



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL SAN NICOLÁS
INGENIERIA ELECTRÓNICA



SISTEMA DE GESTIÓN PARA INSTALACIONES DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA Y PUNTOS DE CARGA PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

SIEMENS | Fundación

CONCURSO SMART INFRASTRUCTURE 2020

Alumnos autores:

Camilo García - cegarcia@gicom.com.ar

Ángel Famá - afama@frsn.utn.edu.ar

Docentes tutores:

Mg. Ing. Guillermo Campomar

Ing. Juan Pablo Martín

Contenido

Introducción	2
Resumen	2
Objetivos	2
Planteo del problema y propuesta	2
Desarrollo	3
Diagrama de la solución	3
Controlador	4
Multi medidor de energía	4
Punto de recarga para vehículo eléctrico	4
Sistema de generación distribuida	5
Ajuste dinámico de la corriente de recarga	5
Panel de control y visualización local	6
Información en la nube	6
Análisis de factibilidad económica	6
Precio del sistema	6
Beneficios económicos	7
Cálculo de TIR y VAN	8
Impacto ambiental	8
Impacto en la sociedad	9
Conclusiones	9
Referencias	10
Anexo	11
Panorama de la generación distribuida en nuestro país	11
Generación Solar Fotovoltaica	12
Panorama de la tecnología de propulsión eléctrica	13
La recarga de baterías en vehículos eléctricos	14
El protocolo de comunicación OCPP	15
Factor de emisión de la matriz de generación eléctrica Argentina	16
Reducción de emisiones con vehículos eléctricos	16
Imágenes adicionales	17
Tablas y cálculos	21

1. Introducción

1.1. Resumen

Se presenta el desarrollo de un sistema, hardware y software, para la gestión de la recarga de un vehículo eléctrico (EV) en coordinación con un sistema de generación distribuida (SGD). Con la aplicación de diferentes algoritmos, dependiendo del escenario seleccionado y de acuerdo con la necesidad del usuario, **se ajusta la disponibilidad de corriente en el punto de recarga en función de la potencia de generación y de la demanda de los consumos generales**. Basándonos en las ventajas económicas que posee el autoconsumo frente a la inyección de energía a la red en los SGD, se muestra que es posible **mejorar la eficiencia de la instalación, aumentando el porcentaje de autoconsumo del 40% al 90% mediante la coordinación automática** de la recarga y la disponibilidad de generación. Para esto, se determina el hardware necesario y se diseña el software encargado de comunicarse con los distintos dispositivos de la instalación como inversores, medidores de energía y puntos de recarga para EV. La disponibilidad de datos centralizada permite incluir en el sistema un **panel de monitoreo y administración, basado en tecnología de IoT**, con el fin de obtener información valiosa para el análisis de consumos y generación. Se plantea también la posibilidad de **subir esta información a la nube con el fin de almacenarla y realizar analítica mediante nuevas tecnologías de inteligencia artificial** para mejorar aún más la eficiencia de toda la instalación gestionando otros consumos.

Además del desarrollo del sistema, se presenta el análisis económico para determinar la factibilidad del mismo. Se estima que **se puede lograr una reducción de 3,5 años en el tiempo de recupero de inversión de una instalación de generación distribuida**. Se mencionan también, los beneficios ambientales que se consiguen mediante la adopción de la tecnología de movilidad eléctrica y de generación distribuida y cómo el proyecto colabora en el desarrollo de infraestructura para las mismas.

1.2. Objetivos

El nuevo marco normativo que impone la ley 27.424 (ver anexo 8.1), posibilita en nuestro país la instalación de sistemas de generación de energía con conexión a la red. Los vehículos con tecnología de propulsión eléctrica se encuentran en claro ascenso en el mercado mundial y ya empiezan a llegar las primeras unidades a Argentina (ver anexo 8.3). Esto fundamenta el objetivo de este trabajo que consiste en el desarrollo de una solución tendiente a **mejorar la eficiencia energética y sostenibilidad de los SGD aprovechando las capacidades de control que ofrecen los sistemas de carga para vehículos eléctricos (EVSE)**.

1.3. Planteo del problema y propuesta

Los sistemas de generación distribuida y los vehículos eléctricos son tecnologías con un gran potencial de crecimiento para los próximos años que persiguen objetivos ambientales y de sostenibilidad en pos de una mejor calidad de vida para las personas. A pesar que ambas tecnologías funcionan bien de manera independiente, se pretende mediante la combinación y coordinación de ambas obtener una mayor eficiencia que permita mejorar los márgenes de rentabilidad y potenciar los beneficios ambientales.

De acuerdo con las reglamentaciones en nuestro país, **la generación distribuida resulta más beneficiosa para el usuario generador cuando esta se destina al autoconsumo**. Con el fin de aprovechar mejor la energía generada y aumentar el autoconsumo se recurre, en muchos casos, a la utilización de baterías para almacenar energía y aprovecharla en los momentos que se precisa. Esto no solamente conlleva una inversión mayor, sino que además plantea problemas adicionales referidos al mantenimiento y la vida útil de las baterías.

Una alternativa a la utilización de baterías consiste en la gestión inteligente de los consumos. En el hogar resulta complicado modificar los hábitos de consumo. Como ejemplo

podemos observar en la Figura 6 un gráfico de tendencia, obtenido con el software Sentron Power Manager 3.4, correspondiente a la corriente RMS de un hogar típico durante 5 días donde se aprecia la aleatoriedad de los consumos. Esto hace que los SGD registren un promedio de autoconsumo del 40% para los sistemas fotovoltaicos [1].

El vehículo eléctrico resulta ser el consumo eléctrico más importante del hogar y, por lo tanto, la correcta gestión de éste es fundamental para maximizar la eficiencia. Se propone entonces el desarrollo e implementación de un sistema capaz de comunicarse con el inversor de la instalación de generación distribuida, con un multimetro Sentron PAC3200 y con un punto de recarga (EVSE) con el fin de:

- Monitorear los consumos
- Obtener datos de generación
- Gestionar y coordinar la recarga del EV de acuerdo con los requerimientos del resto de los consumos y la disponibilidad del sistema de generación.

A partir de esto, **se pretende aumentar el porcentaje de autoconsumo del 40% a, al menos, el 90%.**

2. Desarrollo

2.1. Diagrama de la solución

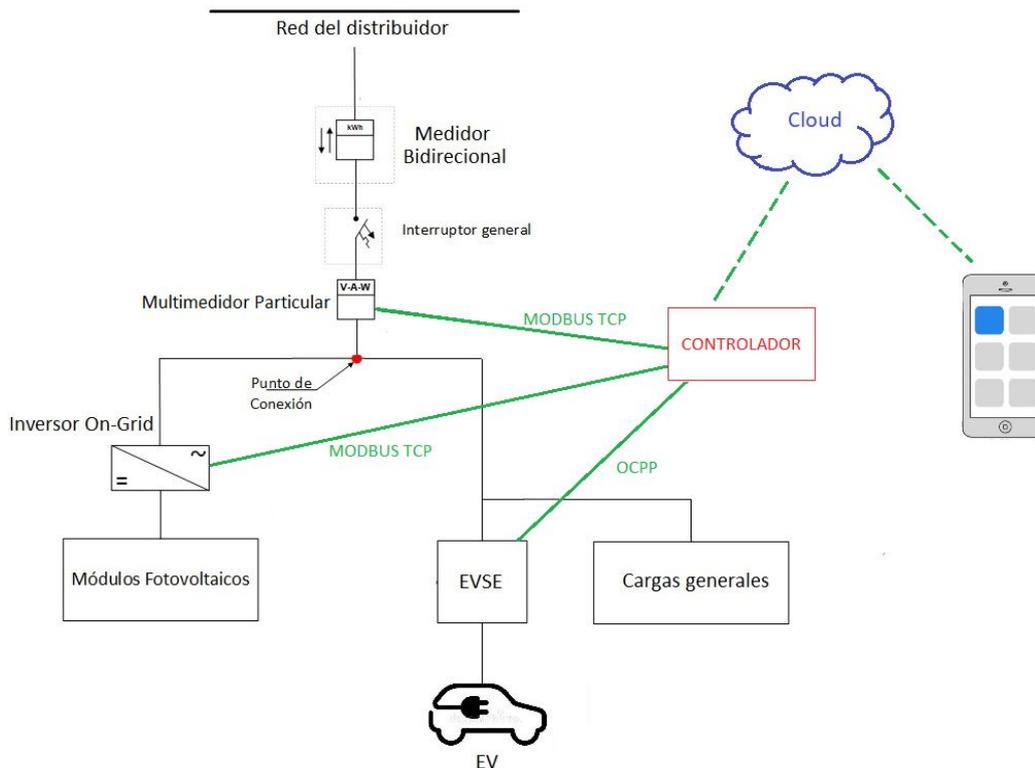


Figura 1: Diagrama completo del sistema

En Figura 1 se muestra el diagrama unifilar de una instalación de generación distribuida y un EVSE. El sistema desarrollado se compone de un controlador que se comunica con los diferentes dispositivos de la instalación y aplica un algoritmo para ajustar el consumo. Además, el controlador sube esta información a la nube con el fin de almacenarla para el monitoreo y análisis posterior.

2.2. Controlador

El controlador se comunica con todos los dispositivos de la instalación y procesa la información de energía. Este aplica los **algoritmos necesarios para ajustar la corriente de carga del EV en función de la disponibilidad de generación y requerimientos del resto de los consumos**. Adicionalmente, conecta el sistema a la nube con el fin de acceder de manera remota y agregar análisis y procesamientos más complejos. Estas funciones requieren de un hardware con capacidad de procesamiento de alto nivel e interfaces de comunicación adecuadas. Dados estos requerimientos, se eligió para cumplir con esta función una Raspberry Pi en su versión 4, modelo B con 2GB de memoria RAM (Figura 7 del anexo).

En cuanto al software, se utiliza el sistema operativo oficial del fabricante que se denomina Raspberry Pi OS (antes Raspbian), una distribución de Linux basado en Debian y optimizado para la Raspberry Pi. Cuenta con licencia GNU, por lo que es de uso y modificación libre.

La aplicación que se ejecuta en la Raspberry Pi se desarrolló en Node-RED, una herramienta de programación visual para conectar dispositivos IoT, APIs y servicios en línea. Esta herramienta proporciona una interfaz web que permite la generación de código mediante la interconexión de nodos disponibles en paletas que pueden ampliarse mediante repositorios colaborativos. Es un software libre con licencia Apache 2.0.

2.3. Multi medidor de energía

La ley 27.424 que regula los sistemas de generación distribuida en Argentina, establece la necesidad de utilizar un medidor bidireccional para computar tanto el consumo como la inyección de energía. Este medidor es instalado y solo accesible por el distribuidor de energía. Con el fin de poder contar con una medición particular, que permita realizar un seguimiento en tiempo real de los consumos y valores de generación, se propone la instalación de un **multi medidor Siemens de la línea Sentron PAC**. Particularmente el proyecto se desarrolló con el modelo 7KM-PAC3200 (Figura 8 del anexo).

Dentro de las principales características que hacen del equipo apto para la aplicación, se destaca la posibilidad de **comunicación mediante el protocolo Modbus TCP**, lo que facilita la comunicación con la Raspberry Pi. De esta manera, se provee al sistema los parámetros de energía necesarios para la aplicación del algoritmo de gestión de cargas. Adicionalmente, al pertenecer a la línea Sentron, posibilita la **utilización del software Power Manager para el análisis de consumos, obtención de reportes e información** que permitan ajustar los algoritmos e identificar posibilidades de mejora.

2.4. Punto de recarga para vehículo eléctrico

Para el desarrollo del proyecto se utilizó un prototipo de **EVSE del tipo AC level 2 basado en el estándar SAE-J1772** (ver anexo 8.4). Este se desarrolló en el marco del proyecto de final de carrera de ingeniería electrónica de Angel Famá (integrante de este equipo) y se encuentra disponible para la realización de ensayos y desarrollos dentro del Grupo de Estudios de Sistemas de Control (GESIC) de la facultad. En la Figura 2 se muestra una fotografía del punto de recarga y un emulador de EV que simula la conexión con el vehículo de acuerdo con el estándar.

La **comunicación entre el controlador y el EVSE** se realiza a través de la red mediante el protocolo **Open Charge Point Protocol (OCPP)** (ver anexo 8.5). En nuestro sistema en particular, el controlador adopta el papel del sistema central (CS), por lo que hace de servidor. El punto de carga (CP) envía diferentes mensajes reportando estados y valores de mediciones. En cada mensaje el CS responderá con la confirmación establecida por el protocolo. El controlador puede, además, establecer diferentes configuraciones en el CP, por ejemplo, iniciar/finalizar la recarga o cambiar la disponibilidad de corriente.



Figura 2: Prototipo EVSE y emulador de EV

2.5. Sistema de generación distribuida

Para la evaluación de los sistemas de generación distribuida, se utilizó como referencia una **instalación de generación solar fotovoltaica con inyección a la red** (ver anexo 8.2) emplazada en la Facultad Regional San Nicolás. Esta instalación piloto, producto de convenios y aportes de privados, tiene como objetivo servir de base para el desarrollo de proyectos de investigación y acercar a los alumnos de diferentes cursos a equipamiento real, actualizado y operando en campo.

La instalación cuenta con un inversor con conexión a la red marca: SMA, modelo: SUNNY BOY 2.5 con una potencia declarada de 2500W y, conectados al mismo, 8 paneles solares policristalinos de 250W dando en total una potencia máxima de 2000W. Se muestra en la Figura 9 del anexo la instalación de los paneles, en el techo del edificio principal de la facultad. Para la integración del proyecto a este sistema de generación, se aprovecha la capacidad de **comunicación mediante el protocolo Modbus TCP del inversor** con el fin de obtener los valores y parámetros eléctricos de generación.

Con el fin de obtener **datos reales del desempeño de la instalación**, se analizaron los registros de los valores de potencia entregada por el inversor durante todo el mes de septiembre del 2020 con mediciones cada 10 segundos. Septiembre en particular resulta ser un mes promedio de irradiación en esta ubicación, por lo que la medición puede ser utilizada para estimar la generación anual. Los resultados del análisis se muestran en la Tabla 1. En la Figura 10 del anexo se grafican los valores reales de potencia analizados y un resumen del promedio diario en la Figura 11.

Resumen de generación Sep-2020	
Irradiación PH promedio Septiembre [2]	4 kWh/m ²
Cantidad días	30 días
Potencia instalada	2000 W
Potencia máxima	1581 W
Total de energía generada	239,1 kWh
Hora inicio generación	06:55 hs
Hora pico máximo potencia	11:45 hs
Hora fin de generación	19:05 hs

Tabla 1: Análisis de datos de generación septiembre 2020 - Instalación solar FRSN

2.6. Ajuste dinámico de la corriente de recarga

El algoritmo propuesto para la sincronización de la recarga del EV con la autogeneración plantea tres escenarios configurables por el usuario:

- **Eco:** En este escenario el vehículo se recargará solamente cuando haya exceso de generación para evitar la inyección a la red. Para esto, se ajusta la máxima corriente disponible en el EVSE tratando de obtener corriente cero desde el suministro.
- **Programado:** En este escenario, el EVSE permitirá entregar al EV la máxima potencia disponible, incluyendo la autogenerada, en un horario específico preprogramado. Conociendo previamente la máxima corriente disponible del suministro, se ajusta la corriente máxima disponible en el EVSE a este valor sumado al dato de corriente del inversor. Solo se habilita el EVSE en el horario estipulado.
- **Rápido:** Este escenario minimiza el tiempo de recarga ajustando el EVSE para aplicar la máxima potencia disponible de la red más la autogenerada. Se utiliza en caso de requerir la recarga inmediata del EV. La disponibilidad máxima de corriente se determina como el caso anterior, pero se aplica sin restricción de horario.

2.7. Panel de control y visualización local

El controlador dispone de un **panel web, accesible a través de la conexión de red**, con información relevante y mediciones en tiempo real de los dispositivos de la instalación. Desde este, también se puede establecer el escenario del ajuste dinámico de la corriente de recarga. Una captura de pantalla del panel (en etapa de desarrollo), puede observarse en la Figura 12 del anexo. Allí, se muestran los parámetros obtenidos del multimedidor Sentron PAC, los parámetros de generación obtenidos del inversor, y los del EVSE junto con las opciones configurables.

2.8. Información en la nube

Con el fin de aprovechar la información obtenida como resultado de la comunicación con los diferentes dispositivos de la instalación, resulta de interés utilizarla para su análisis en busca de posibilidades de mejora y optimización de recursos. El almacenamiento local en la micro SD de la Raspberry Pi es limitado y poco eficiente. Por su parte, si bien el software Sentron Power Manager ofrece la posibilidad de almacenamiento y análisis, su implementación local resulta poco conveniente para la aplicación por requerir un servidor dedicado localmente. Mediante la conexión de red, se puede establecer un acceso a internet y **subir esta información a la nube** para su almacenamiento y análisis. Esto incrementa las posibilidades de procesamiento y se podría **incluir un algoritmo de inteligencia artificial capaz de identificar los diferentes consumo del hogar y generar de manera automática avisos y recomendaciones que permitan mejorar los patrones de consumo y aumentar la eficiencia de la instalación.**

Una alternativa de solución podría ser **Mindsphere de Siemens** donde, mediante la extensión MindConnect IoT, se vincula con dispositivos como la Raspberry Pi [3] y permite aprovechar las herramientas de la plataforma. **Sentron Power Mind**, la versión de Power Manager en la nube, resulta la alternativa más conveniente para el análisis de consumos, incluso en múltiples instalaciones. Por su parte, Node-Red cuenta con una biblioteca oficial que facilita la conexión con la plataforma.

3. Análisis de factibilidad económica

3.1. Precio del sistema

Para determinar el valor del sistema se calculan los costos de equipamiento e instalación, se considera que el software está desarrollado en su versión final y se contempla un monto como utilidad por la venta del sistema. En la Tabla 2 se detallan los costos de materiales para el montaje e instalación del sistema.

Considerando además los costos de mano de obra para instalación y puesta en marcha más un porcentaje de utilidad, se estima el precio total del sistema en:

Precio del sistema: USD 340

Descripción	Precio
Raspberry Pi 4 Model B 2gb	USD 90,00
Micro SD 32GB clase 10	USD 34,00
Fuente de alimentación y housing	USD 26,00
Cableado Cat5e blindado FTP 40mts	USD 21,00
TOTAL	USD 171,00

Tabla 2: Costos de materiales del sistema

3.2. Beneficios económicos

Este desarrollo apunta a mejorar el retorno de inversión de los sistemas de generación distribuida basándose en el aumento del autoconsumo mediante el manejo inteligente de la recarga de un EV. Para analizar este beneficio, se comparan los parámetros económicos entre una instalación de generación solar sin baterías de almacenamiento y la misma instalación con el sistema de coordinación de carga-generación. En ambos casos, se dispone también de un vehículo eléctrico y se estipula una utilización de 200 km semanales.

En la Tabla 9 del anexo se detalla la inversión necesaria para adquirir los elementos de un sistema de generación solar fotovoltaico de 2KW siendo la misma de un valor total igual a:

Precio de instalación solar de 2kW: USD 3227,65

Se presentan en la Tabla 3 los valores de consumo y generación de energía mensuales promedio. El dato de rendimiento del EV considerado corresponde al publicado por Nissan para el modelo Leaf y el consumo general del hogar se estima en base a un calculador de consumos on-line de EDENOR cuyo detalle se observa en la Figura 14 del anexo. Para la generación se considera el dato obtenido de la instalación piloto de facultad visto en la sección 2.5.

Valores mensuales promedio		
Consumo de energía del hogar	256	kWh
Distancia recorrida mensual por el EV	800	km
Rendimiento considerado del EV	0,194	kWh/km
Consumo de energía mensual del EV	155,2	kWh
Total de consumos	411,2	kWh
Generación	239,1	kWh

Tabla 3: Valores de consumo y generación mensuales

El costo de energía considerado para el análisis corresponde al publicado por OCEBA en agosto del 2019 para un suministro T1 residencial con un cargo variable R2, R3 y R4 dependiendo la situación. En la Figura 13 del anexo se muestra parte del cuadro tarifario citado. Se estima que un 28% del valor del kWh sin impuestos corresponde al Valor Agregado de Distribución (VAD) y el otro 72% corresponde al precio del kWh del Mercado Eléctrico Mayorista (MEM), siendo este último el valor reconocido por la distribuidora para el kWh inyectado. A partir de estos datos se puede estimar la facturación mensual de energía en tres condiciones:

1. **Usuario sin generación:** En esta situación el consumo está en el rango R4 (entre 400 y 500 kWh) y se factura un cargo fijo \$264,34 y uno variable con un valor de 4,9254\$/kWh sin impuestos.
2. **Usuario con generación sin sistema de gestión:** En esta situación el consumo está en el rango R3 (entre 200 y 400 kWh) y se factura un cargo fijo \$215,95 y uno variable con un

valor de 4,6941\$/kWh sin impuestos. Se considera un autoconsumo del 40% el se inyecta el excedente a un valor de 3,3797\$/kWh.

3. **Usuario con generación y sistema de gestión:** En esta situación el consumo está en rango R2 (entre 100 y 200 kWh) y se factura un cargo fijo \$156,16 y uno variable con un valor de 4,4017\$/kWh sin impuestos. Se considera un autoconsumo del 90% y se inyecta el excedente a un valor de 3,1692\$/kWh.

El resumen de facturación anual se observa en la Tabla 4. Está disponible en la Tabla 10 del anexo, el detalle completo de las estimaciones de facturación en cada caso.

	Facturación anual	Ahorro anual	Ahorro %
Usuario sin Generación	\$ 40.114,92	\$ 0,00	0,00%
Usuario con generación y sin sistema de gestión	\$ 21.188,00	\$ 18.926,92	47,18%
Usuario con generación y sistema de gestión	\$ 16.524,18	\$ 23.590,74	58,81%

Tabla 4: Resumen de facturación anual

3.3. Cálculo de TIR y VAN

Con el fin de evaluar la factibilidad de la inversión adicional que implica la instalación del sistema de gestión, se calcula la tasa interna de retorno (TIR) y el valor neto actual (VAN) tanto para la instalación de generación sin sistema de gestión como también la misma instalación agregando el sistema de gestión.

Dado que los proyectos de inversión en instalaciones de generación distribuidas se caracterizan por poseer tiempo de retorno elevado, se evalúan ambas situaciones considerando un plazo de 20 años. Cabe aclarar que la vida útil de los paneles está estipulada por los fabricantes en torno a los 25 años. Además, se considera como tasa de descuento (TD) el rendimiento de un depósito en dólares a plazo fijo en el Banco Nación siendo a la fecha de 1,75%. En la Tabla 5 se muestran los resultados obtenidos y se encuentra disponible el flujo de fondos y detalle de cálculo en la Tabla 11 del anexo.

Se concluye que **la inclusión del sistema de gestión y coordinación de recarga-generación, mejora los valores de retorno de inversión** en proyectos de generación distribuida acortando el tiempo de recupo de la inversión en 3,5 años.

	Inversión Inicial	TIR	VAN 1,75%	Recupero de inversión
Instalación de generación SIN sistema de gestión	USD 3.227,65	3,70%	USD 567,99	17 años
Instalación de generación CON sistema de gestión	USD 3.567,65	5,10%	USD 1.132,75	13,5 años

Tabla 5: Resultados de evaluación de inversión

4. Impacto ambiental

Alineados con el objetivo de desarrollo sostenible (ODS) 7 de Naciones Unidas “Energía asequible y no contaminante”, se pretende lograr a corto plazo una reducción en emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y la sostenibilidad de las actividades. Para ello, es necesario concentrar esfuerzos en el desarrollo de tecnologías que permitan alcanzar las metas establecidas sin perder productividad ni calidad de vida. Uno de los principales motivos del interés de las potencias mundiales en **fomentar las tecnologías de movilidad eléctrica**, reside en las múltiples ventajas ambientales que esta ofrece. Por su parte **las fuentes de energía renovable y limpias, como reemplazo de los sistemas de generación basados en combustibles fósiles, son el principal objetivo para reducir definitivamente las emisiones de GEI.** Los sistemas de generación distribuida contribuyen a este cambio aportando además ventajas adicionales como:

minimización de pérdidas debidas al transporte, **incremento de la eficiencia, aumento de la confiabilidad de la red y optimización del uso de los recursos.**

En las secciones 8.6 y 8.7 del anexo se analizan algunos factores claves acerca de los vehículos con propulsión eléctrica y cómo impacta en las emisiones de GEI la composición de la matriz de generación. Se concluye que la adopción de tecnologías de movilidad eléctrica posibilitan una **reducción en las emisiones de aproximadamente el 38,5%** y que este valor mejora notablemente con la inclusión de fuentes de energía renovables y los sistemas de generación distribuida que se van sumando a la matriz de generación eléctrica en Argentina.

5. Impacto en la sociedad

El proyecto busca facilitar, mediante la mejora del rendimiento, la **adopción de tecnologías que contribuyen a la preservación del medio ambiente y el bienestar de las personas.** Actualmente, tanto los sistemas de generación distribuida como los vehículos de propulsión eléctrica son utilizados, en su mayoría, con fines ecológicos ya que en Argentina aún no resultan atractivos económicamente.

Los países más desarrollados, adoptan medidas de fomento para que ambas tecnologías puedan avanzar, pero Argentina aún se encuentra distante en ese sentido. No obstante, los avances en generación mediante fuentes renovables, reglamentación de sistemas para generación distribuida y excepciones de impuestos para la importación de vehículos eléctricos son un claro signo de las intenciones de Argentina en acoplarse a las políticas que se observan mundialmente en este sentido.

Si el estado adopta medidas que faciliten las inversiones y promueve la concientización de la población acerca de las ventajas y los beneficios ambientales, no será muy difícil para las empresas privadas poder desarrollar estrategias y negocios que puedan dar el impulso necesario, tanto a los vehículos eléctricos, como a los sistemas de generación distribuida.

Es fundamental la **inclusión y el desarrollo de estas temáticas en las universidades e instituciones formativas con el fin de capacitar y obtener profesionales preparados para afrontar los desafíos que implican cambios tan importantes en la sociedad** como son la modificación del medio de transporte más importante y la forma en que se genera la energía.

6. Conclusiones

A partir de los análisis y estudios realizados en este trabajo y de la implementación del sistema desarrollado, se pueden obtener las siguientes conclusiones:

- Los sistemas de generación distribuida ya son una realidad en Argentina, pero los precios congelados de la energía y el aumento del valor del dólar en el último año ha hecho que los tiempos de retorno de inversión sean elevados. Esto termina impactando en la cantidad de instalaciones que efectivamente se unieron al programa.
- Si bien aún en Argentina la tecnología de movilidad eléctrica no ha tenido un desarrollo considerable, sus múltiples ventajas y la adopción mundial de la misma forzarán indefectiblemente su desembarco. La preparación de la infraestructura acorde, significa una ventaja a futuro clave para no retrasar el desarrollo de la misma. En este sentido, este trabajo muestra que junto a la generación distribuida es un aliado fundamental para la reducción de las emisiones y el cuidado del medio ambiente.
- La gestión inteligente de los consumos, en las instalaciones de generación distribuida, aumenta la proporción de autoconsumo, lo que disminuye considerablemente el tiempo de recupero de inversión. Al ser la recarga de los vehículos eléctricos uno de los principales consumos que puede tener un hogar, su administración inteligente es esencial para lograr este objetivo. El sistema propuesto automatiza esta gestión, garantizando su eficiencia.

7. Referencias

- [1]. El cronista, Santiago Spaltro (may. 2019) “Generación distribuida: Las claves para generar energía renovable en tu hogar” [On-Line]. Disponible en: <https://www.cronista.com/economiapolitica/Generacion-distribuida-las-claves-para-generar-energia-renovable-en-tu-hogar-20190529-0051.html>
- [2]. Subsecretaría de Energías Renovables y Eficiencia Energética (2019), “GUÍA DEL RECURSO SOLAR” (ISBN 978-987-47110-1-4)
- [3]. Siemens (dic. 2018) “Integrating Raspberry Pi Sensor Data via MindConnect IoT Extension” [On-line] Disponible en: <https://developer.mindsphere.io/howto/howto-rpi-mciot.html>
- [4]. Secretaría de Energía de la Nación, (2018) “Cálculo del Factor de Emisión de CO2 de la Red Argentina de Energía Eléctrica” [On Line], Disponible en: <http://datos.minem.gob.ar/dataset>
- [5]. Oficina Catalana del Cambio Climático, (Mar. 2011) “Guía práctica para el cálculo de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI)” [On Line], Disponible en: <http://www.caib.es/sacmicrofront/archivopub.do?ctrl=MCRST234ZI97531&id=97531>
- [6]. Ley 27.424 (dic. 2017) “Régimen de Fomento a la Generación Distribuida de Energía Renovable integrada a la Red Eléctrica Pública” [On-Line] Disponible en : <https://portalweb.cammesa.com/Documentos%20compartidos/Noticias/Ley%2027424-2017.pdf>
- [7]. Subsecretaría de Energías Renovables y Eficiencia Energética (2019), “MANUAL DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA SOLAR FOTOVOLTAICA” (ISBN 978-987-47110-0-7)
- [8]. IEA (jun. 2020) “Global EV Outlook 2020” [On-Line] Disponible en: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2020>
- [9]. Society of Automotive Engineers (Oct. 2017), SAE-J1772, “Electric Vehicle and Plug in Hybrid Electric Vehicle Conductive Charge Coupler”

8. Anexo

8.1. Panorama de la generación distribuida en nuestro país

De acuerdo con el marco regulatorio nacional, **se considera generación distribuida a la energía eléctrica generada mediante fuentes de energía renovable, en el punto de consumo, y por los mismos usuarios que se encuentran conectados a la red eléctrica de distribución.**

A finales de diciembre de 2017 fue sancionada la Ley 27.424 [6] en la cual se otorga el derecho a los usuarios de la distribuidora a generar su propia energía a través de fuentes renovables con destino al autoconsumo y de existir excedentes, inyectarlos en la red eléctrica y recibir una remuneración por dicha inyección. A partir del decreto 986/18 del P.E.N. se reglamenta la ley y se designa como Autoridad de Aplicación, a la Secretaría de Gobierno de Energía (SGE). A finales del 2018 la SGE emite la Resolución 314 donde crea el Registro Nacional de Usuarios-Generadores de energías renovables (RENUGER) y se establece el procedimiento de conexión y las normas básicas del contrato entre las partes. A principios del 2019, la Subsecretaría de Energías Renovables y Eficiencia Energética (SSERYEE) emitió la Disposición 28 que luego fue modificada por la Disposición 97 donde se establecen los requisitos técnicos para la conexión de los equipos de generación distribuida de cualquier fuente de energía renovable. Se definen, además, los requerimientos para las protecciones eléctricas y certificados de calidad de los equipos a conectar.

A partir de este marco normativo, se posibilita en nuestro país la instalación de sistemas de generación de energía con conexión a la red. Estos sistemas están compuestos generalmente por un generador de fuente renovable como puede ser un panel fotovoltaico o un aerogenerador y un equipo de acople a la red como un inversor.

De acuerdo con la potencia de generación instalada, la disponibilidad de la fuente y la demanda propia, aparecen tres escenarios de funcionamiento que pueden darse a lo largo de un mismo día. Cuando la energía generada por el sistema de generación distribuida es igual o menor al consumo del usuario se considera Autoconsumo. Cuando el usuario consume menos energía de la generada, se entrega el excedente a la red y el escenario se denomina Inyección. En el caso donde no hay disponibilidad del sistema de generación distribuida, por ejemplo, durante la noche en un sistema solar fotovoltaico, la red eléctrica suministra la energía para abastecer la demanda y el escenario se denomina Consumo de Red.

La medición de la energía consumida de la red eléctrica o inyectada por el Usuario-Generador se realiza a través de un medidor bidireccional. Este dispositivo registra por separado los valores de consumo e inyección a la red que se valorizan de manera independiente al final de cada periodo de medición.

El esquema de facturación adoptado en nuestro país de acuerdo con la ley 27.424 es el denominado Balance Neto de Facturación. En este esquema, el **Usuario-Generador vende su energía excedente al precio mayorista de energía**, es decir al valor al cual los distribuidores compran la energía en el Mercado Eléctrico Mayorista (MEM). Por otra parte, el valor de la energía demandada de la red por parte del usuario además del precio mayorista incluye el Valor Agregado de Distribución (VAD) asociado a las pérdidas y costos del servicio de distribución dentro de la tarifa variable.

Al establecerse un precio menor por la energía inyectada a la consumida por el usuario-generador, se fomenta el autoconsumo y es necesario optimizar el dimensionamiento del sistema de generación para aumentar el retorno de inversión. **La gestión inteligente de los consumos permite un mejor aprovechamiento de la autogeneración** contribuyendo con este fin.

8.2. Generación Solar Fotovoltaica

Argentina cuenta con un recurso solar calificado como uno de los mejores del mundo considerando la irradiación solar anual media por unidad de superficie [7]. Sumado a esto, el avance tecnológico en la fabricación y eficiencia de los paneles solares ha permitido una reducción del precio de los paneles fotovoltaicos de 2.5 U\$S/W a menos de 0,5 U\$S/W en los últimos 10 años. Como consecuencia, una gran parte de los SGD registrados en nuestro país utilizan esta tecnología.

La energía solar fotovoltaica es la transformación directa de la radiación solar en electricidad. Para esto se utilizan materiales semiconductores, generalmente silicio, formando una unión PN. La incidencia de fotones sobre el material desprende electrones y forma huecos que en general se recombinarían rápidamente. El campo eléctrico establecido por la unión hace que los electrones y huecos generados, en lugar de recombinarse, se desplacen a la capa opuesta provocando una diferencia de potencial entre ambas capas del material. Mediante un arreglo adecuado se fabrica una célula fotovoltaica que opera según este principio, la interconexión de múltiples células y agregado de materiales específico para mejorar las propiedades mecánicas y eficiencia conforman los denominados paneles solares.

Dada su naturaleza, la energía generada por los paneles solares es de característica continua con niveles de tensión relativamente bajos. Con el fin de poder aprovechar esta energía se requiere de un convertidor electrónico de potencia, un dispositivo capaz de adaptar la energía de acuerdo con los requerimientos de la carga. La carga, generalmente dispositivos eléctricos domiciliarios, requieren para su funcionamiento de corriente alterna por lo que el convertidor necesario es del tipo DC/AC llamado inversor.

Los inversores utilizados para generación solar fotovoltaica pueden ser del tipo aislados, es decir independientes de la red eléctrica de distribución. Estos se utilizan generalmente en locaciones donde no llega la red eléctrica como escuelas o casas rurales, refugios, etc. Por otro lado, los inversores denominados con conexión a la red pueden suministrar energía a la misma cumpliendo con determinadas especificaciones y requerimientos donde se destaca la capacidad de desconectarse instantáneamente si no cumplen con los parámetros admisibles de tensión o frecuencia o al detectar falta de red eléctrica (Anti isla). Los tiempos máximos de desconexión, valores máximos y mínimos de tensión y frecuencia admisible establecidos en la disposición 97/2019 de SSERYEE se muestran en la tabla 6.

	Valores máximos y mínimos admisibles de tensión y frecuencia		Tiempo de apertura máximo en segundos (s)
Tensión (U)	$U < 85\% U_{nominal}$	$U_L < 323 \text{ V}$ para conexiones trifásicas $U_f < 187 \text{ V}$ para conexiones monofásicas	1,5
	$U > 115\% U_{nominal}$	$U_L \geq 437 \text{ V}$ para conexiones trifásicas $U_f \geq 253 \text{ V}$ para conexiones monofásicas	0,2
Frecuencia (f)	$f > 51 \text{ Hz}$		0,5
	$f < 47 \text{ Hz}$		0,5
Anti-Isia	-		2
Tiempo de reconexión	-		Igual o mayor a 180

Tabla 6: Parámetros admisibles y tiempo de desconexión

En resumen, un sistema de generación solar fotovoltaico para generación distribuida está compuesto por:

- Paneles solares, generalmente varios de ellos, de acuerdo con la potencia que se pretende entregar.
- Un inversor con conexión a la red normalizado y certificado.
- El medidor bidireccional que permita cuantificar la energía importada y exportada de la red.
- Dispositivos de protección que garanticen la seguridad de las personas y el equipamiento.

8.3. Panorama de la tecnología de propulsión eléctrica

Los avances y desarrollos tecnológicos en los vehículos con propulsión eléctrica han dado signos claros de hacia dónde apunta el futuro de la industria automotriz. Las principales terminales a nivel mundial ya ofrecen en el mercado diferentes modelos con esta tecnología y los gobiernos de las potencias mundiales fomentan este cambio mediante incentivos y políticas que tienden a facilitar el desembarco definitivo de la misma.

A nivel mundial los registros de ventas muestran una tendencia exponencial año a año en las unidades comercializadas de vehículos eléctricos (EV) como puede observarse en la Figura 3. De acuerdo con datos de la Agencia Internacional de Energía (IEA), los EV ocupan hoy en día un 3% del total comercializado a nivel mundial y se estima según el escenario EV30@30 que el porcentaje será del 30% para el año 2030 [8].

Regionalmente, el avance de esta tecnología aún marcha muy lentamente, la falta de infraestructura, redes de distribución saturadas y falta de legislación acorde a las necesidades, son un freno importante para la misma. Sumado esto, el elevado costo actual de los vehículos para el mercado local, hacen que el retraso respecto a otros países sea muy grande.

No obstante, en sintonía con las medidas tomadas mundialmente, Argentina comienza a tomar partida en la incentivación al cambio de tecnologías en la motorización de vehículos, no solamente eléctricos, sino también híbridos y de celdas de hidrógeno. Tal es así que a partir del decreto 331/17 del 11 de mayo del 2017 y la resolución 536/17 de la secretaría de industria y servicios, el derecho de importación de autos eléctricos se reduce del 35% al 0 o 5% dependiendo la categoría.

Esta reducción en los impuestos atrajo el interés de las terminales en el mercado local, donde ya se comercializan 3 modelos totalmente eléctricos: Renault Kangoo ZE, Nissan Leaf y VOLT E1 de fabricación nacional. Además, en los híbridos enchufables, la SUV de Mercedes Benz GLC 350e ya está disponible.

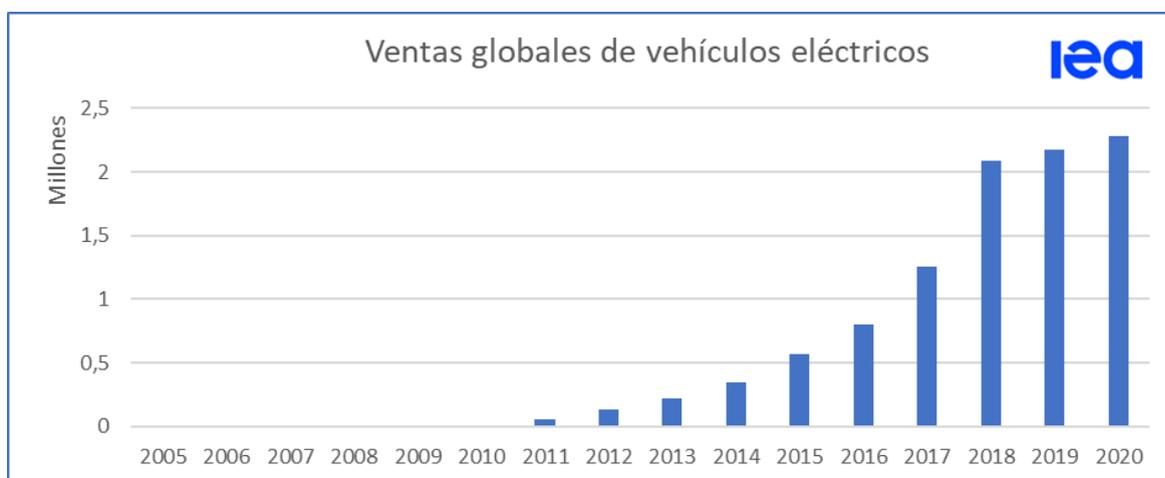


Figura 3: Ventas mundiales EV [8]

8.4. La recarga de baterías en vehículos eléctricos

Los EV comerciales que hoy se encuentran disponibles en el mercado poseen baterías, generalmente de iones de litio, con capacidad de almacenar energía desde los 20 kWh hasta los 100 kWh. Suministrar energía para cargar baterías de estas capacidades, en tiempos relativamente bajos, resulta ser complejo y requiere sistemas adecuados para garantizar la seguridad durante el proceso.

Por lo general, un EV admite la conexión para la recarga de sus baterías tanto en corriente continua (CC) como en corriente alterna (CA). Cuando el suministro de energía al EV es en CA, se utiliza el cargador de abordo del vehículo para transferir la energía a las baterías. El sistema de carga externo garantiza la seguridad de la conexión con la red y la integridad tanto del usuario como de la misma instalación. Esta forma de recarga no es la más rápida disponible, pero permite recargar el EV en el propio domicilio del usuario. Por otro lado, si el suministro se realiza en CC, se utiliza un cargador externo al vehículo que transfiere la energía directamente a las baterías. Esto permite incrementar considerablemente la potencia del cargador, por ser un elemento externo al vehículo, reduciendo los tiempos de carga. Este tipo de cargadores generalmente se utilizan en estaciones de carga rápidas o electrolineras. Los diferentes modos de recarga, las capacidades, conectores eléctricos, señalizaciones, medidas de seguridad y demás especificaciones referidas a los sistemas de carga conductivos para vehículos eléctricos se encuentran estandarizados bajo las normas internacionales IEC 62196 y SAE-J1772. Estos estándares determinan los aspectos físicos, eléctricos y de funcionalidad para los sistemas de recarga conductivos de EVs [9]. En la tabla 7 se observan los diferentes modos y configuraciones definidos por la Sociedad de Ingenieros de Automoción (SAE).

SAE Charging Configurations and Ratings Terminology			
SAE International			
	AC level 1 (SAE J1772™) PEV includes on-board charger 120V, 1.4 kW @ 12 amp 120V, 1.9 kW @ 16 amp Est. charge time: PHEV: 7hrs (SOC* - 0% to full) BEV: 17hrs (SOC – 20% to full)		DC Level 1 (SAE J1772™) EVSE includes an off-board charger 200-500 V DC, up to 40 kW (80 A) Est. charge time (20 kW off-board charger): PHEV: 22 min. (SOC* - 0% to 80%) BEV: 1.2 hrs. (SOC – 20% to 100%)
	AC level 2 (SAE J1772™) PEV includes on-board charger (see below for different types) 240 V, up to 19.2 kW (80 A) Est. charge time for 3.3 kW on-board charger PEV: 3 hrs (SOC* - 0% to full) BEV: 7 hrs (SOC – 20% to full) Est. charge time for 7 kW on-board charger PEV: 1.5 hrs (SOC* - 0% to full) BEV: 3.5 hrs (SOC – 20% to full) Est. charge time for 20 kW on-board charger PEV: 22 min. (SOC* - 0% to full) BEV: 1.2 hrs (SOC – 20% to full)		DC Level 2 (SAE J1772™) EVSE includes an off-board charger 200-500 V DC, up to 100 kW (200 A) Est. charge time (45 kW off-board charger): PHEV: 10 min. (SOC - 0% to 80%) BEV: 20 min. (SOC – 20% to 80%)
Voltages are nominal configuration voltages, not coupler ratings Rated Power is at nominal configuration operating voltage and coupler rated current Ideal charge times assume 90% efficient chargers, 150W to 12V loads and no balancing of Traction Battery Pack			
Notes: 1) BEV (25 kWh usable pack size) charging always starts at 20% SOC, faster than a 1C rate (total capacity charged in one hour) will also stop at 80% SOC instead of 100% 2) PHEV can start from 0% SOC since the hybrid mode is available.			
ver. 100312			

Tabla 7: Modos de recarga definidos por SAE-J1772 [9]

Una de las cuestiones fundamentales que determinan los estándares es la comunicación o señalización entre el sistema de carga EVSE y el EV. Para tal fin, se especifica una señal

denominada “Pilot” que se transmite por una línea independiente en el cable de conexión. Esta señal es generada por el EVSE como una onda cuadrada de amplitud $\pm 12\text{VAC}$ y frecuencia constante de 1KHz . Mediante el ajuste del ancho de pulso de esta señal, el EVSE le informa al EV la capacidad de corriente máxima que puede suministrar. En la Figura 4 se grafica la relación corriente / ancho de pulso que establece el estándar. Además, el EV mediante la conexión y desconexión de diferentes cargas en la línea de señal, indica al EVSE los diferentes estados del proceso de recarga.

Corriente [Amp]	Duty [%]
6	10
15	25
30	50
45	75
55	86
65	90
80	96

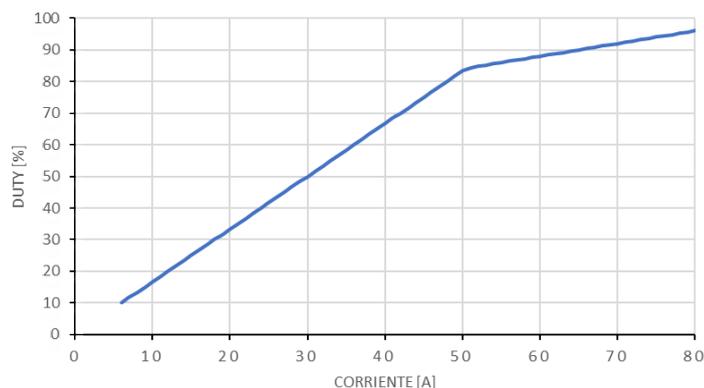


Figura 4: Relación corriente/ancho de pulso en la señal Pilot según SAE-j1772

El estándar SAE-J1772 delega los requerimientos en cuanto a la seguridad de las personas al cumplimiento de la certificación UL-2231-2, denominada: Norma de seguridad para sistemas de protección personal para circuitos de suministro de vehículos eléctricos. Esta certificación involucra los aspectos que hacen a la operación segura desde el punto de vista del usuario. Para ello, se determinan aspectos constructivos y protecciones que debe incorporar el sistema de recarga. Dado que un vehículo eléctrico es una instalación móvil y está expuesto a inclemencias del tiempo, agua, barro y otros tipos de situaciones que puede comprometer el aislamiento eléctrico del mismo, se hace necesario verificar durante todo el proceso de recarga el buen estado de este y monitorear la posibilidad de fuga de corriente a tierra. Para cumplir con esto, la norma UL-2231 establece la necesidad de contar con un mecanismo de detección de corrientes de fuga a tierra tipo CCID20, es decir con un umbral de disparo de 15 a 20mA. Adicionalmente, se requiere también que el dispositivo tenga la capacidad de auto diagnosticarse para asegurar su correcto funcionamiento en cada recarga.

8.5. El protocolo de comunicación OCPP

Open Charge Point Protocol (OCPP) es un estándar abierto de libre acceso que permite a los proveedores de componentes y operadores de red mezclar y combinar hardware y software interoperables. Es desarrollado y mantenido por la Open Charge Alliance (OCA), un consorcio global de líderes de infraestructura de vehículos eléctricos públicos y privados que se han unido para promover estándares abiertos. Su característica libre ha hecho que el mismo se difundiera rápidamente y lo ha convertido en un estándar de facto entre los fabricantes de puntos de recarga y sistemas, por lo que se encuentra disponible en la mayoría de los equipos que se comercializan.

La conexión entre un punto de recarga (CP) y un sistema central (CS) utilizando OCPP se realiza mediante el protocolo WebSocket lo que permite establecer una conexión bidireccional entre el CS que actúa como servidor y el CP que actúa como cliente. Así, mediante comandos y funciones establecidos en la especificación de OCPP, los diferentes puntos de recarga pueden: identificarse, reportar valores, solicitar identificación de usuarios, etc. De la misma forma el CS

puede establecer configuraciones de manera remota que permitan gestionar los puntos de recarga conectados. Un ejemplo del esquema de comunicación en una transacción se muestra en la Figura 5.

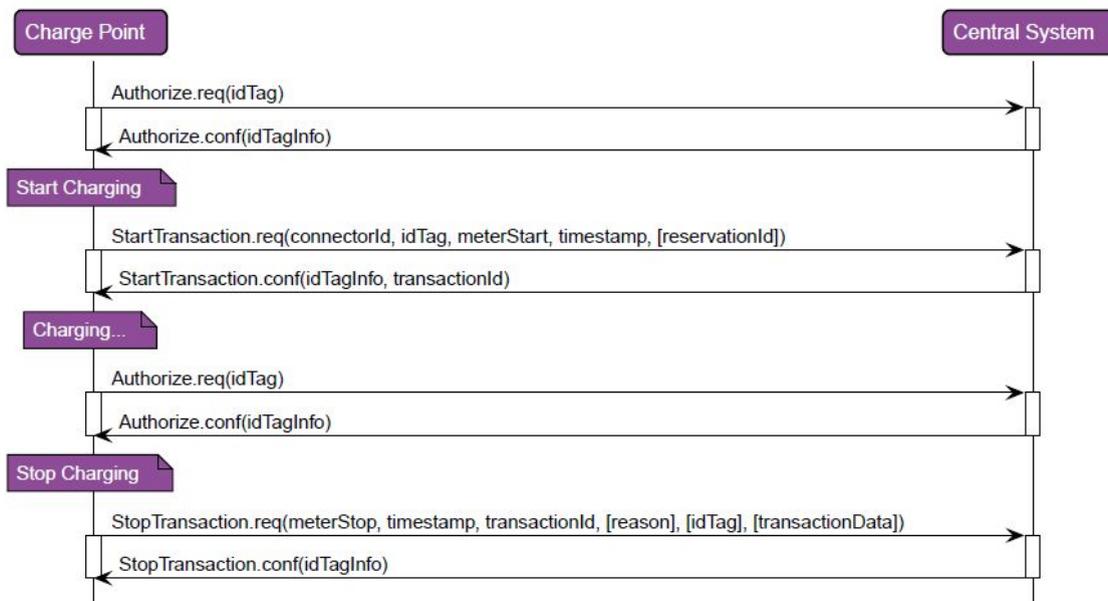


Figura 5: Ejemplo de mensajes OCPP en una transacción (Fuente: Especificación OCPP V1.6)

8.6. Factor de emisión de la matriz de generación eléctrica Argentina

La Secretaría de Energía, dependiente del Ministerio de Energía y Minería de la Nación, publica periódicamente los factores de emisión de CO₂ para la red eléctrica Argentina. Este, es el dato oficial de la cantidad de CO₂ que se emite en Argentina por unidad de energía producida. El último valor publicado y disponible corresponde al año 2018 indicando un factor de emisión de 0,4378 tnCO₂/MWh [4].

Este parámetro es esencial para determinar cuántos GEI se emiten en cada una de las actividades diarias que se realizan y requieren de energía eléctrica. Claramente, la reducción de estas emisiones se puede conseguir de dos formas: reducir el consumo de energía siendo más eficientes y reducir el factor de emisión mejorando la matriz de generación. Los sistemas de generación distribuida colaboran de esta última forma.

8.7. Reducción de emisiones con vehículos eléctricos

Múltiples publicaciones y artículos sostienen y afirman que la tecnología de movilidad eléctrica reduce de manera sustancial las emisiones de gases de efecto invernadero. Estas afirmaciones se basan en el hecho que la generación de energía eléctrica mediante grandes generadores es más eficiente, en cuanto a emisiones, que los motores de combustión interna de los vehículos. La reducción en las emisiones dependerá de la matriz de generación de cada región particular y por ello se comparan un vehículo 100% eléctrico y un vehículo de combustión interna (ICV) disponibles en el mercado argentino, considerando los factores de emisión actuales de la matriz energética en Argentina.

Además del parámetro anterior, el factor de emisión del combustible líquido que se utiliza en los ICVs está ampliamente estudiado y difundido. Como referencia se utiliza el valor de 2,38 tnCO₂/m³ [5] correspondiente a la gasolina de 95 o 98 octanos. Conociendo los factores de emisión,

y basado en los consumos promedios publicados por los fabricantes para el Nissan Leaf y el Nissan Sentra, se presenta en la Tabla 8 el cálculo de emisiones por kilómetro para ambos vehículos.

Cálculo y comparación de emisiones			
Vehículo	Consumo cada 100km	Factor de emisión	Emisiones por km
Nissan Leaf 100% eléctrico	19,4 kWh	437,87 gCO2/kWh	84,94gCO2
Nissan Sentra 2.0 nafta	5,8 L	2380 gCO2/L	138,04gCO2

Tabla 8: Comparación de emisiones entre EV y tradicional

8.8. Imágenes adicionales

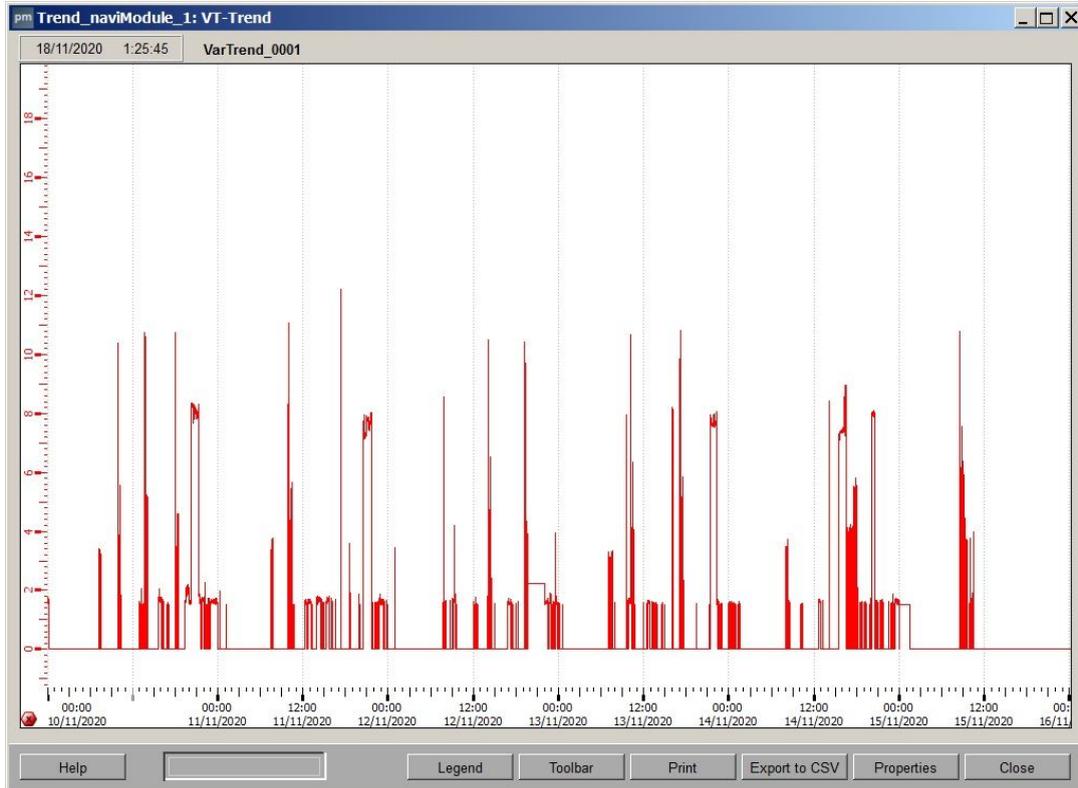


Figura 6: Tendencia de corriente RMS durante 5 días para un hogar típico obtenida con Sentron PowerManager 3.4

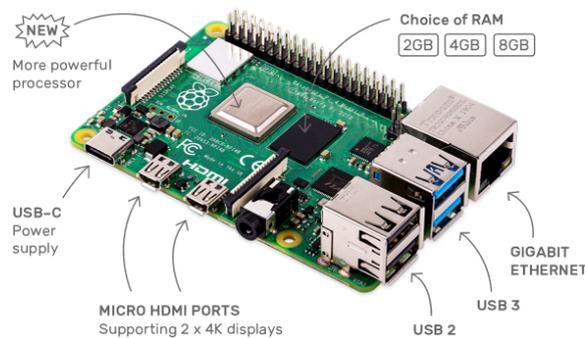


Figura 7: Raspberry Pi 4 B (www.raspberrypi.org)



Magnitudes de medición básicas		PAC3200
Tensión	Fase-fase / Fase-neutro / Promedio 3 fases	✓
Intensidades de la corriente	Por fase / Promedio 3 fases	✓
Potencia activa	Por fase y total	✓
Potencia aparente	Por fase y total	✓
Potencia reactiva de la fundamental	Por fase y total	✓
Factor de potencia	Por fase y total	✓
Frecuencia	De la fase de referencia	✓
Registro de energía / Contador		
Energía aparente	Contador acumulador del registro de energía	✓
Energía activa	Contador acumulador del registro de energía	✓
Energía reactiva	Contador acumulador del registro de energía	✓
Período de medición	Ajustable en minutos	✓
Interfaces		
Ethernet (Integrada)	Para cable de par cruzado	10 Mbits
Protocolo	Modbus TCP	✓
Límites de errores		
Tensiones Intensidades de la corriente	Referidos al valor de medición	0,3% 0,2%
Potencia aparente Activa Reactiva	Referidos al valor de medición	0,5% 0,5% 2%
Energía activa	Según la norma 62053-22	Clase 0,55
Energía reactiva	Según la norma 62053-23	Clase 2

Figura 8: Especificaciones Sentron PAC3200



Figura 9: Instalación de paneles solares - UTN Facultad Regional San Nicolás

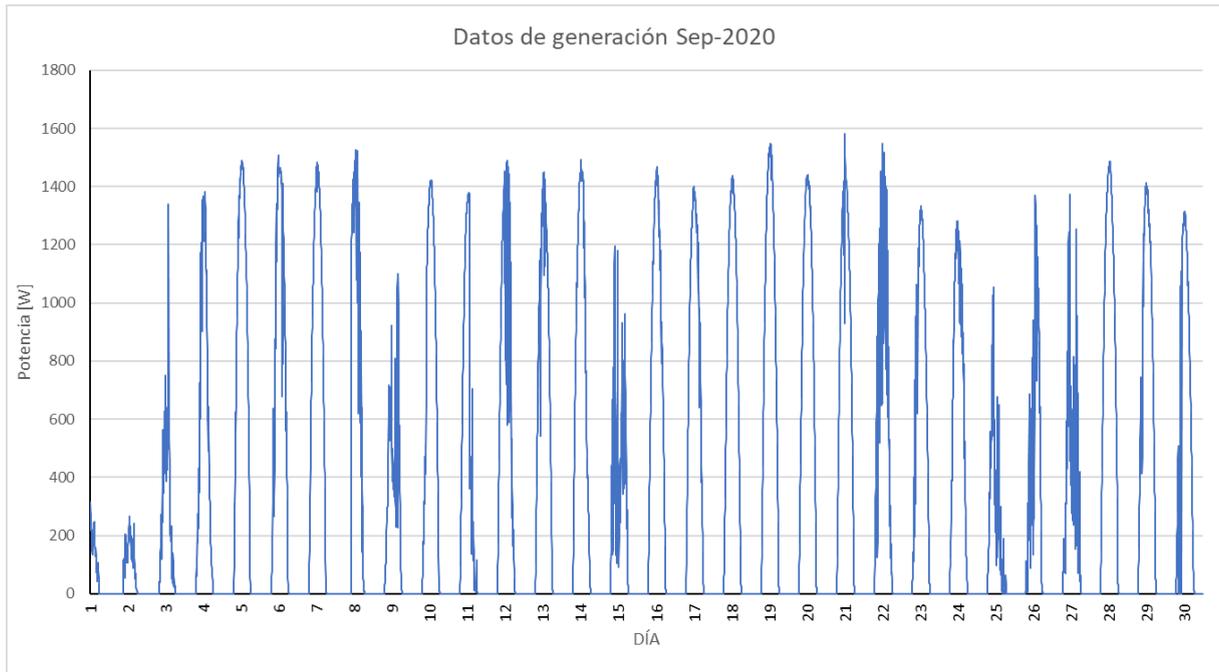


Figura 10: Datos de generación de la instalación solar UTN FRSN

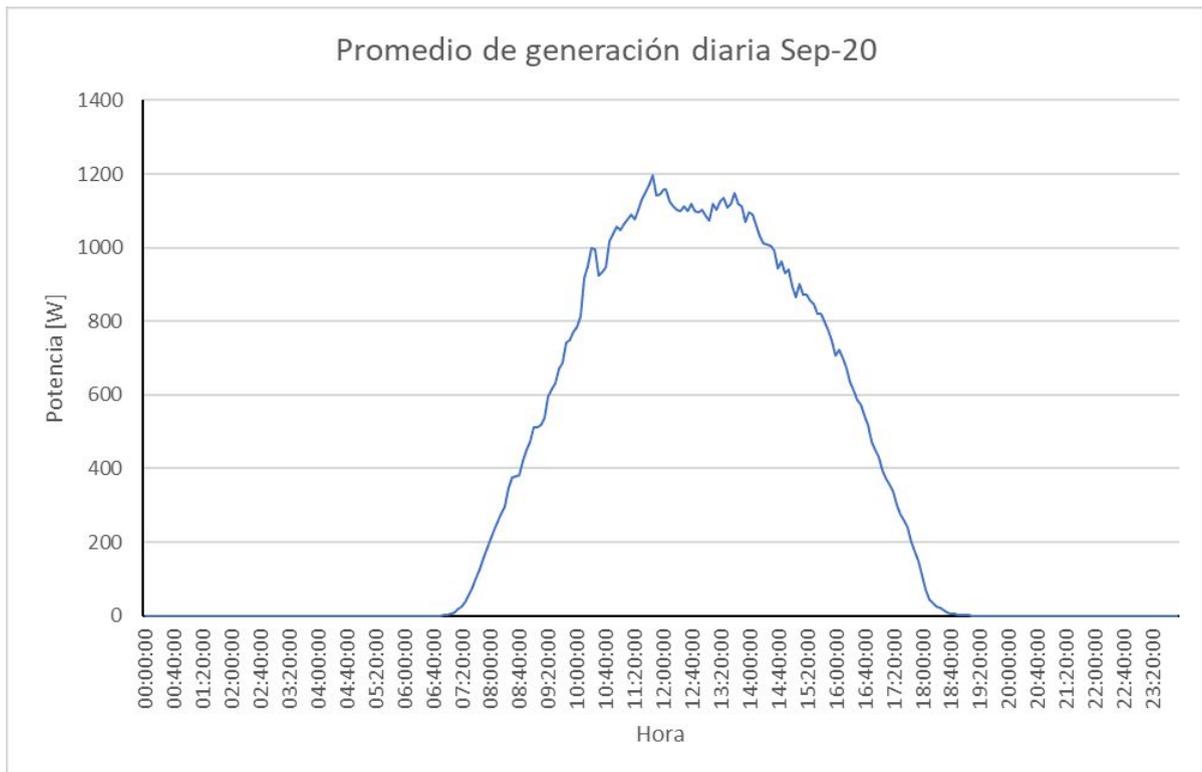


Figura 11: Generación diaria promedio de la instalación solar UTN FRSN



Figura 12: Panel WEB de control y visualización (en desarrollo)

T1 - PEQUEÑAS DEMANDAS (menos de 10 kW de demanda)

T1R - RESIDENCIAL

CARGO FIJO R1		102.05	\$/mes
CARGO VARIABLE R1 (consumo en kWh-Mes ≤ 100)		4.2392	\$/kWh
CARGO FIJO R2		156.16	\$/mes
CARGO VARIABLE R2 (100 < consumo en kWh-Mes ≤ 200)		4.4017	\$/kWh
CARGO FIJO R3		212.95	\$/mes
CARGO VARIABLE R3 (200 < consumo en kWh-Mes ≤ 400)		4.6941	\$/kWh
CARGO FIJO R4		264.34	\$/mes
CARGO VARIABLE R4 (400 < consumo en kWh-Mes ≤ 500)		4.9254	\$/kWh
CARGO FIJO R5		423.96	\$/mes
CARGO VARIABLE R5 (500 < consumo en kWh-Mes ≤ 700)		5.1238	\$/kWh
CARGO FIJO R6		686.34	\$/mes
CARGO VARIABLE R6 (700 < consumo en kWh-Mes ≤ 1400)		5.4122	\$/kWh
CARGO FIJO R7		837.82	\$/mes
CARGO VARIABLE R7 (consumo en kWh-Mes > 1400)		5.8047	\$/kWh

T1RE - RESIDENCIAL ESTACIONAL

Figura 13: Cuadro tarifario OCEBA vigente (agosto 2019)



1 Seleccioná dentro de cada categoría los electrodomésticos que utilizás, indicando cantidad y horas de uso diario.

ILUMINACIÓN 21 kWh 1 electrodomésticos	REFRIGERACIÓN 58 kWh 1 electrodomésticos	LÍNEA BLANCA 37 kWh 3 electrodomésticos	COCINA 31 kWh 2 electrodomésticos
CLIMATIZACIÓN 57 kWh 1 electrodomésticos	ELECTRÓNICA, AUDIO Y VIDEO 37 kWh 5 electrodomésticos	CUIDADO PERSONAL 15 kWh 2 electrodomésticos	AGUA 0 kWh 0 electrodomésticos



CONSUMO MENSUAL ESTIMADO:

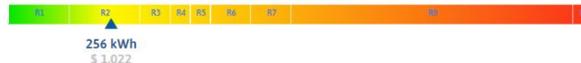


Figura 14: Calculador de consumo eléctrico (<https://simulador.edenor.com/>)

8.9. Tablas y cálculos

Inversión para generación solar	
Inversor On-grid de 2,5kw	USD 882,35
8 paneles 250W	USD 988,24
Soporte Paneles	USD 580,59
Multimedidor Sentron PAC	USD 600,00
Cables y elementos de intalación	USD 176,47
Total	USD 3.227,65

Tabla 9: Costo de componentes para una instalación solar de 2kW

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total Anual
Consumo general [kWh]	256	256	256	256	256	256	256	256	256	256	256	256	256
Consumo EV 200km sem [kWh]	155,2	155,2	155,2	155,2	155,2	155,2	155,2	155,2	155,2	155,2	155,2	155,2	155,2
Total Consumo [kWh]	411,2	411,2	411,2	411,2	411,2	411,2	411,2	411,2	411,2	411,2	411,2	411,2	411,2
Cargo fijo R4	\$ 264,34	\$ 264,34	\$ 264,34	\$ 264,34	\$ 264,34	\$ 264,34	\$ 264,34	\$ 264,34	\$ 264,34	\$ 264,34	\$ 264,34	\$ 264,34	\$ 264,34
Cargo Variable R4 (4,9254\$/kWh)	\$ 2.025,32	\$ 2.025,32	\$ 2.025,32	\$ 2.025,32	\$ 2.025,32	\$ 2.025,32	\$ 2.025,32	\$ 2.025,32	\$ 2.025,32	\$ 2.025,32	\$ 2.025,32	\$ 2.025,32	\$ 2.025,32
Subtotal	\$ 2.289,66	\$ 2.289,66	\$ 2.289,66	\$ 2.289,66	\$ 2.289,66	\$ 2.289,66	\$ 2.289,66	\$ 2.289,66	\$ 2.289,66	\$ 2.289,66	\$ 2.289,66	\$ 2.289,66	\$ 2.289,66
Impuestos 46%	\$ 1.053,25	\$ 1.053,25	\$ 1.053,25	\$ 1.053,25	\$ 1.053,25	\$ 1.053,25	\$ 1.053,25	\$ 1.053,25	\$ 1.053,25	\$ 1.053,25	\$ 1.053,25	\$ 1.053,25	\$ 1.053,25
Facturación sin generación R4	\$ 3.342,91	\$ 40.114,92											
Generación [kWh]	239,1	239,1	239,1	239,1	239,1	239,1	239,1	239,1	239,1	239,1	239,1	239,1	
Autoconsumo 40% [kWh]	95,64	95,64	95,64	95,64	95,64	95,64	95,64	95,64	95,64	95,64	95,64	95,64	95,64
Inyección [kWh]	143,46	143,46	143,46	143,46	143,46	143,46	143,46	143,46	143,46	143,46	143,46	143,46	143,46
Consumo [kWh]	315,56	315,56	315,56	315,56	315,56	315,56	315,56	315,56	315,56	315,56	315,56	315,56	315,56
Cargo fijo R3	\$ 212,95	\$ 212,95	\$ 212,95	\$ 212,95	\$ 212,95	\$ 212,95	\$ 212,95	\$ 212,95	\$ 212,95	\$ 212,95	\$ 212,95	\$ 212,95	\$ 212,95
Cargo Variable R3 (4,6941\$/kWh)	\$ 1.481,27	\$ 1.481,27	\$ 1.481,27	\$ 1.481,27	\$ 1.481,27	\$ 1.481,27	\$ 1.481,27	\$ 1.481,27	\$ 1.481,27	\$ 1.481,27	\$ 1.481,27	\$ 1.481,27	\$ 1.481,27
Credito por inyección (3,3797\$/kWh)	\$ 484,86	\$ 484,86	\$ 484,86	\$ 484,86	\$ 484,86	\$ 484,86	\$ 484,86	\$ 484,86	\$ 484,86	\$ 484,86	\$ 484,86	\$ 484,86	\$ 484,86
Subtotal	\$ 1.209,36	\$ 1.209,36	\$ 1.209,36	\$ 1.209,36	\$ 1.209,36	\$ 1.209,36	\$ 1.209,36	\$ 1.209,36	\$ 1.209,36	\$ 1.209,36	\$ 1.209,36	\$ 1.209,36	\$ 1.209,36
Impuestos 46%	\$ 556,31	\$ 556,31	\$ 556,31	\$ 556,31	\$ 556,31	\$ 556,31	\$ 556,31	\$ 556,31	\$ 556,31	\$ 556,31	\$ 556,31	\$ 556,31	\$ 556,31
Facturación con generación R3	\$ 1.765,67	\$ 21.188,00											
Autoconsumo 90% [kWh]	215,19	215,19	215,19	215,19	215,19	215,19	215,19	215,19	215,19	215,19	215,19	215,19	215,19
Inyección [kWh]	23,91	23,91	23,91	23,91	23,91	23,91	23,91	23,91	23,91	23,91	23,91	23,91	23,91
Consumo [kWh]	196,01	196,01	196,01	196,01	196,01	196,01	196,01	196,01	196,01	196,01	196,01	196,01	196,01
Cargo fijo R2	\$ 156,16	\$ 156,16	\$ 156,16	\$ 156,16	\$ 156,16	\$ 156,16	\$ 156,16	\$ 156,16	\$ 156,16	\$ 156,16	\$ 156,16	\$ 156,16	\$ 156,16
Cargo Variable R2 (4,4017\$/kWh)	\$ 862,78	\$ 862,78	\$ 862,78	\$ 862,78	\$ 862,78	\$ 862,78	\$ 862,78	\$ 862,78	\$ 862,78	\$ 862,78	\$ 862,78	\$ 862,78	\$ 862,78
Credito por inyección (3,1692\$/kWh)	\$ 75,78	\$ 75,78	\$ 75,78	\$ 75,78	\$ 75,78	\$ 75,78	\$ 75,78	\$ 75,78	\$ 75,78	\$ 75,78	\$ 75,78	\$ 75,78	\$ 75,78
Subtotal	\$ 943,16	\$ 943,16	\$ 943,16	\$ 943,16	\$ 943,16	\$ 943,16	\$ 943,16	\$ 943,16	\$ 943,16	\$ 943,16	\$ 943,16	\$ 943,16	\$ 943,16
Impuestos 46%	\$ 433,85	\$ 433,85	\$ 433,85	\$ 433,85	\$ 433,85	\$ 433,85	\$ 433,85	\$ 433,85	\$ 433,85	\$ 433,85	\$ 433,85	\$ 433,85	\$ 433,85
Facturación con generación R2	\$ 1.377,02	\$ 16.524,18											

Tabla 10: Estimación de facturación anual

