



UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA
1803



CIDEMAT

Centro de investigación, innovación
y desarrollo de Materiales



Baterías de Segunda Vida

Una alternativa viable para la Circularidad
de las baterías de movilidad Eléctrica

D. Sc. Jorge A. Calderón

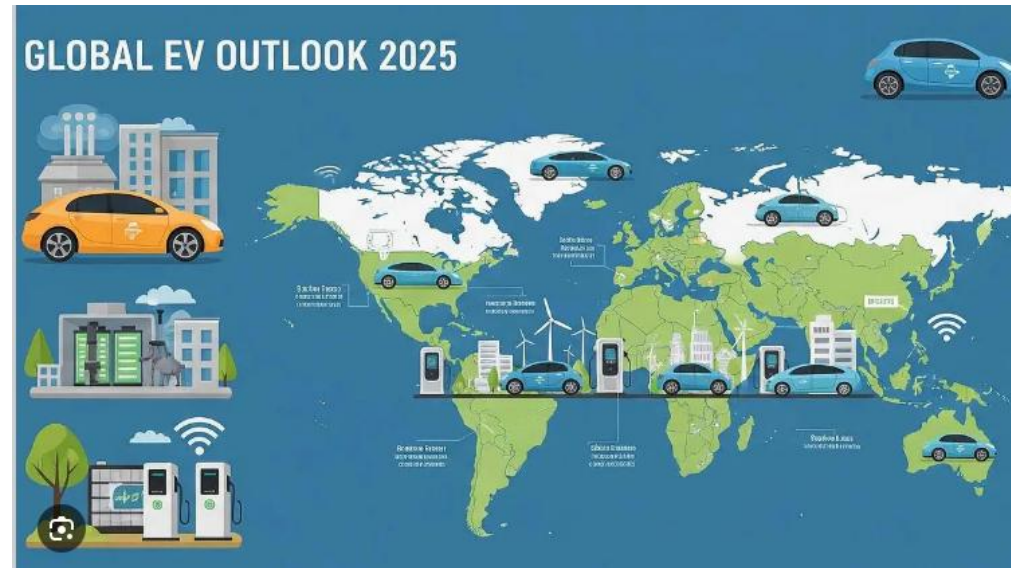
Prof. Titular UdeA

Baterías de ion-Litio (LIB)



Contexto Glocal – B. ion-Li

Tendencia global



14M

VE Vendidos en 2023

18%

Cuota de Mercado Global

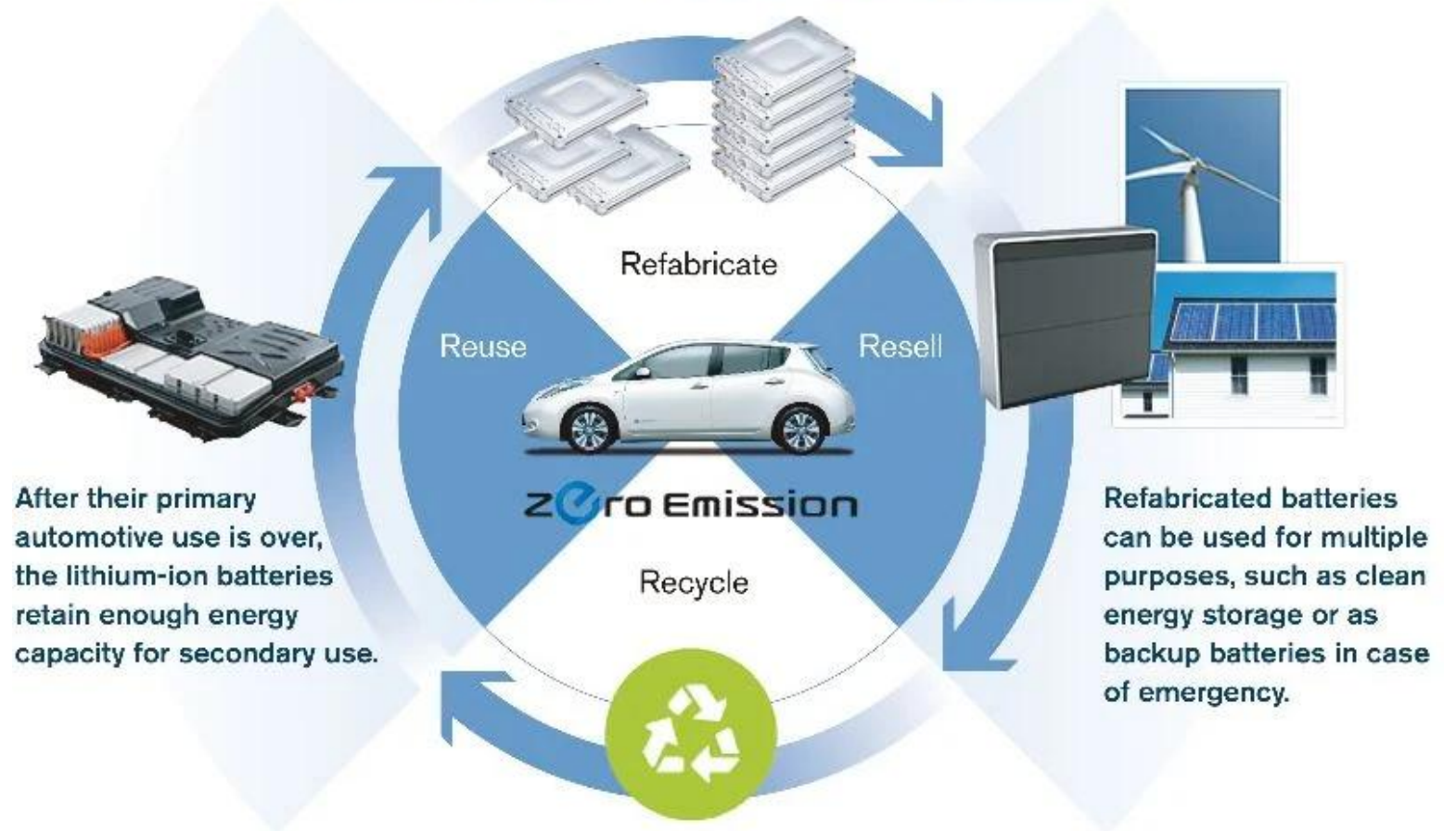
35%

Crecimiento Interanual

El despliegue masivo de vehículos eléctricos (VE) está transformando la demanda de minerales críticos y generando una reserva sin precedentes de activos energéticos al final de su primera vida útil.

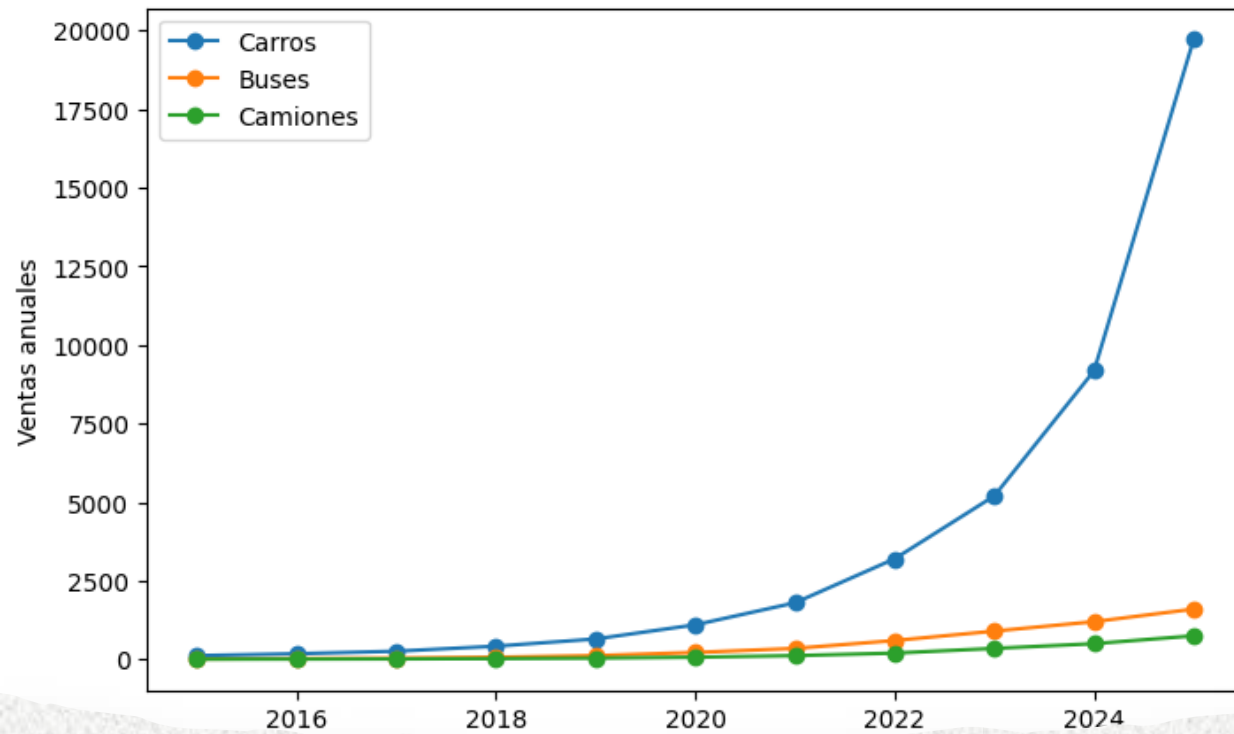
Reduce, Reúsa, Recicla

Battery module structure will be redesigned to create new packages that satisfy the varying voltage or capacity needs of customers.

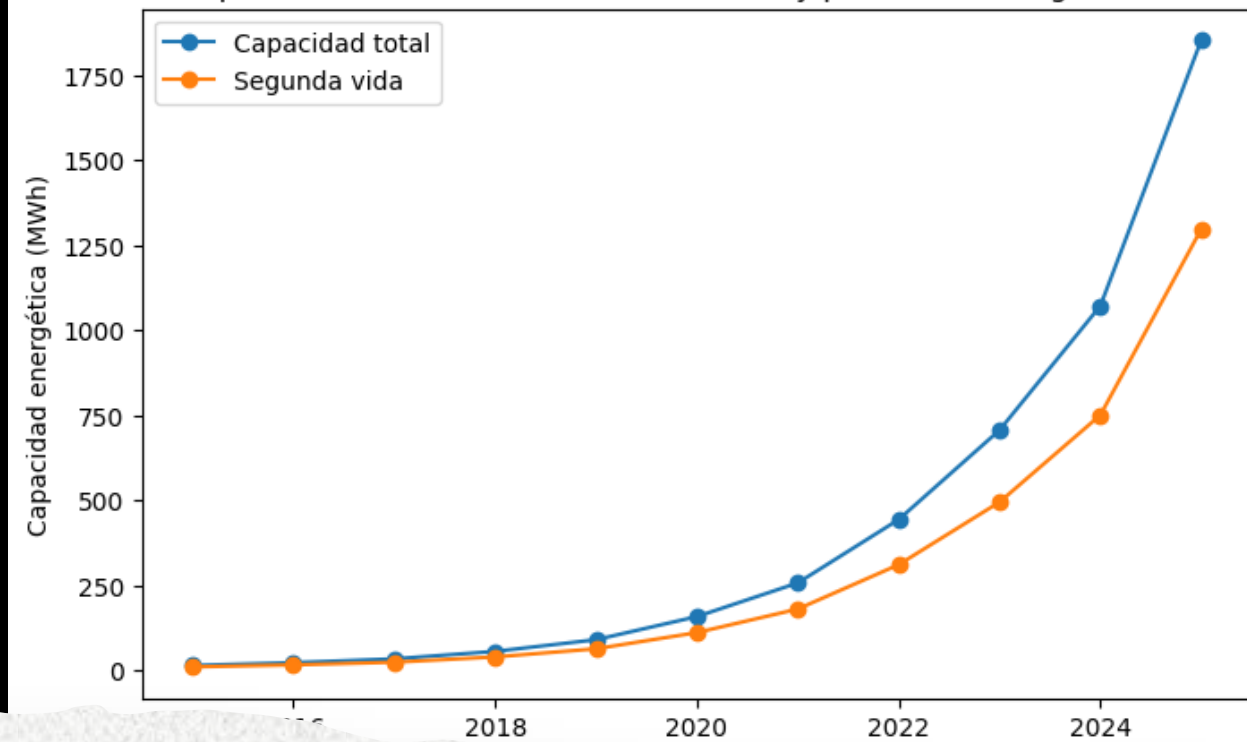


Used batteries can be recycled to recover useful resources.

Ventas de vehículos eléctricos en Colombia (2015-2025)



Capacidad de almacenamiento instalada y potencial de segunda vida



- ❖ Embalse energético móvil" de aproximadamente 2.4 GWh
- ❖ 450.000 hogares colombianos durante 1h
- ❖ 24.000 Ton de residuos para aprovechamiento

Tendencia en Colombia

Contexto Glocal – B. ion-Li

- El uso de baterías de segunda vida puede reducir el CAPEX de sistemas BESS entre 30 % y 50 %
- Persisten retos asociados con clasificación, diagnóstico de degradación, seguridad térmica y estandarización normativa.

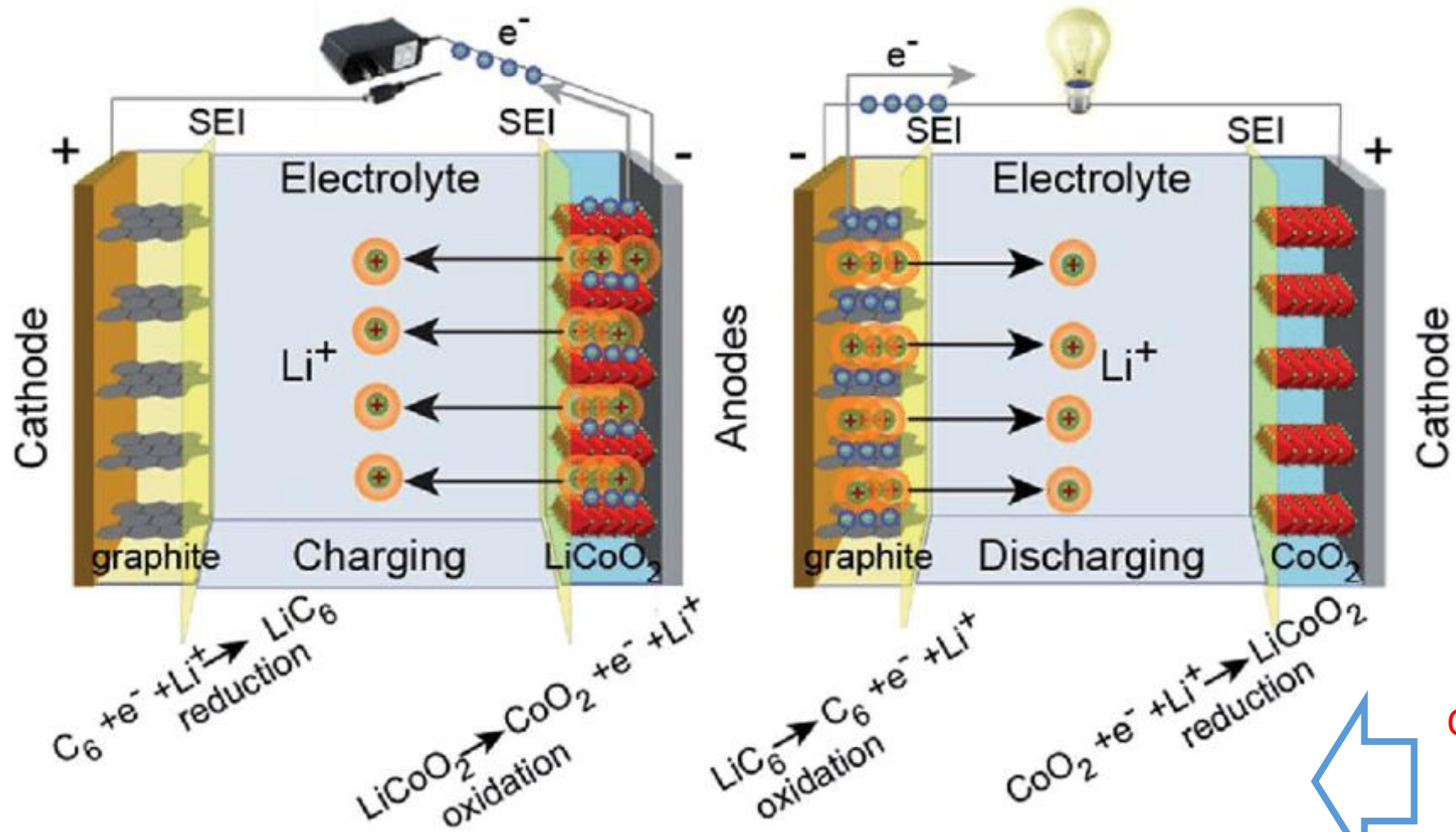




Jerarquía Circular

- La reutilización debe preceder al reciclaje para maximizar el valor de los materiales

FUNDAMENTACIÓN



La suma de muchos electrones generan la carga (Ah)

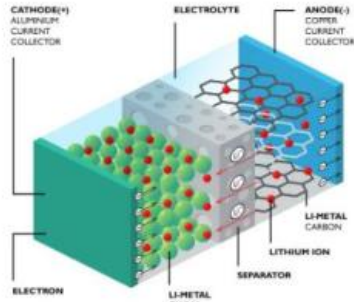


Cada reacción tiene un potencial característico (V)

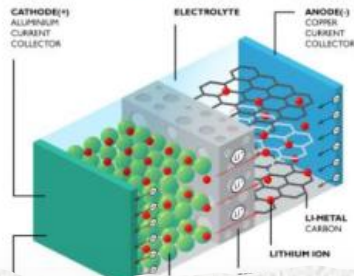


LITHIUM-ION BATTERY

DISCHARGE



CHARGE



Mecanismos Clave

Crecimiento de la Capa SEI: El consumo irreversible de litio durante la formación de la interfase electrolito sólido.

Lithium Plating: Deposición de litio metálico en el ánodo durante cargas rápidas o bajas temperaturas.

Degradación Mecánica: Micro-fracturas en el material activo debido a la expansión/contracción volumétrica durante el ciclado.

FUNDAMENTACIÓN

- ✓ Química y componentes
- ✓ Parámetros de operación
- ✓ Condiciones de operación
- ✓ Condiciones de almacenamiento y transporte

Reacciones ion litio/ LCO



Explosión de una fábrica de baterías de ion litio (LIB)
22 personas murieron
Seúl, Corea. 24/06/2024
https://www.youtube.com/watch?v=YRKAz42bl_o

https://udeaeducomy.sharepoint.com/:v:/r/personal/andres_calderon_udea_edu_co/Documents/Congresos%202024/Capacitaci%C3%B3n%20con%20autoridades%20ambientales/Examples%20of%20Lithium%20Battery%20Fires.mp4?csf=1&web=1&e=TG GcNK



Reactividad de Baterías ion litio

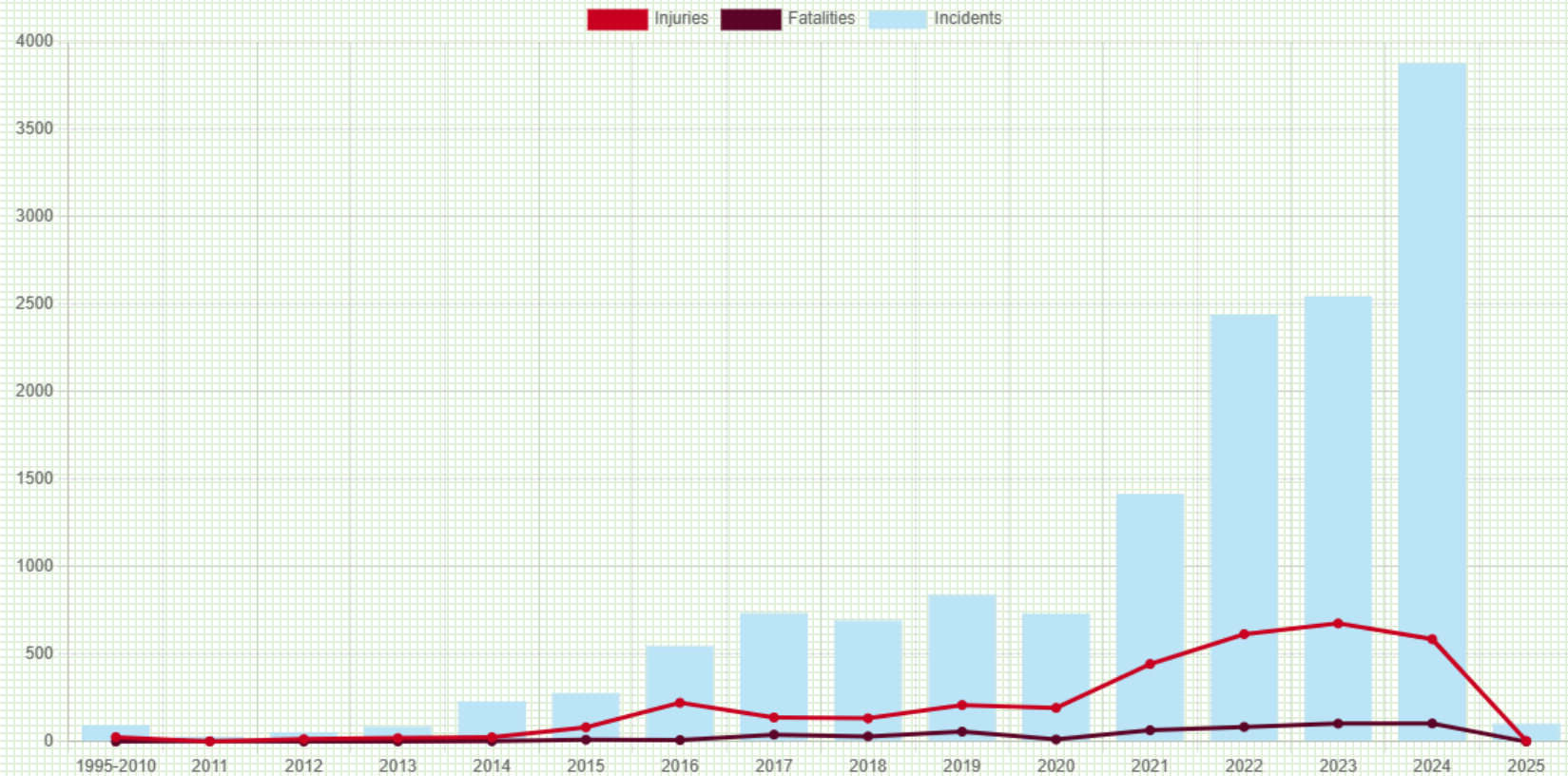


- Reacciones químicas
- Corriente eléctrica
- Compuestos inflamables
- Temperatura
- Corto circuito
- Producción de gases (H_2 , CO , CO_2), sólidos: $LiOH$, Li_3N , Li_2O



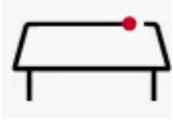
<https://www.youtube.com/watch?v=abSwgIkpJ20>

Número de incidentes a lo largo del tiempo



Manipulación, almacenamiento y transporte seguros

Prepare su espacio de trabajo.



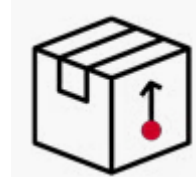
Use equipo de protección personal (EPP).



Respete la electricidad.



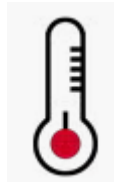
Empaque las baterías de forma segura.



Manipulación segura



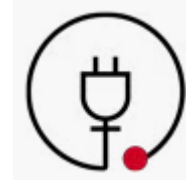
No sobrecalentar



Inspección



Opere según las instrucciones



Baterías dañadas



Preparación y respuesta ante incidentes

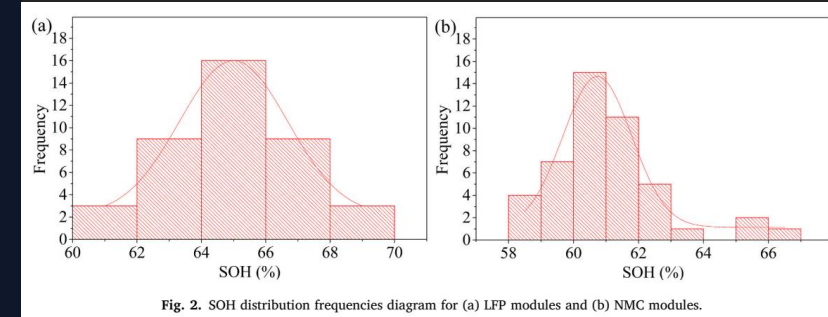
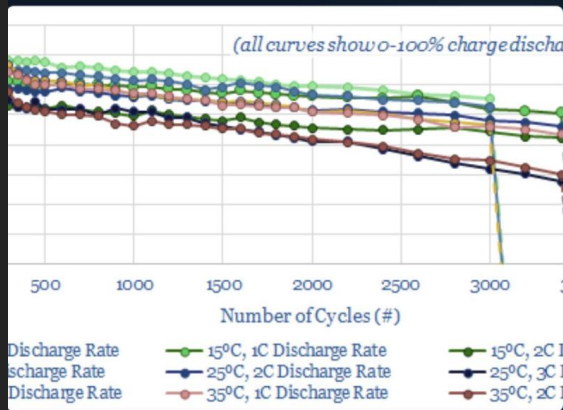


Métricas de Desempeño

Límite de Retiro Automotriz: Generalmente SoH < 80% (o pérdida de 20% de potencia pico).

Ventana de Segunda Vida: Útil hasta SoH ~60% para aplicaciones menos exigentes.

Resistencia Interna: El incremento de la impedancia es el principal limitador para aplicaciones de alta potencia.



Aprovechamiento en 2° Vida
Determinación del SoH

DIAGNÓSTICO

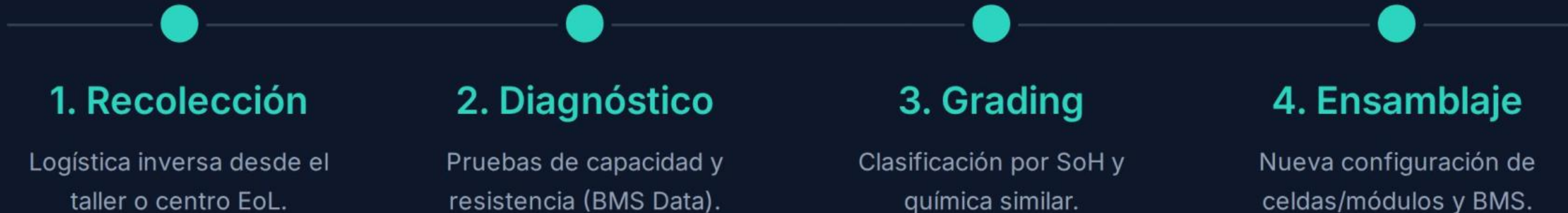


Aprovechamiento en 2º vida

- Batería completa
- Módulos
- Celdas
- Equipos de diagnóstico

Aprovechamiento en 2° vida

FLUJO DE REACONDICIONAMIENTO



NMC VS LFP EN SEGUNDA VIDA

Característica	NMC (Níquel Manganeso Cobalto)	LFP (Litio Ferro-fosfato)
Ciclo de Vida Esperado	1,500 - 3,000 ciclos	3,000 - 6,000+ ciclos
Estabilidad Térmica	Moderada (Riesgo de Thermal Runaway)	Alta (Excelente seguridad)
Valor de Segunda Vida	Bueno por densidad energética	Superior por longevidad y seguridad
Aplicación Ideal	Peak Shaving / Backup	Sistemas Estacionarios Pesados

Aprovechamiento en 2° vida

Aprovechamiento en 2º vida



Pack Level

Integración directa del paquete original. Menor costo de mano de obra pero requiere BMS maestro complejo.



Module Level

Desmontaje a nivel de módulo. Permite mejor balanceo de celdas y empaquetamiento optimizado.



Smart Gateway

Uso de electrónica de potencia avanzada para gestionar baterías con diferentes SoH en paralelo.



SISTEMAS ESTACIONARIOS

Comercial e Industrial (C&I)

Peak Shaving: Reducción de costos por demanda máxima en industrias.

Carga VE: Amortiguación de picos de potencia en estaciones de carga ultra-rápida.

Respaldo: Sustitución de generadores diésel por BESS más limpios.



Aprovechamiento en 2° vida

SOLUCIONES ENERGÉTICAS INTELIGENTES

Baterías para movilidad eléctrica y almacenamiento estacionario



CIDEMAT TRONEX COLOMBIA EN VIDA Ciencias UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

Aprovechamiento en 2° vida



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

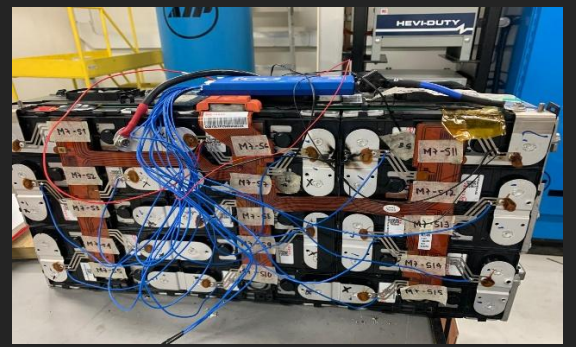
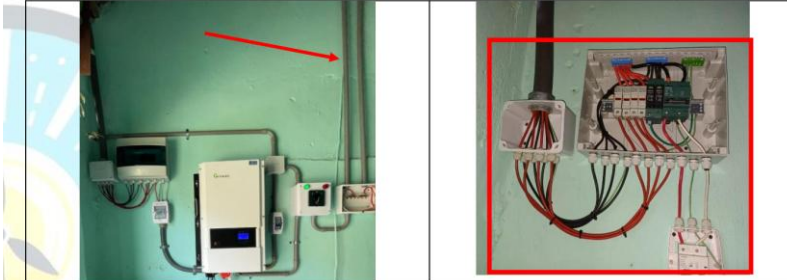


Figura 1. Instalación de paneles solares.



Figura 2. Instalación de estructura.



Descripción: Tuberías y accesorios situados en las instalaciones de ASOMCHO en Yuto, Atrato.

6.2 SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE INVERSOR SOLAR

Se realizó la instalación de un inversor de 8000/48V, a continuación, se describe esta actividad realizada.

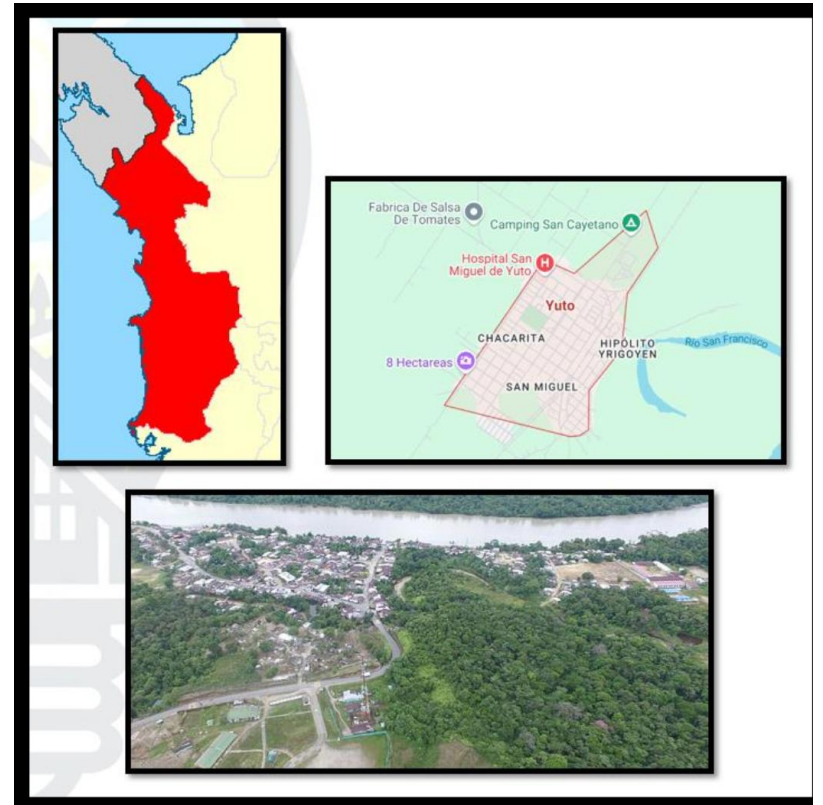


Descripción: Instalación de inversor solar de 8000/48V y sistema de monitoreo dentro de las instalaciones de ASOMCHO.

Descripción: Ficha técnica del inversor solar.

Figura 4. Instalación de inversor solar 8000/48V.

Figura 5. Ficha técnica.



Descripción: Dentro de estos se encuentran las baterías e inversor instalados.

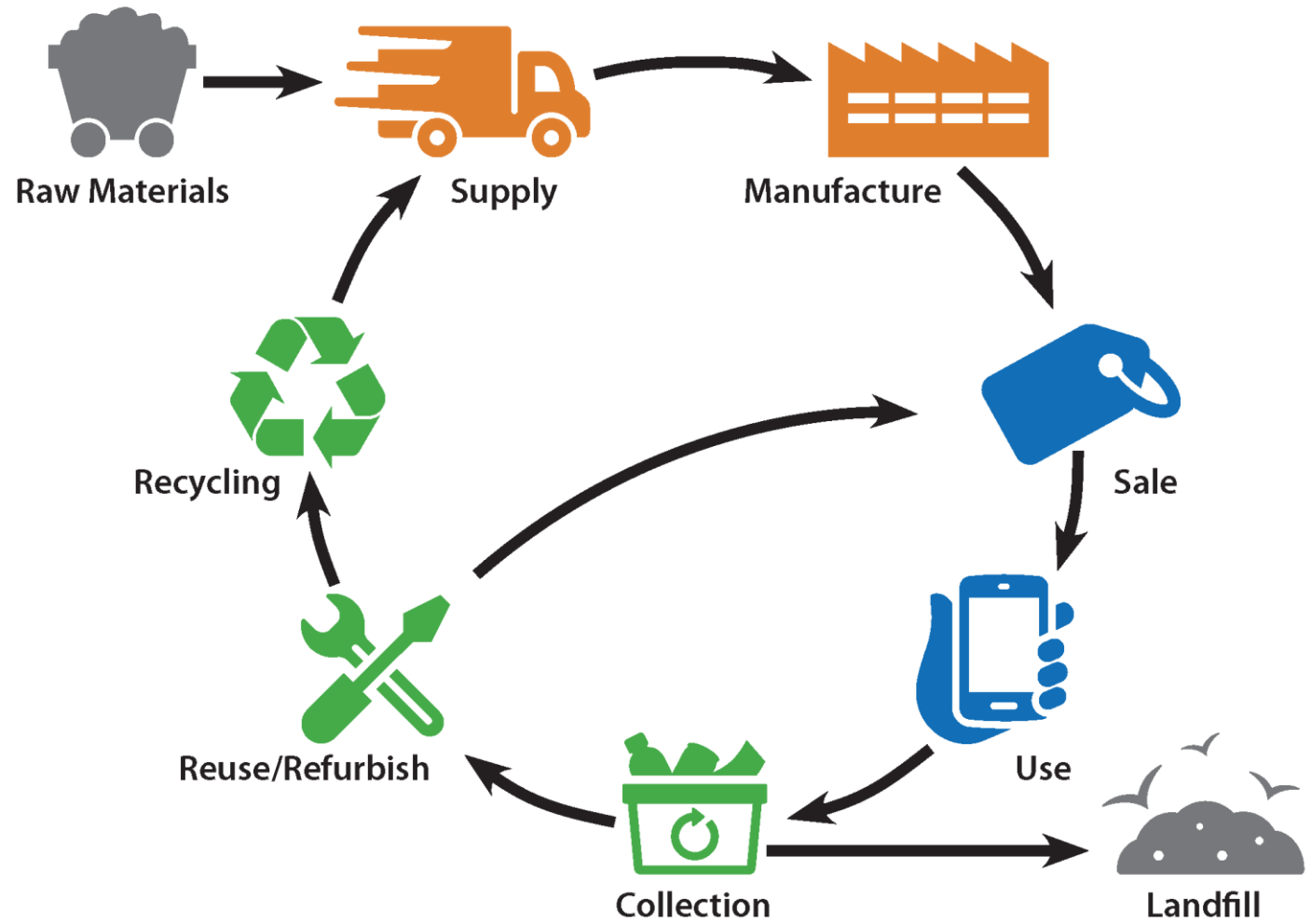
Figura 10. Gabinetes para baterías e inversor instalados.

Figura 11. Gabinetes para baterías e inversor instalados.

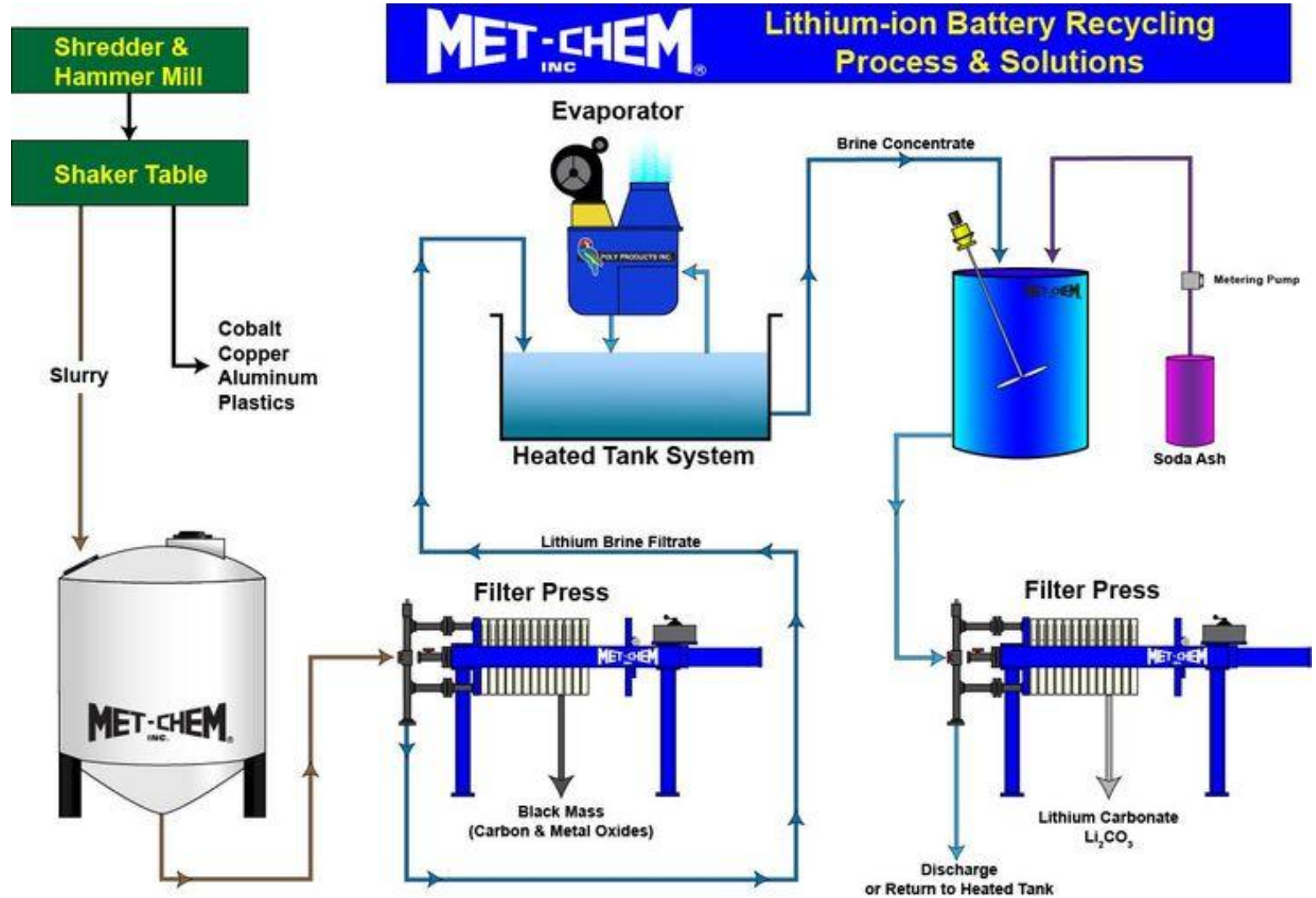


Aprovechamiento en 2° vida
Comunidades aisladas – Yuto (Chocó)

Reduce, Reúsa, Recicla



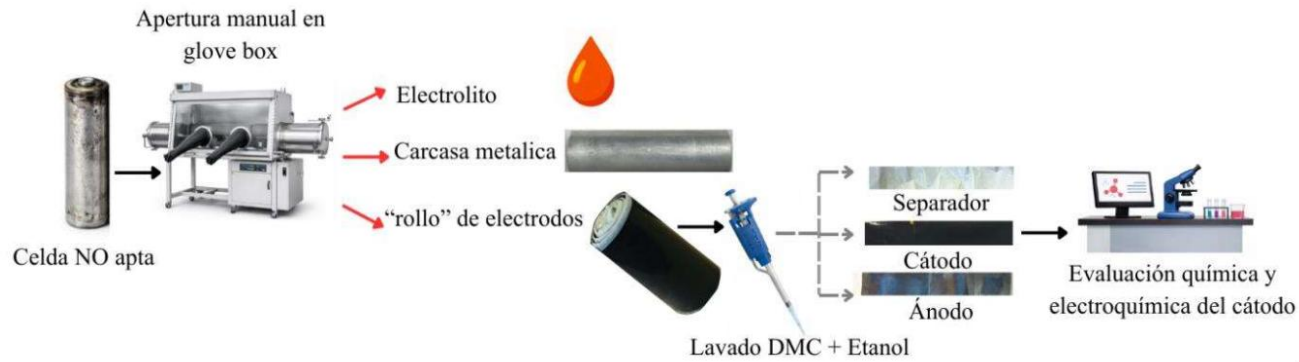
Reciclaje de materiales



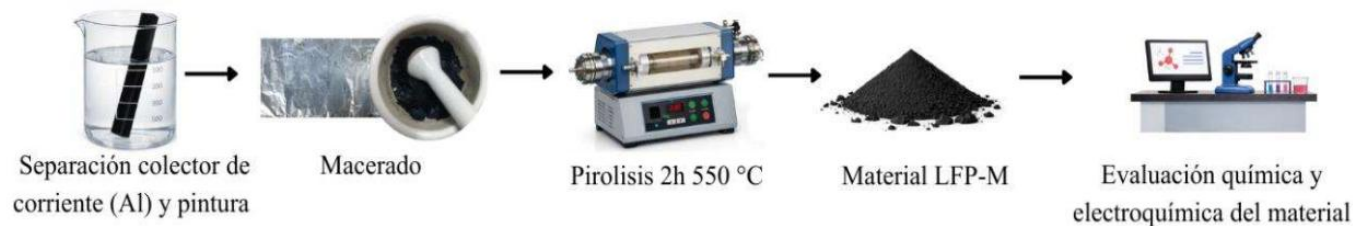
Esquema general de la etapa 1: Separación mecánica.



Esquema de la metodología de la etapa 2: mediana intervención.



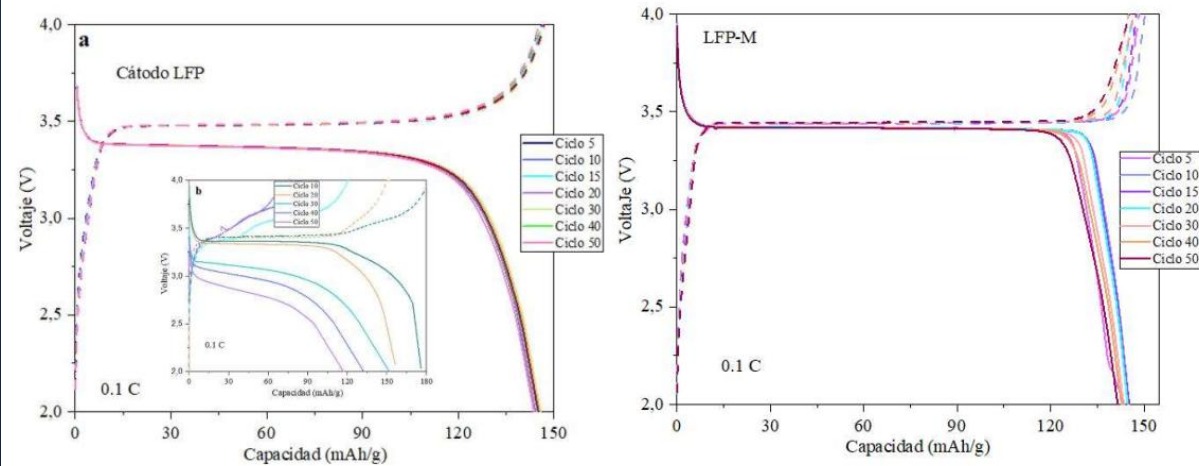
Esquema de la metodología de la etapa 3: Máxima intervención fase 1.



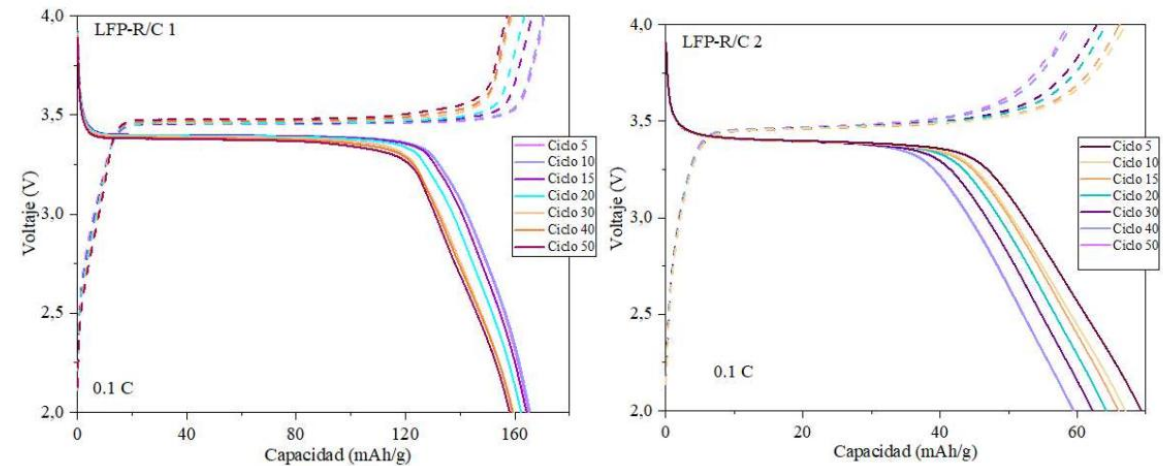
Aprovechamiento Final

Aprovechamiento Final

Perfiles de carga y descarga a 0.1 C de los materiales con tratamientos físicos: cátodo LFP con un proceso de lavado y material LFP-M luego de la pirolisis



Perfiles de carga y descarga a 0.1 C de los materiales resintetizados LFP-R/C (1,2 Y 3).



Aprovechamiento completo



Mensajes Clave

1. **Viabilidad:** La segunda vida es económicamente disruptiva para almacenamiento estacionario.
2. **Circularidad:** Es un paso imperativo para cumplir con los objetivos de descarbonización total del ciclo VE.
3. **Estandarización:** La industria requiere sistemas y protocolos de diagnóstico para el diagnóstico acreditables y normalizables

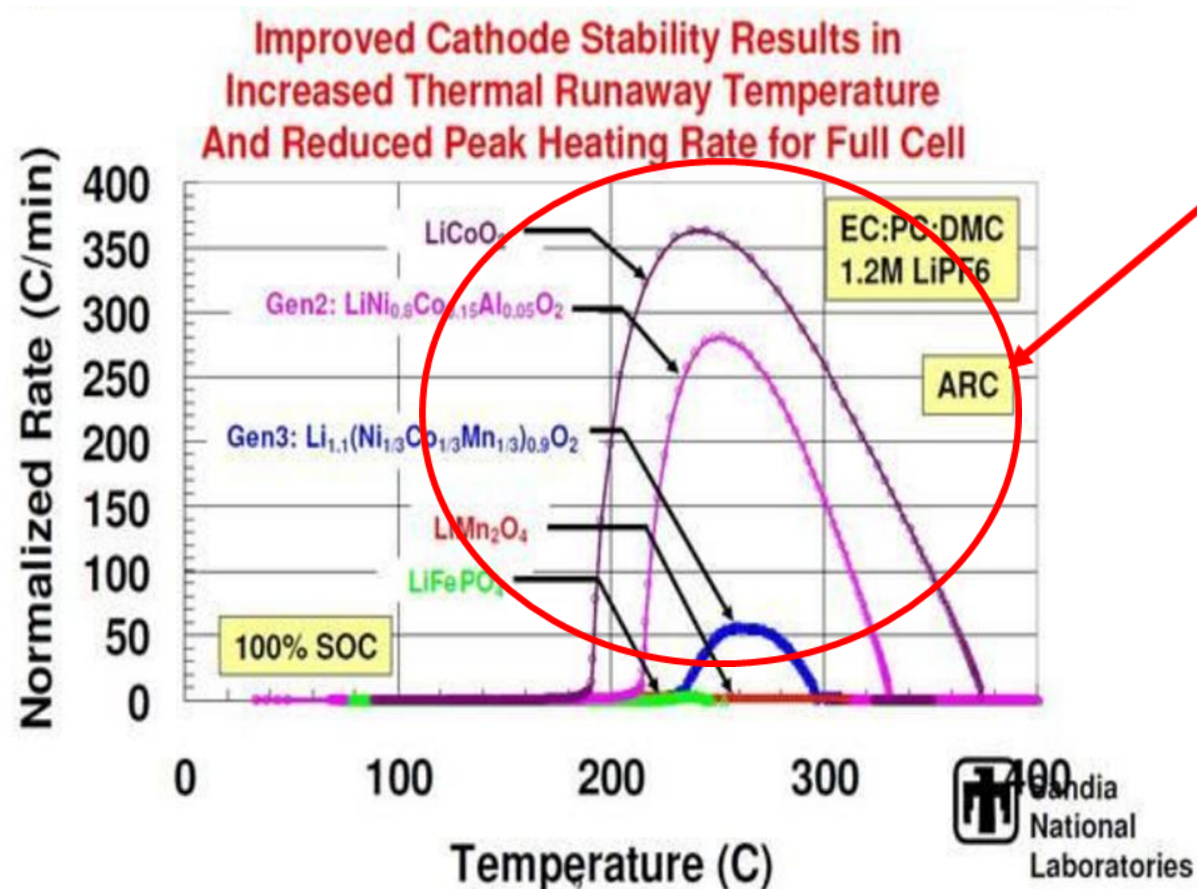
Gracias!!



Gracias!!



Estabilidad térmica-Material de cátodo



Procesos exotérmicos

- LCO-NMC Altamente inflamables
- LFP-baja inflamabilidad

El primer indicador de una falla en la batería o celda, es el incremento de la temperatura

Normas aplicables

- IEC : Comisión Electrotécnica Internacional.
- UNECE: Comisión Económica de Naciones Unida para Europa
- UL: Underwriters Laboratories (EE UU)
- SAE: Sociedad de ingenieros de automoción.

Normas aplicables

- IEC 62660-1 (NTC)- Ensayos de desempeño de baterías para movilidad eléctrica. Carga-descarga y resistencia interna (0.2C)
- IEC 62660-2 (NTC)- ensayos de confiabilidad y abuso de baterías usadas en movilidad eléctrica a temperaturas de -20, 0, 25, and 45°C
- IEC62133-2 – Certificación de batería ion-litio polímero. Para aplicaciones en componentes electrónicos y portables, herramientas, laboratorios, equipos médicos. Ensayos de baja presión, ciclado a alta temperatura, ensayos de vibración, choque, cortocircuito externo, impacto con objetos pesados, sobrecarga, descarga forzada.
- IEC 62281- Seguridad durante el transporte.
- IEC 62619: Estándares de seguridad para baterías de ion-litio secundarias, para uso industrial.
- UN 38.3. Transporte de baterías. Ensayos de baja presión, ciclado a alta temperatura, ensayos de vibración, choque, corto circuito (55C), impacto con objetos pesados, sobrecarga, descarga forzada. [UN38.3 Standard Requirements for Lithium Battery Production \(belltestchamber.com\)](http://belltestchamber.com).
- ECE R100 (Norma europea): desempeño de baterías ion-litio. Vibración, cambios en temperatura, ciclado, resistencia mecánica, resistencia al fuego, corto-circuito, protección en sobre-carga, protección sobre-descarga, protección a sobre-temperaturas.
- SAE J2929. estándares de seguridad de baterías en vehículos eléctricos e híbridos.
- SAE J2997. Estándares de baterías de segundo uso. Transporte, etiquetado y estado de salud.
- UL 2054 – Estándar para baterías domésticas y comerciales.
- UL1642 Certificación de baterías ion-litio: T.10 corto circuito, T.11 abuso en carga, T.13 ensayo de corte, T.14 ensayo de impacto, T.15 choque, T.16 vibración, T.17 prueba de calentamiento, T.18 ciclado a temperatura, T.19 ensayo a baja presión T.20 pruebas en aplicación.

Parámetros que afectan la vida de una batería

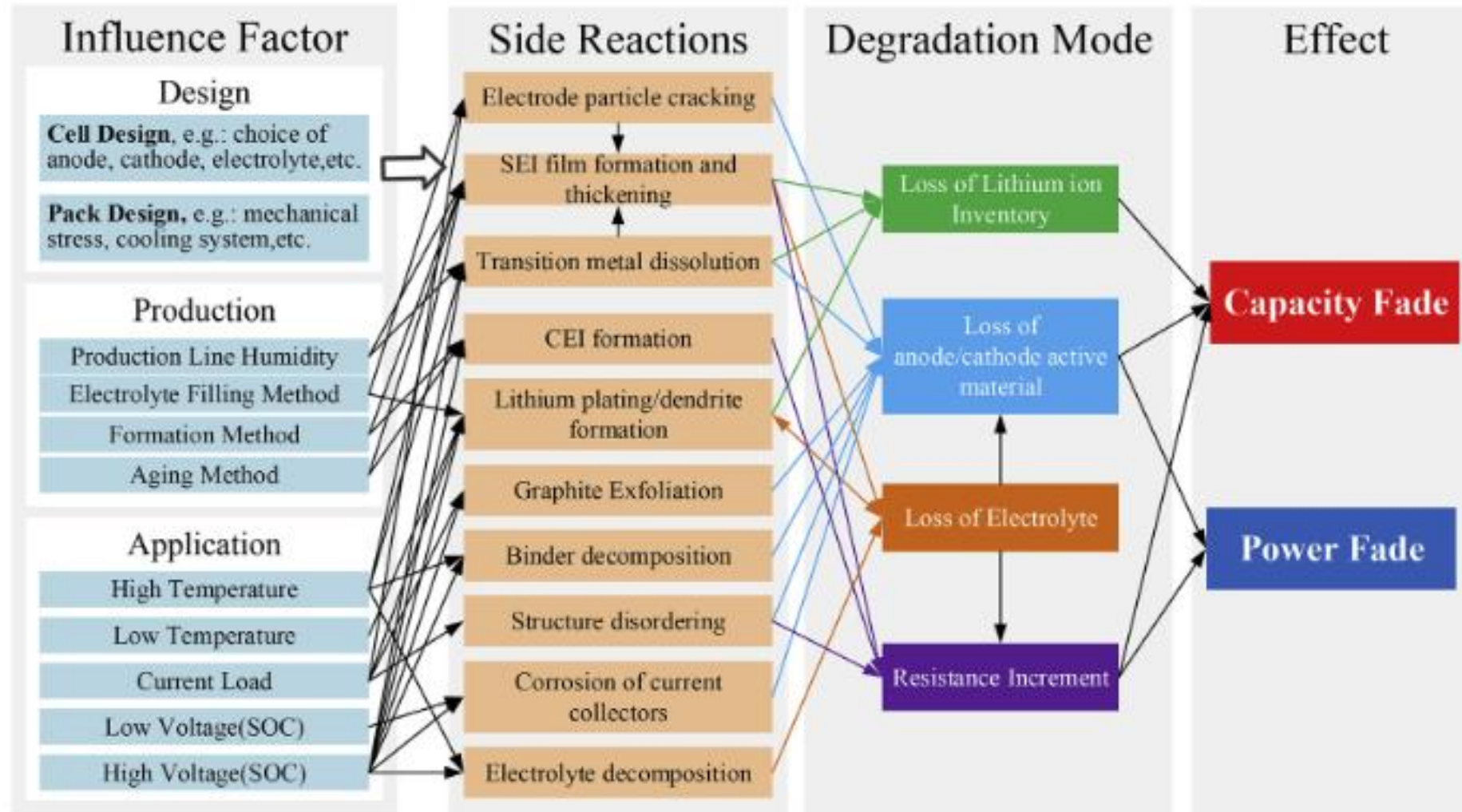


Fig. 3. Cause and effect of degradation mechanisms and associated degradation modes [9].