

iMOLAB

E1.4. - Descripción laboratorio ITE iMoLab

Instituto Tecnológico de la Energía (ITE). Octubre 2023

Proyecto ejecutado por:



Con la financiación de:



Cofinanciado por
la Unión Europea

ÍNDICE

01_ Introducción	2
02_ Objetivos	4
03_ Diseño del demostrador	5
04_ Arquitectura SW y de Comunicaciones	10
05_ Validación del demostrador	21
06_ Recarga Inteligente	24
07_ Conclusiones	28

01_ Introducción

El contexto actual de la movilidad está fuertemente marcado por el calentamiento global relacionado con el incremento de la cantidad de CO₂ en la atmósfera, causado en gran medida por el uso de combustibles fósiles, tanto para la generación de energía como para la movilidad basada en vehículos de combustión interna. En los últimos años están produciéndose cambios positivos, y la movilidad se está transformando progresivamente, basándose cada vez más en energías renovables y dando paso a la movilidad eléctrica. Se espera que esta transformación permita reducir significativamente las emisiones de CO₂ a la atmósfera en los próximos años.

El proyecto iMoLab surge, en el plano energético, con el objetivo de aprovechar la oportunidad que brinda el contexto actual para **avanzar en la integración tanto de energías renovables como de la movilidad eléctrica en la red**. Este aspecto es clave, ya que las energías renovables y la movilidad eléctrica tienen un punto en común: la red eléctrica.

La propia red eléctrica cuenta con limitaciones técnicas o barreras que es necesario considerar a la hora de añadir activos a la misma. El vehículo eléctrico, actualmente, es una nueva carga para la red eléctrica, que necesita desarrollar nuevos aspectos tecnológicos para afrontar con garantías el abastecimiento de cada vez mayor cantidad de vehículos, a través de más puntos de recarga.

En este sentido, el tipo de recarga también tiene distinto impacto en la red eléctrica. La recarga del vehículo puede ser descontrolada, controlada o V2G como se describe a continuación:

- **Descontrolada:** De esta forma el vehículo carga a la máxima potencia permitida tanto por el cargador como por el vehículo. Este tipo de recarga tiene asociados algunos inconvenientes importantes, por ejemplo, en el caso de uso más repetido, cuando el usuario del vehículo eléctrico llega a casa después de la jornada laboral y demás quehaceres diarios, la mayoría de los vehículos van a empezar a cargar a última hora de la tarde. Este periodo coincide con el periodo punta de la mayoría de las tarifas eléctricas. En esta franja horaria, en cuando la red está más saturada y además el precio de la electricidad habitualmente es mayor:

- A últimas horas de la tarde coincide una **baja generación de renovables** y un **alto consumo**, lo cual conlleva activar plantas de generación basadas en combustibles fósiles.
- Esto encarece el precio de la energía y **aumenta las emisiones de CO₂** a la atmósfera.

Se puede concluir que esta forma de carga del vehículo eléctrico es inviable a gran escala y no es óptima.

- **V1G (Recarga controlada):** También llamada recarga inteligente (*Smart Charging*) o. Esta forma de recarga permite controlar la cantidad de corriente que se inyecta al vehículo eléctrico. Para ello se utiliza el protocolo OCPP v1.6J. Este es un protocolo de comunicación entre un servidor y la estación de recarga que permite enviar consignas de corriente si la estación de recarga tiene implementado el módulo “Core” y “SmartCharging” del protocolo en su firmware. O si únicamente tiene implementado el módulo “Core” se pueden habilitar controles todo/nada de apagar/máxima potencia. Para poder implementar la recarga inteligente es imprescindible que tanto el vehículo como la estación sean compatibles. En la mayoría de los casos, el factor limitante es la estación ya que ha de tener implementado el protocolo OCPPv1.6J y no es habitual que esté completamente implementado y validado. Gracias a la recarga inteligente se puede desplazar la curva de carga del vehículo de forma que se libere el periodo punta y cargar en el periodo valle, que suele ser a partir de las 12 de la noche. Así el precio de la energía es más reducido, no se sobrecarga la red y se reducen las emisiones de CO₂. Igualmente, es posible aumentar la curva de carga en las horas del día en las que la producción fotovoltaica es mayor como las 12 del mediodía.
- **V2G (Vehicle to Grid):** Permite inyectar energía en la red eléctrica. Este tipo de interacción entre vehículo y red ya es posible ya que a nivel hardware es viable realizarlo, pero falta regulación tanto nacional como europea para poder implementarlo. De esta forma el vehículo se convierte en una **activo que aporta flexibilidad a la red** ya que permitiría regular tensión y frecuencia y suministrar energía en momentos en los que la red está sobrecargada. Esta forma de carga queda fuera del alcance de este proyecto.

02_ Objetivos

El objetivo de ITE iMolab es ofrecer las funcionalidades de un demostrador de recarga inteligente (V1G) interoperable.

En este punto, cabe diferenciar los diferentes modos de carga existentes especificados en la ITC BT 52, tal y como se puede observar en la siguiente imagen:

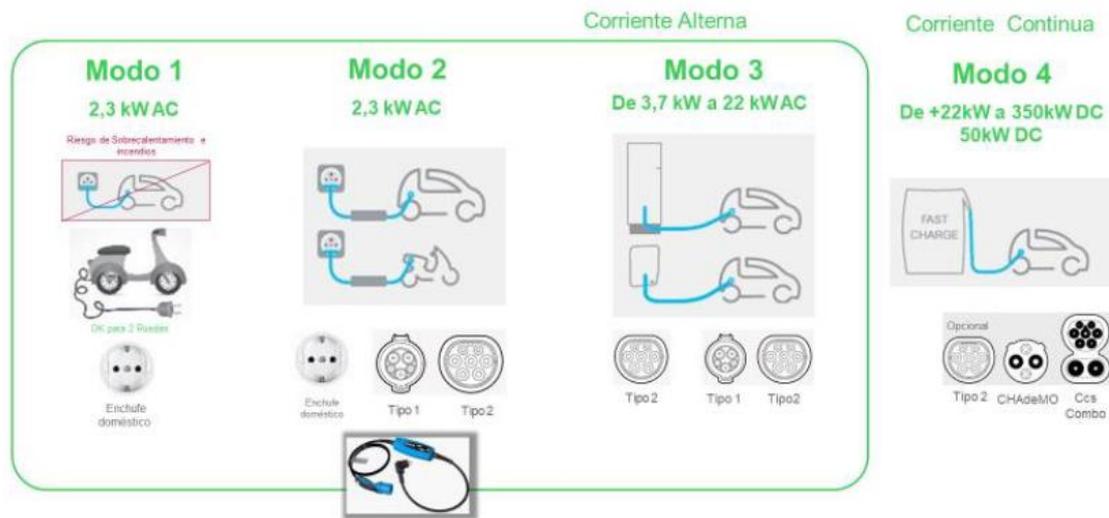


Fig. 1. Modos de Carga según REBT ITC BT 52.

El demostrador ITE iMolab cuenta con un total de cinco estaciones de carga:

- cuatro estaciones de carga de Modo 3 y
- una estación de carga de Modo 4,

ya que son las únicas que contemplan comunicaciones con el vehículo, funcionalidad imprescindible para implementar la recarga inteligente.

03_ Diseño del demostrador

El demostrador de iMoLab se va a ubicar en la zona de aparcamiento junto al edificio 2 de ITE. Se van a habilitar 5 puntos de recarga, de los cuales:

- cuatro serán de 7.4 kW carga AC monofásica con conector Tipo 2,
- una será en DC, de 30kW, con conector de tipo CCS Combo.

A continuación, se muestra un diagrama visual de los puntos de recarga que se van a instalar en el parking de ITE.

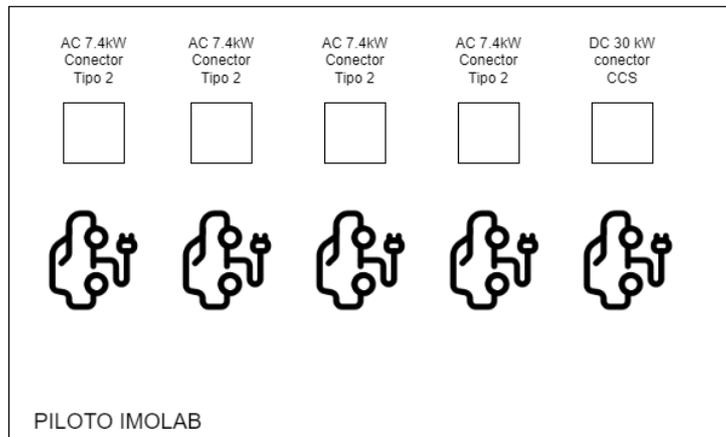


Fig. 2. Diagrama estaciones piloto iMoLab.

En la siguiente imagen se muestra un render del piloto:



Fig. 3. Render diseño conceptual piloto iMoLab.

Eléctricamente, la estación de recarga equivale a una carga del mismo valor de potencia. La diferencia entre las de alterna y la de continua es que las de alterna son monofásicas, es decir, la entrada de tensión es Fase-Neutro con tensión nominal de 230 Vrms, mientras que la estación de continua tiene entrada trifásica con una tensión nominal compuesta de 400Vrms.

A continuación, se muestra un diagrama conceptual del flujo de energía desde el Cuadro General de Baja Tensión (CGBT) situado en el sótano del edificio 2 de ITE. De aquí se obtiene la energía eléctrica necesaria para suministrar a las estaciones de recarga. Se considera el origen con una tensión simple de 230Vrms y compuesta de 400Vrms.

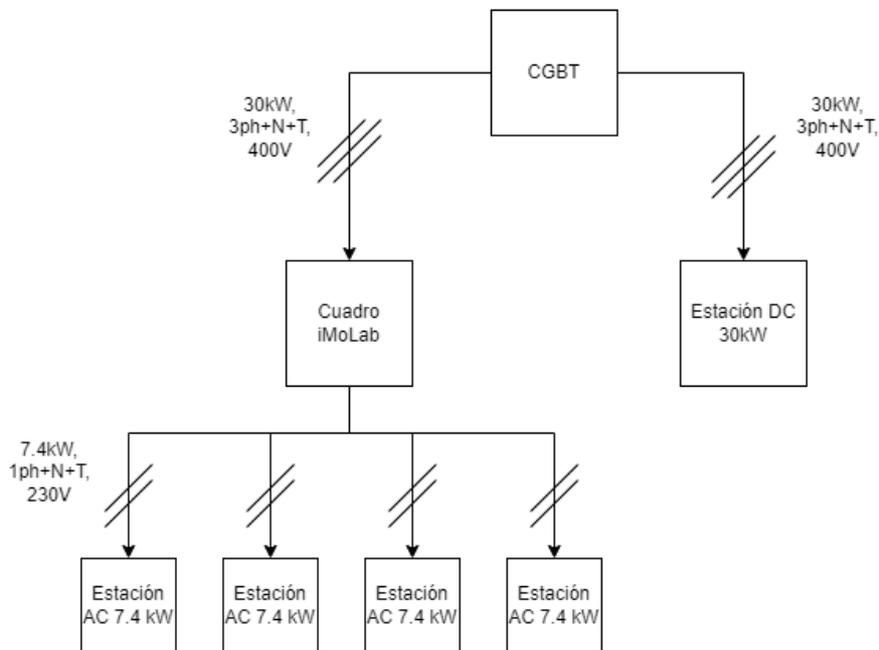


Fig. 4. Diagrama flujo energético.

02.01_ Modelos de estaciones de recarga comerciales seleccionados

Las estaciones seleccionadas incluidas en el demostrador han sido seleccionadas de diferentes fabricantes para demostrar la interoperabilidad de los desarrollos realizados:

- **Estación Maxi Charger AC Wallbox de 7.4 kW del fabricante AUTEL.** Tiene como entradas eléctricas 3 cables (Fase, Neutro y Tierra) y cable Ethernet para las comunicaciones. El máximo consumo de corriente son 32 A, que multiplicado por la tensión de entrada (230 Vrms) se obtienen los 7.4 kW. Esta estación tiene habilitada la opción de Smart Charging mediante el protocolo OCPP v1.6J. Mediante la comunicación OCPP con el servidor se le envía a la estación la consigna de corriente a la que se desea que se recargue el vehículo.



Fig. 5. Estación Maxi Charger AC Wallbox 7.4 kW de Autel.

- **Estación EFIMOB EVE DOBLE de 7.4 kW x 2 del distribuidor EFIMOB y fabricante ALFEN.** Tiene dos entradas eléctricas de fase, neutro y tierra. Además, incorpora una entrada de comunicaciones por cable Ethernet. Cada toma tiene una potencia disponible de 7.4 kW, lo que son 32 A. Esta estación está certificada por la OCA (Open Charge Alliance) del protocolo OCPP. Permite enviarle consignas de corriente para modificar la corriente de carga.



Fig. 6. Estación EFIMOB EVE DOBLE de 7.4 KW x 2 tomas.

- **Estación Trydan de 7.4 kW del fabricante V2C.** Tiene como entradas eléctricas 3 cables (fase, neutro y tierra). No dispone entrada de cable Ethernet para comunicaciones, pero sí que lleva implementado WiFi, por lo que la comunicación con dicha estación se llevará a cabo por WiFi. No permite control de corriente mediante el protocolo OCPP ya que no está desarrollado el módulo “Smart Charging” del protocolo. Pero sí que dispone del módulo “CORE”, que permite la conexión y desconexión de la estación como si fuera un interruptor. Por tanto, esta estación se puede controlar todo-nada mediante el protocolo OCPPv1.6J.



Fig. 7. Estación Trydan de V2C de 7.4 kW.

- **Estación NBw30 de Power Electronics.** La entrada de potencia de la estación es trifásica (R, S, T, N, Tierra). Además, cuenta con entrada de cable Ethernet para comunicaciones. Tiene implementado el protocolo OCPPv1.6J, tanto el

módulo “CORE” como el “SmartCharging”, por lo que se pueden enviar consignas de potencia para cargar el vehículo eléctrico a la potencia deseada.



Fig. 8. Estación Power Electronics NBw30.

02.02_ VE utilizados en el proyecto

ITE dispone de los siguientes vehículos eléctricos que se han utilizado en el proyecto para simular procesos de carga y evaluar de forma continuada los desarrollos que han ido obteniéndose:

Tabla 1. VE utilizados. Nissan Leaf (izda.) y Hyundai IONIQ (dcha.).

Nissan Leaf	Hyundai IONIQ
<ul style="list-style-type: none"> – Puede cargar tanto en AC (Tipo 2) como en DC (CHAdeMO) – Capacidad de la batería: 39 kWh – Kilometraje teórico que puede realizar con la batería al 100%: 235 km – Máxima potencia de carga en AC: 6.9 kW – Máxima potencia de carga en DC: 46 kW 	<ul style="list-style-type: none"> – Puede cargar tanto en AC (Tipo 2) como en DC (CCS) – Capacidad de la batería: 28 kWh – Kilometraje teórico que puede realizar con la batería al 100%: 190 km – Máxima potencia de carga en AC: 6.6 kW – Máxima potencia de carga en DC: 69 kW
	

04_ Arquitectura SW y de Comunicaciones

La arquitectura SW y de Comunicaciones planteada en el demostrador consta de 3 niveles:

- **Interfaces gráficas:** App móvil y SCADA.
- **Servicios:** Incluyendo los específicos del demostrador y un servidor OCPP 1.6 certificado por la OCA.
- **Nodos:** Las estaciones de recarga (comentadas en detalle en el apartado anterior)

A continuación, se muestra la arquitectura del demostrador:

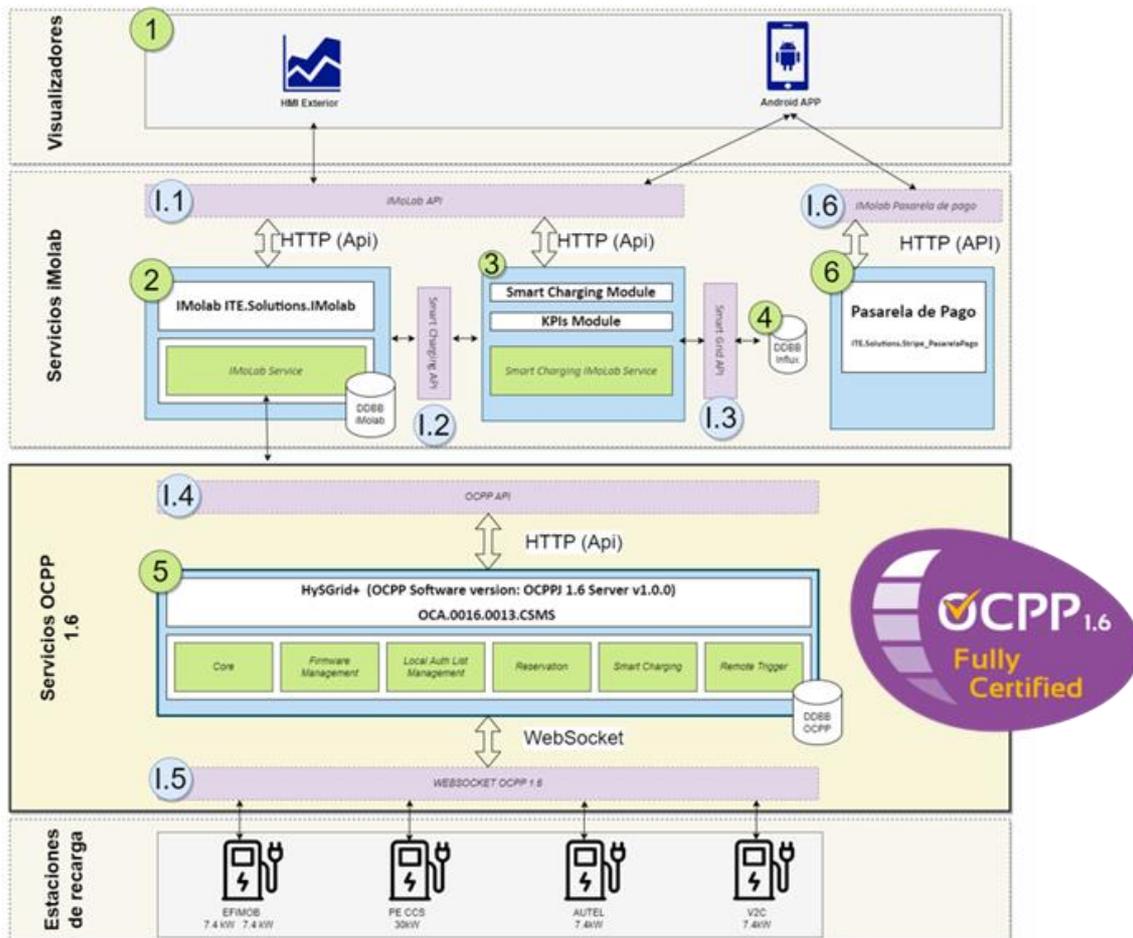


Fig. 9. Arquitectura de servicios desarrollada en iMolab.

La siguiente tabla identifica todos los componentes del sistema, las comunicaciones entre ellos y las interfaces gráficas involucradas.

Tabla 2. Componentes de la arquitectura SW y comunicaciones e interfaces asociados.

#	Componente iMolab	Comunicaciones
1	App y Scada	I.1
2	iMolab Service	I.2
3	Smart Charging	I.3
4	Influx DB	I.4
5	Hysgrid+ CSMS 1.6	I.5
6	Pasarela de pago	I.6

Seguidamente se detalla el desarrollo realizado y las características más reseñables de cada componente:

- **Componente #1 – App y Scada:** Se ha desarrollado una aplicación en Android usando Android Studio, para versiones superiores a Android 4.4 (KitKat). Descargable en Google Play. La aplicación es para el usuario de VE. La funcionalidad principal es permitir carga el VE sin importar quién es el fabricante de la estación. Además, no tiene un sistema de logueo lo que facilita el acceso a la carga de una forma más ágil. La pantalla principal (si no hay carga en marcha) contiene un mapa dónde se muestran las estaciones que tiene vinculadas la instalación, en este caso iMolab. Con ello y unos parámetros para saber las preferencias que tiene en la carga el usuario podrá iniciar una carga. Independientemente del tipo de carga que desea realizar el usuario, seleccionará:
 - 1) **Estación de recarga:** diferentes marcadores que corresponden a las ubicaciones físicas, dentro de un mapa interactivo, de las estaciones.
 - 2) **Conector:** conector numerado del punto de carga seleccionado. Desbloqueado tras la selección del apartado anterior.
 - 3) **Marca:** del vehículo al que se le va a realizar la carga.
 - 4) **Modelos:** específico de la marca de nuestro vehículo. Desbloqueado tras la selección del apartado anterior.

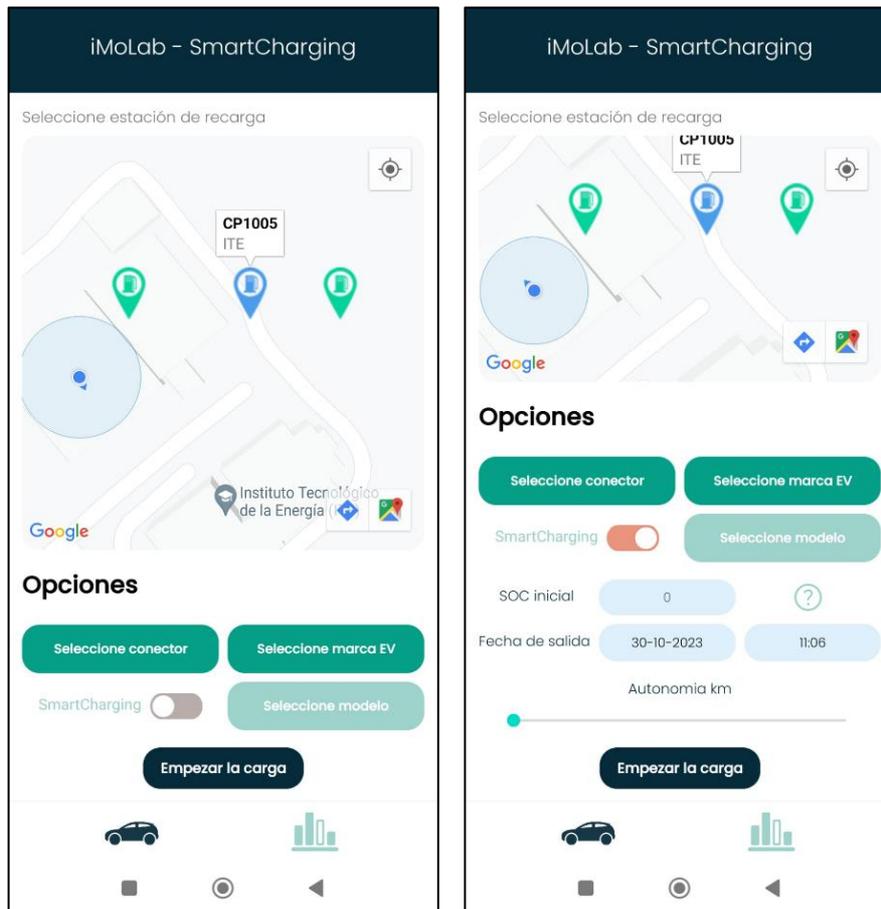


Fig. 10. Pantalla de selección de carga.

Si el usuario desea realizar una recarga inteligente (“SmartCharging”) se solicitarán los siguientes parámetros adicionales:

- SOC inicial: del vehículo propio.
- Fecha y hora de salida: estos datos, junto con los de autonomía, serán para el cálculo de una aproximación.
- Autonomía: kilometraje final (aproximado) para el vehículo.

Una vez se inicia la carga el usuario puede visualizar los siguientes parámetros:

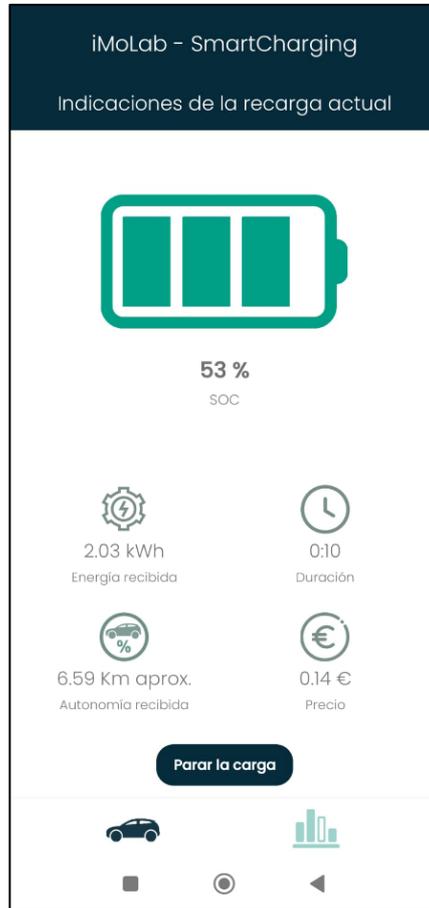


Fig. 11. Pantalla de carga.

Una vez finalizada la carga, el usuario visualiza el resumen de la misma. Además, se ha incluido en el sistema la conexión a una pasarela de pago, mediante la cual se procede al cobro de la misma.

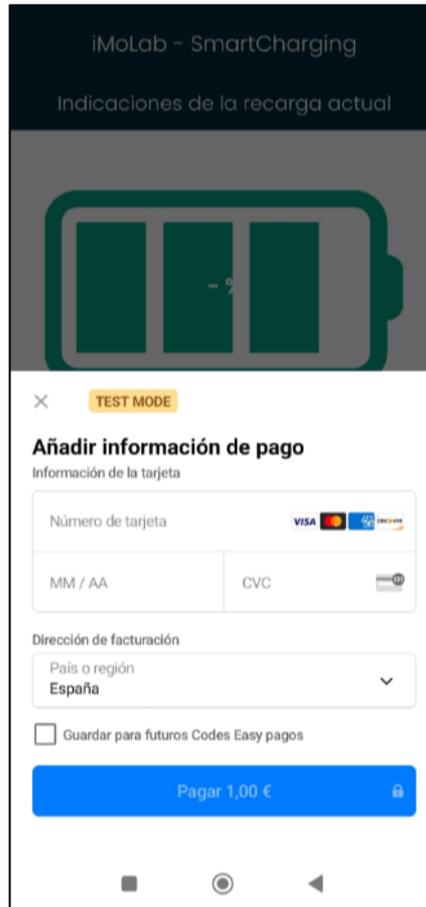


Fig. 12. Pantalla de pago App.

La App cuenta con una funcionalidad adicional para que el usuario pueda visualizar sus recargas anteriores.

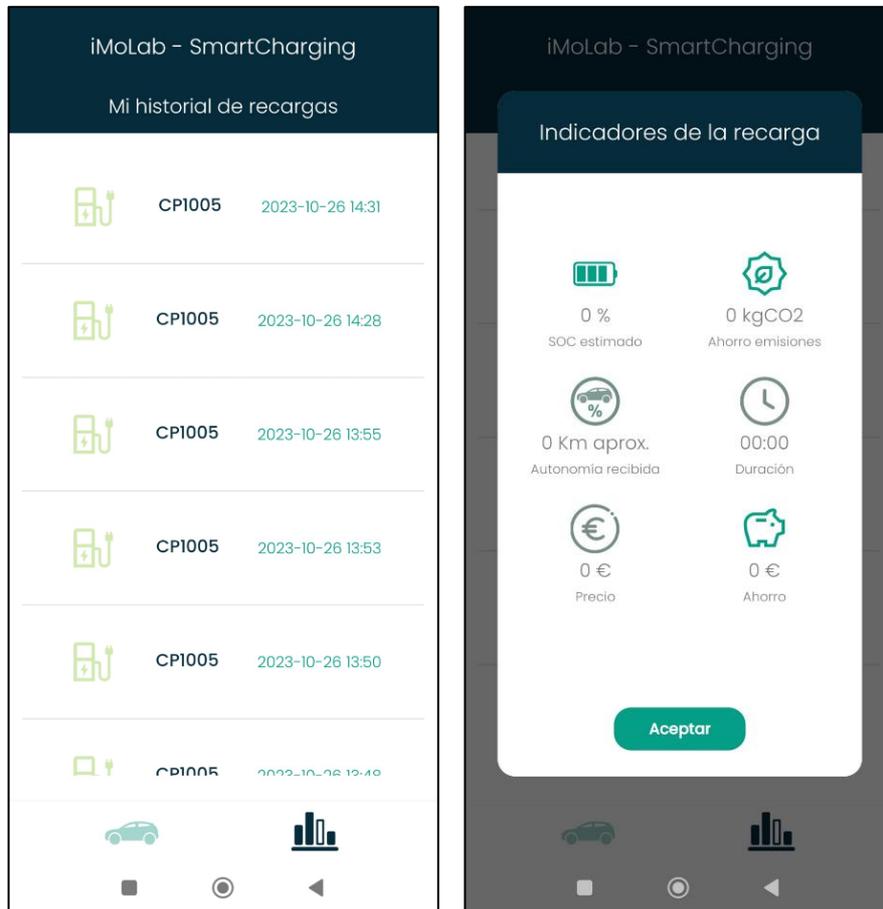


Fig. 13. Histórico de recargas.

Se ha diseñado y desarrollado un visor que se ubica en el propio demostrador para poder visualizar las cargas y el estado de las estaciones. Se trata de una web en HTML y JavaScript que muestra qué está pasando en cada una de las estaciones vinculadas. Mediante el uso de la librería JS Swipper se visualiza de forma independiente y completa cada conector en pantalla.

Se ha establecido en 10 segundos el tiempo de visualización de cada una de las estaciones. A continuación, se muestra un ejemplo de la estación Autel:



Fig. 14. Pantalla SCADA exterior.

- **Componente #2 – iMolab Service:** iMolab Service es el gestor de la solución completa del demostrador, maneja las instalaciones y todos los elementos que dependen de ella y aplica la lógica de negocio. Es capaz de intercambiar y procesar información en tiempo real con el resto de los elementos de la red. A continuación, se describe como interactúa con los distintos componentes:

- **Elementos de visualización:** Este servicio provee datos a los componentes de visualización (Scada y App) a través de un API REST (iMolab API).
- **Proveedor de Smart Charging:** También se encarga de gestionar y enviar los perfiles de carga recibidos del componente de recarga inteligente (Smart Charging Module) y enviarlos a través del servidor OCPP (HySGrid+ OCPP 1.6j CSMS) a las distintas estaciones que forman parte del demostrador.
- **Estaciones de recarga:** Actúa de pasarela entre el usuario (App) y las estaciones de carga. Recibe consignas y las envía en forma de mensajes OCPP a las estaciones de carga de vehículos eléctricos, lo que permite al usuario iniciar y detener cargas de manera remota. También recibe los datos que genera la estación durante el proceso de recarga.
- **Gestión activa de la instalación:** iMolab Service realiza la gestión activa de las instalaciones, preferencias del usuario, actualiza los estados de las transacciones activas y la disponibilidad de las estaciones.

Además, este servicio se encarga de almacenar la información de manera persistente mediante un gestor de BBDD y registrar los eventos de interés en forma de registros o logs.

- **Componente #3 – SmartCharging:** Se ha recurrido a un modelo de optimización MILP (programación lineal entera-mixta) para la optimización del perfil de carga de las estaciones de recarga presentes en las instalaciones. Este modelo se ejecutará cada 15 minutos o cada vez que se conecte/desconecte un nuevo VE y planificará el perfil de recarga de las estaciones hasta el momento de desconexión del último VE. El objetivo del modelo es minimizar el coste total de la recarga, tanto para la instalación, minimizando el coste derivado del consumo eléctrico, como para los usuarios, minimizando el coste derivado de recargar el VE. Dado que los usuarios proporcionan información de cuándo desconectarán su VE y de la autonomía que desean, el modelo se encargará de elegir las horas en las que sea más apropiado recargar el VE para alcanzar el grado de carga necesario al mínimo coste posible.

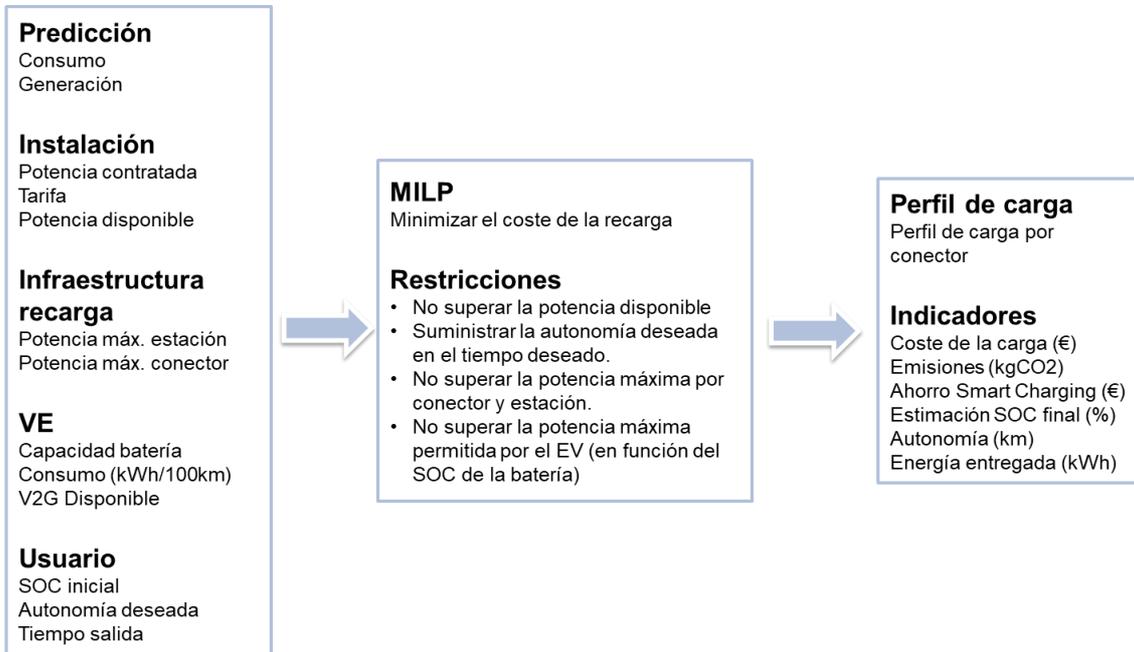


Fig. 15. Modelo conceptual *Smart Charging* del demostrador iMoLab.

El modelo tiene en cuenta el consumo eléctrico y la generación fotovoltaica de la instalación y se asegura de organizar las recargas de los distintos VEs para que en ningún momento se supere el límite de potencia contratada. Además, tiene en cuenta la potencia máxima de cada conector y de cada punto de recarga para que se respeten también esos límites técnicos. Por otra parte, el modelo también considera que, en carga DC, cada VE ofrece una potencia máxima de recarga en función del estado de carga de su batería.

- **Componente #4 – InfluxDB:** Como se puede observar la arquitectura general las infraestructuras de recarga de VE están conectadas a un punto de suministro, en este caso ITE. Para la gestión de esta instalación se hace uso de una base de datos de series temporales (InfluxDB). Este componente tiene como función principal proveer de datos externos necesarios para el sistema como son:
 - Consumos de la instalación eléctrica a la que están conectadas las estaciones.

- Generación de la instalación eléctrica a la que están conectadas las estaciones.
- Predicciones consumo de la instalación eléctrica a la que están conectadas las estaciones.
- Predicciones generación de la instalación eléctrica a la que están conectadas las estaciones.

Además, de almacenar información de fuentes externas que influyen en la gestión de la instalación emisiones de CO2 y precios de mercado procedentes de OMIE.

- **Componente #5 – Hysgrid+ CSMS 1.6¹:** El servidor OCPP se encarga de establecer y mantener la comunicación con las estaciones de recarga, autenticar al usuario que desea iniciar una transacción de manera remota, iniciar y detener proceso de carga, recibir datos en tiempo real sobre la disponibilidad de la estación y sus conectores, obtener métricas durante la carga y gestionar los perfiles de Smart Charging.

El servidor cuenta certificación de los siguientes módulos, lo que asegura la interoperabilidad entre las estaciones y nuestro sistema:

- **Core:** Operaciones básicas.
 - **Firmware management:** Gestión remota del firmware.
 - **Local Auth:** Gestión de la lista local de autorización.
 - **Reservation:** Gestión de reservas.
 - **Smart Charging:** Gestión de la recarga inteligente.
 - **Remote trigger:** Acciones remotas.
- **Componente #6 – Pasarela de pago:** Para la inclusión del servicio de pasarela de pago en la APP se ha procedido a la creación de un API de comunicación entre la misma y el servicio online de Stripe. Se ha usado para su desarrollo el entorno de Microsoft Visual Studio y el lenguaje de programación C#.

¹https://www.openchargealliance.org/uploads/certificaten/certificaten_bedrijven/Certificat_e_OCA00160013CSMS_ITE.pdf

Pagos + Crear pago

Todos los pagos Disputas Todas las transacciones

Todos **199** Exitosos **32** Rembolsados **0** No capturados **0** Error **0**

Fecha Importe Divisa Estatus: Exitoso Método de pago Más filtros [Borrar los filtros](#) [Exportar](#) [Editar columnas](#)

<input type="checkbox"/>	IMPORTE			DESCRIPCIÓN	CLIENTE	FECHA	
<input type="checkbox"/>	1,50 €	EUR	Exitoso ✓	pago carga ve	movil_ite_aitor@ite.es	30 oct. 15:40	...
<input type="checkbox"/>	1,50 €	EUR	Exitoso ✓	pago carga ve	aityruiz@gmail.com	26 oct. 14:00	...
<input type="checkbox"/>	1,00 €	EUR	Exitoso ✓	pago carga ve	qDNNPocreadoporapi@gmail.com	22 sept. 13:29	...
<input type="checkbox"/>	1,00 €	EUR	Exitoso ✓	pago carga ve	qDNNPocreadoporapi@gmail.com	22 sept. 13:20	...
<input type="checkbox"/>	1,00 €	EUR	Exitoso ✓	pago carga ve	aityruiz@gmail.com	22 sept. 11:11	...
<input type="checkbox"/>	1,00 €	EUR	Exitoso ✓	pago carga ve	0kbyQ0creadorapi@gmail.com	22 sept. 11:00	...
<input type="checkbox"/>	1,00 €	EUR	Exitoso ✓	pago carga ve	aityruiz@gmail.com	22 sept. 10:57	...
<input type="checkbox"/>	1,00 €	EUR	Exitoso ✓	pago carga ve	aityruiz@gmail.com	18 sept. 15:44	...
<input type="checkbox"/>	1,00 €	EUR	Exitoso ✓	pago carga ve	aityruiz@gmail.com	18 sept. 12:52	...

Fig. 16. Dashboard Stripe.

05_ Validación del demostrador

Para la validación del demostrador ITE iMoLab se diseñó una batería de pruebas clasificadas por las siguientes categorías:

- **Single:** Recarga con una estación con un vehículo
- **Multi:** Varias estaciones con varios vehículos.
- **Errors:** Simulación de posibles errores que puedan surgir en el día a día.
- **Smart:** Pruebas específicas de recarga inteligente para la validación del modelo desarrollado.

Esta batería que se materializa en un total de 64 test individuales. Como se aprecia en la Ilustración, se repiten los test para cada una de las estaciones con cada uno de los vehículos, para asegurar la robustez y estabilidad del sistema (Single y Multi). Además, se incluye la simulación de errores (pérdida de conexión de cada uno de los componentes, incluyendo las estaciones, fallo de VE, etc.).

ID	Descripción	Objetivo del Test	Coche 1	Coche 2	Estación 1	Con	Estación 2	Conn	SmartCh	Fecha	Resultado	Documentación
SINGLE_001_1	Iniciar carga normal	Iniciar carga en las distintas estaciones de manera individual.	NissanLeaf	N/A	Aifen (1002)	1			No	04/08/2023	ok / sin pasarela	
SINGLE_001_2			NissanLeaf	N/A	Aifen (1002)	2			No	08/08/2023	ok / sin pasarela	630
SINGLE_001_3			Mundi	N/A	Aifen (1002)	1			No	08/08/2023	ok / sin pasarela	635
SINGLE_001_4			Mundi	N/A	Aifen (1002)	2			No	08/08/2023	ok / sin pasarela	tr: 636, se hizo en paralelo a la 635 y se observó que la suma de potencias se limita a
SINGLE_001_5			NissanLeaf	N/A	Aifen (1002)	1			No	08/08/2023	ok / sin pasarela	tr: 653, se hizo en paralelo a la 635 y se observó que la suma de potencias se limita a
SINGLE_001_6			Mundi	N/A	Aifen (1002)	1			No	08/08/2023	ok / sin pasarela	tr: 653, Pasarela de pago no disponible. Parar desde móvil
SINGLE_001_7			NissanLeaf	N/A	Aifen (1002)	1			No	08/08/2023	ok / sin pasarela	tr: 653, Pasarela de pago no disponible. Parar desde móvil
SINGLE_001_8			NissanLeaf	N/A	Aifen (1002)	2			SI	08/08/2023	ok / sin pasarela	638
SINGLE_001_9			Mundi	N/A	Aifen (1002)	1			SI	08/08/2023	ok / sin pasarela	637
SINGLE_001_10			Mundi	N/A	Aifen (1002)	2			SI	08/08/2023	ok / sin pasarela	640
SINGLE_001_11			NissanLeaf	N/A	Aifen (1002)	1			SI	08/08/2023	ok / sin pasarela	tr: 653, Pasarela de pago no disponible. Parar desde móvil
SINGLE_001_12			Mundi	N/A	Aifen (1002)	1			SI	08/08/2023	ok / sin pasarela	tr: 653, Pasarela de pago no disponible. Parar desde móvil
SINGLE_002_a_1	Durante la carga de una	Carga con suspensión:	Nissan	N/A	Aifen (1002)	1			SI	10/08/2023	ok / sin pasarela	tr: 665 (ERROR, absoluto-relativo) tr: 665 (ERROR, la App se cae a mitad, vuelve
SINGLE_002_a_2			Nissan	N/A	Aifen (1002)	2			SI	10/08/2023	ok / sin pasarela	tr: 673
SINGLE_002_a_3			Mundi	N/A	Aifen (1002)	1			SI	10/08/2023	ok / sin pasarela	tr: 672
SINGLE_002_a_4			Mundi	N/A	Aifen (1002)	2			SI	10/08/2023	ok / sin pasarela	tr: 662, tr: 664tr: 667, tr: 670 (en paralelo a SINGLE_002_a_1)
SINGLE_002_a_5			Nissan	N/A	Aifen (1002)	1			SI	10/08/2023	ok / sin pasarela	tr: 674
SINGLE_002_a_6			Mundi	N/A	Aifen (1002)	1			SI	10/08/2023	ok / sin pasarela	tr: 678 El usuario de la APP se queda colgado si inicia carga con la APP y no se
SINGLE_002_b_1	Durante la carga de una	Carga con suspensión:	NissanLeaf	N/A	Aifen (1002)	1			No	08/08/2023	ok / sin pasarela	tr: 635, La estación tarda en mandar los mensajes que tienen en cola. Eso hace que
SINGLE_002_2	Carga detenida por el	El estado de la transacción debe pasar a finishing hasta que se	NissanLeaf	N/A	Aifen (1002)	1			No	08/08/2023	ok / sin pasarela	642
SINGLE_002_3			Mundi	N/A	Aifen (1002)	1			No	08/08/2023	ok / sin pasarela	641
SINGLE_002_4			Mundi	N/A	Aifen (1002)	2			No	08/08/2023	ok / sin pasarela	645
SINGLE_002_5			Nissan	N/A	Aifen (1002)	1			No	08/08/2023	ok / sin pasarela	tr: 658
SINGLE_002_6			Mundi	N/A	Aifen (1002)	1			No	08/08/2023	ok / sin pasarela	tr: 656
SINGLE_002_7			NissanLeaf	N/A	Aifen (1002)	1			SI	08/08/2023	ok / sin pasarela	639, Solucionado el retraso de envío de mensajes, en la ES Aifen estaba a 1 minuto y lo hemos dejado a 2 segundos
SINGLE_002_8			NissanLeaf	N/A	Aifen (1002)	2			SI	08/08/2023	ok / sin pasarela	646
SINGLE_002_9			Mundi	N/A	Aifen (1002)	1			SI	08/08/2023	ok / sin pasarela	647
SINGLE_002_10			Mundi	N/A	Aifen (1002)	2			SI	11/09/2023	ok / sin pasarela	tr: 655
SINGLE_002_11			NissanLeaf	N/A	Aifen (1002)	1			SI	08/08/2023	ok / sin pasarela	tr: 659
SINGLE_002_12			Mundi	N/A	Aifen (1002)	1			SI	08/08/2023	ok / sin pasarela	tr: 657
MULTI_001_1	Carga de dos vehículos en	Carga múltiple de vehículos:	Nissan	Mundi	Aifen (1002)	1	*		SI	08/08/2023	ok / sin pasarela	660, 661
MULTI_001_2			Nissan	Mundi	Aifen (1002)	1	Aifen (1002)		2 SI	08/08/2023	ok / sin pasarela	639 y 640
MULTI_001_3			Nissan	Nissan	Aifen (1002)	1	Aifen (1002)		2 SI	08/08/2023	ok / sin pasarela	635 y 637
MULTI_002_1	Multi_001 Estación	No se debe permitir cargar dos vehículos desde un mismo	Nissan	Mundi	Aifen (1002)	1	*		SI	08/08/2023	ok / sin pasarela	La APP no deja realizar dos cargas con el mismo usuario.
MULTI_002_2			Nissan	Mundi	Aifen (1002)	1	Aifen (1002)		2 No	08/08/2023	ok / sin pasarela	tr: 643 y 644, La Aifen pone los mensajes de una de las tr en cola y no los envía.

Fig. 17. Casos de test iMoLab.

Cada una de las pruebas genera su propia documentación una vez realizada. Ya que durante la ejecución de los tests se han tenido que repetir muchos de ellos. Cabe destacar que, por retrasos en las obras de instalación en la ubicación definitiva la gran mayoría de test se han realizado en una ubicación temporal (laboratorio de pruebas, Fig. 18).



Fig. 18. Laboratorio de pruebas.

06_ Recarga inteligente

La razón de ser del sistema de Smart Charging desarrollado es minimizar el coste total de la recarga teniendo en cuenta la potencia disponible en cada momento. Tanto para la instalación, minimizando el coste derivado del consumo eléctrico, como para los usuarios, minimizando el coste derivado de recargar el VE. Dado que los usuarios proporcionan información de cuándo desconectarán su VE y de la autonomía que desean, el modelo se encarga de elegir las horas en las que sea más apropiado recargar el VE para alcanzar el grado de carga necesario al mínimo coste posible.

Cabe destacar que el modelo tiene en cuenta el consumo eléctrico y la generación fotovoltaica de la instalación, con ellos se asegura de optimizar curvas de carga de los distintos VE's para que en ningún momento se supere el límite de potencia disponible.

Por otro lado, considera la potencia máxima de cada conector y de cada punto de recarga para que se respeten los límites técnicos asociados. Finalmente, el modelo considera que cada VE ofrece una potencia máxima (el BMS del propio VE) de recarga en función del estado de carga de su batería.

El demostrador está centrado en validar la recarga inteligente (Casos de test categoría Smart). Por ello, se van a describir las pruebas más significativas realizadas en esta categoría.

06.01_ Minimizar el coste de la recarga (Entorno simulado)

En los bloques 1, 3 y 6 se aprecia como se aplanan el consumo sin sobrepasar la potencia disponible en base a la bajada de precio del tramo horario, aplicando un control V1G. En el tramo 1 se consigue aplanar la curva evitando picos de consumo.

En el tramo 2 donde la energía es más cara en todo el periodo, se consigue reducir el consumo de red de la instalación. Lo mismo ocurre en los tramos 4 y 5 pero en un periodo de tiempo más corto, aplicando estrategia con V2G.

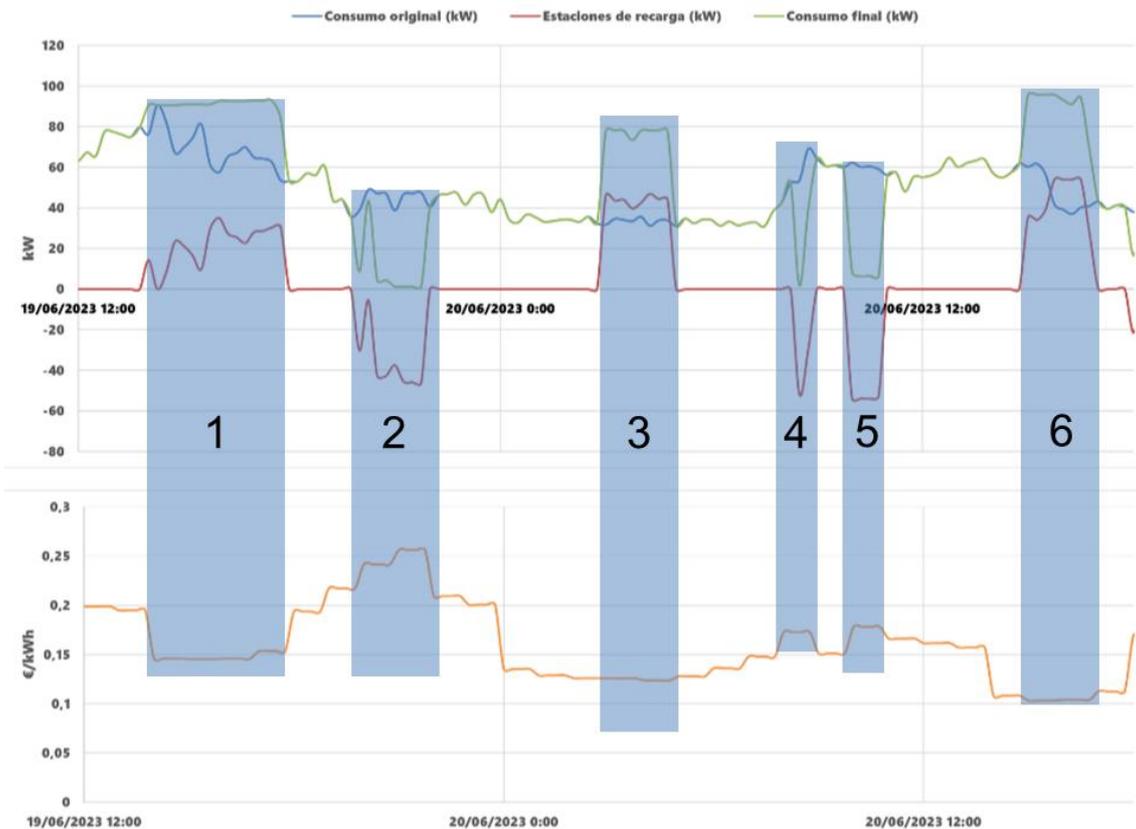


Fig. 19. SmartCharging entorno simulado.

06.02_ Carga no controlada

Se muestra el flujo de potencias (W) y de precios de la electricidad (€/kWh) para un caso de carga no controlada (sin Smart Charging).

En el bloque 1 se puede apreciar como al llegar el VE comienza la carga. Al no estar controlada, la carga empieza en el momento del día en el que el precio de la electricidad es más alto. Además, su consumo de potencia hace que se supere la potencia contratada por la instalación.

En el bloque 2 la carga ya se ha completado y los excedentes de energía fotovoltaica no se aprovechan.

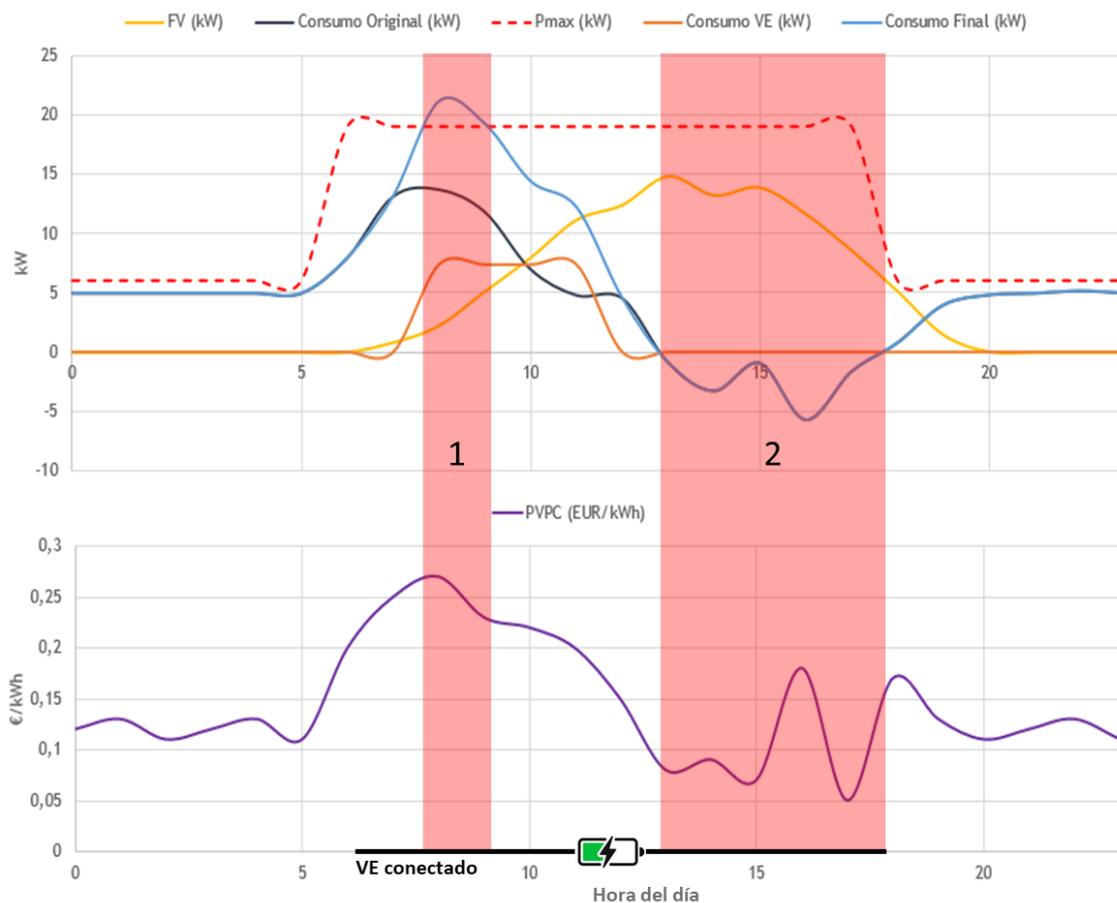


Fig. 20. SmartCharging Carga no controlada.

06.03_ Minimizar el coste de la recarga (Entorno real)

En el bloque 1 se puede apreciar como al llegar el VE la carga no se inicia, ya que los precios de la electricidad son muy altos para esa hora.

En el bloque 2 y 3 se carga el VE consumiendo la energía fotovoltaica y aprovechando los bajos precios de la electricidad aplicando un control V1G.

En ningún momento se supera la potencia contratada por la instalación.

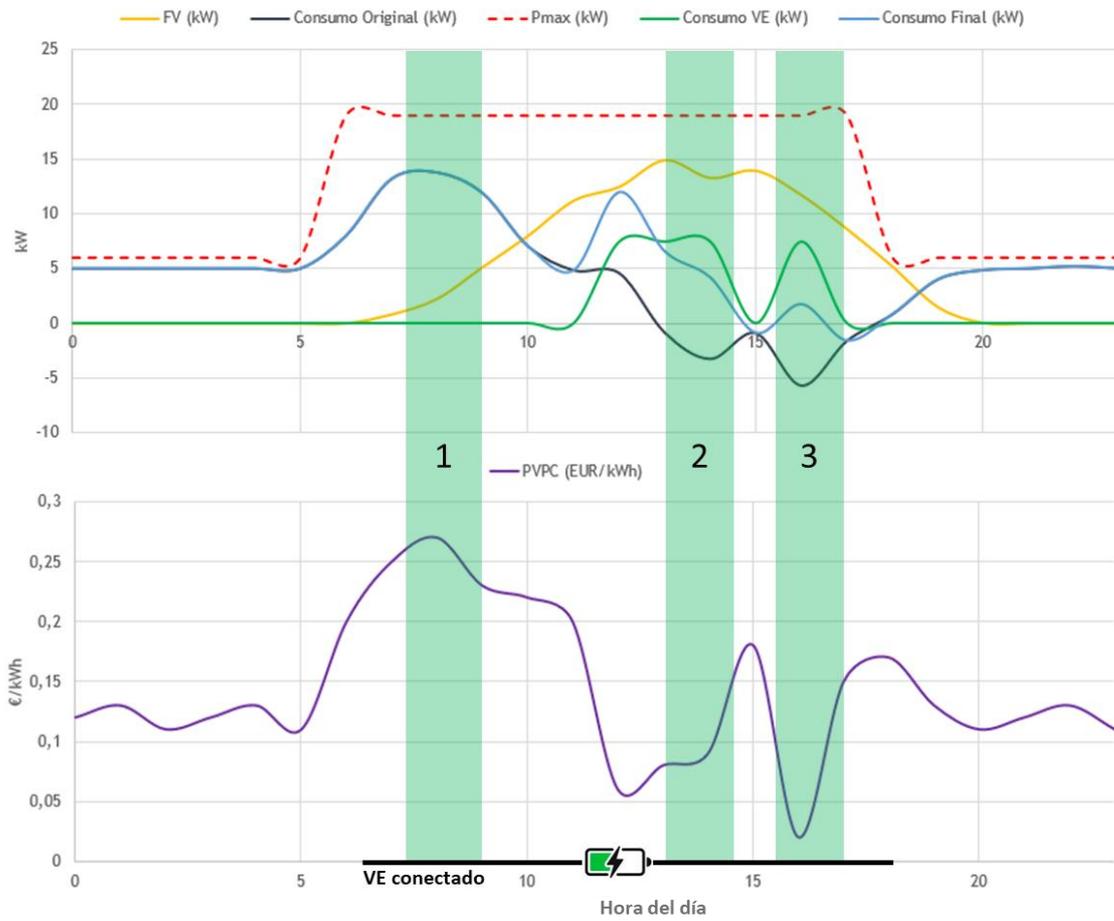


Fig. 21. SmartCharging Entorno real.

07_ Conclusiones

En este proyecto se ha implementado un demostrador de recarga inteligente. Para ello:

- Se ha diseñado la arquitectura del sistema.
- Se ha diseñado una aplicación Android para la interacción del usuario con el sistema.
- Se ha desarrollado un SCADA para la representación visual de los KPIs más significativos de la recarga.
- Se han realizado una batería de pruebas para validar el funcionamiento completo del sistema en el caso de recarga de un solo vehículo y de la recarga de varios vehículos simultáneos.

Como resultados se consigue:

- Un ahorro económico en la recarga.
- Aprovechamiento de autogeneración renovable.
- Evitar la sobrecarga de la red.
- Satisfacer las preferencias horarias de carga introducidas por el usuario en la Aplicación móvil.

iMOLAB

www.imolab.com

Proyecto ejecutado por:



Con la financiación de:



Cofinanciado por la Unión Europea