

Silabo del Curso: “Principios básicos de Electromovilidad”

CALAC+ PERÚ

Enero 2021

Lima, 14 de enero de 2021

Silabo del Curso: “Principios básicos de Electromovilidad”

I. INFORMACIÓN GENERAL

CURSO:	PRINCIPIOS BÁSICOS DE ELECTROMOVILIDAD.
SESIONES:	5
HORAS POR SESIÓN:	2
HORARIOS	Sábado 23 de enero de 09:00 a 11:00 horas Lunes 25 de enero de 09:00 a 11:00 horas Miércoles 27 de enero de 09:00 a 11:00 horas Viernes 29 de enero de 09:00 a 11:00 horas Sábado 30 de enero de 09:00 a 11:00 horas
PROFESOR:	ING., MAG. EDWIN ZORRILLA VARGAS

II. INTRODUCCIÓN

El Programa Clima y Aire Limpio en ciudades de América Latina (CALAC+), es una iniciativa regional financiada por la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), ejecutada por Swisscontact en 04 ciudades de la Región: Lima, Santiago, Bogotá y Ciudad de México. El programa CALAC+ inició actividades en el mes de marzo de 2018 con el objetivo de reducir contaminantes de aire nocivos, para proteger la salud humana y mitigar el cambio climático por el uso de motores libres de hollín en sistemas de transporte público y maquinaria fuera de ruta. A nivel global el programa facilita el fortalecimiento de capacidades y la transferencia de conocimientos.

El primer componente de trabajo de CALAC+ Buses sin hollín y bajos en emisiones de carbono busca asegurar que las emisiones de partículas ultrafinas (carbono negro) y GEI en los sistemas de transporte público urbano se reduzcan de manera significativa y sostenible, mediante la asistencia técnica y apoyo para mejorar marcos legales, las regulaciones ambientales y de transporte (a nivel local y nacional).

En este marco, y como parte de las actividades de apoyo a los tomadores de decisión del gobierno, el Programa CALAC+ busca contribuir a fortalecer sus capacidades a través de una actividad de capacitación sobre los principios básicos de la electromovilidad.

III. DESCRIPCIÓN DEL CURSO

El curso tiene como objetivo principal describir las tecnologías relacionadas a la Electromovilidad y conocer los cambios que el sector energía está atravesando, por las tendencias de la descarbonización de las fuentes de generación y la electrificación del transporte o electromovilidad como principal consumo final energético.

La Electromovilidad tiene un impacto relevante en esta transformación por representar más del 40 % del consumo final de energía y más del 20% de las emisiones totales de CO₂. Se estima que el sector transporte sufrirá mayores cambios en los próximos 5 años que los que ha tenido en los últimos 50, por lo cual es necesario conocer las tecnologías asociadas y el impacto que tendrá en los diversos sectores y actividades.

Como parte del curso se presenta un resumen de las principales políticas de promoción y adopción de la electromovilidad que han sido establecidas por diversos países como parte de su visión de sostenibilidad y compromisos asumidos en la lucha contra el cambio climático (COP 21), las cuales se encuentran muy bien resumidas en los informes EV Global Outlook de la Agencia Internacional de Energía.

Finalmente, el curso incluye además de la presentación del estado del arte en cuanto a las tecnologías asociadas a los vehículos eléctricos ligeros y pesados, así como su infraestructura de carga, un análisis de los avances en la región y los casos de éxito más relevantes.

IV. OBJETIVOS

General

Describir las tecnologías relacionadas a la Electromovilidad y conocer su impacto en diversos sectores, principalmente relacionados con los cambios que el sector energía está atravesando por las tendencias de la descarbonización de las fuentes de generación y la electrificación del transporte o electromovilidad como principal consumo final energético.

Específico(s)

- Identificar las diferencias entre los distintos tipos de vehículos con algún nivel de electrificación: híbridos no enchufables (HEV), híbridos enchufables (PHEV), eléctricos puros o a batería (PEV ó BEV), eléctricos de rango extendido (REV).
- Identificar los componentes de un vehículo eléctrico y conocer el estado del arte y tecnologías emergentes en cuanto a sus baterías (tipos de química, tendencias para la reducción de costos y consideraciones para su segundo uso y reciclaje), motores eléctricos e infraestructura de carga.
- Conocer los beneficios de la electromovilidad en base a criterios de eficiencia energética, reducción de emisiones y la composición de la matriz y balance energético.
- Conocer los criterios de evaluación técnica y económica para la introducción de vehículos eléctricos en flotas de transporte urbano, logístico o industria/minero (análisis del costo total de propiedad).

- Identificar las políticas de incentivo de financieras y de valor agregado que se aplican en otros países para la promoción y adopción de la electromovilidad, las cuales han sido recopiladas por entidades internacionales como la Agencia Internacional de Energía.
- Conocer e identificar las diferencias en la operación y mantenimiento de los vehículos eléctricos y su infraestructura de carga con énfasis en el uso intensivo de la digitalización, telecomunicaciones e IoT y herramientas de mantenimiento predictivo y basado en la condición.
- Conocer las principales políticas de promoción y adopción de la electromovilidad que se han establecido a nivel global y regional por diversos países como parte de su visión de sostenibilidad y compromisos medioambientales asumidos.
- Conocer las principales experiencias y modelos desarrollados en Latinoamérica para la introducción de buses eléctricos en el transporte urbano y el despliegue de redes de infraestructura de carga para acelerar la adopción de la electromovilidad.

V. PLAN ACADÉMICO

1. EVALUACIÓN DE ENTRADA (15/01/2021 – 21/01/2021)

Los participantes deberán contestar un cuestionario que se encontrará disponible durante la semana previa al inicio del curso. El objetivo es identificar el nivel de conocimiento sobre conceptos básicos relacionados a electromovilidad para ajustar la temática del curso y brindar una primera retroalimentación de motivación en la primera sesión.

2. SESIÓN 1: AVANCES Y PROYECCIONES DE LA ELECTROMOVILIDAD (22/01/2021)

- Aspectos medioambientales y regulatorios de la Electromovilidad
- Aspectos de eficiencia y transición energética.

Primer control de lectura (Kahoot) y discusión sobre el documental “Who killed the electric car”. Historia del EV1 de GM y las primeras regulaciones de cuotas de ZEV (Zero Emission Vehicles) de la CARB de California. Capítulos 1 y 2.

3. SESIÓN 2: ARQUITECTURAS Y COMPONENTES DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS (24/01/2021)

- Arquitecturas y componentes de un vehículo eléctrico.
- Tecnologías de Baterías.
- Tecnologías de motores eléctricos.
- Sistemas de control y electrónica de potencia. Concepto de regeneración.

4. SESIÓN 3: INFRAESTRUCTURA DE CARGA PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS (26/01/2021)

- Carga AC (lenta) y carga rápida DC. Niveles de carga.
- Normas IEC aplicables: IEC61851, IEC62196. Compatibilidad electromagnética.
- Estándares y protocolos de carga AC (tipo 1 y 2) y DC.
- Estándares y protocolos de carga para buses eléctricos y vehículos pesados.
- Criterios para el diseño y desarrollo de la infraestructura de carga.

5. SESIÓN 4: DIGITALIZACIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (28/01/2021).

- Operación, mantenimiento y gestión de flotas de vehículos eléctricos. Conceptos de mantenimiento predictivo y basado en la condición. Ejemplos.
- Operación, mantenimiento y gestión de la infraestructura de carga de vehículos eléctricos.
- Protocolos de comunicación para la integración e interoperabilidad de la infraestructura de carga. Protocolo OCCP.
- Integración a sistemas de gestión y ERP para la operación y comercialización de la energía de recarga. Nuevos modelos de negocio con funciones Autocharge (CCS 2).

Taller práctico virtual: Discusión sobre el video de tipos de carga y modos de conducción del Kia Soul EV. Componentes de un EV, sus niveles y modos de carga lenta y rápida y modos de conducción con los 3 niveles de regeneración que cuenta este modelo (Sport, Eco y Backpower), incluyendo la conducción particular de un EV con frenado regenerativo.

6. SESIÓN 5: APLICACIONES Y EXPERIENCIAS INTERNACIONALES (29/01/2021).

- Primeras flotas de buses eléctricos en Latinoamérica. Caso Transantiago, Chile.
- Primeras redes de carga rápida a nivel internacional y el Latinoamérica.
- Vehículos de faena eléctricos para minería subterránea, en aplicaciones industriales y logística.

Segundo control de lectura (Kahoot). Capítulos 3 a 5.

7. TRABAJO FINAL GRUPAL. Para ser presentado el 7/02/2021.

Presentación de un informe sobre la factibilidad de la introducción de buses eléctricos en una de las concesiones de transporte urbano de Lima (Metropolitano o Corredor Rojo rutas 201 y 202) en base a la energía estimada necesaria y condiciones operativas actuales, así como la información de mercado disponible de varios fabricantes de buses eléctricos (ByD, Yutong, Volvo y Modasa).

VI. **METODOLOGÍA**

Estrategias didácticas

La metodología se basará en clases síncronas para el desarrollo de conceptos y la descripción de las tecnologías y componentes de los vehículos eléctricos y su infraestructura de carga. Los alumnos deberán revisar las lecturas, videos y presentaciones asignadas por cada capítulo antes de cada sesión.

Se ha considerado una evaluación de entrada que deberá ser respondida por los participantes durante la semana previa al inicio de las clases, para identificar el nivel de

conocimiento sobre conceptos básicos sobre electromovilidad para ajustar la temática y brindar una retroalimentación inicial que motive la participación y dedicación al curso.

Se realizarán 2 controles de lectura (bajo la modalidad opción múltiple) y retroalimentación al final de las sesiones segunda y quinta (con la plataforma Kahoot) y se asignará un trabajo final grupal opcional con el mismo peso que los controles de lectura para ser entregado una semana después del término de la última sesión en Paideia.

Se incluirá, como parte del curso, 1 taller práctico virtual con un vehículo eléctrico Kia Soul EV y cargadores AC y DC, con el objetivo de mostrar los componentes de un EV, sus niveles y modos de carga lenta y rápida (con cargador de 50 KW), así como los modos de conducción con los 3 niveles de regeneración que cuenta el Kia Soul EV (Sport, Eco y Backpower), incluyendo la conducción particular de un EV con frenado regenerativo.

Siendo el profesor del curso, propietario y conductor de un vehículo eléctrico, utiliza su propia experiencia para aclarar muchas de las dudas, objeciones y mitos que ha identificado sobre la electromovilidad, así como sustentar de primera mano sus beneficios.

Se utilizará la plataforma educativa PAIDEA para facilitar e integrar el material del curso, el control de asistencia a las sesiones síncronas de manera automatizada y la entrega de cuestionarios de evaluaciones y el trabajo final. Las evaluaciones se realizarán mediante cuestionarios en Kahoot o Paideia.

Recursos de aprendizaje

Se proveerán materiales digitales que incluyen artículos, PPTs, hojas de datos de buses eléctricos y cargadores, videos (incluyendo el enlace para el documental “Who killed the electric car”), ejercicios prácticos individuales y una tarea grupal, así como también cuestionarios en Kahoot¹ y PAIDEA para evaluación y reforzamiento del aprendizaje.

Se utilizarán las plataformas Zoom para las actividades síncronas y la plataforma PAIDEIA para las actividades asíncronas.

Evaluación de Aprendizaje

La evaluación del aprendizaje se desarrollará utilizando la siguiente metodología

1. Evaluación de entrada.

Los alumnos deberán contestar un cuestionario en PAIDEA al momento del registro (5 días antes del inicio de las clases hasta el sábado 23 a las 8:30 am) para identificar el nivel de conocimiento sobre conceptos básicos sobre electromovilidad con el objetivo de ajustar la temática y brindar retroalimentación en la primera clase. Esta evaluación no será considerada en la nota final, pues su objetivo es medir conocimientos previos y despertar el interés en los temas del curso.

¹ Los cuestionarios serán aplicados al final de la segunda y quinta clase.

2. Controles de lectura. Se realizarán 2 controles en la segunda y quinta sesión:

2.1 Primer control: Sobre el documental “Who killed the electric car” y los capítulos 1 y 2

2.2 Segundo control: Sobre los capítulos 3, 4 y 5.

Los controles serán de opción múltiple en Kahoot y se dará retroalimentación. Los controles se rinden una sola vez, se puede considerar el segundo control para entregarlo al final del día sábado de la última clase.

3. Trabajo final grupal. Se asignará un trabajo de grupo a ser entregado como tarea en Paideia una semana después de la última sesión que se considera opcional. El objetivo de este trabajo será el de utilizar los conceptos aprendidos durante el curso para presentar un informe sobre la factibilidad de la introducción de buses eléctricos en una de las concesiones de transporte urbano de Lima (corredor rojo rutas 201 y 202) en base la energía estimada necesaria e información de varios fabricantes de buses eléctricos (ByD, Yutong, Volvo y Modasa).

Ponderación

- Controles: 40 % cada uno.
- Participación en clase: 20%.
- Trabajo final opcional: 40% reemplaza al menor control.

$$\text{NOTA FINAL DEL CURSO} = (4C1 + 4C2 + 4TF - 4 \text{ Min}(C1, C2, TF) + 2P) / 10$$

VII. CONTENIDO TEMÁTICO

SESIÓN / CAPITULO 1: AVANCES Y PROYECCIONES DE LA ELECTROMOVILIDAD

- Aspectos medioambientales y regulatorios de la Electromovilidad
 - Electromovilidad y cambio climático. Escenarios de despliegue según la IEA: EV30@30 (escenario de “Desarrollo Sostenible”).
 - Avances de Oferta actual y metas de EV de los fabricantes.
 - Políticas de incentivo: Económicas, de valor agregado y restricción (“ban”).
 - Tarea: Video documental “Who killed the electric car”. Historia del EV1 de GM y las primeras regulaciones de cuotas de ZEV de la CARB de California.
- Aspectos de eficiencia y transición energética.
 - Clasificación, diferencias y niveles de hibridación de las principales tecnologías de vehículos. ICEV. FCEV. HEV (Micro, Mild, Full). PHEV. BEV. REBEV. Eficiencia energética de distintas tecnologías en toda la cadena de valor energética (Well to Wheel): ICE, FCEV, BEV.
 - Objeciones y mitos sobre electromovilidad: Emisiones en la fabricación. Sostenibilidad de la electricidad. Costo inicial versus costo total de propiedad. Disponibilidad de la infraestructura de carga versus diversificación, deslocalización e interoperabilidad.
 - Impacto y beneficios de la electromovilidad de acuerdo con la coyuntura

energética de cada país.

SESIÓN / CAPITULO 2: ARQUITECTURAS Y COMPONENTES DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

- Arquitecturas y componentes de un vehículo eléctrico.
- Tecnologías de Baterías. Estado del arte y tecnologías emergentes para vehículos ligeros (NMC, NCA) y pesados (LFP, LTO). Avances y tendencias en cuanto a densidad energética y reducción de costos. Segundo uso y reciclaje.
- Tecnologías de motores eléctricos: DC. AC de inducción. PM BLAC. PM BLDC. Evolución, aplicación actual vigente y emergente.
- Sistemas de control y electrónica de potencia. Concepto de regeneración.
- Taller práctico virtual: Componentes y modos de regeneración del Kia Soul EV

SESIÓN / CAPITULO 3: INFRAESTRUCTURA DE CARGA PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

- Carga AC (lenta) y carga rápida DC. Niveles de carga.
- Normas IEC aplicables: IEC61851, IEC62196, ISO, DIN, SAE y NTP. Compatibilidad electromagnética
- Estándares y protocolos de carga AC (tipo 1 y 2).
- Estándares y protocolos de carga DC
 - Chademo (Japonés).
 - CCS 1 (Americano) y CCS 2 (Europeo). Nuevo CCS HP (350 KW CharIn)
 - GB/T (Chino).
 - Tesla.
- Estándares y protocolos de carga para buses eléctricos y vehículos pesados.
 - Carga en depósito (“overnight”). Multiplexación y gestión de carga.
 - Carga en ruta o de oportunidad. Estándar OppCharge.
- Criterios para el diseño y desarrollo de la infraestructura de carga.
 - Carga privada versus carga pública. Experiencias y referencias internacionales.
 - Interoperabilidad, diversificación y deslocalización.
 - Modelos de negocio para la comercialización de la energía de recarga.

SESIÓN / CAPITULO 4: DIGITALIZACIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.

- Operación, mantenimiento y gestión de flotas de vehículos eléctricos. Conceptos de mantenimiento predictivo y basado en la condición. Ejemplos.
- Operación, mantenimiento y gestión de la infraestructura de carga de vehículos eléctricos.
- Protocolos de comunicación para la integración e interoperabilidad de la infraestructura de carga. Protocolo OCCP.
- Integración a sistemas de gestión y ERP para la operación y comercialización de la energía de recarga. Nuevos modelos de negocio con funciones Autocharge (CCS 2).

SESIÓN / CAPITULO 5: APLICACIONES Y EXPERIENCIAS INTERNACIONALES.

- Primeras flotas de buses eléctricos en Latinoamérica. Caso Transantiago, Chile. Análisis del Costo Total de Propiedad (TCO). Clasificación de rutas por eficiencia requerida y TCO. Carga en depósito con multiplexación para optimizar la infraestructura.

- Primeras redes de carga rápida a nivel internacional: EVgo, Ionity, Electrify América.
- Primeras redes de carga rápida en Latinoamérica: Vopec en Chile, Terpel en Colombia.
- Vehículos de faena eléctricos para minería subterránea: Scoops, perforadoras y camiones eléctricos. Modelo operativo e infraestructura de carga requerida.
- Vehículos eléctricos para sistemas de distribución logísticos. Caso Amazon: Objetivos de sostenibilidad versus ventajas competitivas en costos operativos a largo plazo.

VIII. CERTIFICACION

- Se entregará un certificado a nombre de la PUCP, a aquellos participantes que hayan aprobado satisfactoriamente el curso, obtengan un promedio mayor o igual a once (11.00) y hayan asistido como mínimo al 80% de las sesiones del curso.
- Se entregará una constancia de participación a aquellos participantes que, pese a no haber alcanzado una nota aprobatoria, hayan asistido como mínimo al 80% de todas las sesiones del curso.

IX. CONSIDERACIONES ESPECIALES

- Las justificaciones de inasistencias de los participantes serán canalizadas a través de CALAC+ al día siguiente de inasistencia, al correo calac@swisscontact.org, siendo las justificaciones aceptadas causas de fuerza mayor, tales como:
 - Enfermedad o accidente, para lo cual deberá justificar la falta con la copia del certificado médico.
 - Comisión de trabajo sustentado con una carta o correo del jefe directo.
 - Defunción de familiares directos: cónyuge, hijos, padres y hermanos.
- En todos los casos, las justificaciones de inasistencias deberán ser presentadas por CALAC+ a la Universidad, como máximo, a los cinco (5) días calendario de producido el hecho. El número de justificaciones aceptadas dependerá de la programación de las sesiones de clase, la misma que no puede ser mayor al número de inasistencias permitidas; para el curso de 5 días equivalente a 10 horas, el número máximo permitido de justificaciones o inasistencias permitidas no deberá exceder a 2 horas.
- Se tomará en consideración únicamente la asistencia al curso según el registro de acceso a través de Paideia.
- La solicitud de entrega de trabajos fuera del tiempo establecido por la Universidad deberá ser canalizada a través de CALAC+ máximo a los cinco (5) días calendario de generado el hecho, adjuntando la justificación correspondiente. De aceptarse la solicitud, la nota base para la evaluación será de catorce (14).

X. BIBLIOGRAFÍA

EV Global Outlook 2020, 2019, 2018, 2017, International Energy Agency.

“Impacto de la movilidad eléctrica en el consumo de combustibles: Escenarios y desafíos al 2030”. Edwin Zorrilla. Segundo puesto Sesión posters, Ingepet 2018. www.ingepet.com

Balance nacional de energía 2016. Osinergmin.

Electric Vehicles Machine and Drives: Design, Analysis and Application, K. T. Chau, Wiley IEEE, 2015.

The secrets of electric cars and their motors. www.thedrive.com

Consorcio tecnológico para la promoción de la electromovilidad en Trasantiago. Centro Mario Molina. 2018.

EV Charging Infrastructure, ABB. new.abb.com/evcharging.

Manual del propietario, Hyundai Ionic. www.hyundai.com

Catálogo de buses eléctricos Proterra Catalyst. www.proterra.com.

Catálogo de buses eléctricos Volvo 7900. www.volvobuses.es

Catálogo de buses eléctricos BYD K9. bydelectrico.com

Catálogo de buses bus eléctricos Yutong E12. www.yutong.com

Catálogo de vehículos eléctricos para minería Subterránea. Scooptram14 www.epiroc.com