



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y

MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**TEMA: INVESTIGACIÓN DE LA DURABILIDAD Y TIEMPO DE VIDA
ÚTIL DE LAS BATERÍAS DE ALTA TENSIÓN DE VEHÍCULOS
HÍBRIDOS Y ELÉCTRICOS A TRAVÉS DE LA PROGRAMACIÓN
AUTOMATIZADA DE PROCESOS DE CARGA Y DESCARGA**

**AUTORES: ESPINOZA CUADRADO, JONATHAN STALIN
GUAMUSHIG TARCO, WILFRIDO MEDARDO**

DIRECTOR: ING. QUIROZ ERAZO, JOSÉ LIZANDRO.

LATACUNGA

2019



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, **“INVESTIGACIÓN DE LA DURABILIDAD Y TIEMPO DE VIDA ÚTIL DE LAS BATERÍAS DE ALTA TENSIÓN DE VEHÍCULOS HÍBRIDOS Y ELÉCTRICOS A TRAVÉS DE LA PROGRAMACIÓN AUTOMATIZADA DE PROCESOS DE CARGA Y DESCARGA”** fue realizado por los señores Espinoza Cuadrado, Jonathan Stalin y Guamushig Tarco, Wilfrido Medardo, el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 18 de julio de 2019

ING. QUIROZ ERAZO, JOSÉ LIZANDRO
C.C: 050231279-6



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

II

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Espinoza Cuadrado, Jonathan Stalin y Guamushig Tarco, Wilfrido Medardo, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación **“INVESTIGACIÓN DE LA DURABILIDAD Y TIEMPO DE VIDA ÚTIL DE LAS BATERÍAS DE ALTA TENSIÓN DE VEHÍCULOS HÍBRIDOS Y ELÉCTRICOS A TRAVÉS DE LA PROGRAMACIÓN AUTOMATIZADA DE PROCESOS DE CARGA Y DESCARGA”** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Latacunga, 18 de julio de 2019

Espinoza Cuadrado, Jonathan Stalin
C.C: 172304194-1

Guamushig Tarco, Wilfrido Medardo
C.C: 0503971111-1



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

III

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN

Nosotros, Espinoza Cuadrado, Jonathan Stalin y Guamushig Tarco, Wilfrido Medardo, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación **“INVESTIGACIÓN DE LA DURABILIDAD Y TIEMPO DE VIDA ÚTIL DE LAS BATERÍAS DE ALTA TENSIÓN DE VEHÍCULOS HÍBRIDOS Y ELÉCTRICOS A TRAVÉS DE LA PROGRAMACIÓN AUTOMATIZADA DE PROCESOS DE CARGA Y DESCARGA”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 18 de julio de 2019

Espinoza Cuadrado, Jonathan Stalin
C.C: 172304194-1

Guamushig Tarco, Wilfrido Medardo
C.C: 0503971111-1

DEDICATORIA

La Gloria es de Dios

*Sino que en la ley de Jehová está su delicia,
Y en su ley medita de día y de noche **Salmos 1:2***

Dedicado al esfuerzo de mis padres German Espinoza y Mariana Cuadrado, quienes con la ayuda de Dios, me impulsaron a alcanzar una meta en mi vida.

A mi hermana Melany por su compañía y ayuda.

A mis pastores Mario Cañaverl y Yulieth Gonzalez por su cariño y formación, a mi novia Gabriela Cañaverl por su apoyo personal

Jonathan Espinoza

DEDICATORIA

La presente investigación va dedicada especialmente a mis queridos padres, Tobías Guamushig y Luz Tarco quienes me han apoyado incondicionalmente durante toda mi vida y fue gracias sus valioso consejos y enseñanzas que he conseguido culminar esta etapa de mi vida.

A mis hermanas Mayra y Karina y a mi "hermano" Marco, quienes siempre han estado al pendiente de mí jamás me han abandonado y siempre me han motivado a seguir a delante.

A mi sobrina Melany, quien con su inocencia y ternura ha sido la motivación que no me ha permitido rendirme gamas.

A mí yo futuro, para nunca olvidar que la constancia, la perseverancia y el trabajo duro, tarde o temprano siempre tiene su recompensa.

Y en general a todas aquellas personas que de una u otra manera me han apoyado en el transcurso de esta etapa de mi vida.

WILFRIDO GUAMUSHIG

AGRADECIMIENTO

Mí agradecimiento principal es hacia Dios, a quien se lo debo todo, y cada logro es y siempre será, su misericordia en mí vida.

Agradezco a mis padres, German Espinoza y Mariana Cuadrado quienes tuvieron la fortaleza para ayudarme en este largo camino universitario

Agradezco a la Iglesia y pastores quienes apoyaron mi crecimiento personal.

Agradezco a los profesores, quienes a través de sus enseñanzas, hicieron crecer mi pasión por el conocimiento

Jonathan Espinoza

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres por el apoyo brindado durante el transcurso de toda mi carrera universitaria.

A todos aquellos maestros que me han impartido conocimientos valiosos para mi futura vida laboral.

A mis amigos y compañeros con quienes he compartido buenos y malos momentos.

WILFRIDO GUAMUSHI

ÍNDICE DE CONTENIDO

CARÁTULA

CERTIFICACIÓN.....	I
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	II
AUTORIZACIÓN	III
DEDICATORIA.....	IV
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO	VI
AGRADECIMIENTO	VII
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	XIV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XVIII
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	XXII
RESUMEN.....	XXII
ABSTRACT.....	XXIII

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1	Antecedentes investigativos.....	1
1.2	Planteamiento del problema.....	4
1.3	Justificación e importancia.....	6
1.4	Objetivos.....	7
1.4.1	Objetivo general	7
1.4.2	Objetivos específicos.....	7
1.5	Meta.....	8
1.6	Hipótesis.....	8
1.7	Variables de la investigación.....	8
1.7.1	Variable dependiente.....	8
1.7.2	Variable independiente.....	9

1.8	Metodología de desarrollo del proyecto	10
1.8.1	Método analítico	10
1.8.2	Método comparativo	10
1.8.3	Método de síntesis	11
1.8.4	Método deductivo	11
1.8.5	Método inductivo	11
1.8.6	Método experimental	11
1.8.7	Método de medición.....	11

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	Vehículo híbrido.....	14
2.1.1	Ventajas y desventajas de los autos híbridos.	15
2.2	Vehículos eléctricos.....	16
2.2.1	Ventajas	16
2.2.2	Desventajas.....	17
2.3	Acumuladores de energía.....	17
2.4	Batería de alta tensión.....	17
2.4.1	Importancia de la batería de alta tensión	18
2.5	Tipos de baterías de alta tensión.....	19
2.5.1	Batería HV del Prius 2001-2004 segunda generación.....	19
2.5.2	Batería HV del Prius 2004-2009 tercera generación.....	19
2.5.3	Batería HV del Toyota Prius 2010 o cuarta generación.....	20
2.5.4	Batería HV del Toyota Prius C.....	21
2.5.5	Batería HV del Toyota Highlander.....	22
2.5.6	Batería híbrida del Ford escape.....	22
2.6	Cargador de baterías	23
2.6.1	Métodos de carga para baterías de Ni-MH.....	24
2.6.2	Cargadores de baterías mantenimiento	24
2.7	Parámetros comunes del estado de la batería.....	25

- 2.7.1 Estado de carga (SOC) 25
- 2.7.2 Profundidad de descarga (DOD) 25
- 2.7.3 Tensión de vacío 25
- 2.7.4 Tensión en circuito cerrado 26
- 2.7.5 Resistencia interna 26
- 2.8 Métodos para el cálculo del estado de carga 26
- 2.8.1 Medida directa 27
- 2.8.2 Medida de la gravedad específica 27
- 2.8.3 Método integral de la corriente 28
- 2.9 Método de estimar la resistencia interna 29
- 2.10 Método del SOH estado de salud 30
- 2.11 Formas de automatización 31
- 2.11.1 Microcontrolador 32
- 2.11.2 Arduino 32
- 2.11.3 Comunicación serial 33
- 2.11.4 Protocolo I2C 34
- 2.11.5 Software de programación 36
- 2.12 Reguladores de tensión. 37
- 2.12.1 Conversor DC/DC 37
- 2.12.2 Mosfets 38
- 2.12.3 Amplificador Operacional 38
- 2.12.4 DAC 39

CAPÍTULO III

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO DE ANALIZADOR PROGRAMADO Y AUTOMATIZADO DE CARGAS Y DESCARGAS

- 3.1 Selección de la muestra 41
- 3.1.1 Baterías de alta tensión 41
- 3.1.2 Demandas eléctricas 43
- 3.1.3 Tensión de carga y descarga requeridas 43

3.1.4	Intensidad de carga y descarga requeridas.....	44
3.1.5	Potencia de carga y descarga requeridas.....	44
3.2	Entrada de señales analógicas.....	45
3.2.1	Voltaje	45
3.2.2	Intensidad	46
3.2.3	Ampliación de entradas analógicas.....	48
3.2.4	Elaboración de placas de entrada.....	49
3.2.5	Fuentes de alimentación.....	51
3.3	Procesamiento de señales	52
3.3.1	Microcontrolador.....	52
3.3.2	Software de programación.....	53
3.3.3	Protocolo I2C y comunicación serial	56
3.3.4	Placas de control.....	58
3.3.5	Control de canales de carga y descarga	58
3.4	Etapas de potencia	59
3.4.1	Etapas de carga	59
3.4.2	Etapas de descarga.....	61
3.4.3	Digitalización de la potencia	65
3.5	Muestra de datos.....	69
3.5.1	Indicadores luminosos.....	69
3.5.2	Pantalla de control	70
3.5.3	Pantalla de indicaciones	72
3.5.4	Software de programación.....	72
3.6	Dimensionamiento	73
3.6.1	Celdas de baterías	73
3.6.2	Analizador de baterías.....	74
3.7	Variables de programación.....	75
3.7.1	Estado de carga SOC.....	75
3.7.2	Estado de descarga DSOC	75
3.7.3	Estado de salud SOH	76
3.7.4	Capacidad real.....	76

3.7.5	Resistencia interna.....	76
3.7.6	Sistematización de estado de batería.....	76

CAPÍTULO IV

PROTOCOLO DE PRUEBAS

4.1	Selección de la muestra y materiales necesarios.....	79
4.2	Ecualización de celdas.....	79
4.3	Procedimientos iniciales.....	80
4.4	Mantenimiento automatizado prueba T1.....	81
4.4.1	Descarga de equilibrio.....	81
4.4.2	Descarga a la capacidad mínima.....	82
4.4.3	Precarga de restauración.....	83
4.4.4	Tiempo de estabilización.....	84
4.4.5	Carga completa de su capacidad.....	85
4.4.6	Análisis de capacidad de real.....	86
4.4.7	Resultados finales prueba T1.....	88
4.5	Mantenimiento automatizado prueba T2.....	89
4.5.1	Descarga de equilibrio.....	89
4.5.2	Descarga a la capacidad mínima.....	90
4.5.3	Precarga de restauración.....	91
4.5.4	Tiempo de estabilización.....	92
4.5.5	Carga completa de su capacidad.....	93
4.5.6	Análisis de capacidad de carga.....	94
4.5.7	Resultados finales prueba T2.....	95
4.6	Mantenimiento automatizado prueba T3.....	95
4.6.1	Descarga de equilibrio.....	95
4.6.2	Descarga a la capacidad mínima.....	97
4.6.3	Precarga de restauración.....	97
4.6.4	Tiempo de estabilización.....	99
4.6.5	Carga completa de su capacidad.....	99

4.6.6	Análisis de capacidad de carga.....	101
4.6.7	Resultados finales prueba T3.....	102

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

5.1	Análisis de pérdida de capacidad.....	103
5.2	Análisis de tiempo de descarga.....	104
5.3	Análisis de estado de salud.....	105
5.4	Categorización de estado.....	108
5.5	Curvas de carga resultantes.....	110
5.6	Curvas de descarga resultante.....	111

CAPÍTULO VI

MARCO ADMINISTRATIVO

6.1	Recursos humanos.....	113
6.2	Recursos materiales.....	114
6.3	Recursos tecnológicos.....	115
6.4	Financiamiento.....	116
6.5	Gastos.....	116
6.5.1	Componentes eléctricos de potencia.....	116
6.5.2	Componentes eléctricos de control.....	117
6.5.3	Componentes para la muestra de datos.....	117
6.5.4	Estructura y acabados.....	117
6.5.5	Costo total de la investigación.....	118

CONCLUSIONES.....	119
-------------------	-----

RECOMENDACIONES.....	121
----------------------	-----

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	123
---------------------------------	-----

ANEXOS.....	129
-------------	-----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Operacionalización de la variable dependiente</i>	9
Tabla 2	<i>Operacionalización de la variable independiente</i>	9
Tabla 3	<i>Metodología, instrumentación y laboratorios</i>	12
Tabla 4	<i>Características de la batería de alta tensión</i>	42
Tabla 5	<i>Características de la celda de batería</i>	42
Tabla 6	<i>Características del sensor de corriente ACS 712</i>	47
Tabla 7	<i>Características del conversor analógico ADS 1115</i>	48
Tabla 8	<i>Características del multiplexor 74HC4067</i>	49
Tabla 9	<i>Características del Arduino mega 2560</i>	53
Tabla 10	<i>Características del software Arduino</i>	55
Tabla 11	<i>Características del módulo relé</i>	59
Tabla 12	<i>Características del módulo DC/DC XL4015</i>	61
Tabla 13	<i>Características del mosfet IRFZ 44N</i>	65
Tabla 14	<i>Rango de voltaje para operación a 2.875A</i>	66
Tabla 15	<i>Características del módulo DAC MCP4725</i>	67
Tabla 16	<i>Características de la pantalla Nextion NX8048T070 7"</i>	71
Tabla 17	<i>Características del software Nextion Editor</i>	73
Tabla 18	<i>Dimensionamiento del porta celdas</i>	74
Tabla 19	<i>Dimensionamiento del analizador de baterías</i>	75
Tabla 20	<i>Recategorización de celdas según su SOH</i>	78
Tabla 21	<i>Descarga de equilibrio celdas 1-8</i>	81

Tabla 22	<i>Descarga de equilibrio celdas 9-16.....</i>	82
Tabla 23	<i>Descarga a la capacidad mínima celdas 1-8.....</i>	82
Tabla 24	<i>Descarga a la capacidad mínima celdas 9-16.....</i>	83
Tabla 25	<i>Precarga de restauración celdas 1-8.....</i>	83
Tabla 26	<i>Precarga de restauración celdas 9-16.....</i>	84
Tabla 27	<i>Tiempo de estabilización celdas 1-8.....</i>	84
Tabla 28	<i>Tiempo de estabilización celdas 9-16.....</i>	85
Tabla 29	<i>Carga completa celdas 1-8.....</i>	85
Tabla 30	<i>Carga completa celdas 9-16.....</i>	86
Tabla 31	<i>Carga de análisis de capacidad real 1-8.....</i>	87
Tabla 32	<i>Carga de análisis de capacidad real 9-16.....</i>	87
Tabla 33	<i>Resultados finales prueba T1.....</i>	88
Tabla 34	<i>Descarga de equilibrio celdas 1-8.....</i>	89
Tabla 35	<i>Descarga de equilibrio celdas 9-16.....</i>	89
Tabla 36	<i>Descarga a la tensión mínima celdas 1-8.....</i>	90
Tabla 37	<i>Descarga a la tensión mínima celdas 9-16.....</i>	90
Tabla 38	<i>Precarga de restauración celdas 1-8.....</i>	91
Tabla 39	<i>Precarga de restauración celdas 9-16.....</i>	91
Tabla 40	<i>Tiempo de estabilización celdas 1-8.....</i>	92
Tabla 41	<i>Tiempo de estabilización celdas 9-16.....</i>	92
Tabla 42	<i>Carga completa celdas 1-8.....</i>	93
Tabla 43	<i>Carga completa celdas 9-16.....</i>	93
Tabla 44	<i>Análisis de capacidad celdas 1-8.....</i>	94

Tabla 45	<i>Análisis de capacidad celdas 9-16</i>	94
Tabla 46	<i>Resultados prueba T2</i>	95
Tabla 47	<i>Descarga de equilibrio celdas 1-8</i>	96
Tabla 48	<i>Descarga de equilibrio celdas 9-16</i>	96
Tabla 49	<i>Descarga a la capacidad mínima celdas 1-8</i>	97
Tabla 50	<i>Descarga a la capacidad mínima celdas 9-16</i>	97
Tabla 51	<i>Precarga de restauración celdas 1-8</i>	97
Tabla 52	<i>Precarga de restauración celdas 9-16</i>	98
Tabla 53	<i>Tiempo de estabilización celdas 1-8</i>	99
Tabla 54	<i>Tiempo de estabilización celdas 9-16</i>	99
Tabla 55	<i>Carga completa celdas 1-8</i>	99
Tabla 56	<i>Carga completa celdas 9-16</i>	100
Tabla 57	<i>Análisis de capacidad de celdas 1-8</i>	101
Tabla 58	<i>Análisis de capacidad de celdas 9-16</i>	101
Tabla 59	<i>Estado de las celdas</i>	102
Tabla 60	<i>Perdida de capacidad</i>	103
Tabla 61	<i>Tiempo de descarga</i>	104
Tabla 62	<i>Estado de salud</i>	106
Tabla 63	<i>Incremento de estado de salud</i>	107
Tabla 64	<i>Categorización</i>	108
Tabla 65	<i>Categorización final</i>	109
Tabla 66	<i>Recursos humanos</i>	113
Tabla 67	<i>Recursos materiales</i>	114

Tabla 68	<i>Recursos tecnológicos</i>	115
Tabla 69	<i>Componentes eléctricos de potencia</i>	116
Tabla 70	<i>Componentes eléctricos de control</i>	117
Tabla 71	<i>Componentes para la muestra de datos</i>	117
Tabla 72	<i>Estructura y acabados</i>	118
Tabla 73	<i>Costo total de la investigación</i>	118

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Árbol de planteamiento de problemas	4
Figura 2	Batería HV del Prius 2001-2004 segunda generación.	19
Figura 3	Batería HV del Toyota Prius 2004-2009 tercera generación.	20
Figura 4	Batería Toyota Prius 2010.	21
Figura 5	Batería Toyota Prius C.	21
Figura 6	Batería HV del Toyota Highlander	22
Figura 7	Batería Ford Escape	23
Figura 8	Microcontrolador	32
Figura 9	Placa de Arduino mega	33
Figura 10	Comunicación entre Arduino y lcd	34
Figura 11	Comunicación por medio del protocolo I2C	35
Figura 12	Interface de Arduino	36
Figura 13	Interface de Nextion.	37
Figura 14	Convertor DC/DC	38
Figura 15	Configuración de Mosfet	38
Figura 16	Amplificador operacional LM324	39
Figura 17	Convertor analógico digital MCP4725	40
Figura 18	Batería del Toyota Highlander	41
Figura 19	Celdas del Toyota Highlander	43
Figura 20	Placa de voltímetros	46
Figura 21	Sensor de corriente, efecto Hall	46

Figura 22	Convertor analógico digital	47
Figura 23	Multiplexor 74Hc4067	48
Figura 24	Diseño de placas de voltímetros en proteus	49
Figura 25	Proceso de elaboración de circuito impreso (Planchado)	50
Figura 26	Proceso de elaboración de circuito impreso (Quemado)	50
Figura 27	Proceso de elaboración de circuito impreso (Ubicación de componentes)	51
Figura 28	Fuente de poder	52
Figura 29	Arduino.....	53
Figura 30	Software Arduino	54
Figura 31	Características principales de la interface de Arduino	55
Figura 32	Pines para el protocolo I2C	57
Figura 33	Pines de comunicación	57
Figura 34	Placa de alimentación	58
Figura 35	Pines de control del módulo relé	58
Figura 36	Módulo relé.....	59
Figura 37	Módulo DC/DC XL4015.....	61
Figura 38	Placa de control de corriente	62
Figura 39	Mosfet IRFZ 44N	65
Figura 40	Configuración del operacional como seguidor de tensión.....	66
Figura 41	Convertor analógico digital	67
Figura 42	Reemplazo realizado en el módulo DC/DC	68
Figura 43	Diseño de la placa de control de corriente	68

Figura 44	Simulación y placa terminada del control de corriente	69
Figura 45	Indicadores luminosos de carga/descarga	69
Figura 46	Indicador luminoso de conexión de celda	70
Figura 47	Pantalla Nextion de 7 in	71
Figura 48	Pantalla de control (7 in)	72
Figura 49	Pantalla de muestra de datos (5 in)	72
Figura 50	Diseño del porta celdas.....	74
Figura 51	Diseño del analizador de baterías	75
Figura 52	Celdas enumeradas.....	79
Figura 53	Ecualización de celdas.....	80
Figura 54	Porta celdas	80
Figura 55	Indicadores de conexión de celda.....	81
Figura 56	Análisis de capacidad real	87
Figura 57	Resultados finales prueba T1	88
Figura 58	Análisis en la etapa de estabilización	104
Figura 59	Análisis de tiempo de descarga por prueba	105
Figura 60	Análisis de estado de salud por prueba	106
Figura 61	Análisis de categorización inicial	109
Figura 62	Análisis de categorización final.....	110
Figura 63	Curva de carga de celdas 1 a 8	110
Figura 64	Curva de carga de celdas 9 a 16.....	111
Figura 65	Curva de carga de celdas 1 a 8	111
Figura 66	Curva de carga de celdas 9 a 16.....	112

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1	SOC	28
Ecuación 2	SOC con factor de eficiencia	28
Ecuación 3	SOC con corriente constante	29
Ecuación 4	Resistencia interna	29
Ecuación 5	SOH en función de la resistencia interna	31
Ecuación 6	SOH en función de la capacidad.....	31
Ecuación 7	SOH en función de la capacidad.....	31
Ecuación 8	Tensión máxima para carga.	43
Ecuación 9	Potencia requerida.	44
Ecuación 10	Potencia requerida para el analizador	45
Ecuación 11	Potencia requerida para el analizador	51
Ecuación 12	Potencia requerida por celda.....	60
Ecuación 13	Corriente de descarga	62
Ecuación 14	Potencia de la resistencia de control.....	63
Ecuación 15	Resistencia de control final	63
Ecuación 16	Regulación de descarga	64
Ecuación 17	Potencia máxima requerida para el mosfet	64

RESUMEN

Las energías limpias, son el objetivo de la ingeniería a nivel mundial, y la industria automotriz no se queda atrás, no solo por la conciencia ecológica de la época, sabiendo que el automóvil es uno de los principales entes contaminantes del mundo, sino por la certeza que se tiene, que el petróleo en algún momento se agotara, es por esto que los vehículos eléctricos e híbridos día a día toman mayor fuerza en el mundo, sin embargo la mayor problemática que tienen este tipo de vehículos es su acumulador de energía o su batería de alta tensión, ya que esta no solo provoca una desventaja económica para el usuario, sino que también se convierte en un foco de contaminación, ya que en la actualidad las baterías son remplazadas en su totalidad cuando dejan de funcionar. En la investigación se analiza la durabilidad y tiempo de vida útil de las baterías de alta tensión de vehículos híbrido y eléctricos desechadas para ser nuevamente valoradas mediante un proceso sistemático de clasificación según su estado tomando en cuenta la capacidad de carga real, el valor del SOC y DSOC, la resistencia interna de sus celdas , así como el estado de salud de las mismas; además se demuestra satisfactoriamente un aumento en la durabilidad y vida útil de las baterías, mediante procesos de carga y descarga, valorando estados iniciales, antes de las reparaciones, y estados posteriores, tras la ejecución de procesos de carga y descarga demostrando así que los procesos de carga y descarga producen una recuperación en las celdas.

PALABRAS CLAVE:

- **VEHÍCULOS HÍBRIDOS**
- **VEÍCULOS - BATERÍA DE ALTA TENSIÓN**
- **VEÍCULOS ELÉCTRICOS**

ABSTRACT

Clean energy is the goal of engineering worldwide, and the automotive industry is not far behind, not only for the ecological awareness of the time, knowing that the car is one of the main polluting entities of the world, but for the certainty that you have, that the petroleum at some point be exhausted, this is why the electric and hybrid vehicles day by day take more strength in the world, However, the biggest problem with this type of vehicle is its energy storage or high voltage battery, as this not only causes an economic disadvantage for the user, but also becomes a source of contamination, since now the batteries are replaced in their entirety when they stop working. In this research he analyzes the durability and useful life of high-voltage batteries of discarded hybrid and electric vehicles that will be evaluated again through a systematic classification process according to their condition, taking into account the actual load capacity, the value of the SOC and the DSOC. the internal resistance of your cells, as well as your state of health; In addition, an increase in the durability and useful life of the batteries is satisfactorily demonstrated, by means of loading and unloading processes, evaluating initial states, before repairs, and subsequent states, after the execution of loading and unloading processes, thus demonstrating that the processes of loading and unloading in the batteries produces a recovery of these.

KEY WORDS:

- **HYBRID VEHICLES**
- **VEHICLES - HIGH VOLTAGE BATTERY**
- **ELECTRIC VEHICLES**

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes investigativos

(Diario la nacion, 2017) En una de sus publicaciones menciona que “en la actualidad, hay varios factores que están llevando a la industria automotriz a abandonar paulatinamente los motores de combustión interna como sistema para mover un vehículo, entre ellos la certeza de que las reservas de petróleo se agotarán en algún momento y una conciencia de época mucho más enfocada en el cuidado del medio ambiente”. El mundo automotriz tiene una inclinación clara y evidente, pues día a día los vehículos buscan la independencia de combustibles fósiles, que atentan contra el medio ambiente, y además de ser un recurso limitado.

(Chele, 2017) “Según datos del instituto nacional de estadísticas y censos (INEC) hasta el año 2015 fueron matriculados 1925368 vehículos en el Ecuador y cuyas emisiones de gases está deteriorando la calidad de vida de sus habitantes. Entre los daños causados por los gases provenientes de los residuos de la combustión destacan el calentamiento global, daño a la capa de ozono y daño a la salud de los seres vivos”. En los últimos cien años los vehículos autopropulsados por medio de un motor de combustión interna (MCI) han dominado la industria de la transportación, hoy en día los esfuerzos por reducir los niveles de contaminación han dado paso a que los fabricantes de vehículos investiguen sobre una nueva alternativa de transportación y de

combustibles alternativos, que sean eficientes y reduzcan la emisión de gases contaminantes.

(El Telégrafo, 2018) “En el Ecuador creció la venta de vehículos híbridos y eléctricos en un 197% y 51% respectivamente, esto se debe al ahorro de combustible que estos presentan frente a los vehículos” este trabajo investigativo es de interés para el estudio propuesto ya que nos da una proyección del crecimiento de mercado de los vehículos híbridos y eléctricos en el país.

(Benitez, 2017) En su artículo autos eléctricos, mitos y realidades, publicado en INACORP el 16 de mayo de 2017; indica que el mercado de vehículos tanto híbridos como eléctricos va en crecimiento en el Ecuador, principalmente debido a la eliminación de impuestos y aranceles para la importación de este tipo de vehículos, sin embargo menciona que el mayor problema que tiene actualmente esta industria son sus baterías, ya que varias características del vehículo dependen de estas, entre las más importantes son su autonomía y su peso, pero también menciona que estos problemas será solucionados a futuro ya que la tendencia apunta a la reducción de costos de la batería y se debe olvidar que la tecnología avanza día a día, por lo que sin duda el peso de estas baterías disminuya considerablemente en el futuro; por esta razón este artículo es de interés para la investigación ya que el aporte mencionado enfocar la principal problemática de esta industria, que son las baterías; además ayuda a conocer los mitos que existe alrededor de esta industria.

Al hablar de baterías de alta tensión, (Augeri) menciona que “dado que una batería normalmente mantiene su voltaje aun cuando el nivel de carga es muy bajo, resulta un

tanto complejo calcular su estado de carga observando solamente este parámetro”. Es por ello que la estimación del estado de carga es analizada a partir de equipos electrónicos que monitorean el estado de las baterías durante sus ciclos de funcionamiento, en cargas y descargas, estos datos son procesados matemáticamente, para la visualización del estado de carga de las baterías de alta tensión, este proceso es visible en el panel de vehículos eléctricos, al dar un estimado del estado de carga

(Medina, 2008) En su tesis titulada “recuperación de litio a partir de pilas de desechos por métodos hidrometalúrgicos” menciona que a la fecha, el litio de las baterías agotadas no se reciclan, esas baterías como muchas otras, terminan en los basureros una vez agotadas y que la implementación de un procesamiento de reciclado de baterías permitiría tanto minimizar los problemas ecológicos, como la recuperación de un metal valioso que no se produce en el país; es por esto que esta tesis es de interés para nuestra investigación ya que al igual que las pilas comunes de litio terminan en los basureros las baterías de los vehículos eléctricos e híbridos tienen el mismo destino, ya que son cambiadas en su totalidad.

(El Telégrafo) El Ecuador consta con una gran ventaja eléctrica debido a la construcción de varias hidroeléctricas, al punto de exportar la energía eléctrica a paises de la región, es lógico pensar que el país tenga la capacidad necesaria para suplir el nuevo mercado creciente de vehículos híbridos y eléctricos.

1.2 Planteamiento del problema

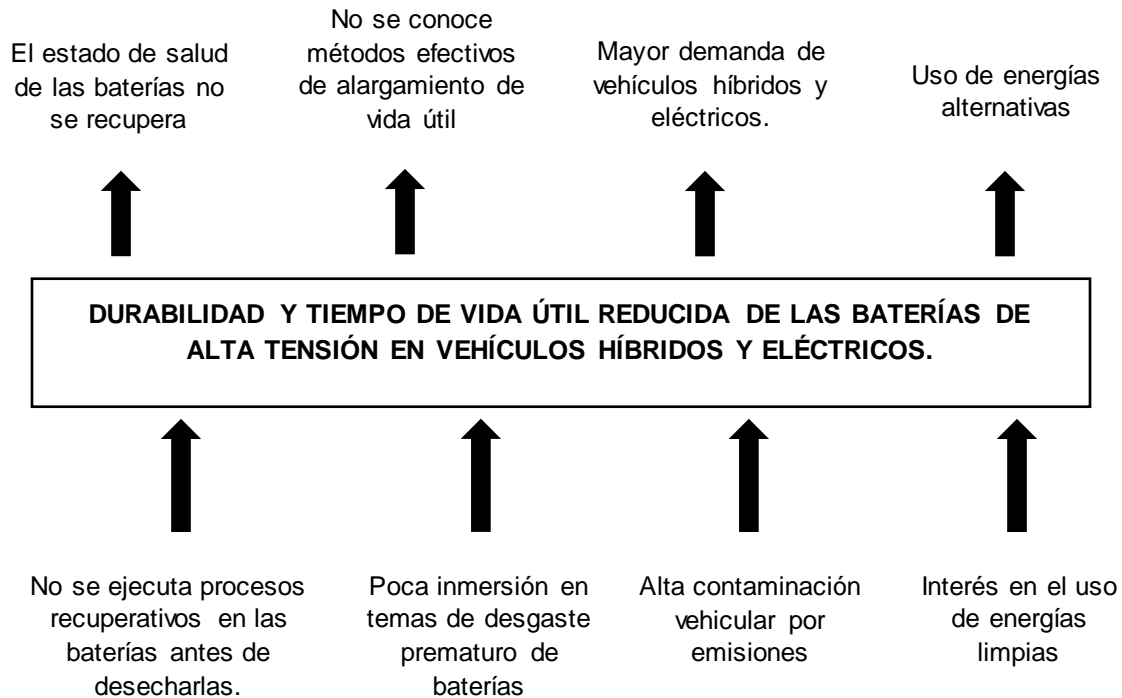


Figura 1. Árbol de planteamiento de problemas

Se demostró por diversos estudios que los procesos de carga y descarga en las baterías produce una recuperación de estas, haciéndolas reaccionar, por lo que son procesos vitales en las baterías de alta tensión, antes de desecharlas estas deben someterse a dichos procesos y ser nuevamente valoradas con diversos parámetros que permitan identificar su estado, como el SOC y DSOC del mismo, así como el estado de salud de la batería

Los autos híbridos y eléctricos serán el futuro no muy lejano en el país, y una de las partes más importantes de estos vehículos es la fuente de energía o dicho de otra forma, su batería, cuando existe poca inmersión en temáticas de desgaste prematuro

de las baterías, se pierde la oportunidad de obtener datos importantes para el alargamiento de la vida útil de las baterías de alta tensión.

En las últimas décadas el mundo se ha centrado en la reducción de la contaminación, y uno de los entes de mayor contaminación son los vehículos, es por ello que varios países del mundo, entre ellos Ecuador, han favorecido con sus leyes a la comercialización de vehículos híbridos y eléctricos, esto provocó mayor demanda de estos vehículos en el país, lo que hace indispensable el estudio de sus sistemas.

La falta de mantenimiento en la batería de alta tensión provoca desgastes prematuros, esto se ve reflejado en las celdas que están más expuestas a la temperatura, en la batería compacta, por lo general son las celdas centrales, que poseen menor disipación de calor que las que se encuentran en los extremos.

Las energías limpias, son un objetivo de la ingeniería y el diseño, la búsqueda de estas energías libres de contaminación son de interés mundial para la creación de tecnología, los vehículos eléctricos e híbridos buscan inhabilitar los combustibles fósiles y de alta contaminación

Por todo esto el problema a investigar fue la durabilidad y tiempo de vida útil de las baterías de alta tensión en vehículos híbridos y eléctricos a través de la programación automatizada de procesos de carga y descarga, en un ente de gran crecimiento en el país y el mundo entero.

1.3 Justificación e importancia

No solo en el país, sino que en el mundo se busca una solución a la problemática de la contaminación ambiental, por lo que se investigan nuevas fuentes de energías limpias, dentro de este aspecto caen los automóviles que siendo uno de los principales causantes de la contaminación actual, pueden ser reemplazado por vehículos eléctricos e híbridos que producen una contaminación casi nula, por esta razón la industria automotriz se ha puesto en marcha y ha desarrollado varios modelos con este tipo de propulsión, sin embargo la problemática con la que se ha encontrado es la autonomía y la durabilidad de las baterías, las cuales al ser una tecnología en desarrollo aún no existe parámetros establecidos para el cuidado y la recuperación de las baterías de alta tensión por lo que en la actualidad al fallar la batería simplemente es reemplazada sin un previo análisis.

Es por esto que la investigación de la durabilidad y tiempo de vida útil de las baterías de alta tensión de vehículos híbrido y eléctricos, es de gran importancia por el impacto ambiental y económico a la que estas baterías se ven inmiscuidas, en el Ecuador, las baterías de alta tensión bordean los cinco mil dólares en su reemplazo, que en comparación con una reparación de un motor de combustión interna en vehículos convencionales, es mucho mayor el precio de las baterías, creando un aspecto negativo en vehículos híbridos y eléctricos, que reduce la compra de estos, es por ello que es esencial su análisis, pues el mundo apunta hacia el cambio de fuentes energéticas y a la vanguardia se encuentra el vehículo eléctrico por su poca contaminación.

La investigación ha demostrado un aumento en la durabilidad y vida útil de las baterías, mediante procesos de carga y descarga, valorando estados iniciales, antes de los procesos de carga y descarga, y estados posteriores, tras la ejecución de procesos de carga y descarga, para conocer el beneficio obtenido al realizar este sistema de reparación según el tipo de batería analizada.

Las reparaciones y mantenimientos de las baterías de alta tensión son una solución accesible y más económica para los propietarios de vehículos eléctricos e híbridos.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Investigar la durabilidad y tiempo de vida útil de las baterías de alta tensión de vehículos híbrido y eléctricos a través de procesos de carga y descarga automatizados.

1.4.2 Objetivos específicos

- Recopilar información de los vehículos híbridos y eléctricos más adquiridos en el país y sus baterías.
- Estimar los parámetros de operación y funcionamiento.
- Obtener las señales procedentes de la batería de alta tensión.
- Analizar las señales, para obtener el estado de vida útil de las baterías y parámetros importantes tales como el SOC y el DSOC.

- Establecer una programación computarizada, capaz de procesar las señales provenientes de las baterías con respecto al estado de carga.
- Someter a ensayos a las baterías de alta tensión, para determinar el comportamiento que estas toman.
- Valorar sistemáticamente el estado de baterías procesadas, para lograr una clasificación en base a su nueva capacidad real.
- Identificar los beneficios de los procesos de carga y descarga en baterías de alta tensión, según la batería estudiada.

1.5 Meta

Automatizar el proceso de carga y descarga de baterías de alta tensión que permita recuperar el estado de salud (SOH%) de las baterías de alta tensión.

1.6 Hipótesis

La programación automatizada de procesos de carga y descarga incide en la durabilidad y tiempo de vida útil de las baterías de alta tensión de los vehículos híbridos y eléctricos.

1.7 Variables de la investigación

1.7.1 Variable dependiente

Carga y descarga de las baterías de alta tensión.

Tabla 1
Operacionalización de la variable dependiente

Concepto	Categorías	Indicadores	Ítems	Técnicas	Instrumentos
Es un sistema de mantenimiento controlado para un diagnóstico eficiente de las baterías de vehículos híbridos y eléctricos que permite determinar la durabilidad y el tiempo de vida útil de estas.	Académico Tecnológico	Nivel de carga	%	Medición Experimentación	Protocolos de Pruebas Hoja de datos Ecuación
	Académico Tecnológico	Nivel de descarga	%	Medición Experimentación	Protocolos de Pruebas Hoja de datos Ecuación
	Académico Tecnológico	Voltaje	V	Medición Experimentación	Protocolos de Pruebas Hoja de datos Ecuación
	Académico Tecnológico	Índice de descarga	A	Medición Experimentación	Protocolos de Pruebas Hoja de datos Ecuación
	Académico Tecnológico	Tiempos de carga- descarga	S	Medición Experimentación	Protocolos de Pruebas Hoja de datos Ecuación

1.7.2 Variable independiente

Batería de alta tensión.

Tabla 2
Operacionalización de la variable independiente

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Es la fuente principal de suministro eléctrico de corriente continua que posibilita el movimiento del automóvil.	Académico Tecnológico	Amperaje	A	Medición Experimentación	Manual del fabricante
	Académico Tecnológico	Voltaje de batería en conjunto	V	Medición Experimentación	Manual del fabricante

CONTINÚA



Académico Tecnológico	Voltaje por celda	V	Medición Experimentación	Manual del fabricante
Académico Tecnológico	Dimensiones	mm	Medición Experimentación	Manual del fabricante

1.8 Metodología de desarrollo del proyecto

(Ruiz, 2007) “Para la investigación se utiliza diversos métodos y técnicas generales para las diversas ramas de la ciencia, para el proceso de investigación se utiliza procedimientos con mayor o menor énfasis, al momento de su desarrollo los métodos que se aplican son la deducción, la síntesis, la inducción, el análisis, lo experimental, y la comparación de resultados para el desarrollo de la investigación”.

1.8.1 Método analítico

EL método analítico permite analizar las características propias de diferentes tipos de baterías, principalmente su SOC y DSOC; para ser capaces de realizar un correcto análisis de recuperación de las baterías luego del proceso de carga-descarga.

1.8.2 Método comparativo

Este método es utilizado para comparar la eficacia del proceso durante la recuperación de diferentes tipos de baterías, ya que se realizaron pruebas en diferentes tipos de celdas de baterías de alta tensión, que varían en gran medida su voltaje y su capacidad.

1.8.3 Método de síntesis

En la investigación se utiliza el método de síntesis para representar el proceso de pruebas y comportamiento de las baterías durante el proceso de recuperación de estas.

1.8.4 Método deductivo

El análisis deductivo permite analizar los resultados obtenidos de las diferentes pruebas la durabilidad y tiempo de vida útil que se puede incrementar en las baterías de alta tensión por medio de un mantenimiento o recuperación de estas.

1.8.5 Método inductivo

A través de este método se estimaron los parámetros principales a tomar en consideración para el análisis de la recuperación de la batería de alta tensión.

1.8.6 Método experimental

Este método es necesario para determinar el comportamiento de las baterías de alta tensión durante el proceso de carga-descarga para obtener los datos necesarios que fueron analizados.

1.8.7 Método de medición

A través del método de medición se obtuvo los valores de corriente, voltaje, Índice de carga y descarga y tiempos de duración de procesos; además se determinaron las unidades con las que se manejaron los datos, y a partir de estos valores determinar la recuperación de la batería.

Tabla 2
Metodología, instrumentación y laboratorios

Metodología	Descripción	Equipo	Laboratorio
Análítico.	EL método analítico permite analizar las características propias de diferentes tipos de baterías, principalmente su SOC y DSOC; para ser capaces de realizar un correcto análisis de recuperación de las baterías luego del proceso de carga-descarga.	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Computador. ♦ Acceso a internet ♦ Microsoft Office. 	Laboratorio de Autotrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas extensión Latacunga "ESPE-L"
Comparativo.	Este método fue utilizado para comparar la eficacia del proceso durante la recuperación de diferentes tipos de baterías, ya que se realizaron pruebas en diferentes tipos de packs de baterías de alta tensión, que varían en gran medida su voltaje y su capacidad.	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Computador. ♦ Microsoft Office. ♦ Cronometro ♦ Multímetro ♦ Banco de Carga-Descarga 	Laboratorio de Autotrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas extensión Latacunga "ESPE-L"
Síntesis.	En la investigación se utiliza el método de síntesis para representar el proceso de pruebas y comportamiento de las baterías durante el proceso de recuperación de estas.	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Computador. ♦ Microsoft Office. ♦ Cronometro ♦ Multímetro ♦ Banco de Carga-Descarga 	Laboratorio de Autotrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas extensión Latacunga "ESPE-L"
Deductivo.	El análisis deductivo permite analizar los resultados obtenidos de las diferentes pruebas la durabilidad y tiempo de vida útil que se puede incrementar en las baterías de alta tensión por medio de un mantenimiento o recuperación de estas.	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Computador. ♦ Microsoft Office. ♦ Cronometro ♦ Multímetro ♦ Banco de Carga-Descarga 	Laboratorio de Autotrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas extensión Latacunga "ESPE-L"
Inductivo.	A través de este método se estimaron los parámetros principales a tomar en consideración para el análisis de la recuperación de la batería de alta tensión.	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Computador. ♦ Microsoft Office. ♦ Cronometro ♦ Multímetro ♦ Banco de Carga-Descarga 	Laboratorio de Autotrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas extensión Latacunga "ESPE-L"
Experimental	Este método es necesario para determinar el comportamiento de las	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Computador. ♦ Microsoft Office. 	Laboratorio de Autotrónica de la Universidad de las

CONTINÚA



	baterías de alta tensión durante el proceso de carga-descarga para obtener los datos necesarios que fueron analizados.	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Cronometro ♦ Multímetro ♦ Banco de Carga- Descarga 	Fuerzas Armadas extensión Latacunga "ESPE-L"
Medición.	A través del método de medición se obtuvo los valores de corriente, voltaje, Índice de carga y descarga y tiempos de duración de procesos; además se determinaron las unidades con las que se manejaron los datos, y a partir de estos valores determinar la recuperación de la batería.	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Computador. ♦ Microsoft Office. ♦ Cronometro ♦ Multímetro ♦ Banco de Carga- Descarga 	Laboratorio de Autotrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas extensión Latacunga "ESPE-L"

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Vehículo híbrido

(Martinez, 2010) “Se denomina vehículo o automóvil eléctrico híbrido a un vehículo en el cual la energía eléctrica que lo impulsa proviene de baterías y, alternativamente, de un motor de combustión interna que mueve un generador. Normalmente, el motor también puede impulsar las ruedas en forma directa.

En el diseño de un automóvil híbrido, el motor térmico es la fuente de energía que se utiliza como última opción, y se dispone un sistema electrónico para determinar qué motor usar y cuándo hacerlo.

En el caso de híbridos gasolina-eléctricos, cuando el motor de combustión interna funciona, lo hace con su máxima eficiencia. Si se genera más energía de la necesaria, el motor eléctrico se usa como generador y carga las baterías del sistema.

En otras situaciones, funciona sólo el motor eléctrico, alimentándose de la energía guardada en la batería.

En algunos es posible recuperar la energía cinética al frenar, convirtiéndola en energía eléctrica.

La combinación de un motor de combustión operando siempre a su máxima eficiencia, y la recuperación de energía del frenado, hace que estos vehículos alcancen mejores rendimientos que los vehículos convencionales.

Todos los coches eléctricos utilizan baterías cargadas por una fuente externa, lo

que les ocasiona problemas de autonomía de funcionamiento sin recargarlas. Esta queja habitual se evita con los coches híbridos.

2.1.1 Ventajas y desventajas de los autos híbridos.

Este tipo de vehículos presenta sobre los tradicionales las siguientes ventajas:

- ◆ Son capaces de conseguir una eficiencia doble, lo que se consigue por la supresión de la mayor parte de las pérdidas de potencia que se producen en los vehículos tradicionales.
- ◆ El sistema de frenado tiene a su vez capacidad regenerativa de la potencia absorbida, lo que reduce las pérdidas de eficiencia.
- ◆ El motor se dimensiona solo para una potencia promedio, ya los picos de potencia los proporciona la fuente de energía alternativa. Esto además permite que el motor funcione siempre en su punto óptimo o muy cerca de él. Por ello su eficiencia resulta doblada, pudiéndose aligerar el peso y volumen hasta en un 90%.
- ◆ El motor puede desactivarse durante la marcha cuando no se necesita
- ◆ La eficiencia del combustible se incrementa notablemente, lo que se traduce en reducción de las emisiones.

Desventajas

- ◆ Mayor peso que un coche convencional (hay que sumar el motor eléctrico y, sobre todo, las baterías), y por ello un incremento en la energía necesaria para desplazarlo.

- ◆ Más complejidad, lo que dificulta las revisiones y reparaciones del mismo.
- ◆ Por el momento, también el precio.

2.2 Vehículos eléctricos

El "combustible" lo proporciona la electricidad almacenada en forma de energía química en baterías, son motores que no liberan emisiones a su entorno inmediato y tienen un gran rendimiento.

Su autonomía es reducida, aunque con el paso del tiempo va mejorando. Actualmente, por ejemplo, ya existe una pequeña automotriz estadounidense de autos deportivos, Tesla, que está fabricando y vendiendo un modelo que pasa de 0 a 100 km/h en cuatro segundos y que está dotado de una autonomía de 400 kilómetros. La cuestión de la autonomía ha provocado que los vehículos eléctricos se hayan diseñado principalmente para transporte urbano y que la mayoría de ellos sean de capacidad interior reducida.

Los motores eléctricos pueden ser más potentes cuando la electricidad proviene de pilas de combustible de hidrógeno. Los llamados vehículos a pila de hidrógeno son aún de tecnología en fase experimental, pero tienen la particularidad de emitir a la atmósfera prácticamente vapor de agua puro. Sus principales obstáculos actuales son problemas de almacenamiento, seguridad y aprovisionamiento.

2.2.1 Ventajas:

- ◆ Este tipo de vehículo no emite gases contaminantes al medio ambiente.
- ◆ No presentan desechos como aceites, filtros, repuestos, etc., que luego podrían contaminar el medio ambiente.

- ♣ Mientras que en los autos que usan combustible derivado del petróleo, rinden alrededor de 800 Km por tanque siendo eso un costo de 60 dólares, los autos eléctricos rinden 400 Km aproximadamente, los que tienen un costo de 7 dólares.”

2.2.2 Desventajas:

- ♣ Poseen poca autonomía, generalmente no más de 8 horas.
- ♣ Necesitan un tiempo de carga, lo que conlleva a que el vehículo este detenido.
- ♣ Su batería no puede ser cargada en cualquier lugar.
- ♣ Son de baja potencia.
- ♣ Son de tamaño pequeño.
- ♣ Tiene un alto precio.”

2.3 Acumuladores de energía

(Martínez J. , 2017) “Según la real academia española, una batería es un acumulador o un conjunto de acumuladores de electricidad. Es decir, es un dispositivo que está constituido por una o más celdas electroquímicas que pueden convertir la energía química almacenada en electricidad.”

2.4 Batería de alta tensión

(Gómez F, 2014) “La gran mayoría de marcas tienen sus propios sistemas de baterías híbridas, existiendo una gran particularidad en sus características de funcionamiento especialmente en los componentes que conforman el sistema como son grupos de celdas bajo un orden de conexión específico, control de temperatura, control de activación de componentes de alta tensión.

Está compuesta por un número elevado de celdas que producen una tensión comprendida entre 151 V a 269 V. La batería es de tipo Ni- MH. Utiliza el Hidruro metálico (compuesto que permite el almacenamiento de hidrógeno) y del hidróxido de níquel como electrodos.

Algunas baterías HV están formadas por un paquete de Módulos que consiste de 28 módulos de baterías de Ni-MH de bajo voltaje (7.2 voltios) conectados en serie para producir aproximadamente 201.6 voltios. Cada módulo de baterías de Ni-MH tiene diseño anti derrames y está en una caja hermética. El electrolito que se usa en el módulo de baterías de Ni-MH es una mezcla alcalina de potasio e hidróxido de sodio. El electrolito se absorbe en las placas de las celdas de la batería y normalmente no tendrá fugas, incluso en caso de una colisión

Cuando la batería de un vehículo híbrido está cerca de su final, se enciende un indicador en el cuadro de mandos que advierte al conductor y el vehículo limita su potencia entrando en “modo avería”. Esto suele suceder en un periodo que oscila entre los 7 y 10 años, entre los 240.000 y 480.000 kilómetros, dependiendo del uso y el mantenimiento que se haya dado. “

2.4.1 Importancia de la batería de alta tensión

(Ávila, 2014) “Menciona que “Para que un vehículo híbrido moderno pueda funcionar con energía eléctrica, es necesario que esta provenga de alguna parte, dado que estos vehículos tienen que ser totalmente autónomos de la ruta por la que van a transitar, de la velocidad a la que van a circular, etc. No es posible anclarlo por ejemplo

a un tendido eléctrico como es el caso del trolebús ya que se trasladará por la ruta que a su conductor más le convenga y no por un circuito o ruta preestablecida.”

2.5 Tipos de baterías de alta tensión

2.5.1 Batería HV del Prius 2001-2004 segunda generación

(Gómez F, 2014) “Una batería recargable de alto rendimiento de hidruro de níquel-metal se utiliza en el Prius 2004. La batería consta de 38 módulos de bajo voltaje (7.2V cada uno) conectados en serie para producir 273,6 V nominal. Se proporciona electricidad al motor y recibe la carga de energía desde el generador



Figura 2. Batería HV del Prius 2001-2004 segunda generación.

Fuente: (Gómez F, 2014)

2.5.2 Batería HV del Prius 2004-2009 tercera generación

La batería del Prius es de Níquel e Hidruro Metálico; la fábrica Panasonic. Proporciona 220 V, tiene 6,5 Ah de capacidad (3 horas), pesa 42 kg tiene la densidad de energía más alta del mundo entre las baterías de su tamaño. Esta batería sólo se recarga con el generador, al que impulsa el motor térmico. No tiene ningún tipo de conexión para conectarla a una red o a otro dispositivo de carga.



Figura 3. Batería HV del Toyota Prius 2004-2009 tercera generación.
Fuente: (Gómez F, 2014)

Existen 28 baterías pequeñas de 7,89 V cada una están conectadas en serie de dos en dos para formar 14 packs o celdas de baterías de 15,78V cada pack y a su vez están conectadas todos estos 14 paquetes en serie para generar un voltaje total de 220 V. Cada pack de 15, 78 V tiene un monitoreo de voltaje que va a la ECU de la Batería, cada monitoreo toma progresivamente la suma de los packs.”

2.5.3 Batería HV del Toyota Prius 2010 o cuarta generación

La batería HV está encerrado en una carcasa metálica y está montado de forma rígida a el área de carga baja sartén travesaño detrás del asiento trasero. La caja de metal está aislada de alta tensión y oculta por la alfombra en el área de la cabina. La batería HV consta de 28 módulos de baja tensión (7,2 voltios) de la batería Ni-MH módulos conectados en serie para producir aproximadamente 201,6 voltios. Cada módulo de batería de Ni-MH es anti derrame poder y en una caja sellada. El electrolito usado en el módulo de la batería de Ni-MH es una mezcla alcalina de potasio e hidróxido de sodio. El electrolito es absorbido en las placas de las células de la batería y normalmente no se escapará, ni siquiera en caso de colisión.”



Figura 4. Batería Toyota Prius 2010.
Fuente: (Gómez F, 2014)

2.5.4 Batería HV del Toyota Prius C.

Este modelo salió al mercado a partir del 2012 experimentando varios cambios como su tamaño, peso y su voltaje nominal de 144 voltios. Está fabricado de Níquel Metal y su ubicación es debajo del asiento posterior, tanto su estado de carga SOC es monitoreado y controlado por la ECU de la batería. Esta batería está compuesta de 20 celdas de 6 células cada una que proporciona 1.2 voltios cada uno y sumando un total de 7.2 voltios en cada celda y en total 144 voltios de toda la batería. La unidad de batería o ECU monitorea el voltaje de la batería de bloque en 10 lugares. Cada bloque de la batería está compuesto de 2 celdas en un conjunto.”



Figura 5. Batería Toyota Prius C.
Fuente: (Gómez F, 2014)

2.5.5 Batería HV del Toyota Highlander.

Se encuentra ubicada debajo del asiento trasero del vehículo el cual tiene un sistema de frenado regenerativo para cargarla. Este sistema es activado cuando el vehículo está en movimiento es decir convierte la energía cinética en energía eléctrica para que entre en funcionamiento el motor eléctrico. (Maldonado E, 2018) “Esta batería está formada por tres bloques dos de 12 celdas y uno de 6 celdas intermedio que forma un total de 30 celdas cada una con 8 células que proporciona 1.2 voltios en serie que sumandos se tiene 9.6 voltios entonces en total la batería tiene un voltaje nominal de 288 voltios.”



Figura 6. Batería HV del Toyota Highlander

Fuente: (Maldonado E, 2018)

2.5.6 Batería híbrida del Ford escape

La batería de alto voltaje (Maldonado E, 2018) “es fabricado por Sanyo del componente Hidruro de Níquel con un total de 50 celdas de forma circular y cada una proporciona 6 voltios, está conectado en serie cada paquete formando 25 con un voltaje de 12 voltios y un voltaje nominal de la batería de 300 voltios.”

(Gómez F, 2014) “Este sistema está conectado a un sistema de tierra flotante que aísla de la batería de 12 voltios y sus componentes, dentro de esta carcasa se encuentra la unidad de control de la batería, la misma que controla el funcionamiento de la batería como el estado de carga, temperatura y activa y desactiva los ventiladores para enfriar el sistema.”



Figura 7. Batería Ford Escape

Fuente: (Gómez F, 2014)

2.6 Cargador de baterías

(Moreno A, 2017) “Transforma corriente alterna a corriente directa o continua, mediante un circuito de carga adecuado para ello además de ser regulada y es almacenada en las baterías es necesario además que el nivel de voltaje este constantemente monitoreado ya que si existe un voltaje excesivo puede causar accidentes para lo cual se apoyara en la electrónica avanzada para lograr cumplir con varios parámetros de carga. La carga de corriente depende de la tecnología y de la capacidad de la batería a cargar. Por ejemplo, para el proyecto se utilizó baterías de tipo Níquel-Hidruro Metálico (Ni-MH) cada una compuesta por 6 células de

1,2 V nominal mediante una configuración en serie obteniendo así 7,2V nominal y una capacidad de 6,5A/H.

2.6.1 Métodos de carga para baterías de Ni-MH

“El calor es el gran enemigo de las baterías de NiMH. Si se carga una batería con una corriente elevada y una vez alcanzada la carga máxima se sigue suministrando corriente, esta se disipa en el interior de la batería en forma de calor, pudiendo deteriorarla o incluso destruirla. Existen cargadores de baterías comerciales que detectan el momento de carga máxima, pues en ese punto se observa un pico en el voltaje. Estos

48cargadores permiten un proceso de carga relativamente rápido, se observa que las baterías están tibias. El voltaje para cargar las baterías se mueve en un rango de entre 1.2 y 1.4 veces la tensión nominal de la batería. En general, un método de carga a voltaje constante no se puede usar para cargas automáticas. Un apunte importante es que no se pueden intercambiar cargadores entre los diferentes tipos de baterías, es decir, un cargador para baterías de NiCd no puede ser usado para este tipo de baterías.

2.6.2 Cargadores de baterías mantenimiento

Un cargador de mantenimiento es un tipo de cargador sencillo que carga la batería muy despacio, a la velocidad de auto descarga; es el tipo de cargador más lento. Una batería puede dejarse en un cargador de este tipo por tiempo indefinido, manteniéndose cargada por completo sin riesgo de sobrecarga o calentamiento. Está indicado para el

mantenimiento de la fuente de energía de sistemas desatendidos, como sistemas de alarma o de iluminación de emergencia”

2.7 Parámetros comunes del estado de la batería.

Los parámetros más comúnmente utilizados para estimar el estado de la batería por medio de cálculos matemáticos son.

2.7.1 Estado de carga (SOC)

(Martínez J. , 2017) “Es la expresión que indica el estado de carga de la batería de manera porcentual. El estado de carga es el 100% cuando la batería tiene almacenada la máxima energía posible. Este parámetro es de los más importantes, para cálculos posteriores.

2.7.2 Profundidad de descarga (DOD)

Es la relación entre la capacidad en amperios-hora (Ah) entregada por una batería durante su descarga y la capacidad nominal de la misma. Es un parámetro alternativo al SOC para saber el estado de carga de una batería. Cuando el SOC disminuye, el DOD aumenta.

2.7.3 Tensión de vacío

Es la tensión que una batería tiene entre sus terminales cuando no hay ningún elemento conectado a ellos. Su valor queda determinado por las características intrínsecas de la batería.

2.7.4 Tensión en circuito cerrado

Es la tensión que aparece en los terminales de una batería cuando esta está conectada a una carga. La tensión en circuito cerrado de una batería disminuye al conectarla a una carga dependiendo de la corriente que le ceda.

2.7.5 Resistencia interna

Consiste en un concepto que ayuda a modelar en forma de resistencia todas las consecuencias eléctricas de las complejas relaciones químicas que se producen dentro de una batería. Al ser un concepto teórico, no se puede medir directamente de la batería, pero se puede calcular mediante los datos de corriente y voltaje medidos sobre ella.”

2.8 Métodos para el cálculo del estado de carga

(Martínez J. , 2017) “Una vez se han introducido los conceptos básicos sobre baterías, el siguiente tema es, los métodos para calcular su estado de carga.

Antes de empezar, es importante definir que la información sobre cuanta carga tiene una batería no aporta mucho por si sola. Haciendo un paralelismo con un coche, el saber si quedan 10 litros de gasolina no me indica cuántos kilómetros puedo recorrer, pues la autonomía que me den esos 10 litros depende del tipo de vehículo, de su eficiencia y del modo de conducir que tenga.

Es por ello que se debe decidir cómo se da la información, si se da en Amperios-hora o en porcentaje y se deja al usuario la responsabilidad de estimar cuánto tiempo

puede usar un dispositivo, o se le facilita una estimación en minutos u horas del tiempo de carga que tiene disponible.

Hay distintos métodos para el cálculo del estado de carga de una batería, dependiendo del tipo de batería, condiciones del sistema, etc. Los más importantes se explican a continuación:

2.8.1 Medida directa

Se trata de un método teórico e hipotético ya que se basa en la hipótesis de una corriente de descarga constante. Este valor es multiplicado por el tiempo de descarga total de la batería obteniéndose la capacidad de la pila de batería. Como es fácil de intuir, se trata de un método que es inviable a la práctica, pues la corriente de descarga es variable y además el propósito de conocer el estado de carga es para usar el instante y de poco sirve saber el estado de carga una vez la batería ya ha sido descargada por completo.

2.8.2 Medida de la gravedad específica

Este método también es conocido como medida de densidad relativa, y para usarlo es necesario tener acceso al electrolito líquido interno de la batería. La relación entre la densidad del agua y la de una sustancia electrolítica desciende de forma lineal con la descarga de la celda de la batería. Por tanto, midiendo la densidad del electrolito se obtiene una estimación del SOC de la celda. Aunque se trata de un método bastante preciso, no es capaz de determinar la capacidad total de la batería.”

2.8.3 Método integral de la corriente

(Burgos, 2013) “Es importante mencionar el presente método de estimación de estado de carga, debido a que será el seleccionado para el análisis de las baterías.

Este método consiste en registrar mediante sensores, la corriente que entra o sale del acumulador e integrarla para estimar la capacidad que se ha extraído. Una vez hecho esto, se determina el SoC mediante la siguiente Ecuación 1

$$\text{SoC} = \text{SoC}_0 - \frac{1}{C_N} \int_{t_0}^t I d\tau$$

Ecuación 1 SOC

Donde “ C_N ” corresponde a la capacidad nominal del acumulador, e “ I ” a la corriente que entra o sale de éste.

Usualmente a la expresión dada por la Ecuación 1, se le agrega un factor de eficiencia coulombica (η_i), por lo cual se transforma en la expresión dada por:

$$\text{SoC} = \text{SoC}_0 - \frac{1}{C_N} \int_{t_0}^t \eta_i I d\tau$$

Ecuación 2 SOC con factor de eficiencia

Dónde:

$$\eta_i \begin{cases} 1 & \text{Para la carga} \\ \eta_i < 1 & \text{Para la descarga} \end{cases}$$

La desventaja de este método es que al aplicar la integral en un lazo abierto, éste se hace muy sensible a errores en las mediciones de corriente. Para superar esto, se puede utilizar un esquema de lazo cerrado, donde el mecanismo de realimentación,

puede ser diseñado empíricamente, o puede utilizar un modelo circuital, con el que se actualiza el SOC dado por la integral de la corriente.”

Por lo que a una corriente constante se obtiene.

$$\text{SoC} = \text{SoC}_0 - \frac{I_{\text{carga}} * t}{C_N}$$

Ecuación 3 SOC con corriente constante

2.9 Método de estimar la resistencia interna.

(Martínez J. , 2017) “Resistencia interna: Consiste en un concepto que ayuda a modelar en forma de resistencia todas las consecuencias eléctricas de las complejas relaciones químicas que se producen dentro de una batería.

Al ser un concepto teórico, no se puede medir directamente de la batería, pero se puede calcular mediante los datos de corriente y voltaje medidos sobre ella. Cuando se aplica una carga a la batería, la resistencia interna de ésta se puede calcular con cualquiera de las dos ecuaciones que se presentan a continuación:

$$R_B = \frac{V_0 - V}{I} \qquad R_B = \frac{V_0}{I} - R_L$$

Ecuación 4 Resistencia interna

Siendo:

RB: Resistencia interna de la batería

V0: Tensión de vacío de la batería

V: Tensión de la batería con la carga.

I: Intensidad suministrada por la batería.

La resistencia interna no es un parámetro fijo, sino que varía con la edad de la batería. La mayoría de baterías comerciales tienen una resistencia interna del orden de 1 Ohm.”

2.10 Método del SOH estado de salud

(Burgos, 2013) “Debido a las reacciones químicas secundarias que tienen lugar dentro del acumulador, tales como, corrosión, sulfatación o pérdida de agua, es que los elementos que componen las celdas electroquímicas van sufriendo daños, lo que se traduce en la variación de los parámetros que la describen, especialmente en la impedancia interna. Debido a esto, se vuelve necesario añadir un indicador que dé cuenta de este fenómeno, es decir que muestre el estado de salud o SOH del acumulador.

El SOH es por tanto un indicador que señala el punto que ha alcanzado el acumulador en su ciclo de vida, esto en relación a un acumulador nuevo. Al igual que para el SoC, el SOH generalmente se expresa en porcentaje que indica la fracción de los ciclos de vida que aún le quedan por brindar.

El SOH, se ve afectado por varios factores, entre los más importantes se encuentra la corriente de carga/descarga, la temperatura, la profundidad de descarga, la forma en que se ha cargado, exceso de carga, exceso de descarga, condiciones de almacenamiento y duración de éste.

Este porcentaje puede ser hallado a través de la resistencia interna y la capacidad de las baterías, lo cual se expresa en las siguientes ecuaciones.

$$SOH = \frac{R_{Interna\ Inicial} * 100}{R_{Interna\ Posterior}}$$

Ecuación 5 SOH en función de la resistencia interna

$$SoH = \frac{Capacidad\ Real * 100}{Capacidad\ Nominal}$$

Ecuación 6 SOH en función de la capacidad

Cuando se tiene un equipo de carga y descarga controlada se puede medir la capacidad con la que fue cargada la batería, lo que permite reajustar la ecuación.”

$$SoH = \frac{Capacidad\ Ingresada * 100}{Capacidad\ Extraida}$$

Ecuación 7 SOH en función de la capacidad

2.11 Formas de automatización

(Tutosaus) “El objetivo de la automatización es minimizar la intervención de operadores aplicando tecnologías tele-informáticas a las actividades de control de la producción en los sistemas en los cuales se pueda cerrar un lazo de información, lo que implica medir el proceso, determinar su estado tomar una decisión en base a un objetivo pautado y actuar sobre el proceso para llevarlo a su objetivo”

Un sistema automatizado consta de dos partes principales:

(Canto) “La parte operativa es la parte que actúa directamente sobre la máquina. Son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada. Los elementos que forman la parte operativa son los actuadores de las máquinas como motores, cilindros, compresores y los sensores como fotodiodos, finales de carrera.

La parte de mando suele ser un autómeta programable (tecnología programada), aunque hasta hace bien poco se utilizaban relés electromagnéticos, tarjetas electrónicas o módulos lógicos neumáticos (tecnología cableada). En un sistema de fabricación automatizado el autómeta programable está en el centro del sistema.”

2.11.1 Microcontrolador

(Sherlin.xBot) “Un microcontrolador es un circuito integrado digital que puede ser usado para muy diversos propósitos debido a que es programable. Está compuesto por una unidad central de proceso (CPU), memorias (ROM y RAM) y líneas de entrada y salida. Un microcontrolador puede usarse para muchas aplicaciones algunas de ellas son: manejo de sensores, controladores, juegos, calculadoras, agendas, avisos lumínicos, secuenciador de luces, cerrojos electrónicos, control de motores, relojes, alarmas, robots, entre otros. El límite es la imaginación.”

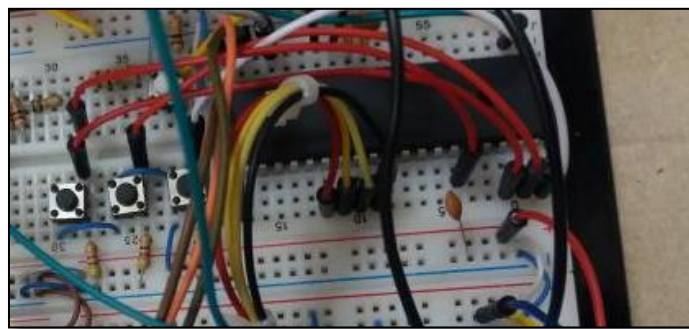


Figura 8. Microcontrolador

2.11.2 Arduino

(Xataka, 2018) “Arduino es una plataforma de creación de electrónica de código abierto, la cual está basada en hardware y software libre, flexible y fácil de utilizar para los creadores y desarrolladores. Esta plataforma permite crear diferentes tipos de

microordenadores de una sola placa a los que la comunidad de creadores puede darles diferentes tipos de uso. El hardware libre son los dispositivos cuyas especificaciones y diagramas son de acceso público, de manera que cualquiera puede replicarlos. Esto quiere decir que Arduino ofrece las bases para que cualquier otra persona o empresa pueda crear sus propias placas, pudiendo ser diferentes entre ellas pero igualmente funcionales al partir de la misma base. El software libre son los programas informáticos cuyo código es accesible por cualquiera para que quien quiera pueda utilizarlo y modificarlo. Arduino ofrece la plataforma Arduino IDE (Entorno de Desarrollo Integrado), que es un entorno de programación con el que cualquiera puede crear aplicaciones para las placas Arduino, de manera que se les puede dar todo tipo de utilidades.”



Figura 9. Placa de Arduino mega

2.11.3 Comunicación serial

(Martínez F. , 2015) “La comunicación serie es una “interfaz de comunicación de datos digitales que permite establecer transferencia de información entre varios dispositivos”. Esto va a permitir interactuar con el Arduino, recibiendo información y

enviándosela cuando sea necesario. Otra característica muy útil de esta comunicación, es que puede ser previamente programada.”

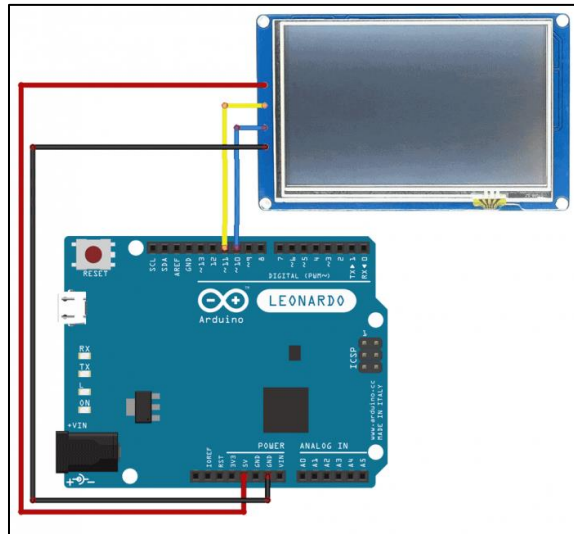


Figura 10. Comunicación entre Arduino y lcd
Fuente: (askix)

2.11.4 Protocolo I2C

(Grupo de Robots Argentina) “Abreviatura de Inter-IC (inter integrated circuits), un tipo de bus diseñado por Philips Semiconductors a principios de los 80s, que se utiliza para conectar circuitos integrados (ICs). El I2C es un bus con múltiples maestros, lo que significa que se pueden conectar varios chips al mismo bus y que todos ellos pueden actuar como maestro, sólo con iniciar la transferencia de datos. Este bus se utiliza dentro de una misma placa de un dispositivo.

El bus I2C, un estándar que facilita la comunicación entre microcontroladores, memorias y otros dispositivos con cierto nivel de “inteligencia”, sólo requiere de dos líneas de señal y un común o masa. Fue diseñado a este efecto por Philips y permite el

intercambio de información entre muchos dispositivos a una velocidad aceptable, de unos 100 Kbits por segundo, aunque hay casos especiales en los que el reloj llega hasta los 3,4 MHz.

La metodología de comunicación de datos del bus I2C es en serie y sincrónica. Una de las señales del bus marca el tiempo (pulsos de reloj) y la otra se utiliza para intercambiar datos.

- ◆ SCL (System Clock) es la línea de los pulsos de reloj que sincronizan el sistema.
- ◆ SDA (System Data) es la línea por la que se mueven los datos entre los dispositivos.
- ◆ GND (Masa) común de la interconexión entre todos los dispositivos “enganchados” al bus.”

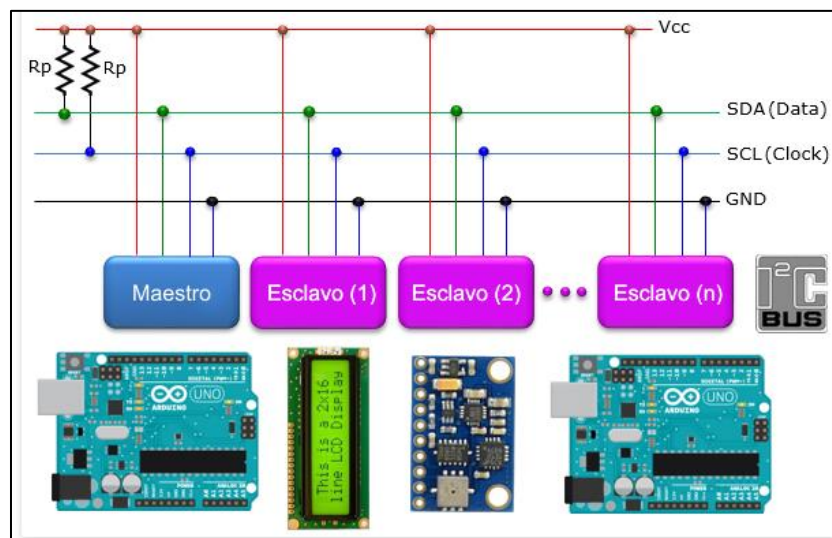


Figura 11. Comunicación por medio del protocolo I2C
Fuente: (Grupo de Robots Argentina)

2.11.5 Software de programación

a. Arduino

(Arduino) “Para crear un proyecto se debe conocer el entorno de desarrollo de Arduino, el cual se centra en el lenguaje c/c++, dado que la propia página del proyecto facilita un IDE básico y muy funcional; el entorno proporcionado por el proyecto Arduino es un IDE liviano que proporciona las herramientas básicas necesarias para subir, depurar y comunicar con nuestra placa.”

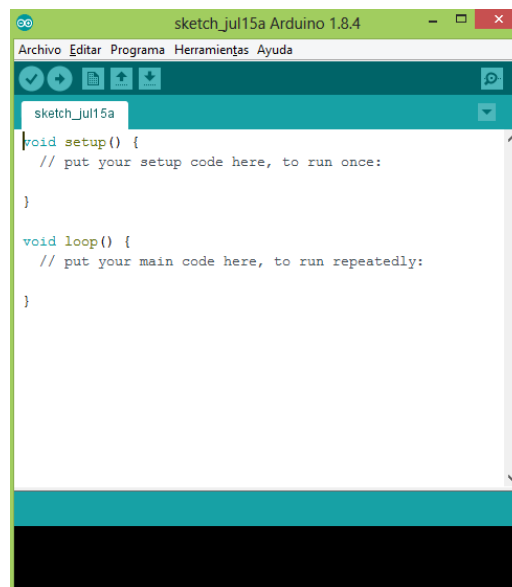


Figura 12. Interface de Arduino

b. Nextion.

El software que puede ser utilizado para la programación de las pantallas táctiles es Nextion editor el cual es una herramienta de características similares al entorno java, en el cual se puede añadir objetos, imágenes, etc. para luego ser programados a conveniencia de forma independiente.



Figura 13. Interface de Nextion.

2.12 Reguladores de tensión.

(EcuRed) “Proporcionan una tensión estable y bien especificada para alimentar otros circuitos a partir de una fuente de alimentación de entrada de poca calidad; Además, deben ser capaces de proporcionar corrientes de salida desde unas cuantas decenas de miliamperios, en el caso de reguladores pequeños, hasta varios amperios, para reguladores grandes, los cargadores de vehículos enchufables absorben la electricidad de forma alterna directamente desde la red y la transforma en corriente continua, para de este modo poder cargar las celdas y en si la betería del vehículo.”

2.12.1 Conversor DC/DC

(Nomadas electronicos) “Los convertidores DC/DC son circuitos capaces de transformar niveles de voltaje en otros usando elementos como bobinas y capacitores, almacenando temporalmente energía en ellos y descargándola de tal forma que los niveles de voltaje final son los buscados.

La forma en cómo se convierte el voltaje es forzando a que se almacene la suficiente energía en la bobina o capacitor y después, a otro tiempo se cambie la

polaridad o la disposición de dicho elemento para descargar esa misma energía acumulada en la salida. Esto se hace una y otra vez.”

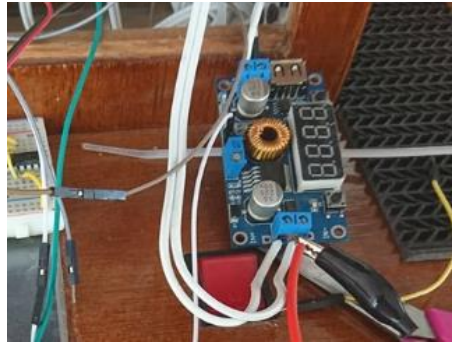


Figura 14. Conversor DC/DC

2.12.2 Mosfets

(García, 2016) “Es un dispositivo semiconductor utilizado para la conmutación y amplificación de señales. El nombre completo, Transistor de Efecto de Campo de Metal-Óxido-Semiconductor (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor, MOSFET) se debe a la constitución del propio transistor.”



Figura 15. Configuración de Mosfet

2.12.3 Amplificador Operacional

(ifent, 2019) “Los amplificadores operacionales son, dispositivos compactos activos y lineales de alta ganancia, diseñados para proporcionar la función de

transferencia deseada. Un amplificador operacional (A.O.) está compuesto por un circuito electrónico que tiene dos entradas y una salida.”

a. LM324

(EcuRed, 2019) “Amplificador operacional cuádruple con entradas diferenciales verdaderas. Está compuesto por cuatro amplificadores operacionales de alta ganancia, diseñados para trabajar con fuente de alimentación simple. Sin embargo, también son capaces de funcionar con una fuente de alimentación doble.”



Figura 16. Amplificador operacional LM324

2.12.4 DAC

(Ingeniatic) “Un conversor digital-analógico es un dispositivo que convierte un código digital en una señal analógica. Es utilizado en la vida cotidiana como por ejemplo al ver una película en DVD, el disco contiene datos digitales, el DVD convierte esos datos digitales en señales analógicas para ser reproducidas como audio y vídeo.”

a. MCP4725

(BricoGeek) “Prácticamente todos los microcontroladores disponen de un conversor de señales analógicas a digitales, sin embargo no muchos disponen de los

contrario. Esto es precisamente lo que hace éste estupendo chip MCP4725 fabricado por Microchip.

Controlándolo mediante el bus I2C, podrás generar señales analógicas desde tu microcontrolador favorito, por lo que es ideal para generar señales sinusoidales como sonidos, música o cualquier tipo de señal analógica que quieras generar digitalmente.”

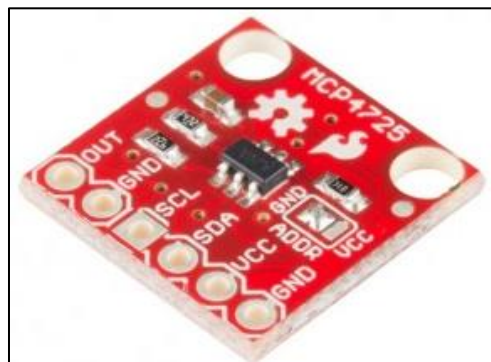


Figura 17. Conversor analógico digital MCP4725
Fuente: (BricoGeek)

CAPÍTULO III

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO DE ANALIZADOR PROGRAMADO Y AUTOMATIZADO DE CARGAS Y DESCARGAS.

En este capítulo se presenta los requerimientos necesarios para la elaboración del analizador de baterías de alta tensión, capaz de someter 16 packs o celdas de una batería de alta tensión de hasta 10 V por celda, de voltaje nominal del mismo, esto en base a cálculos, diagramas y simulaciones, para proceder con su diseño estético, selección de componentes y construcción del analizador programado automatizado de cargas y descargas.

3.1 Selección de la muestra

3.1.1 Baterías de alta tensión

Para la elaboración del analizador se planteó el uso de la batería de alta tensión del Toyota Highlander



Figura 18. Batería del Toyota Highlander

Para ello se detallan las siguientes características de la batería física y eléctrica de la batería, así como el pack del que está compuesta

Tabla 4

Características de la batería de alta tensión

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS Y FÍSICAS DE LA BATERÍA DE ALTA TENSIÓN	
Parámetro	Valor
Tensión del conjunto de la batería	288 voltios
Numero de celdas de baterías Ni MH que forma el paquete	30
Peso de la batería	45 Kg (86 Libras)
Dimensiones del módulo de la batería de Ni MH	276 x 20 x 106 mm 11 x 1 x 4 in
Capacidad	6.5 Ah

Tabla 5

Características de la celda de batería

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS Y FÍSICAS DE LA CELDA DE BATERÍA	
Parámetro	Valor
Tensión de Celda	9.6 voltios
Tensión de carga (+ 20%)	11.52 voltios
Numero de micro celdas de baterías Ni MH que forma el paquete	7
Peso del conjunto de la batería	1.040 Kg (2.82 Libras)
Dimensiones del módulo de la batería de Ni MH	250 x 20 x 106 mm 11 x 1 x 4 in



Figura 19. Celdas del Toyota Highlander

3.1.2 Demandas eléctricas

El diseño del analizador de baterías efectuó un análisis individual por celda de batería, tomando en cuenta una tensión de carga al 115% de la tensión nominal de celda, además se toma en cuenta la celda con mayores requerimientos eléctricos, asegurando la utilidad del analizador para las celdas de menor tensión a la del diseño, en base a lo mencionado fue realizado el diseño de la carga y descarga con las siguientes ecuaciones, tomando en cuenta factores de seguridad, para asegurar el funcionamiento dentro de los rangos planteados.

3.1.3 Tensión de carga y descarga requeridas

Se tomó en cuenta la celda perteneciente a la batería de alta tensión del Toyota Highlander con un voltaje nominal de 9.6V, además de un factor de seguridad de 1.15

$$V_{c/d} = V * (115\%)$$

Ecuación 8. Tensión máxima para carga.

$$V_{c/d} = 9.6 * \left(\frac{115}{100}\right)$$

$$V_{c/d} = 11.04 V$$

Donde

$V_{c/d}$ = Tensión máxima para carga

V = Voltaje Nominal de la celda

3.1.4 Intensidad de carga y descarga requeridas

El proceso de carga y descarga será con una corriente controlada, por razones de estudio esta corriente deberá variar en las distintas funcionalidades que el analizador realiza, por lo que el analizador es capaz de manejar corrientes de 0 a 2.5A, se toma en cuenta un factor de seguridad de 1.15, por lo que se plantea una corriente de carga y descarga máxima.

$$I_{c/d} = I_{max} * (n)$$

Ecuación 9 Potencia requerida.

$$I_{c/d} = 2.5 * (1.15)$$

$$I_{c/d} = 2.875 A$$

Donde

$I_{c/d}$ = Potencia requerida por celda

I_{max} = Corriente máxima de operación para carga y descarga

n = Factor de seguridad, por temas de diseño

3.1.5 Potencia de carga y descarga requeridas

La potencia resultante para el proceso de carga y descarga requeridas será diseñada tomando en cuenta un factor de seguridad de 1.2, y capaz de realizar el proceso automatizado a 16 celdas de batería

$$P = I_{c/d} * V_{c/d} * N$$

Ecuación 10 Potencia requerida para el analizador

$$P = 2.875 * 11.04 * 16$$

$$\mathbf{P = 507.84 W}$$

Donde

P = Potencia requerida para el analizador

$V_{c/d}$ = Voltaje Nominal por celda

$I_{c/d}$ = Intensidad de carga

N = Número de celdas

Se pudo concluir que el diseño del analizador debe alcanzar los 609.408 W de potencia para cumplir con los requisitos de la muestra

3.2 Entrada de señales analógicas

3.2.1 Voltaje

La señal de voltaje deberá ser digitalizada mediante un ADS, o conversor analógico digital, para la automatización del proceso, para lo cual se uso el ADS incluido en las placas micro controladas de Arduino, las cuales soportan entradas máximas de 5V, por lo que se diseñó una placa de voltímetros para 16 canales, en base

a divisores de tensión con alto valor de resistencia para evitar pérdida de potencia en la lectura.

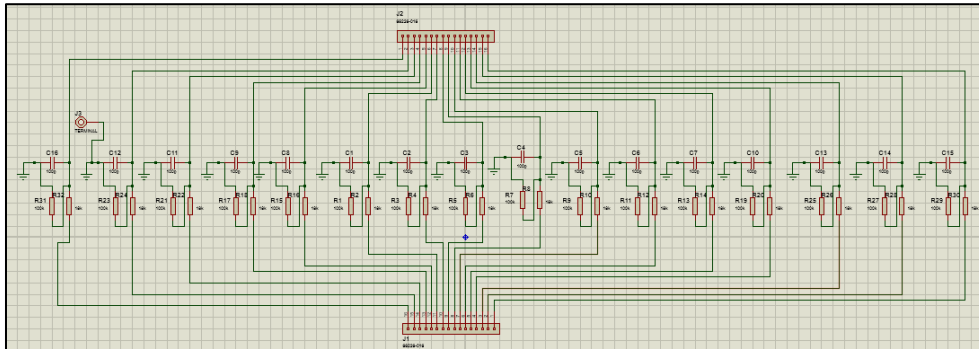


Figura 20. Placa de voltímetros

Con valor resistivo de 100K como resistencia de entrada R1 y 18K para la lectura de señal además de condensadores como filtros, para evitar ruidos en la lectura

3.2.2 Intensidad

(NaylampMechatronics) La intensidad será medida por medio de sensores de corriente de tipo efecto Hall, que detecta el campo magnético producido por inducción de la corriente al pasar por la línea de medición, el sensor elegido es el módulo ACS712 que cumple con la lectura máxima de corriente y no genera caídas de tensión, por no ser de tipo resistivo.



Figura 21. Sensor de corriente, efecto Hall

A continuación se detallan las prestaciones de dicho sensor.

Tabla 6

Características del sensor de corriente ACS 712

TOMA DE SEÑALES ANALÓGICAS SENSOR DE CORRIENTE ACS 712 20 ^a		
Parámetro	Valor	Unidad
Voltaje de operación	5	V
Corriente máxima	20	A
Sensibilidad	100	mV/A
Tiempo de respuesta	5	uS
Tolerancia	+/- 1.5	% a 25 °C
Mide tanto corrientes AC como DC		
Señal analógica de bajo ruido		

El sensor de corriente ACS 712, posee una resolución de 100mV por cada amperio, este valor de resolución genera ruido o lectura ineficiente en el conversor analógico digital del Arduino, por lo que se optó por la utilización de un ADS externo, (AllDatasheetSearch) el ADS 1115 amplía el rango de lectura por lo que se incluirá en el diseño



Figura 22. Conversor analógico digital

Sus prestaciones se presentan en la tabla 7

Tabla 7

Características del conversor analógico ADS 1115

TOMA DE SEÑALES ANALÓGICAS		
CONVERSOR ANALÓGICO DIGITAL ADS 1115		
Parámetro	Valor	Unidad
Voltaje de operación	5	V
Comunicación	I2C	Protocolo
Canales	4	
Resolución	16	Bites
Corriente de operación	20	mA
Constructor Adafruit		

3.2.3 Ampliación de entradas analógicas

(Prometec, 2015) El número de entradas analógicas en los microcontroladores, y en este caso en Arduino, es un limitante a la hora del diseño, por lo que se utilizó un multiplexado a la entrada de las señales de voltaje, el cual canaliza el voltaje medido por un solo canal de lectura analógica, mediante 4 pines de control digital.

El multiplexor utilizado es el módulo 74HC4067

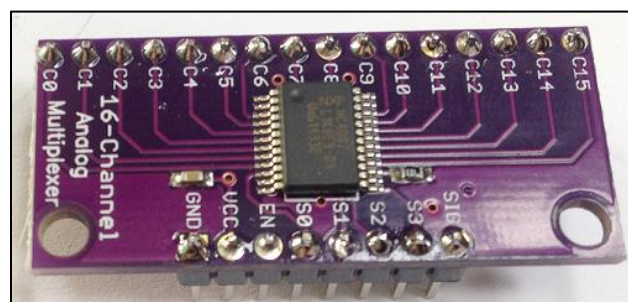


Figura 23. Multiplexor 74Hc4067

Fuente: (Prometec, 2015)

El que cuenta con las características detalladas en la tabla 8

Tabla 8

Características del multiplexor 74HC4067

TOMA DE SEÑALES ANALÓGICAS MULTIPLEXOR 74HC4067		
Parámetro	Valor	Unidad
Voltaje de operación	5 – 10	V
Corriente máxima	20	A
Canales	16	
Pines de control	4	
Valor de activación	0 ó (Estado bajo)	V
Útil para multiplexado y demultiplexado		

3.2.4 Elaboración de placas de entrada

Algunas de placas de entrada fueron diseñadas y construidas para su utilización para lo que se adjunta un breve resumen del proceso.

Se realiza el diseño en software, en este caso se utilizó el software Proteus, y se imprime el diseño en papel fotográfico, a laser.

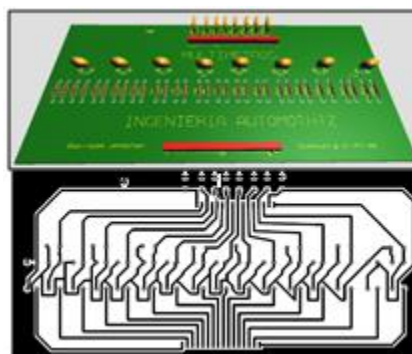


Figura 24. Diseño de placas de voltímetros en proteus

El circuito impreso deberá ser planchado sobre una placa de baquelita a la medida del mismo. Para luego retirar el papel de la baquelita con la ayuda de un chorro de agua y las manos, haciendo dicho proceso con cuidado de sacar la impresión impregnada en la placa



Figura 25. Proceso de elaboración de circuito impreso (Planchado)

Se debe quemar la baquelita, por medio de ácido cloruro férrico o ácido para baquelita, para luego retirar el tóner de la baquelita ya quemada.

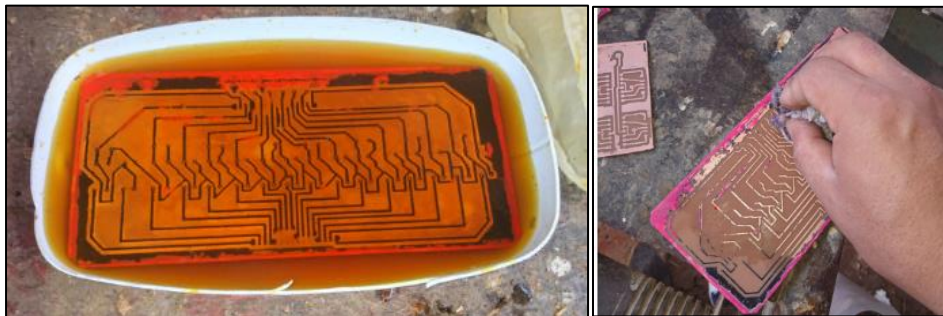


Figura 26. Proceso de elaboración de circuito impreso (Quemado)

El proceso finaliza con la perforación de las placas y la suelda de los componentes electrónicos, además se recomienda proteger las pistas de la placa con barniz o esmalte.



Figura 27. Proceso de elaboración de circuito impreso (Ubicación de componentes)

3.2.5 Fuentes de alimentación

(TecnologíaFácil) El analizador de baterías debe cumplir con una demanda de aproximadamente 530 W de potencia, para lo que se optó por la adquisición de fuentes reguladas, normalmente utilizadas en las computadoras de escritorio, dichas fuentes son de fácil adquisición y bajo costo pero llevan un bajo valor de eficiencia además del PFC o factor de corrección de potencia, y a la hora de la elección de fuente de alimentación se deberá tomar en cuenta dicho parámetro, con un factor de seguridad igual a 2.

$$Pf = P * nf$$

Ecuación 11 Potencia requerida para el analizador

$$Pf = 507.84 * 1.7$$

$$Pf = 863.328 W$$

Donde

P = Potencia requerida para el analizador

Pf = Potencia de la fuente de alimentación

nf = Factor de seguridad por baja eficiencia de fuentes

Las fuentes de poder de la marca Altek otorgan 456 W en su salida de 12 V a 38 A como máximo, y al utilizar dos fuentes de las mismas, pueden entregar 912W de potencia



Figura 28. Fuente de poder

3.3 Procesamiento de señales

3.3.1 Microcontrolador

(Sherlin.xBot) Para el procesamiento de señales se demanda de un microcontrolador con un mínimo de 40 entradas digitales y una entrada analógica además de una amplia memoria, debido la utilización de gran cantidad de variables en las próximas etapas.

Arduino es una marca de microcontroladores mundialmente conocida ya que su programación es muy versátil, además cuenta con una amplia gama de dispositivos basados en el microcontrolador AtMega.

Por lo que se optó por la utilización del Arduino MEGA



Figura 29. Arduino

A continuación se detallan las características más importantes del dispositivo.

Tabla 9

Características del Arduino mega 2560

PROCESAMIENTO DE SEÑALES ARDUINO MEGA 2560		
Parámetro	Valor	Unidad
Voltaje operativo	5	V
Voltaje de entrada	7 – 12	V
Límites de voltaje de entrada	6 – 12	Bits
Pines entrada / salida	54	
Pines	16	Analógicos
Corriente DC por cada Pin entrada/salida	40	mA
Corriente DC entregada en el Pin 3.3V	50	mA
Memoria flash	256	KB
Oscilador	16	MHz

3.3.2 Software de programación

(Arduino) El software Arduino es un ecosistema de software y hardware de código y ofreciendo una serie de ventajas a la hora de programar los distintos procesos de carga y descarga en el analizador, a continuación se detalla una breve descripción

del software Arduino además del detalle de librerías ocupadas para la programación del analizador.

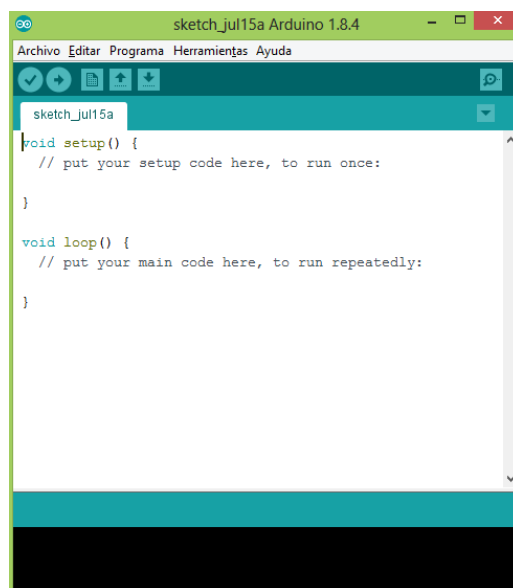


Figura 30. Software Arduino

La figura muestra los botones encargados para la programación de la tarjeta Arduino, por un lado el botón verificar, compila el código de programación, sin pasarlo al Arduino, mientras que el botón cargar, además de volver a compilar el código, lo transmite al Arduino por medio del puerto USB o comunicación Serial.

El botón de monitor serial muestra una pantalla de comunicación entre el Arduino y la computadora, mientras que en la pantalla blanca de editor de texto se incluirá el código a escribir en el Arduino.

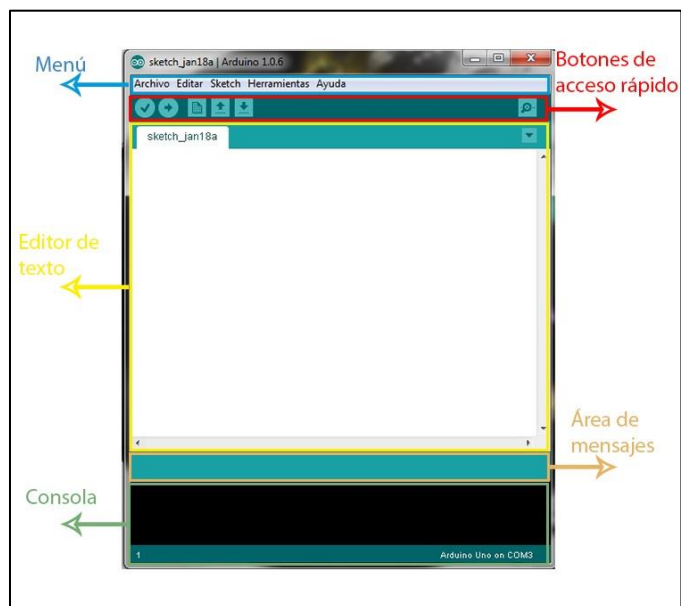


Figura 31. Características principales de la interface de Arduino
Fuente: (MecatrónicaUno, 2018)

El área de consola muestra errores en el código, además de mostrar la cantidad de memoria utilizada por el código.

Al ser un software de código libre, las industrias crean módulos compatibles con Arduino, facilitando la programación de los mismos, e incluyendo las librerías para el control de dichos módulos, estas librerías contendrán el lenguaje correcto para la programación de cada módulo, los módulos serán estudiados posteriormente, y en este caso se presentan las librerías ocupadas en el software

Tabla 10

Características del software Arduino

SOFTWARE ARDUINO ANALIZADOR DE BATERÍAS	
Librerías	Utilidad
Adafruit_MCP4725	Programación de módulos MCP4725, conversores digital analógicos
Adafruit_ADS1015	Programación de módulos ADS1115, analógico digitales

CONTINÚA



Wire.h	Comunicación vía I2C
Nextion.h	Programación de pantallas touch

3.3.3 Protocolo I2C y comunicación serial

(Grupo de Robots Argentina) El avance del proyecto en cuanto a la programación automatizada, amerita que se adentre en los protocolos de comunicación que permite la tarjeta Arduino, entre ellas se mencionan dos de las más importantes, y utilizadas en el diseño

El protocolo I2C es una forma de comunicación entre dispositivos digitales, y es esta una de las formas más utilizadas para la transmisión de datos

Dicho de otra forma el I2C es un protocolo de comunicación y en el Arduino MEGA incluido en un puerto llamado SDA y SCL. El protocolo conecta hasta 127 dispositivos como esclavos, dándole un registro a cada uno, con una velocidad de 100 a 100 kbits/s.

En el Arduino Mega 2560 los pines para el protocolo I2C se los ubica en el pin 20 SDA y 21 SCL.

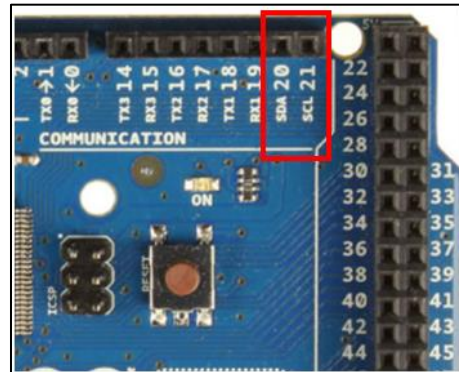


Figura 32. Pines para el protocolo I2C

Por otro lado otra forma de comunicación con la que cuenta el Arduino, es la comunicación serial, la que consta con un pin de transmisión y de recepción de datos, TX y RX, respectivamente, este proceso transmite un bit de datos a la vez, secuencialmente por un bus de comunicación.

La conexión para la transmisión es RX con TX, y viceversa, para establecer la comunicación entre dos dispositivos.

El Arduino mega dispone de tres puertos seriales en el área de comunicación, las cuales se muestran en la figura 35.

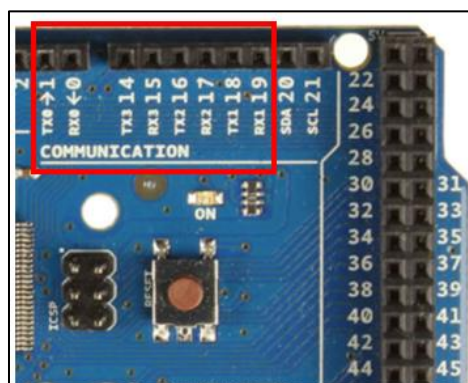


Figura 33. Pines de comunicación

3.3.4 Placas de control

La utilización de un pin de datos y la alimentación de los distintos módulos y Arduino, crean la necesidad de la creación de placas para la conexión de las mismas. Por un lado para ampliar el bus de comunicación I2C, y por otro lado para la unificación de la masa digital, un factor vital para el funcionamiento del área digital.

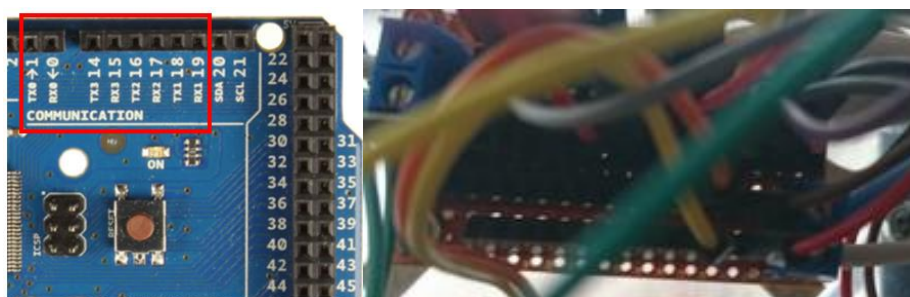


Figura 34. Placa de alimentación

3.3.5 Control de canales de carga y descarga

El procesamiento de datos termina con el control de canales que habiliten y deshabiliten la carga o descarga de las celdas de la batería de alta tensión, este proceso debe aislar la etapa de procesamiento de la de potencia, para evitar que el ruido afecten los componentes de control, esto se hace mediante opto acopladores, estos son chips que en su interior, permiten o no el paso de corriente por efecto de luz, también conocido como foto transistor.



Figura 35. Pines de control del módulo relé

(Dinastiatecnologica) Estos componentes están incluidos en los módulos relés, por lo cual se seleccionan cuatro de estos, por el requerimiento de canales, siendo dos para las 16 celdas a la carga, y dos para las 16 celdas a la descarga, en la siguiente figura se visualiza una placa de módulos relé de 8 canales utilizada.

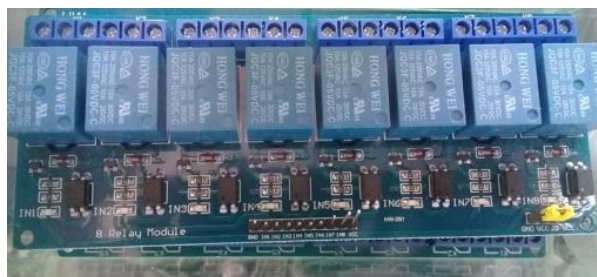


Figura 36. Módulo relé

Las prestaciones de la placa de módulos relés se detallan en la tabla

Tabla 11

Características del módulo relé

PROCESAMIENTO DE SEÑALES		
MÓDULO RELÉ		
Parámetro	Valor	Unidad
Voltaje de activación	5	V
Corriente de activación	15 – 20	mA
Corriente máxima de conmutación	10	A
Voltaje de conmutación	250	VAC
Voltaje de conmutación	30	VDC
Tamaño de la PCB	5.7 x 13.8	cm
Canales	8	
Activación de canal	0 (Nivel bajo)	V
Optoacoplado, totalmente aislado.		

3.4 Etapa de potencia

3.4.1 Etapa de carga

Las fuentes de alimentación seleccionadas para el analizador, otorgan una tensión de 12V fija, a corriente no regulada, este valor debe ser ajustado, así como

como el valor de corriente debe ser controlado, para ello se utilizó una fuente DC/DC, que es capaz de reducir o aumentar el voltaje al que se alimenta, llamados Step down cuando lo reducen, o Step Up cuando lo aumentan. El valor de voltaje requerido es inferior al voltaje de la fuente de alimentación por lo que se requiere una fuente Step Down

Para ello se debe tomar en cuenta la potencia requerida por celda

$$P_c = P/N$$

Ecuación 12 Potencia requerida por celda

$$P_c = 507.84/16$$

$$P_c = 31.74 W$$

Donde

P_c = Potencia requerida por celda

P_f = Potencia total del analizador

N = Número de celdas analizadas

(Nomadas electronicos) La fuente DC/DC deberá ser capaz de entregar 31.74 W, por lo que se seleccionó la fuente XL4015 con regulación de tensión y voltaje que trabaja a 75W como máximo debido a que las fuentes de menor potencia bordean los 30 W, valor inadecuado de trabajo para el presente diseño.



Figura 37. Módulo DC/DC XL4015

La tabla siguiente muestra sus características principales

Tabla 12

Características del módulo DC/DC XL4015

ETAPA DE CARGA MÓDULO DC/DC XL4015		
Parámetro	Valor	Unidad
Voltaje de entrada	8 – 36	V
Voltaje de salida	1.25 – 32	V
Corriente	0 – 5	A
Eficiencia	96	%
Potencia	75	W
Temperatura de funcionamiento	-40 – 85	°C
Protección contra sobrecarga térmica		
Protección contra cortocircuito		

3.4.2 Etapa de descarga

La corriente de descarga controlada es vital para el proceso automatizado de cargas y descargas, para lo cual se diseñó un circuito de descarga a corriente constante basado en el requerimiento de potencia por celda de batería.

El diseño de un circuito de fuente de corriente se basa en la comparación de un operacional entre sus entradas, inversora y no inversora, la caída de tensión en una resistencia de potencia, deberá ser igual a la tensión dada por el pin no inversor del operacional, obligando al circuito de potencia a regular su corriente a la relación voltaje y resistencia del circuito.

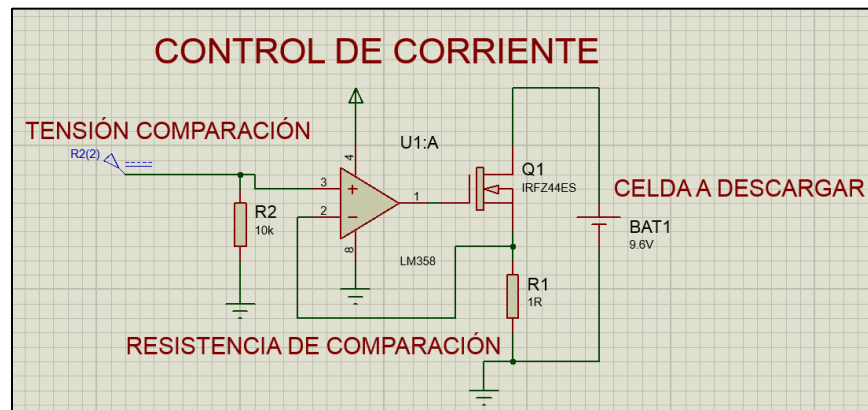


Figura 38. Placa de control de corriente

La ley de ohm intervendrá en el circuito, que crea la relación entre la tensión de comparación y la resistencia de comparación, replanteando las variables en la siguiente ecuación, y tomando en cuenta un bajo valor de resistencia igual a 1 ohm, valor tomado por efectos de disipación de calor, se encuentra la siguiente relación entre la tensión de control y la corriente

$$I d = T c / R c$$

Ecuación 13 Corriente de descarga

$$I d = \frac{T}{1 \text{ ohm}}$$

$$I d = T$$

$$1 A = 1 V$$

Donde

Id= Corriente de descarga

Tc = Tensión de comparación

Rc= Resistencia de comparación

Se puede concluir que por cada voltio la corriente de descarga varía un amperio de corriente.

Reemplazando la ecuación de corriente de descarga en relación a la tensión de control se puede expresar la potencia de la resistencia según la siguiente ecuación

$$Prc = Tc * Ic/d$$

Ecuación 14 Potencia de la resistencia de control

$$Prc = Ic/d * Ic/d = Ic/d^2$$

$$Prc = 2.875^2$$

$$Prc = 8.27 W$$

Donde

Prc= Potencia de la resistencia de control

Tc = Tensión de comparación

Ic/d= Corriente de carga o descarga, para el diseño del analizador

Por lo que se adquirió una resistencia de potencia de 2.2 ohm y una resistencia de 1ohm a 5W para realizar un paralelo entre ambas por efectos de disipación potencia, provocando que aproximadamente la mitad de la potencia de la resistencia de control sea disipada en cada resistencia, lo que resulta

$$Rc = \left(\frac{1}{R1} + \frac{1}{R2}\right)^{-1}$$

Ecuación 15 Resistencia de control final

$$Rc = \left(\frac{1}{1} + \frac{1}{2.2}\right)^{-1}$$

$$R_c = 0.95 \text{ ohm}$$

Donde

Rc= Resistencia de control final

R1 y R2 = Resistencias en paralelo

Ajustando la relación anterior entre tensión de comparación y corriente de descarga, y tomando en cuenta la corriente máxima de descarga, se encontró el valor máximo de voltaje a ingresar al operacional

$$I_d = \frac{T}{0.95 \text{ ohm}}$$

Ecuación 16 Regulación de descarga

$$I_d = 1.053T$$

$$1A = 1.053V$$

$$2.875A = 3.026V$$

(EcuRed) El circuito propuesto provoca que el transistor Mosfet utilizado, trabaje en zona activa, lo que causa que este disipe calor, y la corriente que puede manejar se reduzca. Los requerimientos propuestos, muestran un control de corriente de máximo 2.875 A.

$$P_m = V_{c/d} * I_{c/d}$$

Ecuación 17 Potencia máxima requerida para el mosfet

$$P_m = 11.04 * 2.875$$

$$P_m = 64.86 \text{ W}$$

Donde

P_m = Potencia máxima requerida para el mosfet

$V_{c/d}$ = Voltaje de carga o descarga máximo

$I_{c/d}$ = Intensidad de carga o descarga máxima

Para lo que se selecciona un mosfet comercial y de altas prestaciones llamado IRFZ44n de canal N.



Figura 39. Mosfet IRFZ 44N

Cuyas características eléctricas son

Tabla 13

Características del mosfet IRFZ 44N

ETAPA DE DESCARGA MOSFET IRFZ 44N		
Parámetro	Valor	Unidad
Voltaje de drenaje-fuente	55	V
Voltaje de compuerta-fuente	10	V
Corriente continua de drenaje	41	A
Potencia	85	W
Temperatura de funcionamiento máxima	150	°C

3.4.3 Digitalización de la potencia

La automatización de las cargas y descargas amerita que el control de la potencia sea digital, por un lado la etapa de carga con el módulo DC/DC XL4015 posee

un control analógico con potenciómetros para regulación de corriente y voltaje, mientras que la etapa de descarga maneja el control mediante una variación de tensión a la entrada no inversora del operacional, como se aprecia en la figura siguiente

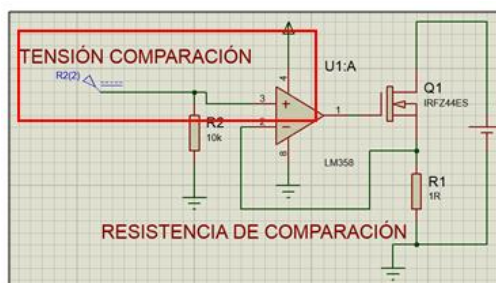


Figura 40. Configuración del operacional como seguidor de tensión

(EcuRed, 2019) Las dos etapas muestran la necesidad de una variación de tensión en distintos rangos. En el caso de la descarga el rango se encuentra mediante la relación previamente encontrada, y en el caso de la carga, se realiza una toma de mediciones en el potenciómetro de regulación de corriente, para saber el rango en el que el potenciómetro ajusta el voltaje para el manejo de corriente, al realizar este proceso mediante el uso del módulo y un multímetro se pudo determinar lo detallado en la tabla

Tabla 14

Rango de voltaje para operación a 2.875a

DIGITALIZACIÓN DE ETAPAS		
RANGO DE VOLTAJE PARA OPERACIÓN A 2.875 ^a		
Parámetro	Módulo x14015	Circuito de descarga
Voltaje máximo	0.260 mV	3.026 V
Voltaje mínimo	0 V	0 V
Valor de tensión a 1 Amperio	0.040mV	1.053 V
Rango máximo de 3.026 V		

Tal requerimiento es digitalizado mediante el uso de los dispositivos llamados DAC, o conversores digital analógicos, que mediante la señal digital entregada por el Arduino deberán entregar un voltaje regulado de 0 a 3.026 V como mínimo para el control de la carga y descarga.

Para ello se seleccionó el módulo DAC MCP4725 comunicado mediante I2C el cual se puede ver en la figura



Figura 41. Conversor analógico digital

El módulo cuenta con las siguientes prestaciones

Tabla 15

Características del módulo DAC MCP4725

DIGITALIZACIÓN DE LA POTENCIA		
MÓDULO CONVERSOR DIGITAL ANALÓGICO MCP4725		
Parámetro	Valor	Unidad
Voltaje mínimo de operación	2.7	V
Voltaje máximo de operación	5.5	V
Resolución	12	Bits
Corriente de salida	25	mA
Comunicación	Protocolo I2C	
Tiempo de configuración	6	Useg
Temperatura de operación	-40 a 125	°C
Dirección del I2C	0x60	

Se debe extraer el potenciómetro de regulación de corriente para su posterior digitalización

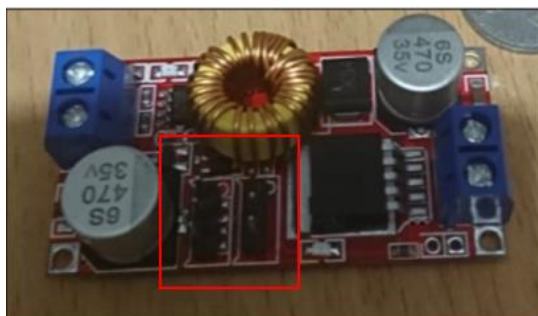


Figura 42. Reemplazo realizado en el módulo DC/DC

En el caso de la etapa de descarga es necesario la elaboración de un circuito de control en base al circuito propuesto para la corriente regulada, capaz de conectar 16 canales de operación digital, para lo cual se planteó el siguiente diseño.

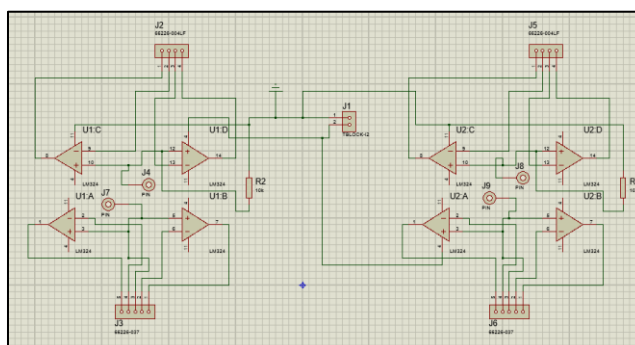


Figura 43. Diseño de la placa de control de corriente

El diseño cuenta con el integrado operacional LM324 de 14 pines, en el cual se incluyen 4 operacionales en uno, debiendo incluir cuatro de estos en dos placas de baquelita en el diseño.

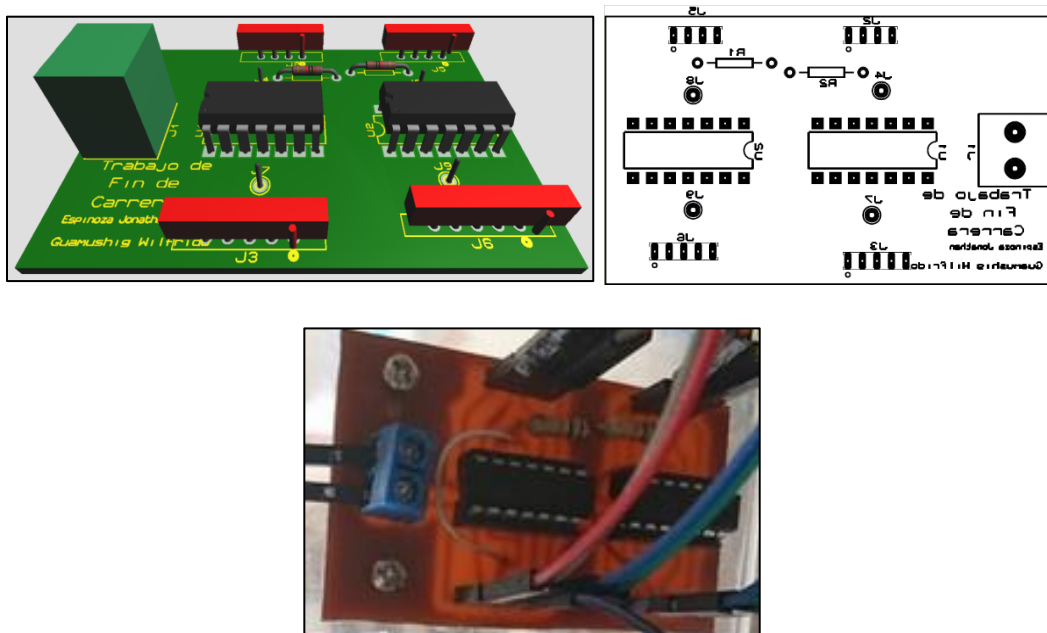


Figura 44. Simulación y placa terminada del control de corriente

3.5 Muestra de datos

3.5.1 Indicadores luminosos

Para la visualización del estado de carga o descarga en el que se encuentren las celdas de batería se planteó la visualización luminosa incluida en los módulos Relés de 8 canales, ubicándolos de tal manera, que puedan ser visibles en su activación y desactivación



Figura 45. Indicadores luminosos de carga/descarga

Una fila mostrara el proceso de carga y otra fila el proceso de descarga.

Al ser un proceso de riesgo eléctrico, se implementó un indicativo luminoso de conexión correcta por canal de celda, esta luz indica al usuario que la celda de batería ha sido conectada correctamente, esto se logró con la funcionalidad propia del módulo DC/DC XL4015, que sin necesidad de la apertura a la carga o descarga, permite que este led indicativo sea encendido, aun si el equipo no estuviera encendido.



Figura 46. Indicador luminoso de conexión de celda

3.5.2 Pantalla de control

La interfaz de usuario se hizo a través de pantallas, por facilidad de adquisición, y altas prestaciones se eligió una pantalla NEXTION NX8048T070 7"

La pantalla NEXTION DE 7 pulgadas, es una pantalla inteligente táctil LCD que proporciona una interfaz de control y visualización muy amigable para el usuario. Además utiliza un único puerto serie para la comunicación.



Figura 47. Pantalla Nextion de 7 in

La tabla siguiente muestra las prestaciones principales de la pantalla Nextion

Tabla 16

Características de la pantalla Nextion NX8048T070 7"

MUESTRA DE DATOS		
PANTALLA TOUCH NEXTION NX8048T050 5"		
Parámetro	Valor	Unidad
Dimensiones	7	Pulgadas
Resolución	800 * 480	Pixeles
Voltaje de operación	5	V
Corriente de operación	510	mA
Memoria	16	MB
Peso	174	Gr
Compatible con Raspberry Pi A+, B+, Raspberry Pi 2 y Arduino.		

Los procesos automatizados propuestos, serán comandados por la pantalla touch de 7 pulgadas, siendo esta la pantalla master, en esta se seleccionan los valores de las baterías a estudiar, así como el proceso automatizado que se elegirá para el estudio.



Figura 48. Pantalla de control (7 in)

3.5.3 Pantalla de indicaciones

Se seleccionó una pantalla de menor tamaño para la visualización de indicaciones generales tales como manual de usuario, recomendaciones y contraindicaciones, siendo esta de 5 pulgadas.



Figura 49. Pantalla de muestra de datos (5 in)

3.5.4 Software de programación

Las pantallas elegidas para el diseño del analizador de baterías, cuentan con su propio entorno de programación, y estas deberán ser programadas en el software propio de la marca Nextion para posteriormente comunicarse con Arduino por el puerto serial.

El software de programación es llamado Nextion Editor, en la tabla siguiente se muestra algunas de las funcionalidades de la pantalla, con el nombre de objeto de programación, en comunicación con el software Arduino, basados en gran parte en el lenguaje C de programación

Tabla 17
Características del software Nextion Editor

MUESTRA DE DATOS SOFTWARE NEXTIÓN EDITOR		
Prestación	Indicación	Unidad
Barras de estado	Indica el avance de un proceso	NexProgressBar
Botones	Abre o cierra funciones del entorno Arduino	NexBotton
Texto, Números	VARIABLES de visualización de datos	NexText
Imágenes	Permite la elección de fondos para las páginas	NexPicc
Sliders	Selecciona un valor mediante el deslizamiento de un cursor	NesSlider
Grafica de señales	Se puede graficar una señal de entrada de 255 bytes y hasta 4 canales	Nex.Graph

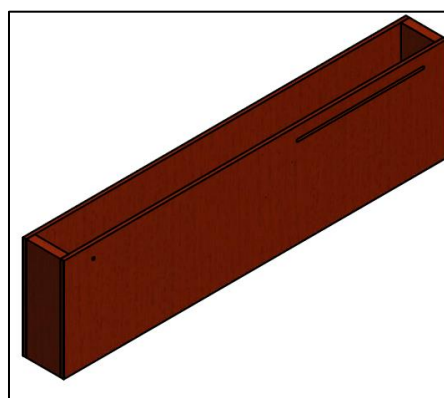
3.6 Dimensionamiento

3.6.1 Celdas de baterías

Para la ubicación de la celda de batería se planteó una porta celda con terminales positivo y negativo, donde un terminal será ajustable al largo de la batería requerida, este porta celdas servirá para la etapa de ecualización, se construirá una porta celdas por cada celda a analizar, sabiendo que las baterías a analizar serán del Highlander y Prius, el dimensionamiento se lo realizó en base a las dimensiones de estos dos tipos de celdas, el detalle del dimensionamiento se muestra en la tabla 18.

Tabla 18*Dimensionamiento de la porta celdas*

CONSTRUCCIÓN DIMENSIONAMIENTO DE PORTA CELDAS		
Parámetro	Celda	Porta celda
Largo	365 mm	428 mm
Ancho	15 mm	40 mm
Alto	95 mm	120 mm
Recorrido de borne	-	150 mm

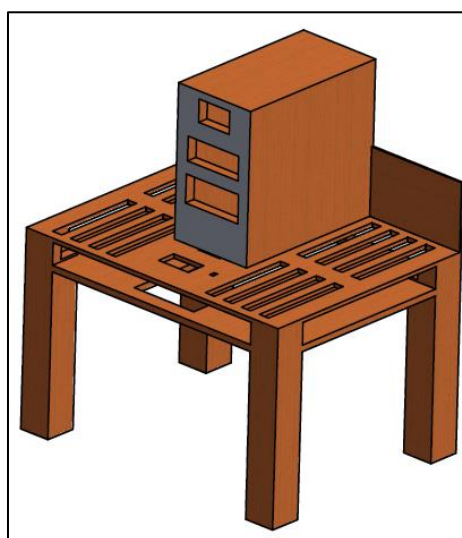
**Figura 50.** Diseño de la porta celdas

3.6.2 Analizador de baterías

El analizador de baterías es básicamente la estructura donde irán montados todos los circuitos electrónicos y porta celdas, por lo que su dimensionamiento únicamente se encuentra restringido por la superficie mínima que ocuparan la porta celdas, por ello en su diseño se ha tratado de hacerlo ergonómico, agradable a la vista y fácil de manipular, dando como resultado un banco de trabajo, con sus respectivas celdas distribuidas de forma homogénea y su control de mando ubicado en el centro de esta, con la visualización de datos e indicadores en el frente y pantalla de control e interruptor de encendido sobre el banco, el detalle del dimensionamiento se muestra en la tabla 19.

Tabla 19*Dimensionamiento del analizador de baterías*

CONSTRUCCIÓN		
DIMENSIONAMIENTO DE ANALIZADOR DE BATERÍAS		
Parámetro	Banco	Control de mando
Largo	1090 mm	900 mm
Ancho	1400 mm	400 mm
Alto	900 mm	700 mm

**Figura 51.** Diseño del analizador de baterías

3.7 Variables de programación

Este espacio está destinado a dar una breve explicación de las variables utilizadas para la programación tanto del control como de la visualización del analizador de baterías.

3.7.1 Estado de carga SOC

El estado de carga SOC será determinado por la ecuación.

3.7.2 Estado de descarga DSOC

Con respecto al estado de descarga será programado en base a la ecuación.

3.7.3 Estado de salud SOH

El estado de salud de la batería va a ser estimado en base a dos parámetros que son la resistencia interna y la capacidad real de la celda de batería, por lo que se incluyen dos ecuaciones en la programación.

3.7.4 Capacidad real

Los ciclos de carga y descarga de las celdas provocan que la capacidad a la que fue construida descienda valor que puede ser determinado con mediciones en tiempo real para lo que la capacidad real será determinada mediante la ecuación.

3.7.5 Resistencia interna

Durante el proceso de carga o descarga las reacciones químicas provocan una variación en la resistencia interna de las celdas, la cual varía en el tiempo, y depende de factores como, la temperatura, corriente de carga/descarga, estado de carga y estado de salud.

3.7.6 Sistematización de estado de batería

Según la investigación bibliográfica se determinó un proceso sistemático para mantenimiento de las celdas que arrojará una reclasificación según su estado, dicho proceso pretende recuperar parte de la vida útil de la batería que luego será comprobado con procesos automatizados de descarga a corriente constante, potencia constante y resistencia constante con el fin de emular una carga dinámica similar a la que se le demanda en el auto eléctrico e híbrido.

a) Descarga de equilibrio.

Este proceso pretende equilibrar el valor de tensión de todas las celdas por lo que se establece una descarga controlada de 1 amperio al 40 % del valor de tensión nominal

b) Descarga a la capacidad mínima

De forma automática el analizador debe establecer una descarga al 15 % del valor de tensión nominal a una corriente inferior a la anterior, para que el proceso sea más estable y se evite cambios de polarización dentro de las celdas que pudieran causar daños en ellas.

c) Precarga de restauración

El siguiente paso es restaurar la tensión nominal de la celda y esto se hace con una carga controlada de un amperio por 30 min estimando un valor máximo del 120 % de la tensión nominal.

d) Tiempo de estabilización.

Una vez cargada la celda al 100%, se la deja reposar por 10 minutos, tiempo en el cual las celdas deberán mantener su voltaje nominal.

e) Carga completa de su capacidad.

Los procesos anteriores pretenden establecer a la batería a un estado de carga del 30% aproximadamente, por lo que el presente proceso cargara la celda al 100% de su capacidad mediante una carga controlada de 2 amperios por una hora

f) Análisis de capacidad de carga.

Una vez que la celda ha sido cargada al 100% de su capacidad, es posible realizar un análisis de su capacidad real, ya que durante todo este proceso se extraerán datos suficientes para hallar su capacidad real en función al tiempo y corriente de proceso que en este caso será de un amperio, continuación e establece un sistema de categorización de estado.

Tabla 20

Recategorización de celdas según su SOH

Categoría	Color	SOH
A	Verde	80 – 100 %
B	Amarillo	61 – 79 %
C	Naranja	51–60 %
X	Rojo	Menor a 50 %

El analizador de baterías muestra los resultados de las celdas, con la categoría y color respectivos a su estado de salud, al final de cada proceso de mantenimiento.

CAPÍTULO IV

PROTOCOLO DE PRUEBAS

En el presente capítulo se establece un protocolo de pruebas dispuestas para el análisis del comportamiento de celdas de la batería de alta tensión, frente a procesos automatizados de carga y descarga.

4.1 Selección de la muestra y materiales necesarios

Para la realización de las pruebas se seleccionó 16 celdas de la batería de alta tensión del Toyota Highlander, las cuales fueron enumeradas para su posterior análisis.



Figura 52. Celdas enumeradas

4.2 Ecuilización de celdas

Se ubicó las celdas en la porta celdas del analizador de baterías, con el equipo apagado. Tal proceso activa los indicadores de comprobación de conexión, los cuales son leds de color rojo.

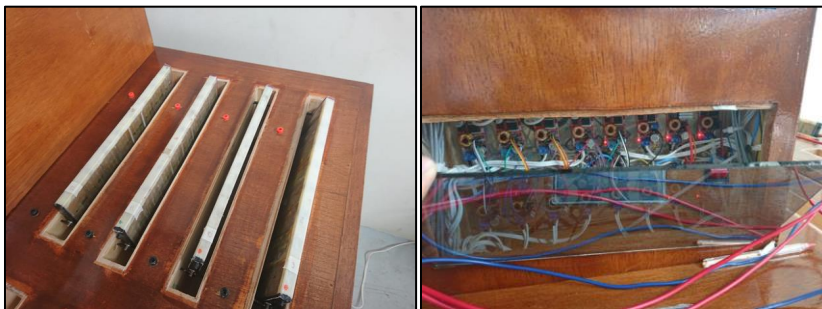


Figura 53. Ecuación de celdas

4.3 Procedimientos iniciales

Para la utilización del analizador de baterías, y ya habiendo seleccionado las celdas a estudiar, se colocó el conjunto de celdas en los espacios dispuestos en el analizador de baterías.

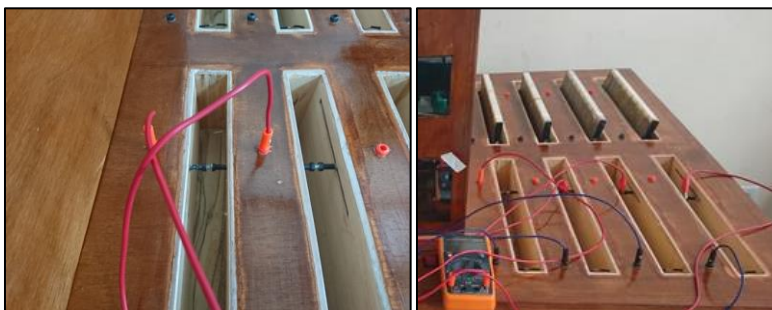


Figura 54. Porta celdas

Con el equipo apagado se realizó la conexión de las celdas al equipo, tomando en cuenta el número del canal marcado en la celda, y colores de cables distintivos para los bornes positivos y negativos. Este proceso encenderá todas las luces de verificación de conexión, aun con el equipo apagado o desconectado.

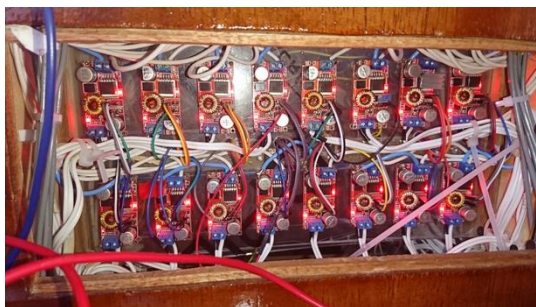


Figura 55. Indicadores de conexión de celda

4.4 Mantenimiento automatizado prueba T1

El proceso de mantenimiento automatizado desconectó la carga o descarga, al llegar al final de cada proceso, por lo que algunas celdas fueron desconectadas antes del tiempo final de proceso, lo que asegura un proceso equilibrado en cada celda, según el estado de carga al que ingresó la celda al mantenimiento.

4.4.1 Descarga de equilibrio.

Descarga controlada a 1 amperio al 40 % del valor de tensión nominal

Tabla 21

Descarga de equilibrio celdas 1-8

TIEMPO [Min]	DESCARGA DE EQUILIBRIO NÚMERO DE BATERÍA							
	#1[V]	#2[V]	#3[V]	#4[V]	#5[V]	#6[V]	#7[V]	#8[V]
0	9,23	9,92	10,11	9,6	10,45	10,09	10,27	10,23
2	9,06	9,8	9,93	9,43	10,21	9,88	10,09	10,07
4	5,38	3,07	9,65	9,15	10,2	9,57	9,87	9,86
6			9,54	8,87	10,15	9,34	9,74	9,73
8			9,42	8,73	9,79	9,24	9,59	9,62
10			9,41	8,55	9,72	9,03	9,57	9,53
12			9,29	8,51	9,62	8,83	9,45	9,51
14			9,22	8,41	9,48	8,58	9,23	9,34
16			9,06	8,08	9,36	8,1	9,12	9,34
18			8,95	7,58	9,27	7,99	8,95	9,22
20			8,8	5,88	9,11	7,1	8,95	9,09
22			8,78		9,05	5,56	8,64	8,95
24			8,66		8,9		8,45	8,78
26			8,38		8,56		8,26	8,66

CONTINÚA



28	8,33	8,28	7,08	8,53
30	8,2	7,72	6,15	8,25
32	7,82	6,15		8,22
34	5,34			6,88
36				5,88
38				3,23
Tiempo del proceso de descarga= 38 min				

Tabla 22*Descarga de equilibrio celdas 9-16*

DESCARGA DE EQUILIBRIO								
TIEMPO [Min]	NÚMERO DE BATERÍA							
	#9[V]	#10[V]	#11[V]	#12[V]	#13[V]	#14[V]	#15[V]	#16[V]
0	10,14	10,37	10,26	10,5	10	9,99	10,22	10,34
2	9,82	10,14	9,92	10,32	9,71	9,83	10,05	10,08
4	9,45	9,72	9,55	9,93	9,59	9,79	9,78	9,88
6	9,33	9,5	9,24	9,8	9,44	9,56	9,64	9,72
8	8,57	9,14	9,19	9,65	9,35	9,5	9,58	9,62
10	5,92	8,76	8,1	9,39	9,28	9,37	9,45	9,47
12		8,54	3,48	9,04	9,25	9,33	9,32	9,38
14		8,05		8,66	9,24	9,2	9,23	9,23
16		6,66		8,24	9,18	9,14	9,02	9,1
18		3,26		8,14	9,15	8,99	8,87	8,91
20				6,61	9,13	8,82	8,84	8,51
22					9,02	8,63	8,5	8,5
24					8,91	8,42	8,45	8,18
26					8,84	8,04	8,14	7,57
28					8,75	7,63	7,69	7,45
30					8,59	7,22	7,39	4,01
32					8,57	5,02	6,86	
34					8,46		5,94	
36					8,23			
38					7,51			
40					4,89			
Tiempo de proceso de descarga =40 min								

4.4.2 Descarga a la capacidad mínima

Descarga al 15 % del valor de tensión nominal a una corriente de 0.5 Amperios

Tabla 23*Descarga a la capacidad mínima celdas 1-8*

DESCARGA A LA TENSIÓN MÍNIMA								
------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--

CONTINÚA



TIEMPO [Min]	NÚMERO DE BATERÍA							
	#1[V]	#2[V]	#3[V]	#4[V]	#5[V]	#6[V]	#7[V]	#8[V]
0	4,88	5,99	7,77	7,87	7,26	8,15	8,07	8,01
2	2,91	3,68	6,69	7,11	5,69	7,31	7,27	6,42
4	2,3	3,62	4,61	4,75	4,28	5,06	4,99	4,79
6		2,4	3,75	3,83	3,83	4,12	3,4	3,8
8				2,42	3,45	3,29		2,6
10					2,44	2,42		
12					2,41			

Tiempo del proceso= 12 min

Tabla 24

Descarga a la capacidad mínima celdas 9-16

TIEMPO [Min]	DESCARGA A LA TENSIÓN MÍNIMA NÚMERO DE BATERÍA							
	#9[V]	#10[V]	#11[V]	#12[V]	#13[V]	#14[V]	#15[V]	#16[V]
0	8,68	6,57	8,42	6,87	7,4	7,93	7,97	8,06
2	7,32	5,02	5,39	3,76	6,56	7,16	6,96	7,54
4	3,7	6,97	4,5	2,78	3,64	4,71	5,36	6,09
6	2,34	5,6	3,89		2,89	3,98	4,23	6,48
8		4,9	2,57				2,61	5,97
10		3,7					2,25	4,59
12							2,11	3,67

Tiempo de proceso de descarga= 12 min

4.4.3 Precarga de restauración

Carga controlada de un amperio por 30 min estimando un valor máximo del 120 % de la tensión nominal.

Tabla 25

Precarga de restauración celdas 1-8

TIEMPO [Min]	PRECARGA DE RESTAURACIÓN NÚMERO DE BATERÍA							
	#1[V]	#2[V]	#3[V]	#4[V]	#5[V]	#6[V]	#7[V]	#8[V]
0	9,44	9,19	9,21	9,18	9,41	9,5	9,43	9,25
2	9,89	9,71	9,7	9,56	9,87	9,99	9,81	9,58
4	9,99	10,01	9,88	9,93	10,19	10,16	10,03	9,83
6	10	10,08	9,99	9,98	10,36	10,28	10,17	9,96
8	10,04	10,23	10,07	10,08	10,52	10,41	10,34	10,1
10	10,16	10,27	10,12	10,1	10,57	10,51	10,45	10,18
12	10,42	10,29	10,16	10,15	10,61	10,57	10,54	10,26

CONTINÚA



14	10,53	10,31	10,27	10,19	10,62	10,59	10,54	10,31
16	10,67	10,32	10,33	10,2	10,64	10,68	10,57	10,45
18	10,74	10,36	10,55	10,39	10,68	10,69	10,6	10,56
20	10,82	10,73	10,67	10,41	10,76	10,7	10,65	10,57
22	10,87	10,81	10,8	10,49	10,88	10,73	10,74	10,6
24	11,01	11,02	11	10,66	10,93	10,81	10,94	10,86
26	11,09	11,08	11,03	11,01	11,02	11,00	11,01	11,01
28	11,12	11,12	11,08	11,03	11,04	11,02	11,12	11,05
30	11,15	11,14	11,1	11,1	11,15	11,05	11,14	11,09

Tiempo de proceso de pre carga = 30 min

Tabla 26

Precarga de restauración celdas 9-16

PRECARGA DE RESTAURACIÓN								
TIEMPO [Min]	NÚMERO DE BATERÍA							
	#9[V]	#10[V]	#11[V]	#12[V]	#13[V]	#14[V]	#15[V]	#16[V]
0	9,25	9,88	9,99	9,83	9,35	9,36	9,37	9,5
2	9,65	10,48	10,58	10,78	10,52	10,74	10,81	10,61
4	9,79	10,61	10,6	10,65	10,42	10,71	10,76	10,61
6	9,99	10,67	10,63	10,7	10,29	10,56	10,97	10,61
8	10,45	10,67	10,64	10,76	10,22	10,43	10,82	10,7
10	10,7	10,69	10,65	10,41	9,65	9,67	9,79	9,95
12	10,79	10,72	10,66	10,64	9,85	9,87	10,01	10,11
14	10,82	10,73	10,7	10,83	9,93	9,97	10,13	10,26
16	10,87	10,87	10,79	10,85	9,94	9,97	10,24	10,43
18	10,88	10,91	10,79	10,87	10,02	10,16	10,36	10,52
20	10,89	10,92	10,87	10,84	10,13	10,18	10,44	10,65
22	10,92	10,94	10,88	10,91	10,16	10,23	10,54	10,75
24	10,93	10,95	10,9	10,94	10,16	10,33	10,64	10,88
26	11,00	11,04	11,00	11,04	11,02	11,01	11,00	11,01
28	11,12	11,12	11,08	11,03	11,04	11,02	11,12	11,05
30	11,15	11,14	11,1	11,1	11,15	11,05	11,14	11,09

Tiempo de proceso de pre carga = 30 min

4.4.4 Tiempo de estabilización.

Tiempo de espera de 10 minutos.

Tabla 27

Tiempo de estabilización celdas 1-8

TIEMPO DE ESTABILIZACIÓN								
TIEMPO [Min]	NÚMERO DE BATERÍA							
	#1[V]	#2[V]	#3[V]	#4[V]	#5[V]	#6[V]	#7[V]	#8[V]
0	9,99	10,2	10,3	10,36	10,35	10,3	10,29	9,99
2	10,01	10,16	10,3	10,32	10,33	10,32	10,21	10,01

CONTINÚA



4	9,91	10,13	10,24	10,32	10,26	10,27	10,17	9,91
6	9,91	10,11	10,18	10,28	10,24	10,26	10,14	9,91
8	9,85	10,1	10,2	10,29	10,28	10,24	10,14	9,85
10	9,85	10,1	10,2	10,29	10,28	10,24	10,14	9,85

Tiempo de estabilización = 10 min

Tabla 28*Tiempo de estabilización celdas 9-16*

TIEMPO [Min]	TIEMPO DE ESTABILIZACIÓN NÚMERO DE BATERÍA							
	#9[V]	#10[V]	#11[V]	#12[V]	#13[V]	#14[V]	#15[V]	#16[V]
0	10,5	10,42	10,4	10,48	10,47	10,41	10,44	10,34
2	10,45	10,45	10,36	10,45	10,32	10,26	10,32	10,32
4	10,42	10,41	10,27	10,47	10,28	10,31	10,34	10,33
6	10,41	10,42	10,27	10,45	10,24	10,3	10,26	10,24
8	10,36	10,35	10,24	10,49	10,19	10,26	10,24	10,26
10	10,36	10,35	10,24	10,49	10,19	10,26	10,24	10,26

Tiempo de estabilización = 10 min

4.4.5 Carga completa de su capacidad.

Carga controlada de 2 amperios por una hora con una reducción de un amperio al final de su carga.

Tabla 29*Carga completa celdas 1-8*

TIEMPO [Min]	CARGA COMPLETA DE CAPACIDAD NÚMERO DE BATERÍA							
	#1[V]	#2[V]	#3[V]	#4[V]	#5[V]	#6[V]	#7[V]	#8[V]
0	11,36	11,24	11	11	11,3	10,96	11,26	11,24
4	11,37	11,28	11,25	11,27	11,41	11,24	11,4	11,33
8	11,38	11,31	11,27	11,28	11,42	11,31	11,4	11,33
12	11,39	11,31	11,28	11,31	11,42	11,34	11,41	11,37
16	11,39	11,32	11,29	11,33	11,42	11,34	11,41	11,38
20	11,4	11,32	11,3	11,34	11,42	11,34	11,42	11,38
24	11,4	11,32	11,3	11,38	11,43	11,37	11,42	11,4
28	11,41	11,34	11,31	11,38	11,43	11,37	11,43	11,41
32	11,42	11,35	11,32	11,38	11,44	11,4	11,43	11,42
36	11,42	11,36	11,32	11,39	11,44	11,4	11,44	11,42
40	11,42	11,38	11,34	11,4	11,45	11,41	11,44	11,42
44	11,44	11,38	11,35	11,41	11,46	11,42	11,47	11,43

CONTINÚA



48	11,46	11,38	11,37	11,41	11,46	11,43	11,47	11,44
52	11,47	11,39	11,37	11,45	11,47	11,43	11,49	11,45
56	11,51	11,43	11,38	11,49	11,49	11,44	11,51	11,49
60	11,36	11,24	11	11	11,3	10,96	11,26	11,24
Tiempo de carga= 60min								

Tabla 30*Carga completa celdas 9-16*

TIEMPO [Min]	CARGA COMPLETA DE CAPACIDAD NÚMERO DE BATERÍA							
	#9[V]	#10[V]	#11[V]	#12[V]	#13[V]	#14[V]	#15[V]	#16[V]
0	10,96	10,93	10,93	10,92	10,93	10,91	10,99	11,06
4	11,02	11,04	11,02	10,99	11,06	11,1	11,09	11,14
8	11,02	11,05	11,02	11,01	11,1	11,11	11,11	11,16
12	11,03	11,05	11,05	11,02	11,11	11,12	11,13	11,17
16	11,04	11,07	11,06	11,02	11,12	11,12	11,13	11,17
20	11,04	11,07	11,06	11,04	11,12	11,13	11,14	11,18
24	11,06	11,08	11,06	11,05	11,13	11,13	11,14	11,19
28	11,07	11,09	11,07	11,05	11,13	11,13	11,14	11,19
32	11,07	11,09	11,08	11,07	11,14	11,14	11,17	11,2
36	11,07	11,09	11,08	11,07	11,15	11,15	11,17	11,21
40	11,08	11,1	11,08	11,08	11,16	11,15	11,18	11,22
44	11,08	11,1	11,09	11,08	11,16	11,16	11,19	11,23
48	11,09	11,12	11,1	11,08	11,18	11,17	11,19	11,24
52	11,11	11,14	11,11	11,09	11,19	11,18	11,2	11,26
56	11,11	11,15	11,13	11,1	11,21	11,19	11,2	11,27
60	11,12	11,15	11,14	11,11	11,21	11,19	11,22	11,28
Tiempo de carga= 60 min								

4.4.6 Análisis de capacidad de real

Descarga controlada a 1 Amperio por dos horas.

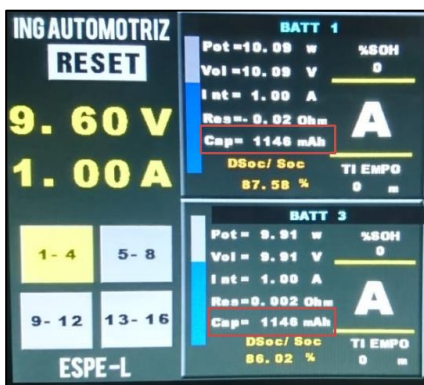


Figura 56. Análisis de capacidad real

El proceso de análisis de capacidad, mostrara la capacidad de las celdas de batería en tiempo real.

Tabla 31

Carga de análisis de capacidad real 1-8

ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE REAL								
TIEMPO	NÚMERO DE BATERÍA							
[Min]	#1[V]	#2[V]	#3[V]	#4[V]	#5[V]	#6[V]	#7[V]	#8[V]
0	9,43	9,92	10,11	9,6	10,45	10,09	10,27	10,23
6	8,82	9,62	9,07	9,28	9,02	9,57	9,87	9,86
12	8,47	9,51	9,01	8,15	8,58	9,43	9,59	9,62
18	8,39	9,32	8,96	7,11	7,72	9,24	9,12	9,34
24	8,35	9,2	8,65	4,97	5,12	7,99	6,15	9,09
30	7,95	8,14	8,42	3,02	3,12	5,56	5,12	8,66
36	7,97	7,09	7,06			3,13	3,14	8,25
42	7,37	5,16	5,47					8,22
48	5,38	3,11	3,01					3,23
54	4,92							
60	3,11							

Tiempo de descarga= 60 min

Tabla 32

Carga de análisis de capacidad real 9-16

ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE REAL								
TIEMPO	NÚMERO DE BATERÍA							
[Min]	#9[V]	#10[V]	#11[V]	#12[V]	#13[V]	#14[V]	#15[V]	#16[V]
0	9,23	9,92	10,11	9,6	10,45	10,09	10,27	10,23
6	8,92	9,62	9,07	9,28	9,02	9,57	9,87	9,86

CONTINUÍA



12	8,7	9,2	8,65	8,15	8,58	9,43	9,59	9,62
18	7,37	7,09	7,06	7,11	8,09	9,24	9,12	9,34
24	5,38	5,16	5,47	4,97	7,89	9,21	8,96	9,09
30	3,32	3,11	3,01	3,02	7,72	8,92	8,95	8,66
36					5,12	5,56	6,15	8,25
42					3,12	3,13	5,12	5,71
48								3,23

Tiempo de descarga= 48 min

4.4.7 Resultados finales prueba T1

El final del proceso mostró los resultados siguientes



Figura 57. Resultados finales prueba T1

Tabla 33

Resultados finales prueba T1

ESTADO DE LAS CELDAS			
BATERÍA	SoH [%]	Tiempo [min]	Categorización final
1	83,5	95	B
2	80,1	87	C
3	80	87	C
4	69,1	80	C
5	65,5	55	C
6	68,6	58	C
7	75,1	63	C
8	78,5	86	C
9	38	25	X
10	37,5	24	X
11	36	20	X
12	25,5	21	X
13	69	62	C
14	74	55	C

CONTINÚA



15	48,8	45	X
16	47,5	65	C

4.5 Mantenimiento automatizado prueba T2

4.5.1 Descarga de equilibrio.

Descarga controlada a 1 amperio al 40 % del valor de tensión nominal.

Tabla 34

Descarga de equilibrio celdas 1-8

DESCARGA DE EQUILIBRIO								
TIEMPO [Min]	NÚMERO DE BATERÍA							
	#1[V]	#2[V]	#3[V]	#4[V]	#5[V]	#6[V]	#7[V]	#8[V]
0	9,33	9,95	9,95	9,63	9,92	9,91	9,74	9,69
2	9,12	9,8	9,78	9,42	9,66	9,68	9,46	9,52
4	8,86	9,75	9,56	9,2	9,43	9,42	9,2	9,37
6	8,34	9,64	9,45	8,96	9,08	9,23	8,83	9,21
8	6,29	9,62	9,43	8,7	8,64	8,92	7,56	9,05
10	5,27	9,53	9,25	8	6,15	7,3	5,92	8,66
12	4,2	9,53	9,16	8,5	5,92	5,92	4,02	7,41
14		9,48	8,97	8,1	4,45	4,21		6,47
16		9,42	8,77	7,1				4,24
18		8,9	6,75	6,6				
20		8,77	4,2	4,30				
22		8,32						
24		7,29						
26		4,05						
Tiempo de descarga= 26 min								

Tabla 35

Descarga de equilibrio celdas 9-16

DESCARGA DE EQUILIBRIO								
TIEMPO [Min]	NÚMERO DE BATERÍA							
	#9[V]	#10[V]	#11[V]	#12[V]	#13[V]	#14[V]	#15[V]	#16[V]
0	10,07	9,77	9,92	9,62	9,78	9,77	9,83	9,78
2	9,92	9,61	9,73	9,37	9,53	9,64	9,58	9,6
4	9,68	9,35	9,47	8,92	9,34	9,55	9,47	9,39
6	9,64	8,95	8,48	8,05	9,02	9,43	9,3	9,06
8	9,53	7,34	8,01	7,56	8,75	9,4	9,23	8,77
10	9,06	5,09	7,31	6,98	6,99	9,33	8,96	7,01

CONTINÚA



12	4,57	6,21	6,15	9,35	8,86	4,24
14	4,15	4,1	4,3	8,87	7,29	
16				8,98	6,57	
18				8,33	4,1	
20				7,56		
22				6,97		
24				4,56		

Tiempo de descarga= 24 min

4.5.2 Descarga a la capacidad mínima

Descarga al 15 % del valor de tensión nominal a una corriente de 0.5 Amperios

Tabla 36

Descarga a la tensión mínima celdas 1-8

DESCARGA A LA TENSIÓN MÍNIMA								
TIEMPO [Min]	NÚMERO DE BATERÍA							
	#1[V]	#2[V]	#3[V]	#4[V]	#5[V]	#6[V]	#7[V]	#8[V]
0	8,92	6,48	8,81	8,79	8,84	9,12	9	8,86
2	8,47	6,42	8,36	8,34	7,8	8,67	8,63	8,49
4	8,42	4,27	7,93	7,83	6,01	7,17	7,17	7,13
6	8,39	2,95	5,47	4,52	5,37	5,7	5,99	6,65
8	8,21		3,78		3,75	4,86	5,61	5,64
10	8,01				3,25	3,84	3,72	3,59
12	4,29					3,59	3,61	3,3
14	2,98					3,79	3,6	3,28

Tiempo de descarga= 14 min

Tabla 37

Descarga a la tensión mínima celdas 9-16

DESCARGA A LA TENSIÓN MÍNIMA								
TIEMPO [Min]	NÚMERO DE BATERÍA							
	#9[V]	#10[V]	#11[V]	#12[V]	#13[V]	#14[V]	#15[V]	#16[V]
0	9,65	9,29	9,53	9,38	8,99	8,94	8,84	8,99
2	9,04	8,78	8,77	8,89	8,62	8,5	8,43	8,61
4	8,31	7,91	5,82	8,26	8,15	8,17	7,99	7,88
6	5,55	6,59	3,95	6,69	5,85	7,32	5,53	6,51
8	4,39	2,54	2,98	2,95	4,57	6,78	2,84	5,32
10	1,85				4,34	5,94		3,05
12					3,54	4,99		
14					2,62			

Tiempo de descarga= 14min

4.5.3 Precarga de restauración

Carga controlada de un amperio por 30 min estimando un valor máximo del 120 % de la tensión nominal.

Tabla 38

Precarga de restauración celdas 1-8

PRECARGA DE RESTAURACIÓN								
TIEMPO [Min]	NÚMERO DE BATERÍA							
	#1[V]	#2[V]	#3[V]	#4[V]	#5[V]	#6[V]	#7[V]	#8[V]
0	9,44	9,41	9,43	9,35	9,48	9,63	9,53	9,15
2	10,2	10,16	10,23	10,32	10,4	10,48	10,32	10,18
4	10,22	10,16	10,16	10,27	10,39	10,37	10,35	10,18
6	10,27	10,21	10,27	10,29	10,46	10,42	10,39	10,19
8	10,31	10,17	10,2	10,18	10,71	10,76	10,6	10,26
10	10,31	10,25	10,29	10,3	10,44	10,48	10,33	10,18
12	10,33	10,24	10,24	10,35	10,52	10,42	10,39	10,18
14	10,35	10,25	10,32	10,35	10,47	10,49	10,4	10,2
16	10,4	10,35	10,27	10,4	10,5	10,48	10,4	10,28
18	10,44	10,41	10,42	10,46	10,57	10,53	10,46	10,26
20	10,51	10,42	10,44	10,55	10,69	10,59	10,52	10,39
22	10,52	10,41	10,45	10,47	10,59	10,57	10,53	10,32
24	10,95	10,75	10,77	10,93	10,69	10,61	10,54	10,42
26	10,95	10,75	10,77	10,93	10,69	10,61	10,54	10,42
28	10,96	10,76	10,78	10,93	10,69	10,61	10,54	10,42
30	10,96	10,76	10,78	10,94	10,70	10,62	10,55	10,43

Tiempo de pre carga= 30min

Tabla 39

Precarga de restauración celdas 9-16

PRECARGA DE RESTAURACIÓN								
TIEMPO [Min]	NÚMERO DE BATERÍA							
	#9[V]	#10[V]	#11[V]	#12[V]	#13[V]	#14[V]	#15[V]	#16[V]
0	10,26	10,2	10,29	8,81	9,57	9,65	9,7	9,67
2	10,6	10,56	10,35	10,45	10,39	10,22	10,28	10,42
4	10,57	10,46	10,27	10,47	10,34	10,19	10,27	10,38
6	10,6	10,47	10,44	10,35	10,37	10,24	10,29	10,46
8	10,74	10,79	10,7	9,35	10,58	10,11	10,31	10,62
10	10,64	10,52	10,35	10,45	10,34	10,22	10,26	10,45
12	10,61	10,6	10,5	10,16	10,43	10,3	10,39	10,54
14	10,57	10,52	10,4	10,32	10,43	10,22	10,3	10,43
16	10,65	10,5	10,5	10,32	10,44	10,28	10,34	10,45
18	10,69	10,62	10,53	10,16	10,48	10,36	10,41	10,52
20	10,75	10,67	10,69	9,98	10,59	10,44	10,48	10,67

CONTINÚA



22	10,66	10,64	10,59	10,12	10,52	10,37	10,49	10,57
24	10,59	10,6	10,6	9,76	10,6	10,87	10,55	10,61
26	10,59	10,6	10,6	9,76	10,6	10,87	10,55	10,61
28	10,59	10,6	10,6	9,76	10,6	10,87	10,55	10,61
30	10,60	10,61	10,61	9,77	10,6	10,87	10,55	10,62

Tiempo de pre carga= 30 min

4.5.4 Tiempo de estabilización.

Tiempo de espera de 10 minutos

Tabla 40

Tiempo de estabilización celdas 1-8

TIEMPO [Min]	TIEMPO DE ESTABILIZACIÓN NÚMERO DE BATERÍA							
	#1[V]	#2[V]	#3[V]	#4[V]	#5[V]	#6[V]	#7[V]	#8[V]
2	10,15	10,04	10,1	10,1	10,24	10,29	10,19	10
4	10,08	10,01	10,08	10,12	10,27	10,22	10,21	10,01
6	10,12	10,04	10,13	10,13	10,24	10,22	10,18	10,1
8	10,14	10,07	10,2	10,16	10,35	10,25	10,12	10,05
10	10,09	10,11	10,16	10,18	10,29	10,25	10,18	9,97

Tiempo de estabilización= 10 min

Tabla 41

Tiempo de estabilización celdas 9-16

TIEMPO [Min]	TIEMPO DE ESTABILIZACIÓN NÚMERO DE BATERÍA							
	#9[V]	#10[V]	#11[V]	#12[V]	#13[V]	#14[V]	#15[V]	#16[V]
2	10,39	10,3	10,15	10,3	10,16	10,01	10,1	10,17
4	10,37	10,32	10,11	10,26	10,22	10	10,11	10,19
6	10,42	10,29	10,13	10,19	10,19	10,09	10,11	10,24
8	10,41	10,32	10,17	10,23	10,2	10,04	10,08	10,25
10	10,43	10,3	10,13	10,14	10,2	10,04	10,08	10,23

Tiempo de estabilización= 10 min

4.5.5 Carga completa de su capacidad.

Carga controlada de 2 amperios por una hora con una reducción de un amperio al final de su carga.

Tabla 42

Carga completa celdas 1-8

CARGA COMPLETA DE CAPACIDAD								
TIEMPO	NÚMERO DE BATERÍA							
[Min]	#1[V]	#2[V]	#3[V]	#4[V]	#5[V]	#6[V]	#7[V]	#8[V]
0	10,59	10,52	10,59	10,61	10,78	10,86	10,76	10,58
4	11,11	11,1	11,14	11,16	11,23	11,23	11,26	11,27
8	11,26	11,32	11,3	11,3	11,36	11,33	11,38	11,37
12	11,26	11,33	11,32	11,33	11,37	11,41	11,39	11,38
16	11,29	11,34	11,34	11,34	11,41	11,41	11,42	11,41
20	11,32	11,34	11,34	11,35	11,41	11,41	11,44	11,41
24	11,32	11,34	11,34	11,38	11,42	11,42	11,45	11,44
28	11,34	11,37	11,39	11,38	11,45	11,44	11,47	11,45
32	11,35	11,38	11,41	11,4	11,47	11,46	11,49	11,46
36	11,38	11,43	11,43	11,43	11,51	11,48	11,51	11,47
40	11,42	11,44	11,43	11,47	11,52	11,49	11,53	11,47
44	11,43	11,44	11,46	11,47	11,55	11,51	11,55	11,53
48	11,43	11,48	11,5	11,47	11,57	11,56	11,56	11,54
52	11,45	11,51	11,51	11,47	11,58	11,56	11,56	11,55
56	11,5	11,51	11,51	11,52	11,63	11,59	11,57	11,58
60	11,51	11,51	11,52	11,52	11,63	11,59	11,57	11,58

Tiempo de carga= 60 min

Tabla 43

Carga completa celdas 9-16

CARGA COMPLETA DE CAPACIDAD								
TIEMPO	NÚMERO DE BATERÍA							
[Min]	#9[V]	#10[V]	#11[V]	#12[V]	#13[V]	#14[V]	#15[V]	#16[V]
0	10,7	10,65	10,6	10,17	10,56	10,47	10,48	10,59
4	10,94	10,95	10,93	10,2	11,01	10,92	11	11,09
8	11	10,97	11,04	10,23	11,13	11,08	11,16	11,13
12	11,01	11,06	11,07	10,24	11,22	11,11	11,17	11,18
16	11,07	11,07	11,1	10,25	11,23	11,11	11,18	11,2
20	11,1	11,13	11,12	10,27	11,25	11,14	11,2	11,22
24	11,11	11,13	11,14	10,29	11,26	11,15	11,2	11,25
28	11,12	11,14	11,16	10,29	11,27	11,19	11,21	11,25
32	11,15	11,17	11,18	10,31	11,29	11,19	11,23	11,27
36	11,16	11,19	11,19	10,33	11,31	11,2	11,23	11,28

CONTINÚA



40	11,19	11,19	11,19	10,34	11,32	11,2	11,24	11,29
44	11,2	11,2	11,19	10,34	11,32	11,2	11,26	11,32
48	11,23	11,21	11,2	10,34	11,32	11,21	11,28	11,34
52	11,23	11,24	11,26	10,4	11,34	11,26	11,28	11,35
56	11,24	11,24	11,26	10,41	11,35	11,27	11,33	11,35
60	11,25	11,26	11,27	11,01	11,35	11,27	11,33	11,33

Tiempo de Carga= 60 min

4.5.6 Análisis de capacidad de carga.

Descarga controlada a 1 Amperio por dos horas.

Tabla 44

Análisis de capacidad celdas 1-8

DESCARGA DE CONTROL DE CAPACIDAD								
TIEMPO [Min]	NÚMERO DE BATERÍA							
	#1[V]	#2[V]	#3[V]	#4[V]	#5[V]	#6[V]	#7[V]	#8[V]
0	10,01	9,92	10,11	9,6	10,45	10,09	10,27	10,23
6	9,88	9,62	9,07	9,28	9,02	9,57	9,87	9,86
12	9,49	9,51	9,01	8,15	8,58	9,43	9,59	9,62
18	8,38	9,32	8,96	7,11	7,72	9,24	9,12	9,34
24	8,14	9,2	8,65	4,97	5,12	7,99	6,15	9,09
30	8,09	8,14	8,42	3,02	3,12	5,56	5,12	8,66
36	8,07	7,09	7,06			3,13	3,14	8,61
42	7,95	5,16	5,47					8,59
48	7,97	3,11	3,01					8,45
54	7,37							8,25
60	5,38							8,22
66	4,72							3,23
72	4,50							

Tiempo de descarga= 72 min

Tabla 45

Análisis de capacidad celdas 9-16

DESCARGA DE CONTROL DE CAPACIDAD								
TIEMPO [Min]	NÚMERO DE BATERÍA							
	#9[V]	#10[V]	#11[V]	#12[V]	#13[V]	#14[V]	#15[V]	#16[V]
0	9,23	9,92	10,11	9,6	10,45	10,09	10,27	10,23
6	8,92	9,62	9,07	9,28	9,02	9,57	9,87	9,86
12	8,7	9,2	8,65	8,15	8,58	9,43	9,59	9,62
18	7,37	7,09	7,06	7,11	8,09	9,24	9,12	9,34
24	5,38	5,16	5,47	4,97	7,89	9,21	8,96	9,09

CONTINÚA



30	3,41	3,12	3,01	3,03	7,72	8,92	8,95	8,66
36	3,31				5,12	5,56	6,15	8,25
42					3,12	3,13	5,12	5,71
48								4,24
54								4,01
56								3,9
58								3.85
60								3.5
Tiempo de descarga= 60 min								

4.5.7 Resultados finales prueba T2

Tabla 46

Resultados prueba T2

ESTADO DE LAS CELDAS			
BATERÍA	SoH [%]	Tiempo [min]	Categorización final
1	85,8	100	B
2	83,2	90	B
3	80,2	90	B
4	74,1	86	C
5	70,5	59	C
6	70,2	60	C
7	75,5	66	C
8	84	91	B
9	38,5	26	X
10	38	25	X
11	36,1	20	X
12	26	21	X
13	70	62	C
14	74,1	58	C
15	78,2	60	C
16	80,1	90	B

4.6 Mantenimiento automatizado prueba T3

4.6.1 Descarga de equilibrio.

Descarga controlada de 1 amperio al 40 % del valor de tensión nominal

Tabla 47*Descarga de equilibrio celdas 1-8*

TIEMPO [Min]	DESCARGA DE EQUILIBRIO							
	NÚMERO DE BATERÍA							
	#1[V]	#2[V]	#3[V]	#4[V]	#5[V]	#6[V]	#7[V]	#8[V]
0	10	9,86	9,63	9,73	9,65	9,82	9,56	10,11
2	9,92	9,72	9,59	9,66	9,55	9,76	9,51	10,07
4	9,79	9,66	9,51	9,58	9,43	9,65	9,42	10,03
6	9,5	9,54	9,43	9,41	9,28	9,55	9,26	9,89
8	9,46	9,51	9,4	9,33	9,18	9,47	9,2	9,81
10	9,4	9,48	9,33	9,21	9,01	9,42	9,13	9,77
12	9,33	9,42	9,24	8,91	8,57	9,19	8,97	9,65
14	9,15	9,18	9,05	7,19	7,03	7,9	7,59	9,48
16	8,98	9,06	8,88	6,47	5,89	7,67	7,46	9,27
18	8,85	8,8	8,53	6,37	5,58	7,31	7,29	8,39
20	8,06	7,79	8,01	6,13	3,61	6,01	4,15	4,82
22	5,05	4,9	4,49	5,7		4,43		3,58
24	4,27			4,41		4,62		4,8

Tiempo de descarga= 24 min

Tabla 48*Descarga de equilibrio celdas 9-16*

TIEMPO [Min]	DESCARGA DE EQUILIBRIO							
	NÚMERO DE BATERÍA							
	#9[V]	#10[V]	#11[V]	#12[V]	#13[V]	#14[V]	#15[V]	#16[V]
2	9,95	10,04	9,66	9,5	9,68	9,6	9,76	9,95
4	9,9	10,02	9,63	9,37	9,64	9,54	9,64	9,9
6	9,84	9,93	9,58	9,31	9,56	9,38	9,57	9,84
8	9,67	9,86	9,54	9,18	9,48	9,3	9,46	9,67
10	9,64	9,79	9,48	9,06	9,41	9,26	9,41	9,64
12	9,54	9,75	9,45	8,98	9,37	9,19	9,33	9,54
14	9,43	9,68	9,41	8,9	9,3	9,1	9,21	9,43
16	9,18	9,58	9,26	8,56	9,1	8,85	8,96	9,18
18	8,76	9,4	9,12	7,61	9,03	8,72	8,81	8,76
20	8,15	8,83	8,99	5,8	8,89	8,48	8,01	8,15
22	6,97	4,88	8,77	4,57	8,5	6,82	7,1	6,97
24	5,35	3,68	8,35	3,31	7,42	5,1	5,82	5,35
26		3,49	4,47	2,56	2,75	2,55	3,59	2,73

Tiempo de descarga 26 min

4.6.2 Descarga a la capacidad mínima

Descarga al 15 % del valor de tensión nominal a una corriente de 0.5 Amperios.

Tabla 49

Descarga a la capacidad mínima celdas 1-8

DESCARGA A LA TENSIÓN MÍNIMA								
TIEMPO	NÚMERO DE BATERÍA							
[Min]	#1[V]	#2[V]	#3[V]	#4[V]	#5[V]	#6[V]	#7[V]	#8[V]
2	8,92	6,48	8,81	8,79	8,84	9,12	9	8,86
4	8,47	6,42	8,36	8,34	7,8	8,67	8,63	8,49
6	8,01	4,27	7,93	7,83	6,01	7,17	7,17	7,13
8	4,29	2,95	5,47	4,52	5,37	5,7	5,99	6,65
10	2,98		3,78		3,75	4,86	5,61	5,64
12					3,25	3,84	3,72	3,59
14						3,59	3,61	3,3
16						3,79	3,6	3,28
Tiempo de descarga 16 min								

Tabla 50

Descarga a la capacidad mínima celdas 9-16

DESCARGA A LA TENSIÓN MÍNIMA								
TIEMPO	NÚMERO DE BATERÍA							
[Min]	#9[V]	#10[V]	#11[V]	#12[V]	#13[V]	#14[V]	#15[V]	#16[V]
2	9,65	9,29	9,53	9,38	8,99	8,94	8,84	8,99
4	9,04	8,78	8,77	8,89	8,62	8,5	8,43	8,61
6	8,31	7,91	5,82	8,26	8,15	8,17	7,99	7,88
8	5,55	6,59	3,95	6,69	5,85	7,32	5,53	6,51
10	4,39	3,54	3,98	4,96	4,57	6,78	2,84	5,32
12	3,85		3,85	4,12	4,34	5,94		3,05
14	3,5		2,93		3,54	4,99		
16	3,05		1,56		2,62			
Tiempo de descarga 16 min								

4.6.3 Precarga de restauración

Carga controlada de un amperio por 30 min estimando un valor máximo del 120 % de la tensión nominal.

Tabla 51

Precarga de restauración celdas 1-8

PRECARGA DE RESTAURACIÓN								
TIEMPO [Min]	NÚMERO DE BATERÍA							
	#1[V]	#2[V]	#3[V]	#4[V]	#5[V]	#6[V]	#7[V]	#8[V]
2	9,44	9,41	9,43	9,35	9,48	9,63	9,53	9,15
4	10,2	10,16	10,23	10,32	10,4	10,48	10,32	10,18
6	10,22	10,16	10,16	10,27	10,39	10,37	10,35	10,18
8	10,89	10,85	10,78	10,71	10,41	10,83	10,79	10,6
10	10,89	10,86	10,81	10,75	10,42	10,83	10,84	10,62
12	10,9	10,9	10,81	10,77	10,47	10,83	10,85	10,63
14	10,91	10,92	10,82	10,77	10,47	10,84	10,85	10,66
16	10,94	10,92	10,83	10,77	10,48	10,88	10,86	10,67
18	10,95	10,94	10,83	10,79	10,51	10,89	10,87	10,7
20	10,96	10,95	10,85	10,82	10,51	10,89	10,87	10,7
22	10,97	10,96	10,87	10,83	10,52	10,9	10,88	10,77
24	10,99	10,97	10,88	10,84	10,53	10,9	10,89	10,77
26	11,02	10,98	10,93	10,89	10,55	10,92	10,89	10,78
28	11,02	11	10,94	10,9	10,56	10,93	10,95	10,81
30	11,02	11	10,94	10,9	10,56	10,93	10,95	10,81

Tiempo de proceso 30 min

Tabla 52*Precarga de restauración celdas 9-16*

PRECARGA DE RESTAURACIÓN								
TIEMPO [Min]	NÚMERO DE BATERÍA							
	#9[V]	#10[V]	#11[V]	#12[V]	#13[V]	#14[V]	#15[V]	#16[V]
2	9.52	9.6	9.7	9.5	9.8	9.1	9.2	9.3
4	9,44	9,41	9,43	9,35	9,48	9,63	9,53	9,15
6	10,2	10,16	10,23	10,32	10,4	10,48	10,32	10,18
8	10,22	10,16	10,16	10,27	10,39	10,37	10,35	10,18
10	10,57	10,62	9,98	10,61	10,71	10,65	10,71	10,57
12	10,59	10,62	9,98	10,62	10,71	10,68	10,73	10,59
14	10,6	10,64	9,98	10,65	10,71	10,68	10,77	10,6
16	10,63	10,67	9,98	10,67	10,72	10,69	10,78	10,63
18	10,64	10,67	9,98	10,69	10,72	10,71	10,79	10,64
20	10,66	10,69	9,98	10,71	10,74	10,72	10,81	10,66
22	10,66	10,72	9,98	10,74	10,76	10,74	10,82	10,66
24	10,67	10,73	9,98	10,77	10,78	10,77	10,82	10,67
26	10,69	10,73	9,99	10,8	10,79	10,77	10,83	10,69
28	10,69	10,73	9,99	10,8	10,79	10,77	10,83	10,69
30	10,69	10,73	9,99	10,8	10,79	10,77	10,83	10,69

Tiempo de proceso 30 min

4.6.4 Tiempo de estabilización.

Tiempo de espera de 10 minutos

Tabla 53

Tiempo de estabilización celdas 1-8

TIEMPO DE ESTABILIZACIÓN								
TIEMPO [Min]	NÚMERO DE BATERÍA							
	#1[V]	#2[V]	#3[V]	#4[V]	#5[V]	#6[V]	#7[V]	#8[V]
2	10,86	10,81	10,75	10,42	10,83	10,84	10,62	10,55
4	10,85	10,78	10,71	10,41	10,83	10,79	10,6	10,5
6	10,85	10,77	10,71	10,4	10,8	10,79	10,59	10,49
8	10,84	10,75	10,69	10,39	10,79	10,78	10,57	10,49
10	10,83	10,75	10,67	10,35	10,76	10,76	10,56	10,48

Tabla 54

Tiempo de estabilización celdas 9-16

TIEMPO DE ESTABILIZACIÓN								
TIEMPO [Min]	NÚMERO DE BATERÍA							
	#9[V]	#10[V]	#11[V]	#12[V]	#13[V]	#14[V]	#15[V]	#16[V]
2	10,62	10,55	10,61	9,98	10,6	10,69	10,65	10,71
4	10,6	10,5	10,59	9,97	10,59	10,68	10,64	10,71
6	10,49	10,49	10,57	9,77	10,59	10,67	10,64	10,69
8	10,47	10,49	10,57	9,67	10,57	10,67	10,6	10,64
10	10,16	10,48	10,53	9,42	10,57	10,66	10,58	10,64

4.6.5 Carga completa de su capacidad.

Carga controlada de 2 amperios por una hora con una reducción de un amperio al final de su carga.

Tabla 55

Carga completa celdas 1-8

CARGA COMPLETA DE CAPACIDAD								
TIEMPO [Min]	NÚMERO DE BATERÍA							
	#1[V]	#2[V]	#3[V]	#4[V]	#5[V]	#6[V]	#7[V]	#8[V]
0	10,96	10,95	10,85	10,82	10,51	10,89	10,87	10,7

CONTINÚA



4	10,97	10,96	10,87	10,83	10,52	10,9	10,88	10,77
8	10,99	10,97	10,88	10,84	10,53	10,9	10,89	10,77
12	11,02	10,98	10,93	10,89	10,55	10,92	10,89	10,78
16	11,02	11	10,94	10,9	10,56	10,93	10,95	10,81
20	11,02	11,01	10,94	10,92	10,63	10,96	10,96	10,83
24	11,03	11,02	10,94	10,94	10,64	10,98	10,98	10,83
28	11,04	11,03	10,95	10,95	10,66	10,99	10,98	10,84
32	11,05	11,03	10,95	10,95	10,67	11,03	10,99	10,84
36	11,05	11,07	10,97	10,97	10,67	11,03	10,99	10,85
40	11,06	11,07	10,98	10,97	10,69	11,04	11,04	10,86
44	11,07	11,07	11,03	11,01	10,69	11,09	11,05	10,88
48	11,11	11,1	11,07	11,04	10,73	11,12	11,07	10,91
52	11,15	11,12	11,11	11,13	10,76	11,13	11,07	10,92
56	11,17	11,24	11,18	11,14	10,81	11,19	11,17	11
60	11,17	11,24	11,18	11,14	10,81	11,19	11,17	11

Tiempo de carga 60 min

Tabla 56*Carga completa celdas 9-16*

CARGA COMPLETA DE CAPACIDAD								
TIEMPO [Min]	NÚMERO DE BATERÍA							
	#9[V]	#10[V]	#11[V]	#12[V]	#13[V]	#14[V]	#15[V]	#16[V]
0	10,77	10,66	10,69	9,98	10,71	10,74	10,72	10,81
4	10,77	10,66	10,72	9,98	10,74	10,76	10,74	10,82
8	10,78	10,67	10,73	9,98	10,77	10,78	10,77	10,82
12	10,81	10,69	10,73	9,99	10,8	10,79	10,77	10,83
16	10,83	10,7	10,77	9,99	10,8	10,82	10,83	10,84
20	10,83	10,71	10,79	9,99	10,82	10,82	10,84	10,87
24	10,84	10,71	10,81	9,99	10,83	10,82	10,85	10,89
28	10,84	10,79	10,81	9,99	10,84	10,83	10,85	10,9
32	10,85	10,79	10,82	10	10,88	10,84	10,89	10,97
36	10,86	10,8	10,82	10	10,88	10,84	10,89	10,98
40	10,88	10,81	10,84	10	10,91	10,86	10,91	11
44	10,91	10,85	10,9	10	10,95	10,87	10,95	11,01
48	10,92	10,85	10,9	10,01	10,97	10,91	11,02	11,01
52	11	10,86	11,01	10,01	11,01	10,94	11,03	11,06
56	11,04	10,92	11,04	10,02	11,1	10,97	11,12	11,15
60	11,04	10,92	11,04	10,02	11,1	10,97	11,12	11,15

Tiempo de carga 60 min

4.6.6 Análisis de capacidad de carga.

Descarga controlada de 1 Amperio por dos horas.

Tabla 57

Análisis de capacidad de celdas 1-8

ANÁLISIS DE CAPACIDAD								
TIEMPO [Min]	NÚMERO DE BATERÍA							
	#1[V]	#2[V]	#3[V]	#4[V]	#5[V]	#6[V]	#7[V]	#8[V]
0	9,44	9,51	9,39	9,33	9,08	9,43	9,16	9,08
6	9,41	9,5	9,33	9,21	8,88	9,31	9,08	8,88
12	9,37	9,45	9,29	9,17	7,83	9,19	8,94	7,83
18	9,33	9,4	9,2	8,88	7,51	9,08	8,69	7,51
24	9,23	9,34	9,16	7,85	7,36	8,18	7,63	7,36
30	9,21	9,25	9,09	7,66	6,05	7,78	7,53	6,05
36	9,09	9,1	8,95	6,54	4,45	6,38	6,63	4,45
42	8,6	8,63	8,45	6,16	3,49	5,79	4,56	3,49
48	7,33	7,64	7,42	5,07	3,37	4,43	3,38	3,37
54	7,1	4,9	4,49	3,58	3,35	3,7	3,31	3,35
60	7,05	4,51	4,1					
66	6,98	3,59	3,42					
72	5,05							
78	4,66							
84	3,59							

Tiempo de descarga 84 min

Tabla 58

Análisis de capacidad de celdas 9-16

ANÁLISIS DE CAPACIDAD								
TIEMPO [Min]	NÚMERO DE BATERÍA							
	#9[V]	#10[V]	#11[V]	#12[V]	#13[V]	#14[V]	#15[V]	#16[V]
0	9,44	9,02	9,5	9,18	9,03	9,41	9,26	9,4
6	6,88	7,41	6,97	8,86	8,99	9,37	9,23	9,36
12	4,77	5,95	4,42	8,65	8,95	9,34	9,18	9,28
18	3,58	5,35	3,68	8,35	8,88	9,28	9,08	9,17
24	3,53	4,41	3,66	7,62	8,77	9,26	9,03	9,12
30					8,67	9,18	8,97	9,09
36					8,1	9,08	8,83	8,95
42					4,78	8,79	7,83	7,35
48					4,38	8,46	5,8	6,76
54					3,31	7,42	5,1	5,82

CONTINÚA



60	3,58	3,78	3,89
66			3,64
Tiempo de descarga = 66 min			

4.6.7 Resultados finales prueba T3

Tabla 59

Estado de las celdas

ESTADO DE LAS CELDAS			
BATERÍA	SoH [%]	Tiempo [min]	Categorización final
1	92,1	108	A
2	85,2	95	B
3	82,3	92	B
4	75,6	88	C
5	73,6	60	C
6	72,1	62	C
7	78,7	66	C
8	84,3	95	B
9	39,5	26	X
10	38,6	25	X
11	36,9	21	X
12	26,6	22	X
13	75,6	63	C
14	74,7	61	C
15	78,4	64	C
16	84,9	94	B

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En este apartado se analiza el comportamiento de las celdas de batería, al haberla sometido a las pruebas experimentales basadas en procesos de carga y descarga automatizadas, se realizó tres pruebas automatizadas de carga y descarga con corriente y tiempo controlados, para los cuales se analizó el estado de las baterías tras cada prueba.

5.1 Análisis de pérdida de capacidad

El primer análisis fue identificar si existió una celda que perdiese su voltaje al que fue cargado, en el tiempo de estabilización, por debajo de la tensión nominal de celda, o si esta desciende más de 0.2V sin someterla a una carga ni descarga, ya que eso muestra un mal estado de la celda.

Dos celdas mostraron tal daño

Tabla 60

Perdida de capacidad

Celda de batería	Pérdida de capacidad		
	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
9	Si	Si	Si
12	Si	Si	Si

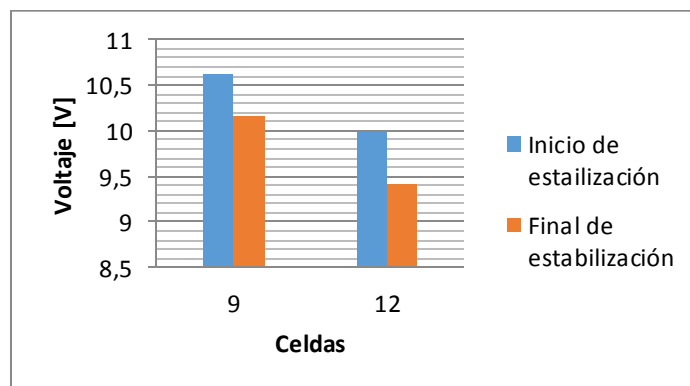


Figura 58. Análisis en la etapa de estabilización

5.2 Análisis de tiempo de descarga

El tiempo de descarga fue valorado en la descarga de medición de capacidad, este proceso de descarga pretende mostrar el estado actual de la batería

Tabla 61

Tiempo de descarga

Celda de batería	Tiempo de descarga		
	Prueba 1 [Min]	Prueba 2 [Min]	Prueba 3 [Min]
1	95	100	108
2	87	90	95
3	87	90	92
4	80	86	88
5	55	59	60
6	58	60	62
7	63	66	66
8	86	91	95
9	25	26	26
10	24	25	25
11	20	20	21
12	21	21	22
13	62	62	63
14	55	58	61
15	58	60	64
16	85	90	94

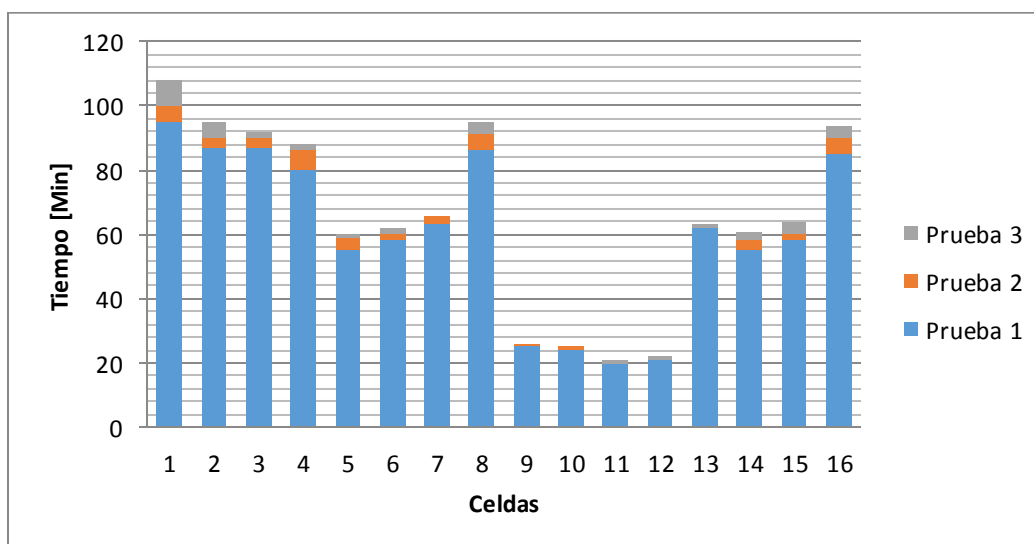


Figura 59. Análisis de tiempo de descarga por prueba

Con relación a los procesos efectuados, se pudo visualizar una mejoría notable en la celda número 1, en cuanto a su tiempo de descarga, siendo esta la que cuenta con mayor tiempo de descarga.

Las celdas 2, 3, 8, 16, mostraron mejoría en su estado, teniendo poca dispersión entre sus tiempos de descarga.

El parámetro de tiempo de descarga, influye directamente en el la capacidad que posee la celda, y es un factor vital para determinar la mejoría en las celdas que pueden ser recuperadas mediante procesos de carga y descarga.

5.3 Análisis de estado de salud

El estado de salud fue tomado en la finalización de cada proceso de mantenimiento, para lo que se tomó el dato del analizador de baterías por celda, cuando todas las celdas terminaron su valoración

Tabla 62
Estado de salud

Celda de batería	Estado de salud		
	Prueba 1 [%]	Prueba 2 [%]	Prueba 3 [%]
1	83,5	85,8	92,1
2	80,1	83,2	85,2
3	80	80,2	82,3
4	69,1	74,1	75,6
5	65,5	70,5	73,6
6	68,6	70,2	72,1
7	75,1	75,5	78,7
8	78,5	84	84,3
9	38	38,5	39,5
10	37,5	38	38,6
11	36	36,1	36,9
12	25,5	26	26,6
13	69	70	75,6
14	74	74,1	74,7
15	77,5	78,2	78,4
16	77,2	80,1	84,9

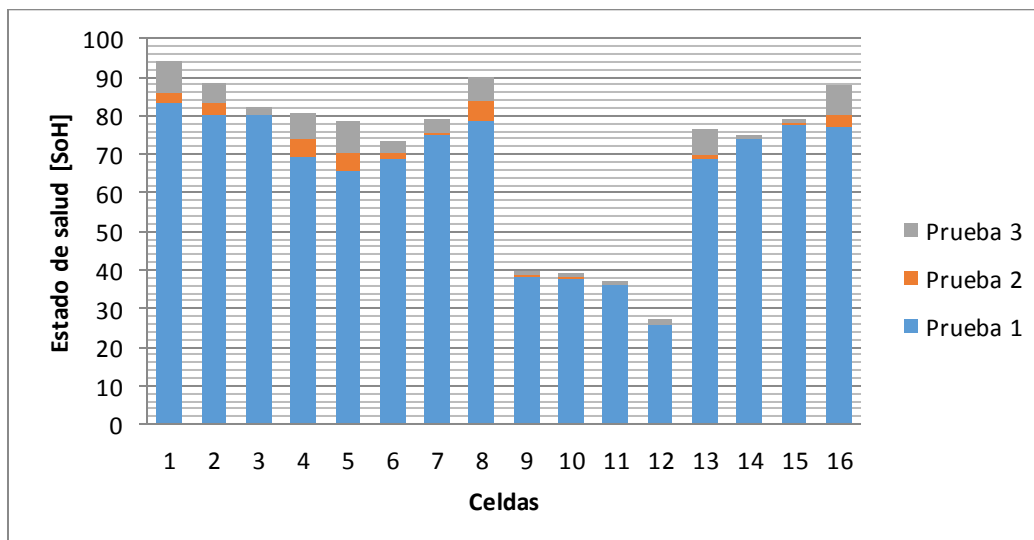


Figura 60. Análisis de estado de salud por prueba

La diferencia de estado de salud por prueba final e inicial arrojaron los resultados mostrados en la tabla.

Tabla 63*Incremento de estado de salud*

Celda de batería	Incremento de estado de salud [%SoH]
1	10,9
2	8,2
3	2,5
4	11,5
5	13,1
6	5,1
7	4
8	11,3
9	2
10	1,6
11	1
12	1,6
13	7,6
14	0,8
15	1,6
16	10,6

Después de la realización de las pruebas experimentales, se pudo notar mejoría en el estado de salud de algunas celdas.

La celda número 1, cuenta con el mayor estado de salud, siendo útil aun en una batería de alta tensión utilizada en un vehículo, esta celda se encontraba próxima al borde de la batería, donde se produce menor intercambio de calor, lo que provocó que dicha celda, no haya sufrido daños mayores a las de la batería en general. Este tipo de celdas renovaron su estado tras la ejecución de procesos automatizados de carga y descarga.

5.4 Categorización de estado

La categorización permite el reagrupamiento de celdas de batería, con lo que se consigue un aumento en la vida útil de la batería del vehículo.

Es una forma accesible de marcar las baterías estudiadas, en base al estado de salud de cada prueba efectuada. Siendo A el mejor estado de celda con un estado de salud superior al 90%, B son aquellas celdas que se encuentran en un rango del 80% al 90% de estado de salud, en la categoría C se incluyen las celdas con estado de salud de %51 a 70%, y con la letra X se marcan las celdas con un estado de salud menor al 50%

Tabla 64
Categorización

CATEGORIZACIÓN POR PROCESO			
Celda de batería	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
1	B	B	A
2	C	B	B
3	C	B	B
4	C	C	C
5	C	C	C
6	C	C	C
7	C	C	C
8	C	B	B
9	X	X	X
10	X	X	X
11	X	X	X
12	X	X	X
13	C	C	C
14	C	C	C
15	C	C	C
16	C	B	B

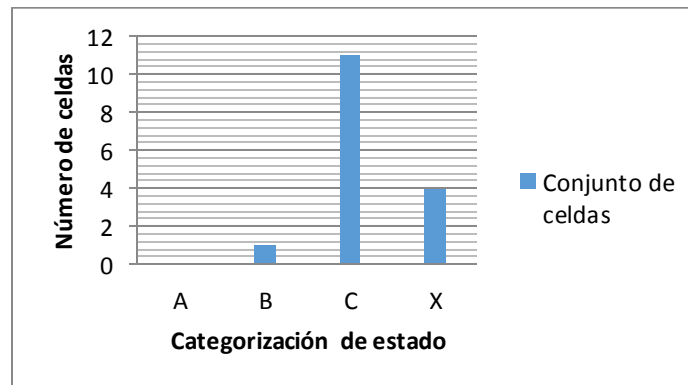


Figura 61. Análisis de categorización inicial

De la muestra de 16 celdas seleccionada, se pudo obtener 12 celdas que poseen vida útil, tras los procesos automatizados de carga y descarga.

De ellas 4 destacan en sus resultados, para poder ser utilizados en el set de baterías completas, pudiendo agrupar las celdas según la muestra.

Tabla 65

Categorización final

Muestra	Categorización final
Celda 1	A
Celda 2	
Celda 3	B
Celda 8	
Celda 16	
Celda 4	C
Celda 5	
Celda 6	
Celda 7	
Celda 13	
Celda 14	X
Celda 15	
Celda 9	
Celda 10	
Celda 11	X
Celda 12	

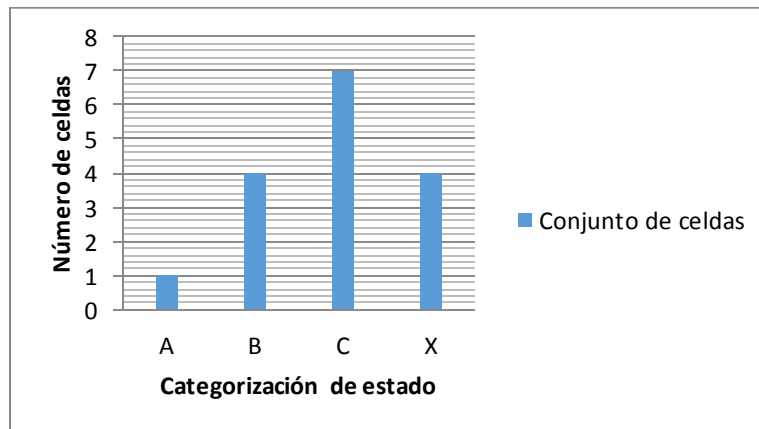


Figura 62. Análisis de categorización final

5.5 Curvas de carga resultantes

Al finalizar las pruebas de mantenimiento se pueden obtener las siguientes graficas de carga por celda, al realizar un proceso de carga al 100% de estado de carga

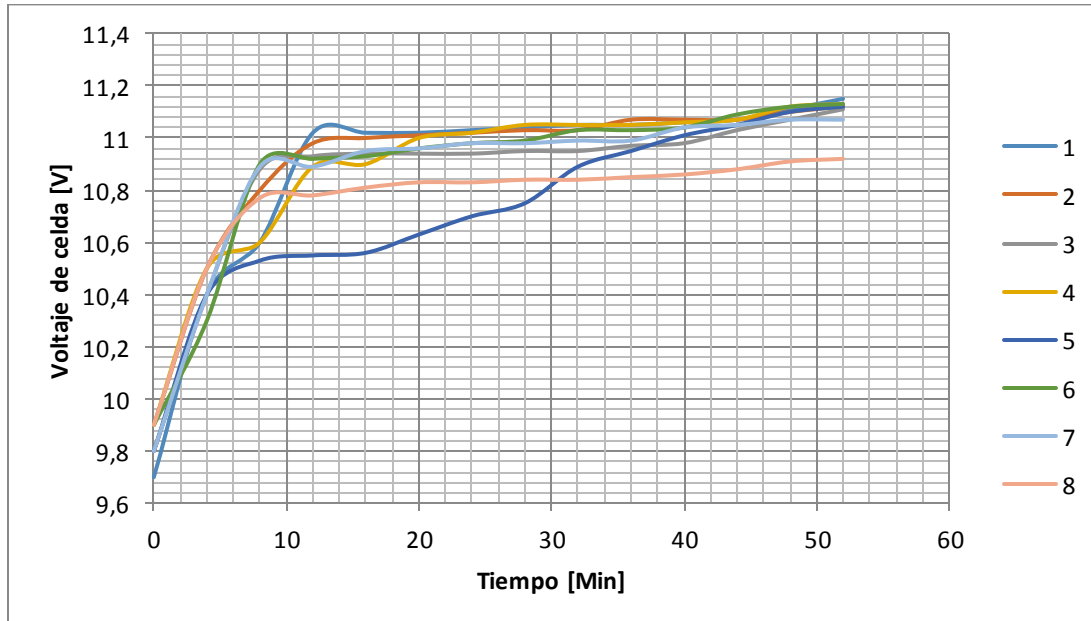


Figura 63. Curva de carga de celdas 1 a 8

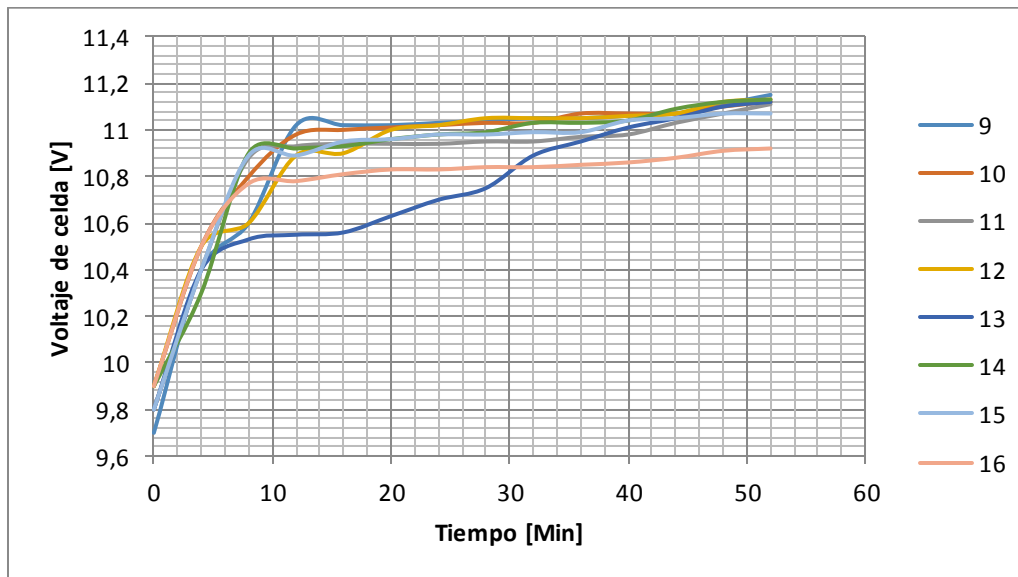


Figura 64. Curva de carga de celdas 9 a 16

5.6 Curvas de descarga resultante

Al concluir los procesos de mantenimiento se toma en cuenta la [ultima descarga para verificación del estado de la celda, este proceso de descarga presenta una curva característica en cada celda la cual se muestra en conjuntos de 8 celdas.

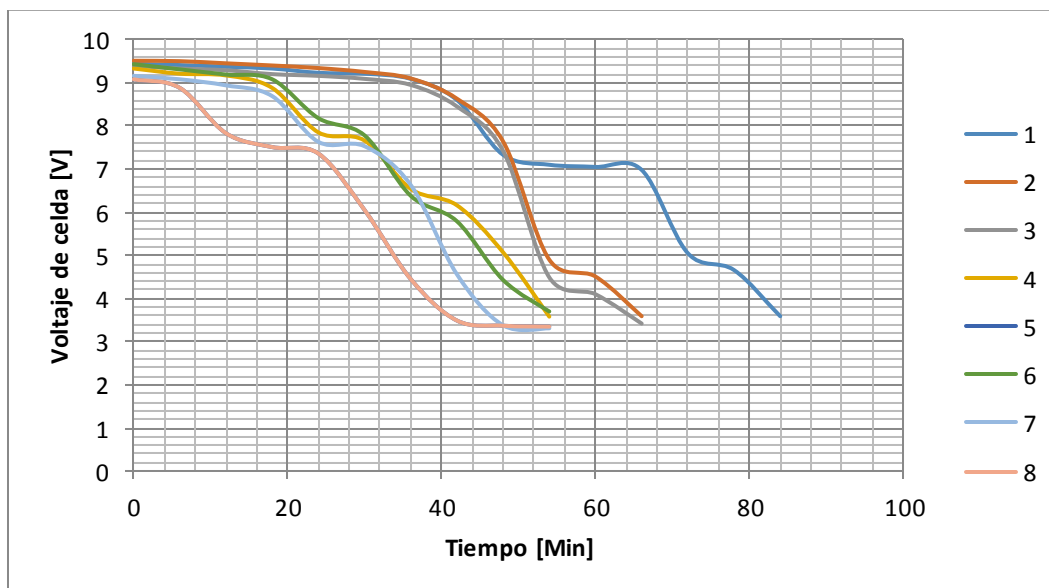


Figura 65. Curva de carga de celdas 1 a 8

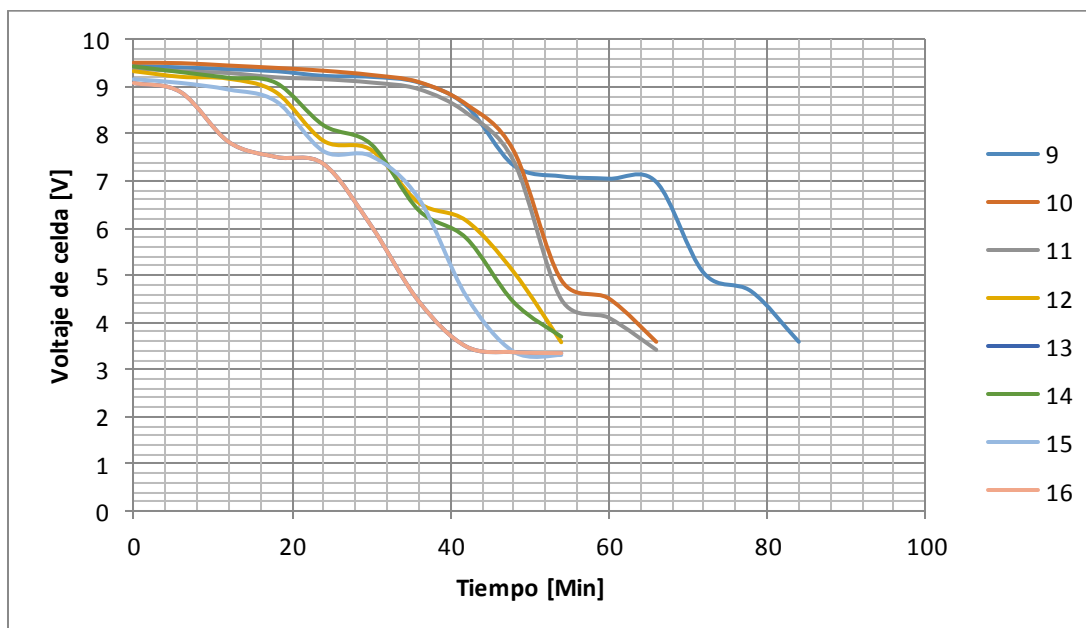


Figura 66. Curva de carga de celdas 9 a 16

CAPÍTULO VI

MARCO ADMINISTRATIVO

Para la realización de la investigación fue necesario tener en cuenta aspectos importantes como recursos y financiamiento que la llevaron a su culminación exitosa, es decir que en este capítulo se analizan los aspectos de la factibilidad de la investigación y la optimización de los recursos humanos, materiales y tecnológicos.

RECURSOS

Para la realización de la investigación fueron necesarios recursos humanos, materiales y tecnológicos que se detallan a continuación.

6.1 Recursos humanos

El desarrollo de la “INVESTIGACIÓN DE LA DURABILIDAD Y TIEMPO DE VIDA ÚTIL DE LAS BATERÍAS DE ALTA TENSIÓN DE VEHÍCULOS HÍBRIDOS Y ELÉCTRICOS A TRAVÉS DE LA PROGRAMACIÓN AUTOMATIZADA DE PROCESOS DE CARGA Y DESCARGA”, fue realizada por:

Tabla 66

Recursos humanos

Orden	Descripción	Cantidad	Función
1.	Jonathan Espinoza	1	Investigador
2.	Wilfrido Guamushig	1	Investigador
3.	Ing. José Quiroz	1	Director
4.	Ing. Germán Erazo	1	Colaborador científico

6.2 Recursos materiales

Los recursos materiales son todos los elementos tangibles necesarios para la realizar el trabajo de investigación los cuales son detallados en la siguiente tabla.

Tabla 67
Recursos materiales

Orden	Nombre
1	Fuente de PC de 600 W
2	Módulo CD74HC4067
3	Módulo MCP4725
4	Módulo DC/CD XL4015
5	Módulo relé
6	Sensor ACS712T
7	Baquelita
8	Estaño
9	Cautín
10	Acido cloruro férrico
11	Plancha domestica
12	Packs de batería de Níquel hidruro metálico
13	Estructura de madera
14	Alicate
15	Pinzas
16	Destornillador
17	Cable flexible N° 12 ,14 y 8
18	Cables dupont para protoboard
19	Cable de timbre
20	Leds de alto brillo
21	Interruptor de 2 canales
22	Ventiladores de computadora
23	Placas de aluminio

CONTINÚA



24	Acrílicos
25	Vidrios
26	Cortapicos
27	Pegamento
28	Masking
29	Taípe
30	Termoencogible
31	Pelacables

6.3 Recursos tecnológicos

Para realizar la investigación fue necesario contar con los siguientes equipos tecnológicos:

Tabla 68

Recursos tecnológicos

Orden	Nombre
1.	Computador personal
2.	Multímetro
3.	Cámara fotográfica
4.	Celular inteligente
5.	Arduino Mega
6.	Pantallas Nextion de 5 y 7 pulgadas
7.	Conexión a internet
8.	Impresora
9.	Software Proteus
10.	Software inventor
11.	Software Arduino
12.	Software Nextion
13.	Software Word
14.	Software Exel

6.4 Financiamiento

El financiamiento del proyecto de investigación es de recursos propios, siendo el costo total utilizado en el proyecto de \$1350, los cuales se detallaran a continuación.

6.5 Gastos

Para el desarrollo de la investigación es necesario contar con un presupuesto, para conocer si la investigación es factible o no, por lo cual se muestra a continuación los gastos realizados y divididos en; componentes de potencia, de control, muestra de datos, estructura y acabados.

6.5.1 Componentes eléctricos de potencia

Para llevar a cabo la investigación, es necesario la construcción de un banco de carga descarga automatizado el cual maneja alta corriente, para lo cual es necesario los siguiente componentes.

Tabla 69

Componentes eléctricos de potencia

N^a	Componente	Cantidad	Valor U.	Valor total
1	Fuente de PC 600W	3	20	60
2	Módulo DC/DC XL4015	16	12	192
3	Módulo relé	4	18	72
4	Placa bornera positivos	1	5	5
5	Placa bornera negativos	1	5	5
6	Placa de control de potencia	2	5	10
7	Sensor ACS712T	2	4	8
8	Resistencia de potencia 2.2 ohms a 50 W	16	15	240
9	Resistencias de potencia 1 ohm a 10 W	16	1	16
10	Mosfet irfz44n	16	3	48
11	Disipadores de calor	16	5	80
12	Ventiladores de PC	8	4.5	36
13	Terminales hembra	32	0.25	8
14	Rollo de cable flexible #14	1	28	28
Total				808

6.5.2 Componentes eléctricos de control

Para la automatización del banco será necesario tener un centro de mando o control, capaz de recibir información en tiempo real procesarla y en base a esto realizar una acción, para esto fueron necesarios los siguiente componentes.

Tabla 70

Componentes eléctricos de control

N^a	Componente	Cantidad	Valor U.	Valor total
1	Arduino Mega	2	17	34
2	Módulo CD74HC4067	2	5	10
3	Módulo MCP4725	2	4	8
4	Placa de voltímetros	2	5	10
5	Placa de alimentación	1	6	6
6	Placa de regulación	1	7	7
7	Paquete de cables dupont para protoboard	5	3	15
Total				90

6.5.3 Componentes para la muestra de datos

Para mostrar datos se optó por pantallas LCD táctiles, las cuales son muy versátiles ya que pueden mostrar datos, gráficos y todo lo necesario para la muestra de datos, para esto fueron necesarios los siguientes componentes.

Tabla 71

Componentes para la muestra de datos.

N^a	Componente	Cantidad	Valor U.	Valor total
1	LCD Nextion 7 in	1	110	110
2	LCD Nextion 5 in	1	95	95
Total				205

6.5.4 Estructura y acabados

Por cuestiones de peso, conductividad y precio se optó por una estructura de madera, y los acabados estéticos, acrílicos, vidrios, etc; cuyos precios son mencionados en la siguiente tabla.

Tabla 72*Estructura y acabados*

N^a	Componente	Cantidad	Valor U.	Valor total
1	Estructura	1	150	150
2	Vidrios frontales	2	1	2
3	Acrílicos laterales	2	10	20
4	Interruptor 2 canales	1	1	1
5	Cortapicos	1	4	4
Total				177

6.5.5 Costo total de la investigación

Además de los costos ya detallados, se deberá añadir algunos gastos adicionales como por ejemplo la movilización y detalles.

Tabla 73*Costo total de la investigación*

Descripción del gasto	Valor
Componentes eléctricos de potencia.	808
Componentes eléctricos de control.	90
Componentes para la muestra de datos.	205
Estructura y acabados	177
Gastos adicionales	70
Total	1350

CONCLUSIONES

- La recopilación de información sobre vehículos híbridos y eléctricos permite una familiarización con las nuevas fuentes energéticas que impulsan un vehículo, además del avance e innovación en sistemas electrónicos de los vehículos
- El diseño de analizadores para baterías de alta tensión debe ser estimado desde las baterías a las que se pretende estudiar, por lo que se concluye que el analizador construido servirá para celdas menores a 10 voltios exclusive.
- La lectura de señales provenientes de la batería influyen directamente en el cálculo del estado de la misma, siendo imprescindible que estas señales sean medidas y estudiadas, a lo largo de los procesos de carga y descarga.
- La programación automatizada permite el cálculo inmediato de los estados de carga, y salud de la batería, por lo que la programación automatizada es una gran ventaja a la hora de estudiar el comportamiento de celdas frente a procesos de carga y descarga
- El lenguaje de programación arduino, brinda facilidades a la hora del procesamiento de señales, es por ello que la plataforma arduino es una forma accesible para el estudio de celdas, al programar las cargas y descargas.
- El comportamiento de las baterías, frente a pruebas consecutivas de mantenimiento, que consisten en cargas y descargas programadas, repercuten en el estado las mismas.

- El estado de salud de una celda de batería es recuperado, a través de la programación automatizada de cargas y descargas, al reacondicionar los procesos químicos al interior de las celdas.
- Existen celdas de batería de alta tensión, que no muestran mejoría a un proceso de mantenimiento, debido a que estas ya tienen daños internos irreversibles.
- Las celdas que se encuentran en el centro de cada conjunto de celdas, tienden a presentar más daño, es decir son estas las que presentan menor estado de salud por la temperatura a la que se ven sometidas en su uso diario.
- Por lo general, las celdas que están al borde de cada conjunto de baterías, presenta mejoría al someterlas a procesos automatizados de carga y descarga, por lo que deben ser blanco de estudio, por la relación que tiene la temperatura con el desgaste de las baterías.
- La finalización de procesos automatizados de carga y descarga, permite un reagrupamiento de celdas con mejor estado, para luego volver a ser parte de una batería de alta tensión útil en un vehículo eléctrico o híbrido

RECOMENDACIONES.

- ◆ Las celdas que no muestren mejoría frente a los procesos de mantenimiento, sean recicladas para diversos usos, ya que estas quedan inhabilitadas para usarlas en sets de baterías de alta tensión, pero su estado puede ser útil para otros fines
- ◆ Realizar procesos de mantenimiento automatizado a las baterías de alta tensión, de forma periódica, al menos dos veces por año, este proceso produce un desgaste equilibrado de las celdas, además de aumentar el estado de salud y vida útil de las baterías.
- ◆ Las baterías de alta tensión poseen cargas irregulares, a la hora de ser utilizadas en los vehículos eléctricos o híbridos, por lo que se recomienda el diseño de analizadores a cargas variables, a corrientes controladas pero fluctuantes mediante programación, similar a las etapas de potencia constante y resistencia constante implementadas en el analizador de baterías implementado en la presente investigación
- ◆ Con respecto al uso del analizador se recomienda conectar las celdas con el analizador de baterías apagado, para tener la certeza de que se encuentra correctamente conectada.
- ◆ Además tener cuidado con los bornes del analizador y los bornes de las celdas ya que durante el mantenimiento circulan corrientes altas que pueden ser muy peligrosas para cualquier persona.

- ◆ Pese a que el banco es automatizado, se recomienda revisar que se encuentre realizando el proceso correcto al menos una vez cada hora.
- ◆ Colocar el módulo de baterías sobre las esteras de caucho, colocadas sobre el analizador de baterías para evitar que sufra daños, masque todo estéticos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AllDatasheetSearch. (s.f.). ADS1115 Datasheet(PDF) 1 Page - Texas Instruments. Recuperado el 12 de marzo de 2019, de alldatasheetsearch-com: <http://html.alldatasheet.com/html-pdf/292735/TI/ADS1115/24/1/ADS1115.html>
- Arduino. (s.f.). ¿Qué es Arduino? Recuperado el 12 de marzo de 2019, de arduino.cl: <http://arduino.cl/que-es-arduino/>
- askix. (s.f.). Progreso de la barra en pantalla Nextion Arduino. Recuperado el 1 de mayo de 2019, de askix.com: <https://www.askix.com/progreso-de-la-barra-en-pantalla-nextion-arduino.html>
- Augeri. (s.f.). Introducción al funcionamiento y diagnóstico de los vehículos híbridos.pdf. Recuperado el 10 de mayo de 2019, de cise.com: <http://www.cise.com/porta/descargas/file/17-introduccion-al-funcionamiento-y-diagnostico-de-los-vehiculos-hibridos.pdf.html>
- Ávila, M. (octubre de 2014). Diseño y construcción de un cargador. Recuperado el 14 de mayo de 2019, de <http://repositorio.espe.edu.ec>: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/9105/1/T-ESPEL-MAI-0486.pdf>
- Benitez, W. (16 de mayo de 2017). Autos Eléctricos, mitos, realidades y ¿qué pasa en Ecuador? Recuperado el 14 de mayo de 2019, de www.inacorpsa.com: <https://www.inacorpsa.com/autos-electricos/>
- BricoGeek. (s.f.). Conversor DAC MCP4725. Recuperado el 16 de abril de 2019, de bricogeek.com: <https://tienda.bricogeek.com/herramientas-de-prototipado/141-conversor-dac-mcp4725.html>
- Burgos, C. (2013). Estimación del estado de carga para un banco de baterías basada en modelación difusa y filtro extendido de kalman. Recuperado el 14 de mayo de 2019, de <http://repositorio.uchile.cl>: http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/114516/cf-burgos_cm.pdf?sequence=1
- Canto, C. (s.f.). Automatización: conceptos n: conceptos generales. Recuperado el 20 de mayo de 2019, de <http://galia.fc.uaslp.mx>: http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas/PRESENTACIONES_PLC_PDF_S/3_AUTOMATIZACION_GENERAL.PDF
- Chele, D. (mayo de 2019 de 2017). Vehículos híbridos, una solución interina para bajar los niveles de contaminación del medio ambiente causados por las emisiones provenientes de los motores de combustión interna. Recuperado el 20, de <http://revistas.uide.edu.ec>: <https://doi.org/10.33890/innova.v2.n12.2017.527>
- Diario la nación. (26 de Diciembre de 2017). La increíble historia circular de los autos híbridos. Recuperado el 28 de abril de 2019, de [La Nacion.com](http://LaNacion.com):

- <https://www.lanacion.com.ar/economia/la-increible-historia-circular-de-los-autos-hibridos-nid2094864>
- Dinastiatecnologica. (s.f.). Módulo Relé de 8 Canales. Recuperado el 1 de mayo de 2019, de dinastiatecnologica.com: <http://dinastiatecnologica.com/producto/modulo-rele-de-8-canales/>
 - EcuRed. (20 de marzo de 2019). Circuito integrado LM324. Recuperado el 25 de abril de 2019, de ecured.cu: https://www.ecured.cu/Circuito_integrado_LM324
 - EcuRed. (s.f.). Mosfet IRFZ44N. Recuperado el 3 de mayo de 2019, de ecured.cu: https://www.ecured.cu/Mosfet_IRFZ44N
 - EcuRed. (s.f.). Regulador de tensión. Recuperado el 5 de mayo de 2019, de ecured.cu: https://www.ecured.cu/Regulador_de_tensi%C3%B3n
 - El Telégrafo. (29 de Enero de 2018). Venta de autos híbridos creció un 197% en 2017. Recuperado el 10 de mayo de 2019, de eltelegrafo.com.ec: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/economia/4/venta-de-autos-hibridos-crecio-un-197-en-2017>
 - El Telégrafo. (s.f.). El país se alista para vender energía en 2023. Recuperado el 6 de abril de 2019, de eltelegrafo.com: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/economia/4/ecuador-venta-energia-electrica>
 - García, A. (4 de enero de 2016). ¿Qué es y cómo se utiliza un MOSFET? Recuperado el 20 de mayo de 2019, de <http://panamahitek.com>: <http://panamahitek.com/que-es-y-como-funciona-un-mosfet/>
 - Gómez F, H. D. (junio de 2014). Diseño y construcción de un banco de pruebas. Recuperado el 21 de mayo de 2019, de repositorio.espe.edu.ec: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/8610/1/T-ESPEL-MAI-0461.pdf>
 - Grupo de Robots Argentina. (s.f.). Descripción y funcionamiento del Bus I2C. Recuperado el 14 de abril de 2019, de robots-argentina.com: <http://robots-argentina.com.ar/didactica/descripcion-y-funcionamiento-del-bus-i2c/>
 - ifent. (15 de marzo de 2019). Amplificadores operacionales. Recuperado el 14 de marzo de 2019, de ifent.org: http://www.ifent.org/temas/amplificadores_operacionales.asp
 - Ingeniatic. (s.f.). Conversor digital-analógico. Recuperado el 14 de abril de 2019, de etsist.upm.es: <https://www.etsist.upm.es/estaticos/ingeniatic/index.php/tecnologias/item/426-conversor-digital-anal%C3%B3gico.html>
 - Maldonado E, M. C. (2018). Investigación del proceso de carga (SOC) y de descarga (DSOC) de las baterías de alta tensión para estimar su eficiencia y tiempo de vida útil a través de un módulo de corriente constante. Recuperado el 25 de mayo de 2019, de <http://repositorio.espe.edu.ec>:

- <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/14952/T-ESPEL-MAI-0634.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Martínez, F. (22 de mayo de 2015). Tutorial arduino: comunicación serie. Recuperado el 26 de mayo de 2019, de openwebinars.net: <https://openwebinars.net/blog/tutorial-arduino-comunicacion-serie/>
 - Martínez, J. (2010). Autos Híbridos. Recuperado el 25 de mayo de 2019, de jeuzarru.com: http://www.jeuzarru.com/wp-content/uploads/2014/10/Autos_Hibridos.pdf
 - Martínez, J. (2017). Métodos de estimación del estado de carga de baterías electroquímicas. Recuperado el 26 de mayo de 2019, de upcommons.upc.edu: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/104855/TFG_Jaume_Martinez_Metodos_de_estimacion_del_estado_de_carga_de_baterias_electroquimicas.pdf?sequence=1&isAllowed=y
 - MecatrónicaUno. (8 de Noviembre de 2018). interfaz-arduino-ide. Recuperado el 25 de abril de 2019, de mecatronicauno.com: <https://mecatronicauno.com/introduccion-arduino-ide-tutorial/interfaz-arduino-ide/>
 - Medina, D. (abril de 2008). Recuperación de litio a partir de pilas de desechos por métodos hidrometalúrgicos. Recuperado el 26 de mayo de 2019, de tesis.ipn.mx: <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/8992/1/MEDINA%20VELAZQUEZ.pdf>
 - Moreno A, N. L. (2017). Investigación de la eficiencia energética del vehículo híbrido Toyota Prius al implementar el sistema enchufable plug in. Recuperado el 26 de mayo de 2019, de repositorio.espe.edu.ec: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/13789/1/T-ESPEL-MAI-0589.pdf>
 - NaylampMechatronics. (s.f.). Tutorial sensor de corriente ACS712. Recuperado el 5 de mayo de 2019, de https://naylampmechatronics.com/blog/48_tutorial-sensor-de-corriente-ac712.html
 - Nomadas electronicos. (s.f.). Convertidores DC/DC – Buck. Recuperado el 21 de abril de 2019, de [nomadaselectronicos.wordpress.com: https://nomadaselectronicos.wordpress.com/2015/04/12/convertidores-dcdc-buck/](https://nomadaselectronicos.wordpress.com/2015/04/12/convertidores-dcdc-buck/)
 - Prometec. (18 de noviembre de 2015). Multiplexor analógico 74hc4067. Recuperado el 5 de mayo de 2019, de Prometec.com: <https://www.prometec.net/multiplexor-analogico-74hc4067/>
 - Ruiz, R. (2007). El método científico y sus etapas. Recuperado el 27 de mayo de 2019, de index-f.com: <http://www.index-f.com/lascasas/documentos/lc0256.pdf>
 - Sherlin.xBot. (s.f.). ¿Qué es un microcontrolador? Recuperado el 13 de marzo de 2019, de [http://sherlin.xbot.es:](http://sherlin.xbot.es)

<http://sherlin.xbot.es/microcontroladores/introduccion-a-los-microcontroladores/que-es-un-microcontrolador>

- TecnologíaFácil. (s.f.). ¿Qué es una fuente de alimentación de PC? Recuperado el 28 de mayo de 2019, de tecnologia-facil.com: <https://tecnologia-facil.com/que-es/que-es-una-fuente-de-alimentacion-de-pc/>
- Tutosaus, C. (s.f.). Introducción a la automatización. autómatas programables. Recuperado el 29 de mayo de 2019, de s3.amazonaws.com: https://s3.amazonaws.com/academia.edu/documents/34038513/Carlos_Tutosaus-introduccion_automatizacion.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DINTRODUCCION_A_LA_AUTOMATIZACION._AUTOMA.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKI
- Xataka. (21 de julio de 2018). Qué es Arduino, cómo funciona y qué puedes hacer con uno. Recuperado el 3 de mayo de 2019, de xataka.com: <https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno>

ANEXOS



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICACIÓN

se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por los señores ESPINOZA CUADRADO JONATHAN STALIN y GUAMUSHIG TARCO WILFRIDO MEDARDO, en la ciudad de Latacunga a los 17 del mes de julio del 2019

Aprobado por

Ing. José Quiroz
DIRECTOR DEL PROYECTO



Ing. Danilo Zambrano
DIRECTOR DE LA CARRERA



Dr. Darwin Albán Yáñez
SECRETARIO ACADÉMICO