

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	i
TABLA DE CONTENIDO	ii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
ÍNDICE DE TABLAS	v
LISTA DE ACRÓNIMOS	1
CAPITULO 1	2
INTRODUCCIÓN	2
1.1. MOTIVACIÓN	2
1.2. ALCANCES.....	3
1.3. OBJETIVOS	4
1.4. ESTRUCTURA DEL INFORME.....	4
CAPITULO 2	5
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	5
2.1. ANTECEDENTES GENERALES DEL ESTADO DE CARGA EN DISPOSITIVOS ACUMULADORES DE ENERGÍA	5
2.1.1. ESTIMACIÓN Y PREDICCIÓN DEL ESTADO DE CARGA	6
2.2. INFERENCIA BAYESIANA Y FILTRO DE PARTÍCULAS.....	7
2.2.1. MUESTREO SECUENCIAL DE IMPORTANCIA.....	11
2.2.2. REMUESTREO SECUENCIAL DE IMPORTANCIA	12
2.2.3. PRONÓSTICO DE EVENTOS BASADO EN FILTRO DE PARTÍCULAS	14
2.3. K-MEANS CLUSTERING.....	16
2.4. CADENAS DE MARKOV	17
2.5. MODELO ESTOCÁSTICO EN ECUACIONES DE ESTADO PARA LA ESTIMACIÓN DEL SOC EN EL PROCESO DE DESCARGA	19
2.6. CONTEXTUALIZACIÓN Y ESPECIFICACIONES DEL ESD OPERADO EN LA E-BIKE.....	23

CAPITULO 3	31
DESARROLLO METODOLÓGICO	31
3.1. ESTIMACIÓN OFFLINE DE PARÁMETROS PARA MODELO DE DESCARGA DEL SOC	32
3.1.1. PRUEBA DE DESCARGA CONTROLADA	33
3.1.2. ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS Y CURVA CARACTERÍSTICA OCV- SOC.....	37
3.2. DESARROLLO Y ADAPTACIÓN MODULAR DEL AEP	39
3.2.1. MÓDULO DE ESTIMACIÓN BASADO EN FILTRO DE PARTÍCULAS	40
3.2.2. CARACTERIZACIÓN ESTADÍSTICA DEL PERFIL DE USO FUTURO DEL ESD.....	44
3.2.3. MÓDULO DE PRONÓSTICO BASADO EN FILTRO DE PARTÍCULAS	48
3.2.4. DETERMINACIÓN DE POTENCIA MÁXIMA DISPONIBLE DE ESD	51
CAPITULO 4	53
ANÁLISIS DE RESULTADOS Y VALIDACIÓN	53
4.1. ANÁLISIS DE DESEMPEÑO EN PRUEBAS FUERA DE LÍNEA	53
4.1.1. SET DE DATOS UTILIZADOS FUERA DE LÍNEA.....	53
4.1.2. RESULTADOS Y OPTIMIZACIÓN OFFLINE DE AEP.....	56
4.2. ANÁLISIS DE IMPLEMENTACIÓN EN LÍNEA	78
4.2.1. SET DE DATOS Y ANÁLISIS PRELIMINAR DEL AEP EN APLICACIÓN MÓVIL.....	78
4.2.2. RESTRICCIONES Y OPERATIVIDAD EN LÍNEA.....	81
CAPITULO 5	83
CONCLUSIONES	83
BIBLIOGRAFÍA	85

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.2.1: Esquema general del filtro de partículas con remuestreo de importancia	14
FIGURA 2.5.1: Modelo de batería litio-ion mediante circuito eléctrico DC equivalente [5].....	20
FIGURA 2.6.1: Esquema general de conexión del hardware E-Bike	24
FIGURA 2.6.2: Configuración de celdas de Ión-Litio en pack de baterías.....	25
FIGURA 2.6.3: Curva característica de descarga de celda ICR26650 por capacidad (datasheet)	26
FIGURA 2.6.4: Curva característica de descarga de celda ICR26650 por tiempo (datasheet).....	27
FIGURA 2.6.5: Sensor de corriente de efecto hall.....	28
FIGURA 2.6.6: Circuito maestro de adquisición y transmisión de datos	29
FIGURA 2.6.7: Nuevo concepto de acumuladores Elibatt	30
FIGURA 3.1: Diagrama general de proyecto de supervisión de batería.....	31
FIGURA 3.1.1: Identificación de la resistencia óhmica en pulsos controlados de voltaje [5].....	34
FIGURA 3.1.2: Corriente y voltaje de prueba controlada de celda Ión-Litio	35
FIGURA 3.1.3: Estimación de parámetro beta en codo final de descarga.....	36
FIGURA 3.1.4: Identificación de zonas de operación en celda de Ión-Litio para prueba controlada	37
FIGURA 3.2.1: Diagrama general de AEP offline.....	39
FIGURA 3.2.2: Diagrama modular de flujo de etapa de estimación del AEP	40
FIGURA 3.2.3: Efecto del Remuestreo sistemático aplicado a una población de partículas.....	42
FIGURA 3.2.4: a) Filtrado de voltaje observado con 500 datos proyectados. b) Filtrado de voltaje observado con 100 datos proyectados	43
FIGURA 3.2.5: Primera parte de la obtención de parámetros de la CM (Intervalos y estados por intervalo).....	46
FIGURA 3.2.6: Segunda parte de la obtención de parámetros de la CM (Discretización por intervalo y EWMA).....	46
FIGURA 3.2.7: Caracterización estadística del perfil de uso mediante CM de primer orden y dos estados [1].....	47
FIGURA 3.2.8: Generación de distintos perfiles de uso para 3 instantes consecutivos.....	47
FIGURA 3.2.9: Diagrama modular de flujo de etapa de pronóstico del AEP	49
FIGURA 4.1.1: Datos medidos de Ruta 4 (Velocidad variable).....	54
FIGURA 4.1.2: Datos medidos de Ruta 5 (Velocidad constante).....	54
FIGURA 4.1.3: Datos medidos de Ruta 9 (Torque exigido en plano inclinado)	55
FIGURA 4.1.4: Potencia DC medida de ruta 9 (Sobredemanda de energía)	55
FIGURA 4.1.5: JITP del 5% de una distribución de probabilidad de falla [1]	57
FIGURA 4.1.6: Perfil de uso futuro asociada a una CM en ruta 4.....	59
FIGURA 4.1.7: Perfil de uso futuro asociada a una CM en ruta 5.....	59
FIGURA 4.1.8: Resultado AEP - voltaje de batería en ruta 4.....	61
FIGURA 4.1.9: Resultado AEP - SOC de batería en ruta 4.....	61
FIGURA 4.1.10: Resultado AEP - resistencia interna de batería en ruta 4.....	62
FIGURA 4.1.11: Resultado AEP - potencia utilizada de la batería en ruta 4	62
FIGURA 4.1.12: Resultado AEP - distribución de probabilidad final del EOD en ruta 4.....	63
FIGURA 4.1.13: Resultado AEP - peor y mejor realización del EOD según referencia en ruta 4.....	63
FIGURA 4.1.14: Resultado AEP – PDF EOD final para 2 enfoques de pronóstico en ruta 4.....	65
FIGURA 4.1.15: Resultado AEP - voltaje de batería en ruta 5.....	65
FIGURA 4.1.16: Resultado AEP - SOC de batería en ruta 5.....	66

FIGURA 4.1.17: Resultado AEP - resistencia interna de batería en ruta 5.....	66
FIGURA 4.1.18: Resultado AEP - potencia utilizada de la batería en ruta 5	67
FIGURA 4.1.19: Resultado AEP - distribución de probabilidad final del EOD en ruta 5.....	67
FIGURA 4.1.20: Resultado AEP - peor y mejor realización del EOD según referencia en ruta 5	68
FIGURA 4.1.21: Resultado AEP – PDF EOD final para 2 enfoques de pronóstico en ruta 5.....	69
FIGURA 4.1.22: Resultado AEP - potencia máxima disponible estimada en ruta 9.....	72
FIGURA 4.1.23: Evolución del error de predicción EOD en diferentes inicios de predicción	73
FIGURA 4.1.24: Evolución del intervalo de confianza en diferentes inicios de predicción	73
FIGURA 4.1.25: Evolución de parámetros de cadena de markov en diferentes inicios de predicción	75
FIGURA 4.1.26: Efecto del ancho de banda en la forma del Kernel de Epanechnikov	76
FIGURA 4.2.1: Rendimiento del tiempo de procesamiento del AEP en entorno matlab	79
FIGURA 4.2.2: Vista de usuario en aplicación móvil propuesta	80
FIGURA 4.2.3: Ejemplo vista de interfaz de pruebas online.....	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.6.1: Especificaciones técnicas de la celda de Ión-Litio en estudio.....	26
Tabla 3.1.1: Especificaciones de prueba de descarga.....	34
Tabla 3.1.2: Resultados finales prueba de descarga controlada	37
Tabla 3.1.3: Parámetros finales del modelo de observación	38
Tabla 3.1.4: Error cuadrático medio mínimo en la estimación de parámetros específicos	38
Tabla 4.1.1: Desempeño final modulo de estimación en ruta 4	64
Tabla 4.1.2: Desempeño final modulo de pronóstico en ruta 4 con 40 partículas.....	64
Tabla 4.1.3: Desempeño final modulo de pronóstico en ruta 4 con 3 partículas.....	64
Tabla 4.1.4: Desempeño final modulo de estimación en ruta 5	68
Tabla 4.1.5: Desempeño final modulo de pronóstico en ruta 5 con 40 partículas.....	69
Tabla 4.1.6: Desempeño final modulo de pronóstico en ruta 5 con 3 partículas.....	69
Tabla 4.1.7: Resumen de parámetros ajustados fuera de línea.....	77

LISTA DE ACRÓNIMOS

AEP	Algoritmo de Estimación y Pronóstico
BMS	Sistema de Administración de Baterías (<i>Battery Management System</i>)
CIL	Centro de Innovación del Litio
CM	Cadena de Markov (<i>Markov Chain</i>)
EKF	Filtro de Kalman Extendido (<i>Extended Kalman Filter</i>)
EOD	Fin de la Descarga (<i>End of Discharge</i>)
ESD	Dispositivo de Almacenamiento de Energía (<i>Energy Storage Device</i>)
EWMA	Media Móvil con Ponderación Exponencial (<i>Exponentially Weighted Moving Average</i>)
FP	Filtro de Partículas (<i>Particle Filter</i>)
HMI	Interfaz Usuario Máquina (<i>Human-Machine Interface</i>)
HZ	Zona de Peligro (<i>Hazard Zone</i>)
JITP	Valor Justo a Tiempo (<i>Just-in-Time Point</i>)
KMC	Método de Agrupamiento K-Means (<i>K-Means Clustering</i>)
LR	Regresión Lineal (<i>Linear Regression</i>)
OCV	Voltaje en Circuito Abierto (<i>Open Circuit Voltage</i>)
PCM	Módulo Circuitual de Protección (<i>Protection Circuit Module</i>)
PDF	Función Densidad de Probabilidad (<i>Probability Density Function</i>)
RMSE	Raíz Cuadrada del Error Cuadrático Medio (<i>Root Mean Square Error</i>)
SIR	Remuestreo Secuencial de Importancia (<i>Sequential Importance Resampling</i>)
SIS	Muestreo Secuencial de Importancia (<i>Sequential Importance Sampling</i>)
SMC	Métodos Secuenciales de Monte Carlo (<i>Sequential Monte Carlo Methods</i>)
SOC	Estado de Carga (<i>State of Charge</i>)
SOH	Estado de Salud (<i>State of Health</i>)
TOF	Tiempo de Falla (<i>Time of Failure</i>)
UKF	Filtro de Kalman Unscented (<i>Unscented Kalman Filter</i>)