

# 10° Encuentro de Proveedores y Contratistas Grupo EPM V Edición Jornadas Técnicas

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital

Grupo·epm



# Sistemas de Almacenamiento Energético con Baterías –SAEB-

Metodología de Especificaciones Técnicas para Sistemas de Almacenamiento Energético con Baterías (SAEB) con aplicación en subestaciones de generación y de distribución

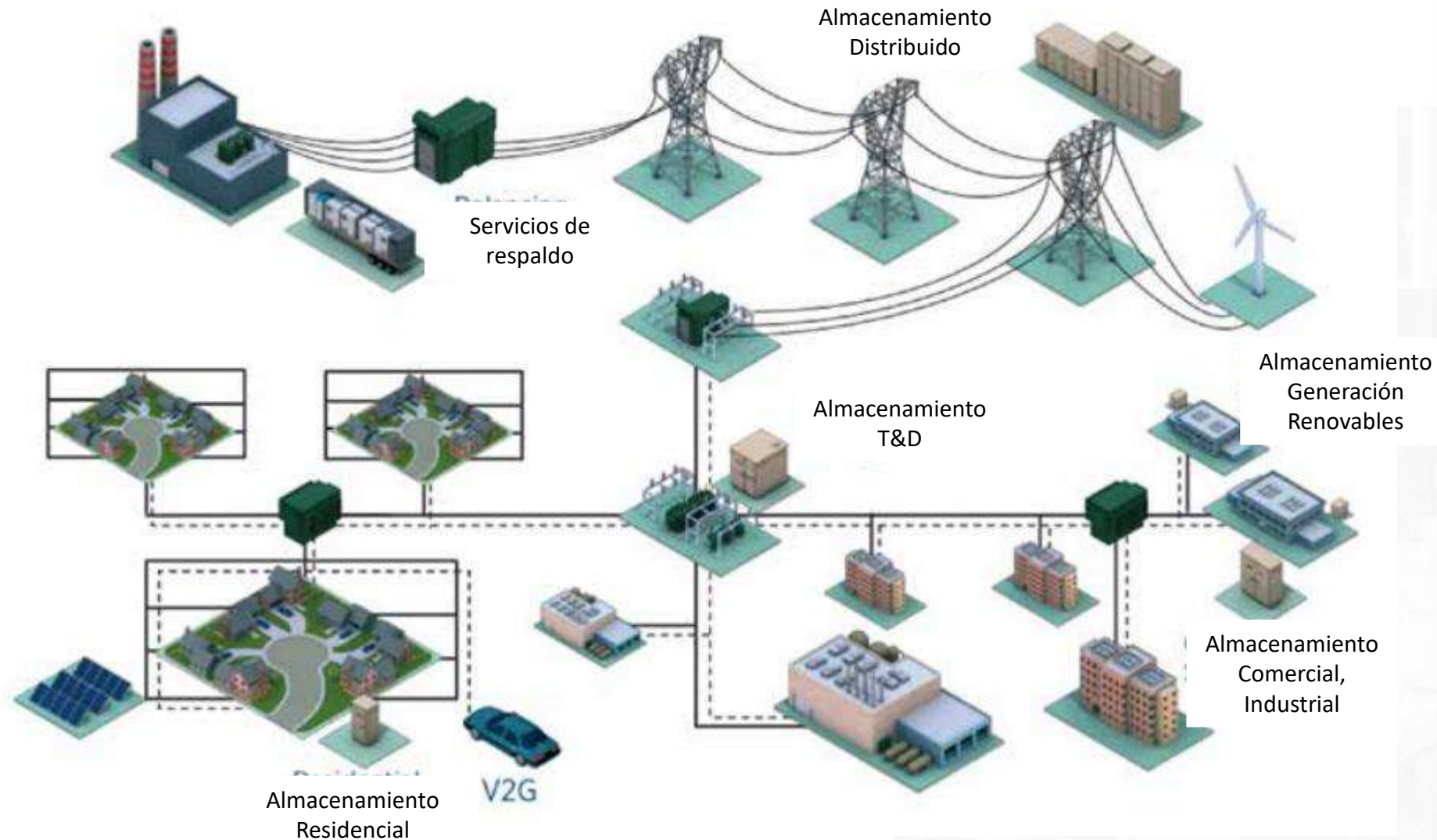
Gabriel Jaime Correa Henao  
Unidad Ingeniería de Proyectos 1

Kevin Andrés Pachón-Niño  
Unidad Estudios y Asimilación Tecnológica



# Antecedentes - Contexto

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital



Fuente = (IRENA, 2017)

# Tecnologías de Baterías

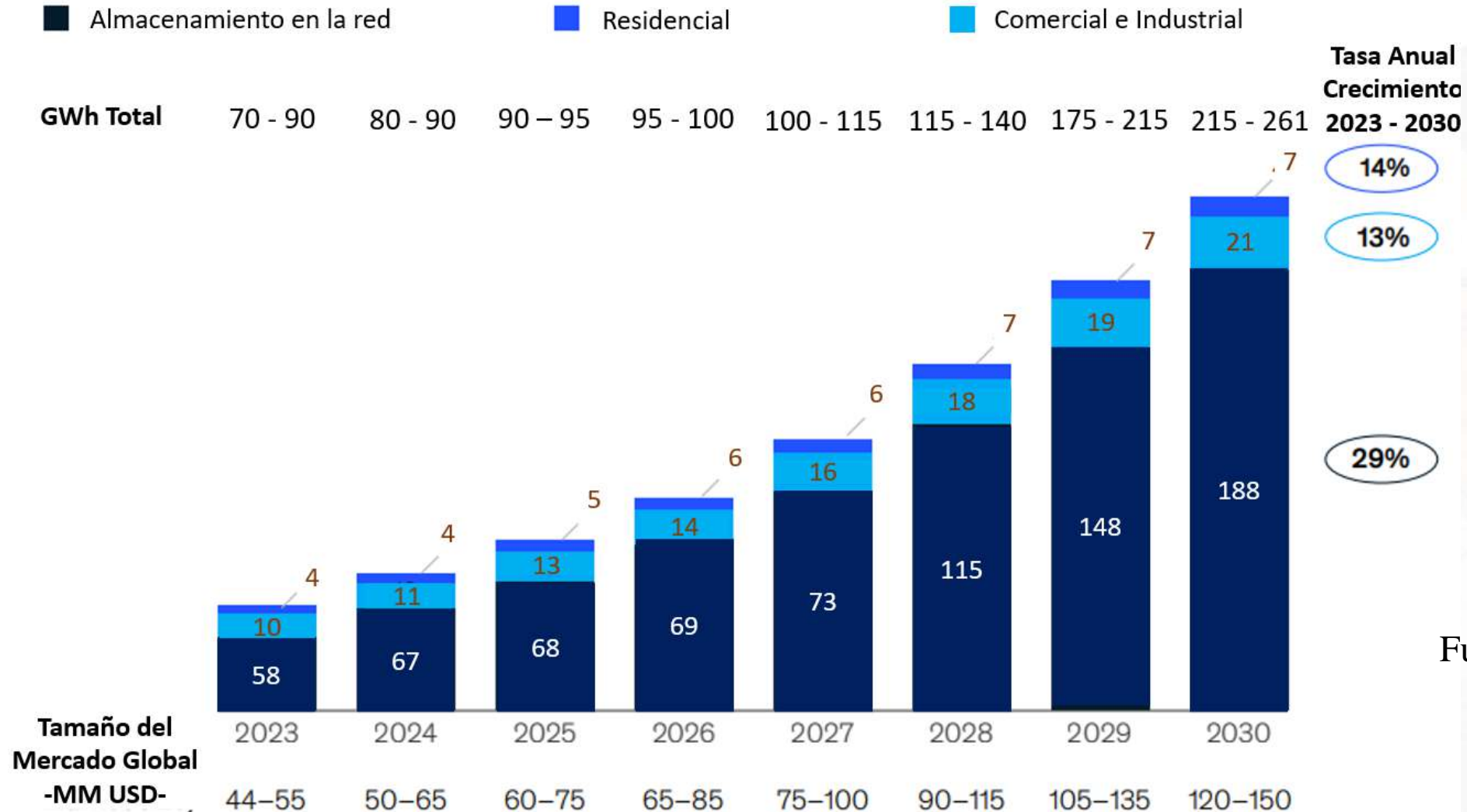
Tecnología	Vida Útil (Ciclos)	Precio (USD/kWh)	Densidad Energética (Wh/kg)	Disponibilidad Comercial
Pb-Ácido	30-50	80-150	500-800	Alta
NiCd	40-60	300-400	1.500-2.000	Alta
NiMH	60-120	300-400	500-1000	Alta
VRFB	15-25	250-350	10.000-20.000	Baja
NiFe	30-50	400-500	2000-3000	Moderada
Fe-Aire	~1200	~50	10.000 – 20.000	Investigación
Li-ion	100-265	100 - 300	500-1000	Alta
SIB	160-200	100 - 200	~5.000	Investigación
LiFePO4	~120	160 - 230	~3.000	Alta
LiFePMn	~240	~250	5.000-10.000	Baja
NiCoMn	~250	100-300	500-1.000	Moderada
LiCoO4	150-200	~250	500-1.000	Baja
NaS	~110	100-200	~4.500	Baja
Zn-Aire	~1000	~200	~10.000	Investigación

Estimativos de costos en EEUU

Recopilación de Catálogos Proveedores, IRENA 2017, Lazard 2021, McKenzie 2023, NREL 2023, Polaris 2023

# Inversiones CAPEX a nivel global

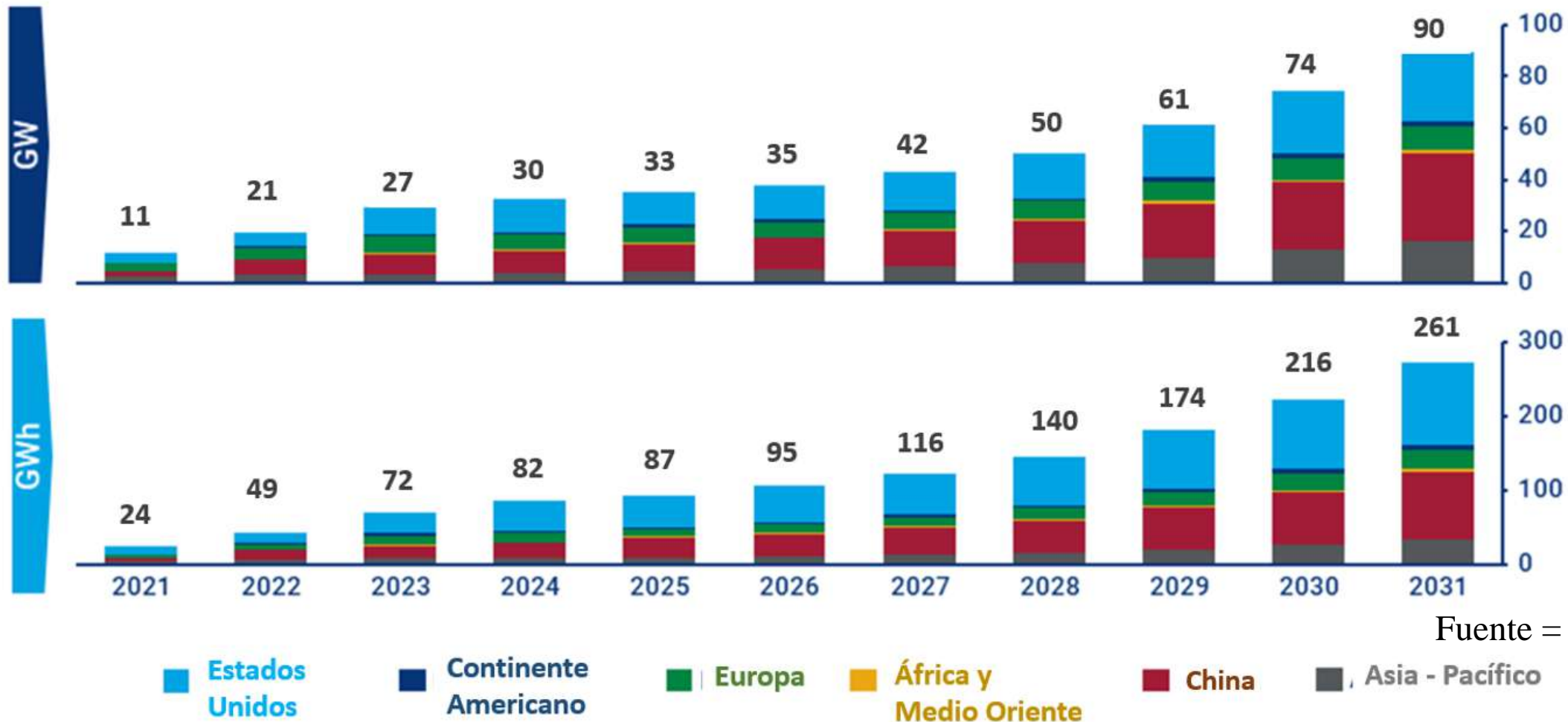
- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital



Fuente = (McKenzie, 2023)

# Crecimiento de la Capacidad Instalada

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital



Fuente = (McKenzie, 2023)

# Gama de Servicios de los SAEB

Servicios despacho horario	Servicios Auxiliares	Servicios Redes T&D	Servicios Gestión Energética para Clientes	Sistemas Aislados
Arbitraje de despacho de energía horaria (*)	Regulación	Postergación ampliación infraestructuras	Calidad de Potencia	Sistemas solares fotovoltaicos aislados (*)
Capacidad para suministro de energía (*)	Sobrefrecuencia, subfrecuencias y servicios suplementarios	Alivios a congestiones en redes	Confiability de Potencia (*)	Redes Inteligentes: servicios estabilidad (*)
	Regulación de tensión	Regulación de tensión	Despacho tiempo real (*)	Redes Inteligentes: intercambios en almacenamiento energético virtual (*)
	Arranque barra muerta		Gestión de cambio de la demanda	
			Incremento en autoconsumo solar fotovoltaica (*)	

(\*) Servicios también aplicables a generación con energías renovables

Fuente = (IRENA, 2017)

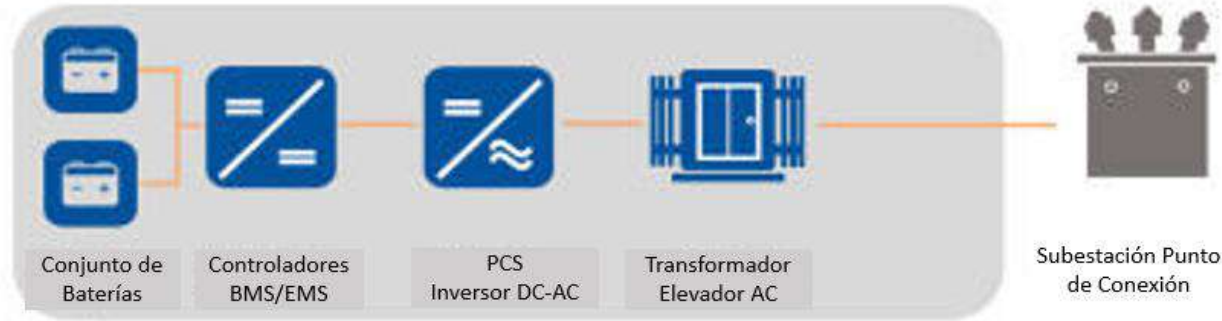
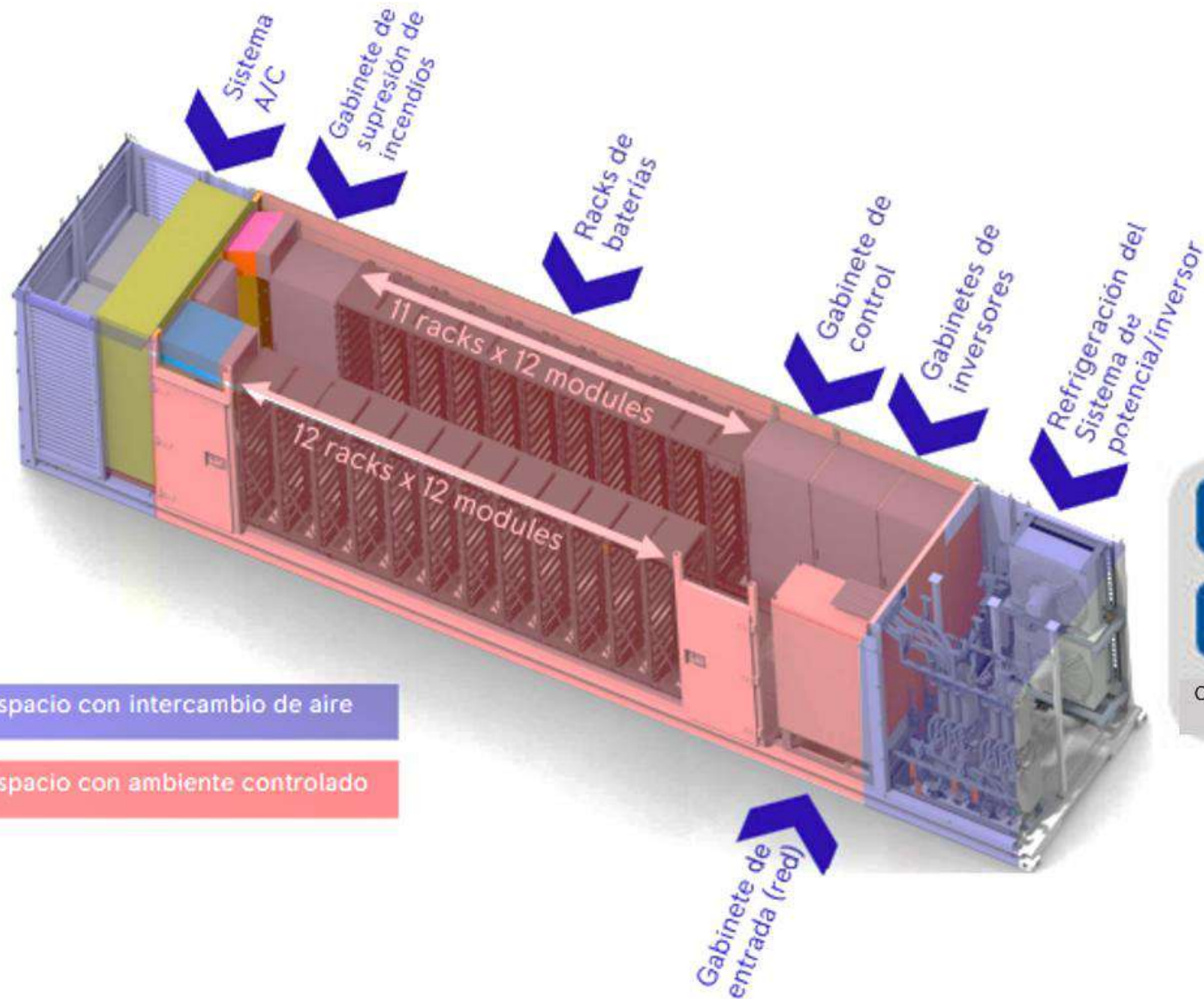
# Criterios Básicos Dimensionamiento

Subestaciones Generación	Subestaciones T&D
<p>Máxima relación entre capacidad de generación y capacidad del SAEB = 3:1</p> <p>Por ejemplo, en un parque solar FV de 30MW, el SAEB se dimensiona en máximo 10MW</p>	<p>Capacidad para atender la demanda que se conecta a la subestación, usualmente asociada a la cargabilidad y factor de potencia del transformador de potencia.</p> <p>Por ejemplo, se dimensiona el SAEB de máximo 4,5MW en una subestación con transformador de 6MVA con cargabilidad de 83,3% y FP de 0.9</p>
<p>Recomendación de hasta 4 horas de autonomía</p>	<p>Recomendación de 1 ó 2 horas de autonomía, según registro histórico de confiabilidad y demanda no atendida desde una subestación radial.</p>
<p>Régimen de trabajo carga / descarga tipo C1, C2, C3, C4, etc, según se estipule por los fabricantes. Por ejemplo, el régimen C3 implica que la descarga se realiza gradualmente durante 3 horas en un solo ciclo.</p>	
<p>Estrategia de compensación para el desempeño de baterías LFP:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. <i>Escenario Avanzado</i> = Sobredimensionamiento de capacidad en MW en la inversión CAPEX durante el primer año de trabajo</li><li>2. <i>Escenario Conservador / Moderado</i> = Compensación mediante incorporación de nuevas baterías a lo largo del ciclo de vida (Típicamente, cada 10 años) para garantizar la capacidad en MW</li></ol>	



# Disposición Típica SAEB

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital



Fuente = (Roll-Royce, 2022)

# Proveedores / Fabricantes SAEB

10° Encuentro  
de Proveedores y Contratistas Grupo EPM  
V Edición Jornadas Técnicas

Empresa	País de Origen	Ciudad de la Fábrica/Sede
Tesla	Estados Unidos	Palo Alto, California
Panasonic	Japón	Osaka
LG Chem	Corea del Sur	Seúl
BYD	China	Shenzhen
Samsung SDI	Corea del Sur	Suwon
CATL (Contemporary Amperex)	China	Ningde, Fujian
ABB	Suiza	Zúrich
Saft (una subsidiaria de Total)	Francia	Levallois-Perret
EnerSys	Estados Unidos	Reading, Pennsylvania
NEC Energy Solutions	Estados Unidos	Westborough, Massachusetts
Fluence (una empresa conjunta de Siemens y AES)	Estados Unidos	Arlington, Virginia
Hitachi Energy	Japón	Tokio
Kokam (perteneciente a Hanwha Group)	Corea del Sur	Seongnam
GS Yuasa	Japón	Kyoto
Toshiba	Japón	Tokio
Sonnen (ahora parte de Shell)	Alemania	Wildpoldsried
SimpliPhi Power	Estados Unidos	Oxnard, California
MEPPI - Mitsubishi	Estados Unidos	Warrendale, Pensilvania
Honeywell	Estados Unidos	Charlotte, Carolina del Norte
Hithium	Suecia	Estocolmo
Sungrow	China	Hefei, Anhui
Jinko	China	Shangrao, Jiangxi
Rolls-Royce	Reino Unido	Londres
Merus	Finlandia	Pirkkalaistie

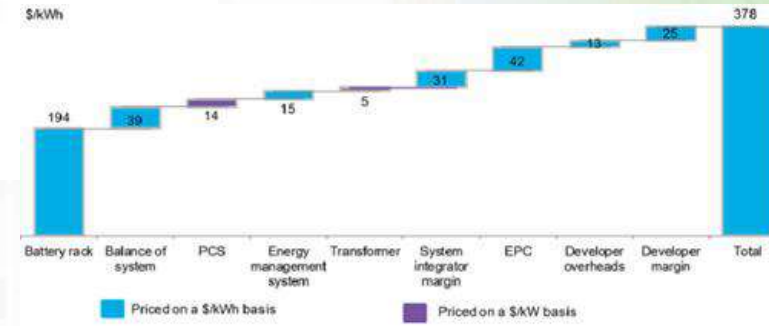
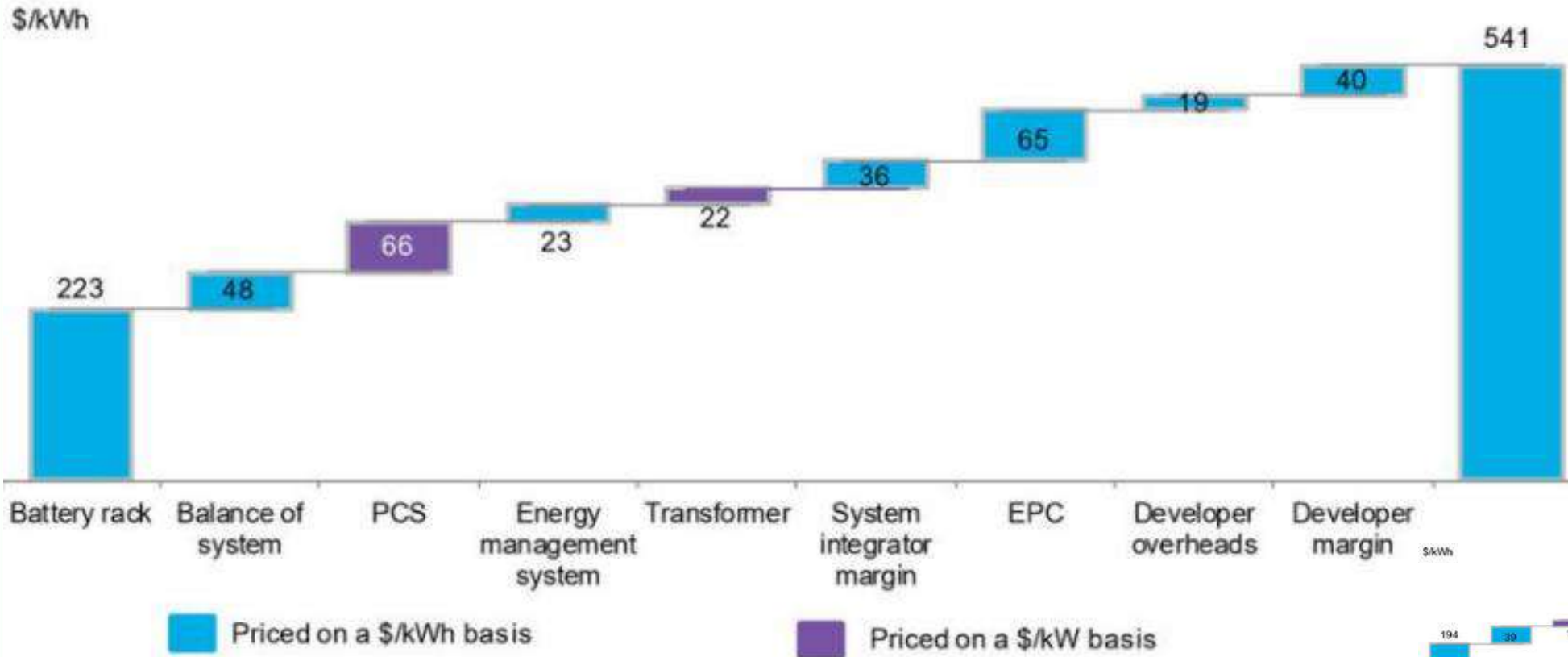
# Especificaciones Técnicas SAEB

10° Encuentro  
de Proveedores y Contratistas Grupo EPM  
V Edición Jornadas Técnicas

Parámetro	Valor	Unidad	Observación
Capacidad Almacenamiento	5	MW <sub>DC</sub>	Requerimiento de Proyecto SAEB
Capacidad Energética	21,052	MWh	Requerimiento de Proyecto SAEB (Con remanente Profundidad Descarga)
Régimen Trabajo	C4		4 Horas de Autonomía
Horas Autonomía	4,21	Horas - Día	Capacidad Energética / Capacidad Almacenamiento + Remanente Profundidad Descarga
Tiempo de carga	4	Horas - Día	Se deben validar las condiciones de diseño y fichas técnicas
Tecnología Almacenamiento	LFP	Li-Fe-P	Requerimiento de Proyecto SAEB
Profundidad de Descarga	95,0%	%	Según el tipo de tecnología
Densidad Energética	190	Wh/Kg	Depende del tipo de tecnología. Información del fabricante
Operación	1	Operación/día	Sólo se reconoce el pago de una operación diaria del SAEB, para garantizar estabilidad de la red.
Ciclos de Carga-Descarga	7500	Ciclos	Depende del tipo de tecnología
Vida Útil	20,55	años	Depende del tipo de tecnología y de los procedimientos de operación
Relación Acumulador/Inversor	1 : 2		Un inversor por cada 3 contenedores de 20 pies
Contenedores requeridos	5		Contenedores de 20 pies. Cada uno con capacidad de almacenamiento de hasta 4 MWh
Cantidad Total Inversores	2		Un PCS por cada 3 MW de potencia
Área Terreno	357	m <sup>2</sup>	Superficie de predio con distancias de seguridad para 5 contenedores de 20 pies c/u + inversores
Coordenadas			(Según localización de la Subestación)
Voltaje Conexión	13,2	kV	13,2kV Hasta 7,5MW; 44kV hasta 20MW; 110kV otras potencias
Línea de Transmisión	1	Km	Nivel de Tensión 13,2kV Cuando sea requerido por el proyecto, incluir requerimientos del punto de conexión y de la línea de transmisión en media o alta tensión)

# Estimativo CAPEX unitario USD/kWh

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital

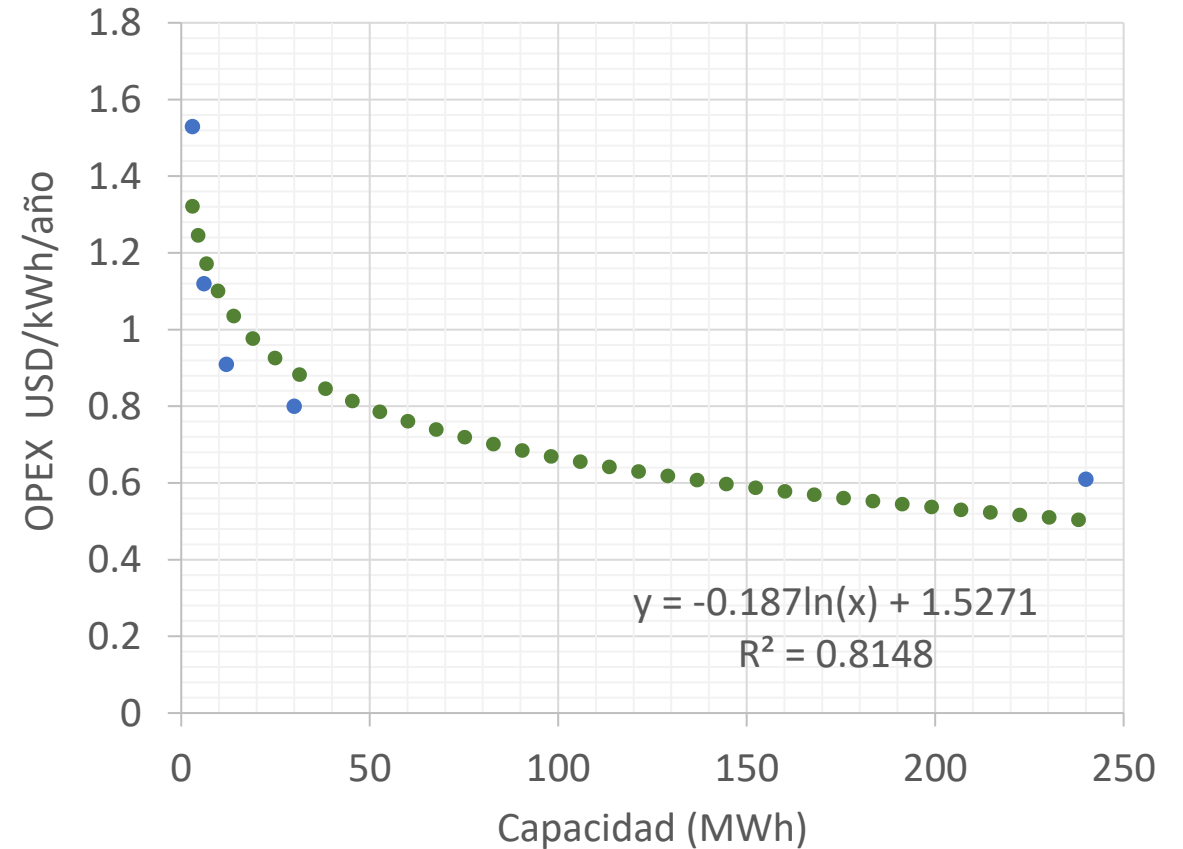
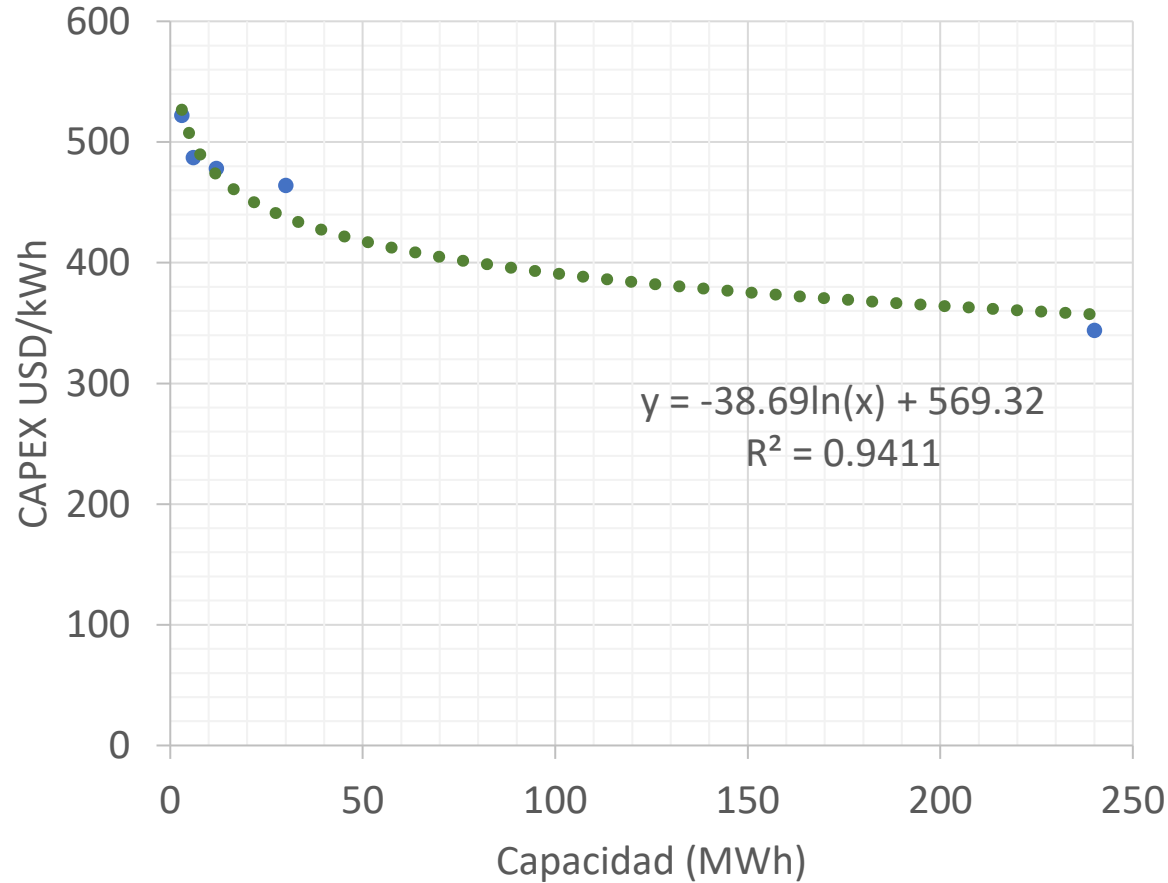


Información de referencia. Estimativos de costos en EEUU. No incluye gestión de impuestos, predios, licenciamientos.

Fuente = (Bloomberg, 2019)

# Formulación Estudios de Mercado

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital



Estrategias para compensar la degradación de las baterías:

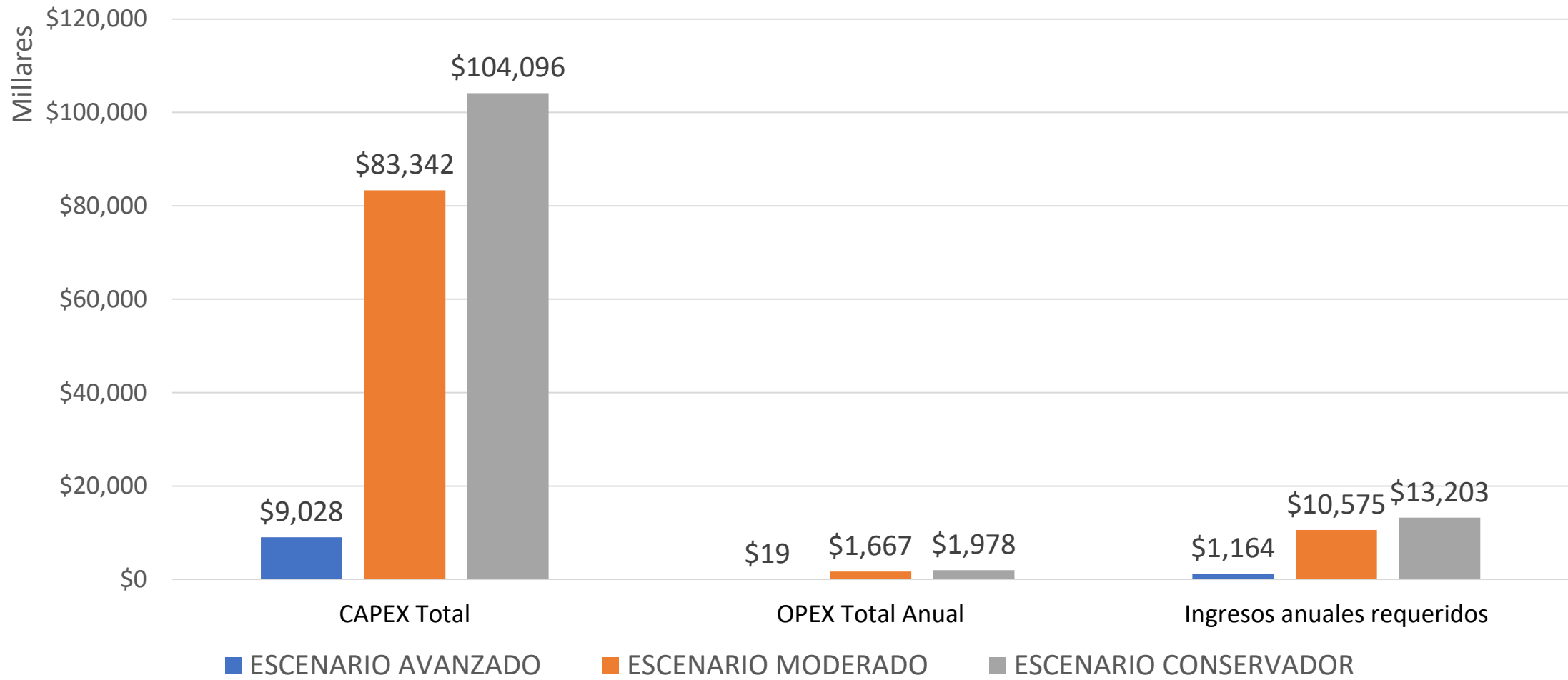
Sobredimensionamiento al principio del proyecto, o compensación diferida durante el ciclo de vida

# Escenarios de Inversión

Escenario Avanzado	Escenario Conservador	Escenario Moderado
<p>Innovaciones tecnológicas disponibles y maduras. Se evidencia desarrollo de varios proveedores para soportar la implementación de proyectos SAEB. En este caso, se proponen elegir tecnologías con operatividad mayor a 7500 ciclos, para alargar la vida útil de los proyectos a más de 20 años, con sobredimensionamiento en las condiciones iniciales de capacidad energética.</p>	<p>Inversiones históricas llegan al mercado con un aprendizaje industrial continuo. El LCOE en este escenario también tiene en cuenta mayores inversiones CAPEX para el acondicionamiento y utilización del sistema de almacenamiento, por ejemplo, puntos de conexión, líneas de transmisión, gestión predial y ambiental. Para el SAEB se estiman recambios de baterías cada 10 años, para compensar su degradación</p>	<p>Innovaciones en el mercado actual se vuelven más generalizadas, y tienen cierto nivel de madurez. Este escenario puede considerarse para implementar prototipos de innovación tecnológica, pero teniendo en cuenta adecuadas inversiones CAPEX en asuntos como licenciamientos ambientales, gestión predial, líneas de transmisión y acondicionamiento en los puntos de conexión. Para el SAEB se estiman recambios de baterías cada 10 años, para compensar su degradación.</p>

# Escenarios de Inversión

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital



# Recomendaciones

Inversiones sobre la tecnología de almacenamiento y armonización con otros proyectos de generación (corrección de la intermitencia) o T&D (mejora de confiabilidad) para que éstos asuman costos CAPEX y OPEX de los puntos de conexión en las subestaciones, y sus respectivas líneas de transmisión.

Para realizar sensibilización con entidades de planeación y regulación del mercado energético colombiano con el fin de compatibilizar el funcionamiento de los SAEB con el marco regulatorio, se propone el acompañamiento con el ente regulador tan pronto se pongan en funcionamiento los primeros proyectos, sin necesidad de que esté todo el marco regulatorio establecido.

Prestación de servicios complementarios en el caso de la actividad de generación, y para la eliminación o mitigación de restricciones en el caso de las actividades T&D, considerándolo como un activo del sistema.



# 10° Encuentro de Proveedores y Contratistas Grupo EPM V Edición Jornadas Técnicas

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital

# ¡Gracias!

Grupo·epm