

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PUCP

ESTUDIO DE UN CARGADOR PORTATIL DE PRUEBA BASADO EN

EL ESTÁNDAR CCS COMBO1

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DEL GRADO

DE BACHILLER EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN INGENIERÍA

ELECTRÓNICA

AUTOR

ALEXIS ANDIA OVALLE

ASESOR:

JAVE SAGASTEGUI, JUAN ANTONIO

Lima, diciembre, 2020

RESUMEN:

Una de los objetivos de la incursión de los vehículos eléctricos en la sociedad es frenar la contaminación del planeta. Esto debido a que la energía eléctrica es más limpia en comparación de la proveniente de los combustibles fósiles.

Uno de los factores por el cual aún no se está consolidando la inclusión total de los vehículos eléctricos en las ciudades es debido a su limitado rango de autonomía. Esto ocurre principalmente porque los métodos de suministro de energía para estos vehículos aún no son del todo satisfactorios.

Se han desarrollado diversas infraestructuras de carga, las cuales se clasifican en 2 criterios de carga. Los cargadores AC son clasificados como dispositivos de carga lenta y los cargadores DC son clasificados como dispositivos de carga rápida. Todos estos cargadores funcionan bajo un protocolo de carga que se diferencian en el tipo de conector, rangos de potencia de carga y la comunicación de control entre el vehículo eléctrico y la infraestructura de carga.

Los cargadores DC más modernos pueden cargar por completo un vehículo en un tiempo alrededor de 10 minutos. Mientras que con los cargadores AC, el tiempo de carga puede extenderse hasta varias horas.

En este trabajo se desarrollará un modelo de solución del diseño de un prototipo de cargador portátil DC para EVs bajo el protocolo de carga CCS Combo1.

Este servirá para poder cargar un vehículo eléctrico sin la necesidad de tener acceso a un punto de red eléctrica.

ÍNDICE:

INTRODUCCIÓN.....	(1)
CAPÍTULO 1: PROBLEMA CLIMÁTICO Y PANORAMA ACTUAL DE LA TECNOLOGÍA RELACIONADA CON LA ELECTROMOVILIDAD.....	(2)
1.1 Motivación y definición de la problemática.....	(2)
1.2 Estado del arte.....	(5)
1.2.1 Estado del arte de los vehículos eléctricos.....	(5)
1.2.2 Estado del arte de las baterías.....	(6)
1.2.3 Estado de las infraestructuras y métodos de carga.....	(7)
1.3 Justificación.....	(9)
1.4 Objetivos.....	(10)
1.4.1 Objetivo general.....	(10)
1.4.2 Objetivos específicos.....	(10)
CAPÍTULO 2: FUNDAMENTOS TEÓRICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN CARGADOR PORTÁTIL CCS COMBO1.....	(11)
2.1 Visión general.....	(11)
2.2 Marco teórico.....	(14)
2.2.1 Métodos de carga.....	(12)
2.2.1.2 Carga DC.....	(13)
2.2.2 Estándares para la carga rápida DC.....	(13)
2.2.2.1 Estándar CCS Combo 1.....	(14)
2.2.2.1.1 Partes del conector CCS Combo1.....	(18)
2.2.2.1.2 Circuito de potencia.....	(18)
CONCLUSIONES.....	(19)
RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....	(20)
REFERENCIAS.....	(21)

ÍNDICE DE FIGURAS:

Figura 1. Estructura de consumo final de energía por fuente (2016)	(4)
Figura 2. Visión general del prototipo planteado	(11)
Figura 3. Diagrama de bloques propuesto.....	(12)
Figura 4. Descripción de los pines del conector CCS Combo 1.....	(15)
Figura 5. Descripción de los pines del conector CCS Combo 1.....	(17)
Figura 6. Circuito de potencia del cargador portátil.....	(18)
Figura 7. Esquema del circuito de potencia del conversor DC/DC planteado.....	(18)

ÍNDICE DE TABLAS:

Tabla 1: Escenario de emisiones de CO2 (2016)	(2)
Tabla 2: Autonomía de EVs populares.....	(6)
Tabla 3. Principales estándares de carga rápida en el mundo.....	(8)
Tabla 4: Características de los principales estándares de carga rápida en el mundo.....	(13)
Tabla 5: Estados del EV establecida por la línea de comunicación.....	(16)
Tabla 6: Estados de conexión entre el conector externo y el vehículo.....	(17)

INTRODUCCIÓN:

Hoy en día, los combustibles fósiles ocupan el primer lugar en la demanda mundial de energía y se estima que en los siguientes años irá en incremento, sobre todo en países de alto índice de crecimiento económico. A lo largo de los últimos años, los combustibles fósiles siguen siendo fundamentales para el sistema de energía a nivel mundial. Sin embargo, las naciones alrededor del mundo han comenzado a preocuparse por el calentamiento global. Y, desde el punto de vista energético, los gases emitidos de los diferentes combustibles fósiles son uno de los principales contribuyentes a dicho cambio climático. Debido a esto, diversas políticas de energía relacionadas al tema están contribuyendo de diferentes maneras para frenar gradualmente la contaminación del aire causada por los gases de efecto invernadero. Una de estas políticas es la inclusión de vehículos eléctricos en la sociedad. Sin embargo, una de las desventajas es la baja autonomía que posee un vehículo eléctrico en comparación de un vehículo de combustión interna. Consecuentemente, las infraestructuras de carga de vehículos eléctricos ocupan un rol importante en la reducción de esta deficiencia.

Dicho esto, ¿Cuáles son infraestructuras de carga existentes? ¿Y, cuales ayudarían eficientemente en la inclusión de vehículos eléctricos en el Perú?

CAPÍTULO 1

PROBLEMA CLIMÁTICO Y PANORAMA ACTUAL DE LA TECNOLOGÍA RELACIONADA CON LA ELECTROMOVILIDAD

1.1 Motivación y definición de la problemática

Diversos países están enfatizando en el desarrollo de nuevas políticas para un desarrollo energético más sostenible. De este modo se introduce el concepto de la transición energética, la cual busca cambiar la estructura de los sistemas energéticos en distintas áreas con el fin de que sean más amigables con la naturaleza. La transición energética hacia energías renovables juega un papel muy importante para reducir la contaminación ambiental [1] [2].

El medio de transporte clásico, el cual consiste de vehículos con motor a combustión interna es uno de los principales contaminantes a nivel mundial proveniente de la actividad humana, ya que son impulsados con combustibles fósiles, lo cual libera gases de efecto invernadero a la atmósfera, principalmente CO₂ [1] [3].

Según la agencia internacional de energía (IEA), las emisiones de CO₂ provenientes de combustibles fósiles superan la cifra de 30 Gt anuales desde el año 2010 y se estima que esta cifra continuará aumentando en los siguientes años [1] [4].

Tabla 1: Escenario de emisiones de CO₂ (2016). Fuente: [4]

Escenario de emisiones de CO₂ (2016)		
Región	Emisiones de CO₂ debido al uso de combustibles (Mt)	Emisiones de CO₂ en el sector transporte(Mt)
Mundo	32314.2	7866.0
Asia	17426.7	2440.5
América	7003.4	2489.4
Europa	5048.6	1231.5
África	1157.6	349.9
Oceania	437.8	114.7

Como se puede observar en la Tabla 1, en América se estimó un promedio de 7 Gt en el año 2016. Además, el sector transporte es el segundo sector que produce más emisiones de CO₂ en el mundo [1].

Respecto a Perú, el sector transporte es el principal responsable de las emisiones totales de CO₂ en el país con aproximadamente 20 millones de kg respecto al total de 35 millones de kg, según datos estadísticos del 2017. Se proyecta que estos números aumentarán en los siguientes años [8].

Para el año 2050 se estima que habrá 2 billones de vehículos sobre las carreteras del mundo [5]. Por ende, la transición energética en el sector transporte está tomando fuerza en los últimos años. Se planea reemplazar los convencionales vehículos de combustión interna a vehículos impulsados con energía eléctrica (EV). Y por lo tanto contribuir a la reducción de gases contaminantes en el aire vinculados al cambio climático [1] [6].

Las principales empresas de automóviles a nivel mundial ya se están involucrando al respecto. De modo que, ya se tiene en el mercado variados modelos de vehículos eléctricos disponibles. Estas empresas cada consiguiente año disponen de metas más elevadas en cuanto al número de ventas de EVs. Por ende, el mercado tecnológico relacionado a la electromovilidad está en progresivo desarrollo y crecimiento a nivel mundial [7].

Como se puede observar en la Figura 1, el Perú cuenta con una matriz energética altamente dependiente de los hidrocarburos, el cual ocupa más de la mitad del total de consumo final de energía. A raíz de esto, la balanza comercial de hidrocarburos es negativa con más de USD 2 000 millones anuales. Es decir, se importa más de lo que exporta en cuanto a hidrocarburos [8] [9].

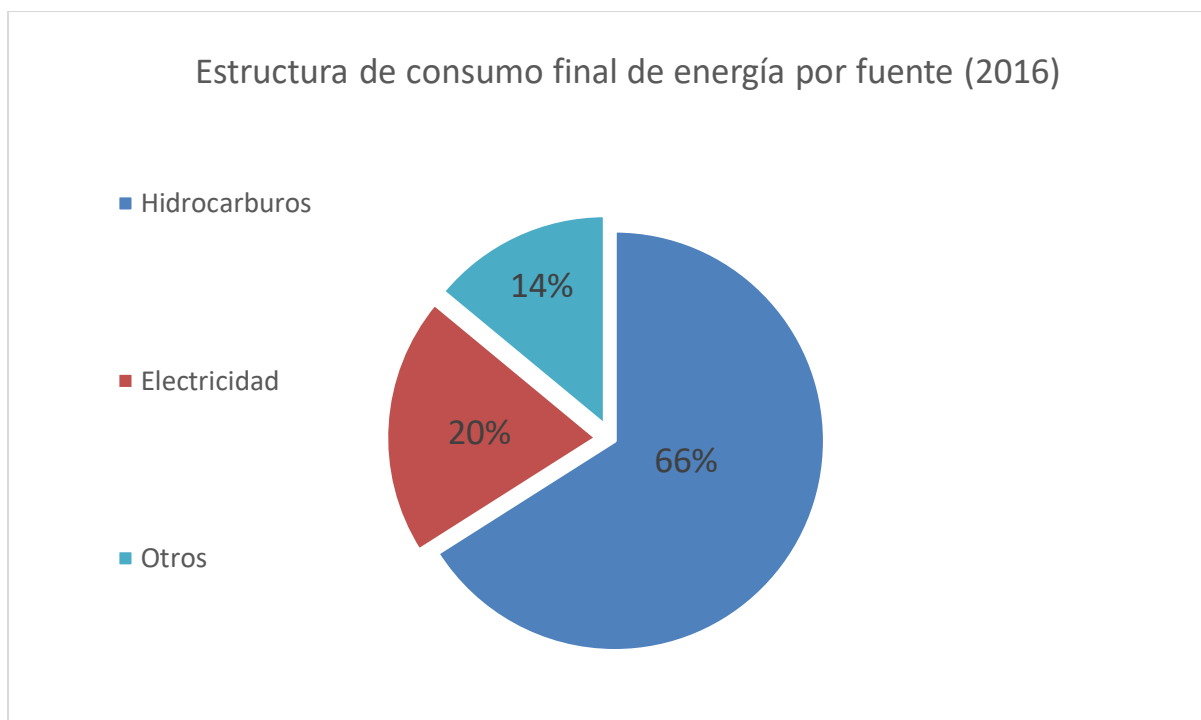


Figura 1 Estructura de consumo final de energía por fuente (2016). Fuente: [8]

En la Figura 1 se puede observar el porcentaje de las dos principales fuentes de consumo final de energía en el Perú. Además, se puede notar que el Perú es altamente dependiente de los hidrocarburos, el cual ocupa más de la mitad del total de consumo final de energía. A raíz de esto, la balanza comercial de hidrocarburos es negativa con más de USD 2 000 millones anuales. Es decir, se importa más hidrocarburos de lo que exporta para que se pueda abastecer la demanda [8] [9].

La dependencia del Perú por los hidrocarburos se puede atenuar ya que se tiene ofertas de electricidad superior a la demanda nacional y a costos muy competitivos respecto a otros países, esto se da en gran medida gracias a la minería [8] [9].

Dicho esto, el Perú debería tomar en cuenta políticas de transición energética y electromovilidad para que se reemplacen los hidrocarburos importados por electricidad nacional, el cual dispone de menor costo, es más eficiente y sostenible, y contribuye a la reducción de emisiones de gases invernaderos provenientes del sector transporte. De lo anterior, se concluye que el Perú tiene buenas condiciones para el desarrollo del mercado de electromovilidad.

El reciente 28 de agosto del 2019, el gobierno peruano ha publicado el proyecto de Decreto Supremo DM-250-2019-MINEM. Este aprueba disposiciones para facilitar el desarrollo del

mercado de vehículos eléctricos e híbridos y su infraestructura de abastecimiento [10]. Con esto, se espera que la tecnología relacionada a electromovilidad se tome más en cuenta en el país.

1.2 Estado del arte

1.2.1 Estado del arte de los vehículos eléctricos

Actualmente el mercado de los vehículos eléctricos (EVs) cuenta con diferentes variantes y modelos. En general, los EVs se clasifican en Pure Electric Vehicles (PEV), Hybrid Electric Vehicles (HEV) y Fuel-Cell Electric Vehicles (FEV) [11].

Los PEV son vehículos que no poseen motor de combustión interna (ICE) ni utilizan combustibles fósiles como energía de propulsión. Estos dependen únicamente de motores eléctricos y tienen como fuente de energía únicamente la eléctrica, la cual esta almacenada en baterías, por lo que es necesario conectar el vehículo en algún punto de la red eléctrica para recargarlo. Estos vehículos tienen como ventaja la mínima emisión de gases contaminantes. Sin embargo, estos están limitados en cuanto a la distancia que pueden recorrer. En otras palabras, poseen una menor autonomía en comparación con los vehículos de combustión interna. Además de que existe un notable grado de ausencia de infraestructuras de carga para EVs en muchas carreteras, en contraste con las infraestructuras de carga destinadas para vehículos de combustión interna [11] [12].

Los HEV son vehículos que poseen tanto motor de combustión interna como motores eléctricos. Por lo tanto, los vehículos híbridos ofrecen características de ambos mundos por lo que disponen de mayor flexibilidad, además disponen de una mayor autonomía sobre los PEVs. Sin embargo, debido a su arquitectura mixta son mucho más pesados que los demás tipos de vehículos. Asimismo, debido a su dependencia a combustibles fósiles, de igual manera, estos vehículos emiten gases contaminantes. [11] [12].

Los FEVs son vehículos que poseen un motor eléctrico como método de impulsión. La diferencia es que estos se alimentan de celdas de hidrógeno, las cuales al combinarse con el aire desprende energía eléctrica que alimenta al motor. Estos tipos de vehículos ofrecen las mismas ventajas de mínimas emisiones de gases al igual que los PEVs. Además, poseen una autonomía comparable a la de los vehículos de combustión interna. Sin embargo, debido al alto costo inicial que implica la construcción de una estructura de reabastecimiento de hidrogeno y al no ser muy conocidos ni usados los FEVs, se presenta la desventaja de escasez de puntos de carga sobre las carreteras [11].

1.2.2 Estado del arte de las baterías

Típicamente, el paquete de baterías que disponen los PEVs cuesta alrededor del 30% - 40% del precio total de un PEV [11].

De las diferentes fuentes de energía que se han explorado para los EVs, las baterías de iones de litio han sido ampliamente aceptadas debido a su alta densidad energética, eficiencia y vida útil [12]. Por lo que la gran mayoría de los EVs disponibles en el mercado cuentan con este tipo de batería [12].

Dentro de este tipo de baterías, existen diferentes tipos de arquitectura químicas. De estos, algunos de los cuales son los más utilizados por los fabricantes de EVs actualmente, destacan [11] [12] [13]:

- Fosfato de litio y hierro (LFP)
- Oxido de litio y cobalto (LCO)
- Oxido de litio y manganeso (LMO)
- Oxido de litio, níquel, cobalto y aluminio (NCA)
- Oxido de litio níquel manganeso y cobalto (NMC)

Sin embargo, a pesar de la gran variedad de baterías, la densidad energética de estas sigue estando muy por debajo de la densidad energética de los combustibles fósiles [11].

Por ejemplo, la densidad energética a temperatura ambiente (25 °C) de los tipos de batería LFP, NCA y NMC es 100Wh/Kg, 90Wh/Kg y 160Wh/Kg respectivamente [14]. Estos valores están muy por debajo de la densidad energética de los combustibles fósiles, ya que, por ejemplo, la gasolina tiene en promedio 12500Wh/Kg [11].

En la Tabla 2 se puede observar el alcance de la autonomía promedio en kilómetros de algunos de los vehículos eléctricos más populares.

Tabla 2: Autonomía de EVs populares. Fuente: [12] [15] [16] [17]

Autonomía de vehículos electricos	
Modelo	Distancia(Km con carga)
Nissan Leaf	270
Nissan Leaf e+	385
Chevrolet Bolt	383
Tesla Model S	402
Tesla Model X	483

1.2.3 Estado de las infraestructuras y métodos de carga

Un importante factor para el desarrollo e inclusión de los EVs constituye el tiempo de carga de las baterías.

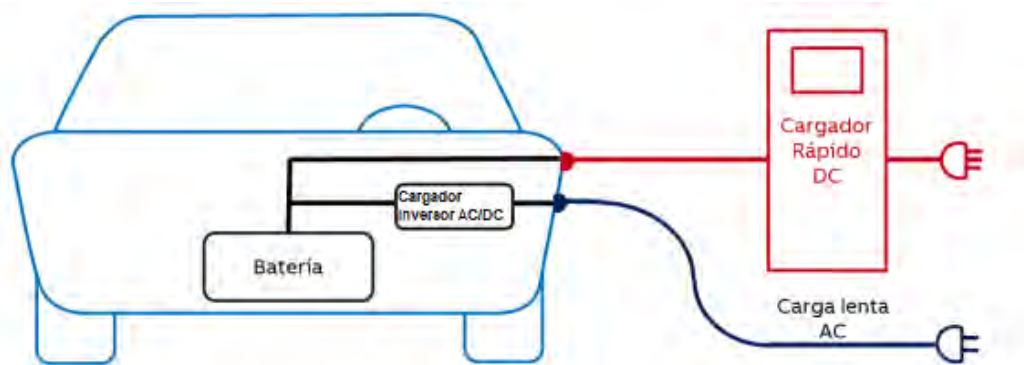


Figura 2 Estructura general de carga. Fuente: [18] [19]

En general, los autos eléctricos están preparados para ser cargados tanto desde un punto de corriente alterna (AC) como de uno de corriente directa (DC). Sin embargo, la diferencia yace en el tiempo que toma realizar la carga. En la Figura 2 se especifica el esquema de carga general de un EV y se observa que la carga mediante AC depende, en cierta medida, de las características del circuito inversor instalado en el EV.

La normativa internacional define ciertos métodos de carga y tipos conectores utilizados. La norma IEC 61851-1 establece cuatro modos de carga.

Los tres primeros modos de carga, que por cierto son con AC y son considerados modo lento de carga debido a la baja potencia de transferencia; Mientras que, el modo 4 de carga, el cual es con DC, se denomina modo de carga rápida [19].

Un enchufe simple que se conecta a la toma de corriente de uso doméstico se considera como **modo 1**. Si existe algún dispositivo de protección de control que esté integrado en el cable de carga, se denomina **modo 2**. El uso de un enchufe específico, el cual está proporcionado por una estación de carga se denomina **modo 3**. El **modo 4** está reservado para carga con DC a través de una estación de carga, los cuales, en términos simples, son rectificadores industriales de gran potencia que permiten convertir AC en DC antes del punto de conexión entre la estación y el vehículo [19]. A diferencia de este último, los 3 primeros modos de recarga tienen en común que la conversión de AC en DC se logra a través del cargador interno del vehículo.

Sobre los rangos de potencia suministrados que puede suministrar cada modo se tiene que el modo 1 puede transferir hasta 3.7kW; el modo 2 desde 3.7kW hasta 22kW; el modo 3 desde 22kW hasta 43.5kW; y, por último, el modo 4 hasta 400kW [7].

Debido a la alta potencia que emplea el modo 4 de carga, existen estándares internacionales que lo regulan, los cuales están determinados por el tipo de conector y el protocolo de comunicación que utilizan.

Tabla 3: Principales estándares de carga rápida en el mundo. Fuente: [7] [18]

Estandar	CCS 1	CCS 2	CHAdeMO	GB/T
Continente /País	USA	EU, Asia, Australia	EU, Asia, Australia	China
Protocolo de comunicación	PLC	PLC	CAN	CAN

En la Tabla 3 se puede observar cuatro de los más populares estándares utilizados por los fabricantes de EVs en diferentes regiones del mundo.

En base a lo mencionado, las grandes empresas mundiales relacionadas al tema de electromovilidad están desarrollando diversas infraestructuras de carga que, de un modo u otro, ofrezcan ventajas para diversos posibles escenarios.

Por ejemplo, en Singapur, ABB ya ha realizado contratos con BYD Singapore and ST Engineering Land Systems, las cuales son dos de las tres compañías que recibieron contratos por parte de la Autoridad de Transporte Terrestre de Singapur (LTA) para la incorporación de buses eléctricos en dicho país. Se proporcionarán infraestructuras de carga en forma de pantógrafos para cargar baterías de grandes flotas de buses eléctricos. Se espera que dichas infraestructuras de carga se encuentren disponibles en las carreteras de Singapur a principios del 2020 [20].

Otra tecnologías de infraestructura de carga surge a partir de la tecnología de Transferencia de Energía Inalámbrica (WPT) de campo magnético, en el cual una bobina primaria se instala en el piso de un estacionamiento, mientras que otra bobina secundaria se instala en el vehículo. Gracias a esto, se aumenta la comodidad del usuario y se elimina el problema de los cables, ya que el proceso de carga se realiza automáticamente una vez que el conductor estaciona el EV correctamente sobre dicho estacionamiento. Grandes empresas como Momentum Dynamics y Fortum están apostando por este tipo de tecnologías [11] [21] [22]. Ciudades como Madrid ya cuenta con líneas de buses eléctricos que utilizan esta tecnología [23].

Sobre métodos de carga a través de unidades portátiles, lo cual es el enfoque principal de la siguiente tesis, se suelen utilizar los siguientes métodos.

En primer lugar, es común, utilizar baterías portátiles con opción de salida de corriente AC simulando así una toma de corriente domestica convencional lo que conlleva a recargar el EV según la clasificación de carga de modo 1 o modo 2. La desventaja yace en que este modo recarga es muy lenta.

Otros dispositivos, más allegado a la proyección de la presente tesis, son los cargadores desarrollados por la empresa china SETEC Power. Esta empresa tiene como actividad principal la fabricación y venta de estaciones de carga rápida para EVs. En su actual catálogo dispone de 2 modelos de cargadores rápidos portátiles, los cuales son compatibles con los protocolos de carga CHAdeMO y CCS. Estos tienen potencia de carga de hasta 20kW. Más especificaciones y características de estos cargadores se pueden encontrar en [24]. El inconveniente es que, al día de hoy, la comercialización de estos dispositivos solo se encuentra disponible en China.

Por último, Skoda, una empresa fabricante de automóviles de la Republica Checa, ha desarrollado E-MONA, un sistema de servicio de carga a domicilio. Así, el usuario, a través de una app, puede indicar dónde y cuándo desea tener un cargador portátil a su disposición. Luego de que el sistema acepte y confirme la hora de la solicitud, el cargador móvil llegará remolcado por una bicicleta lista para ser conectado al EV. Por lo pronto, este sistema se encuentra en fase de prueba, solamente, en la ciudad de Praga [25] [26].

1.3 Justificación

En el Perú, grandes marcas están apostando por la inclusión de la electromovilidad en el país. Sin embargo, como se dio a entender, la tecnología actual de las baterías, todavía, no ha alcanzado márgenes satisfactorios en términos de autonomía de los EVs.

Esto sumado a la escasa, por no decir nula, implementación de infraestructuras de carga en el Perú, lleva como resultado a una limitada y lenta inclusión de EVs en la sociedad peruana. Por ende, un cargador portátil para ser usados en casos de emergencia sería de gran utilidad.

Por otro lado, se tomó como protocolo de carga el CCS Combo1 debido a su gran aceptación por parte de los usuarios. Además, de que el conector y el protocolo son compatible con el CCS Combo2 y con los métodos de carga AC [11].

Por otro lado, en el futuro, el constante crecimiento de ventas de EVs sumado a la eventual reventa de EVs usados conllevará al natural deterioro de las baterías de los EVs debido al

tiempo de uso. Teniendo en cuenta la importancia de este elemento del EV, es indispensable contar con métodos para conocer el estado se encuentra las baterías de los EVs.

En adición, se considera pertinente la exploración e implementación de tecnologías relacionadas al tema, por lo que el prototipo que se diseñará, también, servirá para probar y verificar el funcionamiento de futuros proyectos, sobretodo en ambientes académicos, que utilicen tecnología compatible.

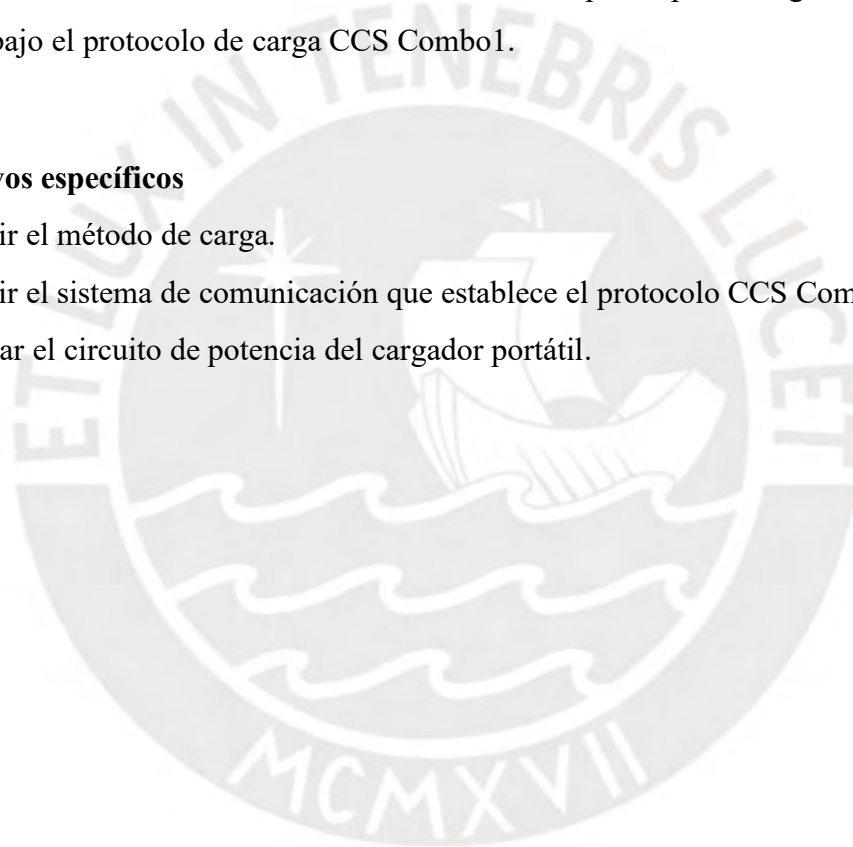
1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

- Determinar el modelo de solución del diseño de un prototipo de cargador portátil para EVs bajo el protocolo de carga CCS Combo1.

1.4.2 Objetivos específicos

- Definir el método de carga.
- Definir el sistema de comunicación que establece el protocolo CCS Combo1.
- Diseñar el circuito de potencia del cargador portátil.



CAPÍTULO 2

FUNDAMENTOS TEÓRICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN CARGADOR PORTÁTIL CCS COMBO1

2.1 Visión general

En líneas generales, el presente trabajo consiste en la implementación de un cargador portátil que servirá como fuente de carga alterna en caso se necesite cargar un EV y no se cuente con un acceso cercano a algún punto de red eléctrica. Este cargador entregará DC al EV y se utilizará el conector y protocolo de carga que corresponde a CCS/Combo 1. Además, contará con una interfaz de usuario, en la cual se podrá observar el estado de carga del vehículo. Además, se mostrará un estimado del estado en el que se encuentra la batería.

Para esto se revisará las características del conector tipo CCS Combo 1, además de la teoría base que establece el funcionamiento dicho protocolo.

Por otro lado, se identificará y propondrá los circuitos necesarios para cumplir con los requerimientos de carga planteados.

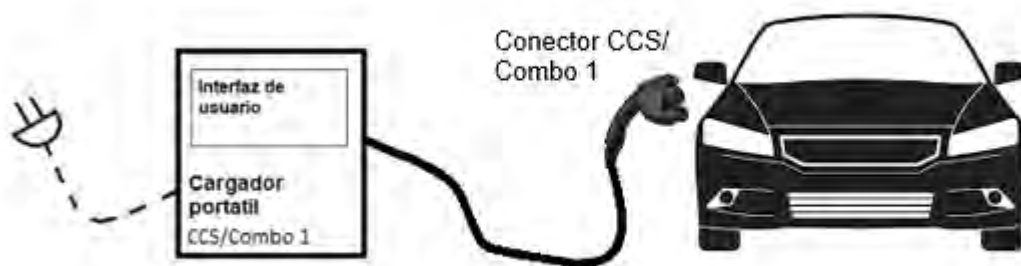


Figura 2. Visión general del prototipo planteado.

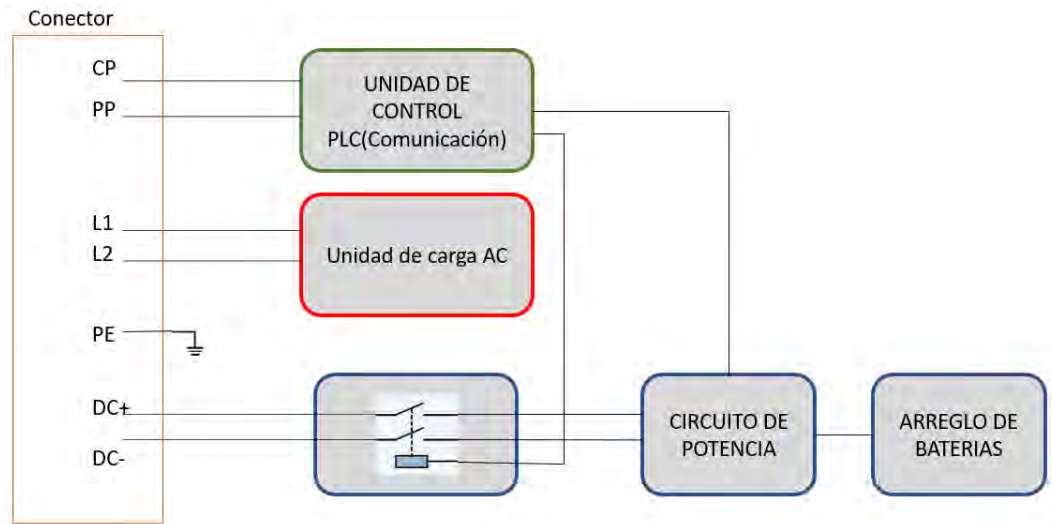


Figura 3. Diagrama de bloques propuesto

2.2 Marco teórico

Para la revisión de la teoría pertinente se tomará en cuenta las normas y estándares internacionales que existen relacionados al tema.

IEC 61851-1: Electric vehicle conductive charging system - Part 1: General requirements.

IEC 62196-3: Plugs, socket-outlets, vehicle connectors and vehicle inlets - Conductive charging of electric vehicles - Part 3: Dimensional compatibility and interchangeability requirements for DC and AC/DC pin and contact-tube vehicle couplers.

SAE J1772: Electric Vehicle and Plug in Hybrid Electric Vehicle Conductive Charge Coupler.

DIN SPEC 70121:2014-12: Electromobility - Digital communication between a DC EV charging station and an electric vehicle for control of DC charging in the Combined Charging System

SAE J2931/4: Broadband PLC Communication for Plug-in Electric Vehicles.

SAE J2847/2: Communication Between Plug-In Vehicles and Off-Board DC Chargers.

ISO 15118: Road vehicles -- Vehicle to grid communication interface

2.2.1 Métodos de carga

Como se mencionó en el capítulo anterior, existen dos métodos para cargar la batería de un EV: El método de carga lenta que hace referencia a la carga mediante AC y el método de carga rápida, el cual hace referencia a la carga mediante DC.

La potencia máxima con la que se puede cargar el EV mediante el método de carga lenta es aproximadamente 22 kW. Dicha potencia depende directamente de la capacidad máxima del circuito inversor integrado al auto [7].

2.2.1.1 Métodos de carga DC

Por otro lado, el método de carga rápida ya no está limitado por la capacidad de potencia que puede manejar el inversor del vehículo porque ya no es requerida la conversión de la corriente de AC a DC. Esto pasa a ser un proceso externo el cual lo realiza una infraestructura de carga. De este modo, se puede cargar el EV a potencias mayores que el de la carga por AC. Esto ya dependerá del protocolo de carga que se utilice y las capacidades de la infraestructura de carga que se emplee [7].

2.2.2 Estándares para la carga rápida DC

En el mercado existe gran diversidad de protocolos de carga con diferentes características. Sin embargo, algunas son más utilizadas que otras, tanto que ya son consideradas estándares en ciertas regiones del mundo [10]. En la tabla 4 se presenta cuatro protocolos de carga estandarizados en diversos países.

Tabla 4: Características de los principales estándares de carga rápida en el mundo. Fuente: [27]

Estándar	CCS Combo1	CCS Combo2	GB/T	CHAdeMO
Región	USA	EU/Asia/Aus	EU/Asia/Aus	China
Vout(V)	200-600	200-600	220-570	50-500
I _{max} (A)	400	400	125	125
Potencia(kW)	240	240	71.2	62.5
Comunicación	PLC	PLC	CAN	CAN
Entrada del conector				

Como se observa en la Tabla 4, el nivel de potencia que emplean los cuatro estándares es considerablemente mayores al límite de potencia con el que trabaja la carga lenta de AC. Sin embargo, dado que, con el avance de la tecnología se busca cargar los EVs de una manera más rápida y eficiente, los parámetros de los niveles máximos de corriente y voltaje de la Tabla 4 difieren de otras fuentes bibliográficas.

Los tipos de conectores y entradas de los EV; y sus características se detallan a profundidad en la norma IEC 62196.

2.2.2.1 Estándar CCS / Combo 1

Se define como “Combinated Charging System”. El CCS es un estándar universal avalado por la Comisión Electrotécnica internacional (IEC). Este estándar es utilizado principalmente en EU.

La ventaja de este estándar es que combina la carga AC y la carga DC en un solo conector. Es decir, por el mismo punto de entrada de carga del EV se puede cargar tanto con AC como con DC [28] [10].

2.2.2.1.1 Partes del conector CCS Combo1

Además de los pines de carga, por lo cuales fluye la corriente de que carga la batería, el estándar CCS cuenta con mecanismos y pines de control y comunicación. Estos pines se encargan de gestionar la comunicación entre la infraestructura de carga y el EV para coordinar y proporcionar los requisitos de carga necesarios. Además, esto garantiza seguridad durante el proceso de carga [28].

CCS Combo 1

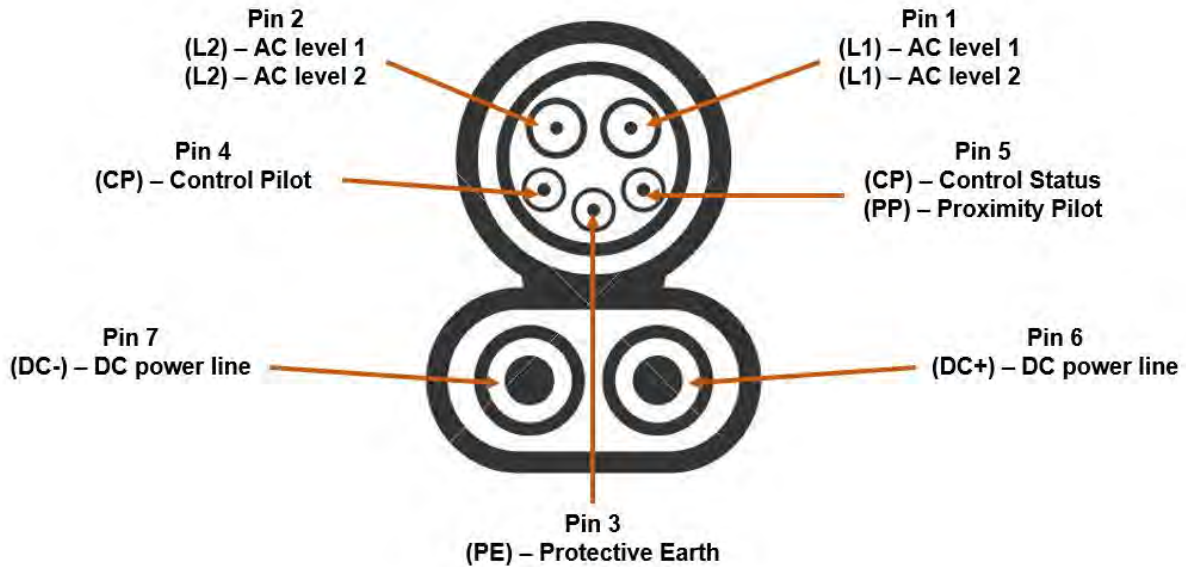


Figura 4. Descripción de los pines del conector CCS Combo 1. Fuente: [29]

El conector del CCS Combo 1 tiene 7 pines como se puede observar en la Figura 4.

El pin 1 y el pin 2 se utilizan únicamente cuando se realiza una carga AC. A través de estos dos pines es por donde fluye la corriente alterna.

El pin 3 es la línea de referencia a tierra.

El pin 4 es utilizado para establecer la comunicación entre el EV y la estación de carga. Este sistema utiliza señales básicas basadas en PWM para la carga AC. Sin embargo, para la carga DC se requiere utilizar comunicación digital a través de Power-Line Connection (PLC). Cabe mencionar que la comunicación que se establece es bi-direccional, y debido a que la comunicación PLC es un tipo de transmisión half-duplex solo se requiere una línea o pin para lograr la comunicación.

Este sistema posee un sistema para corroborar el estado en el que se encuentra el vehículo. Esto se determina a través del nivel de voltaje del pin correspondiente a la comunicación digital. Los estados se especifican en la Tabla 5.

Tabla 5: Estados del EV establecida por la línea de comunicación. Fuente: [30]

Estado	Pilot High(V)	Pilot Low(V)	Resistencia del EV(ohm)	Descripción
A	+12	NA	NA	No conectado
B	+9	-12	2.74k	Conectado
C	+6	-12	882	EV cargando
D	+3	-12	246	Ventilación requerida
E	0	0	NA	Error
F	NA	-12	NA	Desconocido/Error

Este sistema de control y comunicación entre una estación de carga DC y un vehículo eléctrico para el protocolo CCS se ve detallada en la norma DIN SPEC 70121.

El pin 5 es utilizado con dos fines.

El primero es el Control Status. Todos los conectores externos tienen un botón de liberación que desbloquea el conector del vehículo. Cuando se presiona ese botón de liberación, un interruptor interno se abre y le indica al cargador externo que se apague, es decir que deje de fluir corriente en los pines de potencia.

La segunda función es llamada Proximity Pilot. Cuando se conecta el cable de carga externo en el EV, el sistema tiene que detectar que efectivamente está conectado correctamente al vehículo. Esto se logra gracias a que entre el pin 5 y el pin 3 existe un determinado valor de resistencia. El cargador externo, de igual modo, posee su propio valor de resistencia entre los pines 3 y 5. Entonces cuando se realice la conexión se tendrán ambas resistencias en paralelo lo que originará una cierta caída de voltaje. De este modo, el sistema detecta cuando el cargador externo está conectado o no al vehículo.

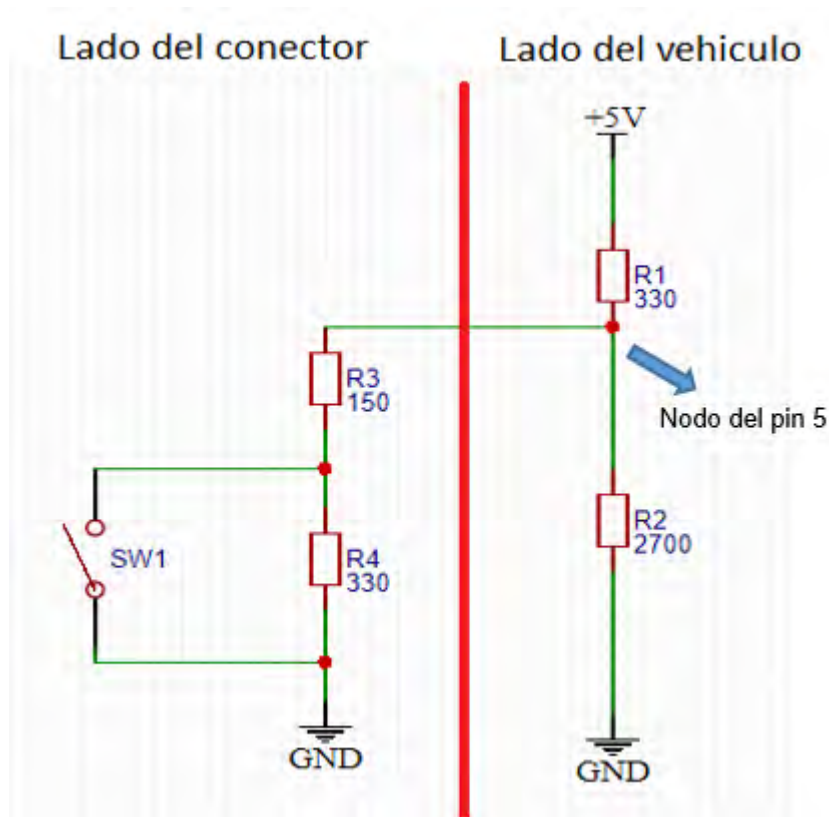


Figura 5. Descripción de los pines del conector CCS Combo 1. Fuente: [30]

Como se observa en la Figura 5, donde el SW1 es el botón del conector externo, el valor de voltaje en el nodo del pin 5 varía según el estado de conexión en el que se encuentra el EV y de esta manera el sistema del EV puede identificarlo. Estos estados con sus respectivos valores de voltaje se pueden observar en la tabla 6.

Tabla 6: Estados de conexión entre el conector externo y el vehículo. Fuente: [30]

Estado	Voltaje en el pin 5 (V)
No conectado	4.5
Botón presionado	3
Conectado	1.5

Los pines 6 y 7 están reservados para la carga rápida DC. Como se observa en la Figura 4, el diámetro de estos pines es mayor al resto. Esto se debe a que a través de estos pines es por donde fluyen las elevadas corrientes que establece el modo de carga rápida.

Estas mencionadas características de los pines y requisitos funcionales se explican y detallan más a fondo en el estándar J1772 de la Society of Automotive Engineers (SAE).

2.2.2.1.2 Circuito de potencia

El circuito de potencia debe ser capaz de manejar los niveles de voltaje y corriente establecidos por el protocolo CCS Combo 1.

En [31] se propone una configuración de circuito de potencia estándar o típicamente usado en la implementación de sistemas de carga rápida para EV.

Teniendo en cuenta lo anterior y que el circuito de potencia que se desarrollará parte de baterías como fuente de alimentación, se dispone el circuito de la Figura 6.

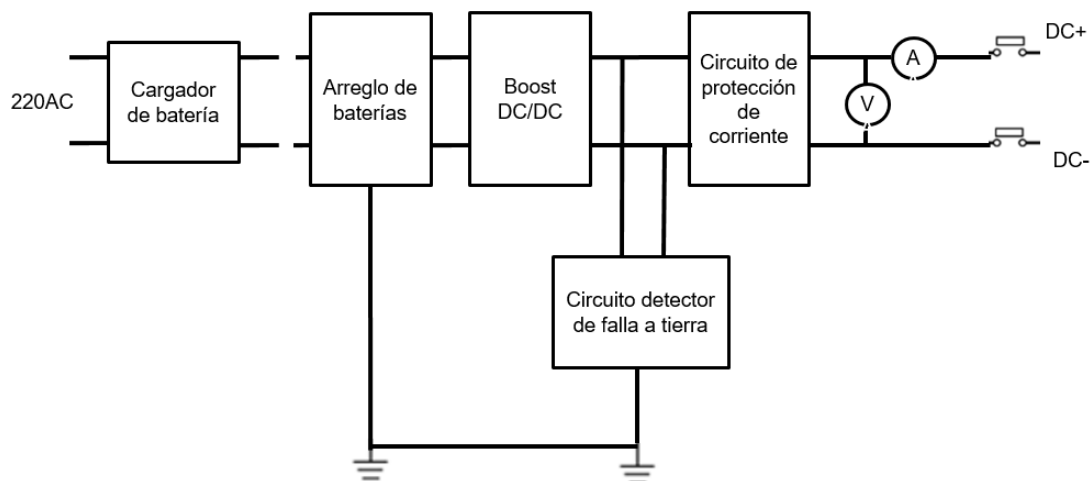


Figura 6. Circuito de potencia del cargador portátil. Fuente: [31]

El circuito debe estar preparado para funcionar correctamente con niveles de tensión y corriente requeridas por el protocolo CCS Combo 1.

El bloque boost DC/DC se diseñará teniendo como entrada el voltaje establecido por el arreglo de baterías y un voltaje de salida variable dentro del rango establecido por el protocolo CCS Combo1 (esto se muestra en Tabla 4). Este rango en la salida se contralará a través una comunicación digital. El esquema básico se presenta en la Figura 7.

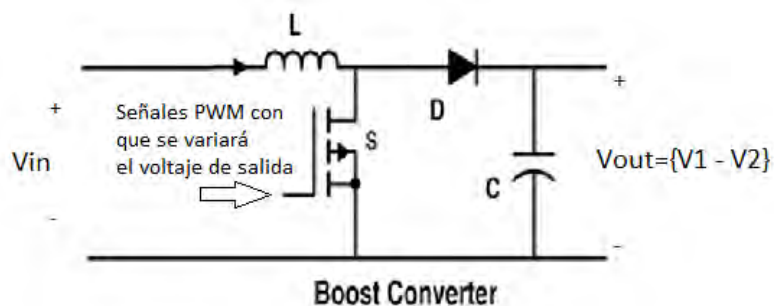


Figura 7. Esquema del circuito de potencia del convertor DC/DC planteado.

CONCLUSIONES:

El objetivo principal de esta tesis es elaborar un modelo de solución de un prototipo de cargador portátil para vehículos eléctricos.

Así pues, el modelo de solución propuesto servirá para cargar vehículos mediante energía DC sin la necesidad de tener acceso a un punto de red eléctrica. De este modo, el rango de autonomía de los vehículos eléctricos se verá incrementada.

El método que se planteó utilizar es mediante carga DC, por lo que el tiempo de carga será corto en comparación con los cargadores de energía AC. Esto dependiendo de la potencia que se emplee para cada caso de carga.

El sistema de comunicación que se utilizará es el del protocolo CCS Combo1. Por lo que, el cargador solo será compatible con vehículos eléctricos que posean el mismo protocolo.

Del diagrama de bloques propuesto se concluye que serán 3 los bloques a implementar: “Arreglo de baterías”, “Circuito de potencia” y “Unidad de control”. Los cuales estarán interconectados con el correspondiente conector especificado para el protocolo CCS Combo1. Cabe mencionar que, el bloque “Unidad de carga AC” no será implementado debido a que este cargador únicamente estará basado en el método de carga DC.

RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS:

Para la implementación de este trabajo se debe de tener en cuenta que los parámetros de los componentes que se elegirán puedan soportar altos niveles de tensión y corriente según la potencia de diseño. Además, se debería de considerar el uso de disipadores de calor en los componentes.

El arreglo de baterías que se podría usar como fuente de alimentación debe de tener una capacidad de energía de al menos 2500 Wh sí es que se quiere proporcionar una autonomía superior a 5 km a cualquier modelo de vehículo eléctrico.

Se recomienda implementar el circuito para que pueda trabajar con tensión y corriente de carga variables. Esto con el fin de extender la compatibilidad de modelos de baterías que se podrían cargar, además de poder variar la potencia de carga según se desee.

El diseño del bloque de potencia convertidor DC/DC podría ser implementado mediante 2 bloques de potencia conectados en cascada: Un convertidor elevador tipo Boost y un convertidor resonante LLC. Esto con el fin de obtener un voltaje variable controlado en la salida y aislamiento entre los circuitos.

Se podría implementar una interfaz visual en el que se muestre los parámetros de carga y precarga. Esto con el fin de que el usuario pueda verificar el correcto funcionamiento del cargador e informarse acerca del estado de carga en tiempo real.

REFERENCIAS

- [1] International Energy Agency (IEA), “World Energy Outlook 2018: The Future is Electrifying”, Oecd/Iea, 2018.
- [2] A. R. Akash, N. Navaneethkrishnan, R. Marimuthu, and S. Kanagaraj, “Cultural factors impacting the global energy transition - A review”, 3rd Renew. Energies, Power Syst. Green Incl. Econ. REPS GIE 2018, 2018.
- [3] N. Golovanov and A. Marinescu, “Electromobility and Climate Change”, 2019 8th Int. Conf. Mod. Power Syst., 2019.
- [4] IEA, “Renewables 2018 - Heat”, 2018.
- [5] B. Blanning, “The economics of EVs and the roles of government”, 2013 World Electr. Veh. Symp. Exhib. EVS 2014, 2014.
- [6] N. Omar et al., “Assessment of performance of lithium iron phosphate oxide, nickel manganese cobalt oxide and nickel cobalt aluminum oxide based cells for using in plug-in battery electric vehicle applications”, 2011 IEEE Veh. Power Propuls. Conf. VPPC 2011, 2011.
- [7] Till Bunsen et al., “Global EV Outlook 2019 to electric mobility”, OECD iea.org, 2019.
- [8] MINEM Perú, “Dirección General de Eficiencia Energética”, Minist. Energía y Minas (Gobierno Perú), 2017.
- [9] Equilibrium, “Análisis del Sector Eléctrico Peruano: Generación”, no. 511, 2018.
- [10] MINEM Perú, “RESOLUCION MINISTERIA RM_250_2019_DM.”, 2019.
- [11] K.T.CHAU, ELECTRIC VEHICLE MACHINES AND DRIVES, vol. 112. 2015.
- [12] H. Zakaria, M. Hamid, E. L. M. Abdellatif, and A. Imane, “Recent Advancements and Developments for Electric Vehicle Technology”, 2019 Int. Conf. Comput. Sci. Renew. Energies, 2019.
- [13] K. Yiu, “Battery technologies for electric vehicles and other green industrial projects,” 2011 4th Int. Conf. Power Electron. Syst. Appl. PESA 2011, 2011.
- [14] N. Omar et al., “Assessment of performance of lithium iron phosphate oxide, nickel manganese cobalt oxide and nickel cobalt aluminum oxide based cells for using in plug-in battery electric vehicle applications”, 2011 IEEE Veh. Power Propuls. Conf. VPPC 2011, 2011.

- [15] NISSAN, "NISSAN LEAF, Autonomía y recarga", 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.nissan.es/vehiculos/nuevos-vehiculos/leaf/autonomia.html> [Accedido: 09-oct-2019]
- [16] CHEVROLET, "Bolt EV 2019", 2019. [En línea]. Disponible en: <https://es.chevrolet.com/electric/bolt-ev-electric-car> [Accedido: 09-oct-2019]
- [17] TESLA, "Model S", 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.tesla.com/sites/default/files/tesla-model-s.pdf> [Accedido: 09-oct-2019]
- [18] E.Zorrilla. "IMPACTO DE LA PENETRACIÓN DE LA MOVILIDAD ELÉCTRICA EN LA COMERCIALIZACIÓN DE COMBUSTIBLES: ESCENARIOS Y DESAFÍOS AL 2030", IX INGEPET 2018, 2018.
- [19] H. Hirsch et al., "Latest development of the national and international EMC-standards for electric vehicles and their charging infrastructure", IEEE Int. Symp. Electromagn. Compat. Vol. 2015-September, 2015.
- [20] ABB, "ABB to provide charging infrastructure for public e-buses in Singapore", 2019. [En línea]. Disponible en: <https://new.abb.com/news/detail/26400/abb-to-provide-charging-infrastructure-for-public-e-buses-in-singapore> [Accedido: 09-oct-2019]
- [21] MOMENTUM DYNAMICS, "Momentum Wireless Power", 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.momentumdynamics.com> [Accedido: 09-oct-2019]
- [22] FORTUM, "Fortum and the City of Oslo are working on the world's first wireless fast-charging infrastructure for taxis", 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.fortum.com/media/2019/03/fortum-and-city-oslo-are-working-worlds-first-wireless-fast-charging-infrastructure-taxis> [Accedido: 09-oct-2019]
- [23] EMPRESA MUNICIPAL DE TRANSPORTES DE MADRID, S. A. (MTC), "Nota de prensa", 2017. [En línea]. Disponible en: https://www.emtmadrid.es/getattachment/82fe53c9-fcb1-4523-99b0-e1662121ec6c/NP-9017-LINEA-76-INDUCCION-29-12-17_V4.aspx [Accedido: 09-oct-2019]
- [24] SETEC POWER, "EV Fast Charger", 2019. [En línea]. Disponible en: <http://www.setec-power.com/index.php?m=content&c=index&a=show&catid=13&id=5> [Accedido: 09-oct-2019]
- [25] SKODA, 2019. [En línea]. Disponible en: <http://skoda.es> [Accedido: 09-oct-2019]

- [26] E-MONA, “Estación de recarga de vehículos eléctricos móviles”,2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.e-mona.cz/#1> [Accedido: 09-oct-2019]
- [27] G. R. C. Mouli, J. Kaptein, P. Bauer, and M. Zeman, “Implementation of dynamic charging and V2G using Chademo and CCS/Combo DC charging standard,” 2016 IEEE Transp. Electrifi. Conf. Expo, ITEC 2016, 2016.
- [28] C. Office and C. Interface, “Combined Charging System Definition and Scope,” pp. 1–19, 2019.
- [29] U. States and E. Union, “Combined Charging – the universal charging system Design Achievements,” 2011.
- [30] SAE J1772, “Electric Vehicle and Plug in Hybrid Electric Vehicle Conductive Charge Coupler”, SAE, 2017.
- [31] I. Transportation and V. Technology, IEEE Standard Technical Specifications of a DC Quick Charger for Use with Electric Vehicles IEEE Vehicular Technology Society IEEE Standard Technical Specifications of a DC Quick Charger for Use with Electric Vehicles. 2015.

