

ENSAYOS EN PACKS DE BATERÍAS DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

FACULTAD DE INGENIERÍA – UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA (UDELAR) – URUGUAY



AGENCIA NACIONAL
DE INVESTIGACIÓN
E INNOVACIÓN



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY

CONTEXTO:

- EL LABORATORIO DE ENSAYOS DE BATERÍAS FUE PROYECTADO Y ARMADO POR EL **GRUPO DE TRABAJO EN VEHÍCULOS ELÉCTRICOS (GTVE)** DEL INSTITUTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UDELAR.
- EL PROYECTO FUE PRESENTADO Y APROBADO EN 2018 CON UN APOORTE DEL 80% DE LA AGENCIA NACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN (ANII) + UN APOORTE DEL 20% DE LA UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA.

EQUIPAMIENTO PRINCIPAL:

BATTERY CYCLER.

- MARCA Y MODELO: CHROMA 17020 (EE. UU.)
- FUNCIÓN PRINCIPAL: CURVA DE CARGA Y DESCARGA DE LA BATERÍA DE FORMA DE ONDA PROGRAMABLE (ES DECIR, CURVA DE DESCARGA DEL CICLO DE CONDUCCIÓN WLTP)



EQUIPAMIENTO PRINCIPAL:

EX-PROOF CHAMBER.

- MARCA Y MODELO: DONGGUAN XINBAO INSTRUMENT Co. XB-OTS-665
- VOLUMEN: 1M3
- TAMAÑO MÁXIMO DE LA BATERÍA: 9 kWh



PROYECTOS CONDUCIDOS ACTUALMENTE:

- SEGUNDA VIDA DE BATERÍAS DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS
- SISTEMA DE ALMACENAMIENTO PARA PLANTA DE GENERACIÓN OFF-GRID

OBJETIVOS PROYECTO SEGUNDA VIDA:

- DESARROLLAR UN MÉTODO DE PRUEBA PARA IDENTIFICAR LAS CELDAS REUTILIZABLES DE UN PAQUETE DE BATERÍAS DESAFECTADO DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO.
- ESTUDIAR LA VIABILIDAD DE LA REUTILIZACIÓN Y SEGUNDA VIDA DE LAS BATERÍAS DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS.
- CONSTRUIR UN PAQUETE DE BATERÍAS DE SEGUNDA VIDA (SLBP), A PARTIR DE CELDAS EV USADAS.

PROYECTO ANII FSE_S_2020_1_165336



BATTERY PACK ORIGINAL:

- ORIGEN: VEHÍCULO ELÉCTRICO LIGERO
- TECNOLOGÍA: LiFePO_4 (LFP)
- NÚMERO ORIGINAL DE CELDAS: 24
- CAPACIDAD DE LA CELDA: 50 AH
- TENSIÓN NOMINAL DE CELDA: 3,2 V
- FABRICANTE: SIMILAR A HHE (CHINA)
- PAQUETE DE BATERÍA ENTREGADO SIN CARCASA METÁLICA
- PAQUETE DE BATERÍA ENTREGADO SIN BMS
- INTERCONEXIÓN ORIGINAL: TERMINALES SOLDADOS
- DESCARTAR MOTIVO: FALLO DE SOBRETENSIÓN DURANTE LA CARGA



TESTS REALIZADOS:

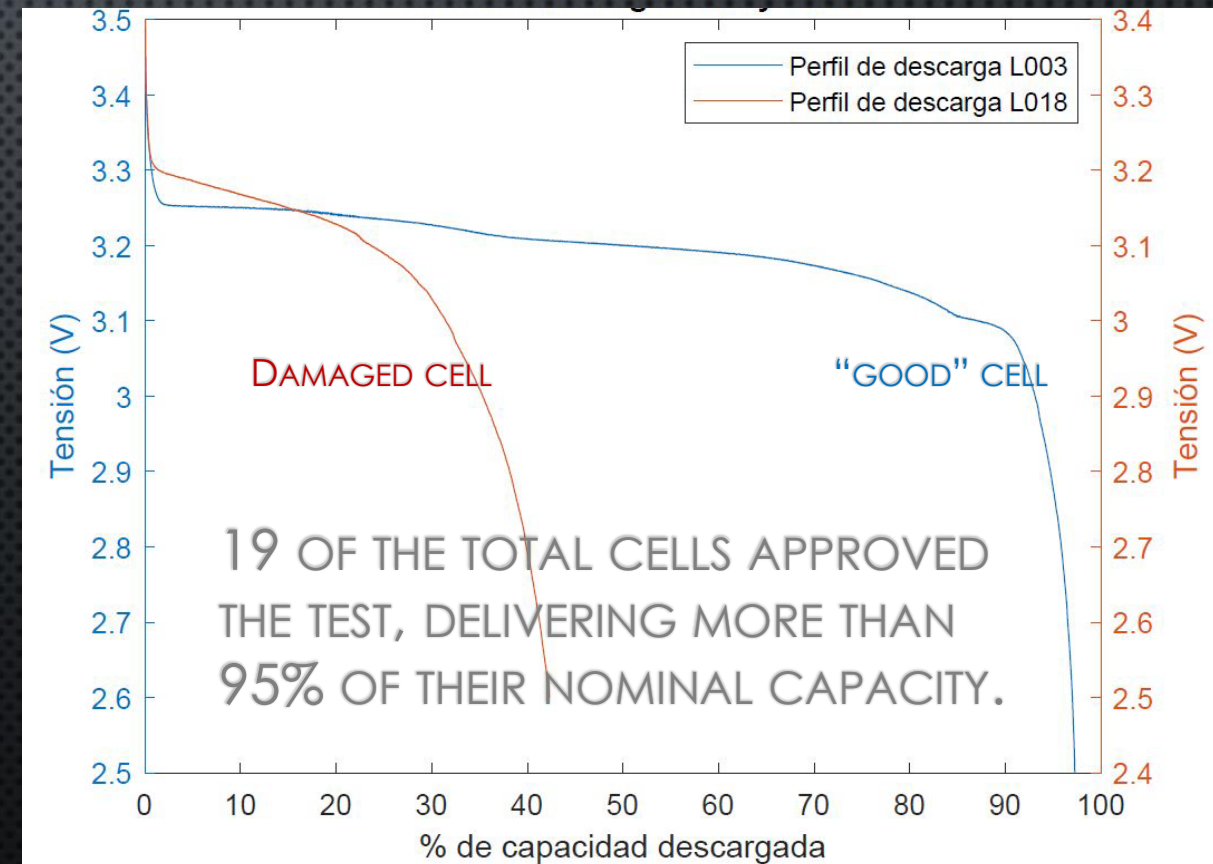
SE BASARON EN LA NORMA IEC 62660-1:2018 "CELDA SECUNDARIAS DE IONES DE LITIO PARA LA PROPULSIÓN DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS DE CARRETERA - PARTE 1: PRUEBAS DE RENDIMIENTO" Y EL MANUAL DE PRUEBA DE BATERÍAS DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS DE USABC.

1ST. STATIC CAPACITY TEST:

OBJECTIVE: PARA MEDIR LA CAPACIDAD DE LA CELDA (AH) BAJO UNA DESCARGA DE CORRIENTE CONSTANTE.

PROCEDIMIENTO:

- I. CARGAR LA CELDA DE ACUERDO CON LA INFORMACIÓN DEL FABRICANTE (CC-CV).
- II. DESCARGAR LA CELDA CON UN C/3 DC (CORRIENTE CONTINUA) HASTA EL VOLTAJE DE CORTE.
- III. CALCULAR LA CAPACIDAD SEGÚN LA NORMA IEC 62660-1:2018.



2ND: POWER TEST

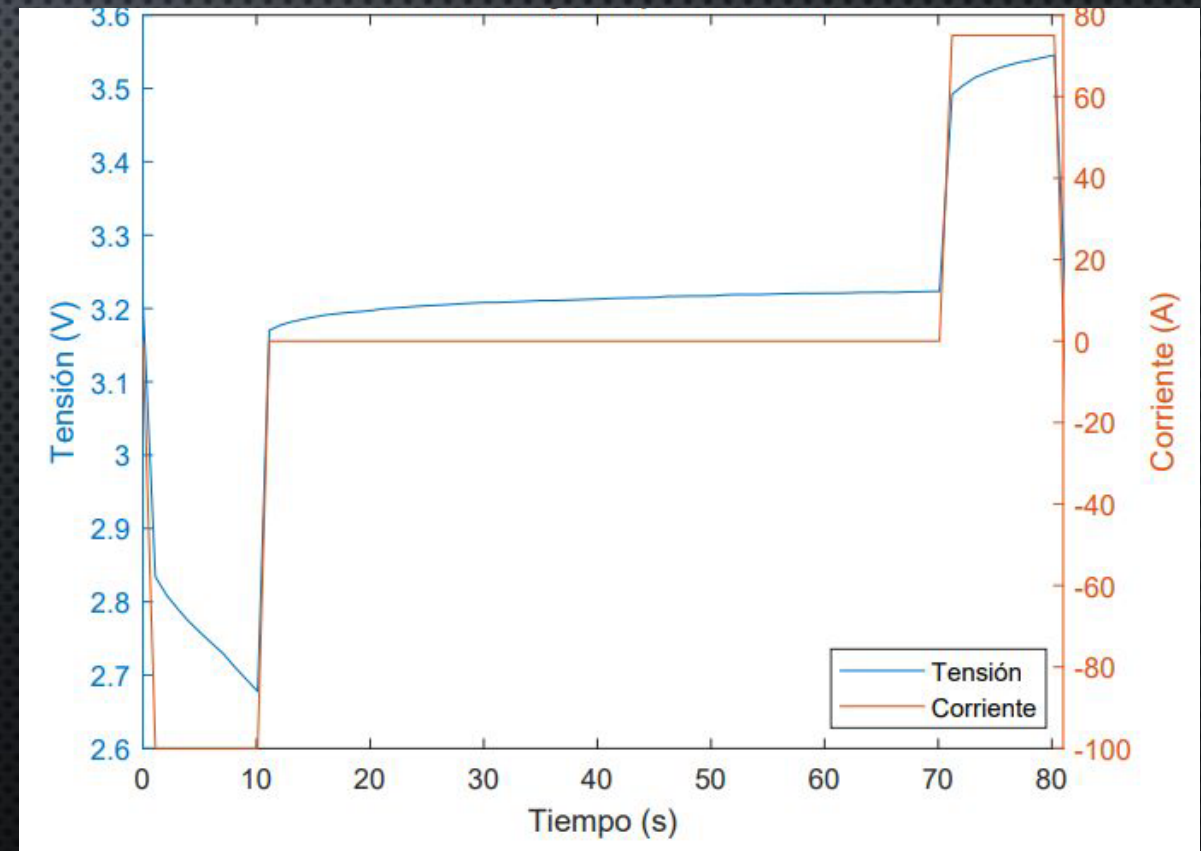
BASADO EN HPPC (CARACTERIZACIÓN DE POTENCIA DE PULSO HÍBRIDO) Y PRUEBA DE POTENCIA MÁXIMA DEL MANUAL DE USABC.

OBJETIVO:

DETERMINAR LA POTENCIA DE DESCARGA Y LAS CARACTERÍSTICAS DE REGENERACIÓN DE LA CELDA, A TRAVÉS DE UN PERFIL HÍBRIDO QUE CONTIENE UN PULSO DE CARGA Y UN PULSO DE DESCARGA.

PERFIL USADO:

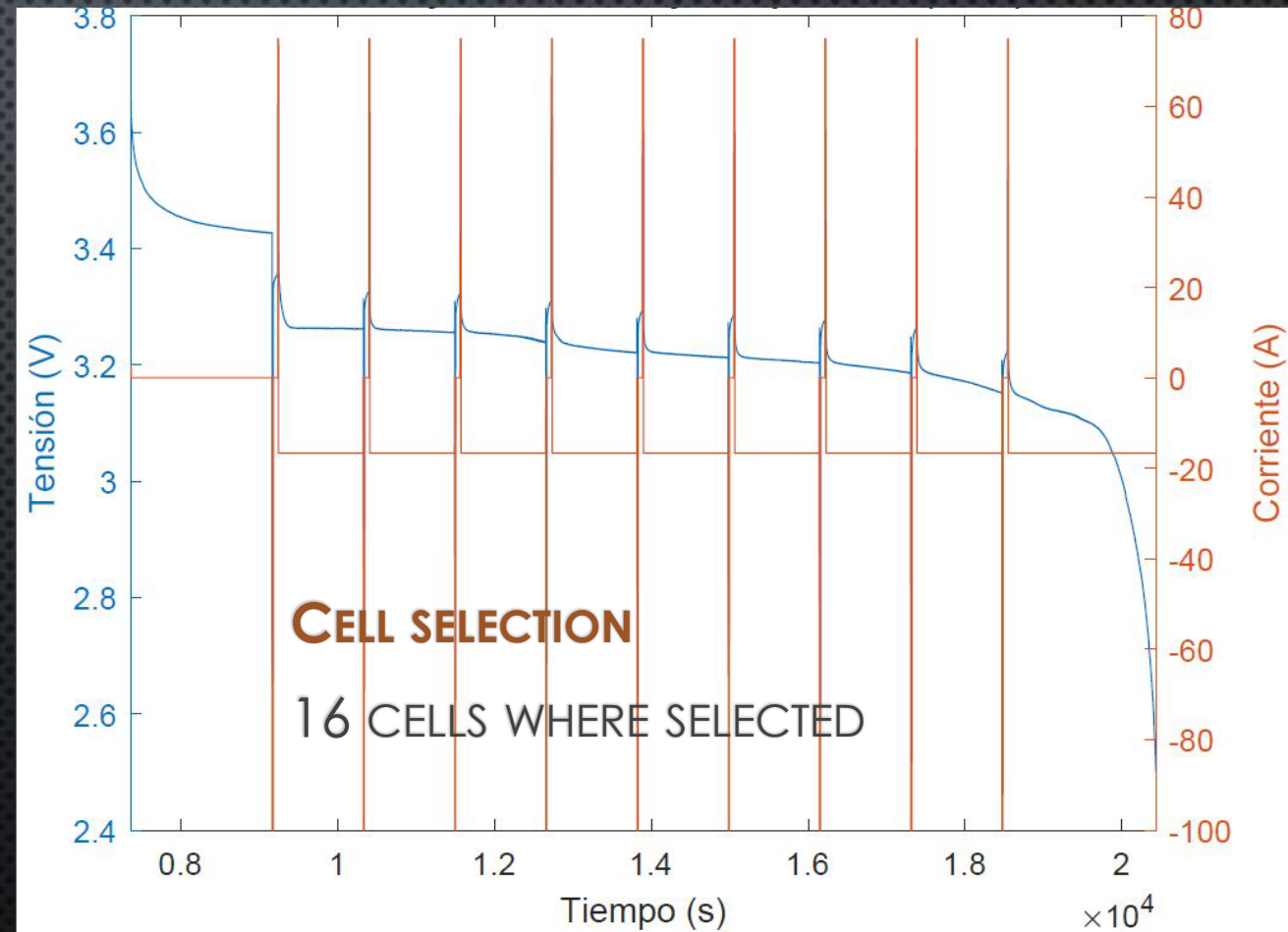
- I. PULSO DE DESCARGA @ 2C / 10 SEG.
- II. TIEMPO DE DESCANSO: 1 MINUTO
- III. PULSO DE REGENERACIÓN @ 1.5C / 10 s



POWER TEST

PROCEDIMIENTO:

- i. CARGAR COMPLETAMENTE LA CELDA DE ACUERDO CON LA INFORMACIÓN DEL FABRICANTE.
- ii. MANTENER LA CELDA EN CIRCUITO ABIERTO DURANTE 30 MIN.
- iii. EJECUTAR LA PRUEBA DE POTENCIA DESCARGANDO EL 10 % DE LA CAPACIDAD DE LA CELDA (AH) A C/3 DC.
- iv. REPETIR PASOS II Y III 9 VECES HASTA QUE SE HAYA DESCARGADO AL MENOS EL 90% DE LA CAPACIDAD NOMINAL.
- v. FINALICE LA PRUEBA DESCARGANDO LA CELDA A SU VOLTAJE DE CORTE EN C/3 DC.



CONSTRUCCIÓN DEL BATTERY PACK

(16 CELDAS EN SERIE)

EL VOLTAJE DE LA BATERÍA DEBE SER DE 48 V
(COMPATIBLE CON EL VEHÍCULO GREENSTAR).

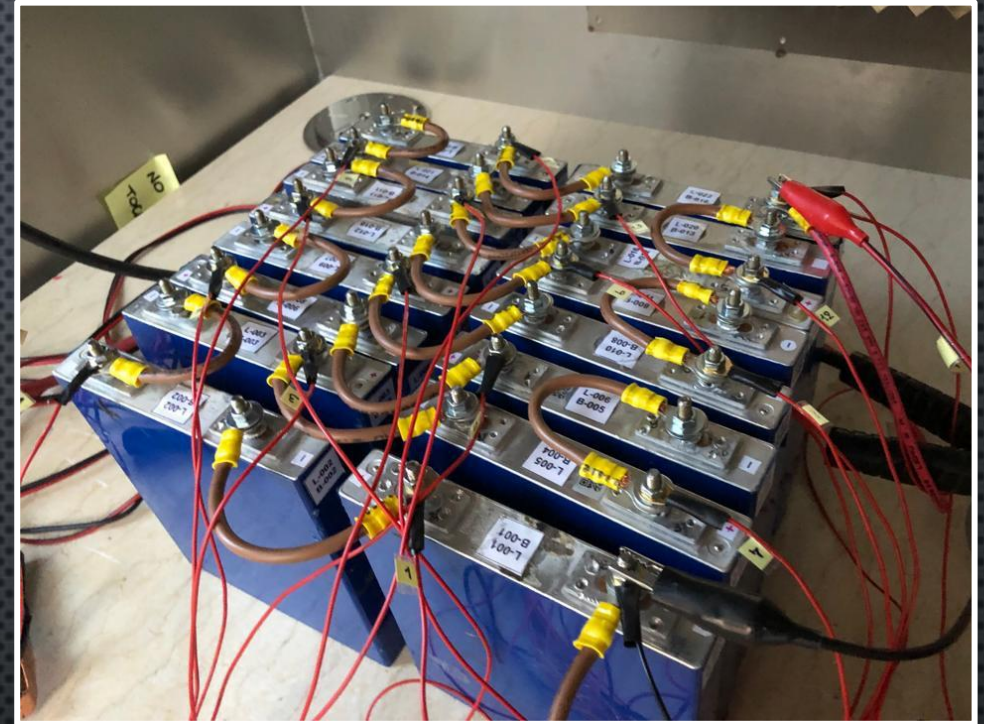
DEBIDO A LA CONEXIÓN EN SERIE, LA CAPACIDAD DEL
PAQUETE DE BATERÍAS ES DE 50 AH (2,4 kWh).

CELL CONNECTION:

SE IMPLEMENTÓ UNA CONEXIÓN ATORNILLADA.

CONTAINER CABINET:

SE DISEÑÓ Y FABRICÓ UN GABINETE METÁLICO PARA
BRINDAR PROTECCIÓN MECÁNICA AL PAQUETE DE
BATERÍAS.



CONSTRUCCIÓN DEL PACK DE BATERÍAS:

BMS (BATTERY MANAGEMENT SYSTEM):

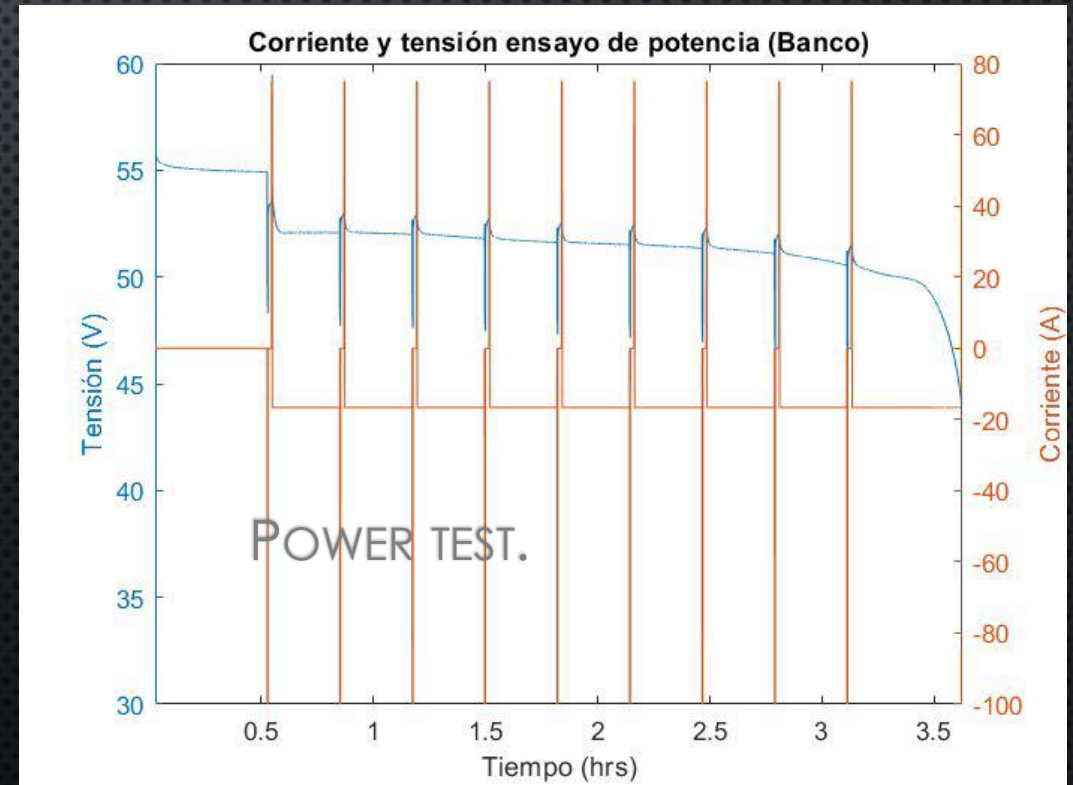
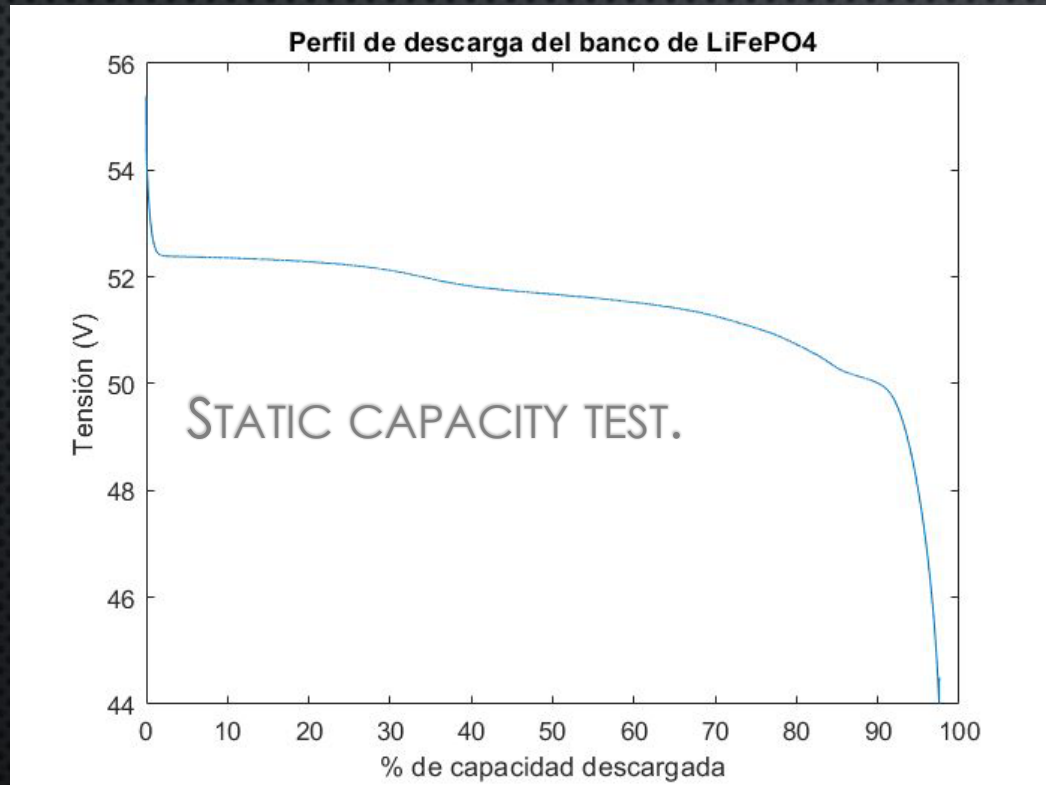
- LOS REQUISITOS DE BMS CUMPLEN CON UN-R136, CON PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGA Y SOBREDISCARGA, CORTOCIRCUITO Y SOBRETENPERATURA.
- CAPACIDAD DE GESTIONAR HASTA 24 CÉLULAS LIFEPO4 / CORRIENTE NOMINAL DE 150 A.
- CONEXIÓN BLUETOOTH CON APP EN INGLÉS QUE PERMITE CONFIGURAR VARIOS PARÁMETROS.
- EQUILIBRIO CELULAR ACTIVO.



Charge: On	Discharge: On	Balance: On
50.68^V	0.0^A	
Battery Power: 0.0 ^W	Remain Battery: 0 [%]	
Battery Capacity: 50.0 ^{AH}	Remain Capacity: 0.0 ^{AH}	
Cycle Capacity: 0.7 ^{AH}	Cycle Count: 0	
Ave. Cell Vol.: 3.167 ^V	Delta Cell Vol.: 0.002 ^V	
Balance Cur.: 0.000 ^A	MOS Temp.: 28 ^{°C}	
Battery T1: 26 ^{°C}	Battery T2: 25 ^{°C}	
Cells Voltage		
01 3.167 ^V	09 3.167 ^V	17 --
02 3.167 ^V	10 3.167 ^V	18 --
03 3.167 ^V	11 3.167 ^V	19 --
04 3.167 ^V	12 3.167 ^V	20 --
05 3.167 ^V	13 3.167 ^V	21 --
06 3.167 ^V	14 3.168 ^V	22 --
07 3.168 ^V	15 3.167 ^V	23 --
08 3.167 ^V	16 3.169 ^V	24 --
Cells Wire Resistance		
01 0.118 ^Ω	09 0.118 ^Ω	17 0.000 ^Ω
02 0.116 ^Ω	10 0.115 ^Ω	18 0.000 ^Ω
03 0.117 ^Ω	11 0.138 ^Ω	19 0.000 ^Ω
04 0.116 ^Ω	12 0.112 ^Ω	20 0.000 ^Ω
05 0.116 ^Ω	13 0.126 ^Ω	21 0.000 ^Ω
06 0.113 ^Ω	14 0.113 ^Ω	22 0.000 ^Ω
07 0.133 ^Ω	15 0.117 ^Ω	23 0.000 ^Ω
08 0.114 ^Ω	16 0.116 ^Ω	24 0.000 ^Ω

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS:

- **STATIC CAPACITY TEST:** LA BATERÍA INCORPORADA ENTREGÓ 48,8 AH.
- **POWER TEST:** LA BATERÍA CONSTRUIDA COMPLETÓ LA PRUEBA DE POTENCIA SIN EXCEDER LOS LÍMITES DE VOLTAJE DE CADA CELDA, ENTREGANDO UN TOTAL DE 48,5 AH.



CONCLUSIONES:

- EL 79% DE LAS CELDAS ORIGINALES AÚN PUEDEN ALMACENAR EL 95% DE LA CAPACIDAD ORIGINAL Y SE UTILIZARON 16 CELDAS PARA LA FABRICACIÓN DE SLBP.
- SURGIERON ALGUNAS DIFICULTADES AL ENSAMBLAR EL PAQUETE DE BATERÍAS, DEBIDO A LOS TERMINALES DE CELDA ATORNILLADOS.
- EL RANGO DE OPERACIÓN DE SLBP SOC ESTÁ ENTRE 10% Y 100%.
- 16 DE 24 CELDAS APROBARON AMBAS PRUEBAS (PRUEBAS DE POTENCIA Y CAPACIDAD) / 25 KG DE PESO.
- LA CORRIENTE MÁXIMA DE DESCARGA DE SLBP ES DE HASTA 2C Y LA CORRIENTE MÁXIMA DE CARGA ES DE HASTA 1,5C DURANTE 10 SEGUNDOS // SLBP TIENE UNA CAPACIDAD DE 48AH.



APÉNDICE

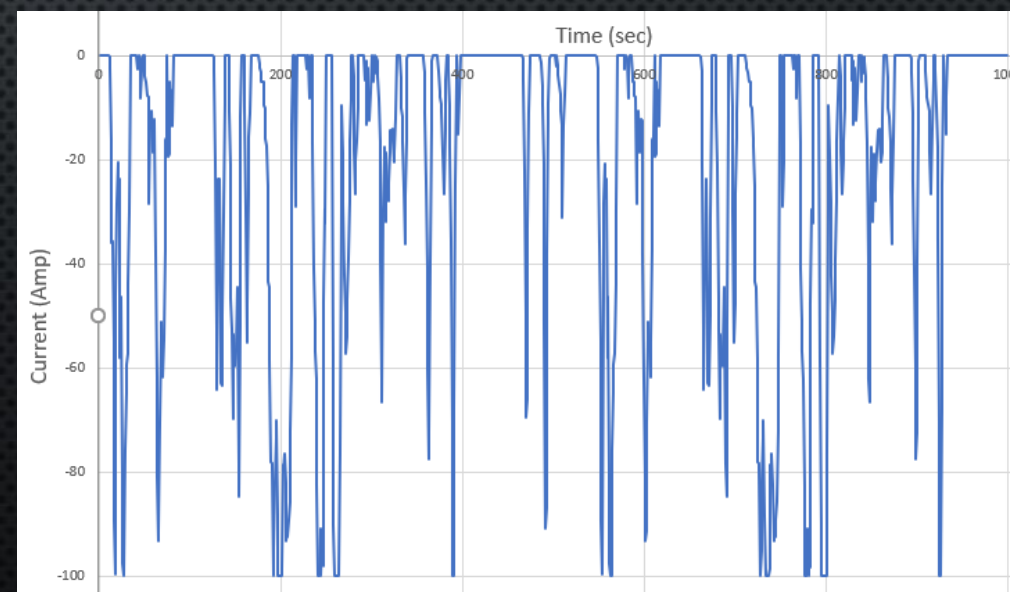
SIMULACIONES VEHICULARES:

- SE REALIZARON SIMULACIONES DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS LIGEROS (LEV) Y SE ENCONTRÓ QUE EL SLBP ENCAJARÍA BIEN EN UN CICLO DE CONDUCCIÓN LEV WLTP CLASE 3 (LOS PARÁMETROS DEL VEHÍCULO CORRESPONDEN AL LEV DISEÑADO Y FABRICADO LOCALMENTE PROPIEDAD DE LA PYME URUGUAYA GREENSTAR) / 40 KM DE AUTONOMÍA.



PRÓXIMOS PASOS:

- VALIDACIÓN DEL SLBP EN EL VEHÍCULO REAL.
- EVALUACIÓN DE COSTES Y VIABILIDAD ECONÓMICA.
- RECICLAJE CELULAR PARA LAS CÉLULAS DESECHADAS (EN CURSO EN LA UNIVERSIDAD UDELAR)



FIN

JUAN CARRIQUIRY

JPCARRIQUIRY@FING.EDU.UY

+59898707688