despojado de su, hasta entonces, cómodo inmovilismo contemplativo, entendió que el movimiento y la evolución iban de la mano, a través del uso de la Razón, en una naturaleza cada vez más alejada del dogma teórico y más cercana a las leyes físicas empíricas.

Copérnico formuló su teoría en su libro «Sobre las revoluciones de las esferas celestes», uno de los pilares de la revolución científica que hizo de puente entre el Renacimiento y la Ilustración.

Al igual que Copérnico hace cinco siglos, cada vez más Gobiernos están revisando sus modelos energéticos, para poner en el centro del mismo al cliente, al consumidor, al ciudadano. El último ejemplo: la Comisión Europea, con su comunicación 80/2015, en febrero pasado, sobre la Unión Energética.

Llevamos décadas girando alrededor de la energía; en una órbita bastante excéntrica. Con el nuevo modelo heliocéntrico copernicano, el cliente es el astro rey; pero no como individuo aislado; como sociedad. La revolución copernicana de nuestro modelo eléctrico pone a la sociedad en el centro del sistema. La electricidad es un planeta más, como el resto de bienes y servicios. La sociedad es el sol que energiza al planeta eléctrico.

Y en tercer lugar, y dando título a este capítulo, la Revolución Silenciosa de la movilidad eléctrica. Para ser conscientes de esta revolución, sólo hay que observar las siguientes fotos, de los coches más avanzados en la actualidad: el Tesla 85S y el RIMAC Concept One.

En el sitio donde habitualmente encontramos el motor, en un coche convencional, no hay motor, sólo espacio para almacenamiento (maletas, baterías...). No hay transmisión, no hay diferencial. Las bujías y las válvulas han sido reemplazadas por cables y electrónica. La mecánica se reduce a lo mínimo imprescindible y con ello, las averías y el mantenimiento.

Los motores, en un vehículo eléctrico, están y estarán en las propias ruedas. Cada rueda provista de un motor eléctrico, de alto rendimiento. Tracción a las cuatro ruedas, independientes entre sí pero coordinadas a través de un sistema de control inteligente.



Figura 5. Fotos de detalle del Tesla y del RIMAC.

2.6. REFERENCIAS

- COMISIÓN EUROPEA (2015): *Communication 80/2015, Energy Union*.
- COPÉRNICO, Nicolás (1543): *Sobre las revoluciones de las esferas celestes*. Tecnos.
- FRANKLIN, D., y ANDREWS, J. (2013): *El mundo en 2050. Todas las tendencias que cambiarán al planeta*. The Economist - Gestión2000.
- RIFKIN, Jeremy (2011): *La Tercera Revolución Industrial*. Paidós.

3

EFFECTO DEL VEHÍCULO EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA



3.1. INTRODUCCIÓN

Los pronósticos de penetración del vehículo eléctrico existentes cuando se preparó la primera edición de esta Guía se han demostrado demasiados optimistas. No obstante, con un ritmo bastante más bajo, el vehículo eléctrico ya es una realidad, con varios modelos en el mercado y con un crecimiento anual sostenido en el número de ventas.

El sector del transporte es altamente dependiente del petróleo (95%), lo cual tiene un doble efecto: supone una balanza energética desfavorable en países con escasos o nulos recursos petrolíferos y emisiones difícilmente controlables de contaminantes y, sobre todo, de CO₂, principal responsable del cambio climático. En este marco, y pese a los movimientos en el precio de la energía, se sigue promoviendo la implantación del vehículo eléctrico como una tecnología que permite descarbonizar el sector transporte.

Los vehículos eléctricos son incluso más antiguos que los actuales de combustión interna, pero no ha sido hasta el desarrollo de tecnologías de almacenamiento de alta densidad cuando empiezan a competir con los vehículos de combustión. En esta competencia, aún el vehículo eléctrico necesita una ayuda para salvar el *gap* de coste, ayuda que los gobiernos dan en forma de incentivos fiscales.

A medida que se produzca una reducción de costes de producción y de mejora de prestaciones, el vehículo eléctrico irá ganando terreno y su efecto en la red se comenzará a notar.

Dentro de las distintas variantes de vehículo eléctrico, las que tienen afección a la red eléctrica son las que se conectan a ésta, es decir, los vehículos eléctricos puros y los híbridos enchufables.



Guía del vehículo eléctrico II

Desde 2009 se han llevado a cabo numerosos trabajos sobre los vehículos eléctricos tanto en su uso, como en los sistemas de recarga y los efectos en la red. Así, se ha podido ver cómo gestionar la carga, avanzar en los estándares de conexión, en los protocolos de comunicación y en la afección de la carga a distintos parámetros de la red, como, por ejemplo, a las comunicaciones de los contadores eléctricos.

En este capítulo se comienza describiendo algunos aspectos básicos de la red de distribución y del proceso de carga (tipos y escenarios) para continuar con el análisis del impacto tanto a nivel de capacidad como de calidad.

3.2. LA RED DE DISTRIBUCIÓN

La red de distribución es la encargada de trasladar la energía eléctrica entre la red de transporte y los usuarios finales. Debido a las propiedades de este tipo de energía, su traslado a largas distancias en grandes cantidades se realiza a alta tensión (400, 200 y 132 kV), es la red de transporte, y esta tensión va disminuyendo a medida que la red se acerca a los usuarios finales normalmente en dos escalones (desde 66-30 kV a 400-240 V), es la red de distribución.

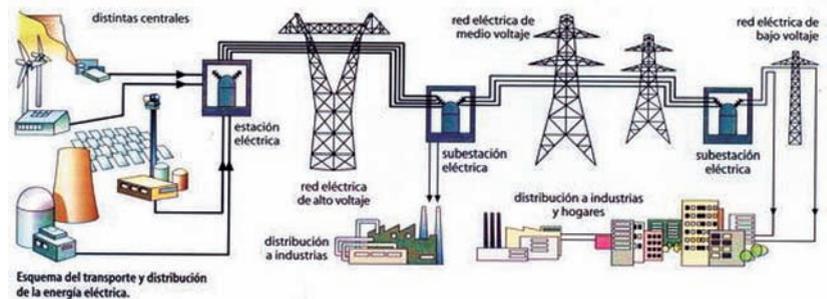


Figura 1. Cadena tradicional del sistema eléctrico en España.

El último escalón de distribución es el centro de transformación, que convierte la energía de los 66-30 kV a la tensión que recibimos en nuestras viviendas.

Las redes se dimensionan para poder suministrar la máxima potencia contratada por los clientes de la red y en este dimensionamiento se

tienen en cuenta factores de crecimiento y coeficientes de simultaneidad en la potencia demanda.

El coeficiente de simultaneidad implica que el consumo máximo de un conjunto de clientes no coincide con la suma de los consumos máximos, ya que estadísticamente la máxima demanda de cada cliente no coincide en el mismo instante. Este efecto implica que incrementos en la demanda final tienen mayor impacto en la inversión de la red de distribución más próxima a los clientes.

Para ver el impacto del vehículo eléctrico, es conveniente conocer algunos datos básicos de la red de distribución actual¹:

- Potencia máxima de transformación de un centro de transformación: 400 kVA.
- N.º de hogares alimentados por un centro de transformación: 100.
- Energía consumida media en un hogar año/día: 2.992 kWh / 8,2 kWh.
- Potencia máxima demandada por los hogares: 4 kW.
- Potencia media demandada en un hogar: 341 W.

3.3. GRADO DE PENETRACIÓN DEL VEHÍCULO ENCHUFABLE

El cómo afecta el vehículo a la red depende en gran medida del número de vehículos existentes. La penetración de vehículos eléctricos puros y de híbridos enchufables² está creciendo, si bien lo hace a un ritmo más lento de lo que se pensaba en 2009 y de una forma desigual dependiendo de los países y de sus diferentes incentivos fiscales.

En general, las ventas se han doblado desde el inicio de la comercialización en 2010. Así, se ha pasado de las 45.000 unidades en 2011 hasta más de 200.000 en 2013 en todo el mundo. En la Unión Europea se alcanzaron las 50.000 unidades, lo que supone un 0,4% de las ventas totales.

¹ Fuente: REE y elaboración propia.

² El vehículo híbrido básico no se considera, ya que no puede conectarse a la red y, por lo tanto, no tiene efectos sobre la misma.





Guía del vehículo eléctrico II

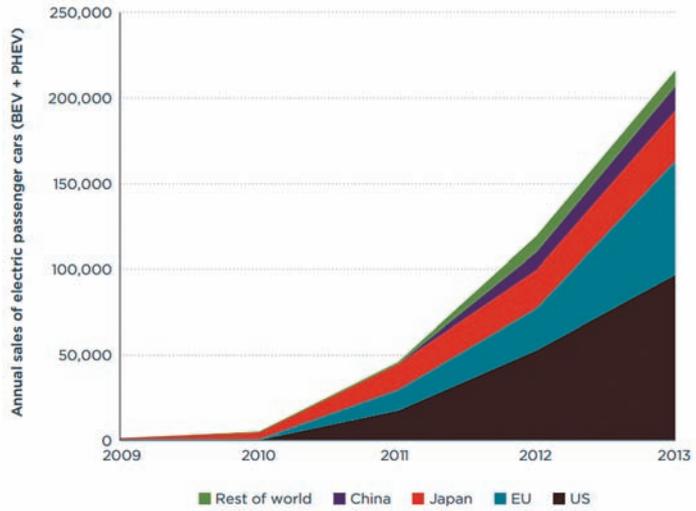


Figura 2. Ventas globales de vehículos eléctricos (transporte pasajeros).
Fuente: ICCT.

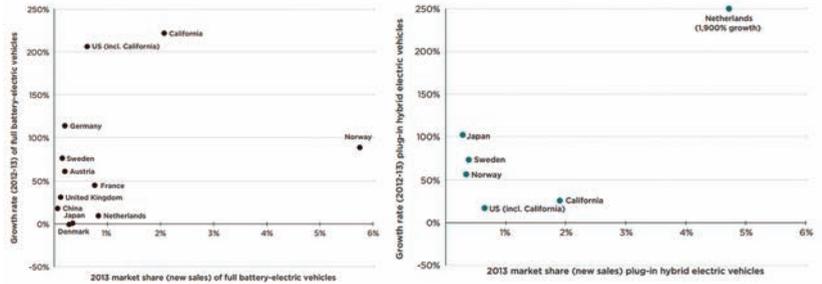


Figura 3. Crecimiento en ventas 2012-2013 frente cuota de mercado 2013.
Fuente: ICCT.

Las previsiones a 2020 son complicadas de hacer, debido a que depende en gran medida de los programas de incentivos y de la evolución de la propia tecnología en competencia con tecnologías tradicionales.

En la Fig. 4 se puede ver una estimación de ventas en vehículos eléctricos³ de transporte de pasajeros en 2020 en los países dentro de EVI (*Electric Vehicles Initiative*). Unas ventas de 5,9 millones anuales con un parque de cerca de 20 millones de vehículos⁴, lo

³ Incluye los vehículos eléctricos, enchufados y los de pila de combustible.

⁴ De forma global los datos son 7,2 millones en ventas y 24 millones ventas acumuladas.

que supone un 6,1% sobre ventas y 2% del total del parque aproximadamente.

Source: EVI. Note: A 20% compound annual growth rate is assumed for countries without a specific sales target (i.e., only a stock target) or with targets that end before 2020.

Source: EVI. Note: A 20% compound annual growth rate is assumed for countries without a specific stock target (i.e., only a sales target) or with targets that end before 2020.

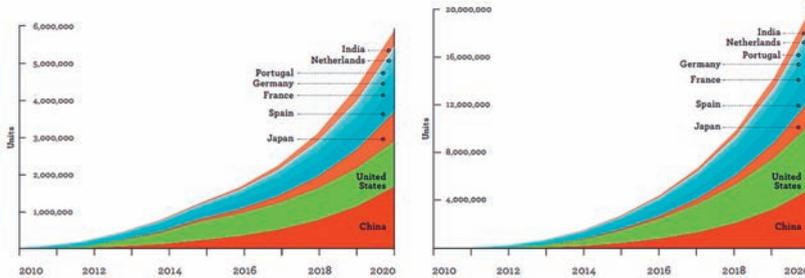


Figura 4. Estimación para 2020 de ventas de vehículos eléctricos según países. Fuente: EVI

En España, la introducción del vehículo eléctrico está siendo especialmente lenta, con 787, 883 y 1.405 de vehículos de pasajeros vendidos en 2012, 2013 y 2014, respectivamente.

De acuerdo con estas cifras y con la previsible evolución en las ventas/mercado, no existen restricciones de forma general desde el punto de vista de la infraestructura de recarga en el mercado español.

De forma adicional, y como el vehículo eléctrico/enchufable tiene un efecto local, sí que es posible refuerzos de la red en el punto de conexión dependiendo de la situación concreta de la red y del vehículo.

3.4. DEMANDA DE ELECTRICIDAD DEL VEHÍCULO

Como se ha comentado previamente, la red eléctrica se dimensiona para dar servicio a la máxima demanda (potencia) requerida por los usuarios. El vehículo eléctrico visto desde la red es una batería cuyas dos características básicas son la potencia para la carga y la cantidad de energía que acumula. La potencia de carga tiene una relación inversa con el tiempo necesario para la carga y, de esta forma, surgen distintas aproximaciones para efectuar tal carga:





Tabla 1. Características de la carga para el vehículo eléctrico.

TIPO	CONEXIÓN Y POTENCIA	AUTONOMÍA TIEMPO RECARGA	COMENTARIO
Lenta	Monofásico Hasta 3,6 kW	150 km 5 a 7 h	Aprovecha infraestructura existente. Carga en origen o destino.
Semi-rápida	Monofásico o trifásico Hasta 25 kW	150 km 1 a 2 h	Instalaciones adaptadas. Carga en origen o destino.
Rápida	Trifásico o en continua Hasta 50 kW	120 km 20 min	Para cargas en trayecto. Carga 80%-90% batería
Super-rápida	Trifásico o c. continua Hasta 150 kW	250 km 20 min	Cargas en trayecto.
Ultra-rápida	>150 kW		Para autobuses y usos especiales
Cambio de baterías	N/A	Varios minutos	Modelo en desuso

Un vehículo eléctrico tiene entre 15 y 30 kWh de capacidad de almacenamiento, lo que le da una autonomía de unos 150-200 km.

Debido a esta limitación actual de los vehículos eléctricos, el uso al que van destinados es a un uso diario en distancias cortas. Debido a que el coche permanece conectado muchas horas al día, la carga lenta es una de las más habituales, y es la que menos cambios supone en la infraestructura eléctrica.

El aumento de la capacidad de las baterías previsible para el futuro, y que ya algunos fabricantes como Tesla están ofreciendo (hasta 85 kWh), y su uso para medias y largas distancias, van a ir requiriendo de sistemas de recarga de mayor potencia. En este sentido, hay fabricantes que actualmente ofrecen «supercargadores» de 120 kW.

El cambio de baterías es un sistema óptimo respecto a la red y a los vehículos, ya que permite una «recarga» rápida respecto a los vehículos (pocos minutos) y una carga lenta respecto a la red, es decir, minimiza inversión en potencia de carga.

Este modelo se ha experimentado pero no ha sido exitoso debido a la alta inversión en las infraestructuras de cambio de baterías y una estandarización de las mismas, así como del sistema de anclaje al vehículo que no ha tenido lugar.

Adicionalmente a estos modos de carga hay que considerar el del funcionamiento bidireccional del vehículo. Esta tecnología conocida como V2G («vehicle to grid») abre interesantes perspectivas para la optimización del sistema eléctrico tanto en la generación y operación del sistema (menor necesidad de generación gestionable) como en las infraestructuras de red.

Debido a las políticas energéticas, se está incrementando la penetración de generación renovable en la red, generación que tiene la característica de la fluctuación dependiendo de la disponibilidad del recurso primario (viento, sol, etc.).

Para optimizar y aprovechar al máximo la generación renovable es necesario almacenarla cuando se está produciendo y devolverla a la red cuando se necesita.

En este sentido, los vehículos eléctricos podrían actuar de forma reversible, cargando las baterías cuando hay exceso de renovable e inyectándola a la red cuando esté ausente dicha generación.

Adicionalmente, este almacenamiento también permite una optimización de los activos de distribución y generación, aplanando demandas y prolongando el funcionamiento de las denominadas centrales base, centrales de bajo coste de producción de electricidad y de gran inercia de funcionamiento (centrales nucleares y térmicas).

Se podría, en suma, facilitar tanto la producción de electricidad proveniente de energía renovable como una mayor producción de electricidad de bajo coste.

Un último punto a considerar para analizar el impacto en la red es analizar el uso del vehículo. Según este uso, existen tres tipos de recarga, en origen (p.ej. en el garaje de casa), en destino (p.ej. en el garaje del lugar de trabajo) y en itinere (en un supermercado, electrolinería, parking, en vía pública).

Desarrollando estos tres tipos básicos de recarga aparecen los siguientes escenarios:





Tabla 2. Características de los escenarios de repostaje.

	MODO DE CARGA	HORARIO DE REPOSTAJE	TIEMPO DE PERMANENCIA	PROPIEDAD CONEXIÓN
Centro comercial	Rápida - Lenta	Laborable 19-22 h y fines de semana	1,2 h	Público
Centro de trabajo	Lenta	Laborable 7-19 h y fines de semana	9 h	Público/Private
Parking	Lenta	24 h	2 h	Público
Vía pública	Rápida - Lenta	24 h	1-12 h	Público
Comunidad de vecinos	Lenta	8-20 h	12 h	Privado
Garaje individual	Lenta	24 h	12 h	Privado
Estaciones de repostaje	Rápida - Cambio batería	24 h	10 min	Público
Estacionamiento de flotas de vehículos	Rápida - Lenta - Cambio batería	24 h	15 min-12 h	Privado

Fuente: Elaboración propia.

Los refuerzos de red necesarios dependerán del grado de desarrollo de cada uno de estos tipos de escenario y de los modos de repostaje-descarga que se vayan demandando. En el próximo apartado se analizan algunos ejemplos basados en datos reales de la red.

Un último punto relacionado con la demanda del vehículo eléctrico es el de la seguridad física. Si bien para carga lenta (3,6 kW) se puede usar un conector estándar doméstico, lo cual sirve como facilitador de la introducción de la tecnología, es importante adaptar las instalaciones para usar conectores específicos. Estos conectores están normalizados y definidos en la norma IEC 62196 (tipos 2 y Combo para Europa), garantizan el buen funcionamiento para un uso continuo de conexión/desconexión y son absolutamente necesarios para cargas semi-rápidas y superiores.

Relacionado con la seguridad y con el tramo final de recarga, se ha aprobado recientemente la ITC BT 52, que regula las instalaciones en baja tensión. Esta información se verá específicamente en un próximo capítulo.

3.5. IMPACTO EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN (CAPACIDAD)

En un análisis macro, existen distintos estudios sobre la capacidad de carga de los vehículos según su forma de carga y el momento de la misma. Debido a que el análisis macro se ha realizado en el capítulo anterior, aquí se exponen un par de gráficos de cómo afecta la carga de 1 millón de vehículos de 16 kWh en carga lenta, en el primer caso, conectándose los vehículos entre las 17 h y las 22 h según una normal, y en el segundo con un algoritmo de carga que a partir de las 22 h empieza a cargar con un desfase según una curva exponencial.

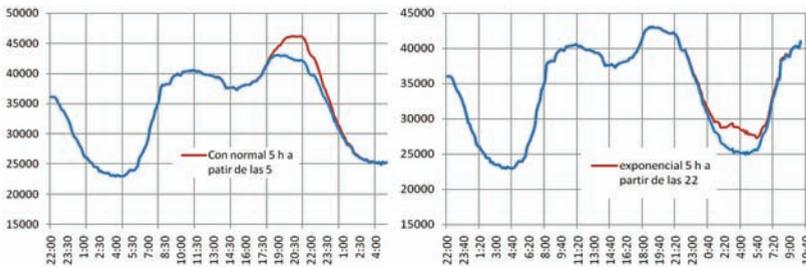


Figura 5. Impacto del vehículo eléctrico en la curva de demanda.

En el primer caso existiría un pico de potencia demandada que sería un 7,1% más alto que el máximo actual, y en el segundo no existiría ninguna potencia demandada adicional.

Si en vez de carga lenta se cargase de forma rápida y coincidiesen las puntas de demanda, el incremento de potencia sería de más del triple del máximo actual.

Si se realizase una carga controlada para que en ningún caso se superase el máximo actual, según cálculos propios se podrían cargar diariamente 12,5 millones de vehículos (16 kWh de demanda diaria) o 35,5 millones (considerando 5,6 kWh demanda diaria, es decir unos 40 km de recorrido). Éstos serían máximos utópicos que no necesitarían un refuerzo general del sistema.

En el desarrollo del vehículo eléctrico se pueden considerar tres fases. Cuando el número de vehículos es despreciable, no es necesario ningún control especial de la carga; con una penetración media, habría que implantar ciertos mecanismos estadísticos para evitar la





Guía del vehículo eléctrico II

coincidencia de carga y en una alta penetración de vehículos será necesaria una carga controlada.

A nivel micro, dependiendo de la situación, incluso para baja penetración de vehículos puede ser necesaria una carga controlada, como se puede ver en los siguientes ejemplos, basados en estudios reales.

Garaje en comunidad de vecinos

Para estudiar este caso se ha elegido un centro de transformación en una zona residencial. Tiene una potencia instalada de 630 kVA, con una potencia demandada durante la noche de 250 kW que alimenta a 543 clientes. El número de plazas de garaje está en torno a las 800.

En este caso, se admitiría una carga lenta simultánea de 76 vehículos (9,5% de las plazas) y de 7 vehículos para una carga rápida (1%). A partir de estos números, o se establece un mecanismo de no simultaneidad o será necesaria una ampliación de potencia y un potencial refuerzo de red.

Garaje en vivienda unifamiliar

La curva de consumo eléctrico de una vivienda suele llegar a su máximo entre las 19 h y las 21 h, y normalmente se encuentra en un mínimo entre las 00 h y las 06 h.

La potencia contratada suele estar por encima de 4 kW, con lo que si se aprovecha el valle de consumo (a partir de las 00:00) y si el consumo residual es pequeño, se podría realizar la carga lenta (3,6 kW) de un vehículo eléctrico. Si el consumo nocturno no es tan bajo (por ejemplo aire acondicionado), o si existen dos vehículos eléctricos, será necesario el aumento de potencia.

A nivel de centro de transformación se realizó el estudio para un centro que sólo suministra a viviendas unifamiliares y que está situado en una zona madura, es decir, con todas las viviendas construidas y habitadas. La potencia instalada del centro de transformación es de 1.030 kVA y tiene una potencia total contratada de 831,55 kW. Este centro suministra a 172 viviendas. Por lo tanto, en promedio, cada vivienda tiene una potencia contratada de 4,83 kW.

Si se tiene un consumo nocturno del 10%, es decir, 0,5 kW, y el coche demanda 3,6 kW (carga lenta), se podrían cargar alrededor de 1,5 vehículos por vivienda.

Estacionamiento de centro comercial

Las plazas de aparcamiento de los centros comerciales podrán disponer de carga rápida y carga normal. Estas cargas se llevarán a cabo principalmente en las horas en las que mayor demanda de clientes exista, es decir, los días laborables a partir de las 19 h y los fines de semana.

La curva de consumo eléctrico de un centro comercial suele ser casi plana a lo largo del día, ya que los dispositivos de consumo eléctrico (climatización, iluminación) están funcionando de forma constante todo el día.

Se ha tomado como ejemplo un centro comercial que dispone de centro de transformación propio y cuyo estacionamiento tiene capacidad para 2.000 vehículos. La potencia contratada por este centro comercial es de 4.100 kW y la potencia instalada de 6.030 kVA⁵. Como se ha comentado anteriormente, la potencia consumida es homogénea y se encuentra cerca del 90% de la contratada, es decir, en torno a 3.700 kW.

Con estas características hay un margen de 2.300 kW hasta llegar a la potencia del centro de transformación, con lo que se podrían cargar simultáneamente unos 450 vehículos (cada uno demandando 5 kW), esto es el 22,5% con respecto al total de vehículos existentes.

Si el centro comercial decide ofrecer carga rápida, podrían cargar simultáneamente 46 vehículos, demandando 50 kW cada uno, es decir, un 2,3% de las plazas. Con los nuevos desarrollos de carga rápida en los que se pueden cargar las baterías en minutos absorbiendo 120 kW de la red, se limitaría la carga a tan sólo 19 vehículos.

Estacionamiento comunitario

El garaje comunitario es otro de los puntos donde se ofrecerán puntos de carga de vehículos. Para este caso se ha elegido un estaciona-



⁵ El factor de potencia (relación entre potencia activa y potencia aparente) es cercano a 1.



Guía del vehículo eléctrico II

miento que dispone igualmente de centro de transformación propio y de 690 plazas. El centro de transformación tiene una potencia instalada de 150 kVA y potencia contratada de 140 kW. El factor de potencia está cercano a la unidad y el consumo es bastante constante, situándose en torno al 90% de la potencia contratada (136 kW). Para este caso se podrían cargar simultáneamente 5 vehículos de carga normal, lo que supone un 7% de la capacidad de vehículos, pero no se podría cargar ningún vehículo mediante carga rápida.

Estaciones de repostaje

Uno de los escenarios que se están considerando son las electrolineras o versión eléctrica de las gasolineras actuales. Las electrolineras tienen dos versiones, las de cambio de las baterías y las de carga rápida de las baterías.

Las del primer tipo no supondrían un problema para la red, ya que la carga de las baterías puede realizarse en un punto diferente a la electrolinera, donde exista capacidad suficiente de distribución eléctrica. Más aún, gestionadas convenientemente, podrán aportar un elemento de apoyo a la misma, tal y como se ha comentado con anterioridad.

Lo que sí es un reto son las electrolineras de cargas rápidas. Las recargas rápidas actuales (20-50 kW) no son equiparables a los estándares de carga de combustible actuales (tiempos de recarga de 20-30 minutos). Ya se ofrecen soluciones de 120 kW, lo que supone que la estación tenga un centro de transformación dedicado con 3 puntos de recarga simultáneos, equivalente al centro que suministra a 100 hogares.

Esta infraestructura ha de ser creada y, por lo tanto, es necesario el desarrollo de la red para este uso.

3.6. IMPACTO EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN (CALIDAD)

La distribución es la responsable de la calidad de suministro eléctrico (RD 1110/2007), es decir, garantiza que la señal eléctrica llega a los clientes finales en la frecuencia (50 Hz) y tensión (240 V en el caso de

baja tensión monofásica) de referencia que permite a los distintos dispositivos funcionar correctamente. La modificación de los parámetros básicos de la señal produce mal funcionamiento en los equipos finales que pueden incluso impedir su funcionamiento.

Adicionalmente a la señal eléctrica, por los cables también circulan otras señales utilizadas para comunicación de datos. Estas señales de muy baja amplitud (no afectan a los equipos) y de alta frecuencia se superponen a la red eléctrica, funcionando en unas bandas de comunicación reservadas para uso de las compañías eléctricas (CE-NELEC A).

Dicha tecnología se denomina PLC (*Power Line Carrier*), y es usada actualmente para comunicar la información de los contadores inteligentes hacia los centros de transformación y de ahí a los sistemas centrales de las compañías de distribución.

Los vehículos eléctricos acumulan la energía en las baterías, y éstas se alimentan en corriente continua. Para la conversión de la corriente alterna a continua y viceversa (V2G) se utilizan equipos de electrónica de potencia (rectificadores e inversores, respectivamente), similares a los que disponen los ordenadores, pero en otro orden de magnitud de potencia. Dichos equipos pueden introducir alteraciones electromagnéticas que se transmiten por el conductor eléctrico y afectar a equipos de terceros usuarios, bien alterando la propia señal eléctrica (los denominados armónicos), bien introduciendo ruido eléctrico que afecta a las comunicaciones PLC.

Los equipos de electrónica de potencia introducen armónicos y necesitan de una electrónica adicional para eliminarlos, recomponiendo la señal de tensión. Es lo que se denomina filtros, y dependiendo de la calidad de fabricación del equipos de carga, se tiene una mayor o menor afección.

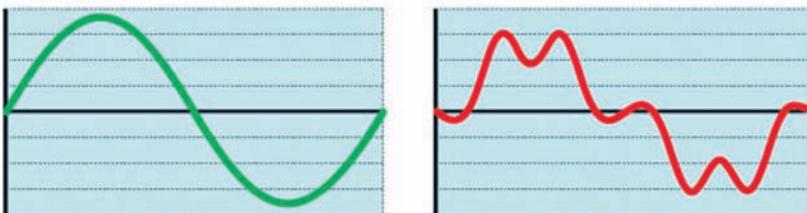


Figura 6. Forma de onda original y deformada.



Guía del vehículo eléctrico II

Es importante también considerar la acción conjunta de varios vehículos cargando en la misma red, donde los efectos de una potencial falta de calidad de los inversores se va sumando, lo que se puede ver en la siguiente prueba realizada por Circuitor en la carga de 70 vehículos eléctricos simultáneamente. En la misma prueba se ve el cambio tras aplicar un filtro.

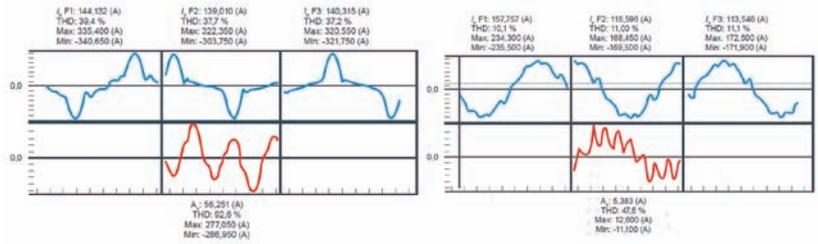


Figura 7. Distorsión real y tras la aplicación de filtro.

En relación con el ruido eléctrico, dependiendo de su intensidad y de las frecuencias a las que afecta tendrá un efecto determinado. El PRIME PLC (sistema de comunicaciones de contadores) utiliza las frecuencias de 42 a 90 kHz. En los siguientes ejemplos (Fig. 8) de cargas reales de vehículos se puede ver el efecto del ruido.

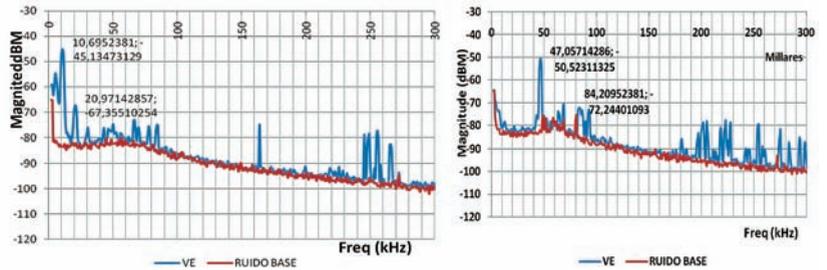


Figura 8. Medidas de ruido en carga de vehículos eléctricos.

En el primer caso el ruido no afecta a la banda del PRIME-PLC y, por lo tanto, no interrumpe las comunicaciones, pero en el segundo sí afecta al presentar ruido en 47 kHz.

En la Fig. 9 se puede ver un gráfico de carga simultánea de los dos vehículos en los que también se interrumpe la comunicación con los contadores eléctricos.

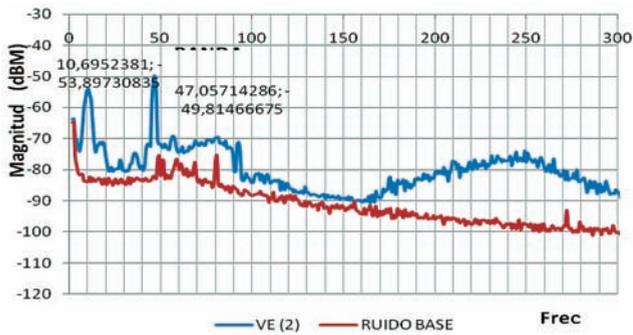


Figura 9. Medidas de ruido en carga simultánea de dos vehículos eléctricos.



3.7. CONCLUSIONES

El vehículo eléctrico ya es una realidad que crece significativamente pero a un ritmo más lento de las previsiones inicialmente realizadas a finales de la década pasada. Este crecimiento está ligado de forma general a incentivos fiscales que permiten salvar la diferencia de coste inicial con el equivalente de motor de explosión. En función de estos incentivos se está desarrollando a diferentes velocidades en los distintos países.

De forma general, el sistema eléctrico español (generación, transporte, distribución, comercialización) está preparado para suministrar energía a los vehículos eléctricos en modo de carga lenta, desde un acceso sin supervisión para penetraciones bajas, con algoritmos automáticos para reducir simultaneidad de carga para penetraciones medias, a sistemas de control para penetraciones altas.

A nivel de instalación concreta, podrán ser necesarios refuerzos puntuales que dependerán de la situación de dicha infraestructura y será necesario instalar conectores específicos que garanticen la seguridad de la carga.

La carga lenta es la más recomendada, debido a que es la que menor impacto tiene en las infraestructuras de recarga al aprovechar la red actual. Para alimentación de las necesidades diarias medias de movilidad, la carga lenta nocturna, en periodos valle, o en periodos de alta disponibilidad local de energía renovable, es la opción óptima.



Guía del vehículo eléctrico II

Las cargas rápidas necesitan, de forma general, el desarrollo de infraestructuras específicas y son las que se utilizan para recargas durante los trayectos, sobre todo en las electrolineras o en estacionamientos de centros comerciales, hospitales, etc.

La necesidad de infraestructura de carga rápida irá creciendo a medida que crezca la capacidad de las baterías, haciendo viable el uso del vehículo eléctrico para desplazamientos de larga distancia.

El control avanzado de la carga, así como los servicios de gestión bidireccional de la red (V2G) se enmarcan dentro de las tecnologías de las redes eléctricas inteligentes, que persiguen una optimización global de los recursos del sistema eléctrico, permitiendo la entrada de gran cantidad de energía distribuida y renovable, y la participación activa de los clientes en el sistema eléctrico.

Por último, la distribución es responsable de la calidad del servicio, por lo que debe garantizar que los distintos usuarios de la red no interfieren en la señal eléctrica y de comunicaciones. La electrónica de potencia incorporada en los vehículos debe presentar diseños y calidades que eviten la producción de armónicos que afectan a la señal de tensión de 50 Hz, ni ruido electrónico que afecta a las bandas de comunicación por corriente portadora.

3.8. BIBLIOGRAFÍA

- WWF (2008): Plugged in. The end of the Oil Age.
- CERA (2008): Taking up the charge: plug-in hybrid electric vehicles in Europe.
- FITSA e idea (2008): Nuevos combustibles y tecnologías de propulsión: situación y perspectivas para automoción.
- REE (2008): Informe del sistema eléctrico español 2008.
- REE: Guía de consumo v2
- ICCT: Electric Vehicles in 2013
- EVI-IEA. Global EV Outlook
- ACEA: http://www.acea.be/uploads/news_documents/ACEA_Electric_Vehicle_registrations_Q4_2014-2013.pdf

Efecto del vehículo eléctrico en la red de distribución eléctrica

- GNF (2012): Proyecto Domocell: Sistema domiciliario de recarga para batería de vehículo eléctrico.
- GNF (2014): Informe del Proyecto PRICE-GDE - Proyecto Conjunto de Redes Inteligentes en el Corredor del Henares.



4

EL VEHÍCULO ELÉCTRICO Y LA INTEGRACIÓN DE LAS RENOVABLES EN EL SISTEMA ELÉCTRICO



4.1. INTRODUCCIÓN

Estamos protagonizando los primeros momentos de un cambio de era que va a estar marcado por la forma de dotarnos y usar la energía. En efecto, estamos en los albores, mejor dicho, estamos ya inmersos en un cambio de modelo energético que va a tener consecuencias en muchos ámbitos: desde nuestro modelo productivo a numerosos aspectos de nuestra vida cotidiana, pasando por las relaciones geoestratégicas o los equilibrios sociales. Y como elemento clave en este proceso, quizás podríamos decir que paradigmático de este cambio, figura el vehículo eléctrico cuya alimentación—dado que forma parte de ese proceso de cambio de modelo energético—no podemos vincular más que a una generación eléctrica producida por fuentes de energía renovables. Esa relación inexorable entre vehículo eléctrico y renovables, esa vinculación imprescindible desde nuestro punto de vista es la que se va a exponer en este capítulo.

4.2. EL CAMBIO DE MODELO ENERGÉTICO

Desde hace dos siglos la sociedad emplea como forma más habitual de obtener energía la combustión de fósiles, ya sea carbón, petróleo o gas. Este modelo, que ha permitido un importante desarrollo industrial especialmente de los países occidentales y un alto grado de confort para buena parte de sus habitantes (lamentablemente sus beneficios no se han universalizado), sin embargo contribuye de forma decisiva a provocar uno de los principales problemas a los que se enfrenta hoy la humanidad: el Cambio Climático. Las emisiones de Gases de Efecto Invernadero que se generan con el uso de estos combustibles fósiles provocan el efecto que a su vez está elevando la temperatura del planeta de forma anómala y con un origen antropogénico que hoy la comunidad científica valida casi unánimemente.



Guía del vehículo eléctrico II

No sabemos todavía si es demasiado tarde, pero empezamos a reaccionar no con la determinación que la dimensión del problema requiere pero sí al menos marcando la ruta hacia una descarbonización de nuestro modelo energético y también del conjunto de nuestra economía. Reducir las emisiones de CO₂ es ya un objetivo comúnmente aceptado y eje principal de las políticas energéticas de la Unión Europea. Hoy, el consumo mundial de energía está basado en la combustión de fósiles en un 78,4%, con un peso del conjunto de las renovables del 19% y un 2,6% de la energía nuclear.

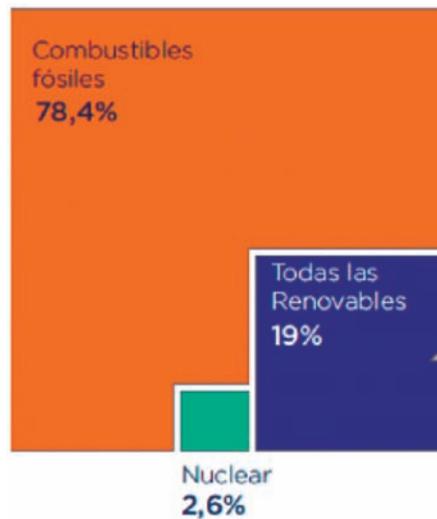


Figura 1. Consumo mundial de energía.

En paralelo a este reto planetario han surgido otros problemas originados por el modelo energético actual. Uno muy relevante es el de la contaminación del aire que respiramos en las ciudades, donde las emisiones de industrias, calefacciones y vehículos que en ellas se concentran hacen irrespirable ese ambiente, lo que conocemos como contaminación atmosférica. En las últimas décadas ese problema se ha paliado en parte con la localización fuera de los núcleos urbanos de buena parte de las industrias, con la sustitución del combustible tradicional de las calderas domésticas, el carbón, por otros menos contaminantes como el gas natural (menos no significa limpios), y por la reducción de emisiones de los motores de gasolina. Sin embargo, lo que se ha ganado en reducción de emisiones de CO₂ se ha perdido con la «dieselización» de nuestro parque automovilístico (especialmente en España), lo que supone un incremento notable de las emisiones de dióxido de nitrógeno (NO₂) muy perjudiciales para la salud.

En este punto, la aparición del vehículo eléctrico como respuesta a estos problemas y a otros no menos importantes, como puede ser el ruido provocado por los motores de combustión, es una reivindicación del sentido común que no podíamos ignorar, una necesidad que no debía dilatarse más en el tiempo. De hecho, ya se ha retrasado casi dos siglos, que es lo que tiene de historia la automoción alimentada por electricidad, invento «congelado» en el tiempo por los fuertes vínculos que han ido tejiendo la industria del motor y las grandes corporaciones petroleras.

4.3. LA MOVILIDAD SOSTENIBLE

Uno de los pilares de cualquier política energética que busque la sostenibilidad tanto en sus aspectos ambientales como de seguridad de suministro o competitividad tiene que ser, sin lugar a dudas, la movilidad sostenible. Para movernos de un sitio a otro seguimos usando casi exclusivamente la combustión de fósiles; en la aviación o en los desplazamientos por carretera con algo más del 99% y sólo en el ferrocarril encontramos un 24% de electrificación, porcentaje lamentablemente demasiado bajo. Todos estos datos (MINETUR) corresponden al consumo de energía en España en el que la electricidad sólo cubre un 25% de la demanda. El esfuerzo de penetración de las energías renovables (incluida la gran hidráulica) en nuestro país, que ha permitido que en 2014 se alcanzara el 42,8% de la demanda (REE), no ha tenido correspondencia en el sector del transporte. Sin embargo, los objetivos 20/20/20 que la Unión Europea ha fijado para el conjunto de los países miembros no lo son exclusivamente para el sector eléctrico sino para el conjunto de la cobertura de la demanda. Es hora, pues, de que el transporte asuma la parte que le corresponde de la lucha contra el Cambio Climático con la reducción de emisiones más allá del innegable avance que ha supuesto la progresiva reducción de las mismas por vehículo que se ha producido en los últimos lustros.

Es más que razonable que en un sistema eléctrico como el nuestro, con más de 104.000 MW instalados y con puntas de demanda actuales de 40.000 MW, hagamos un esfuerzo por electrificar nuestro parque automovilístico. Debemos generar electricidad con renovables y reducir nuestra dependencia de los combustibles fósiles. Especialmente en una economía como la nuestra que tradicionalmente importa más del 80% de la energía primaria que consume y que se gasta en ello al año el equivalente a los ingresos nacionales por turismo ex-





Guía del vehículo eléctrico II

tranjero. Si limitamos la cifra de importación al petróleo, alcanzamos una dependencia del 99,5%

La electrificación del transporte puede tener en las energías renovables destinadas a la generación de electricidad un gran aliado para consolidarse y superar sus inconvenientes de no gestionabilidad y de no garantizar el suministro.

La electrificación del transporte puede generar una simbiosis entre vehículo eléctrico y renovables. El primero generará demanda en las horas valle del Sistema y las segundas a cambio abaratarán el precio de la energía para reducir el coste de la recarga de baterías.

Habrà otro beneficio inherente, y es que el binomio renovables-vehículo eléctrico hará más sencilla la gestión de las renovables disponibles y, por tanto, simplificará y abaratará los costes de operación del Sistema Eléctrico, como veremos extensamente más adelante. Corresponde al vehículo eléctrico el papel central de ese cambio, junto con la electrificación total de la infraestructura ferroviaria.

Puede parecer una tarea imposible de alcanzar cuando hoy en nuestro país apenas superamos los 1.500 vehículos eléctricos puros pero quizás no lo es tanto cuando vemos que las ventas se duplican cada año en el mundo o se triplican en la Unión Europea, Tabla 1.

Tabla 1. Ventas de vehículos 2012 y acumulado a 2013.

INTRODUCCIÓN DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO VENTAS ACUMULADAS	2012	2013	
Mundo	56.682	111.718	X 2
UE	14.000	42.194	X 3
EEUU	14.592	37.900	X 2,5
Francia*		14.095*	
Noruega	4.820	13.000	
Alemania		6.265*	
España		1.500	

No cabe ninguna duda que el regreso del vehículo eléctrico, que ya tuvo su protagonismo en los primeros momentos de la historia del automóvil, va a tener una evolución similar a otras innovaciones tecnológicas cuya velocidad de implantación nos ha sorprendido. Nadie hace veinte años había previsto un desarrollo tan rápido de la telefo-

nía móvil o hace cinco de las «tablets»), y algo parecido puede suceder con el vehículo eléctrico.

Su implantación no debe suponer exclusivamente cambiar de forma de alimentar el motor de un coche, sino que debe venir acompañada de otras características ligadas a la sostenibilidad, a los criterios más respetuosos con el entorno que justifican de manera global esta opción. Por supuesto, el refuerzo de la red de recarga de los vehículos es fundamental para el desarrollo del vehículo eléctrico; no olvidemos que nuestros coches pasan más tiempo parados que en circulación y en esos tiempos deberemos tener todas las facilidades posibles y alargar así su autonomía.

Retomando los argumentos económicos, se puede hablar de la sencillez de su mantenimiento como una de sus principales fortalezas. Tiene muchas menos piezas de desgaste que un coche de motor de combustión y menos líquidos que reponer o sustituir, es decir, menos generación de residuos, lo que se traduce en menos visitas al taller y, por tanto, un menor coste que sumar al significativo ahorro que supone su alimentación. Efectivamente, el coste del «combustible» por cada 100 km es insuperable respecto a los motores de combustión interna. Hablamos de entre uno o dos euros por cada cien kilómetros recorridos por el vehículo eléctrico frente a los 7 € del convencional, (ver Tabla 2). Todo esto asumiendo que los combustibles fósiles externalizan gran parte de sus costes independientemente de su cotización en los Mercados. El vehículo eléctrico seguirá siendo más barato por kilómetros recorridos. Lo que sí debemos esperar de esta coyuntural bajada de precios del petróleo es que, al menos, sirva a muchos países para retirar subvenciones a los combustibles fósiles, como de hecho ya está ocurriendo en algunos países como en la India.

Tabla 2. Comparación de costes del vehículo eléctrico y vehículos diésel.

CONSUMO Y COSTE (100KM)	NISSAN LEAF (ELÉCTRICO)	NISSAN QASHQAI (DIESEL)
Consumo	17,3 KWh/100 Km Homologado ciclo NEDC	52,6 KWh/100 Km 5l/100 km Reglamento 566/2011/EC
Costes	0,05€/kWh-0,07€/kWh Supervalle 1,54€	1,4€/l (diesel) 7€

Como no cabe duda de que el mayor coste de adquisición del vehículo eléctrico se compensa claramente con el ahorro en combustible, señalar lo que ha sucedido con el cambio que se ha producido





Guía del vehículo eléctrico II

en nuestro parque automovilístico con el vuelco hacia la «dieselización» porque el gasoil es más barato que la gasolina a pesar del mayor coste de adquisición de los coches diésel o de su mayor demanda actual. Consideramos que el mismo razonamiento que han empleado millones de propietarios (cuando antes se tardaba años en amortizar la inversión inicial) se debe aplicar ahora con muchas más razones con el coche eléctrico. Y además con una ventaja, los eléctricos son limpios mientras que hoy en día gran parte de la contaminación de las ciudades tiene como causante el uso masivo de gasoil.

Además, en muchos modelos, se piensa en el entorno desde su diseño, materiales, reciclaje después de su uso, etc. Efectivamente, como parte de una nueva era de la industria del automóvil, los coches eléctricos se conciben y producen con criterios medioambientales muy exigentes y en muchos casos con materiales reciclados y/o reciclables. Y, en consecuencia, las administraciones, principalmente las locales, premian el respeto al medio ambiente con ventajas para este tipo de automóviles.

Para los aficionados al automóvil, el vehículo eléctrico no supone una amenaza sino un cambio de uso de los coches actuales. El motor de vapor no acabó con los caballos que habían sido el medio de transporte habitual hasta la fecha, sino que dieron a estos un uso más lúdico tal y como conocemos hoy.

4.4. ¿VENTAJA AMBIENTAL? SÍ, CON RENOVABLES

Por supuesto, se puede concluir que las ventajas medioambientales son evidentes e incontestables; la menor necesidad de energía para recorrer la misma cantidad de kilómetros a un menor precio y con mayor eficiencia por kW es lo más evidente. Pero lo más importante llega a la hora de valorar las emisiones de partículas, CO₂ o NO_x, causantes del Cambio Climático y de la contaminación atmosférica. Se podría pensar que, de entrada, hay que darle la máxima puntuación al vehículo eléctrico, sin embargo nos estaríamos engañando si en origen esa electricidad ha sido generada con combustibles fósiles y no con energías limpias. No sería justo que para limpiar el aire de nuestras ciudades tengamos que seguir contaminando otros entornos y contribuyendo al principal problema que afecta al planeta en su conjunto. Por eso, es esencial que el desarrollo del vehículo eléctrico esté ligado inexorablemente a que su recarga sea con fuentes de energía limpia, es decir, con energías renovables.

4.5. REGULADOR DEL SISTEMA ELÉCTRICO

Otro aspecto que no debe olvidarse es su contribución a la gestión de la demanda, que es otra de las líneas básicas del nuevo modelo. No cabe duda de que el papel del coche eléctrico como herramienta para contribuir a la gestión de la red debe ser una de las claves para su implantación. Las renovables tienen un aliado en él que puede absorber la generación eólica nocturna en horas en las que la demanda del Sistema disminuye y existe generación ociosa.

Las baterías con las que funcionan los vehículos pueden recargarse cuando hay excedentes de electricidad de origen eólico. En un futuro no muy lejano, se podrá verter la electricidad almacenada a la red en las horas punta, actuando como un sistema de almacenamiento distribuido de forma similar a las centrales reversibles de bombeo, pero a una escala mucho mayor e implicando a miles o millones de vehículos que, además, pasan la mayor parte del tiempo aparcados. La integración bidireccional entre la red y los vehículos eléctricos crea las condiciones para integrar generación de electricidad y transporte, abriendo un nuevo horizonte a la energía eólica y otras renovables, que podrán superar muchas de sus limitaciones actuales.

Si se considera el papel de las interconexiones que actualmente se están ampliando con nuestros vecinos de Francia y Portugal, se añade otra ventaja en la operación del Sistema con efectos positivos en toda la Unión Europea.

El consumo eléctrico de una reconversión paulatina del parque de vehículos en España no plantea problemas irresolubles, e incluso puede contribuir a mejorar la gestión de la red (redes V2G). Un vehículo que consuma 14 kWh por cada 100 km (los consumos oscilan bastante, de 10 a 20 kWh por cada 100 km) y que recorra unos 15.000 km anuales, consumiría al año 2.100 kWh.

En un horizonte no lejano, podrían existir redes eléctricas reversibles (V2G, de la red al vehículo en horas valle y del vehículo a la red en horas punta), en las que las baterías de litio de los vehículos pudiesen almacenar la electricidad producida por la noche o en horas de baja demanda y venderla a la red a un buen precio en las horas punta.

En este sentido, ya se ha apuntado que la electrificación del transporte en las dos próximas décadas puede tener la misma fuerza impul-





Guía del vehículo eléctrico II

sora para las renovables como la que tuvo el motor de combustión interna a principios del siglo xx para la industria petrolífera.

Por otra parte, a medida que se desarrolle el componente clave para mejorar la autonomía del vehículo eléctrico, es decir, la batería, se podrá avanzar también en algo, aparentemente ajeno, como lo es el autoconsumo.

Y decimos que esta diferencia es sólo aparente porque, si hoy muchos sistemas eléctricos dependen de una conexión a red para cumplir su cometido, el desarrollo de la tecnología de acumulación de electricidad permitirá que nuestro sistema de autoconsumo pueda funcionar completamente aislado del sistema eléctrico o sólo conectado como medida de seguridad. Esto se traducirá en un ahorro para el sistema que deberá mantener unas redes de distribución más reducidas y menos saturadas.

Por tanto, acumulación de electricidad más renovables son el combinado ideal para que «fabriquemos y consumamos nuestra luz» en casa. Es aquí donde el coche eléctrico promoverá el autoconsumo porque la tecnología de acumulación que desarrolle la industria de la automoción podrá ser aplicada en nuestros hogares para acumular la energía generada con fuentes renovables. Otra razón más para fomentar su uso.

Si lo pensamos bien, el automóvil convencional transforma en energía cinética tan sólo un 20% del combustible de origen fósil almacenado en su depósito, disipando gran cantidad de energía en forma de calor. Todo esto con el inconveniente de haber destruido la fuente de energía primaria, es decir, la porción de petróleo que usamos para generar movimiento del motor. Como las renovables son inagotables, este problema no se da, y solamente tiene que vencer el inconveniente de la acumulación en el caso de los coches de funcionamiento eléctrico.

El futuro debe plantearse con una presencia mayor de fuentes renovables, un fuerte desarrollo del coche eléctrico y una normalización y expansión de los sistemas de autoconsumo para prescindir al máximo de las redes de distribución y transporte, aliviando así las tareas del Operador del Sistema y reduciendo los costes de distribución.

El siguiente paso después de la carga de vehículos con energía proveniente de fuentes renovables a través de la red de distribución y transporte será la generación con renovables en el lugar de recarga.

4.6. EL PAPEL DEL GESTOR DE CARGA

Por último, es necesario referirse a la figura del Gestor de carga que se ha creado en nuestra normativa y que puede ser muy positiva si no se entiende como elemento excluyente de otras modalidades que faciliten la carga del vehículo eléctrico. Se considera en primer lugar que esa figura no debe ser en ningún caso una barrera para el desarrollo e implantación del coche eléctrico; debe tener un papel fundamental para que en determinadas condiciones y circunstancias (por ejemplo, la atención en la vía pública) su «profesionalización» garantice un servicio correcto y con todas las garantías. Pero también creemos que su existencia no debe ser un freno para que otro tipo de servicios (por ejemplo, grandes centros de distribución, hoteles, garajes, etc.) puedan facilitar al usuario la recarga. El suministro de electricidad para la recarga del vehículo eléctrico no debe seguir el modelo de exclusividad, en paralelo al que se ha creado para las gasolineras. Almacenar y distribuir combustible no es, ni mucho menos, lo mismo que poner un enchufe a disposición de un tercero, como sucede, por ejemplo, en los puertos deportivos o al dejar que un amigo cargue su móvil en casa.

Y lo que es más importante, entendemos que la normativa debería obligar a esos Gestores de carga a suministrar energía renovable con la aplicación del vigente sistema de Garantías de Origen.

El vehículo eléctrico ha vuelto para quedarse, sí, pero siempre vinculado a la energía limpia, a la alimentación con electricidad de origen renovable.



5

EL VEHÍCULO ELÉCTRICO Y LA COMERCIALIZACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA



5.1. RESUMEN

La evolución hacia un modelo de transporte más eficiente, sostenible y moderno está dando sus primeros pasos. El principal factor impulsor es la atracción que despierta en los usuarios la movilidad limpia con los beneficios ambientales y económicos asociados.

La industria del automóvil tiene un gran reto ante sí para adaptarse a esa nueva demanda, pero el sector eléctrico juega un papel fundamental en la transformación del modelo, ya que es protagonista en el despliegue de los servicios de recarga y su integración en los sistemas de generación, transporte y distribución.

En este capítulo se describe un modelo de servicios de recarga insertado en el catálogo de productos y servicios energéticos que el área de comercialización ha desarrollado en España en los últimos años fruto de la liberalización del sector eléctrico. La actividad de comercialización junto con la de gestión de cargas aporta solidez a medio plazo y confianza a los usuarios porque permite vincular los sistemas y la energía de recarga, y porque facilita una rápida escalabilidad de las soluciones en cuanto la demanda vaya en aumento, dada la gran base de clientes y la infraestructura comercial disponible.

5.2. CIUDADES MÁS SALUDABLES

La electrificación del transporte es una tendencia irreversible debido a la conveniencia de disminuir la dependencia del petróleo y sus derivados, a la necesidad de mejorar la calidad del aire principalmente en áreas urbanas y al cumplimiento de objetivos estratégicos de eficiencia energética, dando además respuesta a la creciente sensibilidad medioambiental de los ciudadanos.



Guía del vehículo eléctrico II

Esta evolución trae consigo numerosas ventajas y oportunidades, pero para que sea relevante y oportuna, deben aún desarrollarse o asentarse no pocos factores de mercado, tecnológicos, regulatorios y culturales.

El efecto de limpieza y descontaminación en las grandes ciudades por un uso masivo de vehículos eléctricos sería espectacular. Incluso en el caso de que la energía eléctrica para las recargas se tomara del sistema eléctrico general, es decir, sin uso exclusivo de fuentes de energía renovables, la mejora global de las emisiones de CO₂ sería notable. Así, por ejemplo, si en un trayecto urbano típico de dieciséis kilómetros las emisiones de los coches de gasóleo y gasolina son de 2,4 y 2,6 kg respectivamente, las asociadas a un coche eléctrico suponen menos de 0,7 kg. Como la mayor parte de las recargas se efectuarían por la noche mientras los coches están en los aparcamientos de las viviendas o en las empresas, el consumo eléctrico asociado a las recargas absorbería los excedentes de energía nocturna. En este momento del día, cuando el resto de consumos disminuye y se produce un valle en la curva de demanda, la recarga de coches eléctricos corregiría esta diferencia y potenciaría aún más el beneficio medioambiental.

La electrificación del transporte ligada a la producción de electricidad renovable y al desarrollo de las tecnologías de almacenamiento representan una alternativa frente a las energías fósiles para optar por una movilidad sostenible.

5.3. LA MOVILIDAD ELÉCTRICA Y EL SECTOR ELÉCTRICO

La integración del vehículo eléctrico en el sistema eléctrico es el medio y no el fin. El sector eléctrico debe acompañar este desarrollo industrial sin necesidad de establecer requisitos específicos para la recarga de los coches que no se impongan al resto de consumos. La movilidad eléctrica representa para el sector eléctrico una oportunidad para contribuir a la sostenibilidad ambiental y económica del transporte.

Es una oportunidad innegable y representa uno de los potenciales factores de transformación del sector eléctrico en las próximas décadas. Según una encuesta de 2013 realizada por la consultora PricewaterhouseCoopers a los directivos de las grandes compañías eléctricas norteamericanas, la llegada del coche eléctrico se encuentra entre

los factores que cambiará el modelo de negocio de sus empresas en los años venideros.

El sector debe aportar la energía necesaria para las baterías que supone una gradual sustitución de los combustibles derivados del petróleo. Esta necesidad plantea el reto de que para que esta sustitución sea eficiente y verdaderamente limpia, la energía deberá serlo también de forma creciente.

En general, se denomina RECARGA VINCULADA a la recarga que un vehículo eléctrico hace regularmente en su plaza de aparcamiento habitual. Como en ella pasa un gran número de horas al día, atendiendo a la potencia del sistema de recarga requerido, este sistema será habitualmente de CARGA NORMAL (hasta 22 kW en corriente alterna) y en la mayoría de los casos de 3,7 o 7,4 kW lo que le proporciona la energía necesaria para llenar la batería en el tiempo disponible.

Con un sistema básico (3,7 kW) un vehículo descargado tarda 6 horas en completar su carga, 3 horas con uno de 7,4 kW y una hora con uno de 22 kW, aunque no todos los coches soportan estos tipos de recarga.

Aunque en muchos usos no son necesarias diariamente recargas adicionales, en ocasiones se requerirán RECARGAS DE OPORTUNIDAD para disminuir la ansiedad por una autonomía limitada o por una necesidad de recarga extra regular o esporádica. En función del tiempo disponible podrán ser atendidas por un sistema de CARGA NORMAL o por uno de CARGA RÁPIDA (hasta 50 kW en corriente alterna o continua). Si la batería estuviera descargada al iniciarse la recarga, ésta podría durar desde sólo 15 minutos para recargar el 80% de la batería con un sistema de RECARGA RÁPIDA, hasta 9 o 10 horas con el sistema más básico de CARGA NORMAL (10 amperios).

La recarga vinculada se hace normalmente en un aparcamiento privado, en casa por la noche o en la empresa durante la jornada de trabajo, mientras que las recargas de oportunidad se hacen normalmente en lugares de acceso público como áreas de servicio, centros comerciales o aparcamientos urbanos, por ejemplo.

En un escenario como el actual en el que la autonomía y los precios de las baterías no han pasado aún los umbrales que hacen los vehículos eléctricos plenamente competitivos y atractivos a la generalidad de los usuarios, procede que el resto de los elementos de la cadena de





Guía del vehículo eléctrico II

valor de la movilidad eléctrica no añadan nuevas barreras y costes excesivos al precio final por lo que, además de las consideraciones económicas, hay que tener en cuenta también las facilidades relacionadas con los nuevos hábitos de uso que conlleva la adopción de la movilidad eléctrica. Entre ellos es fundamental la recarga del vehículo.

El sector eléctrico europeo promueve y facilita la función de recarga bajo el concepto conocido como Recarga Inteligente o *Smart Charging*. Esta recarga inteligente no debe entenderse sólo desde el punto de vista de la óptima integración de los procesos de recarga en la red eléctrica. No hay que olvidar tomar también en consideración el punto de vista del usuario, de modo que las soluciones de recarga ofrecidas sean realmente Smart, es decir, sean además útiles, sencillas y competitivas. El primer objetivo queda en general en el ámbito establecido legalmente a la actividad de distribución (gestión de la red) y el segundo más en el ámbito comercial (productos y servicios).

En el caso de España, un millón de vehículos eléctricos suponen un incremento de la demanda de electricidad que no llega al 1% del total. Esto supone que el sistema puede absorber muchos millones de vehículos eléctricos que realicen una carga lenta nocturna, lo que ayudaría además a integrar la producción con energías renovables, como ya se ha descrito.

Con estas premisas, podemos entonces desglosar los atributos que debería incluir un servicio de recarga inteligente del siguiente modo:

Inteligente = Integrada

Los sistemas de recarga para vehículos eléctricos están conectados a la red eléctrica. En un futuro escenario de gran penetración de vehículos eléctricos, la recargas ayudarán a optimizar el sistema de generación eléctrica o a incrementar por el contrario el pico de demanda, lo que podría implicar inversiones extra para la producción en esos periodos, su transporte y distribución, que deberían ser repercutidas en los servicios al cliente. Para evitarlo, irá siendo necesaria en buena medida, la comunicación y coordinación entre los sistemas de recarga y las redes inteligentes, lo que propiciará una adecuada integración que evite esas inversiones innecesarias y que, por otro lado, propicie la oportunidad de nuevos servicios orientados a los clientes, como la transacción de energía del vehículo a la red o V2G.

En la actualidad, la inteligencia y comunicación de los sistemas de recarga no son imprescindibles salvo en servicios de recarga pública para permitir la medida y facturación, o en lugares puntuales con redes de distribución en las que hubiera que gestionar una escasa capacidad. En general, para el ámbito doméstico una adecuada combinación de tarifas y señales de precios de recarga, un punto de recarga básico o *wall box*, y una simple capacidad de programación de los tiempos de recarga para beneficiarse de los precios en horas valle, es suficiente para optimizar la recarga, no perjudicar la capacidad de la red y abaratar los costes al usuario.

Inteligente = Integral

Debe incluir, por un lado, el punto de recarga propiamente o sistema de conexión con la red eléctrica local, así como su instalación, la energía eléctrica y los servicios necesarios para su seguro y correcto funcionamiento y mantenimiento. Por otro lado, además del acceso a la recarga cotidiana en la propia vivienda o empresa que proporciona el sistema adquirido, una solución integral debe incorporar el acceso a la recarga esporádica en situaciones de necesidad sobrevenida por un trayecto más largo de los habituales (recarga de oportunidad). De este modo, el usuario, contratando con un único operador, tiene la información y disponibilidad necesaria y suficiente de recarga privada y pública para tener cubiertas todas sus necesidades de movilidad.

Inteligente = Adaptada

Debe poder adecuarse a las circunstancias y necesidades de cada usuario, ya sea un comprador particular con una vivienda unifamiliar o con un aparcamiento comunitario, privado o de acceso público, o ya sea una empresa que precisa recargar una flota de vehículos destinados al reparto de mercancías, a tareas de mantenimiento u otros servicios, o a la movilidad de sus directivos o empleados.

Si bien para la recarga en el ámbito privado no será necesario generalmente una potencia de recarga distinta a la de cualquier carga habitual o electrodoméstico de una vivienda (3,5 kW a lo sumo), para la recarga en lugares públicos o recarga de oportunidad sí será nece-





Guía del vehículo eléctrico II

saría una potencia de recarga superior a los 22 kW (recarga rápida) que haga posible recargas complementarias para trayectos o necesidades puntuales o esporádicos.

Un proveedor de recarga debe ofrecer una solución adaptada a la necesidad de cada usuario que combine todas las posibilidades de forma óptima y sencilla de operar.

El usuario debe poder optar además por la propuesta de modelo de negocio que quiera y mejor responda a sus gustos y deseos, ya sea mediante un contrato con un único operador con propuestas de tarifas variadas a elegir o ya sea con pagos puntuales por recargas mediante tarjetas de crédito, pago telefónico, etc.

Inteligente = Estándar

Los conectores para la recarga en el coche y punto de recarga, la identificación del usuario en el punto de recarga y las comunicaciones M2M (*machine-to-machine*) necesarias para la gestión de los sistemas de recarga y servidores, deben operar de acuerdo a unos estándares que rápidamente se unifiquen internacionalmente y puedan entender y adoptar los usuarios proporcionando total confianza y seguridad. Es evidente que la estandarización no sólo de los sistemas de recarga sino de los vehículos en general es otro aspecto que favorece la adopción y disminuye la incertidumbre: conectores, niveles de potencia, seguridad, comunicaciones, conectividad, interoperabilidad, medios de pago, etc., son aspectos que deben continuar su maduración en los próximos años.

Inteligente = Interoperable

La infraestructura de recarga pública disponible para las recargas de oportunidad debe ser accesible para cualquier usuario con independencia del modelo de contrato u operador que suministre sus servicios de recarga. El usuario debe poder conocer en tiempo real la disponibilidad de puntos de recarga y acceder a sus servicios mediante la fórmula que estime oportuna. Para ello, todos los operadores de servicios de recarga deben esforzarse por alcanzar acuerdos de colaboración e interoperabilidad que permitan esa flexibilidad y facilidad de uso de todas las infraestructuras disponibles.

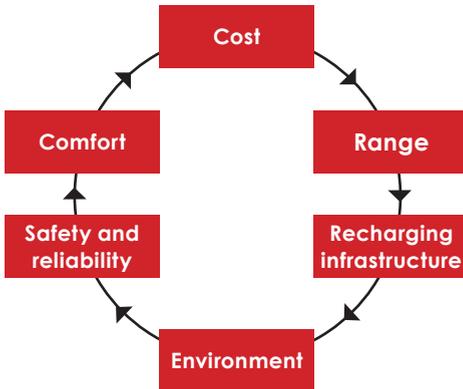
Inteligente = Cero emisiones

Finalmente, una de las cualidades Smart más interesantes de la recarga es propiciar que la energía aportada a los vehículos provenga de un mix de generación con un creciente peso de las energías con cero emisiones. Las compañías eléctricas pueden ofrecer a sus clientes la recarga en periodos supervalle, cuando sea posible, ya que de este modo propician de forma natural una mayor penetración y uso del excedente energético nocturno, además de poder ofrecer energía con certificación verde como parte de sus soluciones de recarga para conseguir una movilidad con cero emisiones.



5.4. MOVILIDAD ELÉCTRICA Y COMERCIALIZACIÓN DE ELECTRICIDAD

Frecuentemente se plantea que la movilidad eléctrica no se desarrolla debido a la falta de inversiones en infraestructuras de recarga y quizá sea uno de los factores determinantes pero no el único ni el más importante.



Source: PwC. Fraunhofer LBF, FH FFM (2011).

Figura 1. Factores críticos de la movilidad eléctrica.

Lo que sí creemos necesario es que el acceso a los sistemas de recarga tenga un desarrollo en paralelo y acompasado al crecimiento del mercado de vehículos y, en cualquier caso, no se trata tanto de desarrollar infraestructuras como de poner a disposición de los usuarios SOLUCIONES DE RECARGA competitivas que permitan cubrir todas las necesidades de recarga para cada uno de los distintos patrones de



Guía del vehículo eléctrico II

uso del vehículo. No es, por tanto, tan importante la infraestructura en sí como los modelos de negocio que hacen viable su implantación para las empresas y asequible y atractivo su uso a los usuarios.

Pues bien, de los apartados anteriores cabe concluir que el desafío principal de la movilidad eléctrica no es sólo de carácter tecnológico sino comercial. Iberdrola fue pionera en España en implantar en 2010 un departamento de movilidad eléctrica dentro de su área comercial (Iberdrola Clientes), uniendo el desarrollo y comercialización de soluciones de recarga a su oferta de electricidad y otros productos y servicios, y dando así respuesta no sólo a su apuesta por la sostenibilidad y la innovación sino principalmente al compromiso con sus clientes que demandan una continua actualización y diversificación de la oferta.

De acuerdo a la legislación vigente, los servicios de recarga con reventa de electricidad pueden ser prestados sólo por empresas que estén registradas como Gestores de Cargas. Iberdrola Servicios Energéticos está registrada como Gestor de Cargas del sistema. Los servicios y soluciones de recarga en función de las distintas circunstancias y necesidades, se prestan y operan desde la empresa comercializadora o desde el gestor de cargas en función del caso concreto. Los usuarios esperan una solución que les aporte seguridad y comodidad.

Iberdrola es líder en energías limpias, lo que aporta un beneficio adicional al suministro energético para la movilidad sostenible. Con unas emisiones en España de 58 g CO₂/kWh producido (3 veces menos que las del conjunto del parque de generación español) y un 91% de la producción libre de emisiones en el año 2014, es la empresa más destacada en mix de generación limpio, lo que significa una verdadera mejora en el impacto en emisiones asociadas a la movilidad eléctrica. Pero, además, Iberdrola comercializa ENERGÍA VERDE que garantiza un origen 100% renovable y una conducción CERO EMISIONES a los clientes de esta energía.

La regulación de los servicios de recarga en España tiene como horizonte la transposición y cumplimiento de la Directiva Europea sobre combustibles alternativos y como marco actual, la reciente instrucción técnica BT52, así como el RD 647/2011 sobre la figura del gestor de cargas del sistema en el que además se establece la tarifa supervalve como incentivo para la recarga en horas nocturnas. Con esta última regulación se abre la puerta a una potencial vinculación comercial entre el sistema de recarga del vehículo eléctrico y el contrato de electricidad. Parece obvio que las recargas de los coches se hagan

mayoritaria y principalmente en periodo nocturno, produciendo un doble beneficio tanto para el usuario que obtiene un mejor precio de la energía para su recarga como para el sistema eléctrico que se beneficia de una demanda nocturna cuando está infrutilizado.

De este modo, la actividad de comercialización tiene ante sí el reto de adaptar e integrar su oferta en la cadena de valor de la movilidad eléctrica, uniendo los servicios de recarga a la comercialización de energía eléctrica y desarrollando productos como la energía verde o los contratos con periodo supervalle.

La posible vinculación entre productos de recarga y energía eléctrica es más clara en aquéllos casos en los que el consumo eléctrico debido a la recarga para un determinado cliente represente una parte significativa de su consumo total. Son ejemplos de esta situación la recarga doméstica o la recarga en locales de aparcamiento urbanos.

Es especialmente relevante el caso de los autobuses eléctricos. Están en clara evolución ascendente y ya empieza a haber una variedad de marcas que los ofrecen. Aunque las soluciones de recarga para autobuses se hallan aún en fase experimental, es claro que el potencial de sustitución de combustibles fósiles por electricidad es muy alto en este tipo de transporte urbano y el consumo eléctrico es muy significativo, ya que los autobuses pueden contar con baterías de más de 300 kWh que deben recargar como mínimo una vez al día.

Un caso singular es el del servicio de alquiler compartido de bicis eléctricas en el que Madrid ha sido clara pionera. En este caso, Iberdrola es su principal comercializador de electricidad y suministra a 124 de las bases del servicio, constituyendo así un ejemplo de comercialización destinada a la movilidad eléctrica urbana.



Figura 2. Iberdrola suministra energía eléctrica a BiciMAD.



Guía del vehículo eléctrico II

Respecto a sus procesos y operaciones, Iberdrola ha desarrollado un Sistema de Gestión de Puntos de Recarga propio que, gracias a su arquitectura, no sólo permite la monitorización y gestión de todos los puntos conectados a su red, tanto los propios como los de sus clientes, sino que además cuenta con un módulo de proveedores para la gestión de suministro e instalación de puntos de recarga con instaladores y fabricantes de puntos de recarga homologados y, lo que es más importante, está integrado en el sistema comercial de Iberdrola Clientes, lo que facilita los procesos de marketing y facturación.



Figura 3. Aplicación Recarga Verde Iberdrola. Página principal

El sistema permite que los clientes accedan vía Web con su PC o Smartphone a la Aplicación Recarga Verde que les permite programar sus recargas, obtener informes de las mismas con indicación de los consumos y costes, así como acceder a puntos de recarga públicos con posibilidad de conocer su estado y disponibilidad y reservarlos previamente.

Iberdrola ha desarrollado en colaboración con otros operadores la primera plataforma española de interoperabilidad para servicios de recarga que permite a todos los usuarios de servicios de recarga pública acceder progresivamente no sólo a los puntos de recarga de su operador, sino a los de todos los operadores adheridos a la plataforma sin necesidad de contar con contratos diversos.

La integración de las soluciones de recarga dentro del catálogo de productos y servicios comerciales, Recarga Verde en el caso de Iberdrola, permite su comercialización potencial a millones de clientes a través de los canales de Iberdrola en toda España y su desarrollo e implantación a gran escala gracias a acuerdos con fabricantes de puntos de recarga, instaladores homologados y a los servicios de respaldo y atención con que cuenta la red comercial.

5.5. CONCLUSIONES

Promover un desarrollo sólido del mercado de la movilidad eléctrica aconseja que la función de recarga vaya asociada a su adecuada integración en el sistema eléctrico y a la oferta de soluciones comerciales que incluyan la recarga privada (punto de recarga y energía) y la recarga pública. Por ello, las medidas e incentivos de la Administración deben asumir que los sistemas de recarga de los vehículos están en el ámbito del proveedor energético, lo que garantiza una solución más fiable para el usuario además de una mayor integración y competitividad de los servicios.

La red comercial y los sistemas de las empresas comercializadoras permiten hacer escalable la oferta y fiables las operaciones y la recarga a gran escala.

En todo caso, es altamente aconsejable que se establezcan vínculos entre comercializadoras, gestores de carga y concesionarios y marcas de vehículos para facilitar a los usuarios soluciones de movilidad eléctrica integrales e inmediatas.

Iberdrola Clientes e Iberdrola Servicios Energéticos como Gestor de Cargas del sistema desarrollan Recarga Verde Iberdrola, una solución integral de recarga para el ámbito privado y la recarga pública que permite integrar el suministro de energía limpia adaptado a las circunstancias de cada cliente.



6

SITUACIÓN ACTUAL Y EXPECTATIVAS DE LA INFRAESTRUCTURA DE RECARGA



6.1. INTRODUCCIÓN

Las infraestructuras de recarga del vehículo eléctrico han evolucionado significativa y exponencialmente, tanto desde el punto de vista cualitativo o tecnológico como cuantitativo, en el último lustro desde que dio comienzo el último renacer del sector, allá por 2009, con el lanzamiento del Proyecto MOVELE, del que ya se ha hablado en el capítulo de introducción de esta guía.

Por aquel entonces, lo que se llamaba infraestructura de recarga no eran más que postes en superficie o *wallbox* (equipos en pared o columna) con mayor o menor suerte de diseño y dotados de conectores domésticos tipo *schuko* de hasta 16 A, por otro lado suficientes para dar cobertura a la escasez y simplicidad de modelos de vehículo eléctrico existentes en el mercado.

También por aquel entonces, algunas voces señalaban que «*España está llena de puntos de recarga de vehículo eléctrico*», en alusión a la gran cantidad de enchufes domésticos disponibles.

Las innovaciones en tecnología, junto con la legislación europea y nacional que se ha ido perfeccionando en torno a la seguridad de las personas e industrial vinculada al vehículo eléctrico y sobre todo, el desarrollo de un mercado que, como el tiempo, acaba poniendo las cosas en su sitio, han dado como resultado un panorama actual de la infraestructura de recarga que trata de dar respuesta al portafolio cada vez mayor de vehículos en el mercado, con tiempos de recarga cada vez más reducidos y con innovaciones que permiten la conectividad y gestión remota de los equipos, ya sea en manos de los propietarios particulares o de los gestores a su cargo.



Guía del vehículo eléctrico II

La recarga más habitual y la que mayor desarrollo ha tenido no sólo en España, sino también a escala mundial, es la conductiva, que implica conectar el vehículo a una toma de corriente por medio de un cable, ya sea en un enchufe doméstico o en un punto de carga destinado a tal fin.

La recarga por reemplazo de baterías, que consiste en la sustitución de la batería del vehículo eléctrico por otra batería cargada al 100%, en una operación de pocos minutos se vio conmocionada a nivel mundial por el anuncio, en mayo de 2013, de la bancarrota de la firma californiana Better Place, la empresa que más fuerte ha apostado por esta tecnología.

Actualmente hay modelos como el Tesla S que han sido diseñados para poder realizar un recambio de baterías en 90 segundos, pero quizás, donde esta opción se presenta como más factible es en el sector de las dos ruedas (scooters y bicicletas), donde ya existen de hecho vehículos con batería extraíble.

En este sentido, el proyecto Aquiles, una iniciativa de empresas como Ecomotive Innova, el grupo Saft, Jofemar, Inabensa y el Instituto Tecnológico de la Energía, desarrolló un sistema de baterías extraíbles y modulares que destacaba por ofrecer estaciones modulares de cambio de baterías para vehículos de dos ruedas, si bien el desarrollo comercial de este proyecto se encuentra actualmente hibernando.

La recarga inductiva o recarga inalámbrica por inducción magnética o por microondas es uno de los más prometedores mercados para la alimentación de vehículos eléctricos y España cuenta, incluso, con empresas tecnológicas en Madrid que han desarrollado sistemas muy eficientes de recarga por microondas. Sus ventajas no sólo se basan en la posibilidad de recargar el vehículo cuando está parado, sin necesidad de que haya cables de por medio, sino también en recargar mientras se está parado en un semáforo, o circulando por encima de sistemas embebidos en el asfalto, permitiendo así reducir el tamaño de las baterías y con ello, el peso de los vehículos eléctricos, aumentando sus prestaciones.

Actualmente, la recarga inductiva en España se reduce a proyectos experimentales, si bien donde su proyección es más viable es en los sistemas de transporte público colectivo tales como autobuses eléctricos, lo que permitiría un menor dimensionamiento de la batería y

por tanto, del espacio que ocupa y del peso, al margen del ahorro económico, pudiendo alimentarse en cada parada de su trayecto.

En este sentido destaca en nuestro país el Proyecto Victoria, ubicado en Málaga y donde Endesa —que lidera el proyecto al que se suman Isotrol, Mansel, Conacon y la Empresa Malagueña de Transportes, con la colaboración de las pymes MC2 y Omeca y los organismos de investigación Fundación CIRCE, Universidad de Málaga y Asociación de Investigación y Cooperación Industrial de Andalucía— desarrolla un sistema para cargar un autobús eléctrico en movimiento y sin cables, que incluirá de forma pionera en el mundo una triple modalidad de carga: estática convencional, inducción estática e inducción dinámica, permitiendo duplicar la autonomía del autobús eléctrico sin modificar los tiempos de operación.

6.2. LEGISLACIÓN E INFRAESTRUCTURA DE RECARGA EN ESPAÑA

Uno de los condicionantes más críticos para el desarrollo e implementación de infraestructuras de recarga de vehículos eléctricos en España ha sido y sigue siendo el marco regulatorio que afecta a su instalación y gestión.

La popularización creciente del vehículo eléctrico en España en este último lustro ha traído consigo novedades legislativas o modificación de las ya existentes y si bien es cierto que la mayor demanda de vehículos eléctricos e infraestructuras se está produciendo en el ámbito de las flotas profesionales, no menos cierto es que cada vez son más los ciudadanos que a título particular quieren disponer de un vehículo eléctrico y aparcarlo en el garaje de su vivienda.

En el caso de viviendas unifamiliares, la instalación de puntos de recarga no implica problema alguno, pues el propietario decide de forma unilateral qué infraestructura instalar para recargar su vehículo y de qué forma, atendiendo, eso sí, a los criterios que establece el reglamento electrotécnico de baja tensión y ahora, a los esquemas definidos para cada caso en la instrucción técnica complementaria BT52.

Es en el caso de las viviendas plurifamiliares donde la instalación de puntos de recarga de vehículos eléctricos reviste una mayor comple-





Guía del vehículo eléctrico II

idad, no ya tanto por criterios técnicos y de seguridad industrial, pues ello está bien regulado en la propia ITC BT52, sino por el hecho de que estas instalaciones deberán, necesariamente, pasar por elementos comunes de la propiedad, en especial en lo que atañe a los espacios destinados a la zona de aparcamiento.

Estas son las normativas que atañen al vehículo eléctrico y su infraestructura en España, de las cuales se habla más en profundidad en otros capítulos de esta guía:

- La Ley 19/2009, de 23 de noviembre: de medidas de fomento y agilidad procesal del alquiler y de la eficiencia energética de los edificios establece una modificación en la Ley 49/1960, de 21 de julio, de Propiedad Horizontal, añadiendo un nuevo apartado 3 al artículo 17, donde se señala que *«Si se tratara de instalar en el aparcamiento del edificio un punto de recarga de vehículos eléctricos para uso privado, siempre que éste se ubicara en una plaza individual de garaje, sólo se requerirá la comunicación previa a la comunidad de que se procederá a su instalación. El coste de dicha instalación será asumido íntegramente por el o los interesados directos de la misma»*.

Esta modificación implica que cualquier ciudadano que quiera instalarse un punto de recarga en la plaza de aparcamiento de su propiedad, dentro del garaje de una vivienda plurifamiliar, tan sólo tendrá que comunicarlo a la comunidad de propietarios. La única excepción a esta norma se encuentra en Cataluña, pues desde la entrada en vigor de la Ley 5/2006, de 10 de mayo, del Libro Quinto del Código Civil de Cataluña, las comunidades de propietarios ubicadas en la Comunidad Autónoma de Cataluña se someterán a un régimen jurídico específico, que determina que la aprobación para la instalación de puntos de recarga en una plaza de aparcamiento de un garaje en vivienda plurifamiliar deberá ser sometida a votación en junta de vecinos.

- El Real Decreto 647/2011, de 9 de mayo: que regula la actividad de gestor de cargas dentro de la Ley 54/97 del Sector Eléctrico, y establece esta figura como un consumidor capacitado para vender electricidad para la recarga de vehículos eléctricos, así como para el almacenamiento de energía eléctrica para una mejor gestión del Sistema Eléctrico.

Asimismo, este Real Decreto introduce la tarifa supervalle para la recarga de vehículos eléctricos, ligada a ofertas de energía con

discriminación horaria y cuyo destino es incentivar la recarga nocturna (de 01:00 a 07:00 horas) a precios más atractivos.

La apresurada redacción y publicación de este real decreto trajo consigo situaciones de mercado que dificultaban, más que favorecían, el desarrollo de la infraestructura de recarga en sitios públicos y semipúblicos. Así, en los últimos años se ha estado trabajando en la mejora del redactado de la norma y a falta de su inminente publicación en el BOE, la novedad vendrá dada por la posibilidad de que el gestor de carga pueda operar redes ajenas hasta 50 kW, sin necesidad de tener que tramitar una nueva acometida para cada instalación, con los costes asociados que la propia acometida y el pago del termino fijo de potencia, impuesto de electricidad e IVA conlleva.

- El RD 1053/2014, de 12 de diciembre: Que establece los requisitos y las condiciones técnicas básicas de la infraestructura necesaria para posibilitar la recarga efectiva y segura de los vehículos eléctricos, junto con la aprobación de la Instrucción Técnica Complementaria ITC BT52 «Instalaciones con fines especiales. Infraestructura para la recarga de vehículos eléctricos», que además implica la modificación de otras ITCs del REBT.

No vamos a desgranar ahora aspectos de la ITC BT52, pues ya se hace con acierto en otros capítulos de esta misma guía. Tan sólo apuntaremos que esta instrucción viene a resolver un limbo normativo en el que hasta el momento se encontraba la ejecución de instalaciones para la recarga de vehículos eléctricos en diferentes escenarios, pero con mayor relevancia en edificios de viviendas plurifamiliares.

La BT52 y la modificación de otras ITCs existentes se basan en la necesidad de ajustar a las normas técnicas de seguridad y calidad industriales que establece la Ley 21/1992, de 16 de julio, las instalaciones de producción, transporte, distribución de energía eléctrica y líneas como los elementos técnicos y materiales para las instalaciones eléctricas.

También establece los criterios de decisión sobre la instalación, o no, del Sistema de Protección de Línea (SPL) basándose en el dimensionamiento de las instalaciones de enlace y la previsión de cargas en función de los propietarios que pudieran disponer de vehículo eléctrico en el edificio.





Guía del vehículo eléctrico II

Pero el redactado de la ITC BT52 no entra a definir, sin embargo, un aspecto fundamental al que las normas técnicas de seguridad y calidad industrial son ajenas: la convivencia o cómo evitar los siempre desagradables conflictos vecinales.

Tampoco lo definió la modificación de la LPH, ya comentada más arriba, que trató de eliminar barreras para que un vecino que tiene todo el derecho a adquirir un vehículo eléctrico y a disponer de su punto de carga en la plaza de garaje de su propiedad, no tenga que someter al arbitrio del resto de vecinos su decisión personal, pero no contempló el hecho de que esa instalación recorrerá necesariamente elementos comunes del edificio, donde el papel del administrador de fincas y la opinión de la globalidad de vecinos del inmueble no pueden obviarse.

6.3. LEGISLACIÓN E INFRAESTRUCTURA DE RECARGA EN EUROPA

Directiva 2014-094 UE: el Parlamento Europeo ha aprobado la nueva Directiva Europea —que se publicó en el Diario Oficial de la Unión Europea el 28 de octubre de 2014— para la construcción de infraestructuras de combustibles alternativos, que establece que los Estados miembro de la UE tendrán dos años para diseñar una estrategia nacional de desarrollo de infraestructuras de suministro de combustibles alternativos.

En el caso de los eléctricos, la Directiva establece que los Estados miembro deberán velar por crear puntos de recarga accesibles al público con una cobertura adecuada, a fin de permitir que los vehículos eléctricos circulen, al menos, en las ciudades y otras zonas densamente pobladas.

El texto indica, asimismo, que el número de puntos de recarga debe establecerse teniendo en cuenta el número estimado de vehículos eléctricos matriculados en cada país de la UE a finales de 2020 como máximo.

La Directiva comunitaria recoge que la recarga de vehículos eléctricos en los puntos de recarga de acceso público deberá de hacerse utilizando, en caso de que sea técnicamente viable y económicamente razonable, sistemas de medición inteligentes a fin de contribuir a la estabilidad del sistema eléctrico, mediante la recarga de las

baterías desde la red en momentos de baja demanda eléctrica, y de permitir un manejo seguro y flexible de los datos. A largo plazo esto puede permitir también que los vehículos eléctricos realimenten a la red en momentos de elevada demanda de electricidad.

Entre las directrices más importantes que señala esta Directiva, destaca la elección de los conectores comunes de la Unión para los vehículos eléctricos (Tipo 2 y Combo 2), si bien especifica que esta elección no debe ir en detrimento de los Estados miembros que ya hayan invertido en la implantación de otras tecnologías normalizadas para los puntos de recarga, como es el caso de España, ni debe afectar a los puntos de recarga existentes implantados antes de la entrada en vigor de la Directiva. Así, argumenta que los vehículos eléctricos que se encuentren en circulación antes de la entrada en vigor de la Directiva deben poder recargar, aun cuando hubieran sido diseñados para recargar en puntos que no cumplan las especificaciones técnicas previstas en la misma.

Por otro lado, señala que la elección del equipamiento para los puntos de recarga normal y rápida debe cumplir con los requisitos específicos de seguridad vigentes a escala nacional, remitiendo así en el caso de España a la ITC BT52.

6.4. DESARROLLO DE LAS IRVES PÚBLICAS EN LA COMUNIDAD DE MADRID

El desarrollo de las infraestructuras de recarga pública en España vino marcado por el lanzamiento del proyecto Movele en 2009 en las ciudades de Madrid, Barcelona y Sevilla.

En la ciudad de Madrid existen 267 puntos de carga, de los que 24 en superficie están operados al 50% por los gestores de carga IBIL y GIC y el resto se hallan instalados en aparcamientos municipales de rotación, centros comerciales y aparcamientos de residentes. Al margen, IBIL cuenta con otros dos puntos de carga en la ciudad de Móstoles, uno de ellos de carga rápida CHAdeMO; otros dos puntos de carga rápida CHAdeMO en San Sebastián de los Reyes y en Galapagar, y el más reciente, de carga normal, en la localidad de Pozuelo de Alarcón.

Actualmente, la Comunidad de Madrid está trabajando para el desarrollo de una treintena de puntos de recarga rápida en la región.





6.5. LA CARGA RÁPIDA

La carga rápida es aquella que se realiza en modo 3, corriente alterna a partir de 43 kW o en continua a partir de 50 kW y que permite recargar hasta el 80% de la batería en 30 minutos.

La carga rápida de vehículos eléctricos está llamada a cumplir unas necesidades básicas en la movilidad eléctrica:

Por un lado, debe ofrecer un servicio de emergencia para aquellos usuarios que necesiten una recarga rápida que les permita llegar al destino si por alguna circunstancia su vehículo no tiene la autonomía necesaria en ese momento y no hay puntos de recarga de oportunidad en las proximidades o no dispone del tiempo requerido para una recarga normal.

Al mismo tiempo, debe permitir ampliar el radio de autonomía de los vehículos eléctricos, que en la actualidad y salvo excepciones, se encuentra entre los 160 y 200 kilómetros, y que gracias a la implementación de puntos de carga rápida en lugares estratégicos facilitará la movilidad eléctrica extra urbana, haciendo más atractivo el vehículo eléctrico a los potenciales usuarios que apuestan por estas tecnologías pero que cubren habitualmente distancias superiores a los 100 kilómetros.

Además, la carga rápida facilitará modelos de negocio como el sector del taxi eléctrico, tal y como ya ha sucedido en ciudades como Barcelona, donde la implementación de una red de puntos de recarga rápida ha traído consigo el desarrollo de una flota de taxis 100% eléctricos, que en estos momentos ronda las 30 unidades y con visos de seguir creciendo.

6.6. LA CARGA RÁPIDA Y EL PROTOCOLO CHADEMO

Remontándonos a los orígenes de este último renacer del vehículo eléctrico, hace solo cinco años ni se hablaba de la recarga rápida de vehículos eléctricos, ni tan siquiera se la esperaba, y no fue hasta el año 2010 cuando nos empezaron a llegar voces lejanas procedentes de países remotos como Japón, que mencionaban una palabra tan extraña para nosotros como CHAdeMO, que a los legos en el idioma de la tierra del sol naciente nos han traducido como el resultado de

un juego de palabras, «*O cha demo ikaga desuka*», que vendría a significar «¿Tomamos un té?», en referencia al tiempo que se tarda en recargar las baterías de un coche eléctrico con este tipo de infraestructura.

Sea acertada o no la traducción e interpretación de CHAdeMO, de lo que sí se trata es de un protocolo de recarga de baterías para vehículos eléctricos que suministra hasta 62.5 kW de corriente continua de alto voltaje a través de un conector para la recarga de vehículos eléctricos y que se presentó como un estándar global por la asociación que lleva el mismo nombre, creada en marzo de 2010 a manos de las firmas Tokyo Electric Power, Nissan, Mitsubishi y Fuji Heavy Industries, a las que se unió posteriormente Toyota como el quinto miembro ejecutivo.

Hoy día, son cerca de 150 las firmas de diversas partes del Mundo, incluida España, que forman parte de esta asociación como miembros y más de 5.000 los cargadores rápidos con este protocolo instalados en Japón (2.819), Europa (1.532), Estados Unidos (854) y otros países (54), según los datos más recientes (05 de febrero de 2015) de la CHAdeMO.

El lanzamiento comercial en España, a finales de 2010, de los utilitarios de cinco puertas 100% eléctricos Peugeot iOn, Mitsubishi iMiEV y Citroën C-Zero, supuso también la introducción en el portafolio nacional de vehículos eléctricos de modelos habilitados para la carga rápida con CHAdeMO, si bien aún no se había instalado un punto de carga con dicho protocolo en nuestro país.

Habría que esperar hasta el 14 de abril de 2011, cuando Endesa y Cepsa inauguraban el primer punto de recarga rápida CHAdeMO para vehículos eléctricos de España, situado en una estación de servicio de Cepsa en Barcelona. El evento se enmarcó en el acuerdo de colaboración alcanzado por las dos compañías para desarrollar conjuntamente un plan de diseño, pruebas y despliegue de una red de puntos de recarga de vehículos eléctricos e híbridos enchufables en estaciones de servicio de la empresa petrolera.

En aquella inauguración se contó con un modelo de vehículo eléctrico Nissan LEAF, cuya comercialización no se inició en España hasta septiembre de 2011 y que supondría otro detonante para un despegue en la implementación de puntos de recarga CHAdeMO en la piel de toro.





Guía del vehículo eléctrico II

En marzo de 2014, España logró alzarse con el tercer lugar en implementación de puntos de recarga CHAdeMO de Europa con 108 equipos, poniéndose por encima de países con mejores datos de venta de eléctricos como Noruega, Francia y Alemania y por detrás tan sólo de Inglaterra, que sumaba 192 puntos CHAdeMO, y de Estonia, donde ABB protagonizó un despliegue de 160 puntos de carga rápida que supusieron la primera red de carga rápida desarrollada por un país a nivel nacional.

Si algún emplazamiento ha abanderado el desarrollo de la recarga rápida en España, ese ha sido la ciudad de Málaga con el despliegue de 23 cargadores CHAdeMO que dan servicio a los participantes del proyecto Zem2All, un total de 203 usuarios adheridos al programa, tanto empresas como particulares, y que desde enero de 2015 también se han abierto para su uso por parte de otros propietarios de vehículo eléctrico ajenos a dicho proyecto.

Toda la infraestructura de Málaga, incluidos los vehículos eléctricos, están conectados a un centro de control que permite gestionar y generar información de interés en tiempo real como la localización de los puntos de carga, el punto de carga rápida más cercano disponible, etc. Se dispone además de aplicaciones móviles que permiten a los usuarios disponer de información sobre su vehículo eléctrico y la carga del mismo.

El 14 de marzo de 2014 se inauguraba en Madrid otro exponente de la recarga rápida con protocolo CHAdeMO, la primera «*Metroliner*» fruto del proyecto piloto de I+D «*Train2Car*», financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad, a través del programa INNpacto 2011, y desarrollado por Metro de Madrid en consorcio con la Universidad Pontificia Comillas; Sistemas de Computación y Automática General (SICA) y el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), que permite la carga de un vehículo eléctrico con la energía procedente del frenado regenerativo de los trenes que circulan por la red suburbana.

Actualmente, la web oficial de la asociación, chademo.com, muestra un despliegue en España de 34 puntos de carga pública CHAdeMO, si bien no recoge la totalidad de los 18 equipos con este protocolo instalados por el gestor de carga IBIL ni los del proyecto Zem2All en Málaga.

Grosso modo, la cifra actual de puntos de carga públicos con estándar CHAdeMO en España estará entre 40 y 50 unidades, al margen

del despliegue que el fabricante Nissan está realizando en sus concesionarios con una red privada de cerca de 80 equipos.

6.7. LA CARGA RÁPIDA Y EL SISTEMA DE CARGA COMBINADA CCS

Si el estándar CHAdeMO es la propuesta nipona a la recarga rápida de vehículos eléctricos, el Sistema de Carga Combinado (CCS, siglas en inglés) o Combo es fruto del acuerdo entre los fabricantes germano-americanos Audi, BMW, Chrysler, Daimler, Ford, General Motors (GM), Porsche y Volkswagen para que cualquier vehículo fabricado por estos constructores comparta el mismo tipo de conector para carga rápida y normal sin problema.

La feria internacional eCarTec 2012, celebrada en la ciudad alemana de Múnich (Alemania) en octubre de ese año y referencia europea y mundial de los últimos desarrollos tecnológicos en infraestructura de recarga de vehículos eléctricos, supuso la presentación oficial del sistema CCS al mostrar en un stand agrupado la variedad de equipos que incorporaban el conector en ese momento y a sus fabricantes (ABB, Siemens, Efacec, Phoenix Control, SPX, Vancom, y los portátiles de e8energy o IES-Synergy) así como algunos de los vehículos a los que podía recargar, si bien en ese momento no se había lanzado ninguno a escala comercial.

No fue hasta noviembre de 2013, cuando BMW presentó en Barcelona su modelo 100% eléctrico i3, que en España se introdujo comercialmente el primer vehículo capaz de recargar con el sistema CCS, y al que han seguido a mediados de 2014 modelos como el e-UP! y el e-Golf de Volkswagen.

Por esta razón, el desarrollo de la infraestructura de recarga con sistema CCS ha ido muy por detrás del protocolo CHAdeMO, tanto en España como en el resto del mundo. De hecho, en Estados Unidos no fue hasta octubre de 2013 que se inauguró el primer cargador con sistema Combo en el Fashion Valley Mall de San Diego, California.

En abril de 2014 se inauguró en Madrid un equipo exclusivo de carga en sistema CCS, el modelo Terra 53 de ABB, en el aparcamiento de la sede madrileña de BMW, si bien no se trata de un punto de carga de acceso público.





Guía del vehículo eléctrico II

Por tanto, el primer cargador público de España que incorpora sistema de carga Combo se inauguró en mayo de 2014 en el Puerto Olímpico de Barcelona, un equipo de carga ultra rápida TRIO de Circontrol que además del CCS, incorpora tomas CHAdeMO y Tipo 2 (Mennekes).

Y es que esa es la tendencia a seguir en la implementación de infraestructuras de recarga rápida, entre otras cosas para dar cumplimiento a los requerimientos de la Directiva Comunitaria de Combustibles Alternativos, que apuesta por el CCS y el Tipo 2 en el despliegue de infraestructuras de recarga pública en Europa.

De este modo, Barcelona ya ha implementado hasta once de estos equipos y la alianza alcanzada entre Volkswagen e IBIL impulsará la instalación de una veintena de puntos de recarga rápida con el estándar CCS repartidos por el territorio nacional y ubicados en estaciones de servicio del grupo Repsol. Al margen, algunas comunidades autónomas están apostando por el despliegue de una infraestructura de recarga rápida, como es el caso de la Comunidad de Madrid, que ultima un plan para implantar hasta 35 puntos de carga rápida multipunto en la región.

Actualmente existen cerca de 800 equipos de recarga dotados de conector CCS en Europa, incluidos los doce de España, de los que más de 660 son abiertos al público. Países como Reino Unido y Alemania lideran la instalación de estos cargadores, mientras que Portugal destaca por la ausencia de cargadores dotados con esta tecnología de recarga. Como dato a tener en cuenta, en solo cinco meses se ha duplicado la instalación de cargadores CCS en Europa, lo que da cuenta del avance que está experimentando su implementación.

Como alternativa a los puntos de carga rápida, existe la recarga acelerada de corriente alterna trifásica en modo 3, que suministra una potencia entre 7 y 42 kW.

7

ITC BT-52 DEL REBT SOBRE LAS INFRAESTRUCTURAS DE RECARGA

7.1. INTRODUCCIÓN

La publicación oficial de las normas reglamentarias de instalación de la infraestructura de recarga de vehículo eléctrico ha puesto fin a años de incertidumbre en el sector. Este capítulo traslada los aspectos más destacados y constituye un resumen de esta nueva Instrucción Técnica Complementaria, la número 52, del Reglamento electrotécnico para baja tensión. No recoge por tanto los detalles técnicos necesarios para el desarrollo de un proyecto de instalación de infraestructura de recarga, para lo que es necesario consultar la propia ITC.

Se recogen las lógicas modificaciones de otras ITCs afectadas y las dotaciones mínimas que se exigen, así como definiciones, ámbito de aplicación, exclusiones, esquemas de instalación, previsión de cargas y requisitos generales.

7.2. ENTORNO

El Real Decreto recoge los distintos vectores que están impulsado el paulatino desembarco del vehículo eléctrico, y por tanto su infraestructura asociada. Por ejemplo la Directiva 2014/94/UE relativa a la implantación de una infraestructura para los combustibles alternativos, está encaminada a potenciar el coche eléctrico, además de aprobar un modelo de conector común y de promocionar la infraestructura necesaria para la recarga del vehículo eléctrico. Asimismo la Directiva insta a los Estados miembros a velar porque se cree un número apropiado de puntos de recarga accesibles al público.

Este Real Decreto se enmarca dentro de la Ley de Industria y del REBT que se modifica y completa, para establecer las especificaciones





Guía del vehículo eléctrico II

técnicas que posibiliten la recarga segura de los vehículos eléctricos en cualquiera de las situaciones que cabe esperar.

Las **dotaciones mínimas** en edificios o estacionamientos de nueva construcción y en vías públicas encuentran cobertura en la Ley de Ordenación de la Edificación y en la Ley de economía sostenible, y son las tres siguientes:

- En aparcamientos o estacionamientos colectivos en edificios de régimen de propiedad horizontal habrá que ejecutar una conducción principal, de modo que se puedan realizar derivaciones hasta las plazas de aparcamiento.
- En aparcamientos o estacionamientos de flotas privadas, cooperativas o los de oficinas, o depósitos municipales de vehículos, las instalaciones necesarias para suministrar a una estación de recarga por cada 40 plazas.
- Igual que en apartado anterior para aparcamientos o estacionamientos públicos permanentes.

Igualmente habrá que dotar de las instalaciones necesarias a aquellas plazas en la vía pública previstas en los Planes de Movilidad Sostenible.

Al igual que sucede con otras Instrucciones Técnicas del Reglamento para Baja Tensión, se elaborará una **Guía Técnica**, de carácter no vinculante que contendrá aclaraciones a conceptos de carácter general.

La **entrada en vigor** del Real Decreto será a los seis meses de su publicación, es decir el 30 de junio de 2015. Las instalaciones que estén en ejecución antes de esa fecha dispondrán de un plazo de tres años para su terminación y puesta en servicio sin tener que sujetarse a las prescripciones del mismo.

7.3. MODIFICACIONES DE OTRAS ITCS DEL REBT

Los requisitos que aparecen en la nueva ITC BT-52 implican una serie de modificaciones en algunas de las actuales ITC; destacamos a continuación las más importantes:

En la ITC-02 sobre normas de referencia se añaden, entre muchas otras, las normas relativas a las bases, clavijas y conectores específi-

cos y sistema conductivo de carga para vehículos eléctricos y para los equipos de medida de la energía eléctrica.

En la ITC-4 sobre documentación y puesta en servicio de las instalaciones, se añaden a las instalaciones que precisan proyectos aquellas infraestructuras para la recarga con potencia superior a 50 kW, las situadas en el exterior con potencia superior a 10 kW y todas las previstas para el modo de carga 4.

Igualmente en la ITC-05 sobre verificaciones e inspecciones, las instalaciones mencionadas en el punto anterior serán objeto de inspección.

La ITC-10 sobre previsión de cargas se ve también modificada al clasificar las instalaciones de recarga del vehículo eléctrico en viviendas unifamiliares como de electrificación elevada. Para las instalaciones en plazas de aparcamiento o estacionamientos colectivos en edificios o conjuntos inmobiliarios en régimen de propiedad horizontal se especifican las reglas para la previsión de cargas en función del esquema de instalación y de la disponibilidad del sistema de protección de la línea general de alimentación (SPL).

En la ITC-16 sobre concentración de contadores en las instalaciones de enlace se añaden la unidad funcional de medida y la de mando y protección destinadas a la recarga del vehículo eléctrico, así como la unidad SPL mencionada en el punto anterior, según el tipo de esquema eléctrico utilizado de los indicados en la ITC-52.

Para la ITC-25 sobre número de circuitos en instalaciones interiores en viviendas se establece el circuito adicional 13 cuando esté previsto uno o más espacios para el estacionamiento de vehículos eléctricos, así como sus características eléctricas. Por último se indica que este nuevo circuito debe figurar en los garajes, y remite a la ITC-52 para la potencia prevista por toma, los tipos de bases y la intensidad asignada del interruptor automático.

7.4. AMBITO DE APLICACIÓN

Merece la pena detallar las instalaciones en las que es de aplicación la nueva ITC:

- Aparcamientos de viviendas unifamiliares o de una sola propiedad.





Guía del vehículo eléctrico II

- Aparcamientos o estacionamientos colectivos en edificios o conjuntos inmobiliarios de régimen de propiedad horizontal
- Aparcamientos o estacionamientos de flotas privadas, cooperativas o de empresa, o los de oficinas, para su propio personal o asociados, lo de talleres, de concesionarios de automóviles o depósitos municipales de vehículos eléctricos y similares.
- Aparcamientos o estacionamientos públicos, gratuitos o de pago, sean de titularidad pública o privada
- Vías de dominio público destinadas a la circulación de vehículos eléctricos, situadas en zonas urbanas y en áreas de servicio de las carreteras de titularidad del Estado.

Todas ellas con independencia de si su titularidad es individual, colectiva o corresponde a un gestor de cargas.

No es de aplicación a los sistemas de recarga por inducción, ni a las instalaciones para la recarga de baterías que produzcan desprendimiento de gases durante su recarga.

7.5. DEFINICIONES

Las definiciones que destacamos en este capítulo son las siguientes:

- Contadores eléctricos: se define el **contador principal** como el destinado a la medida de energía consumida por una o varias estaciones de recarga, y el **contador secundario** como el sistema de medida individual asociado a una estación de recarga, que permite la repercusión de los costes y la gestión de los consumos. En la misma definición se establece que ambos deben cumplir la reglamentación de metrología legal, y que los principales también deben cumplir con el reglamento unificado de puntos de medida al tratarse de puntos frontera del sistema eléctrico.
- De forma genérica se define como **estación de recarga** al conjunto de elementos necesarios para conectar el vehículo eléctrico a la instalación eléctrica y se clasifican en dos; punto de recarga simple en el que la base de toma de corriente no es específica para el vehículo eléctrico y las tipo SAVE (sistema de alimentación específico del vehículo eléctrico) en las que sí lo es.

- A lo largo de la ITC se menciona la función de **control piloto**, que no es más que un medio que asegure que se cumplen los requisitos de seguridad y los de transmisión de datos, según el modo de carga utilizado.
- Aunque seguramente son conocidos los cuatro **modos de carga**, de forma muy resumida indicamos que los modos 1 y 2 utilizan tomas de corriente normalizadas, pero en el modo 2 se incorpora una función de control piloto y un sistema de protección para las personas contra el choque eléctrico, normalmente en el propio cable. En el modo de carga 3 se utiliza un SAVE, y en el modo 4 la conexión del vehículo eléctrico a la red de alimentación de alterna es indirecta usando un SAVE que incorpora un cargador externo y un convertidor alterna-continua.
- No debe confundirse el modo de carga con el **tipo de conexión** entre la estación de recarga y el vehículo eléctrico, denominados A, B, C y D. Las diferencias se encuentran en si el cable de recarga es solidario al vehículo (caso A), el cable es un accesorio (caso B) o forma parte de la instalación fija (caso C). El caso D se utiliza para conectar un vehículo eléctrico ligero y el cable de conexión incorpora el cargador.
- En el capítulo sobre previsión de cargas se explica el funcionamiento del Sistema de protección de la línea general de alimentación **SPL**.

7.6. ESQUEMAS DE INSTALACIÓN

Este capítulo de la ITC es uno de los más interesantes ya que describe los posibles casos de esquemas de conexión, y en cualquier caso el instalador debe preparar la documentación técnica en la forma de memoria técnica de diseño o de proyecto. Estos esquemas se dividen en cuatro grupos:

- Esquema colectivo o troncal en el que figura un contador principal en el origen de la instalación. La principal característica de este tipo es precisamente que solo se instala un contador principal para todas las estaciones de recarga, y un secundario para cada una de ellas. Existen tres variantes en función de si existen módulos de reserva en la centralización de contadores existente, o si hubiera que ampliar en nuevos armarios o locales, o incluso una centralización de contadores específica para recarga del vehículo eléctrico.





Guía del vehículo eléctrico II

- El segundo tipo de esquema no tiene variantes y su característica principal es que permite compatibilizar el contador principal tanto para la vivienda como para la estación de recarga. En este caso el contador secundario es opcional. Se requieren las lógicas precauciones de seguridad para los dos circuitos, y para el control de potencia no es necesario un ICP independiente, aunque en caso de actuación de la función de control de potencia en el contador, el rearme debe realizarse directamente desde la vivienda.
- En el tercer grupo se presentan dos esquemas individuales, siendo la única diferencia entre ellos igualmente la existencia o no de módulos de reserva en la centralización existente. Se requiere un contador principal para cada estación de recarga y lógicamente ya no es necesario un contador secundario.
- El cuarto y último grupo tiene dos variantes y permite el uso de uno o varios circuitos adicionales respectivamente para la recarga desde el propio cuadro de mando y protección. Está pensado principalmente para viviendas unifamiliares cuya estación (o estaciones) de recarga pueda alimentarse con un circuito adicional dedicado. El contador principal sería el ya existente en la instalación y el secundario es opcional. El circuito adicional se denominará C13 y podrá ser monofásico o trifásico, con una potencia instalada que corresponda a uno de los escalones normalizados que se indican en la tabla 1 de la ITC-52.

Estos esquemas de conexión no se pueden utilizar para conectar estaciones de recarga a redes independientes de la red de distribución de corriente alterna usualmente utilizada.

La ITC recoge varias figuras a modo de ejemplo que representan los distintos tipos de esquemas de instalación.

En las instalaciones en aparcamientos o estacionamientos colectivos en edificios en régimen de propiedad horizontal se pueden utilizar cualquiera de los esquemas y en el mismo edificio se podrán utilizar esquemas distintos. En concreto el segundo esquema del tipo 4 puede utilizarse si se proyecta que las estaciones de recarga formen parte integrante o ampliación de los servicios generales de los garajes.

Existen una serie de requisitos para los **edificios de nueva construcción** que deberán contar con una preinstalación eléctrica, a fin de facilitar

la utilización posterior de cualquiera de los esquemas de instalación. Para ello se deberán instalar sistemas de conducción de cables desde la centralización de contadores, dimensionados para poder alimentar al menos el 15% de las plazas de garaje. También la centralización de contadores se dimensionará adecuadamente, instalando como mínimo un módulo de reserva para un contador principal y los dispositivos de protección asociados.

Para **edificios existentes**, al realizar la instalación del primer punto de carga, se deberá prever la instalación de los elementos comunes, adecuando la instalación de futuros puntos de conexión.

7.7. PREVISIÓN DE CARGAS

En este capítulo se detalla las condiciones de utilización del SPL o sistema de protección de la línea general de alimentación. Se trata de un sistema de protección de la línea general de alimentación contra sobrecargas. Su función es la de ordenar la disminución momentánea de la potencia destinada a la recarga del vehículo eléctrico para así evitar el fallo de suministro del conjunto del edificio. Puede actuar bien desconectando cargas o regulando la intensidad de recarga en los modos en que esto es viable, es decir los modos de carga 3 o 4. La entrada de información del SPL es la medida de intensidad que circula por la línea general de alimentación.

El uso del SPL solo está definido, y de forma voluntaria, para los tres esquemas colectivos (el primero de los cuatro grupos de esquemas). La ventaja de usar SPL es que al dimensionar la previsión de cargas, el factor de simultaneidad de las cargas del vehículo eléctrico se reduce a 0,3 en lugar del factor 1 en el caso de no disponer de SPL. Recordamos que el uso de SPL es voluntario.

Para el resto de esquemas, la previsión de cargas se debe realizar considerando un factor de simultaneidad igual a 1,0.

7.8. REQUISITOS GENERALES DE LA INSTALACIÓN

En este capítulo se mencionan una serie de requisitos de carácter general. Por ejemplo se recuerda que en locales cerrados no se puede realizar la recarga de baterías con desprendimiento de gases, especifica la ubicación de los contadores principales y secundarios, enu-





Guía del vehículo eléctrico II

mera otros requisitos de protección o detalla las potencias instaladas normalizadas. También especifica el nivel de iluminancia mínima durante las operaciones de inicio y terminación de la recarga.

Los cuadros de mando y protección o el propio SAVE si llevara protecciones integradas deberán disponer de sistemas de cierre a fin de evitar manipulaciones.

La instrucción también prevé que en instalaciones con más de 5 estaciones de recarga se estudie la necesidad de instalar filtros de corrección de armónicos.

En este capítulo se incluye la tabla que indica los puntos de conexión posibles a instalar en función de su ubicación. Cabe destacar que para carga monofásica con modos de carga 1 ó 2, el interruptor automático de protección será de 10 A, pero podrá ser de 16 A si el fabricante de la base (normalizada según UNE 20315) garantiza que queda protegida en las condiciones de funcionamiento previstas para la recarga lenta con recargas diarias de 8 horas, a la intensidad de 16 A.

Para el modo de carga 3, tanto en monofásico como en trifásico, es obligatorio utilizar la base de toma de corriente tipo 2 según la norma UNE-EN 62196-2: Bases, clavijas, conectores de vehículo y entradas de vehículo. Carga conductiva de vehículos eléctricos. Parte 2: Compatibilidad dimensional y requisitos de intercambiabilidad para los accesorios de espigas y alvéolos en corriente alterna.

Por último se destaca que los contadores secundarios tendrán que tener la capacidad de medir al menos energía activa y serán de clase de precisión A o superior (según UNE-EN 50470-3). Su instalación será obligatoria siempre que exista una transacción comercial que dependa de la medida de la energía consumida o cuando sea necesario identificar consumos individuales.

7.9. PROTECCIÓN DE INFLUENCIAS EXTERNAS

Se lista a continuación los principales requisitos de protección frente a influencias externas.

Contra la penetración de cuerpos sólidos y acceso a partes peligrosas, las estaciones de recarga tendrán un grado de protección míni-

mo de IP4X o IPXXD para las instaladas en el interior e IP 5X para las instaladas en el exterior. Este grado no aplica durante el proceso de recarga.

La protección contra la penetración del agua se establece en un mínimo de IPX4, e igualmente no aplica durante el proceso de recarga.

Respecto a la protección contra impactos mecánicos, los equipos deberán protegerse frente a daños mecánicos externos del tipo impacto de severidad elevada (AG3).

El grado de protección de las envolventes será como mínimo IK08 o IK10 si está ubicada en el exterior. No aplica a partes como teclado, leds, pantallas o rejillas de ventilación, y tampoco durante el proceso de recarga.

Respecto a la protección contra sobreintensidades, cada punto de conexión deberá protegerse individualmente, y podrá formar parte de la instalación fija o estar dentro del SAVE.

Por último se dan una serie de indicaciones respecto a la obligatoriedad de proteger todos los circuitos contra sobretensiones temporales y transitorias.



8

EQUIPOS DE RECARGA PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS



8.1. INTRODUCCIÓN

En los cinco últimos años, se ha producido un gran avance tecnológico a nivel mundial en el sector de los vehículos eléctricos, con múltiples innovaciones, con vehículos con más prestaciones, con nuevos modelos y lo que es más importante, la aparición de nuevas marcas. El fenómeno que algunos hace décadas ya preveían, la electrificación de la movilidad, va camino de convertirse en un hecho de notable trascendencia.

Para cualquier conocedor de la historia de la tecnología, es sabido que el «*statu quo*» existente nunca ha podido frenar el desarrollo de nuevas tecnologías y aplicaciones, y muy especialmente cuando las tecnologías emergentes ofrecían ventajas significativas respecto a las existentes¹.

El factor decisivo para la eclosión de la nueva movilidad debe ser impulsado y se producirá desde la poderosa industria de automoción, creando líneas de producción en serie, desarrollando baterías de tercera y cuarta generación, aumentando la autonomía y prestaciones de los V.E., y consiguiendo una reducción sustancial de los precios.

Dentro de nuestro entorno social, por más que los aspectos energéticos y ambientales puedan ser importantes, el factor decisivo es siempre transmitido por el «mensaje de precios». Los antiguos vehículos fósiles de combustión han alcanzado un punto álgido en todo lo relativo a la optimización, mejoras tecnológicas y ambientales; mientras que los nuevos V.E. están justamente en sus inicios.

¹ Basta recordar la virulenta polémica que vuelve a estar de actualidad, entre Tesla y Edison sobre las ventajas de la c.a. frente a la c.c.



Guía del vehículo eléctrico II

Con un cierto retraso, se está produciendo un desarrollo normativo que afecta a todos los ámbitos, pero especialmente en los relativos a las infraestructuras de recarga. Efectivamente, a las conocidas normas internacionales sobre los **modos de recarga** (IEC-61851-1) y los **tipos de conectores** (IEC 62196-1/2/3), debemos añadir algunas Directivas Europeas, como por ejemplo la 2014/94/UE que insta a los estados miembros para que las administraciones implanten un número suficiente de puntos públicos de recarga, o las normas de nivel estatal, primero con el RD Ley 6/2010 que reformaba la Ley del Sector Eléctrico que creaba la figura del Gestor de Cargas, o más recientemente la esperada (ITC) BT-52 relativa a las Instalaciones con fines especiales para la recarga de vehículos eléctricos, mediante el RD 1053/2014. Así pues, a pesar de encontrarlos todavía en una fase incipiente en el desarrollo de la nueva movilidad, y de que todavía existan algunos aspectos abiertos², el panorama se está clarificado notablemente.



Figura 1. Poste de recarga para exterior con marquesina (Chipre).

El cometido del presente capítulo, se propone ofrecer el «estado actual del arte» en lo relativo a las infraestructuras de recarga, los equipos y sistemas empleados en los distintos segmentos, así como la nuevas necesidades de mercado para facilitar la necesaria «reinvención de la movilidad». En un último apartado se realizará una resumida perspectiva de un horizonte temporal a medio plazo³.

² La definición y características del Sistema de Protección de Línea, el registro de instalaciones, la diversidad de software de control, la interoperabilidad de equipos,... pero sobretodo el conflictivo tema del Gestor de Cargas.

³ Como se refería el famoso economista J. M. Keynes, resulta relativamente sencillo efectuar previsiones a largo plazo, porque con el tiempo nadie se acordará de ellas, pues «a largo plazo,... todos estaremos muertos».



Figura 2. Vehículo en carga rápida y flota de VE de empresa de servicios

8.2. DEFINIENDO LOS EQUIPOS DE RECARGA

El grupo de empresas formado por Circutor, en una fecha tan temprana como el año 2007 ya intuyó la necesidad de cambio de los hábitos de movilidad de nuestras urbes, explorando las implicaciones que representaría implantar la movilidad eléctrica y comenzando a fabricar los primeros equipos de recarga para unos primitivos V.E. todavía muy poco desarrollados.

Después de haber diseñado más de una docena de modelos y suministrado algunos miles de puntos de recarga en casi todos los segmentos, podemos afirmar que hemos experimentado en «carne propia» todos los avatares que representa producir una gama de productos de recarga, en plena efervescencia tecnológica y en medio de una gran desinformación de la sociedad en general.

Con el fin de identificar las distintas tipologías de recarga para V.E., vamos a proceder de manera similar a la que se realiza en la División V, a partir del momento inicial desde el momento que un cliente llama para solicitar un punto de recarga que cumpla con sus necesidades y expectativas. El procedimiento seguido es similar a un modelo de predicción basado en un «árbol de decisiones» de manera que permita orientarlo y determinar exactamente qué equipo necesita.

1. La primera información determinante, es conocer si el equipo va destinado a un espacio abierto (aparcamiento al aire libre, plaza o vía pública, etc.), o bien si se trata de un dispositivo para espacios cerrados. Ello, o bien conduce a la serie de los **Postes de recarga**, o nos identifica algún modelo de caja de pared, tipo **Wall Box**.



Figura 3. Postes de la serie PM&PT para exterior. Cajas Wall Box para interior.

- II. Una vez determinado el tipo de ubicación, es preciso conocer las características del conector del vehículo. Si bien en los últimos años se ha tendido hacia una simplificación, de acuerdo con la norma IEC 62196-2, en nuestro entorno todavía existen dos posibles tipos de tomas contempladas por la norma, más una tercera de carácter genérico: la toma **tipo 1** (conocida como SAE J1772, o por el nombre de un fabricante japonés: Yazaki), la toma tipo 2 (europea, conocida como Mennekes), y la genérica para todo tipo de usos definida por la norma **UNE 20315**, que en nuestro entorno se conoce como **schuko**. En todos estos casos siempre se refiere a recarga lenta, o como máximo semi-rápida. Con posterioridad nos referiremos al caso especial de la recarga ultra-rápida, también denominada **electrolinera**.

El hecho de mantener una toma de tipo genérico se justifica por la existencia de un segmento de vehículos eléctricos con bajas necesidades de recarga, donde se incluyen los vehículos de dos ruedas, los pequeños vehículos tipo Twizy, los vehículos híbridos con baterías de reducida capacidad (5 kWh), o hasta los eléctricos (BEV) que el concesionario haya dotado con una mochila de adaptación para recargar en modo lento en cualquier emplazamiento.

Así pues, todas las tipologías anteriores pueden cargar con una toma **schuko** en los **modos de recarga 1 y 2**, si bien limitando su intensidad a un máximo de 10A.



Figura 4. Vehículos eléctricos cargando en modo 1 y 2 con toma schuko.

Independientemente de la consideración anterior, el modo de recarga privilegiado por la norma y por los fabricantes es la recarga en modo 3, siendo esta la que tiende hacia una estandarización. Su característica principal es que obliga a disponer de una toma exclusiva para la recarga de VE, y que actualmente ha quedado reducida a dos conectores distintos: el tipo 1, principalmente para vehículos de origen japonés y el tipo 2, que es el normalizado en el ámbito de la unión europea.

La antigua toma conocida como tipo 3 (*EV Plug Alliance*) ha quedado prácticamente restringida al mercado francés, con pocas perspectivas de futuro.



Figura 5. Vehículos para recarga en modo 3 con toma tipo 1 y tipo 2.

- III. Siguiendo con el «interrogatorio» al potencial cliente, llega el momento de formularle una pregunta conflictiva. ¿Cuál será la potencia eléctrica de la recarga? o lo que es lo mismo ¿cuál va a ser el tiempo de recarga? Llegado a este punto se debe prever un posible malentendido, pues la respuesta normal será que desea una recarga rápida, fruto de nuestros malos hábitos cotidianos,



Guía del vehículo eléctrico II

aunque no sea lo que realmente necesite, ni entienda algunas de las implicaciones que ello conlleva.

Es tarea del experto hacer reflexionar al cliente sobre las implicaciones que dicha elección representa: el término de potencia que deberá contratar a la compañía comercializadora, el coste mensual del mismo, el dimensionado de línea y las protecciones del equipo, etc. Desde una visión de la eficiencia energética, la elección más inteligente para recargar nuestro V.E., es la recarga lenta y en horario nocturno, a ser posible con tarifa especial (doble tarifa, ofertas de comercializadoras, tarifa supervalle). El resto de opciones posibles, aunque se consideren imprescindibles para el desarrollo de la movilidad eléctrica, no representan la opción más «*smart*», ni para el usuario, ni para el sistema energético en su conjunto.

IV. Una vez bien definidos los tres aspectos anteriores, solo nos queda por explicar las protecciones a instalar y determinar el nivel de prestaciones, o funcionalidades «*extras*» que pueda desear el usuario. Entre aquellas contemplar:

- Las protecciones aguas arriba del punto de recarga constituyen un requisito de seguridad obligado por la normativa vigente. Así, siempre deberá instalarse un relé de protección diferencial (tipo A), un magneto térmico con curva de respuesta tipo C adecuado a la potencia de carga, y las protecciones de sobretensiones. Como aspecto particular se debe indicar, que mientras los postes de vía pública siempre incorporan dichas protecciones en su interior, las cajas *Wall Box*, según el modelo y marca, pueden o no incorporarlas. A nuestro entender es mejor instalar las protecciones en el punto de derivación de la línea de alimentación, para reducir costes y evitar duplicidades.
- El cliente debe precisar si requiere de un equipo de medida de energía incorporado para identificar el consumo de energía y poder realizar la repercusión interna de los costes de recarga.
- Una opción muy solicitada es la de control de acceso al punto de recarga, que puede realizarse mediante tarjeta RFID, ticket de banda magnética, mensaje de SMS con móvil, etc. En este punto se debe indicar que el temor al supuesto robo de energía por parte de un vecino desaprensivo, se trata de una quimera que debe clasificarse dentro de la categoría de leyenda urbana, dado que el hurto representaría un importe de unos 50 cts. de euro cada hora, y que dichos sistemas están en plena fase de evolución.

- En equipos «*smart*», con elevadas prestaciones, siempre debería considerarse la incorporación de un data server que permita almacenar «*in situ*» toda la información relativa a la recarga (usuario, tiempo de conexión, energía demandada, etc.) y que esté dotado de un *software* de gestión.
- Finalmente es preciso considerar el tipo de comunicaciones óptimas para cada aplicación (RS-485, Ethernet, 3G, etc.), así como su protocolo (Modbus RTU, XML, etc.). A pesar de ser este un aspecto que también está en evolución, a nivel mundial ha recibido mucha aceptación un *software* de gestión con altas prestaciones, conocido como **Open Charge Point Protocol (OCPP)** como protocolo abierto de comunicaciones entre los puntos de recarga y los sistemas centralizados de gestión, si bien existen otros desarrollados por empresas y corporaciones privadas.



Figura 6. Cajas Wall Box con cable y conector y versión «*smart*».

8.3. EQUIPOS DE RECARGA PARA V.E. TIPOLOGÍAS PRINCIPALES, CLASES DE EQUIPOS Y APLICACIONES

Procediendo de lo simple a lo complejo, seguidamente nos proponemos definir las principales soluciones para la recarga de V.E. en función de sus distintas aplicaciones.

- A. La solución más simple.** Es la que se corresponde con un equipo de **recarga vinculado** para aquellos usuarios de una vivienda unifamiliar en una instalación individual típica. Dichos equipos también pueden ser válidos para casos como un hotel, restaurante, o



centro comercial en el que la propiedad desea ofrecer un servicio adicional para conseguir posibles clientes, o también en casos particulares en los que se dispone de un V.E. para desarrollar la actividad profesional en una pequeña empresa, taller, etc.

Lo recomendable sería la de utilizar una simple caja Wall Box básica con recarga en modo 3 dotada de cable y conector⁴ adecuado al V.E. concreto (conector tipo 1, tipo 2), con potencia de 3,7 kW (16 A), si bien en algunos casos sería posible llegar hasta 32 A siempre que se disponga de la potencia adecuada (7,3 kW). La utilización de un temporizador interno que permita programar la hora de inicio de recarga, se ha convertido en superflua, al tratarse de una función ya incorporada en todos los V.E.

A partir de la nueva ITC 52, esta versión sencilla de Wall Box también puede resultar adecuada para aquellos usuarios que su disposición del cuadro de contadores les posibilite utilizar el esquema tipo 2 con salida directa del propio contador hasta su plaza de aparcamiento, necesitando tan solo que el usuario disponga de las protecciones y de la potencia adecuada a sus necesidades.

B. Aumentando prestaciones. Para aplicaciones más complejas, especialmente para aparcamientos en multipropiedad se precisa elevar el nivel de prestaciones debiendo pasar a cajas Wall Box en la versión «*smart*», la cual deberá disponer de los elementos imprescindibles para realizar una completa gestión de consumos con repercusión de los costes entre los diversos usuarios.

En estos casos se incorpora un display alfanumérico que además de proporcionar las instrucciones de utilización, debe proporcionar la información básica que precisa conocer el usuario. Principalmente el tiempo de recarga y el consumo demandado en kWh.

Un aspecto de mayor complejidad técnica es el relativo al tipo de comunicaciones que debe incorporar el equipo para poder interrelacionar con un servidor externo. Es un hecho conocido que la señal y niveles de telefonía móvil en los interiores de los aparcamientos acostumbran a ser deficientes, siendo por ello que se recomienda utilizar sistemas mixtos para la transmisión de la información (p.e. bus RS-485/3G-interior/externo).

⁴ El hecho de disponer de cable y conector simplifica la operación de recarga, evitando abrir el maletero, extraer el cable, conectar al lado caja y lado coche, etc.

En lo que respecta a los posibles esquemas de instalación para el tipo de suministro, a pesar que la nueva ITC permite casi todas las modalidades posibles, es posible que en un futuro se priorizará la utilización de un armario con contadores propios para la recarga (colectivos con contador principal y contadores secundarios, esquema 1b; o con contadores para cada instalación de recarga con o sin nueva centralización de contadores, esquema 3a y 3b), para los nuevos edificios, mientras que en los existentes se podrá utilizar cualquier disposición factible.

Obviamente, para poder realizar la repercusión de costes a cada usuario deberá dotarse de un sistema de gestión (aplicación de *software* sencilla) a los equipos, para que el administrador del aparcamiento pueda realizar su cometido de manera ágil y sencilla. Hay que explicar que la norma es clara en este aspecto, al indicar que los titulares de aparcamientos no públicos puedan gestionar su propio suministro.

C. Integrando la recarga a sistemas complejos. Como observación previa, y mientras no se modifique la normativa vigente, es preciso observar que la ley de Sector Eléctrico y las modificaciones siguientes (RDL 6/2010), no permiten realizar la reventa de electricidad, excepto si se está dado de alta como Gestor de Carga. Así pues, en los puntos de recarga de los aparcamientos públicos, si se desea facturar la electricidad suministrada a los usuarios, se deberá estar adscrito a un determinado Gestor de Carga.

En aquellos edificios, o aparcamientos donde se prevea que va a existir un número considerable de VE que puedan cargar simultáneamente, sean aparcamientos públicos en rotación, o flotas de VE para empresas, se precisará de una integración de equipos en sistemas multipunto, con sistemas de control complejos e integrados. A partir de una «masa crítica» de puntos de recarga, que inicialmente se podría estimar en algo más de una docena, resultará imperativa dicha aplicación.

En este tipo de instalaciones, para evitar contratar una potencia excesiva, resultará interesante dotarla de un **Sistema de Protección de Línea (SPL)**, por más que todavía se esté en proceso de definición y alcance de dicho equipo. Dotar a una instalación con un SPL ofrecerá múltiples ventajas, pues mientras por un lado se permite realizar una previsión de potencia para la recarga de





Guía del vehículo eléctrico II

V.E. con un factor de simultaneidad del 30%, por el otro se abre la posibilidad de realizar una completa gestión y control de la potencia de carga.

En los sistemas complejos, los equipos deben estar comunicados a una central de control, si bien resulta aconsejable que dispongan de la opción manual/automático, pues en el caso de que existan problemas con los sistema de control, *software*, o comunicaciones, se pueda conmutar a recarga directa, priorizando la recarga de los V.E. en modo manual y de manera autónoma. En el caso extremo, la energía demandada por los V.E. representa una cantidad fija y perfectamente conocida de kWh demandados. Efectivamente, se puede asimilar las baterías de los V.E., a las de un depósito que no permite almacenar mayor cantidad que la determinada su capacidad y cuyos valores actualmente oscilan entre los 15 y 25 kWh en función de las prestaciones del mismo, si bien se prevé una duplicación en los próximos años.

Si bien las topologías posibles son muchas, la mejor opción es la de que cada punto almacene toda la información *«in situ»* y dotar a la unidad central de las tareas de supervisión y descarga de la información de manera periódica, evitando los errores inherentes a la pérdida de comunicación y de sobrecarga en el tráfico de la información. Actualmente todos estos sistemas están en plena fase de desarrollo que aportará novedades substanciales en los próximos años (sistemas de detección, redes *wifi*, formas de pago, optimización en los períodos de recarga, etc.).

Una experiencia singular la constituyen diversas flotas de vehículos de empresa, en los que desde hace años se está realizando una eficaz gestión en la recarga de los V.E., habiéndose ampliado hasta una completa gestión de la energía de toda la planta con sofisticados niveles de automatización y control. Ejemplos paradigmáticos lo constituirían algunas empresas de servicios públicos (limpieza, recogida de residuos, distribución de productos, etc.), extendiéndose de manera progresiva a los transportes públicos.

Según la toma elegida, se podrá realizar la recarga con redes monofásicas, o trifásicas, con mayores potencias (velocidad de carga) a disposición. Actualmente, ya se ha implantado en diversos aparcamientos la integración del mismo ticket de entrada, con el sistema de gestión de recarga de V.E.



Figura 7. Puntos de recarga múltiples integrados en sistemas centralizados: aeropuerto de Heathrow (UK), Parc Científic BCN.

D. Los equipos de recarga rápida y las electrolineras. Las estaciones de recarga rápida se consideran una infraestructura de servicio imprescindible para conseguir un pleno desarrollo de la movilidad eléctrica. Son muchos los países que están realizando un esfuerzo importante para dotarse de una distribución estratégica de este tipo de infraestructuras en sus ciudades y en las principales vías de circulación de estas infraestructuras tan particulares: Japón, USA, UK, Alemania, Francia, etc.

En nuestro país los proyectos de Málaga, Barcelona, Baleares y Madrid se situarían como pioneros, no siendo aventurado pronosticar que en los próximos años se dispondrá de decenas de puntos de recarga rápida en nuestro país. El término electrolinera, definiría tanto la infraestructura en sí como uno de los emplazamientos privilegiados al lado de estaciones de servicio, si bien éstos no serían los únicos. Las empresas distribuidoras de electricidad, los grandes centros comerciales, los concesionarios de V.E. y las flotas de V.E. en empresas son otros candidatos para este tipo de instalaciones.

Las estaciones de recarga rápida han sufrido una notable evolución en los últimos tres años y si bien se corresponden con equipos de exigencias y coste relativamente elevado, dado que deben proporcionar prestaciones tan especiales como disponer de una potencia elevada para la recarga de un VE en un lapso de tiempo relativamente corto, comprendido entre los 15 y 30 minutos.

Si bien inicialmente la recarga rápida estaba restringida al **modo 4** con conectores y protocolos especiales (CHAdeMO para vehículos japoneses y CCS-COMBO 2 para los europeos) con potencias de salida de unos 50 kW en corriente continua,





Guía del vehículo eléctrico II

actualmente también se puede contemplar que se ha extendido al modo 3, en corriente alterna con carga trifásica de 43 kW.

Podemos imaginar un equipo de recarga rápida, como un dispensador de energía dotado de tres mangueras (para permitir la recarga a todo tipo de V.E.), que mediante un sencillo interfaz (monitor táctil) permite realizar una recarga ultra rápida para todo tipo de V.E. Evidentemente este tipo de infraestructura precisa de unos requisitos de suministro y seguridad muy exigentes que deben estudiarse con mucho rigor antes de proceder a su instalación.



Figura 8. Equipos para la recarga rápida QPC TRI y FASTO (ENDESA).

8.4. UN BREVE EJERCICIO DE PROSPECTIVA

La movilidad eléctrica justo acaba de empezar y por ello se encuentra en una fase expansiva de crecimiento en la que aparecen una gran multiplicidad de innovaciones, proyectos y expectativas. En estos breves párrafos sólo se señalarán algunas de las que parecen más inmediatas.

Todavía no se es consciente del elevado potencial que representa utilizar fuentes de energía renovables para el autoconsumo. Empleando tecnología solar fotovoltaica a nuestro alcance, mediante una elegante marquesina que nos evita la radiación directa sobre el V.E., permite alimentarlo directamente dirigiendo los excedentes potenciales para otras necesidades de consumo. Una cifra contundente permite aclarar la importancia de esta afirmación, instalando 1,5 kWp fotovoltaicos se puede generar toda la energía eléctrica que consumirá nuestro V.E. anualmente con un recorrido de 10.000 km. Mientras no se inyecte electricidad a la red eléctrica exterior, la legalidad de dicha

instalación no debe ofrecer ninguna duda, ello sin contar un sugerente párrafo que incorpora la ITC (BT) 52 que abre nuevas posibilidades: *las conexiones de las estaciones de recarga que se alimenten ... mediante una fuente de energía de origen renovable, con posible almacenamiento de energía* (sic.).

Un segundo aspecto fundamental lo constituirá el desarrollo de nuevas generaciones de baterías con mayor densidad de energía y potencia y mayor flexibilidad. El reciente anuncio de Tesla de fabricar baterías para utilización en el sector doméstico almacenando electricidad, abre nuevos horizontes todavía insospechados para la recarga de V.E. tanto en forma lenta, como equipos de carga rápida, dado que no siempre se dispondrá de las elevadas necesarias. La acumulación de electricidad, no ha hecho más que empezar.



Figura 9. Marquesinas con fotovoltaica con postes de recarga para VE en autoconsumo.

La eficiencia energética, las *smarts cities*, las estaciones de recarga rápida modulares, la necesidad de conectividad con las nuevas exigencias de la movilidad, la interacción vehículo-red V2G, vehículo-hogar V2H, o la reutilización de la segunda vida de baterías, etc. todo ello sin contar la notable mejora en la reducción de la contaminación, son tan solo algunos de los aspectos de los nuevos horizontes que nos deparará la movilidad eléctrica, siendo muchos los que creemos, como en el título de aquella vieja canción, que lo mejor todavía está por venir (*The best is yet to come*).



Figura 10. Equipos V2G Smart City Málaga y VE Tesla en recarga rápida BCN.

9

MODALIDADES DE GESTIÓN DE CARGA PÚBLICAS Y PRIVADAS



9.1. LA RECARGA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO

Un nuevo tipo de vehículo con otro combustible, lleva asociada la necesidad de establecimiento de una nueva red de suministro y lo uno sin lo otro no funciona. Es labor de las administraciones cortar este círculo vicioso que hace que el potencial comprador del vehículo eléctrico no se decida a adquirirlo porque no tiene garantizada su recarga, y al mismo tiempo, el posible promotor de este tipo de instalaciones de recarga se retrae, pues no ve clientes potenciales. Con este objetivo de impulsar el desarrollo de la infraestructura de recarga de vehículos eléctricos se aprobó en 2014 la Directiva 2014/94/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 22 de octubre de 2014 relativa a la implantación de una infraestructura para los combustibles alternativos. En ella se obliga a los países a articular las medidas necesarias para garantizar una infraestructura que dé servicio a este nuevo modelo de movilidad y se exige la aplicación de unos conectores y modalidades de recarga concretos.

9.2. PROCEDIMIENTOS DE RECARGA

En función de las características del terminal de recarga y del vehículo a cargar, el proceso puede ser clasificado como:

Carga lenta

Recarga de baja potencia (2,3 kW máximo), realizada con una instalación de corriente alterna monofásica, normalmente en garajes privados y que permite recargas completas de batería en vehículos pequeños. Es ideal para motos y cuadríciclos (2 ó 3 horas), y también es utilizada como solución de emergencia en vehículos más grandes.



Carga normal

Recarga de potencia estándar (3,7 kW) realizada con una instalación de corriente alterna monofásica. Es un tipo de recarga adecuado para ser utilizado cuando el vehículo «duerme o descansa» como ocurre en la carga nocturna en garajes privados.

Carga semirrápida

Recarga de potencia media (11 kW) realizada con una instalación de corriente alterna trifásica. Es un tipo de carga adecuado para uso público en lugares donde la permanencia del vehículo vaya a ser de varias horas, como son los centros comerciales, parkings de rotación, etc.

Carga rápida

Recarga de potencia elevada (50 kW). Es un tipo de recarga adecuado para uso público en establecimientos de alta rotación, como son las estaciones de servicio. Los tiempo de recarga en este tipo de instalaciones se reducen hasta los 20-30 minutos.

9.3. MODOS DE CARGA

La norma IEC 61851-1 define 4 modos de carga:

Modo 1

- Modalidad de carga lenta.
- Conexión a una toma de corriente doméstica convencional.
- Sin comunicación entre el vehículo y dicha toma.
- Limitado a la intensidad permitida en tomas domésticas a 10 A (2,3 kW).
- Orientado a la recarga de motocicletas y bicicletas eléctricas.

Modo 2

- Modalidad de carga lenta.
- El cable de conexión dispone de un dispositivo con función de hilo piloto para el control de la conexión del vehículo eléctrico.

Modalidades de gestión de carga públicas y privadas

- La potencia máxima es función del conector utilizado. Habitualmente se utiliza un conector doméstico convencional en el que la intensidad máxima permitida para la recarga de vehículos es de 10 A (2,3 kW).
- Recomendado para motocicletas y cuadríciclos, o como solución de emergencia para vehículos turismo y furgonetas.

Modo 3

- Modalidad utilizada para carga normal, semirrápida y rápida (en función de la potencia entregada).
- Conexión a un terminal dedicado que permite la carga en monofásico o trifásico.
- El equipo de recarga dispone de protecciones eléctricas dedicadas y un conector específico con función de hilo piloto para la gestión del proceso de carga, que incluye las siguientes funcionalidades:
 - Verificación de conexión correcta.
 - Comprobación continua de la toma de tierra.
 - Activación / desactivación de la carga.
 - Selección de la potencia de carga en función de las necesidades del vehículo.
- Potencia máxima actual, 43 kW.
- Recomendado para todos los coches eléctricos.



Figura 1. Terminal de carga en modo 3.



Modo 4

- Modalidad utilizada para la carga rápida.
- Conexión del VE a un punto de recarga con funciones de conversión de corriente alterna a corriente continua.
- Dispone de un hilo piloto para el control del proceso de carga.
- Rango de potencias actuales: 22 - 50 kW.
- Es necesario que el vehículo esté preparado para este tipo de carga.



Figura 2. Instalación de carga rápida (modo 4).

9.4. TIPOS DE INFRAESTRUCTURA DE RECARGA

Desde el punto de vista de instalación, gestión y operación, se distinguen dos tipos de infraestructuras de puntos de recarga:

- **Infraestructura vinculada**, de carga normal, asociada a la adquisición del vehículo y situada en el aparcamiento del propietario del vehículo,
- y **el resto de infraestructuras que se asocia a la figura del Gestor de Carga**, que podrían prestarse conjunta o separadamente de los servicios relativos a la infraestructura vinculada, y que engloba las infraestructuras de carga normal o rápida situada en aparca-

mientos públicos; de empresas, de centros comerciales y en la vía pública, así como a los servicios de recarga rápida que se instalan ya en estaciones de servicio o electrolinerías.

9.5. GESTIÓN INTELIGENTE DE LA RECARGA

El vehículo eléctrico almacena la energía y la emplea cuando surge la necesidad de movilidad, por lo tanto no consume energía de la red en el momento que la utiliza. El Gestor de Carga puede aprovechar este hecho para optimizar la gestión de la oferta y la demanda del sistema eléctrico:

- Gracias a su centro de control es capaz de agrupar consumos y realizar las recargas en los mejores momentos para el sistema.
- Está autorizado para almacenar electricidad en períodos nocturnos, cuando la oferta de energía supera la demanda y la componente de energías renovables es mayor, para suministrarla posteriormente en períodos diurnos.

Para poder implementar medidas encaminadas tanto a la gestión de la demanda global del sistema como a la optimización de la potencia demandada en instalaciones o en determinadas zonas geográficas, se debe contar con una infraestructura apropiada para ello, compuesta por una red de terminales de recarga inteligentes y por un centro de control propiedad del gestor de carga que los opera, a fin de poder controlar toda la infraestructura en tiempo real.



Figura 3. Centro de control de la infraestructura de recarga de IBIL.



Se entiende por terminales de recarga aquellos que, independientemente de la rapidez con la que presten el servicio, pueden ser telegestionados por el gestor de carga que los opera, a fin de controlar en todo momento las posibles incidencias que se puedan dar, registrar todos los eventos y relaciones con clientes que pueda tener, y maniobrar su intensidad en función de la conveniencia para el sistema en cada momento.



Figura 4. Terminal inteligente en garaje.

Este tipo de infraestructura inteligente permite además, ofrecer servicios añadidos al usuario, como pueden ser la consulta remota de las recargas, la reserva de terminales públicos o la posibilidad de utilizar terminales de otro gestor con el que no se tiene contrato, mediante los acuerdos de interoperabilidad entre gestores.

10

INTRODUCCIÓN A LAS BATERÍAS RECARGABLES PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS



10.1. INTRODUCCIÓN

Las baterías secundarias o recargables se utilizan en múltiples aplicaciones. Las más habituales son las aplicaciones de arranque de automóviles con motor de combustión, asistencia a la potencia variable en vehículos híbridos, equipos de tareas logísticas y de mantenimiento como carretillas eléctricas y sistemas de alimentación de potencia para situaciones de emergencia y de reserva. Las baterías secundarias de tamaños reducidos también tienen cada vez más importancia en dispositivos eléctricos portátiles como herramientas, juguetes, iluminación y aparatos electrónicos como los fotográficos, las radios y, sobre todo, la electrónica de consumo (ordenadores, videocámaras, teléfonos móviles). Con la aparición de esfuerzos renovados a nivel mundial para el despliegue de vehículos limpios en recorridos urbanos e interurbanos cortos, se han puesto en marcha importantes programas de desarrollo con el objetivo de mejorar el rendimiento de los sistemas de baterías existentes y desarrollar nuevos sistemas que cumplan las estrictas especificaciones de estas nuevas aplicaciones, que se pueden resumir en los siguientes aspectos:

- Incrementar la eficiencia energética del vehículo.
- Promover el cambio de los combustibles actuales por otros más limpios como la electricidad.
- Disminuir las emisiones de los vehículos y su impacto en el medio ambiente.
- Mejorar la seguridad y las prestaciones eléctricas de las baterías.

Las baterías secundarias existen desde hace más de 100 años. En 1859, Planté fabricó las primeras baterías de Plomo-ácido. Sigue siendo la batería más utilizada, aunque con numerosas modificaciones y mejoras en su diseño, relacionadas con la aplicabilidad de las mismas



(energía de reserva o emergencia y funcionamiento en ciclos continuos de carga y descarga).



Figura 1. Ejemplo de batería hermética de válvula regulada (VRLA) de Plomo-ácido de tipo AGM, habitualmente utilizada en la tracción de vehículos eléctricos.

Existe una tecnología de baterías de mayores prestaciones a las baterías de Plomo-ácido, basadas en el electrodo positivo de Níquel. Las primeras fueron las de Níquel-Cadmio de placas de bolsa, que se fabrican desde 1909 e inicialmente se utilizaban para aplicaciones de uso industrial. Los diseños de placas sinterizadas, importantes en la mejora de la capacidad de potencia y de densidad de energía, abrieron el mercado de esta tecnología al arranque de motores de aeronaves y aplicaciones para comunicaciones en la década de 1950. Más tarde, el desarrollo de la batería sellada de Níquel-Cadmio llevó a que se extendiera su uso en aplicaciones portátiles. El dominio de esta tecnología en el mercado de los dispositivos portátiles recargables fue suplantado por el sistema de Níquel-hidruros en la década de los noventa, por su mayor energía específica y densidad de energía frente al Níquel-Cadmio tradicional.

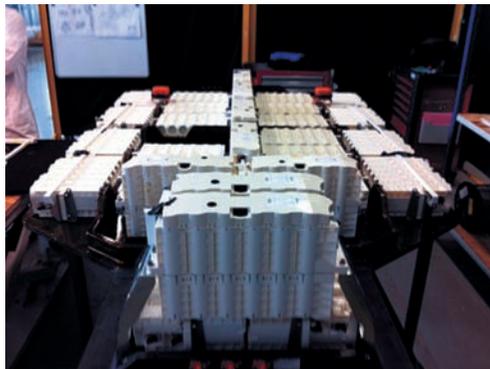


Figura 2. Ejemplo de batería de Níquel hidruros metálicos para la tracción de vehículos eléctricos grandes:

La energía específica y densidad de energía de las baterías recargables de Níquel-Cadmio no tuvieron mejoras significativas durante la última década del siglo pasado, y actualmente se encuentran en 35-50 Wh/kg y 100-120 Wh/l respectivamente. Mediante el uso de nuevas aleaciones para almacenamiento de hidrógeno, se ha obtenido un mejor rendimiento de las baterías de Níquel-hidruros metálicos, que suministran 75 Wh/kg y 240 Wh/l, y que se constituyeron desde entonces en la batería preferida por los constructores de vehículos híbridos, constituyendo en la actualidad el 90% de este mercado.

En la actualidad, la batería de Litio-ión representa la tecnología más implantada en equipos eléctricos y electrónicos pequeños y se proyecta como la firme candidata a ocupar un lugar de relevancia en el mercado del vehículo eléctrico a medio plazo. Esto se debe a que a principios de este siglo, tuvo lugar una importante mejora en los sistemas de Litio-ión gracias al uso de diversos materiales basados en el grafito, para el electrodo negativo, con una capacidad específica mucho más elevada. Estas baterías suministran actualmente una energía específica de 150 Wh/kg y una densidad de energía de 400 Wh/l, en los modelos cilíndricos pequeños utilizados para las aplicaciones electrónicas de consumo y para diversos modelos de vehículos eléctricos.



Figura 3. Ejemplo de batería de Litio-ión para la tracción de vehículos eléctricos.

10.2. LAS TECNOLOGÍAS ACTUALES DE BATERÍAS PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

El mercado mundial de las baterías secundarias representa unos 24 mil millones de dólares cada año, siendo la tecnología Plomo-ácido



Guía sobre vehículo eléctrico e industria asociada

la más utilizada. Su cuota de mercado en el sector de los vehículos eléctricos sigue siendo muy importante, en el entorno del 80%, mientras que las baterías basadas en la tecnología Níquel-hidruros metálicos han triunfado claramente en el sector de los híbridos, con una cuota cercana al 90% en la actualidad. No obstante, la participación de estas tecnologías de baterías en el mercado mundial se encuentra en claro declive debido a la irrupción de las diferentes baterías basadas en el mecanismo de reacción conocido como Litio-ión.

Existen muchos manuales y documentos referidos a las tecnologías tradicionales como el Plomo-ácido y el Níquel-Cadmio puesto que su utilización en la industria se remonta a más de un siglo. También se conocen muchos casos de vehículos eléctricos movidos por este tipo de baterías desde comienzos del siglo xx, por lo que su interés, aún siendo importante hoy en día, no representa la parte clave de este capítulo. Así pues, se dedicarán las siguientes páginas a hablar de las tecnologías de baterías consideradas más desconocidas para el lector o aquellas más difíciles de encontrar puesto que se encuentran en una fase muy inicial de presencia en el sector de la automoción.

10.2.1. Níquel-hidruros metálicos

La tecnología de Níquel-hidruros metálicos (NiMH) es una evolución del Níquel-Cadmio en la que el material electrodico negativo es una aleación de metales y tierras raras que sustituyen al Cadmio. Las pilas de NiMH se diseñaron para aplicaciones portátiles que requerían una densidad de energía superior, manteniendo una potencia elevada, con cargas y descargas rápidas y una vida útil prolongada. El diseño habitual de esta tecnología es una configuración cilíndrica aunque también existen modelos tipo prismáticos.

Como en el NiCd, hay una gran variedad de posibilidades de diseño en función de los requerimientos de una aplicación determinada, entre los que se encuentran, por ejemplo, los específicos para operaciones a temperaturas elevadas con cargas permanentes como los utilizados en sistemas auxiliares de emergencia y fotovoltaicos. Es una tecnología especialmente válida para herramientas eléctricas inalámbricas, vehículos híbridos y eléctricos y multitud de aplicaciones profesionales.

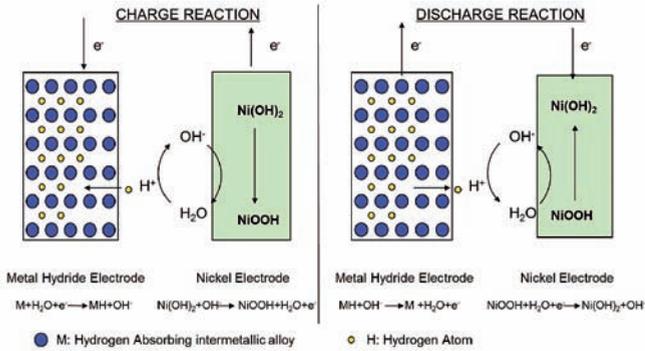


Figura 4. Mecanismos de reacción en los electrodos de una batería de Níquel-hidruros metálicos.



En cuanto a sistemas de baterías con NiMH, las posibilidades son muy variadas como ocurre en el caso del Níquel-Cadmio. El objetivo de un buen diseño de sistema de pilas engloba el análisis de todo lo relativo a la electroquímica de las pilas, recubrimientos, conexiones y dispositivos electrónicos, con los que se garantiza seguridad, autonomía, vida útil, fiabilidad y coste. El avance tecnológico experimentado en los últimos años permite utilizar varias baterías en paralelo para aumentar la capacidad, comunicarse con una aplicación y proporcionar alta corriente de carga y descarga. Algunos sistemas pueden diseñarse especialmente para aplicaciones de movilidad, con una vida útil prolongada, sin mantenimiento y presentando una gran fiabilidad.

10.2.2. Litio-ión

Las baterías de Litio-ión están formadas por pilas que utilizan compuestos de intercalación de Litio como materiales positivos y negativos. En el ciclo de una batería, los iones de Litio (Li+) alternan entre los electrodos positivos y negativos. Este mecanismo de funcionamiento también se conoce como *rocking chair* («mecedora» en inglés), debido a los movimientos que efectúan los iones de Litio entre los electrodos positivos y negativos, durante la carga y descarga de la pila. El material electródico positivo suele ser un óxido de metal con estructura en capas, como el óxido de Litio-Cobalto (LiCoO₂), o un material con estructura en túnel, como el óxido de Litio y Manganeso (LiMn₂O₄), en un colector de corriente de papel de aluminio. El material electródico negativo es normalmente un carbono grafitico, también con estructura en capas, en un colector de corriente de cobre. En el



proceso de carga/descarga, los iones de Litio se insertan o extraen del espacio intersticial, entre capas atómicas dentro de los materiales activos.

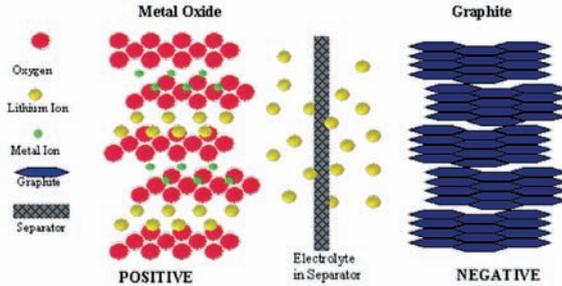


Figura 5. Mecanismo de inserción o intercalación de iones Litio en una batería de Litio-ión:

Las primeras baterías en el mercado, así como la mayor parte de las que están disponibles actualmente, utilizan el LiCoO_2 como material electródico positivo. El óxido de Litio-Cobalto presenta un buen rendimiento eléctrico, es de fácil preparación, posee buenas propiedades de seguridad y es relativamente insensible a las variaciones de procesos y a la hidratación. Más recientemente se han introducido materiales de menor coste o de mayor rendimiento, tales como el LiMn_2O_4 o el Litio óxido de Níquel y Cobalto ($\text{LiNi}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_2$), permitiendo el desarrollo de pilas y baterías de funcionamiento mejorado.

Las primeras baterías que se comercializaron utilizaban pilas de materiales electródicos negativos de coque. Cuando los primeros materiales mejorados de grafito estuvieron disponibles, la industria comenzó a utilizar los carbones gráfiticos como materiales electródicos negativos, ya que ofrecían más potencia específica, con un ciclo de vida y un índice de capacidad mejorados.

Esta tecnología no ha tardado en convertirse en la principal fuente de energía en una gran diversidad de mercados, y el funcionamiento de las baterías sigue mejorando a medida que se utilizan las baterías de Litio-ión en cada vez más variedad de aplicaciones. Para satisfacer la demanda del mercado, se han desarrollado múltiples diseños, incluidos los cilíndricos de bobina helicoidal, de bobina en prisma y de prisma plano, de los tamaños pequeños (0,1 Ah) a los grandes (160 Ah). Las aplicaciones que actualmente

utilizan baterías de Litio-ión incluyen la electrónica de consumo, los teléfonos móviles, ordenadores portátiles, diverso equipamiento militar, aeronaves, vehículos espaciales, satélites y vehículos eléctricos o híbridos.

La elevada energía específica (~150 Wh/kg) y densidad de energía (~400 Wh/l) de los productos comerciales hace que estas baterías resulten interesantes para aplicaciones de peso o volumen sensible. Las baterías de Litio-ión presentan un bajo nivel de autodescarga (2% a 8% al mes), un ciclo de vida largo (más de 1.000 ciclos) y un amplio espectro de temperaturas de funcionamiento (carga de 0 °C a 60 °C y descarga de -40 °C a 65 °C), lo que permite su uso en gran variedad de aplicaciones. Actualmente están disponibles en multitud de tamaños y formas, de diversos fabricantes. Las baterías de esta tecnología suelen funcionar entre 2,4 V y 4,2 V, aproximadamente el triple de las pilas de NiCd o NiMH, por lo que son necesarias menos pilas para una batería de una tensión determinada. Las baterías de Li-ión ofrecen un alto índice de capacidad, y se ha comprobado la descarga a 5C A continuos, o 25C A en pulsos. La combinación de estas características, dentro de un conjunto rentable y hermético, ha tenido como resultado la amplia variedad de aplicaciones a las que puede acceder esta tecnología.

Una desventaja de las baterías de Litio-ión es su degradación si se descargan por debajo de 2 V, pudiendo descargarse si están sobrecargadas, ya que no poseen un mecanismo químico que regule la sobrecarga, al contrario de las pilas con soluciones químicas acuosas. Las baterías de Litio-ión deben pues utilizar normalmente circuitos electrónicos de regulación y dispositivos de desconexión mecánica para protegerse de la descarga excesiva, de la sobrecarga y de las temperaturas excesivas, lo que incrementa su coste de manera importante. Otra desventaja de los productos de Litio-ión es que pierden permanentemente su capacidad a temperaturas elevadas (65 °C), aunque a un nivel menor que la mayoría de los productos de NiCd o Ni-MH.

10.3. LAS TECNOLOGÍAS EN DESARROLLO DE BATERÍAS PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

Ante el avance de la necesidad de la incorporación del vehículo eléctrico a nuestras vidas por motivos medioambientales y geoes-





Guía sobre vehículo eléctrico e industria asociada

tratégicos relacionados con la energía y la distribución de los combustibles fósiles en el mundo, en los últimos años se han hecho grandes esfuerzos de inversión en materia de investigación y desarrollo en nuevas tecnologías de baterías que puedan acercarnos a los objetivos y requerimientos para estos sistemas de almacenamiento eléctricos que permitan un amplio despliegue en el mercado de los vehículos eléctricos.

Estos requisitos se pueden enumerar de la manera siguiente:

- Gran energía y potencia específicas.
- Larga duración en número de ciclos de carga y descarga.
- Recarga rápida y eficiente.
- Funcionamiento en un amplio rango de temperaturas.
- Fiabilidad.
- Autodescarga mínima en períodos sin utilización.
- Tolerancia a los abusos mecánicos y eléctricos.
- Coste adecuado.

En este capítulo se presentan los dos sistemas que presentan mayores probabilidades de penetración en el sector actualmente: las baterías denominadas de Sodio Beta y la familia de baterías Metal-aire.

10.3.1. Baterías sodio beta

Las tecnologías de baterías recargables de alta temperatura que utilizan Sodio metálico ofrecen atractivas soluciones para muchas aplicaciones de almacenamiento de energía de gran escala y vehículos eléctricos.

Se han propuesto una serie de opciones de baterías a base de Sodio a lo largo de los años, pero las dos variantes que se han desarrollado más lejos se denominan baterías de Sodio-beta. Esta designación se utiliza debido a dos características comunes e importantes: el material activo en el electrodo negativo es Sodio líquido y las funciones de electrolito las realiza la cerámica beta-alúmina.

La tecnología de Sodio/azufre se introdujo a mediados de los años 1970. Su avance ha llevado a cabo na gran variedad de diseños desde ese tiempo.

Las propiedades atractivas y las limitaciones principales del sistema de Sodio/ Azufre se resumen en la Tabla 1:

Tabla 1. Características de las baterías Sodio/Azufre

CARACTERÍSTICAS	
VENTAJAS	COMENTARIOS
Potencial bajo coste en comparación con otras baterías avanzadas.	Materias primas baratas, configuración sellada, sin mantenimiento.
Alto ciclo de vida.	Electrodos en fase líquida.
Alta densidad de energía y potencia.	Baja densidad de materiales activos, alto potencial de celda.
Operación flexible.	Se trabaja en un amplio rango de condiciones (temperatura, profundidad de descarga...)
LIMITACIONES	
Gestión térmica	Recinto eficaz necesario para mantener la eficiencia energética y proporcionar un tiempo de reposo adecuado.
Seguridad	La reacción con materiales activos fundidos debe ser controlada.
Sellado duradero	La celda requiere un buen sellado en ambiente corrosivo.
Durabilidad de congelación-descongelación	Debido al uso de un electrolito de cerámica con límite de fractura que puede ser sometido a altos niveles de estrés mecánico accionado térmicamente.

Una década más tarde, se desarrolló el sistema de Sodio/cloruro metálico. Esta tecnología ofrece soluciones potencialmente más fáciles para algunas cuestiones que el Sodio/Azufre.

En la Tabla 2 se plasma una comparación de características entre ambas tecnologías.





Tabla 2. Comparativa de características de las baterías más utilizadas de tecnología Sodio Beta

COMPARACIÓN CARACTERÍSTICAS ENTRE SODIO/AZUFRE Y SODIO/CLORURO METÁLICO	
1.	Mayor valor de voltaje a circuito abierto 2,59 V del Sodio/cloruro metálico (2,076 V para el Sodio/Azufre).
2.	Gran gama de temperaturas de funcionamiento en Sodio/cloruro de Níquel que pueden funcionar en rangos entre -220 °C y 450 °C, mientras que el Sodio/Azufre está limitado a 290 °C hasta aproximadamente 390 °C.
3.	Productos de reacción más seguros en el Sodio/cloruro metálico.
4.	Menos componentes metálicos de corrosión - la química del electrodo positivo de los cloruros metálicos no es agresiva en comparación con el Na_2S_x .
5.	Montaje de la batería con electrodo de cloruro metálico en estado completamente descargado sin el manejo de Sodio metálico.
6.	El modo de fallo fiable para ambos sistemas: si el electrolito falla, el Sodio reacciona con el electrolito secundario para provocar un cortocircuito en la celda.
7.	No hay congelación/descongelación en la batería con cloruros metálicos por lo que la tensión mecánica inducida en el electrolito es menor debido a: (A) el electrodo positivo se encuentra en el interior del electrolito; (B) existe una diferencia más pequeña entre la temperatura de solidificación del electrodo positivo y el ambiente C) menor desajuste por la expansión térmica.
8.	Recuperación por reciclado más sencilla en el Sodio/cloruro de Níquel, principalmente debido al valor del Níquel en pilas usadas. La recuperación es una necesidad económica. Debido a la configuración de la celda, el reciclaje es un proceso sencillo.
9.	La densidad de potencia relativamente baja observada en las celdas de 1990 ha sido superada por los nuevos sistemas de Sodio/cloruro de Níquel.

El mecanismo de reacción de las baterías de Sodio/Azufre consiste en que, durante la descarga, el Sodio (electrodo negativo) se oxida en la interfase con la $\beta^n\text{-Al}_2\text{O}_3$, formando iones Na^+ . Estos iones migran a través del electrolito y se combinan con el Azufre que se está reduciendo en el compartimento del electrodo positivo para formar pentasulfuro de Sodio (Na_2S_5).

El pentasulfuro de Sodio es inmiscible con el Azufre restante, formando de esta manera una mezcla líquida de dos fases.

Posteriormente, toda la fase del Azufre libre se consume, el Na_2S_5 se transforma progresivamente en polisulfuros de Sodio monofásicos con

un contenido más elevado de Azufre (Na_2S_5 -x). Durante la carga, estas reacciones químicas se invierten.

La tensión a circuito abierto es constante (en 2,076 V) durante el 60-75% de la duración de la descarga, mientras que la mezcla de las dos fases de Azufre y Na_2S_5 está presente. La tensión entonces disminuye linealmente hasta el fin de la descarga seleccionada. El final de la descarga se define normalmente a voltajes a circuito abierto de 1,78 a 1,9 V.

Algunos fabricantes de este tipo de baterías optan por limitar la descarga a menos del 100% del valor teórico (a 1,9 V) por dos razones: (1) la corrosividad (2) para evitar descargas de la celda local debido a posibles faltas de uniformidad dentro de la batería (por ejemplo, debidas a la temperatura o a la profundidad de descarga).

La diferencia electroquímica entre las dos tecnologías de Sodio-beta es el electrodo positivo.

En el caso de la batería con electrodo positivo de cloruro de Níquel, la batería contiene un electrolito fundido secundario (NaAlCl_4) y una fase de cloruro metálico insoluble y electroquímicamente activo. Se necesita el electrolito secundario para llevar los iones de Sodio del electrolito primario hacia el electrodo de cloruro metálico.

Las celdas utilizan electrodos positivos con dos metales de transición en forma de cloruros, el Níquel y el Hierro. Estos metales específicos fueron seleccionados basándose en su insolubilidad en el electrolito secundario fundido.

Antes de la suspensión de algunos programas de investigación a mediados de la década de 1990, el desarrollo de la tecnología de este tipo de baterías para su aplicación en vehículos eléctricos había llegado a un relativo estado avanzado.

Sus baterías satisfacían los requisitos principales de los vehículos en ese momento, es decir, los especificados por el Consorcio de Baterías de los EE.UU (USABC). Las especificaciones y el rendimiento probado de dos de sus diseños se presentan en la Tabla 3.

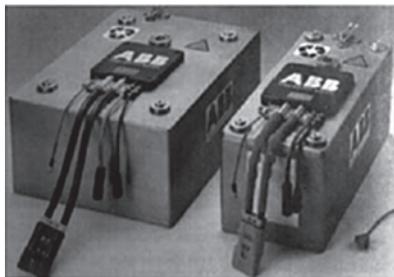




Tabla 3. Especificaciones de baterías reales de Sodio/Beta en diversos programas para vehículos eléctricos en los Estados Unidos

FABRICANTE	ABB	SPL	MES
Designación	B17	HP	Z5C
Química	Na/S	Na/S	Na/NiCl ₂
Tipo de celda	A08	PB	ML3
Energía (kWh)	19,2	27,7	17,8
Número de celdas	240	1408	2016
Conexión de la celda	48S X 5P	(4-5S X 16P) X 20S	216S X 1p y 108S X 2p
Voltaje (v)	96	176	557 y 278
Dimensiones (mm)			
Longitud	730	728	755
Ancho	540	695	533
Alto	315	365	300
Peso (kg)	175	250	189
Densidad específica (Wh/kg)	118	117	94
Energía específica (Wh/L)	155	171	147
Potencia específica (W/kg)	215	240	170

A continuación se muestra una foto de dos de las baterías integradas de ABB. Debido a su estado no comercializado, la organización no fue capaz de demostrar que el objetivo de coste USABC (150 \$/kWh) podría alcanzarse. Sus baterías se instalaron en una variedad de vehículos, incluyendo la serie 300 de BMW, con el propósito de diseñar el BMW E-1 eléctrico, el T115 minivan de Chrysler, el Daimler Benz 190 y una serie de vehículos de demostración Ford Ecostar.



(a) ABB sodio-azufre - B16 (izquierda) y B17 (derecha)



(b) Zebra Z5 sodio/niquel-cloro.

Figura 6. Ejemplo de baterías de Sodio-Beta para vehículos eléctricos.

10.3.2. Baterías Metal-Aire

Los requerimientos que un vehículo eléctrico exige a una fuente de energía son tanto una alta energía específica como alta potencia. La característica de la alta energía específica es de cara a tener la mayor autonomía posible, mientras que la alta potencia es para satisfacer los picos en arranque, aceleraciones y subidas de pendiente.

La mayor parte de los vehículos eléctricos actuales, se decantan por el uso de baterías de Litio-ión. Sin embargo, estos dispositivos les otorgan una autonomía de algo más de 160 km en una sola carga. A su vez la batería de Litio-ión supone alrededor del 50% del coste del vehículo. Estos son los motivos más importantes para que en el mundo del vehículo eléctrico se esté buscando una alternativa al Litio-ión con mejores prestaciones y con un precio más competitivo. Una de las tecnologías sobre las que se está investigando de forma más intensa son las baterías de la familia Metal-aire.

El par electroquímico que forma un ánodo metálico altamente reactivo y un cátodo de aire, da como resultado una batería que en muchos casos tiene una muy alta energía específica y gran densidad energética.

Aunque en los últimos años las baterías de Metal-aire están suscitando el interés de numerosos e importantes grupos de investigación, los primeros dispositivos comerciales datan de 1930. Dichos dispositivos se utilizaban en sistemas de señalización ferroviaria remota y en sistemas de navegación.

El esquema general de las baterías de Metal-aire ofrece una diferencia fundamental con todas las tecnologías de baterías convencionales: son sistemas abiertos. Esto quiere decir que tienen contacto directo con el aire.

Tal y como se ve en la figura siguiente, estas baterías constan de tres partes principales: ánodo metálico, electrolito y cátodo de aire. Es en este último donde existen una serie de poros que permiten el paso del aire al interior de la batería, de tal forma que el oxígeno presente en él pueda tomar parte en las reacciones de oxidación-reducción.



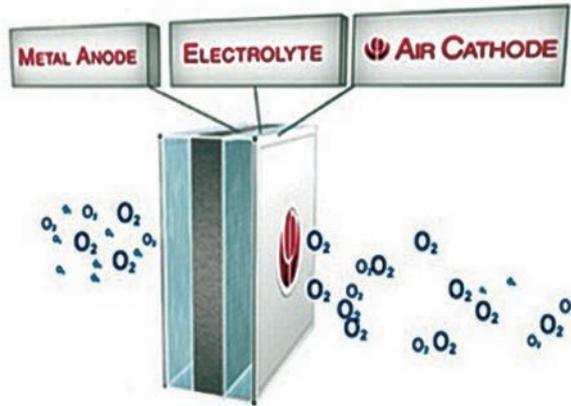


Figura 7. Recreación gráfica del mecanismo de reacción en una batería Metal-aire.

Las baterías de la familia Metal-aire, como el Litio-aire, Cinc-aire, Magnesio-aire y Aluminio-aire, son prometedoras para las futuras generaciones de vehículos eléctricos debido a que utilizan el oxígeno del aire como uno de los principales reactivos de la batería, reduciendo el peso de la misma y liberando más espacio dedicado al almacenamiento de energía. Entre todas estas baterías de Metal-aire, la batería de Litio-aire muestra la mayor densidad de energía teórica, rivalizando con el motor de gasolina (13.000 Wh/kg). Tiene una densidad de energía mucho mayor que otras baterías recargables, tal y como se muestra en la siguiente figura:

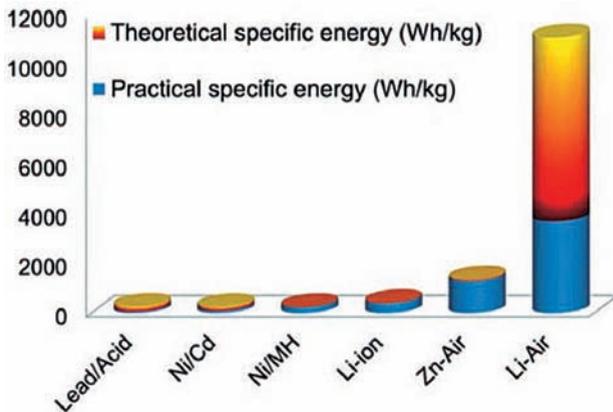


Figura 8. Valores de energía específica para diferentes tecnologías electroquímicas de baterías.

Esto se traduce en un gran aumento de la autonomía del coche, que es uno de los parámetros críticos para el uso masivo de vehículos eléctricos por parte de los consumidores. Hasta el momento los usuarios aprueban las ventajas que tienen los vehículos eléctricos, pero todos coinciden en apuntar que para realizar una inversión en uno de ellos, deberían ofrecer una mayor autonomía.



Diversos estudios apuntan que para una penetración en el mercado, los vehículos eléctricos deberían de tener a partir de 400 km de autonomía, que es mucho más del doble que las autonomías que presentan los vehículos actuales. Tal y como se ve en la gráfica siguiente, la tecnología Litio-aire teóricamente cubre ese requerimiento perfectamente.

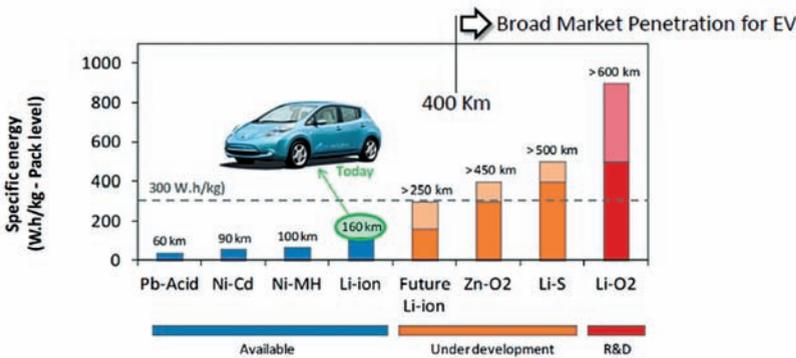


Figura 9. Las tecnologías de baterías frente al vehículo eléctrico.

Sin embargo, el principal reto que presentan estas baterías es la recarga eléctrica, ya que hasta ahora las baterías de Metal-aire que existen comercialmente son primarias, es decir, de una sola descarga. Dentro de la familia, cada par electroquímico se enfrenta a diferentes desafíos para dicha recarga.

10.3.3. Litio-Aire

Las baterías de Litio-aire han mostrado 5-10 veces más densidad de energía que una batería de Litio-ión. La densidad de energía específica de una batería Litio-aire es de 5.200 Wh/kg ó 18,7 MJ/kg cuando la masa de oxígeno está incluida.

Se determinó que la densidad máxima teórica de energía gravimétrica y volumétrica son 1.300 Wh/kg y 1.520 Wh/l en electrolito básico,



y 1.400 Wh/kg y 1.680 Wh/l en electrolito ácido, respectivamente. Las proyecciones de capacidad y energía específicas anteriores son la limitación máxima teórica; dicha limitación parte de los materiales activos, como son el Litio metal puro como ánodo y el electrodo de aire y electrolito.

Hay cuatro tipos de baterías Litio-aire basándose en el tipo de electrolito, como se muestra en la figura siguiente:

- a) Con electrolito no acuoso.
- b) Electrolito acuoso.
- c) Electrolito en estado sólido.
- d) Mixto: con electrolito acuoso y no acuoso.

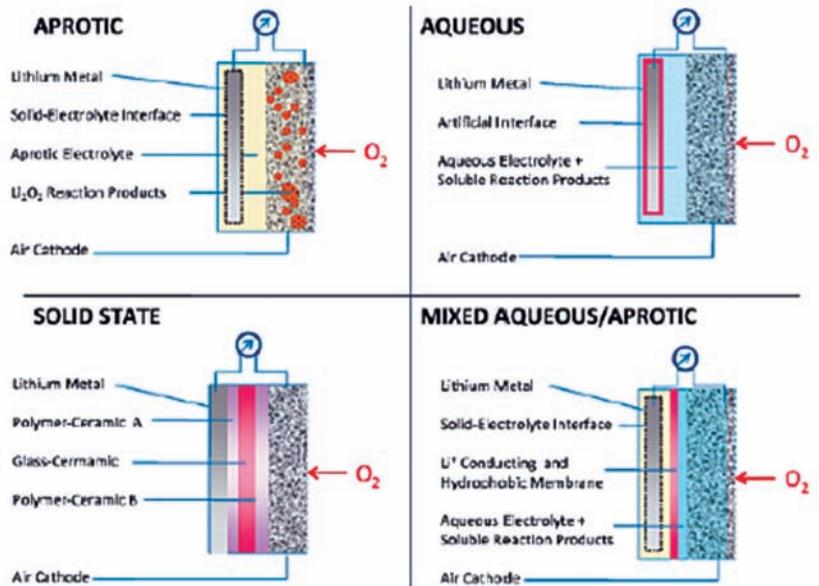


Figura 10. Clasificación de las baterías Litio-aire en función del tipo de electrolito.

Sin embargo todas ellas se enfrentan a muchos desafíos para lograr una batería recargable, tales como: descargas incompletas debido al bloqueo de los poros del cátodo impidiendo el paso del oxígeno, inestabilidad del Litio metálico frente a la humedad, bajo conocimiento de catalizadores adecuados, etc. Muchas de estas dificultades se encuentran resumidas en la Tabla 4.



Tabla 4. Tipos de baterías Litio-aire en función del electrolito

TIPOS	REACCIONES	ELECTROLITOS	OBSERVACIONES
Aprótico/no acuoso	$2 \text{Li} + \text{O}_2 \circ \text{Li}_2\text{O}_2$ $E^0 = 3,10 \text{ V vs. Li/Li}^+$ $4 \text{Li} + \text{O}_2 \circ 2 \text{Li}_2\text{O}$ $E^0 = 2,91 \text{ V vs. Li/Li}^+$	Sal de Litio como LiPF_6 , LiAsF_6 , $\text{LiN}(\text{SO}_2\text{CF}_3)_2$ y LiSO_3CF_3 en disolvente orgánico: carbonatos, éteres, y ésteres.	Se produce interfaz espontánea sólida con electrolito (SEI) Y es por eso que el ánodo está libre de la formación de dendritas. Esta batería es extremadamente inflamable a altas temperaturas, ya que se utiliza electrolito orgánico. Obstrucción de los poros del cátodo de carbono que dificulta la introducción de O_2 por Li_2O_2 .
Acuosos	$4 \text{Li} + \text{O}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} \circ 4 \text{LiOH}$ (electrolito básico) $4 \text{Li} + \text{O}_2 + 4 \text{H}^+ \circ 4 \text{LiOH} + 2 \text{H}_2\text{O}$ (electrolito ácido).	Sal de Litio en agua	Se introduce una interfaz artificial sólida (SEI), que es esencial para resistir la violenta reacción en el ánodo de Litio con agua. El protector es una capa de cerámica de vidrio de LiSiCON . No se produce obstrucción del cátodo.
Mixto: acuoso y aprótico	Ya mencionado	Ya mencionado	Necesaria una membrana conductora de iones Litio y que separe los dos electrolitos. No hay obstrucción del cátodo. Capa de SEI espontánea.
Electrolito en estado sólido	$\text{O}_2 + 2e^- + 2 \text{Li}^+ \circ \text{Li}_2\text{O}_2$ 3,10 V	Polímero cerámico	No se forman dendritas de Litio, una excelente estabilidad térmica y recargabilidad. Conductividad iónica baja en comparación con los electrolitos líquidos.



10.3.4. Aluminio-Aire

Actualmente se han realizado proyectos de vehículo eléctrico con baterías de aluminio-aire recargables mecánicamente. Consisten en una batería con una estructura como la que se muestra en el siguiente esquema, en la que una vez agotado el ánodo de Aluminio, se sustituye de forma mecánica por más cantidad de dicho metal.

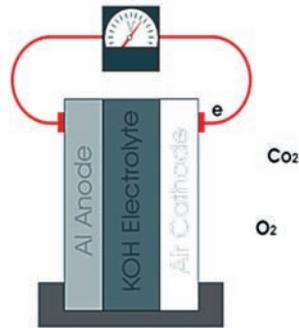


Figura 11. Esquema de una batería de Aluminio-aire con recarga de electrodos mecánica.

En la actualidad no se han podido aún recargar eléctricamente estas baterías en un demostrador real, aunque sí se han obtenido ya resultados bastante prometedores a nivel de laboratorio.

El interés del Aluminio-aire reside en la gran capacidad de almacenamiento que puede albergar, sin los peligros que entraña por ejemplo el Litio. Además presumiblemente serán baterías mucho más baratas, ya que el Aluminio tiene una mayor disponibilidad y no necesita dispositivos de seguridad agregados.

La desventaja que presentan las baterías de Aluminio-aire es la baja potencia, por lo que para su aplicación en vehículo eléctrico sería necesario disponer de un supercondensador o una pequeña batería de Litio-ión que ayude en el arranque y las aceleraciones.

Como ya se ha dicho, su densidad de energía es muy alta, 4.302 Wh/kg, lo que supone ocho veces el Litio-ión, pero con un peso significativamente menor. El coste del Aluminio como material del ánodo es muy bajo y, además, el producto de reacción es fácilmente reciclable. La eficiencia del combustible durante el ciclo en vehículos eléc-

tricos con baterías de Aluminio-aire puede ser del 15% (fase actual) o 20% (objetivo), comparable al de los motores de combustión interna

La reacción de la celda electroquímica de Aluminio-aire es la siguiente:



Al igual que ocurría con el Litio-aire, las baterías de Aluminio-aire se enfrentan a diversos retos para llegar a ser recargables. El más importante es la pasivación del ánodo de Aluminio, ya que la capa que se forma sobre dicho ánodo impide la reacción en ambos sentidos, por lo que se está trabajando intensamente en encontrar una aleación de Aluminio adecuada, así como un medio de conducción iónica que permita la reversibilidad de la reacción.

Dentro de la familia Metal-aire hay más pares electroquímicos sobre los que se está trabajando actualmente como el Zn-aire, Fe-aire, Mg-aire, pero los dos anteriores son los que presentan mayor interés en la aplicación del vehículo eléctrico, bien por prestaciones de capacidad y potencia, o bien por combinar la gran capacidad con el bajo precio y la seguridad, factores claves en el sector de la automoción.

10.4. CONCLUSIONES.

- Las baterías electroquímicas existen entre nosotros desde hace más de 100 años y una de sus primeras aplicaciones fue la tracción de vehículos eléctricos.
- Las tecnologías tradicionales de baterías, Plomo-ácido y Níquel-Cadmio, siguen siendo tecnologías amplia y mayoritariamente utilizadas en la tracción de vehículos eléctricos por sus correctas prestaciones frente a su coste.
- La necesidad de obtener dispositivos de almacenamiento con prestaciones mejoradas llevó en la década de los 1990 a desarrollar, en primer lugar, baterías de Níquel-hidruros metálicos y, posteriormente, baterías de Litio-ión.
- Las baterías de Litio-ión están ocupando paulatinamente los diversos sectores del mercado del almacenamiento energético, entre los que se encuentra el vehículo eléctrico, por sus mejores prestaciones en cuanto a energía específica, potencia y ciclabilidad.





Guía sobre vehículo eléctrico e industria asociada

No obstante, esta tecnología presenta aún importantes retos que superar en materia de seguridad y coste.

- La industria de la batería se ha puesto recientemente a investigar sobre nuevos sistemas de baterías que puedan cumplir las expectativas de los usuarios de vehículos eléctricos. En este capítulo se han descrito dos de las tecnologías más relevantes como son las baterías de Sodio Beta y la familia Metal-aire.
- Existen no obstante otros sistemas en fase de investigación básica en diversos centros tecnológicos, de las que se podría destacar la familia denominada de Flujo Redox, que harán que coexistan diferentes alternativas de baterías en el futuro, pudiendo seleccionar la más idónea en cada caso en función de la aplicación y utilización.
- El almacenamiento energético en baterías claramente ayuda a la penetración del uso de vehículos eléctricos y su integración en las redes inteligentes del futuro (*Smart Grids*).

11

VEHÍCULOS ELÉCTRICOS RENAULT



11.1. INTRODUCCIÓN

Las ventas de turismos y vehículos comerciales del Grupo Renault en 2014 ascienden a 2.712.432 vehículos. En Europa, la cuota de mercado del Grupo Renault alcanza un 10%. Con 1.464.611 unidades vendidas en Europa.

11.2. EL VEHÍCULO ELÉCTRICO EN EL MUNDO

El vehículo eléctrico es cada vez más apoyado por los Estados con ayudas y facilidades para los propietarios, de modo que los cuatro principales mercados han registrado en 2014 un fuerte crecimiento (+66%). Si se hace referencia a vehículos 100% eléctricos los datos son los siguientes:

- Europa: 66.000 matriculaciones más 2.400 Twizy, es decir, 68.400 unidades, un 58% más respecto a 2013.
- Estados Unidos: 64.500 matriculaciones, un 33% más respecto a 2013.
- China: 17.300 matriculaciones, ha multiplicado por 5 respecto al año anterior (en vehículos comparables a ZOE).
- Japón: 16.500 matriculaciones, en línea con 2013.

En Europa, el segmento del V.E. representa el 0,5% del mercado total frente a un 0,3% en 2013 y un 0,18% en 2012 (se ha multiplicado por 2,5 desde 2012). Los 4 principales mercados de la región (Noruega, Francia, Alemania y UK) representan tres cuartas partes de las ventas de V.E.



Guía sobre vehículo eléctrico e industria asociada

- Noruega (+127%), primer mercado de Europa con 18.700 V.E., y donde un vehículo de cada diez que se venden es eléctrico.
- Francia, segundo mercado de la zona con algo más de 15.000 V.E., registra una progresión del 7,8% frente a 2013.
- Alemania (+40%, 8.820 V.E.) cuando, a diferencia del resto de países europeos, el Estado no ha implementado incentivos fiscales específicos.
- Reino Unido (+172%, 7.350 V.E.).

Estas tasas de crecimiento confirman que el V.E. se desarrolla mucho más rápido que el mercado del híbrido en el momento de su lanzamiento. En Europa se han vendido 5 veces más ZOE que Prius el primer año de su comercialización (10.000 ZOE en 2013 frente a 2.000 Prius en el año 2000). Para responder a esta demanda, muchos constructores han completado la oferta en 2014.

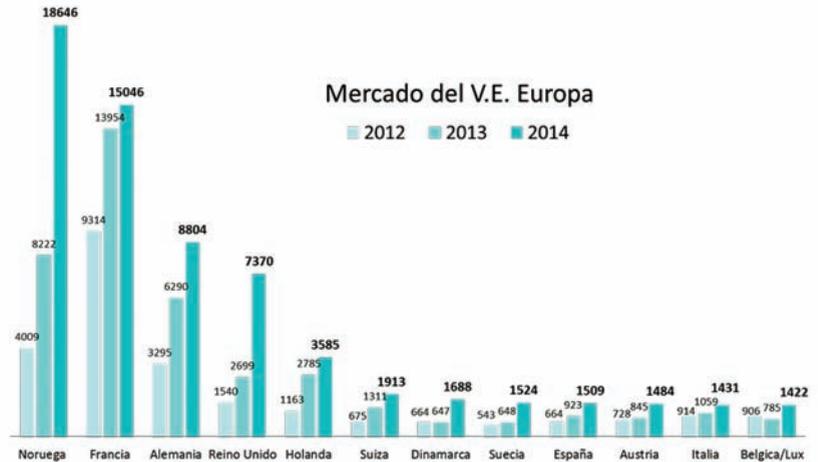


Figura 1. Mercado del Vehículo Eléctrico en Europa. Años 2012, 2013 y 2014.

Los gobiernos y las ciudades implementarán cada vez más medidas para reducir la contaminación atmosférica y acústica ligada al coche: peajes urbanos, pasillos para autobuses, circulación alterna en caso de picos de contaminación, etc.. En cuanto a la infraestructura de recarga, los bornes de carga públicos se han multiplicado y ofrecen ahora 47.500 puntos de carga en la UE, más de 9.000 de ellos en Francia (cifras de diciembre 2014).

11.3. RENAULT Y LA MOVILIDAD ELÉCTRICA EN EUROPA Y EN ESPAÑA EN 2014

En España, gracias a su oferta completa de vehículos cero emisiones, la clientela española ha refrendado la posición de referencia de Renault en esta innovadora tecnología, sumando 674 unidades en 2014 y ocupando el 37% del mercado 100% eléctrico español.



Figura 2. Gama de vehículos eléctricos Renault.

Han destacado especialmente los resultados de ZOE, la primera berlina 100% eléctrica que supera los 200 km de autonomía, alcanzando las 289 unidades comercializadas en nuestro país, así como los obtenidos por el revolucionario Twizy, con 202 unidades vendidas en España.

Twizy es el original cuadríciclo biplaza que se fabrica en la Factoría de Carrocería Montaje de Valladolid en exclusiva para los mercados mundiales y que capitaliza las mejores virtudes de un coche y las de una moto, gracias a su excepcional agilidad y a su nivel de confort y seguridad. Su última novedad es la aparición de la versión Cargo, que incorpora una nueva funcionalidad al sustituir la segunda plaza por un espacio adicional, modular y útil, de carga.

Por su parte, Kangoo ZE ha recibido cada vez más pedidos de empresas, que confían progresivamente en las ventajas de la tecnología 100% eléctrica cero emisiones de CO₂, dióxidos de nitrógeno, ruidos y olores.

En palabras de Luis Valerio, Director del Vehículo Eléctrico en Renault Iberia (España y Portugal), «*estos resultados confirman el posicionamiento de Renault en el mercado de la movilidad eléctrica a través*



Guía sobre vehículo eléctrico e industria asociada

de su amplia gama. Confiamos que en 2015 las instituciones sigan apostando por el vehículo eléctrico a través de los incentivos a la compra y el desarrollo de las infraestructuras que permitan al usuario una mejora en capacidad de utilización».

11.4. GAMA Z.E. DE RENAULT

11.4.1. Renault ZOE

Renault ZOE es el primer vehículo 100% eléctrico fabricado en serie y con un precio que lo hace accesible al gran público. Es la bandera de la denominación *Eco2* (ecológico y económico), y marca nuevos estándares en la ambición de Renault. Suma más de 60 nuevas patentes, lo que le permitió conseguir la mejor autonomía del mercado (210 km homologada NEDC):

- Cargador Camaleón
- Sistema multimedia R-Link
- *Range Optimizer*: bomba de calor, sistema de recuperación de energía y neumáticos Michelin ENERGY EV
- Sistema de preclimatización
- ZE Voice.

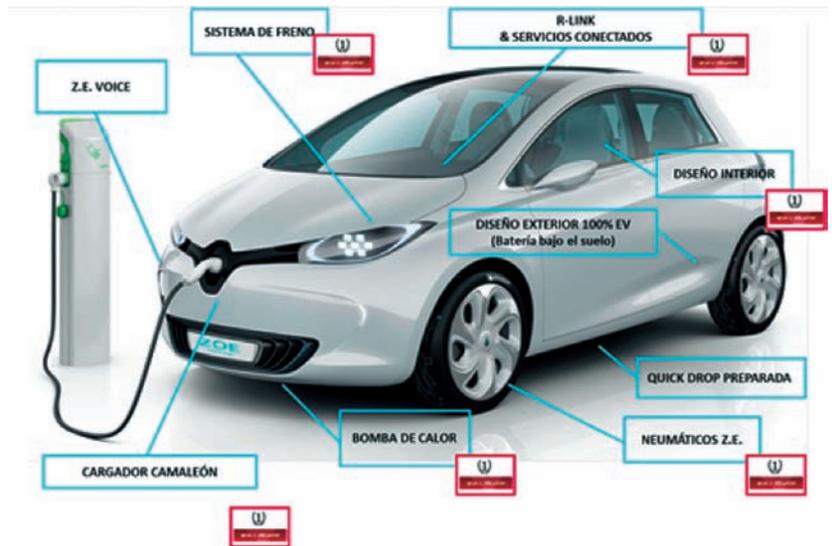


Figura 3. Renault ZOE, innovación para todos.

Además, Renault ZOE proporciona bienestar, tanto dentro como fuera gracias a la aplicación de:

- Diseño interior moderno con sistema interior *Toxproof*.
- Gestión de la calidad del aire: filtro combinado, sensor de calidad del aire exterior.
- Pack *Take Care* de Renault: ionizador, sensor de toxicidad, tapicería con tratamiento de teflón y difusor de esencias activas.
- Conducción suave y silenciosa, muy reactiva.

Se trata de un vehículo con 5 puertas con cintura elevada y tiradores de puertas traseras camuflados. Es un vehículo espacioso con 5 plazas reales y maletero de 338 litros. Además es un vehículo seguro que alcanza 5 estrellas en la clasificación EuroNCap (vehículo más seguro de su categoría en 2014), con un precio competitivo y un motor de 88 Cv de potencia y 220 Nm de par.

Renault ZOE cuenta con un gran número de innovaciones y equipamientos específicos ZE que lo hacen único en el mercado. Entre las más importantes se pueden enumerar las siguientes:

a) *Range Optimizer*

Se trata de una serie de equipamientos para la optimización de energía:

1. El frenado recuperativo de nueva generación recarga la batería en las fases de desaceleración y de frenado.
2. La bomba de calor preserva la autonomía de ZOE cuando la calefacción está en marcha.
3. El neumático MICHELIN ENERGY E-V, que incrementa la autonomía de ZOE.

b) *Cargador Camaleón*

Es un dispositivo patentado por Renault que se adapta a la potencia disponible en la toma, tanto en monofásico como en trifásico





Guía sobre vehículo eléctrico e industria asociada

hasta 43 kW de potencia. De este modo, Renault ZOE es capaz de recargar:

- Carga estándar, a 3,7 kW, entre 6 y 7h.
- Carga acelerada, a 22 kW, en 1h.
- Carga rápida, a 43 kW, 80% en 30 minutos.



Figura 4. Cargador Camaleón patentado por Renault.

Además, utilizando el cable de recarga ocasional (*Flexi Charger*) se podrá recargar Renault ZOE ocasionalmente en una toma doméstica.

c) Z.E. Voice

Se trata de un sonido exterior que avisa a los peatones de que el vehículo se acerca y permite evaluar la velocidad a la que circula dado que la frecuencia del sonido varía con la velocidad del coche. Z.E. Voice suena entre 1 y 30 km/h.

d) Pantalla TFT

Se trata de una pantalla que incluye:

1. Un indicador que muestra el nivel de carga de la batería y proporciona la autonomía restante en km.
2. Un económetro que indica si se encuentra en fase de consumo o de recuperación energética.
3. La velocidad visualizada en formato digital y las posiciones de la palanca que se parece al de una caja automática (Neutro, Drive, Reverse, Parking).

4. La información del ordenador de a bordo, tales como los kilómetros recorridos, el consumo medio (kWh/100 km), el consumo acumulado e instantáneo (kWh), la hora, la temperatura exterior, etc.

e) Sistema de preclimatización

El habitáculo de ZOE se pone a la temperatura correcta (consigna fija de 22 °C) a la hora que el conductor indique. Esta función programable desde la tableta R-Link del vehículo, o con el Z.E. Inter@ctive a distancia a través de un ordenador o de un Smartphone, calienta o refresca el habitáculo de ZOE cuando está conectado a un borne de recarga. La energía necesaria para alcanzar la temperatura deseada se obtiene directamente de la toma y no de la batería, lo que preserva la autonomía de ZOE.

f) Diseño 100% eléctrico. Aerodinámica 100% eficiente

ZOE ha sido ideado como vehículo eléctrico desde su origen. El posicionamiento de la batería bajo el piso contribuye a un equilibrio de las masas delanteras y traseras que favorece la motricidad de ZOE. Además, su aerodinámica ha sido depurada al máximo para optimizar la eficiencia energética.

g) Sistemas de conectividad

El Renault ZOE incorpora de serie un sistema de conectividad que permite conectarse a través de un ordenador o un Smartphone. Este sistema consta de dos servicios:

Z.E. Connect (de serie 3 años)

- Consulte el nivel de carga.
- Localice los bornes eléctricos de carga.
- Acceda al historial de las recargas.
- Reciba avisos por e-mail o SMS.
- Aproveche los consejos de optimización.





Z.E. Inter@ctive (de serie 1 año):

- Active o programe la carga de su vehículo.
- Ponga en marcha el acondicionamiento previo del aire.
- Optimice la carga.
- Consiga ahorrar.
- Localice los 3 bornes de recarga más próximos.

11.4.2. Renault Kangoo Z.E.

La Renault Kangoo Z.E. es la primera furgoneta cero emisiones (en circulación, sin incluir las piezas de desgaste) 100% eléctrica, de modo que los usuarios y profesionales del transporte puedan disminuir las emisiones durante sus labores de transporte y logística y puedan así modernizar la imagen de empresa. Además podrán disfrutar con la conducción y el silencio del motor eléctrico y controlar los costes de uso.

La aceleraciones se benefician de un par máximo de 226 Nm y dispone de una transmisión de tipo automático, sin cambio de velocidad, que permite conducir sin pensar, sin golpes y con tranquilidad, sin ruido y sin emisiones. La mayor velocidad corresponde a las limitaciones legales: 130 km/h.



Figura 5. Renault Kangoo Z.E.

Renault Kangoo Z.E. ofrece un sistema de alquiler de batería para poder disponer en cualquier momento de una batería en perfecto estado de funcionamiento con una capacidad de carga suficiente, siempre superior al 75% de la capacidad inicial. El coste de uso (incluyendo el alquiler de la batería, la recarga en electricidad y el mantenimiento) es parecido al de un vehículo térmico equivalente a partir de 15.000 km/año, y más competitivo más allá de esta distancia anual. Gracias al

pack *My Z.E. Inter@ctive*, se podrá arrancar la carga a distancia, desde el ordenador, si el vehículo está ligado a un punto de recarga. Esto permite optimizar el presupuesto programando la carga en horas bajas.

En cuanto al tiempo de carga de la batería, solo es necesaria mantenerla enchufada entre 6 y 8 horas (para una recarga completa) en un punto de recarga público, en la empresa o en el domicilio. Se podrá utilizar Renault R-Link para localizar el punto más cercano y su disponibilidad. Renault propone un cable de recarga que permite, de manera ocasional, recargar el vehículo en una toma de corriente normal (tomadas de tierra, protegidas por un diferencial) si no hay ningún poste de recarga doméstico disponible, por ejemplo, durante un desplazamiento profesional.

En cuanto a la autonomía de la Kangoo ZE, tiene homologados 170 km según norma NEDC. En uso cliente, Kangoo Z.E. tiene una autonomía media entre 80 km y 125 km. Esta autonomía real varía según la velocidad, el trayecto, el estilo de conducción, el uso de la calefacción o de la climatización. Para maximizar el radio de acción, Kangoo Z.E. propone diferentes herramientas: primero el modo «Eco» que permite limitar las prestaciones dinámicas en beneficio de la autonomía. Además, cada vez que se levanta el pie del acelerador se muestra la recarga del económetro en el tablero de a bordo. Finalmente, la función pre-calefacción permite disfrutar de un confort térmico óptimo mientras preserva los recursos de la batería, programando a distancia la calefacción o la ventilación del vehículo cuando está en carga. El sistema es aún más eficaz si el vehículo está equipado con mampara completa que separa el habitáculo de la zona de carga.

Kangoo ZE ofrece tres versiones:



- Longitud: 4.213 mm
- Anchura: 1.829 mm
- Altura en vacío: 1.805 mm
- Potencia motor: 44 kW (60 CV).
- Par motor: 226 Nm
- Velocidad Máxima: 130 km/h
- Recarga estándar: 6 a 8 horas.
- Número de plazas: 2.
- Volumen de carga: de 3 a 3,5 m³
- Peso en vacío: 1.410 kg
- Carga útil: 650 kg
- Autonomía Ciclo Mixto NEDC: 170 km
- Toma de recarga en la parte delantera.

Figura 6. Kangoo Maxi Z.E. 2 plazas.





- Longitud: 4.597 mm
- Anchura: 1.829 mm
- Altura en vacío: 1.810/1.802 mm
- Potencia motor: 44 kW (60 CV)
- Par motor: 226 Nm
- Velocidad Máxima: 130 km/h
- Recarga estándar: 6 a 8 horas
- Número de plazas: 2/5
- Volumen de carga: de 4 a 4,6m³ / 2,4 a 3,6 m³
- Peso en vacío: 1.472/1.572 kg
- Carga útil: 650 kg
- Autonomía Ciclo Mixto NEDC: 170 km
- Toma de recarga en la parte delantera

Figura 7. Kangoo Maxi Z.E. 5 plazas.

11.4.3. Renault Twizy

Renault Twizy adopta formas diferentes respecto a los vehículos convencionales.

Cuenta con una arquitectura definida por su objetivo principal que es ofrecer una libertad total, con unas puertas se abren en élitro para completar su adaptabilidad a ciudades habitualmente muy saturadas.



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	TWIZY	TWIZY CARGO
Motorización	100% eléctrico Disponible en versiones 45 km/h y 80 km/h	
Autonomía homologada	100 km (ciclo urbano ECE-15)	
Autonomía real	Alrededor de 80 km en eco conducción y 50 km en condiciones difíciles de uso	
Dimensiones del vehículo (mm)	2338 (longitud) X 1396 (anchura) X 1454 (altura)	
Número de plazas	2	1
Maletero	156 L/75 kg	

Figura 8. Renault Twizy. Tabla de características.

Es un vehículo para 2 personas, con 4 ruedas y 2 asientos, que garantiza un aparcamiento sencillo gracias a sus dimensiones y su reducido radio de giro. Es además un vehículo seguro con un chasis tubular desarrollado por Renault Sport, que protege en caso de colisión, con 4 frenos de disco que ofrecen seguridad activa total. En lo referente a la seguridad pasiva, presenta un innovador sistema de un cinturón de seguridad de 4 puntos y un airbag en el lado del conductor.



Figura 9. Dispositivos de seguridad de Renault Twizy.



Guía sobre vehículo eléctrico e industria asociada

La recarga del Renault Twizy es muy sencilla, y se puede realizar en cualquier toma eléctrica de 220 V, ya sea en un garaje o en un parking en la ciudad. En menos de 3 horas y media la batería está totalmente cargada. Además su transmisión de tipo reductor permite ahorrar en electricidad, y como en toda la gama Z.E., un indicador en el tablero de a bordo informa del consumo restante. Cuando Twizy está en carga, consume 2.000 vatios, exactamente igual que una plancha.

La gama Twizy se enriquece con una versión de transporte de mercancías, denominada Cargo, de una plaza, con un maletero cerrado amplio de 180 litros con 75 kg de carga máximo. Esta nueva versión es ideal para empresas de reparto urbano (ej. pizzas, Correos), de servicio técnico, de vigilancia, etc.



Figura 10. Renault Twizy Cargo: 180 litros con 75 kg de carga.

11.5. LA RED RENAULT Z.E.

La red Renault Z.E. se compromete a:

- Mostrar el vehículo eléctrico y la tecnología RENAULT Z.E. en condiciones reales de prueba, modos de recarga y gestión de la autonomía.
- Proponer una gama de servicios especializada:
 - Alquiler de una batería en función de sus necesidades.
 - Asistencia 24 h, 365 días al año.
 - Servicios MY Z.E. Connect.
- Facilitar la instalación del punto de carga por un operador certificado Renault Z.E.

- Garantizar:
 - El vehículo: «2 años / kilómetros ilimitados».
 - El grupo motopropulsor eléctrico: «5 años / 100.000 km» (Kangoo Z.E., ZOE) y «3 años / kilómetros ilimitados» (Twizy).
- Asegurar, en las operaciones necesarias, su realización por técnicos especialmente formados en la gama Renault Z.E.
- Confiar la gestión del reciclaje de las baterías usadas a una red de especialistas.



12

LA VISIÓN NISSAN ACERCA DE LA MOVILIDAD URBANA



12.1. INTRODUCCIÓN

Teniendo en cuenta que en los centros urbanos el tráfico es responsable de más del 30% de las emisiones contaminantes, la búsqueda de un nuevo modelo de movilidad es sin duda uno de los retos más importantes a los que en la actualidad se enfrentan las ciudades.

El previsible incremento de las necesidades de transporte de personas y mercancías requerirá, además, que la transformación de la movilidad se realice teniendo en cuenta el mínimo impacto energético y medioambiental.

En este contexto, desde hace cinco años Nissan apuesta por una movilidad urbana 100% eléctrica, una solución de transporte altamente eficiente y totalmente libre de emisiones contaminantes.

Esta apuesta pionera ha permitido a Nissan posicionarse como líder mundial, europeo y español en el mercado de los vehículos 100% eléctricos.

Su trayectoria también le ha permitido destacar como uno de los agentes más importantes en el entorno de la sostenibilidad, permitiéndole identificar los retos a los que se enfrentan actualmente las ciudades y, sobre todo, avanzar los que deberán abordar en el futuro.

Los municipios que destacan como pioneros en el ámbito de la sostenibilidad, tanto en los aspectos energéticos y ambientales como socioeconómicos, comparten con Nissan los objetivos de conseguir núcleos urbanos más limpios, con menos ruido y contaminación y, en definitiva, con una mayor calidad de vida para sus habitantes.



12.2. PROBLEMAS Y SOLUCIONES

Frente a los cada vez más importantes problemas de calidad del aire de los entornos urbanos densamente poblados, los vehículos 100% eléctricos de cero emisiones permiten la reducción de todas las emisiones asociadas a los vehículos de combustión, desde los gases de efecto invernadero, como el CO₂ o el metano, hasta otros contaminantes como NOx, partículas o hidrocarburos no quemados, entre otros.

Del mismo modo, la reducción de consumos energéticos, la ausencia de ruido y la posibilidad de habilitar sistemas de vehículos eléctricos compartidos (*e-sharing*) se presentan como soluciones a corto plazo que permiten reducir de forma efectiva los impactos negativos que el incremento de movilidad genera en el entorno.



Figura 1. Soluciones de movilidad eléctrica.

12.3. CIUDADES INTELIGENTES

Actualmente la mitad de la energía consumida en las ciudades se hace en los medios de transporte.

Así, la gestión de la movilidad en las ciudades del futuro deberá integrar necesariamente la energía asociada a la movilidad de los ciudadanos y las mercancías. Esta gestión conjunta se articula sobre el único vector energético con capacidad de poder llevar a cabo esta integración: la electricidad.

Así, las soluciones de movilidad libres de emisiones contaminantes, los sistemas de recarga inteligente de vehículos con energías renovables, la optimización del suministro energético con la energía acumulada en millones de vehículos conectados a la red, y la reutilización de baterías de vehículos eléctricos como elementos de seguridad del suministro se perfilan como estrategias esenciales en la configuración de las ciudades inteligentes del futuro.



Las soluciones de Nissan para la ciudad del futuro



Movilidad de emisiones cero
(acceso más fácil a vehículos ecológicos y ventajas para la salud)



Aparcar y conducir
(combina energías renovables / compartir vehículos eléctricos y transporte público)



Comunidad inteligente
(la batería de los vehículos eléctricos funciona como almacenamiento para energía solar y eólica)



V2Grid

(los vehículos eléctricos envían electricidad de vuelta a la red eléctrica cuando hay déficit)



Conducción autónoma

Nissan la está desarrollando actualmente y estará disponible en 2020 para contribuir a conseguir una "sociedad sin accidentes" al eliminar el error humano durante la conducción.

Figura 2. Soluciones Nissan para la ciudad del futuro.

12.4. VEHÍCULOS NISSAN DE CERO EMISIONES

Nissan es el único fabricante generalista que dispone de dos modelos totalmente eléctricos en el mercado.

Con el Nissan LEAF, el primer vehículo de cero emisiones del fabricante lanzado al mercado en 2010, Nissan ha conseguido revolucionar la



Guía sobre vehículo eléctrico e industria asociada

movilidad sostenible urbana consiguiendo que este modelo sea líder global de ventas, con más de 150.000 unidades.

En mayo de 2014, Nissan siguió avanzando en su compromiso medio ambiental con el lanzamiento de la furgoneta e-NV200, su segundo modelo totalmente eléctrico, que se fabrica en exclusiva en la planta de Nissan de Barcelona para todo el mundo.

Este vehículo combina el premiado sistema propulsor del Nissan LEAF, Coche del Año en el Mundo 2011, con el volumen útil de carga líder en su segmento y la practicidad de la Nissan NV200, Furgoneta Internacional del Año 2010.

Además de los claros beneficios medioambientales y la notable reducción del ruido, los modelos 100% eléctricos de Nissan ofrecen claras ventajas económicas, pues la factura de mantenimiento también se reduce un 40% con los coches eléctricos, ya que tienen menos piezas móviles que los vehículos con motor convencional.

Además, el gasto en combustible se reduce entre 3 y 4 veces, situándose el coste entre 1 y 2 euros por cada 100 kilómetros, dependiendo de la tarifa eléctrica.

Vehículos de cero emisiones de Nissan



LEAF

Más de 30.000 Nissan LEAF
vendidos en Europa:
El eléctrico más vendido de
siempre



Emisiones cero: costes de mantenimiento bajos

- 2 € por cada 100 km, autonomía NEDC de 199 km
- 40 % menos de costes de mantenimiento
- Se evitan las tasas de congestión de tráfico y se obtienen otros incentivos (por ejemplo, incentivos fiscales)

Nueva experiencia y sensación de conducción

- Par completo desde 0 rpm.
- Silencioso y sin vibraciones
- Centro de gravedad bajo porque la batería está ubicada bajo el suelo del coche

Sin compromiso, un coche de verdad

- 5 plazas
- Buen nivel de espacio trasero, maletero competitivo para el segmento C
- 5* NCAP 2011

Figura 3. Nissan LEAF. El vehículo eléctrico más vendido del mundo.



e-NV200: disponible en 2 versiones



e-NV200 EVALIA
(vehículo de pasajeros de 5 plazas)



e-nv200 Combi
(furgoneta con 4 o 5 puertas)



170KM

Effective range for your daily operation



POWERFUL DRIVE

100km/h in 1.3 seconds, top speed approx. 120km/h (75mph)



LOW NOISE, NEW BUSINESS OPPORTUNITIES

Quiet deliveries to indoor or protected areas



LOW RUNNING COST

100% electric.
(2.9€/100km)



BEST IN CLASS CARGO VOLUME

4.2m³ cargo volume, 2.04m cargo length, up to two Euro pallets



EASIER CARGO STACKING

Flat wheel wells make for easier stacking



CUSTOM-FIT

Configure interior, bins and seating to fit your needs

Figura 4. Nissan e-NV200. Fabricada en España para todo el mundo.

12.5. LAS CIUDADES, LAS GRANDES BENEFICIADAS DE LA MOVILIDAD ELÉCTRICA

Según estimaciones realizadas por el IDAE, con la introducción de 1.000 vehículos eléctricos en una ciudad se dejarían de emitir más 30.000 kg anuales de gases contaminantes (incluyendo CO, NOx, HC, etc.) y más de 2.000 toneladas de CO₂. Así, sin duda las entidades más beneficiadas de la introducción de vehículos eléctricos son las ciudades y sus habitantes.

Aunque en España la velocidad de crecimiento del vehículo eléctrico es 15 veces superior a la de los híbridos cuando empezaron, es necesario seguir trabajando para hacer del vehículo eléctrico una opción mayoritaria.

En este sentido resulta crucial mantener un plan estable de ayudas directas a la compra, potenciar la infraestructura de carga e impulsar acciones de divulgación dirigidas a la sociedad sobre la tecnología eléctrica, para lo cual es imprescindible la colaboración público-privada.

Además, también es necesario potenciar beneficios a los conductores que apuesten por esta tecnología, facilitando elementos como la gratuidad del aparcamiento en las zonas de aparcamiento de pago, la ampliación de horarios comerciales de carga y descarga, el desplazamiento por carriles reservados al transporte público o medidas



Guía sobre vehículo eléctrico e industria asociada

directas de reducción de impuestos locales, que ya se han mostrado muy eficaces para el crecimiento en el sector profesional.

Sin embargo, es en las flotas públicas en las que debe hacerse un mayor hincapié, pues aunque cada vez más municipios valoren que estos servicios sean cubiertos con modelos 100% eléctricos todavía son escasos los casos en los que los concursos de flotas públicas priorizan su elección.

Del mismo modo, resultará central que las empresas privadas prioricen los servicios de compartición de vehículos eléctricos, el *e-sharing*.

Este modelo, además de reducir la congestión en los núcleos urbanos, permite ampliar el número de conductores que se acercan a las ventajas y oportunidades de la movilidad 100% eléctrica.

12.6. APLICACIÓN AL SERVICIO DE TAXI

El sector del taxi presenta una gran demanda de movilidad y realiza gran parte de su actividad en entornos urbanos e interurbanos.

De este modo, resulta un sector estratégico para la introducción progresiva de modelos de cero emisiones.

Así, además del gran impacto en la reducción de emisiones contaminantes y ruido, los modelos de cero emisiones representan una manera de incrementar la eficiencia del negocio de los taxistas, pues los costes unitarios de los desplazamientos son inferiores a los asociados a la combustión tradicional.

Así, esta alternativa tecnológica resulta también una fuente de mejora de la productividad y competitividad del sector, además de una mejora de la calidad de vida de los trabajadores, que se beneficiarán de los beneficios de una conducción silenciosa y más suave.

Igual que sucede en países de nuestro entorno, diversas ciudades españolas empiezan a ofrecer esta alternativa totalmente sostenible para sus servicios de taxi: Madrid, Barcelona, Valladolid, Sevilla, Pamplona, Bilbao, Zaragoza, Asturias, Granada y Teruel ya cuentan con más de 25 unidades, en total, en funcionamiento.



Figura 5. Nissan eTaxi en Barcelona y Madrid.

12.7. FLOTAS URBANAS

Se estima que el 70% de los propietarios europeos de furgonetas recorren menos de 100 km diarios. Así, los vehículos 100% eléctricos, como por ejemplo la e-NV200 que una autonomía homologada en el ciclo NEDC de 170 km, pueden satisfacer las necesidades de la gran mayoría de profesionales, lo que representa una excelente oportunidad para la mejora de la sostenibilidad del sector profesional del transporte.

En este sentido las empresas de servicios ofrecen un potencial muy significativo de introducción de modelos de cero emisiones y son las administraciones municipales las que tendrán la capacidad de facilitar que se incremente la cuota de participación de este tipo de vehículos. La introducción de nuevas ordenanzas municipales que primen estos vehículos y la aplicación de criterios de valoración favorables a estas tecnologías en los concursos de suministros públicos se perfilan como elementos claves para estos desarrollos.



Figura 6. Adaptación de Nissan e-NV200 para servicios urbanos (Cortesía URBASER).





12.8. LAS INFRAESTRUCTURAS DE RECARGA

La introducción de la movilidad eléctrica va a suponer un cambio significativo en nuestra forma de acceder al suministro de energía. Así, deberá realizarse un reenfoque hacia modelos más dispersos y que permitan la recarga en diferentes momentos para así aprovechar las ventajas de una energía más barata.

Así, tanto particulares como empresas deberán adaptar su suministro a los horarios en los que los vehículos no se utilizan (principalmente periodos nocturnos), en los que la aplicación de tarifas eléctricas adaptadas a esta demanda permitirán aprovecharse de una gran ventaja económica.

No obstante, el usuario debe poder disponer, además, de una amplia red de carga pública, que le permita disponer de estaciones de suministro energético si resulta necesario.

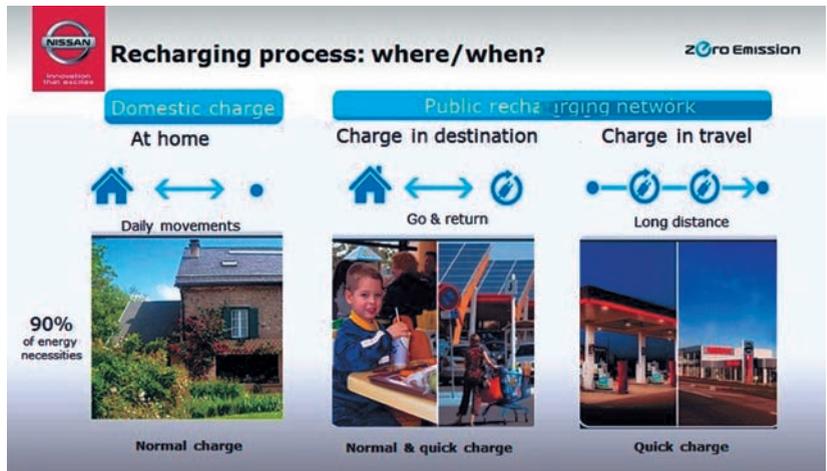


Figura 7. Sistemas de suministro de energía para V.E.

12.9. CONCLUSIONES

La movilidad 100% eléctrica, especialmente en los entornos urbanos y periurbanos, presenta grandes ventajas y beneficios, tanto desde el punto de vista ambiental y energético como social y económico. De este modo, la movilidad de cero emisiones ya no puede calificarse como una alternativa de futuro, sino como una realidad que convive con las tecnologías tradicionales.

La visión Nissan acerca de la Movilidad Urbana

Así, el compromiso de fabricantes como Nissan, que están desarrollando modelos eléctricos en diversas variantes, responde a una demanda social real, impulsada por una voluntad de reducir la dependencia energética y el impacto medioambiental de la actividad humana.

España debe liderar la implementación de modelos de ciudad más sostenible, basados entre otros factores en la movilidad de cero emisiones. También se presenta una oportunidad económica, pues el país es uno de los principales productores mundiales de este tipo de vehículos, que siguen presentando grandes posibilidades de desarrollo.

Es el momento de demostrar que España está capacitada para liderar este desarrollo inminente y es la hora de demostrar que nuestra sociedad puede ser una parte esencial de este cambio.



13

VEHÍCULOS ELÉCTRICOS BMW GROUP



13.1. INTRODUCCIÓN

En su compromiso con la movilidad sostenible, BMW Group ha apostado por reducir las emisiones, garantizar consumos cada vez más bajos y reducir los niveles de contaminación día a día. Para ello, las soluciones técnicas de BMW *EfficientDynamics* son la solución del presente. Sin embargo, la punta de lanza de este compromiso es BMW *i*, donde se concentran los mayores esfuerzos en cuanto a movilidad alternativa, cero emisiones y tecnología de vanguardia. BMW ha apostado por el cambio. Un cambio que comenzó hace más de 40 años a través de profundos proyectos por hacer viable la movilidad que a día de hoy puede ofrecerse en formato urbano o súper deportivo. Se trata de los BMW *i3* y BMW *i8*, un vehículo eléctrico de ciudad y un deportivo híbrido enchufable que adelantan la visión de BMW Group de la evolución de la industria del automóvil. No hay que olvidarse de BMW *Motorrad* que comercializa en la actualidad la BMW *C evolution*, y continuando con la filosofía de BMW *i*, los trayectos diarios se pueden realizar sin emisiones ni consumo de carburante. El futuro es hoy, pero este momento es fruto de un trabajo que comenzó hace más de 40 años.

13.2. BMW Y LA ELECTRO MOVILIDAD: MÁS DE 40 AÑOS DE HISTORIA

No es de extrañar que BMW *i* englobe productos donde el motor eléctrico tiene un papel muy importante. Este tipo de movilidad no es nueva para la marca y aunque no haya sido hasta 2013 la fecha de producción en serie del primer BMW 100% eléctrico, sí que hay una generosa herencia que ha servido de base para los logros de los que la compañía goza en la actualidad. Los BMW *i* son ya una realidad.



Guía sobre vehículo eléctrico e industria asociada

Por supuesto, los inicios de la movilidad eléctrica para BMW comenzaron en los JJ.OO de 1972 en Múnich. Los BMW 1602 reconvertidos para la movilidad eléctrica tuvieron especial importancia para el transporte de los miembros de la organización y como coches cámara. Obviamente, la tecnología de aquella época impedía pensar en esos coches como sustitutos de los de combustión habituales. Unas baterías pesadas (350 kg) y una corta autonomía (unos 60 km), hacía inviable su desarrollo en serie.

Durante los años 70 y 80 se continuó investigando en diferentes áreas de la propulsión eléctrica para probar su viabilidad en el uso ciudadano. En estas décadas se usaron dos coches: el BMW LS Eléctrico y el BMW 325iX. El BMW 325iX de la época sirvió para desarrollar numerosas pruebas y sus resultados animaron a pensar en un vehículo que se construyera por y para la movilidad eléctrica. Hasta ahora, tan sólo se había trabajado reconviertiendo vehículos de producción y este proceso deja poco margen para modificar las áreas específicas que un coche con el moderno sistema de propulsión necesita.

En el Salón del Automóvil de Frankfurt de 1991 se presentaba el BMW E1, quizá la primera aproximación real al BMW i3. El peso ligero y su estructura rígida eran parte del ADN de este prototipo, justo como lo es en el modelo de producción en serie que se comercializa en la actualidad. Ya por aquel entonces, este innovador BMW podía presumir de unas más que interesantes cifras: 32 kW de potencia, un par de 150 Nm y una autonomía próxima a 160 km. En el Salón del Automóvil de Frankfurt de 1993 se presentó una versión revisada del BMW E1 aunque un año antes ya se había desvelado el BMW E2 en el Salón del Automóvil de Los Ángeles, más bien enfocado a las necesidades del mercado americano.

Pero este coche no cerró un capítulo, pues durante los años 90 continuaron los experimentos en el BMW 325 y BMW *electric*. Modelos que sirvieron para avanzar en baterías, propulsores y transmisiones.

Y por supuesto, la movilidad eléctrica no se ha limitado sólo a BMW, sino que MINI tuvo en 2008, una aproximación a la electro movilidad con el MINI E. Justo después, el BMW *Concept ActiveE*, basado en el BMW Serie 1 *Coupé* se convirtió en un producto que cerraba un capítulo de teorías, conceptos y estudios para dedicar todo el potencial de la marca en el desarrollo del *Megacity Vehicle (MCV)*, el prototipo del BMW i3 con motor eléctrico de BMW Group.

Tabla 1. Vehículos EV de BMW Group. Modelo y año.

BMW 1602 Electric	1972
BMW LS Electric	1975
BMW 325iX	1987-1990
BMW E1 y BMW E2	1991-1993
BMW 325 BMW Electric	1992-1997
MINI E	2008
BMW ActiveE	2010



13.3. BMW i, DESDE BMW MEGACITY HASTA LOS FAROS LÁSER

La marca BMW i abarca los vehículos y servicios que fueron desarrollados desde el año 2007 dentro del marco establecido por «Project i», un «*think tank*» de BMW Group, en el que se desarrollaron soluciones de movilidad sostenible.

El proyecto, producto de la estrategia empresarial *Number ONE*, fue una iniciativa que tuvo la finalidad de proponer conceptos de movilidad sostenibles y con perspectivas de futuro, siempre con la intención de transferir los conocimientos adquiridos a toda la empresa y con el propósito de iniciar futuros proyectos automovilísticos.

La meta que determinó el trabajo se formuló en los siguientes términos: BMW Group seguirá siendo en el futuro un referente en productos y servicios Premium de movilidad individual. Considerando esta meta, los expertos en desarrollo siempre tuvieron en cuenta la totalidad de la cadena de valor. Lo hicieron porque no solamente los productos del futuro deben ser sostenibles. Más bien es necesario que todos los proyectos parciales, todas las soluciones tecnológicas y todos los proveedores contribuyan al balance de sostenibilidad positiva de todos los productos.

Los BMW *ActiveE* y MINI E sirvieron de pruebas para profundizar los conocimientos que ya se acumularon en relación con el uso diario de automóviles con motor eléctrico.

La marca BMW i se presentó al público mundial con dos modelos. Por un lado, el BMW *i3 Concept*, conocido hasta ese momento por el nombre de *Megacity Vehicle*, coche eléctrico de fabricación en serie por BMW Group y con un reto fundamental: proponer una alternativa real de utilidad diaria en la ciudad. Con los atributos típicos de la marca,



Guía sobre vehículo eléctrico e industria asociada

como el placer de conducir, el uso de materiales ligeros y la eficiencia en cada trayecto, el primer coche eléctrico Premium marcaba el inicio de una página completamente nueva en BMW Group. Por otro lado, el BMW i8 Concept era un coche deportivo de última generación, de carácter progresivo, inteligente e innovador.

Este modelo que se basa en el concept-car *BMW Vision EfficientDynamics*, provisto del sistema híbrido tipo *PlugIn* (enchufable) que no tiene parangón en el mercado, conjuga las cualidades de un motor de combustión con las ventajas de un motor eléctrico para que sea posible experimentar vivencias excepcionales al volante y, a la vez, consumir extremadamente poco y casi sin contaminar el medio ambiente. Con el BMW i8 se ofrece en opción la luz láser. Sus características sirven para demostrar la apuesta de BMW Group por la innovación y el máximo lujo en un automóvil del segmento *Premium*.

Además de rebajar el uso energético, los faros *BMW Laserlight* iluminan la carretera con una intensidad significativamente mayor sin calentar la zona circundante. Los diodos láser son diez veces más pequeños que los diodos de luz convencional. Ayudan a ahorrar, no solo en espacio disponible en el faro, sino también en peso. El tamaño de la superficie del reflector se reduce hasta diez veces respecto a la luz de LED. La altura del reflector se ha reducido de los anteriores nueve centímetros a tres centímetros. La luz de un faro de láser es extremadamente brillante, similar a la luz del día, con lo que el ojo humano la percibe como una iluminación agradable.



Figura 1. BMW *Laserlight*. Avanzada técnica de iluminación no dañina para el ojo humano. Diodos hasta diez veces más pequeños, ahorran peso y son capaces de alumbrar hasta 600 m aproximadamente.

Varios diodos de alto rendimiento emiten un haz concentrado a través de lentes especiales hacia una sustancia fluorescente de fósforo situada en el interior del faro. Esta sustancia transforma el haz en una luz excepcionalmente brillante y blanca que es diez veces más intensa que las fuentes lumínicas convencionales.

Debido a las propiedades intensas y prácticamente ideales del haz de luz, los diodos láser hacen que el resto del sistema sea aún más eficiente. Junto con el asistente (digital) de luz de carretera basado en cámara, deslumbrar al tráfico que se aproxima de frente o a los coches que circulan por delante del BMW i8, queda prácticamente eliminado.

13.4. BMW I3 Y BMW I8, PRODUCTO Y DESARROLLO SOSTENIBLE

En la actualidad, la oferta de producto de BMW i dispone de dos modelos: el BMW i3 y el BMW i8. El BMW i3 es un vehículo 100% eléctrico con un motor ubicado bajo el maletero, que propulsa las ruedas traseras con una potencia de 170 CV. La arquitectura del coche se basa en el concepto LifeDrive cuyo significado se divide en dos partes: el módulo Life y el módulo Drive.



Figura 2. BMW LifeDrive. Chasis de PRFC en el módulo Life y aluminio en el módulo Drive. Esta arquitectura es la base de un producto BMW i.

El módulo *Life* comprende un chasis compuesto de PRFC (plástico reforzado con fibra de carbono). Es un material muy ligero y extrema-





damente resistente. Además es el primer vehículo producido en serie en incorporar este innovador material para el chasis del vehículo. Al módulo Drive le corresponde principalmente el aluminio, montado en chasis, acumulador, el conjunto propulsor y las partes estructurales y de resistencia a impactos. Ambos garantizan una gran resistencia y un peso bajo de conjunto, características de suma importancia para garantizar la máxima seguridad y la máxima autonomía posible.

La posición de la batería se sitúa bajo el suelo del coche, mejorando el centro de gravedad y el equitativo reparto de pesos entre ambos ejes. Además, una gran cantidad de materiales son reciclados: El 25% del peso total de los materiales sintéticos utilizados en el habitáculo ha sido sustituido por materiales reciclados. Lo mismo sucede con el 25% del peso de los materiales sintéticos termoplásticos empleados en el exterior. Además, el 10% de los plásticos reforzados con fibra de carbono utilizados en el módulo Life son producto de procesos de reciclaje. Esta forma de utilización de plásticos reforzados con fibra de carbono reciclados no tiene parangón en el mercado.

El BMW i3 pensado para satisfacer a los clientes en sus recorridos diarios por la ciudad. Tiene una batería de ión-litio de alto voltaje, con energía aprovechable de 18,8 kWh. Sistema de control inteligente del funcionamiento y de la carga mediante una electrónica funcional desarrollada por BMW Group. Se puede recargar en una toma de corriente doméstica normal, a través de la estación BMW i Wallbox o puntos de recarga públicos. También se pueden realizar recargas rápidas (50 kW para disponer del 80% de la carga en menos de 30 minutos).



Figura 3. BMW i3. Coche de producción en serie que inició su comercialización a finales de 2013.

Gracias a su potente motor que desarrolla 170 CV, el BMW i3 es capaz de acelerar de 0-100 km/h en sólo 7,2 segundos. Su par es constante desde el principio y ofrece 250 Nm. De 0 a 60 km/h puede acelerar en 3,7 segundos, aunque donde sorprende más es en su elasticidad, pudiendo recuperar de 80-120 km/h en sólo 4,9 segundos. La velocidad máxima del vehículo está auto limitada a 150 km/h. Además, el BMW i3 goza de una autonomía más que generosa para el día a día (hasta 190 km según modos y estilo de conducción). Para recargar el vehículo, una toma de corriente doméstica servirá para alimentar la batería en unas 8 horas.

El espacio reservado bajo el maletero para el motor eléctrico deja margen para incorporar de forma opcional un pequeño motor de gasolina. Se trata de una versión del BMW i3 denominada REX (extensor de autonomía). Este motor de 647 cm³ bicilíndrico desarrolla 34 CV de potencia máxima y su función no es la de propulsar las ruedas directamente, sino para recargar la batería. La movilidad es 100% eléctrica aunque gracias a los 9 litros de capacidad que tiene el depósito de combustible, el BMW i3 REX logra aumentar la autonomía hasta los 340 km. Las prestaciones se mantienen en niveles similares a las del BMW i3, acelerando de 0-100 km/h en menos de 8 segundos y de 0-60 km/h en menos de 4 segundos. La elasticidad 80-120 km/h detiene el cronómetro en 5,5 segundos.

El BMW i8, por su parte, es la apuesta eficiente, sostenible y de futuro de BMW. Es el primer deportivo híbrido enchufable de estas características, con tecnología de vanguardia y pionera cuyo «esqueleto» está compuesto principalmente de fibra de carbono. La eficiencia y el peso ligero son la base de este deportivo que cuenta con un motor eléctrico situado bajo el capó que desarrolla 131 CV y un motor de tres cilindros y 1.499 cc de combustión que desarrolla 231 CV. En conjunto, ambos propulsores desarrollan 362 CV y la tracción afecta a ambos ejes. Gracias al uso de materiales innovadores, el resultado es un bajo peso de conjunto (1.490 kg). El centro de gravedad se sitúa muy abajo (menos de 460 mm) y su coeficiente aerodinámico es de 0,26 cw, valores fundamentales para obtener resultados excelentes. Es capaz de acelerar de 0-100 km/h en 4,4 segundos; igual que un BMW M6 que desarrolla 560 CV. Por supuesto, contar con un propulsor eléctrico de tipo enchufable indica que se puede circular sin gastar combustible durante recorridos generosos. En concreto, la velocidad máxima en modo eléctrico es de 120 km/h y se puede recorrer un máximo de 35 kilómetros sin encender el motor de com-





Guía sobre vehículo eléctrico e industria asociada

bustión. El par máximo es de 250 Nm para la conducción puramente eléctrica y de 570 Nm usando todo el potencial del coche. Igual que el BMW i3, el BMW i8 puede recargarse en una toma de corriente convencional, a través de un BMW i Wallbox o en un punto de recarga público.

Las emisiones de CO₂ del BMW i3 son de 0 g/km. En la versión REX son de 13 g/km y en el BMW i8, de 59 g/km. El consumo homologado para el BMW i3 REX es de 0,6 l/100 km mientras que para el BMW i8 es de 2,5l/100 km.

El proceso de fabricación de un BMW i comprende varias fases complejas para dar forma a los materiales usados en estos coches tan especiales. Por supuesto, no todo se fabrica y se monta en el mismo sitio, pero el avance significativo es que la arquitectura *LifeDrive* ha dado pie a peculiaridades en los procesos de ensamblaje.

La arquitectura *LifeDrive*, dividida horizontalmente, se compone de dos módulos separados e independientes. Como resultado de ello, la cadena de montaje de Leipzig es la primera en la historia de BMW en ofrecer dos líneas de producción paralelas separadas para el BMW i3 - una para el módulo *Life* y una para el módulo *Drive*. Esto ha dado lugar a avances significativos en términos de su diseño ergonómico de los puestos de trabajo, que proporcionan una accesibilidad óptima para todas las operaciones de montaje.

El BMW i3 garantiza una movilidad libre de emisiones. Pero también es sostenible en la fase de producción: la planta de Leipzig ha logrado reducir el consumo de energía un 50% y el de agua un 30% en relación a otras plantas ya de por sí eficientes y toda la corriente eléctrica necesaria para los procesos de producción se genera en una planta eólica instalada en el mismo recinto; un sistema inteligente de ventilación con efecto de refrigeración renueva el aire varias veces al día, por lo que no es necesario un sistema de aire acondicionado adicional.

En la fábrica se han reducido, además, las zonas iluminadas artificialmente gracias a la colocación de láminas blancas que reflejan la luz solar.



Figura 4. BMW i8. El coche de producción se ha mantenido fiel al prototipo. Es el primer coche híbrido enchufable de estas características con modernos sistemas de construcción, uso de materiales ligeros y faros láser.

El BMW i8, sin embargo, se monta en una sola línea. Durante el montaje del módulo Drive en Leipzig, el chasis de aluminio se equipa con la batería de alto voltaje. El módulo Drive se ajusta entonces con las unidades de tren motriz y la transmisión. Una vez que el soporte del eje delantero —pre ensamblado en Dingolfing— y otras partes estructurales se han montado, el módulo Drive del BMW i8 está listo para pasar a la fase final de montaje.

El habitáculo de carbono en formato PRFC se abre paso a la zona de ensamblaje donde se instala el equipamiento específico escogido por el cliente. Al mismo tiempo, los componentes del motor están pre ensamblados. Este es el último paso antes de que el habitáculo de carbono y el chasis de aluminio se unan entre sí. Las dos unidades también se atornillan entre sí en cuatro puntos. El resultado es la rigidez y la fuerza óptima. Sólo entonces el BMW i8 recibe su piel exterior y queda listo para entregar al cliente final.

13.5. PRODUCTOS Y SERVICIOS 360° *ELECTRIC*

Los productos tecnológicos e innovadores de BMW i no tendrían sentido si no estuvieran acompañados por productos y servicios complementarios. En BMW i se denomina «360° Electric».





Guía sobre vehículo eléctrico e industria asociada

A pesar de poder recargar el coche en un enchufe doméstico, BMW *Wallbox* es un punto de recarga exclusivo de BMW que se ofrece a los clientes para su mayor comodidad. Adicionalmente a BMW *Wallbox*, existe una versión *Wallbox Pure* que en comparación con el cable de carga suministrado de serie, el tiempo de carga se reduce en aproximadamente un 30% en el caso del BMW i3. Así el coche se carga al 80% de su capacidad en menos de 6 horas (calculado para corriente de 16 A y de las características de la red local). El sistema *Wallbox* también se fabrica utilizando una elevada proporción de materiales reciclables. Para ofrecer el servicio de instalación, BMW i ha firmado un convenio de cooperación de amplio alcance en España con Schneider Electric. El acuerdo incluye varios servicios, tales como revisión de la instalación, entrega y montaje de la estación de carga, así como trabajos de ampliación de la instalación eléctrica existente, mantenimiento, asesoramiento y otros.

Además, con *ChargeNow* (servicio BMW y asociación de proveedores de puntos de recarga móviles), se pueden encontrar los puntos de recarga de la red gracias a los servicios BMW *ConnectedDrive*. El pago del servicio se lleva a cabo de forma sencilla y sin necesidad de efectivo a través de la tarjeta *ChargeNow*. Una vez al mes, se recibe una relación detallada de cada una de las recargas y de los costes correspondientes.

ParkNow Long Term: gracias a los acuerdos realizados por BMW i con algunas empresas de parking, éstas ofrecen a nuestros clientes un servicio de aparcamiento para largas estancias. En muchas ciudades puedes encontrar plazas de aparcamiento con punto de carga. Esta opción es especialmente interesante para quienes no tienen la posibilidad de cargar en casa o en el lugar de trabajo. Las empresas indicadas te proponen una solución rápida y sencilla. Tanto si necesitas aparcar y cargar durante todo el día, o por la noche o bien durante las horas de trabajo, la empresa de parking elegida te hará una oferta que, seguramente, se adaptará a tus necesidades.

Si en alguna ocasión la autonomía del BMW i3 no fuera suficiente (aunque la media de conducción en ciudad es de alrededor de 45 km diarios) el cliente puede recurrir a los servicios de movilidad añadida BMW *Add on Mobility* de BMW i para recorrer grandes distancias. Mediante este programa, el cliente accede a un vehículo con motor de combustión de BMW Group en condiciones de servicio y precio preferentes para todo el territorio nacional.

Para la tranquilidad de los usuarios de un BMW i3, éstos podrán confiar en recibir ayuda y asistencia las 24 horas del día. Tanto con los diferentes servicios de asistencia técnica como con las distintas garantías de movilidad. Además, el estado y nivel de carga de la batería, la autonomía, así como las funciones de calefacción y climatización pueden controlarse y programarse mediante un *Smartphone*. El sistema de navegación con funciones ampliadas ayuda al conductor al planificar su ruta, proponiéndole la más económica en términos energéticos.

El servicio de BMW está preparado con cargas portátiles (Madrid y Barcelona) para poder asistir a quien, por motivo de falta de energía en la batería, necesite una carga de emergencia.

13.6. BMW CONNECTEDDRIVE: COCHE, MÓVIL Y SMARTWATCH

BMW *ConnectedDrive* son servicios que conectan los coches de BMW con el usuario y el mundo exterior. En el caso de BMW i, algunos servicios se han adaptado específicamente por las características únicas de la marca, como por ejemplo la navegación. Así, el principal componente del sistema de Navegación BMW i es su asistente de autonomía, que muestra en un mapa dinámico la autonomía del vehículo. Este sistema tiene en cuenta todos los factores relevantes para la determinación de la ruta: estilo de conducción, estado del tráfico, condiciones topográficas y, en base a estos factores, muestra la ruta más eficiente. De esta forma, se garantiza que se llegará al destino previsto de la forma más rápida y eficiente posible en base al nivel de carga actual de la batería.

Una nueva revolución en el establecimiento de rutas de navegación: si se pudiera llegar a su destino más rápidamente utilizando un medio de transporte público, como el metro o el tranvía, el sistema de Navegación BMW i lo tendrá en cuenta. Te mostrará los planos actualizados de la red de transporte y te conducirá hasta la plaza de aparcamiento que más cerca se encuentre de la correspondiente parada (disponible próximamente en función de cada ciudad).

Como la autonomía es un factor que preocupa a los conductores de vehículos eléctricos, el sistema de Navegación BMW i puede calcular la ruta más eficiente: para ello, ECO Route tiene en cuenta todos aquellos factores que pueden afectar a la autonomía del vehículo.





Guía sobre vehículo eléctrico e industria asociada

Esto no incluye únicamente el nivel de carga de la batería y el estilo de conducción personal, sino que también incluye el estado actual del tráfico, las condiciones de la carretera y las condiciones topográficas de la ruta establecida. De esta forma, se puede estar completamente seguro de llegar al destino de la forma más eficiente y respetuosa con el medioambiente.

Y como se comentaba con anterioridad, la marca más innovadora de BMW debe estar bien conectada y por ello con la aplicación BMW *i Remote App* para iOS y Android recibirás en todo momento información detallada acerca del estado actual de tu BMW i3. Esta información incluye, por ejemplo, la autonomía, el estado de la batería y el nivel de carga, y la ubicación del vehículo. Gracias al sistema *Charge Control*, podrás iniciar o finalizar a distancia el proceso de recarga en cada caso. La climatización del interior del vehículo y de la batería de alto voltaje se puede activar antes de comenzar el viaje a través del Smartphone. De esta forma, cuando se monta en un BMW i3, el vehículo tendrá la temperatura perfecta y la potencia de la batería de alto voltaje será la ideal. También se podrá emplear la aplicación BMW *i Remote App* para planificar la ruta. Además, antes de iniciar el viaje, el usuario podrá enviar fácilmente al vehículo los datos de aquellos destinos que resulten de vital importancia, como los puntos de recarga disponibles.

No sólo el teléfono móvil servirá de controlador remoto del vehículo, sino que los recientes denominados «relojes inteligentes» también podrán interactuar con el BMW i3. En concreto, el *Samsung Galaxy Gear*. Estos aparatos se llevan como relojes de pulsera y muestran información del teléfono conectado a ellos directamente en la muñeca del usuario. En Las Vegas, BMW se convirtió en el primer fabricante de coches del mundo en presentar funciones del vehículo en el reloj electrónico como parte de una aplicación de investigación.

El *Samsung Galaxy Gear* con las funciones de la aplicación BMW *i Remote* tiene atributos similares a la aplicación BMW *i Remote*, que mantiene a los conductores conectados con su BMW i3 en todo momento y también trabaja de forma eficiente para ofrecerles la asistencia que necesitan fuera del coche. El *Samsung Galaxy Gear* con funciones BMW *i Remote App* ofrece información sobre la carga de la batería y la autonomía disponible, así como los tiempos de salida que se le hayan introducido. La aplicación de investigación también muestra si las ventanas, puertas y techo solar están cerra-

dos y permite enviar un destino al navegador del vehículo o ajustar el climatizador como preparativo para el viaje – con la opción de comandos de voz vía S Voice, el sistema de reconocimiento de voz de Samsung.

13.7. MOVILIDAD URBANA: BMW C EVOLUTION

En 2011, BMW Motorrad presentaba al mundo su idea de la movilidad eléctrica en una maxi-scooter. Por aquel entonces, la conocida como BMW Concept ya era revolucionaria por su diseño atrevido y moderno (era el año en el que BMW comenzaba a comercializar las primeras scooters de alta cilindrada). Como pasara con los vehículos de BMW i, la BMW C evolution que se presentaba en 2013, se mantuvo bastante fiel al prototipo.



Figura 5. BMW C evolution. Similar a la BMW C 600 Sport en cuanto a estética, la BMW C evolution es 100% eléctrica.

Es la respuesta de BMW Motorrad a la movilidad urbana con cero emisiones y gracias a su potencia nominal de 15 CV es apta para conducirse con carné A1 o B con tres años de experiencia (como si de una moto de 125 cm³ se tratase. Sin embargo, la potencia máxima del vehículo se sitúa en unos generosos 47,5 CV y por tanto tiene una capacidad de aceleración que puede equipararse a motos de combustión. De 0-50 km/h acelera en 2,7 segundos y tarda 6,2 segundos en acelerar de 0-100 km/h. BMW Motorrad abre un nuevo capítulo en la movilidad urbana. El nuevo scooter de BMW con motor eléctrico combina el placer de conducir y excelentes cualidades dinámicas con las ventajas de un vehículo que produce cero emisiones, permitiendo así experimentar nuevas vivencias en cada trayecto.





Guía sobre vehículo eléctrico e industria asociada

En concordancia con la estrategia de sostenibilidad de BMW Group, BMW Motorrad se ha propuesto abordar de manera consecuente la movilidad eléctrica. Al igual que en el caso de BMW i, también el desarrollo de la BMW C evolution se rigió por un concepto vehicular orientado hacia el futuro, lo más práctico posible y de diseño inspirador e innovador en su categoría.

La autonomía del vehículo no debe representar un problema para los trayectos diarios, pues puede recorrer 100 km con una misma carga. Como en todas las motos de BMW, el ABS es de serie y la moto dispone de cuatro modos de conducción (*Road, ECO Pro, Sail, Dynamic*) que regulan la gestión de la energía.

El chasis del BMW C evolution no tiene un bastidor de tipo convencional. El elemento central está constituido por el bastidor de aluminio inyectado que acoge la batería, y que sirve de soporte para la tubuladura de acero de la tija, así como para el mono brazo basculante y la estructura del subchasis de tubos de acero. La función de suspensión y amortiguación está a cargo, delante, de una horquilla telescópica invertida y, detrás, de una pata telescópica montada en el lado izquierdo.

La moto puede recargarse en cuatro horas con una toma de 220 V / 12 A o en 3 horas en una toma de 16 A.

14

PSA PEUGEOT CITROËN. VEHÍCULO ELÉCTRICO



14.1. LA ENERGÍA DEL FUTURO

En los últimos años hemos asistido a un intenso debate social y empresarial sobre cuál debe o puede ser la energía que alimente los motores de nuestros vehículos en el futuro. Este debate tiene diferentes componentes, que desde nuestro punto de vista se pueden resumir en tres, esto es, la energía del futuro de la automoción tendrá que cumplir tres criterios fundamentales, «las tres Aes»:

- A de Asequible.
- A de Aceptable (socialmente, políticamente, medioambientalmente).
- A de Accesible (Ampliamente distribuida con gran seguridad).

Asequible en cuanto a que el precio final al consumidor no suponga una barrera a la movilidad individual.

Aceptable, socialmente, políticamente y sobre todo medioambientalmente. La sociedad cada vez está más concienciada en el impacto que sus hábitos tienen sobre el medio ambiente, y por tanto exigirá que esta energía tenga el menor impacto medioambiental posible. También aceptable en cuanto a seguridad, ya que en ningún caso se admitirá una fuente de energía con un alto nivel de riesgo.

Accesible, La energía deberá tener una amplia red de distribución, cuya implantación no suponga un sobrecoste excesivo en el precio de la energía.

Teniendo en cuenta todos estos factores podemos concluir que la única fuente de energía que hoy en día cumple con estos criterios es la



Guía sobre vehículo eléctrico e industria asociada

electricidad, y por tanto parte de una posición de salida privilegiada respecto al resto.

Una vez llegados a esta conclusión el paso siguiente es determinar cómo se produce esta energía y sobre todo cómo se almacena, para poder satisfacer las necesidades de nuestros clientes.

Por todo esto, el grupo PSA Peugeot Citroën ha apostado por esta energía tanto en el desarrollo de vehículos 100% eléctricos como en la apuesta de una progresiva hibridación de nuestros motores, que contribuya de una manera decisiva a la reducción de las emisiones globales, satisfaciendo a la vez las necesidades de todos los clientes. Para nosotros los vehículos híbridos también son eléctricos y constituyen una oferta necesaria en nuestro plan de producto.

Este desarrollo se complementa con otros como la reducción de peso o el que la casi totalidad de nuestros componentes son reciclables.

14.2. UN POCO DE HISTORIA

La presencia del grupo PSA en el mercado del vehículo eléctrico no es algo novedoso. De hecho el primer modelo eléctrico desarrollado por el grupo se remonta a 1945 con el modelo VLV.



Figura 1. Modelo VLV.

Después de este primer intento, el grupo se metió de lleno en el desarrollo de los vehículos eléctricos en los años 70 y 80, lanzando versiones eléctricas de modelos como el Peugeot 104 o la Furgoneta J5.

Con posterioridad entre 1989 y 1995 se entregó una flota de 600 vehículos eléctricos (Citroën C15 y C25, Peugeot J5) a EDF/GDF y se colaboró activamente en el proyecto Liselec de la ciudad francesa de La Rochelle en el que se ofrecían nuestros vehículos en una de las experiencias pioneras de Car Sharing Eléctrico.



Figura 2. Citroën Saxo y Peugeot 106 en La Rochelle.

Finalmente en 1998 lanzamos una versión eléctrica de Partner, anterior a la revolución que supuso en la década del 2000 la irrupción de nuevas tecnologías, especialmente de almacenamiento, cuya máxima expresión es la batería de ion-litio.

Toda esta historia ha hecho que el Grupo PSA sea uno de los fabricantes de automóviles mejor preparados para hacer frente a los retos que la movilidad eléctrica nos exige.

15.3. LA OFERTA ACTUAL

Peugeot iOn / Citroën C-Zero

A partir de 2007 esta historia de desarrollo y apuesta por el Vehículo Eléctrico cobra una nueva dimensión con el desarrollo junto al grupo MMC de los nuevos modelos Peugeot iOn y Citroën C-Zero, que finalmente son lanzados en nuestro país en diciembre de 2010.





Figura 3. Citroën C-Zero.

Estos vehículos 100% eléctricos miden 3,48 m de largo y tienen un radio de giro de sólo 4,50 m.

Con un motor que desarrolla una potencia máxima de 47 kW (64 CV) y un par de 180 Nm, ofreciendo, de esta manera, unas prestaciones destacables (velocidad máxima de 130 km/h) y con una autonomía de 150 km en ciclo europeo normalizado.

Las baterías de ión-litio del coche pueden recargarse tanto utilizando una toma de enchufe convencional de 220 V, o en un 80% en treinta minutos gracias a su sistema de recarga rápida.



Figura 4. Peugeot iOn.

Finalmente estos vehículos cuentan con un equipamiento de fábrica propio de segmentos superiores como ABS, ESP, airbags laterales y

de cabeza, encendido automático de luces, cierre centralizado, elevalunas eléctricos... lo que permiten a este vehículo ciudadano de «emisiones cero» ofrecer una gran polivalencia de uso comparable, en términos de prestaciones y habitabilidad, a cualquier vehículo de pequeño tamaño con motor térmico convencional.



Peugeot Partner / Citroën Berlingo. Fabricadas en España.

Junto a estos modelos el Grupo PSA lanzó en 2013 las nuevas Citroën Berlingo y Peugeot Partner 100% eléctricas, estas nuevas versiones 100% eléctricas permiten ir mucho más lejos en la reducción del impacto medioambiental y ofrece a los profesionales una solución adaptada a cada uso, especialmente, el acceso a zonas reglamentadas en materia de emisiones sin comprometer la practicidad de uso y el placer de conducir.



Figura 5. Citroën Berlingo.

Desarrollado sobre la base de la furgoneta con motor térmico, este nuevo modelo reúne las últimas evoluciones tecnológicas ligadas a esta energía:

- Dotada de una cadena de tracción situada bajo el capó delantero, funciona con la ayuda de dos packs de baterías de iones de litio de alta densidad energética con una capacidad de 22,5 kW/h. Situadas bajo el piso, a ambos lados del eje trasero, que no afectan ni al buen comportamiento en carretera ni a las dimensiones de su espacio de carga.



Guía sobre vehículo eléctrico e industria asociada

- Su motor eléctrico compacto de altas prestaciones de tipo síncrono con imanes permanentes ofrece unas prestaciones dinámicas de primer orden con una potencia de 49 kW (67 CV) y un par de 200 Nm disponible de manera instantánea. Asociado a un reductor mono-marcha con toma permanente, proporciona una sensación de brío y de suavidad desde el arranque y durante todas las fases de aceleración sin necesidad de efectuar cambios de marcha.

El silencio característico de los vehículos eléctricos completa el placer de conducción que reina a bordo.

- La autonomía de 170 km en ciclo Europa (NEDC).
- Para adaptarse a todos los usos cotidianos, la furgoneta dispone de dos modos de carga de sus baterías: una carga normal (hasta 16 A) que se completa entre 6 a 9 horas y una carga rápida (hasta 125 A) que permite recargar la batería al 80% de su capacidad en tan solo 30 minutos. La trampilla de carga normal está situada sobre la aleta delantera derecha del vehículo mientras que la toma de carga rápida se sitúa en el lugar que ocupa habitualmente la trampilla de combustible, en la aleta trasera izquierda.



Figura 6. Peugeot Partner en la planta de PSA Vigo.

Estas nuevas Partner y Berlingo Eléctricas acumulan un conjunto de prestaciones inéditas para conseguir un uso optimizado tanto a nivel de confort como de seguridad:

- Una eco-conducción innovadora: la presencia bien visible en la instrumentación de un indicador de consumo o de regeneración de energía así como un indicador de consumo auxiliar (calefacción y climatización). Además, el ordenador de a bordo muestra la autonomía restante y el consumo medio en kWh.
- Una doble recuperación de energía. De esta manera se conserva la autonomía en fase de utilización.
- Un confort térmico eficiente: la calefacción de origen 100% eléctrica, ofrece una función «eco-modos» que permite que se mantenga la ventilación del habitáculo sin un sobreconsumo eléctrico preservando así la autonomía del vehículo,
- Control electrónico de estabilidad (ESP) de serie, acoplado a la ayuda al arranque en pendiente son una referencia del segmento en materia de seguridad.

Estas furgonetas están disponibles en dos longitudes (L1: 4,38 m y L2: 4,63 m), unos de los volúmenes de carga más importantes del segmento de las furgonetas. El volumen útil alcanza los 3,3 m³ en el L1 con una longitud útil de 1,80 m y 3,7 m³ en el L2 con una longitud útil de 2,05 m, y una carga útil de hasta 685 kg*, la mejor de su categoría.

Con su banqueta Multi-flex que puede alojar a tres personas delante, y permite además aumentar el volumen útil en otros 400 litros. La capacidad de carga pasa así a 3,7 m³ para el L1 con una longitud útil de 3 m y a 4,1 m³ en el L2 con una longitud útil de 3,25 m.

Adoptando la evolución estética de la nueva Partner, la Partner Eléctrica afirma su propia personalidad gracias a una decoración exterior estilizada que simboliza la tecnología eléctrica.

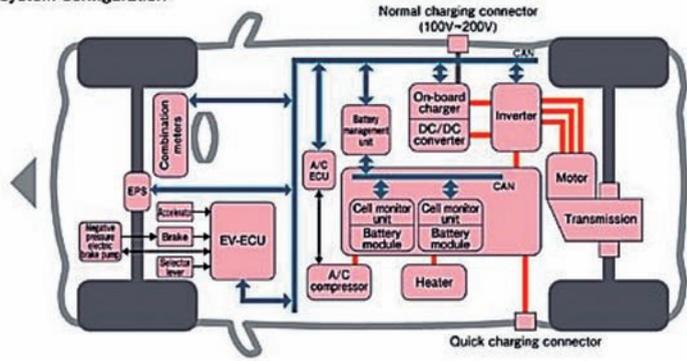
14.4. LA TECNOLOGÍA ELÉCTRICA PSA

La cadena de tracción los vehículos eléctricos PSA está constituida por un cierto número de elementos nuevos respecto a la cadena térmica tradicional, que conviene describir brevemente.





■ EV system configuration



Charging-to-driving process

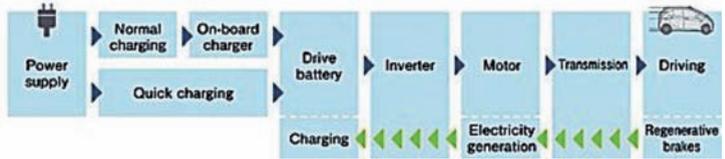


Figura 7. Cadena de tracción.

- **El motor eléctrico**

El motor eléctrico forma el corazón de la cadena de tracción eléctrica, permite el giro de un eje al transformar la energía eléctrica.

- **La batería principal o batería de tracción**

La batería desempeña el papel que el depósito de combustible desempeña en un vehículo térmico.

Se usa para alimentar la el motor eléctrico en corriente alterna vía el ondulator y el aire acondicionado y la calefacción directamente en corriente continua.

- **El cargador**

Como se ha descrito en el esquema, el cargador permite transformar corriente alterna 220 V de la red doméstica en corriente continua necesaria para la recarga de la batería.

- **El ondulator**

El ondulator permite transformar la corriente continua de la batería en corriente alterna necesaria para el funcionamiento del motor eléctrico.

- **La transmisión**

La transmisión, limitada a un reductor, permite transformar una rotación del eje de la máquina eléctrica en un movimiento de rotación del eje de las ruedas.

14.5. LAS BATERIAS

La batería de los vehículos eléctricos PSA es del tipo Ion-Litio que presenta una densidad energética muy superior a la de baterías de anterior generación.

En las baterías de nueva generación existen diferentes mezclas químicas, más o menos estables según el compuesto. El compuesto usado en la batería de iOn es el óxido de manganeso, siendo el cátodo de grafito. Se trata del mejor compromiso conseguido a nivel industrial entre prestaciones y riesgo. El electrolito utilizado garantiza un bajo riesgo de explosión. Además, se ha procedido a un gran número de pruebas críticas sobre estas baterías y todas fueron superadas con éxito.



Figura 8. Una batería constituida por células de 3,75 V (tensión nominal). Estas células están agrupadas en módulos de 16,8 o de 4 células.

La tecnología Ion-Litio garantiza además la ausencia de memoria de la batería, lo que permite por lo tanto recargar en cualquier momento la batería sin que importe su estado de carga.

Sin embargo, este tipo de baterías requiere una gestión precisa de los procesos de carga o de descarga. Concretamente:

- Un proceso de carga con temperaturas de baterías elevadas (60°C o más) o muy bajas (- 25°C) pueden dañarla.





Guía sobre vehículo eléctrico e industria asociada

- Una carga completa puede dañar el electrolito en ciertos casos de flocado del cátodo.
- Pero sobre todo, una descarga completa o un almacenamiento en vacío pueden dañar fuertemente el cátodo.

Por este motivo, iOn gestiona estas fases delicadas gracias a los distintos calculadores integrados al pasar en modo degradado o de ahorro de energía. En este sentido, por debajo de los 15% de nivel de energía, el vehículo pasa en modo ahorro con el fin de acompañar al cliente y evitar así situaciones peligrosas para la salud de la batería.

De la misma manera, un sistema de refrigeración, gracias al climatizador, permite mantener la temperatura de la batería en niveles compatibles con un buen funcionamiento.

Por último, se bloquea la recarga en caso de temperaturas inferiores a 25°C.

15

COMARTH VEHÍCULOS ELÉCTRICOS



15.1. INTRODUCCIÓN

COMARTH es un fabricante de automoción Español dedicado al diseño, desarrollo y comercialización de vehículos eléctricos de trabajo a nivel nacional e internacional. La gama de vehículos eléctricos permite atender las necesidades de clientes industriales, de servicios, mensajería, aplicaciones turísticas, etc.

Ofrece las mejores soluciones a sus clientes, estando en continuo desarrollo de proyectos e investigando sobre la mejora en los rendimientos de las baterías, aumento de la autonomía de los vehículos, comportamientos, etc. Cuenta con electrónica de última generación para entregar los vehículos más eficaces y precisos del mercado. Nuestro equipo está compuesto por diseñadores, ingenieros y especialistas con una amplia experiencia para resolver los retos más complicados, de manera que los resultados son siempre satisfactorios.

Los vehículos son ensamblados en la fabrica de Murcia y están homologados en INTA (Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial) siguiendo las directivas europeas vigentes.

La gama de vehículos disponibles, surge como una posibilidad real ante el transporte tradicional. La movilidad actual, con vehículos convencionales, producen un mayor consumo de energía, una mayor contaminación acústica y un mayor grado de emisiones que hacen que la atmósfera que respiramos sea cada vez más irrespirable.

A favor del vehículo eléctrico, la eficiencia energética está cada vez más lograda, consiguiendo rendimientos de toda una jornada de trabajo con sólo una carga de batería. Además se reducen a CERO los efectos contaminantes del vehículo convencional, tanto de emisiones sonoras como de gases de efecto invernadero. En global, el vehículo eléctrico proporciona un plus de calidad de vida en las ciudades donde se integra.



Figura 1. Balanza entre movilidad convencional y eléctrica.

15.2. RAZONES PARA ELECTRIFICACIÓN DE FLOTAS EN ENTORNOS URBANOS

Las razones principales para la implantación de vehículos eléctricos en flotas de servicios son múltiples:

- **Razones económicas**, produciendo un ahorro en el Coste Total de Operación o TCO.



	TURISMO CONVENCIONAL	TURISMO ELÉCTRICO	VEHÍCULO LIGERO ELÉCTRICO
Inversión (€)	12.000,00 €	30.000,00 €	20.000,00 €
Subvención	0,00 €	6.000,00 €	6.000,00 €
Inversión Neta (€)	12.000,00 €	24.000,00 €	14.000,00 €
Años de amortización	5	5	5
Coste anual inversión	2.400,00 €	4.800,00 €	2.800,00 €
Recorrido diario medio	80	80	80
Consumo diario (l ó kWh)	5 litros	15 kWh	10 kWh
Días Operativos	200	200	200
Precio gasoil frente a kWh	1,30 €	0,15 €	0,15 €
Coste anual consumo	1.300,00 €	450,00 €	300,00 €
Coste Mantenimiento	400,00 €	200,00 €	200,00 €
TCO Anual	4.100,00 €	5.450,00 €	3.300,00 €

- **Razones medioambientales y de salud:** son motivos inherentes al uso de un vehículo no contaminante. Actualmente la sociedad se está «mal-acostumbrando» a despertarse cada mañana con una cúpula de polución que literalmente asfixia a la población. Con el uso de este tipo de vehículos se elimina este problema.



Figura 2.

- **Razones de Responsabilidad Social Corporativa:** la RSC se ha convertido en un reto estratégico, una herramienta para aportar valor añadido a la marca y un elemento diferenciador de productos y servicios.
- **Razones normativas:** muchas sociedades europeas están trabajando duramente por la adecuación de sus núcleos urbanos hacia un ambiente de cero emisiones, aplicando restricciones de acceso en tráfico urbano a los vehículos con altas emisiones, facilitando lugares de aparcamiento y recarga para V.E., y otorgando exención de impuestos sobre este tipo de vehículos.



Figura 3.





Low Emission Zones LEZ (zonas de bajas emisiones) son áreas urbanas con restricciones de entrada a los vehículos más contaminantes. En muchas de ellas estos vehículos deben pagar una tasa por congestión (*congestion charge*) dependiendo de la catalogación del vehículo en concreto en cuanto a emisiones.

Los V.E. tienen libre acceso a dichas áreas y están libres de pagar dicha tasa.

Existen, o están en preparación, LZE y «*charging scheme*» en los siguientes países y ciudades:

- Londres, Norwich y Oxford en Reino Unido.
- Alemania en estudio para todo el país.
- Amsterdam, Arnhem, Rotterdam y Utrecht en Holanda.
- Noruega.
- Italia.
- Dinamarca.
- Portugal.
- etc.

15.3. TIPOS DE FLOTAS QUE OPERAN EN ENTORNO URBANO

15.3.1. Reparto *last mile*

- Empresas de mensajería y transportes de paquetería.
- Empresas de reparto de productos para la hostelería y comercio.
- A partir de un HUB cercano, hacen el reparto de centro de ciudad mediante V.E.
- Los VE se estacionan en el HUB, donde se puede realizar la recarga.
- En Málaga es OBLIGATORIO el reparto en centro urbano con V.E.
- Sevilla abrió un carril, en calles céntricas, EXCLUSIVAMENTE para V.E.
- Madrid dispone de un Centro Logístico (antiguo Mercado de Legazpi) para repartos con V.E.

Tabla 2.

REPARTO LAST MILE	TURISMO CONVENCIONAL	TURISMO ELÉCTRICO	VEHÍCULO LIGERO ELÉCTRICO
Inversión (€)	12.000,00 €	32.000,00 €	20.000,00 €
Subvención	0,00 €	6.000,00 €	6.000,00 €
Inversión Neta (€)	12.000,00 €	26.000,00 €	14.000,00 €
Años de amortización	5	5	5
Coste anual inversión	2.400,00 €	5.200,00 €	2.800,00 €
Recorrido diario medio	50	50	50
Consumo diario (l ó kWh)	3	9.45	7.5
Días Operativos	200	200	200
Precio gasoil frente a kWh	1,30 €	0,15 €	0,15 €
Coste anual consumo	780	283.5	225
Coste Mantenimiento	400	200	200
TCO Anual	3.580,00 €	5.683,50 €	3.225,00 €



Figura 4. Vehículo TTRUCK actualmente en servicio para MRW.

15.3.2. Servicios municipales

- Subcontratas de servicios municipales.
- Limpieza, recogida de residuos, mantenimientos, jardinería,...
- El V.E. posibilita realizar los servicios sin ruidos ni contaminación añadida.



- Las empresas disponen de garajes en los que se recargan los vehículos.
- Las administraciones públicas, en sus concursos, preconizan el uso de V.E.



Figura 5. Vehículo TTRUCK Pickup.



Figura 6. Vehículo TTRUCK recolector de basuras.



Figura 7. Vehículo TTRUCK actualmente en servicio para Parcs i Jardins de Barcelona.

Tabla 4.

SERVICIOS MUNICIPALES	TURISMO CONVENCIONAL	TURISMO ELÉCTRICO	VEHÍCULO LIGERO ELÉCTRICO
Inversión (€)	12.000,00 €	32.000,00 €	20.000,00 €
Subvención	0,00 €	6.000,00 €	6.000,00 €
Inversión Neta (€)	12.000,00 €	26.000,00 €	14.000,00 €
Años de amortización	5	5	5
Coste anual inversión	2.400,00 €	5.200,00 €	2.800,00 €
Recorrido diario medio	40	40	40
Consumo diario (l ó kWh)	2,40	7,56	6
Días Operativos	200	200	200
Precio gasoil frente a kWh	1,30 €	0,15 €	0,15 €
Coste anual consumo	624,00 €	226,80 €	180,00 €
Coste Mantenimiento	400,00 €	200,00 €	200,00 €
TCO Anual	3.424,00 €	5.626,80 €	3.180,00 €

15.3.3. Reparto postal

- Las empresas de reparto postal europeas están electrificando sus flotas en las rutas urbanas / interurbanas.
- Diferentes tipos de vehículos para las diferentes rutas.

Comarth vehículos eléctricos

- En muchas ciudades el VE pequeño tiene libre acceso al centro urbano peatonal.
- La recarga de los VE se realiza durante la noche en los garajes del servicio postal.



Tabla 5.

REPARTO POSTAL	TURISMO CONVENCIONAL	TURISMO ELÉCTRICO	VEHÍCULO LIGERO ELÉCTRICO
Inversión (€)	12.000,00 €	32.000,00 €	20.000,00 €
Subvención	0,00 €	6.000,00 €	6.000,00 €
Inversión Neta (€)	12.000,00 €	26.000,00 €	14.000,00 €
Años de amortización	5	5	5
Coste anual inversión	2.400,00 €	5.200,00 €	2.800,00 €
Recorrido diario medio	45	45	45
Consumo diario (l ó kWh)	2,70	8,50	6,75
Días Operativos	200	200	200
Precio gasoil frente a kWh	1,30 €	0,15 €	0,15 €
Coste anual consumo	702,00 €	255,15 €	202,50 €
Coste Mantenimiento	400,00 €	200,00 €	200,00 €
TCO Anual	3.502,00 €	5.655,15 €	2.962,50 €



Figura 8. Vehículo CR SPORT actualmente en POSTNORD, servicio postal de Suecia.



Figura 9. Flota de vehículos CR SPORT actualmente en LA POSTE, servicio postal de Francia.



Figura 10. Vehículo CR SPORT actualmente en POSTEN NORGE, servicio postal de Noruega.



Figura 11. Vehículo CROSS RIDER actualmente en CORREOS ESPAÑA.



15.3.4. Servicios de mantenimiento industrial

- Los servicios de mantenimiento de plantas industriales usan el V.E. para sus desplazamientos internos.
- La economía de costes, la imagen ecológica y el acceso al interior de naves y recintos cerrados, son sus principales motivos.



Figura 12. Vehículo CR SPORT actualmente en la Factoría de AIRBUS de Getafe.

15.3.5. Parques de ocio

- Los clientes de los parques de ocio agradecen un entorno limpio de ruidos y humos.
- Las dimensiones y prestaciones de los V.E. resultan ideales para el desplazamiento interno y tareas de mantenimiento.

Tabla 6.

SERVICIOS DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL	TURISMO CONVENCIONAL	TURISMO ELÉCTRICO	VEHÍCULO LIGERO ELÉCTRICO
Inversión (€)	12.000,00 €	32.000,00 €	20.000,00 €
Subvención	0,00 €	6.000,00 €	6.000,00 €
Inversión Neta (€)	12.000,00 €	26.000,00 €	14.000,00 €
Años de amortización	5	5	5
Coste anual inversión	2.400,00 €	5.200,00 €	2.800,00 €
Recorrido diario medio	100	100	100
Consumo diario (l ó kWh)	6	18,90	15
Días Operativos	200	200	200
Precio gasoil frente a kWh	1,30 €	0,15 €	0,15 €
Coste anual consumo	1.560,00 €	567,00 €	450,00 €
Coste Mantenimiento	400,00 €	200,00 €	200,00 €
TCO Anual	4.360,00 €	5.967,00 €	3.450,00 €

15.3.6. Vigilancia y seguridad

- Los vecinos de urbanizaciones con vigilancia privada agradecen el silencio de los V.E.
- Los vehículos usados actualmente, diesel en su mayoría, trabajan en velocidades bajas y con continuas paradas que elevan el consumo de combustible y disminuyen la vida útil del vehículo.



Figura 13. Vehículos CR SPORT en servicios de seguridad y vigilancia.

15.3.7. Servicios a domicilio

- Panaderías, tiendas GOURMET, heladerías, etc., cuentan con modelos V.E. para sus repartos en entornos urbanos.

Tabla 7.

SERVICIOS A DOMICILIO	TURISMO CONVENCIONAL	TURISMO E LÉCTRICO	VEHÍCULO LIGERO ELÉCTRICO
Inversión (€)	12.000,00 €	32.000,00 €	15.000,00 €
Subvención	0,00 €	6.000,00 €	2.200,00 €
Inversión Neta (€)	12.000,00 €	26.000,00 €	12.800,00 €
Años de amortización	5	5	5
Coste anual inversión	2.400,00 €	5.200,00 €	2.560,00 €
Recorrido diario medio	70	70	70
Consumo diario (l ó kWh)	4,20	13,23	10,50
Días Operativos	200	200	200
Precio gasoil frente a kWh	1,30 €	0,15 €	0,15 €
Coste anual consumo	1092,00 €	396,90 €	315,00 €
Coste Mantenimiento	400,00 €	200,00 €	200,00 €
TCO Anual	3.892,00 €	5.796,90 €	3.075,00 €





Figura 14. Vehículo CR SPORT de una empresa local de reparto de pan (La Colegiala).

15.3.8. Flotas municipales

- Las flotas municipales, además de los vehículos de las subcontratas, disponen de vehículos para distintas labores:
- Policía municipal.
- Flotas de mantenimiento.
- Servicios generales.

Casi todas estas tareas pueden realizarse mediante VE de diferentes categorías.

Los VE se recargan en los garajes del Parque Móvil Municipal.

Tabla 8.

FLOTAS MUNICIPALES	TURISMO CONVENCIONAL	TURISMO ELÉCTRICO	VEHÍCULO LIGERO ELÉCTRICO
Inversión (€)	12.000,00 €	32.000,00 €	15.000,00 €
Subvención	0,00 €	6.000,00 €	6.000,00 €
Inversión Neta (€)	12.000,00 €	26.000,00 €	9.000,00 €
Años de amortización	5	5	5
Coste anual inversión	2.400,00 €	5.200,00 €	1.800,00 €
Recorrido diario medio	25	25	25
Consumo diario (l ó kWh)	1,50	4,725	3,75
Días Operativos	200	200	200
Precio gasoil frente a kWh	1,30 €	0,15 €	0,15 €
Coste anual consumo	390,00 €	141,75 €	112,50 €
Coste Mantenimiento	400,00 €	200,00 €	200,00 €
TCO Anual	3.190,00 €	5.541,75 €	2.112,50 €



Figura 15. Vehículo CR SPORT en la Policía Local de Jacarilla.



Figura 16. Vehículo TOY RIDER del Ayuntamiento de Murcia para desplazamiento de personal.



16

NUEVA DAILY ELÉCTRICA



16.1. SOSTENIBILIDAD

El Nuevo Daily es el compañero de trabajo preferido por los profesionales del comercio, la distribución y el transporte. La tercera generación del Daily es un vehículo totalmente renovado que ofrece la mejor eficiencia del volumen de carga de su categoría. Líder en su segmento por volúmenes y capacidad de carga, con el confort y la maniobrabilidad de un turismo y con consumos aún más reducidos. El 80% de los componentes ha sido rediseñado, pero el Nuevo Daily mantiene intacta su clásica estructura de bastidor, que constituye su ADN y que le garantiza fuerza, versatilidad y durabilidad, además de una mayor facilidad de carrozado (en las versiones chasis cabina).

Iveco demuestra su mensaje de sostenibilidad medioambiental y de respeto por la naturaleza. Una responsabilidad que la empresa pone de relieve con la disponibilidad de vehículos que utilizan tracciones alternativas: el Nuevo Daily GNC, que mantiene los mismos puntos fuertes de la versión diésel en términos de par, capacidad de carga y facilidad de conducción y del Nuevo Daily Eléctrico, que mantiene las principales y exitosas características de las demás versiones de este modelo en términos de fiabilidad, confort y productividad, añadiendo una carga útil récord en un vehículo eléctrico y con cero emisiones.



Figura 1. Nuevo Daily.



16.2. NUEVO DAILY ELECTRICO

El Nuevo Daily Eléctrico, completamente renovado, introduce los componentes más competitivos y modernos para obtener un vehículo de altas prestaciones, que ofrece distintas capacidades de carga, distintas posibilidades de configuraciones y modelos que incluyen furgón, chasis cabina y minibús,



Figura 2. Nuevo Daily Eléctrico versión furgón.

16.3. PRINCIPALES COMPONENTES DEL NUEVO DAILY ELECTRICO

El Nuevo Daily incorpora la más moderna tecnología en este tipo de vehículos como lo son:

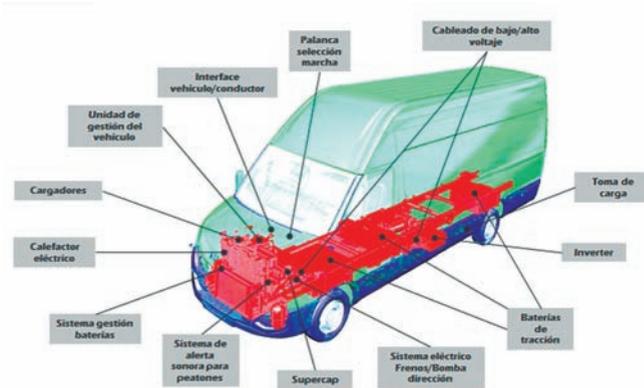


Figura 3. Principales componentes del Nuevo Daily eléctrico.

- Nuevo sistema de almacenamiento de energía con Ultra condensadores de alta potencia y baterías de sodio con diseño específico para un perfecto acoplamiento en el chasis.
- Más carga útil, más ciclos de vida y posicionamiento de los componentes que dotan al vehículo de mayor seguridad.
- Nuevo sistema de carga flexible con una entrada de carga con indicador LED para ver también desde el exterior si el vehículo está enchufado o en la carga y con un botón interno de bloqueo para evitar el robo del cable de carga mientras el vehículo está estacionado.
- El sistema de carga flexible, estándar para conectar a 380 v socket industrial o al modo de carga pública 2 o incluso a 220 V para la carga doméstica
- Un sistema de carga rápida opcional para tener la carga en 2 horas sin reducción de la duración de la batería.



NUEVA DAILY (NUEVA FLEXIBILIDAD EN LA CARGA)	
Carga pública (modo 3) @400 Vac/16A 7/10 kW	10 h
Carga privada (modo 1) @400 Vac/16A 7/10 kW	10 h
Carga rápida (modo 3) @400 Vac/32A 22 kW	2 h
Carga doméstica (modo 1) @230 Vac/16A 3,5 kW	24 h

Figura 4. Sistemas flexibles de carga.

- Sistema eficiente de alta tensión de 400 V para mejorar el rendimiento dinámico, la reducción del consumo de energía y tener más modos de conducción y 3 sistemas de modo de frenado regenerativo con función de frenado por inercia o extra frenado para pendientes muy fuertes.
- Unidad interna de calefacción de alta eficiencia y potencia ajustable, para una descongelación más rápida y calentamiento de la cabina en menos tiempo, Optimizada esta unidad para un menor consumo durante la conducción.
- Nueva interfaz hombre-máquina a través de una tablet, intuitivo y fácil de manejar. El TomTom Brigde para el Nuevo Daily IVECO, es el resultado conjunto entre TomTom e IVECO, que conjuntamente han diseñado una solución a medida para que los conductores profesionales que satisfaga sus necesidades. Su posición en el salpicadero ofrece la comodidad de un sistema totalmente integrado y la flexibilidad de un dispositivo extraíble. Incluye funciones del vehículo como monitorización de la conducción, sistema de navegación, elección modo de conducción, manual de usuario, etc.



Figura 5. Tablet control interface Hombre/Máquina.

16.4. GAMA DE PRODUCTO

El nuevo Daily Eléctrica, ofrece una gama completa de producto que incluye versiones furgón en rueda posterior sencilla o doble, en diferentes pasos y volúmenes de carga; versión chasis cabina con distintos pasos y minibús. Además con masas máximas autorizadas de 3500 y 5000 kg.

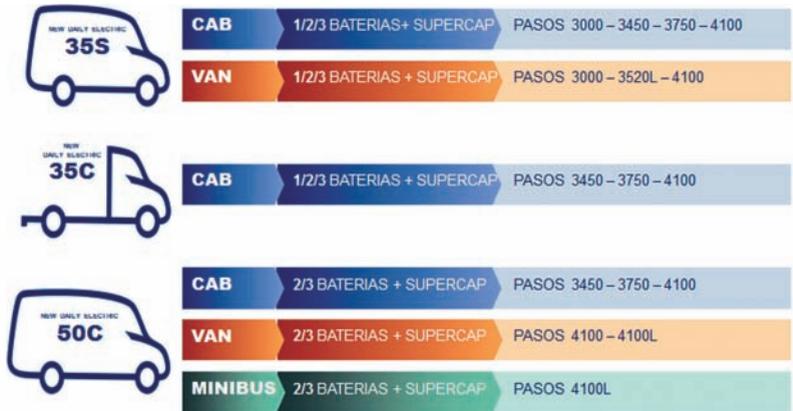


Figura 6. Gama de Producto.

16.5. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

El nuevo Daily Eléctrica, en resumen, se caracteriza por la amplia gama de producto que ofrece, la gran eficiencia gracias a su reducido consumo de energía y balance de baterías, una gran frenada regenerativa con distintos modos, ESP y ASR de serie, Hill holder, modos de conducción Eco y Power, sistema flexible y adaptable de recarga con una versión súper rápida y una autonomía de 70 a 200 km de acuerdo a la versión y configuración del vehículo.

17

BIKELECCING: TRICICLO ELÉCTRICO COMO SOLUCIÓN PARA EL SECTOR SERVICIOS Y LA MOVILIDAD URBANA



17.1. INTRODUCCIÓN. EL TRICICLO ELÉCTRICO COMO ARMA PARA COMBATIR EL CAMBIO CLIMÁTICO

Las ciudades son hoy núcleos principales de consumo energético, en gran parte, vinculado al transporte. El volumen de población que acogen, así como la actividad económica y las necesidades de movilidad, las convierten, sin embargo, en centros de contaminación atmosférica y acústica.

El deterioro del medio ambiente gana terreno frente a los factores patógenos tradicionales como elemento determinante en la salud de los países desarrollados.

Y es que el aire limpio es esencial para nuestra salud y para el medio ambiente. Sin embargo, el espectacular aumento de tráfico, entre otros factores, contribuye a la contaminación del aire en nuestros pueblos y ciudades que, a su vez, puede conducir a graves problemas sanitarios y medioambientales. Así, el coste humano de la mala calidad del aire es peor que el de los accidentes de tráfico, por lo que es la causa número uno de muerte prematura vinculada al medio ambiente en la UE¹.

En este sentido, y con la lucha contra el cambio climático como objetivo, los países de la Unión Europea² han adquirido compromisos comunes para disminuir las emisiones de CO₂ un 40% respecto a los niveles de 1990, conseguir que las energías renovables participen en un 27% en el consumo final de energía y mejorar la eficiencia energética en un 27%.

¹ Informe de la Comisión Europea para el Medio Ambiente.

² Marco sobre Energía y Clima a 2030 en la UE.



Guía del vehículo eléctrico II

Con esta meta en un horizonte a medio plazo, administraciones públicas y empresas privadas deben poner el esfuerzo en diseñar y desarrollar estrategias que favorezcan la mejora del medio ambiente, potenciando el ahorro en el consumo energético y el uso de fuentes de alimentación limpias.

El transporte, como principal fuente de emisión de gases contaminantes a la atmósfera y ruido, debe ser objeto de políticas que potencien la reducción del impacto medioambiental que supone y, por consiguiente, contribuyan a un consumo energético y una movilidad más responsables y sostenibles.

Los triciclos eléctricos pueden jugar un papel fundamental en este desafío gracias a las múltiples ventajas que proponen, tanto desde el punto de vista de la accesibilidad a cascos urbanos cada vez más cerrados a vehículos de combustión, como en términos de consumo energético y de reducción de gases de efecto invernadero.

Por supuesto, sin olvidar, que su desarrollo supone además un ejemplo del interesante y próspero nicho de mercado para nuevas iniciativas empresariales en una economía enfocada hoy por hoy al emprendimiento y al desarrollo de propuestas innovadoras.

17.2. EL TRICICLO ELÉCTRICO. POSIBILIDADES DE USO Y VENTAJAS

Bikelecing cree en la naturaleza, en que siempre hay una forma más limpia de hacer las cosas, en el concepto de ciudades inteligentes y en el respeto al medio ambiente.

Una filosofía de trabajo que marca el camino a seguir a la hora de desarrollar una tecnología cuyo uso defienda y haga prevalecer estos valores, sea cual sea el ámbito de aplicación.

Los triciclos con asistencia eléctrica al pedaleo han sido diseñados para prestar distintos servicios.



Figura 1. Operaria de Lipasam, junto a triciclo PROLIMP en carril bici de Sevilla.



Figura 2. Triciclo Prolimp.

1. Limpieza viaria. Bikelecing es proveedor de la empresa pública de limpieza de Sevilla, Lipasam, para la que ha fabricado un centenar de triciclos eléctricos del modelo PROLIMP para la limpieza de las calles de la ciudad. Estos vehículos, dotados de un carro de barrido, aumentan la movilidad de los operarios mediante un nuevo modo de desplazamiento urbano sostenible.





Guía del vehículo eléctrico II

Estos triciclos reducen los costes de desplazamiento del personal hasta su zona de trabajo, así como los tiempos de traslado de un punto a otro de su área de acción.



Figura 3. El prototipo de BKL BOX, diseñado para dar servicio a la empresa de mensajería SEUR.

2. Servicio de distribución urbana. Existen vehículos destinados a cubrir las necesidades de las empresas dedicadas a la distribución urbana.

El modelo *BKL BOX* es la solución perfecta para el sector de la mensajería, con un cajón con una capacidad de 320 litros, que permite al usuario desplazarse cómodamente por un área de reparto determinada para realizar la entrega de cartas y paquetes.

Seur, una de las compañías referentes del sector de la mensajería, ha mostrado su interés por estos vehículos.

No en vano, los nuevos paradigmas vinculados al consumo obligan a las compañías mensajeras a adaptarse con rapidez y eficacia. El comercio electrónico aumentó el año pasado un 18% con respecto a 2013, alcanzando una cifra de facturación de 14.610 millones de euros³.

³ Estudio anual sobre Comercio Electrónico B2C, realizado por el Observatorio Nacional de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, dependiente del Ministerio de Industria, Energía y Turismo.



Figura 4. Imagen del modelo *BKL Casual* para actividades de ocio y tareas diarias.



3. Ocio y usos urbanos. Los nuevos planes de ordenación urbana de las ciudades, impulsores del transporte público y de las grandes áreas peatonales, obligan a buscar nuevas alternativas de movilidad que se adapten a estas circunstancias, ofreciendo funcionalidad y eficiencia.

El modelo *BKL Casual* es un producto práctico y atractivo disponible no sólo para aquellos que deseen integrarlo en sus actividades de ocio, sino también para los que busquen una forma cómoda y sostenible de desplazarse durante la realización de sus tareas cotidianas.

Las ventajas del uso de un triciclo con asistencia eléctrica al pedaleo, en cualquiera de las áreas anteriormente expuestas, son varias y de importante calado.

Su sencillo diseño no emite ruidos, por lo que favorece la disminución de la contaminación acústica, cuestión fundamental en entornos tales como el casco histórico de la ciudad de Sevilla (y que se produce en otras grandes urbes), que cuenta con varias zonas acústicamente saturadas, como La Gavidia, La Alfalfa, Plaza de Armas o el Arenal⁴.

El principal foco de contaminación acústica lo constituye el tráfico rodado que, durante las horas punta, genera retenciones importan-

⁴ Datos de la Delegación de Urbanismo, Medio Ambiente y Parques y Jardines del Ayuntamiento de Sevilla.



Guía del vehículo eléctrico II

tes en las principales arterias de la ciudad. A lo que hay que añadir, como ocurre en Sevilla, el ruido provocado por infraestructuras ferroviarias como el Metro y el tranvía.

Por ello, sistemas de movilidad como el triciclo con asistencia eléctrica al pedaleo que utilizan los operarios de la empresa pública de limpieza se tornan en la solución ideal para favorecer la reducción de ruidos en zonas con una alta contaminación acústica.

Estos vehículos presentan además una ausencia total de contaminación y emisión de CO₂.

La mala calidad del aire no sólo es responsable de un gran número de muertes prematuras en la Unión Europea, sino que también afecta a la calidad de vida de personas que sufren afecciones respiratorias, como el asma, así como de población especialmente vulnerable, como niños y ancianos. Los costes directos de la contaminación del aire para la sociedad, incluidos los daños a los cultivos y edificios, son de unos 23.000 millones de euros al año, mientras que el gasto del impacto en la salud se estima entre 330.000 y 940.000 millones (el 9,3% del PIB de la UE)⁵.

Por último, su diseño sencillo y ligero, así como su posibilidad de circular por carriles bici, facilita su movilidad por cascos urbanos, donde el vehículo de combustión cada vez tiene el acceso más restringido, por mor del respeto a las directrices europeas marcadas para dar cumplimiento a los compromisos adquiridos en materia de reducción de gases de efecto invernadero y lucha contra el cambio climático.

Su capacidad de accesibilidad a zonas más complejas mejora la organización del trabajo de servicios de limpieza, que pueden llegar a zonas más recónditas, así como tener una mayor presencia en su radio de acción, repasar dichas áreas varias veces a lo largo de la jornada y mejorar así la productividad del operario.

Del mismo modo ocurre con los usuarios del triciclo para labores de mensajería, que logran mejorar sus tiempos y llegar con un mayor número de objetos a las distintas zonas de reparto, incrementando de esta manera la eficacia del servicio.

17.3. INNOVACIÓN. UN NICHOS DE MERCADO PARA LOS EMPRENDEDORES

La lucha contra el cambio climático y el respeto a los compromisos marcados en el seno de la Unión Europea son un excelente caldo de cultivo para nuevos proyectos empresariales como este, que buscan hacerse un hueco en el mundo corporativo con productos basados en la alta tecnología, el conocimiento y la innovación. Valores puestos al servicio de la eficiencia energética y la defensa del medio ambiente, fundamentales para garantizar una vida próspera en el planeta.

A todo esto además se une la apuesta por la fabricación netamente española.

17.4. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS. UNA MIRADA EN PROFUNDIDAD AL TRICICLO

Estos vehículos cuentan con un diseño sencillo, que hace al triciclo ligero, gracias a un chasis en aluminio 6028 de alta resistencia, con cero emisiones de CO₂, con autonomía para 100 kilómetros y que tiene un consumo energético de 0,12 céntimos cada 100 kilómetros.

El modelo ideado para el servicio de limpieza urbana cuenta con una capacidad de carga de 100 litros, que puede utilizarse para colocar los utensilios de limpieza (como ocurre en Sevilla), o a modo de contenedor (como hacen en Madrid para vaciar las papeleras de las calles), así como un cajón adicional con capacidad para 20 litros.

El *BKL Casual* cuenta con un motor eléctrico de 250 W, está diseñado para mantener una postura erguida y cómoda durante su uso y cuenta con una cesta trasera con capacidad para 72 litros, ideal para cargar bolsas de la compra o paquetes de gran tamaño. Además, está homologado de acuerdo a la norma internacional EN15194:2009 que rige los vehículos EPAC (*Electrically Power Assited Cycles*), lo que garantiza el cumplimiento de los estándares más estrictos de calidad y seguridad.

El *BKL Box*, destinado a servicios de mensajería y reparto en zonas urbanas, cuenta con un cajón de gran volumen, con capacidad para 340 litros (que se ampliará a un metro cúbico) con bandejas extraíbles y un sistema antirrobo integrado en el chasis.





Figura 5. Modelo de nicho de carga (izquierda) y sistema de carga *in situ* (derecha).

Estos vehículos se apoyan en dos sistemas de recarga de baterías para servicios industriales, que se ofrecen tanto en formato de nicho de baterías, como en sistemas de carga *in situ* en los puntos de estacionamiento de los triciclos.

18

VEHÍCULOS ELÉCTRICOS PARA EL TRANSPORTE DE CIUDADANOS



18.1. EL VEHÍCULO ELÉCTRICO COMO SOLUCIÓN DE TRANSPORTE COLECTIVO

El estado de la técnica actual permite hoy poder presentar al vehículo eléctrico como una solución global para la movilidad en las ciudades.

Más allá del tren y el Metro, ya se pueden encontrar dos medios de transporte colectivo que son capaces de garantizar la sostenibilidad medioambiental, a la vez que resultan rentables económicamente, aportando a la vez un valor añadido cada vez más apreciado por la ciudadanía: el taxi eléctrico y el autobús eléctrico.

De acuerdo al inventario de emisiones de la Comunidad de Madrid 2012, el transporte por carretera es el causante del 71% de las emisiones de NOx en la Comunidad de Madrid.

De estas emisiones, los autobuses representan un 16,4% y los taxis un 14,8%, sumando entre ambos el 31,2%.

Si, además, se tiene en cuenta la influencia del transporte por carretera en las emisiones de otros contaminantes, como NH₃ y, sobre todo, los compuestos orgánicos volátiles no metano (COVNM), la evolución de las emisiones de aquellos contaminantes para los que se han establecido techos nacionales (ver Fig. 1) debe alertar sobre la oportunidad tecnológica que se presenta para reducir las tasas de emisiones actuales.



Guía del vehículo eléctrico II

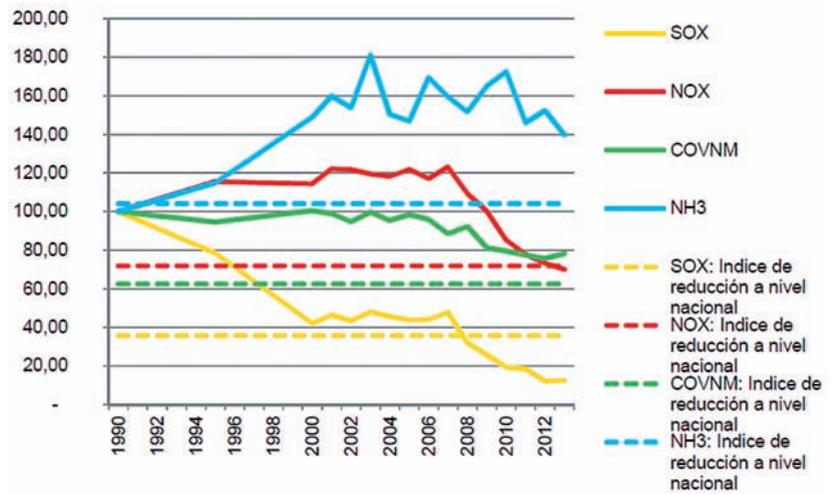


Figura 1. Evolución de las emisiones en la Comunidad de Madrid de aquellos contaminantes para los que se han establecido techos nacionales de emisión (emisiones del año 1990=100).

Sin duda, las ciudades pueden jugar un papel muy importante en la disminución de gases de efecto invernadero, actuando sobre los vehículos de transporte colectivo y contribuyendo a lograr los objetivos de Kioto para España. En la Fig. 2 se puede ver la evolución publicada por el mismo inventario de emisiones de la Comunidad de Madrid.

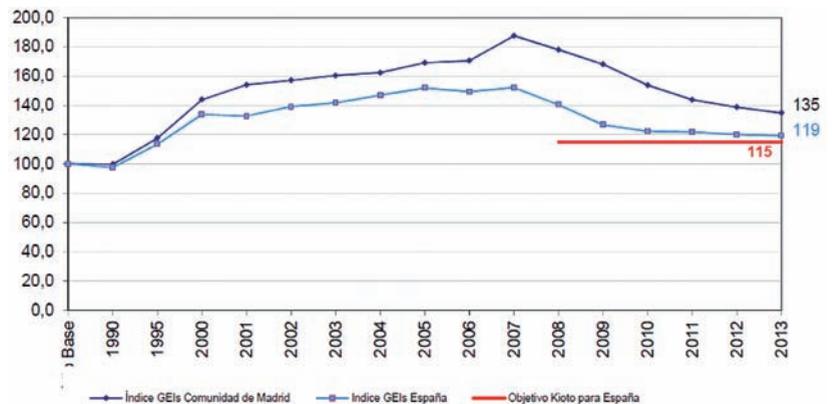


Figura 2. Índice de evolución de las emisiones de gases de efecto invernadero en la Comunidad de Madrid y en España (año base = 100).

Desde el punto de vista energético, el transporte es el principal consumidor de energía, basando además este consumo en productos

derivados del petróleo, un motivo más para centrar los esfuerzos de eficiencia energética y disminución de la dependencia del petróleo mediante la implementación de vehículos 100% eléctricos para el transporte colectivo en las ciudades.

La Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid en su publicación «Balance Energético de la Comunidad de Madrid 2013» confirma al sector del transporte como el de mayor consumo de energía final (49,6%) y supone el 88,4% del consumo total de productos derivados del petróleo, Fig. 3.

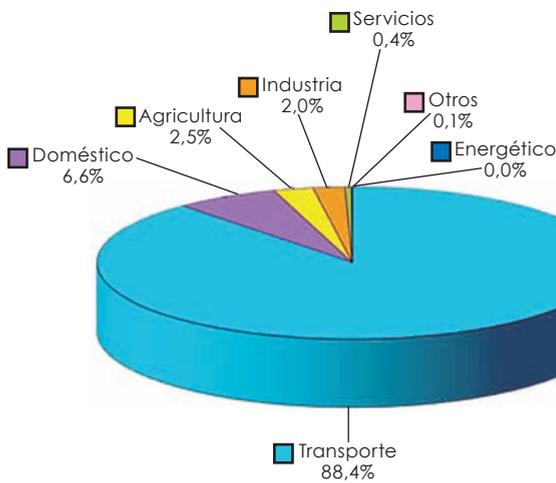


Figura 3. Estructura del consumo de derivados del petróleo por sectores de actividad en el año 2013.
Fuente: Balance energético de la Comunidad de Madrid 2013.

Hasta ahora, la principal dificultad para adoptar vehículos 100% eléctricos como solución de movilidad colectiva se centraba en la limitación para acumular la energía suficiente capaz de garantizar una autonomía acorde a las demandas de la movilidad actual. Sin embargo, se puede afirmar que la solución medioambiental y tecnológica a estas dificultades es ya hoy una realidad dentro del sector del taxi y del autobús urbano.

18.2. TAXI ELÉCTRICO

La tipología de vehículos utilizados en el servicio de taxi es muy variada y su elección por parte del taxista responde a diferentes variables, las principales son:





Guía del vehículo eléctrico II

- Rentabilidad económica: mediante análisis del TCO.
- Capacidad de adaptación a su modelo de explotación.
- Imagen del vehículo como elemento diferenciador.
- Calidad de servicio al cliente que está dispuesto a dar.
- Fiabilidad del modelo en cuestión.
- Su propio confort, no olvidemos que es su lugar de trabajo.
- Garantías y facilidades del servicio postventa.

Hasta hace poco casi nadie se planteaba la rentabilidad de un vehículo eléctrico como taxi, sencillamente porque la barrera tecnológica impedía reconocer su validez para el sector.

18.2.1. ¿Puede un vehículo 100% eléctrico ser Autotaxi?

Obviamente, no todos los vehículos eléctricos son aptos para funcionar como Autotaxi. Se pueden tomar los siguientes aspectos como referencia:

1. Se estima que un taxi trabajando a 1 turno recorre una media de 250 km al día en una ciudad como Madrid. Sin embargo, en la mayoría de ciudades españolas podría considerarse que la distancia diaria de referencia sería de 200 km.
2. En grandes ciudades, como Madrid y Barcelona, puede considerarse que un taxi trabajando a doble turno recorrería una distancia diaria de 450 km como referencia.
3. En términos de distancias anuales, para cada uno de los casos resulta más representativo establecer los estudios de TCO en base a 60.000 km/año (1 turno) y 100.000 km/año (2 turnos).
4. El vehículo debe cumplir los criterios de homologación establecidos en cada ciudad para el Autotaxi, asegurando el confort del taxista y de sus clientes.
5. El maletero debe tener capacidad suficiente de carga para asegurar que se pueden realizar la mayoría de los servicios.
6. Las prestaciones del vehículo en términos de par y potencia deben estar en línea con sus competidores con motor térmico.

Actualmente, ya existen vehículos 100% eléctricos que técnicamente están capacitados para recorrer las distancias requeridas por el sector del taxi en cada una de las ciudades europeas, Foto 1. Existe una segmentación de modelos 100% eléctricos que pueden adaptarse a los criterios de explotación y requerimientos de compra de los taxistas en función de lo comentado anteriormente, como pueden ser: Tesla model s, BYD e6, Nissan Leaf o Renault Zoe.



Foto 1. Flota de 36 taxis eléctricos durante su presentación en Bruselas en Octubre de 2014.

Una vez que la barrera tecnológica está cayendo, no es suficiente con tener modelos 100% eléctricos que puedan dar un servicio como taxi, sino que es necesario valorar también su rentabilidad económica.

18.2.2. ¿Es rentable un vehículo 100% eléctrico como Autotaxi?

A la hora de analizar la rentabilidad de un Autotaxi 100% eléctrico sólo vale el análisis concienzudo y detallado con cada taxista. En base al modelo de explotación de cada propietario se establece el TCO (*Total Cost of Ownership*) o coste de propiedad para cada caso, tratando de que fundamentalmente sea el coche el que se adapte al modelo de explotación del taxista y no al revés. No obstante, el propietario de un Autotaxi 100% eléctrico debe establecer unos criterios operativos que le permitan rentabilizar al máximo las características del vehículo eléctrico.

Actualmente, apostar por un Autotaxi 100% eléctrico supone afrontar, en el momento de la compra, una inversión superior a la media del



Guía del vehículo eléctrico II

conjunto de modelos homologados para taxi. A partir de aquí esa sobreinversión debe compensarse sobradamente en base a dos partidas fundamentales de gasto (combustible y mantenimiento) y una de ingresos (por facturación).

18.2.2.1. Ahorro energético

Frente a la compra del vehículo, que supone la principal partida de gasto en el caso de vehículo eléctrico, el combustible apenas representa entre un 10-15% del gasto total en el estudio TCO.

De este modo, la principal partida de gasto en un Autotaxi convencional se convierte en el principal concepto de ahorro en el caso de utilizar tecnología 100% eléctrica. Hay que tener en cuenta que un vehículo eléctrico se mueve en un coste energético, en función de la tarifa eléctrica seleccionada, en torno al 1,5 €/km frente a los 8 €/km del diésel y 7 €/km del híbrido gasolina. Estamos hablando de ahorros energéticos incluso superiores al 80% comparados con modelos térmicos que son utilizados hoy día como Autotaxi en casi todas las ciudades europeas.

Tabla 1. Caso práctico evaluado con los datos de un operador de taxi en Barcelona. Comparativa de ahorro energético entre un Autotaxi eléctrico modelo BYD e6 y 2 vehículos térmicos de su flota.

		(km/año)
Coste total (€)	Coste (€/Km)	60.000
Eléctrico	0,014	862 €
Diésel	0,080	4.825 €
Gasolina	0,072	4.344 €
		(km/año)
Ahorro Energético Anual VE frente a...		60.000
modelo diésel evaluado		3.963 €
modelo gasolina evaluado	HIBRIDO	3.482 €
	Periodo explotación (años)	(km/año)
Ahorro Energético VE e6 frente a ...	5	60.000
modelo diésel evaluado		19.813 €
modelo gasolina evaluado	HIBRIDO	17.408 €

En la Tabla 1 se puede ver un ejemplo concreto de la comparativa realizada con un operador de taxi en Barcelona que gestiona una flo-

ta importante de Autotaxi. De acuerdo a sus datos de explotación, se puede apreciar para este caso concreto un ahorro energético anual de casi 4.000 € respecto a un modelo diésel representativo en el sector del taxi. Y un ahorro en números redondos de 3.500 € respecto a un modelo híbrido gasolina también muy representativo que presta servicio en las principales ciudades de Europa.



18.2.2.2. Ahorro en mantenimiento de un Autotaxi 100% eléctrico

El mantenimiento, tanto preventivo como correctivo, representa la segunda partida de gasto en el TCO de un Autotaxi convencional con motor de combustión después del combustible y sin tener en cuenta el coste de inversión por la compra o financiación del vehículo. Si se tiene en cuenta la inversión a la hora de comprar el vehículo en un análisis de TCO a 5 años se vería que ambos son similares o incluso superior en el caso del mantenimiento.

Tabla 2. Comparativa del desglose de las partidas de gasto en un TCO a 5 años entre un VE y un vehículo representativo (diésel) para el sector del taxi. Caso práctico realizado con un gestor de flotas de Autotaxi.

DESGLOSE DE LA INVERSION (TCO 5 AÑOS)		
	VE	CONVENCIONAL
Adquisición vehículo	54%	20%
Consumo energético	9%	50%
Mantenimiento	17%	20%
Seguro	14%	9%
Valor residual	6%	1%
TOTAL TCO (5 años)	100%	100%

La Tabla 2 sintetiza un caso práctico extraído de un análisis de TCO comparativo por parte de un gestor de flotas de Autotaxi. Se compara un modelo 100% eléctrico y un diésel representativo homologado dentro del sector del taxi. Más allá de los datos específicos que varían de forma importante en función de los modelos elegidos, hay que tener en cuenta que el sector del taxi emplea tanto modelos considerados de alta gama, fuertemente consolidados en servicios Premium, como modelos «low cost» que empiezan a introducirse en algunas ciudades españolas. Los datos reflejan que el peso de cada una de las partidas de gasto difiere entre ambas tecnologías.



Guía del vehículo eléctrico II

El fuerte impacto que el mantenimiento juega en las partidas de gasto de un Autotaxi tradicional se justifica por la necesidad de mantener y con frecuencia reparar componentes del motor, distribución, embrague y caja de cambios, además de los mantenimientos de los sistemas sometidos a desgaste: frenos (pastillas y discos), niveles, suspensión, dirección y neumáticos, principalmente.

Diferentes marcas con modelos 100% eléctricos confirman un ahorro del 40% en el mantenimiento respecto a modelos de combustión homologados como autotaxi.

Por la simplicidad de la tecnología de tracción 100% eléctrica, no sólo se suprimen las costosas intervenciones a las que ha de enfrentarse un Autotaxi «térmico», sino que además los elementos comunes de desgaste se están convirtiendo en un factor añadido de ahorro. Así, el modo de conducción de un VE y la implicación de su conductor con la eficiencia llevan a un menor desgaste de los componentes comunes en ambas tecnologías.

18.2.2.3. Mayor rentabilidad por facturación en el Autotaxi 100% eléctrico

El valor añadido que aporta un modelo eléctrico al servicio del taxi en una ciudad no debe pasar desapercibido a la ciudadanía. Los clientes que utilizan un Autotaxi 100% eléctrico repetirían en su gran mayoría, de acuerdo a las experiencias que están reportando las primeras flotas que se están introduciendo en las principales ciudades europeas. Además, están ayudando a las ciudades a rebajar los niveles de emisiones directamente en el sector que más está penalizando.

Las nuevas tecnologías de comunicación aplicadas al taxi, como las aplicaciones vía Tablet o Smartphone para la reserva de servicios, ya se están adaptando a la incipiente demanda de taxis eléctricos. Y junto al desarrollo tecnológico, que presenta a golpe de un solo «clic» la orden de servicio, deberían añadirse los esfuerzos de la Administración en la promoción de esta tecnología. Será la suma de la promoción tecnológica-privada y las políticas en apoyo al taxi eléctrico de las ciudades las que aumenten la demanda de servicios de Autotaxi 100% eléctrico. De esta forma, mientras la Administración promociona su uso, la tecnología y las «emisoras» del sector fomentarán la reserva de servicios.

La reserva de servicios juega un papel fundamental, no sólo en el aumento de la facturación, también en la rentabilidad por el efecto en la relación de «kilómetros facturados» entre «kilómetros recorridos». Las distancias recorridas circulando en vacío se minimizan y la rentabilidad se dispara.

18.2.3. Presente y futuro del Autotaxi 100% eléctrico

El Autotaxi 100% eléctrico es ya una realidad que poco a poco va implantándose en las principales capitales europeas, como Londres, Bruselas o Amsterdam, entre otras, donde ya disponen de flotas importantes prestando servicio. Y las que no han introducido flotas representativas están en vías de hacerlo en los próximos meses.



Foto 2. Vista de un BYD e6 con los colores del taxi de Madrid.

En España son 4 los modelos que aparecen registrados como Autotaxi en 2014. En la mayoría de los casos son unidades sueltas dando servicio en alguna capital, como Valladolid, donde se matriculó la primera unidad hace más de 2 años. Al cierre de 2014 sólo existe una flota de Autotaxis 100% eléctricos en España, situada en Barcelona, donde prestan servicio 16 unidades: 13 BYD e6 y 3 Nissan eNV200.

Con la reactivación de las ayudas MOVELE al vehículo eléctrico, se espera la introducción de más flotas en diferentes capitales españolas donde exista especial interés por promover este servicio de calidad para la movilidad colectiva. En esta dirección cabe destacar las siguientes iniciativas «en estudio»:

- *Area Metropolitana de Barcelona*: desarrollo de una red de infraestructura de recarga gratuita durante 2 años, incluyendo paradas de taxi con puntos de recarga.





Guía del vehículo eléctrico II

- *Comunidad de Madrid*: asignación de una subvención de 6.000 € al Autotaxi 100% eléctrico.
- *Generalidad de Cataluña*: ayuda de 4.000 € para las primeras 23 unidades de Autotaxi 100% eléctrico.
- *Valladolid*: proyecto europeo REMOURBAN donde se adopta el compromiso de introducir una flota de vehículo eléctrico en el sector del taxi.

Es de esperar que en un futuro inmediato cualquier ciudad europea que se precie mejore la calidad de vida de sus ciudadanos en base a la reducción de emisiones y el fomento de la movilidad sostenible y eficiente, planteando un plan estratégico para la introducción y expansión paulatina de flotas de Autotaxis 100% eléctricos.

18.3. AUTOBÚS ELÉCTRICO

La caída del muro tecnológico se hace evidente cuando se habla del autobús 100% eléctrico. Hasta hace poco no existía tecnología fiable y con producción en serie capaz de garantizar la suficiente capacidad de energía embarcada para asegurar la tracción de un autobús urbano de 12 metros de longitud estándar como los que acostumbramos a ver en cualquier ciudad europea.

Un autobús 100% eléctrico de 12 metros de longitud cumpliendo con los estándares de los operadores públicos y privados, que son los que gestionan la movilidad urbana, es ya una realidad. Un vehículo que se recarga durante la noche en cochera, en tarifa supervalle, y que a la mañana siguiente sale a dar servicio ininterrumpido como uno más de la flota. Una solución de movilidad colectiva que proporciona un servicio de calidad y confort a los usuarios, y que proyecta una imagen de ciudad moderna y sostenible. Pero, además, este servicio debe ser viable y demostrarse rentable económicamente.

18.3.1. Requerimientos generales para un autobús 100% eléctrico

Cada ciudad presenta un escenario distinto por orografía, climatología, diseño de las líneas de autobuses, estándares de servicio, etc. Y, a su vez, la misma ciudad dispone a menudo de líneas con caracte-

rísticas absolutamente distintas las unas de las otras: tipo de recorrido, programación, etc.

Aun así, el autobús 100% eléctrico se postula como una solución viable en la mayoría de los casos, aunque la lógica aconseja introducir las primeras unidades en las líneas donde puedan aportar un servicio reconocido por el mayor número de ciudadanos, a la vez que se optimiza al máximo su rentabilidad económica.

Asumiendo que el autobús proporciona un servicio de movilidad colectiva de acuerdo a los estándares que cada operador exige a los vehículos, lo que por otra parte viene garantizado en gran medida por la homologación europea que todo vehículo debe obtener para prestar servicio en la Unión Europea, se considera que un autobús eléctrico es apto para la globalidad de servicios de un operador en una ciudad si es capaz de dar servicio continuado hasta 16 horas. A diferencia del resto de vehículos eléctricos, un autobús eléctrico urbano define su autonomía principalmente por los tiempos de operación, independientemente de la distancia que recorra. Para el mismo tiempo de operación un autobús puede recorrer entre 150-200 km en virtud de las velocidades medias y la disposición del número de paradas y tiempos establecidos de servicio.

Hay tres factores que afectan especialmente a la «autonomía» de un autobús eléctrico:

- *El modo de conducción:* la efectividad del conductor al usar la inercia del vehículo, así como su pericia en el uso del freno regenerativo, junto al tacto del acelerador, pueden suponer oscilaciones de hasta el 30% en el consumo energético.
- *Climatología:* el gradiente térmico entre la temperatura exterior y la temperatura de confort en el interior afecta directamente a la autonomía. Se han detectado penalizaciones en torno a 1 h en el tiempo de operación en condiciones de verano mediterráneo.
- *Orografía:* cuanto mayor sea el desnivel en el recorrido, y a mayor porcentaje de pendiente, el consumo energético será mayor, afectando a la autonomía.

En la Fig. 4 se pueden ver los resultados de consumo energético que obtuvo una unidad del modelo 100% eléctrico eBus-12 del fabricante BYD, en cada una de las 8 líneas donde prestó servicio. Para un promedio final de 115 kWh por cada 100 km se puede apreciar una desviación de 34,66 kWh, lo que da una muestra de la influencia de la orografía.



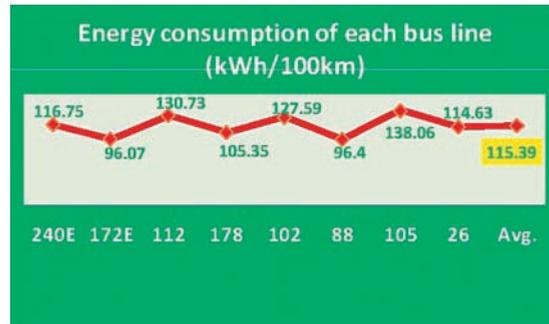


Figura 4. Datos de consumo registrados por el modelo BYD eBus-12 en 8 líneas diferentes en la ciudad de Budapest en el periodo del 11 al 28 de Julio de 2013.

18.3.2. Rentabilidad del autobús 100% eléctrico

La adecuación de los modelos actuales a los estándares de funcionamiento de los operadores no es suficiente motivo para que éstos se decidan a incorporar autobuses urbanos 100% eléctricos en las ciudades. De poco sirve que represente la mejor solución para una movilidad medioambientalmente sostenible (cero emisiones) si no es también viable económicamente.

Si bien es cierto que no se dispone de datos históricos proyectados a una explotación a 14 años, que es el tiempo que suele operar un autobús urbano, lo cual es lógico por tratarse de un producto tecnológicamente nuevo, los datos que se recogen de las primeras unidades que han empezado a operar en Europa en los últimos años son contundentes, demostrando grandes ahorros en combustible en comparación con los autobuses convencionales, ya sean diésel o GNC, e incluso con los híbridos introducidos en flotas en los últimos años. Hasta el punto que se plantea un coste promedio de 20 € diarios como gasto energético para una jornada estándar.

Otra importante partida de ahorro dentro del análisis de TCO del autobús 100% eléctrico es el mantenimiento. Los trabajos de mantenimiento preventivo y correctivo son menos exhaustivos en la tracción eléctrica. Se deduce una mayor fiabilidad del vehículo eléctrico frente a los sistemas propios de los autobuses convencionales: motores térmicos, embragues, cajas de cambio, etc. Además, el modo de conducción debe jugar un papel importante en favor del vehículo eléctrico mediante un menor desgaste de los componentes consumibles compartidos en todas las tecnologías.

Este binomio de ahorro (energético y mantenimiento) conlleva una reducción de gasto como muestra la Tabla 3. En este caso, se establece una predicción de gasto en base a consumos reales de un autobús urbano de 12 metros de longitud y 100% eléctrico que promedia 145 kWh por cada 100 km recorriendo 50.000 km anuales.

Tabla 3. Predicción de ahorro de un autobús 100% eléctrico en base a datos reales proporcionados por fabricantes y operadores.

AHORRO ENERGÉTICO ANUAL		AUTOBÚS 100% ELÉCTRICO
Respecto a...	€/año	5.075
DIESEL 12 m	28.350	23.275 €
GNC 12 m	21.000	15.925 €
HÍBRIDO 12 m	21.263	16.188 €
AHORRO MANTENIMIENTO ANUAL		AUTOBÚS 100% ELÉCTRICO
Respecto a...	€/año	10.000
DIESEL 12 m	20.250	10.250 €
GNC 12 m	22.500	12.500 €
HÍBRIDO 12 m	20.500	10.500 €
AHORRO COMBINADO ANUAL		AUTOBÚS 100% ELÉCTRICO
Respecto a...	€/año	15.075
DIESEL 12 m	48.600	33.525 €
GNC 12 m	43.500	28.425 €
HÍBRIDO 12 m	41.763	26.688 €

Desgraciadamente, no hay todavía suficiente volumen de autobuses 100% eléctricos con largos periodos de operación, estando la mayoría de ellos en proyectos piloto o en fase de implementación, por lo que se trabaja aún en base a predicciones fundamentadas en la experiencia obtenida hasta el momento. Resulta además complejo comparar tecnologías en condiciones idénticas de explotación, especialmente si se quiere trabajar con últimos modelos de cada una de ellas.

Independientemente, las primeras cifras obtenidas de vehículos eléctricos comparadas con datos históricos de autobuses convencionales que hoy en día inundan nuestras ciudades, proporcionan un orden de magnitud sobre el ahorro combinado que en una explotación a 14 años supondría:

- 469.350 € respecto al modelo diésel.
- 397.950 € respecto al modelo GNC.
- 373.625 € respecto al modelo híbrido.





18.3.3. Presente y futuro del autobús 100% eléctrico

La introducción de unidades 100% eléctricas en las principales ciudades europeas por parte de los operadores (públicos y privados) es ya una realidad. Nos encontramos en una fase donde la tecnología a menudo desborda a los profesionales del sector, que tienen que actuar con prudencia y con sentido de la oportunidad al mismo tiempo. No hay que cometer errores pero tampoco quedarse atrás, por lo que se están imponiendo las adquisiciones de unidades sueltas o pequeñas flotas con el fin de experimentar la tecnología y adaptarse internamente para incorporar más unidades a medio y largo plazo.

Aun así, los pioneros en apostar por la movilidad 100% eléctrica ya empiezan a tomar decisiones fundamentadas en las experiencias piloto. El aeropuerto de Schiphol en Amsterdam ya está recibiendo las 35 unidades del modelo BYD eBus-12 acordadas, una opción más que interesante para paliar el alto nivel de emisiones contaminantes a la vez que se aumenta la rentabilidad por parte del operador.

El fabricante BYD había realizado hasta finales de julio de 2014 pruebas piloto, con sus modelos que se comercializan en Europa, en un total de 42 ciudades europeas.



Foto 3. Autobús eléctrico cargando con estándar europeo (modo 3 con conector tipo 2).

En España se han llevado a cabo diversas actuaciones, lideradas por los principales operadores públicos como EMT (Madrid) y TMB (Barce-

lona). La ciudad de Valladolid también pretende incorporar unidades dentro del desarrollo del proyecto Remourban. Igualmente, a través del proyecto europeo Zeus, se han puesto en circulación 3 vehículos (2 en Barcelona y 1 en San Sebastián).

Existen además diversas iniciativas, tanto en España como en el resto de Europa, encaminadas a desarrollar sistemas inductivos de recarga o desarrollo de vehículos 100% eléctricos operando con cargas parciales mediante el empleo de pantógrafos.

18.4. CONCLUSIONES

La continua mejora que está experimentando la tecnología de baterías, junto con la electrónica que las gestiona, está llevando a la presentación de vehículos eléctricos con unas prestaciones y autonomías impensables hace tan sólo unos años. Hasta el punto que ya existen modelos disponibles capaces de dar servicio al transporte colectivo en las ciudades. La posibilidad de emplearlos en el sector del taxi y de los autobuses urbanos se presenta como una gran oportunidad para el desarrollo de una movilidad medioambientalmente sostenible para las ciudades, a la par que garantiza una mayor eficiencia energética. ¿Cómo afectaría a los niveles de emisiones la incorporación de esta tecnología al transporte colectivo? ¿Cómo afectaría a la curva de la demanda energética la disposición de una gran flota de autobuses y miles de taxis cargando por la noche?

La apuesta por el taxi y el autobús urbano 100% eléctricos parece la forma más rápida de valorar la influencia que el vehículo eléctrico puede tener sobre la eficiencia energética en el transporte en su conjunto, así como en la eficiencia del sistema eléctrico.

El desarrollo de una movilidad eléctrica en las grandes ciudades, centrada en el transporte colectivo de ciudadanos a través del taxi y el autobús, se está convirtiendo en el mejor banco de pruebas y provoca la generación de las primeras flotas con las que obtener datos reales que parecen confirmar los datos esperados.

Todo apunta a que van a ser los profesionales y la Administración pública los que muestren el camino y se encarguen del desarrollo inicial del vehículo eléctrico en base a su apuesta por la sostenibilidad y, por supuesto, persiguiendo la rentabilidad económica.





Foto 4. Autobús y taxi 100% eléctricos circulando juntos por Barcelona.

19

VEHÍCULOS ELÉCTRICOS PARA TRANSPORTE DE CIUDADANOS



19.1. INTRODUCCIÓN

¿Cuáles son las demandas sociales que exige la sociedad actual en el transporte urbano?

Accesibilidad universal, menores emisiones y menor gasto. La presente ponencia se ciñe a las dos últimas, que tienen que ver con la eficiencia energética y la contaminación, es decir, con la sostenibilidad. Los sistemas de transporte deben poseer una flota con la mínima cantidad de emisiones posible, accesible a todos los colectivos y, sobre todo en estos tiempos, que sea eficiente, es decir con el menor gasto energético posible. Para ello, los poderes públicos están aplicando políticas de movilidad urbana sostenible y accesible.

Surgen así los Planes de Movilidad Urbana Sostenible, que están orientados a la disminución de la contaminación ambiental y la eficiencia energética teniendo en cuenta todas las actividades relacionadas con la movilidad de las personas, desde los diseños de líneas y autobuses hasta el empleo de todos los combustibles y energías alternativos.

Los mayores contaminantes en las ciudades son, actualmente, las partículas y los óxidos de nitrógeno. Estando las partículas en cierto modo controladas, el mayor problema, dada la gran cantidad de motores diésel que circula por las ciudades, son las emisiones de óxidos de nitrógeno provocadas en mayor medida por los medios de transporte. Gracias a las políticas de movilidad urbana sostenible, se ha conseguido reducir en los últimos años la tendencia ambos contaminantes.

Por tipo de vehículo se observa que el transporte representa la mayor cantidad de emisiones de dicho contaminante y, especialmente, son los turismos diésel los causantes de estas sustancias.



El transporte de personas en las ciudades debe poder ser sostenible a lo largo del tiempo sin gastar más recursos de los necesarios ni deteriorar el medio ambiente urbano. Esto se consigue promoviendo el empleo de nuevas tecnologías de propulsión, acumulación y recuperación energética que, simultáneamente, sean más amigables con el medio ambiente. Y ello se consigue, básicamente, con la electrificación del sistema de transportes, dedicando recursos a ensayar nuevas energías y tecnologías diferentes que se puedan aplicar al mundo del autobús. Las experiencias más destacables son las realizadas con autobuses de pila de combustible, propulsión eléctrica o autobuses híbridos, sin olvidar las aplicaciones basadas en instalación de elementos que utilicen la electricidad para optimizar los sistemas convencionales.

19.2. ZONAS DE BAJAS EMISIONES

En diversas ciudades, Madrid entre ellas, se han definido zonas de especial protección medioambiental, las denominadas ZBE (zona de bajas emisiones). La definición de este tipo de áreas, por donde solo podrán circular vehículos poco contaminantes, ha contribuido al desarrollo de nuevas técnicas y a dar un gran impulso a la movilidad eléctrica.



Figura 1. Zona de Bajas Emisiones de Madrid.

Se pretende así que, la zona más interior de la ciudad, con mayor grado de posibilidad de contaminación, se vea más protegida mediante el uso de tecnologías más limpias en los autobuses. Es en estas zonas donde la movilidad eléctrica cobra una importancia fundamental y donde las inversiones que se hagan tienen una mayor rentabilidad social.

19.3. PROMOCIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS Y PROTOTIPOS DE AUTOBUSES

Los operadores encargados de prestar el servicio de transporte urbano en las grandes ciudades así como los responsables políticos de las mismas, son a menudos los entes que promocionan y promueven el desarrollo de autobuses con nuevas tecnologías, al imponer restricciones a la circulación de determinados tipos de vehículos por las calles de las ciudades y utilizando prototipos de autobuses novedosos en sus líneas regulares.

A continuación se detallan las actuaciones más importantes llevadas a cabo en los últimos tiempos y que tienen que ver con la movilidad eléctrica de personas en el transporte urbano colectivo de superficie, para contribuir a los objetivos de la calidad del aire y de la movilidad de las ciudades como Madrid.

Numerosos prototipos de todo tipo se prueban en las instalaciones de la EMT de Madrid. Muchos de ellos son a instancias de las empresas pero también, los fabricantes de autobuses solicitan la realización y publicación de los ensayos que se realizan dado que un vehículo que haya sido sometido a ensayo en operadores como la EMT de Madrid es sinónimo de que debe ser tenido en cuenta en las licitaciones.

Dada la tendencia del mercado, los últimos autobuses ensayados han sido híbridos y eléctricos, en serie y en paralelo, con baterías y supercondensadores, con motores de combustión interna o con turbina, con motores al diferencial o a las ruedas, de gasóleo o de GNC,...

Asimismo se han probado vehículos híbridos de todas las grandes marcas: MAN, MERCEDES, IVECO, SOLARIS, BMP, VOLVO, SCANIA, KING-LONG, etc. También se han ensayado autobuses eléctricos de los fabricantes FOTON, IRIZAR y BYD.





19.4. AUTOBUSES ELECTRICOS EN EL PASADO

El transporte urbano en Madrid siempre ha contado con varios tipos de energías de tracción, animal, carbón, electricidad y gasóleo, simultaneando varias de ellas. Actualmente se ha introducido el gas natural, el hidrógeno, el etanol y la electricidad, fruto todo ello de un gran compromiso con el medioambiente y del desarrollo de nuevas energías alternativas a la tradicional en los últimos 40 años, que ha sido el gasóleo.

Sin embargo, aunque actualmente los desarrollos en electromovilidad pueden parecer novedosos, los proyectos relacionados con vehículos eléctricos e híbridos comenzaron en EMT de Madrid en el año 2000.

19.4.1. Midibuses de transmisión eléctrica

Se trataba de un vehículo de longitud media (9 m) en el que se ha sustituido parte de su cadena cinemática mecánica (embrague y caja de cambios), por una transmisión eléctrica constituida por un generador, una electrónica de potencia y un motor eléctrico, además de los elementos auxiliares que ello comporta. No obstante, la energía sigue siendo suministrada por un motor térmico de gasóleo, no lleva acumulación de energía y no recupera energía de frenado.

El rendimiento de la cadena cinemática eléctrica es superior al de la cadena mecánica, por lo que produce un ahorro de combustible y de emisiones en comparación con un vehículo convencional del mismo tamaño que realice el mismo tipo de servicio; asimismo el confort de los pasajeros aumenta al aumentar la suavidad de la marcha que proporciona el motor eléctrico.

19.4.2. Autobuses de pila de combustible

EMT de Madrid ha participado en los dos grandes proyectos de autobuses urbanos propulsados por pila de hidrógeno que han existido en Europa, siendo la única empresa que ha participado en ambos por lo que llegó a tener, simultáneamente, 4 autobuses de pila de combustible en servicio.

19.4.2.1. Proyecto Cute

Se trataban de 3 autobuses MERCEDES BENZ con pila de combustible de 205 kW trabajando en la modalidad "full power", es decir, produciendo la electricidad en el momento en que se requería su empleo, sin acumulación, y trabajando en régimen transitorio.

19.4.2.2. Proyecto Citycell

Se trataba de 1 autobús IVECO, con pila de combustible de 62 kW, funcionando como vehículo híbrido, con baterías de almacenamiento y trabajando en régimen estacionario.

Se demostró que la tecnología de pila de combustible es viable en transporte urbano, con cero emisiones de gases de escape y muy baja contaminación acústica pero evidenciando también que es necesario incrementar la autonomía y fiabilidad de los vehículos, de las estaciones de carga y distribución así como la eficiencia energética del conjunto de la cadena de producción y utilización del hidrógeno.

19.5. VEHÍCULOS ELÉCTRICOS ACTUALES

19.5.1. Autobuses

Los autobuses eléctricos existentes actualmente en el mercado aún no cumplen los requerimientos de los operadores para sustituir a los autobuses convencionales de gasóleo o de gas natural comprimido. Las necesidades hacen que los vehículos deban poseer una autonomía de unos 220 km diarios, con una carga media de unos 30 pasajeros (2.250 kg) y circulando a una velocidad comercial de 13 km/h con paradas situadas a una distancia media de 350 m, además de las ocasionadas por semáforos y congestiones de tráfico.

Los autobuses actuales, con la totalidad de la energía embarcada, solo poseen autonomía, en esas condiciones, para recorrer entre 150 y 170 km, estando su consumo alrededor de los 2 kWh/km recorrido. Para los recorridos habituales requeridos en la actualidad sería, por tanto, necesario disponer de 440 kWh de energía acumulada a bordo, que implica un peso de baterías no inferior a 5.000 kg, lo que dejaría poca capacidad de carga para pasajeros.





Esto está haciendo que surjan proyectos en los que se emplean vehículos que no llevan toda la energía necesaria a bordo sino que realizan cargas parciales (de oportunidad) en las cabeceras de las líneas.

Estos sistemas pueden ser por inducción, mediante bobinas instaladas bajo el autobús y en la calzada, o mediante contacto, tipo pantógrafo, en el techo del vehículo y con una línea eléctrica aérea.



Figura 2. Minibuses eléctricos

19.5.2. Minibuses eléctricos

En Madrid están funcionando, desde hace años, unos pequeños minibuses, totalmente eléctricos, que funcionan con la energía almacenada en baterías de Ni-NaCl, recargada durante su estancia nocturna en la cochera y poseen recuperación de energía de frenado.

Se trata de 20 unidades de la marca TECNOBUS modelo GULLIVER que transitan por las calles más céntricas y estrechas de la ciudad. También cuenta con una unidad eléctrica de la firma BREDAMENARINIBUS modelo ZEUS así como 9 unidades de vehículos de turismo, marca THINK modelo CITY, para la vigilancia del carril bus.

La utilización más adecuada de estos vehículos es para los centros históricos de las ciudades, en las denominadas Zonas de Emisiones Bajas (ZEB) debido a su nula contaminación acústica y de emisiones de gases.

Los consumos y las autonomías de los tipos de vehículos existentes en la EMT de Madrid o ensayados en la misma empresa se muestran en la Tabla I.

Tabla I. Consumo y autonomía por tipo de vehículo

		AUTOBUS	MINIBUS	TURISMO
Consumo	kWh / km	1,97	0,8-0,88	0,12
Autonomía	km	85-170	90-100	175-200
Autonomía	horas	7-14	9-10	15
Vel. máxima	km / h	70	33	120

Fuente: EMT Madrid.

19.6. AUTOBUSES HÍBRIDOS

Aunque la movilidad urbana en el futuro se decanta claramente por la propulsión eléctrica, los problemas actuales de autonomía de los autobuses para cumplir las exigencias del servicio hace que los vehículos híbridos sean la solución intermedia para aplicaciones convencionales.

Los autobuses híbridos son, en consecuencia, la tecnología que permite reducir las emisiones de gases de los autobuses optimizando el consumo energético mediante la recuperación de energía de frenado y su acumulación para su empleo posterior. Adicionalmente se puede mantener el motor térmico parando cuando el autobús está detenido, tanto en las paradas como en los semáforos.

La necesidad de un transporte sostenible en la sociedad actual está fuera de todo duda, así como que la electricidad será la energía de tracción del futuro.

El sistema híbrido de tracción se perfila como el sistema a emplear hasta que los sistemas de acumulación o recepción de energía a bordo no estén suficientemente desarrollados, empleando cualquier esquema de instalación y acumulación que vaya apareciendo en el mercado.

Un vehículo híbrido es aquel que posee dos tipos de accionamiento, empleando sistemas de acumulación de energía para aumentar su eficiencia energética. Estos accionamientos son, generalmente, un motor de combustión interna y uno o más motores eléctricos. Asimismo, en lugar de un motor de combustión (de gasóleo o gas) puede utilizarse una pila de hidrógeno. Existe, además, un generador eléctrico acoplado al motor de combustión para generar la electricidad que alimenta el motor eléctrico y que es acumulada en las baterías.





Guía sobre vehículo eléctrico e industria asociada

Los sistemas híbridos, por tanto, se desarrollan para aumentar la eficiencia energética de los vehículos mediante la acumulación de energía en momentos de excesiva producción o de desaprovechamiento de la misma. Por ello es muy importante su desarrollo para el transporte urbano donde existe muchas frenadas donde se pierde energía en forma de calor en los frenos y donde una gran parte del tiempo se está detenido en paradas y semáforos y su motor térmico se encuentra al ralentí, con el consiguiente consumo innecesario de combustible.

Los autobuses híbridos pueden clasificarse, según la arquitectura con la que están dispuestos sus elementos, en tipo serie y en tipo paralelo. La mezcla de ambos sistemas, muy empleada en turismos, no se utiliza en autobuses urbanos.

Sin embargo, desde el punto de vista de la utilización urbana y para cumplir los requerimientos a emplear en las ZBE, la clasificación de la hibridación según la estrategia de control es más relevante que la clasificación por arquitectura. Según esta clasificación los vehículos híbridos pueden estar orientados a reducir las emisiones o a reducir el consumo.

19.6.1. Hibridación según su arquitectura

Las principales tipos de hibridación según la disposición de sus elementos son:

- *Hibridación paralelo.* En el tipo paralelo, el motor de combustión y el motor eléctrico están acoplados a las ruedas motrices (en paralelo), pudiendo transmitirles movimiento separada o conjuntamente a las mismas. Existe, por tanto, una conexión mecánica entre el motor de combustión y las ruedas motrices. La instalación en el vehículo sigue el esquema mecánico tradicional de la transmisión.
- *Hibridación serie.* En el tipo serie, existe una conexión «en línea» (en serie) del motor de combustión, al generador eléctrico y el motor eléctrico, no existiendo un enlace mecánico entre el motor de combustión y las ruedas motrices. Ello permite una instalación muy flexible de los componentes en el vehículo, pudiendo montarse incluso motores eléctricos de tracción independientes en cada rueda.

19.6.2. Hibridación según su objetivo

Además del tipo de hibridación según el esquema de conexión, podemos hablar de una clasificación de la hibridación según la estrategia de control de la misma o según el objetivo que se persigue: cuando el objetivo es disminuir consumo (y a consecuencia de esto las emisiones) o cuando el objetivo es disminuir las emisiones de forma selectiva por áreas (y en consecuencia el consumo del vehículo de forma global).

- *Disminución de consumo.* El vehículo no puede funcionar en modo eléctrico puro a voluntad del conductor. En este caso, la lógica del programa de implantado en la electrónica del mando del vehículo, es la que decide cuando funciona el motor de combustión y cuando está parado, dependiendo de los parámetros de diseño (estado de carga de baterías, requerimientos de potencia, etc.).
- *Disminución de emisiones.* El vehículo puede funcionar en modo eléctrico puro a voluntad del conductor (o mediante órdenes concretas enviadas por posicionamiento GPS u otros parámetros). Esto es especialmente útil en las ciudades con cascos históricos o áreas ZEB (Zonas de Bajas Emisiones). El vehículo no produce ningún tipo de contaminación en dichas áreas y recarga las baterías cuando sale de ellas.

De forma global, en cada ciclo completo de trabajo del autobús, el consumo y las emisiones disminuyen aproximadamente en las mismas cantidades, pero lo hacen de diferente modo según el objetivo previsto. En ambos casos, el motor térmico puede estar apagado en las paradas y se recupera siempre energía de frenado.



Figura 3. Autobuses híbridos de GNC. El de la derecha es enchufable (*plug-in*).



19.6.3. Utilización de componentes de autobuses híbridos

En EMT de Madrid se han llevado a cabo experiencias con todos los tipos de hibridación que se han explicado anteriormente siendo, en todos los casos, los resultados satisfactorios. Hay que destacar que se adquirieron 23 autobuses híbridos con la característica adicional de emplear todos ellos GNC como combustible para el motor térmico.

Se han empleado sistemas de hibridación serie y paralelo, sistemas que priorizan la reducción de emisiones o la reducción de consumo, acumulación en baterías y en ultracondensadores o sistemas de tracción mediante motores eléctricos en las ruedas, mediante motor eléctrico acoplado al puente trasero o mediante motor-generator acoplado a una caja de cambios manual automatizada con embrague de disco.

Efectivamente, en los sistemas de hibridación serie y paralelo se puede acumular la energía en baterías, en supercondensadores o en ambos simultáneamente. Los supercondensadores se cargan muy rápidamente durante el frenado del autobús en las paradas y se descargan también muy rápidamente permitiendo el arranque del autobús en modo eléctrico.

Sin embargo, debido a la rapidez de descarga y a su baja capacidad de almacenamiento, los autobuses que acumulan la energía eléctrica en supercondensadores, no pueden emplearse en modo eléctrico más allá de unos cientos de metros.

En cuanto a los motores eléctricos de tracción, puede emplearse un único motor acoplado a la transmisión (en cuyo caso pueden emplearse en autobuses híbridos tipo serie o paralelo) o bien con motores eléctricos montados directamente en los cubos de las ruedas motrices (pudiendo emplearse entonces únicamente en arquitectura tipo serie). Si se emplea un único motor a la transmisión, puede emplearse una caja de cambios convencional, automática o automatizada, entre el motor-generator eléctrico y el diferencial o bien un motor-generator eléctrico (sin caja de cambios) acoplado directamente al diferencial.

En cuanto las motorizaciones empleadas, aunque la mayoría de las soluciones emplean motores de combustión interna de gasóleo, tam-

bién existen motorizaciones con motores de GNC y, en algún caso, empleando turbinas de gas o de gasóleo.

En todos los casos probados por EMT de Madrid, los resultados han sido la reducción del consumo entre un 28 y 35% y la reducción de las emisiones de CO₂ y gases reglados en cantidades similares.

Las últimas adquisiciones de EMT de tecnología híbrida GNC - eléctrico serie han sido 13 unidades de vehículos de la marca CASTROSUA modelo TEMPUS así como 10 unidades del fabricante TATA HISPANO.

19.7. PROYECTO RETROFIT DE AUTOBUSES EN SERVICIO

Dado que la sustitución de autobuses convencionales por autobuses híbridos al final de la vida de aquellos será una solución que se demorará en el tiempo, se han ensayado también transformaciones de autobuses convencionales de gasóleo en autobuses híbridos mediante la eliminación de la caja de cambios y la instalación de supercondensadores y motores y generadores eléctricos. Estas transformaciones tienen un elevado coste que explica que no se hayan generalizado. Además, el ahorro de combustible y emisiones no es tan elevado como en los autobuses híbridos diseñados originalmente como tales.

En la EMT de Madrid se han transformado 4 vehículos diésel en híbrido diésel-eléctrico serie según proyecto conjunto con Valencia y Barcelona, donde se han transformado casi 90 unidades, con financiación por parte del IDAE.



Figura 4. Autobús convencional transformado en híbrido.





19.8. PROYECTO START-STOP

Es este apartado queremos hablar de una de las aplicaciones de la regeneración y acumulación de electricidad que pueden aplicarse a vehículos que no son propiamente eléctricos. Uno de los sistemas habitualmente empleados en turismos es el sistema de parada del motor térmico cuando el vehículo está detenido, p. ej. en un semáforo. Sin embargo, en vehículos industriales esto no es frecuente de ver.

Se están haciendo ensayos con una serie corta de autobuses en los que, mientras el autobús está detenido, su motor se encuentra apagado. Dado la gran porción de tiempo en el que esto ocurre en el tráfico urbano, próximo al 40% del tiempo total de trabajo, el ahorro de combustible y de emisiones es muy elevado, alcanzando valores del 8%.

El sistema empleado almacena la energía eléctrica en supercondensadores que, tras recargarse durante el trayecto entre paradas consecutivas, después es descargada hacia el motor de arranque convencional del autobús para el arranque del motor térmico. La gran intensidad de corriente y la temperatura del motor térmico hacen que este arranque más rápidamente que en condiciones normales.

19.9. CONCLUSION

La necesidad del transporte sostenible en el interior de las grandes ciudades es un hecho innegable, tanto por el tema de la contaminación local del aire como por la necesaria eficiencia energética.

Por ello, en el medio-largo plazo, la movilidad en el interior de los cascos urbanos será eléctrica, existiendo fortísimas restricciones al uso de combustibles fósiles en dicha movilidad.

En el medio plazo, y dada la falta de autonomía de los autobuses existentes para cumplir los requerimientos exigibles actuales, la aparición y el empleo de autobuses híbridos constituirá una etapa larga de transición entre los vehículos de combustión interna y los vehículos eléctricos. La duración de esta etapa vendrá definida tanto por la mejora de los sistemas de acumulación de energía a bordo como por la modificación de los hábitos de los conductores, almacenando a bordo únicamente la energía necesaria para la utilización diaria de sus vehículos.

Vehículos eléctricos para transporte de ciudadanos

En la etapa de transición en la que nos encontramos deben emplearse todos los tipos de medidas que se encuentren al alcance de los operadores para mejorar la eficiencia energética y disminuir la contaminación. Estas medidas incluyen tanto el empleo de nuevas tecnología como de nuevos combustibles, sistemas de acumulación y modificaciones en los hábitos de conducción.

La aplicación en EMT de medidas concretas en cada uno de los campos de actuación de la empresa ha permitido que todos nuestros clientes puedan disfrutar de su oferta de movilidad y desplazarse por la capital empleando la menor cantidad de energía necesaria para su transporte, utilizando las técnicas y tecnologías menos contaminantes y disponiendo de una empresa que es referencia europea en el sector del transporte urbano.



20

SEUR APUESTA POR LA MOVILIDAD SOSTENIBLE



20.1. UN COMPROMISO RESPONSABLE ECOLÓGICO SOSTENIBLE

SEUR apuesta por la innovación y la movilidad sostenible a través del desarrollo de iniciativas responsables.

Desde 2006 son muchas las iniciativas desarrolladas dentro del Programa de Movilidad Sostenible (medición de huella de carbono; incorporación de vehículos GNC, GLP, eléctricos; plan de movilidad para empleados; teletrabajo; site eco-conducción, etc.), pero, dentro de las iniciativas realizadas, cabe destacar:

- Lanzamiento de *SEUR Predict*. La solución que ofrece SEUR a sus clientes como valor añadido, cuyo objetivo es dar la opción a los destinatarios de seleccionar el día de entrega y comunicarles la «ventana horaria» de una hora en la que se va a efectuar su entrega, al mismo tiempo que permite una optimización de rutas online. Con todo ello, *SEUR Predict* permite mediante el uso de las TICs reducir desplazamientos improductivos y, por lo tanto, emisiones de CO₂ de última milla asociadas al transporte de cada envío, además de las emisiones que se producirían en las devoluciones de mercancía, reduciendo inicialmente en un 4,3% las emisiones de CO₂ por bulto transportado.
- Ampliación del programa internacional de compensación de huella de carbono, mediante el que todos los envíos internacionales a través de la red GeoPost son cero CO₂, sin coste extra para el cliente. Un programa consistente en la medición de la huella de carbono siguiendo los máximos estándares internacionales, la reducción de la misma mediante el establecimiento de iniciativas orientadas a reducir internamente la huella de carbono y la compensación de las emisiones de GEI que internamente no se pueden evitar.



Guía sobre vehículo eléctrico e industria asociada

Un programa que se establece como base de la mejora continua, que en 2013 se extendió a un total de 17 países, y mediante la cual todos los envíos internacionales de SEUR a través de la red GeoPost son CO₂-neutral y no conllevan un coste adicional para el cliente, compromiso que ha supuesto una inversión de más de 6 millones de euros en 2013 a nivel internacional.

- Participación en la Semana Europea de Movilidad Sostenible, con una campaña de sensibilización a través de los envíos entregados con vehículos ecológicos, además de campaña de sensibilización en eco-conducción y concurso a través de las redes sociales de la compañía para concienciar a los usuarios y clientes.
- Proyecto Bicis para la Vida. Programa solidario y sostenible que busca la reparación de bicicletas en un programa-taller de formación laboral para personas con discapacidad para su posterior donación gratuita a personas y colectivos desfavorecidos.

Estas medidas, unidas al compromiso por reducir los desplazamientos, potenciación de la capilaridad al ofrecer a sus clientes más de 1.000 tiendas donde entregar y recoger sus envíos, que contribuyen a aumentar la efectividad de entrega, reducir emisiones de CO₂ y evitar desplazamientos adicionales, y a las campañas de sensibilización sobre la importancia de la movilidad sostenible, vienen a contribuir a la iniciativa para la reducción de emisiones de CO₂ y posterior compensación.

Todas ellas ejemplo de iniciativas que muestran el compromiso de SEUR tanto a nivel económico como ambiental, y su apuesta continuada en el tiempo y a largo plazo por la movilidad sostenible.

20.1.1. Proyecto FREVUE 2013-2017

Es el único proyecto cofinanciado por la Unión Europea para la utilización de vehículos eléctricos en la distribución del que SEUR es socio.

Madrid fue seleccionada, junto con las ciudades de Londres, Oslo, Estocolmo, Milán, Lisboa, Ámsterdam y Rotterdam, para la puesta en marcha del proyecto FREVUE, un programa piloto demostrativo de distribución urbana de mercancías con vehículos eléctricos, y única iniciativa de este tipo seleccionada por la Comisión Europea en la pa-

sada convocatoria. Un plan con el que se busca alcanzar el objetivo de ayudar al desarrollo sostenible gracias a la utilización de vehículos eléctricos en las grandes ciudades, donde se concentra una mayor cantidad de contaminación.

En el despliegue español de FREVUE, participa SEUR junto al Ayuntamiento de Madrid, la Corporación Empresarial Pascual, TNT e ITENE, y en el mismo se cuenta con la colaboración de la EMT Madrid y el CITET, además de marcas, como Renault, que provee los vehículos eléctricos para el test.



Figura 1. Proyecto FREVUE.

El pilar fundamental del innovador proyecto *FREVUE* (*FReight Electric Vehicles in Urban Europe*), dentro del Séptimo Programa Marco de la Comisión Europea, es poner en funcionamiento un centro de consolidación o plataforma logística en el centro de Madrid, desde el que distribuir mercancías por medio de vehículos eléctricos a zonas de la capital medioambientalmente delicadas.

En colaboración con ITENE, SEUR instaló un equipo que permite monitorizar consumos online, ver parámetros de eco-conducción y posicionamiento online del vehículo eléctrico (cada 20 segundos se recibe información).

Durante esa distribución se recogerán datos de conducción gracias a los que, a través de esta iniciativa europea, se quiere canalizar y estudiar la posible mejora del uso de puntos de recarga eléctrica de Madrid y el manejo de las TIC para optimizar la utilización de vehícu-



los eléctricos en logística, así como proporcionar información sobre la disponibilidad de carga y descarga de los puntos para aumentar la eficacia del suministro global.



Figura 2. Renault Kangoo eléctrica.

20.1.2. Ampliación flota ecológica

Con el objetivo de reducir las emisiones contaminantes asociadas al transporte de mercancías, contribuir a la mejora de la calidad del aire de las ciudades y luchar contra el cambio climático, nace el Programa de Movilidad Sostenible.

Una de las líneas de actuación de este programa es el uso de vehículos y combustibles alternativos para la que, desde hace años, SEUR está probando novedades que se ajusten a las necesidades de los envíos y que ayuden a reducir las emisiones de CO₂.

Desde 2006, además del *SEUR City*, se han incorporado a la flota alternativa de SEUR bicicletas, triciclos eléctricos, vehículos de gas natural, vehículos de GLP, motos eléctricas, el vehículo eléctrico «*Cross Rider*» o la Renault Kangoo eléctrica.

De esta forma, se ha incrementado la flota ecológica en un 13%, apostando por realizar un reparto de paquetería mediante vehículos menos contaminantes, operativos ya en múltiples ciudades: Madrid, Vitoria, San Sebastián, Pamplona, Sevilla, Alicante, Málaga, Barcelona, Valencia, Tarragona, Cartagena, Murcia, San Sebastián y Segovia.

En el caso de las motos eléctricas, ofrecen claras ventajas en el reparto en cascos urbanos, por ejemplo incluyen marcha atrás, algo

que permite a los repartidores manejarse con más facilidad en calles complicadas, además tienen una autonomía de 50 km y alcanzan los 70 km/h, siendo casi silenciosa, por lo que también evita la contaminación acústica en las ciudades.

El vehículo eléctrico «Cross Rider» es un vehículo 100% eléctrico que permite el reparto de paquetes de pequeño tamaño en zonas urbanas. Tiene una velocidad máxima de 50 km/h y soporta una carga de hasta 300 kg. Gracias a su uso se reducen las emisiones contaminantes al medio ambiente, la contaminación acústica y, además, se mejora en la agilidad del reparto.



Figura 3. Cross Rider.



Figura 4. Flota ecológica SEUR.



Guía sobre vehículo eléctrico e industria asociada

Uno de los retos a los que enfrentarse es la gestión sostenible del reparto de «Última Milla». Para ello, se ha desarrollado un nuevo sistema de distribución para la pequeña paquetería que permite el reparto en zonas urbanas, al mismo tiempo que evita la circulación de vehículos de grandes dimensiones por el casco antiguo, lo que favorece una mejor conservación del patrimonio al no tener que sufrir las emisiones contaminantes propias de dichos vehículos.

En este sentido, son ya varias las ciudades en las que el reparto con bici-cargo es una realidad, como Alicante, Barcelona o Málaga, entre otras, y que pretende ir extendiéndose a otras ciudades, ya que, con su utilización, se realiza un reparto de última milla no contaminante y se refuerza el compromiso con los clientes, con el medio ambiente y con la sociedad.

Una de las ciudades en las que se han incorporado estas soluciones ha sido Sevilla, que en junio sumó a su flota un triciclo eléctrico. El SEURcity es una bicicleta manual con asistencia eléctrica de cero emisiones conforme a la reglamentación europea con una capacidad de 1,5 m³ y una autonomía para dos días de trabajo.

Las principales características técnicas de estos triciclos son:

- Potencia máxima de 250 W para el motor eléctrico de asistencia del ciclo.
- El funcionamiento motriz se interrumpe automática e inmediatamente cuando alcanza los 25 km/h o con el paro de la acción del pedaleo.
- Dimensiones: Largo: 267 cm. Ancho: 103 cm. Altura: 200 cm.
- Peso en vacío: 105 kg. Peso máximo: 360 kg.
- Frenos de disco.

Tras el éxito de esta iniciativa, en Sevilla se han puesto en marcha a inicios de 2015 las pruebas para el reparto por el centro de la ciudad con uno de los prototipos de BKL BOX.

BKL BOX está destinado a servicios de mensajería y reparto en zonas urbanas. A pesar de su gran volumen sigue siendo un triciclo eléctrico y puede circular de forma silenciosa y limpia por cualquier calle del centro urbano de su ciudad.

Sus principales ventajas son:

1. Vehículo fabricado 100% en España.
2. Chasis de aluminio 6061 alta resistencia.
3. Vehículo ligero.
4. Vehículo ecológico. Cero emisiones CO₂.
5. Cajón de gran volumen: 340 l con bandejas extraíbles.
6. Autonomía: 100 km.
7. Consumo: 0,12 € cada 100 km.
8. Vehículo silencioso.
9. Cajón trasero con cerradura.
10. Sistema antirrobo integrado en el chasis.



Figura 5. Triciclo y SEUR City.



Figura 6. Vehículos eléctricos de última milla.



Figura 7. Motos eléctricas.



Figura 8. Bicicletas.

20.2. RESULTADOS Y BENEFICIOS PARA EL MEDIO AMBIENTE Y LA SOCIEDAD

20.2.1. Beneficios medioambientales

Durante el último año, y gracias a este conjunto de iniciativas, se han reducido en 1,26% las emisiones de CO₂ asociadas al transporte, lo que, considerando el aumento de producción frente al año pasado, se traduce en una reducción de -9.24% las emisiones de CO₂ por bulto transportado.

Este indicador abarca todas las emisiones de CO₂ originadas por los servicios de transporte de cada unidad de negocio y las emitidas por proveedores externos contratados para la realización del servicio de transporte, distinguiendo dichas emisiones por los distintos medios de transporte que intervienen (transporte aéreo, por carretera y/o por ferrocarril), los tipos de combustibles utilizados (gasolina, diésel, GLP, GNC, electricidad) y dónde se producen, diferenciando las emisiones generadas durante la recogida y entrega de la mercancía (última milla) de las emisiones generadas durante el transporte entre unidades de negocio (*Line Haul*).



20.2.2. Resultados FREVUE

El cálculo potencial de ahorro de emisiones de CO₂, de acuerdo a los datos de actividad de los operadores involucrados en el proyecto, serían:

- Total kilómetros recorridos por la furgoneta eléctrica al día: 100 km.
- Consumo de furgoneta convencional: 8 l / 100 km.
- Emisiones de CO₂ por litro de combustible (diésel): 2,67 kg CO₂ eq. por litro diésel.
- Emisiones de CO₂ evitadas por el uso de furgoneta eléctrica: 21,36 kg CO₂ eq. / día.

Esto supone un total de más de 500 kg CO₂ eq. evitados al día por cada vehículo y más de 6.000 kg CO₂ eq. al año por cada vehículo eléctrico.

Además, hay que añadir la reducción en contaminación acústica que se obtiene al utilizar un vehículo eléctrico (que no emite ruido) frente a uno convencional.

20.2.3. Beneficios sociales

El establecimiento del Programa de Movilidad Sostenible ha permitido alcanzar impactos que benefician a la sociedad en general, como la reducción de emisiones de CO₂, un menor impacto sobre la calidad del aire en zonas urbanas al reducir las emisiones de óxidos de nitró-



Guía sobre vehículo eléctrico e industria asociada

geno y partículas en suspensión, una reducción de la dependencia energética y del déficit comercial exterior y la reducción de la contaminación acústica.

Además, con proyectos como FREVUE, ejemplo de la colaboración público-privada y que establece la puesta en común de experiencias e información entre distintos países y entre distintas organizaciones, hace que el avance en la materia sea mayor y más rápido, facilita que las administraciones y empresas puedan establecer planes de movilidad en base a experiencias reales y que se avance en la evolución de la introducción del vehículo eléctrico considerando a todos los actores implicados.

20.3. REFERENCIAS

- www.responsabilidadseur.com

21

EL USO DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO EN LAS ACTIVIDADES LOGÍSTICA Y REPARTO DE MERCANCÍAS



21.1. BARRERAS ACTUALES AL USO DEL VEHICULO ELÉCTRICO PARA EL REPARTO DE MERCANCÍAS

En este apartado se muestran las conclusiones obtenidas sobre el uso del vehículo eléctrico durante la mesa de debate anual organizada por el Centro Español de Logística (CEL) y Fundetec en colaboración con CITET, el pasado mes de febrero de 2015, sobre el uso de las nuevas tecnologías en la logística y el transporte de mercancías a la que asistieron representantes de las empresas: DHL Supply Chain, Logiters Logística, Norbert Destressangle Gerposa, Palletways Iberia, STEF Iberia y Zeleris (Telefónica Servicios Integrales de Distribución).

Los usuarios del sector logístico que utilizan o han pilotado el uso de vehículos eléctricos indican, por un lado, que la batería ocupa un extra de espacio que limita la carga en vehículos comerciales. De igual modo, el peso de la batería también penaliza la carga útil en sus vehículos.

Por otro lado, desde su experiencia, también estiman que la autonomía que ofrecen las diferentes alternativas no cubre sus necesidades debido a que las empresas que usan o han pilotado esta tecnología han concluido que la franja máxima de uso que les permite es de 4-5 horas y les cuesta encontrar servicios que se ajusten a esta restricción de manera rentable, siendo incluso más restringido su uso en circunstancias de frío o calor extremo o en entornos urbanos congestionados.

Por otro lado, también han observado que el hecho de que los conductores sean conscientes de que la duración de la batería de su vehículo es limitada les añade presión en una labor en la que el tiempo de entrega es crucial.



Guía sobre vehículo eléctrico e industria asociada

Los usuarios de vehículos eléctricos en el sector logístico también destacan que no existe una red adecuada de infraestructura de carga que les permita recargar los vehículos para regresar cuanto antes a sus actividades. Es más, en su opinión, el tiempo de carga de la batería es excesivamente largo, incluso en ciclos de carga rápida. Este tiempo es esencial en actividades como paquetería o mensajería.

Desde el punto de vista de medición de la huella de carbono, para los operadores logísticos también preocupa, por un lado, el origen de la energía eléctrica con la que se recarga las baterías y, por otro lado, qué se hace con las baterías al final de su vida útil. En el primer caso, si la energía eléctrica proviene de centrales térmicas se produce una penalización en la medición de la huella de carbono de los operadores logísticos. Igualmente, si no se destruyen adecuadamente las pilas al final de su vida útil, también existe una penalización. Por otro lado, surge un nuevo problema medioambiental y es la huella hídrica que provocan estos vehículos sobre todo en entornos de temperaturas extremas.

21.1.1. Propuestas de mejora para aumentar el uso del vehículo eléctrico en el transporte de mercancías

Para su viabilidad a corto y medio plazo los operadores logísticos insisten en la extensión de la red de puntos de recarga rápida, con el fin de tener disponibles puntos de recarga ante cualquier incidencia y que les sirva para programar rutas más largas pudiendo hacer recargas intermedias que no les obliguen volver a la base para recargar.

Los operadores logísticos creen que para garantizar su actividad, de momento se deberían utilizar vehículos de transporte dotados con motores auxiliares de gasóleo o gasolina o motores híbridos que sirvan de apoyo o de refuerzo para las baterías, al menos hasta que se desarrollen nuevas pilas más duraderas y fiables.

Como condiciones para la consolidación del vehículo eléctrico en el largo plazo, los operadores proponen que se investigue y se prueben nuevas tecnologías que alarguen la duración de la batería con el fin de que puedan utilizarse con más autonomía vehículos de transportes con equipos de frío, calefacciones, aires acondicionados y en condi-

ciones de tráfico intenso. Una posible solución para el sector es que se desarrolle y generalice el uso de baterías de células de hidrógeno, con mayor vida útil a prior.

En cuanto a las especificaciones de las baterías, los operadores solicitan pilas más ligeras, menos voluminosas y con mayor vida útil. Además, estiman que también hay que trabajar en la reducción de los tiempos de recarga, con el fin de facilitar la vuelta al trabajo de los vehículos con rapidez.

21.1.2. Conclusiones

El uso de los vehículos eléctricos va a ir encontrando poco a poco un hueco en las actividades logísticas y de reparto de mercancías, ya sea en una versión eléctrica 100% o en diferentes variantes híbridas.

Los operadores logísticos y las empresas del sector estiman que, por tipología de vehículo eléctrico 100% tiene su principal campo de actuación en la distribución urbana de mercancías, pero para garantizar su éxito de implantación aún quedan aspectos importantes por solucionar como son la duración, peso y dimensiones de la batería y el largo tiempo necesario para recargarla, incluso en ciclos de carga rápida.



Foto 1. Expertos reunidos el pasado 24 de febrero de 2015 en Madrid debatiendo sobre el uso de las nuevas tecnologías en las actividades logísticas y el transporte de mercancías.



21.2. PROYECTO FREVUE: AVANCES EN UNA LOGÍSTICA MÁS SOSTENIBLE

El vehículo eléctrico es una realidad en nuestras ciudades. Quizás en los desplazamientos interurbanos el paso de la tecnología de combustión a la eléctrica lo veremos a través de la hibridación, que por cierto, en Madrid tiene un gran éxito en sectores como es el del taxi. Lo que sí está claro es que en entornos urbanos y metropolitanos el vehículo eléctrico ya ha demostrado ser totalmente capaz de satisfacer las necesidades diarias de movilidad. Pero cuando hablamos de sectores que cuentan con flotas cautivas, como es el caso de la distribución urbana de mercancías, es cuando nos damos cuenta de su gran potencial. Proyectos europeos como FREVUE ayudan a demostrar la viabilidad de esta tecnología de automoción no sólo desde el punto de vista operacional sino también financiero y económico, fomentando una suerte de estrategia «win-win» entre las administraciones públicas y el sector privado.

Madrid, como muchas otras ciudades europeas y del resto del mundo, afronta desafíos importantes en materia de movilidad. Estos desafíos van mucho más allá de la solución a problemas puntuales, sino que pasan por diseñar y definir hoy en día cuál es el modelo de ciudad que queremos y debemos legar a nuestros hijos para asegurar que el mantenimiento de la actividad económica sea compatible con la calidad de vida deseada.

Precisamente, la distribución urbana de mercancías es básica, fundamental y prioritaria para la actividad económica de cualquier ciudad. Algunos datos del caso particular de Madrid que pueden servir para ilustrar los desafíos que esto representa: los vehículos comerciales ligeros por debajo de 3.500 kg representan el 82% de toda la flota comercial, mientras que el 65% de las operaciones de carga y descarga son realizadas por distribuidores de mercancías y productos alimenticios (comercio), con una duración media de las operaciones de 12 minutos. Sin embargo, el porcentaje de vehículos comerciales que estacionan incorrectamente para realizar estas operaciones asciende al 53%, según el último Informe de Estado de la Movilidad de la ciudad de Madrid, del año 2012.

Pero más allá de los problemas de congestión, la adopción de tecnologías menos contaminantes tiene una repercusión clara en uno de los aspectos que más preocupa a los ciudadanos: la contaminación y la calidad del aire que respiramos.

Por este motivo, el Área de Gobierno de Medio Ambiente y Movilidad del Ayuntamiento de Madrid viene realizando un gran esfuerzo para optimizar el consumo de energía en el ámbito territorial del municipio de Madrid y para el desarrollo de aquellas alternativas que permitan una movilidad más sostenible, como pueden ser las tecnologías de movilidad eléctrica, y muy especialmente en un sector tan fundamental para cualquier ciudad como es la distribución de mercancías y la logística.

En este sentido, Madrid siempre ha considerado muy importante colaborar e intercambiar experiencias con otras ciudades de su entorno que comparten las mismas problemáticas. Y fue así como en el año 2011 varias de las capitales y grandes ciudades europeas valoramos la posibilidad de poner en marcha un proyecto con el ánimo de avanzar en modelos logísticos más sostenibles.

21.2.1. Proyecto FREVUE, una iniciativa pionera

El proyecto FREVUE (*Validating Freight Electric Vehicles in Urban Europe*), que pertenece al Séptimo Programa Marco de la Comisión Europea, ha sido capaz de conformar un consorcio de ciudades con muy diferentes idiosincrasias y particularidades, si bien el objetivo es el mismo. Está coordinado por Londres (*Westminster City Council*), y además de Madrid, en él participan las ciudades de Oslo, Estocolmo, Lisboa, Milán, Amsterdam y Rotterdam.



Figura 1. Logotipo del Proyecto FREVUE.

El proyecto FREVUE consiste en la puesta en marcha de un proyecto de distribución urbana de mercancías mediante el empleo de vehículos eléctricos y plataformas de consolidación de carga (micro plataformas logísticas o centros de consolidación), con el objetivo de demostrar la viabilidad de esta tecnología de automoción para la distribución de «última milla», especialmente en aquellas zonas que, por sus características, son idóneas para la utilización de vehículos poco





contaminantes, silenciosos y de pequeño o medio tamaño (centros de las ciudades, zonas de bajas emisiones, zonas peatonales, etc.).

En este proyecto, el Ayuntamiento de Madrid cuenta con la colaboración de los socios logísticos SEUR, TNT y Calidad Pascual, así como con ITENE (Instituto Tecnológico del Embalaje, Transporte y Logística) para la monitorización de los datos y resultados del mismo. La Empresa Municipal de Transportes de Madrid (EMT) participa como tercera parte asociada dependiente del Ayuntamiento de Madrid aportando asistencia técnica y ayudando con la coordinación, y CITET (Centro de innovación para la Logística y el Transporte por Carretera) apoyando en la difusión de los resultados del proyecto.

21.2.2. Modelo planteado

Uno de los aspectos clave que están contribuyendo al éxito de esta prueba piloto, como se indicaba anteriormente, ha sido el establecimiento de una plataforma de consolidación o base micro-logística, céntricamente situada, que requiriera de mínimas intervenciones, y a la que pudieran acceder camiones de cierto tamaño para trasvasar la mercancía a la flota eléctrica que se emplearía en el posterior reparto capilar.



Figura 2. Concepto de plataforma de consolidación.

Tras un proceso de búsqueda de posibles emplazamientos que comenzó en la primavera de 2013, se acordó la instalación de dicha plataforma logística en Legazpi; concretamente en una parte del antiguo Mercado de Frutas y Verduras cedida temporalmente por el Ayuntamiento ma-

drileño para este fin. En dichas instalaciones se procedió asimismo a la instalación de la infraestructura de carga adecuada para los vehículos que se están utilizando en el proyecto, actuación que ha sido llevada a cabo por la empresa española IBIL. En concreto, la infraestructura de recarga instalada incluye 1 punto trifásico a 32 Amperios, 1 punto trifásico a 16 Amperios y 3 puntos de recarga monofásicos a 16 Amperios.

Estas actividades de reparto comenzaron el pasado 17 de febrero, y se prolongarán por un periodo de aproximadamente dos años. El proyecto, que cuenta con un presupuesto de casi un millón de euros, del que la Unión Europea aporta más del 50%, y el resto llega de los socios españoles y el Ayuntamiento, está permitiendo que los operadores logísticos cuenten actualmente con 4 vehículos eléctricos comerciales de distintas tipologías para el desempeño de su actividad diaria.

Más concretamente, los vehículos empleados a día de hoy en el proyecto son los que se indican en la Tabla 1.

TABLA 1. Vehículos empleados en el proyecto FREVUE.

ESPECIFICACIONES DE LOS VEHÍCULOS							
OPERADOR	FABRICANTE	MODELO	PESO (kg)	AUTONOMÍA (km)	VOLUMEN (m ³)	CAPACIDAD (kg)	BATERIA (kWh)
TNT	Renault	Kangoo Z.E.	1.426	170 km	3	650	22
Calidad Pascual	IVECO	Ecodaily	3.300	130 km	8	2.100	21,2
Calidad Pascual	Mercedes	Vito E-Cell	2.200	130 km	3,5	850	22
SEUR	Renault	Kangoo Z.E.	1.426	170 km	3	650	22

21.2.3. Primeros resultados

Los buenos resultados preliminares hacen presagiar que, en términos de gestión de la ciudad, podría ser una medida a replicar en otros emplazamientos a corto o medio plazo.

Los primeros resultados, que aún están en fase de evaluación, muestran unos datos de ahorro de 5 toneladas de CO₂ por vehículo y año, lo que da una idea del potencial ahorro en emisiones no sólo de CO₂, sino de óxidos de nitrógeno o partículas si este tipo de soluciones se generalizara. Hay que tener en cuenta que de acuerdo a datos de 2009, tan sólo el municipio de Madrid contaba con 234.301 furgonetas y camiones censados, cifra que aumentaba hasta los 643.687 para el conjunto de la Comunidad de Madrid, siendo en su gran mayoría vehículos diesel.





Foto 2. Recarga de vehículo eléctrico empleado en el proyecto FREVUE.

Uno de los aspectos que está ayudando especialmente a los operadores logísticos a realizar el seguimiento del funcionamiento de la flota eléctrica empleada, y de como ésta se adapta a sus requerimientos, es la utilización de la herramienta desarrollada por ITENE, que permite monitorizar en tiempo real el funcionamiento de los vehículos eléctricos empleados en el proyecto piloto.

A tal fin, y previo acuerdo con los fabricantes de los vehículos empleados en el proyecto, se han instalado unos «data loggers» que recogen en tiempo real datos tales como la posición GPS, la velocidad, el consumo eléctrico, el nivel de batería, la autonomía restante, las horas de conducción y los arranques y paradas realizados. Toda la información es accesible en tiempo real por los propios operadores logísticos, que pueden así realizar el seguimiento de sus operaciones. Así mismo, la herramienta permite elaborar informes de seguimiento a partir de unas plantillas establecidas, con gráficas de los distintos parámetros medidos, para un mejor control y seguimiento.

Las ventajas no sólo se generan desde el punto de vista ambiental (calidad del aire y ruido), sino también desde el punto de vista de operatividad y costes. Este segundo aspecto es fundamental para los operadores logísticos. Después de estos primeros meses de funcionamiento, los socios participantes están evaluando los ahorros que supone utilizar flota eléctrica en términos de combustible y mantenimiento de los vehículos, y los nú-

meros son claramente favorables. A este hecho se une el que la mayoría de las ciudades, Madrid incluida, contemplan incentivos y ventajas para los vehículos comerciales menos contaminantes, lo que añade ventajas operativas en lo que a la definición de la logística diaria se refiere.

A modo de ejemplo, Calidad Pascual está ya trabajando en el desarrollo de dos proyectos pilotos en la misma línea en Barcelona y un tercero en Málaga debido al éxito de la iniciativa pionera de Madrid, mientras que otro de los operadores logísticos colaboradores en el proyecto, TNT, reconoce el ahorro en transporte que supone centralizar estas tareas de distribución, y ya tiene en marcha la introducción de un segundo vehículo eléctrico.

Desde el punto de vista municipal, y más allá de los motivos ambientales mencionados, la ciudad de Madrid considera que del proyecto pueden derivarse otros interesantes beneficios, tales como:

- Contribuir al desarrollo de nuevos modelos de negocio, a partir de la mejora de la eficiencia en el sistema de distribución urbana de mercancías, probando innovadoras soluciones tecnológicas que contribuyan al desarrollo de nuevas líneas de innovación y dinamización económica.
- Proporcionar mayor visibilidad a nuevas tecnologías de movilidad que aportan beneficios ambientales y contribuyen a sensibilizar a la ciudadanía.
- Posicionar a la ciudad y a las entidades, instituciones y empresas colaboradoras como referencias punteras a nivel nacional y europeo mediante el intercambio de experiencias con otras ciudades.
- Y en definitiva, mantener el impulso municipal de la movilidad sostenible y contribuir a la mejor implantación de las diferentes políticas y estrategias públicas, incluido, por supuesto, el propio Plan de Movilidad Urbana Sostenible de la ciudad.

A modo de conclusión, remarcar que este tipo de iniciativas en las que las administraciones y el tejido económico y social colaboran estrechamente, permiten desarrollar soluciones innovadoras que ayudan a hacer de nuestras ciudades mejores lugares para vivir, ciudades más amables y sostenibles que contribuyen al mejor desarrollo de nuestra sociedad.

Más información sobre el proyecto FREVUE y las iniciativas que las otras ciudades participantes están desarrollando en <http://frevue.eu/>





Fundación de la Energía de
la Comunidad de Madrid

Energy Management Agency

Intelligent Energy  Europe

www.fenercom.com

