X CONGRESO INTERNACIONAL | SISTEMAS BESS Y MINIGRANJAS SOLARES

10 ANIVERSARIO ExpoSolar® Colombia 2026
Energía renovable, futuro imparable

Guía práctica para desarrollar un Proyecto BESS exitoso en Latinoamérica + Caso de Estudio

28 Octubre

2:00 P.M.

Guillermo Rubiano

JA

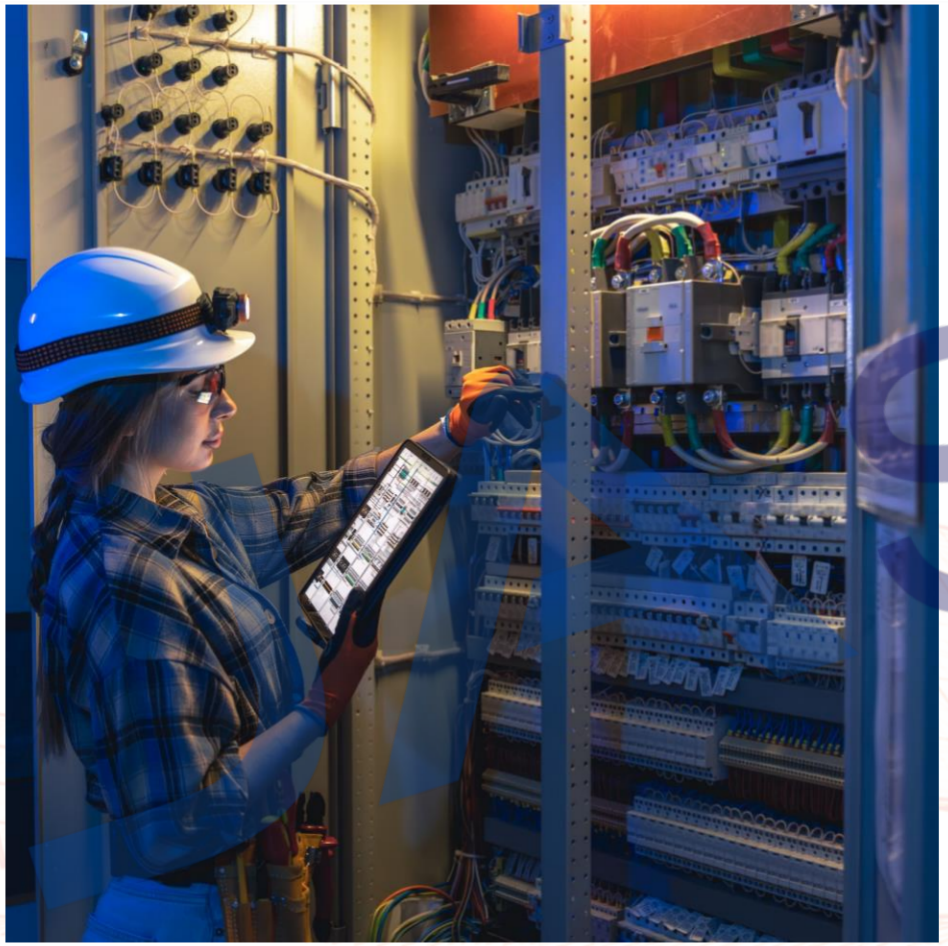
Gerente Técnico Colombia, CA y el Caribe
JA Solar



Hacemos parte de econexia operado por corferias

Organiza: Centro de Ciencia y Sensibilización Ambiental | corferias Generadores de Oportunidades y Progreso | Empresa B Certificada

¿Por qué BESS hoy en Latinoamérica?



JA

Expansión renovable

Crecimiento acelerado de ERNC en Colombia, Chile, México y Brasil exige flexibilidad y confiabilidad de red.

Caída de costes

Las baterías LFP han reducido su coste drásticamente, haciendo viable el almacenamiento a escala comercial.

Nuevas oportunidades

Arbitraje energético, desplazamiento de demanda y respaldo crítico generan flujos de ingresos concretos.

¿Qué hace exitoso un Proyecto BESS?

X CONGRESO INTERNACIONAL | SISTEMAS BESS Y MINIGRANJAS SOLARES

10 Aniversario ExpoSolar Colombia 2026

En un proyecto, no solo la tecnología es clave si no también la metodología que se usa. Estos cinco factores marcan la diferencia en el éxito de un proyecto.

Dimensionamiento correcto

Potencia y energía ajustadas al caso de uso real, sin sobrecostes ni limitaciones operativas.

Tecnología adecuada

Química, formato y fabricante seleccionados con criterio técnico y financiero.

Integración robusta

Sistema completo: PCS, BMS, EMS, climatización y seguridad, diseñados como unidad.

Modelo financiero realista

Flujos de caja, TIR y sensibilidad que reflejan las condiciones reales del mercado.

Ejecución disciplinada

Planificación, cumplimiento normativo y operación que aseguran rentabilidad sostenible.

JA SOLAR

CONTEXTO COLOMBIA

¿Qué necesita hoy el mercado colombiano?

X CONGRESO INTERNACIONAL | SISTEMAS BESS Y MINIGRANJAS SOLARES

10 ANIVERSARIO ExpoSolar Colombia 2026

La principal necesidad energética de Colombia no es únicamente instalar más generación renovable, sino incorporar **capacidad firme, flexibilidad operativa** y recursos capaces de responder durante las horas de máxima demanda y en escenarios de estrés del sistema.

DEMANDA CRECIENTE

XM indica que la demanda eléctrica colombiana continúa aumentando y que el operador monitorea permanentemente el consumo para garantizar el abastecimiento.

12.529 MW Demanda máxima reportada durante 2026, con crecimiento frente al año anterior.

Adicionalmente, XM identifica que la curva típica de demanda posee tres momentos críticos:

Amanecida	Punta de mediodía	Punta nocturna
05:00 a 07:00	11:00 a 13:00	18:00 a 21:00

*Siendo esta última la de **mayor consumo de potencia eléctrica** en Colombia.*

DEPENDENCIA HIDROELÉCTRICA

Durante el fenómeno de El Niño se observan:

- Menores aportes hídricos.
- Menores niveles de embalses.
- Mayor necesidad de generación térmica.
- Reducción de márgenes de confiabilidad.

RETRASOS EN PROYECTOS DE GENERACIÓN Y TRANSMISIÓN

Uno de los problemas estructurales actuales es que muchos proyectos nuevos **no han ingresado al sistema en los tiempos previstos.**

JASOLAR

EL ROL DEL ALMACENAMIENTO

¿Qué papel juegan los BESS?

X CONGRESO INTERNACIONAL | SISTEMAS BESS Y MINIGRANJAS SOLARES

10 Aniversario ExpoSolar Colombia 2026

NECESIDAD Nº1

Cubrir picos de demanda

Aplicación: Peak Shaving

CARGAR
10:00 – 15:00

DESCARGAR
18:00 – 21:00

*BESS aporta **capacidad firme** precisamente cuando el sistema más la necesita.*

NECESIDAD Nº2

Sustituir generación térmica cara

Durante eventos críticos:

- El Niño.
- Bajos niveles de embalse.
- Fallas de transmisión.

El sistema requiere más generación térmica.

Las baterías pueden:

- Reducir despacho térmico.
- Desplazar energía solar.
- Reducir precios marginales en algunas horas.

NECESIDAD Nº3

Incrementar capacidad firme

El **Cargo por Confiabilidad** es un mecanismo diseñado para hacer viable la inversión en recursos capaces de garantizar la atención de la demanda en condiciones críticas.

En términos simples: el sistema no remunera únicamente energía.

También remunera: un mercado cada vez más orientado a la disponibilidad de potencia y no solamente a la producción de energía cuando el país la necesita.

NECESIDAD Nº4

Servicios complementarios

La documentación reciente de la CREG reconoce la necesidad de desarrollar:

- AGC.
- Regulación secundaria.
- Control de frecuencia.
- Servicios complementarios.
- Mecanismos de remuneración para SAEB.

NECESIDAD Nº5

Integrar más renovables

Las renovables variables requieren flexibilidad.

Los documentos regulatorios recientes sobre SAEB dedican capítulos completos a:

- Integración del almacenamiento.
- Aplicaciones del almacenamiento.
- Participación en el mercado eléctrico.

JASOLAR

Hacemos parte de econexia operado por corferias

Organiza Centro de Ciencia y Sensibilización Ambiental | corferias

LOS CINCO PILARES DEL ÉXITO

¿Qué hace exitoso un proyecto BESS?

X CONGRESO INTERNACIONAL | SISTEMAS BESS Y MINIGRANJAS SOLARES

10 Aniversario ExpoSolar Colombia 2026

Un proyecto falla más por falta de método que por mala tecnología. **Estos cinco factores determinan el resultado.**

JA

1

Dimensionamiento correcto

Potencia y energía ajustadas al caso de uso real, sin sobrecostes ni limitaciones operativas.

2

Tecnología adecuada

Química, formato y fabricante seleccionados con criterio técnico y financiero.

3

Integración robusta

Sistema completo: PCS, BMS, EMS, climatización y seguridad, diseñados como unidad.

4

Modelo financiero realista

Flujos de caja, TIR y sensibilidad que reflejan las condiciones reales del mercado.

5

Ejecución disciplinada

Planificación, cumplimiento normativo y operación que aseguran rentabilidad sostenible.

JA SOLAR

7 pasos para estructurar un proyecto BESS

X CONGRESO INTERNACIONAL | SISTEMAS BESS Y MINIGRANJAS SOLARES

10 Aniversario ExpoSolar Colombia 2026

JA

1. Definición del caso de uso
2. Dimensionamiento técnico
3. Selección tecnológica
4. Diseño de integración
5. Evaluación del sitio
6. Modelación financiera
7. Cumplimiento normativo

JA SOLAR

PASO 1

Definición de la aplicación del proyecto

X CONGRESO INTERNACIONAL | SISTEMAS BESS Y MINIGRANJAS SOLARES

10 Aniversario ExpoSolar Colombia 2026

El caso de aplicación del proyecto define todo lo demás. No es lo mismo un BESS para arbitraje que para respaldo crítico.



Arbitraje de energía

Comprar barato, vender caro en mercados spot o intradiarios.

Peak shaving / desplazamiento de demanda

Reducción de potencia contratada y costes por demanda máxima.

Respaldo crítico

Continuidad operativa para procesos industriales o infraestructura sensible.

Hibridación con solar

Maximizar aprovechamiento de plantas FV con almacenamiento acoplado.

Regulación de frecuencia / servicios auxiliares

Ingresos por estabilidad de red en mercados regulados.

SOLAR

PASO 2

Dimensionamiento técnico



Fórmula fundamental

Energía (MWh) = Potencia (MW) × Horas de descarga

Sobredimensionar genera CAPEX innecesario; subdimensionar limita ingresos y vida útil.

Potencia (MW)
Capacidad de entrega instantánea

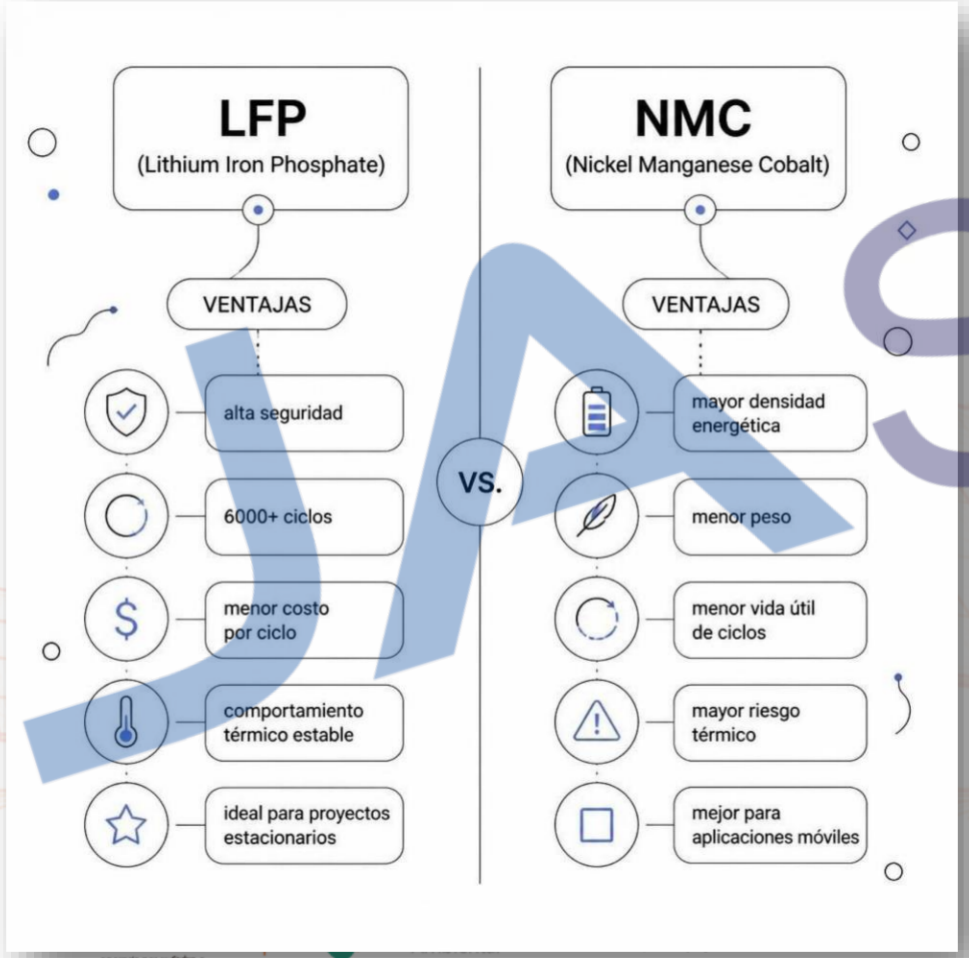
Energía (MWh)
Autonomía y duración del servicio

DoD y ciclos
Profundidad de descarga y degradación esperada

PASO 3

Selección de tecnología

Para proyectos estacionarios, la química **LFP** ofrece ventajas decisivas: seguridad intrínseca, mayor ciclo de vida y coste nivelado inferior frente a NMC.



Criterios del fabricante

- Control total de calidad en celdas, módulos y racks
- Trazabilidad completa de la cadena de suministro
- Garantías respaldadas con datos de campo reales
- Soporte técnico local y repuestos disponibles
- Certificaciones internacionales (IEC, UL, UN38.3)

En JA ESS fabrica contamos con integración vertical de calidad, desde la celda hasta el contenedor.

JA SOLAR

PASO 4

Diseño de integración: el BESS como sistema completo

El BESS no es solo batería. La integración correcta define la eficiencia, la seguridad y la vida útil del activo.

PCS

Inversor bidireccional que gestiona carga y descarga con la red.

Transformador MT

Adaptación de tensión para conexión a media tensión de red.

BMS

Supervisión de celdas en tiempo real: voltaje, temperatura y estado de carga.

EMS

Optimización económica y operativa del despacho energético.

Climatización y seguridad

Control térmico y sistemas de detección y supresión de incendios.

JA SOLAR

PASO 5

Evaluación del sitio: Factores locales que impactan el rendimiento



Altitud y temperatura

En Bogotá (~2.600 m) o Medellín, la altitud reduce la eficiencia de enfriamiento y afecta la densidad de potencia.

Espacio y distribución

Distancias entre contenedores, accesos para mantenimiento y expansión futura.

Conexión a red

Punto de acople, capacidad disponible y requisitos del operador de red.

Logística y restricciones

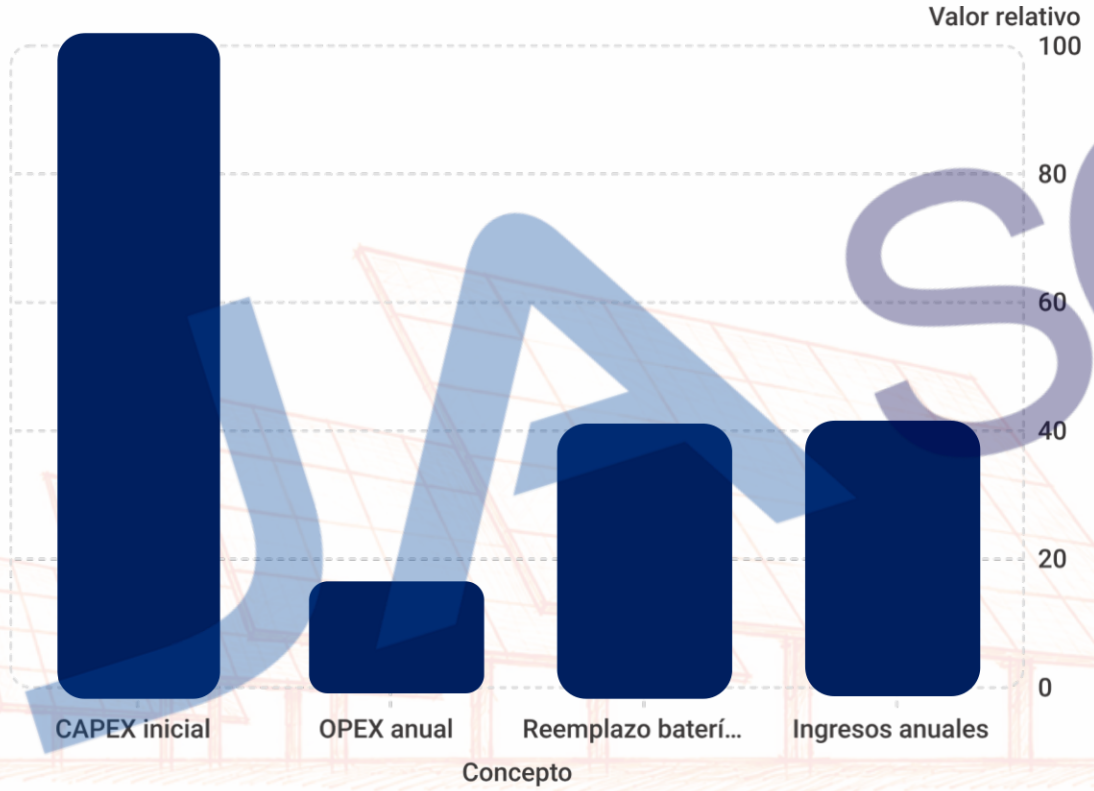
Acceso vial para transporte de contenedores y cumplimiento ambiental local.

Próximos pasos: Evaluación del sitio → Modelación financiera → Cumplimiento normativo → Caso de estudio Colombia.

JA SOLAR

Modelo Financiero

Lo técnico debe traducirse en números. Un proyecto técnicamente impecable sin rentabilidad no es exitoso.



- CAPEX, OPEX y reemplazo
- Ingresos por caso de uso
- TIR, VAN y recuperación
- Análisis de sensibilidad

JA SOLAR

PASO 7

Cumplimiento normativo

El marco regulatorio en Colombia está evolucionando. Conocerlo a tiempo evita retrasos costosos y bloqueos en la ejecución.



Regulación CREG

Resoluciones vigentes para almacenamiento y conexión a red.

Conexión y cargos

Proceso ante el operador de red y cargos asociados.

Permisos ambientales

Licencias ambientales y permisos municipales locales.

Certificaciones de seguridad

UL 9540A, NFPA 855 e IEC para sistemas BESS.

MARCO REGULATORIO

Resolución CREG 101 113

X CONGRESO INTERNACIONAL | SISTEMAS BESS Y MINIGRANJAS SOLARES

10 ANIVERSARIO ExpoSolar Colombia 2026

Lo que YA está resuelto

- Los SAEB existen oficialmente en la regulación.
- Los BESS pueden ser independientes.
- Pueden ser híbridos FV + BESS.
- Pueden participar en el MEM.
- Pueden prestar servicios complementarios.
- Existe marco para operación formadora de red (Grid Forming) y seguidora de red (Grid Following).

Lo que todavía genera incertidumbre

- Cómo monetizar completamente los servicios complementarios.
- Cómo capturar valor del Cargo por Confiabilidad en igualdad de condiciones con tecnologías convencionales.
- Cuál será el flujo de ingresos dominante para proyectos BESS a escala de servicios públicos (utility-scale).
- Cómo construir modelos financieros bancables para proyectos de 50 MW a 200 MW.

JA SOLAR

MARCO REGULATORIO

Protocolos de ensayo del CNO

X CONGRESO INTERNACIONAL | SISTEMAS BESS Y MINIGRANJAS SOLARES

10 ANIVERSARIO ExpoSolar Colombia 2026

¿Existe un protocolo de ensayos único por parte del CNO?

1. ¿Qué protocolo FAT (pruebas de aceptación en fábrica) será aceptado?
2. ¿Qué protocolo SAT (pruebas de aceptación en sitio) será exigido?
3. ¿Cómo se validarán las funciones de formación de red (Grid Forming)?
4. ¿Serán obligatorias las pruebas Hardware-in-the-Loop (HIL)?
5. ¿Se requerirán modelos certificados de transitorios electromagnéticos (EMT)?
6. ¿Quién validará los modelos dinámicos?
7. ¿Cuál será el criterio de aceptación para la respuesta rápida de frecuencia (FFR)?

OPORTUNIDAD DE MEJORA

En particular, aún hay espacio para que el CNO publique **protocolos más detallados y estandarizados** para la validación de funciones avanzadas BESS, especialmente:

- Formación de red (Grid Forming).
- Servicios complementarios.
- Respuesta rápida de frecuencia (FFR).
- Participación en mercados de confiabilidad.
- Validación mediante HIL.

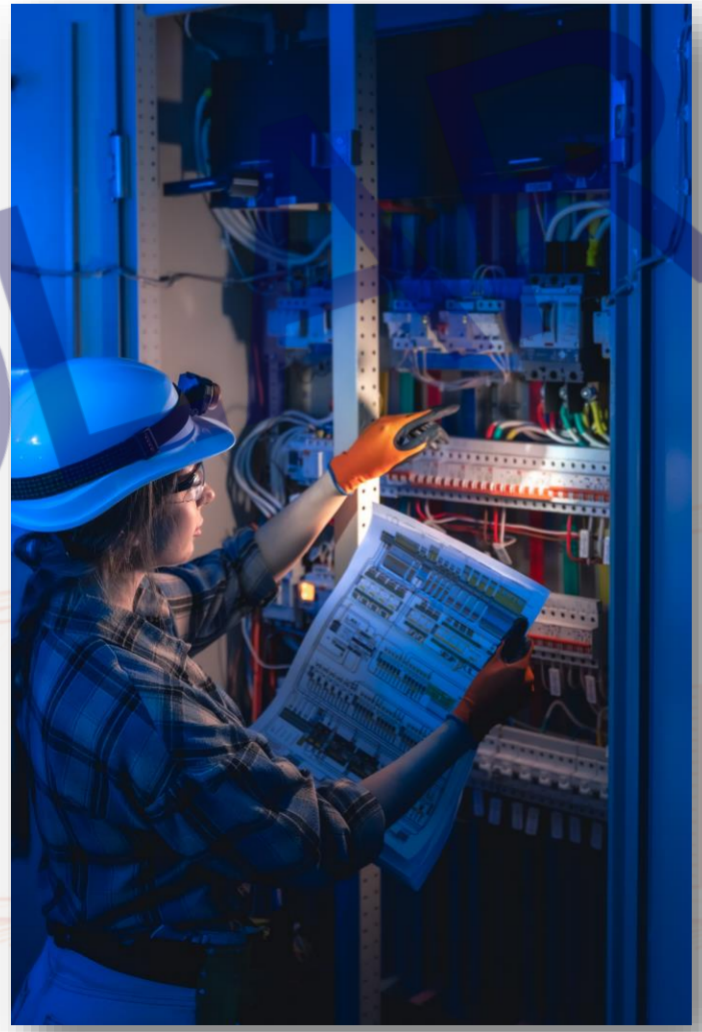
JASO

Riesgos Técnicos y Mitigación

X CONGRESO INTERNACIONAL | SISTEMAS BESS Y MINIGRANJAS SOLARES

10 Aniversario ExpoSolar Colombia 2026

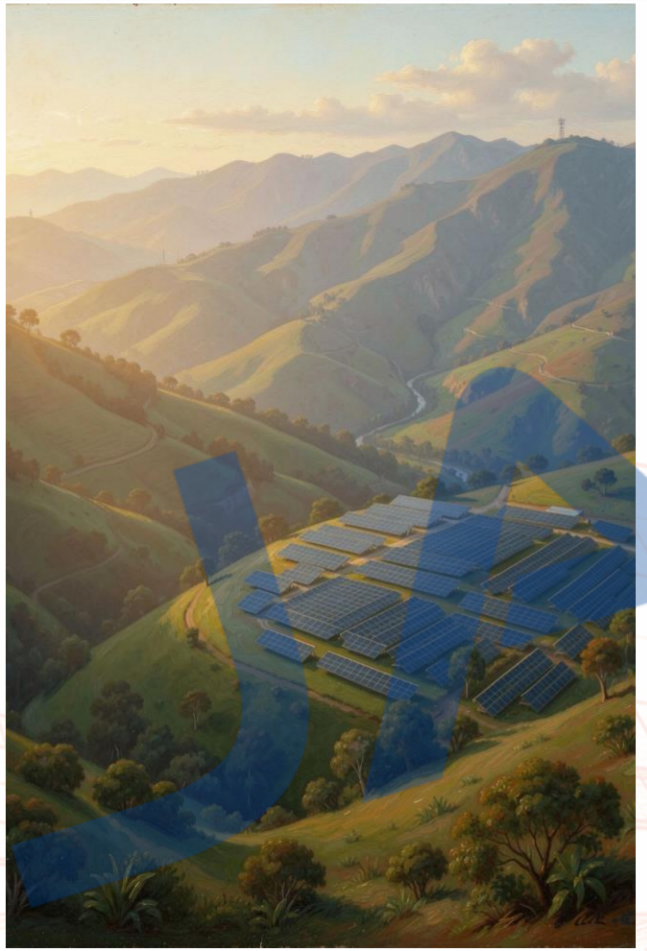
- **Degradación prematura**
  Celdas de calidad y gestión térmica activa garantizan vida útil.
- **Fugas térmicas**
  Sistemas de detección temprana y supresión integrados.
- **Fallas BMS/EMS**
  Redundancia en comunicaciones y protocolos estándar.
- **Mitigación desde diseño**
  Pruebas de fábrica, monitoreo remoto 24/7 y certificaciones internacionales.



JA

JA SOLAR

Proyecto BESS en Colombia



Aplicamos los 7 pasos a un proyecto real en Colombia: desde la concepción hasta los resultados esperados.

Ubicación

Región Andina de Colombia, zona con alta irradiación solar y demanda industrial creciente.

Tipo de cliente

Gran consumidor industrial con necesidad de gestionar demanda y asegurar continuidad operativa.

Objetivo

Reducir costes energéticos, gestionar picos de demanda y habilitar servicios auxiliares a la red.

Restricciones del sitio

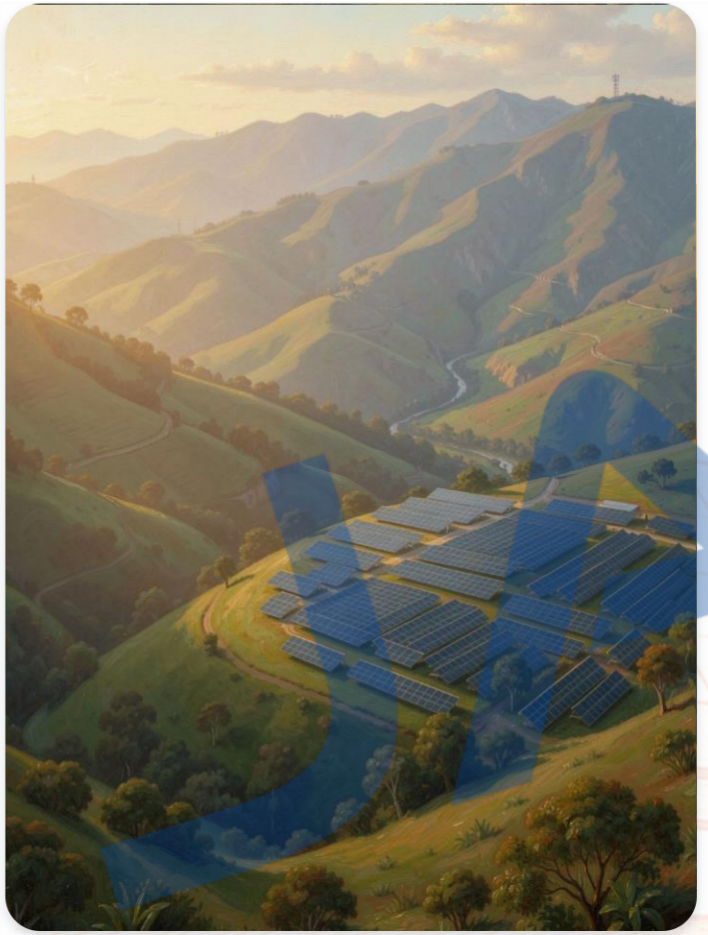
Topografía compleja, normativa local específica y condiciones climáticas de altitud.

CASO DE ESTUDIO

Requerimientos del cliente

X CONGRESO INTERNACIONAL | SISTEMAS BESS Y MINIGRANJAS SOLARES

10 Aniversario ExpoSolar Colombia 2026



UBICACIÓN DEL PROYECTO
Región Andina de Colombia

APLICACIÓN
Arbitraje + Peak Shaving

CAPACIDAD DE POTENCIA
1,0 - 2,925 MW

CAPACIDAD DE ENERGÍA
5,85 MWh
Arbitraje + Peak Shaving

TASA C (C-RATE)
0,25 - 0,5 C

CICLO DE OPERACIÓN
1 ciclo/día
365 ciclos/año

ESCENARIO DE APLICACIÓN
Conectado a red
0,690 kV

ALCANCE DEL SUMINISTRO
BESS + PCS

Fuente: JA Solar Technology Co., Ltd.

Hacemos parte de econexia operado por corferias
Organiza Centro de Ciencia y Sensibilización Ambiental | corferias

Propuesta técnica

La eficiencia del proyecto se muestra en la siguiente tabla; la **eficiencia total de descarga en un sentido (AC) es de aproximadamente 95,20 %.**

Tasa C: 0,5C (2 h)

Año / almacenamiento	Capacidad útil DC (kWh)	Descarga DC (kWh)	Descarga AC (kWh)	RTE @AC POC 0,69 kV
FAT	5733,7938	5544,31	5428,33	90,62%
COD	5570,3807	5386,30	5273,62	90,62%
1	5300,3190	5123,79	5016,60	90,57%
2	5178,1892	5004,12	4899,44	90,51%
3	5072,6874	4900,07	4797,56	90,44%
4	4976,9330	4805,77	4705,23	90,37%
5	4888,0592	4717,17	4618,48	90,26%
6	4804,3458	4632,89	4535,97	90,13%
7	4725,2195	4553,16	4457,91	90,00%
8	4649,5334	4477,09	4383,43	89,87%
9	4576,7142	4404,12	4311,99	89,76%
10	4506,1885	4333,44	4242,79	89,64%

95,20 %
Eficiencia de descarga AC

90,62 %
RTE @AC POC

Datos adicionales		
Alcance de eficiencia JA	Eficiencia BESS	97,23%
	Eficiencia PCS	98,40%
	Eficiencia cable PCS–MT	N/A
	Eficiencia transformador MT	N/A
Alcance de eficiencia EPC	Eficiencia cable DC	99,50%
	Eficiencia cable AC MT	N/A
Eficiencia de descarga AC		95,20%
RTE @AC POC		90,62%

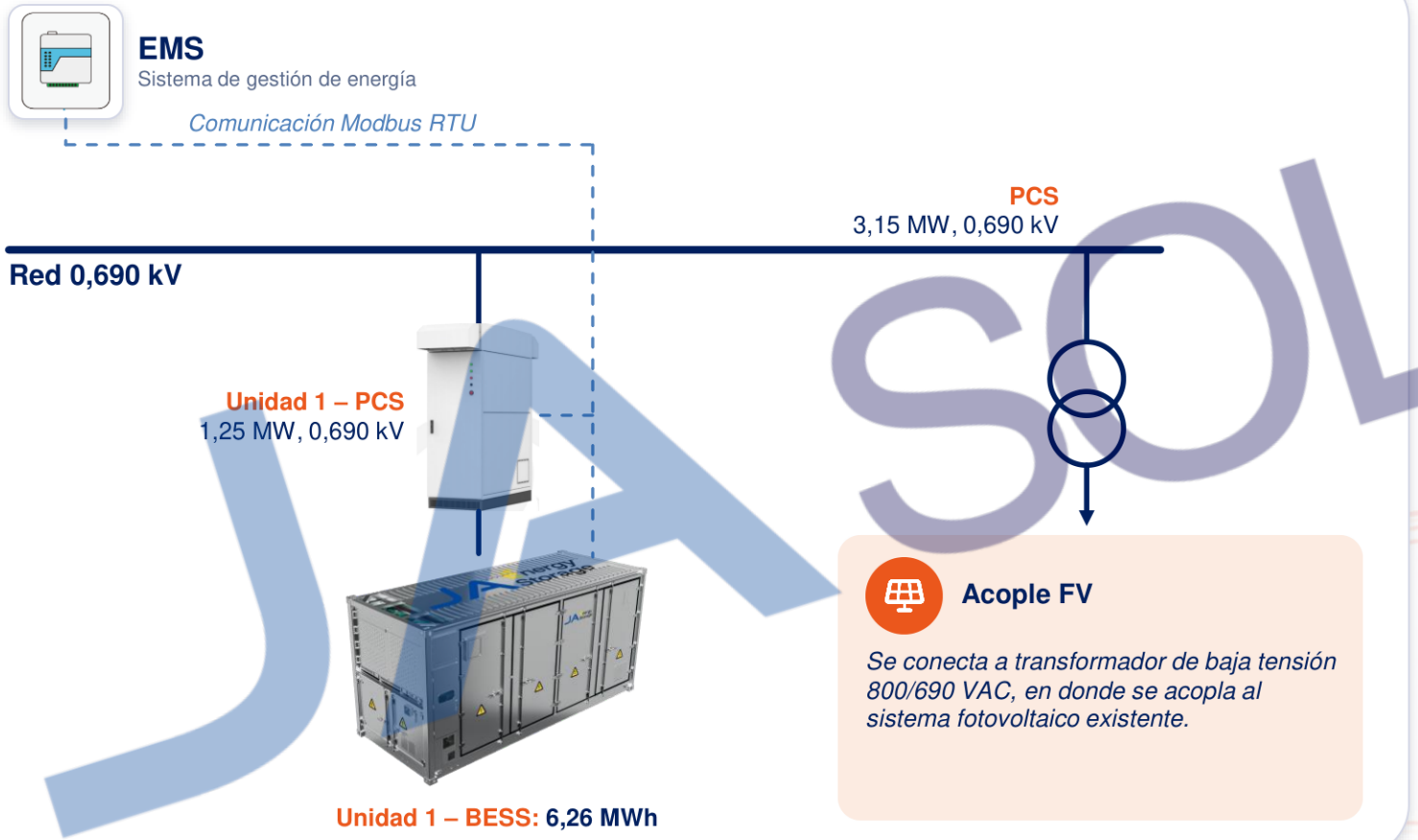
NOTA:
1. La retención y configuración de la capacidad energética se basan en el perfil de operación: (a) aplicación a 0,5C; (b) 1 ciclo/día; (c) DoD 98 %.
2. JA solo es responsable de la capacidad de energía útil @AC 0,69 kV.

Fuente: JA Solar Technology Co., Ltd.

JA SOLAR

CASO DE ESTUDIO

Diagrama de topología: acoplamiento AC



Acople FV

Se conecta a transformador de baja tensión 800/690 VAC, en donde se acopla al sistema fotovoltaico existente.

CAPACIDAD TOTAL

1 MW / 6,26 MWh

EMS
Comunicación Modbus RTU con PCS y BESS

PCS
1 × 1,25 MW, 0,690 kV

BESS
1 × 6,26 MWh

Red
Conexión a 0,690 kV

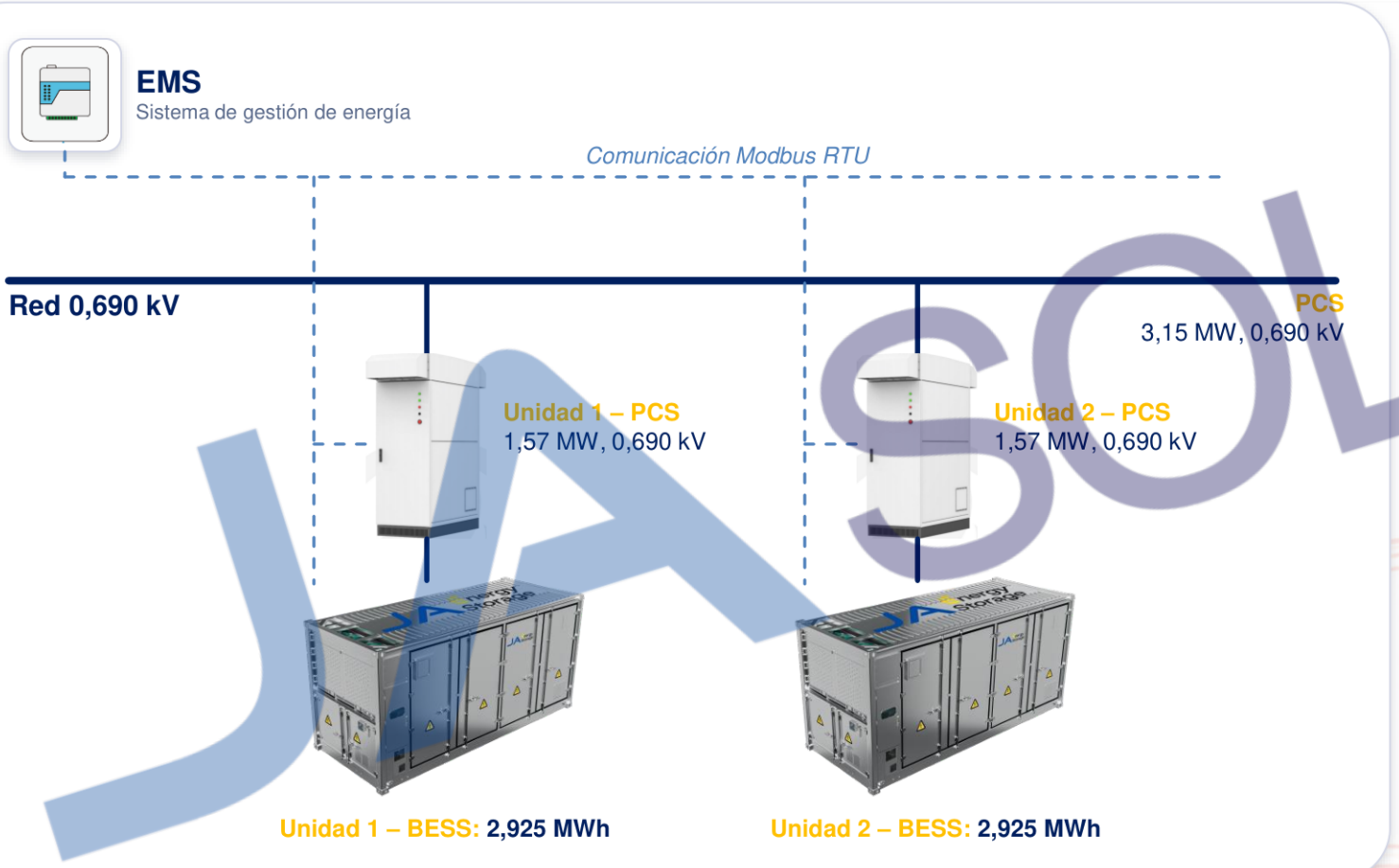
Acople FV
Transformador BT 800/690 VAC

Potencia AC — — — — Comunicación

Fuente: JA Solar Technology Co., Ltd.

CASO DE ESTUDIO

Diagrama de topología: acoplamiento AC



CAPACIDAD TOTAL

3,15 MW / 5,85 MWh

EMS
Comunicación Modbus RTU con PCS y BESS

PCS
2 × 1,57 MW, 0,690 kV (3,15 MW)

BESS
2 × 2,925 MWh (5,85 MWh)

Red
Conexión a 0,690 kV

Potencia AC — — — Comunicación

Fuente: JA Solar Technology Co., Ltd.

Dimensionamiento y Diseño Técnico

Red eléctrica
Conexión a suministro

Planta solar
Generación fotovoltaica

Transformador y celdas
Adaptación de tensión

Integración BESS

Contenedores BESS
Baterías en contenedores

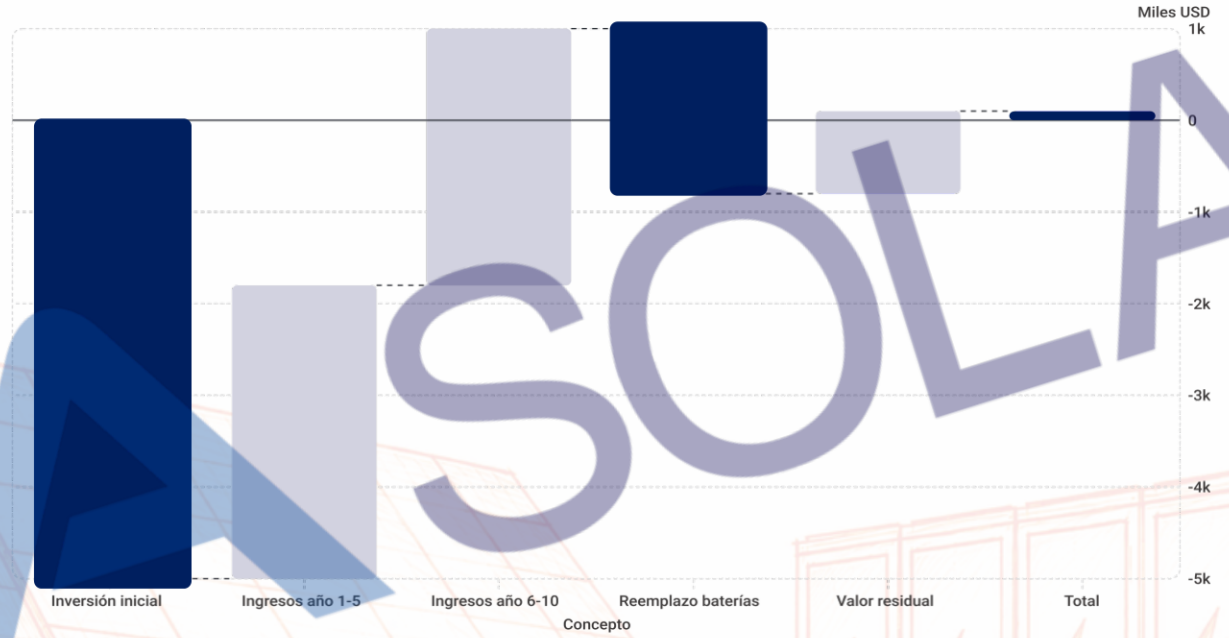
PCS (Convertidores)
Interfaz AC/DC

Modelo Financiero y Resultados

X CONGRESO INTERNACIONAL | SISTEMAS BESS Y MINIGRANJAS SOLARES

10 Aniversario ExpoSolar Colombia 2026

El proyecto es rentable desde el punto de vista técnico gracias a un correcto dimensionamiento y selección tecnológica.



14%
TIR estimada
Por encima del WACC del sector.

$4.2M
VAN a 15 años
Valor actual neto positivo.

7
Años de recuperación
Payback en escenario base.

La sensibilidad a variaciones de ±20% en ingresos confirma la robustez del proyecto.

Hacemos parte de econexia operado por corferias
Organiza Centro de Ciencia y Sensibilización Ambiental | corferias

Modelo Financiero y Resultados

X CONGRESO INTERNACIONAL | SISTEMAS BESS Y MINIGRANJAS SOLARES

10 Aniversario ExpoSolar Colombia 2026

Experiencia observada en el MEM

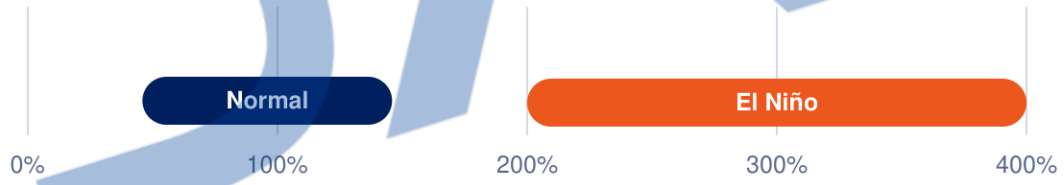
HORAS VALLE
180 – 250
COP/kWh

HORAS PUNTA
280 – 450
COP/kWh

Lo que genera **spreads** del orden de:

50% – 150%
en condiciones normales.

200% – 400%
durante eventos hidrológicos críticos (El Niño).



Un modelo financiero basado **exclusivamente en arbitraje** en Colombia es **extremadamente sensible** a la evolución futura del mercado.

Porque el arbitraje:

- Tiene incertidumbre.
- Depende del clima.
- Depende de hidráulicas.
- Depende de embalses.
- Depende de la demanda.
- Depende de la entrada de nuevas renovables.

La sensibilidad a variaciones de ±20% en ingresos confirma la robustez del proyecto.

Hacemos parte de econexia operado por corferias
Organiza
Centro de Ciencia y Sensibilización Ambiental
corferias

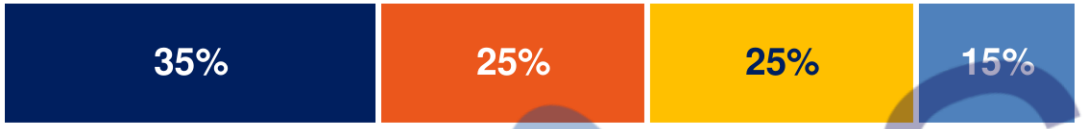
Modelo Financiero y Resultados

X CONGRESO INTERNACIONAL | SISTEMAS BESS Y MINIGRANJAS SOLARES

10 Aniversario ExpoSolar Colombia 2026

Supongamos exactamente el mismo BESS, pero con un modelo **«Revenue Stacking»**

Los ingresos anuales serían:



- **35%** Cargo por Confiabilidad
- **25%** Servicios complementarios
- **25%** Arbitraje
- **15%** Servicios de red

La calidad de los ingresos mejora

ANTES
1
fuente de ingreso

→

AHORA
4
fuentes de ingreso

Con esa estructura, un BESS **utility-scale** podría alcanzar:

- **18% – 23%** TIR
- **5 – 7 años** Payback
- **> 20%** ROE
- **Mayor acceso** a financiación bancaria

La sensibilidad a variaciones de ±20% en ingresos confirma la robustez del proyecto.

JA SOLAR

Lecciones Aprendidas

X CONGRESO INTERNACIONAL | SISTEMAS BESS Y MINIGRANJAS SOLARES

10 ANIVERSARIO ExpoSolar Colombia 2026



1 El caso de aplicación define todo lo demás

Define ingresos, dimensionamiento y tecnología. Sin un caso de uso claro, el proyecto no tiene norte financiero.

2 No sacrificar calidad por precio

Una batería barata puede resultar muy cara. La degradación prematura destruye la rentabilidad.

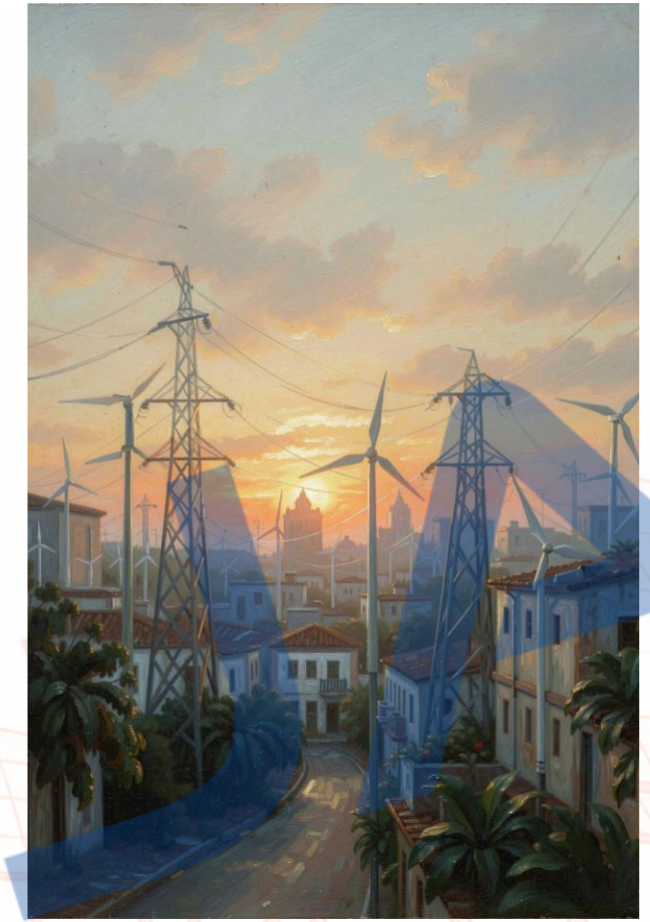
3 Integración y monitoreo desde el día uno

Un BMS/EMS robusto permite optimizar la operación y detectar fallos antes de que se conviertan en pérdidas.

4 Anticiparse a la regulación

Conocer el marco normativo con anticipación evita retrasos costosos y habilita nuevas fuentes de ingreso.

Dimensionamiento y Diseño Técnico



Definir, dimensionar, seleccionar, integrar, evaluar, modelar y cumplir. Un BESS exitoso se diseña con método, no se improvisa.

Visión de fabricante

No vender el BESS como una herramienta de arbitraje, sino como un activo de flexibilidad y confiabilidad capaz de capturar múltiples fuentes de ingreso simultáneamente, que es la filosofía que ya adoptaron mercados más maduros.

Oportunidad real en LATAM

Latinoamérica tiene condiciones únicas para el almacenamiento. solo falta ejecutar con rigor.

El momento es ahora

La convergencia de costes, regulación y demanda crea una ventana de oportunidad que no se repetirá.

X CONGRESO INTERNACIONAL
SISTEMAS BESS Y MINIGRANJAS SOLARES

¡Gracias!

10 ANIVERSARIO ExpoSolar® Colombia 2026
Energía renovable, futuro imparable



JA

Guillermo Rubiano

Gerente técnico Colombia, CA y el Caribe JA Solar



Hacemos parte de econexia ECOSISTEMA DIGITAL DE CONEXIONES & NEGOCIOS operado por corferias

Organiza
Centro de Ciencia y Sensibilización Ambiental
corferias Generadores de Oportunidades y Progreso
Empresa B Certificada