



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA LA NIVELACIÓN
DE CARGA DE BATERIAS DE NÍQUEL METAL – HIDRURO
UTILIZADAS EN HEV DE MAYOR CONSUMO EN EL ECUADOR.**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero Automotriz

AUTORES: LINDAO PONCE ELIAN ANDRES

INTRIAGO GUERRERO HAROL XAVIER

TUTOR: ING. PABLO RENATO FIERRO JIMENEZ, MSC.

Guayaquil – Ecuador

2022

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Lindao Ponce Elián Andrés con documento de identificación N° 0951322031 y Intriago Guerrero Harol Xavier con documento de identificación N° 0950085712; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 02 de septiembre del año 2022

Atentamente,



Elián Andrés Lindao Ponce

C.I: 0951322031



Harol Xavier Intriago Guerrero

C.I: 0950085712

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Lindao Ponce Elián Andrés con documento de identificación N° 0951322031 y Intriago Guerrero Harol Xavier con documento de identificación N° 0950085712, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto de titulación: “Desarrollo de una metodología para la nivelación de carga de baterías de níquel metal – hidruro utilizadas en hev de mayor consumo en el ecuador”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Automotriz, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 02 de septiembre del año 2022

Atentamente,



Elián Andrés Lindao Ponce

C.I: 0951322031



Harol Xavier Intriago Guerrero

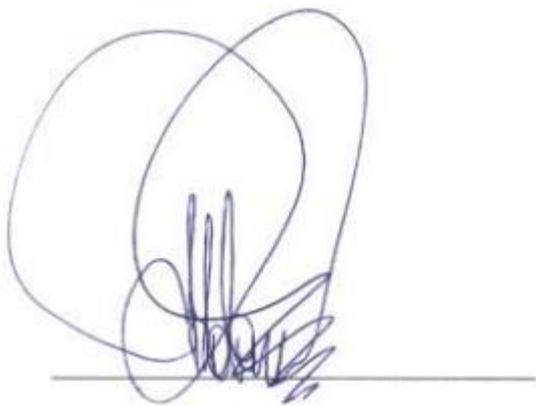
C.I: 0950085712

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Pablo Renato Fierro Jiménez con documento de identificación N° 1103588578, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA LA NIVELACIÓN DE CARGA DE BATERÍAS DE NÍQUEL METAL – HIDRURO UTILIZADAS EN HEV DE MAYOR CONSUMO EN EL ECUADOR**, realizado por, Lindao Ponce Elián Andrés con documento de identificación N° 0951322031 y Intriago Guerrero Harol Xavier con documento de identificación N° 0950085712, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 02 de septiembre del año 2022

Atentamente,



Ing. Pablo Renato Fierro Jiménez, MSC.

C.I. 1103588578

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer este logro primeramente a Dios por permitirme culminar una etapa más dentro de mi formación personal, a mi madre Narcisa Guerrero y mi abuela Irene Barahona que son los pilares más importantes en mi vida y sin su confianza, aliento y apoyo este logro no sería posible y finalmente a mi hija que es el motor que me impulsa y por la que me esfuerzo a cada día ser mejor persona y padre.

Harol Xavier Intriago Guerrero

AGRADECIMIENTO

No existen obstáculos cuando te lo propones.

Agradezco primero a Dios por darme la constancia de avanzar sin rendirme y sabiduría para poder cumplir mis metas. A mis padres, María Ponce por el apoyo emocional y por alentarme para poder lograr una meta tan grande e importante para mí, al igual por la paciencia y su gran cariño en tiempos difíciles. A mi padre Juan Lindao por sus consejos y enseñanzas sobre nunca rendirse cuando haya un obstáculo en el camino, simplemente seguir avanzar para lograr lo que se anhela.

Agradezco a todas aquellas personas que han estado en mi vida por sus enseñanzas y apoyo durante desde el inicio de mi instancia universitaria.

Agradezco a los profesores de la Carrera Ingeniería Automotriz por sus enseñanzas y conocimientos brindados al igual que el director de Carrera Renato Fierro por alentarnos a perseguir nuestras metas.

Elián Andrés Lindao Ponce

DEDICATORIA

Dedico este logro a Dios, mi familia, amigos y a mis maestros.

“La educación es el arma más poderosa que puedes usar para cambiar el mundo”

-Nelson Mandela

Harol Xavier Intriago Guerrero

DEDICATORIA

Sin lugar a duda, dedico este proyecto a mi familia, en especial a mis padres. Sus apoyos han sido muy importantes para mí y este es un regalo para ellos. Mi visión ha estado siempre en que estén orgullosos de mí y ahora que lo he logrado simplemente me queda decirles, gracias.

Dedico mi trabajo académico a toda la Familia Garzón Ponguillo por sus consejos y enseñanzas sobre alcanzar los sueños, hacerlo con anhelo, perseverancia, dedicación y con la plena confianza en Dios.

También dedico mi tesis a aquellas personas que nunca confiaron en mí desde los inicios de la carrera universitaria, de una u otra forma ha sido de gran ayuda para tomar valor e impulso a poder lograr esta meta.

Elián Andrés Lindao Ponce

RESUMEN

El presente proyecto se basa en el desarrollo de una metodología para la nivelación de carga de baterías de Níquel Metal Hidruro que utilizan HEV de mayor consumo en el Ecuador a través de análisis del comportamiento de voltaje de las curvas de carga y descarga. Para esto, se han establecido conceptos y definiciones acerca de los vehículos híbridos, los acumuladores de energía, nivelación de estados de carga y los desechos sólidos generados. Para su desarrollo, se someten 9 celdas a una carga profunda para escoger la que esté en óptimas condiciones y luego se procede a realizar 4 procesos cíclicos de carga y descarga a dicha celda. Para los procesos de carga y descarga, se utiliza un cargador de baterías DC (Imax B6 v2), cada proceso se realiza con una intensidad de corriente de 2A, en un tiempo aproximado de 2 horas y 25 minutos y un reacondicionamiento de 2 horas entre cada proceso. Para las tomas de datos se utiliza un equipo medición de voltaje (Fluke 430 series II), cuyos datos obtenidos se exportan a Excel para su tratamiento, Minitab para su análisis estadístico y Matlab para su presentación. Los resultados fueron comprobados mediante la prueba de clasificación de signos Wilcoxon donde se comprueba el aumento en el voltaje nominal de la celda escogida, esto con el fin de garantizar la vida útil de la misma.

PALABRAS CLAVES: Nivelación de carga, Análisis estadísticos, Vehículos Híbridos, Minitab, Matlab, Baterías de Níquel-Metal Hidruro.

ABSTRACT

This project is based on the development of a methodology for the leveling charge of Nickel Metal Hydride batteries using HEVs, with the highest consumption in Ecuador, through the analysis on the voltage behavior of the charge and discharge curves. For this, concepts and definitions about hybrid vehicles, energy accumulators, and solid waste generated have been established. For its development, 9 cells are subjected to a deep charge in order to choose the one that is in optimal conditions and then proceed to perform 4 cyclical processes of charging and discharging of that cell. A DC battery charger (IMAX B6 v2) is used for the charging and discharging processes, each process is carried out with a current intensity of 2A, in approximately 2 hours and 25 minutes and a reconditioning of 2 hours between each process. A voltage measuring device (Fluke 430 series II) was used to take the data. The data obtained was exported to Excel for processing, Minitab for statistical analysis and Matlab for its presentation. The results were checked by means of the Wilcoxon sign classification test where the increase in the nominal voltage of the chosen cell is checked in order to guarantee the useful life of the cell.

KEY WORDS: Load Leveling, Statistical Analysis, Hybrid Vehicles, Minitab, Matlab, Nickel-Metal Hydride Batteries.

ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA	i
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	ii
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iii
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iv
AGRADECIMIENTO	v
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
ÍNDICE DE CONTENIDO	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.2 ANTECEDENTES	3
1.3 IMPORTANCIA Y ALCANCES.....	3
1.3.1 Importancia.....	3
1.3.2 Alcances	4
1.4 OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS	4
1.4.1 Objetivo General	4
1.4.2 Objetivos Específicos:	4
CAPÍTULO II: FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE FUNCIONAMIENTO DE VEHICULOS HÍBRIDOS, BATERIAS DE NÍQUEL METAL HIDRURO Y NIVELACIÓN DE ESTADOS DE CARGA	5
2.1 VEHÍCULOS HÍBRIDOS.....	5
2.1.1 Concepto de Hibridación y conceptualización.....	5
2.2 TREN DE POTENCIA.....	6
2.2.1 Caracterización de vehículo Híbridos.....	6
2.2.1.1 Vehículo Híbrido con motores en serie.....	6
2.2.1.2 Vehículo Híbrido con motores en paralelo	6
2.2.1.3 Vehículo Híbrido con motores en serie – paralelo	6
2.2.2 Tipos de vehículos eléctricos e híbridos utilizados Ecuador.....	7
2.3 BATERIAS DE ALTO VOLTAJE	7
2.4 TIPOS DE BATERÍAS	8
2.4.1 Baterías de Plomo – Ácido	8
2.4.2 Baterías de cloruro de Sodio NaNiCl (ZEBRA)	9

2.4.3 Baterías de Níquel – Cadmio.....	9
2.4.4 Baterías de Iones de litio	9
2.4.5 Baterías de Níquel – Metal Hidruro.....	10
2.4.6 Tabla comparativa de las baterías	10
2.6 CICLO DE CARGA Y DESCARGA	11
2.9 CARGA DE LA BATERÍA	11
2.9.1 Carga lenta	11
2.9.2 Carga rápida	11
2.10 EFECTO MEMORIA.....	11
2.10 BALANCEO DE LAS CELDAS	12
2.11 NIVELACIÓN DE CARGA	12
2.12 SISTEMA DE MEDIDA DEL POTENCIAL.....	13
2.13 MÉTODO ESTADÍSTICO	13
2.14 TRATAMIENTO PARA AJUSTE DE CURVA DATA FITTING	13
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA UTILIZADA PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS Y NIVELACION DE CARGA DE BATERIAS NIQUEL METAL – HIDRURO UTILIZADAS EN BATERIAS DE HEV DE MAYOR CONSUMO EN EL ECUADOR.....	14
3.1 REQUERIMIENTOS PREVIOS.....	14
3.1.1 Elementos de prueba.....	14
3.2 PROTOCOLO DE PRUEBAS	19
3.2.1 Condiciones previas para la toma de datos de la nivelación de carga	19
3.2.2 Flujograma Proceso de carga/descarga	20
3.3 PROCESO DE ADQUISICIÓN DE DATOS	23
3.3.1 Configuración del Equipo.....	23
3.3.2 Conexión del Equipo	25
3.3.1 Proceso de carga y descarga	26
3.3.3 Proceso de Carga/Descarga y Adquisición de datos	29
3.3.4 Proceso de exportación de datos	30
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA ADQUISICIÓN DE DATOS DE LA METODOLOGÍA DE NIVELACIÓN DE CARGA DE BATERIAS DE NI-MH.....	38
4.1. RESULTADOS PROCESOS DE CARGA	38
4.3. RESULTADOS PRUEBA DE NORMALIDAD	44
4.4. RESULTADOS DE LA PRUEBA DE LOS RANGOS CON SIGNO DE WILCOXON.....	46
4.5. RESULTADOS COMPARACIÓN DE PROCESOS.....	48
4.6. RESULTADOS FINALES.....	49
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES	51

RECOMENDACIONES	52
REFERENCIAS	53
ANEXOS	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tipos de vehículos híbridos utilizados en Ecuador	7
Tabla 2: Tabla comparativa de las baterías.	11
Tabla 3: Característica de la batería de Níquel Metal Hidruro.	15
Tabla 4: Especificaciones técnicas iMax B6AC V2.	16
Tabla 5: Especificaciones técnicas Fluke-430 serie II.	17
Tabla 6: Voltajes de las 9 celdas de Níquel Metal Hidruro.	27
Tabla 7: Parámetros de carga y descarga.	28
Tabla 8: Procesos de carga, inicio y final.	41
Tabla 9: Procesos de descarga, inicio y fin.	44
Tabla 10: Prueba de clasificación con signos de Wilcoxon de las curvas de cargas.	47
Tabla 11: Prueba de clasificación con signos de Wilcoxon de las curvas de descargas.	48
Tabla 10: Prueba de clasificación con signos de Wilcoxon de las curvas de cargas.	47
Tabla 11: Prueba de clasificación con signos de Wilcoxon de las curvas de descargas.	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figuras 1: Vehículo Híbrido.	5
Figuras 2: Esquema de flujo de energías de un tren híbrido de potencias Fuente: López Martínez, J. M. (2015).....	6
Figuras 3: Batería de alto voltaje de Níquel Metal Hidruro.....	8
Figuras 4: Batería de plomo-ácido.	8
Figuras 5: Celda de Níquel-Metal Hidruro.....	10
Figuras 6: Software Fluke.	17
Figuras 7: Software Minitab.	18
Figuras 8: Software MATLAB.	19
Figuras 9: Comprobación de voltaje de la celda de Níquel Metal Hidruro.....	20
Figuras 10: Flujograma de Procesos de Carga.	21
Figuras 11: Flujograma de Procesos de Descarga.	22
Figuras 12: Definición del parámetro del intervalo de toma de datos.	23
Figuras 13: Posición de la tarjeta SD del Fluke.	24
Figuras 14: Parámetro del tipo de material en el cargador DC.....	24
Figuras 15: Parámetro para Carga de la batería de Níquel Metal Hidruro.....	25
Figuras 16: Parámetro para Descarga de la batería de Níquel Metal Hidruro.....	25
Figuras 17: Sondas de corriente.	26
Figuras 18: Pinzas de Voltaje.....	26
Figuras 19: Medición a las celdas de Níquel Metal Hidruro.	27
Figuras 20: Conexión y definición de parámetro de la celda de Níquel Metal Hidruro.....	28
Figuras 21: Conexión y definición de parámetro de carga de la celda de Níquel Metal Hidruro.	29
Figuras 22: Conexión y definición de parámetro de descarga de la celda de Níquel Metal Hidruro.....	29
Figuras 23: Conexiones del equipo iMax b6 AC y Fluke 430 Series II a la celda de Níquel Metal Hidruro.....	30
Figuras 24: Power Quality Software maximizado en Tarjeta SD.	31
Figuras 25: Power Quality Software maximizado en carpeta Fluke.	31
Figuras 26: Power Quality Software apartado de exportación de datos en .txt.....	32
Figuras 27: Power Quality Software selección de parámetros de exportación.	32
Figuras 28: Archivo .txt abierto en Excel.....	33
Figuras 29: Software Minitab exportado datos Excel.....	33
Figuras 30: Selección en Prueba de normalidad en Minitab.....	34
Figuras 31: Selección en datos no paramétricos en Minitab.....	35
Figuras 32: Selección en Wilcoxon de una muestra en Minitab.....	35
Figuras 33: Exportación de datos por medio de lectura en programación en Matlab.	36
Figuras 34: Programa Data fitting para ajuste de curva.....	36
Figuras 35: Gráficas de Carga.....	39
Figuras 36: Gráfica de Cargas.	40
Figuras 37: Graficas de Descargas.....	42
Figuras 38: Gráfica de Descargas.....	43
Figuras 39: Prueba de Normalidad.....	45
Figuras 40: Transformación de Johnson para Capacidad.	46
Figuras 41: Gráfica de Carga y Descarga.....	49
Figuras 42: Gráfica de la variación porcentual de la Voltaje en la celda.	50

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

El presente proyecto tiene como objetivo desarrollar una metodología para la nivelación de carga de las celdas de Níquel – Metal Hidruro de un vehículo híbrido, a través de procesos cíclicos de cargas y descargas con el fin de garantizar su vida útil.

Durante los últimos los años, la tecnología automotriz ha evolucionado significativamente debido al aumento de tasa de motorización acompañada a la inflación de la población urbana (ONU – Programa para el medio ambiente, 2021); sin embargo, el crecimiento de la contaminación a causa de los motores a combustión es inminente por la cantidad de carbono que producen y ésta ha causado que muchas organizaciones opten por buscar una estrategia para prevenir que la contaminación en el mundo aumente. En el año 2018, se registró 34.04 mil millones de toneladas de cantidad de carbono producido por las emisiones de CO₂ en el mundo; en Latinoamérica, se registró el nivel de CO₂ de 1.68 mil millones de toneladas y en el Ecuador de 39 530 toneladas. (BIRF, 2018). A causa de estas grandes magnitudes de contaminación se involucran diferentes tipos de desarrollos de automóviles propulsados por energía alternativa, como son los vehículos eléctricos e híbridos, siendo su energía de origen renovable. (Guillermo Mejía Cisneros, Elsa Ordoñez Casanova, Hector Alejandro Trejo Mandujano., 2021).

A nivel mundial es notable el crecimiento del consumo de vehículos híbridos y eléctricos por las ventajas que estos poseen como, por ejemplo: disminución de emisiones, menor costo en mantenimiento y el uso de energía renovable, por lo que el cambio de un vehículo de combustión interna a un híbrido o eléctrico, es cada vez más atractivo para el consumidor promedio.

En Alemania, según Automotive News Europe, se calcula que en el año 2035 no existirán vehículos a combustión interna en el país a causa de que están a favor de establecer una ley a la reducción del 100% de las emisiones de CO₂ y ha provocado que muchos países opten por desarrollar dicha ley. Alemania es el país con mayor flota de vehículos eléctricos puros activos con un total de 699.802 de unidades vendidas hasta el año 2021. En Europa tienen un total de vehículos eléctricos vendidos de 544.207, siendo el continente con mayor venta de vehículos de tecnología de origen renovables. En Latinoamérica ha empezado el cambio hacia tecnologías amigables al medio ambiente, sin embargo, se encuentra lejos para posicionarse como líderes en movilidad sostenible. En el año 2021 se han vendido un total de 118.192 de vehículos híbridos y eléctricos. En

el Ecuador hasta el año 2021 se han vendido un total de 132.208 de vehículos híbrido, en 2022 hasta abril se registraron 12 004 de unidades vendidas con un crecimiento interanual del 39% frente al mismo mes de 2021. (AEADE, 2022). En Brasil se registra un total de 34 990 de unidades vendidas de vehículos híbridos y eléctricos. En Colombia se registra 1 296 ventas de vehículos eléctrico en el año 2021 siendo la que más ventas de BEV¹ logró, seguido por México con más de 1 100 vehículos eléctricos vendidos. (Statista, 2021)

En base lo expuesto, los vehículos híbridos y eléctricos se caracterizan por tener una batería de alto voltaje como principal fuente de energía, sin embargo, según Toyota las baterías de sus vehículos híbridos tienen una duración de 10 años (Toyota, 2022), siendo estos unas de las marcas que garantizan el tiempo más largo a comparación de otras marcas como los vehículos Hyundai híbridos que garantizan 8 años de la vida útil de la batería. (Hyundai, 2022). Según estudios previos, una batería puede disminuir su vida útil por diversos factores y las principales son: temperatura y régimen de descarga. (Aguas Beltrán, D. F, 2020). A causa de lo anterior, se destaca la importancia por desarrollar diversas metodologías con el fin de que una batería cumpla su vida útil y prevenir que sean desechadas de manera anticipada a causa de un desperfecto. Según IDTechEx², las baterías en el mundo representan una alta contaminación al generar alrededor de 7,8 millones de Giga toneladas de desechos.

Esta investigación servirá de manera directa como guía de datos que se toman en consideración para el análisis de una batería y nivelación a través de procesos de carga y descarga, para garantizar el periodo de vida útil estimado de las baterías de alto voltaje usados en HEV³ ayudando a reducir el porcentaje de desechos de este tipo. (Romo G, 2019).

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En los últimos años según, el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC) es inminente el crecimiento de la contaminación que produce los vehículos por gases tóxicos; ésta ha provocado que profesionales y ciertas empresas del área automotriz opten

¹ BEV: Battery Electric Vehicle.

² IDTechEX: Empresa de estudios de mercado y tecnología emergente.

³ Hybrid Electric Vehicle

por el desarrollo tecnológico de vehículos que aseguren la movilidad amigable al medio ambiente, como son los vehículos híbridos. Andrade Diaz, F. P. (2018).

La demanda de estos vehículos ha ido en constante crecimiento en el Ecuador, en 2022 la venta de autos híbridos alcanzó las 4.269 unidades y comparando a otros años se muestra un notorio incremento de vehículos híbridos, según datos de la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (Aeade, 2022).

Actualmente existe altos niveles de contaminación por el manejo inadecuado de las baterías de Níquel - Metal Hidruro desechados; A su vez, nos obligará a establecer estrategias para reducir esta problemática, garantizar el periodo de vida útil estimado del de baterías de alto voltaje usados en vehículos híbridos y a reducir el porcentaje de desechos de este tipo. (Romo G, 2019).

1.2 ANTECEDENTES

En el transcurso de los años, las actualizaciones y avances tecnológicos ha ido en constante crecimiento donde éstas se ven reflejado en muchas áreas, una de ellas es el avance tecnológico automotriz como es los vehículos híbridos y eléctricos. Aunque es cierto que, en algunos países aún se comercializan los vehículos híbridos y eléctricos. Sin embargo, al pasar de los años el crecimiento es inminente donde estos tipos de vehículos llegaran a comercializarse en todos los países.

Es un hecho que la característica principal de los vehículos híbridos es su funcionamiento, en particular por tener integrado un motor eléctrico y baterías de alto voltaje, en la cual una de las ventajas de los vehículos híbridos es que ésta emite una menor emisión de gases contaminantes a comparación de los vehículos a combustión, al igual que un menor consumo de combustible. A causa de esto, diversos países han estimado a largo plazo contrarrestar la comercialización de los vehículos a combustión interna y proyectarse en los vehículos híbridos y eléctricos. (Romo G, 2019).

1.3 IMPORTANCIA Y ALCANCES

1.3.1 Importancia

La presente investigación es importante, porque contribuye con el tema de Movilidad Sostenible y está enfocado en cumplir la vida útil de las baterías de Níquel Metal Hidruro y así prevenir contaminación por desechos o residuos tóxicos.

1.3.2 Alcances

La trascendencia de este proyecto radica en incentivar a las siguientes generaciones en tomar como principal tema de estudio al medio ambiente y a la movilidad sostenible.

- 1 Este trabajo se enfoca directamente al segmento de automóviles híbridos y su impacto ambiental a través de desechos o residuos tóxicos.
- 2 El presente proyecto abarca sobre el análisis de nivelación de carga de las baterías de Níquel-Metal Hidruro a través de curvas de carga y descarga.

1.4 OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS

1.4.1 Objetivo General

- Desarrollar una metodología para la nivelación de la capacidad de carga de celdas de Ni-MeHi utilizadas en baterías de HEV de mayor consumo en el Ecuador, con el fin de garantizar su vida útil y disminuir desperdicios nocivos de manera anticipada.

1.4.2 Objetivos Específicos:

- Establecer los conceptos y definiciones principales acerca de los Vehículos Híbridos, los acumuladores de energía y los desperdicios generados.
- Definir la metodología para nivelar estados de carga de las celdas en base a la medición de voltaje nominal de los packs de las baterías de Níquel Metal Hidruro en base a estudios previos con el fin de garantizar su vida útil.
- Obtener las curvas en proceso de carga y descarga en base a la medición del comportamiento del flujo energético en función del tiempo.
- Aplicación de métodos estadísticos para establecer tendencias de comportamiento de las curvas de carga y descarga de las baterías de Níquel Metal Hidruro utilizadas en HEV en base a los datos obtenidos en las pruebas experimentales.

CAPÍTULO II: FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE FUNCIONAMIENTO DE VEHICULOS HÍBRIDOS, BATERIAS DE NÍQUEL METAL HIDRURO Y NIVELACIÓN DE ESTADOS DE CARGA

En este capítulo se abarca la conceptualización teórica de vehículos híbridos y de cómo actúa su batería como fuente de energía principal para su funcionamiento, también se mencionan estudios previos sobre nivelación de estados de carga y los equipos especializados para el análisis de las baterías de Níquel Metal Hidruro.

2.1 VEHÍCULOS HÍBRIDOS

2.1.1 Concepto de Hibridación y conceptualización

Cuando se menciona un automóvil híbrido, se lo relaciona con una batería de alto voltaje y uno o más motores eléctricos. Muchos vehículos híbridos, inician su funcionamiento utilizando el motor eléctrico y, el motor térmico se activa cuando se necesita recargar las baterías actuando como generador o cuando requiere de mayor potencia, así lo hace con su máxima eficiencia. La recuperación de energía del frenado hace que estos vehículos alcancen mejores rendimientos a comparación de los vehículos convencionales de combustión interna, el vehículo híbrido tiene una mayor eficiencia energética que es de 40% y del motor a combustión es de 27,47%. (Llanes Cedeño, Carguchi Caizatoa & Rocha hoyos, 2018).

En la figura 1 se observa un vehículo híbrido de modelo Corolla de la marca Toyota. Este vehículo tiene una característica en particular y es que, usa baterías de Níquel Metal Hidruro a diferencia de otras marcas de VEH.

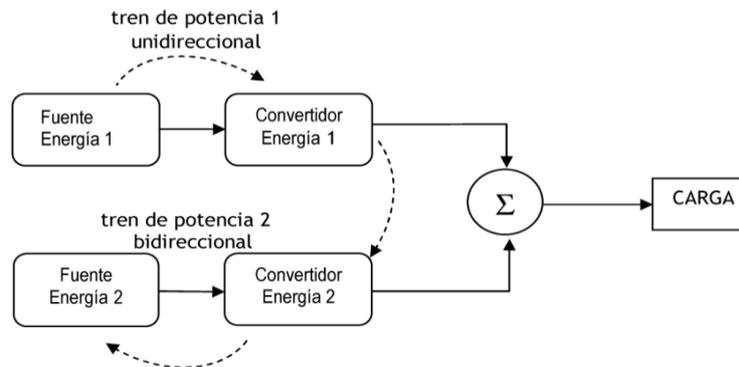


Figuras 1: Vehículo Híbrido.

2.2 TREN DE POTENCIA

Se denomina tren de potencia de un vehículo híbrido o eléctrico al sistema que poseen este tipo de automóviles para desplazarse. Dentro de sus principales componentes se encuentran: la batería HV⁴, el MCI⁵, el conjunto inversor. López Martínez, J. M. (2015).

En la figura 2 se muestra un tren de potencia común desde la fuente de energía conectada a un convertidor que puede ser de DC a CA para luego proceder alimentar al motor.



Figuras 2: Esquema de flujo de energías de un tren híbrido de potencias Fuente: López Martínez, J. M. (2015)

2.2.1 Caracterización de vehículo Híbridos

Un vehículo híbrido se caracteriza por la combinación de un motor eléctrico con uno a combustión llevando a cabo así un menor consumo de combustible fósil, lo que significa que también tendrá una menor emisión de CO₂. Cuesta, G. (2016).

2.2.1.1 Vehículo Híbrido con motores en serie

En esta configuración la fuente principal es el motor de combustión la cual ésta alimenta al inversor que reparte la energía entre los requerimientos del motor eléctrico y el almacenaje en las baterías. Canseco, M; Caratozzolo, P; Claudio, A (2004)

2.2.1.2 Vehículo Híbrido con motores en paralelo

En esta configuración los dos motores pueden propulsar el vehículo. El motor eléctrico se encarga en velocidades bajas y el de combustión a medias – altas. Cuesta, G. (2016).

2.2.1.3 Vehículo Híbrido con motores en serie – paralelo

En esta configuración se combinan las dos configuraciones anteriores dando así una mayor eficiencia.

⁴ HV: Hybrid Vehicle

⁵ MCI: Motor de combustión interna

2.2.2 Tipos de vehículos eléctricos e híbridos utilizados Ecuador

En la Tabla 1 se muestran las comparativas de las características más importantes de los vehículos más comercializados en el Ecuador del año 2021-2022. (AEADE, 2022).

Tabla 1: Tipos de vehículos híbridos utilizados en Ecuador

CARACTERÍSTICAS	KIA NIRO	HYUNDAI IONIQ	TOYOTA COROLLA	FORD ESCAPE	KIA OPTIMA
TIPO DE MOTOR ELÉCTRICO	Motor eléctrico de imán permanente	Motor síncrono de imanes Permanentes.	Motor sincrónico con imanes Permanentes.	Tracción eléctrica de imán permanente	Motor eléctrico Síncrono de imán permanente
TIPO DE CORRIENTE	AC	AC	AC	AC	AC
POTENCIA MÁXIMA CV	139 CV	141 CV	122 CV	202 CV	195 CV
PAR MÁXIMO	170 Nm/rpm	265 Nm/rpm	142 Nm/rpm	210 Nm/rpm	367 Nm/rpm
VELOCIDAD MÁXIMA	165 km/h	185 km/h	180 km/h	184 km/h	192km/h
ACELERACIÓN DE 0-100 KM/H	10,4 s	11,1 s	10,9 s	9,4 s	9,4 s
CONSUMO	4.4 l/cada 100 km	3.6 l/cada 100 km	3.9 l/cada 100 km	5.4 l/cada 100	1.6 l/km
AUTONOMÍA NEDC O EPA	460 km	507 km	1075 km	1200 km	450 km

Nota. Fuente: (Kia, 2022.; Hyundai, 2022.; Toyota, 2022.; Ford, 2022.)

2.3 BATERIAS DE ALTO VOLTAJE

En la actualidad en el área automotriz, las baterías han aumentado su importancia por el hecho de ser el elemento clave de los vehículos híbridos y eléctricos. Estas pueden estar conformadas de distintos tipos de materiales, pero las más utilizadas son: Níquel-Metal Hidruro e Iones de Litio. (Contreras, R., 2018). Las baterías de los vehículos híbridos se caracterizan principalmente por ser de alto voltaje, estas manejan voltajes dependiendo del material y tipo de vehículo, pero pueden variar entre 120V a 400V.

En la figura 3 se observan 3 bloques de celdas, 2 de 12 celdas y 1 de 6 celdas, así completando un total de 30 celdas. El tipo de material de este módulo es de Níquel-Metal Hidruro.



Figuras 3: Batería de alto voltaje de Níquel Metal Hidruro.

2.4 TIPOS DE BATERÍAS

2.4.1 Baterías de Plomo – Ácido

Hoy en día es muy utilizadas en automóviles para su encendido y energía para sistemas auxiliares y se lo está implementando para motores estacionarios como baterías de ciclo profundo. (Randall-Reilly, 2011; Miller, C. 2009).

En la figura 4 se muestra una batería de Plomo – Ácido de 12 v, modelo de caja es de 34 y un amperaje de 70 A.



Figuras 4: Batería de plomo-ácido.

Las ventajas de las baterías de Plomo – Acido son:

- Son más económicas
- Son utilizadas en diversas áreas
- Reciclaje

Las desventajas de las baterías de Plomo – Acido son:

- Cortos ciclos de carga y descarga
- Menor tiempo de duración

2.4.2 Baterías de cloruro de Sodio NaNiCl (ZEBRA)

Este tipo de baterías usan el níquel en polvo y sal común para el material del electrodo. Estas celdas tienen una elevada densidad energética y específica, trabajan a temperaturas oscilan entre 270°C a 350°C, por lo que son propensas a pérdidas térmicas, por ende, necesitan un aislamiento térmico que les permita funcionar correctamente. En su mayoría son utilizadas en autobuses. Chuquimarca, S.; Suin, K. (2017)

2.4.3 Baterías de Níquel – Cadmio

Son utilizadas en diversas aplicaciones mayormente en el campo industrial, hoy en día se lo implementa en vehículos híbridos o eléctricos. Calderón Machuca, J. (2012)

Las ventajas de las baterías basadas en Níquel son:

- Soportan grandes temperaturas
- La energía específica está en el rango promedio
- Soportan 2000 ciclos

Las desventajas de las baterías basadas en Níquel son:

- El efecto memoria es elevado.
- Alta toxicidad por sus materiales.

2.4.4 Baterías de Iones de litio

Las baterías de iones de litio tienen el mayor potencial electroquímico produciendo una capacidad energética considerable al ser el metal más liviano. Hamer Fonseca, J (2011)

Las ventajas de las baterías basadas en litio son:

- Su voltaje puede estar en un rango de 3,3 a 3,8 V.
- La energía específica está en el rango alto.
- El efecto memoria es muy bajo.
- Menor toxicidad por sus materiales.

Las desventajas de las baterías basadas en litio son:

- Necesitan equipos adicionales por motivo que existen problemas de configuración en sus parámetros.
- No soportan temperaturas altas.
- Están propenso a estallar

2.4.5 Baterías de Níquel – Metal Hidruro

Las baterías de Níquel-Metal Hidruro al tener una potencia específica alta, soportar ciclos de descarga hasta 2000 ciclos, tener un bajo impacto medioambiental ha sido una de las baterías más utilizadas a través de los años en los vehículos híbridos y sobre todo en vehículos de la marca Toyota. (Toyota, 2022).

En la figura 5 se muestra una celda de Níquel-Metal Hidruro del Toyota Prius C. Esta celda está compuesta por 6 células con un voltaje en cada de 1,2 V, así, teniendo un voltaje nominal de 7,2 V.



Figuras 5: Celda de Níquel-Metal Hidruro.

Las ventajas de las baterías basadas en Níquel son:

- La energía específica está en el rango alto.
- Son más livianas
- El efecto memoria es muy alto.
- Soportan 2000 ciclos

Las desventajas de las baterías basadas en Níquel son:

- No resisten temperaturas sumamente elevadas.
- Voltaje en cada celda son bajas.

2.4.6 Tabla comparativa de las baterías

Para el estudio y ensayos en vehículos híbridos, es importante saber los tipos de materiales que están compuestas estas celdas.

En la Tabla 2 se observa una tabla comparativa de las características principales de diferentes tipos de baterías.

Tabla 2: Tabla comparativa de las baterías.

TECNOLOGÍA	ENERGÍA (WH/KG)	NÚMERO DE CICLOS	EFICIENCIA ENERGÉTICA %
PLOMO - ÁCIDO	42	800	95
POLÍMERO DE LITIO	190	>1000	99,8
IONES DE LITIO	265	1200	80
NÍQUEL – METAL HIDRURO	120	2000	66
NÍQUEL CADMIO (NICD)	70	2000	90

Nota. Fuente: Torrejón C. (2010)

2.6 CICLO DE CARGA Y DESCARGA

Se conoce como ciclo de carga al proceso en la cual una batería llega a su carga máxima. Para esto, la batería debe cargarse hasta un 80% al igual que la descarga hasta un 20% y repetir el ciclo de carga. Se conoce como ciclo de descarga al proceso en la cual una batería llega a su descarga máxima, cumpliendo el ciclo de carga. El ciclo de descarga parte de la descarga de batería a un 20%, después de realizar la carga del 80%. (Artes, Estado de la tecnología del automóvil, 2012)

2.9 CARGA DE LA BATERÍA

Para la carga de la batería, existen dos formas principales que son:

2.9.1 Carga lenta

Se denomina carga lenta al proceso de carga que se realiza a una batería con la intensidad de corriente dentro de los rangos establecidos por el fabricante. (J. C. Viera, 2002)

2.9.2 Carga rápida

Se denomina carga rápida cuando la intensidad de corriente con la que se realiza este proceso es mayor al rango establecido por el fabricante, este tipo de carga no es recomendable para no deteriorar las baterías. (G. Danese).

2.10 EFECTO MEMORIA

El efecto memoria, es la reducción de la capacidad de las baterías con cargas incompletas, este efecto forma célula con forma cristalina, ocultando porciones del material activo del electrolito. Esto se produce cuando se carga una batería que no se ha descargado al 100%. Las baterías más utilizadas o conocidas con el efecto memoria son: Níquel – Metal Hidruro y el Níquel – Cadmio. Las diferencias del efecto memoria en estos tipos de baterías es que en el Níquel-Cadmio, el efecto memoria es alto sino se mantiene

adecuadamente y en el Níquel Metal Hidruro, es moderado y se puede evitar el efecto memoria con una carga adecuada. (Electronics, 2018).

2.10 BALANCEO DE LAS CELDAS

Se conoce como balanceo de las celdas cuando cada celda individualmente alcanza su máximo voltaje, su temperatura aumenta en un rango mínimo, convierte el exceso de energía de carga en calor, luego la celda se enfría y nuevamente se carga al 100%. (Andrade Diaz, F. P, 2018). Un balanceo de celda se realiza al cargar una celda con la finalidad de que todas obtengan el mismo voltaje y la misma energía acumulada. Si esto no sucede, al cargarlas unas se descargarán considerablemente a comparación de otras, por motivo de que su estructura interna que conforma la celda, que son: compuesto químico, soldaduras, puentes de uniones de las células, no son semejantes. La metodología de un balanceo de celdas inicia cuando se carga la batería a partir de un porcentaje mínimo del estado de carga de la batería hacia un porcentaje máximo del estado de carga del pack de batería, el tiempo para el balanceo de celdas dependerá de la velocidad de carga que se realice, la mejor opción es hacerlo en carga lenta para que se obtenga más tiempo para el equilibrado de las celdas. (Automotive, 2017).

2.11 NIVELACIÓN DE CARGA

La nivelación de carga o reacondicionamiento de una batería de vehículos híbridos, son procesos o ciclos de carga y descarga que se llevan a cabo con la finalidad de tener algún tipo de respuesta o mejoramiento en el voltaje nominal o en la capacidad de la batería. (Contreras Valenzuela, R. B, 2018). Para realizar este proceso se debe hacer uso de normativa que permita determinar los voltajes pico de carga, descarga y datos técnicos dependiendo del tipo de batería y del de material del que está constituida; par que de esta forma la batería no se deteriore. Este tema es muy utilizado para el tratamiento de baterías en vehículos híbridos para desarrollar algún método que permita garantizar su vida útil. En actualidad, por el motivo de falta de equipos especializados o estudios previos sobre el análisis y tratamiento en baterías de vehículos híbridos y eléctricos, ha llevado a que estos vehículos produzcan una cantidad considerada desechos tóxicos en el mundo a consecuencia que los materiales con los que están fabricados estos tipos de baterías, la nivelación de carga es un estudio importante para el desarrollo de estas tecnologías con la que se pretende sobre guardar su vida útil. (Saavedra, J.; Sibri, J., 2018).

2.12 SISTEMA DE MEDIDA DEL POTENCIAL

El sistema de medida del potencial define la forma de adquisición de datos del voltaje de una batería en este caso de Níquel Metal Hidruro, dicho valores deben ser en tiempo real, esta puede tener como datos: el voltaje al igual que el tiempo. La adquisición de datos se empleará dependiendo del equipo de toma de datos por medio de intervalos de toma de datos.

2.13 MÉTODO ESTADÍSTICO

Se conoce como Método estadístico al proceso o secuencia para el tratamiento de datos, estas pueden ser cualitativos o cuantitativos. Existen muchas formas de tratar datos al igual que muchos métodos estadísticos en distintos programas, como pueden ser: Matlab, Minitab, Excel, etc. Estos programas ayudan al manejo de grandes cantidades de datos para su explicación más sencilla y resolución de algún proyecto que se necesite resultados simplificados. El método estadístico que se usa en el presente proyecto es para verificar el incremento del voltaje nominal de los procesos de nivelación de carga y descarga.

2.14 TRATAMIENTO PARA AJUSTE DE CURVA DATA FITTING

El software data fitting, es un programa de ajustes de curvas la cual es capaz de examinar variables independientes y variables dependientes con la finalidad de resolverlo en mejorarla a través de ecuaciones en ajuste de curvas, su característica principal es que, puede trabajar con diferentes programas en conjunto con sus datos ya establecidos como es el MATLAB

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA UTILIZADA PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS Y NIVELACION DE CARGA DE BATERIAS NIQUEL METAL – HIDRURO UTILIZADAS EN BATERIAS DE HEV DE MAYOR CONSUMO EN EL ECUADOR.

En este capítulo abarca los requerimientos previos necesarios para la adquisición de datos, la preparación del ensayo se define las condiciones en las que se realiza dicho ensayo, posteriormente se establecen los equipos y materiales requeridos para el desarrollo de la metodología de nivelación de carga. Para finalizar el proceso una vez adquiridos los datos mediante los equipos previamente definidos se logra obtener los resultados deseados; para, finalmente, mediante un análisis estadístico a través de un software computacional realizar el análisis que determina la mejora en el voltaje de las baterías mediante la nivelación de carga.

A continuación, se detallan los aspectos a considerar previo a la obtención de datos.

3.1 REQUERIMIENTOS PREVIOS

3.1.1 Elementos de prueba

Para el desarrollo de la metodología es necesario definir los requerimientos previos para la adquisición de datos ya que dependiendo de la información requerida por el investigador estos pueden variar en función al resultado que se precise obtener. Para el desarrollo de esta metodología se utilizaron los siguientes equipos, herramientas y software computacional:

- Celdas de Baterías de Ni-MH
- Multímetro Digital (DMM)
- Cargador de batería DC
- Medidor de Voltaje/Corriente
- Software Computational Fluke-430 Series II
- Software computacional Excel
- Software computacional Minitab
- Software computacional Matlab

3.1.1.1 Celdas de Baterías de Níquel Metal - Hidruro

Para lograr los objetivos planteados en el desarrollo de una metodología para la nivelación de carga de baterías Ni-MH utilizadas en baterías de HEV de mayor consumo en el Ecuador se lleva a cabo la extracción de 9 celdas de un pack de baterías de Ni-MH compuesta por 20 celdas en total. La especificación técnica se muestra en la tabla 3 de las celdas de Ni-MH utilizadas en el experimento son las siguientes:

Tabla 3: Característica de la batería de Níquel Metal Hidruro.

ITEM	DESCRIPCION
MODELO	6GP7PVS
VOLTAJE	7.2 V/celda
VOLTAJE MÁXIMA	7.8 V/celda
CAPACIDAD	6.5 Ah
CANTIDAD DE CELDAS	20
DESCARGA	6.0V
VOLTAJE TOTAL	144 V
CORRIENTE DE CARGA	1.34 A 3.35 A
CORRIENTE MÁXIMA DE CARGA	6.5 A
CORRIENTE MÁXIMA DE DESCARGA	65 A
RESISTENCIA INTERNA	8 mΩ

Nota. Fuente: Systems, 2018.

En base a esta información adquirida de las baterías se delimita los parámetros para realizar los procesos de carga y descarga de las mismas.

3.1.1.2 Multímetro Digital (DMM)

El multímetro digital se usa para medir voltaje continuo, voltaje alterna, resistencia. (Thomas Floyd, 2006).

3.1.1.3 Cargador de batería DC

Se usa un cargador de baterías de corriente continua, el iMax B6 v2 que es una estación de carga / descarga de control de microprocesador de alto rendimiento con gestión de batería adecuada para usar con todos los tipos de batería actuales, corriente de carga máxima de 6 A y potencia de carga máxima de 50 W. Puede ser alimentado por una fuente de CC de 11-18V o de 100V-240V a través de la fuente de alimentación incorporada en modo interruptor. (Skyrc Technology, 2018). iMax B6 V2 cumple con todas las directivas CE relevantes y obligatorias y FCC marca de declaración de conformidad (Parte 15 Subparte B: 2010). Esto quiere decir que este equipo ha sido probado y cumple con los límites para un dispositivo digital de Clase B.

Sus Especificaciones técnicas del iMax B6AC V2 se muestra en la tabla 4.

Tabla 4: Especificaciones técnicas iMax B6AC V2.

ITEM	DESCRIPCION
VOLTAJE DE ENTRADA CA	100 – 240 V
VOLTAJE DE ENTRADA CC	DC 11-18 V
POTENCIA DE CIRCUITO	Carga Máxima Descarga Máxima
RANGO DE CORRIENTE DE CARGA	0.1 a 6.0 A
RANGO DE CORRIENTE DE DESCARGA	0.1 a 2.0 A
LIPO/LIFE/LIION CELDAS	1-6 S
NIMH/NICD CELDAS	1-15 S
VOLTAJE DE BATERÍA PB	2 - 20 V
PESO NETO	632 g

Nota. Fuente: Skyrc Technology, 2018

3.1.1.3.1 Modo Re-Peak de la batería NiMH / NiCd

En el modo de recarga máxima, el cargador puede cargar la batería una vez, dos o tres veces seguidas automáticamente para asegurarse de que la batería esté completamente cargada. (Skyrc Technology, 2018).

3.1.1.3.2 Sensibilidad Delta-Peak para NiMH / NiCd

Sensibilidad Delta-Peak para baterías NiMH / NiCd: el programa de terminación de carga automática basado en el principio de detección de voltaje Delta-Peak. Cuando el voltaje de la batería excede el umbral, el proceso finalizará automáticamente. (Skyrc Technology, 2018).

3.1.1.4 Medidor de voltaje

El Fluke-430 Serie II, es el equipo principal que se utiliza para el desarrollo de la metodología de nivelación de carga para almacenar la información del voltaje en tiempo real a medida que se cargue o se descargue la batería para su posterior análisis en el software computacional.

Especificaciones técnicas El Fluke-430 Serie II se muestra en la tabla 5.

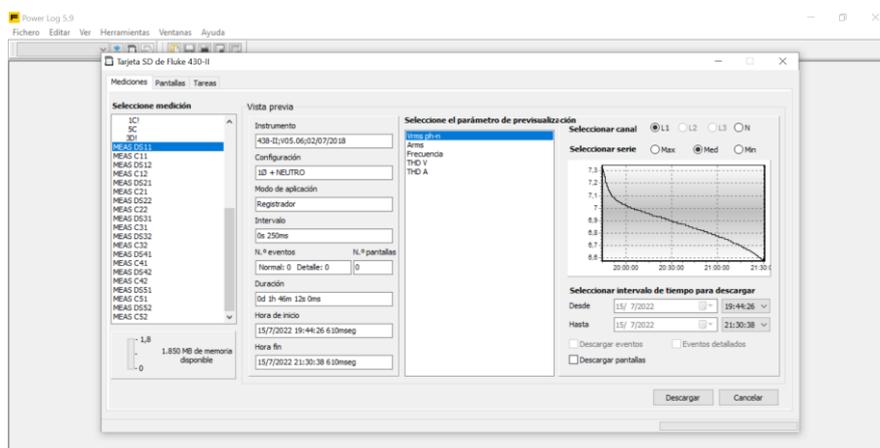
Tabla 5: Especificaciones técnicas Fluke-430 serie II.

ITEM	DESCRIPCIÓN
NÚMERO DE ENTRADAS	4 (3 fases + neutro) acopladas en CC
VOLTAJE MÁXIMA DE ENTRADA	1000 Vrms
RANGO DE LA VOLTAJE NOMINAL	Seleccionable 1 a 1000 V
MÁXIMA VOLTAJE PICO DE MEDIDA	6 kV
IMPEDANCIA DE ENTRADA	4 MΩ//5 pF
ANCHO DE BANDA	> 10 kHz, hasta 100 kHz para modo de transitorios
ESCALA	1:1, 10:1, 100:1, 1.000:1, 10.000:1 y variable

Nota. Fuente: Fluke Corporation, 2016.

3.1.1.5 Software computacional del Fluke-430 Serie II

Software utilizado para la captación de datos obtenidos en durante los procesos de carga y descarga de las baterías, este software tiene una característica en particular, es sobre poner manejar exportación independiente de cada toma de datos tomado en el equipo, como se muestra en la figura 6.



Figuras 6: Software Fluke.

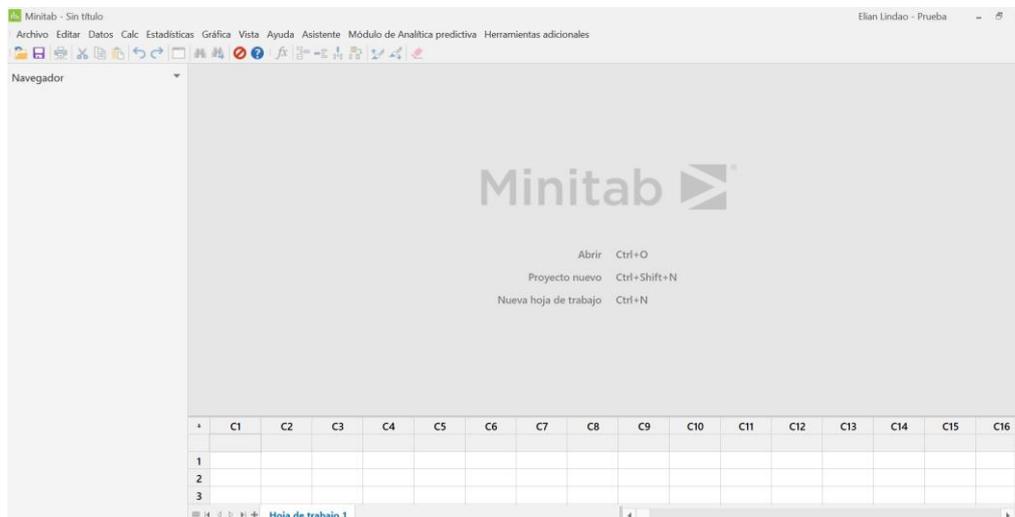
3.1.1.6 Software Computacional Excel

Software que se utiliza para darle tratamiento a la gran cantidad de información obtenida. También funciona con cálculos y para realizar el seguimiento de tipos de información. Los datos se escriben en las celdas y se agrupan en filas y columnas. Esto permite sumar datos, ordenarlos y filtrarlos, ponerlos en tablas y crear gráficos para su posterior análisis. (Microsoft Support, 2022)

3.1.1.7 Software Computacional Minitab

Minitab, este software se utiliza para ejecutar funciones estadísticas básicas y avanzadas. (MiniTab, 2022).

En la Figura 7 se muestra la interfaz del software, en la cual ayuda con el procesamiento de datos para su posterior análisis estadístico de la información.

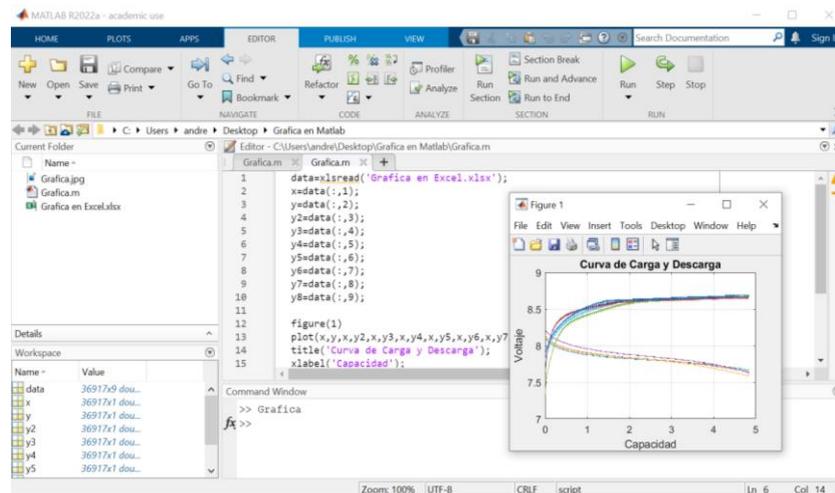


Figuras 7: Software Minitab.

3.1.1.8 Software Computacional MATLAB

Matlab, es un sistema de cómputo numérico que ofrece un entorno de desarrollo integrado con un lenguaje de programación propio. (MATLAB, 2022).

Este Software ayuda con la presentación final de las gráficas obtenidas en MiniTab, como se muestra en la figura 8.



Figuras 8: Software MATLAB.

3.2 PROTOCOLO DE PRUEBAS

En esta parte se detalla los criterios y normas técnicas básicas sobre el elemento, y equipo a probar, con el fin de mantener un orden en los procedimientos para garantice el logro de los objetivos previamente planteados.

A continuación, se define el protocolo utilizado para la adquisición de datos en esta metodología:

3.2.1 Condiciones previas para la toma de datos de la nivelación de carga

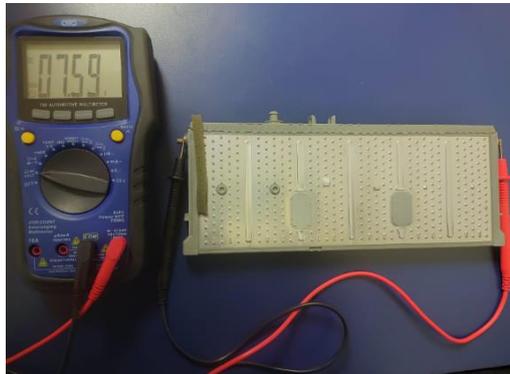
Para empezar con la adquisición de los datos previamente es necesario conocer los equipos que se usan, sus características y que aportan cada uno a los diferentes procesos que se realizan para lograr los resultados requeridos. A continuación, se detallan en qué condiciones se realiza la Metodología de Nivelación de carga de las baterías de Ni-HM:

Se inicia midiendo el voltaje de la batería con el Multímetro Digital (DMM) como se muestra en la figura 9, esto permite conocer el Voltaje exacto de la batería que se experimenta con el fin de nivelar su voltaje para empezar con los procedimientos de carga y descarga.

El procedimiento se realiza con 9 celdas diferentes y luego se procede a escoger la que está en mejor condición (Voltaje nominal) para realizar 8 procesos continuos 4 procesos de carga y 4 procesos de descarga.

El rango de temperatura en el que se realizan las pruebas es $(20 \pm 5^{\circ}\text{C})$, la humedad relativa no supera el 84% presión atmosférica es de 101 a 101.4 kPa.

El tiempo aproximado de toma de datos es determinado en base al voltaje nominal de la celda a experimentar y de la intensidad con la que se realizan cada uno de los procesos para garantizar la mayor cantidad de datos obtenidos la frecuencia de toma de datos que se utiliza es de 0,25 segundos definida previamente en el equipo.

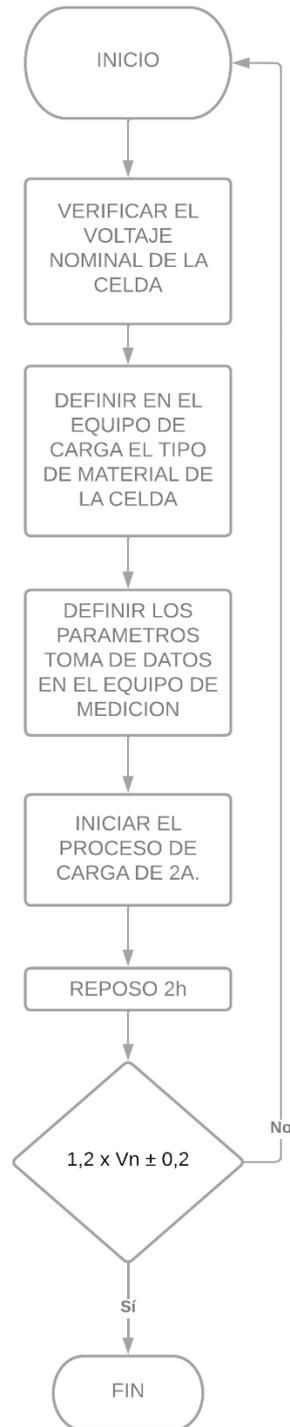


Figuras 9: Comprobación de voltaje de la celda de Níquel Metal Hidruro.

3.2.2 Flujograma Proceso de carga/descarga

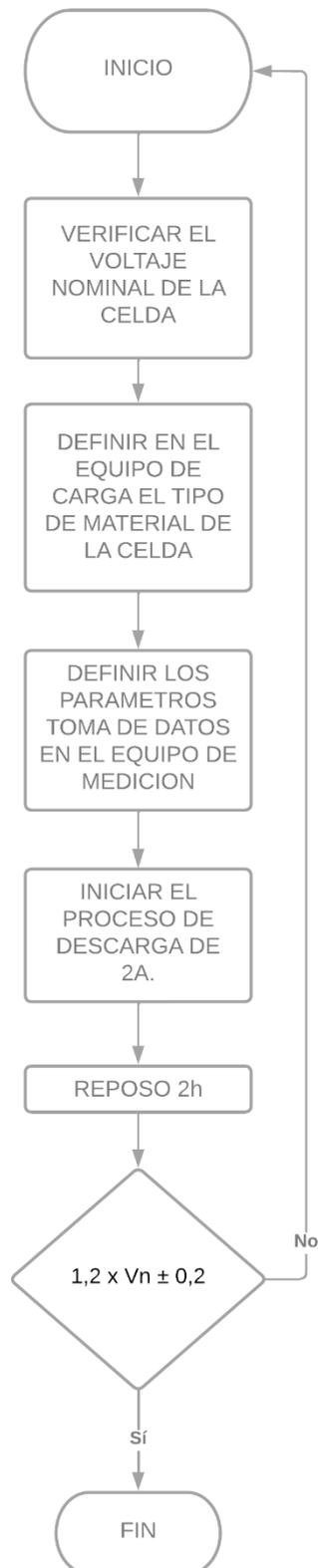
Para definir los procesos de carga y descarga se toma en cuenta sus datos técnicos al igual que parámetros ya definidos para realizarse en 4 procesos de carga y 4 procesos de descarga.

En la Figura 10 se muestra el flujograma del proceso de carga donde se inicia verificando el voltaje nominal de la celda, se define en el equipo de carga el tipo de material de la celda, se define a su vez los parámetros de toma de datos en el equipo de medición y se inicia el proceso de carga de 2 horas y 25 minutos con un reposo de 2h, si el voltaje real no está en un rango de $\pm 0,2$ v al voltaje nominal, se repite el proceso.



Figuras 10: Flujograma de Procesos de Carga.

En la Figura 11 se muestra el flujograma del proceso de descarga donde al igual que el proceso de carga, se inicia verificando el voltaje nominal de la celda, se define en el equipo de descarga el tipo de material de la celda, parámetros de toma de datos en el equipo de medición, se inicia el proceso de descarga de 2 horas y 25 minutos con un reposo de 2 horas.



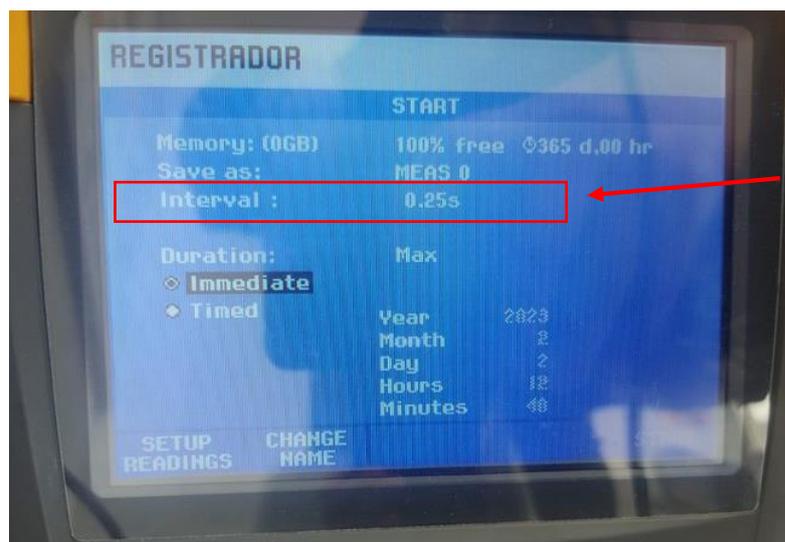
Figuras 11: Flujograma de Procesos de Descarga.

3.3 PROCESO DE ADQUISICIÓN DE DATOS

3.3.1 Configuración del Equipo

3.3.1.1 Configuración del Equipo Fluke 430 Series II.

Para iniciar con el proceso de levantamiento de datos se debe previamente configurar los equipos que se utilizan empezando con el Fluke-430 Series II, aquí se configura los intervalos de tiempo en los que se realizan las tomas de los datos en este caso es de 0,25s como se muestra en la figura 12, para garantizar que se obtengan la mayor cantidad de datos posibles en el ensayo con el fin que las curvas características de carga y descarga sean lo más precisas posible.



Figuras 12: Definición del parámetro del intervalo de toma de datos.

Se realiza el proceso de adquisición de datos mediante la extracción de la información almacenada por el Fluke-430 serie II a través de una SD incorporada en el mismo equipo como se muestra en la figura 13, los datos adquiridos para su posterior análisis son: el voltaje en relación con el tiempo y la corriente en relación con el tiempo. Para adquirir estos datos el equipo cuenta con instrumentos específicos para cada uno.



Figuras 13: Posición de la tarjeta SD del Fluke.

3.1.1.2 Configuración del iMax B6AC V2

La configuración del iMax B6AC V2 empieza por definir el material de la batería a experimentar en nuestro caso Níquel Hidruro Metálico.

En la Figura 14 se muestra la definición del tipo de material a experimentar, como se usa celdas de Níquel-Metal Hidruro, se programa el mismo material.



Figuras 14: Parámetro del tipo de material en el cargador DC.

Para el siguiente paso depende del proceso que se esté realizando (carga/descarga) se escoge el proceso que se va a realizar y se configura para los 2 casos sea carga o descarga a 2A, ya que estos dos procesos se realizan con la misma intensidad de corriente.

En la Figura 15 se muestra los datos que se usan para el proceso de carga, que sería de 2A.



Figuras 15: Parámetro para Carga de la batería de Níquel Metal Hidruro

En la Figura 16 se muestra los datos que se usan para el proceso de descarga. Cumpliendo con el flujograma de descarga, en el equipo se deberá programar la descarga a 2A.



Figuras 16: Parámetro para Descarga de la batería de Níquel Metal Hidruro.

3.3.2 Conexión del Equipo

Para realizar la obtención de datos de la corriente se usan dos Sondas de corriente Flexible una conectada al borde positivo (+) de la batería de NI-MH y otra conectada al borde negativo (-) de la batería de NI-MH como se muestra en la figura 17.



Figuras 17: Sondas de corriente.

Luego de obtener los datos se procede a graficar el mismo mediante el software de ejecución de análisis estadísticos “Minitab” para posteriormente realizar la normalización de los datos. Luego se procede con la prueba de rangos con signos de Wilcoxon para comparar las varianzas entre las medidas de diferentes grupos para determinar el porcentaje de variación entre los datos obtenidos.

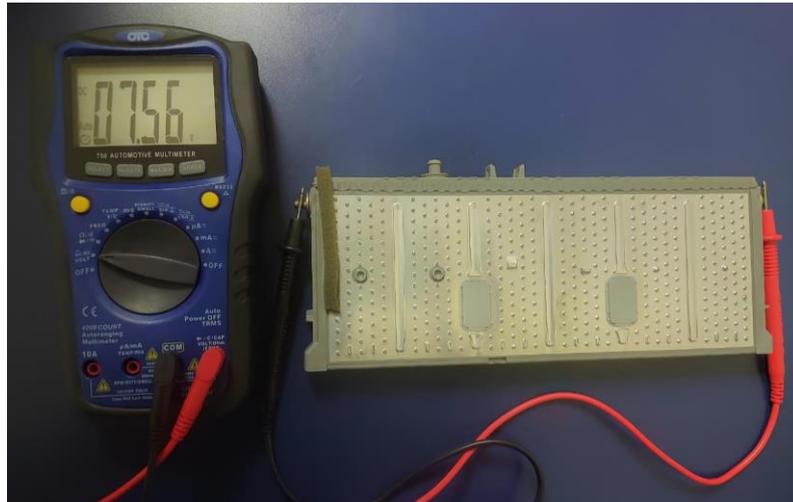
En la figura 18 se muestra las pinzas del equipo Fluke 430 Series II, la cual es la encargada de tomar la varianza de datos en la Voltaje de la batería de Níquel – Metal Hidruro.



Figuras 18: Pinzas de Voltaje.

3.3.1 Proceso de carga y descarga

Antes de realizar el proceso de carga y descarga se procede a medir la Voltaje en cada una de las celdas a experimentar mediante el multímetro digital (DMM). Esto con el fin de llevar un registro del Voltaje nominal de cada una de las celdas previo a la experimentación de estas como muestra en la figura 19.



Figuras 19: Medición a las celdas de Níquel Metal Hidruro.

En la tabla 6 se muestra el voltaje de las 9 celdas que serán sometidas a una carga profunda para verificación del buen estado de estas y seleccionar a la que se usa en el experimento de procesos de carga y descarga.

Tabla 6: Voltajes de las 9 celdas de Níquel Metal Hidruro.

ITEM	DESCRIPCION
CELDA 1	7.41 V
CELDA 2	7.07 V
CELDA 3	7.30 V
CELDA 4	7.25 V
CELDA 5	7.29 V
CELDA 6	7.11 V
CELDA 7	7.05 V
CELDA 8	7.13 V
CELDA 9	7.21 V

Para realizar el proceso de carga y descarga, se utiliza es un iMax B6AC V2 que es un cargador de baterías de NI-MH, posee doble fuente de alimentación por conexión Jack o por conexión eléctrica DC. Este equipo cuenta con instrumentación específica para realizar este experimento que son 2 pinzas cada una conectada al borde positivo (+) como negativo (-) de la batería de NI-MH como se muestra en la figura 20.



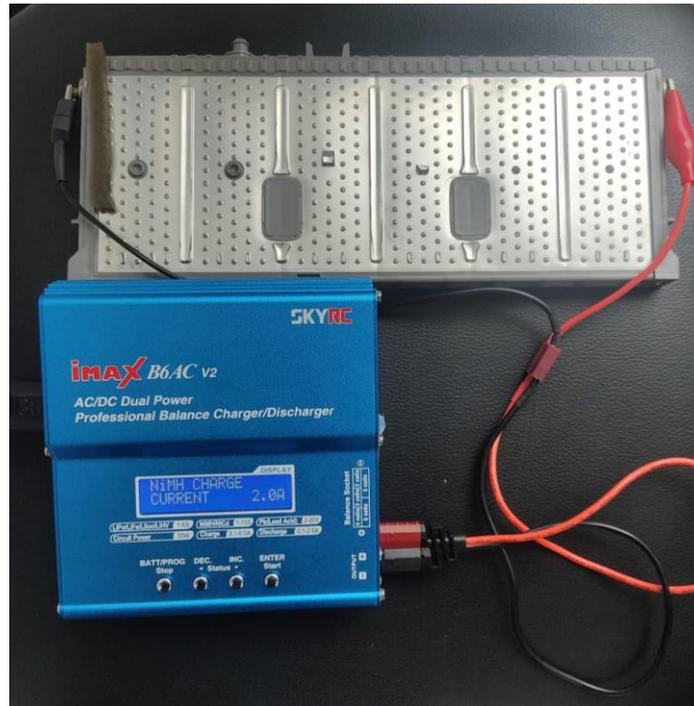
Figuras 20: Conexión y definición de parámetro de la celda de Níquel Metal Hidruro.

Las 9 celdas de Ni-MH serán sometidas a un proceso de carga y descarga realizados mediante el equipo iMax b6 AC que permite suministrar a cada celda una corriente de carga máxima 6A y máximo 50 W de potencia de carga y una corriente máxima de descarga de 2A. En base a las especificaciones técnicas de las baterías en la tabla 7 se muestra los parámetros que se utilizan en este experimento, se escogen los siguientes parámetros para realizar los procesos de carga y descarga:

Tabla 7: Parámetros de carga y descarga.

ITEM	DESCRIPCION
CARGA	2.0 A/2.25h
DESCARGA	2.0 A/2.25h
REACONDICIONAMIENTO	2 hora

Para iniciar el proceso de carga se configuran las variables previamente definidas dentro del equipo iMax b6 AC que son el tipo de batería en este caso NI-MH y el valor de corriente de carga que en este caso es 2.0 A, como se muestra en la figura 21.



Figuras 21: Conexión y definición de parámetro de carga de la celda de Níquel Metal Hidruro.

Para iniciar el proceso de descarga se configuran las variables previamente definidas dentro del equipo iMax b6 AC que son el tipo de batería en este caso NI-MH y el valor de corriente de descarga que en este caso es 2.0 A, como se muestra en la figura 22.



Figuras 22: Conexión y definición de parámetro de descarga de la celda de Níquel Metal Hidruro.

3.3.3 Proceso de Carga/Descarga y Adquisición de datos

Una vez conectado el equipo iMax b6 v2 se procede a conectar las sondas de corriente al igual que las pinzas de toma de datos de la Voltaje para dar inicio al proceso de carga o descarga al mismo tiempo que el Fluke 430 Series II tome los datos respectivos.

En la figura 23 se muestra las conexiones del equipo de toma de datos al igual que el equipo de carga/descarga a la celda de Níquel-Metal Hidruro, las pinzas de carga y descarga del equipo iMax b6 v2 están conectadas en los polos positivos y negativos al igual que las pinzas de toma de Voltaje del equipo Fluke de toma de datos.



Figuras 23: Conexiones del equipo iMax b6 AC y Fluke 430 Series II a la celda de Níquel Metal Hidruro.

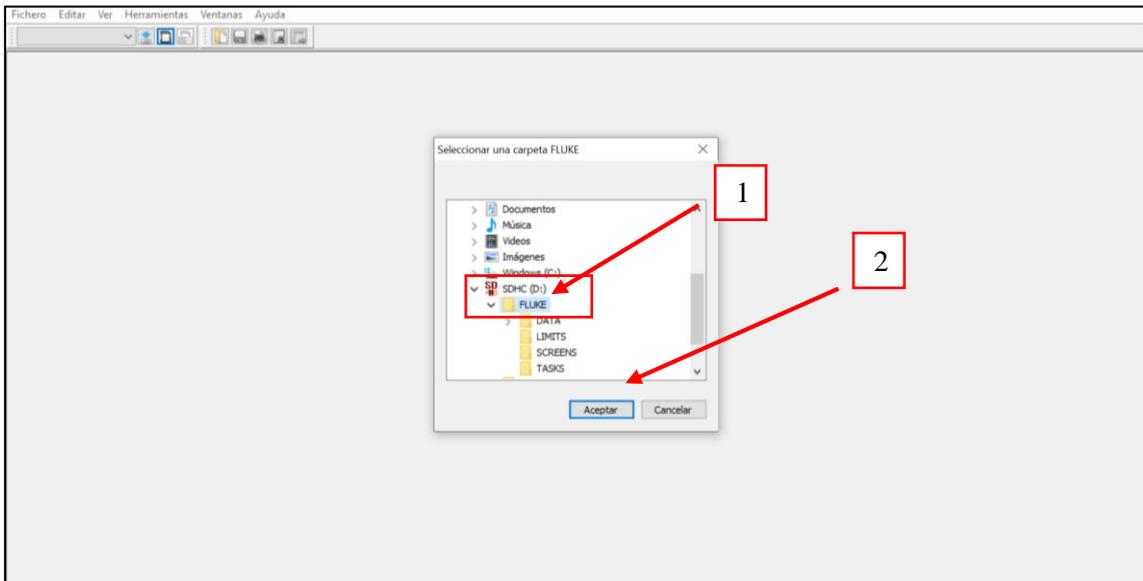
3.3.4 Proceso de exportación de datos

Una vez obtenidos los datos en el Fluke-430 Series II se procede mediante la SD incorporada en el equipo a recopilar la información mediante el software computacional Power Quality Software Fluke-430 Series II que es el encargado de recopilar la información obtenida y permite exportar los archivos a Excel para graficar las curvas características de carga y descarga de las baterías de NI-MH para su posterior análisis.

Para llevar a cabo el proceso de exportación:

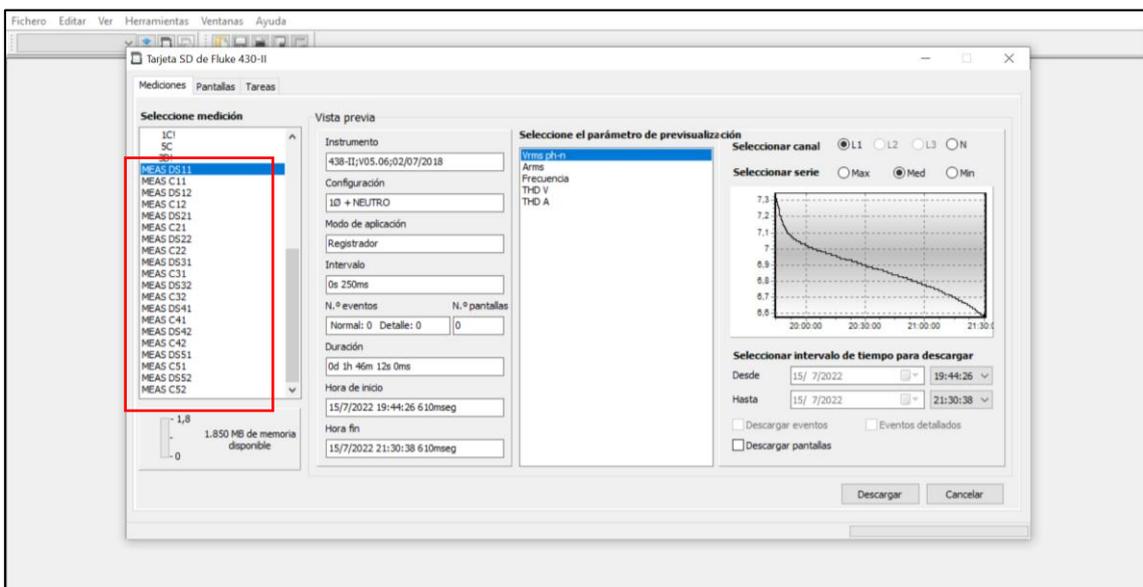
3.3.4.1 Proceso de exportación de Fluke 430 Series II a Excel

1. Se instala la Tarjeta SD e iniciar el software versión del Fluke 430 Series II y seleccionar el apartado de Tarjeta SD Fluke, la cual se extraen los datos obtenidos en los procesos de carga y descarga. Una vez seleccionado el apartado de Tarjeta SD Fluke, desplazar SDHC y seleccionar la carpeta Fluke, como se muestra en la Figura 24.

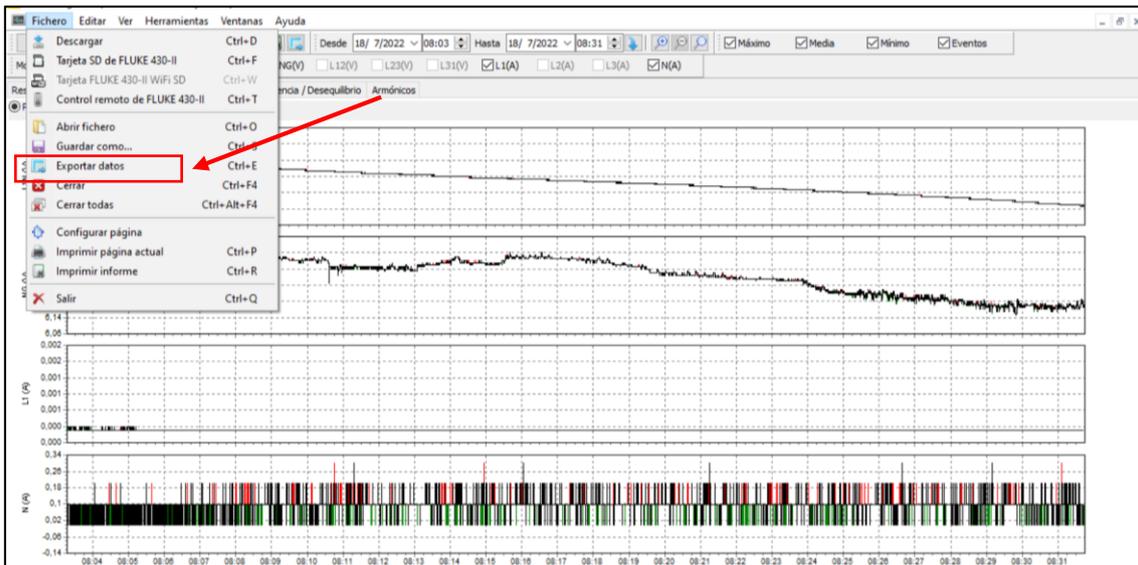


Figuras 24: Power Quality Software maximizado en Tarjeta SD.

2. Se selecciona por nombre al archivo la cual guarda las tomas de datos que se obtienen en los procesos de carga y descarga, donde luego se descargan para su posterior, exportación en formato. texto, como se muestra en la Figura 25 y Figura 26.

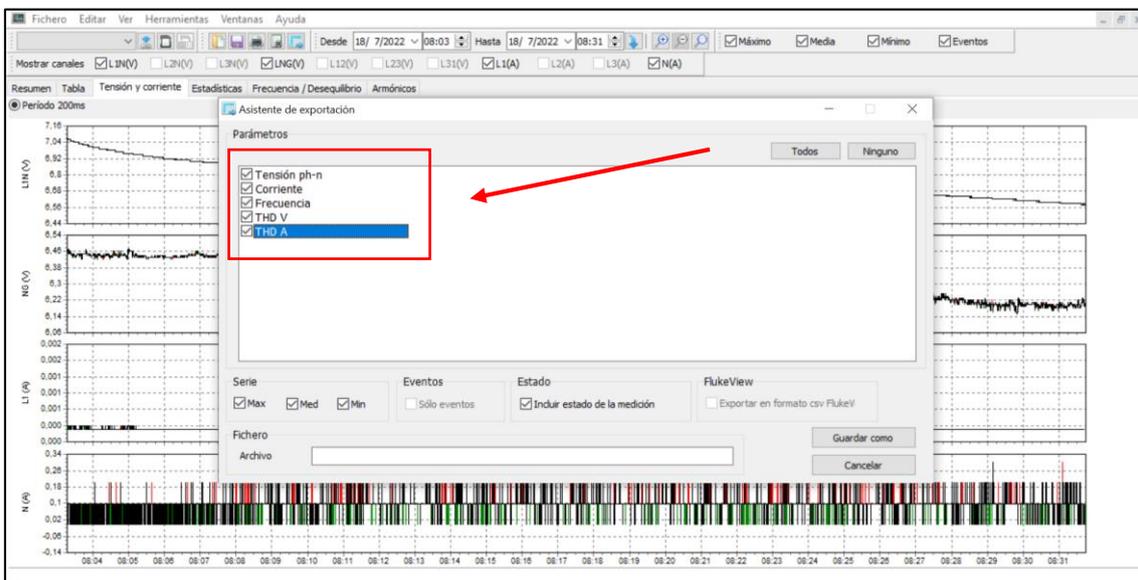


Figuras 25: Power Quality Software maximizado en carpeta Fluke.



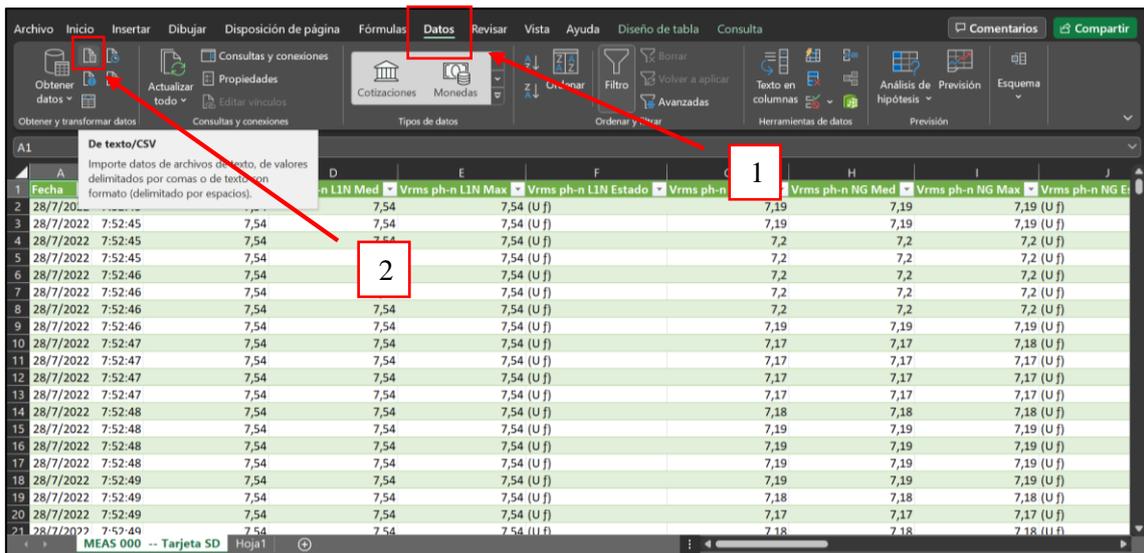
Figuras 26: Power Quality Software apartado de exportación de datos en .txt.

3. Seleccionar los parámetros a descargar. En este caso tomar: Voltaje, Corriente y Frecuencia, como se muestra en la figura 27.



Figuras 27: Power Quality Software selección de parámetros de exportación.

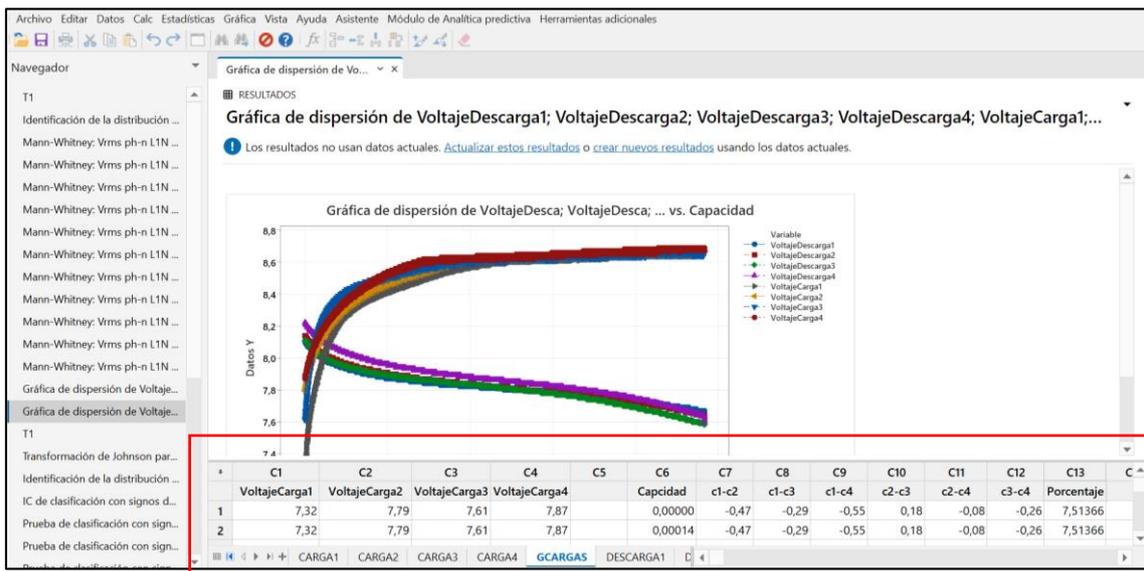
4. Una vez exportado los datos en. texto, en el apartado de 'Datos' 'De texto', se procede a seleccionar el archivo correspondiente para cargar los datos del experimento tomado en el equipo de adquisición de datos, como se muestra en la Figura 28.



Figuras 28: Archivo .txt abierto en Excel.

3.3.4.2 Proceso de exportación Excel a Minitab y análisis estadísticos

Una vez que se extrae todos los datos y exportados a Excel, se procede a exportarlos a Minitab y luego con el proceso de análisis estadísticos. Se selecciona el archivo Excel y se exportan, como se muestra en la figura 29.

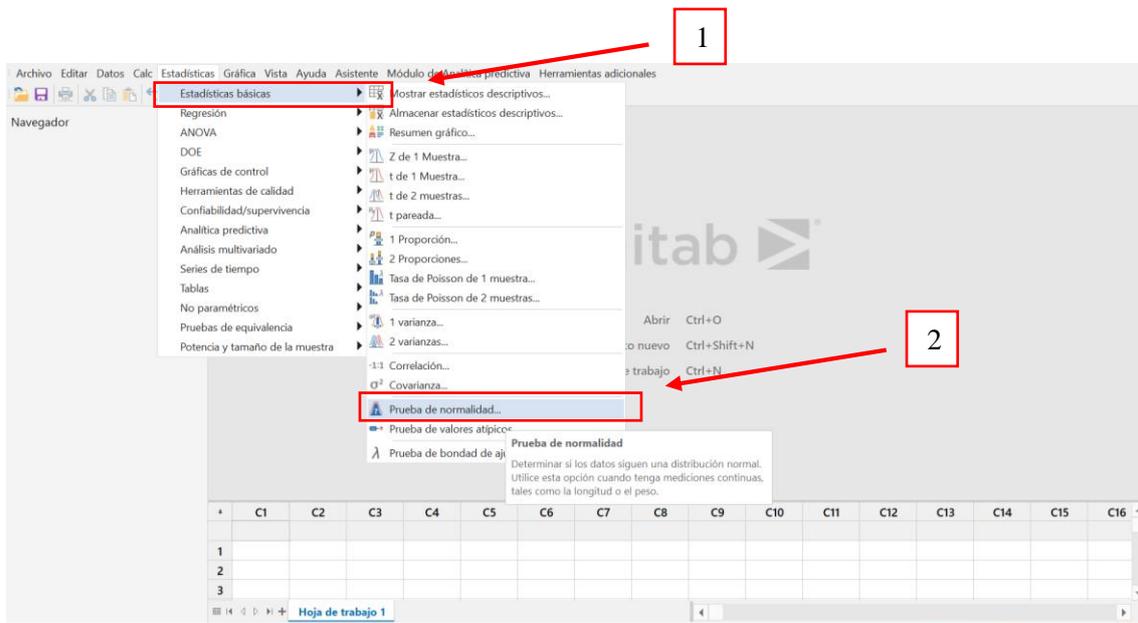


Figuras 29: Software Minitab exportado datos Excel.

- Proceso de Normalización de datos Minitab:

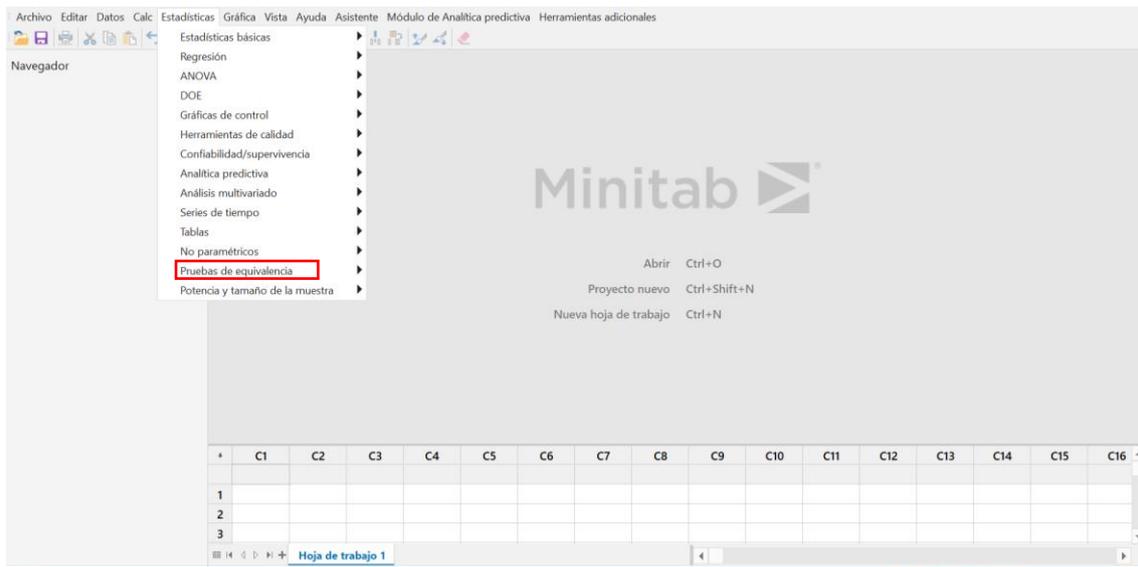
1. Una vez graficados todos los datos en el software computacional Minitab se procede a realizar la prueba de normalidad, esto se realiza en la ficha a “Estadística”

2. Luego de situarse en la ficha estadística se selecciona en “Estadística Básica” y luego a “Prueba de normalidad”, este proceso se realiza con el fin de verificar si los datos siguen una distribución normal, como se muestra en la figura 30.



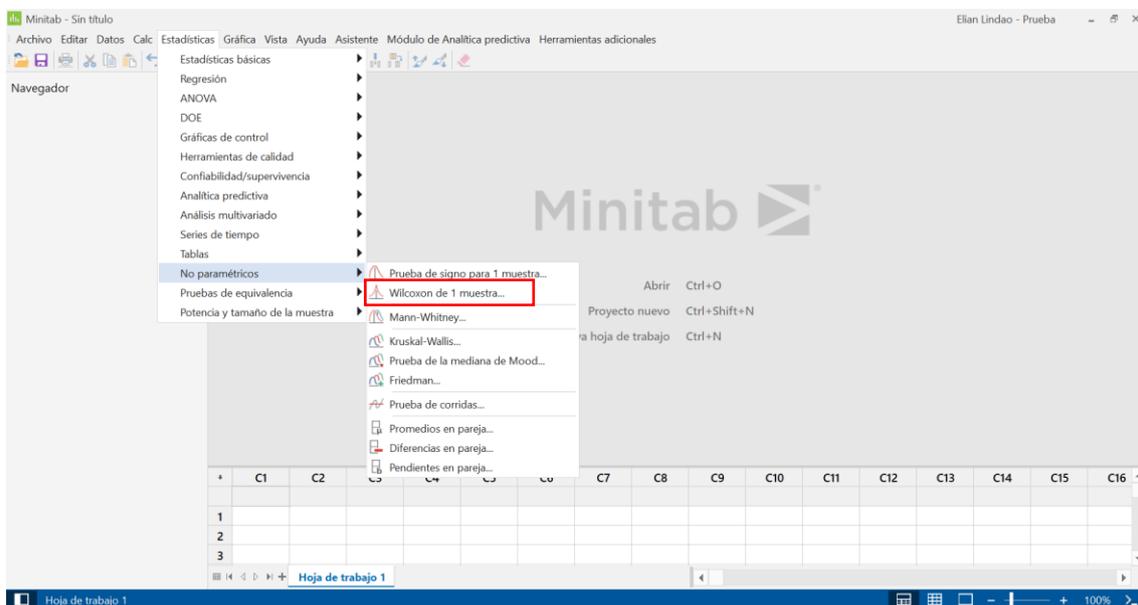
Figuras 30: Selección en Prueba de normalidad en Minitab.

- Proceso de Prueba de clasificación con signos de Wilcoxon:
 1. Una vez realizada la prueba de normalidad, se procede a realizar la Prueba de clasificación con signos de Wilcoxon, para este apartado se procede a dirigir a la ficha “Estadística”
 2. Una vez situado en la ficha “Estadística” dirigir a “Datos no paramétricos”, como se muestra en la figura 31.



Figuras 31: Selección en datos no paramétricos en Minitab.

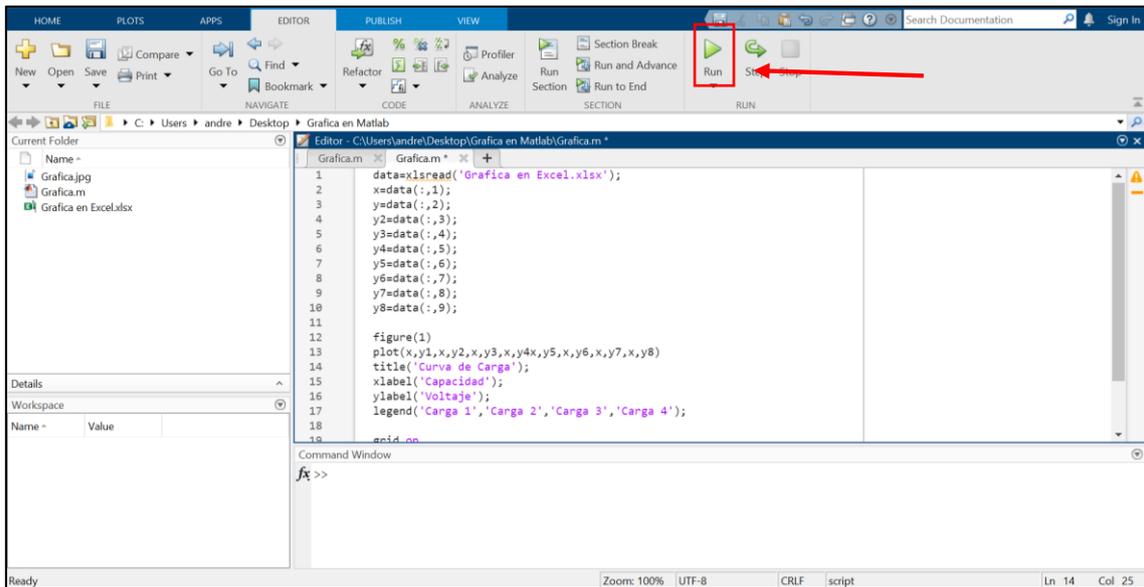
3.- Por último, se procede a seleccionar “Wilcoxon de una muestra”, como se muestra en la figura 32.



Figuras 32: Selección en Wilcoxon de una muestra en Minitab.

3.3.4.3 Procesos de exportación de Minitab a Matlab y Ajuste de curva

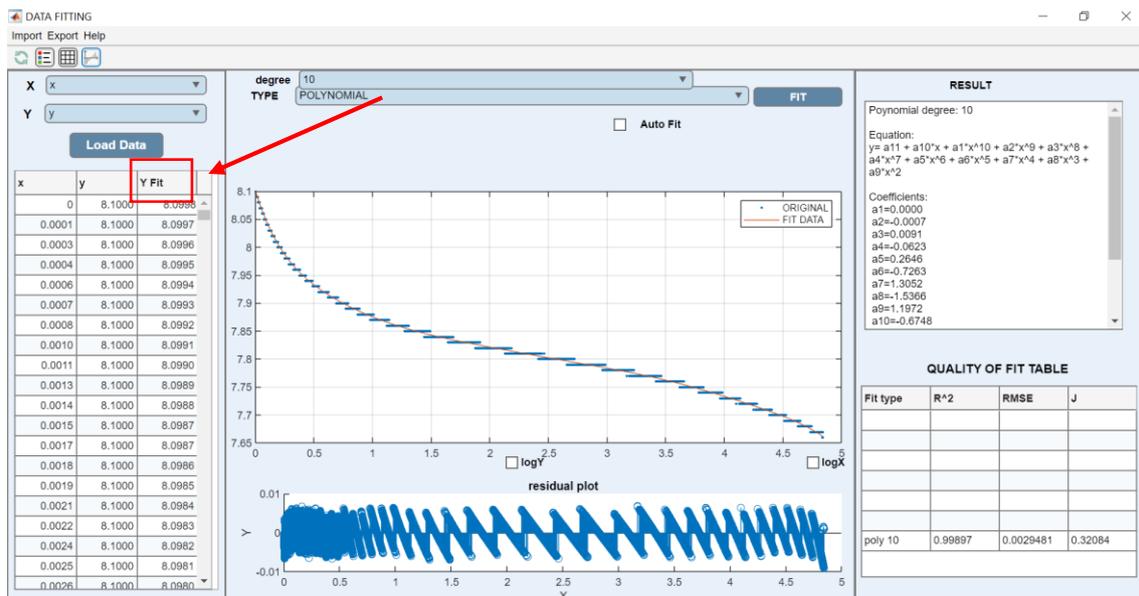
Una vez realizado el análisis estadístico se procede a exportar a Matlab los datos para su presentación final. Para este apartado, los resultados de Excel se utilizan como comando de lectura en Matlab para que la exportación sea más sencilla y de cierta forma obtener lo solicitado. Una vez ingresado, simplemente se procede con presionar “Run” para iniciar el proceso de obtención de las gráficas para presentación final. Como se muestra en la figura 33.



Figuras 33: Exportación de datos por medio de lectura en programación en Matlab.

Ajuste de curva en DATA FITTING

Para el ajuste de curva, se escoge el programa de Data Fitting en grado polinomial de 10, para esto se necesita tener establecido los datos en Excel y Matlab de los resultados reales del experimento, luego se procede a ingresar la programación en función del archivo Excel para el ajuste de curva, el ajuste de curva tendrá el nombre como 'Y Fit'. Como se muestra en la Figura 34.



Figuras 34: Programa Data fitting para ajuste de curva.

Programación en Matlab

La siguiente programación es la utilizada para obtener las gráficas de los procesos de carga o de descarga usando el archivo de los datos reales.

```
data=xlsread('Grafica en Excel.xlsx');
x=data(:,1);
y=data(:,2);
y2=data(:,3);
y3=data(:,4);
y4=data(:,5);
y5=data(:,6);
y6=data(:,7);
y7=data(:,8);
y8=data(:,9);

figure(1)
plot(x,y1,x,y2,x,y3,x,y4,x,y5,x,y6,x,y7,x,y8)
title('Curva de Carga');
xlabel('Capacidad');
ylabel('Voltaje');
legend('Carga 1','Carga 2','Carga 3','Carga 4');

grid on
```

Programación en Matlab en ajuste de curva.

La siguiente programación es la utilizada para obtener las gráficas de los procesos de carga y descarga usando el archivo de los datos con ajuste de curvas.

```
data=xlsread('Curvas en el excel suavizado.xlsx');
x=data(:,1);
y=data(:,2);
y2=data(:,3);
y3=data(:,4);
y4=data(:,5);
y5=data(:,6);
y6=data(:,7);
y7=data(:,8);
y8=data(:,9);

figure(1)
plot(x,y,x,y2,x,y3,x,y4,x,y5,x,y6,x,y7,x,y8,'Linewidth',1)
title('Curvas de Cargas y Descargas');
xlabel('Capacidad');
ylabel('Voltaje');
legend('Descarga 1','Descarga 2','Descarga 3','Descarga 4','Carga 1','Carga 2','Carga 3','Carga 4');

grid on
```

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA ADQUISICIÓN DE DATOS DE LA METODOLOGÍA DE NIVELACIÓN DE CARGA DE BATERIAS DE NI-MH.

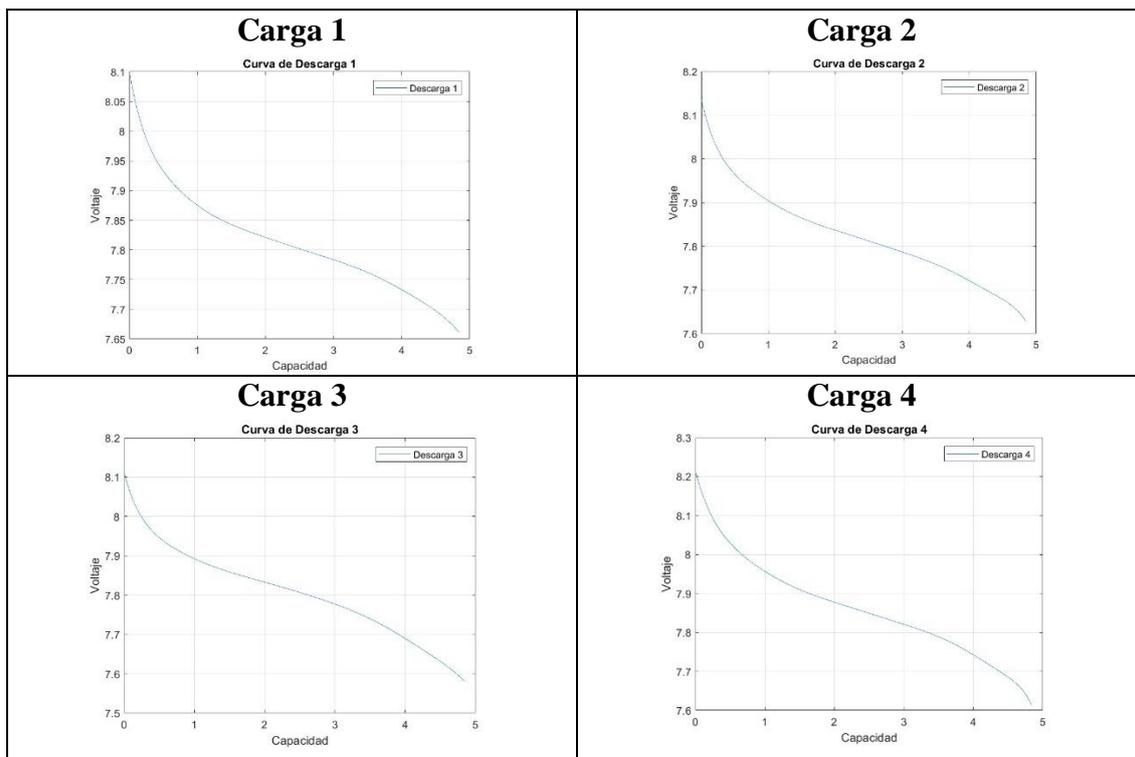
En este capítulo se muestran los resultados obtenidos de la Metodología de Nivelación de carga de las baterías de Ni-MH y el posterior análisis de los datos obtenidos para determinar la mejora en el voltaje de las baterías mediante el proceso de nivelación de carga. Las curvas obtenidas de carga y descarga están en función de la capacidad y el voltaje de cada una de las celdas utilizadas en el ensayo, posteriormente se realiza una comparativa de las gráficas obtenidas en 8 procesos continuos realizados en una celda, esto se hizo con la finalidad de determinar el porcentaje de mejoría en la voltaje de las baterías con el fin de alargar la vida útil de las mismas y reducir el impacto medio ambiental que genera la producción de desecho de este tipo de baterías. Para finalizar, se utilizan métodos estadísticos para el tratamiento de los datos y comparar la información obtenida con la finalidad de lograr los objetivos planteados previamente.

4.1. RESULTADOS PROCESOS DE CARGA

Se realizan 4 procesos de carga una vez obtenidos los datos se procede a graficar cada una de las curvas característica de este proceso. Generalmente este tipo de ensayos generan una gran cantidad de datos por este motivo se utiliza un software especializado en el tratamiento de estos, las gráficas se realizan con el Software computacional Matlab que aportan con el procesamiento de la información obtenida.

La metodología de nivelación de carga indica que estos procesos cíclicos se deben realizar en la misma celda mínimo 3 veces, esto se realiza con la finalidad de que los datos obtenidos sean lo más reales posibles ya que si se realizan en menor número de ocasiones; por el efecto memoria de las baterías el voltaje nominal de la misma tiende a variar, por ende, los datos obtenidos no serían los más indicados. Por estas razones el ensayo se realizan 4 veces el proceso con el fin de garantizar la información obtenida. Las curvas de carga/descarga se refieren a la curva de voltaje en comparación con la capacidad de las celdas durante los procesos de ensayo realizados por los investigadores.

En los procesos de carga realizada se muestra que los obtenidos de voltaje son los siguientes:



Figuras 35: Gráficas de Carga.

Como se muestra en la Figura 35, se encuentran los 4 procesos de carga realizados, cada proceso como se puede observar que tiene variaciones importantes entre cada ciclo las cuales se detallan a continuación.

EL primer proceso Carga 1, el voltaje de la celda va desde 7.32 V hasta 8,67 V aproximadamente este proceso se realiza con una intensidad de 2A, el primer proceso de carga arrojo un total de 33.000 datos aproximadamente que se obtienen durante todo el proceso en tiempo real, este proceso tuvo una duración de 2 horas y 25 minutos.

El segundo proceso Carga 2, muestra que el voltaje de la celda va desde 7.79 V hasta 8,66 V aproximadamente, aquí ya se observa una variación en el voltaje de la celda que se está experimentando de igual manera que el primer proceso se obtienen un total de 33.000 datos aproximadamente.

El tercero Carga 3, 3er proceso de carga y penúltimo proceso que se realiza la Voltaje de la celda va desde 7.61 V hasta 8,66 V aproximadamente, aquí se observa una pequeña disminución en la Voltaje inicial de la celda a experimentar con respecto al proceso 2, esto es normal debido al efecto memoria que es un fenómeno que reduce la capacidad de las baterías al momento de hacer este tipo de ensayos cíclicos por eso se realiza el

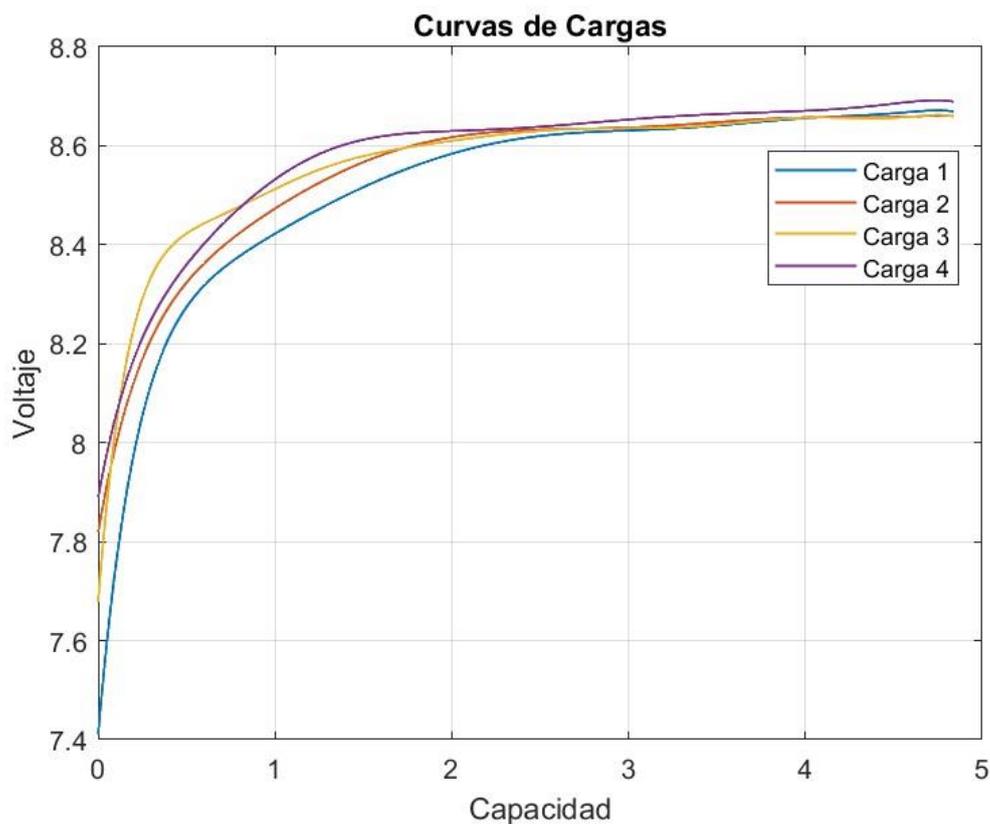
reacondicionamiento de las baterías por 2 horas para que esta variación no afecte los resultados finales.

De igual manera que el primer y segundo proceso se obtienen un total de 33.000 datos aproximadamente se midieron en tiempo real, la duración de este proceso fue de 2 horas y 25 minutos igualmente con una intensidad de 2A.

El cuarto proceso de carga realizado muestra que los datos que se obtuvieron de Voltaje son los siguientes:

En la gráfica del último proceso Carga 4, se muestra que el voltaje de la celda va desde 7.87 V hasta 8,69 V aproximadamente, en este último proceso se observa ya un aumento significativo en la Voltaje de la celda que se está experimentando, al final se realiza una comparación de todos los procesos para comprobar esta variación y calcular el porcentaje de variación que existe entre los procesos de carga y descarga.

Una vez finalizado los procesos de carga se realiza una gráfica comparativa, como se puede observar en la figura 36.



Figuras 36: Gráfica de Cargas.

Con un total de 1'200.000 datos aproximadamente, se realiza la gráfica comparativa de los procesos de carga esta grafica se realizó utilizando el software computacional Matlab.

Como se puede observar en la gráfica 37, existe una variación entre los voltajes que es de cada uno de los 4 procesos realizados, existe un incremento en el voltaje, éste aumento se estabiliza aproximadamente en 8.69 V, también se puede observar que el voltaje nominal con la que se inicia cada uno de los procesos incrementó de 7.4 V a 7.8 V aproximadamente. La variación en el voltaje final del proceso de carga será calculada de manera porcentual al final de este capítulo.

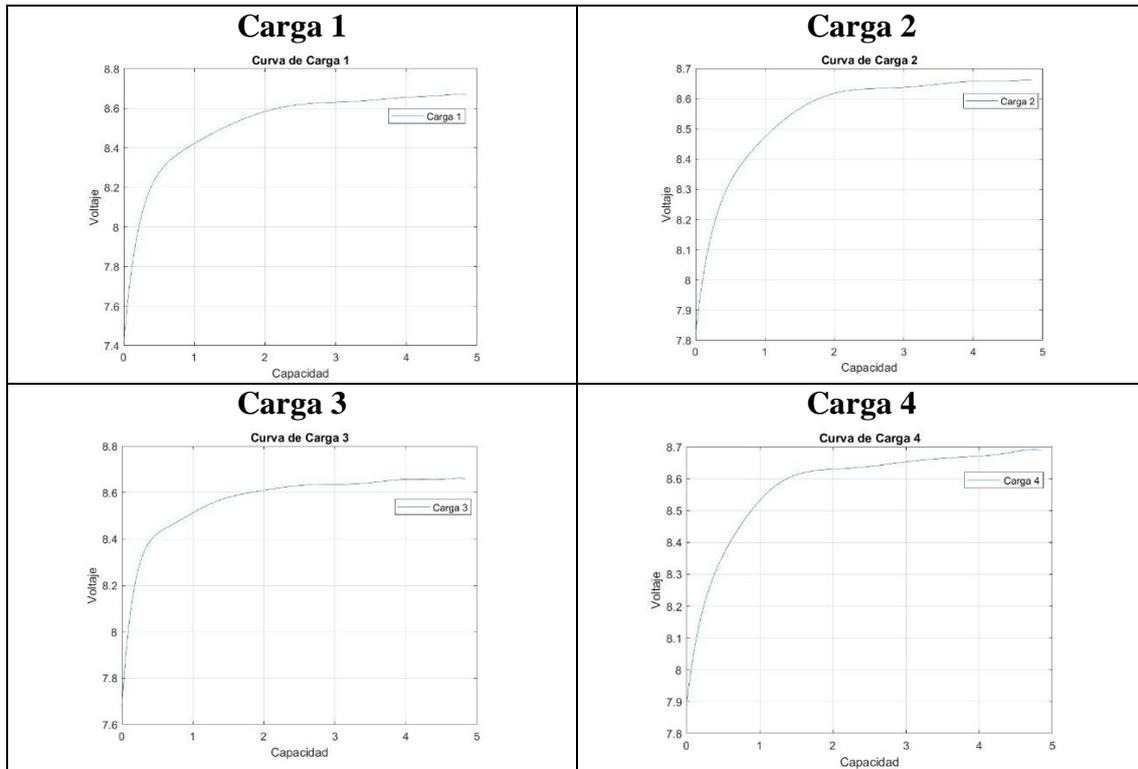
En la Tabla 8 se muestra los resultados obtenidos procesos de carga:

Tabla 8: Procesos de carga, inicio y final.

PROCESO	INICIO	FIN
CARGA1	7.32 V	8,67 V
CARGA2	7.79 V	8,66 V
CARGA3	7.61 V	8,66 V
CARGA4	7.87 V	8,69 V

4.2. RESULTADOS PROCESOS DE DESCARGA

Se realizan los procesos de descarga cíclicamente con los de carga con cada proceso de descarga se completan las 4 nivelaciones de las baterías de Ni-MH que se realiza. Cada uno de estos procesos de igual manera que los procesos de carga están separados por un tiempo de acondicionamiento de la batería de 2 horas para que los datos obtenidos no sean afectados debido al efecto memoria. Las gráficas se realizan con el Software computacional Matlab. El conocimiento del comportamiento de las baterías durante la descarga es esencial para determinar su respuesta ante una aplicación específica. (Viera, J., 2003).



Figuras 37: Graficas de Descargas.

Como se muestra en la figura 37, se encuentran los 4 procesos de descarga realizados, cada proceso como se puede observar tiene variaciones importantes entre cada ciclo. Las cuales se detalla a continuación.

La gráfica del primer proceso descarga 1, el voltaje de la celda va desde 8.10 V hasta 7,66 V aproximadamente. Este primer proceso de descarga cumple el primer ciclo de los 4 que se realizaron, a la igual manera que el proceso de carga en este proceso se obtuvo alrededor de 33.000 datos aproximadamente. El proceso de descarga se realiza a una intensidad de 2.0 A durante 2 horas y 25 minutos para recolectar la mayor cantidad de información posible y garantizar los resultados obtenidos.

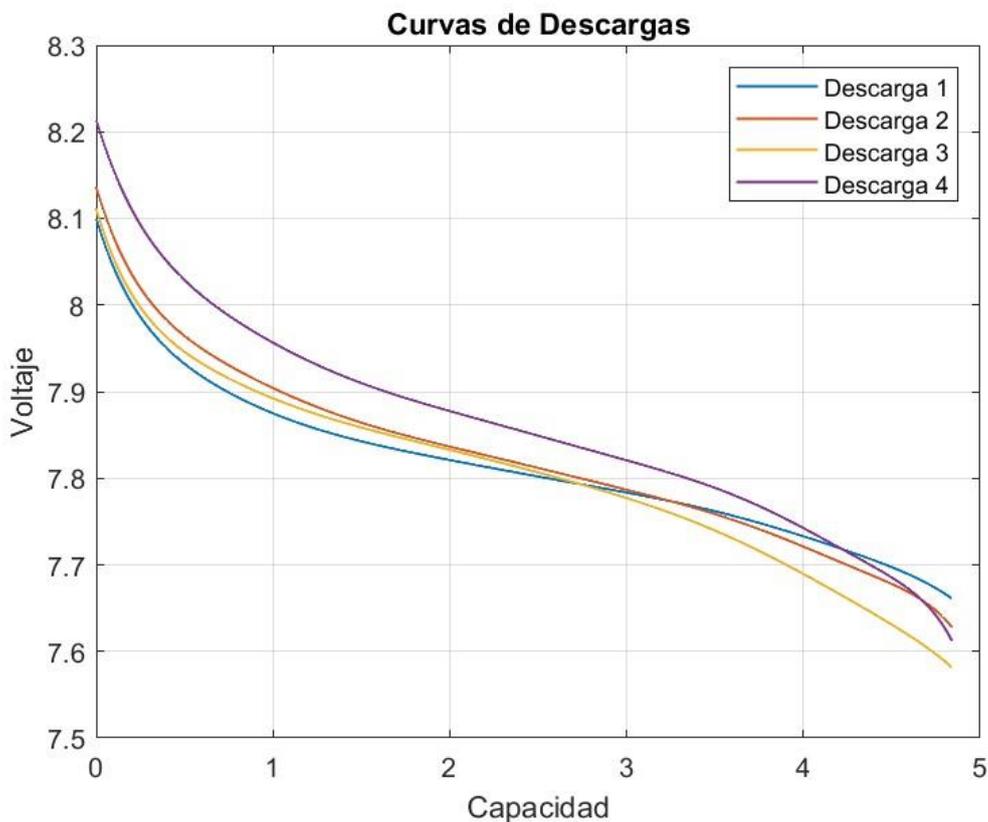
Dentro del segundo proceso descarga 2, el voltaje de la celda va desde 8.14 V hasta 7.62 V aproximadamente, en este ensayo se observa una pequeña variación en el voltaje de la celda con respecto al primer proceso de descarga. Se continua con el siguiente proceso para constatar si se mantiene esta pequeña variación o si esta variación logra aumentar significativamente.

El tercer proceso descarga 3, el voltaje de la celda va desde 8.11 V hasta 7.58 V aproximadamente, en este proceso se observa una variación mayor con respecto al primer y segundo ensayo, con este proceso de descarga se está cumpliendo ya el 3 ciclo de

nivelación de carga de la celda de la batería de Ni-MH de igual manera que el primer y segundo proceso se realiza con una intensidad de 2.0A con una duración de 2 horas y 25 minutos aproximadamente.

El cuarto y último proceso descarga 4, se muestra que los obtenidos de Voltaje son los siguientes:

El voltaje de la celda va desde 8.22 V hasta 7.59 V aproximadamente, este es el último proceso que cumple con los 4 ciclos previamente establecidos. De igual manera que se realiza con el proceso de carga se muestra una comparativa entre los procesos para determinar gráficamente esta variación en el voltaje nominal que existe en el proceso de descarga. Una vez finalizado los procesos de descarga se realiza una gráfica comparativa entre los procesos como se muestra en la figura 38. La grafica comparativa de estos procesos es la siguiente:



Figuras 38: Gráfica de Descargas.

Con un total de 1'200.000 datos aproximadamente, se realiza la gráfica comparativa de los procesos de descarga esta gráfica se realizó utilizando el software computacional Matlab.

Como se puede observar en la gráfica 38, existe una variación entre los voltajes de cada uno de los 4 procesos realizados, existe un incremento de cada uno y se estabilizo aproximadamente en 7.6 V. Estas características se relacionan, fundamentalmente, con la evolución del voltaje y de la temperatura en la batería, con su capacidad de suministrar energía eléctrica a un circuito externo. (Viera, J., 2003)

Los resultados obtenidos en los procesos de descarga se observan en la tabla 9.

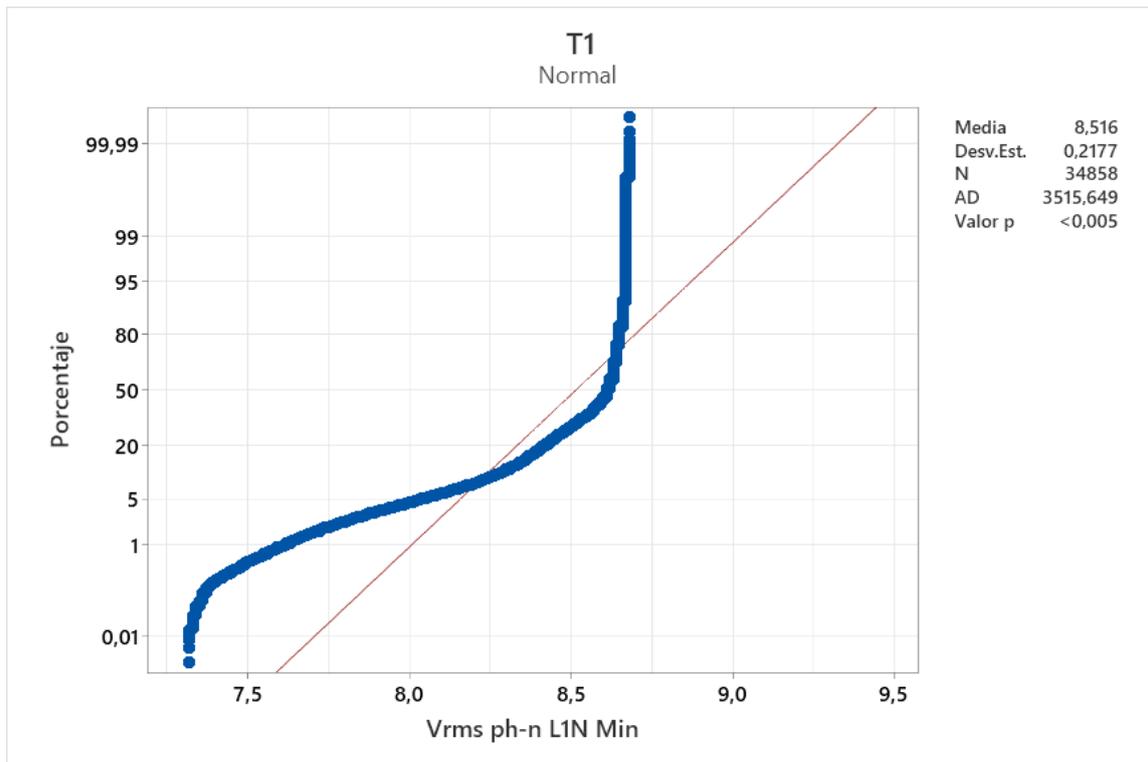
Tabla 9: Procesos de descarga, inicio y fin.

PROCESO	INICIO	FIN
DESCARGA1	8.10 V	7.66 V
DESCARGA2	8.14 V	7.62 V
DESCARGA3	8.11 V	7.58 V
DESCARGA4	8.22 V	7.59 V

4.3. RESULTADOS PRUEBA DE NORMALIDAD

Una vez adquiridos los datos de la metodología de nivelación de carga se procede a clasificar los datos en función del voltaje y la capacidad de la celda utilizada en este ensayo final, se realizan las pruebas de normalidad utilizando el método de Anderson-Darling para determinar el valor “p”, el método utilizado compara la función de distribución acumulada empírica (ECDF) de los datos de la muestra con la distribución esperada si los datos fueran normales. Si la diferencia observada es adecuadamente grande, usted rechazará la hipótesis nula de normalidad de la población. (Minitab, 2022)

Los resultados de la prueba de normalidad de Anderson Darling son los siguientes:



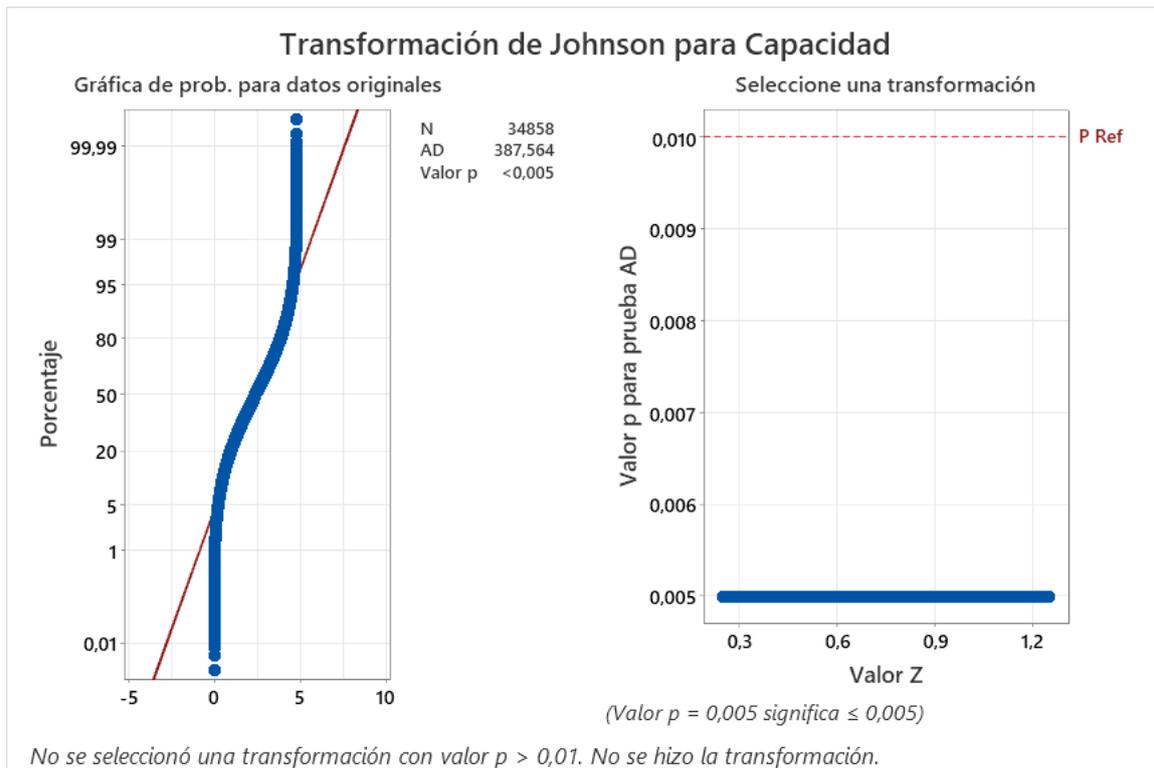
Figuras 39: Prueba de Normalidad.

Como se puede observar dentro de la figura 39, gran parte de los datos no se encuentran dentro de la línea de regresión.

La media observada dentro de los datos de voltaje que se utiliza para realizar la prueba de normalidad es de 8.516 V, la desviación estándar es de 0.2177 este valor numérico mide la dispersión de la distribución que existe entre los datos, entre más dispersa esta la distribución más grande es el valor numérico de esta desviación.

El número total de datos con los que se realiza la prueba de normalidad fue de $N= 34858$, al final se observa el valor “p” que muestra la prueba de normalidad que es de $< 0,005$ esto quiere decir que se rechaza la hipótesis nula ya que los valores ingresados no pueden ser normalizados debido a que su variación es creciente.

Como se muestra en la figura 40, los resultados de la transformación de Johnson para los datos de capacidad son los siguientes:



Figuras 40: Transformación de Johnson para Capacidad.

La transformación de Johnson selecciona de manera óptima una de las tres familias de distribución para transformar los datos a fin de que sigan una distribución normal. El algoritmo utiliza el siguiente procedimiento: Considera casi todas las funciones de transformación potencial del sistema de Johnson. (Minitab, 2022)

4.4. RESULTADOS DE LA PRUEBA DE LOS RANGOS CON SIGNO DE WILCOXON

La prueba de los rangos con signo de Wilcoxon es una prueba no paramétrica para comparar el rango medio de dos muestras relacionadas y determinar si existen diferencias entre ellas.

La prueba de Wilcoxon se realizó entre pares de los procesos de carga y descarga para verificar la hipótesis nula y confirmar la variación que existe entre las comparaciones. Se realiza un total de 12 comparaciones entre pares.

A continuación, se muestran los resultados de 2 comparaciones una del proceso de carga realizada entre “C1” y “C4” que son el primer y el último proceso respectivamente.

GCARGAS

Prueba de clasificación con signos de Wilcoxon: c1-c4*Tabla 10: Prueba de clasificación con signos de Wilcoxon de las curvas de cargas.*

Método			
η : mediana de c1-c4			
Estadísticas descriptivas			
Muestra	N	Mediana	
c1-c4	35005	-0,055	
Prueba			
Hipótesis nula	H ₀ : $\eta = 0$		
Hipótesis alterna	H ₁ : $\eta < 0$		
Muestra	Número de prueba	Estadística de Wilcoxon	Valor p
c1-c4	34284	120439,50	0,000

Como se puede observar en los resultados obtenidos el valor de “p” es 0,000 esto quiere decir que se confirma la hipótesis nula de la muestra “C1-C4”, que efectivamente existe una diferencia significativa en el voltaje nominal de la celda en el proceso 4 con respecto al voltaje nominal en el primer proceso de carga. Cabe recalcar que la confianza con la que se realiza la Prueba de clasificación con signos de Wilcoxon es del 95,0%

De la misma manera que se realiza la comparación en el proceso de carga, se realiza en el proceso de descarga.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos al comparar el proceso de descarga “C1” y “C4” respectivamente

GDESCARGAS

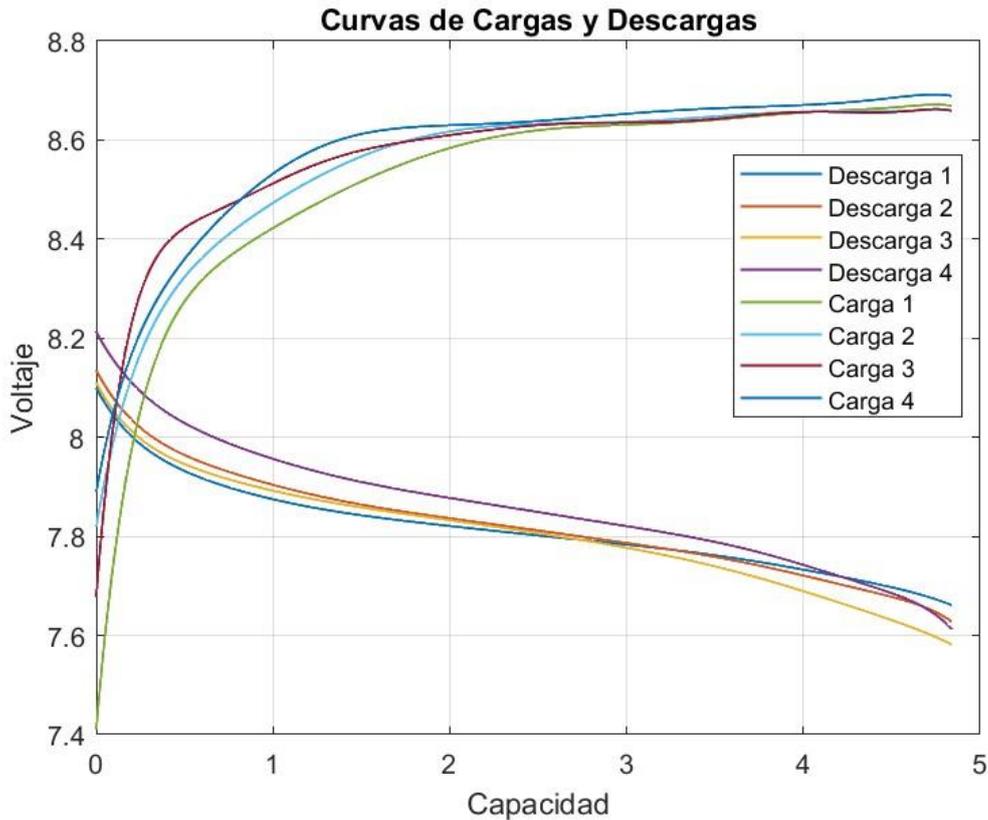
Prueba de clasificación con signos de Wilcoxon: c1-c4*Tabla 11: Prueba de clasificación con signos de Wilcoxon de las curvas de descargas.*

Método			
η: mediana de c1-c4			
Estadísticas descriptivas			
Muestra	N	Mediana	
c1-c4	36917	-0,045	
Prueba			
Hipótesis nula	H ₀ : η	= 0	
Hipótesis alterna	H ₁ : η	< 0	
Muestra	Número de prueba	Estadística de Wilcoxon	Valor p
c1-c4	35326	54169557,00	0,000

De igual manera que el proceso de carga se puede observar en los resultados obtenidos el valor de “p” es 0,000 esto quiere decir que se confirma la hipótesis nula de la muestra “C1-C4”, esto quiere decir que también existe una diferencia significativa en el voltaje nominal de la celda en el proceso 4 con respecto al voltaje nominal en el primer proceso de descarga.

4.5. RESULTADOS COMPARACIÓN DE PROCESOS

A continuación, se observa en la figura 41, la curva comparativa entre los 8 procesos que se realiza, la gráfica se realiza en base al voltaje y a la capacidad obtenida mediante los equipos de medición en cada proceso.



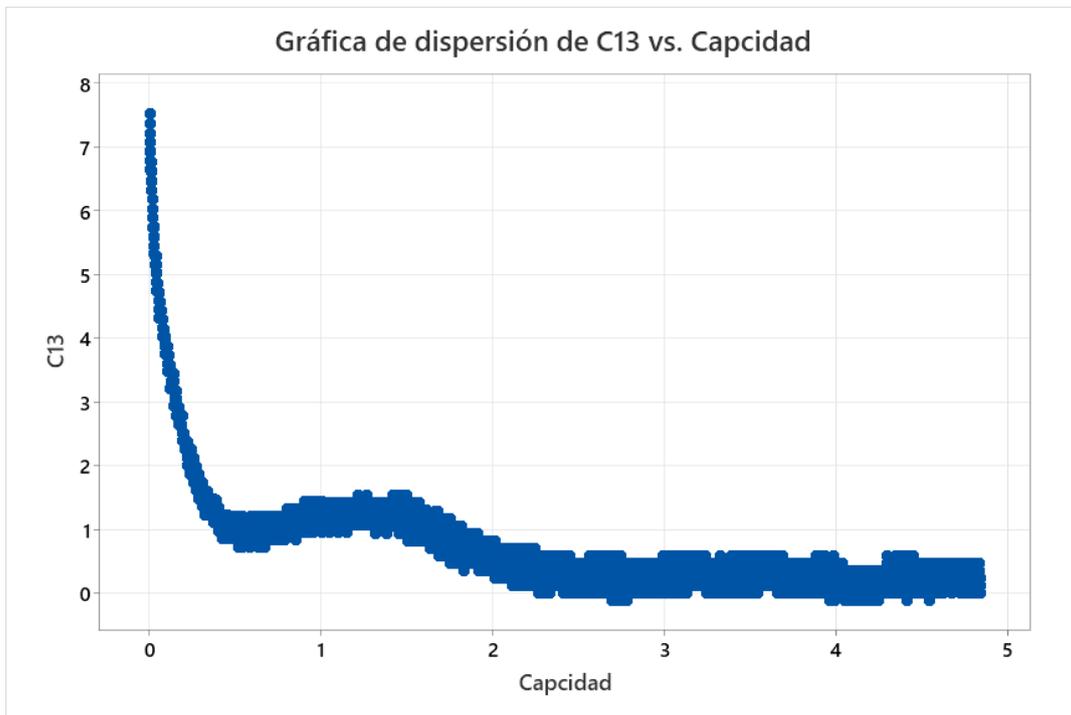
Figuras 41: Gráfica de Carga y Descarga.

Como se muestra en la figura 41, a simple vista existe una variación en el voltaje de la celda en cada uno de los diferentes procesos de carga y descarga. La capacidad de carga de la batería fue aumentando lentamente con el número de ciclos completados al igual que la capacidad de descarga de la batería de Ni-MH utilizada para realizar este ensayo.

4.6. RESULTADOS FINALES

Finalmente se realiza una comparativa entre los datos del voltaje obtenido en base a la medición de los procesos de carga, se calcula la diferencia que existe entre el primer y el último proceso realizado (“C1 y C4”) para calcular de manera porcentual la variación que existe en el voltaje de la batería de Ni-MH al finalizar los 4 ciclos realizados por los investigadores.

A continuación, se muestra en la gráfica 42, la variación porcentual del voltaje en la celda:



Figuras 42: Gráfica de la variación porcentual de la Voltaje en la celda.

Como se muestra en la gráfica 42. La variación máxima registrada entre la diferencia de “C1” y “C4” es de 7,40% esto quiere decir que el voltaje en la batería aumenta un 7,40% entre el primer y último ciclo realizado pero esta variación tiende a decrecer conforme se aumentan los ciclos.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

Durante el desarrollo de la presente investigación se han obtenido varias conclusiones de interés, respaldando los objetivos planteados y se resumen en:

- Las definiciones principales de los vehículos híbridos permitieron entender su tecnología, estructura, funcionamiento, ventajas y desventajas del tren de potencia, al igual que las características principales de las baterías de alto voltaje. Con esto, se concluye que, al no poder realizarse un monitoreo continuo de sus celdas, mantenimientos preventivos por los altos costos que estas conllevan y por faltas de equipos especializados, las baterías no llegan a cumplir su vida útil que garantiza el fabricante por diversos factores que influyen directamente en la batería, hace que su promedio de vida sea más cortos y desechado. Además, según estudios previos, cada año aumentan la comercialización en distintos países del mundo de VEH donde se considera el incremento de estos desechos nocivos de celdas de baterías, y al desarrollar esta metodología para la nivelación de carga para las baterías de los vehículos híbridos se ayudará a que puedan cumplir su vida útil y así contrarrestar el impacto medio ambiental a causa de estas baterías.
- La metodología aplicada fue la realización de 4 procesos de carga y 4 procesos de descarga los cuales han permitido incrementar un 7,4% su voltaje nominal, comparando el primer ciclo de carga “C1” con el último ciclo “C4” que se traduce como el incremento de su capacidad de carga al acerca más al voltaje real o al 20% de margen entre el voltaje real y el voltaje nominal esta mejora garantiza que la vida útil de la batería aumente.
- Las curvas que se obtuvieron permiten observar procesos de incremento que en la fase inicial arrancan en un voltaje similar hasta alcanzar voltajes diferenciados alrededor de 1 punto entre curva y curva de carga, en la cual se transforma en el incremento de la capacidad.
- A través del software computacional Minitab se realizó la prueba de clasificación con signos de Wilcoxon para datos no paramétricos; mediante este análisis estadístico se pudo comprobar el incremento en el voltaje realizando pruebas por pares: “C1 Y C4” que corresponden al primer y último ciclo de nivelación de carga, esto se lo realizó comprobando la hipótesis nula en dicha prueba para a su vez lograr calcular el porcentaje de incremento entre estos 2 procesos.

RECOMENDACIONES

- Es importante la parte investigativa sobre los datos técnicos de la batería para ayudar a poder tener en cuenta sus parametrizaciones de carga y descarga en la cual fue sometida la batería en este proyecto.
- Tener equipos especializados para toma de datos es importante para tener una precisión absoluta durante la carga y descarga de las baterías.
- Es importante antes de iniciar los procesos de carga y descarga, someter a estas celdas a una carga profunda para diagnosticar el estado de vida de las baterías.

REFERENCIAS

- Aguas Beltran, D. F. (2020). *Flujo de potencia con modelos de carga en estado estacionario usando la metodología de reformulación de potencias especificadas*. Quito.
- Andrade Diaz, F. P. (2018). *Análisis del proceso de recuperación de baterías para el vehículo toyota highlander híbrido*. Guayaquil.
- Arichabala Gutierrez, C. L., & Cerezo Yanez, S. D. (2019). *Análisis del banco de pruebas para circuitos eléctricos de la universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil utilizando tecnologías Tics*. Guayaquil.
- Ayala Quintero, A. S. (2016). *Diseño y construcción de un banco de pruebas para circuitos eléctricos*. Guayaquil.
- Ayasta Casiano, C. J. (2018). *Análisis comparativo del rendimiento técnico y económico entre un vehículo híbrido (prius c) y un vehículo convencional (yaris gli 1.5 a/t)*. Lambayeque.
- Borja Cedeño, E. (2019). *Propuesta para la creación de una empresa de servicio de mantenimiento y reparación de baterías de carros eléctricos en la ciudad de Guayaquil*. Guayaquil.
- Burgos Macias, N. L., & Pacheco Coque, C. A. (2018). *Diseño y desarrollo de un banco de pruebas para diagnóstico automotriz*. Guayaquil.
- Cabrera Cabrera, D. A., & Dominguez Ochoa, M. (2019). *Diseño y construcción de un vehículo personal híbrido propuesto como una alternativa para movilidad*. Cuenca.
- Camacas Tenganan, J. O. (2020). *Implementación de un dispositivo de diagnóstico para módulos de batería de vehículos híbridos y eléctricos*. Ibarra.
- Carretero González, J., López Manchado, M. A., Alegre Gresa, C., Lázaro Elorri, M. J., Orena, A., Rodriguez, O., & Alcaraz, L. (2020). *Baterías para una movilidad sostenible: avances, retos y perspectiva*. Grupo Español del Carbón.
- Castillo Cantos, Ó. D. (2019). *Aplicación de los vehículos híbridos al batallón de infantería ligera*. Zaragoza.
- Catagnia Chicaiza, L. D. (2020). *Estimación de costos de energía eléctrica para la recarga de vehículos eléctricos basado en la óptima respuesta de la demanda*. Quito.

- Chacón Galarza, G. G. (2021). *Proyecto de desarrollo de un modelo adaptativo de baterías de coche eléctrico*.
- Colorado Bedoya, J. D. (2018). *Diseño banco de pruebas y caracterización del sistema de baterías de un vehículo de competencia*. Bogota.
- Contreras Valenzuela, R. B. (2018). *Análisis del funcionamiento de charger research en el proceso de recarga de baterías de vehículos híbridos*. Guayaquil.
- Cuesta Torres, I. R., & Villa Auquilla, W. P. (2019). *Análisis de factibilidad técnica del proceso pirometalúrgico para reciclaje de baterías de vehículos con motores eléctricos en Ecuador*. Cuenca.
- Díez González, P. (2019). *Principios básicos de vehículos eléctricos*. Valladolid.
- Espin Logroño, A. A. (2018). *Mejora de la estabilidad en sistemas eléctricos de distribución mediante el uso de autos eléctricos como fuentes de inyección de energía*. Quito.
- Fernández, E. (2020). *Análisis de consumo energético en laboratorios por economía circular utilizando baterías NiHm*. Cuenca.
- Fiallo Poalasin, A. (2021). *Evaluación del ecodriving aplicado a vehículos híbridos como una herramienta de eficiencia energética*. Quito.
- Galán Cenalmor, R. (2019). *Análisis de vehículos industriales híbridos y eléctricos. Novedades técnicas y periciales*. Valladolid.
- Gallardo Garcia, A. A. (2019). *Simulación y optimización de un vehículo de tracción híbrida, para recuperar y gestionar la energía de las baterías*. Lima.
- Grijalva Campana, E. R. (2019). *Gestión energética para flotas de vehículos eléctricos e híbridos con pila de combustible*. Madrid.
- Herrera Mejia, A. D., & Sanchez Olvera, D. P. (2021). *Análisis de fallas a tierra en Banco de Baterías de la Universidad Politécnica Salesiana*. Guayaquil.
- Idrovo Pauta, A. F. (2020). *Evaluación de un go-kart eléctrico con baterías de ion-litio y níquel-hidruro metálico*. Cuenca.
- Idrovo Pulla, D. R., & Loayza Flores, C. S. (2017). *Análisis comparativo de los costos operativos entre un vehículo de combustión interna y un vehículo eléctrico en la ciudad de Cuenca*. Cuenca.
- Iza Tobar, H. H., & Pozo Gordillo, E. M. (2017). *Estudio de la incidencia de la carga en la ecualización de los packs de baterías de alta Voltaje de vehículos híbridos para estimar la durabilidad, rendimiento y pos uso*. Quito.

- Jerez Mayorga, D. A., Ayala Ortiz, E. A., & Puente Moromenacho, E. G. (2018). *Análisis del proceso de recuperación de la batería de alta Voltaje del vehículo Toyota Highlander Híbrido*. Guayaquil.
- Jiménez Hidalgo, B. D., & Rosero Lucero, E. G. (2019). *Diseño e implementación de un poste de recarga de baterías para un prototipo de vehículo híbrido en la Escuela de Ingeniería Automotriz*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Martinez bertran, J. (2017). *Métodos de estimación del estado de carga de baterías electroquímicas*.
- Maurad Yubi, J. C., & Armijos Illescas, E. M. (2018). *Caracterización de los sistemas del vehículo eléctrico Kia Soul EV*. Cuenca.
- Merchan Serrano, M. E., & Medina Aguirre, S. X. (2016). *Análisis del impacto de vehículos eléctricos en las redes de distribución del cantón Cuenca*. Cuenca.
- Murillo Lojan, C. L., & Murillo Lojan, D. A. (2019). *Estudio de la huella de carbono generado durante el funcionamiento de un vehículo eléctrico*. Cuenca.
- Ortega Ortega, O. S., & Peralta Arce, W. P. (2020). *Desarrollo de un sistema de diagnóstico y recuperación de baterías de alto voltaje de vehículos híbridos*. Cuenca.
- Pérez Sepa, M. A., Angueta Ponce , A. V., Guasumba Maila, J. E., & Calero Torres, D. A. (2022). *Estimación de la vida útil de las baterías de los vehículos híbridos causas y consecuencias*.
- Pico, E., Guachamin, M., & Ortega, L. (2016). *Diseño y construcción de un cargador universal portátil de baterías con alimentación de la red eléctrica o fuente DC de 12 voltios de un automóvil*. Quito.
- Polisgua Loor, L. E. (2016). *Incidencia en el excesivo tiempo de recarga de las baterías convencionales para los vehículos eléctricos*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil.
- Romero Morte, C. (2021). *Estudio experimental sobre el uso de supercondensadores como baterías de carga ultrarrápida*. Valencia.
- Romo Velez, M. G. (2019). *Implementación de un modelo de una batería híbrida NI-MH mediante Simulink, para verificar los estados de carga y salud*. Cuenca.
- Saavedra Guarderas, J. A., & Sibri Lazo, J. G. (2018). *Análisis del comportamiento de baterías usadas en vehículos híbridos durante el proceso de recuperación*. Cuenca.

- Sánchez Pérez, J. (2021). *Modelado de sistemas de gestión térmica en baterías para vehículos híbridos mediante el uso de nanofluidos*. Valencia.
- Solano Toledo, W. A., & Cabrera Guerrero, C. S. (2018). *Determinación de la autonomía del vehículo eléctrico Kia Soul en rutas preestablecidas en la ciudad de Machala, a través de métodos experimentales*. Cuenca.
- Triana Barreda, E. (2019). *Baterías de tracción para vehículos híbridos*. Valladolid.
- Waliño Ullán, P. (2020). *Vehículos híbridos. Pasado, presente y futuro*. Barcelona.

ANEXOS

Programación en Matlab

```

data=xlsread('Grafica en Excel.xlsx');
x=data(:,1);
y=data(:,2);
y2=data(:,3);
y3=data(:,4);
y4=data(:,5);
y5=data(:,6);
y6=data(:,7);
y7=data(:,8);
y8=data(:,9);

figure(1)
plot(x,y1,x,y2,x,y3,x,y4,x,y5,x,y6,x,y7,x,y8)
title('Curva de Carga');
xlabel('Capacidad');
ylabel('Voltaje');
legend('Carga 1','Carga 2','Carga 3','Carga 4');

grid on

```

Programación en Matlab de curvas suavizadas

```

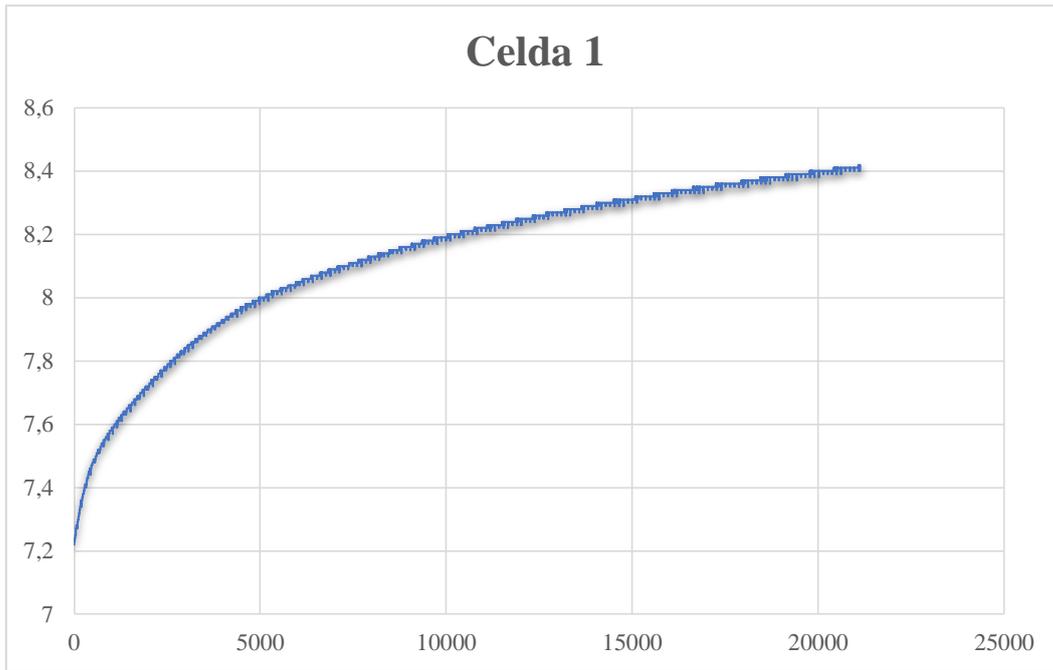
data=xlsread('Curvas en el excel suavizado.xlsx');
x=data(:,1);
y=data(:,2);
y2=data(:,3);
y3=data(:,4);
y4=data(:,5);
y5=data(:,6);
y6=data(:,7);
y7=data(:,8);
y8=data(:,9);

figure(1)
plot(x,y,x,y2,x,y3,x,y4,x,y5,x,y6,x,y7,x,y8,'Linewidth',1)
title('Curvas de Cargas y Descargas');
xlabel('Capacidad');
ylabel('Voltaje');
legend('Descarga 1','Descarga 2','Descarga 3','Descarga 4','Carga 1','Carga 2','Carga 3','Carga 4');

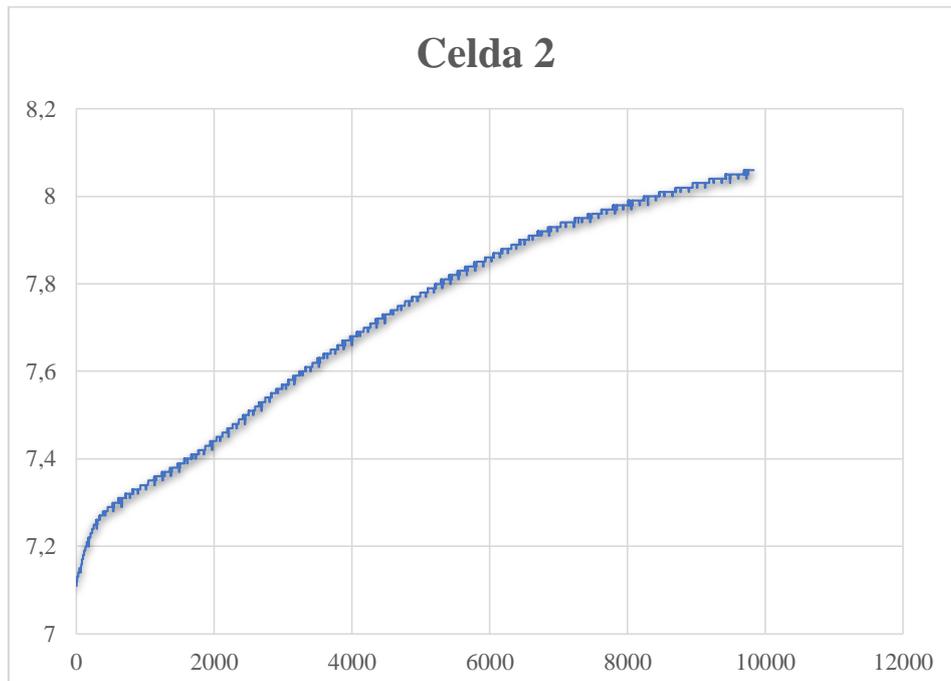
grid on

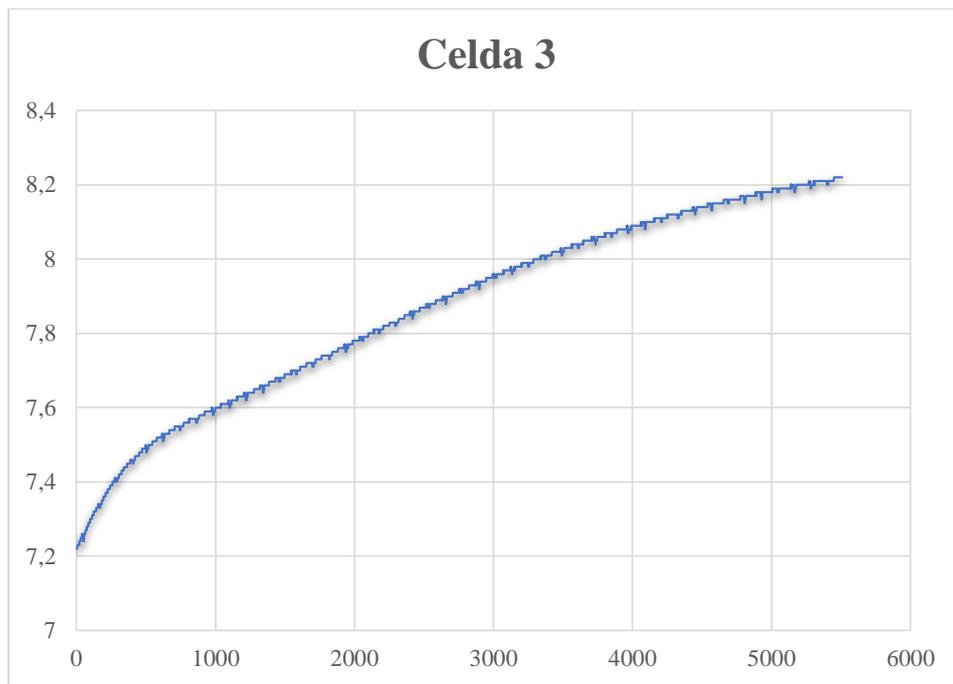
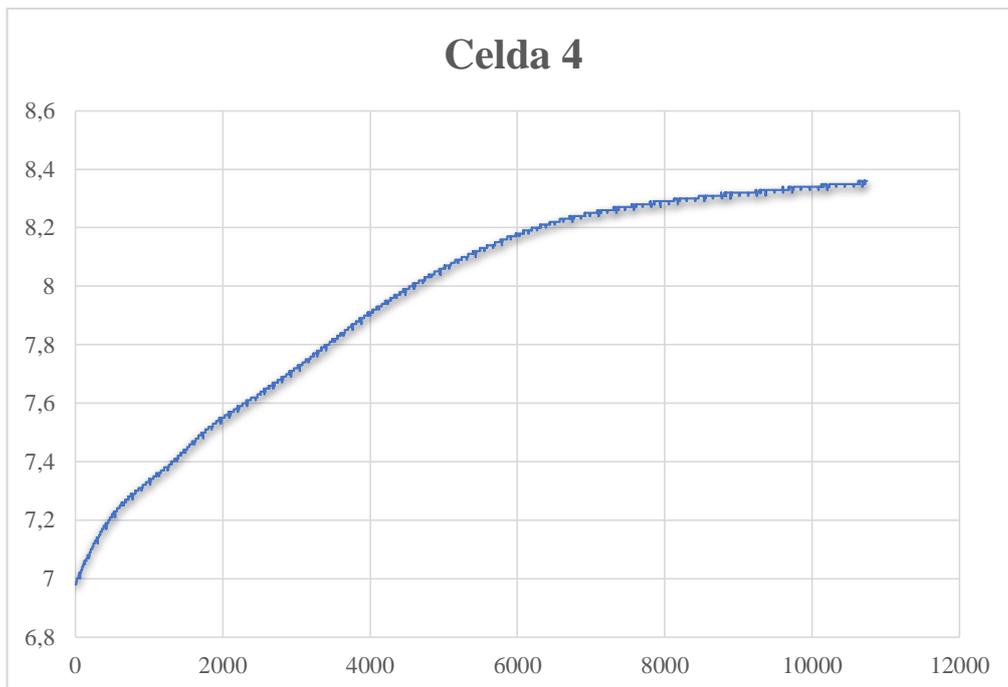
```

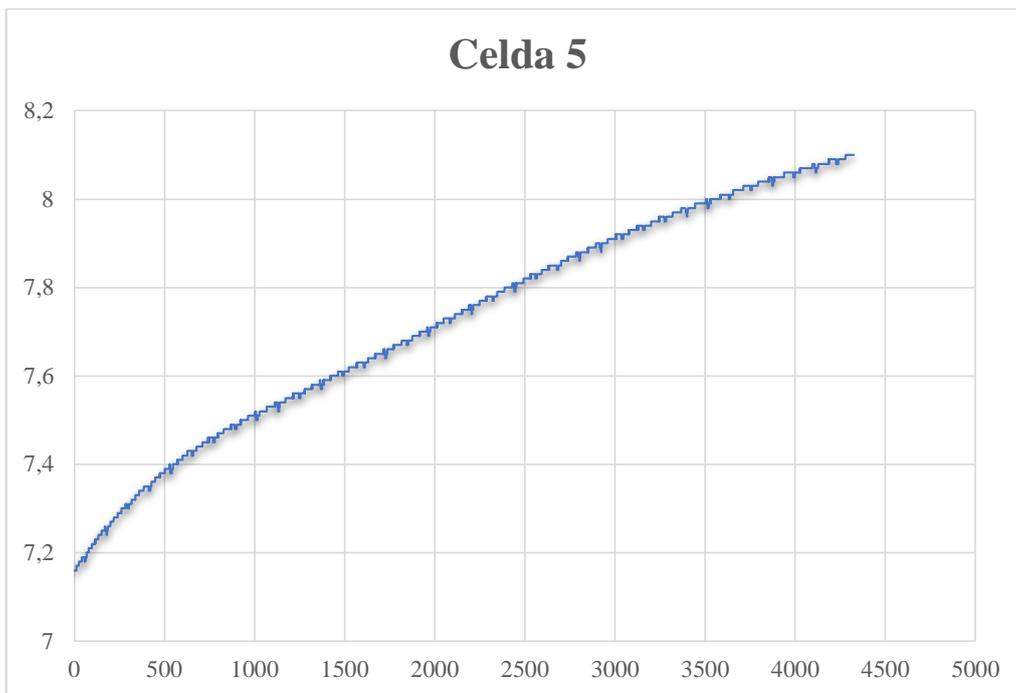
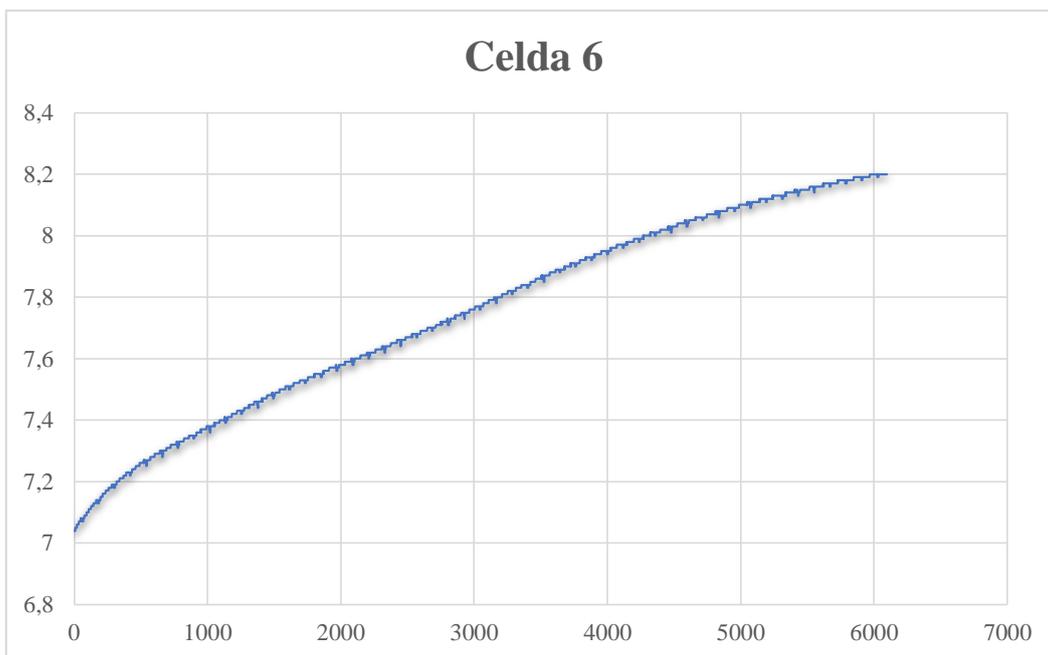
Grafica de Carga de Celda 1 (Excel)

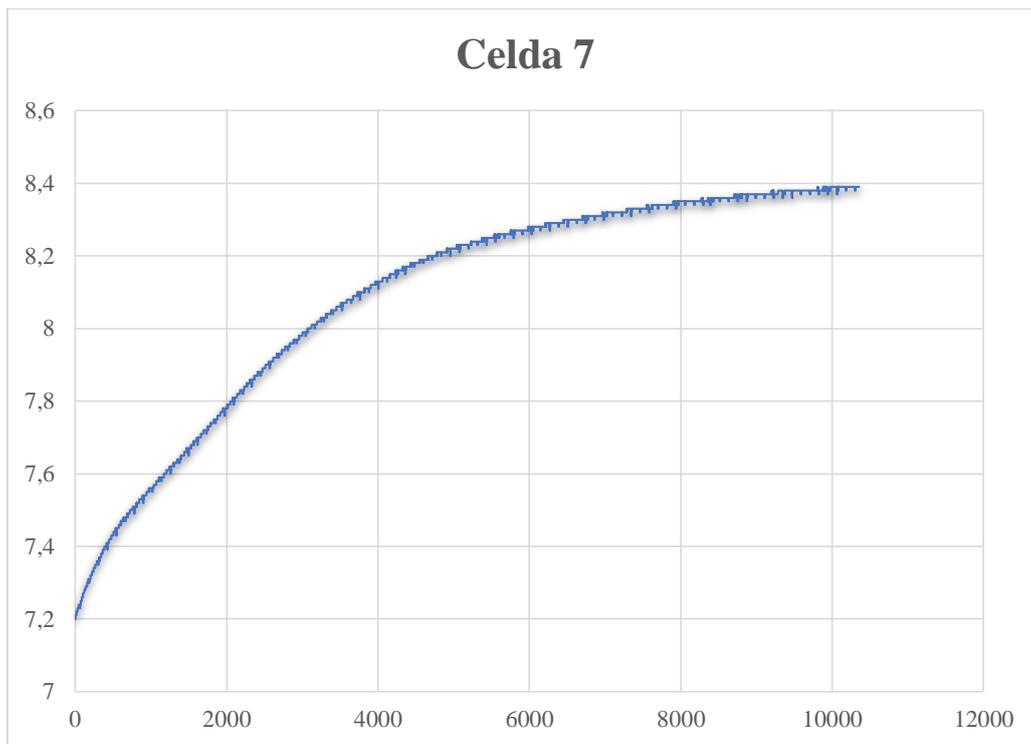
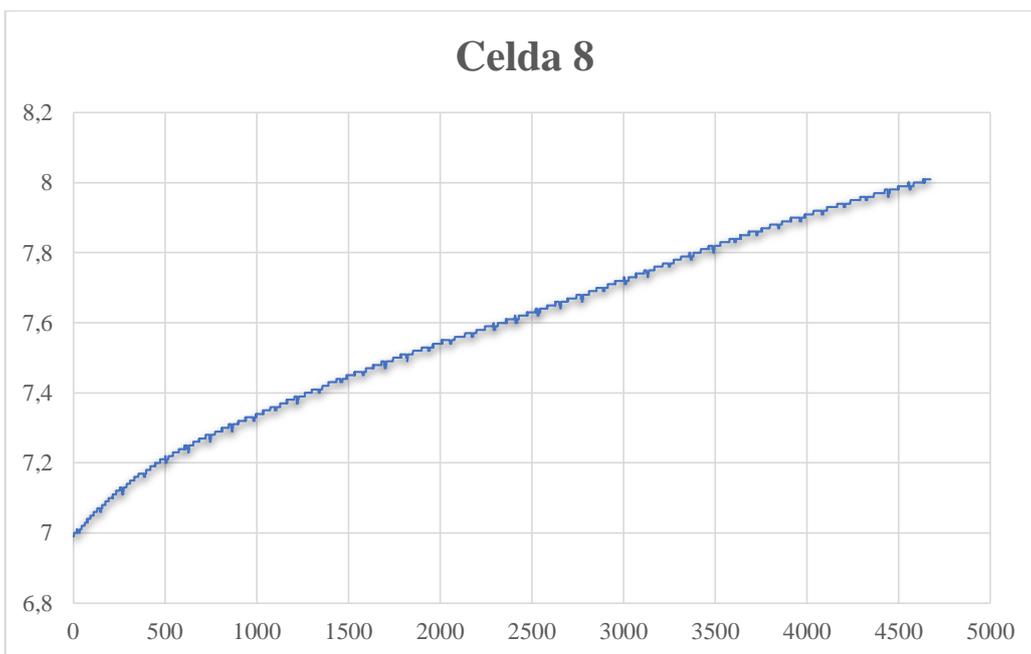


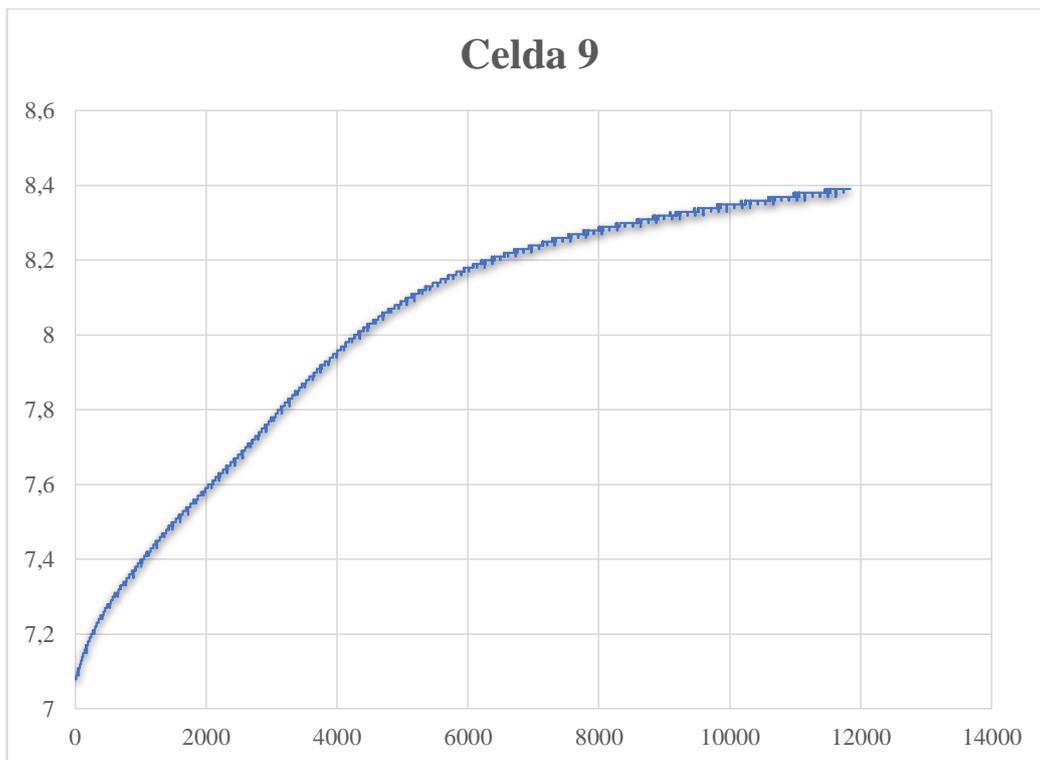
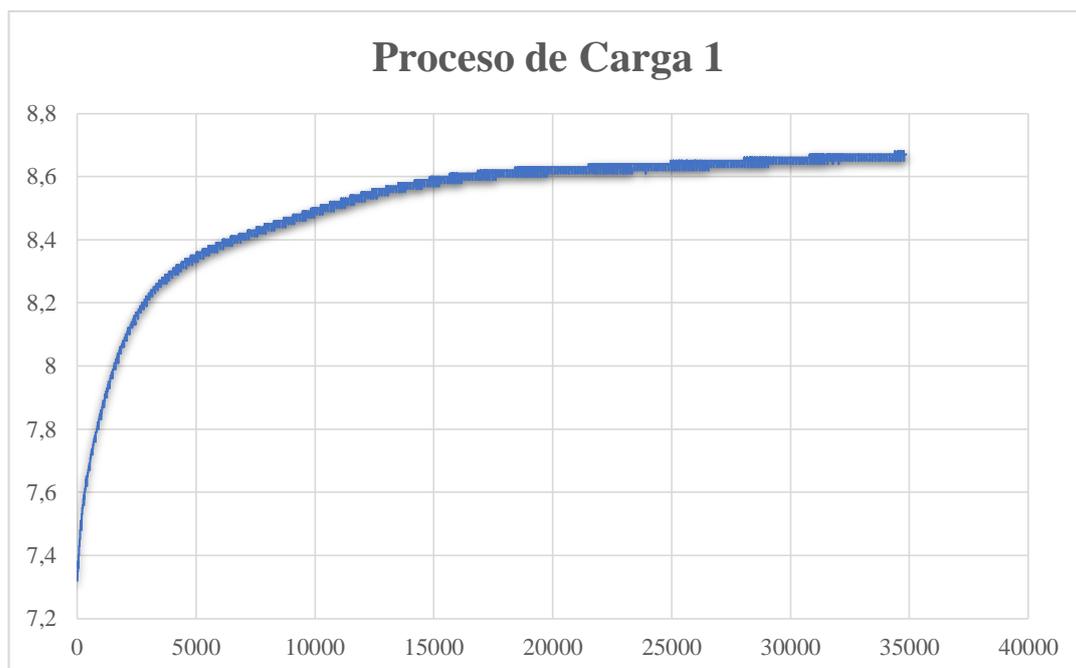
Grafica de Carga de Celda 2 (Excel)

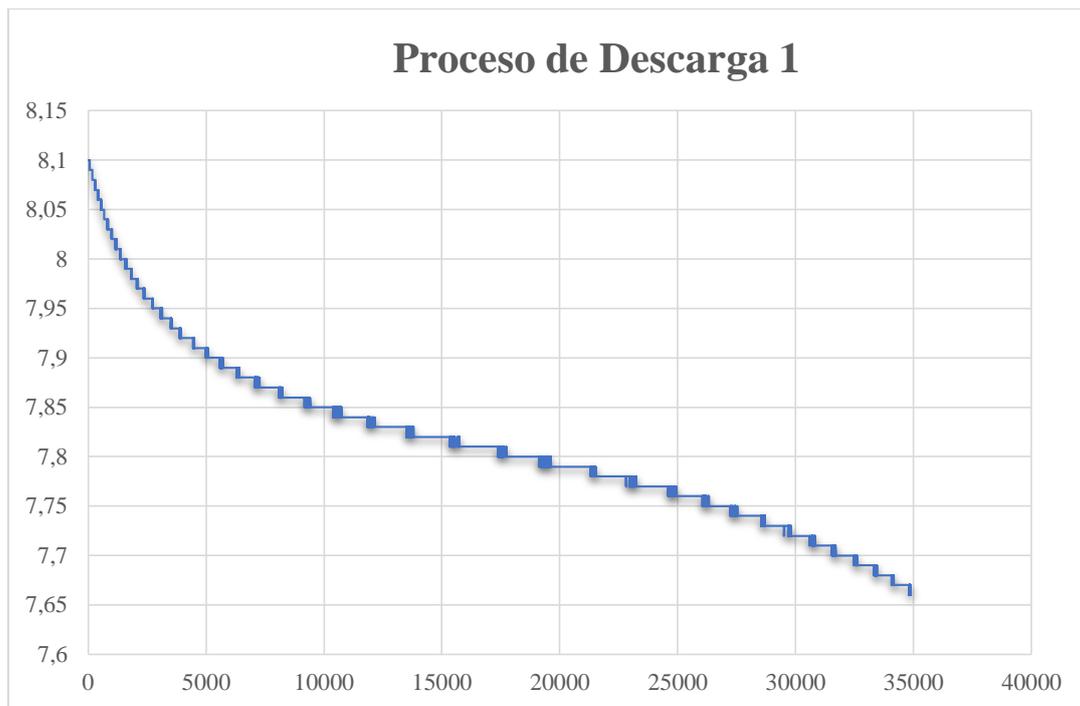
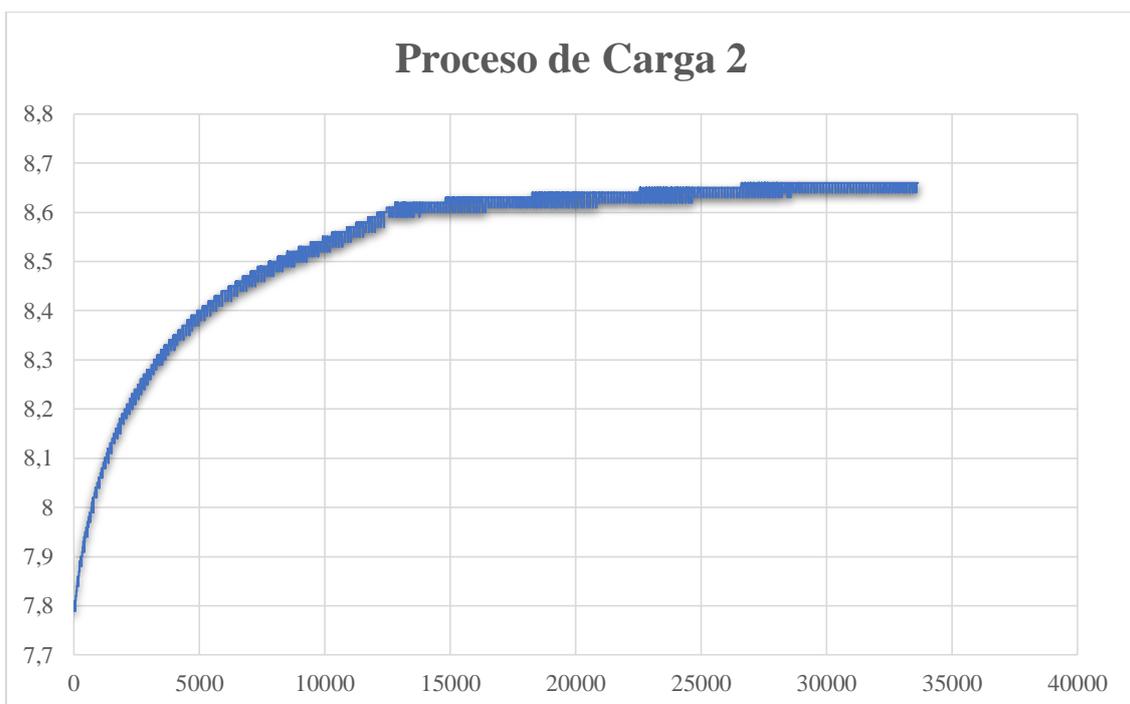


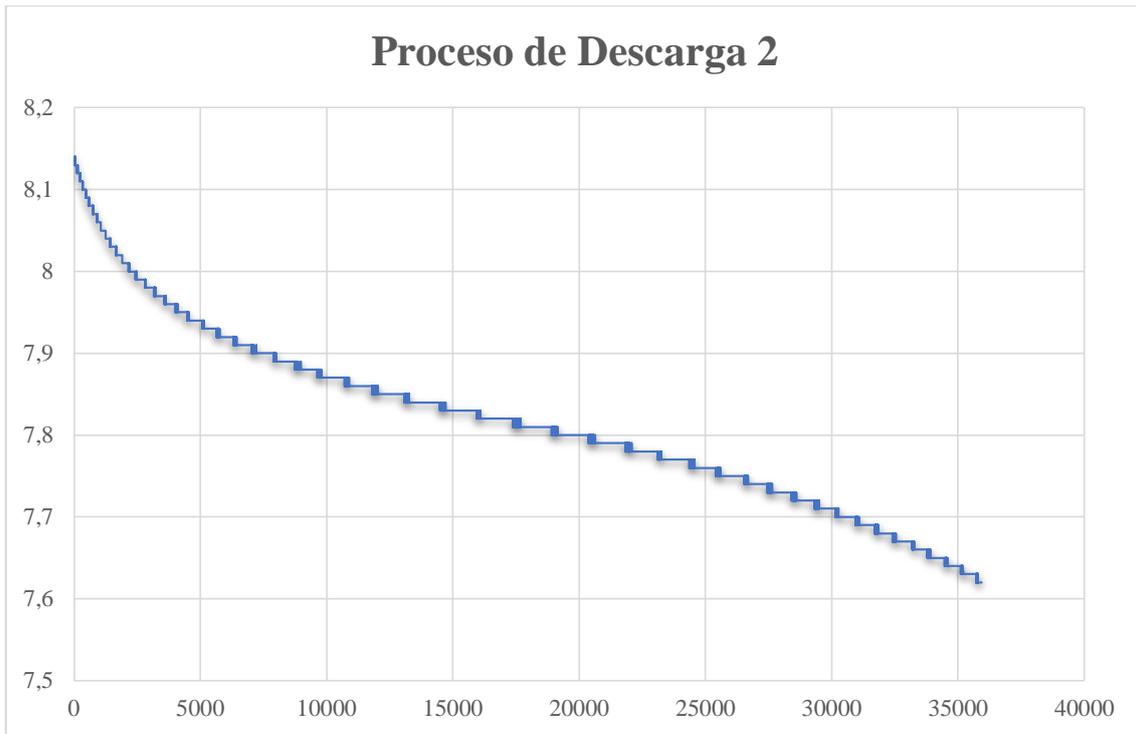
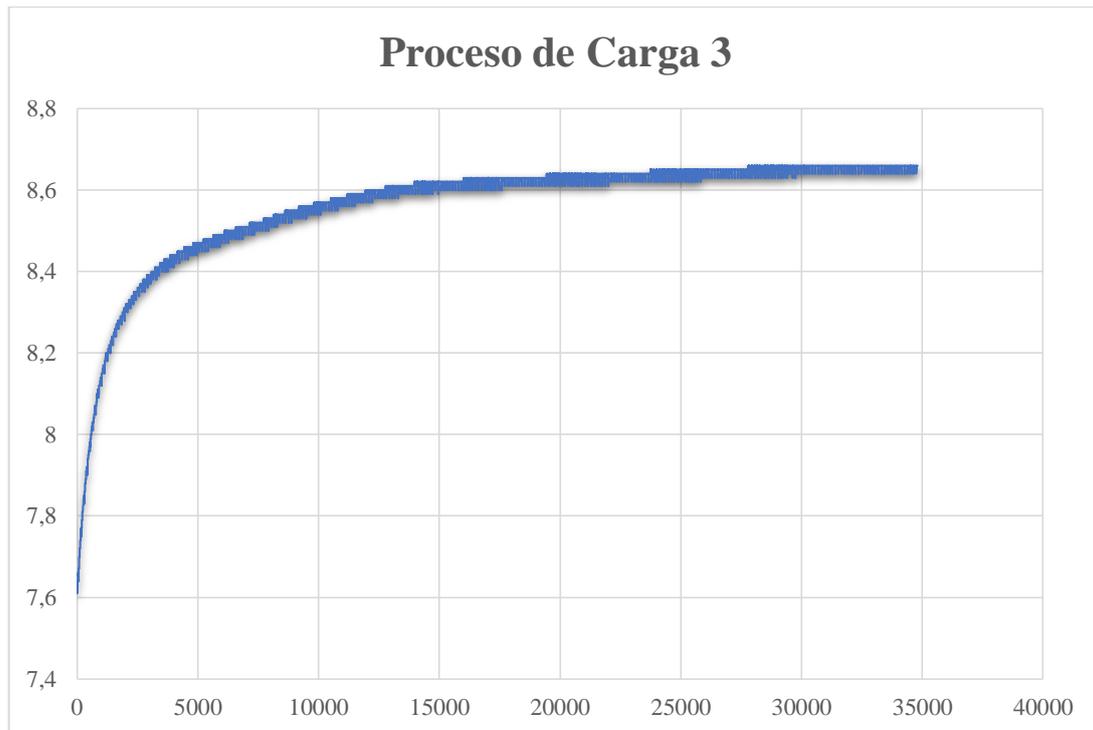
Grafica de Carga de Celda 3 (Excel)**Grafica de Carga de Celda 4 (Excel)**

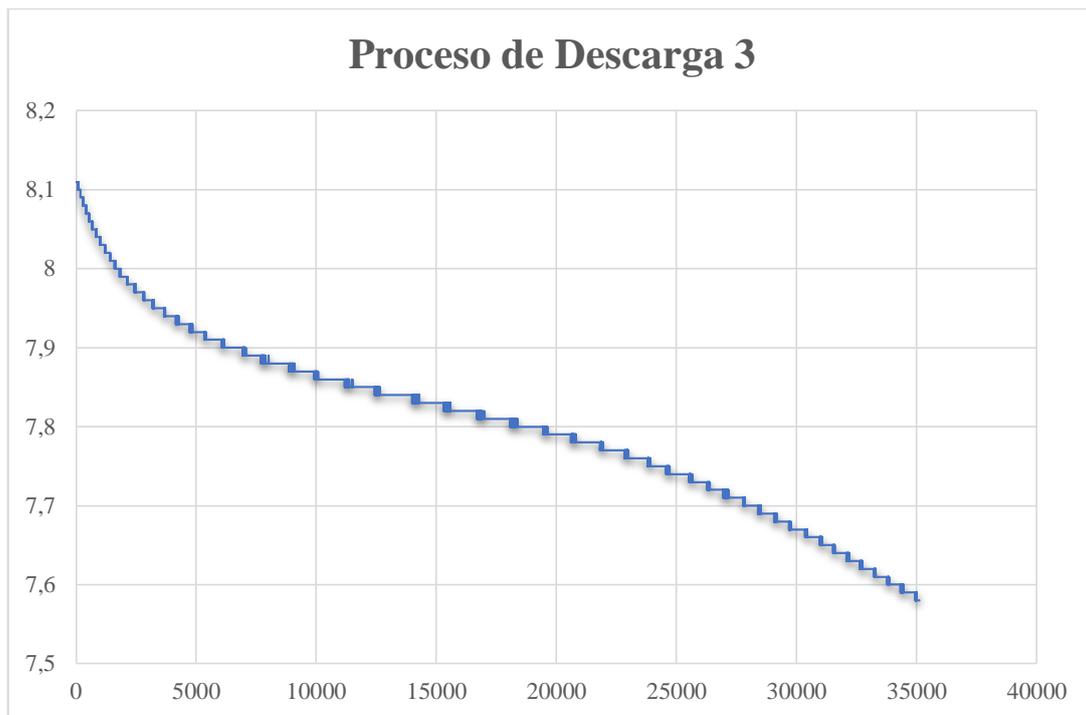
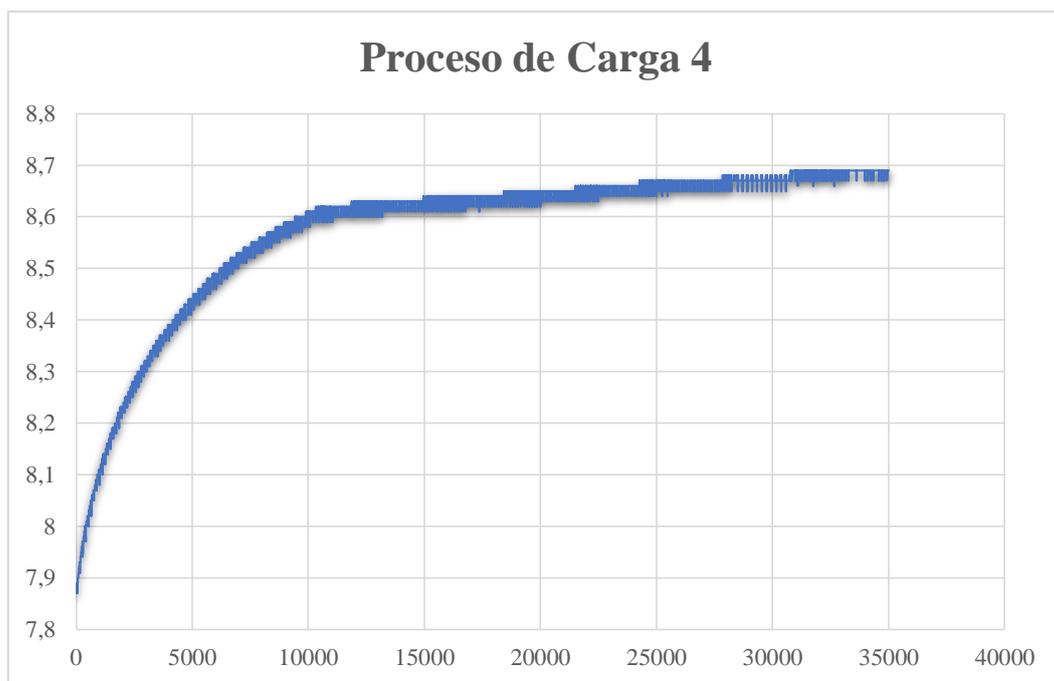
Grafica de Carga de Celda 5 (Excel)**Grafica de Carga de Celda 6**

Grafica de Carga de Celda 7 (Excel)**Grafica de Carga de Celda 8 (Excel)**

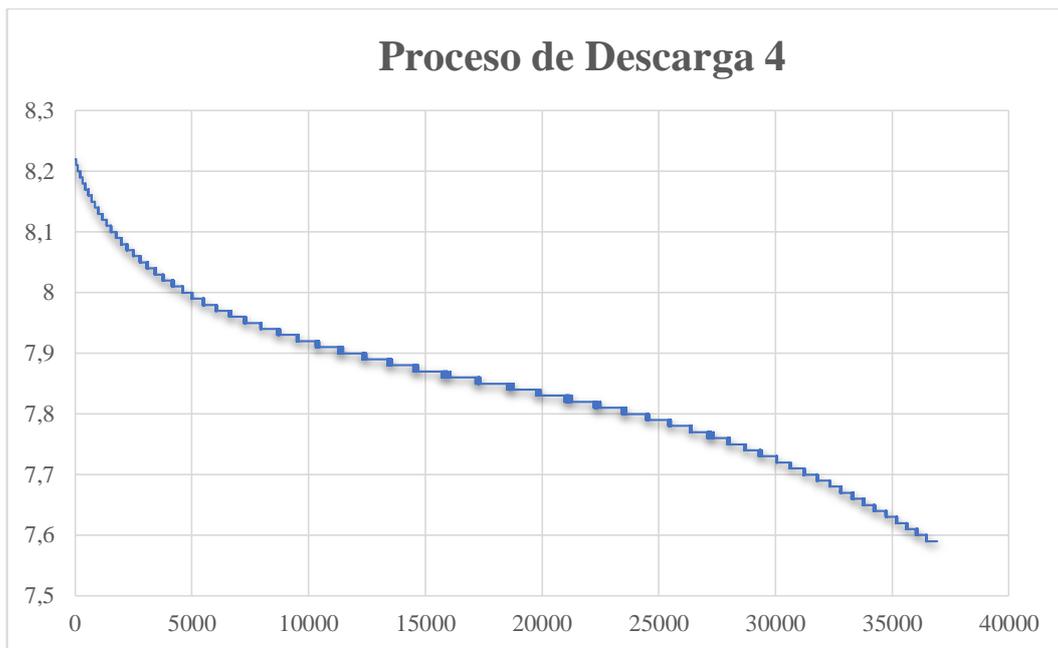
Grafica de Carga de Celda 9 (Excel)**PROCESOS DE CARGA Y DESCARGA****1er Proceso de Carga - Grafica de Carga de Celda 1 (Excel)**

1er Proceso de Descarga - Grafica de Descarga de Celda 1 (Excel)**2do Proceso de Carga - Grafica de Carga de Celda 1 (Excel)**

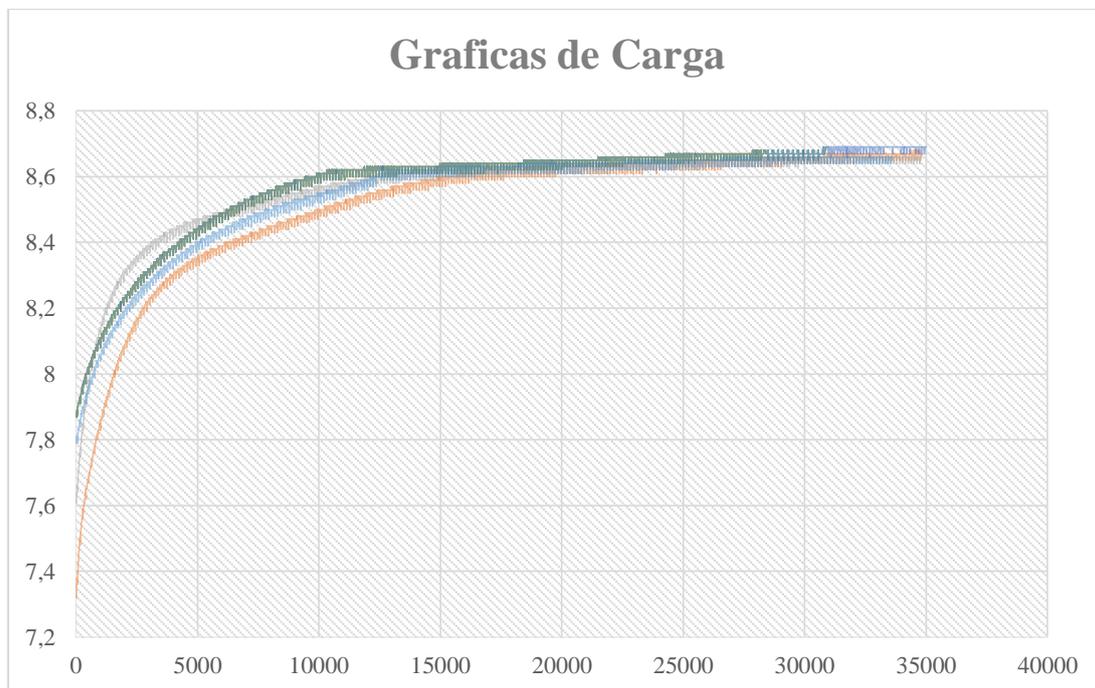
2do Proceso de Descarga - Grafica de Descarga de Celda 1 (Excel)**3er Proceso de Carga - Grafica de Carga de Celda 1 (Excel)**

3er Proceso de Descarga - Grafica de Descarga de Celda 1 (Excel)**4to Proceso de Carga - Grafica de Carga de Celda 1 (Excel)**

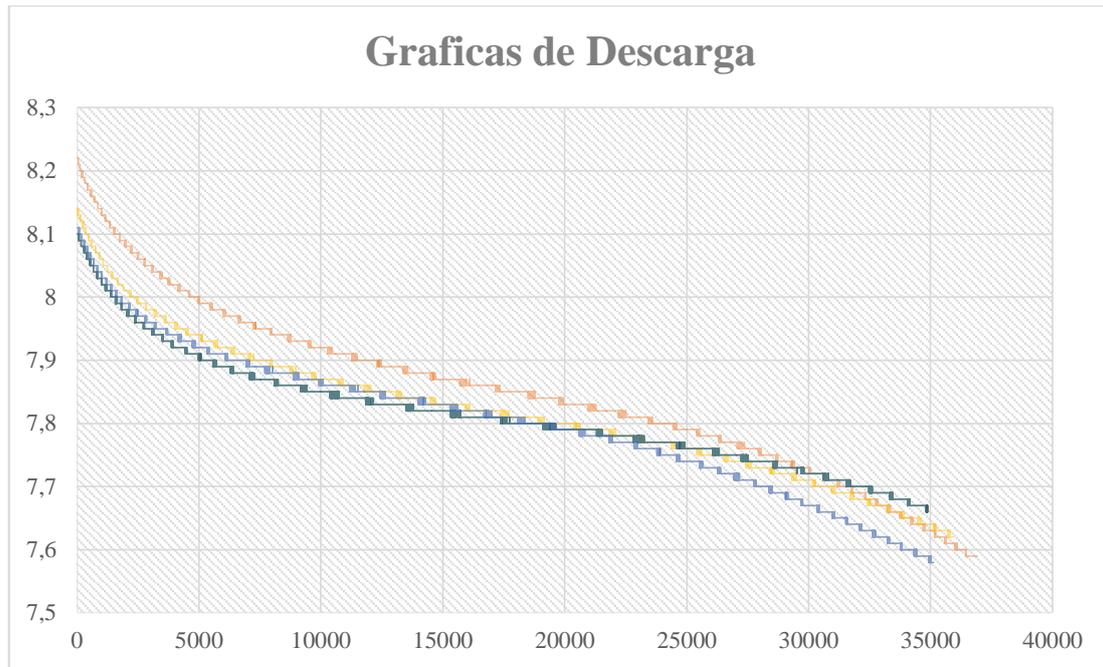
4to Proceso de Descarga - Grafica de Descarga de Celda 1 (Excel)



Graficas de Cargas (Excel)

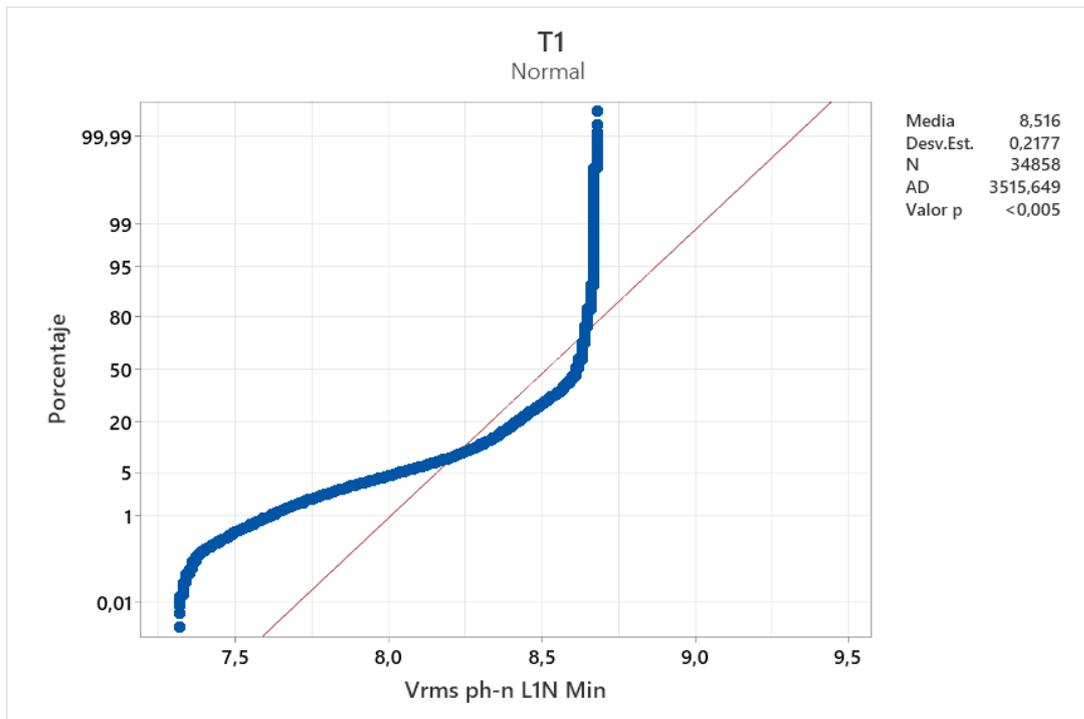


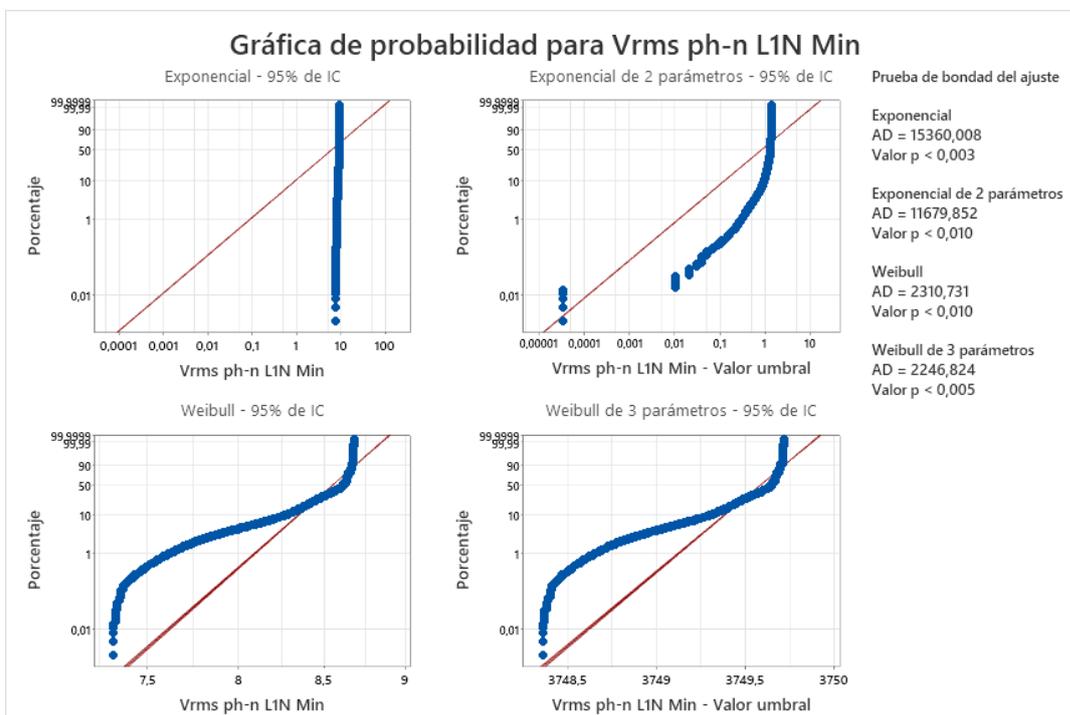
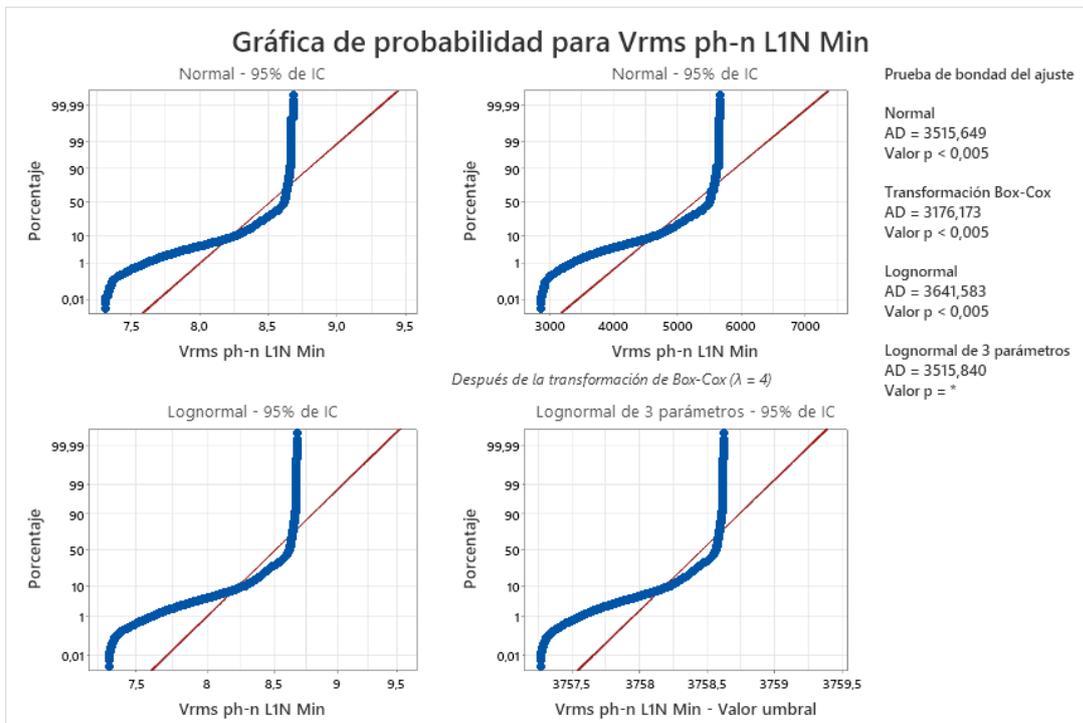
Graficas de Descarga (Excel)

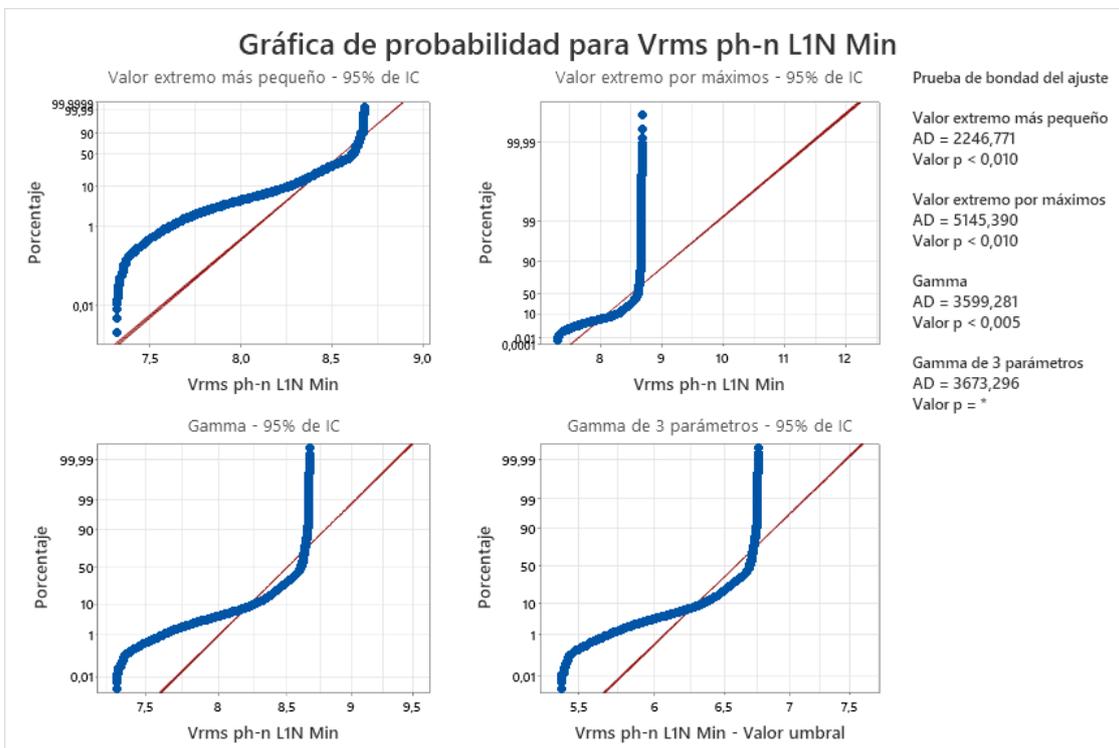
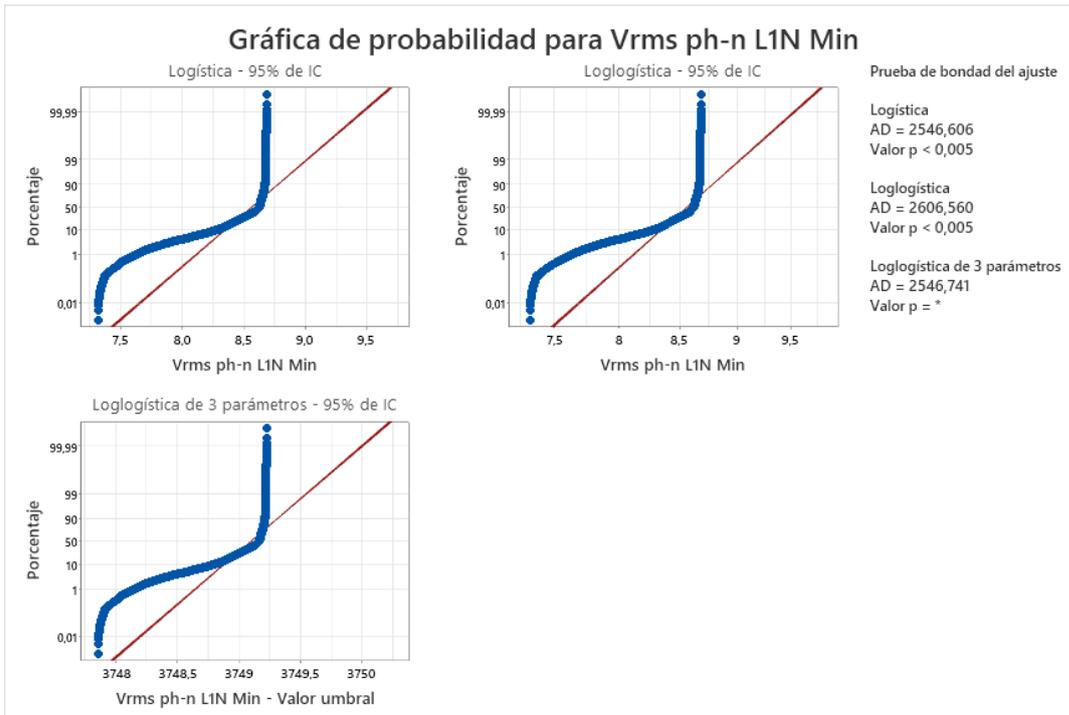


MUESTRAS DE MINITAB

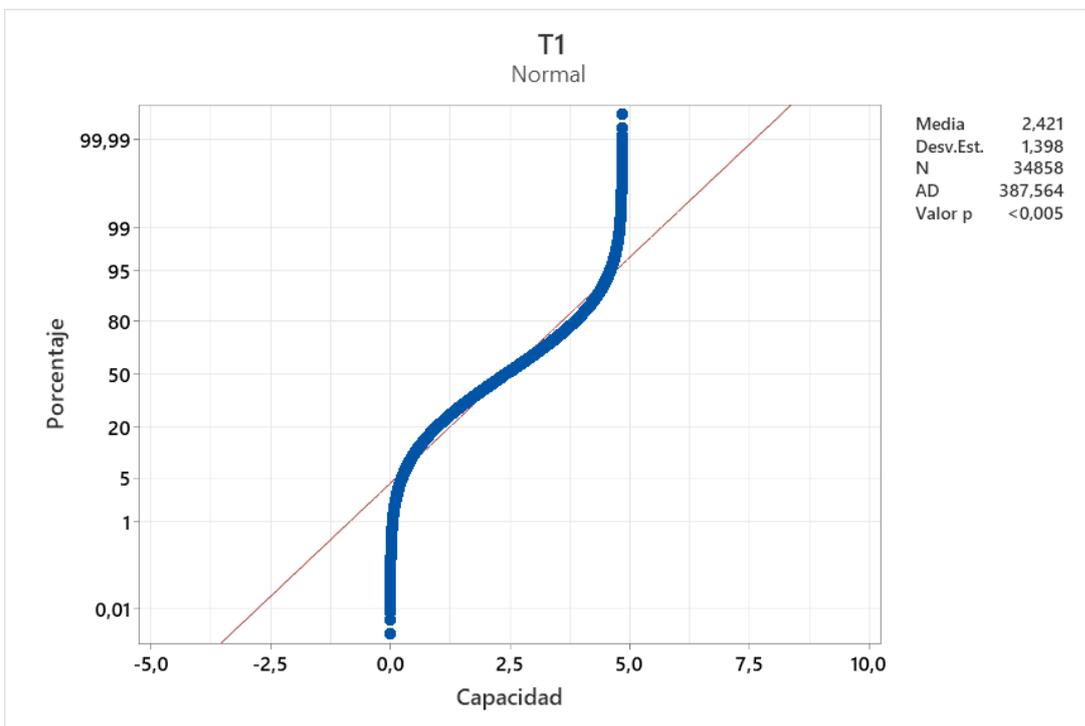
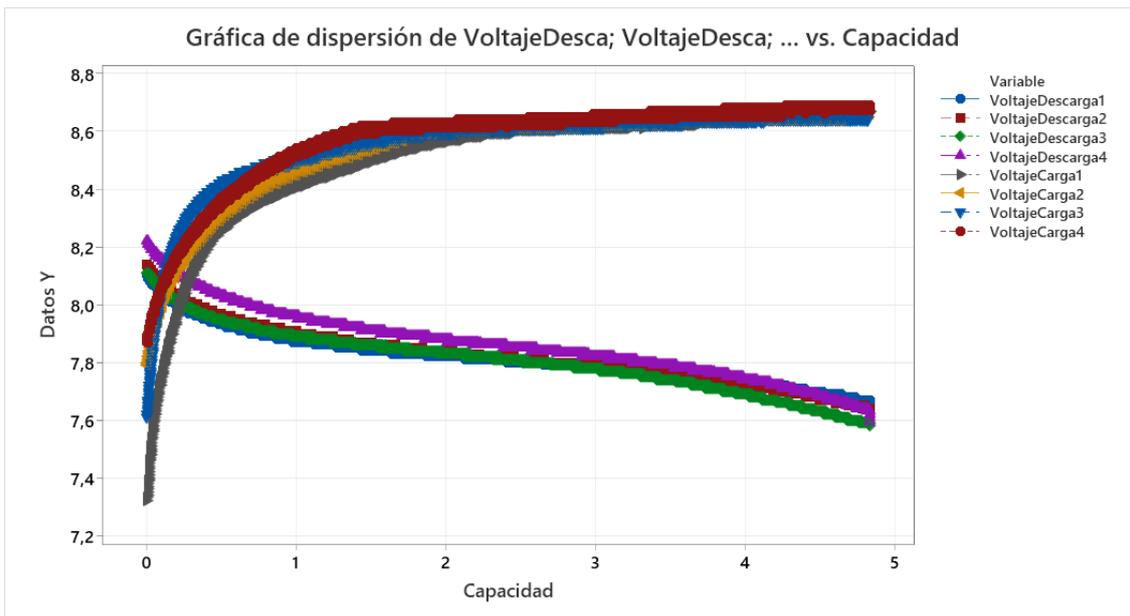
Muestra Celda 1



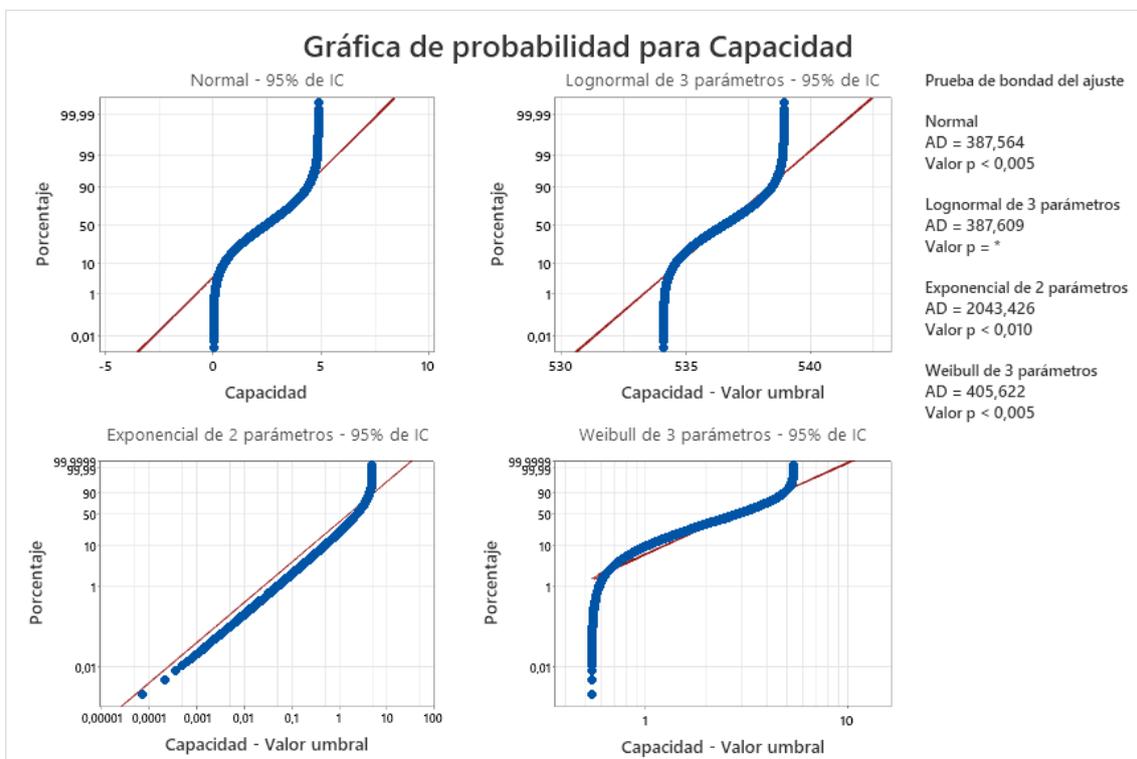
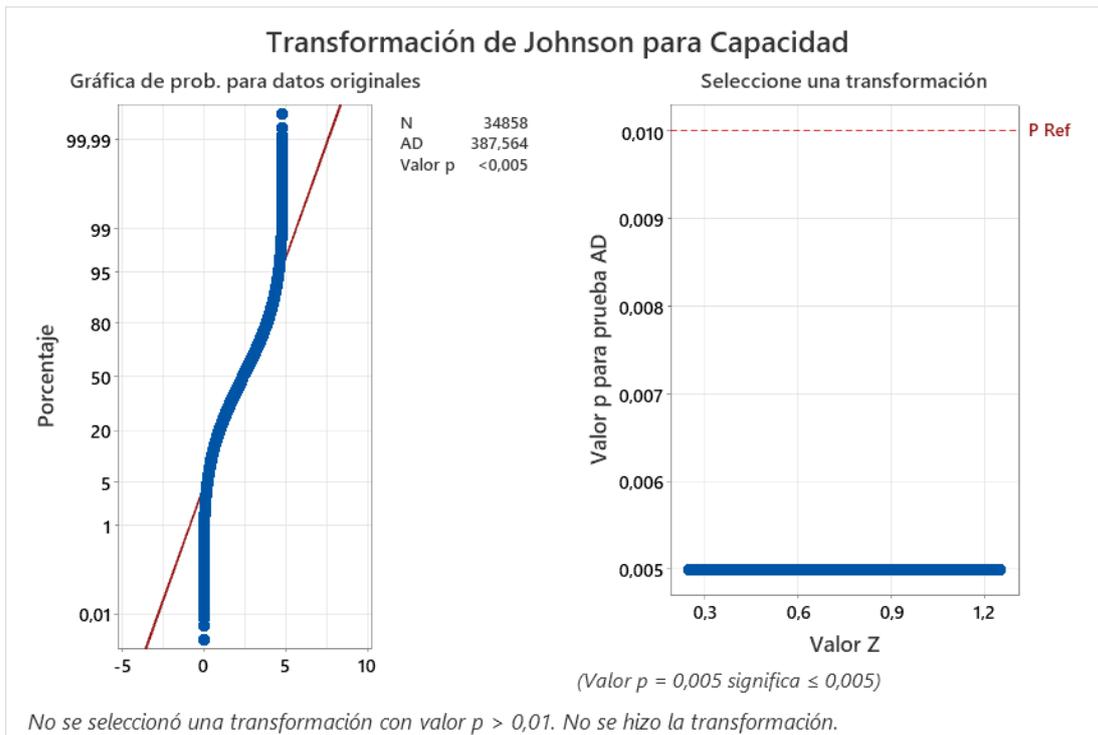


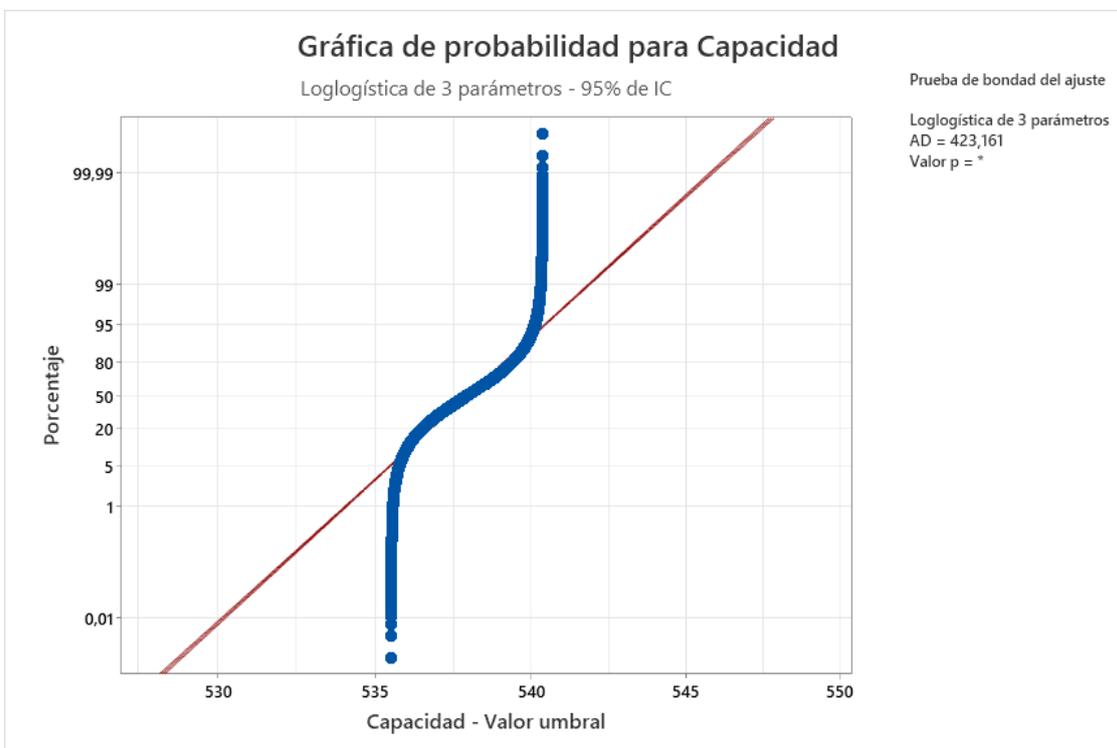
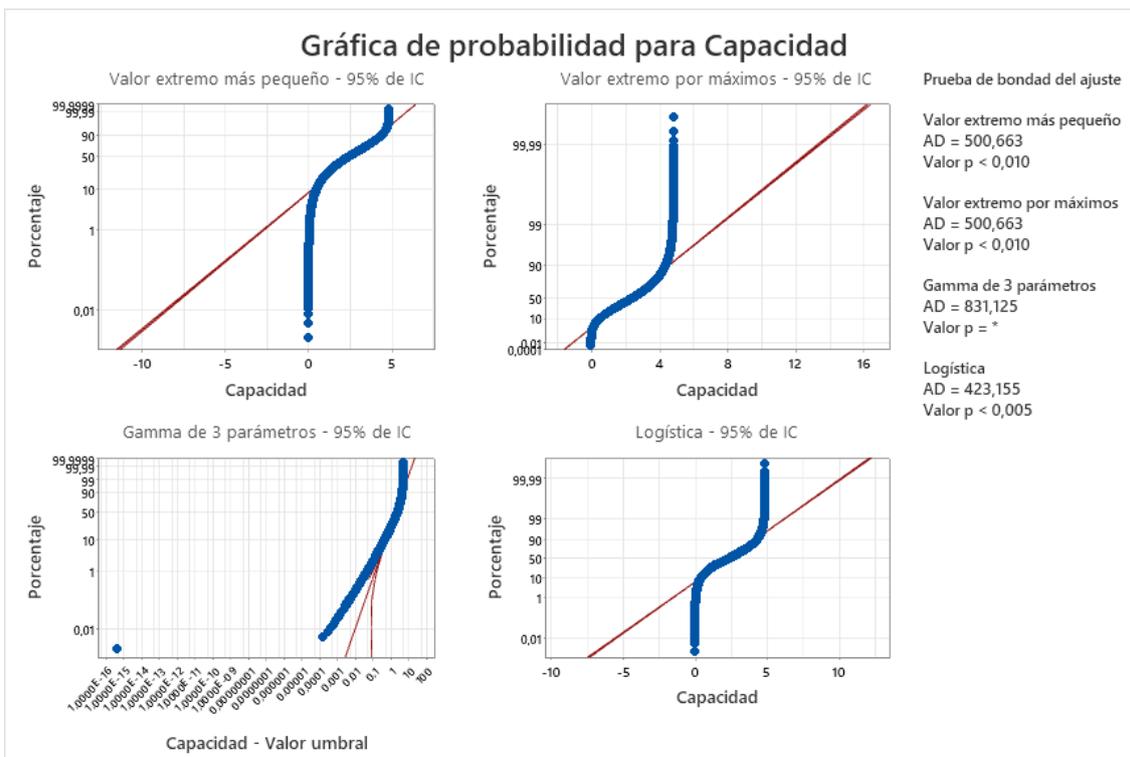


Gráfica de Dispersión de los procesos de Carga y Descarga

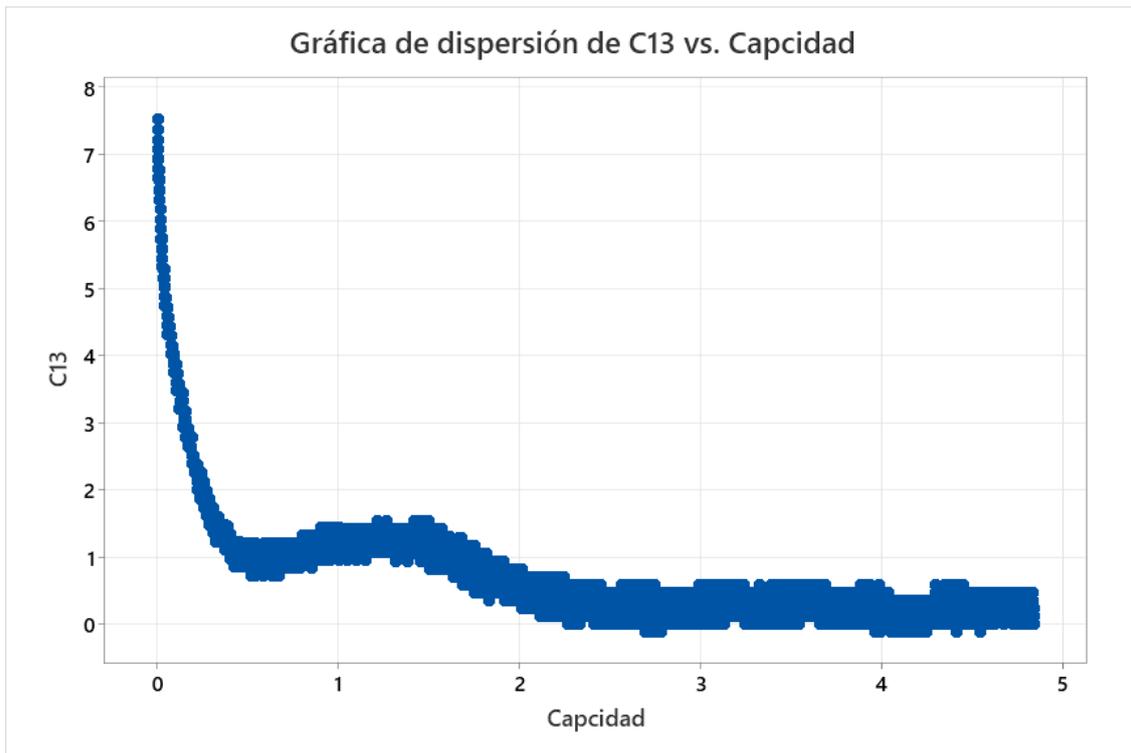


Transformación de Johnson para Capacidad

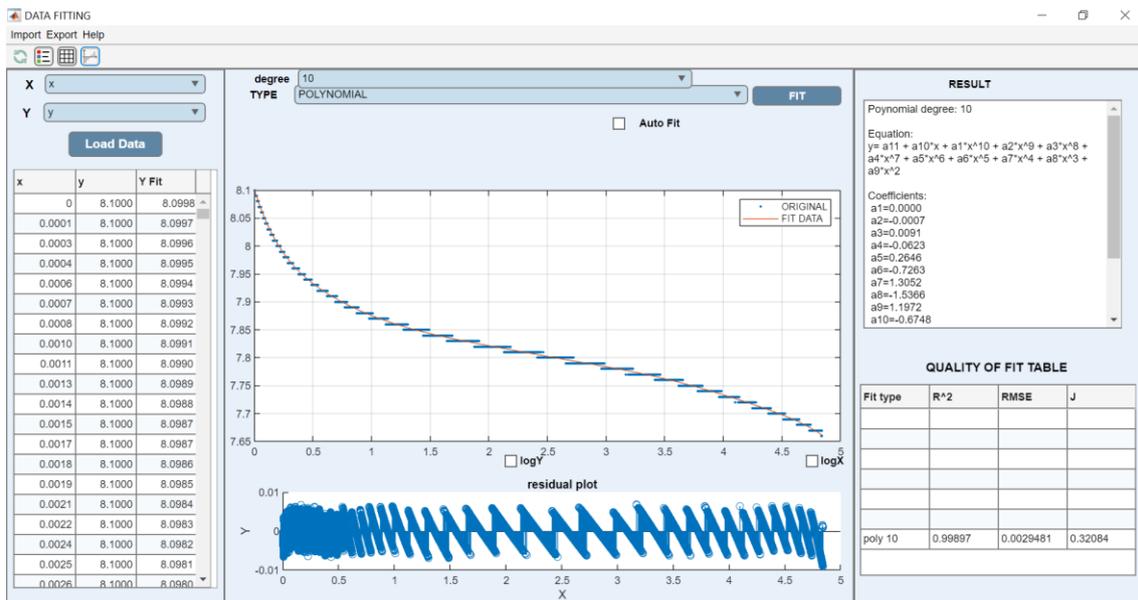




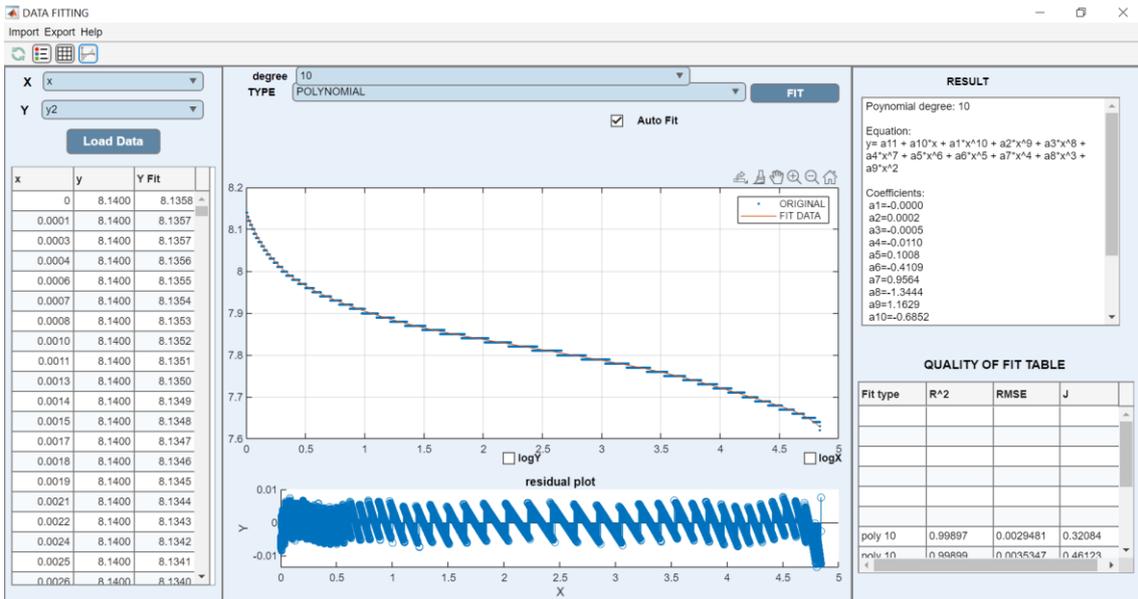
Gráfica de dispersión de C13 vs. Capacidad



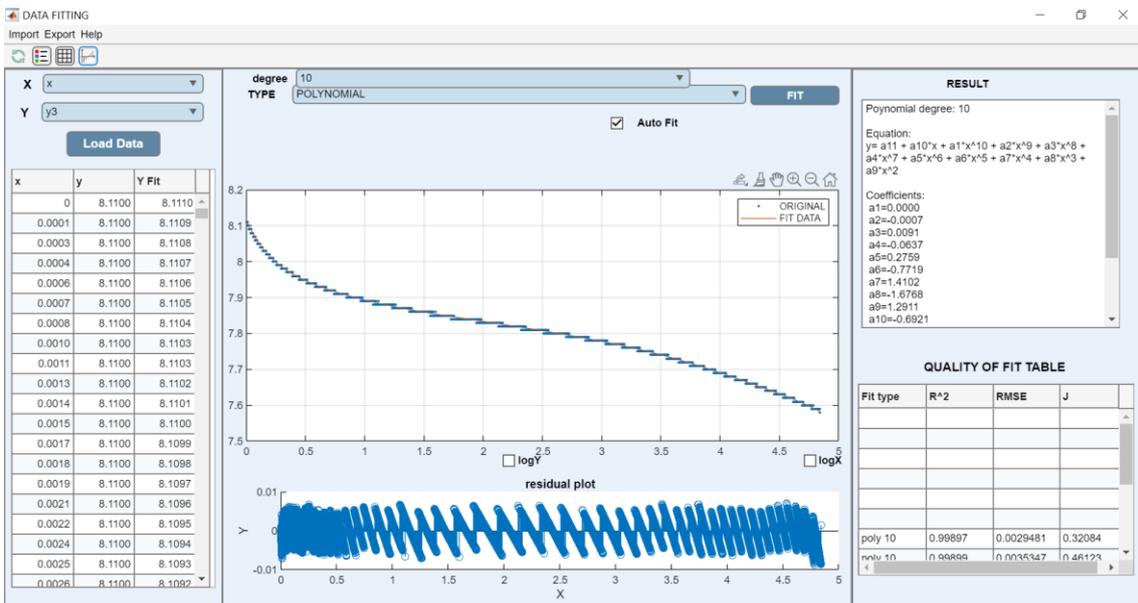
Data Fitting Descarga 1



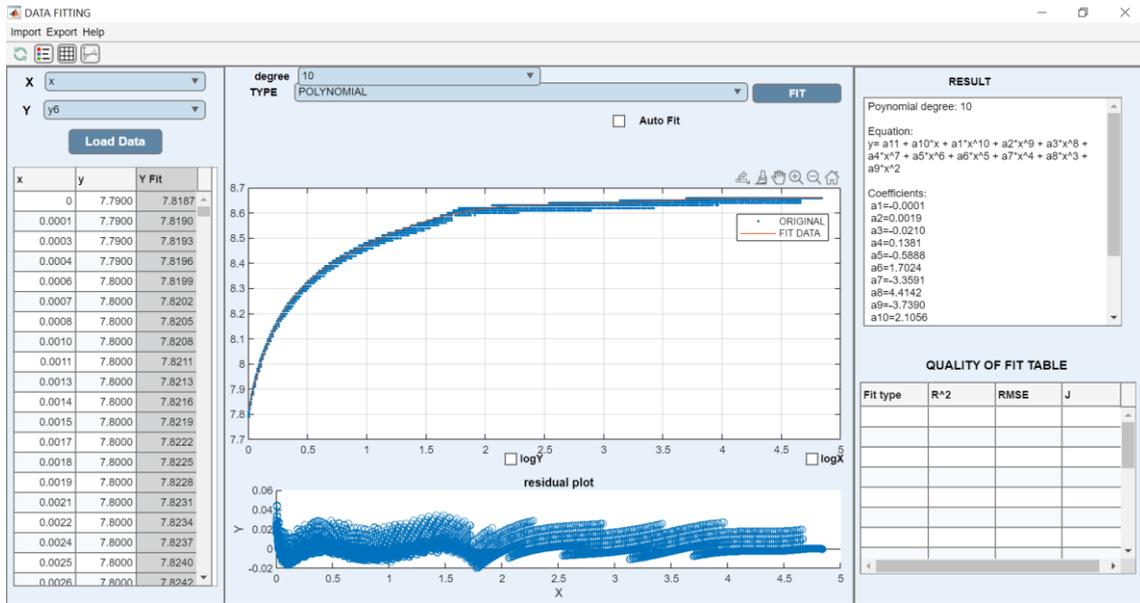
Data Fitting Descarga 2



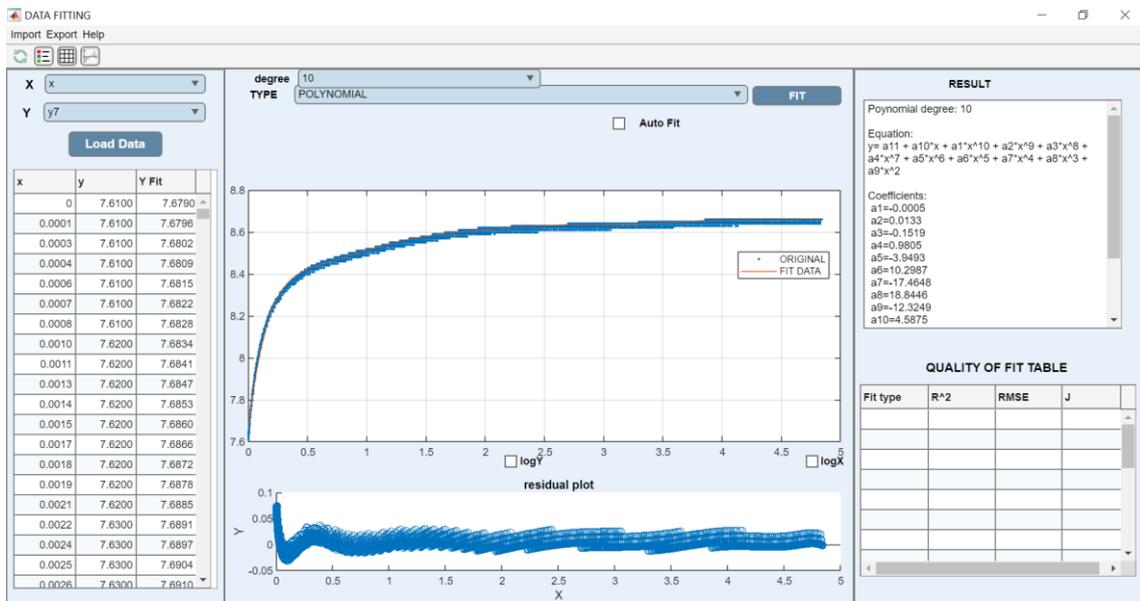
Data Fitting Descarga 3



Data Fitting Descarga 4



Data Fitting Carga 3



Data Fitting Carga 4

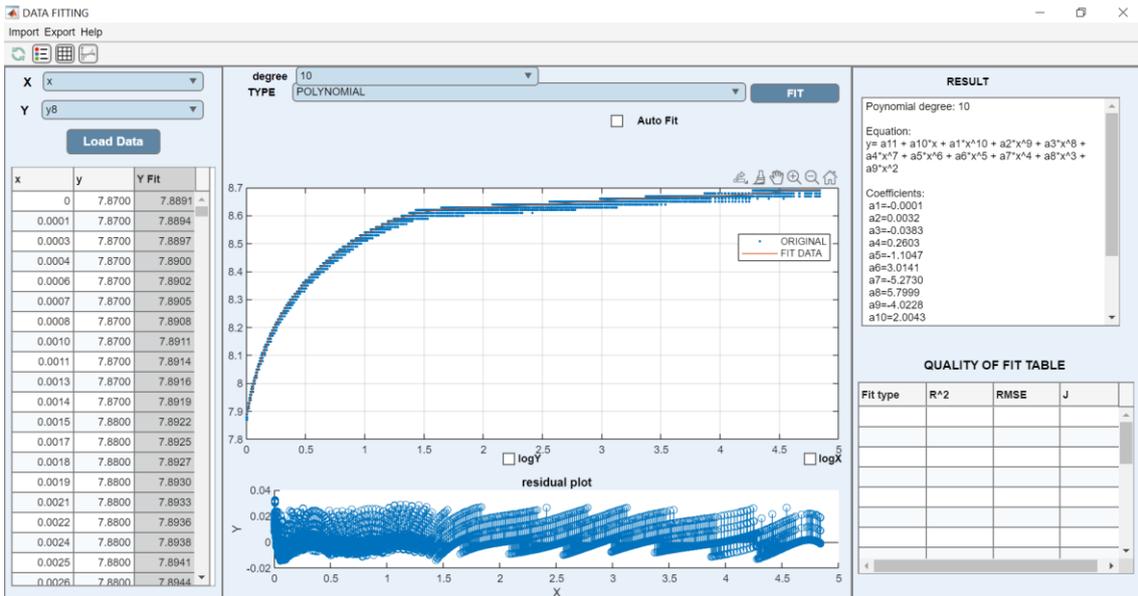
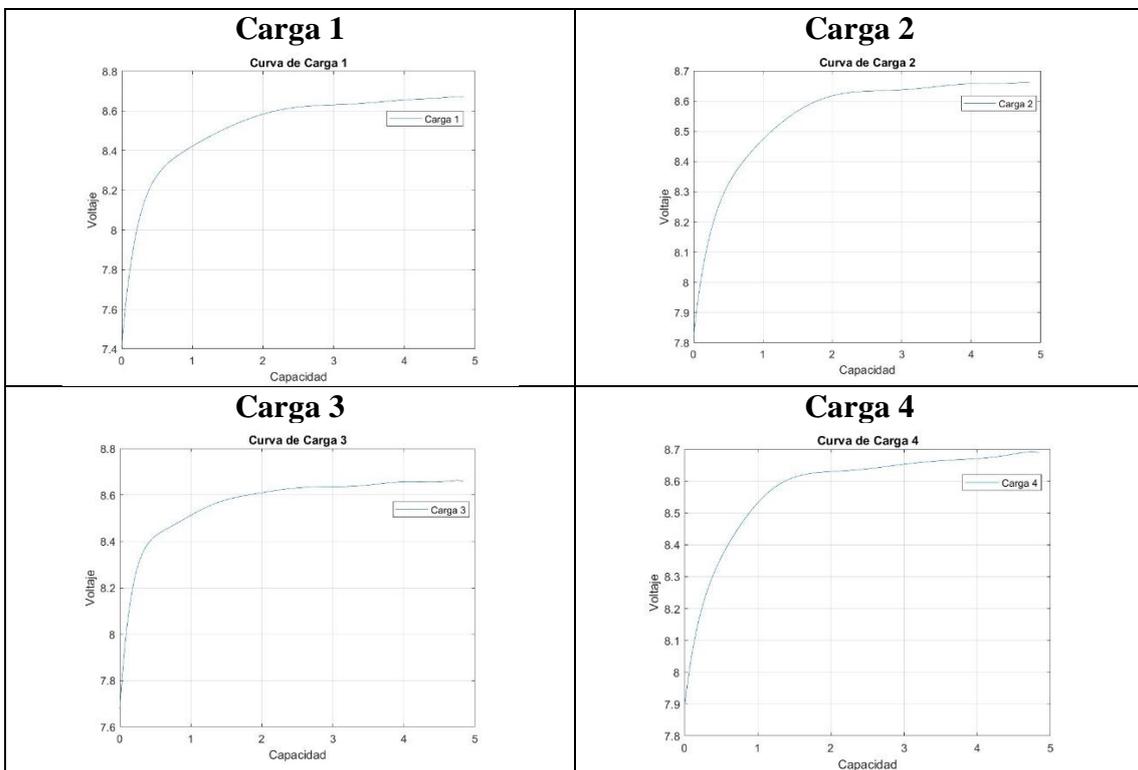


Tabla de Resultados de curvas en función polinomial



Curvas de los procesos de Carga en función polinomial

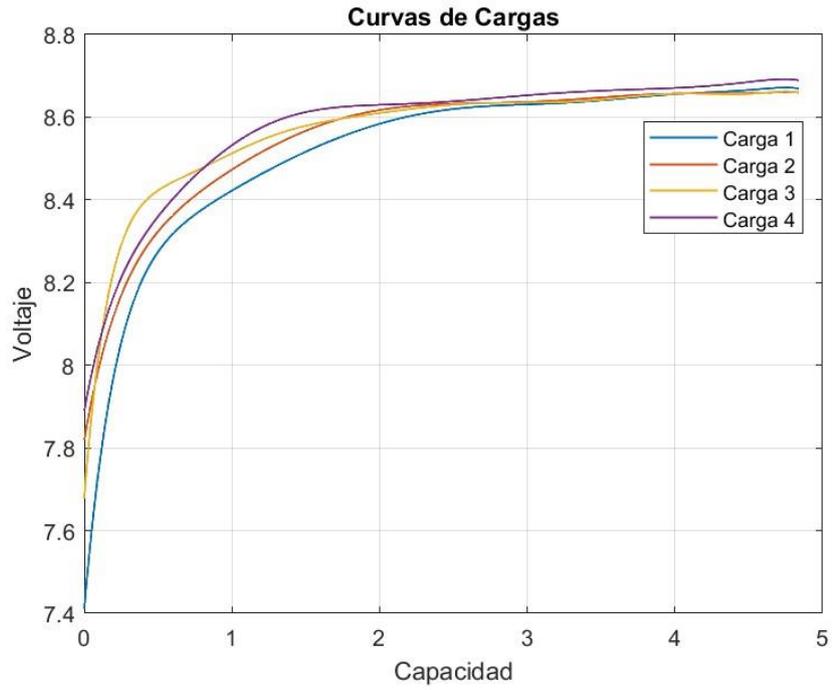
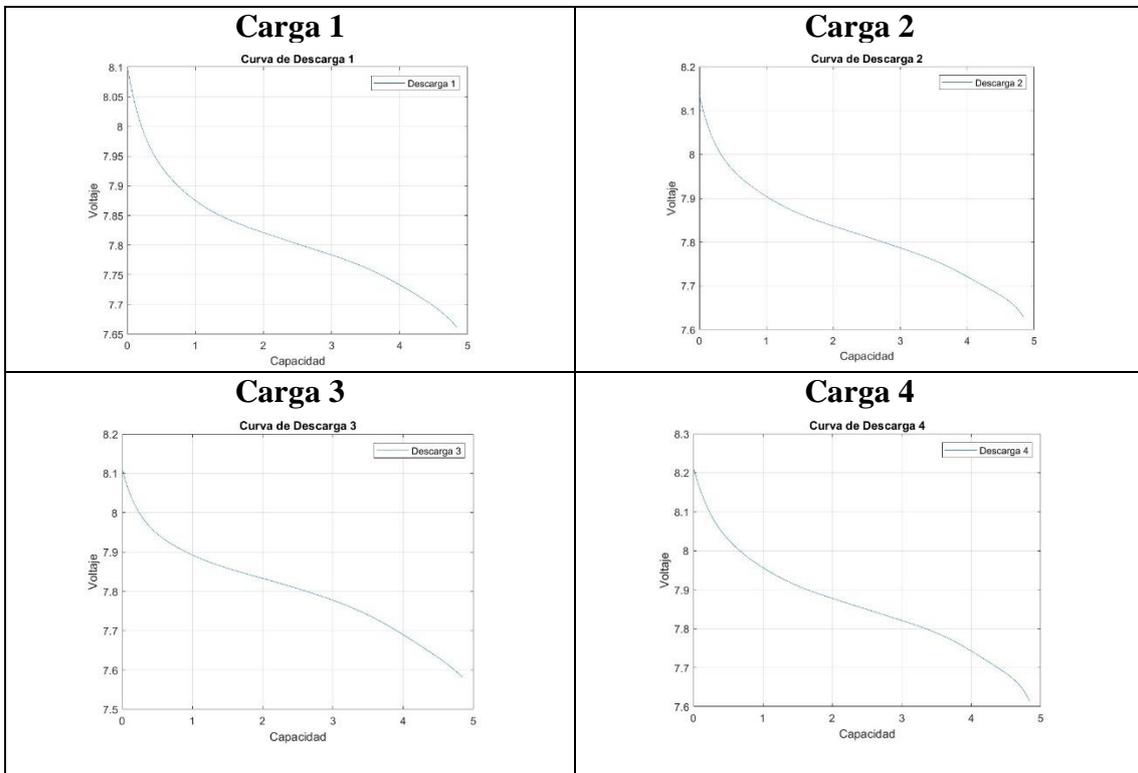
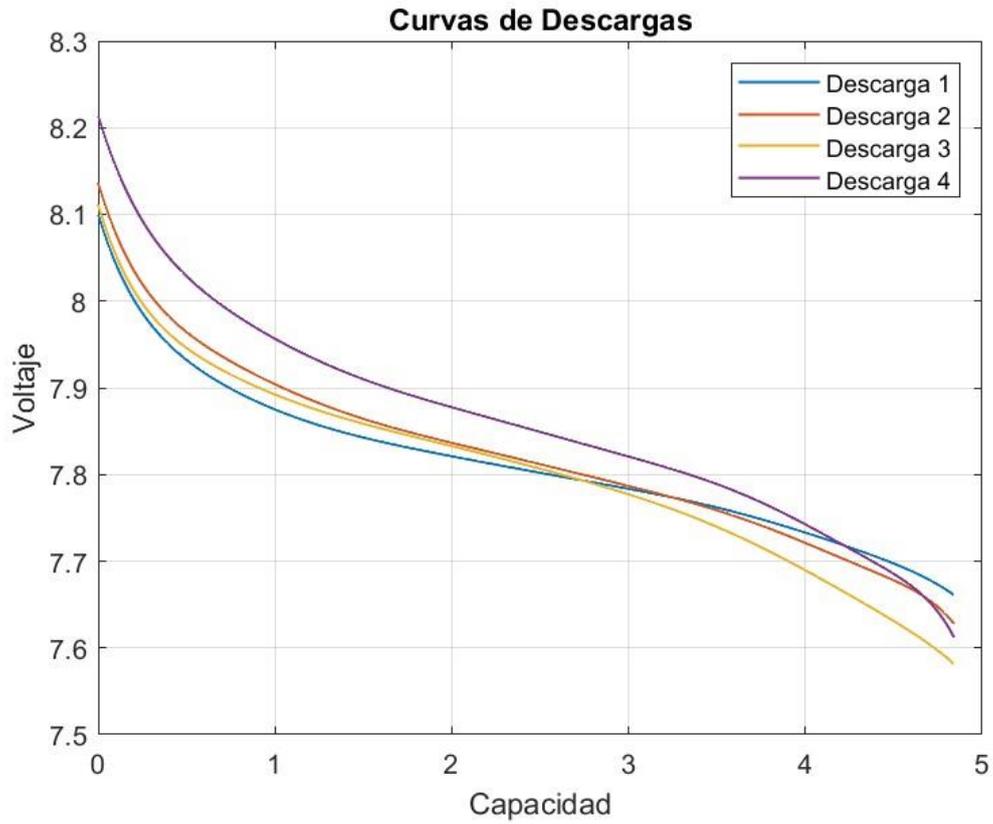


Tabla de Resultados de curvas en función polinomial



Curvas de los procesos de Descarga en función polinomial



Curvas de los procesos de Carga y Descarga en función polinomial

