

## Hogares Sostenibles: Modelo de Simulación para Optimizar el Uso de Baterías y Paneles Solares.

Un hogar inteligente busca implementar una solución de **autoabastecimiento energético** mediante la instalación de un sistema de paneles solares. Se sabe de antemano que la instalación permite una potencia máxima de 5 kWp. El sistema, por ende, se compone de **CPS** paneles solares (máximo 20 unidades) con una potencia individual de 0,250 kWp, y además, una batería con una capacidad de almacenamiento **CB**.

El objetivo principal es satisfacer la **demanda eléctrica** del **hogar**, la cual está **determinada** por una **función** de **densidad de probabilidad** (f.d.p.) y es influenciada por la cantidad de electrodomésticos (**QE**). La **producción** de **energía** del **panel** también sigue una **f.d.p.**.

El sistema opera bajo la siguiente lógica:

1. La **energía generada** por los **paneles** (**PE**) se utiliza para satisfacer el consumo instantáneo (**CE**).
2. Si existe un **excedente** de **generación** ( $PE > CE$ ), este se **almacena** en la **batería** (**E**) **hasta alcanzar** su **capacidad máxima** (**CB**).
3. Si la **generación** es **insuficiente** ( $PE < CE$ ), se **utiliza** la **energía** almacenada en la **batería** para cubrir el déficit.
4. Si la **generación** y la **batería** **no** son **suficientes** ( $PE + E < CE$ ), la energía faltante se **compra** a la **red eléctrica**.
5. Si el **modo** de **ahorro** **está activado**, el **50%** del **consumo** se realizará mediante la **red eléctrica**.
6. Si la **diferencia** entre la **capacidad** de **energía** de la batería **nueva** y la de la **usada** es menor a **UCBR (kWs)**, se considera llamar al técnico para realizar una instalación de un **dispositivo nuevo**.

La simulación incorpora variables estocásticas y de entorno:

- **Estaciones:** La producción de los paneles se ve afectada por la estación del año. En verano, amanece a las 6:00 am y se pone a las 8:00pm. En invierno, amanece a las 8:00 y oscurece aproximadamente a las 6:00 pm.
- **Climatología:** Existe una probabilidad diaria (26,6%) de que el día esté nublado, lo cual disminuye drásticamente la energía generada.
- **Modo Ahorro:** Para preservar la vida útil de la batería, el sistema activa un "modo ahorro". Si el **nivel** de la **batería cae** por debajo de un **punto crítico (PMA)**, como anteriormente se mencionó, el 50% de toda la demanda eléctrica restante de ese día se abastecerá forzosamente desde la red eléctrica, independientemente de la generación solar.

Metodología: Dado que las variables de entrada principales (Producción y Consumo) son datos agregados por día, el modelo se desarrollará bajo la metodología de avance del tiempo a intervalos constantes, utilizando un  $\Delta t = 1$  día.

## Métricas de Evaluación

Para cuantificar el desempeño del sistema y analizar los compromisos técnicos entre las variables de control, se han definido los siguientes indicadores de resultado.

- **PRE** (Porcentaje de energía de Red Eléctrica usada mensualmente) representa la fracción de la demanda total del hogar que no pudo ser cubierta por el sistema fotovoltaico ni por la batería, requiriendo importación externa. Minimizar este porcentaje es el objetivo principal, pero hacerlo suele requerir sobredimensionar la capacidad instalada o aceptar una mayor frecuencia de mantenimiento para asegurar que la batería rinda al máximo de su capacidad
- **PERG** (Promedio de Energía Renovable Generada) mide la potencia bruta total que los paneles solares fueron capaces de producir durante la simulación en función de la climatología y la estación. Esta métrica refleja el potencial máximo de la instalación.
- **PSMEE** (Promedio de uso mensual de energía eléctrica renovable generada) cuantifica la energía solar que realmente fue aprovechada por el hogar, ya sea por consumo directo o almacenamiento. La diferencia entre lo generado (PERG) y lo efectivamente usado (PSMEE) define la eficiencia del diseño; si se genera mucho pero se usa poco, indica desperdicio por falta de capacidad de almacenamiento.
- **PMMA** (Promedio mensual de veces que se usó el modo ahorro) indica la frecuencia con la que el sistema entró en estado crítico al caer la batería por debajo del PMA. Un valor alto sugiere inestabilidad, indicando que la batería es insuficiente para la demanda actual o que el umbral de seguridad configurado es demasiado restrictivo para la capacidad operativa del sistema.
- **NPEB** (Nivel promedio de energía en la batería) es el promedio del estado de carga registrado a lo largo de la simulación. Un promedio constantemente cercano al máximo sugiere un sobredimensionamiento y capacidad ociosa, mientras que un promedio cercano al límite inferior sugiere un riesgo inminente de desabastecimiento solar.
- **PRT** (Promedio de revisiones técnicas por mes) contabiliza la frecuencia media de intervenciones solicitadas debido a la caída de la capacidad efectiva de la batería por debajo del umbral UCBR. Esta métrica refleja la disponibilidad operativa; un valor alto asegura que el sistema opere siempre con capacidad óptima a costa de muchas interrupciones, mientras que un valor bajo acepta operar con una batería degradada para reducir la frecuencia de visitas técnicas, aumentando eventualmente la dependencia de la red.

## Objetivo de la Simulación

Diseñar y ejecutar un modelo de simulación dinámico bajo la metodología de avance del tiempo a intervalos constantes  $\Delta t = 1 \text{ día}$ , con el propósito de determinar la configuración óptima de un sistema de "Hogares Sostenibles". El fin último es maximizar el autoabastecimiento energético mediante paneles solares y baterías, minimizando simultáneamente la dependencia de la red eléctrica externa y las revisiones técnicas.

## Análisis Previo

### 1. Clasificación de variables: 2 simulaciones

Tipo Variable	Variable
DATOS	PE => Producción diaria de energía alterna en kWh en verano/invierno CE => Consumo de Energía diario en kWh DTR => Demora del técnico de baterías en días
CONTROL	CPS => Cantidad de paneles solares CB => Capacidad de la batería en kWh PMA => Punto de modo de ahorro en % UCBR => Umbral de Capacidad de Batería para Revisión en kWh
ESTADO	E = Cantidad de Energía en Batería en %
RESULTADO	PRE = Porcentaje de energía de Red Eléctrica usada mensualmente PSMEE = Promedio de uso mensual de energía eléctrica renovable generada. PMMA = Promedio mensual de veces que se usó el modo ahorro. NPEB = Nivel promedio de energía en la batería. PRT = Promedio de revisiones técnicas por mes. PERG = Promedio de Energía Renovable Generada

### 2. Clasificación de Eventos

TIPO EVENTO	EVENTO
PROPIO	Generación energía Uso de energía convencional Uso de energía en modo ahorro
Comprometidos $\Delta T$ anteriores	Llegada del técnico de baterías
Comprometidos $\Delta T$ futuro	Llamada al técnico de baterías

### 3. TEF:

FRT	Fecha de Revisión Técnica
-----	---------------------------