

Tabla de Contenido

1	Introducción	1
1.1	Antecedentes Generales.....	2
1.1.1	Batería de Litio	2
1.1.2	Módulo y Empaquetamiento.....	2
1.2	Motivación.....	3
1.3	Objetivos y Alcances	4
1.3.1	Objetivo General	4
1.3.2	Objetivos específicos	4
1.3.3	Alcances.....	4
2	Metodología	5
2.1	Recursos.....	5
3	Antecedentes	6
3.1	Estándares en Baterías	6
3.2	Virtudes baterías de Litio	7
3.3	Celda de ion-Litio	7
3.3.1	Celda cilíndrica.....	9
3.4	Modelación Fluidodinámica.....	10
3.4.1	Capa límite fluidodinámica.....	10
3.4.2	Diámetro Hidráulico.....	11
3.4.3	Factor de Fricción.....	11
3.4.4	Turbulencia	12
3.5	Modelación térmica	13
3.5.1	Conducción	13
3.5.2	Convección	13
3.5.3	Capa límite térmica	13
3.5.4	Números Adimensionales	14
3.5.5	Balance energético	15
3.6	Intercambiadores de calor.....	16
3.6.1	Configuración de tubos	16
3.6.2	Pérdida de Carga en haz de tubos.....	17
3.6.3	Correlación para el cálculo de Nussel.....	19
3.6.4	Pérdida de Carga en flujo interno.....	20
3.7	Conceptos para una simulación en ANSYS.....	20

3.7.1	Modelo de Turbulencia $k - \epsilon$	20
3.7.2	Tratamiento de paredes	22
3.7.3	Cálculo de $y+$ para capa límite	22
3.8	Desempeño térmico de las baterías de Litio	23
3.8.1	Forma de generación de calor	23
3.8.2	Efectos de la temperatura sobre la operación de baterías	24
3.8.3	Modelo de enfriamiento exponencial	25
3.8.4	Estado del arte estudios sobre desempeño térmico	26
3.8.5	Trabajos previos	26
3.8.6	Modelo Fractal.....	27
4	Diseño simulación computacional.....	28
4.1	Montaje experimental existente de Moser.....	28
4.1.1	Componentes del Montaje	28
4.1.2	Selección de arreglo escalonado.....	30
4.2	Parámetros del Modelo computacional	31
4.2.1	Dimensiones y Materiales.....	31
4.2.2	Condiciones de Operación	32
4.3	Cálculos Teóricos de Validación	33
4.3.1	Caracterización propiedades de los materiales.....	34
4.4	Construcción del modelo 3D.....	35
4.4.1	Configuración CAD en ANSYS.....	36
4.4.2	Generación de volumen de control.....	37
5	Validación y Resultados del Modelo.....	38
5.1	Estudio de Mallado	38
5.1.1	Configuración Inicial Fluent.....	38
5.1.2	Resultados pruebas de mallado	40
5.1.3	Selección Malla definitiva	41
5.2	Estudio de configuración en Fluent	43
5.2.1	Estudio Modelo de Turbulencia	43
5.3	Verificación fluidodinámica.....	45
5.4	Resultados térmicos	48
6	Estudio de Materiales para la carcasa.....	52
6.1	Selección de materiales	52
6.2	Estudio comparativo	54
7	Estudio de Temperaturas para la carcasa	58

7.1	Análisis por temperatura constante a 275 [K]	58
7.2	Análisis por temperatura inicial a 275 [K]	64
7.3	Comparación 3 casos de temperatura	70
7.4	Cambio longitud en geometría	71
7.4.1	Geometría 1- Sin modificación	71
7.4.2	Geometría 2- Alargamiento Aguas Abajo	71
7.4.3	Geometría 3- Alargamiento Aguas Arriba.....	72
7.4.4	Estudio térmico Geometrías	72
➤	Carcasa a T constante= 275 [K]	72
8	Conclusiones y Recomendaciones.....	77
8.1	Discusiones generales	77
8.1.1	Sobre Desarrollo de Baterías eléctricas	77
8.1.2	Sobre el Modelamiento Fluidodinámico.....	77
8.1.3	Sobre el Trabajo realizado	77
8.2	Conclusiones	78
8.2.1	Sobre la validación del modelo	78
8.2.2	Sobre el estudio térmico.....	78
8.3	Recomendaciones.....	79
8.3.1	Trabajo Futuro	79
	Bibliografía.....	80
Anexo A.	Mediciones montaje experimental Centro de Energía	83
Anexo B.	Estudio Sensibilidad Turbulencia.....	92
Anexo C.	Tablas de Datos	95
Anexo D.	Hojas de datos de materiales.....	100
Anexo E.	Resultados Complementarios Geometrías 2 y 3.....	110
Anexo F.	Estudio Relacionado - Geometría 4 (10 celdas).....	118

Índice de Figuras

Figura 1-1: Ejemplos de operación de baterías [Fuente: Informe interno Centro de Energía].	1
Figura 1-2 : Tipos de baterías usadas. [Fuente: Informe interno Centro de Energía]	2
Figura 1-3: Esquema Celdas [Fuente: Informe interno Centro de Energía]	3
Figura 2-1: Diagrama metodología de trabajo. [Elaboración Propia]	5
Figura 3-1: Funcionamiento de una batería. [Fuente: Adaptación [7]]	7
Figura 3-2. : Propiedades batería de Cobalto. [Fuente: Adaptación [5]]	8
Figura 3-3: Propiedades batería de Manganeso. [Fuente: Adaptación [5]]	8
Figura 3-4: Propiedades batería de Fosfato.[Fuente: Adaptación [5]]	9
Figura 3-5 : Interior de una celda cilíndrica. [Fuente: Adaptación [8]]	9
Figura 3-6: Capa límite fluidodinámica para flujo interno laminar. [Fuente: Adaptación [11]]	10
Figura 3-7: Diagrama de Moody [Fuente: Adaptación [11]]	12
Figura 3-8: Capa límite térmico. [Fuente: Adaptación [11]]	14
Figura 3-9 : Cubo diferencial para balance energético [10]	15
Figura 3-10 : Esquema banco de tubos en flujo cruzado [Fuente: Adaptación [11]]	16
Figura 3-11 : Arreglos para un banco de Tubos. (a) Alineado. (b) Escalonado [11]	17
Figura 3-12 : Flujo a través de un banco de Tubos. (a) Alineado. (b) Escalonado[11]	17
Figura 3-13 : Factor de fricción y de corrección para configuración Alineada [11]	18
Figura 3-14 : Factor de fricción y de corrección para configuración Escalonada [11]	18
Figura 3-15 : Constantes C_1 y m para la correlación de Grimson. [Fuente: Adaptación [11]]	19
Figura 3-16 : Constantes C_1 y m para la correlación de Grimson [Fuente: Adaptación [11]]	19
Figura 3-17: Rango temperatura óptima de operación. [Fuente: Adaptación [13]]	24
Figura 3-18: Estado de carga/degradación con temperaturas. [Fuente: Adaptación [14][21]]	24
Figura 4-1: Celda Ión-Litio ICR 26650 [Fuente: Adaptación [8]]	29
Figura 4-2: Caja con ventilador Thermaltake TT-12025. [Fuente: aliexpress.es]	29
Figura 4-3: Montaje experimental de 5 celdas [8]	30
Figura 4-4: Medidas para el modelo	31
Figura 4-5 : Esquema condiciones de borde	32
Figura 4-6: Diseño CAD empaquetamiento:	36
Figura 4-7: Importación de CAD a ANSYS-Fluent	36
Figura 4-8: Derecha: Dirección de avance del aire, Izquierda: Nomenclatura celdas	37
Figura 5-1: Configuración inicial	38
Figura 5-2: Convección exterior	39
Figura 5-3: Ingreso Propiedades de Materiales. Arriba: Celda. Abajo: Madera	39
Figura 5-4: Temperatura inicial baterías	40
Figura 5-5: Prueba de mallado – Refinamiento según Tamaño de Elementos	40
Figura 5-6: Prueba de mallado-Refinamiento según tamaño Number of Cells	41
Figura 5-7: Corte vista en planta de mallado	42
Figura 5-8: Corte vista lateral de mallado	42
Figura 5-9: Orden de magnitud celda adyacente en superficie	43
Figura 5-10: Comparación Modelo de Turbulencia y Tratamiento de Pared	44
Figura 5-11: Configuración final del Modelo de Turbulencia	44
Figura 5-12: Comparación Final RNG-k-e ENH y Datos Experimentales	45
Figura 5-13 : Presión del aire – Contorno Plano medio en Planta y Lateral	45
Figura 5-14 : Velocidad del aire–Renderizado de Volumen	46

Figura 5-15 : Velocidad del aire – Isométrico Grafica por Vectores y Contornos	47
Figura 5-16 : Velocidad del aire – Líneas de Flujo y Vistas de Contorno	47
Figura 5-17 : Temperaturas Empaquetamiento - Vistas de Contorno – 80 s	48
Figura 5-18 : Temperaturas Empaquetamiento - Vistas de Contorno – 240 s	48
Figura 5-19: Temperaturas Empaquetamiento - Vistas de Contorno – 700 s	49
Figura 5-20 : Temperaturas Empaquetamiento - Vistas de Contorno – 2500 s	49
Figura 5-21 : Decaimiento térmico de cada batería baterías – Módulo con Carcasa de Madera ...	50
Figura 5-22 : Coeficiente convectivo promedio en la interface batería-aire para cada celda	50
Figura 5-23 : Flujo promedio de Calor cedido por unidad de área en la interface celda aire	51
Figura 6-1 : Comparación conductividad térmica y eléctrica [Fuente: CES Edupack]	52
Figura 6-2 : Calor superficial promedio cedido al aire en la cara interna de la carcasa	54
Figura 6-3 : Coeficiente convectivo promedio en la cara interna de la carcasa	55
Figura 6-4 : Calor superficial promedio cedido al aire en la cara externa de la carcasa	55
Figura 6-5 : Coeficiente de convección por unidad de superficie externa de la carcasa	56
Figura 6-6 : Comparación decaimiento para Celda 1 con cinco materiales	56
Figura 6-7 : Comparación decaimiento para Celda 4 con cinco materiales	57
Figura 7-1 : Decaimiento térmico de celda 1 usando carcasas de distinto material	58
Figura 7-2 : Decaimiento térmico de celda 2 usando carcasas de distinto material	59
Figura 7-3 : Decaimiento térmico de celda 4 usando carcasas de distinto material	59
Figura 7-4 : Coeficiente convectivo promedio en interface celda 1-aire.....	60
Figura 7-5 : Coeficiente convectivo promedio en interface celda 2-aire.....	61
Figura 7-6 : Coeficiente convectivo promedio en interface celda 4-aire.....	61
Figura 7-7 : Campo temperaturas - 275 [k] cte. – Tiempos en [s]: 80.....	62
Figura 7-8 : Campo temperaturas - 275 [k] cte. – Tiempos en [s]: 300.....	63
Figura 7-9 : Campo temperaturas - 275 [k] cte. – Tiempos en [s]: 800.....	63
Figura 7-10 : Campo temperaturas - 275 [k] cte. – Tiempos en [s]: 1900	64
Figura 7-11 : Decaimiento térmico de celda 1 usando carcasas de distinto material	65
Figura 7-12 : Decaimiento térmico de celda 2 usando carcasas de distinto material	65
Figura 7-13 : Decaimiento térmico de celda 4 usando carcasas de distinto material	66
Figura 7-14 : Coeficiente convectivo promedio en interface celda 1-aire.....	66
Figura 7-15 : Coeficiente convectivo promedio en interface celda 2-aire.....	67
Figura 7-16 : Coeficiente convectivo promedio en interface celda 4-aire.....	67
Figura 7-17 : Campo temperaturas - 275 [k] cte. – Tiempos en [s]: 100.....	68
Figura 7-18 : Campo temperaturas - 275 [k] cte. – Tiempos en [s]: 600.....	69
Figura 7-19 : Campo temperaturas - 275 [k] cte. – Tiempos en [s]: 1500	69
Figura 7-20 : Campo temperaturas - 275 [k] cte. – Tiempos en [s]: 2300	70
Figura 7-21 : Decaimiento térmico 4 usando carcasas a distinta condición de borde	70
Figura 7-22 : Isométrico del CAD de la Geometría 2	71
Figura 7-23 : Isométrico del CAD de la Geometría 3	72
Figura 7-24 : Decaimiento según geometrías para celda 1	73
Figura 7-25 : Decaimiento según geometrías para celda 2	73
Figura 7-26 : Decaimiento según geometrías para celda 4	74
Figura 7-27 : Temperatura en el eje Z del módulo (Ver Anexo E).....	74
Figura 7-28 : Decaimiento según geometrías para celda 1	75
Figura 7-29 : Decaimiento según geometrías para celda 2	75
Figura 7-30 : Decaimiento según geometrías para celda 4	76
Figura 7-31 : Temperatura en el eje Z del módulo (Ver Anexo E).....	76