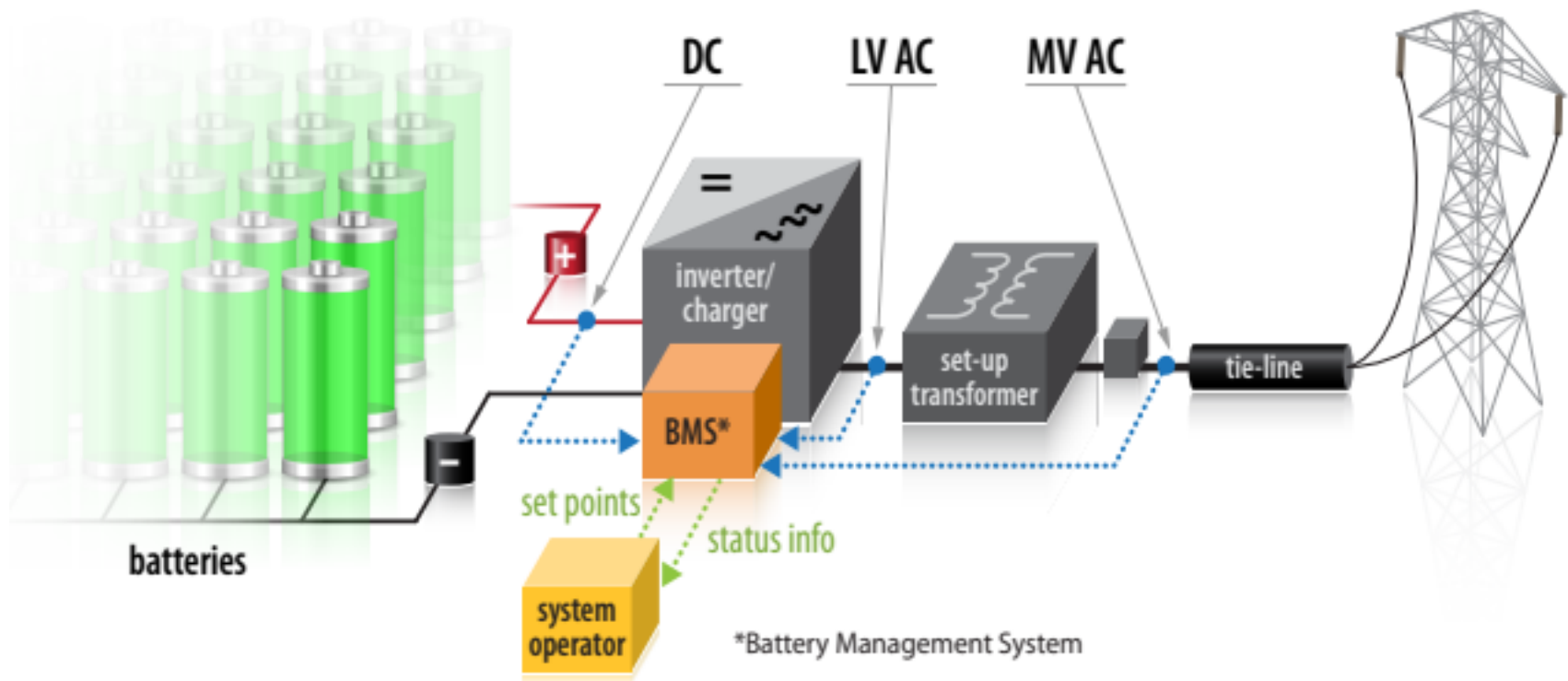


Uso de BESS para apoyar la estabilidad y control de sistemas de potencia

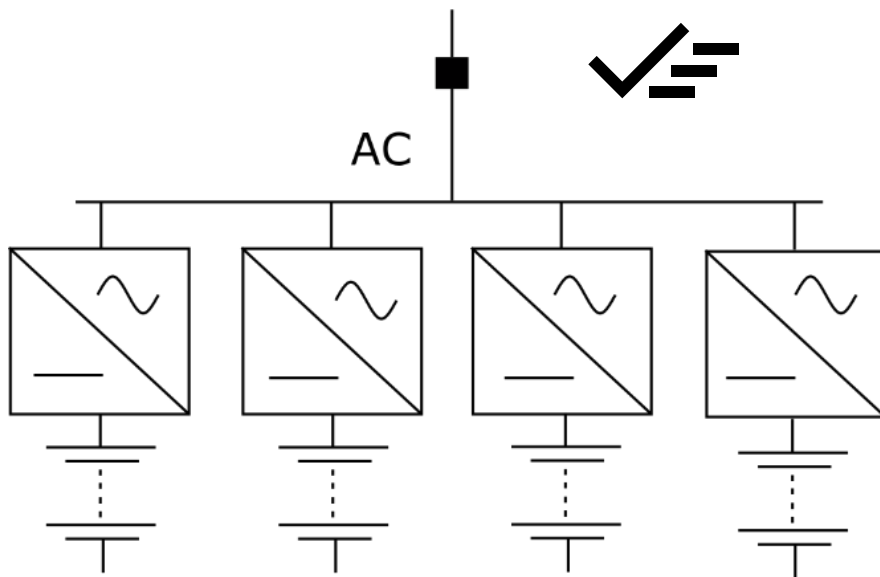
Dr. Gustavo Valverde Mora

tavovalmo@gmail.com

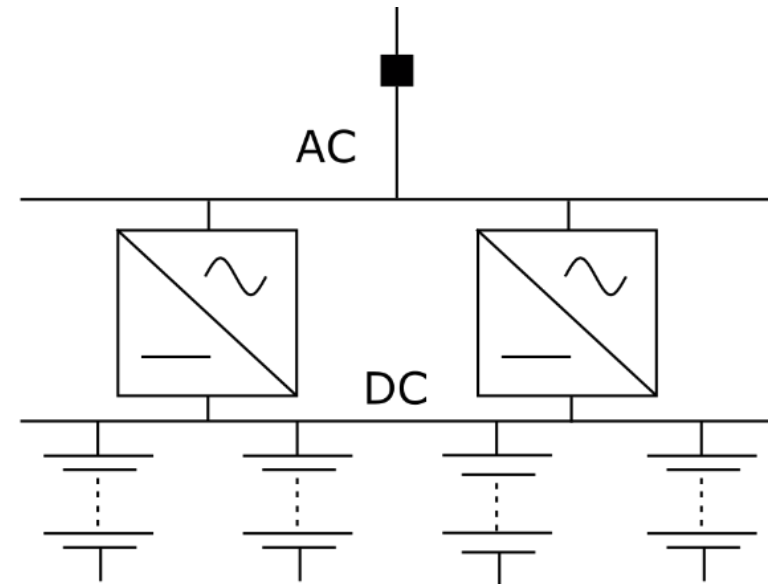
Componentes de BESS



Arquitecturas típicas de BESS



(a)

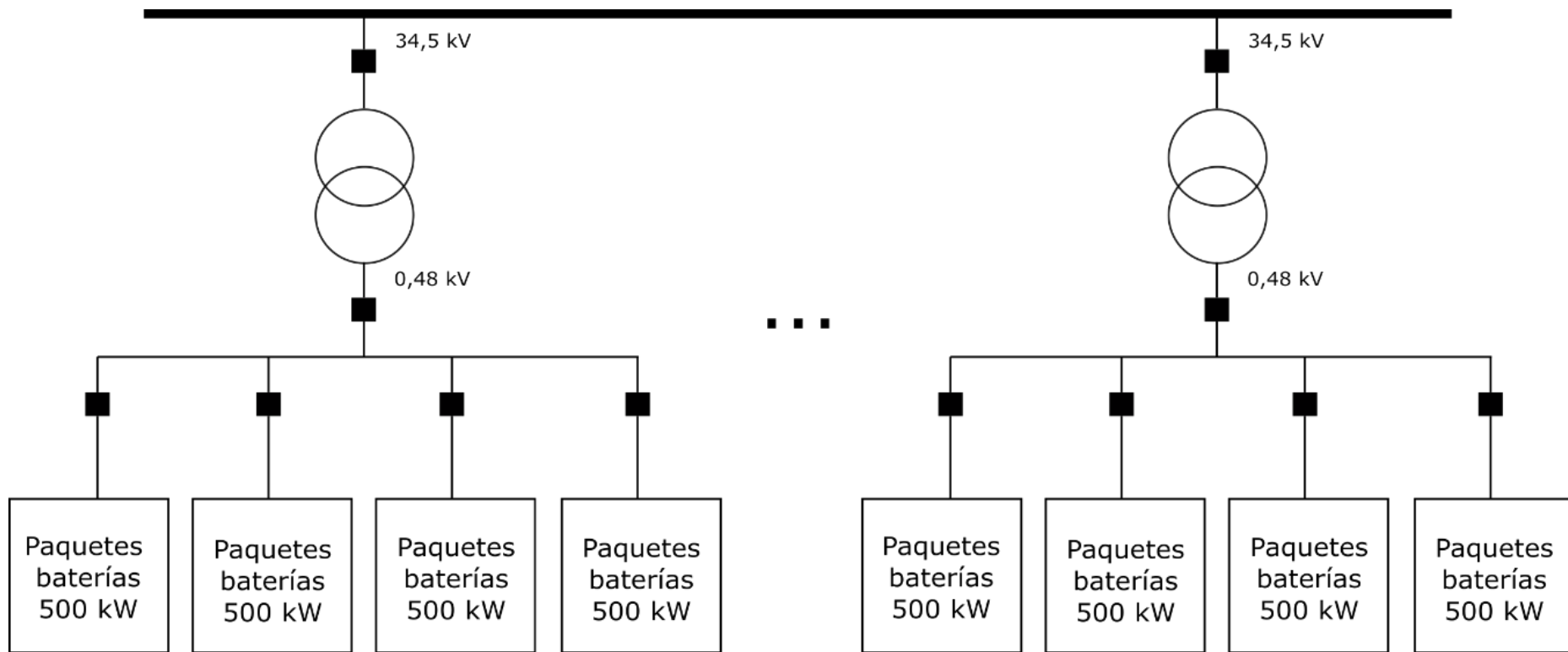


(b)

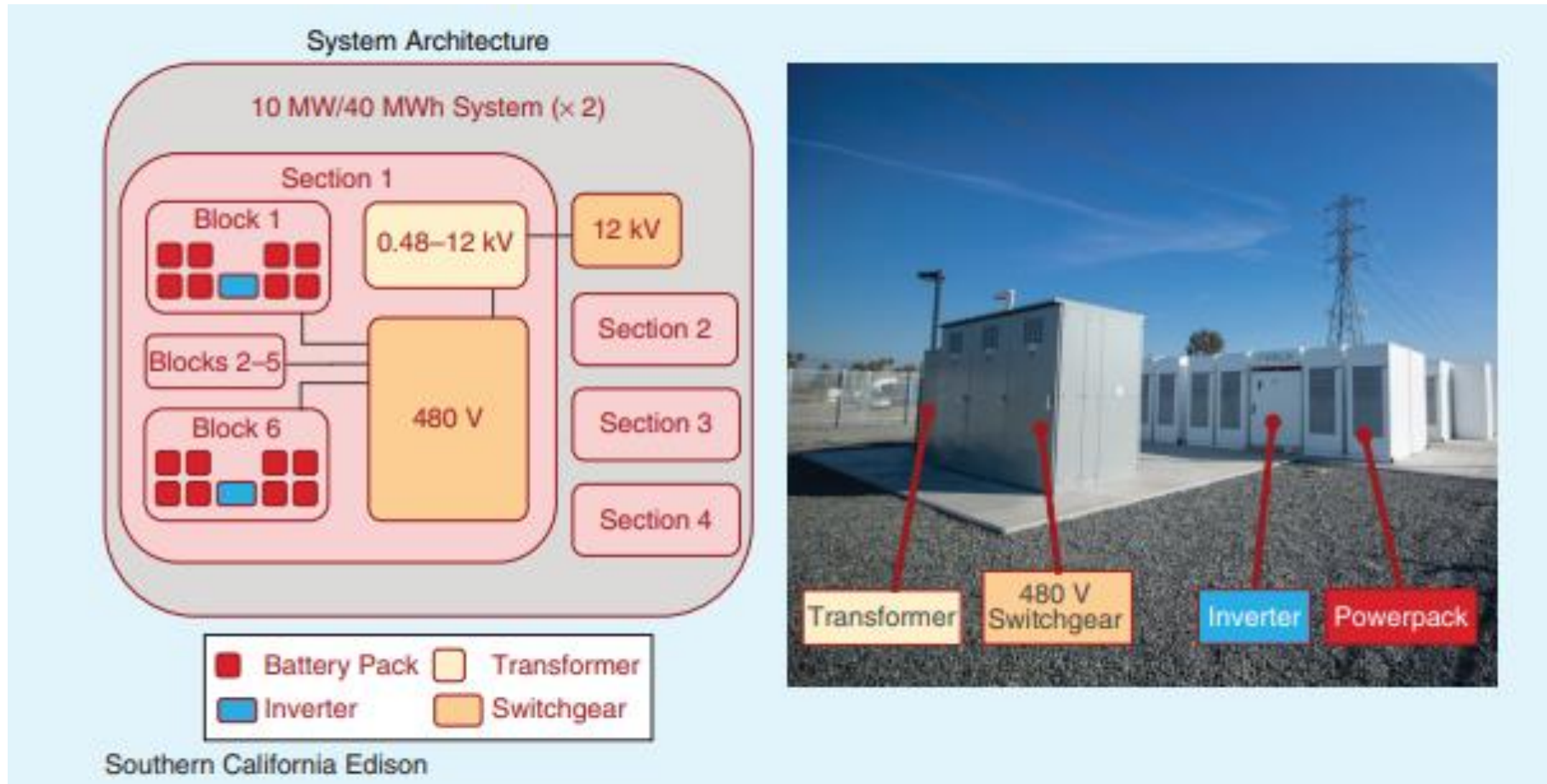
Al tener inversor dedicado (caso (a)) se logra mayor control del paquete de baterías y hay ventajas desde el punto de vista de confiabilidad.

Arquitecturas típicas de BESS

BESS de 10 MW de potencia.



Ejemplo: Arquitectura de BESS



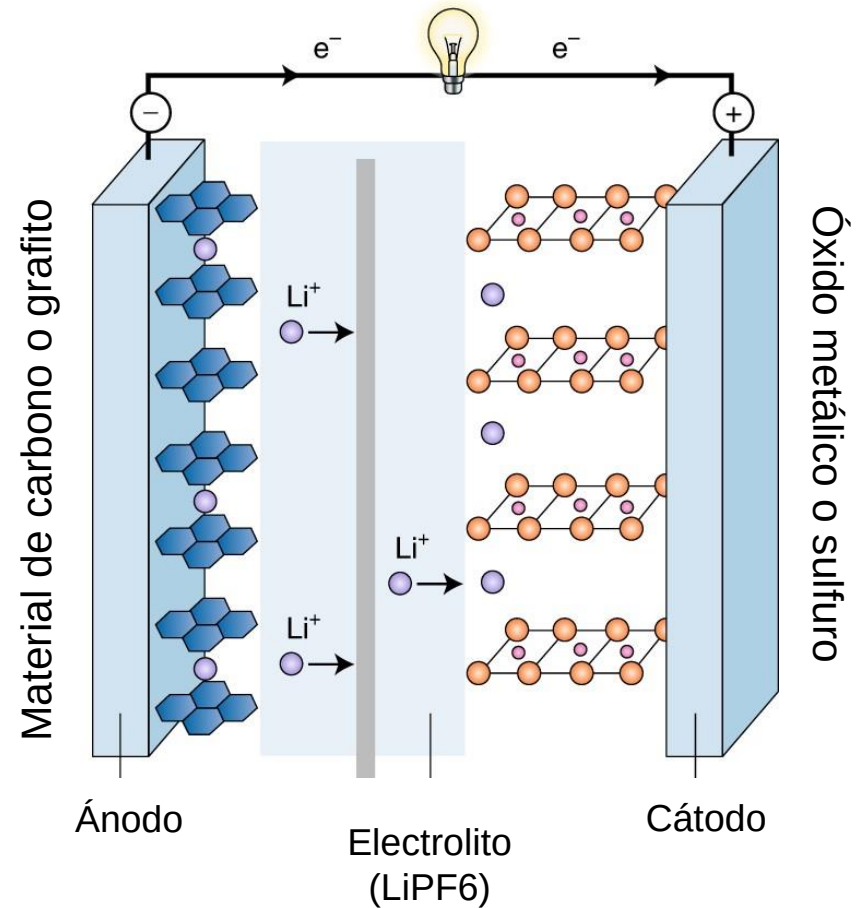
Generalidades de Baterías

Baterías Ion de Litio

Movimiento de Li^+ entre ánodo y cátodo por C/D.

Para mantener el balance de cargas, el mismo número de electrones debe ser transferido al circuito externo durante la carga y descarga (C/D).

Diferentes tipos de baterías por material usado en el cátodo.



Li^+ es un ión de Litio (carga positiva)

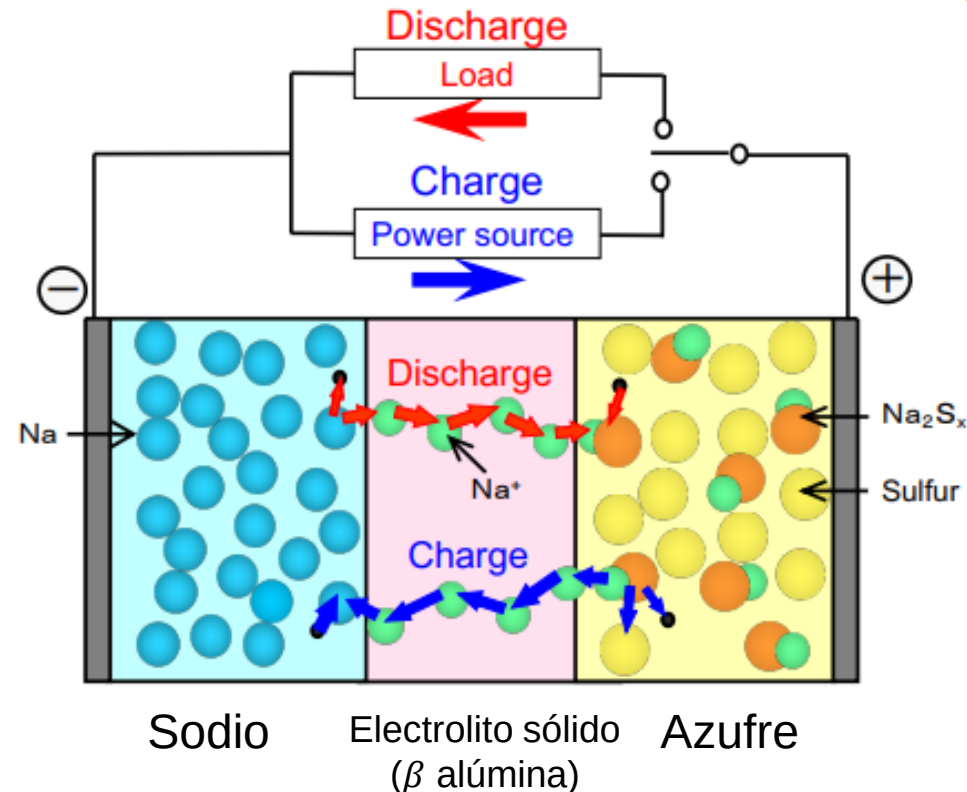
Baterías de Sodio-Sulfuro

Para aplicaciones de **gran escala**.

El electrodo es líquido y el electrolito sólido.

Operan a temps. de 300°-350° C. Vida útil de 15 años (4500 ciclos)

No tiene autodescarga y presenta buena eficiencia (~ 80%). Bajos *C-rates*.



El sodio es un material inflamable en contacto con el aire.

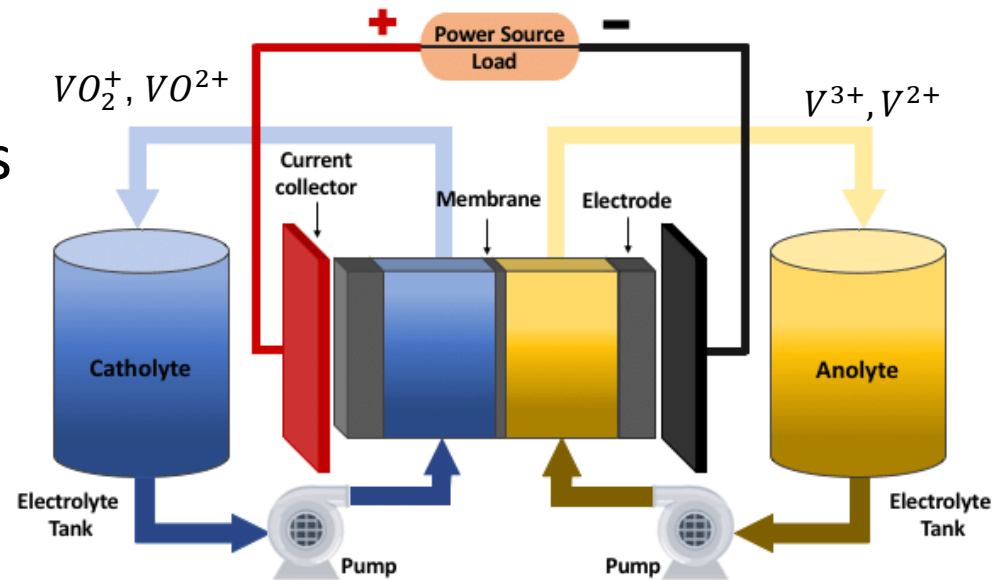
Baterías de Flujo Redox

Batería basada en procesos de **reducción** y **oxidación**.

Se hacen circular electrolitos positivos y negativos a base de iones de Vanadio para la carga y descarga.

El intercambio de iones se da en la membrana, la cual intenta prevenir la mezcla de electrolitos.

Actualmente costo es mayor que baterías Ion de Li.



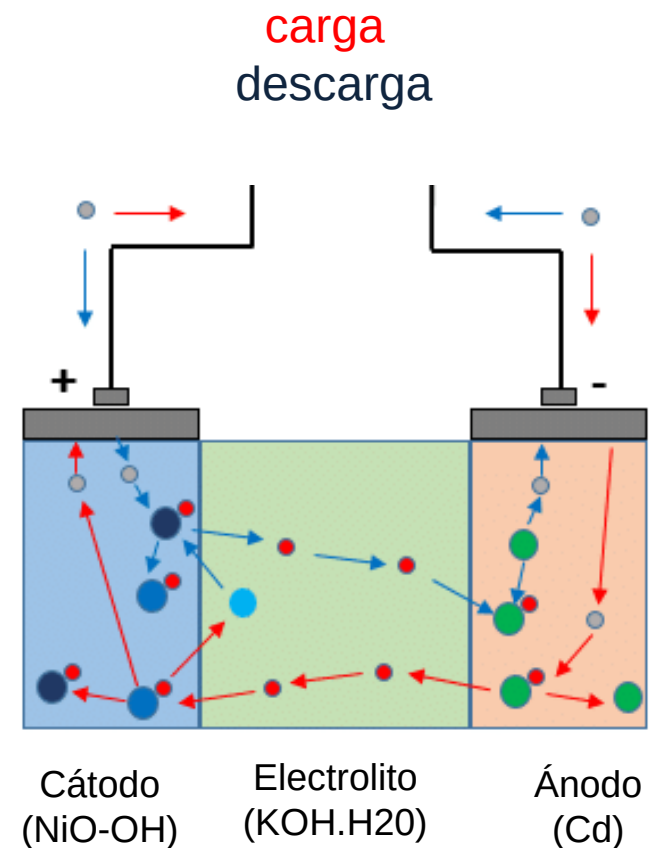
La capacidad de la batería depende del tamaño de los tanques. Para incrementar potencia se aumenta el tamaño de las pilas (entre electrodos).

Baterías de Níquel - Cadmio

Tiene buenas propiedades en términos de eficiencia, capacidad y potencia específica. Usado en equipos electrónicos.

El proceso de fabricación es costoso. Además, el Cd es un metal altamente tóxico y su disposición final es un problema socio-ambiental.

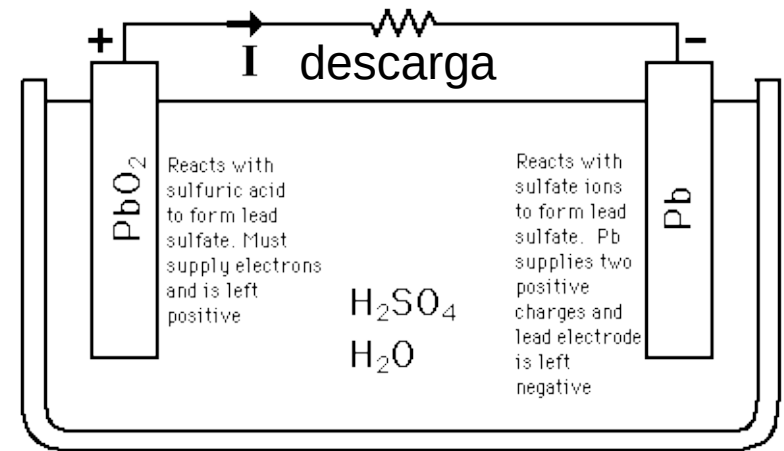
Su aplicación en proyectos de almacenamiento de gran escala es bajo comparado con Ion de Li.



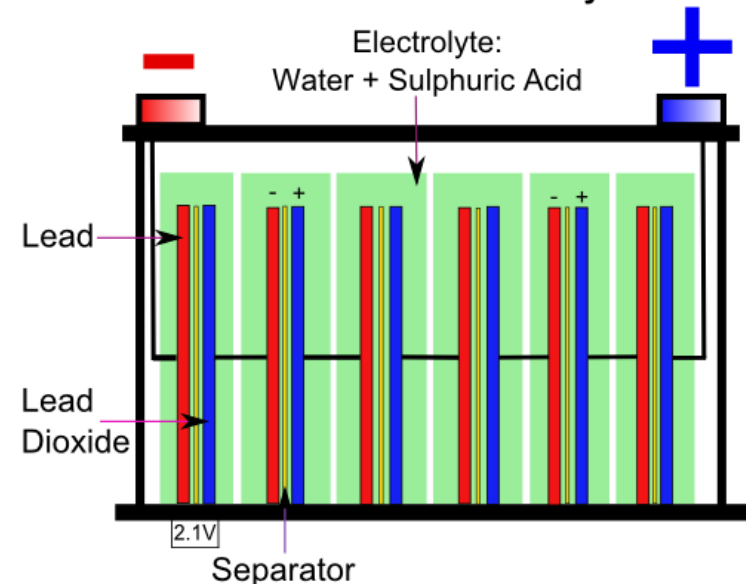
Baterías Ácido Plomo

Tiene una placa positiva de dióxido de Plomo (PbO_2), una negativa de Plomo (Pb) y un electrolito de ácido sulfúrico y agua.

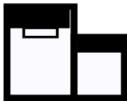
Características: bajo costo, es seguro y confiable para aplicaciones de varios MW. Es una tecnología de más de 150 años.



12V Lead-Acid Battery

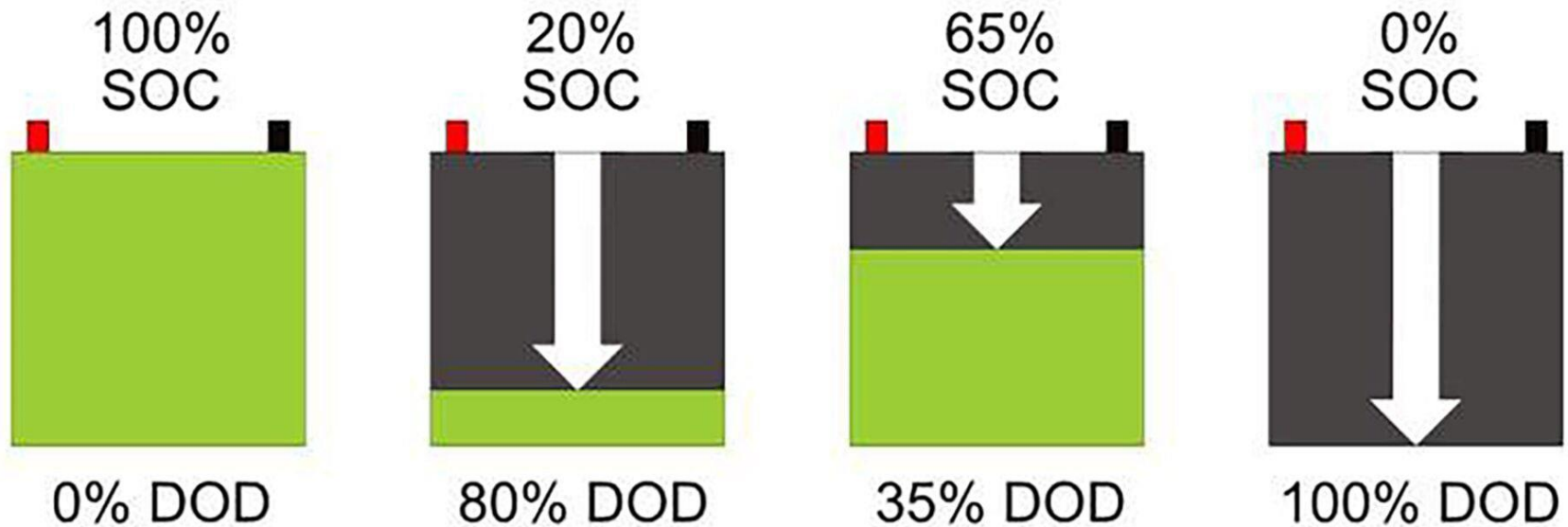


Almacenamiento Electroquímico

	Cap. Específica (kWh/kg)	Eficiencia C/D (%)	Vida promedio (años)	Amigable con el ambiente
Ion de Litio 	1ro 150-250	1ro 95	1ro 10-15	1ro Sí
NaS 	2do 125-150	2do 75-85	2do 10-15	2do No
Flujo Redox 	3ro 60-80	3ro 70-75	4to 5-10	4to No
Ni-Cd 	4to 40-60	4to 60-80	3ro 10-15	3ro No
Acido Plomo 	5to 30-50	5to 60-70	5to 3-6	5to No

Operación de BESS: SOC y DOD

$$DOD = 100\% - SOC_{final}$$

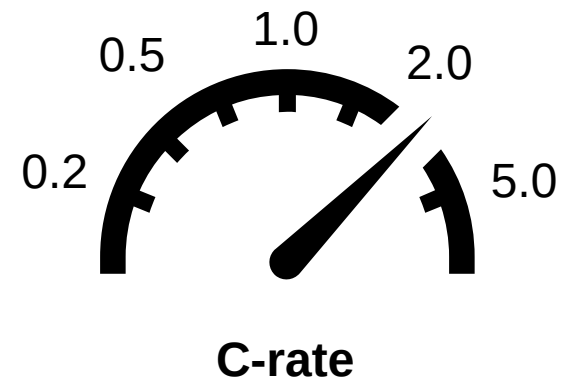


Entre más frecuente sea el ciclado de la batería, menor la vida útil de las baterías

Especificación del C-rate

La tasa de C/D (o C-rate en inglés) indica la potencia de carga y descarga de la batería. Por lo tanto es una medida de qué tan rápido entrega o consume energía.

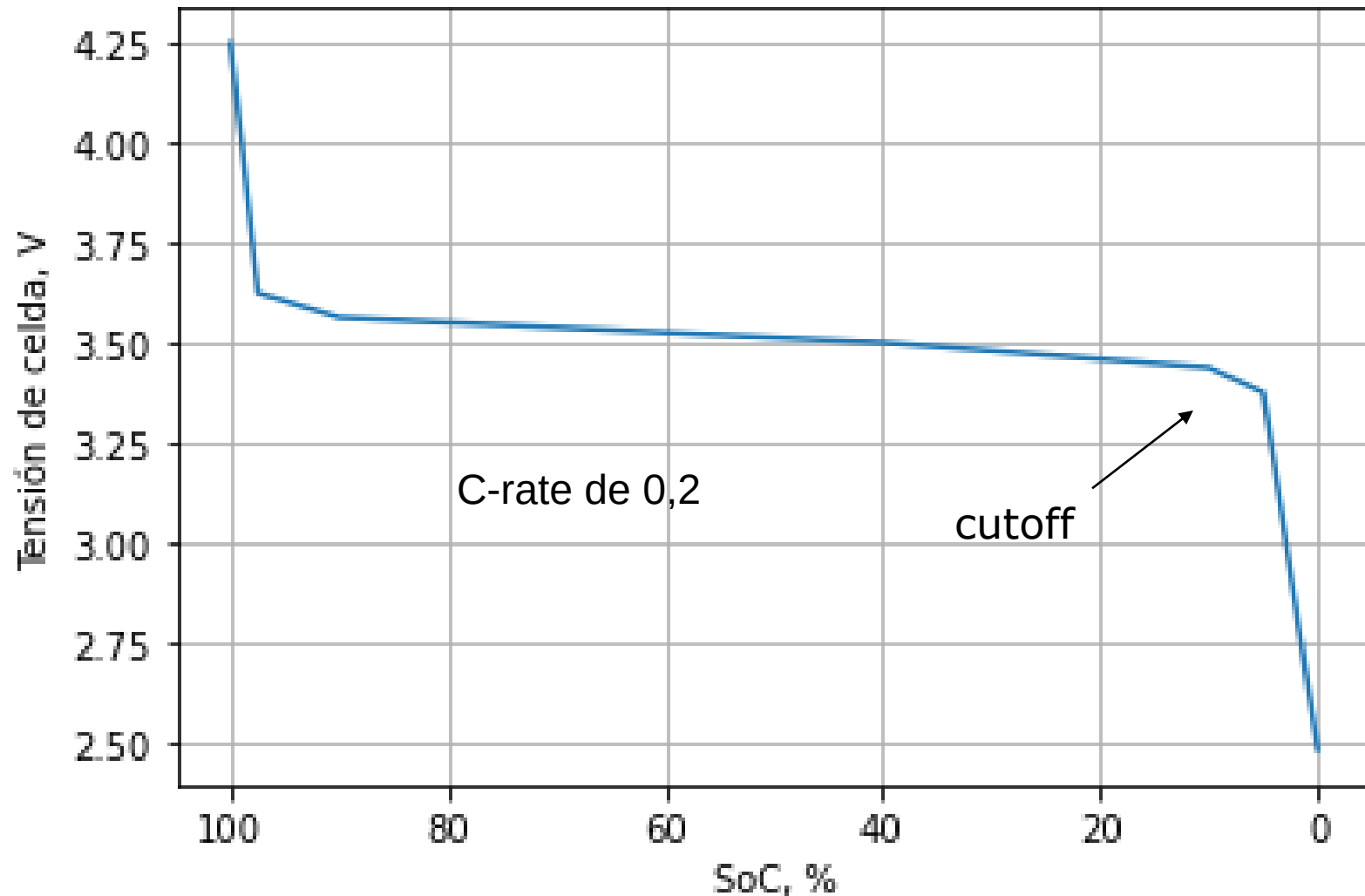
C-rate	Tiempo C/D
0.2	5 horas
0.5	2 horas
1.0	1 hora
2.0	30 min
5.0	12 min



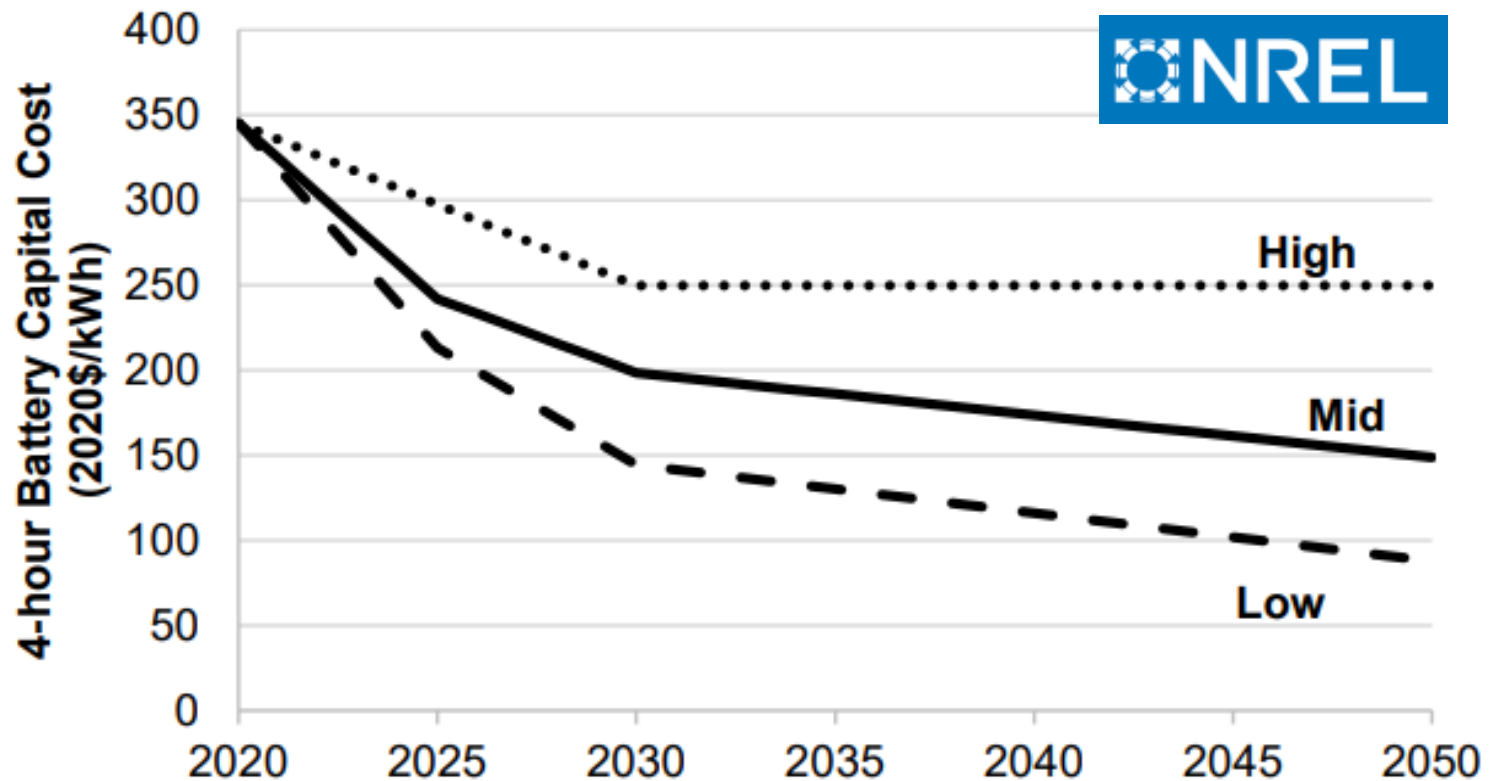
Ejemplo:

Un BESS de 300 MWh que entrega 75 MW a la red opera con un C-rate de 0,25.

Tensión de operación de celda (Ion de Litio)



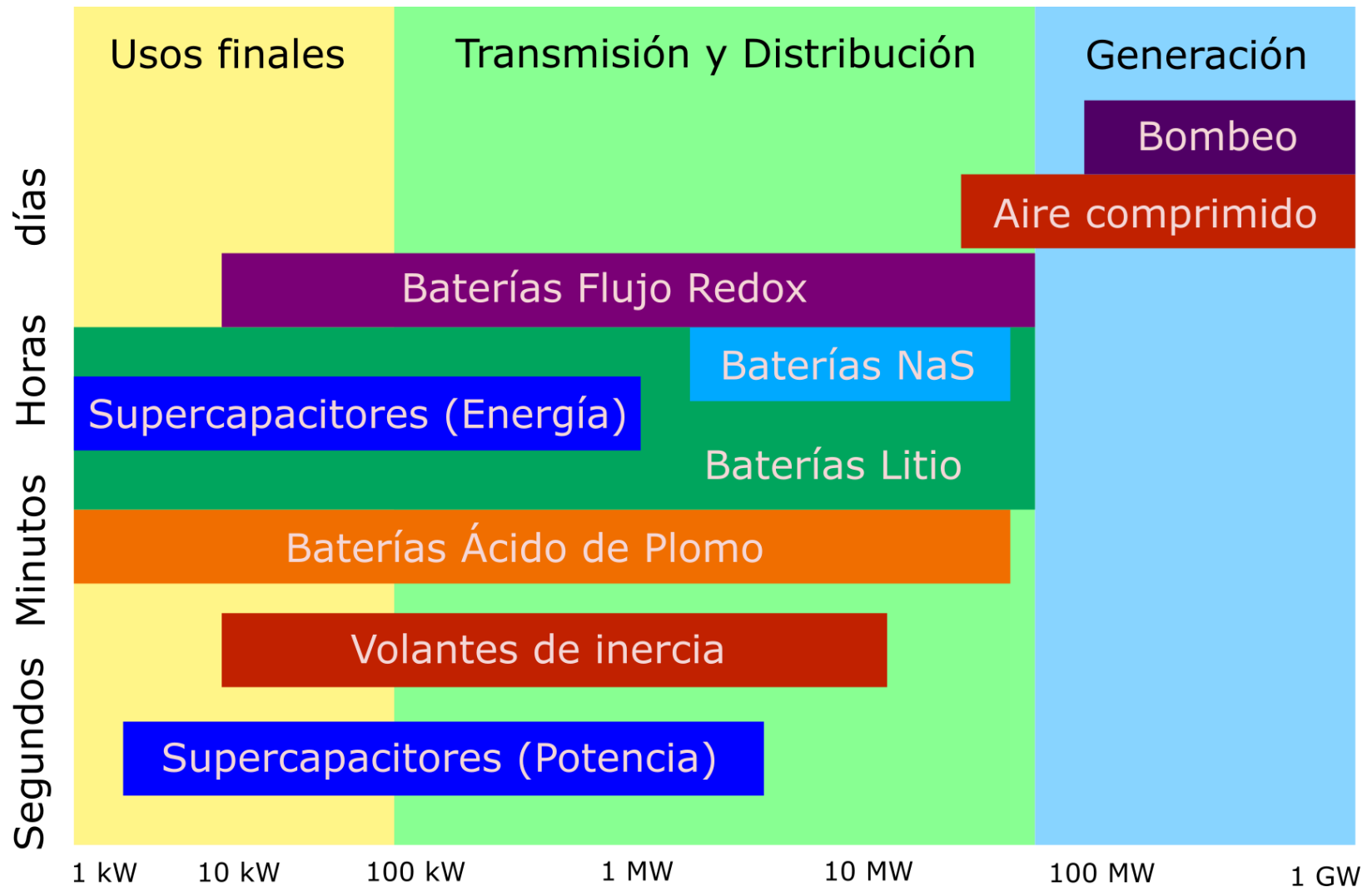
Costos baterías Ion de Litio de 4 h



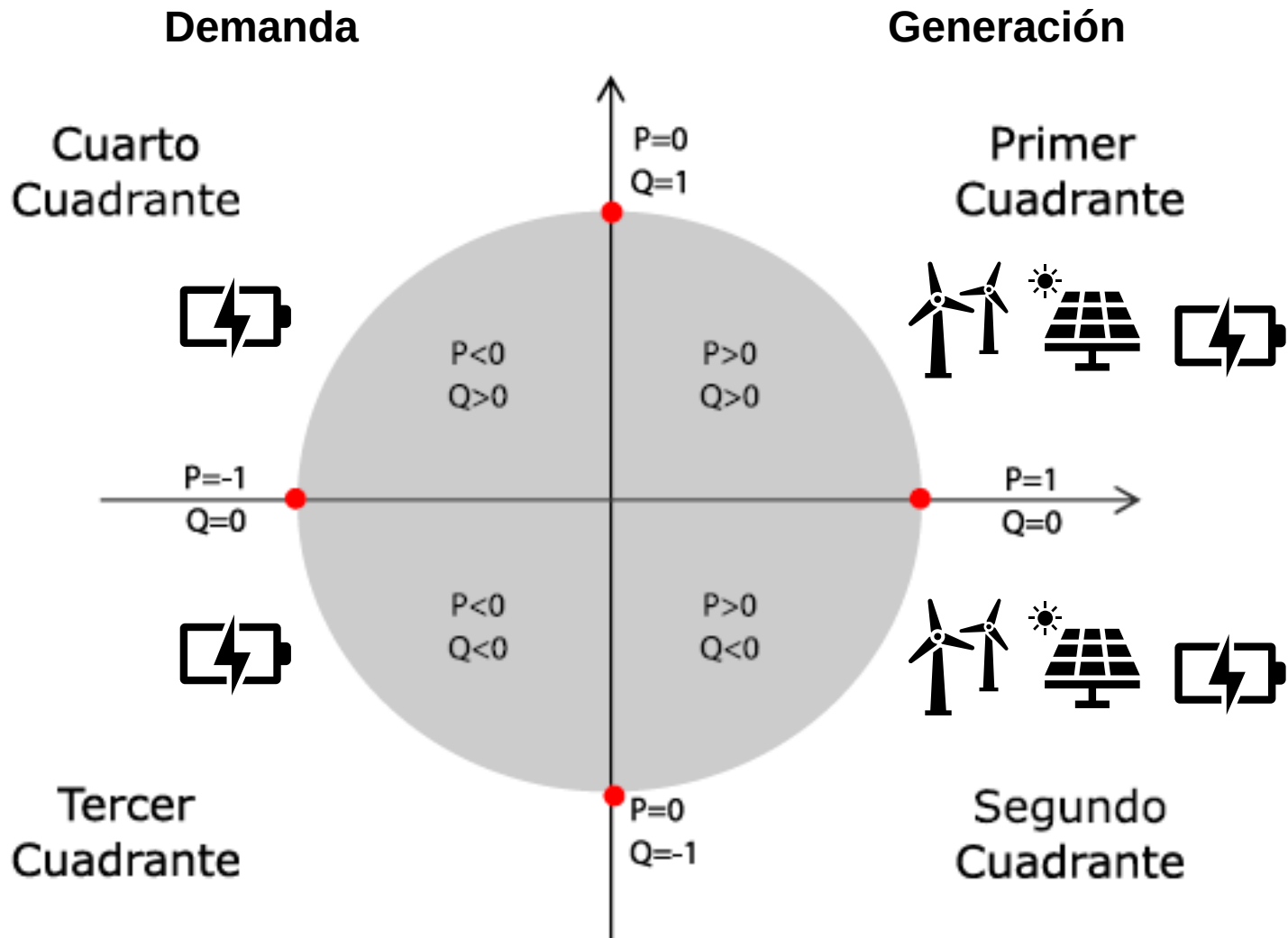
$$\text{Costo total} \left(\frac{\$}{kWh} \right) = \text{Costo energía} \left(\frac{\$}{kWh} \right) + \text{Costo potencia} \left(\frac{\$}{kW} \right) \frac{1}{\text{Duración (h)}}$$

Aplicaciones de BESS

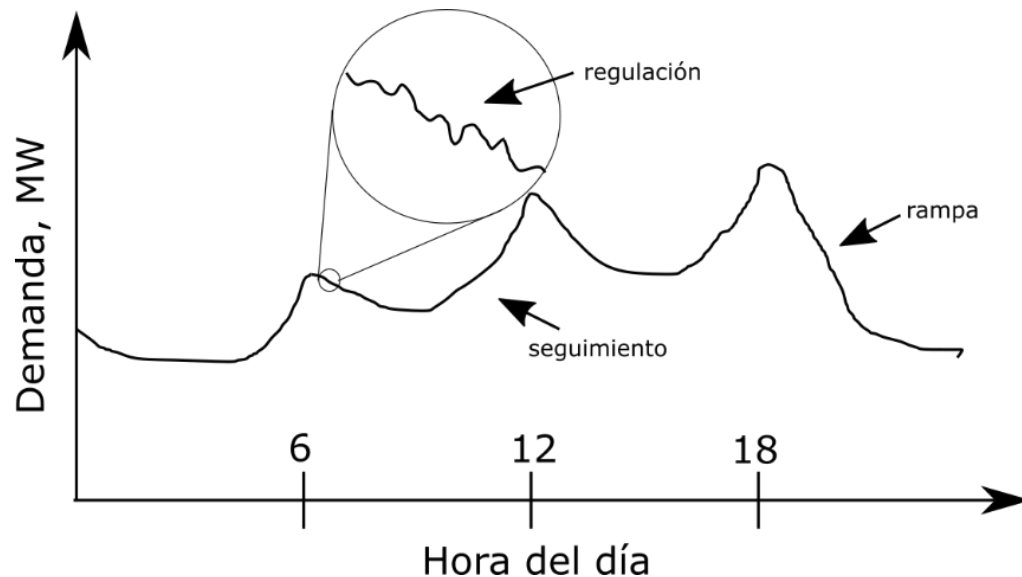
Aplicaciones de AE



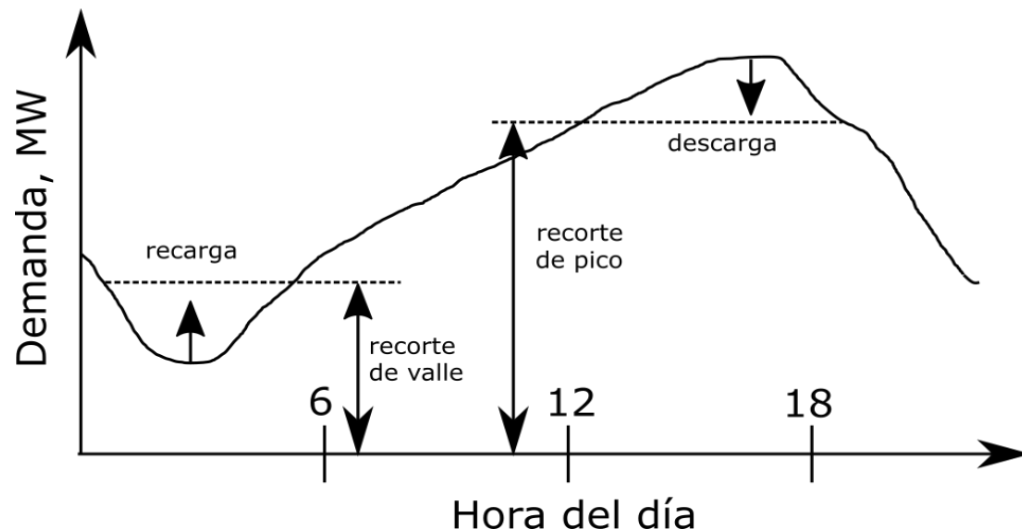
Control de P y Q independiente



Aplicaciones en Generación y Transmisión

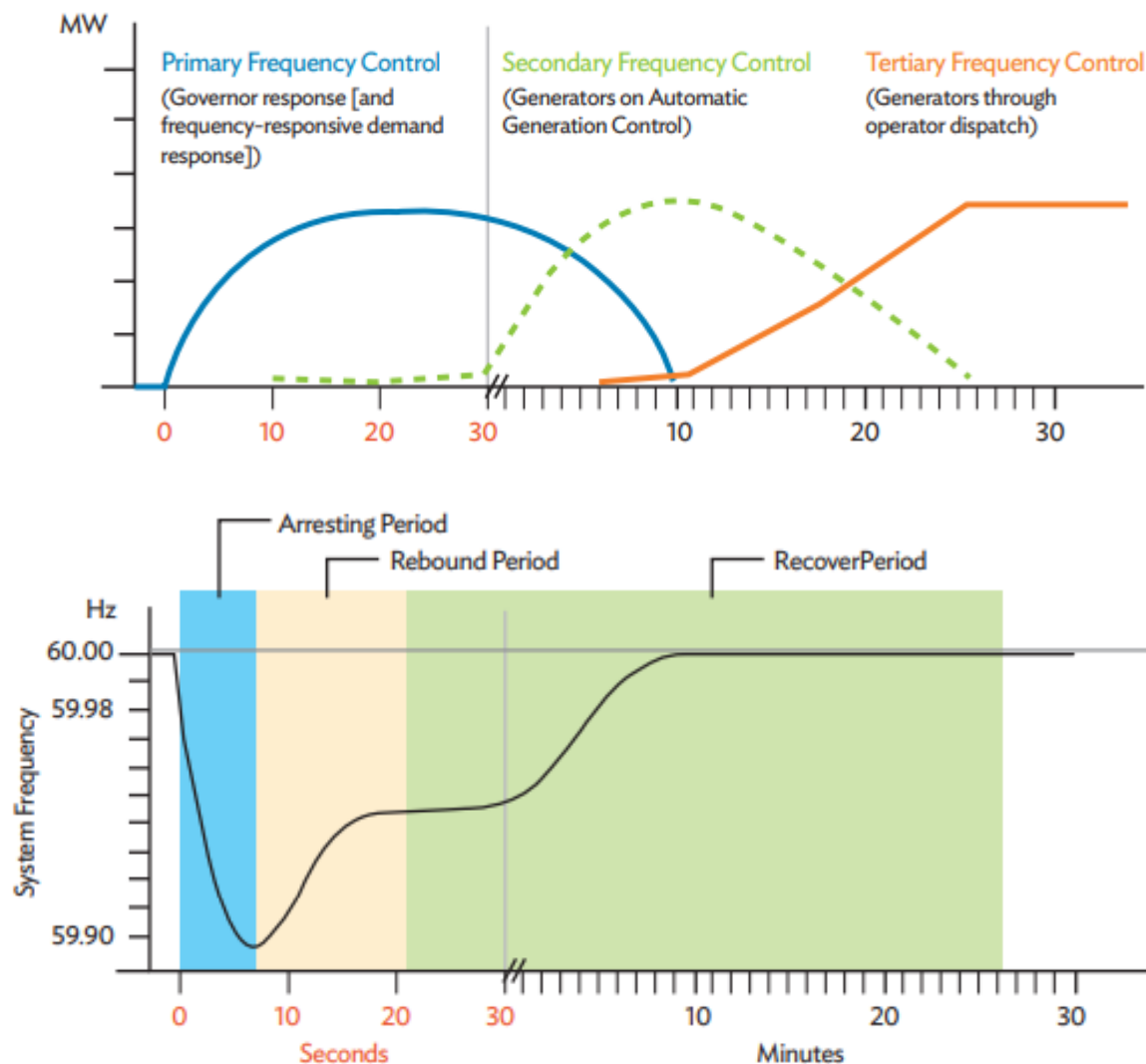


- Regulación de frecuencia
- Seguimiento de carga
- Rampas de carga.
- Provisión de capacidad de pico.



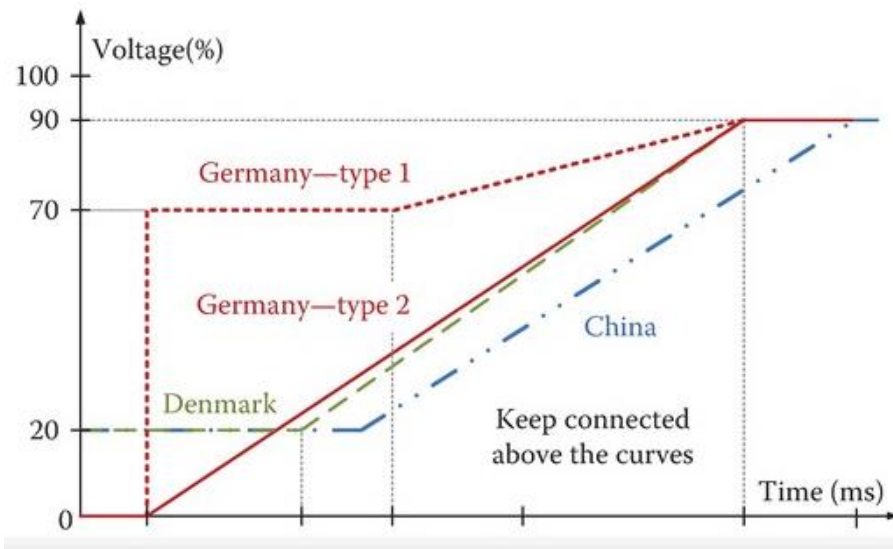
- Aplanamiento curva de carga.
- Regulación de tensión.

Regulación de frecuencia

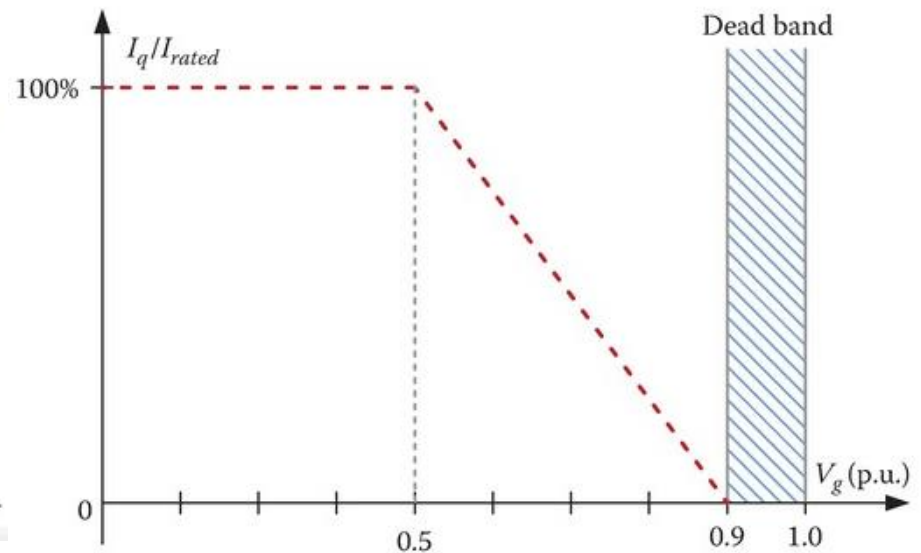


Ride-Through y Regulación de Tensión

Los generadores renovables y sistemas de almacenamiento deben permanecer conectados a la red en condiciones de falla para apoyar a la red (fault-ride through). Algunos países como Alemania y Dinamarca solicitan que se use el 100% de la corriente para inyectar potencia reactiva en condiciones de tensiones muy bajas.

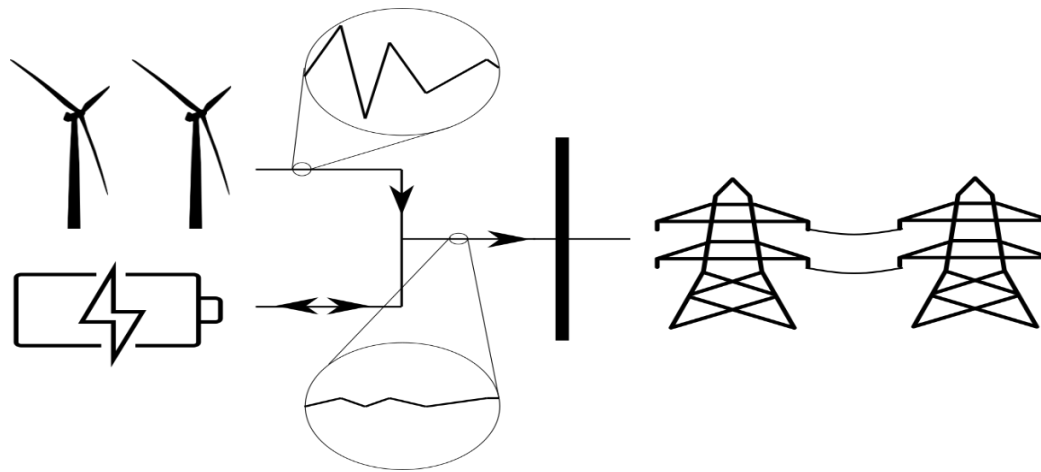


LVRT

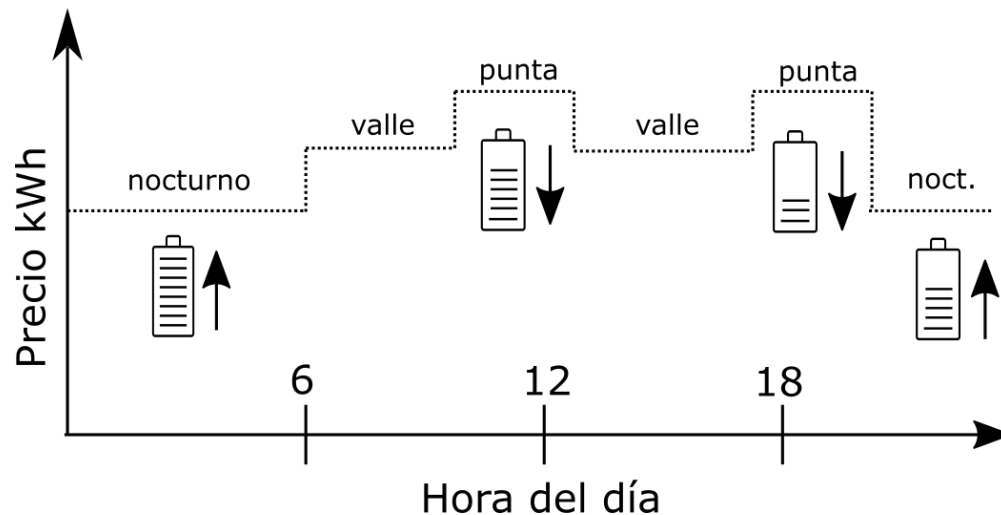


Inyección de corriente reactiva

Aplicaciones en Generación y Transmisión

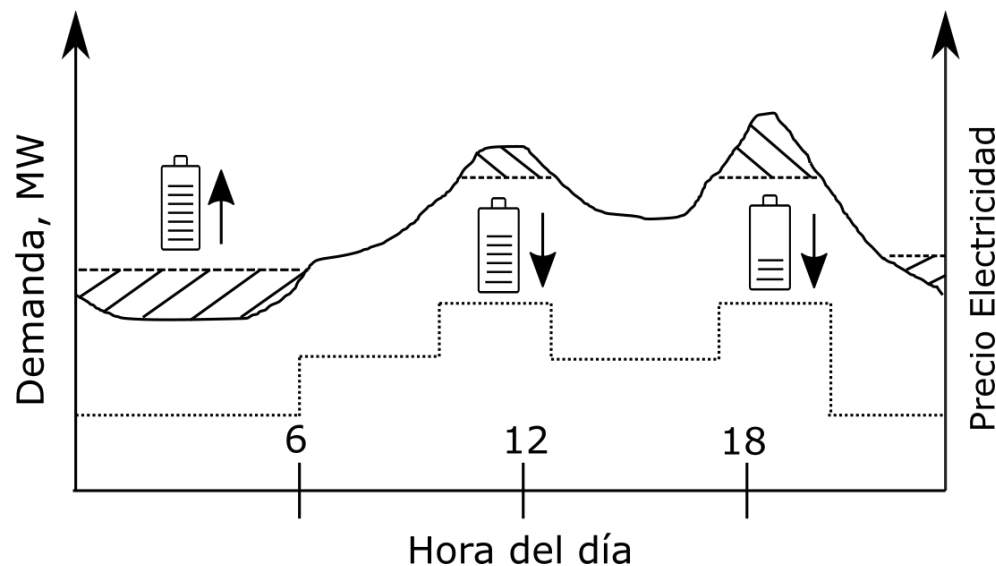


- Reducción fluctuaciones de las ERV.
- Energía más firme.
- Rampas de generación



- Arbitraje de energía
- Carga batería con energía barata / descarga a precio más alto.

Aplicaciones en Distribución



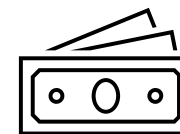
- Aplanamiento de curva de demanda y recorte de picos.
- Arbitraje de energía
- Combinación con GD para maximizar uso.



Calidad de energía



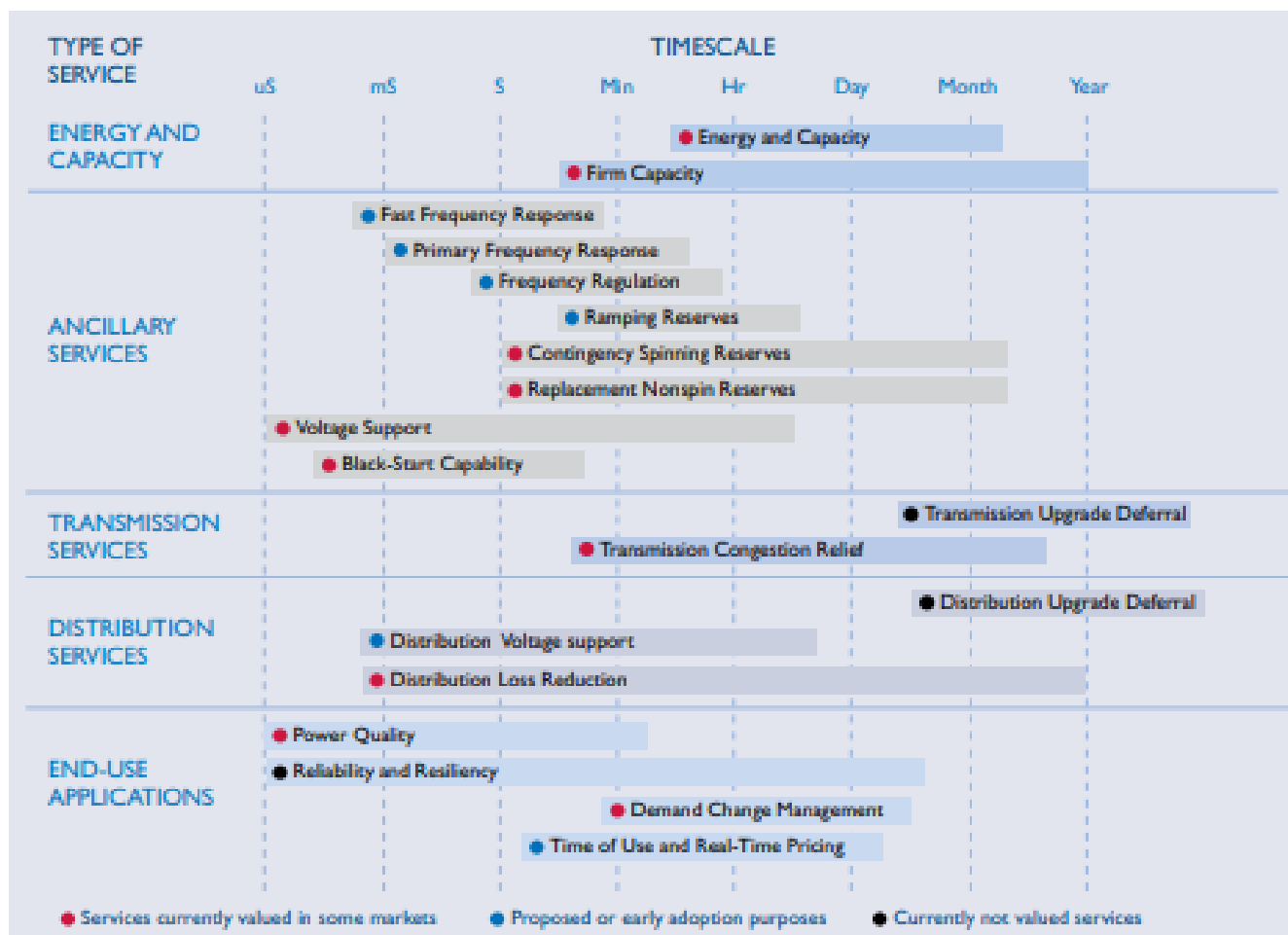
Microrred y respaldos



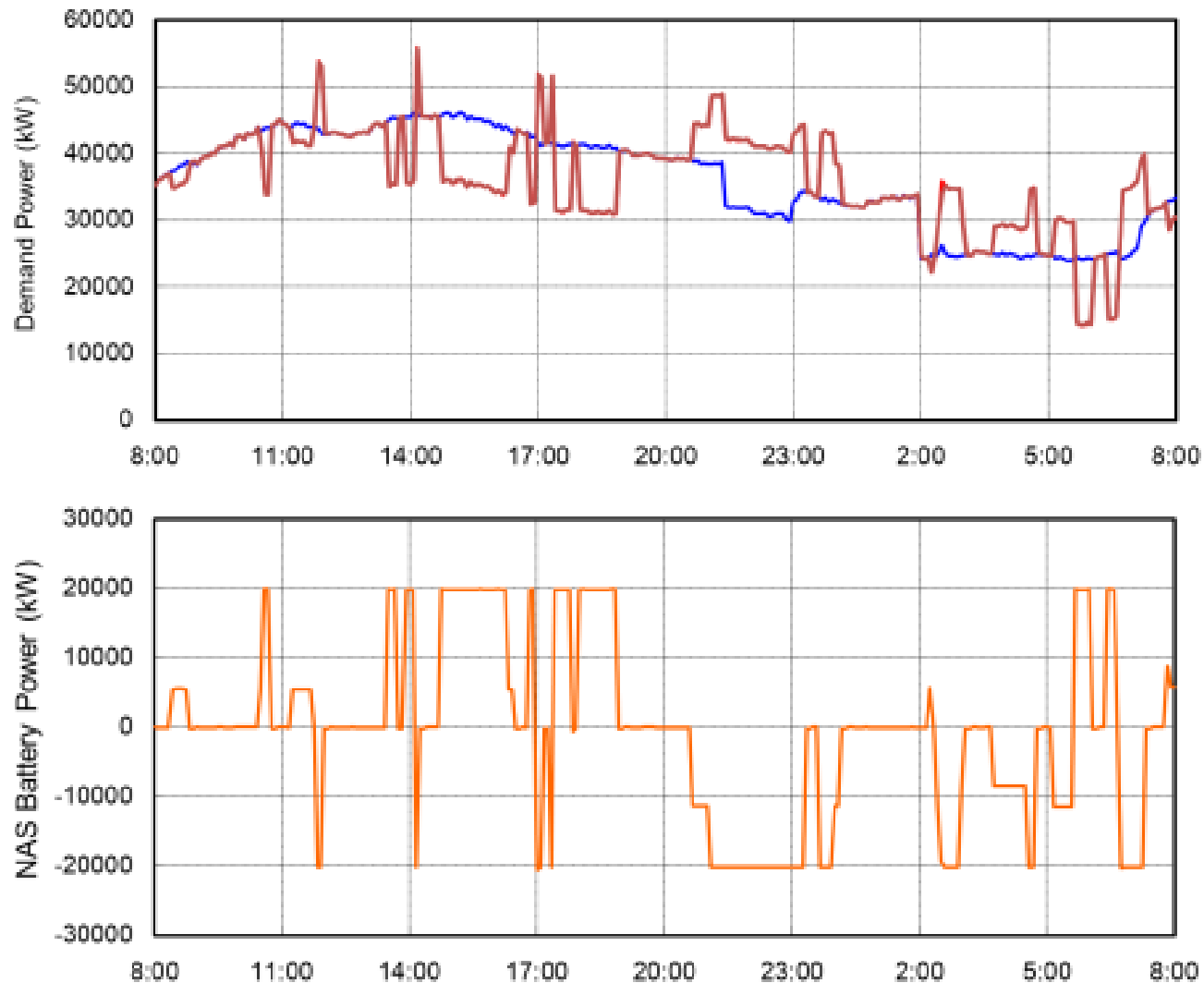
Aplazamiento inversiones

Experiencias internacionales

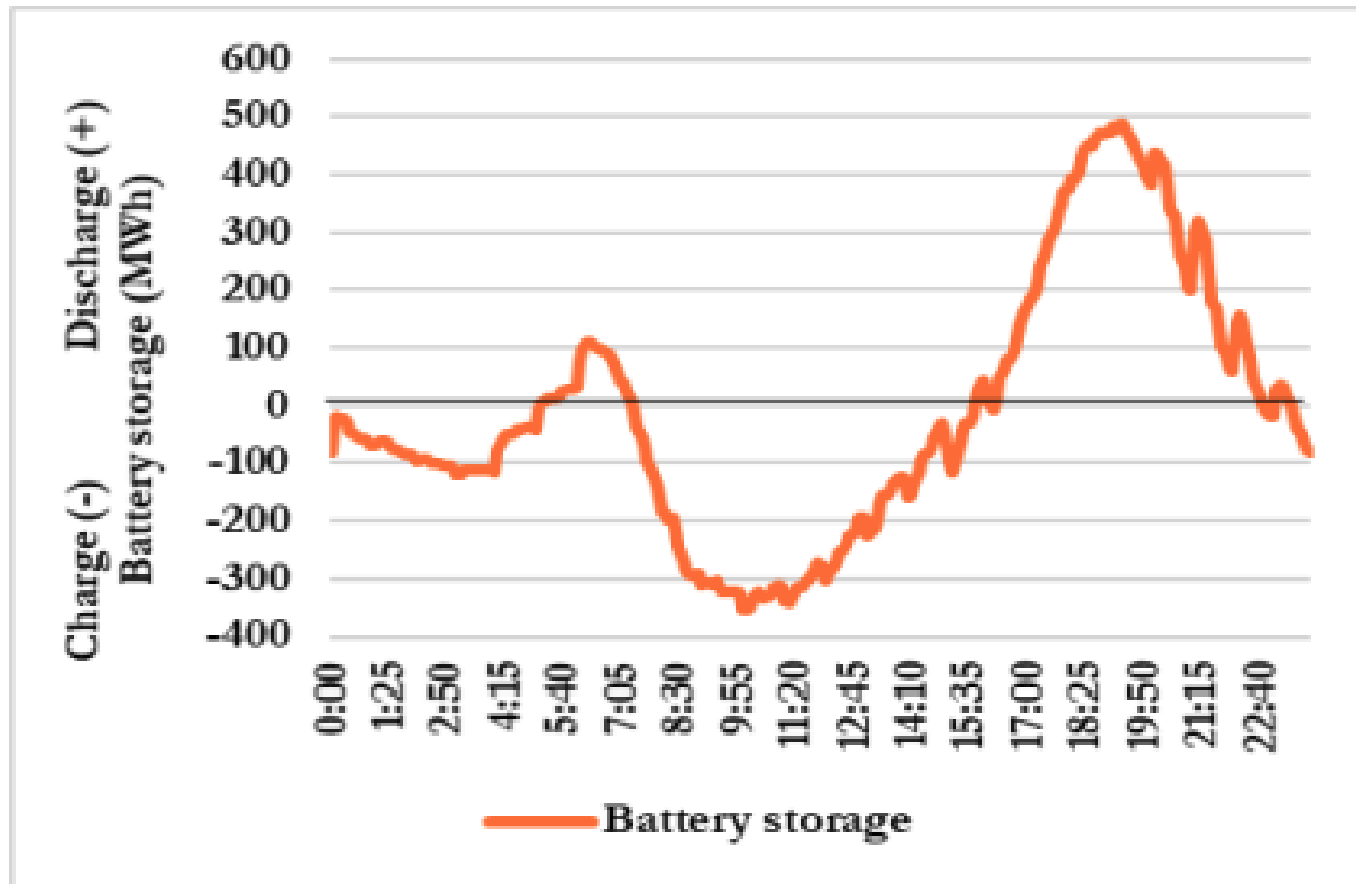
Aplicaciones de BESS



20 MW/ 120 MWh NaS - UAE



Energía prom de BESS CAISO 2021



Source: CAISO Outlook

Ejemplo Simulaciones

Sim. de Baterías

Sistema de pruebas de 39 barras.

- 10 generadores síncronos
- Cargas dependen de V de operación
- 1 batería en barra 5, inyecta P.

Los generadores sinc. no tienen sistema de regulación de frec.

Valores nominales

$$S_{nom} = 500 \text{ MVA}$$

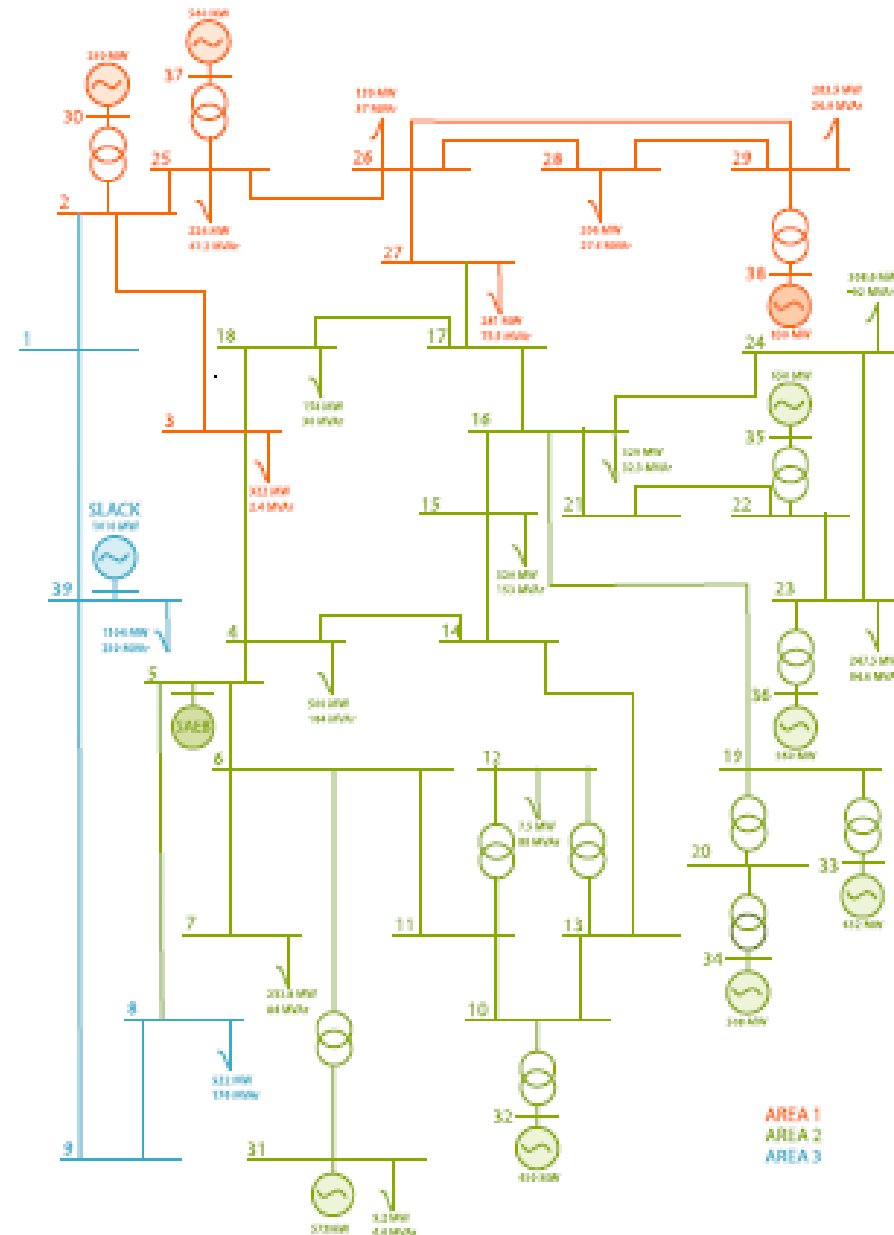
$$P_{max} = 400 \text{ MW} \quad \text{y} \quad P_{min} = -400 \text{ MW},$$

$$Q_{max} = 300 \text{ MVar} \quad \text{y} \quad Q_{min} = -300 \text{ MVar}$$

Punto de operación de baterías:

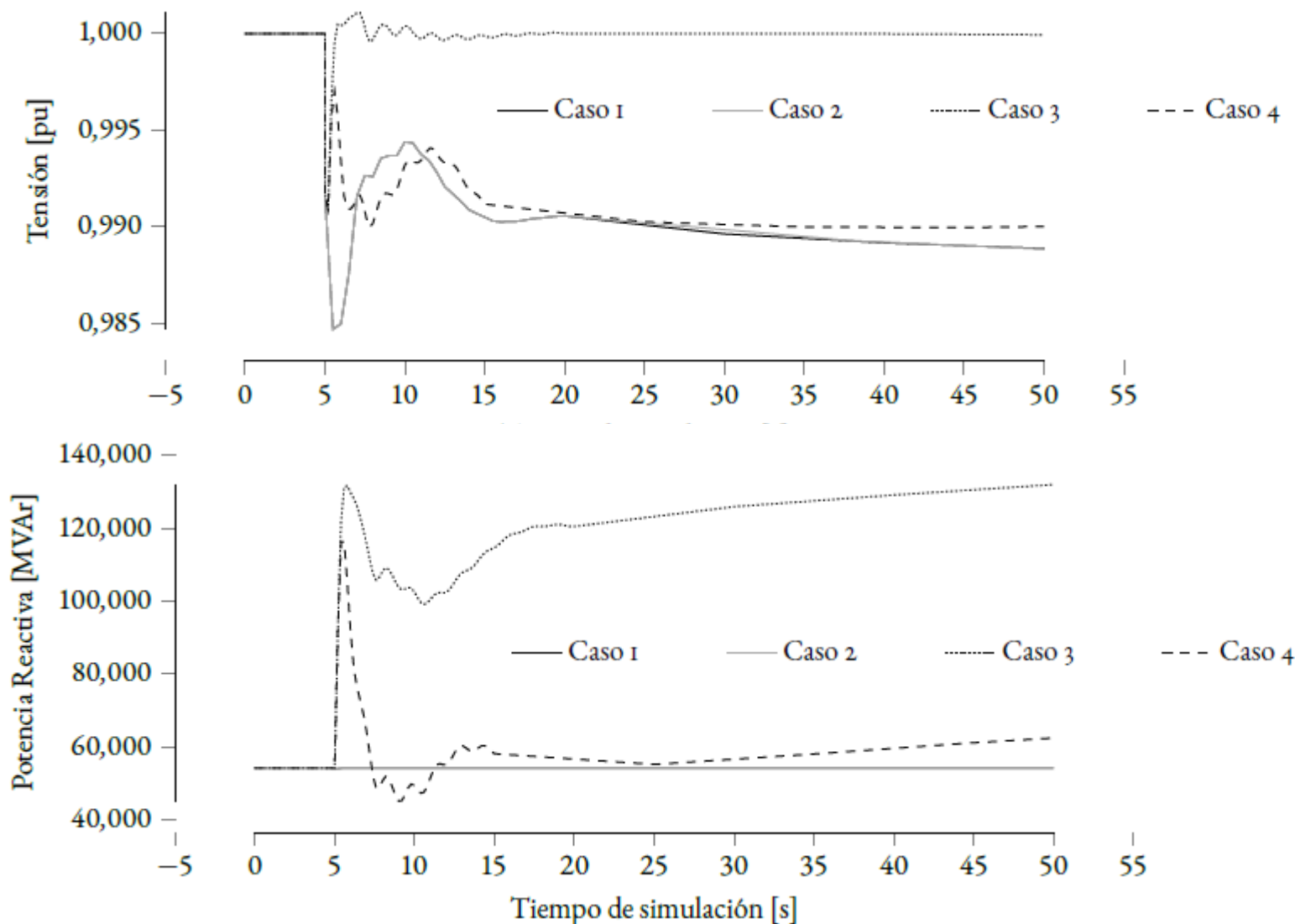
$$V = 1.00 \text{ pu}, P = 200 \text{ MW} \quad \text{y} \quad Q = 54.2 \text{ MVAR}$$

$$\tan^{-1}(Q/P) = 0.2646 \text{ rad} \quad \text{y} \quad SOC = 70\%.$$



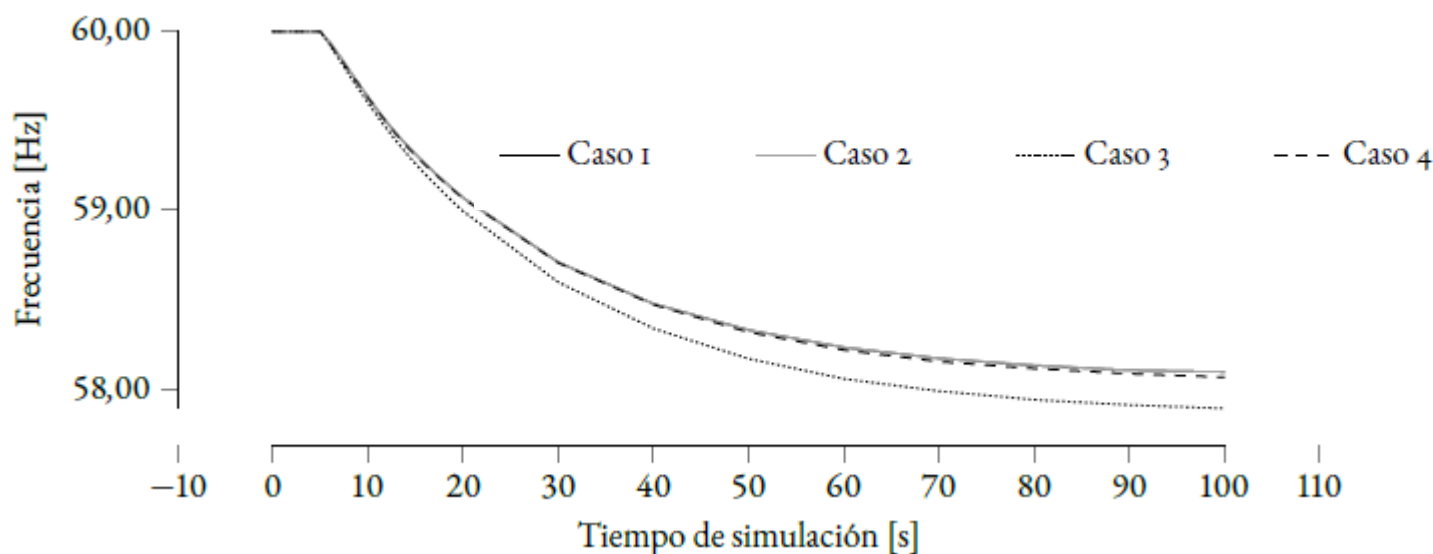
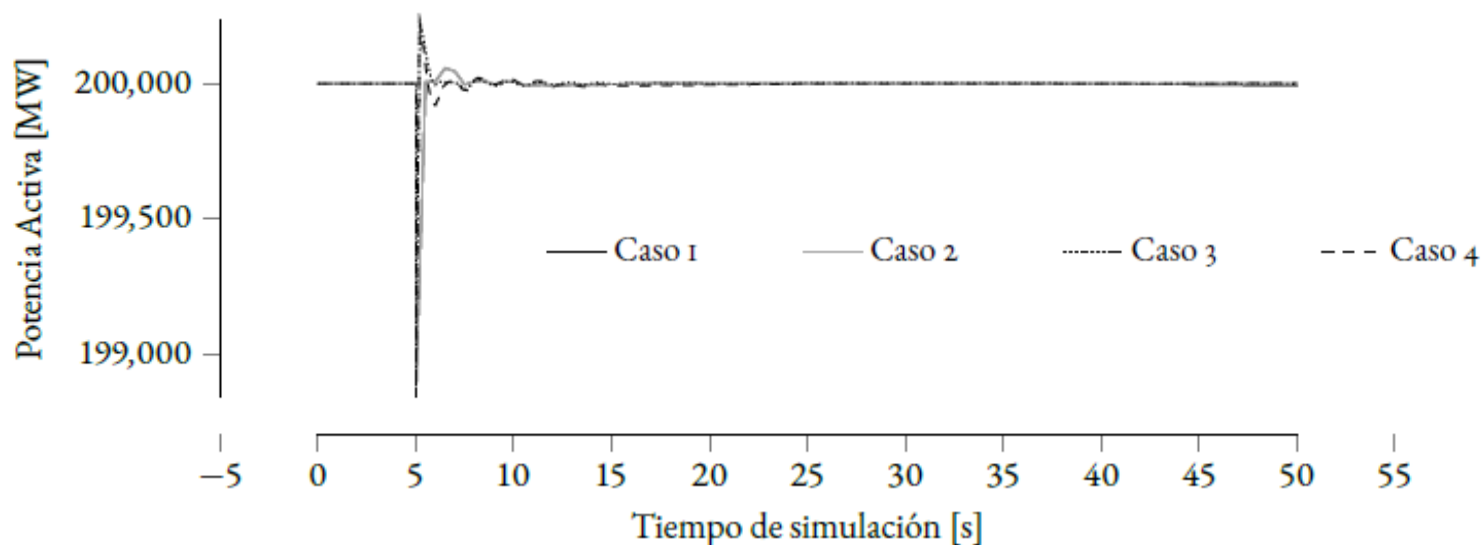
V y Q en Bus 5 ante salida de G30

G30 → 250 MW fuera de operación



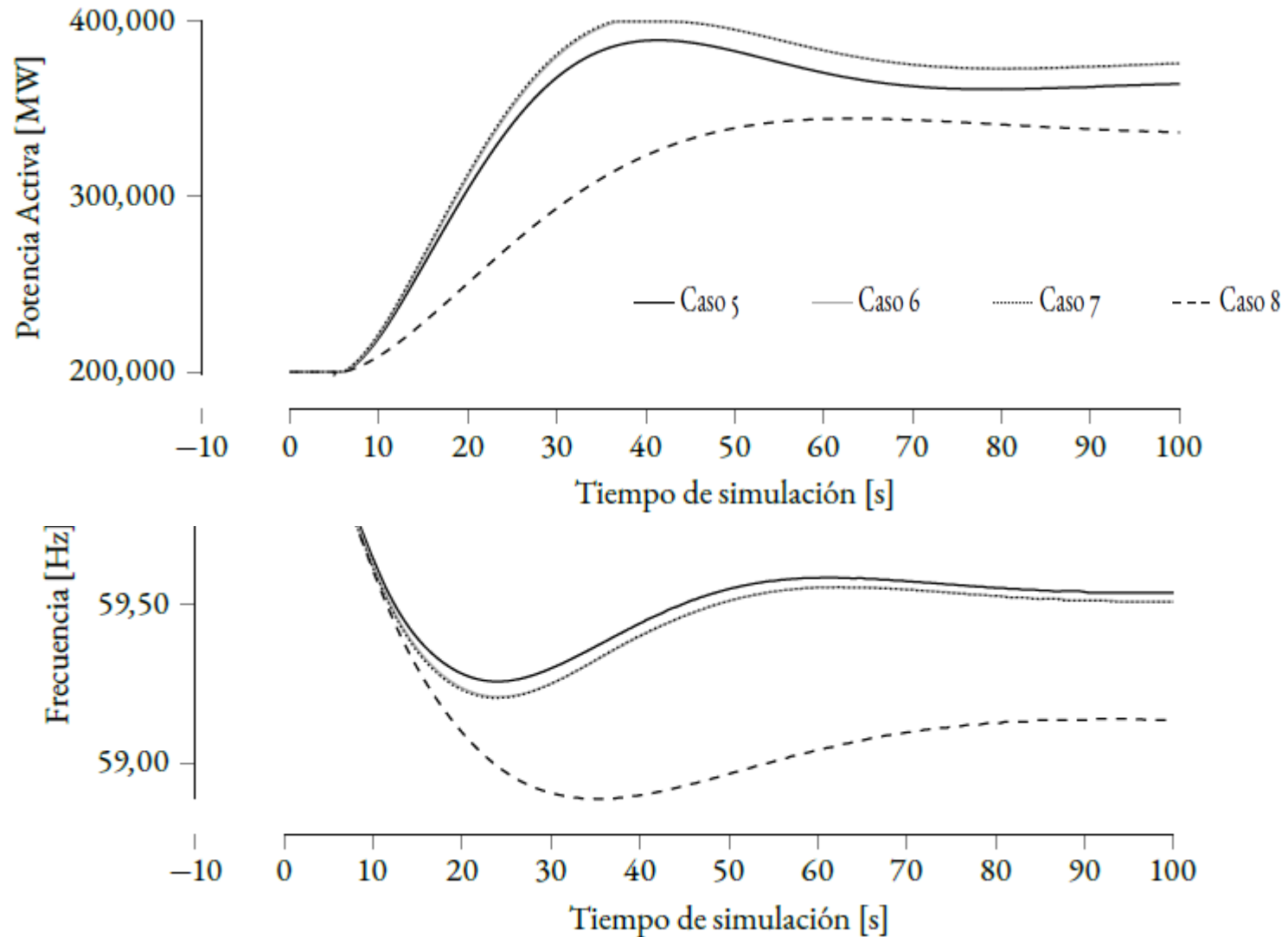
P en Bus 5 y f ante salida de G30

G30 → 250 MW fuera de operación



P en Bus 5 y f ante salida de G30

G30 → 250 MW fuera de operación



Retos sobre uso e integración de BESS

Retos técnicos

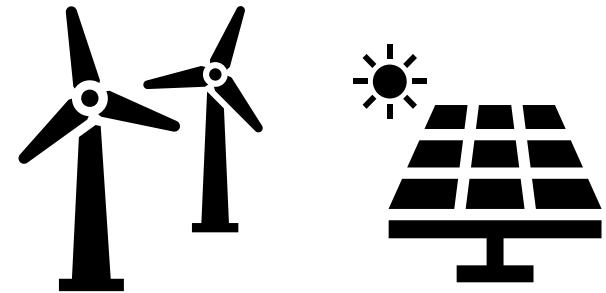
Mayores esfuerzos en I+D, estudios de costo-efectividad de su uso en nuestras redes y proyectos de prueba entender y aprovechar los beneficios **y servicios** de estas tecnologías.

Retos regulatorios y de política energética

Se deben crear nuevas políticas de integración y mecanismos de mercado para facilitar inversión privada en estas tecnologías.

Retos económicos/comerciales

El costo de la tecnología aún es alto y la vida útil de las baterías es corto. Falta definir los nuevos servicios que brindarán en nuestros países y su impacto en la evaluación financiera del proyecto.

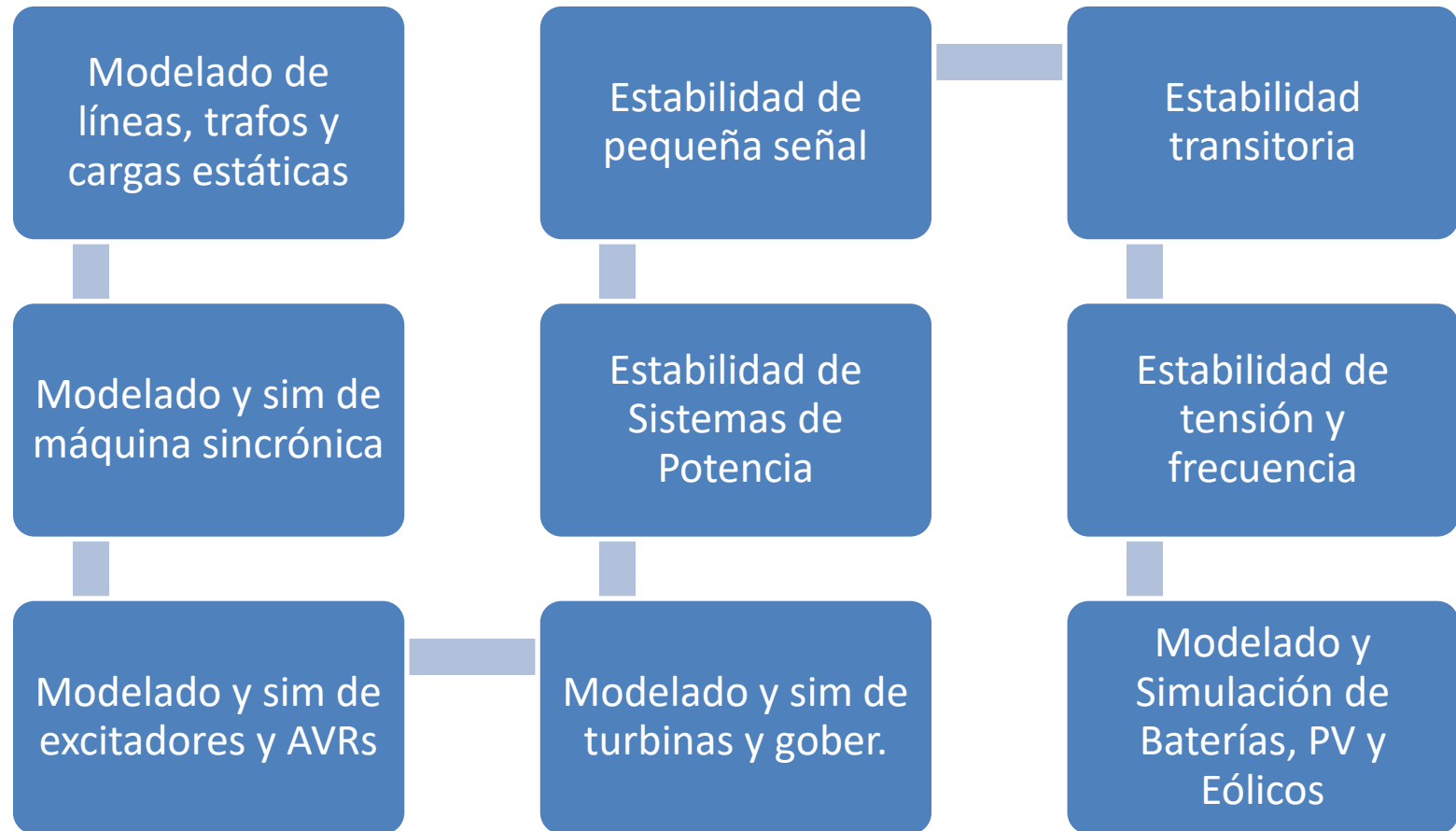


Uso de BESS para apoyar la estabilidad y control de sistemas de potencia

Dr. Gustavo Valverde Mora

tavovalmo@gmail.com

Estabilidad y Control de Sistemas Modernos de Potencia



Info e inscripciones: cindy.alvarez@cecacier.org