TIPOS DE CARGADORES PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

Una de las clasificaciones más generales de los cargadores eléctricos es mediante su ubicación dentro (*On-board*) o fuera (*Off-board*) del vehículo. Los primeros siempre se encuentran activos durante la carga, ya que son los responsables de controlar el voltaje y la corriente suministrada, lo que permite alargar la vida de la batería y reducir los tiempos de espera. Estos cargadores usualmente son de baja potencia y pueden ser conectados directamente a un enchufe de casa u oficina, aunque también pueden ser conectados a un cargador *Off-board*. Por su parte, los *Off-board* tienen una mayor potencia, permiten tiempos de carga más cortos y son instalados en lugares de interés, como hogares, comercios, oficinas, carreteras, entre otros [1][2][3][4].

A partir de los cargadores *Off-board,* se tienen otras clasificaciones, dependiendo del tipo de contacto con el vehículo, el tipo de corriente que utilizan y el número de direcciones en las que fluye la corriente, entre otros factores. La clasificación más empleada es a partir de la cantidad de potencia que son capaces de entregar. A pesar de estar divididos por niveles o modos de carga, estos dependen del estándar que en cada país o región se utilice. Los estándares, a su vez, son diseñados por distintas instituciones: la Comisión Internacional Electrotécnica (IEC) genera los que son mayormente usados en Europa; en China, son desarrollados por Guobiao (GB/T); en Estados Unidos, por la Sociedad de Ingenieros de Automoción (SAE) y el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE); y en Japón, por CHAdeMO, aunque también se utilizan los de SAE. En la Tabla 1 se muestran los diferentes niveles de carga para los estándares desarrollados por IEC, mientras que en la Tabla 2 se muestran los realizados por SAE. La diferencia principal entre cada uno de estos son los tipos de puertos y conectores que emplean, los cuales se muestran en la Tabla 3 [1][2].

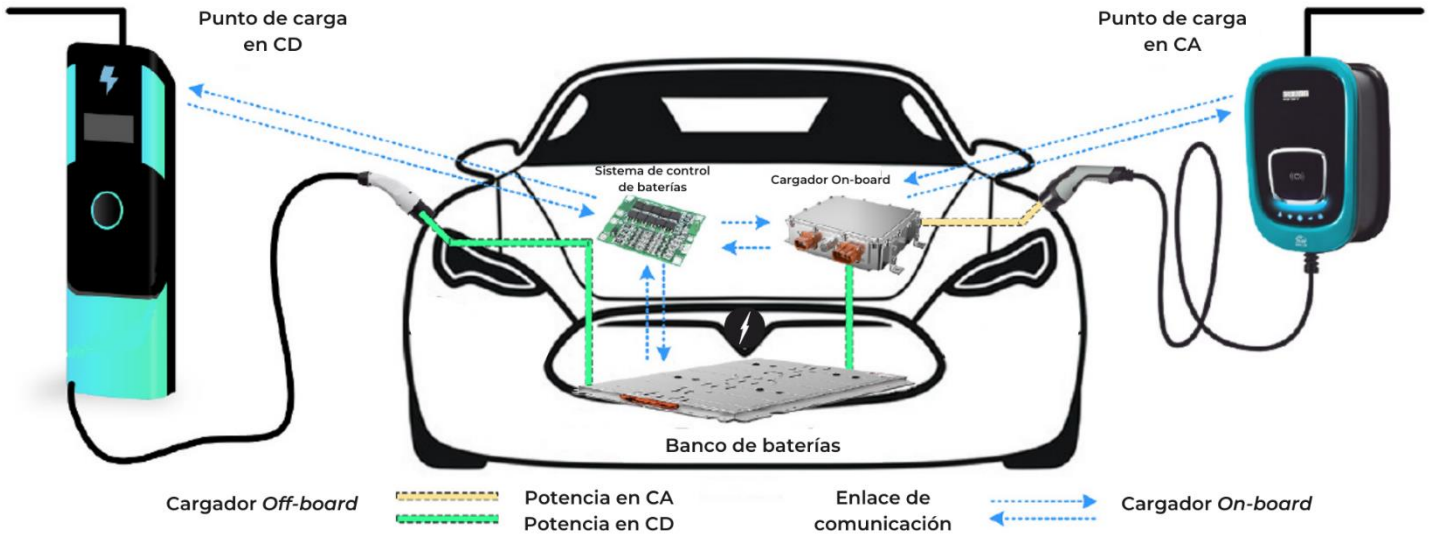

FIGURA 1. PROCESO DE CARGA EN CA Y CD. FUENTE: ADAPTADO DE [5].

Niveles de carga

En términos generales, existen cuatro niveles o modos de carga para los vehículos eléctricos (VE) y se representan por los números del 1 al 4; mientras mayor sea el número, más rápido se cargará el vehículo y, por lo tanto, mayor potencia, dinero y requerimientos técnicos necesitará el cargador.

El nivel 1 es el tipo de carga más sencillo, con una potencia de carga de 1.4 o 1.9 kW. Usualmente, un vehículo eléctrico requiere entre 8 y 12 horas para cargarse por completo. La ventaja de este es que no requiere de infraestructura adicional para ser colocado en las casas o lugares de trabajo, lo que lo hace más viable económicamente que los otros niveles. El costo total de la infraestructura necesaria para la instalación de este tipo de cargadores ronda entre 400 a 900 USD. Sin embargo, es el único nivel donde no se tiene comunicación con la red eléctrica, pudiendo generar congestión en esta [6].

El nivel 2 tiene una potencia de carga de 9.6 kW con 240 V, o 32 kW con 400 V, logrando un tiempo de recarga entre 4 y 8 horas; su costo de instalación para lugares como oficinas u hogares es entre 2,150 y 2,300 dólares. Es el más adecuado para ser instalado en hogares y espacios de trabajo, debido a que, además de poder ser conectados directamente al circuito eléctrico existente, presentan comunicación con la red eléctrica, permitiendo su estabilidad. Las estaciones de carga públicas y comerciales con este tipo de cargadores pueden costar más de 15,000 dólares, y pueden incrementar el consumo de potencia hasta un 25 % [6].

Estándar	Tipo de corriente	Modo/Nivel de carga	Fases	Voltaje (V)	Razón de carga
IEC62196	CA	Modo 1	1	120	Hasta 1.9 kW a 16 A
		Modo 2	1	240	Hasta 7.7 kW a 32 A
		Modo 3	1	250	Hasta 62.5 kW a 250 A
	CD	Modo 4	CD	600	Hasta 240 kW a 400 A
IEC61851	CA	Modo 1	1	120	Hasta 1.9 kW a 16 A
		Modo 2	1	240	Hasta 19 kW a 80 A
	CD	Modo 4	CD	200-450	Hasta 36 kW a 80 A

TABLA 1. ESTÁNDARES SEGÚN LA IEC. FUENTE: ADAPTADO DE [1].

El nivel 3 es una opción de carga rápida, en la que se requiere 130 kW de potencia a 480 V; está pensado para ser implementado en zonas de descanso de carreteras, centros comerciales, aeropuertos y otros espacios públicos similares. Debido a la alta cantidad de carga entregada, son capaces de recargar la batería de un VE en tiempos de entre 24 min a 1 hora, sin embargo, el costo de instalación de este tipo de infraestructuras varía entre 30,000 y 160,000 dólares, aproximadamente. Estos cargadores requieren un módulo de enfriamiento para centros de alta potencia, y de un mayor mantenimiento comparado con los niveles anteriores; además, pueden generar una sobrecarga en la red de distribución local durante las horas pico [6].

Tipo de corriente	Modo/Nivel de carga	Fases	Voltaje (V)	Razón de carga	Tiempo de carga	Tipo de cargador	Control de carga
AC	Nivel 1	1	120	1.4 kW a 12 A 1.9 kW a 16 A	PHEV: 7 hrs (20-100 %) BEV: 17 hrs (20-100 %)	On-board	No
	Nivel 2	1	240	Hasta 19.2 kW a 80 A	**Con cargador de 3.3 kW:** PHEV: 3 hrs (0-100 %) BEV: 7 hrs (20-100 %) **Con cargador de 7 kW:** PHEV: 1.5 hrs (0-100 %) BEV: 3.5 hrs (20-100 %) **Con cargador de 20 kW:** PHEV: 22 min (0-100 %) BEV: 1.2 hrs (20-100 %)	On-board	Sí
	*Nivel 3	1 y 3	-	>20 kW	-	-	Sí
DC	Nivel 1	CD	200-450	Hasta 36 kW a 80 A	**Con cargador de 20 kW:** PHEV: 22 min (0-80 %) BEV: 1.2 hrs (20-100 %)	Off-board	Sí
	Nivel 2	CD	200-450	Hasta 90 kW a 200 A	**Con cargador de 45 kW:** PHEV: 10 min (0-80 %) BEV: 20 min (20-80 %)	Off-board	Sí
	*Nivel 3	CD	200-600	Hasta 240 kW a 400 A	**Con cargador de 45 kW:** BEV (único): < 10 min (20-80 %)	Off-board	Sí

*No finalizado

TABLA 2. NIVELES DE CARGA SEGÚN EL ESTÁNDAR SAEJ1772. FUENTE: ADAPTADO DE [6] Y [2].

Finalmente, el nivel 4 requiere una potencia en corriente directa de entre 150 y 350 kW, por lo que la red eléctrica necesita de un transformador que permita soportar esta cantidad de potencia y entregar un voltaje de hasta 800 V, logrando tiempos de recarga de entre 5 y 10 minutos. Requiere de sistemas de protección de alto nivel, y se Implementa en lugares y/o carreteras donde los trayectos son muy largos y los tiempos de espera cortos. Se prevé que el nivel 4 se implemente para la carga de vehículos pesados. El costo de este tipo de cargadores se encuentra entre los 80,000 y 120,000 dólares, aproximadamente, incluyendo el costo de instalación, operación y mantenimiento [6].

.

Tipo	Tipo de corriente eléctrica	Estados Unidos		Japón	Unión Europea		China
Puerto	Una fase/ 3 fases en CA.	SAE J1772 Nivel 1 y 2, una fase.		SAE J1772 Nivel 1 y 2, una fase.	IEC 62196 Nivel 2 Una fase.	IEC 62196-2 Nivel 2 y 3 Una y tres fases.	IEC 62196-2 Nivel 2 y 3 Una y tres fases.
	Carga rápida en CD/ Combinación CA-CD.	Combo CA/CD Nivel 1.	Combo CA/CD Nivel 2. Combo SAE J1772	JEVS G105-1993 CHAdeMO CD Carga rápida.	IEC 62196-3 Combo híbrido CA/CD.		GB/T 20234.3-2011 Cargador rápido en CD.
Conector	Una fase/3 fases en CA.	SAE J1772 Nivel 1 y 2, una fase.		SAE J1772 Nivel 1 y 2, una fase.	IES 62196-2 Nivel 1 y 2 Una/tres fases.		IES 62196 Nivel 1 y 2 Una/tres fases.
	Carga rápida en CD/ Combinación CA-CD.	SAE J1772 Combo Nivel 2 + DC.	Supercargador Tesla.	CHAdeMO CD Carga rápida.	IEC 6219-3 Combo híbrido CA/CD.		GB/T 20234.3-2011 Carga rápida en CD.

TABLA 3. TIPOS DE CARGADORES Y PUERTOS USADOS EN EL MUNDO. FUENTE: ADAPTADO DE [1].

Clasificación de estaciones de carga

Las estaciones de carga son aquellas ubicaciones en las que existe, al menos, un cargador eléctrico. Pueden clasificarse según la potencia requerida y el lugar donde se encuentren. En cuanto a la clasificación por lugar, se tienen tres categorías: residencial, pública, y privada.

Las residenciales son las más simples y entregan electricidad al VE mediante bajo voltaje, sin embargo, no suelen tener comunicación con la red eléctrica, lo cual puede crear conflictos en esta. En una estación privada, como en oficinas, la carga de los vehículos es regulada de manera que permite aumentar o disminuir la potencia, dependiendo del porcentaje de carga de la batería y manteniendo la estabilidad en la red. Finalmente, los centros de carga públicos suelen estar constituidos, principalmente, por cargadores de nivel 2 y cargadores rápidos, por lo que su ubicación debe ser cuidadosamente seleccionada, ya que un lugar inadecuado puede impactar negativamente el perfil de la red y a sus operadores [6].

De igual forma, la clasificación por potencia tiene tres categorías: carga lenta, acelerada y rápida, lo que depende, sobre todo, de la utilización o no de cargadores *Off-board,* como se muestra en la Tabla 4.

Nivel de potencia	Ubicación del cargador	Uso típico	Tipo de conexión a la red eléctrica	Nivel de potencia de carga	Tiempo de carga	Tecnología del vehículo
Estación de carga lenta (Nivel 1) **120 V CA** **440 V CA**	On-board Una fase	Carga en casa u oficina	Enchufe convencional	1.4 kW a 12 A	11-36 hrs	PHEVs de 5 a 15 kWh
				1.9 kW a 20 A	4-11 hrs	EVs de 16 a 50 kWh
Estación de carga acelerada (Nivel 2) **440 V CA**	On-board/Off-board Una o tres fases	Carga en espacios privados y públicos	Equipo de carga para EVs	19.2 kW a 80 A	2-3 hrs	PHEVs de 5 a 15 kWh EVs de 16 a 30 kWh
Estación de carga rápida CD **(Nivel 3)**	Off-board Tres fases	Centros comerciales, carreteras, entre otros.	Equipo de carga para EVs	50 kW	24 min-1 hr	EVs de 3 a 50 kWh
				100 kW	10-30 min	EVs de 20 a 50 kWh

Tabla 4. Tipos de estaciones de carga. Fuente: Adaptada de [7].

Bibliografía

[1] H. S. Das, M. M. Rahman, S. Li, y C. W. Tan, "Electric vehicles standards, charging infrastructure, and impact on grid integration: A technological review", *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 120, núm. November 2019, 2020, doi: 10.1016/j.rser.2019.109618.

[2] J. Y. Yong, V. K. Ramachandaramurthy, K. M. Tan, y N. Mithulananthan, "A review on the state-of-the-art technologies of electric vehicle, its impacts and prospects", *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 49, pp. 365–385, 2015, doi: 10.1016/j.rser.2015.04.130.

[3] G. F. Savari *et al.*, "Assessment of charging technologies, infrastructure and charging station recommendation schemes of electric vehicles: A review", *Ain Shams Eng. J.*, vol. 14, núm. 4, p. 101938, 2023, doi: 10.1016/j.asej.2022.101938.

[4] S. Ghosh, A. K. Singh, R. Singh, R. Maurya, S. N. Singh, y G. Yang, "Intelligent control of integrated on-board charger with improved power quality and reduced charging transients", *ISA Trans.*, 2022, doi: 10.1016/j.isatra.2022.10.005.

[5] H. Tao, G. Zhang, y Z. Zheng, "Onboard Charging DC/DC Converter of Electric Vehicle Based on Synchronous Rectification and Characteristic Analysis", *J. Adv. Transp.*, vol. 2019, 2019, doi: 10.1155/2019/2613893.

[6] G. Rajendran, C. A. Vaithilingam, N. Misron, K. Naidu, y M. R. Ahmed, "A comprehensive review on system architecture and international standards for electric vehicle charging stations", *J. Energy Storage*, vol. 42, núm. August, p. 103099, 2021, doi: 10.1016/j.est.2021.103099.

AHORRAR ENERGÍA ES BIENESTAR

Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía.

Av. Revolución 1877, Col. Loreto.

Ciudad de México. C.P. 01090

Tel. (55) 3000 1000 www.gob.mx/conuee.

Elaborado en la Dirección de Movilidad y Transporte

Colaborador(a):

Wendy Eridani Medina Muñoz

Emmanuel Amador Maldonado

Abril, 2023