10 ANIVERSARIO ExpoSolar® Colombia 2026
Energía renovable, futuro imparable

Tb Plus®



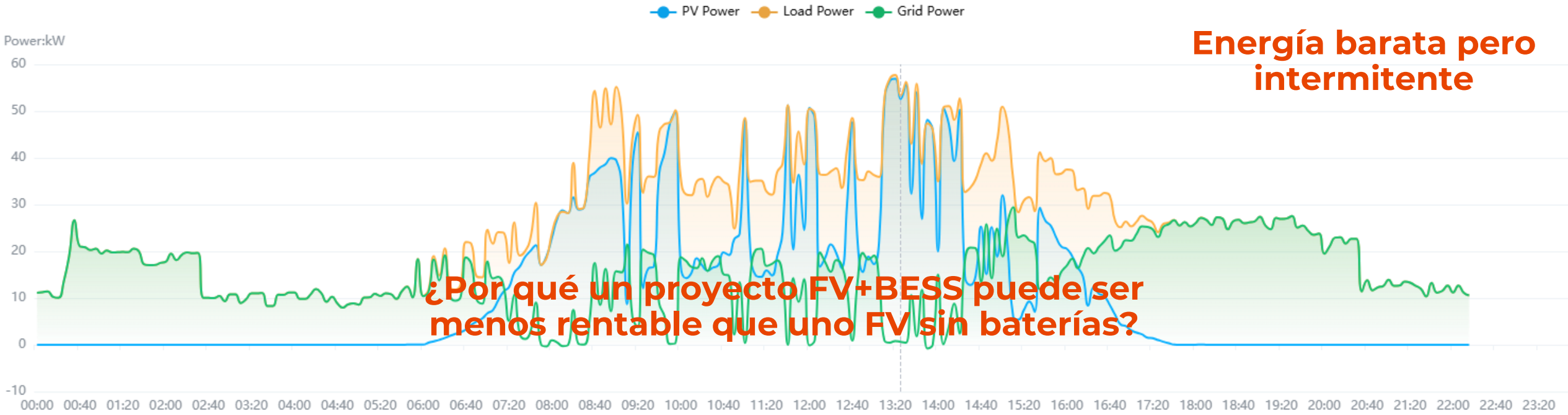
Solar + BESS: cuando una batería destruye valor en lugar de crearlo.

Una batería no crea valor por almacenar energía, sino por resolver un problema energético cuyo beneficio económico supera el costo total del almacenamiento, incluidas las pérdidas, la degradación y la reposición.

Agenda

- La Paradoja del almacenamiento.
- Cuando una batería destruye valor
- La prueba económica
- Que aplicaciones si crean valor
- Decidir antes de invertir

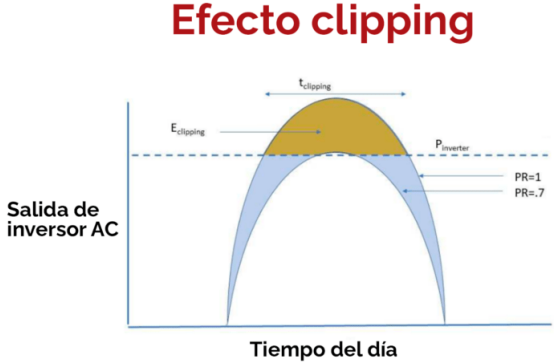
La Paradoja del almacenamiento

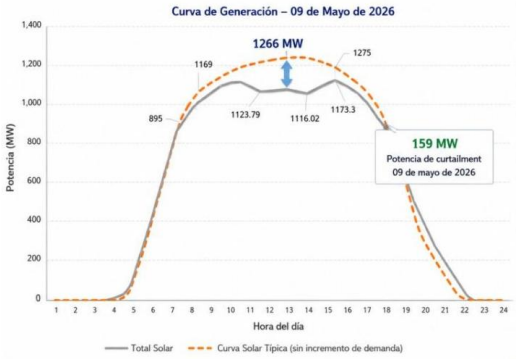


Energía barata pero intermitente

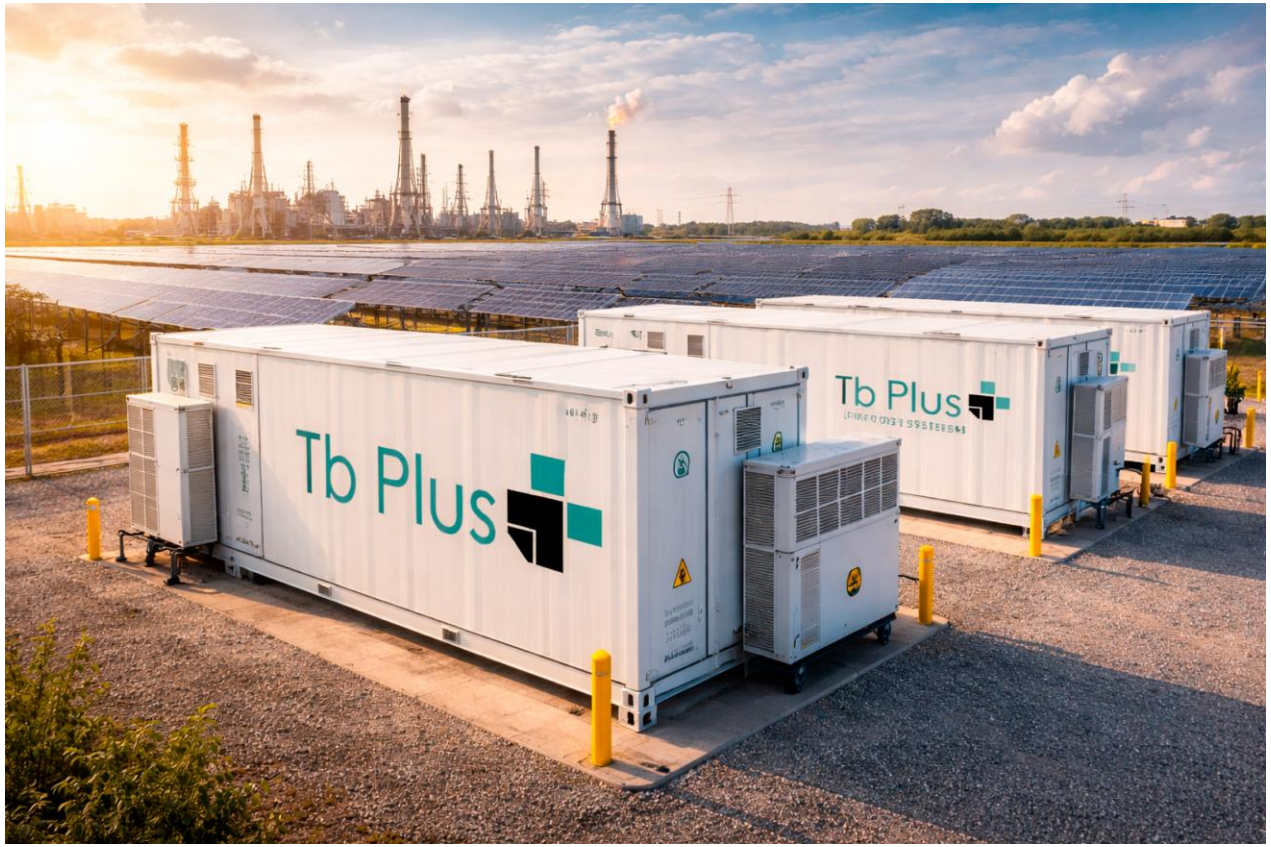
¿Por qué un proyecto FV+BESS puede ser menos rentable que uno FV sin baterías?







La Paradoja del almacenamiento



Solución Compleja

- Aumento del Capex
- Degradación acelerada
- Riesgos Operativos y financieros

La Paradoja del almacenamiento

- El valor de almacenar energía
- Donde se captura el valor
- Primeras señales de alerta

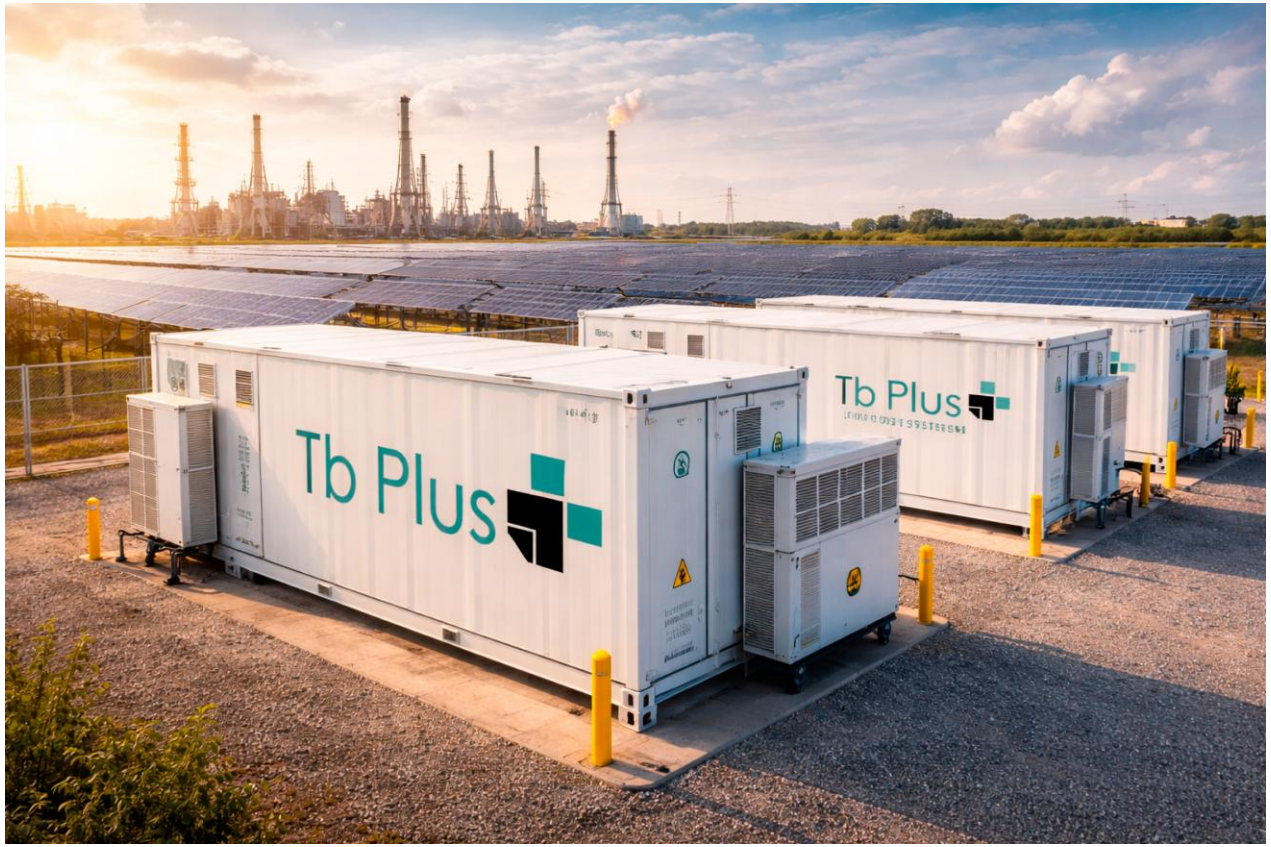
¿Por qué almacenar energía y qué problema estamos tratando de resolver?



¿De dónde provienen los beneficios económicos que justifican la inversión en BESS?

- Energy Arbitrage
- Peak Shaving
- Backup Power
- Value Stacking

La Paradoja del almacenamiento



El almacenamiento energético ya no debe analizarse únicamente como una solución tecnológica, sino también como una infraestructura capaz de generar valor económico.

- Activo Energético
- Activo de estabilidad de Red
- Activo Financiero

La Paradoja del almacenamiento

¿Su proyecto FV realmente necesita una batería?

Excedentes
- ¿Hay energía suficiente para cargar?

Diferencial económico
- ¿Existe margen entre carga y descarga?

Dimensionamiento
- ¿Se utilizará la capacidad instalada?

Operación
- ¿Existe una estrategia de despacho?

CAPEX
- ¿El costo corresponde al beneficio?

Degradación
- ¿Se contempla la pérdida de capacidad?

Monetización
- ¿Los beneficios son realmente capturables?

Una batería no es una inversión por defecto.

Primero se identifica el problema. Después se evalúa la solución tecnológica y finalmente se demuestra su viabilidad económica.

Cuando una batería destruye valor



250kW/500kWh

500kW/500kWh

?

¿Estamos instalando la batería que necesita el proyecto o la batería que comercialmente resulta más atractiva?

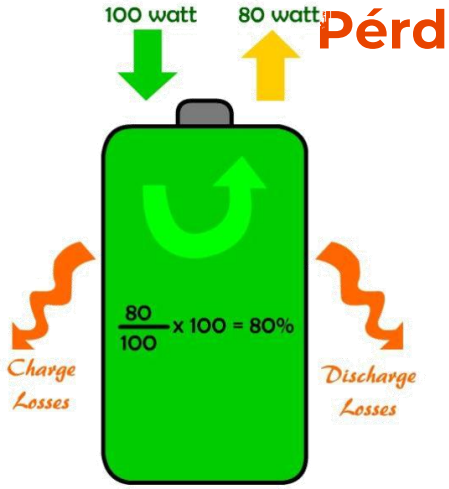
$$E_{útil} = V \times Ah \times DoD \times \eta$$

El dimensionamiento debe partir de tres curvas:

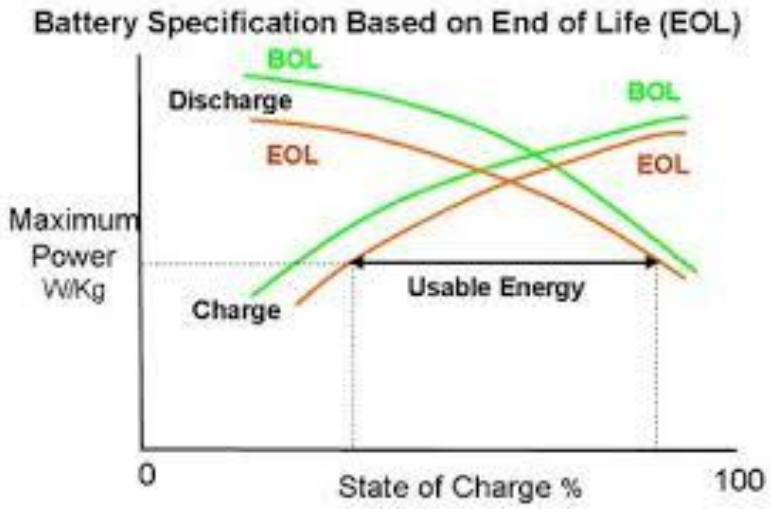
- Generación fotovoltaica.
- Demanda eléctrica.
- Excedentes o déficit energético.

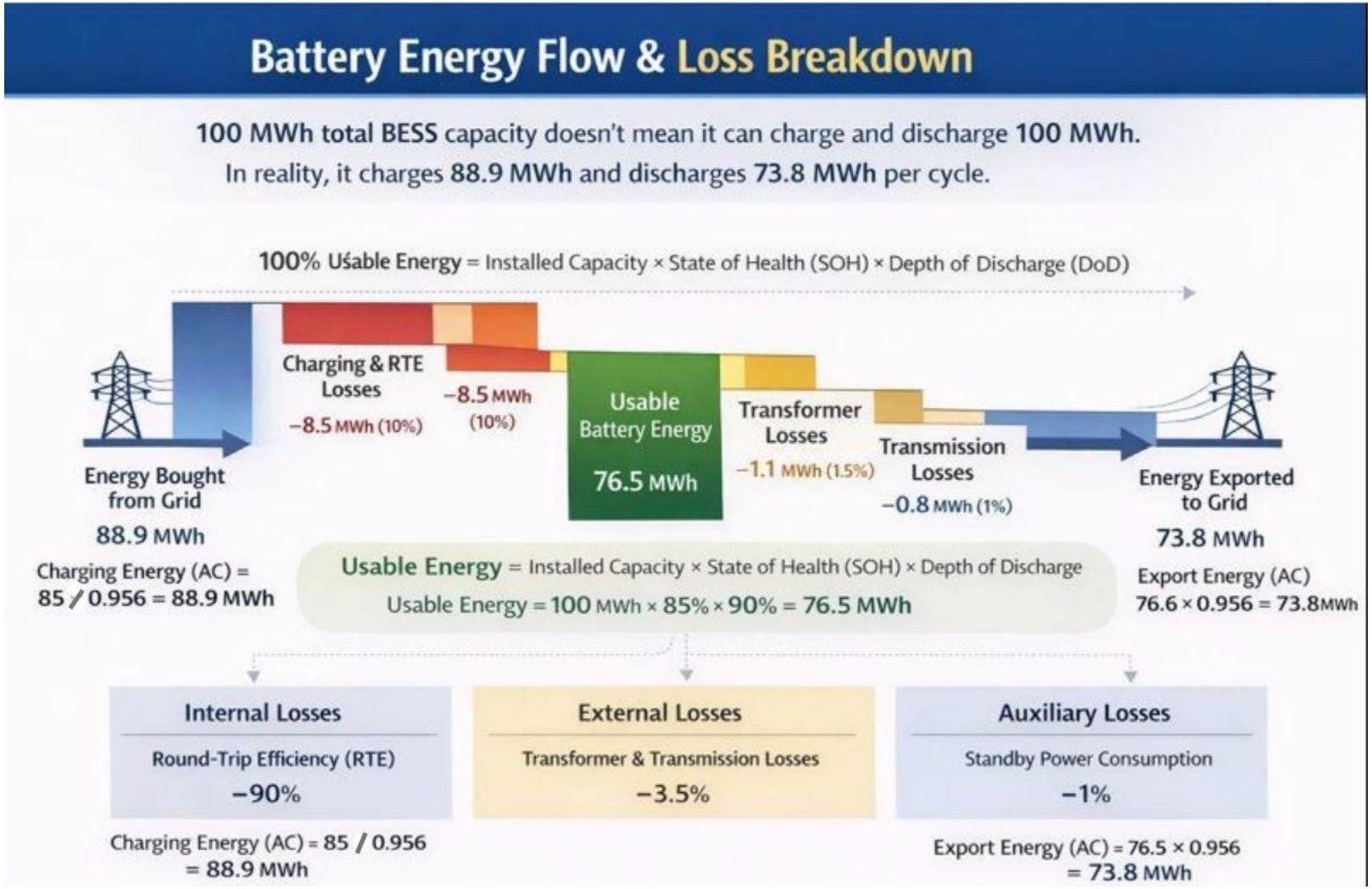
▶ Cuando una batería destruye valor

Pérdidas y degradación: la energía que nunca recuperamos



Round-trip efficiency

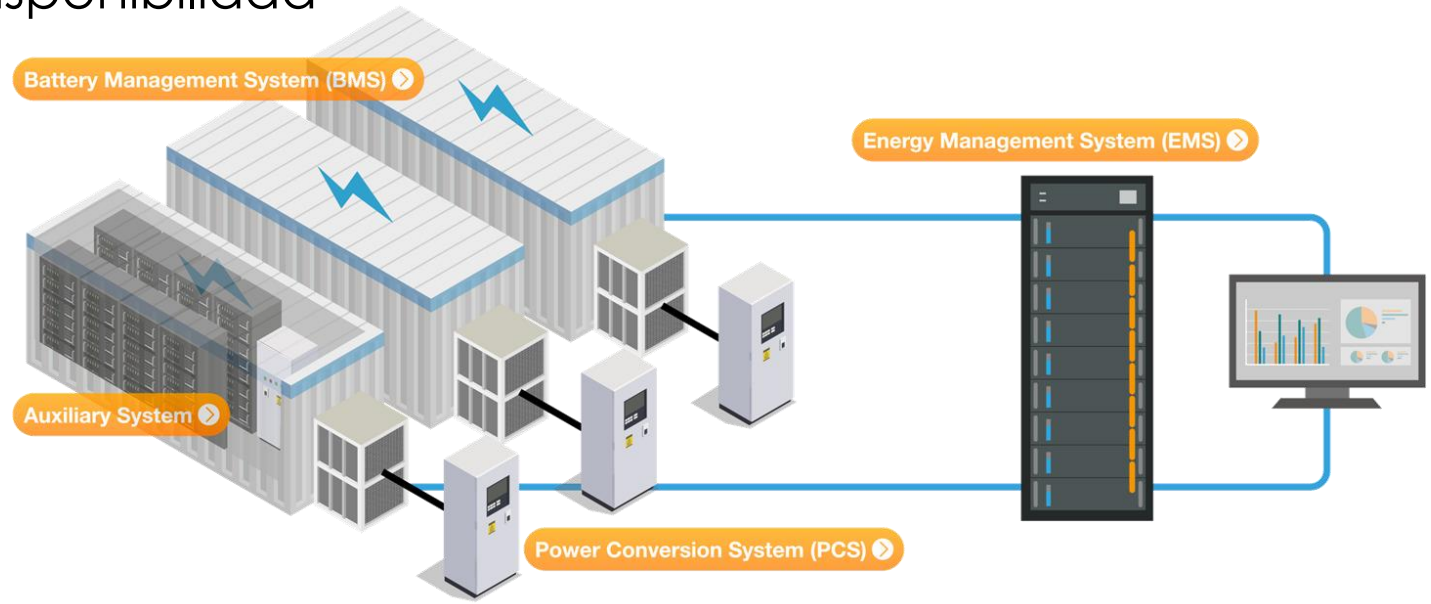




▶ *Cuando una batería destruye valor*

- Cargar y descargar sin una estrategia económica
- No considerar la simultaneidad de los beneficios
- No utilizar pronósticos de generación y demanda
- Ignorar los límites de operación y la disponibilidad
- No medir el desempeño real

EMS y su interacción

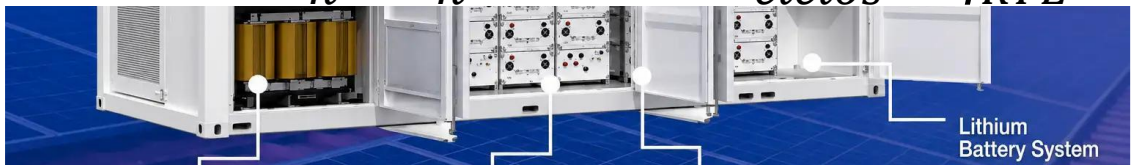


Cuando una batería destruye valor

$$VPN = CAPEX + \sum_{t=1}^{N} \frac{\$B - OPEX_t - REP_t}{(1+r)^t}$$



$$LCOS = \frac{CAPEX + OPEX_{anual} * n}{V_n * C_n * DoD * N_{ciclos} * \eta_{RTE}}$$

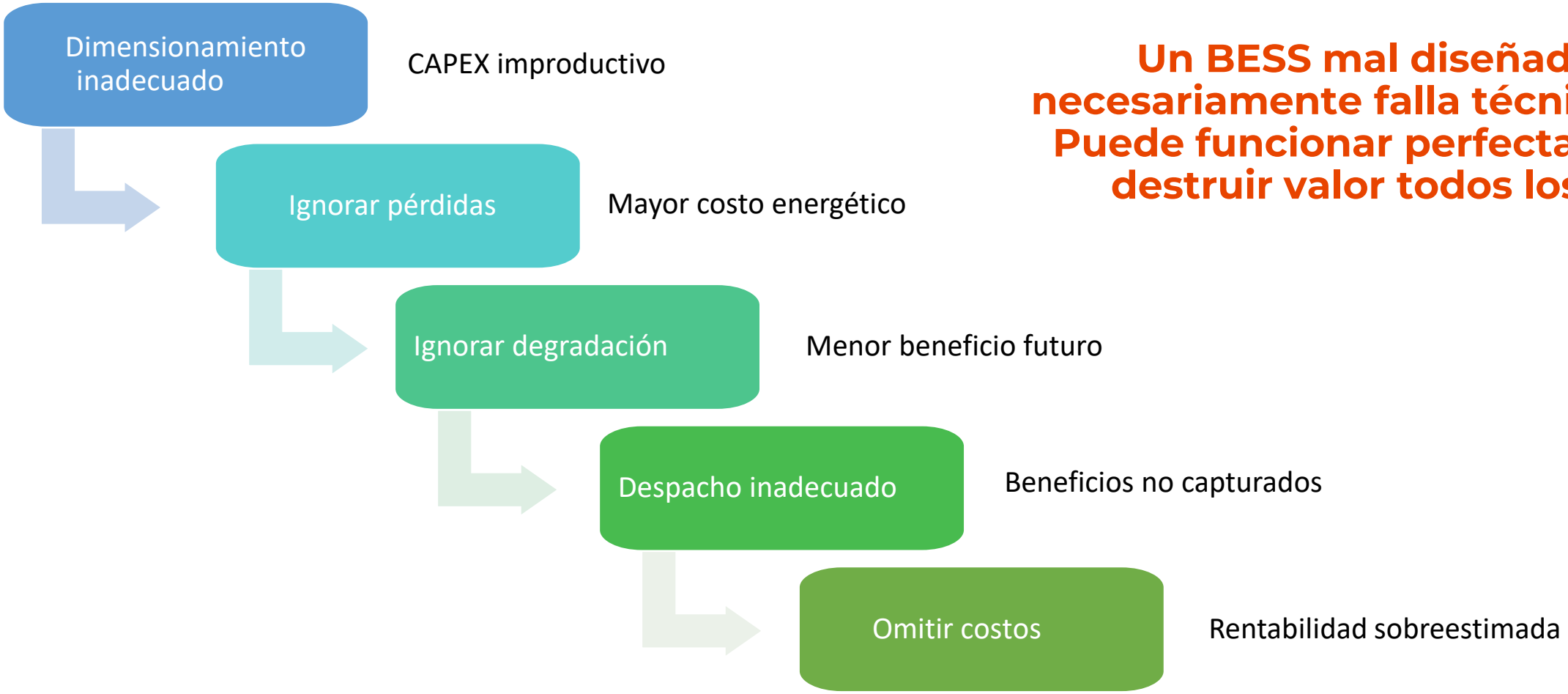


$$LCOE = \frac{\sum_{t=1}^{n} \frac{CAPEX_t + OPEX_t + REP_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^{n} \frac{E_{Generada_t}}{(1+r)^t}}$$

Costos que habitualmente se omiten

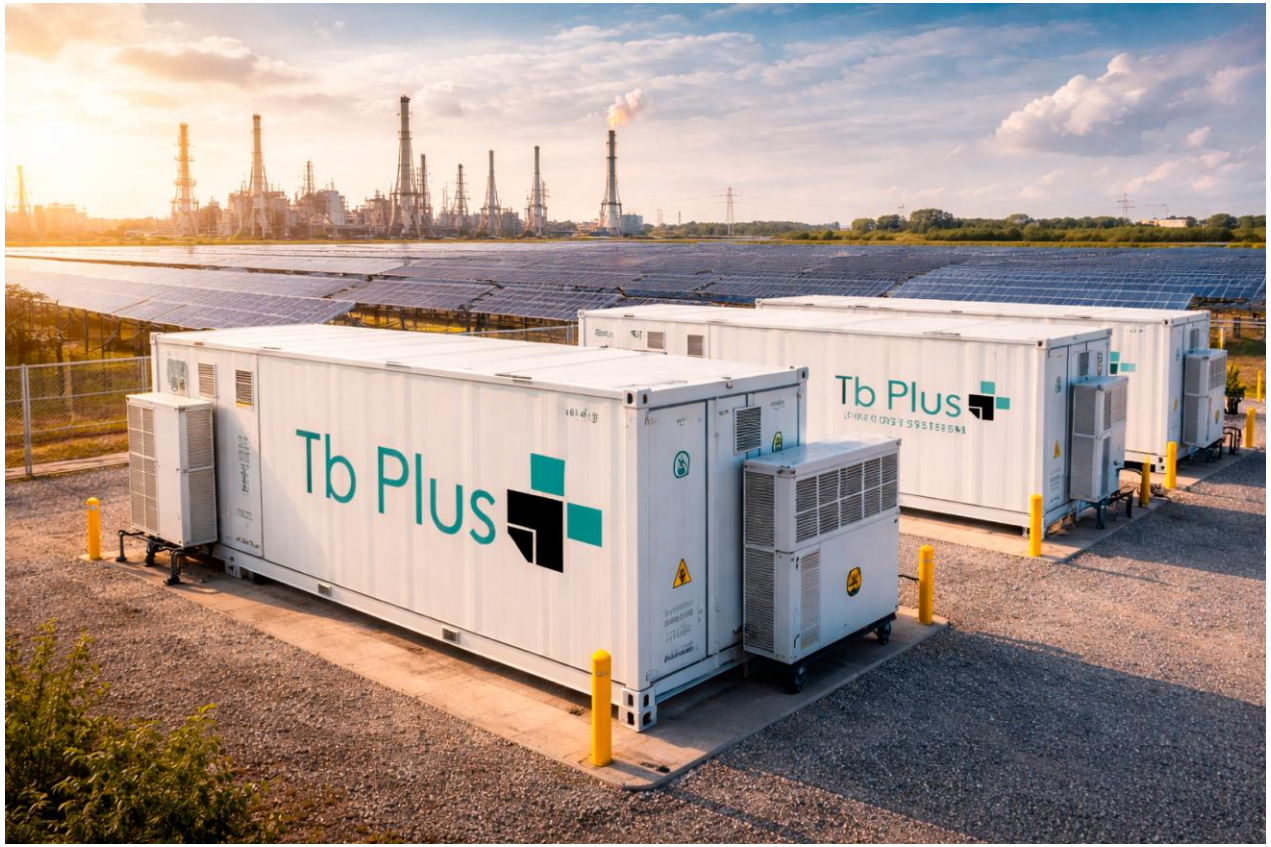
- CAPEX
- OPEX
- Costos de reposición y fin de vida
- Total Cost of Ownership [TCO]
- Levelized Cost of Storage [LCOS]
- Levelized Cost Of Energy [LCOE]

Cuando una batería destruye valor



Un BESS mal diseñado no necesariamente falla técnicamente. Puede funcionar perfectamente y destruir valor todos los días.

La prueba económica

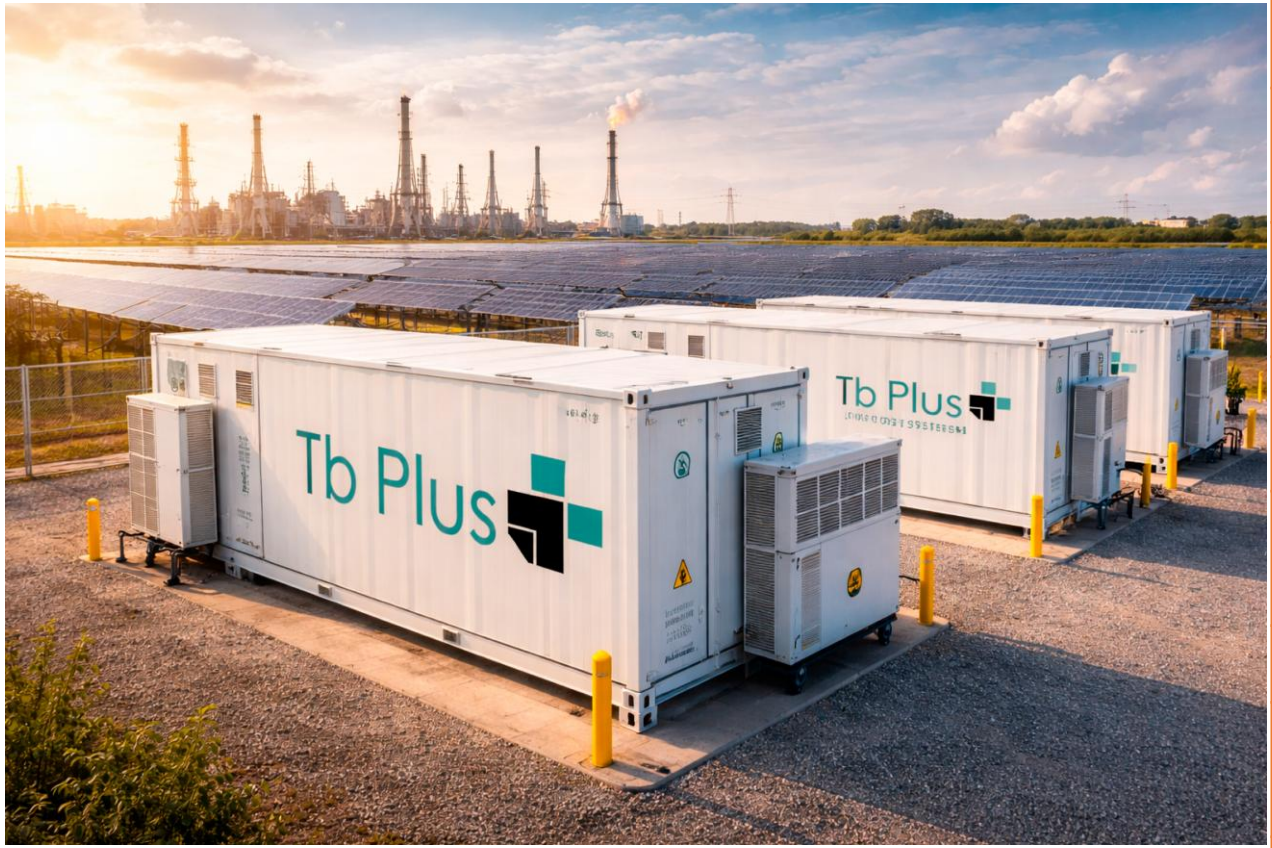


SOLAR Vrs SOLAR+BESS

Identificar:

- Generación FV autoconsumida directamente
- Excedentes potencialmente almacenables
- Energía cargada en la batería
- Pérdidas de conversión
- Energía descargada
- Energía comprada a la red
- Energía exportada o no aprovechada.

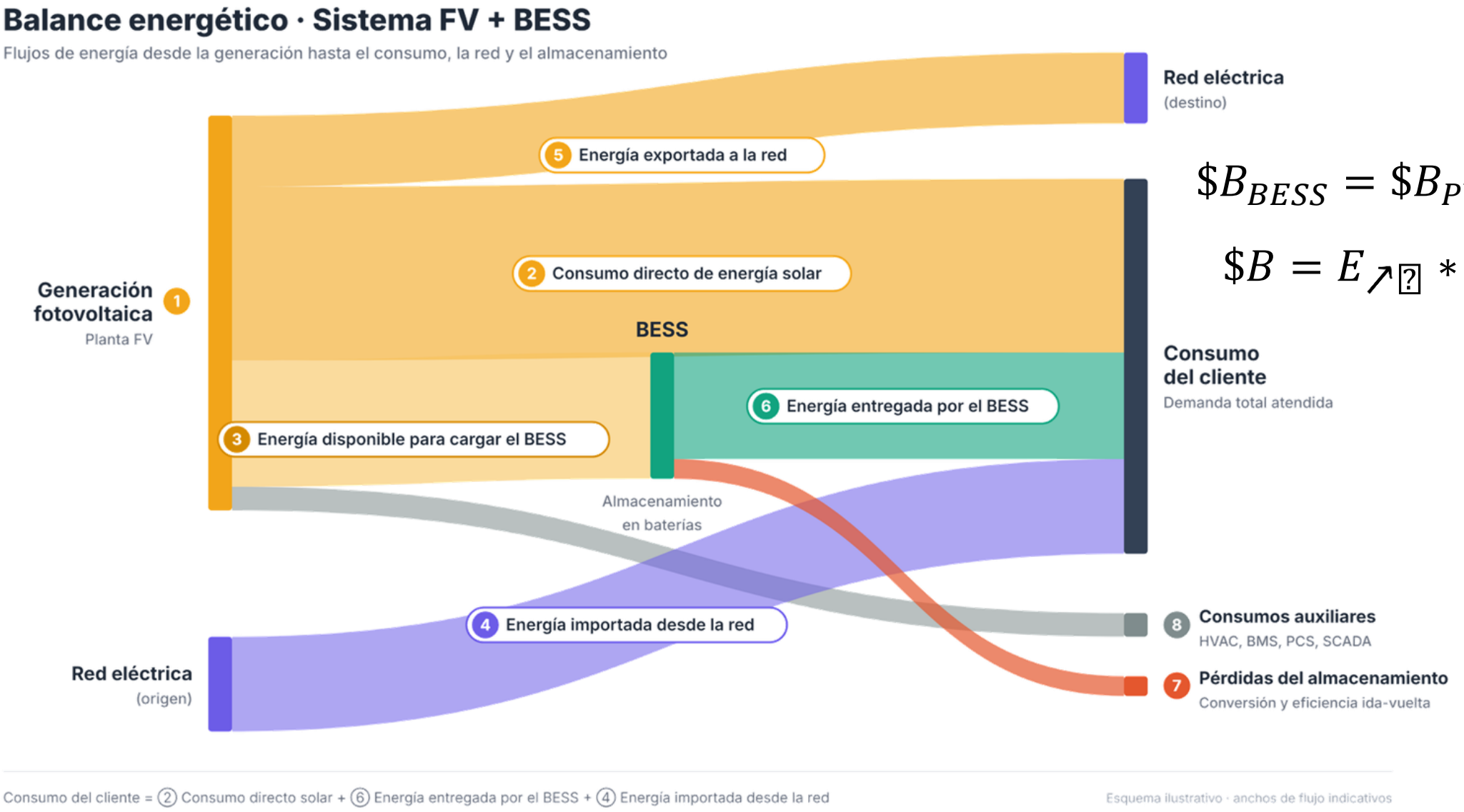
La prueba económica



SOLAR Vrs SOLAR+BESS

Variable	FV	FV + BESS
Generación fotovoltaica	Igual	Igual
Demanda del usuario	Igual	Igual
Consumo de red	Según operación FV	Según operación FV+BESS
Energía exportada	Excedentes FV	Excedentes después de cargar BESS
Pérdidas de almacenamiento	No aplica	Se incorporan
CAPEX adicional	No aplica	BESS e integración
OPEX adicional	No aplica	Operación y mantenimiento
Reposición	Según FV	BESS y componentes asociados

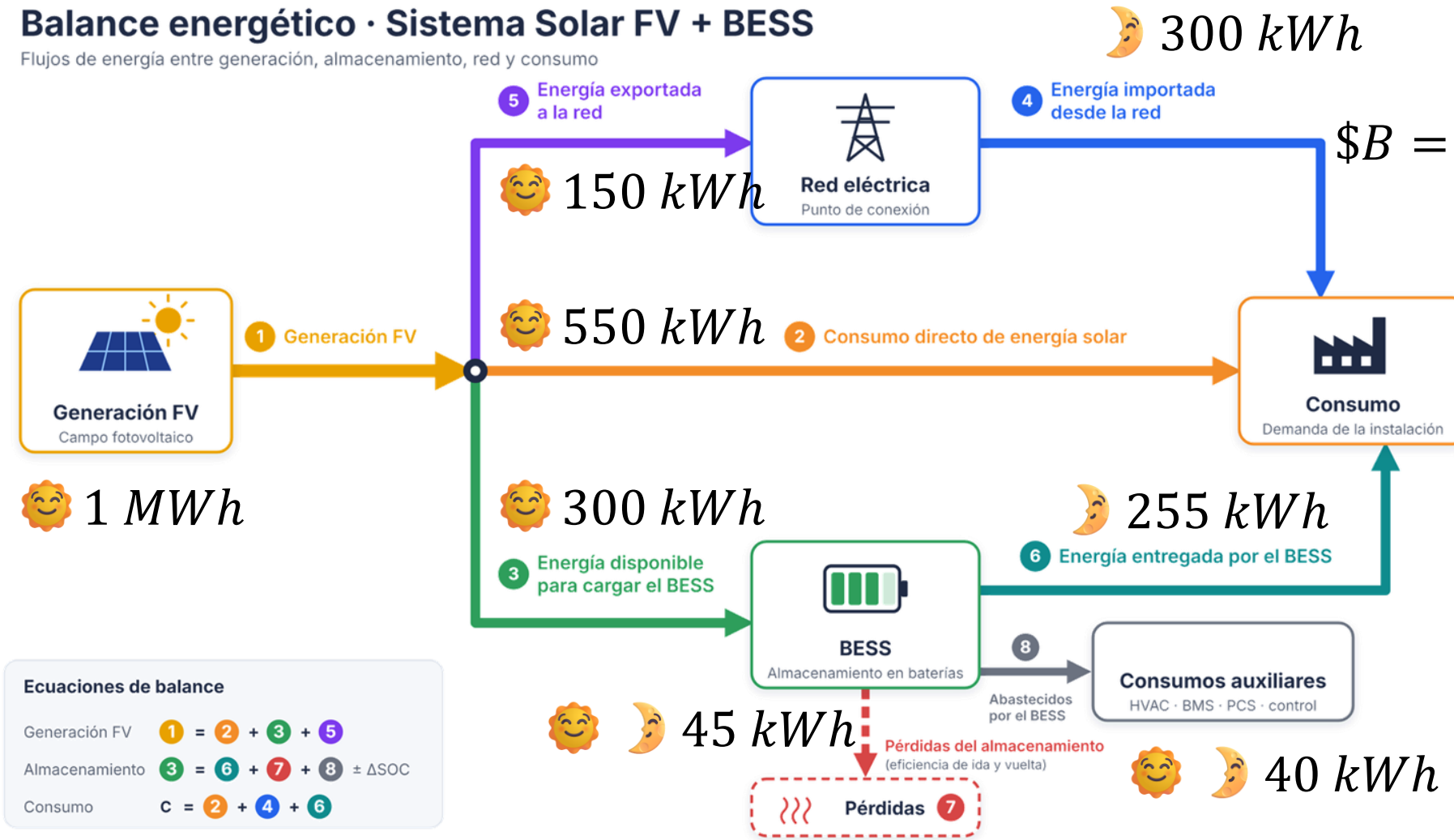
La prueba económica



$$\$B_{BESS} = \$B_{PV+BESS} - \$B_{PV}$$

$$\$B = E_{\nearrow ?} * P_1 - E_{\swarrow ?} * P_2$$

La prueba económica



$$\$B = 255 * 800 - 300 * 315$$

$$\$B = 114mil$$

Y el OPEX?

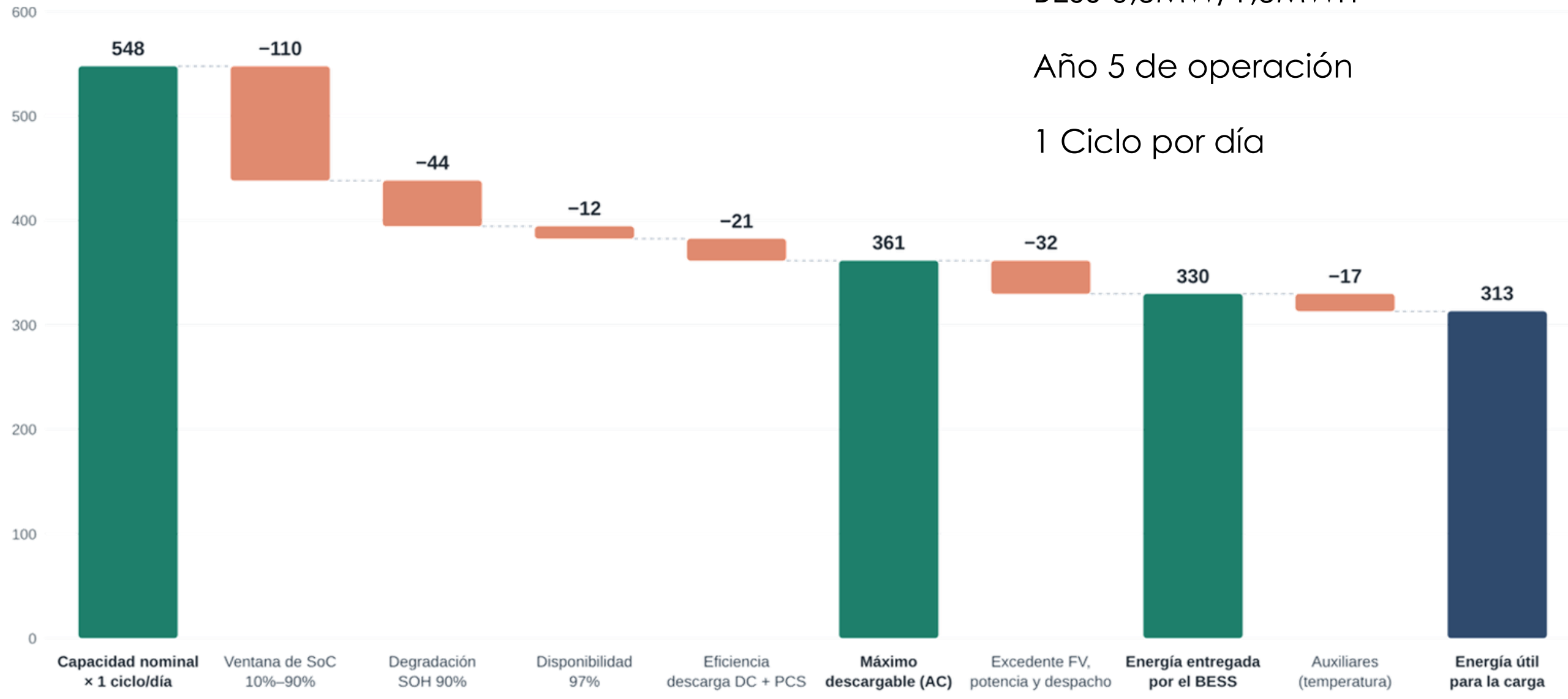
Y si la demanda nocturna es inferior a 255 kWh?

La prueba económica

BESS 0,5MW/1,5MWh

Año 5 de operación

1 Ciclo por día



Cuando una batería destruye valor

$$VPN = CAPEX + \sum_{t=1}^{N} \frac{\$B_t - OPEX_t - REP_t}{(1+r)^t}$$

$$VPN = -500 + \sum_{t=1}^{10} \frac{0{,}114 * 360 - 4 - 3}{(1+12\%)^{10}}$$

$$VPN = -500 + 34{,}04 * \frac{1-(1+12\%)^{-10}}{12\%}$$

$$VPN \cong -500 + 192{,}3 \cong -307{,}7\ millones$$

- CAPEX
- OPEX
- Costos de reposición y fin de vida
- Total Cost of Ownership [TCO]
- Levelized Cost of Storage [LCOS]
- Levelized Cost Of Energy [LCOE]

$$Payback \cong \frac{500}{34{,}04} \cong 14\ años$$

El beneficio operativo no alcanza a compensar el CAPEX y la rentabilidad exigida.

Cuando una batería destruye valor

Reducir el CAPEX.

Aumentar la utilización efectiva del BESS.

Identificar otros beneficios verificables.

Mejorar la eficiencia de operación.

Ajustar la capacidad para evitar sobredimensionamiento.

Evaluar una alternativa tecnológica o contractual diferente.

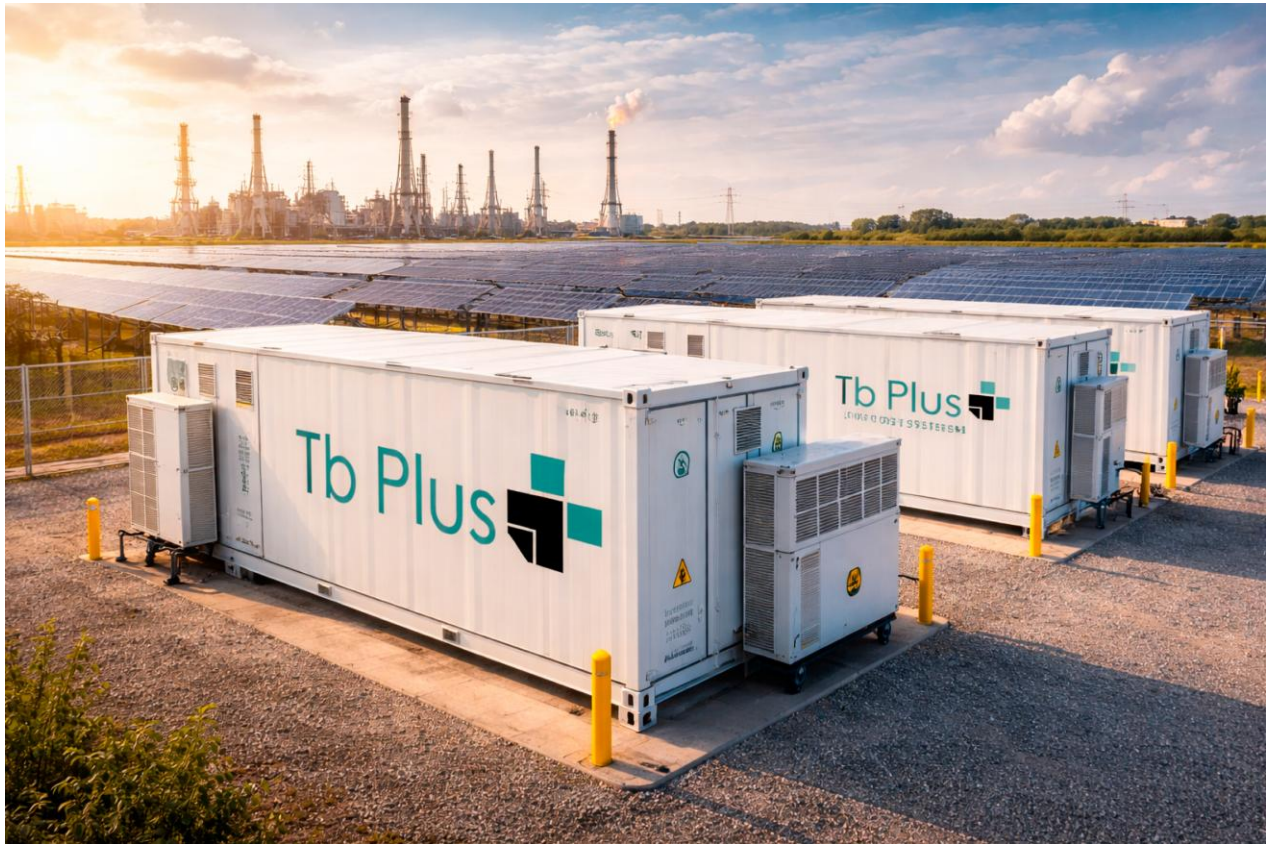
$$FRC = \frac{r * (1+r)^t}{(1+r)^t - 1} \approx 0{,}177$$

$$Flujo\ Anual = 500 * 0{,}177 \cong 88{,}5$$

Brecha es de 54,4 Millones

¿Qué tendría que cambiar para que un proyecto que hoy no es rentable llegue a crear valor?

La prueba económica



El análisis debe incluir

- Ahorro adicional en compras de energía
- Efecto sobre cargos de demanda, si aplica
- Valor de exportaciones evitadas o modificadas
- Valor económico del respaldo, si puede cuantificarse
- OPEX incremental
- Costo de degradación y reposición
- Costo de inversión y financiación.

Calcular el valor económico incremental

▶ Que aplicaciones si crean valor

¿En qué aplicaciones el almacenamiento tiene una justificación económica sólida y bajo qué condiciones puede convertirse en una ventaja competitiva?

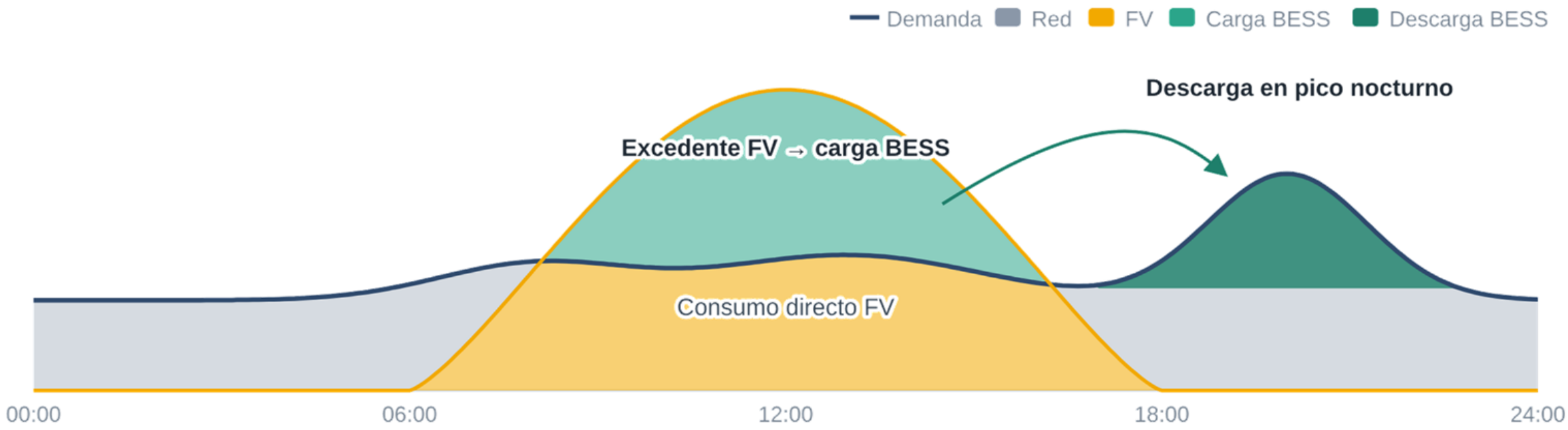


La respuesta no es universal. Una misma batería puede ser rentable en una instalación industrial y no serlo en otra, incluso si ambas tienen una potencia fotovoltaica y una capacidad de almacenamiento similares.

Que aplicaciones si crean valor

01 Incremento del autoconsumo fotovoltaico

Desplaza el excedente solar del mediodía hacia las horas de mayor consumo y tarifa

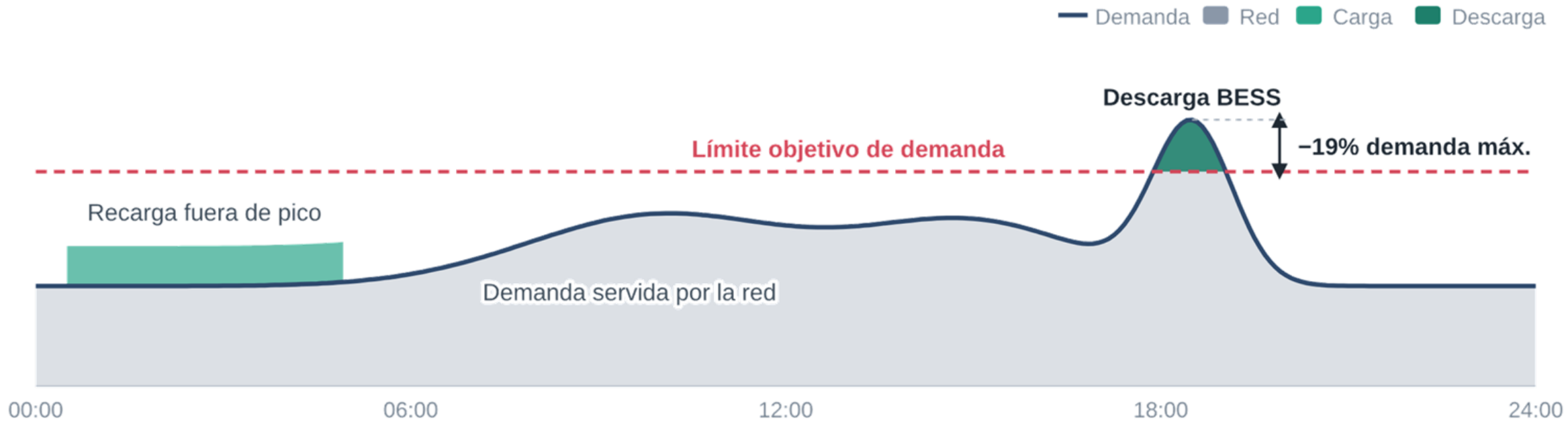


- La tarifa de compra supera ampliamente el precio de venta de excedentes
- Existe limite de exportación o riesgo de vertimiento
- El consumo nocturno o vespertino es alto y recurrente (operación 24/7 o turnos)

Que aplicaciones si crean valor

02 Gestión de demanda máxima (Peak Shaving)

Recorta los picos cortos de potencia que definen cargos por demanda o capacidad de conexión



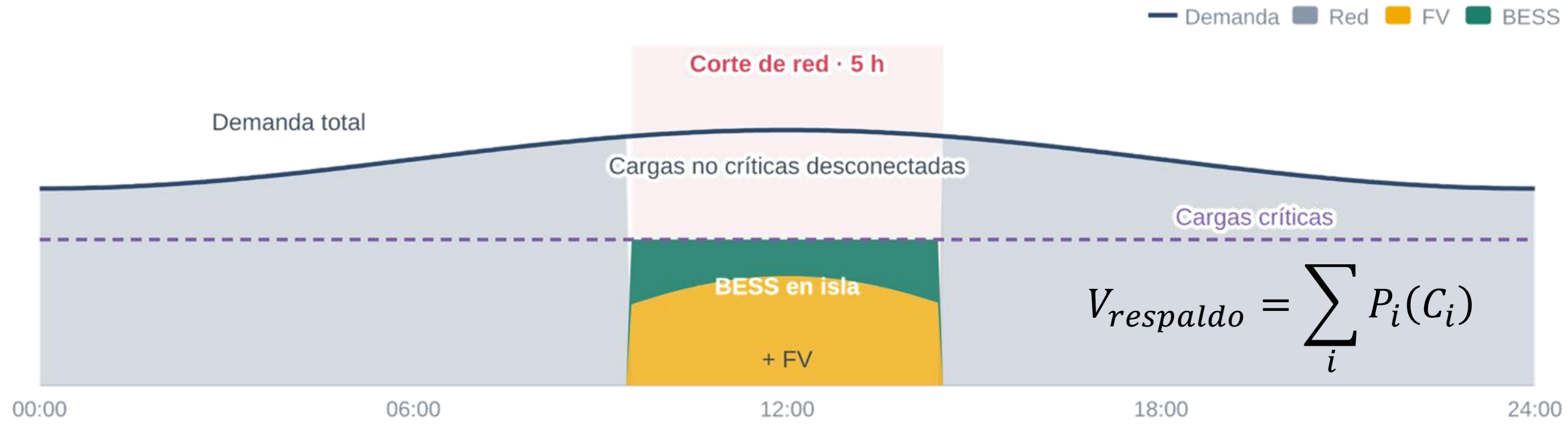
- La tarifa incluye cargos por potencia o demanda máxima con peso relevante en la factura
- Los picos son cortos (<3h) y predecibles: el BESS se dimensiona en potencia , no en energía
- La capacidad de conexión es limitada y el BESS evita ampliar transformador y red

Proyecto de Resolución CREG 701 153 de 2026

Que aplicaciones si crean valor

03 Respaldo y continuidad energética

Mantiene las cargas críticas en isla durante cortes, con FV + BESS en lugar de (o junto a) diésel

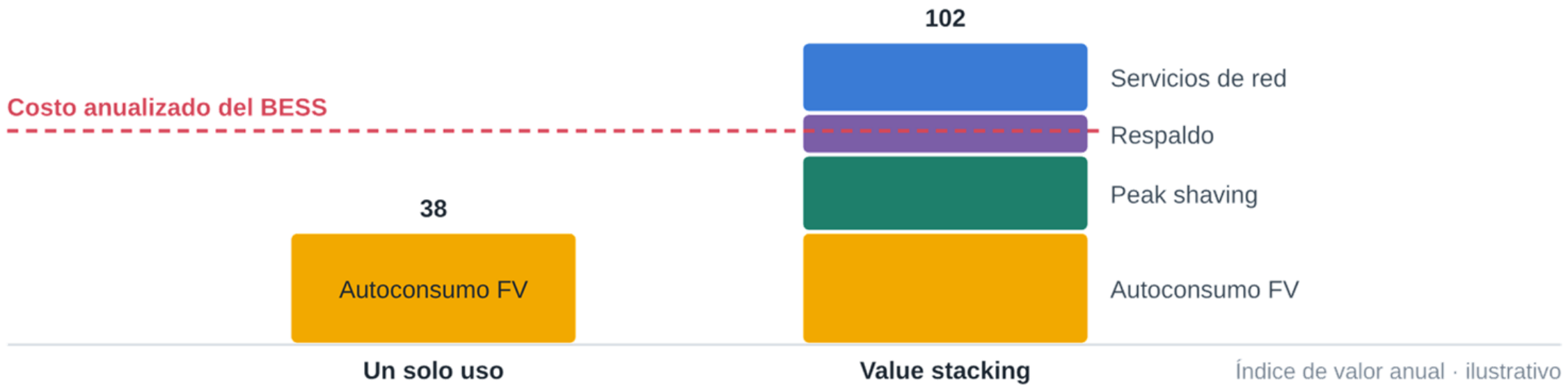


- Una interrupción tiene un alto costo: Producción pérdida, cadena de frio, datos o seguridad
- Los cortes o huecos de tensión son frecuentes, o la red de la zona es débil
- Reemplaza o hibrida grupos diesel, reduciendo emisiones, combustible, O&M

Que aplicaciones si crean valor

04 Servicios de red y combinación de valor (Value Stacking)

Un mismo activo capta varios ingresos; ninguno por sí solo suele cubrir el costo



- La regulación permite remunerar servicios (regulación de frecuencia, capacidad, arbitraje)
- Un EMS prioriza usos sin conflicto de SoC, reserva para respaldo y potencia para picos
- El contrato y la garantía admiten los ciclos adicionales sin acelerar la degradación

Resolución CREG 101 113 de 2026

Que aplicaciones si crean valor

Value Stacking: un BESS, cuatro fuentes de valor, tres recursos compartidos

Ejemplo ilustrativo · BESS industrial 1,5 MWh / 500 kW · ventana operativa 10–90 % SoC (1.200 kWh útiles) · día hábil típico





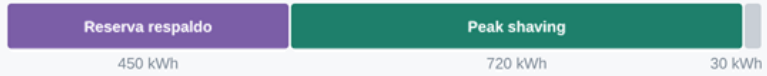
Conflicto típico

Ofertar servicio de red entre 15 y 18 h suma ingresos, pero si el operador despacha energía el BESS llega al pico con menos SoC.
Un solo pico no recortado fija la demanda máxima de todo el mes: el ahorro perdido suele superar el ingreso del servicio.

Cómo compiten por los tres recursos

1 · Energía (kWh)

Energía comprometida a las 17 h, antes del pico vespertino



→ quedan ~30 kWh: no hay energía para ofrecer servicios en la tarde

2 · Potencia (kW)

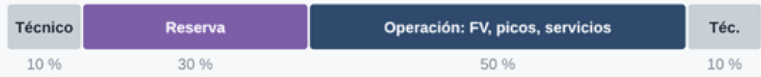
Uso del PCS en el instante de máxima descarga (≈ 19:30 h)



→ sobran kW, pero sin kWh ni SoC esa potencia no es ofertable

3 · Estado de carga (SoC)

Ventana fija del BESS, del piso al techo



→ los servicios bidireccionales exigen margen arriba y abajo (45–85 %)

Reglas de prioridad del EMS

1. **Respaldo** · reserva intocable salvo corte de red
2. **Peak shaving** · SoC objetivo antes de la ventana de pico
3. **Autoconsumo FV** · usa la capacidad libre del mediodía
4. **Servicios de red** · solo con kW, kWh y SoC remanentes

El orden de prioridad depende de la tarifa, el contrato y el mercado de cada proyecto.

Autoconsumo FV · Peak shaving · Respaldo · Servicios de red · Recarga desde red

Perfiles y valores ilustrativos

Decidir antes de invertir

Hasta este punto hemos establecido que:

- Una batería no genera energía: desplaza su disponibilidad en el tiempo.
- Su capacidad nominal no representa necesariamente la energía útil disponible.
- Las pérdidas, la degradación y los consumos auxiliares afectan su desempeño.
- Los beneficios económicos deben ser incrementales, verificables y compatibles entre sí.
- La rentabilidad depende de la aplicación, el perfil energético, el costo de inversión y la estrategia de operación.

¿Qué debemos verificar antes de comprometer capital en un proyecto de almacenamiento?

▶ *Decidir antes de invertir*

Primero el problema, después la tecnología

¿Qué necesidad?
pico · autoconsumo · respaldo

↓

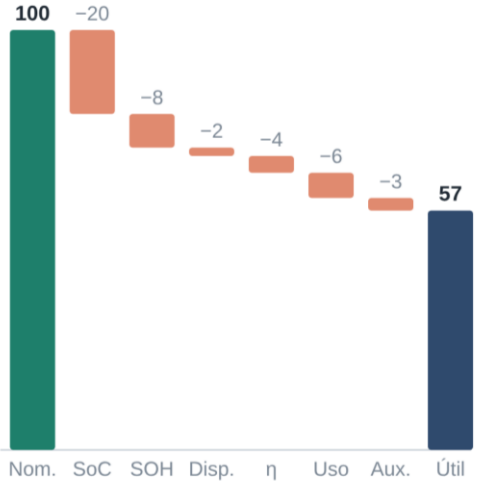
¿Qué requisito?
kW · kWh · horas · ciclos/año

↓

¿Qué solución?
BESS · gestión de carga · tarifa

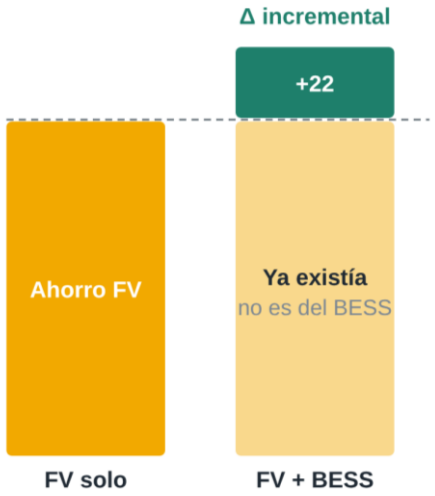
La energía útil importa más que la nominal

Índice: nominal = 100 (ej. anterior)



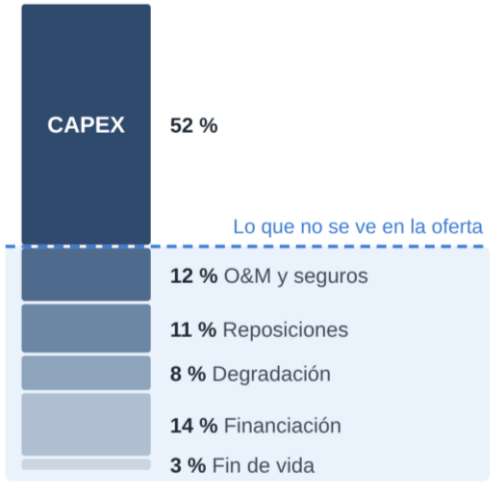
El beneficio debe ser incremental y demostrable

Ahorro anual · índice ilustrativo



El costo real va más allá del CAPEX

% del costo de ciclo de vida · ilustrativo



La operación determina la captura de valor

Flujo de caja acumulado · mismo BESS



La mejor batería no es la que almacena más energía.
Es la que resuelve el problema correcto, al menor costo total y con el mayor valor económico durante su vida útil.

Tb Plus®

Cristian A. Quimbayo J.

Dir. Proyectos

+57.316.615.9244

cquimbayo@tbplusenergy.com

www.tbplusenergy.com



ExpoSolar Colombia 2026

Energía renovable, futuro imparable

¡Muchas gracias por su atención!