THE LEAP INSTITUTE PRESENTS

Electric Vehicle Maintenance

Training Workbook



Visit our site for more information:
www.theleapinstitute.org

THE LEAP INSTITUTE

CHAPTER 6 / CAPÍTULO 6
ELECTRIC VEHICLE SAFETY
SEGURIDAD DE LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

Working with electric vehicles (EVs) involves high-voltage (HV) electricity, which presents serious safety risks if not handled correctly. High-voltage circuits leave no room for error—mistakes can kill. This workbook will provide an overview of essential safety practices, protective equipment, and the proper procedures for working around HV systems in EVs.

Trabajar con vehículos eléctricos (VE) implica electricidad de alto voltaje (AT), lo que presenta graves riesgos de seguridad si no se maneja correctamente. Los circuitos de alto voltaje no permiten errores; los errores pueden ser fatales. Este manual ofrece una descripción general de las prácticas de seguridad esenciales, el equipo de protección y los procedimientos adecuados para trabajar con sistemas de AT en VE.

Understanding High-Voltage Systems
Comprensión de los Sistemas de Alto Voltaje

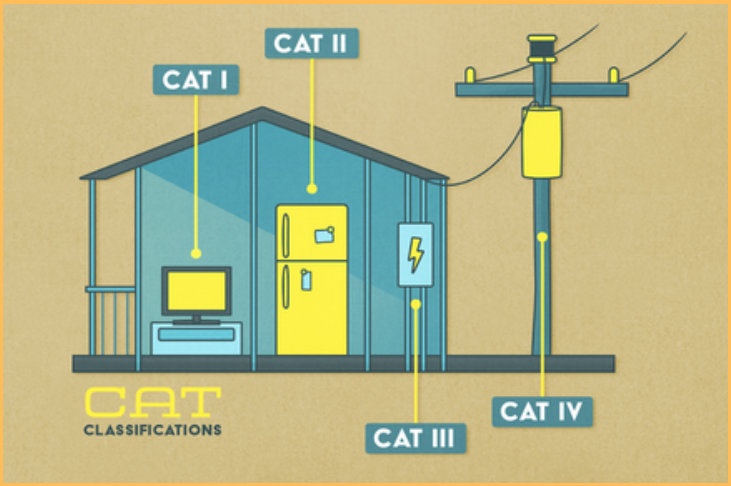
Electric vehicles operate using high-voltage powertrains. High voltage is defined as any electrical pressure exceeding 50 volts. Even though manufacturers design EV powertrains with built-in safety features, technicians must remain cautious when working on or near HV circuits.

Los vehículos eléctricos funcionan con sistemas de propulsión de alto voltaje. El alto voltaje se define como cualquier presión eléctrica superior a 50 voltios. Si bien los fabricantes diseñan sistemas de propulsión para vehículos eléctricos con funciones de seguridad integradas, los técnicos deben ser precavidos al trabajar en circuitos de alta tensión o cerca de ellos.

CAT Classifications

The International Electrotechnical Commission (IEC) classifies electrical systems into four categories (CAT 1 through CAT 4):

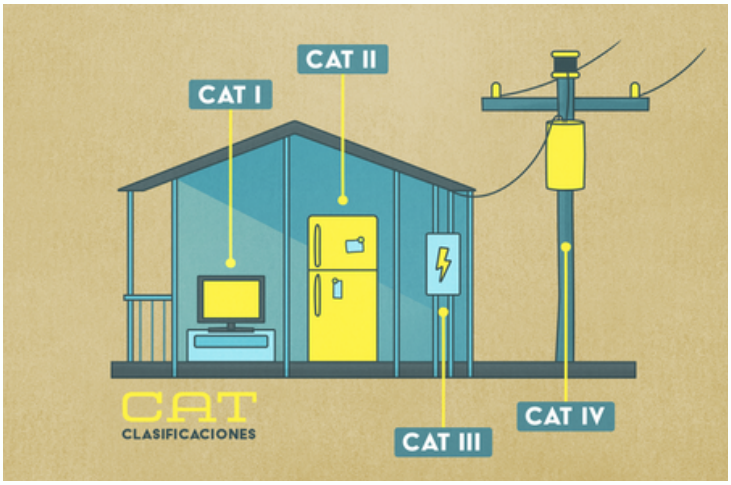
- ***CAT 1** – Low-voltage household devices (e.g., computers)*
- ***CAT 2** – Household appliances (e.g., refrigerators, vacuums)*
- ***CAT 3** – Higher voltage industrial and commercial systems*
- ***CAT 4** – High-voltage systems used in EVs and heavy-duty industrial equipment*



Clasificaciones CAT

La Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) clasifica los sistemas eléctricos en cuatro categorías (de CAT 1 a CAT 4):

- ***CAT 1** – Electrodomésticos de bajo voltaje (p. ej., computadoras)*
- ***CAT 2** – Electrodomésticos (p. ej., refrigeradores, aspiradoras)*
- ***CAT 3** – Sistemas industriales y comerciales de alto voltaje*
- ***CAT 4** – Sistemas de alto voltaje utilizados en vehículos eléctricos y equipos industriales de alta potencia*



Most EV systems fall into **CAT 3 and CAT 4**, which means they operate at high voltage and require specialized safety precautions.

*La mayoría de los sistemas de vehículos eléctricos pertenecen a las categorías **3 y 4**, lo que significa que funcionan con alto voltaje y requieren precauciones de seguridad especializadas.*

- Electric vehicles usually run on systems that use between 300 and over 800 volts of direct current.
- These voltages are deadly and much higher than the typical 12-volt or 24-volt circuits found in regular cars.
- Even when the power is switched off, parts like capacitors can still hold a dangerous amount of electricity.

- *Los vehículos eléctricos suelen funcionar con sistemas que utilizan entre 300 y más de 800 voltios de corriente continua.*
- *Estos voltajes son mortales y mucho más altos que los circuitos típicos de 12 o 24 voltios que se encuentran en los coches convencionales.*
- *Incluso cuando la energía está apagada, partes como los condensadores aún pueden contener una cantidad peligrosa de electricidad.*

Warning Labels & Colors

- High-voltage parts usually have orange markings.
- Get familiar with spotting things like inverters, battery packs, and HV cables fast.
- Make sure service plugs or safety switches are turned off before you touch anything.

Etiquetas y colores de advertencia

- *Las piezas de alto voltaje suelen tener marcas naranjas.*
- *Familiarícese rápidamente con la identificación de elementos como inversores, paquetes de baterías y cables de alta tensión.*
- *Asegúrese de que los enchufes de servicio o los interruptores de seguridad estén apagados antes de tocar cualquier cosa.*

Personal Protective Equipment (PPE) is essential for protecting technicians from electric shock and other HV-related hazards. Proper PPE includes:

1. **Non-synthetic, fire-resistant clothing** – Prevents ignition or melting in the event of an arc flash.
2. **Orange-omega rated footwear** – Provides electrical insulation and slip resistance.
3. **Class 0-rated rubber and leather gloves** – Compliant with CAT 3 standards to insulate against high voltage.
4. **Non-conductive safety glasses and face shield** – Protects eyes and face from sparks or debris.
5. **Hot stick** – A long-handled tool used to safely remove people or objects that come into contact with HV circuits.

El Equipo de Protección Individual (EPP) *es esencial para proteger a los técnicos de descargas eléctricas y otros riesgos relacionados con la alta tensión. El EPP adecuado incluye:*

1. ***Ropa no sintética resistente al fuego*** *– evita la ignición o la fusión en caso de arco eléctrico.*
2. ***Calzado con clasificación naranja-omega*** *– proporciona aislamiento eléctrico y resistencia al deslizamiento.*
3. ***Guantes de goma y cuero con clasificación clase 0*** *– cumplen con las normas CAT 3 para aislar contra alta tensión.*
4. ***Gafas de seguridad no conductoras y pantalla facial –*** *protegen los ojos y la cara de chispas o residuos.*
5. ***Pértiga*** *– herramienta de mango largo que se utiliza para retirar de forma segura a personas u objetos que entran en contacto con circuitos de alta tensión.*

Personal Safety Audit

Before working on any HV vehicle system, always conduct a personal safety audit to reduce the risk of electric shock.

Remove Conductive Items:

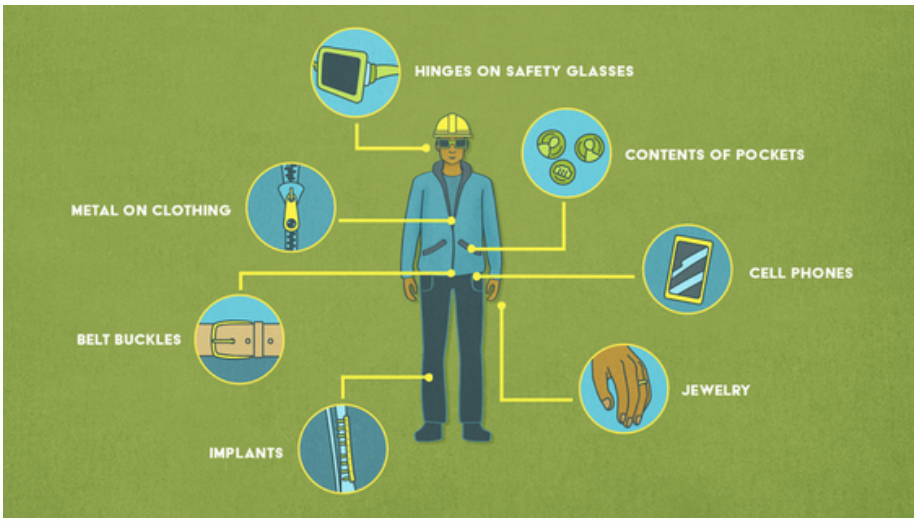
- Jewelry (rings, necklaces, bracelets)
- Belt buckles and metal zippers
- Cell phones and keys in pockets
- Metal frames on safety glasses

Check for Medical Risks:

- Technicians with surgical implants (e.g., pacemakers) should avoid working around HV circuits, as electromagnetic fields can interfere with medical devices.

Assess Your Clothing and Equipment:

- Ensure all PPE is rated for high-voltage work.
- Confirm gloves and footwear are properly insulated and undamaged.



An electric shock happens when electricity passes through a person's body. Electric shocks can be very small, like a tiny zap from static electricity, or very dangerous, like those from power lines, machines, or lightning. How much harm the shock causes depends on how much electricity flows through the body. The most damage happens along the path the electricity takes from where it enters to where it leaves the body.
A person's age and health also affect how serious the shock can be.

From a medical point of view, electrical shock injuries can be divided into these categories:

- Burns where the electricity enters and leaves the body
- Permanent hearing loss
- Muscle spasms or seizures
- Convulsions
- Brain injury
- Ventricular fibrillation (a serious heart rhythm problem)

Auditoría de Seguridad Personal

Antes de trabajar en cualquier sistema de un vehículo HV, realice siempre una auditoría de seguridad personal para reducir el riesgo de descarga eléctrica.

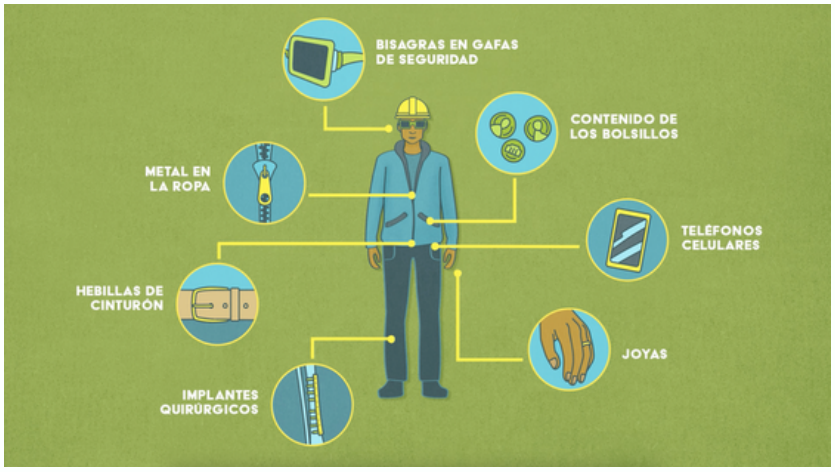
Quítese los artículos conductores:

- *Joyas (anillos, collares, pulseras)*
- *Hebillas de cinturón y cremalleras metálicas*
- *Teléfonos móviles y llaves en los bolsillos*
- *Marcos metálicos en las gafas de seguridad*

Verifique los riesgos médicos:
Los técnicos con implantes quirúrgicos (p. ej., marcapasos) deben evitar trabajar cerca de circuitos de alta tensión, ya que los campos electromagnéticos pueden interferir con los dispositivos médicos.

Evalúe su ropa y equipo:

- *Asegúrese de que todo el EPP esté clasificado para trabajos de alta tensión.*
- *Confirme que los guantes y el calzado estén bien aislados y sin daños.*



Una descarga eléctrica *se produce cuando la electricidad atraviesa el cuerpo de una persona. Las descargas eléctricas pueden ser muy pequeñas, como una pequeña descarga de electricidad estática, o muy peligrosas, como las de cables eléctricos, máquinas o relámpagos. La magnitud del daño que causa la descarga depende de la cantidad de electricidad que fluye por el cuerpo. El mayor daño ocurre a lo largo del camino que toma la electricidad desde donde entra hasta donde sale del cuerpo. La edad y el estado de salud de la persona también influyen en la gravedad de la descarga.*

Desde un punto de vista médico, las lesiones por descarga eléctrica se pueden dividir en las siguientes categorías:

- *Quemaduras por la entrada y salida de la electricidad del cuerpo*
- *Pérdida auditiva permanente*
- *Espasmos musculares o convulsiones*
- *Convulsiones*
- *Lesión cerebral*
- *Fibrilación ventricular (un problema grave del ritmo cardíaco)*

Capacitance

Automotive technicians need to understand what **capacitance** means because it is an important concept in both low voltage (LV) and high voltage (HV) electrical systems. Capacitance is the ability of a material to store an electrical charge. There are three main types of capacitance:

- **Self capacitance**: This is when a single object stores electrical charge on its own, like a balloon holding static electricity.
- **Mutual capacitance**: This happens when two nearby objects affect each other's ability to hold charge, like two metal plates facing each other storing electricity between them.
- **Distributed capacitance**: This type happens when capacitance is spread out along wires or circuits, not just in one spot.

EV equipment manufacturers carefully design vehicles using special features, like double insulation on the chassis frames, to reduce the effects of distributed capacitance. Distributed capacitance happens when electrical charges spread along parts like wires or the vehicle's frame, which can cause small unwanted electrical currents. Although these design methods help lower the problem, no one has yet found a way to completely stop it.

Think of distributed capacitance like water slowly leaking through tiny cracks along a pipe. The special insulation acts like sealing tape to reduce the leaks, but it's very hard to seal every tiny crack perfectly.

Capacitancia

*Los técnicos automotrices necesitan comprender el significado de **la capacitancia**, ya que es un concepto importante tanto en sistemas eléctricos de baja tensión (BT) como de alta tensión (AT). La capacitancia es la capacidad de un material para almacenar una carga eléctrica. Existen tres tipos principales de capacitancia:*

- ***Autocapacitancia**: Se da cuando un solo objeto almacena carga eléctrica por sí mismo, como un globo que contiene electricidad estática.*

- ***Capacitancia mutua**: Se produce cuando dos objetos cercanos afectan la capacidad mutua de retener la carga, como dos placas metálicas enfrentadas que almacenan electricidad entre sí.*

- ***Capacitancia distribuida**: Este tipo ocurre cuando la capacitancia se distribuye a lo largo de cables o circuitos, no en un solo punto.*

Los fabricantes de equipos para vehículos eléctricos diseñan cuidadosamente los vehículos utilizando características especiales, como el doble aislamiento en los chasis, para reducir los efectos de la capacitancia distribuida. La capacitancia distribuida se produce cuando las cargas eléctricas se distribuyen a lo largo de piezas como cables o el chasis del vehículo, lo que puede causar pequeñas corrientes eléctricas no deseadas. Si bien estos métodos de diseño ayudan a reducir el problema, aún no se ha encontrado una manera de eliminarlo por completo.

Imagine la capacitancia distribuida como si el agua se filtrara lentamente por las pequeñas grietas de una tubería. El aislamiento especial actúa como cinta selladora para reducir las fugas, pero es muy difícil sellar cada pequeña grieta a la perfección.

Workplace Safety Procedures

In addition to personal safety, technicians must follow proper worksite protocols to maintain a safe environment for themselves and others.

- **High-Voltage Testing** – Use properly rated testing equipment to confirm voltage levels before working on HV systems.
- **Clear Communication** – Inform supervisors and team members when working with HV systems. Follow hazard communication procedures.
- **HV Placards and Warnings** – Display warning signs and high-voltage placards around the work area.
- **Safe Handling of EESS** (Electrical Energy Storage Systems) – Follow manufacturer guidelines for battery removal and handling. Store batteries in designated, insulated areas.
- **Charging Precautions** – Confirm that the vehicle is not actively charging before starting work. Follow proper lockout/tagout procedures to isolate the HV system.

Procedimientos de Seguridad en el Lugar de Trabajo

Además de la seguridad personal, los técnicos deben seguir los protocolos adecuados en el lugar de trabajo para mantener un entorno seguro para ellos mismos y los demás.

- ***Pruebas de alto voltaje*** *– utilice equipos de prueba con la clasificación adecuada para confirmar los niveles de voltaje antes de trabajar en sistemas de alta tensión.*
- ***Comunicación clara*** *– informe a los supervisores y miembros del equipo cuando trabaje con sistemas de alta tensión. Siga los procedimientos de comunicación de peligros.*
- ***Letreros y advertencias de alta tensión*** *– coloque letreros de advertencia y letreros de alto voltaje en el área de trabajo.*
- ***Manejo seguro de sistemas de almacenamiento de energía eléctrica (EESS)*** *– Siga las instrucciones del fabricante para la extracción y el manejo de las baterías. Almacene las baterías en áreas designadas y aisladas.*
- ***Precauciones de carga*** *– Confirme que el vehículo no se esté cargando activamente antes de comenzar a trabajar. Siga los procedimientos adecuados de bloqueo y etiquetado para aislar el sistema de alta tensión.*

Summary / Resumen

High-voltage systems in EVs present serious risks that require strict safety measures and proper training. Wearing the correct PPE, conducting personal safety audits, and maintaining safe worksite procedures are essential for protecting yourself and others from injury. Careful preparation and consistent adherence to safety guidelines will ensure that you can confidently and safely work with HV systems in electric vehicles.

Los sistemas de alto voltaje en vehículos eléctricos presentan graves riesgos que requieren medidas de seguridad estrictas y una capacitación adecuada. Usar el EPI correcto, realizar auditorías de seguridad personal y mantener procedimientos seguros en el lugar de trabajo son esenciales para protegerse y proteger a los demás de lesiones. Una preparación minuciosa y el cumplimiento constante de las normas de seguridad le garantizarán trabajar con sistemas de alto voltaje en vehículos eléctricos con confianza y seguridad.

QUIZ / PRUEBA

1. **What voltage level is considered high voltage (HV) in electric vehicles?**

a) Over 25 volts
b) Over 50 volts
c) Over 100 volts
d) Over 500 volts

1. ***¿Qué nivel de voltaje se considera alto voltaje (AT) en vehículos eléctricos?***

a) Más de 25 voltios
b) Más de 50 voltios
c) Más de 100 voltios
d) Más de 500 voltios

2. **Which CAT classification applies to most high-voltage EV systems?**

a) CAT 1
b) CAT 2
c) CAT 3 and CAT 4
d) CAT 5

2. ***¿Qué clasificación CAT se aplica a la mayoría de los sistemas de vehículos eléctricos de alto voltaje?***

a) CAT 1
b) CAT 2
c) CAT 3 y CAT 4
d) CAT 5

3. **Why are non-synthetic, fire-resistant clothes required when working with HV systems?**
a) They are more comfortable

b) They prevent ignition or melting in case of an arc flash
c) They are better for cold weather
d) They improve grip when working with tools

QUIZ / PRUEBA

3. ***¿Por qué se requiere ropa no sintética resistente al fuego al trabajar con sistemas de alta tensión?***

a) Son más cómodas
b) Evitan la ignición o la fusión en caso de arco eléctrico
c) Son mejores para climas fríos
d) Mejoran el agarre al trabajar con herramientas

4. **What is the purpose of a hot stick?**

a) To test for voltage
b) To tighten electrical connectors
c) To remove a person or object from an HV circuit in an emergency
d) To check battery charge levels

4. **¿Cuál es el propósito de una pértiga?**

a) Para comprobar el voltaje
b) Para apretar conectores eléctricos
c) Para retirar a una persona u objeto de un circuito de alta tensión en caso de emergencia
d) Para comprobar el nivel de carga de la batería

5. **What should you do during a personal safety audit before working on an EV?**

a) Remove metal objects like jewelry and belt buckles
b) Wear synthetic clothing for better comfort
c) Keep your cell phone in your pocket for emergencies
d) Meditate for 10 minutes or longer

5. ***¿Qué debe hacer durante una auditoría de seguridad personal antes de trabajar en un vehículo eléctrico?***

a) Quítese los objetos metálicos como joyas y hebillas de cinturón
b) Use ropa sintética para mayor comodidad
c) Guarde su teléfono celular en el bolsillo para emergencias
d) Medite durante 10 minutos o más

QUIZ / PRUEBA

6. **Why should someone with a pacemaker avoid working around HV circuits?**

a) They may overheat
b) Electromagnetic fields can interfere with medical devices
c) They may get shocked more easily
d) Their heart rate may increase

6. **¿Por qué una persona con marcapasos debería evitar trabajar cerca de circuitos de alta tensión?**

a) Pueden sobrecalentarse
b) Los campos electromagnéticos pueden interferir con los dispositivos médicos
c) Pueden recibir descargas eléctricas con mayor facilidad
d) Su frecuencia cardíaca puede aumentar

7. **What is the correct procedure for handling an Electrical Energy Storage System (EESS)?**

a) Disconnect the battery without testing voltage
b) Follow manufacturer guidelines and store batteries in insulated areas
c) Keep the system active for quicker testing
d) Handle batteries with bare hands for better grip

7. ***¿Cuál es el procedimiento correcto para manipular un Sistema de Almacenamiento de Energía Eléctrica (EESS)?***

a) Desconectar la batería sin comprobar el voltaje
b) Seguir las instrucciones del fabricante y almacenar las baterías en áreas aisladas
c) Mantener el sistema activo para una prueba más rápida
d) Manipule las baterías con las manos descubiertas para un mejor agarre

QUIZ / PRUEBA

8. **What is the purpose of displaying high-voltage warning signs around the work area?**

a) To meet legal requirements
b) To label the vehicle's power rating
c) To organize the workspace
d) To warn technicians and ensure safety awareness

8. ***¿Cuál es el propósito de colocar señales de advertencia de alto voltaje alrededor del área de trabajo?***

a) Cumplir con los requisitos legales
b) Identificar la potencia nominal del vehículo
c) Organizar el espacio de trabajo
d) Advertir a los técnicos y garantizar la seguridad

BIBLIOGRAPHY

Bennett, S. (2024). Electric Vehicles: A Systems Approach [Online textbook]. Tinley Park, IL: The Goodheart-Willcox Company, Inc. Retrieved from https://www.g-w.com

Forbes Advisor. (n.d.). Car ownership statistics. Forbes. Retrieved August 18, 2025, from https://www.forbes.com/advisor/car-insurance/car-ownership-statistics/

McKibben, B. (2022, June 9). Wrong turn: America's car culture and the road not taken. Yale Environment 360. Retrieved from https://e360.yale.edu/features/wrong-turn-americas-car-culture-and-the-road-not-taken

Tiseo, I. (2024, September 16). Global transportation sector GHG emissions 2023, by country. Statista. Retrieved August 18, 2025, from https://www.statista.com/statistics/1084166/ghg-emissions-transportation-sector-globally-by-country/

Wood, E., Borlaug, B., Moniot, M., Lee, D.-Y., Ge, Y., Yang, F., & Liu, Z. (2023). The 2030 National Charging Network: Estimating U.S. Light-Duty Demand for Electric Vehicle Charging Infrastructure (NREL Report No. OSTI-85654). National Renewable Energy Laboratory. Retrieved from https://www.nrel.gov/docs/fy23osti/85654.pdf

California Air Resources Board. (2025). Advanced Clean Cars II. Retrieved August 18, 2025, from https://ww2.arb.ca.gov/our-work/programs/advanced-clean-cars-program/advanced-clean-cars-ii

Dlouhy, J. (2024, March 21). Jennifer Dlouhy on new tailpipe mandate and its impact on middle American voters [Video]. Bloomberg Radio, via YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=N98CtwsWrr8

Wood, E., Borlaug, B., Moniot, M., Lee, D.-Y., Ge, Y., Yang, F., & Liu, Z. (2023, June). The 2030 National Charging Network: Estimating U.S. Light-Duty Demand for Electric Vehicle Charging Infrastructure (NREL Report No. TP-5400-85654). National Renewable Energy Laboratory. https://www.nrel.gov/docs/fy23osti/85654.pdf

THE LEAP INSTITUTE

Visit our site for more information:
www.theleapinstitute.org

