

Sistema Fotovoltaico con almacenamiento domestico

Mtro. Ing. Luis Carlos Shaar Velázquez

19 de agosto 2022

Contenido de la presentación

1. Introducción
2. Características del consumo
3. Monitoreo y automatización
4. Características del sistema fotovoltaico
5. Costo del sistema y sistemas más sencillos y económicos
6. Emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) por consumo eléctrico
7. Descarbonización de la vivienda
8. Requisitos de operación del SFV interconectado vs isla
9. Control eléctrico del sector residencial: ¿Ayuda para la reserva operativa de la RNT?
10. Pobreza energética
11. Conclusiones y nuevas interrogantes

Introducción

La discusión respecto al control del sector eléctrico nacional, esta principalmente enfocada en los grandes generadores y los grandes consumidores. Existe un sector que no se encuentra en el centro de esta discusión y que, sin embargo, representa el 25% del consumo total del país, según lo reportado en el PRODESEN 2022- 2036; **el sector residencial.**

La presentación del día de hoy girará en torno a un consumidor de este sector y del proceso que se lleva a cabo para tener suministro de energía más confiable, un consumo más eficiente, limpio y buscando reducir las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) por el consumo de energía en la vivienda.

Sistema Interconectado Nacional

18/08/2023 02:56:04 p. m.

47,399 MW
Demanda Bruta Actual

46,187 MW
Demanda Actual Neta

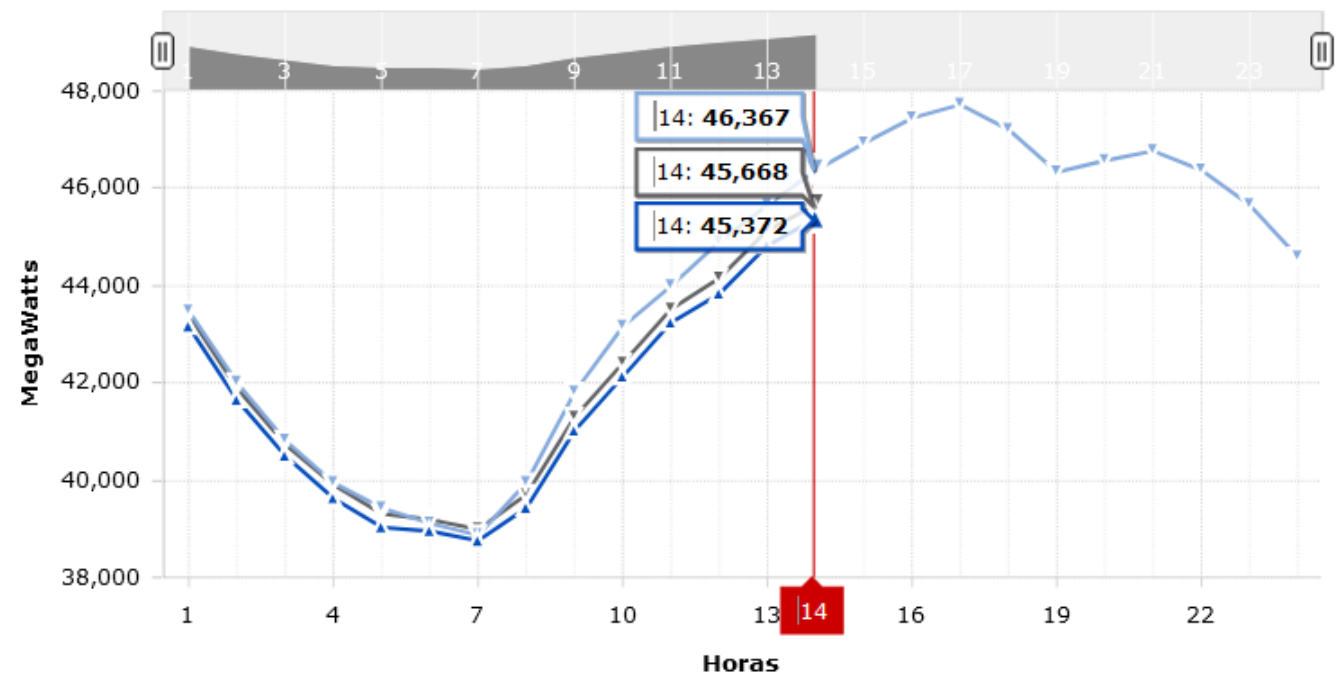
46,850 MW
Pronóstico Neto

Demanda Sistema Eléctrico Nacional

S.I. NACIONAL

Demanda Neta: **46,187 MW**
Generación Neta: **46,491 MW**
Pronóstico Neto: **46,850 MW**

18/08/2023 02:56:04 p. m.



Generación Neta	45,668	Pronóstico Neto	46,367
Demanda Neta	45,372		

Características del consumo

Especificaciones de la red y del consumo

Características de acometida:

Voltaje de alimentación:

Tipo de contrato con CFE:

2 fases, 3 hilos.

220 / 127 volts.

Interconexión Net Metering



Principales cargas instaladas:

Estufa de eléctrica: 6800 watts

Calentador eléctrico: 1800 watts

Horno de micro ondas: 1300 watts

Refrigerador: 700 watts

Bomba sumergible: ½ HP

Horno eléctrico: 700 watts

→ Desde la red eléctrica

77.5 kWh

→ Desde la batería

759 kWh

→ Desde el sistema FV

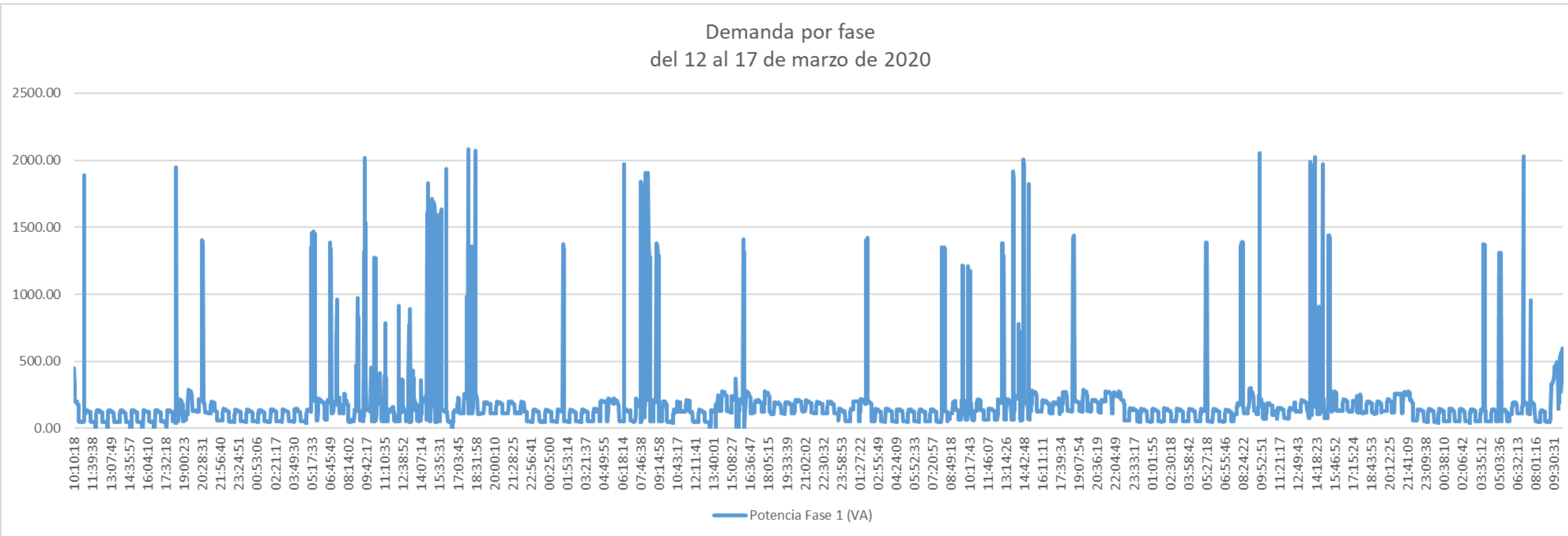
826 kWh

 Consumo

1662 kWh

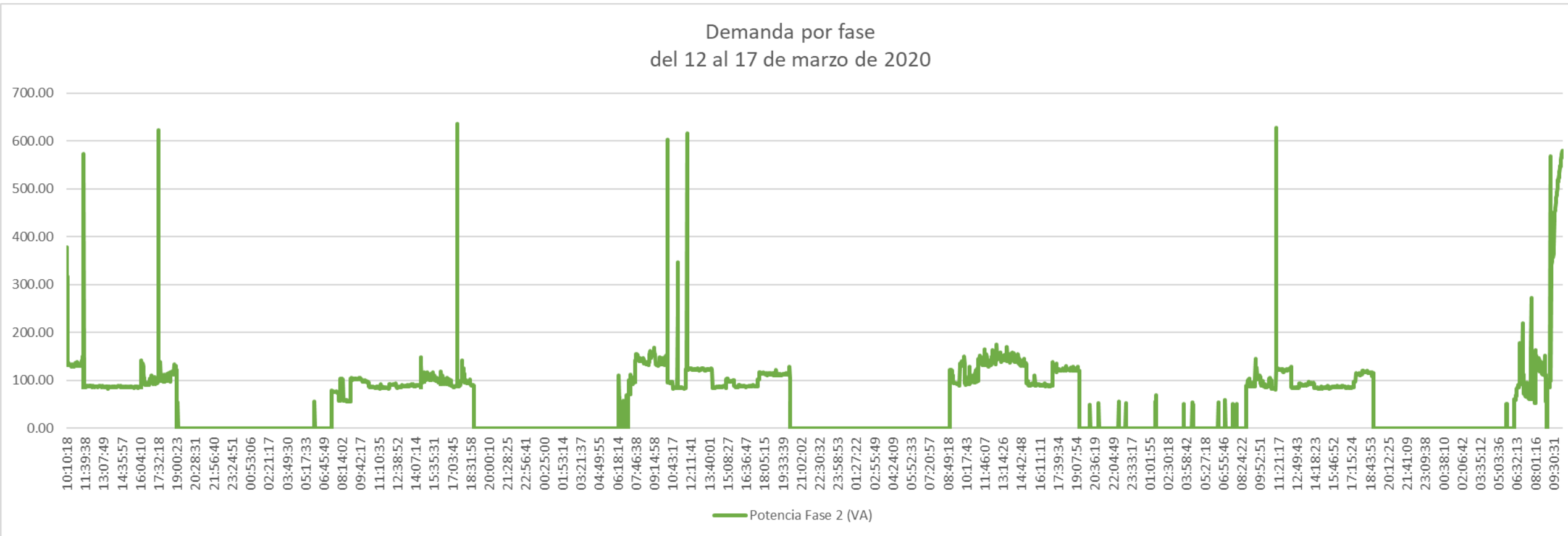
**Consumo promedio al día: 4.55 kWh
durante los últimos 365 días.**

Características del consumo



Se realizó un perfil de carga de la instalación previo a la instalación del sistema isla. En la fase 1 de la instalación este es el comportamiento de los picos de demanda en el periodo de monitoreo. En esta fase están conectadas las cargas más grandes.

Características del consumo

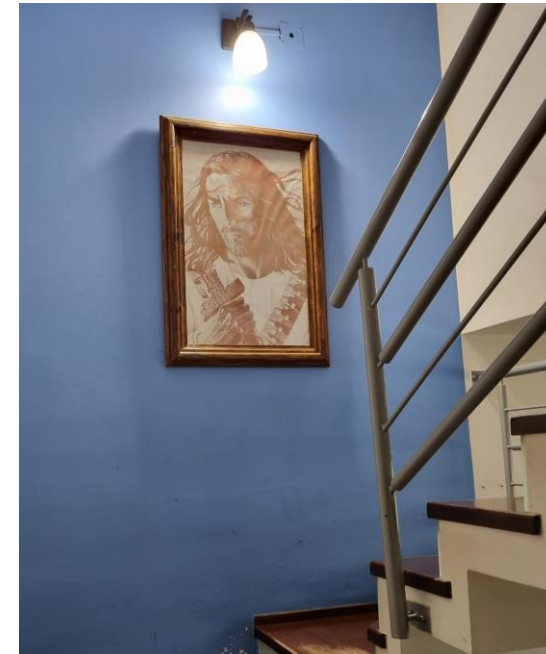


En la fase 2 de la instalación este es el comportamiento de los picos de demanda en el periodo de monitoreo. Esta es la fase con menos carga instalada.

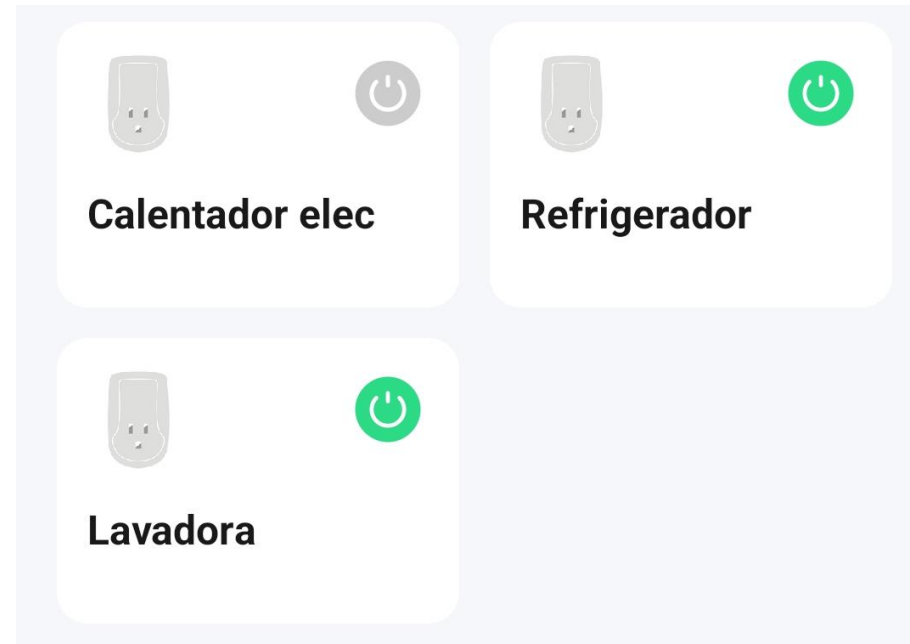
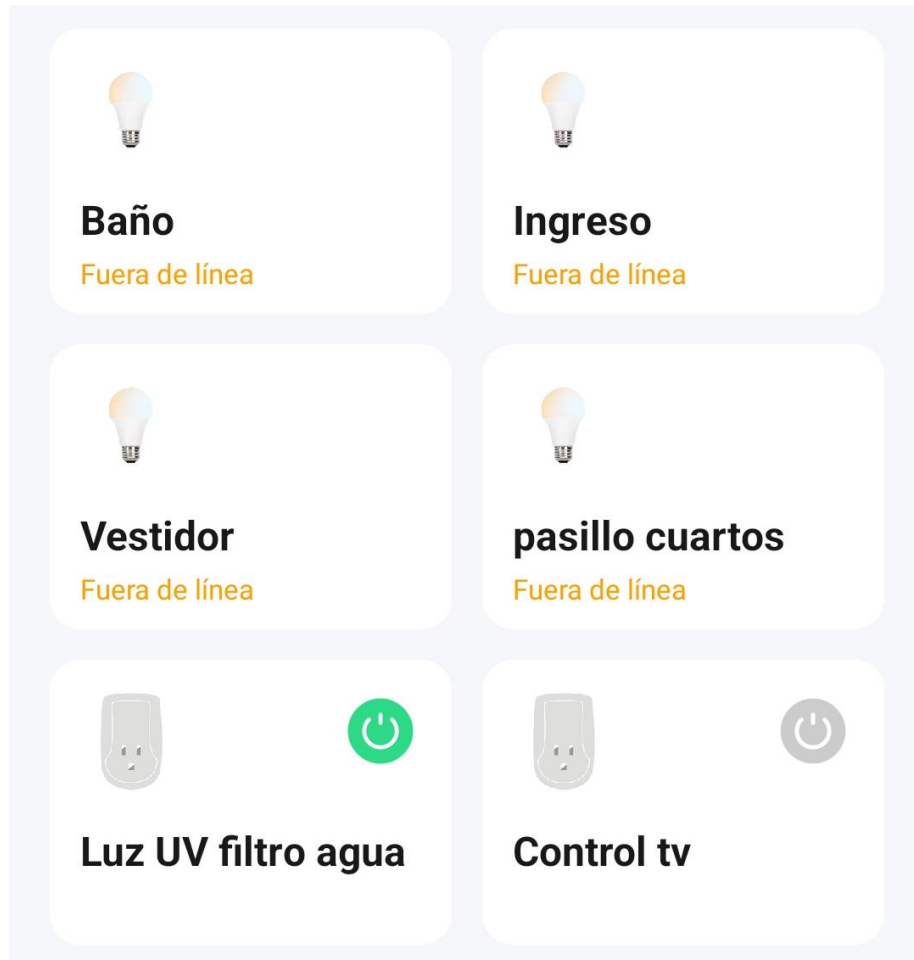


Se instalaron en el jardín y en la terraza reflectores led con sensores de intensidad de luz natural alimentados por paneles solares para cada reflector. La intensidad del foco disminuye un 70% si no hay movimiento de personas en las áreas mencionadas.

La escalera cuenta con focos led con sensor de movimiento y de intensidad de luz natural. De esta manera no se necesita operar los apagadores para contar con iluminación artificial cuando hay tránsito de personas.



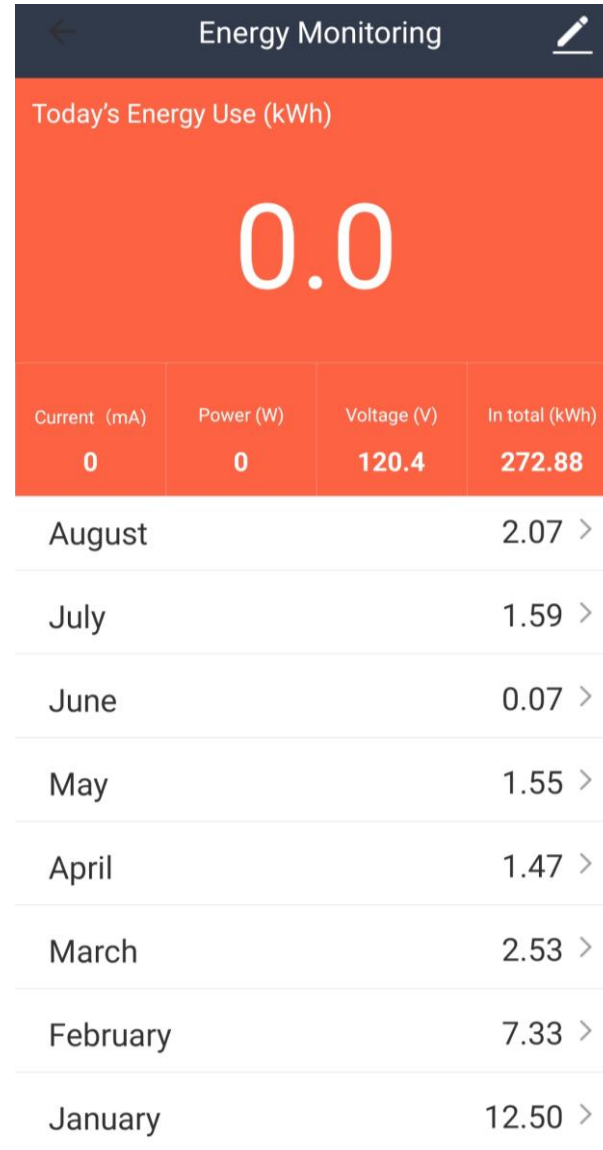
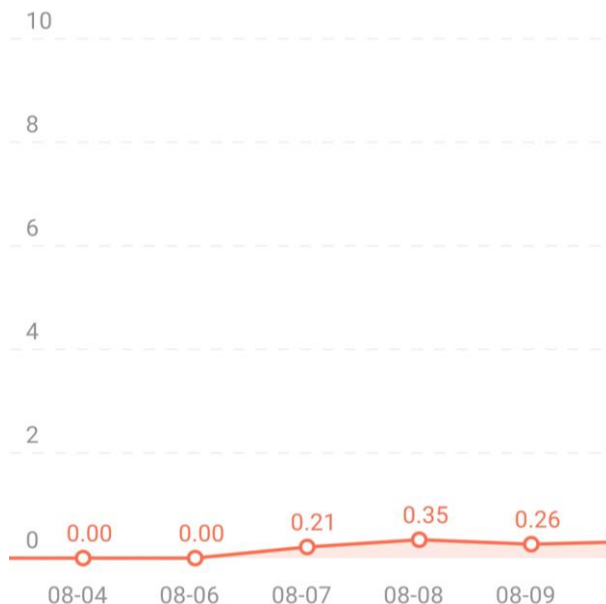
Monitoreo y Automatización



La instalación cuenta con equipos de control y monitoreo del consumo de las principales cargas y de los circuitos de iluminación más utilizados.

A partir de la instalación del sistema isla, durante las noches se desconectan todas las cargas e la casa, excepto el modem que controla el servicio de internet.

Monitoreo y Automatización



El programa que controla el sistema de automatización, indica el consumo de la carga monitoreada día a día y reporta el consumo histórico anual.

La instalación de los focos antes mencionados y del sistema de monitoreo y control se ha realizado en el transcurso de los últimos 6 años.

Características del sistema fotovoltaico

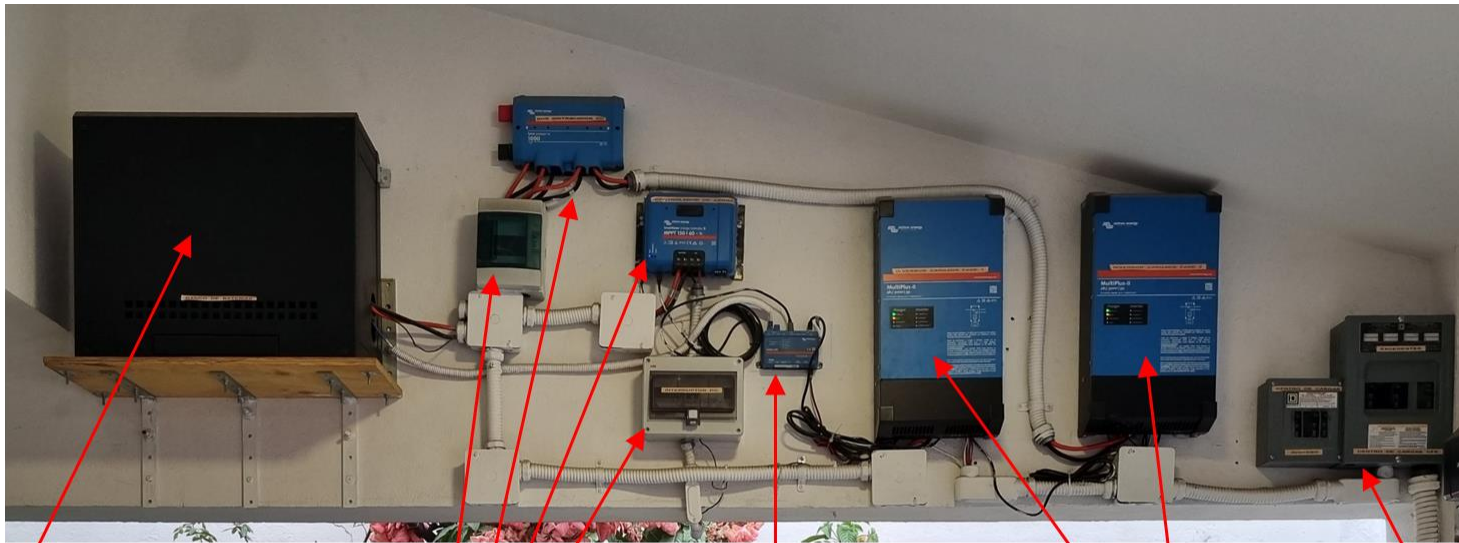


En el año 2015 se instaló un sistema fotovoltaico interconectado de 2 paneles y micro inversores. Con ese sistema el cobro del servicio eléctrico promedio representaba el escalón base y en ocasiones el escalón intermedio de la tarifa 1.

En 2018, se retiró ese sistema y se reemplazó por un sistema de 6 paneles de 460 watts y un inversor centralizado de 3 kWp de potencia, que generaba excedentes de consumo y como un primer paso para la instalación de un sistema de almacenamiento que soportara el consumo total de la vivienda.

En marzo de 2022 se retira el inversor centralizado y se instala un equipo isla con capacidad de almacenamiento de 4.5 kW.

Características del sistema fotovoltaico



Baterías: 4.5 kW
9 años de garantía

Elementos de control y protección en CD

Control "cerebro" de la operación del sistema

Inversores: 3kWp
En cada fase
5 años de garantía

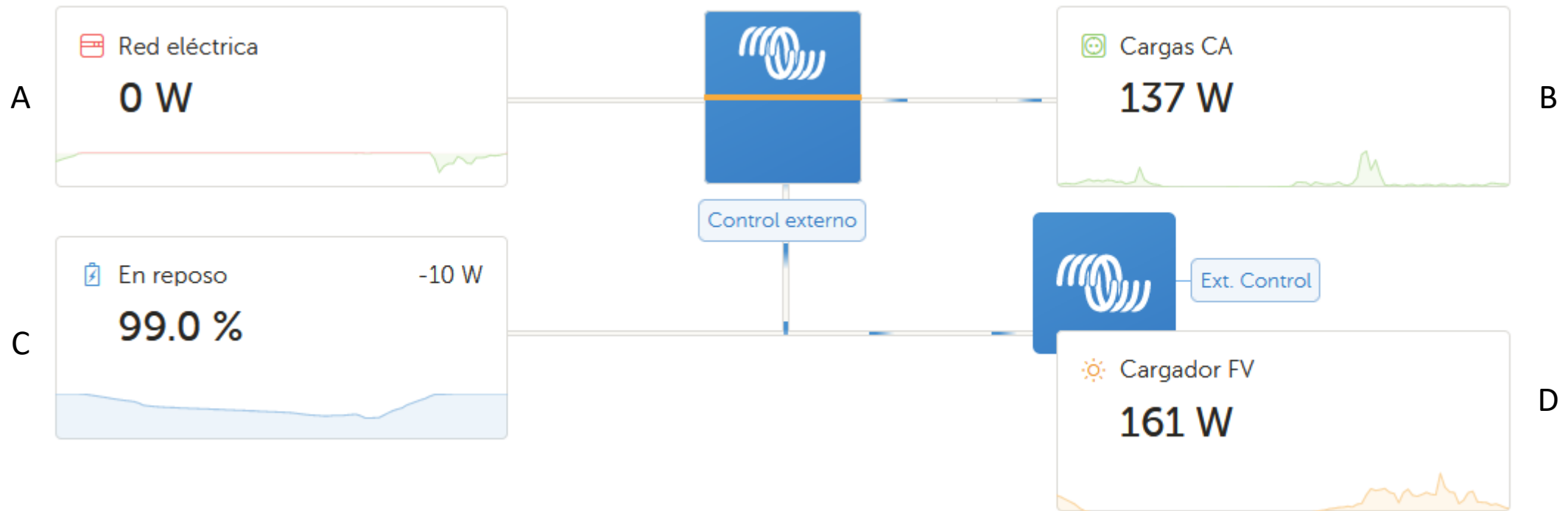
Interconexión a la red de la casa y acometida de CFE

El sistema está configurado para recibir energía de la red en caso de que las baterías se descarguen por debajo del 20% y deja ese 20% de reserva en caso de falla de la red de CFE

Además, se puede configurar para operar como:

- ✓ Aislado sin conexión a la red de CFE.
- ✓ Interconectado sin regreso de excedentes a la red.
- ✓ Interconectado con regreso de excedentes a la red.
- ✓ Interconectado para recibir energía de la red en periodos de tiempo específicos.

Características del sistema fotovoltaico

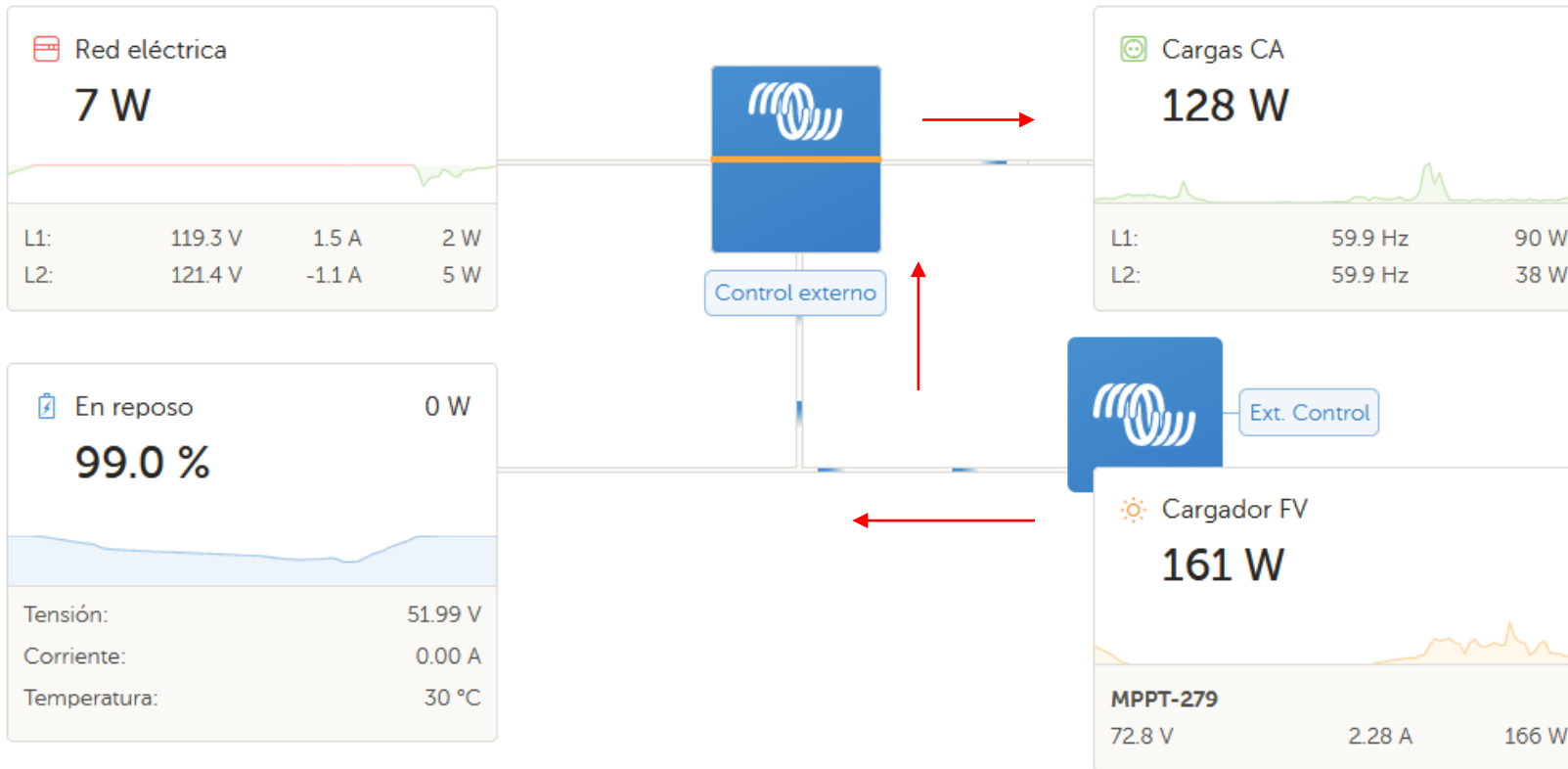


La operación del sistema es autónoma, una vez que se programan los parámetros de operación y el flujo de la energía es en varios sentidos. El sistema cuenta con un programa de monitoreo de los 4 elementos interconectados:

- A. La acometida de CFE.
- B. La carga o demanda de la vivienda.
- C. Las baterías.
- D. Los paneles fotovoltaicos.

Características del sistema fotovoltaico

17/08/23, 17:45 pm

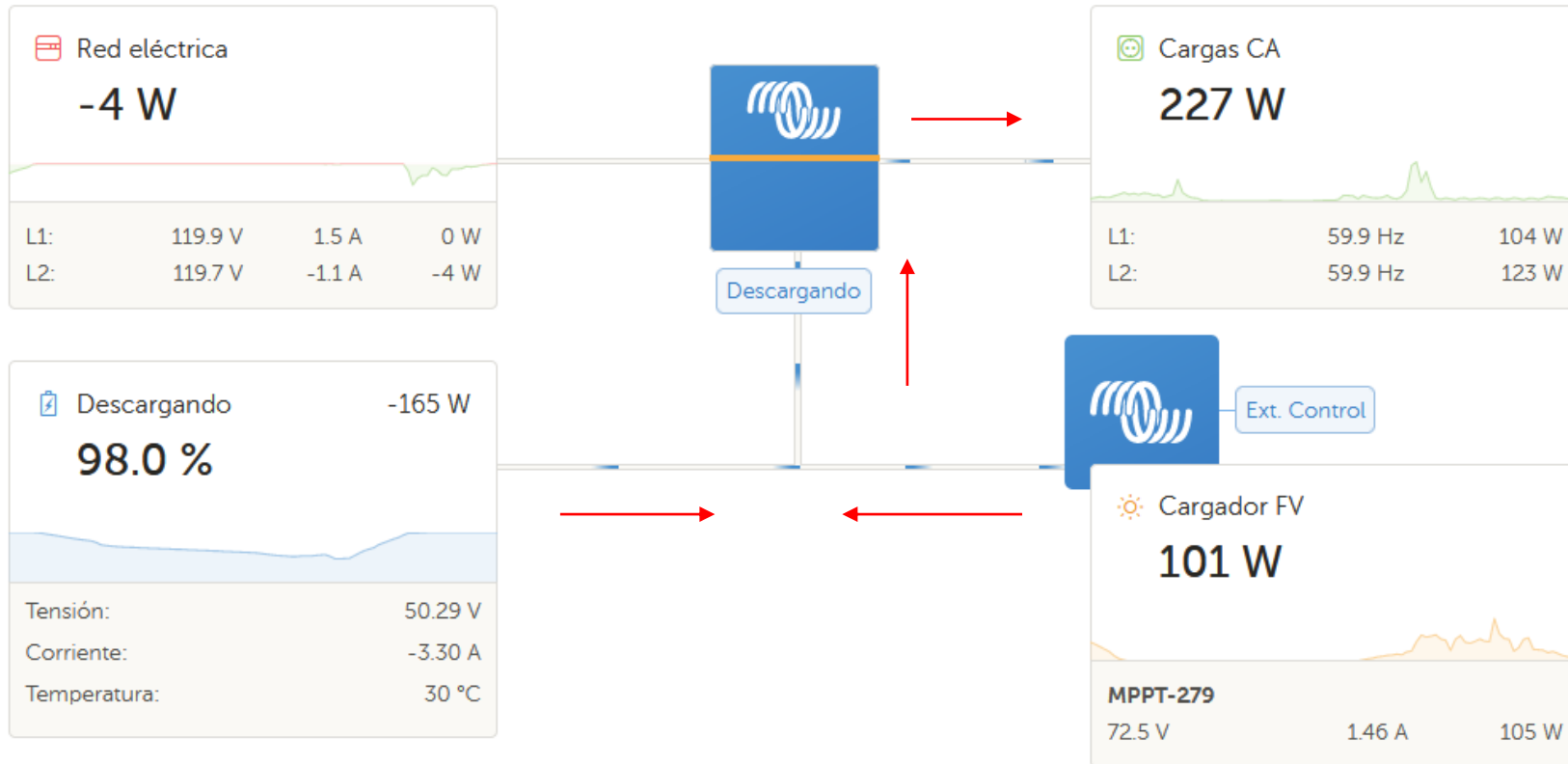


Esta imagen muestra el flujo de la energía con las baterías totalmente cargadas y con los paneles suministrando la energía que demanda la casa.

En cada pantalla se muestran los parámetros eléctricos básicos de cada equipo del sistema.

Características del sistema fotovoltaico

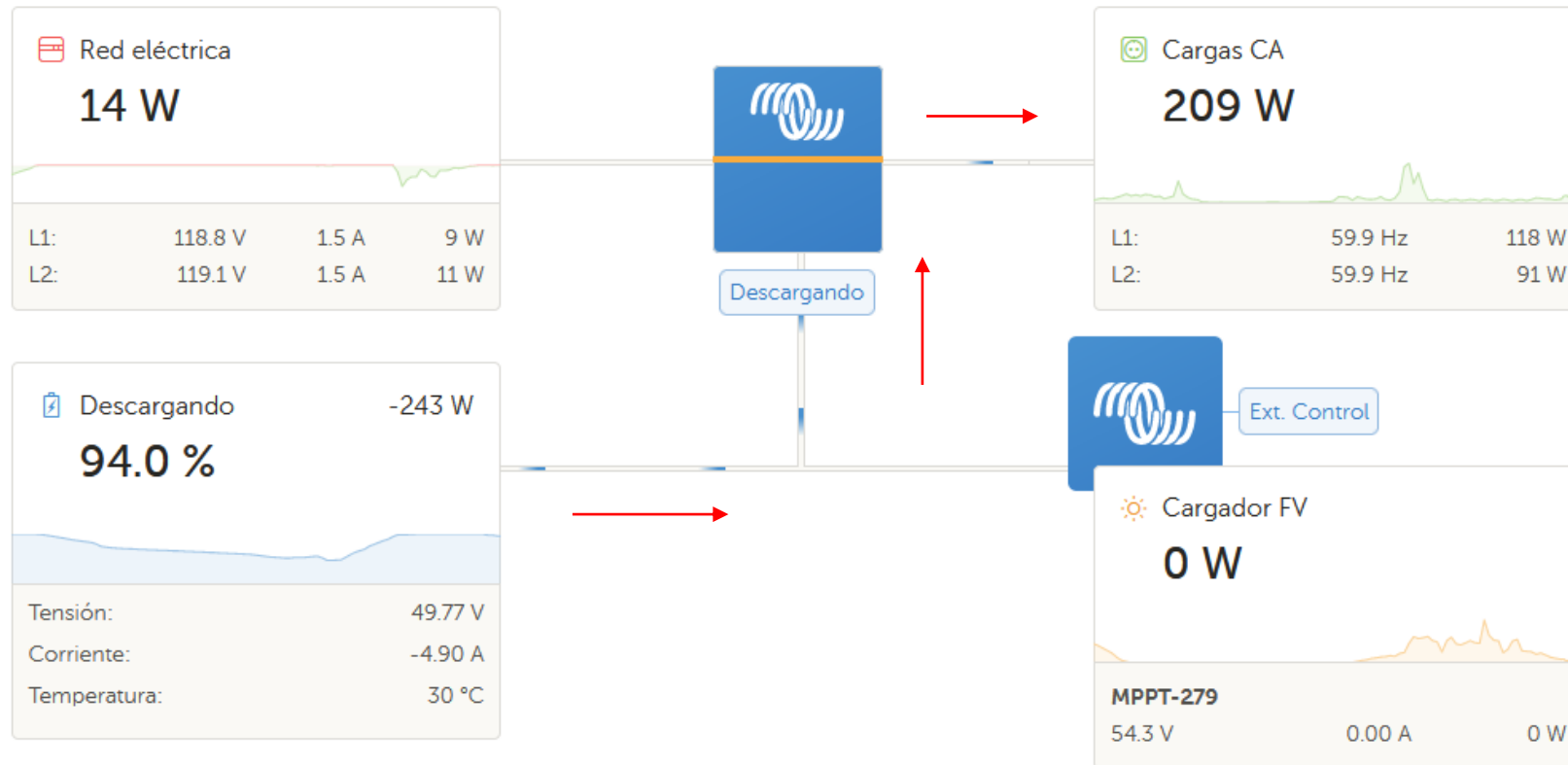
17/08/23, 18:10 pm



Esta imagen muestra el flujo de la energía desde las baterías y los paneles suministrando la energía que demanda la casa.

Características del sistema fotovoltaico

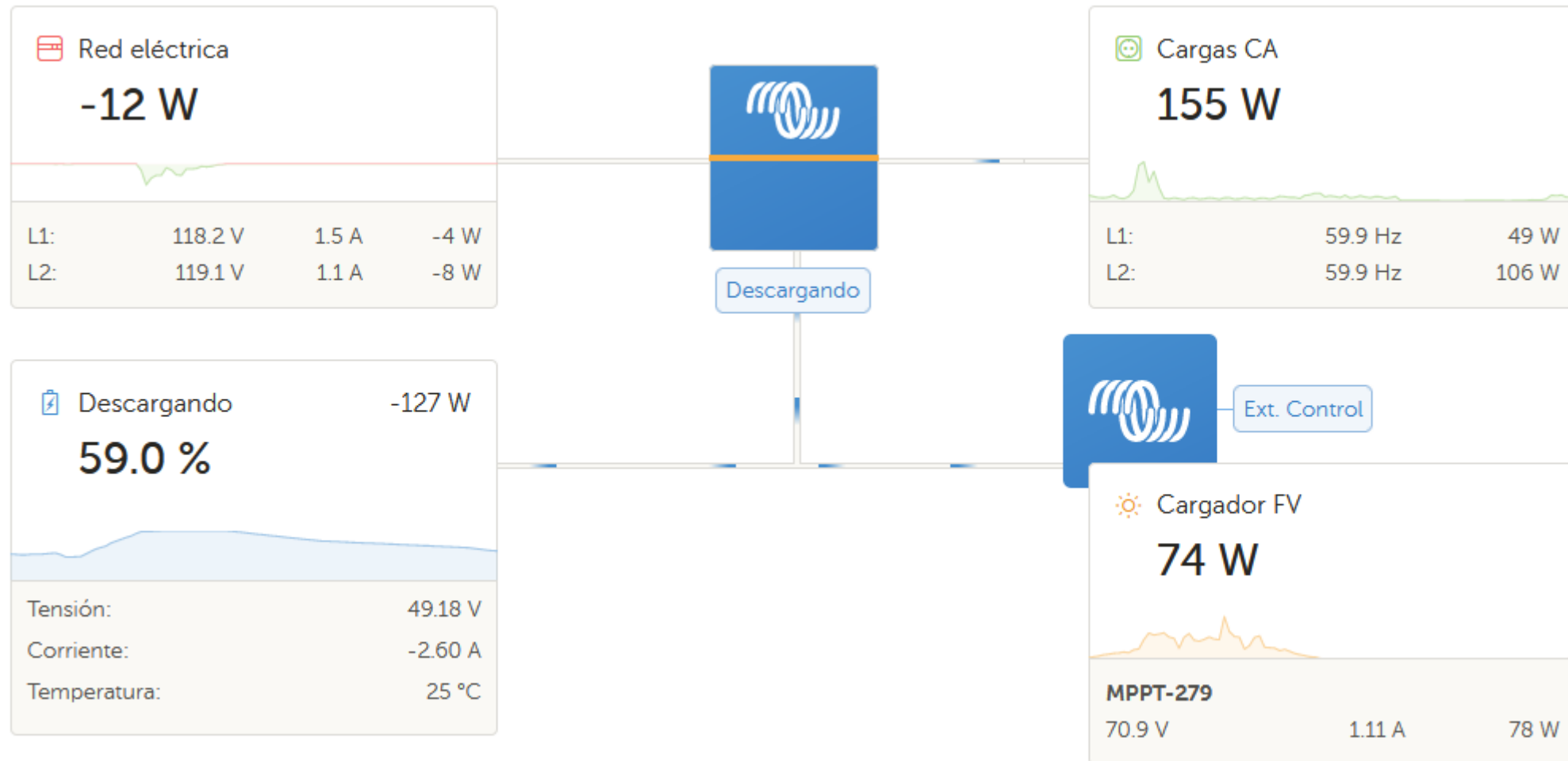
17/08/23, 19:20 pm



Esta imagen muestra el flujo de la energía desde las baterías y con los paneles fuera de operación hacia la energía que demanda la casa.

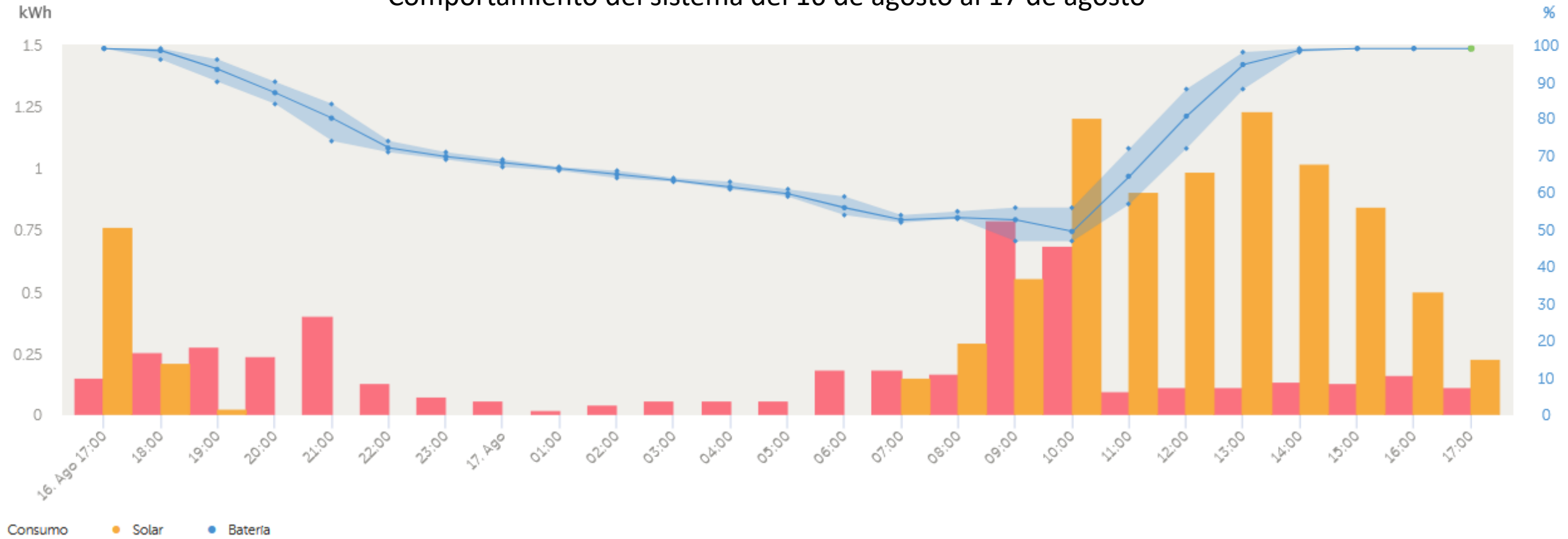
Características del sistema fotovoltaico

18/08/23, 7:10 am



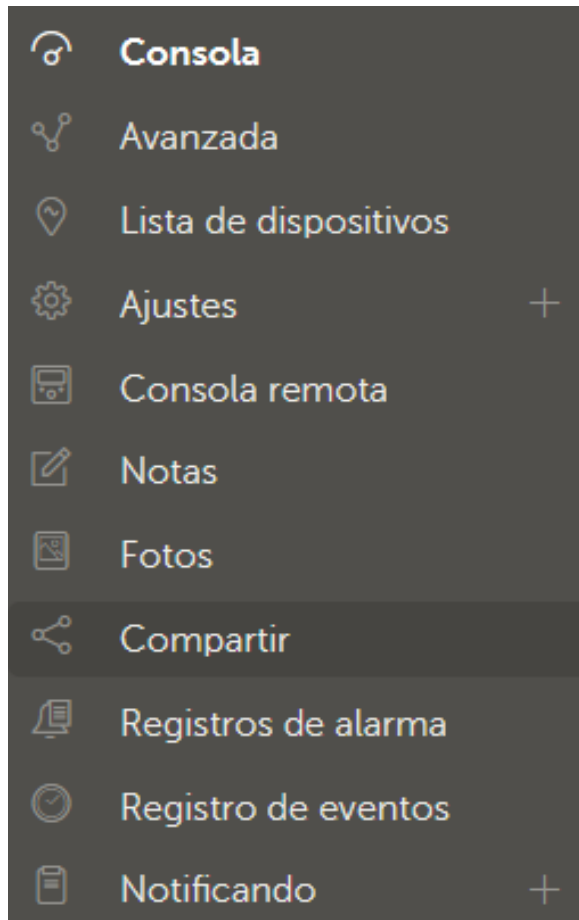
Características del sistema fotovoltaico

Comportamiento del sistema del 16 de agosto al 17 de agosto



La grafica muestra el ciclo de operación en 24 horas, del comportamiento de las baterías, el consumo de vivienda y la energía entregada por los paneles.

Características del sistema fotovoltaico



El programa de monitoreo muestra gran cantidad de información:

- ✓ Alarmas
- ✓ Parámetros de la energía de la red de CFE
- ✓ Parámetros de operación en corriente directa
- ✓ Histórico de nivel de carga y voltaje de las baterías
- ✓ Sobre carga de los inversores
- ✓ Falla en el suministro de CFE
- ✓ Gráficos que relacionan 2 o más variables de operación
- ✓ Mas funciones que aún se desconocen.

Costo del sistema y sistemas más sencillos y económicos.

El sistema instalado, tiene un costo de mercado entre los \$230,000.00 y \$240,000.00 ya instalado y operando. Este tipo de tecnología se produce y comercializa a través de empresas cuya función principal es ser rentables y no necesariamente se preocupan genuinamente por el medio ambiente y la sustentabilidad.



Este contexto hace que estos sistemas sean poco rentables financieramente respecto a los sistemas sin almacenamiento y nada asequibles para la mayoría de la población en México y sobre todo para la población de bajos recursos que se encuentran en algún nivel de pobreza energética.



Costo del sistema y sistemas más sencillos y económicos.

Existen sistemas isla más económicos y sencillos en su operación, con baterías de ácido plomo o ciclo profundo, con controladores más sencillos, con inversores menos robustos cuyo tiempo de vida es de menos de la mitad de lo que se espera de este.

El precio de esos equipos puede ser hasta de la mitad del aquí presentado y aun así siguen siendo menos rentables que los sistemas sin almacenamiento y sin acceso a las personas de bajos recursos.



Emissiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) por consumo eléctrico

 Consumo

1662 kWh

→ Desde la red eléctrica

77.5 kWh

Relacionando el consumo de energía de la casa desde el sistema fotovoltaico, con el factor de emisiones del sector eléctrico reportado por la CRE, se determina que la reducción de emisiones de GEI por el consumo de energía eléctrica en los últimos 365 días es de **723 Kg CO₂ eq**

AVISO

Factor de Emisión del Sistema Eléctrico Nacional 2022

De conformidad con el Artículo 12 del Reglamento de la Ley de Transición Energética, y habiendo recibido e incorporado las observaciones a la metodología y aplicación de la misma por parte de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales SEMARNAT, se les comunica a los establecimientos sujetos a reporte que el Factor de Emisión eléctrico del Sistema Eléctrico Nacional SEN para el cálculo de las emisiones indirectas de gases de efecto invernadero por consumo de electricidad correspondiente al año 2022 es:

0.435 tCO₂e / MWh

Descarbonización de la vivienda

En 2013 se instaló un calentador solar para reducir el consumo de gas, dejando el calentador de gas existente con respaldo.

El consumo inicial se redujo de 100 lts al bimestre a 100 al año.

En 2022, se instaló una estufa eléctrica, se retiró el tanque de gas y se dejó de utilizar combustibles fósiles para las necesidades energéticas que la casa.

Consumo de gas LP inicial: 600 litros al año.

Consumo de gas LP final: 0 litros al año.

Reducción en emisiones GEI al año:

$$600 \text{ lts} \times 1.6 \text{ kg} \frac{\text{CO}_2}{\text{lt}} = 960 \text{ kg CO}_2$$

Fuel	Liquid density	Specific carbon content	Specific Energy content		Specific CO ₂ emission (amount of fuel basis)		
	kg/l	kg _C /kg _{fuel}	kWh/kg _{fuel}	Btu/lb _{fuel}	Kg _{CO2} /kg _{fuel}	Kg _{CO2} /gal _{fuel}	lb _{CO2} /gal _{fuel}
Methane (natural gas)		0.75	15.4	23900	2.75		
Propane	0.510	0.82	13.8	21300	2.99	5.78	12.7
Butane	0.564	0.83	13.6	21100	3.03	6.47	14.3
LPG (wt of C3=C4)	0.537	0.82	13.7	21200	3.01	<u>6.12</u>	13.5

Tabla 18. Factores de emisión para gas LP.

Muestra	Densidad Fase líquida	Densidad Fase gas	Contenido de carbono	Poder calorífico Neto	Contenido de carbono	Factor de emisión		
	kg/l	kg/m ³	% peso	MJ/kg	kg C /GJ	kg CO ₂ /TJ	kg CO ₂ /kg GLP	kg CO ₂ /l GLP fase líquida
ZMVM 1	0.531	2.002	82.06	46.11	17.80	65,207.75	3.01	1.60
ZMVM 2	0.526	1.962	81.98	46.15	17.76	65,087.30	3.00	1.58
ZMVM 3	0.534	2.022	82.10	46.09	17.81	65,267.64	3.01	1.61
ZMVM 4	0.525	1.980	82.03	46.15	17.77	65,123.17	3.01	1.58

Requisitos de la operación de SFV interconectado vs isla

La operación de los sistemas fotovoltaicos en general autónoma. sin embargo, los sistemas con almacenamiento requieren que el usuario tenga conocimientos técnicos que le indiquen cual es la capacidad de carga máxima del sistema sin hacer que el sistema se alarme, se proteja o se dañe.



Esto hace que los sistemas isla no sean tan utilizados como los interconectados que operan sin importar las condiciones de consumo y demanda de la red donde están conectados.

Control eléctrico del sector residencial: ¿Ayuda para la reserva operativa de la RNT?



Jefatura de Unidad de Comunicación Social
Comunicado de prensa 01/2023

El Sistema Eléctrico Nacional garantiza el suministro eléctrico a todo México

Ciudad de México, a 22 de junio de 2023.- El Sistema Eléctrico Nacional (SEN) tiene garantizado el abasto a la demanda de 47 millones de usuarios que hay en el país. Se precisa que no hay riesgo alguno ni emergencia en el sistema eléctrico.

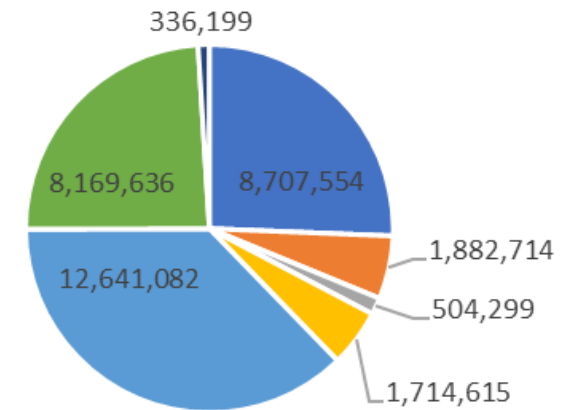
Como cada año, el SEN está preparado para enfrentar la demanda máxima anual, la cual se presenta durante los meses de junio y julio debido al aumento de la temperatura en el verano. Este año se consideró un incremento máximo de la demanda eléctrica sustancial con respecto a 2022.

El pasado martes 20 de junio de 2023, a las 19:48 horas, la demanda de energía fue de 52,993 MW, es decir, 9% más que la demanda máxima registrada en 2022.

La norma indica que cuando la reserva operativa registra índices por debajo del 6%, debe declararse un Estado Operativo de Alerta, sin que esto signifique una emergencia, ya que hay reserva suficiente para abastecer el consumo del país.

El Estado Operativo de Alerta se mantuvo solo entre las 19:44 y las 21:58 horas de ese día. Al disminuir la demanda, se suspendió el estado declarado anteriormente.

Consumo (GWh)



- Residencial
- Comercial
- Servicios
- Agrícola
- Empresa mediana
- Gran Industria
- Total

La generación distribuida con aislamiento puede ser una herramienta para el control de la reserva operativa de la RNT. Se puede tener la capacidad de desconexión de la red en horarios de picos de demanda con una estrategia nacional de abasto de energía con almacenamiento en esquemas de generación distribuida por colonia, sector en los nodos donde se presenten saturaciones.



Pobreza energética

En México, el gobierno federal reportó en el PRODESEN que la cobertura del servicio eléctrico en 2022 fue del 99.29% de los hogares ((SENER), 2023). Sin embargo, esta cobertura no habla de la cantidad, ni calidad del acceso a la energía.

De manera general cuando una persona no tiene acceso a la energía eléctrica o la tiene, pero de manera limitada porque no puede cubrir sus necesidades energéticas, se puede indicar que se encuentra en pobreza energética. No existe una definición única de este concepto.

En Europa este concepto está relacionado con el nivel de ingresos y el nivel de confort térmico en los hogares. Por ejemplo, en Inglaterra se estableció para 2001 que la pobreza energética (Sánchez-Guevara Sánchez, 2015) se medía con base en este índice:

$$IPE = \frac{CE \times PE}{r}$$

IPE = índice de pobreza energética.

CE = Consumo energético.

PE = Precio de la energía.

R = renta o ingreso total del hogar

Pobreza energética

En el caso de México, el libro “Caracterización espacial de la pobreza energética en México” (García-Ochoa & Graizbord, 2016) desarrolló un modelo para medir la pobreza energética que estableció una definición de la pobreza energética con base en la privación de “bienes económicos”, o sea de la falta de equipos como satisfactores para las necesidades absolutas de energía. Son 6 categorías o bienes económicos los evaluados.

N°	Uso final de la energía	Bien economico seleccionado
1	Cocción de alimentos	Estufa de gas o eléctrica, no leña
2	Refrigerar alimentos	Refrigerador entre 1996 a 2012
3	Entretenimiento	TV o computadora con internet
4	Iluminación	Foco incandescente o flourescente (no pasillos)
5	Calentamiento de agua	Calentador de agua o estufa de gas o electrica
6	Aire acondicionado y ventilación	Ventilador por 3 personas o equipo de AA

El modelo determinó que desde el año 2012 el 36.7% de la población (aproximadamente 11,000,000 hogares) vivía en pobreza energética (García-Ochoa & Graizbord, 2016, p. 305), sin poder satisfacer totalmente sus necesidades de energía.

Conclusiones y planteamientos a partir de la presentación

El sistema presentado se instaló para varios fines:

- Aprender más de estos sistemas.
- Descarbonizar la vivienda.
- Entender cuáles son las barreras que impiden que estos sistemas no sean más populares: Como ejemplo, decir que la interconexión de este sistema a la acometida de CFE tardó casi un año, lo que refleja que la norma que regula estos sistemas sigue en desarrollo.

En el ámbito nacional, si queremos avanzar en temas de independencia energética y disminución de la pobreza, es necesario incluir en los planes de desarrollo del sector eléctrico nacional análisis desde los puntos de consumo de energía, incluyendo proyectos de generación y almacenamiento en baja tensión en esquemas de generación distribuida.

El acceso garantizar el acceso a la energía eléctrica para las personas de bajos recursos, ayuda a que tengan un mejor acceso a la educación, salud, información y confort en sus viviendas.