

Documentación Archivos JSON para Sistemas de Test en Estaciones de Carga de Vehículos Eléctricos

Alejandra Tabares Pozos

23 de febrero de 2025

Resumen

Este documento describe en detalle la estructura y el contenido de los archivos JSON generados para los sistemas de test que simulan la operación de estaciones de carga de vehículos eléctricos. Se explican los campos principales.

1. Introducción

La simulación de sistemas de operación en estaciones de carga de vehículos eléctricos resulta fundamental para analizar y evaluar estrategias de asignación de recursos, optimización de la carga y gestión de la operación en entornos dinámicos. Los archivos en formato JSON generados contienen toda la información necesaria para reproducir escenarios realistas, permitiendo a los investigadores:

- Analizar la evolución de los precios de energía, los patrones de llegada de vehículos y la ocupación del parking.
- Realizar comparaciones entre distintos algoritmos de optimización en condiciones de alta y baja saturación.
- Estudiar el impacto de la variabilidad en la demanda y los precios sobre la operación de la estación.

2. Estructura del Archivo JSON

Cada archivo JSON representa un sistema de test y se estructura en los siguientes campos:

2.1. Campo `test_number`

Identificador numérico del sistema de test.

2.2. Campo `energy_prices`

Este campo es una lista de objetos, cada uno representando un intervalo de tiempo en el que se conoce el precio de energía. Cada objeto contiene:

- **time**: Tiempo transcurrido (en horas) desde el inicio de la operación.
- **price**: Precio de energía en ese intervalo. El precio se modela como:

$$\text{price}(t) = \text{base_price} + \sum_{i=1}^n A_i \exp\left(-\frac{(t - \mu_i)^2}{2\sigma_i^2}\right) + \epsilon(t)$$

donde $\epsilon(t)$ es un término de ruido blanco (distribución normal con desviación estándar `noise_std`) que introduce inestabilidad en la curva.

2.3. Campo `arrivals`

Es una lista de objetos que describen las llegadas de vehículos. Cada objeto puede incluir:

- **id**: Identificador único del vehículo.
- **arrival_time**: Momento en que el vehículo llega a la estación.
- **departure_time**: Momento en que el vehículo abandona el parking (la salida se trunca para que no exceda la ventana de operación).
- **required_energy**: Requerimiento de carga, expresado como porcentaje de la capacidad total de la batería.
- **brand** (opcional): Marca y modelo del vehículo, disponible en modelos extendidos.
- **battery_capacity** (opcional): Capacidad total de la batería del vehículo (en kWh).

2.4. Campo `parking_config`

Este objeto describe la configuración del estacionamiento:

- **n_spots**: Número total de plazas disponibles.
- **chargers**: Lista de cargadores disponibles, donde cada cargador tiene:
 - **charger_id**: Identificador del cargador.
 - **power**: Potencia del cargador (en kW).
- **transformer_limit**: Límite total de potencia que puede suministrar el transformador del parking (en kW).

A modo de ejemplo, la siguiente sección muestra un fragmento de un archivo JSON:

```

1 {
2   "test_number": 3,
3   "energy_prices": [
4     {"time": 0.0, "price": 28.2},
5     {"time": 0.25, "price": 29.5},
6     ...
7   ],
8   "arrivals": [

```

```

9      {"id": 0, "arrival_time": 0.1, "departure_time": 6.0, "
      required_energy": 0.45},
10     {"id": 1, "arrival_time": 0.3, "departure_time": 7.5, "
      required_energy": 0.30},
11     ...
12 ],
13 "parking_config": {
14     "n_spots": 60,
15     "chargers": [
16         {"charger_id": 0, "power": 7},
17         {"charger_id": 1, "power": 7},
18         {"charger_id": 2, "power": 22},
19         ...
20     ],
21     "transformer_limit": 180
22 }
23 }
```

Listing 1: Ejemplo de estructura JSON

3. Fundamentos Teóricos y Metodología

La generación de los datos de simulación se fundamenta en modelos probabilísticos y estadísticos:

3.1. Precios de Energía

La función de precios se basa en la suma de funciones gaussianas que modelan los picos durante el día. La incorporación de ruido blanco simula la inestabilidad real del mercado, de forma que:

$$\epsilon(t) \sim \mathcal{N}(0, \text{noise_std}^2)$$

asegurando que la serie de precios tenga fluctuaciones realistas.

3.2. Proceso de Llegadas de Vehículos

Se implementan dos métodos para modelar las llegadas:

1. **Modelo por intervalos:** Se divide el día en intervalos fijos y se utiliza una distribución Poisson para determinar el número de llegadas en cada intervalo, asignando luego tiempos de llegada de forma uniforme dentro de cada subintervalo.
2. **Método de Thinning para NHPP:** Este método simula un Proceso de Poisson No Homogéneo mediante la técnica de *thinning*. Se genera un proceso homogéneo con tasa máxima $\lambda_{\text{máx}}$ y se acepta cada llegada con probabilidad $\frac{\lambda(t)}{\lambda_{\text{máx}}}$. Este método asegura que los tiempos entre llegadas sean exponenciales y se ajuste de forma precisa a la tasa variable $\lambda(t)$.

3.3. Características de los Vehículos y Requerimiento de Carga

En los modelos extendidos se asigna a cada vehículo:

- Una marca y capacidad de batería, seleccionadas según una distribución de participación de mercado.
- Un requerimiento de carga, expresado como un porcentaje (por ejemplo, entre 10 % y 90 %) de la capacidad total de la batería.

3.4. Configuración del Parking

La configuración del estacionamiento se define mediante:

- El número de plazas (`n_spots`).
- Un conjunto heterogéneo de cargadores con diferentes potencias.
- Un límite de potencia total del transformador (`transformer_limit`), que impone restricciones reales a la operación.