



# Oportunidades Sistemas de Almacenamiento Mercado Chileno

## Algunas Reflexiones

Ramón Galaz  
Andrés Romero

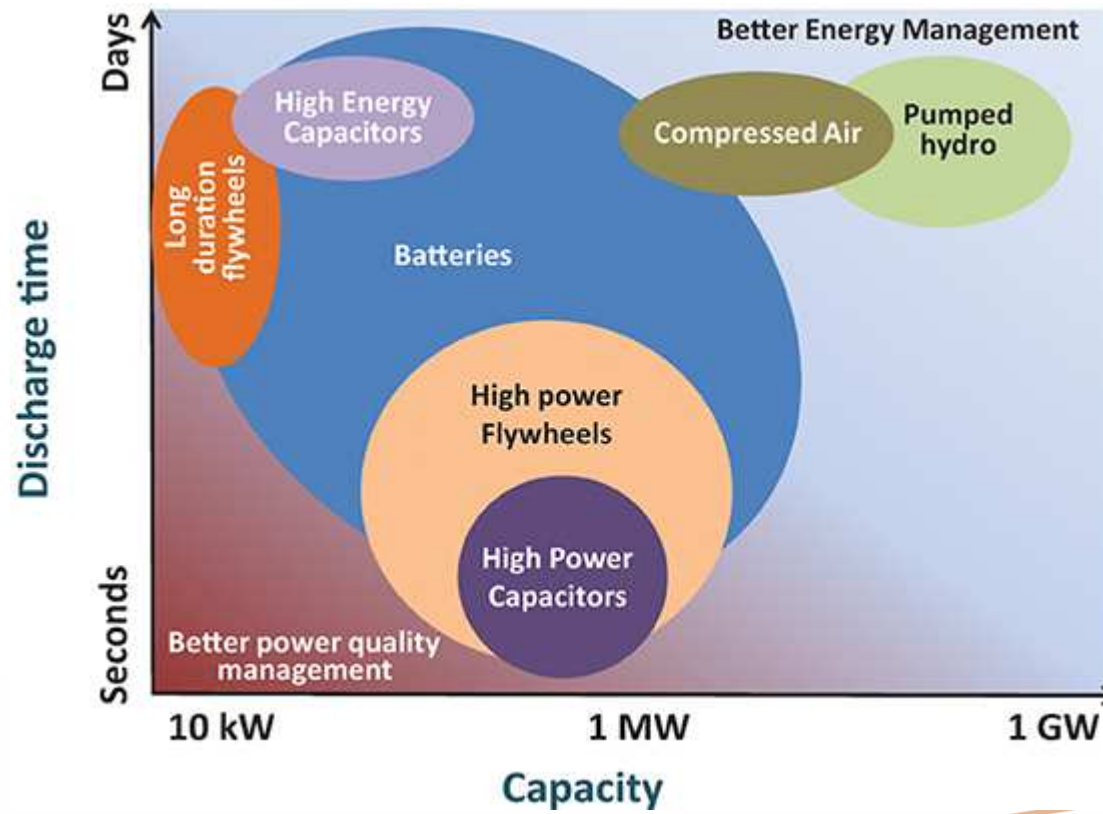
[www.valgesta.com](http://www.valgesta.com)  
Alonso de Córdova 5900, Piso 4, Of. 402  
[contacto@valgesta.com](mailto:contacto@valgesta.com) | [twitter: @valgesta](https://twitter.com/valgesta)  
(+56 2 ) 2 224 97 04



# Motivación

Los sistemas de almacenamiento se distinguen principalmente por dos características:

- Capacidad de almacenamiento.
- Tiempo de descarga.



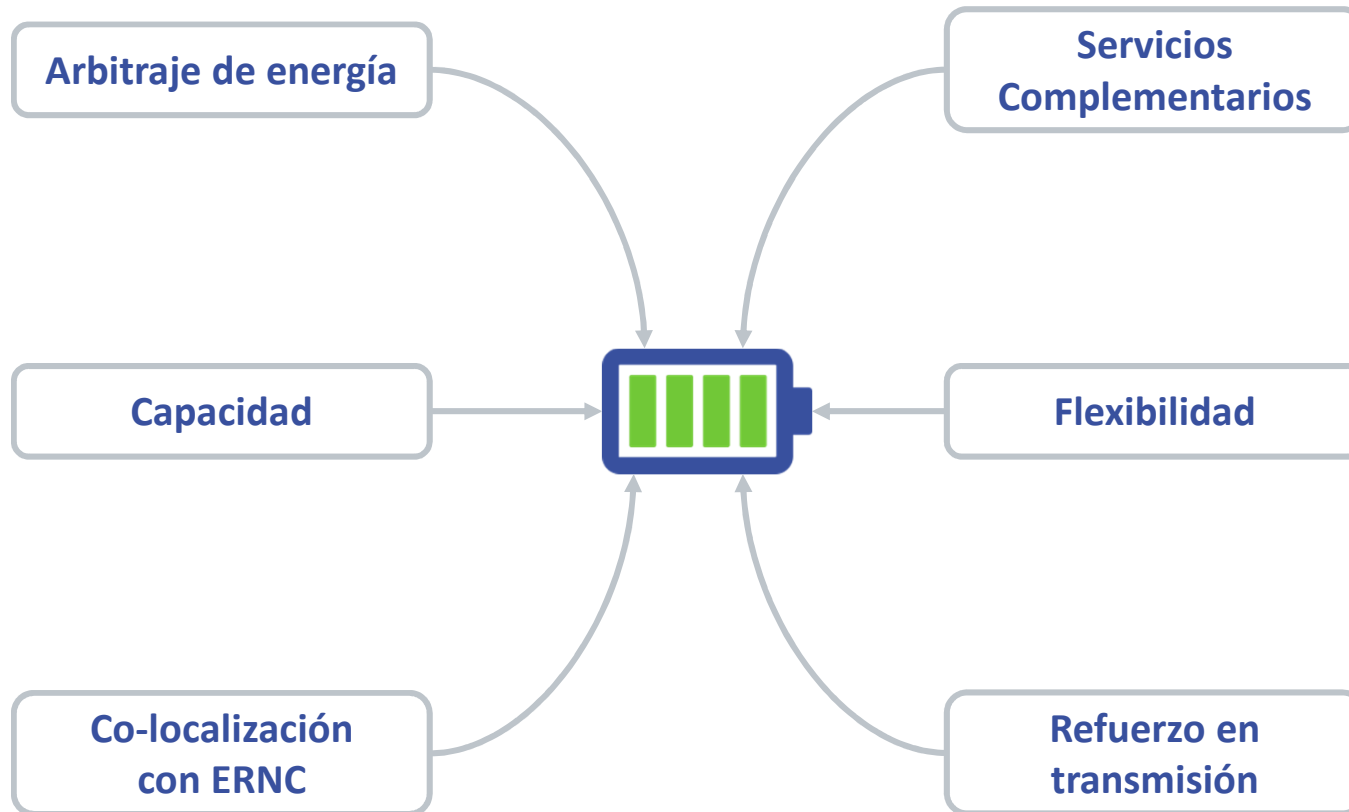
## Reglamento de la Coordinación y Operación del SEN

- ❑ **Definición Sistema de Almacenamiento de Energía (Art. 2. letra q):** Equipamiento tecnológico capaz de retirar energía desde el sistema eléctrico, transformarla en otro tipo de energía (química, potencial, térmica, entre otras) y almacenarla con el objetivo de, mediante una transformación inversa, inyectarla nuevamente al sistema eléctrico, contribuyendo con la seguridad, suficiencia o eficiencia económica del sistema.
- ❑ **Artículo 37:** En la programación de la operación, el Coordinador deberá calcular y utilizar el costo de oportunidad de la energía gestionable, que minimice el costo presente y el costo futuro esperado de operación y falla del sistema eléctrico, de aquellas instalaciones cuya capacidad de almacenamiento implique un impacto relevante sobre la operación del sistema eléctrico, conforme lo señale la respectiva norma técnica.
- ❑ **Artículo 90:** Los Sistemas de Almacenamiento de Energía interconectados al sistema eléctrico podrán destinarse a la prestación de Servicios Complementarios, incorporarse como infraestructura asociada a los sistemas de transmisión o para el arbitraje de precios de energía. A efectos de ser considerados Sistemas de Almacenamiento de Energía, éstos no deberán contar con energías afluentes superiores al nivel de pérdidas del proceso de almacenamiento. No se deberá considerar como energía afluente a los retiros efectuados para el proceso de almacenamiento.

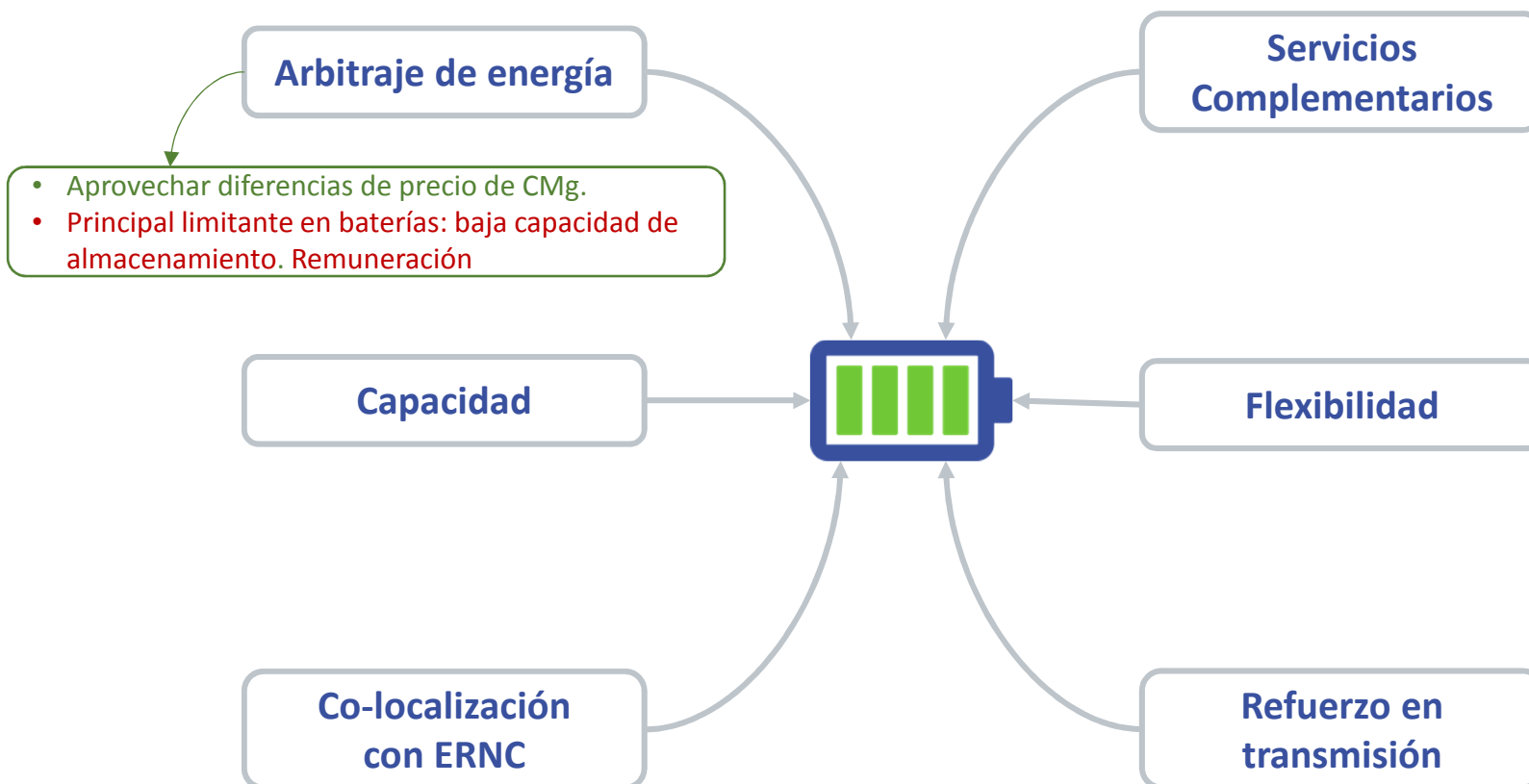


# Oportunidades Sistemas de Almacenamiento

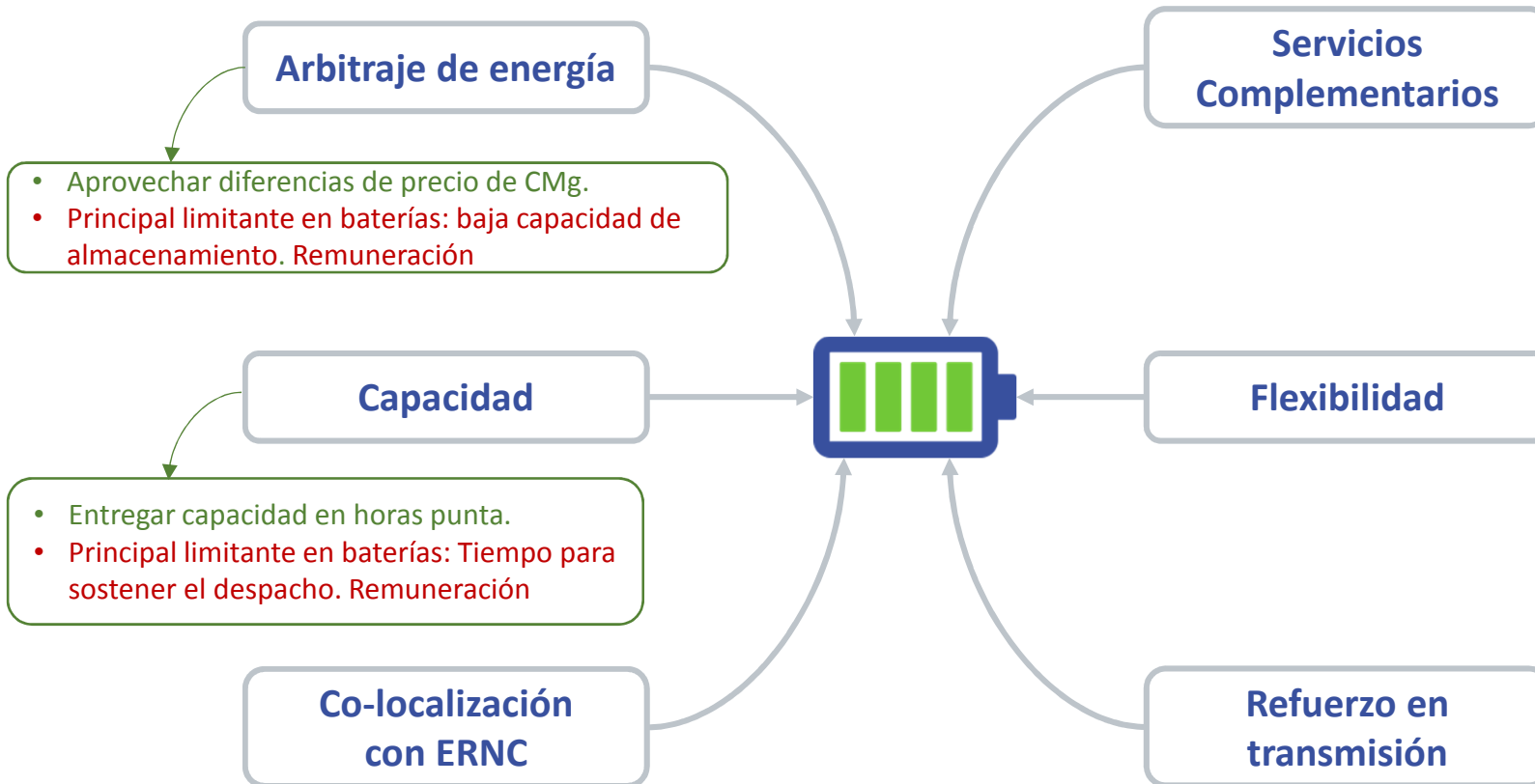
## Sistemas de Almacenamiento: Oportunidades



## Sistemas de Almacenamiento: Oportunidades

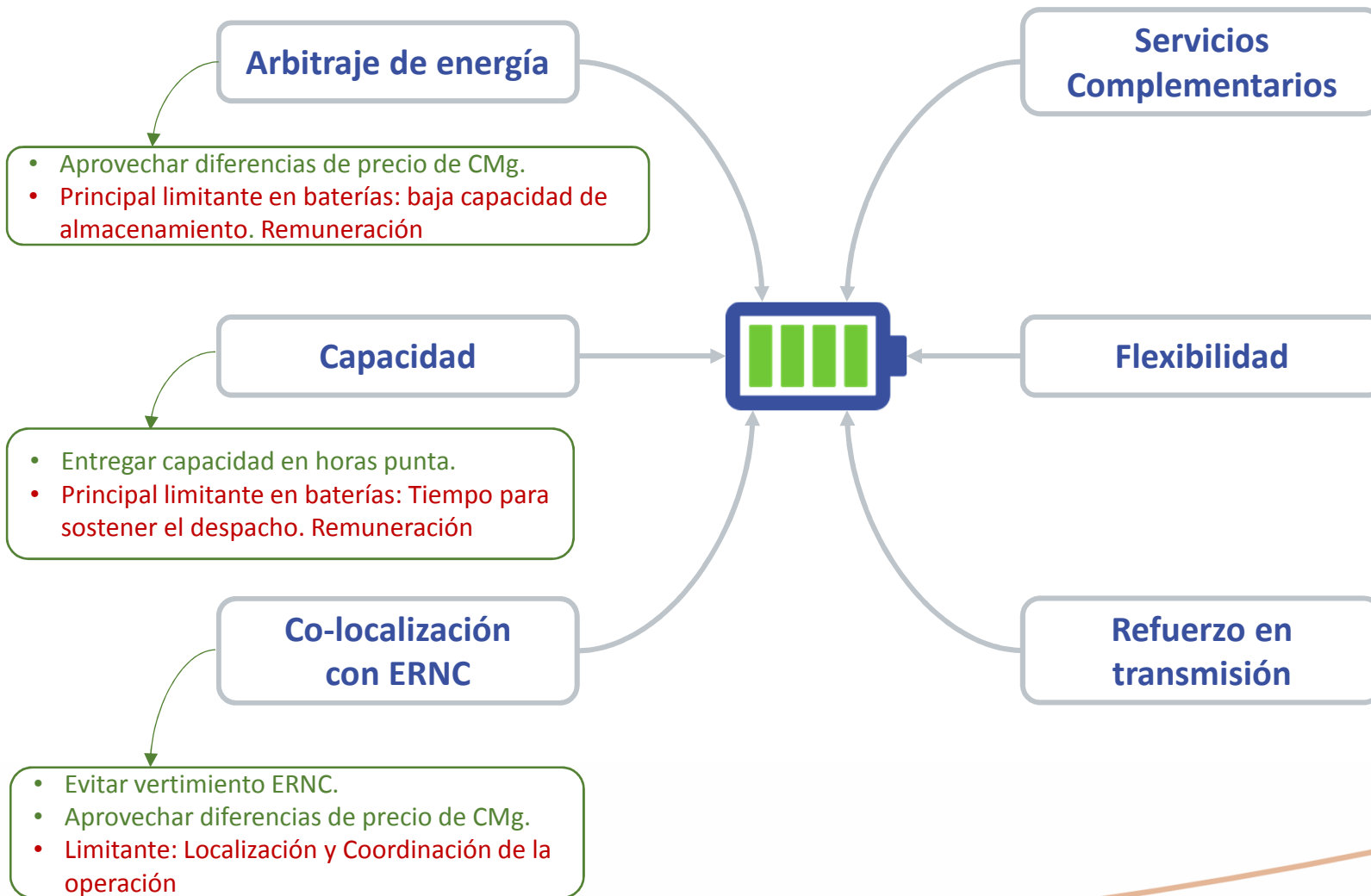


## Sistemas de Almacenamiento: Oportunidades

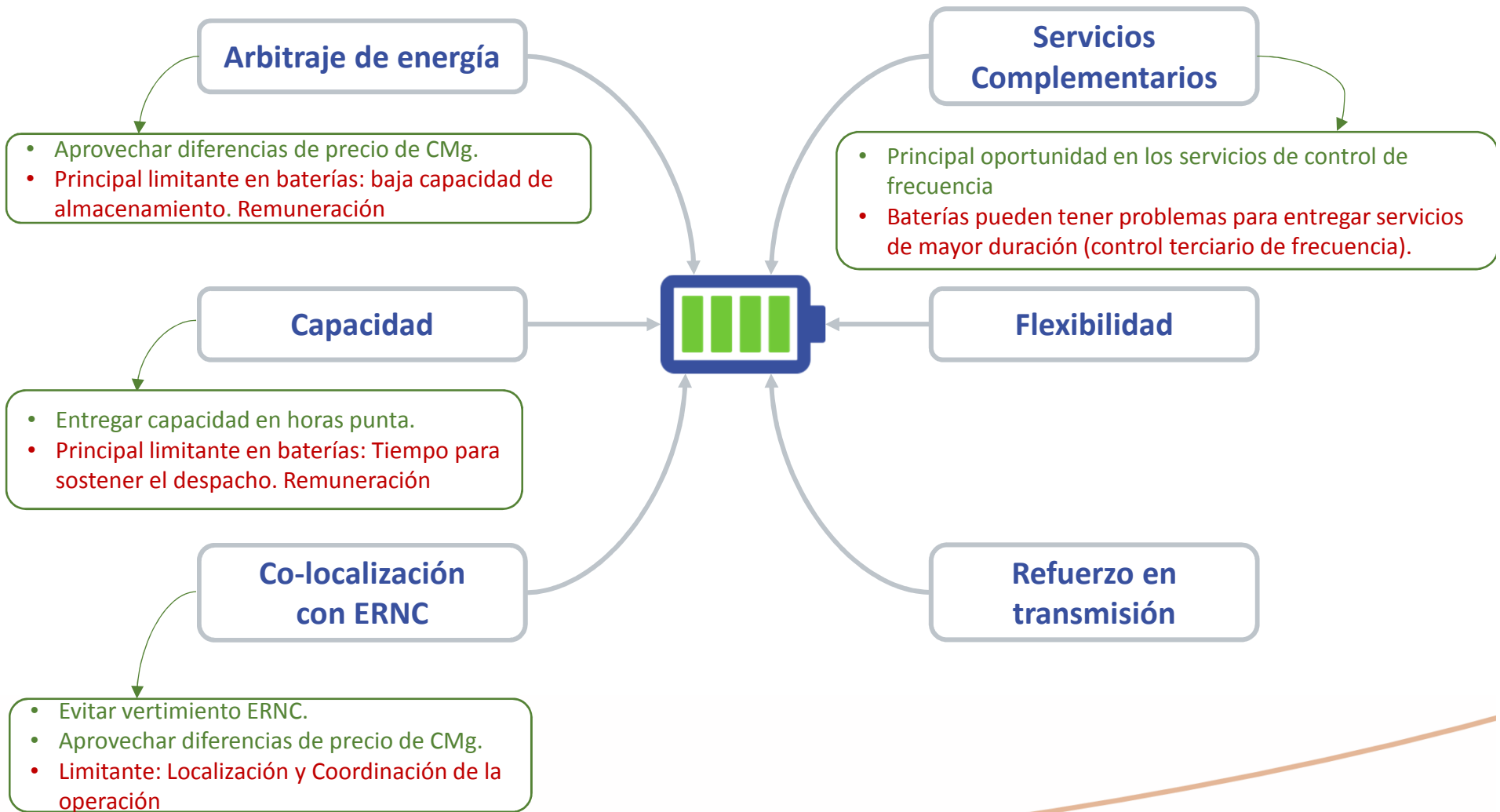




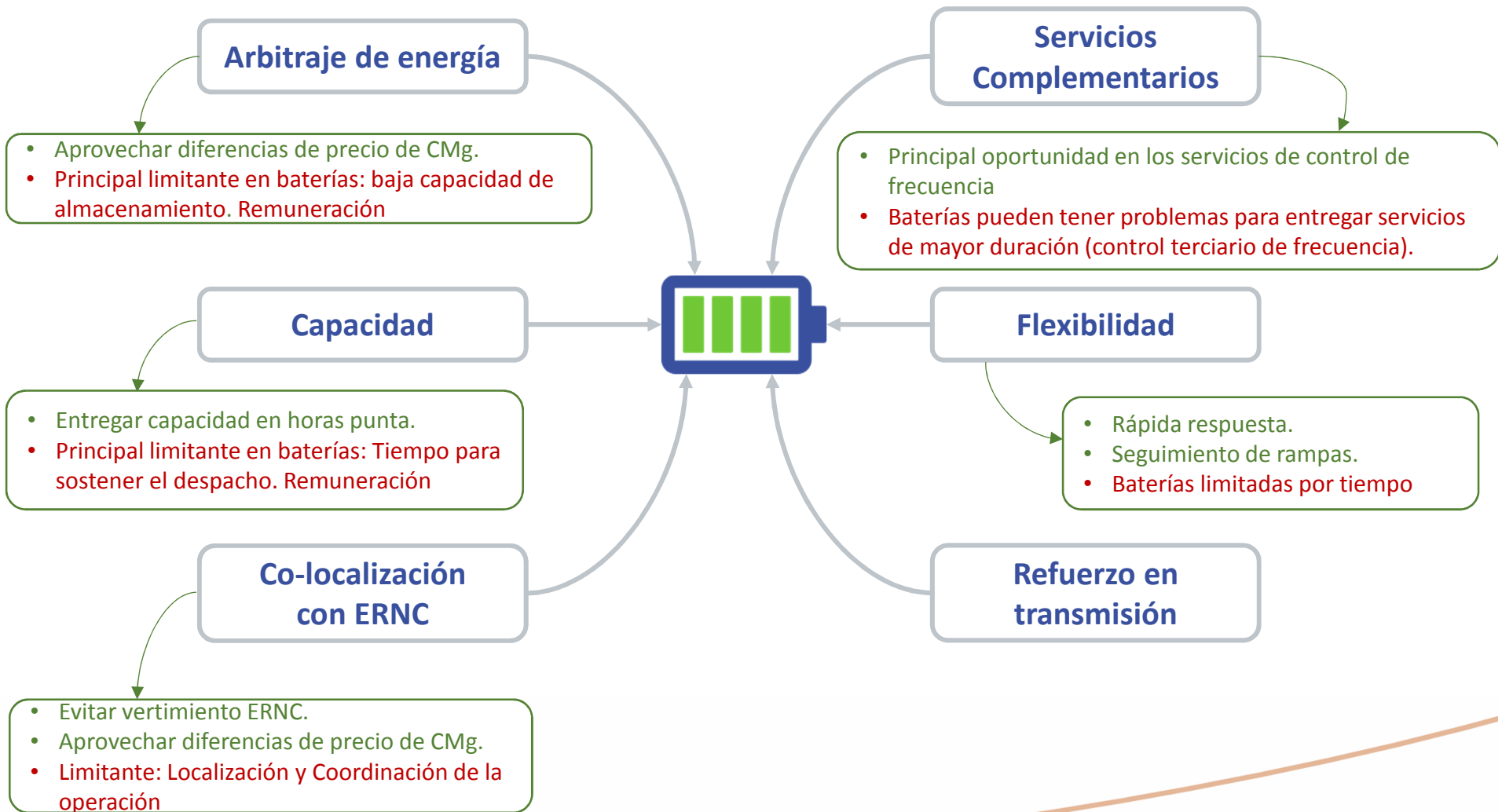
# Sistemas de Almacenamiento: Oportunidades



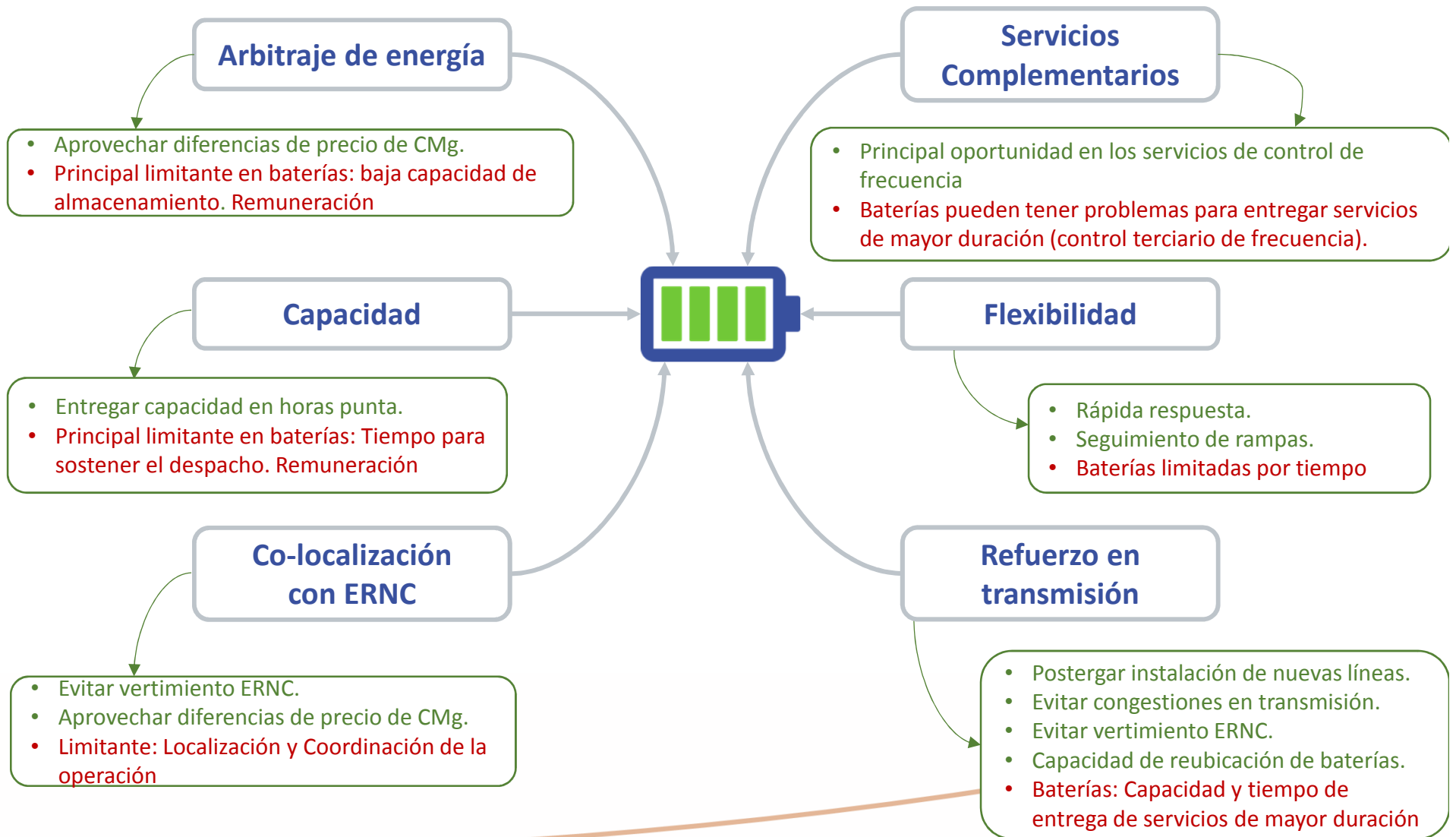
# Sistemas de Almacenamiento: Oportunidades



# Sistemas de Almacenamiento: Oportunidades



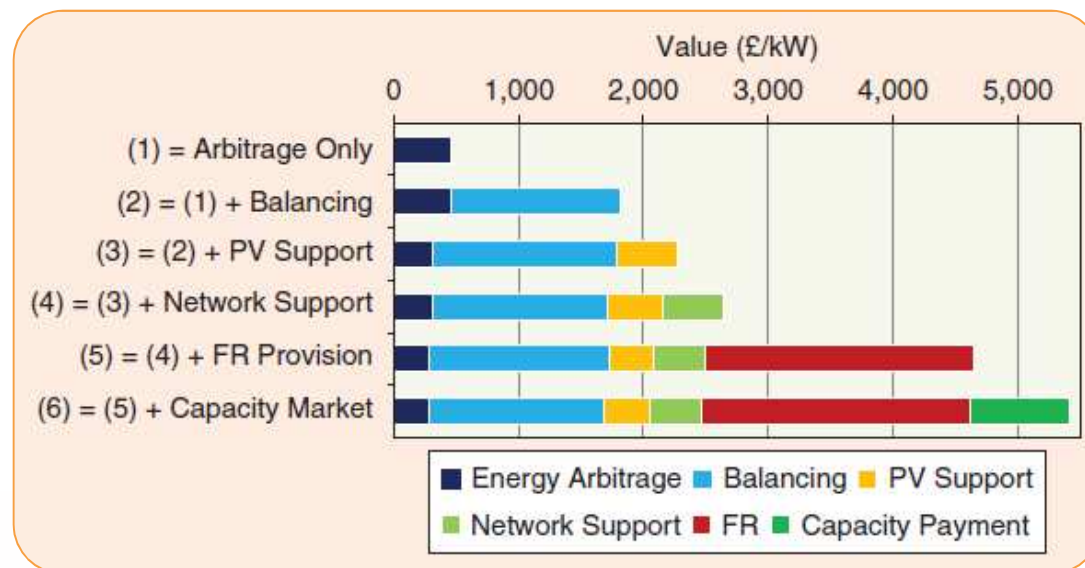
# Sistemas de Almacenamiento: Oportunidades



# Oportunidades en el mercado de electricidad

- En teoría, una mayor competitividad de los Sistemas de Almacenamiento se obtiene si estos participan en las diversas oportunidades presentes en el mercado eléctrico.
- Sin embargo, la regulación puede ser una barrera o un detonante para el aprovechamiento eficiente de los sistemas de almacenamiento.

## Ejercicio teórico del aumento de valor de un sistema de almacenamiento instalado junto a una planta solar en Reino Unido



Fuente: G. Strbac et al., "Opportunities for Energy Storage: Assessing Whole-System Economic Benefits of Energy Storage in Future Electricity Systems," in IEEE Power and Energy Magazine, vol. 15, no. 5, pp. 32-41, Sept.-Oct. 2017.



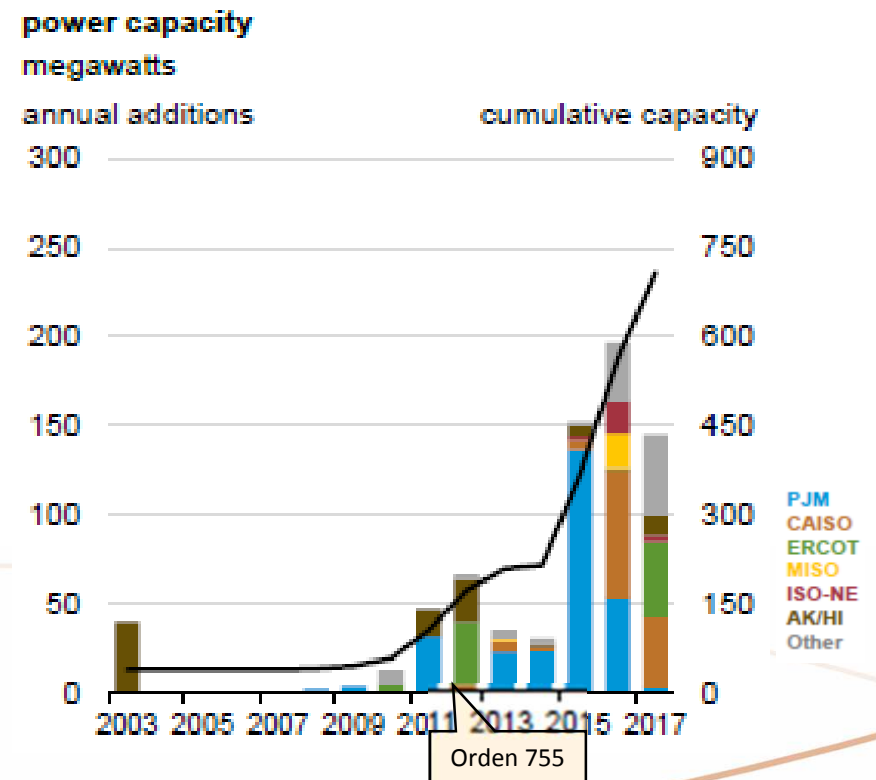
# Experiencia Internacional

## BENCHMARK INTERNACIONAL FERC: Estados Unidos

FEDERAL ENERGY  
REGULATORY COMMISSION

Capacidad de baterías de gran escala

- ✦ **ORDEN 890 (2007)**
  - ✓ Habilita los Non Generating Resource (NGR), y por tanto a los sistemas de almacenamiento, para entregar **servicios complementarios**, en un ambiente regulado o en un mercado competitivo.
  
- ✦ **ORDEN 755 (2011)**
  - ✓ Manda implementar un pago por desempeño en la regulación de frecuencia: se reconoce la velocidad y precisión de la entrega del servicio.
  - ✓ Puede variar en cada mercado. En general se reconoce pago por capacidad y por desempeño
  - ✓ Esto beneficia principalmente a las baterías.



Nota: La FERC reconoce que los SdA pueden prestar servicios a los sistemas de transmisión, advierte respecto de evitar que activos pagados por tarifas reguladas tengan ingresos adicionales por mercados competitivos y deja la posibilidad de analizar propuestas que le sean presentadas.

✍ **ORDEN 1000 (2011)**

- ✓ Permite considerar el concepto de Non-Transmission Alternatives (NTA) en los procesos de planificación de la transmisión (no mandatorio). Dentro de las opciones de NTA, están los Sistemas de Almacenamiento (SdA).

✍ **ORDEN 841 (2018)**

- ✓ Ordena a los operadores a **revisar modelos tarifarios** para remunerar adecuadamente los SdA.
  - No existe discriminación tecnológica
  - Modelo de participación de los SdA
  - Habilita participación en mercados de energía, capacidad y servicios complementarios.
  - Habilita a los SdA para marcar precio

Los ISOs deben implementar los cambios requeridos por la Order 841, a más tardar, en diciembre de 2019.



## REGULACIÓN

- **No impide la participación de los SdA en mercados de energía y potencia, pero no especifica claramente cómo participar.**

### 1. Centrales Bombeo

- **Pueden participar en el mercado de energía, capacidad, regulación y reservas.**
- Pueden realizar ofertas en el DAM (*Day Ahead Market*) o REM (*Real-time Energy Market*) o auto-despacharse, **pero no pueden fijar el precio marginal.**
- Claros parámetros de oferta les permite participar del mercado de capacidad

### 2. Otros sistemas de almacenamiento

- Operan como generadores que participan en el mercado de regulación de frecuencia.
- No participan en el mercado de energía, pues el modelo no se ha adaptado para incluir los parámetros de funcionamiento de los sistemas de almacenamiento.
- **No participan del mercado de capacidad**, pues el diseño de este mercado desfavorece a las tecnologías de almacenamiento de corto plazo. **Se exige potencia declarada por un tiempo indefinido**, lo cual no es posible para las tecnologías de almacenamiento.



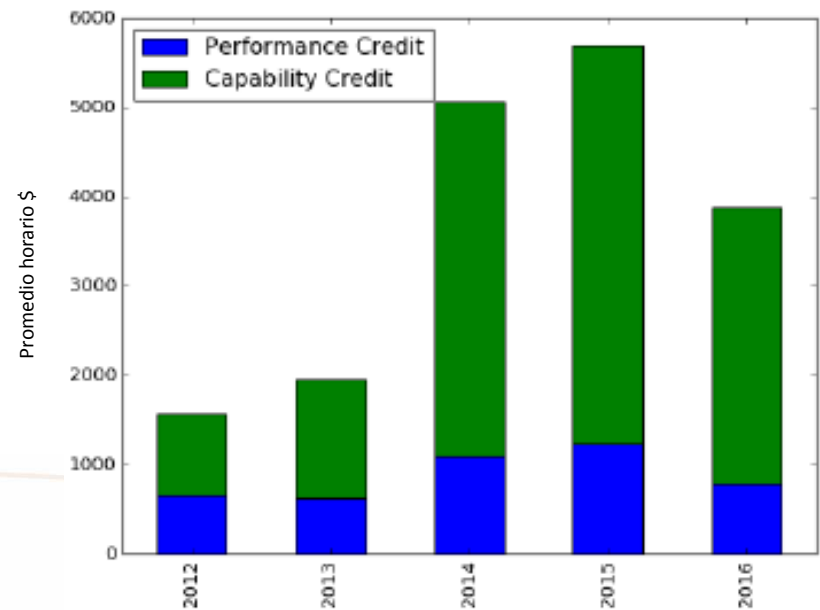
## CONTEXTO PJM

*Los Sistemas de Almacenamiento se concentran en el mercado de Servicios Complementarios*

### EFFECTOS DE LA ORDEN 755

- ✓ Se implementa un mecanismo de “pago por desempeño” en el servicio de regulación de frecuencia.
  - Se considera la velocidad y precisión de la regulación, con lo que **se crean dos señales de regulación: RegA (lenta) y RegD (rápida)**.
  - La señal RegD se aplica a fuentes de almacenamiento con capacidad de rampa, como las baterías, a las cuales aumenta su remuneración por el servicio de regulación.
  - Aumenta la capacidad instalada de baterías hasta que se estanca en ~2015 por cambios en la regulación en PJM.

### Remuneración para señal RegD

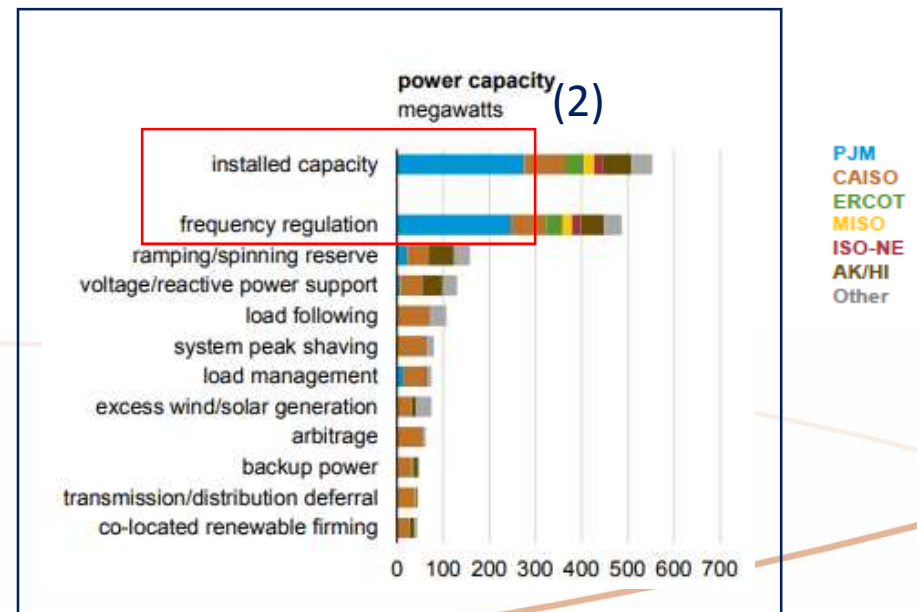
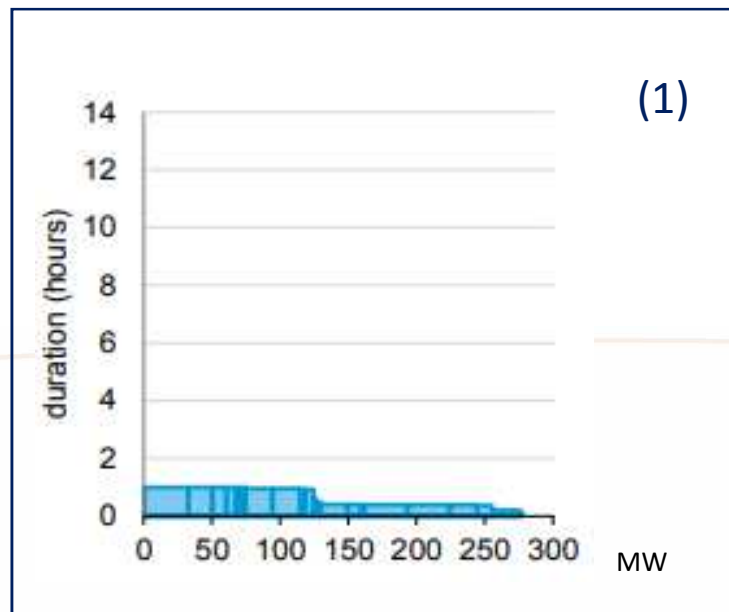


- Pago por capacidad: costo de oportunidad de la unidad marginal.
- Pago por desempeño: refleja la velocidad y precisión de la regulación.



### Participación de baterías en PJM

- ✦ La regulación propia de cada sistema en Estados Unidos impulsa de distinta manera las órdenes de la FERC.
- ✦ **PJM impulsa la regulación de frecuencia a través de SdA.**
- ✦ Las baterías instaladas tienen gran capacidad de potencia, pero baja capacidad de almacenamiento. Es decir, pueden entregar/absorber mucha energía en poco tiempo. (1)
- ✦ El uso principal de la capacidad de almacenamiento es para la regulación de frecuencia. (2)





**Participación de tecnologías de almacenamiento en PJM**



Market Participation of Storage Resources

Electric Storage Resource by Technology	Installed Capacity / Qualified Rating (MW)	Capacity	Energy	Ancillary
				Services
Pumped Storage Hydro (Generation)	5,537	Yes	Yes	Yes
Battery (Generation)	289	No	No	Yes
Flywheel (Generation)	20	No	No	Yes
Battery (Demand-side Resource)	14	Yes	No	Yes

✎ La instalación con “Flywheels” se utiliza para la regulación de frecuencia.

### California es uno de los mercados que más ha impulsado el desarrollo de Sistemas de Almacenamiento

- ✓ El desarrollo se debe en parte a las órdenes dictaminadas por la FERC, pues incentivan la participación del almacenamiento en el mercado de los servicios complementarios.
- ✓ Anuncio de la *Assembly Bill* 2514 (2012) de California requiere la **instalación de 1.325 MW** de capacidad de almacenamiento para 2020, **distribuida entre todos los sectores del mercado eléctrico (generación, transmisión, distribución, clientes finales)**.
- ✓ En 2014 se desarrolla la “**California Energy Storage Roadmap**”, iniciativa **que identifica barreras que limitan el desarrollo de sistemas de almacenamiento, y posibles soluciones para eliminarlas.**

- ✓ Se agrega el modelo NGR (*Non Generator Resource*) a la programación del despacho que **permite participar a los sistemas de almacenamiento en el mercado de energía.**
- ✓ La participación en el mercado de potencia, requiere poder operar por al menos 4 horas. Al definirse un tiempo mínimo, **los SdA** que cumplan este requisito no se exponen a multas, y por ende **participan en el mercado.**
- ✓ En cuanto a la posesión de SdA a manos de empresas transmisoras, **la FERC analiza “caso a caso” si se permite**
- ✓ Actualmente se está discutiendo **dos posibles modelos de remuneración** por los servicios que entregaría:
  1. Se paga de igual manera que las otras instalaciones de transmisión. Los ingresos por arbitraje de energía y servicios complementarios se descuentan del pago total.
  2. Se remunera solo un porcentaje de la tarifa regulada, y la empresa transmisora se queda con los ingresos por arbitraje de energía y servicios complementarios.

## **ASPECTOS GENERALES**

- ✍ **No existe una legislación común** a los miembros de la Unión Europea en materia de los sistemas de almacenamiento.
- ✍ Algunos países cobran tarifas por uso de transmisión a estos medios, mientras que otros no. Esto ha llevado a que se instalen SdA en países sin tarifas y exporten a otros donde sí las hay, dando pie a **localizaciones ineficientes**.
- ✍ No se permite la integración vertical del sector generación con el de transmisión.
  - **Si los SdA se consideran un medio de generación, las empresas transmisoras están restringidas para poseerlos.**
  - Actualmente esto se encuentra en plena discusión, generando incertidumbre regulatoria, lo que no fomenta la inversión en SdA.

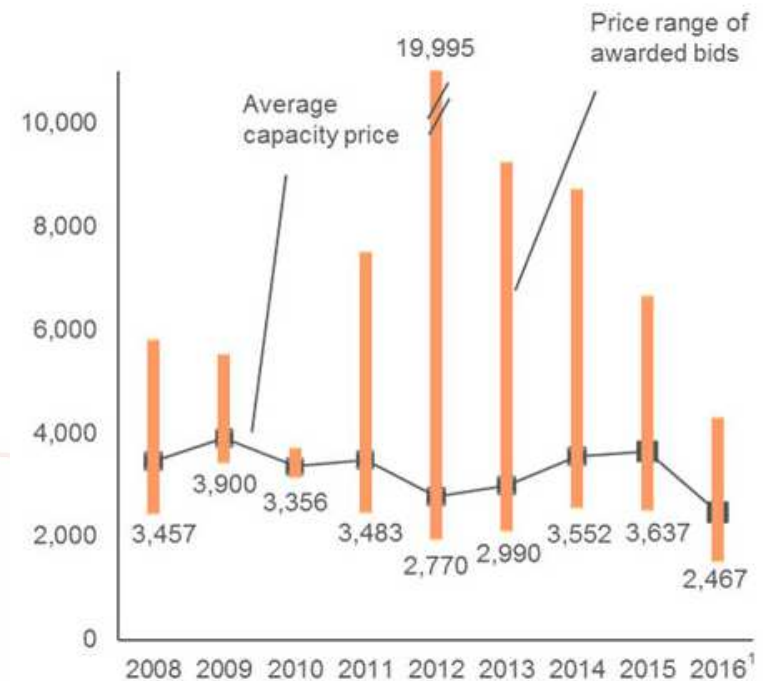
## BENCHMARK INTERNACIONAL Europa - Alemania



### Sistemas de Almacenamiento → Control Primario de Frecuencia

- En Alemania el principal uso de SdA es para el control primario de frecuencia.
- No se han desarrollado en el mercado de energía,
- Proyectos piloto de co-localización con energías renovables han demostrado no ser rentables.
- No existe un mercado de capacidad.
- **Precios.** A la baja ya que hay mucha competencia.
- **Limitantes.** El sistema de subastas no permite tener una proyección de precios a largo plazo, lo que aumenta el riesgo de las inversiones.

Precio promedio por capacidad y rango de precios para reserva de Control Primario de Frecuencia en Alemania [EUR/MW]





### 1. Control de Frecuencia. Vigencia de los contratos adjudicados es de 4 años

- ✓ Se obtiene mediante subastas.
- ✓ Permite planificar (a diferencia del caso alemán).
- ✓ Alta competitividad (incluso entre los sistemas de baterías) hace que los precios adjudicados sean muy bajos, por lo que las inversiones no pueden ser pagadas únicamente por este concepto.

### 2. Mercado de Capacidad. Participan en el mercado de capacidad (EMR)

- ✓ Se debe ofertar un **mínimo de 2 MW**, con una unidad o agregando varias.
- ✓ Los contratos por capacidad obligan a entregar energía en momentos de escasez energética, **por un tiempo indefinido**.
- ✓ Si el almacenamiento está descargado en el momento en que debe entregar energía por el contrato, o no logra mantener su generación por el tiempo requerido, se expone a altas multas.
- ✓ De los 3,2 GW de capacidad asegurada para el período 2020-2035, 500 MW corresponden a medios de almacenamiento.

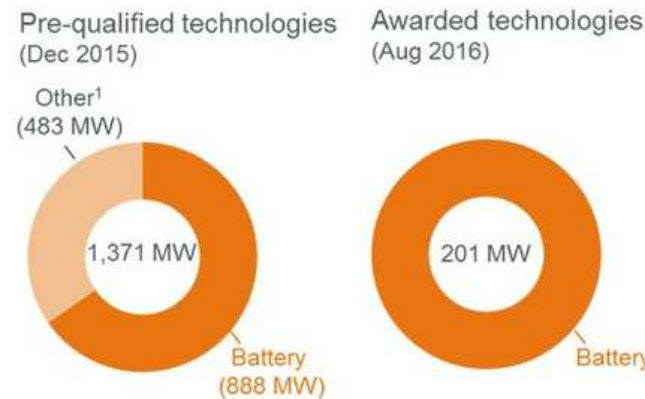
### 3. Regulación. La regulación no define claramente los sistemas de almacenamiento

- ✓ Carácter dual *productor – consumidor* hace que deban pagar cobros por uso del sistema de transmisión y/o distribución tanto cuando se carga como cuando se descarga.



### El uso principal es el “Enhanced Frequency Response” (EFR)

- **“Enhanced Frequency Response”**: Servicio complementario creado por la necesidad de responder rápidamente ante variaciones de generación renovable (gran presencia eólica). Se subasta.
- **Requisitos**: entregar un **mínimo de 1 MW**, y un **tiempo de activación menor a 1 segundo**.
  - Ventaja 1: Al no haber un mínimo tiempo de operación, los sistemas de almacenamiento de corta duración (como volantes o baterías) pueden participar.
  - Ventaja 2: El requisito de actuación rápida deja fuera a la mayoría de generadores convencionales, lo que da mayor oportunidad a los sistemas de almacenamiento.
- En 2016 se realizó la primera subasta de EFR, siendo adjudicados 201 MW únicamente a **sistemas de baterías**.



ITEM				
MERCADO ENERGÉTICO	Solo Centrales a Bombeo. Baterías no son contempladas en el modelo de despacho.	Pueden participar. Modelo de despacho los considera.	No se ha incentivado	No se ha incentivado
CAPACIDAD	Exigencias técnicas no lo viabilizan → Exposición a costosas multas	Pueden participan. Hay tiempo de operación definido.	No hay mercado de capacidad	Se viabiliza la participación.
SERVICIOS COMPLEMENTARIOS	Control de Frecuencia	Participación en todos los SSCC	Control Primario de Frecuencia	Enhanced Frequency Response
TRANSMISIÓN	FERC analiza "caso a caso"	FERC analiza "caso a caso" Se está definiendo modelos	Sist. de almac. son activos de generación, no pueden dar servicios de Tx	Sist. De almac. Son activos de generación, no pueden dar servicios de Tx
PROMOTOR CLAVE	Control de Frecuencia con buen desempeño (Orden 755)	Non Generator Resource Model	Control Primario de Frecuencia	Enhanced Frequency Response

- ✦ Las regulaciones se han impulsado en base a las necesidades de cada país.
- ✦ Es necesario dejar los espacios en la operación y regulación para permitir la participación de los sistemas de almacenamiento.

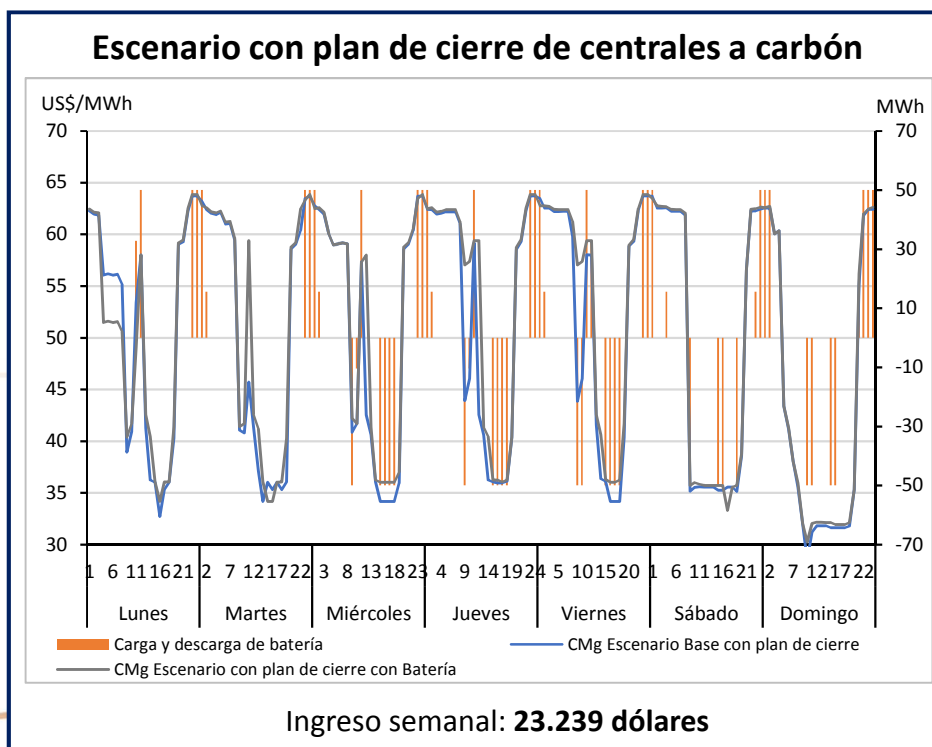
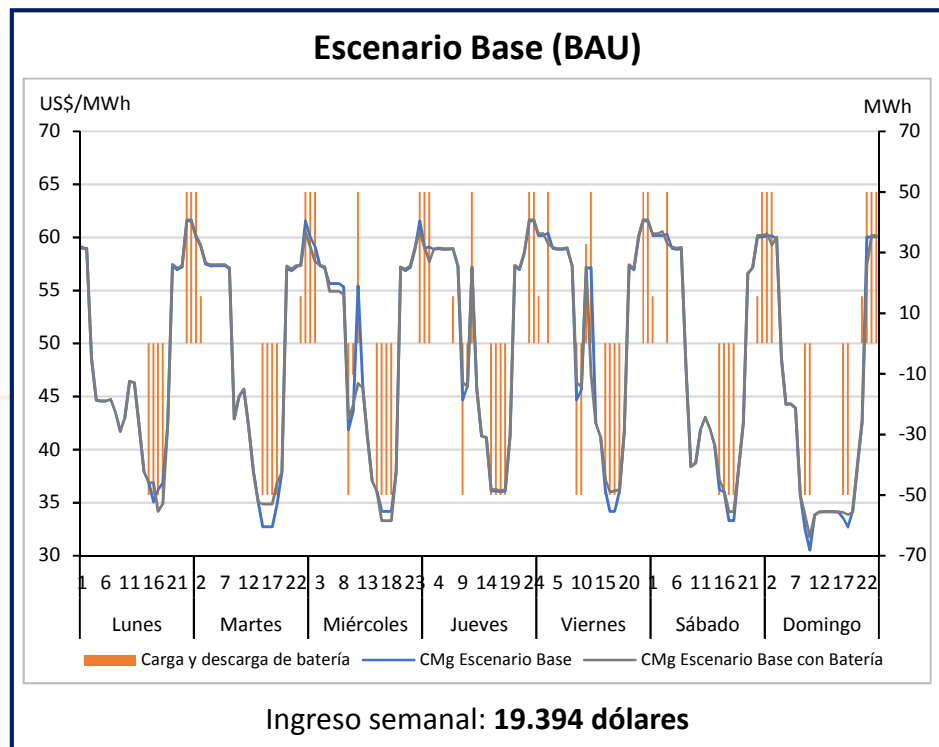


# MERCADO CHILENO

### MERCADO DE ENERGÍA

- La operación de sistemas de almacenamiento estaría a disposición del Coordinador, con el fin de maximizar el beneficio del sistema, y no necesariamente del almacenamiento.
  - **El arbitraje de energía podría no ser rentable -> Sujeto al Coordinador.**

**Principales supuestos de modelación:** semana tipo de enero de 2025; maximización de los ingresos de una batería de **50MW/200MWh**, eficiencia 89%, en Maitencillo 220 kV.



### MERCADO DE CAPACIDAD

- A pesar de que no se prohíbe la participación de los sistemas de almacenamiento en el mercado de potencia, no existe procedimiento que indique cómo se calcula la potencia de suficiencia para estos.
  - ✓ Antes de participar en un mercado de capacidad, hay que responder dos preguntas claves:
  - ✓ ¿Cuánta capacidad se me reconocería/desearía declarar?
  - ✓ ¿Por cuánto tiempo debo poder generar mi potencia reconocida?.

En mercados donde no se explicita el tiempo mínimo de operación para la capacidad ofrecida, los SdA podrían abstenerse de participar, para así evitar riesgos regulatorios y/o comerciales.

#### MERCADO DE SERVICIOS COMPLEMENTARIOS

- ❑ La regulación actual de SS.CC. permite que sean provistos por “equipos de compensación de energía activa y potencia reactiva” lo que podría incluir sistemas de almacenamiento.
- ❑ Nuevo Reglamento en tramitación considera explícitamente los sistemas de almacenamiento.

#### TRANSMISIÓN

- ❑ La planificación de la expansión de transmisión puede incluir nueva infraestructura en base a sistemas de almacenamiento.
  - ❑ Apoyo al sistema de transmisión para enfrentar de mejor manera las horas de alta demanda.
  - ❑ Al ser considerado como instalación de transmisión, no queda claro en la regulación cómo se evitaría que el sistema de almacenamiento no participe de otro mercado y por ende obtenga doble pago.

1. Se deben analizar/buscar fórmulas para maximizar el uso de un sistema de almacenamiento en el sistema eléctrico.
2. La regulación propuesta (\*) compatibiliza el mercado de energía y el mercado de SSCC. Esto no es tan claro para otros mercados como el de capacidad, transmisión
3. La experiencia revisada nos indica que el desarrollo de sistemas de almacenamiento está asociada, principalmente, al mercado de SSCC. La regulación propuesta no se visualiza como una barrera en este sentido.

(\*) Reglamento de la Coordinación y Operación del SEN



#### 4. En el mercado de Energía:

- Conciliar el “arbitraje de precios” con nuestro sistema hidrotérmico de costos declarados y auditados resulta complejo.
- Podría ser contradictoria la regulación propuesta (\*): ¿La inyección la decide el Coordinador o la empresa? El costo variable para efectos de despacho es el costo de oportunidad (como embalse) o el costo de retiro?
- ¿Desregular es una opción?, dejando a riesgo del titular el arbitraje de precios. ¿Los retiros no podrían considerarse una demanda más del sistema que se introduce diariamente conforme el requerimiento del dueño del sistema?
- Entendemos que, para no romper la regulación básica de nuestro mercado, la inyección debiera definirla el Coordinador en base al costo variable (de adquisición).

(\*) Reglamento de la Coordinación y Operación del SEN

### 5. Como recurso de Tx (y Dx):

- Se requiere un tratamiento legal explícito: ¿Se pagará un VATT? ¿Los saldos deberían imputarse al Cargo Unico de Tx? Entre otras materias.
- La metodología de análisis debiese acotar las hipótesis: por ejemplo, ¿evita vertimientos de manera más costo eficiente que un sistema tradicional?; ¿desplaza inversiones de manera eficiente?; ¿soluciona una restricción ambiental?.
- ¿El titular no podría participar en el mercado de Energía?. ¿Podría proveer SSCC?
- ¿Cómo se compatibiliza lo anterior?



# Oportunidades Sistemas de Almacenamiento Mercado Chileno

## Algunas Reflexiones

Septiembre de 2018

[www.valgesta.com](http://www.valgesta.com)  
Alonso de Córdova 5900, Piso 4, Of. 402  
[contacto@valgesta.com](mailto:contacto@valgesta.com) | [twitter: @valgesta](https://twitter.com/valgesta)  
(+56 2 ) 2 224 97 04