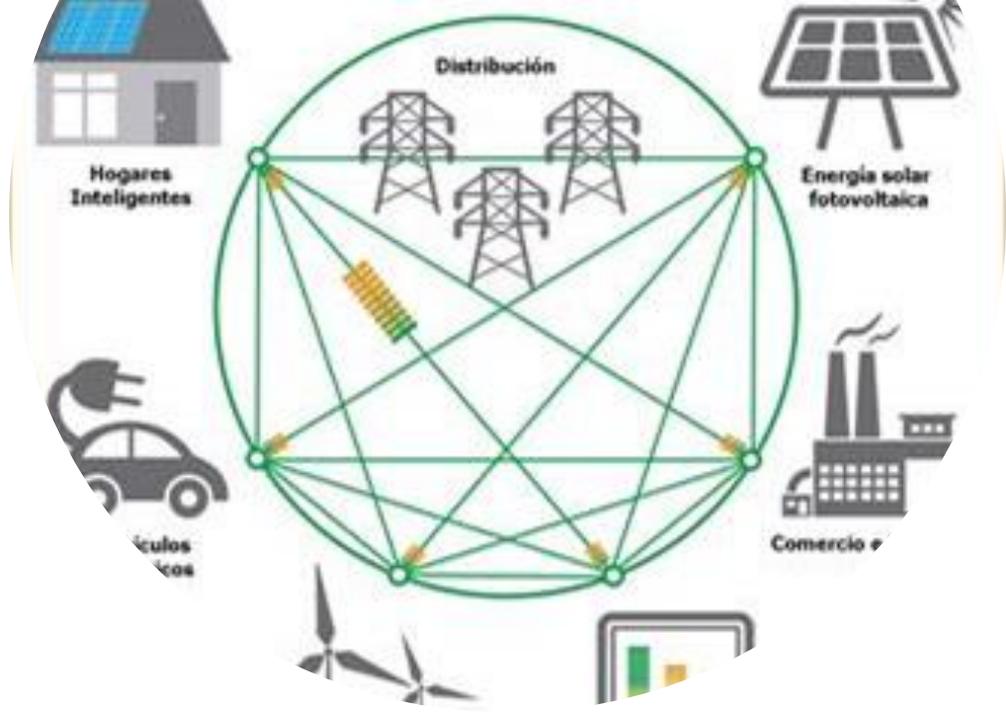


## Evaluación de la capacidad de sistemas de distribución de energía eléctrica para alojamiento de vehículos eléctricos

Ozy D. Melgar Dominguez, Ph.D., M.Sc., Ing.

[ozzydamedo@gmail.com](mailto:ozzydamedo@gmail.com)



## Contenido

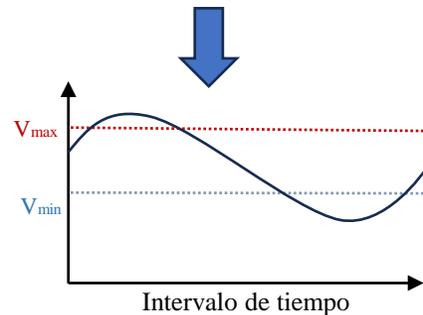
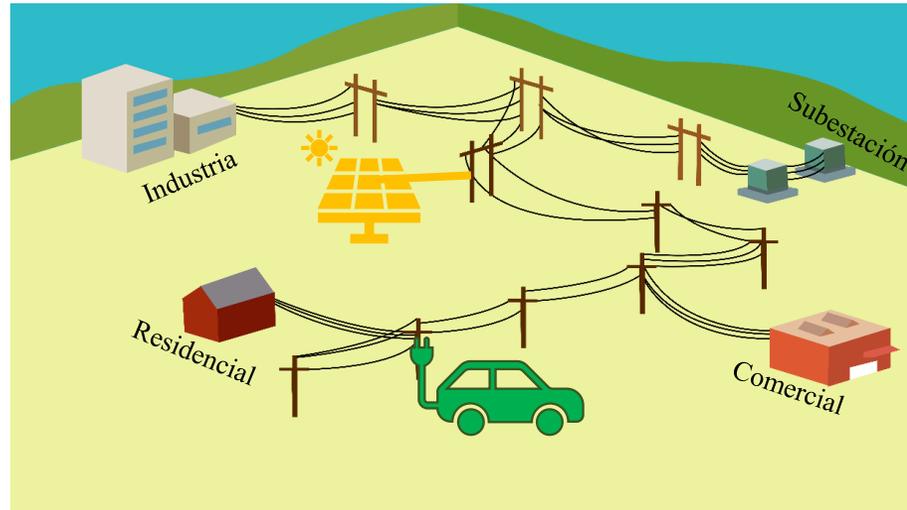
- Introducción.
- Metodología de evaluación.
- Análisis de caso.
- Discusión.

# Introducción: Contextualización

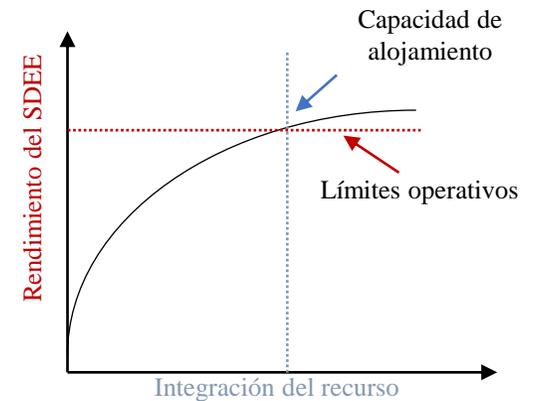
Adopción de recursos energéticos en los sistemas de distribución de energía eléctrica (SDEE)

Una mayor integración de estos recursos podría comprometer la calidad de la energía suministrada a los usuarios del sistema.

¿Podríamos determinar las exportaciones (o importaciones) máximas que las redes pueden soportar?



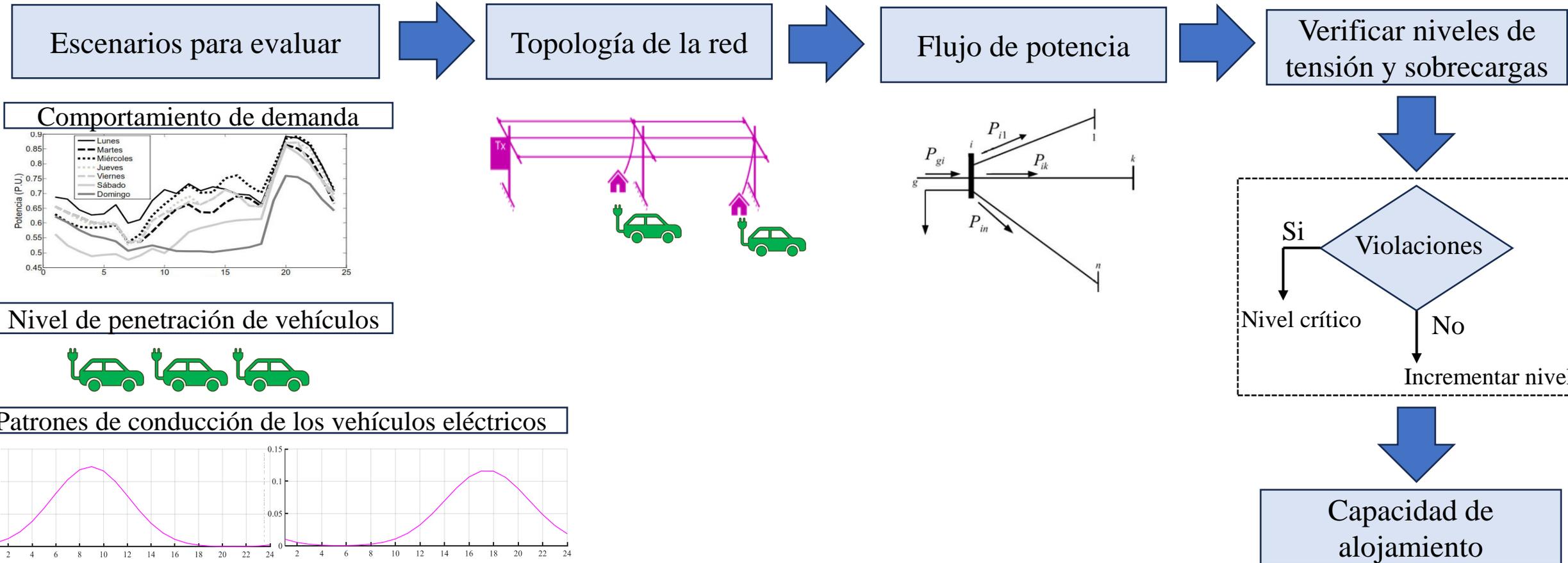
Operador del Sistema





# Metodología de evaluación

La capacidad de una red eléctrica para hospedar vehículos eléctricos puede ser evaluada, generalmente, por estudios eléctricos o por la formulación de una estrategia de optimización.



# Metodología de evaluación

Otra alternativa para plantear el problema de estimar la capacidad de alojamiento de una red de distribución consiste en formular un problema de programación matemática.

- La variable "z" representa la demanda de vehículos eléctricos para ser conectados en la red;
- Las restricciones genéricas  $G(y, f, z) = b_1$  y  $H(y, f, z) \leq b_2$  representan las ecuaciones de estado estacionario del sistema eléctrico, límites técnicos del sistema eléctrico, balance energético de las baterías de los vehículos, entre otras que representen la infraestructura de la red;
- La variable "y" representa el estado de carga de los vehículos eléctricos;
- La variable "f" representa las variables de estado, como ser tensión, corriente, flujos de potencia, entre otras.

**Modelo  
Matemático**

$$\max_{y,z} z \quad \leftarrow \text{Función objetivo}$$

S. a:

$$\left. \begin{aligned} G(y, f, z) &= b_1 \\ H(y, f, z) &\leq b_2 \\ y &\in \{0,1\}; z \in \mathbb{R} \end{aligned} \right\} \text{Restricciones}$$

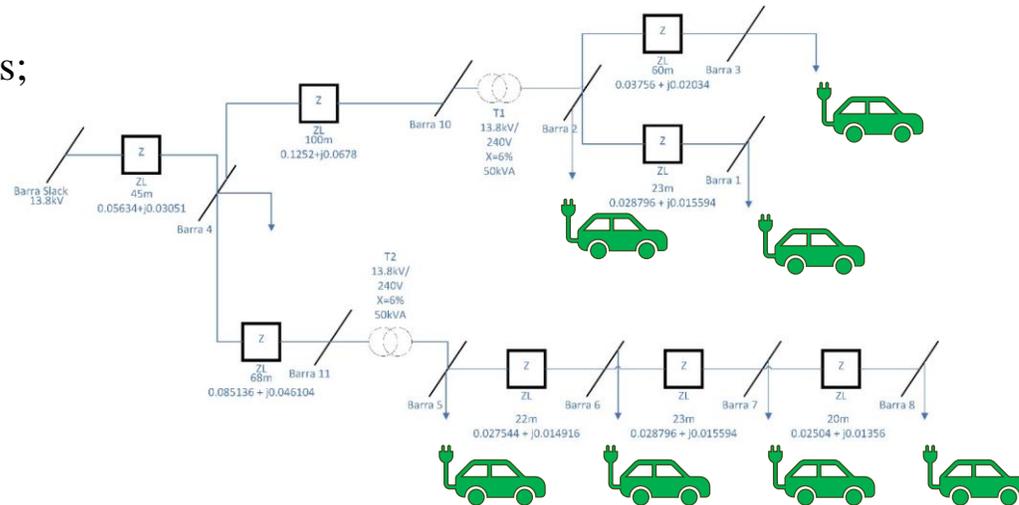
- Esta formulación conlleva a un problema de programación no lineal entera mixta;
- *Solvers* comerciales tienen dificultades de encontrar la solución óptima global del problema;
- Técnicas de linealización pueden ser implementadas para reformular el problema de una manera más manejable;
- Técnicas de solución como heurísticas o metaheurísticas podrían ser utilizadas;
- La solución de este problema define la capacidad de alojamiento o nivel de penetración que un sistema eléctrico podría acomodar.

# Análisis de caso

Para efectos de estudio, se realizó un análisis de capacidad utilizando una red de baja tensión de Honduras.

En la base de datos de dicha red, se contó con la siguiente información:

1. Cantidad de clientes;
2. Consumo energético;
3. Capacidad de los transformadores;
4. Calibre de los conductores;
5. Distancia entre nodos.



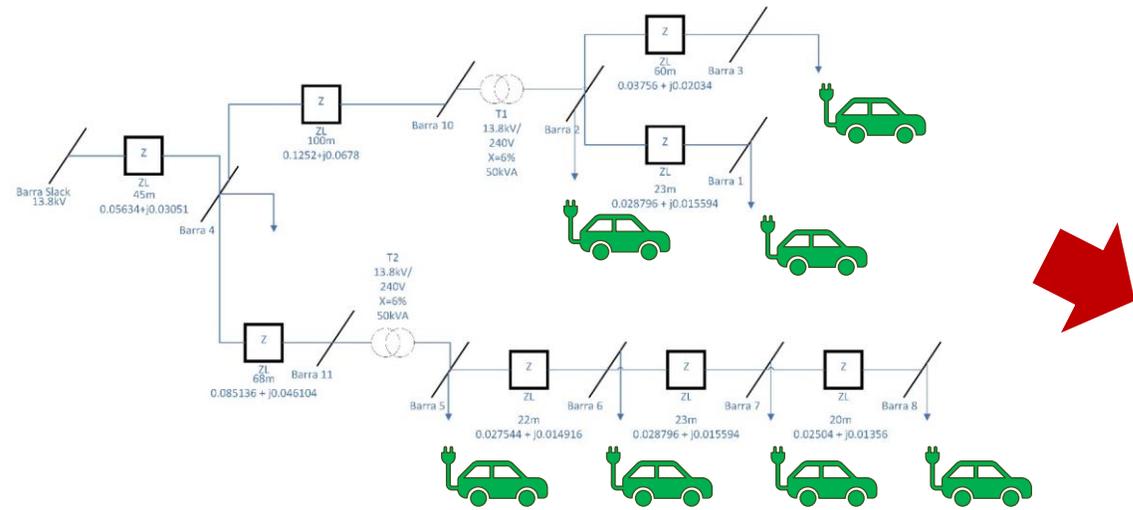
Para efectos de evaluación de la capacidad de alojamiento, se consideró:

1. Vehículos eléctricos Nissan Leaf;
2. Capacidad de batería de 56 kWh;
3. Capacidad del cargador 6.6 kW;

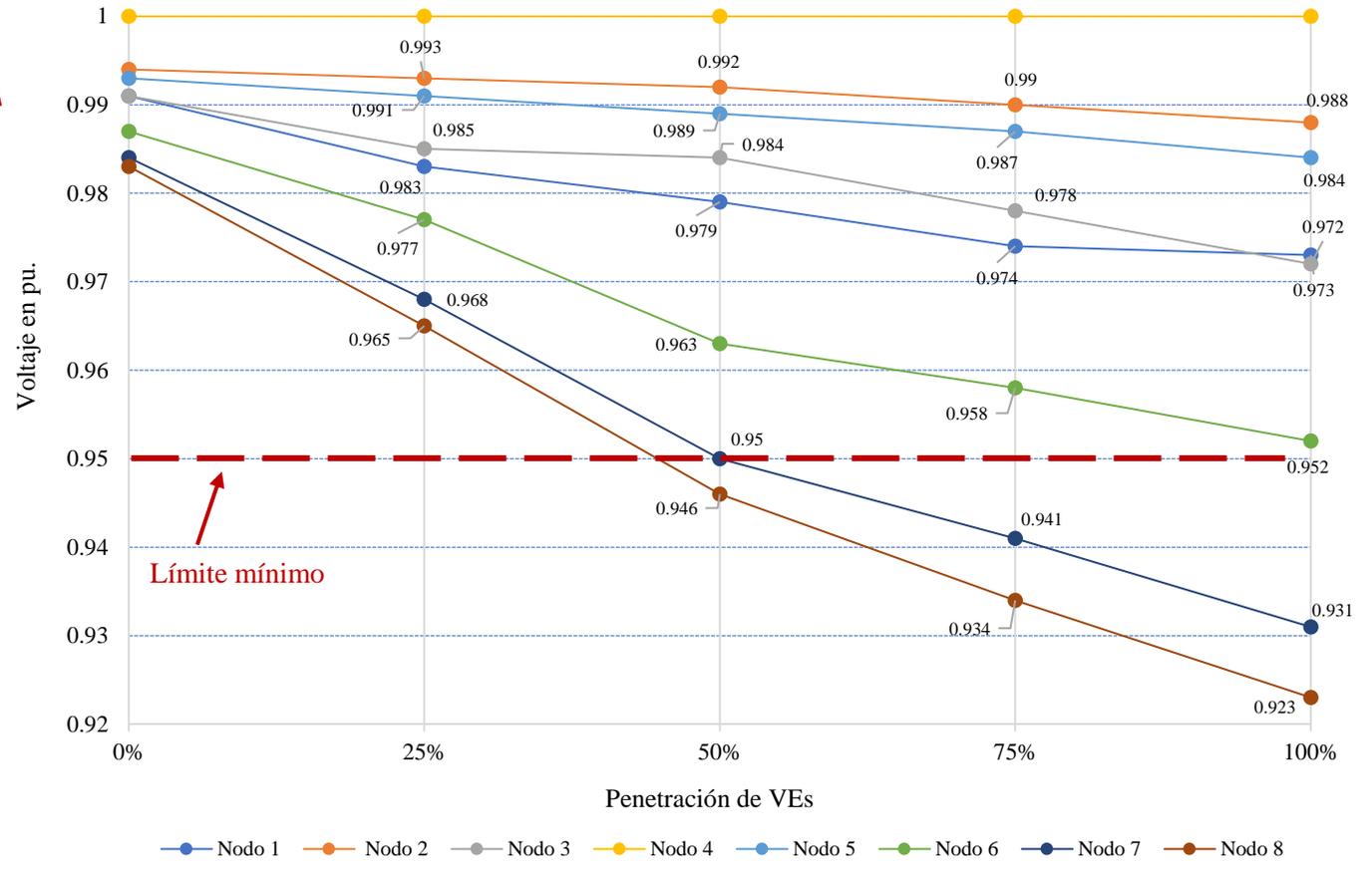
Para simular el flujo de potencia ante diferentes condiciones de carga, se utilizó la herramienta **MATPOWER**.

**Referencia:** Rodríguez, K., Briceño, E., Amador, H., & Melgar-Domínguez, O. D. (2023). **Evaluando el impacto de la conexión de vehículos eléctricos en una red de baja tensión de Honduras.** Innovare: Revista de ciencia y tecnología, 12(2), 53-60.

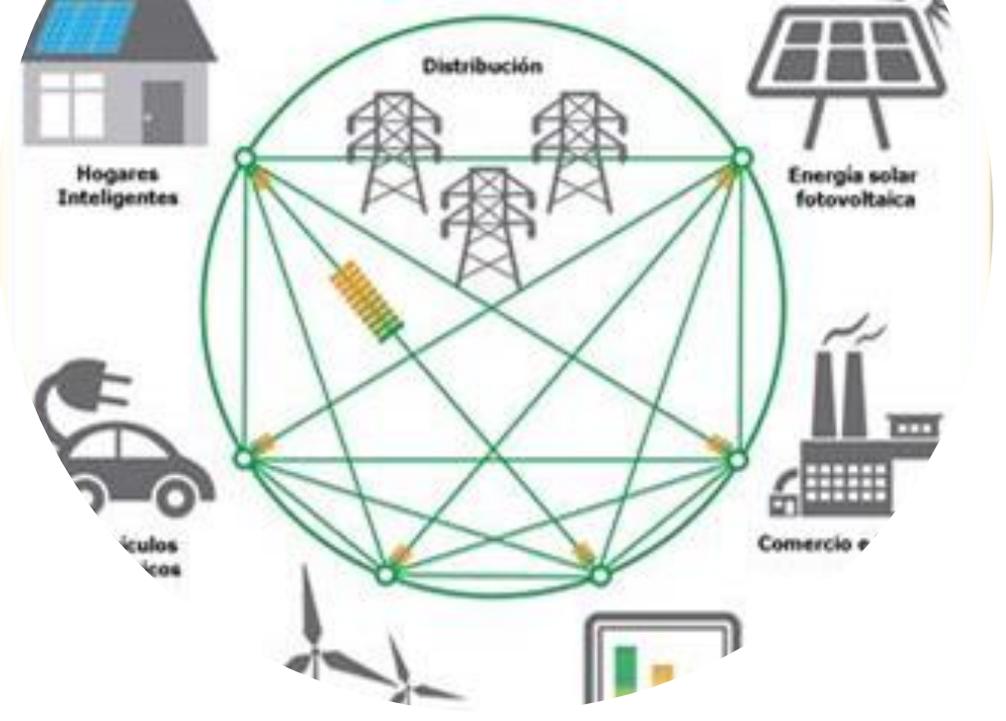
# Análisis de caso



Se evalúan niveles de penetración de 25%, 50%, 75% y 100%.  
 Con funciones de probabilidad, se estiman patrones de conducción.  
 Se considera que, al llegar los vehículos, estos comienzan a cargar.



- La capacidad de alojamiento de una red eléctrica depende de la infraestructura de esta.
- Basados en los resultados obtenidos para la red en estudio se observó que, al alcanzar un 50% de penetración de vehículos eléctricos, se estiman violaciones en el límite mínimo de tensión, lo cual impactaría en la calidad de la energía suministrada al abonado final.
- Para el estudio realizado, se adoptó que cada usuario tendría al menos un vehículo eléctrico, lo cual resulta en un escenario con alta probabilidad de ocurrencia dado la cantidad de vehículos que circulan en la ciudad.
- Evidentemente, al incorporar altos niveles de penetración de vehículos eléctricos, límites de capacidad de transformadores y circuitos pueden ser ultrapasados, comprometiendo la seguridad del sistema.
- A partir de esta discusión, se identifica la necesidad de gestionar la carga de los vehículos eléctricos como una oportunidad para incorporar mayores niveles de penetración sin impactar negativamente la operación de las redes eléctricas.



**GRACIAS**