



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

**DESARROLLO DE UN MÉTODO DE INSPECCIÓN UTILIZANDO  
TERMOGRAFÍA COMO HERRAMIENTA PARA MANTENIMIENTO  
PREDICTIVO DE LA BATERÍA DE ALTO VOLTAJE DE NI-MH DE VEHÍCULO  
HIBRIDO TIPO SEDÁN**

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

**AUTORES:** RENY JOSUÉ CHAMBA ESPINOZA

ARGENIS ISAÍAS PINEDA BRAVO

**TUTOR:** ING. PABLO RENATO FIERRO JIMÉNEZ, MSc.

Guayaquil – Ecuador

2023

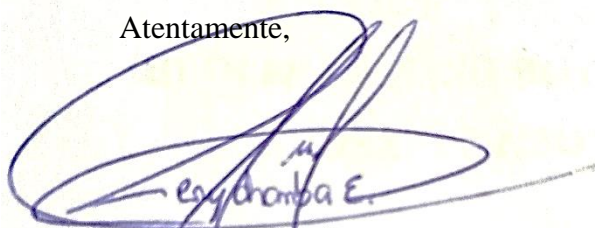
## CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Reny Josué Chamba Espinoza con documento de identificación N° 0704667179 y Argenis Isaías Pineda Bravo con documento de identificación N° 0927852855 manifestamos que:

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

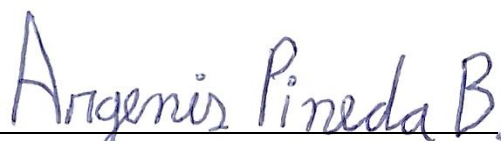
Guayaquil, 22 de septiembre del año 2023

Atentamente,



Reny Josué Chamba Espinoza

0704667179



Argenis Isaías Pineda Bravo

0927852855


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

Nosotros, Reny Josué Chamba Espinoza con documento de identificación N° 0704667179 y Argenis Isaías Pineda Bravo con documento de identificación N° 0927852855 expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: “Desarrollo de un método de inspección utilizando termografía como herramienta para mantenimiento predictivo de la batería de alto voltaje de Ni-MH de vehículo híbrido tipo sedán”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Automotriz, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

Guayaquil, 22 de septiembre del año 2023

Atentamente,



Reny Josué Chamba Espinoza

0704667179



Argenis Isaías Pineda Bravo


0927852855

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Pablo Renato Fierro Jiménez con documento de identificación N° 1103588578, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: “DESARROLLO DE UN MÉTODO DE INSPECCIÓN UTILIZANDO TERMOGRAFÍA COMO HERRAMIENTA PARA MANTENIMIENTO PREDICTIVO DE LA BATERÍA DE ALTO VOLTAJE DE NI-MH DE VEHÍCULO HÍBRIDO TIPO SEDÁN”, realizado por Reny Josué Chamba Espinoza con documento de identificación N° 0704667179 y por Argenis Isaías Pineda Bravo con documento de identificación N° 0927852855, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 22 de septiembre del año 2023

Atentamente,



---

Pablo Renato Fierro Jiménez

1103588578

## **DEDICATORIA**

*Dedico este trabajo a mi madre por ser la motivación de mi vida mostrándome el camino a la superación, a mis hermanos y a mi padre que desde el cielo ilumina mi camino para seguir adelante con mis proyectos.*

***Reny Josué Chamba Espinoza***

**DEDICATORIA**

*Dedico este trabajo a Dios y mi familia por permitirme el haber llegado a hasta este momento y por ser un pilar importante en mi vida.*

***Argenis Isaías Pineda Bravo***

**AGRADECIMIENTO**

*Agradezco a Dios, mi familia y a todas las personas que estuvieron de manera incondicional en este proceso.*

*A la Universidad y los distinguidos docentes de la Carrera de Ingeniería Automotriz de la UPS sede Guayaquil por compartir valiosos conocimientos en mi formación.*

***Reny Josué Chamba Espinoza***

**AGRADECIMIENTO**

*Agradezco a Dios por darme sabiduría y a mi familia por sus consejos y acompañamiento incondicional a lo largo de este proceso académico.*

*A los docentes de la Carrera de Ingeniería Automotriz de la UPS sede Guayaquil que han formado parte fundamental de mi formación profesional.*

***Argenis Isaías Pineda Bravo***



## RESUMEN

El objetivo de este estudio es desarrollar un método de inspección no destructivo utilizando termografía infrarroja como herramienta para el mantenimiento predictivo de la batería de alto voltaje del vehículo híbrido tipo sedán. Existe la necesidad de preservar la vida útil de la batería para asegurar su correcto funcionamiento. Además, se busca reducir el reemplazo innecesario de este componente por falta de implantación de técnicas de mantenimiento predictivo para prevenir pérdidas económicas y disminuir el daño ambiental.

En inicio, se basa en la revisión de investigación acerca de la batería de alto voltaje específicamente de Níquel-Hidruro Metálico (Ni-MH), termografía infrarroja, técnicas de mantenimiento predictivo, normativas de medición y monitoreo vigentes para la aplicación de termografía. La metodología utilizada se basa en la adquisición de firmas térmicas para establecer la firma patrón y a su vez recolectar los datos funcionales de la batería (voltaje, corriente y estado de carga de la batería) mediante tres métodos: el método de medición, el método comparativo y el método analítico. Además, se aplicó los modelos estadísticos a través del software Minitab para procesar los datos y analizar e interpretar los resultados para llegar obtener conclusiones con respecto al comportamiento de batería HV.

Al final, el aporte del estudio es proporcionar una herramienta útil para el mantenimiento predictivo de la batería de alto voltaje de vehículos eléctricos e híbridos, demostrando que el método de inspección utilizado (termografía infrarroja) es efectivo para determinar e identificar su condición de funcionamiento y garantizar la vida útil de la batería HV.

**Palabras Clave:** Termografía, Batería de alto voltaje, Firma patrón, Emisividad, Normativa.

## ABSTRACT

The objective of this study is to develop a non-destructive inspection method using infrared thermography as a tool for predictive maintenance of the high voltage battery of the hybrid sedan vehicle. There is a need to preserve the life of the battery to ensure its proper functioning. In addition, the aim is to reduce the unnecessary replacement of this component due to the lack of implementation of predictive maintenance techniques in order to prevent economic losses and reduce environmental damage.

Initially, it is based on the review of research on high-voltage batteries, specifically Nickel-Metal Hydride (Ni-MH), infrared thermography, predictive maintenance techniques, measurement and monitoring regulations in force for the application of thermography. The methodology used is based on the acquisition of thermal signatures to establish the standard signature and in turn collect the functional data of the battery (voltage, current and state of charge of the battery) using three methods: the measurement method, the comparative method and the analytical method. In addition, statistical models were applied using Minitab software to process the data and to analyse and interpret the results in order to reach conclusions regarding the behaviour of the HV battery.

In the end, the contribution of the study is to provide a useful tool for predictive maintenance of HV battery of electric and hybrid vehicles, demonstrating that the inspection method used (infrared thermography) is effective to determine and identify their operating condition and ensure the life of the HV battery.

**Keywords:** Thermography, High voltage battery, Standard signature, Emissivity, Normative

## ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN .....	ix
ABSTRACT .....	x
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	xi
GLOSARIO .....	xv
SIMBOLOGÍA .....	xvii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xviii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xix
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	xx
1. CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Problema.....	2
1.2.1 Descripción del Problema.....	2
1.2.2 Antecedentes .....	2
1.2.3 Importancia y Alcances.....	4
1.2.4 Delimitación.....	5
1.3 Objetivos.....	6
1.3.1 Objetivo General .....	6
1.3.2 Objetivos Específicos.....	6
2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....	7
2.1 Vehículo Eléctrico Híbrido (HEV).....	7
2.2 Hibridación Vehicular .....	7
2.3 Grado/Nivel de Hibridación .....	7
2.3.1 MicroHíbrido .....	7
2.3.2 Híbrido Leve .....	8
2.3.3 Híbrido Puro/Completo (Full).....	8
2.3.4 Híbrido enchufable (Plug in PHEV).....	8

2.4	Arquitectura del HEV .....	8
2.4.1	Híbrido en Serie .....	8
2.4.2	Híbrido en Paralelo .....	9
2.4.3	Híbrido en Serie-Paralelo (Mixto) .....	10
2.5	Batería de Alto Voltaje .....	10
2.5.1	Características de la Batería.....	11
2.5.2	Batería Níquel-Hidruro Metálico.....	13
2.6	Mantenimiento en Vehículos Híbridos.....	13
2.7	Mantenimiento Predictivo .....	14
2.7.1	Técnicas de Mantenimiento Predictivo.....	14
2.8	Termografía Infrarroja.....	16
2.8.1	Principios de la Termografía.....	17
2.8.2	Tipos de Termografía.....	17
2.9	Radiación Infrarroja.....	19
2.9.1	Espectro Electromagnético .....	19
2.9.2	Firma Térmica.....	20
2.9.3	Patrones Térmicos.....	21
2.10	Transferencia de Calor.....	21
2.10.1	Principios de la Transferencia de Calor .....	21
2.10.2	Modos de transferencia de Calor .....	21
2.10.3	Emisividad .....	22
2.11	Normativas Vigentes para la Aplicación de Termografía Infrarroja.....	24
2.11.1	Normativas ASTM.....	24
2.11.2	Normativa ISO .....	25
3.	<b>CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO.....</b>	<b>27</b>
3.1	Descripción de la Metodología Empleada en el Estudio.....	27
3.1.1	Estimación de la Muestra (Observaciones).....	28

3.2 Equipos para el Desarrollo del Ensayo.....	29
3.3 Procedimiento del Desarrollo del Ensayo .....	33
3.3.1 Protocolo de Seguridad .....	33
3.3.2 Protocolo de Prueba .....	34
3.4 Modelo Estadístico .....	45
3.4.1 Estadísticos Descriptivos .....	46
3.4.2 Prueba de Normalidad (Ryan-Joiner) .....	46
3.4.3 Transformación de Box-Cox.....	47
3.4.4 Transformación de Johnson .....	47
3.4.5 Prueba no Paramétrica (Wilcoxon).....	47
3.4.6 Correlación.....	47
3.4.7 Regresión Lineal Simple.....	48
3.5 Cronograma .....	48
3.6 Presupuesto.....	49
4.    CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS .....	50
4.1 Resultados de la Prueba de Normalidad (Ryan-Joiner).....	51
4.1.1 Transformación Box-Cox .....	52
4.1.2 Transformación de Johnson .....	53
4.2 Resultados de la Prueba no Paramétrica (Wilcoxon) .....	54
4.3 Resultados de la Prueba de Correlación (Pearson).....	54
4.4 Resultado de la Prueba de Regresión Lineal Simple.....	56
5.    CAPÍTULO V. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN .....	60
5.1 Conclusiones.....	60
5.2 Recomendaciones .....	61
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	62
ANEXOS .....	72

Anexo 1. Preparaciones Previas al Ensayo Termográfico.....	72
Anexo 2. Desarrollo del Ensayo Termográfico .....	74
Anexo 3. Firma Patrón .....	76
Anexo 4. Datos de la Batería de Alto Voltaje de NiMH.....	78
Anexo 5. Reportes del Ensayo Termográfico.....	82
Anexo 6. Resultados .....	129
Anexo 6.1. Resultados de la Prueba de Normalidad.....	133
Anexo 6.1.1 Transformación de Box-Cox.....	136
Anexo 6.1.2 Transformación de Johnson .....	139
Anexo 6.2. Resultado de la Prueba no Paramétrica Wilcoxon .....	141
Anexo 6.3. Resultados de la Prueba de Correlación.....	143
Anexo 6.4. Resultados de la Prueba de Regresión Lineal Simple.....	147

## GLOSARIO

- AEADE: Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador.
- ASTM: Sociedad Americana de Pruebas y Materiales.
- CÁMARA TERMOGRÁFICA: Se trata de un dispositivo que puede medir la temperatura sin necesidad de tocar los objetos, ya que utiliza imágenes térmicas generadas a partir del infrarrojo emitido por estos.
- CINAIE: Cámara De La Industria Automotriz Ecuatoriana.
- CUERPO NEGRO: Un emisor perfecto e ideal absorbente de la radiación térmica a todas las longitudes de onda.
- DELTA DE TEMPERATURA ( $\Delta T$ ): Es la diferencia entre dos temperaturas.
- DISTANCIA DE SEGURIDAD: La distancia mínima garantiza la seguridad al evitar accidentes por acercamiento entre una línea energizada y una zona determinada.
- DOD: Depth Of Discharge (profundidad de descarga).
- EMISIVIDAD: Es la capacidad de un material para emitir calor en forma de radiación térmica.
- END: Ensayos no Destructivos.
- GEI: Gases con Efecto Invernadero.
- IEA: Agencia Internacional de Energía.
- IR (Infrared radiation): La Radiación Infrarroja es una parte del espectro electromagnético que se encuentra entre la longitud de onda visible en el color rojo, específicamente desde 0.75  $\mu\text{m}$  hasta 1,000  $\mu\text{m}$ .
- IRT (Infrared thermography): La termografía infrarroja consiste en obtener y analizar información térmica utilizando equipos de imagen térmica sin necesidad de contacto físico.

- ISO: Organización Internacional de Normalización.
- NI-MH: Batería de Níquel Hidruro Metálico.
- PATRÓN TERMICO EN IMÁGENES TÉRMICAS: Se trata de representar gráficamente las diferencias de temperatura en una imagen, permitiendo visualizar cómo varían las temperaturas en una superficie.
- PATRÓN TERMICO: Describe la distribución o disposición de temperaturas en una determinada área o sistema.
- SOC: State Of Charge (estado de carga de la batería).
- TERMÓGRAFO: Es la persona que utiliza un radiómetro de imágenes infrarrojas.
- TERMOGRAMA: Un mapa térmico, también conocido como imagen de objetivo, visualiza la distribución de energía radiante infrarroja en la superficie de un objeto a través del uso tonos grises o matices de color.



**SIMBOLOGÍA**

A	Corriente (Amperios)
$\Delta T$	Delta de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )
$\varepsilon$	Emisividad
%	Estado de carga (Porcentaje)
$^{\circ}\text{C}$	Grados centígrados (Celsius)
N	Número de observaciones
Sp	Punto de medida
n	Tamaño de muestra
T	Temperatura
T <sub>máx</sub>	Temperatura máxima ( $^{\circ}\text{C}$ )
T <sub>mín</sub>	Temperatura mínima ( $^{\circ}\text{C}$ )
O/S	Temperatura Over Similar
O/A	Temperatura Over/Ambient
V	Voltaje

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Fig.1:</b> Configuración en Serie [24].....	9
<b>Fig.2:</b> Configuración en Paralelo [24].....	9
<b>Fig.3:</b> Configuración en Serie-Paralelo [24]. ....	10
<b>Fig.4</b> Termograma del sobrecalentamiento [54]. ....	16
<b>Fig.5</b> Espectro infrarrojo [66].....	19
<b>Fig.6</b> Termografía infrarroja [66].....	20
<b>Fig.7</b> Cámara termográfica TG297 .....	30
<b>Fig.8</b> Fluke 62 Max (Pirómetro) [81].....	31
<b>Fig.9</b> OBDLINKMX+ .....	32
<b>Fig.10</b> Flujograma de preparaciones previas al ensayo termográfico. ....	35
<b>Fig.11</b> Batería de alto voltaje Ni-HM.....	37
<b>Fig.12</b> Flujograma de desarrollo del ensayo termográfico.....	38
<b>Fig.13</b> Firma patrón del ciclo de descarga. ....	41
<b>Fig.14</b> Firma patrón del ciclo de carga. ....	42
<b>Fig.15</b> Gráfica de regresión lineal de la variable de voltaje del ciclo de descarga. ....	57
<b>Fig.16</b> Gráfica de regresión lineal de la variable de corriente ciclo de carga. ....	58
<b>Fig.17</b> Gráfica de regresión lineal de la variable de temperatura del ciclo de descarga. ....	59

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA I</b> VALORES DE EMISIVIDAD DE DIFERENTES MATERIALES [35].....	22
<b>TABLA II</b> ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DE LA PRUEBA PRELIMINAR .....	28
<b>TABLA III</b> ESTIMACIÓN DE LA MUESTRA .....	29
<b>TABLA IV</b> CARACTERÍSTICAS DE LA CÁMARA TERMOGRÁFICA [80] .....	30
<b>TABLA V</b> CARACTERÍSTICAS DEL PIRÓMETRO [81] .....	31
<b>TABLA VI</b> ESPECIFICACIONES METEOROLÓGICAS [92], [93] .....	36
<b>TABLA VII</b> CRITERIOS DE ACEPTACIÓN [60] .....	40
<b>TABLA VIII</b> MUESTRAS SELECCIONADAS PARA EL ANALISIS CUALITATIVO.	43
<b>TABLA IX</b> REPORTE TERMOGRÁFICO N°1 .....	44
<b>TABLA X</b> REPORTE TERMOGRÁFICO N°2.....	45
<b>TABLA XI</b> CRONOGRAMA .....	48
<b>TABLA XII</b> RECURSOS Y MATERIALES .....	49
<b>TABLA XIII</b> ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVO DE LAS VARIABLES DE RESPUESTA A DEL CICLO DE DESCARGA.....	50
<b>TABLA XIV</b> ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DE LAS VARIABLES DE RESPUESTA DEL CICLO DE CARGA .....	51
<b>TABLA XV</b> PRUEBA DE NORMALIDAD DE LAS VARIABLES DEL CICLO DE DESCARGA.....	52
<b>TABLA XVI</b> PRUEBA DE NORMALIDAD DE LAS VARIABLES DEL CICLO DE CARGA .....	52
<b>TABLA XVII</b> PRUEBA DE NORMALIDAD CON DATOS TRANSFORMADOS (BOX- COX) DEL CICLO DE DESCARGA.....	53
<b>TABLA XVIII</b> PRUEBA DE NORMALIDAD CON DATOS TRANSFORMADOS (BOX- COX) DEL CICLO DE CARGA .....	53
<b>TABLA XIX</b> RESULTADO DE LA PRUEBA WILCOXON .....	54
<b>TABLA XX</b> COEFICIENTE “R” DE PEARSON [109] .....	55
<b>TABLA XXI</b> CORRELACIÓN EN CICLO DE DESCARGA .....	55
<b>TABLA XXII</b> CORRELACIÓN EN CICLO DE CARGA .....	56
<b>TABLA XXIII</b> REGRESIÓN SIMPLE DE LAS VARIABLES DEPENDIENTE EN CICLO DE DESCARGA .....	56
<b>TABLA XXIV</b> REGRESIÓN SIMPLE DE LAS VARIABLES DEPENDIENTE EN CICLO DE CARGA .....	56

**ÍNDICE DE ECUACIONES**

<b>Ecuación 1:</b> Determinación de número de repeticiones .....	29
<b>Ecuación 2:</b> Delta temperatura .....	40

# 1. CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Introducción

La industria automotriz durante los últimos años se ha incrementado significativamente a nivel global, especialmente en varios países de América Latina incluyendo a Ecuador; hay una gran cantidad de sustancias contaminantes producidas por emisiones, debido a los niveles altos de contaminación la industria automotriz ha optado por nuevas tecnologías más sostenibles, como la movilidad eléctrica donde se involucran los vehículos eléctricos e híbridos (HEV) para combatir y disminuir las emisiones [1], [2].

Actualmente la movilidad eléctrica ha aumentado mundialmente; sin embargo, trae consigo nuevas inquietudes con respecto al mantenimiento de esta nueva gama de vehículos de tal forma que el mantenimiento predictivo se vuelve fundamental, especialmente en lo que concierne a la batería de alto voltaje debido a que el mantenimiento tradicional basado en inspecciones periódicas puede ser insuficiente para este tipo de vehículos [3], [4], [5].

De hecho, el presente proyecto técnico se plantea como objetivo desarrollar un método de inspección utilizando la termografía como herramienta para el mantenimiento predictivo de la batería de alto voltaje de Ni-MH del vehículo híbrido tipo sedán. El propósito es identificar el funcionamiento operativo mediante el análisis de la firma térmica; simultáneamente, se recolectan datos funcionales de la batería HV a través de la lectura de la Unidad de Control Electrónico (ECU) utilizando el conector OBDLINKMX+.

Además, la metodología aplicada para el desarrollo del método no destructivo se implantó en base a normativas y estándares vigentes referentes a técnicas termográficas para la adquisición de las firmas térmicas y obtener los datos de las variables durante los ciclos de carga/descarga. Posteriormente, se caracterizaron y procesaron los datos preparando los escenarios para el análisis del comportamiento de la batería; de esta manera se logró determinar las variables que tienen mayor relación con el funcionamiento de la batería de alto voltaje en los ciclos de (Des)carga.

## 1.2 Problema

### 1.2.1 Descripción del Problema

En el ámbito nacional de la industria automotriz, no se utilizan técnicas de mantenimiento predictivo para los vehículos híbridos, especialmente en lo que respecta a su componente primordial (Batería de Alto Voltaje). Esta batería es el elemento más crítico del vehículo HEV y debe mantenerse en óptimas condiciones; para lograr esto, la técnica más adecuada es el mantenimiento predictivo, aunque aún existe cierta incompreensión sobre su alcance e impacto.

Debido a esta situación, todavía existe una práctica poco convencional en una gran parte del sector automotriz que es reemplazar directamente las baterías en lugar de llevar a cabo un análisis previo para determinar el estado de la batería de alto voltaje y poder descartar posibles fallas o anomalías. En consecuencia, la ausencia de adaptación e implementación de métodos de diagnósticos y monitoreos de la batería de alto voltaje ha generado desperdicio (residuos) innecesario y pérdida económica.

### 1.2.2 Antecedentes

En los últimos años, se ha presentado un aumento en la emisión de gases con efecto invernadero (GEI)<sup>1</sup> derivado del crecimiento vehicular [1]. En efecto, esto ha llevado al sector automotor al desarrollo de nuevas tecnologías de movilidad amigables con el medio ambiente, como son hoy en día los Vehículos Eléctricos e Híbridos [6]–[8].

Existe un incremento en la venta de HEV, por lo tanto, también se aprecia un aumento de la demanda de los usuarios con respecto al mantenimiento de sus automóviles, así como inquietudes sobre el tipo de mantenimiento que requieren estos vehículos, en comparación del que reciben los vehículos convencionales de combustión [3].

El incremento en el desarrollo de los HEV es considerable, la Agencia Internacional de Energía (AIE)<sup>2</sup> estima que a nivel mundial las ventas de vehículos HEV entre los años 2012 y

---

<sup>1</sup> GEI: Los gases de efecto invernadero son sustancias que se acumulan en la atmósfera de la Tierra y tienen la capacidad de absorber radiación infrarroja proveniente del sol. Esto produce un aumento y retención del calor en el entorno atmosférico.

<sup>2</sup> AIE: La agencia internacional de energía promueve políticas energéticas racionales a nivel mundial mediante la cooperación con países no miembros, la industria y las organizaciones internacionales. Asimismo, se encarga de mantener un sistema de información actualizado sobre el mercado global del petróleo.

2022 han aumentado ampliamente un 64%, sin embargo, los países que cuentan con un mayor porcentaje de ventas son: Noruega (64.5%), Alemania (13,6%), China (12.7%), Gran Bretaña (11.5%), Francia (9.8%), Italia (4.6%), España (2.8%), Estados Unidos (2.6%) y Japón (0.9%) [9]. Las ventas de este tipo de vehículos amigables con el medio ambiente llegaron a 6,8 millones de unidades en todo el mundo, debido al gran impacto se incrementó 6,6 millones de unidades vendidas [2].

De acuerdo con datos de Mobility Market Insights<sup>3</sup>, se indica que en América Latina las ventas de HEV alcanzaron las 114.700 unidades en el año 2022, esto corresponde a un crecimiento del 26%, que se espera continúe avanzando durante el periodo 2022-2025 [10]. Además, algunos mercados como Colombia y Chile tienen potencial para una adaptación más rápida dentro del mercado vehicular, por lo que para este 2023 se espera un aumento del 30% con respecto al año previo [1], [11].

La Cámara de Industria Automotriz Ecuatoriana (CINAE)<sup>4</sup>; representante de importantes empresas ensambladoras y autopartistas que existen en el país y la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE)<sup>5</sup>; un ente que promueve nuevas tecnologías y soluciones de movilidad mencionan que, Ecuador está situado en el cuarto puesto entre los nueve países de América del Sur con mayor número de ventas de vehículos HEV, obteniendo de esta manera un notable incremento del 66% de la demanda durante el mes de enero hasta agosto en el periodo 2022, llegando a vender la considerable cifra de 6.511 vehículos HEV a nivel nacional [12], [13].

Por esta razón, el mantenimiento predictivo es de suma importancia para dichos vehículos, debido a que al contar con una batería de alto voltaje (HV) esta se debe mantener en óptimas condiciones de funcionamiento para lograr garantizar la vida útil de la misma. Las baterías de alto voltaje más usadas a nivel nacional son de níquel hidruro metálico (Ni-MH)

---

<sup>3</sup>Mobility Market Insights: Statista es una plataforma global de datos e inteligencia empresarial con una amplia colección de informes, estadísticas e información sobre más de 80.000 temas provenientes de más de 22.500 fuentes en 170 industrias. Fundada en Alemania en 2007, Statista opera en 13 ubicaciones en todo el mundo y emplea a alrededor de 1.100 profesionales.

<sup>4</sup> CINAE: La Cámara de la Industria Automotriz Ecuatoriana es un gremio compuesto por empresas ensambladoras y fabricantes de partes e insumos para vehículos en Ecuador. Su principal objetivo consiste en promover el desarrollo duradero de la industria automotriz del país.

<sup>5</sup> AEADE: La Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador tiene como objetivo promover la incorporación de tecnologías automotrices nuevas y mejoradas, así como ofrecer servicios y productos que satisfagan las necesidades actuales de movilidad en nuestra sociedad.

sin embargo, estas pueden sufrir una degradación debido a diferentes factores tanto internos como externos, los cuales incluyen: la temperatura, capacidad, potencia de carga, resistencia interna, entre otros factores [4], [5].

Es importante resaltar que la batería es el componente más crucial en un vehículo HEV, esto se debe a los numerosos riesgos que podría representar para las personas si se manipula sin contar con la protección adecuada; entre los peligros más frecuentes se incluyen: eléctrico, químico, de incendio y explosión [14], [15]. De manera que, para poder realizar un correcto monitoreo de la batería HV y a su vez evitar estos riesgos, se debe contar con un personal debidamente capacitado, herramientas idóneas para el monitoreo o diagnóstico y el equipo de seguridad apto para manipular dicha batería.

Se han desarrollado trabajos previos referentes al mantenimiento, diagnóstico y reparación de baterías de vehículos híbridos, sin embargo, estos procesos se realizan una vez que la batería comienza a presentar fallas [7], [16]–[18]. Así mismo, existen estudios que aplican la termografía infrarroja en el diagnóstico de baterías de alto voltaje, como es el caso del modelo matemático Copetti y Chenlo que permite monitorear los procesos de carga y descarga en donde se determina el tiempo de recuperación de la batería de alto voltaje [19]. Por otro lado, se aplicó la termografía en conjunto con el sistema eléctrico de alto voltaje, que permitió evidenciar el comportamiento de la temperatura tanto del motor de propulsión eléctrico como de la batería de alto voltaje en recorridos urbanos [20].

En definitiva, la falta de implementación de técnicas de mantenimiento que ha hecho uso omiso del diagnóstico de las baterías HV, situación que ha llevado al punto de reemplazar directamente las baterías sin necesidad de realizar un previo análisis de la posible causa del fallo, como consecuencia esto ha generado un desperdicio de la batería y una pérdida económica al propietario del vehículo [21], [22].

### ***1.2.3 Importancia y Alcances***

El siguiente estudio se enfocará en indagar sobre los métodos no destructivos, considerando la termografía infrarroja como aporte al uso de técnicas no destructivas y seguras en el mantenimiento predictivo de la batería de alto voltaje del vehículo HEV, para así ejecutar un monitoreo rápido y confiable a diferencia de los métodos tradicionales existentes.



Por esta razón, se ha buscado implementar la termografía infrarroja por medio del procedimiento de medición y variaciones de la escala de color, para así poder obtener una medición correcta de las firmas térmicas mediante el uso de la cámara termográfica y de este modo poder evaluar e identificar en qué estado funcional se encuentra la batería HV, a través de los procesos de carga y descarga. Por otra parte, un monitoreo térmico podrá garantizar la vida útil del acumulador de energía para este tipo de vehículos que se encuentra en alto crecimiento de demanda en Ecuador.

Lograr un mantenimiento adecuado garantiza el periodo de vida útil de las baterías de alto voltaje y reduce tanto el número de baterías reemplazadas, así como los factores de riesgo que implica este proceso. A través de la cámara termográfica se permitirá monitorear el funcionamiento de la batería en condiciones normales (carga y descarga) de manera segura y confiable.

Este proyecto de investigación también brindará beneficios directos a los estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana-Sede Guayaquil que deseen relacionarse con el estudio de la termografía infrarroja aplicada en vehículos híbridos, así mismo también se beneficiará a los usuarios que deseen estudiar el comportamiento térmico del sistema de batería de alto voltaje y observar su funcionamiento en estado real sin estar en contacto directo con el mismo, lo cual ayudará a la sociedad a conocer una nueva técnica de mantenimiento predictivo para dichos vehículos, hecho que ayudará a reducir el tiempo de detección de fallas.

#### ***1.2.4 Delimitación***

Antes de obtener el título de Ingeniero Automotriz en la Universidad Politécnica Salesiana- Sede Guayaquil, se lleva a cabo este Proyecto Técnico. Este proyecto implica desarrollar un método de inspección no destructivo para estudiar cómo se distribuye la temperatura en una batería de alto voltaje.

#### **Espacial**

Se plantea analizar las firmas térmicas generadas por la radiación infrarroja de la batería de alto voltaje para poder obtener los perfiles o patrones térmicos que distingue el estado de su funcionamiento, que serán tomadas en el vehículo Blue Drive en el patio taller del bloque E de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil – Campus Centenario.

## **Temporal**

El desarrollo del proyecto técnico está previsto a elaborarse desde mayo del 2023 dentro del periodo académico 62.

## **Académica**

El proyecto propuesto se desarrollará según los estándares establecidos por la Universidad Politécnica Salesiana, cumpliendo con los niveles de investigación, técnicos y estructurales necesarios para presentar un proyecto técnico como requisito principal para obtener el título en Ingeniería Automotriz.

## **1.3 Objetivos**

### ***1.3.1 Objetivo General***

- Desarrollar un método de inspección no destructivo por termografía infrarroja para el diagnóstico y análisis del estado de batería de alto voltaje aplicado a vehículos tipo sedán de uso urbano.

### ***1.3.2 Objetivos Específicos***

- Establecer una base teórica y estado de la situación acerca de las técnicas de mantenimiento en vehículos híbridos, revisión de normativa aplicable en ensayos termográficos y comportamiento térmico de batería de alta potencia en procesos de carga y descarga.
- Desarrollar una metodología para la obtención de firmas térmicas del sistema de baterías de alto voltaje del vehículo híbrido en condiciones controladas en procesos de carga y descarga aplicando normativa vigente referente a termografía.
- Analizar las firmas térmicas y distribución de temperatura mediante la comparación de firmas patrones y análisis de los datos funcionales de la batería mediante un método estadístico.

## **2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Vehículo Eléctrico Híbrido (HEV)**

Un vehículo híbrido eléctrico es aquel que emplea tanto un sistema de almacenamiento recargable para retener y suministrar energía eléctrica, como una fuente adicional basada en combustible con el fin de propulsarse [23]–[25].

Estos autos tienen la capacidad de operar completamente con electricidad en ciertas situaciones, cambiar automáticamente entre el motor eléctrico y el motor de combustión, o combinar ambas fuentes de energía para optimizar la eficiencia y desempeño bajo diversas condiciones de manejo [24]–[26].

### **2.2 Hibridación Vehicular**

La hibridación se refiere al proceso de combinar dos sistemas de propulsión; generalmente implica la integración de un motor de combustión interna, un motor eléctrico y una batería HV para almacenar energía. Esta combinación permite al vehículo funcionar utilizando diferentes fuentes de energía según los modos de conducción y la demanda de potencia, lo que puede resultar en mayor eficiencia en el consumo de combustible, reducir emisiones contaminantes e incluso permite conducir en modo completamente eléctrico durante distancias cortas [24]–[26].

### **2.3 Grado/Nivel de Hibridación**

Se refiere al nivel de integración y coordinación entre ambos sistemas de propulsión (eléctrica y combustión interna) del vehículo híbrido; es decir, que se trata del grado de conexión y complementación que tienen estos sistemas dentro del diseño y funcionamiento del vehículo. El grado de hibridación de un vehículo híbrido se divide en las siguientes categorías: Microhíbrido, Híbrido leve (Mild Hybrid), Híbrido puro/completo e Híbrido enchufable (Plug in PHEV) [25], [26].

#### **2.3.1 MicroHíbrido**

El micro HEV es un auto eléctrico que cuenta con un sistema start/stop, el cual permite apagar automáticamente el motor cuando se detiene por completo y encenderlo nuevamente al soltar el pedal del freno. Durante la conducción, este tipo de auto opera únicamente con su motor MCI integrado [24], [26], [27].

### **2.3.2 Híbrido Leve**

El vehículo HEV leve (Mild Hybrid) es similar al micro HEV, pero tiene un motor de arranque/alternador integrado más grande y una batería que permite la asistencia eléctrica mientras se mueve. En comparación con el MicroHíbrido el Híbrido Leve tiene componentes de mayor tamaño como: motor eléctrico, alternador y el pack de batería HV teniendo un impacto más significativo en el rendimiento del vehículo [24], [25], [28].

### **2.3.3 Híbrido Puro/Completo (Full)**

El HEV puro utiliza un motor eléctrico y la batería HV más grande a comparación del micro HEV y HEV suaves; incluso el HEV completo generalmente trabaja con un motor MCI más pequeño, pero tiene la capacidad de impulsar únicamente al vehículo mediante energía eléctrica, además emplea un sistema de control avanzado para optimizar la eficiencia del mismo. [24], [27], [28].

### **2.3.4 Híbrido enchufable (Plug in PHEV)**

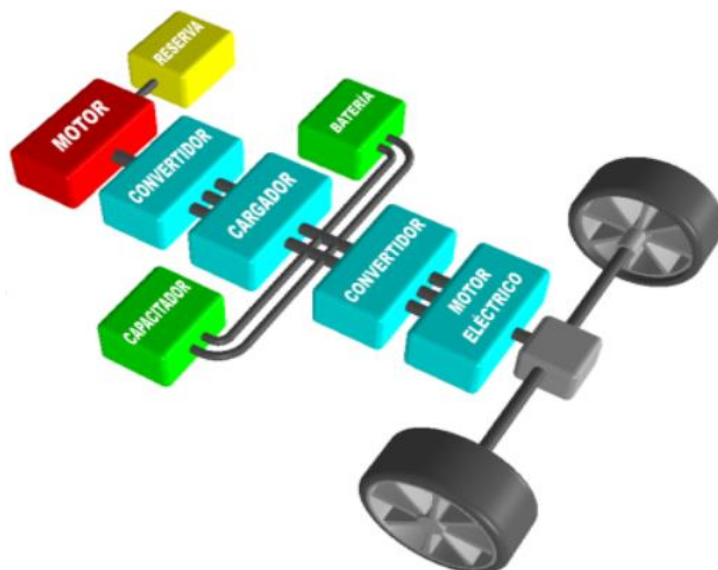
EL PHEV dispone de la misma configuración que un HEV full, pero adicionalmente incorpora un conector de carga de red eléctrica externo, además sus componentes eléctricos son muchos más grandes (ME y batería HV), los PHEV funcionan durante largos periodos de tiempo, esto es debido a sus componentes de alta capacidad eléctrica [24], [26], [27].

## **2.4 Arquitectura del HEV**

La configuración de los HEV se basa en la interconexión de subsistemas del automóvil, por lo tanto, se clasifican como híbrido en serie, en paralelo o mixto (serie-paralelo). Dependiendo de su diseño y del flujo de potencia energética; cada configuración específica utilizará sus recursos energéticos y lograr propulsar el vehículo [24], [29], [30].

### **2.4.1 Híbrido en Serie**

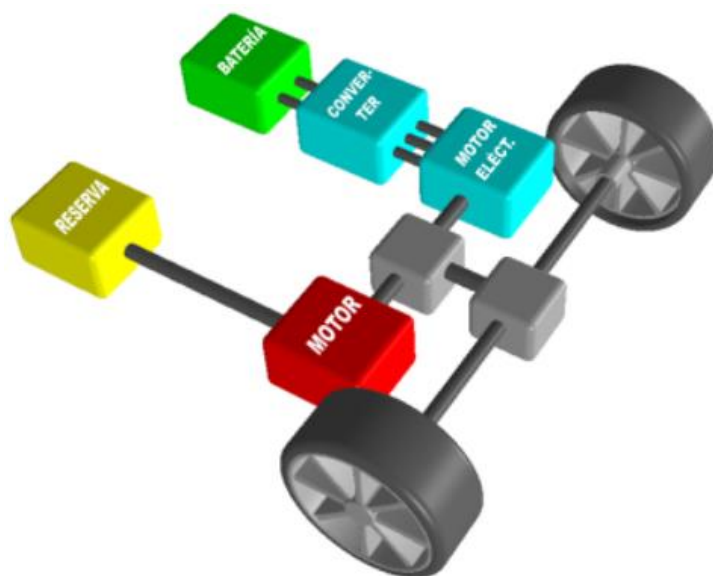
El sistema o estructura en serie está conformada por un MCI (motor térmico), ME (motor eléctrico), generador, convertidor de potencia y la batería HV (alto voltaje); como se muestra en la Figura 1, el MCI es utilizado para impulsar al generador, de tal forma poder generar energía eléctrica y ser almacenada en el pack de batería HV. Debido a que no hay una conexión mecánica directa entre el MCI (ICE) con la transmisión, el vehículo será propulsado principalmente por el motor eléctrico [24], [25], [29].



**Fig.1:** Configuración en Serie [24].

#### 2.4.2 Híbrido en Paralelo

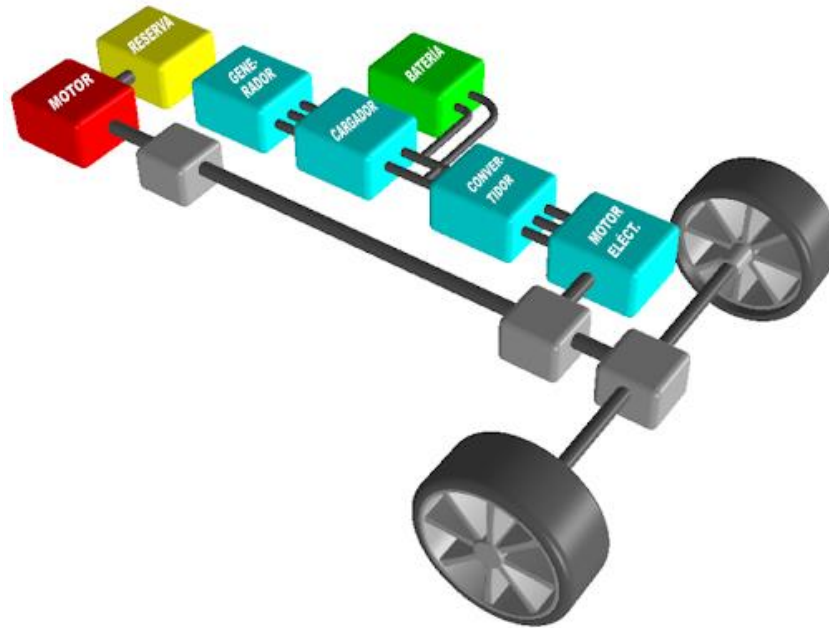
Generalmente, la disposición en paralelo emplea motores MCI más grandes que pueden operar como la principal fuente de energía del vehículo cuando está al ralentí o arrancando. Por otro lado, los motores (ME) son más pequeño y menos potentes; en la Figura 2 los motores (MCI y ME) entrega potencia de forma paralela para impulsar al vehículo, es decir que ambos motores pueden trabajar de manera independiente o cooperativa para proveer tracción. Además, se puede observar que el MCI está conectado mecánicamente a las ruedas motrices mediante una transmisión, mientras que el ME se utiliza para asistir al motor térmico durante las aceleraciones. [24], [29], [30].



**Fig.2:** Configuración en Paralelo [24].

### 2.4.3 Híbrido en Serie-Paralelo (Mixto)

La disposición en serie-paralelo es la unión de las anteriores configuraciones, el cual incorpora características del híbrido en serie y paralelo con se visualiza en la Figura 3, además agregándole una conexión mecánica adicional. Está configuración tiene la posibilidad de tener el motor completamente desacoplado del vehículo, lo que hace posible que el vehículo sea alimentado utilizando únicamente los motores eléctricos [24], [25], [29], [30].



**Fig.3:** Configuración en Serie-Paralelo [24].

### 2.5 Batería de Alto Voltaje

El auto híbrido, la batería de alto voltaje es una parte fundamental que almacena y suministra energía eléctrica al motor eléctrico. A diferencia de las baterías convencionales en otros autos, esta ópera con niveles de voltaje mucho más altos, permitiéndole almacenar mayor cantidad de energía. Gracias a ella, el motor eléctrico recibe la potencia necesaria para funcionar e impulsar el vehículo en modo eléctrico, reduciendo así su dependencia del motor tradicional de combustión interna [7], [31], [32].

Al saber que la batería de alto voltaje tiene un papel crucial en esta gama de vehículo, por lo que provoca que su diseño sea impecable e importante para ejercer su funcionamiento en cualquier momento y bajo todas las condiciones previsibles [7], [18], [32].

Numerosos fabricantes de baterías de alto voltaje adaptan diseños ya compuesto o incluso varias la composición del material de la batería (Níquel-hidruro metálico o Ion Litio entre otros), todas están diseñadas para proporcionar una alta densidad de energía y una capacidad de almacenamiento suficiente para impulsar vehículos eléctricos y híbridos. Es por ello, que se logra al incluir elementos como un grupo de específico y ordenado de celdas, controladores (sensores) de temperatura, control de operación de componentes de alto voltaje; todo con la finalidad que el sistema de la batería entregue la energía necesaria para el funcionamiento del motor eléctrico, y a su vez suministrar carga a la batería auxiliar de 12V, a través del inversor y del convertidor [7], [17], [30].

### ***2.5.1 Características de la Batería***

Para realizar el análisis del funcionamiento de la batería HV es importante conocer una serie de parámetros o conceptos técnicos:

- **Celda:** Esta es la parte más pequeña que compone la batería y se puede conectar en serie o incluso en paralelo con otras celdas para obtener los valores de corriente y voltaje requerido [7], [30].
- **SOC (State Of Charge):** Es el estado de carga de la batería, permite conocer su valor de carga en porcentaje o en energía; se define como el tiempo de autonomía restante de la batería HV [7], [33].
- **DOD (Depth Of Discharge):** Se refiere al grado o nivel en el que se agota la capacidad de una batería después de completar su ciclo completo carga-descarga. La DOD se expresa en porcentaje de la capacidad total de la batería. [33], [34].
- **Tensión de vacío -  $E_0$ :** Es la diferencia de potencial eléctrico entre los terminales de la batería en su estado no cargado o en reposo [7], [35].
- **Tensión en circuito cerrado -  $E$ :** La tensión eléctrica de un circuito cerrado se refiere a la medida de diferencia de potencial entre los terminales de una fuente, como una batería. Esta medición se realiza cuando la fuente está conectada a un circuito cerrado y suministra corriente eléctrica a un dispositivo o carga. [7], [36].
- **Resistencia interna:** Es una consecuencia eléctrica compleja, ya que en el interior se producen interacciones químicas dentro de la batería y dependerá del estado de la

batería HV [37], [38].

- **Capacidad:** Se refiere a la cantidad de electricidad que puede ser almacenada en una batería y luego descargarse en amperios-hora "Ah" [7], [25].
- **Capacidad nominal:** Esta es la capacidad que la batería expresada con Ah, y se puede obtener completamente desde su carga máxima, hasta alcanzar el voltaje de descarga especificado o controlada [38], [39].
- **Capacidad real:** Se refiere a la cantidad de energía que una batería completamente cargada puede proporcionar en condiciones distintas a las especificadas para determinar su capacidad nominal. Esta capacidad puede ser mayor o menor que la capacidad nominal, dependiendo de factores como la tasa de descarga utilizada y, principalmente, la temperatura de funcionamiento. Las diferentes condiciones operativas influirán en el rendimiento total de una batería [36], [38].
- **Coulomb:** La carga eléctrica transferida en un segundo por un amperio de intensidad es la cantidad de electricidad [7], [36].
- **Autodescarga:** La pérdida permanente de capacidad de una celda o batería cuando el circuito esta abierto, la medida se refleja en porcentaje de pérdida relativa a su capacidad nominal. Además, la autodescarga depende en gran medida de la temperatura de la batería [7], [39].
- **Sobrecarga:** La sobrecarga es el resultado de cargar la batería más allá de los límites establecidos por el fabricante en términos de intensidad y corriente [25], [39].
- **Vida útil:** La vida útil se refiere al tiempo en el que un producto puede mantener sus prestaciones por encima del límite permitido. Además, también incluye la cantidad de veces que una batería puede ser cargada y descargada completamente para recuperar su capacidad [35], [40].
- **Eficiencia:** La eficiencia se refiere a la relación entre la energía eléctrica devuelta por una batería y la cantidad de energía necesaria para cargarla. A lo largo de los ciclos (des)carga, puede ocurrir una pérdida en esta eficiencia [35], [40].
- **Curvas de carga y descarga:** Las curvas de carga y descarga son representaciones



gráficas que se emplean para evaluar el desempeño y la operación de una batería. Asimismo, estas curvas ayudan a determinar cuándo fue necesario extraer energía o almacenarla en dicha batería [36], [41].

### **2.5.2 Batería Níquel-Hidruro Metálico**

Estas baterías se utilizan comúnmente en vehículos HEV y EV debido a sus muchas ventajas. Si bien su densidad de energía no es tan alta como la de las baterías de iones de litio, todavía tiene un valor aceptable; pueden soportar un gran número de ciclos de carga/descarga, siempre y cuando la tasa de descarga de la batería no sea demasiado alta. Además, pueden operar dentro de un amplio rango de temperatura y son ambientalmente amigables ya que se pueden reciclar [42]–[44].

## **2.6 Mantenimiento en Vehículos Híbridos**

El mantenimiento de un automóvil híbrido podría compartir ciertas similitudes con el mantenimiento de vehículos tradicionales, pero también existe una alta diferencia debido a los componentes y sistemas específicos propios de los vehículos híbridos como: sistemas de propulsión híbrida, frenado regenerativo, batería de alto voltaje entre otros componentes eléctricos [17], [45], [46].

Las diferentes técnicas que se han desarrollado para este tipo de vehículos son las siguientes:

- Evaluación del sistema de frenos regenerativos
- Monitoreo de la transmisión
- Reemplazo de baterías
- Sistema de enfriamiento (del motor y del sistema híbrido)
- Sistema eléctrico y de energía
- Mantenimiento del sistema de propulsión híbrida

Según Bustillo [45]; Tom Denton [47] dice que, “para los vehículos híbridos el mejor rendimiento de kilometraje por galón es los sistemas de control necesarios y batería HV

funcionando correctamente, el resultado del diagnóstico será suficiente para el mantenimiento preventivo como de corrección. En batería de alto voltaje en su mantenimiento proponente, un equipo de pruebas universales para diagnóstico y mantenimiento de baterías HV para vehículos híbridos”.

## 2.7 Mantenimiento Predictivo

El mantenimiento predictivo es una estrategia sofisticada de mantenimiento que emplea tecnologías y datos para anticipar cuándo es más probable que se presente un fallo en un componente o sistema, posibilitando tomar medidas preventivas antes de la ocurrencia del fallo real. Esta aproximación se fundamenta en la premisa de que los equipos y sistemas no fallan abruptamente, sino suelen presentar señales progresivas de deterioro previo a una avería completa [48], [49].

Neita & Peña [50]; Ramos & Felipe [48]; Olarte [49] sugiere que, al llevar a cabo el mantenimiento predictivo, sin importar la técnica utilizada, se supervisa una variable física relacionada con el estado de la máquina y cuando se realiza un seguimiento.

Se buscan alcanzar algunos de los siguientes objetivos mediante estas variables:

- **Vigilancia:** Su objetivo consiste en identificar cualquier tipo de problema y determinar si la condición es favorable o desfavorable. En caso de ser desfavorable, se busca definir el nivel de gravedad.
- **Protección:** En caso de que los valores de la variable monitoreada alcancen niveles peligrosos, el equipo se apaga.
- **Diagnóstico de fallas:** Identificar la causa específica del problema en el equipo.
- **Pronóstico:** Estimar la duración en la que la máquina puede operar sin el riesgo de una falla catastrófica.

### 2.7.1 Técnicas de Mantenimiento Predictivo

Las técnicas de mantenimiento predictivo son métodos utilizados para predecir y detectar posibles fallas o problemas en equipos y maquinarias antes de que ocurran, con el

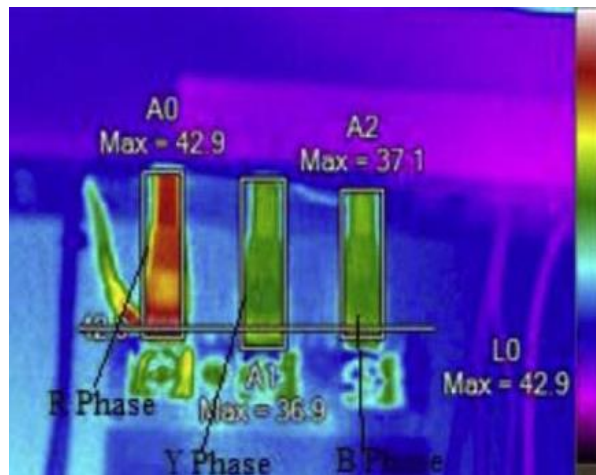
objetivo de evitar paradas no planificadas y realizar intervenciones de mantenimiento de manera oportuna [49], [51].

Hay varios métodos disponibles para llevar a cabo el mantenimiento predictivo, algunas de las siguientes técnicas son las más comunes tales como:

- Análisis de vibraciones
- Termografía
- Análisis por ultrasonido
- Análisis de aceite

**2.7.1.1 Análisis de Vibraciones.** Es una técnica en el mantenimiento predictivo que se basa en el estudio de las vibraciones mecánicas para determinar la condición de un equipo. El diagnóstico de su estado se realiza a través del análisis de sus vibraciones, basándose en que las fallas generan fuerzas dinámicas que alteran su comportamiento vibratorio [50]–[52].

**2.7.1.2 Termografía.** es una técnica que permite visualizar la radiación térmica o energía infrarroja emitida o reflejada por un cuerpo sin causar daños y sin necesidad de contacto, como se muestra en la Figura 4. La energía térmica desempeña un papel importante en los equipos eléctricos para aumentar su confiabilidad operativa, cuando pasa corriente eléctrica a través de un componente, esto produce calor. Por lo tanto, la cantidad de energía térmica generada por dicho componente depende directamente del cuadrado de la corriente que circula a través del mismo y su resistencia. En resumen, si hay un aumento en la resistencia eléctrica también implicará mayor producción de calor [51], [53].



**Fig.4** Termograma del sobrecalentamiento [54].

**2.7.1.3 Análisis por Ultrasonido.** Se utiliza ondas de ultrasonido para la detección y análisis de problemas en equipos; esta técnica se fundamenta en la premisa de que los diversos tipos de fallos como: fugas, fricción excesiva, desgaste o cambios estructurales internos en los materiales generan ondas ultrasónicas audibles por dispositivos especiales capaces tanto hacer su detección como realizar un análisis exhaustivo [51], [55], [56].

**2.7.1.4 Análisis de Aceite.** El análisis de aceite es un conjunto de pruebas de laboratorio utilizadas para evaluar el estado del lubricante utilizado en equipos, así como los residuos presentes. Se lleva a cabo un seguimiento periódico y análisis exhaustivo del aceite empleado en los equipos, lo que ayuda a detectar contaminantes, desgastes inusuales en las piezas, alteraciones en las propiedades del aceite y otros indicadores problemáticos relacionados con la maquinaria [55], [57], [58].

## 2.8 Termografía Infrarroja

Es la ciencia que consiste en recopilar y analizar datos termográficos adquirido a distancia utilizando dispositivos de imagen térmica (termogramas), técnicamente denominados radiómetro de infrarrojos (cámara termográfica). Esta técnica es aplicada en equipos óptico-electrónicos para medir correctamente la temperatura es importante, porque esta variable es fundamental en prácticamente todas las situaciones y procesos, por lo tanto, es un factor crítico que hay que controlar [46], [59].

### 2.8.1 Principios de la Termografía

La termografía se fundamenta en la medición de radiación infrarroja emitida por un objeto con temperatura superior al cero absoluto. Por lo tanto, es posible determinar la temperatura de cualquier material sin importar su composición, debido que esta técnica no requiere contacto físico con el objeto para poder analizarlo. En la actualidad, la termografía ha ganado popularidad como técnica de examen o diagnóstico presencial debido a que permite diagnosticar sin necesidad de entrar en contacto directo con el objeto, obteniendo así una medida precisa y superficial de los componentes o elementos estudiados [46], [59], [60].

Hay tres razones principales por las que la termografía infrarroja es un instrumento fundamentalmente útil:

- **Es sin contacto:** La medición sin contacto implica que la temperatura puede ser medida a distancia, en contraste con un termopar o detector de temperatura resistivo (RTD). Esta característica resulta útil para áreas donde realizar la medición sería peligroso o no factible desde la base de una máquina. [46], [50], [61].
- **Es bidimensional:** Es bidimensional porque la temperatura se mide en toda el área de la pantalla en lugar de solo en un punto, lo que sería mono dimensional. En cambio, se pueden obtener distintas medidas de un mismo objeto en el mismo momento a lo largo y ancho de la pantalla [59], [61], [62].
- **Se realiza en tiempo real:** La medición se realiza en tiempo real, debido a que cualquier cambio en el objeto bajo medida se refleja instantáneamente en la imagen termográfica mostrada en la pantalla de la cámara [46], [59], [61].
- **Es multidisciplinar:** Las imágenes no solo comunican información sobre temperatura, sino también acerca de patrones térmicos, comportamientos, anomalías, etc. [50], [61], [62]

### 2.8.2 Tipos de Termografía

Existen dos formas de análisis termográfico como cuantitativa o cualitativa y dos métodos de aplicación como pasiva o activa, pero además existen dos métodos de medición como directo e indirecto (reflector). La elección del método dependerá tanto de las necesidades como del alcance del objeto que se va a estudiar.

**2.8.2.1 Termografía Cuantitativa.** La termografía cuantitativa proporciona medición numérica precisa de las temperaturas en diferentes puntos de la imagen térmica para poder evaluar los posibles problemas (anomalías) detectados, el uso de esta técnica en las inspecciones termográficas se aplica cuando se requiere un análisis detallado para comprender la distribución temperatura del objeto a examinar [60], [61], [63].

**2.8.2.2 Termografía Cualitativa.** La técnica termográfica cualitativa consiste en la visualización y detección de patrones térmicos en el objeto a examinar por medio de una imagen térmica, esta técnica puede detectar variaciones de temperatura y contrastes térmicos sin proporcionar mediciones numéricas precisas; además, se puede determinar por comparación con otros objetos en las mismas condiciones a través de los patrones térmicos y revelar la presencia de anomalías [60], [61], [63].

**2.8.2.3 Termografía Pasiva.** La termografía pasiva se trata del estudio de la radiación infrarroja que emana naturalmente de un objeto; esta radiación es producida por el propio objeto debido a su temperatura y características físicas en funcionamiento. La termografía pasiva no requiere la aplicación de instrumentos o fuentes de energía de calor externas (adicional) para medir temperatura de zonas con defectos en el objeto [35], [50], [64].

**2.8.2.4 Termografía Activa.** La termografía activa implica el uso de fuentes de calor adicionales en la superficie de un objeto para generar una transferencia térmica y resaltar posibles irregularidades internas, como grietas, fugas o defectos que no se pueden detectar mediante la termografía pasiva [35], [50], [64].

**2.8.2.5 Termografía Directa.** Es un método ampliamente utilizado que consiste en utilizar una cámara termográfica para medir directamente la radiación infrarroja emitida por el objeto o superficie que se está analizando. No hay ningún elemento intermedio entre la cámara y el objeto, lo cual hace este método muy comúnmente utilizado [50], [60], [65].

**2.8.2.6 Termografía Indirecta (Reflector).** La termografía indirecta, también conocida como reflector, se refiere a una técnica de medición en la cual hay algún tipo de superficie o elemento que se interpone entre la cámara termográfica y el objeto que se está estudiando. Esto impide tener una visión directa del objeto, pero permite obtener información térmica basada en otros parámetros o efectos relacionados con su temperatura [50], [60], [65].

## 2.9 Radiación Infrarroja

Según Sendra & Martínez [59], indica que “la radiación infrarroja (IR<sup>6</sup>) es una forma de radiación electromagnética con longitudes de onda que van desde los 760-780 nm, lo cual limita su percepción visual en el espectro rojo. Además, esta radiación abarca un rango más amplio hasta los 10.000 o 15.000 nm donde son consideradas microondas.”.

La radiación infrarroja (IR) es generada por objetos calientes debido a los cambios de estado energético y la rotación de enlaces moleculares. Todos los cuerpos con una temperatura superior al cero absoluto (-273 °C) emiten radiación infrarroja, y tanto su cantidad como la longitud de onda dependen de la temperatura y composición del objeto en cuestión. [59], [66], [67].

### 2.9.1 Espectro Electromagnético

En la Figura 5 se muestra el espectro electromagnético, que presenta una amplia gama de energía radiante y tipos de ondas electromagnéticas. Una de estas ondas es corta y tiene una intensidad muy alta, lo cual resulta en altas temperaturas. Por otro lado, las otras dos ondas son media y larga longitud respectivamente; tienen un alto nivel de absorción, pero baja reflectividad, por lo tanto, no penetran profundamente en la piel. [61], [66], [68].

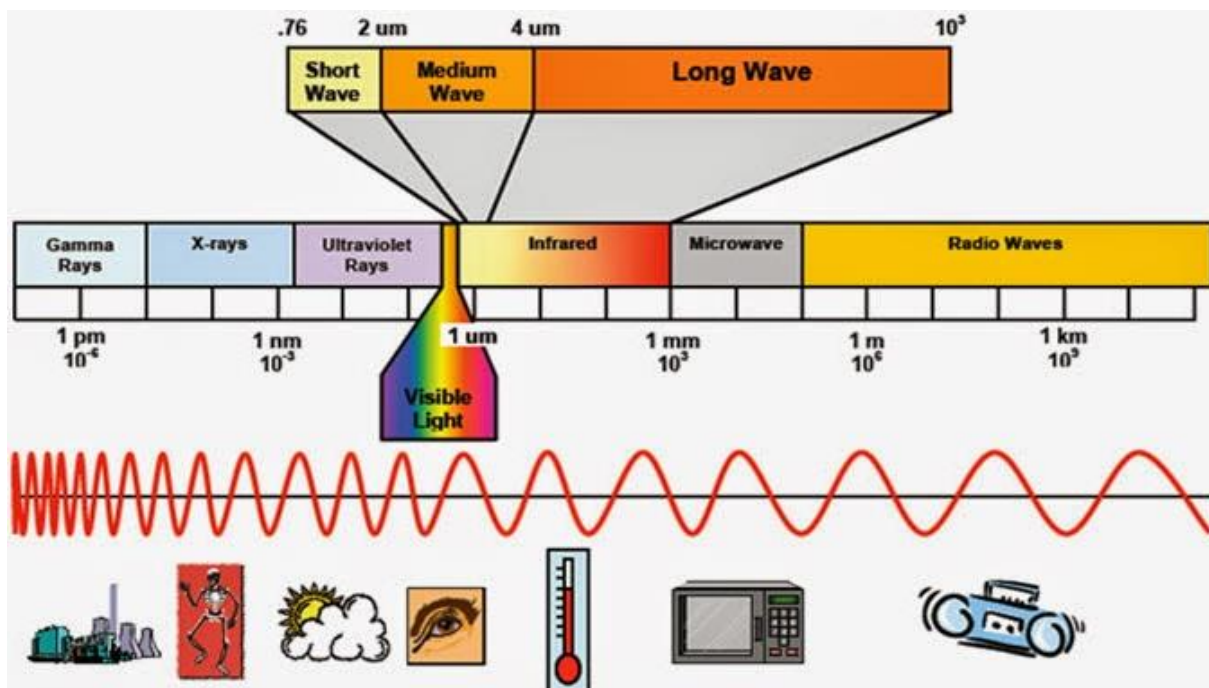


Fig.5 Espectro infrarrojo [66].

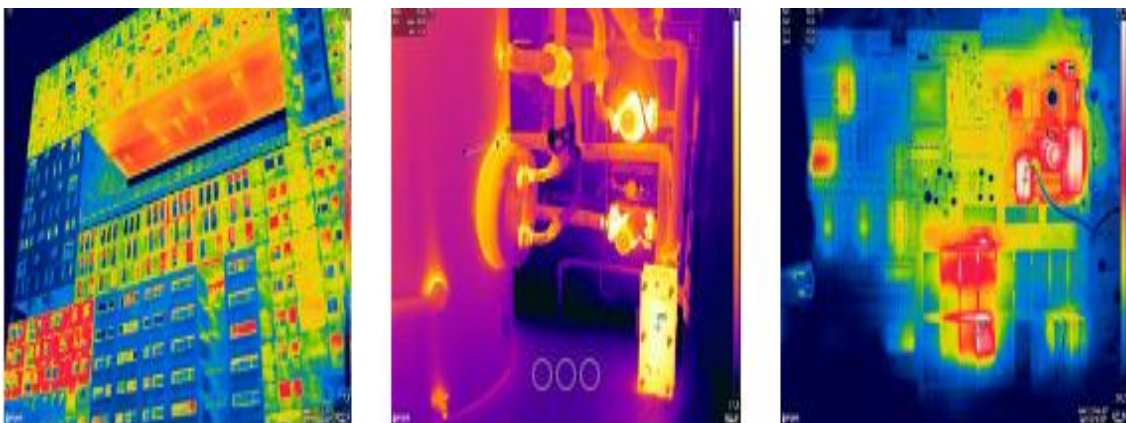
<sup>6</sup> IR: Infrared radiation (Radiación Infrarroja)

### 2.9.2 Firma Térmica

La cámara termográfica crea una imagen conocida como "termograma", también llamado imagen térmica o imagen radiométrica. Este tipo de imagen muestra datos precisos y detallados (datos radiométricos) sobre temperatura en cada punto de la mismo.

Es crucial comprender que, en comparación con la imagen real, la termografía es una representación de la intensidad de radiación térmica y no muestra la distribución exacta de temperatura detectada por el equipo. Esto implica que un objeto puede tener igualmente temperaturas idénticas pero diferentes emisividades al ser analizado mediante termografía. Como resultado, se observará un contraste en los colores utilizados para mostrar las imágenes térmicas lo cual podría dar lugar a impresiones erróneas sobre diferentes temperaturas presentes [60], [61], [68].

La utilización de cámaras termográficas permite convertir la energía emitida (emisividad) por el objeto en una imagen perceptible; la Figura 6 ilustra claramente diversas áreas donde se puede aplicar esta técnica llamada termografía. Conforme pasa el tiempo, este método adquiere cada vez más importancia en las actividades relacionadas con mantenimiento. La termografía infrarroja permite convertir una imagen infrarroja en una imagen radiométrica, lo cual es útil para determinar las condiciones de trabajo de un equipo monitoreado tanto dentro del rango normal como anormal de operación. Esta información resulta relevante al diseñar posibles escenarios futuros ante fallas potenciales [60], [66], [67].



**Fig.6** Termografía infrarroja [66].



### **2.9.3 Patrones Térmicos**

La cámara termográfica es un dispositivo que, sin necesidad de contacto directo con el objeto al que se apunta, detecta su patrón térmico a través del espectro de la longitud de onda infrarroja. El patrón térmico se puede interpretar como el comportamiento normal o anormal para descubrir posibles fallas, por lo que estos pueden ser una guía al momento de realizar un monitoreo para interpretar diferentes imágenes térmicas [60], [61], [68].

## **2.10 Transferencia de Calor**

La transferencia de calor se refiere al intercambio o proceso físico en el que la energía térmica se transfiere entre objetos o diferentes partes de un mismo cuerpo debido a una diferencia de temperatura. Es importante destacar que este intercambio siempre ocurre desde el objeto más caliente hacia el más frío [68]–[70].

### **2.10.1 Principios de la Transferencia de Calor**

Su principio básico se apoya en la segunda ley de la termodinámica; cuando dos cuerpos a diferentes temperaturas están en contacto, el calor fluye espontáneamente del cuerpo más caliente al más frío debido a la diferencia de temperatura entre ellos. Este proceso continúa hasta que se alcanza un estado de equilibrio térmico, donde no hay un flujo neto de calor entre ellos y las temperaturas se estabilizan [35], [69], [70].

### **2.10.2 Modos de transferencia de Calor**

Para que se produzca la transferencia de calor por el cual la energía térmica pasa de un cuerpo a otro, se pueden utilizar tres métodos distintos: conducción, convección y radiación. Estos procesos permiten que el calor pueda moverse entre los cuerpos y ocurren cuando existe una diferencia de temperatura [35], [68], [70].

**2.10.2.1 Conducción.** La conducción térmica es la forma en que el calor se transfiere a través de partículas adyacentes en un medio estacionario o sólido. Durante este proceso, las moléculas transmiten energía cinética al chocar o vibrar entre sí. Los materiales conductores, como los metales, son capaces de conducir eficientemente el calor debido a su estructura molecular y alta conductividad térmica [61], [70], [71].

**2.10.2.2 Convección.** El movimiento de un fluido, ya sea líquido o gas, es responsable de la transferencia de calor conocida como convección. Esta transferencia puede ser natural,

debido a las diferencias en densidad causadas por cambios térmicos; o forzada mediante el uso de ventiladores o bombas. La convección se considera eficiente para transportar calor desde una región caliente hasta una más fría gracias al flujo del fluido en movimiento [35], [70], [71].

**2.10.2.3 Radiación.** La radiación es la forma en que el calor se transfiere a través de ondas electromagnéticas, especialmente a través de la radiación infrarroja. A diferencia de la conducción y convección, no necesita un medio material para propagarse y puede transferir calor incluso en el vacío. Todos los objetos emiten una cantidad de energía térmica como radiación dependiendo de su temperatura, y esta energía puede ser absorbida o emitida por otros objetos. La cantidad exacta dependerá principalmente del objeto mismo: su temperatura, emisividad (capacidad para emitir) y área superficial disponible [61], [68], [70].

### 2.10.3 Emisividad

La emisividad se define como la capacidad de un material para transmitir radiación infrarroja. En la Tabla 1, se muestra una escala que va desde 0 hasta 1, donde el valor más alto ( $\epsilon=1$ ) corresponde a materiales con una gran capacidad para emitir dicha radiación, como objetos oscuros. La medida de emisividad depende tanto de las propiedades del material como de su acabado superficial y también puede variar según la temperatura en algunos casos. Por ejemplo, los materiales no metálicos como plásticos o sustancias naturales tienden a tener altos grados de emisividad al igual que los materiales utilizados en construcción [60], [72], [73].

Los materiales de desarrollo tienen niveles de emisividad elevados ( $\epsilon \approx 0,8$  a  $0,95$ ) y no se ven afectados por la variedad de calor. Además, estos materiales no son influenciados por variaciones en la temperatura como ocurre con los metales. Los metales en particular presentan una emisividad extremadamente baja que varía con el cambio de temperatura y también depende del acabado brillante que tengan [72], [74], [75].

**TABLA I**  
VALORES DE EMISIVIDAD DE DIFERENTES MATERIALES [35]

<b>Material</b>	<b>Emisividad</b>
Cuerpo negro	1
Piel humana	0.98
Agua	0.98
Amianto	0.95
Cerámica	0.95

Barro	0.95
Tejido	0.95
Grava	0.95
Papal	0.95
Plástico	0.95
Goma	0.95
Madera	0.95
Cobre (oxidado)	0.68
Acero inoxidable	0.1
Cobre (pulido)	0.02
Aluminio (pulido)	0.05

*Nota.* La emisividad de cada material estará determinada por sus propiedades térmicas, como su calor específico, conductividad térmica y difusión térmica. Esta energía se reflejará en la temperatura superficial del objeto que está siendo analizado.

**2.10.3.1 Factores que Afectan la Emisividad.** Padilla [74]; ASTM E1933-14 [72] afirma que dentro de la emisividad existen diversos factores que afectan a la misma como:

- **Material:** Los no metales tienen una mayor emisividad que los metales, ya que los metales se oxidan y cambian su emisividad, mientras que los no metales no cambian su emisividad después de algún tiempo.
- **Estructura superficial:** Superficies pulidas tendrán una baja emisividad, en contraste con superficies rugosas que presentan una mayor emisividad.
- **Geometría:** Se refiere a los ángulos, las cavidades que hacen que el componente actúe como un cuerpo negro.
- **Ángulo:** Puede fluctuar entre varios tipos de superficies, y el ángulo influye en la emisividad.
- **Longitud de onda:** Varios tipos de localizadores para una frecuencia similar pueden tener reacciones algo diferentes, lo que muestra contrastes en la forma en que actúa una superficie.
- **Temperatura:** La emisividad de un material aumenta a altas temperaturas.

## **2.11 Normativas Vigentes para la Aplicación de Termografía Infrarroja**

### **2.11.1 Normativas ASTM**

La ASTM (Sociedad Americana de Pruebas y Materiales) es una organización que se encarga de desarrollar y publicar documentaciones técnicas para diversos materiales, productos, sistemas y servicios a nivel internacional [76].

**ASTM E1316-22a (Standard Terminology for Nondestructive Examinations).** Esta norma establece los términos y definiciones estándar utilizados en los exámenes no destructivos (END), para asegurar una comprensión clara e interpretación de todos los estándares relacionados, incluyendo la termografía infrarroja [67].

Alcance: El alcance de esta norma es facilitar la comunicación y comprensión de los términos y conceptos relacionados con los métodos de ensayos no destructivos. Sirve como referencia estándar para profesionales, organismos reguladores e investigadores en diferentes industrias como aeroespacial, automotriz, construcción y generación de energía. Estas pruebas son cruciales para garantizar la seguridad y confiabilidad en estructuras, componentes y sistemas clave dentro de estas industrias.

**ASTM E1862-14 (Standard Practice for Measuring and Compensating for Reflected Temperature Using Infrared Imaging Radiometers).** El objetivo de esta norma es establecer un procedimiento que permita medir con exactitud la temperatura de un objeto utilizando un radiómetro de imágenes infrarrojas. Además, se busca corregir los efectos producidos por la temperatura reflejada en el radiómetro, el cual consiste en una herramienta que captura y recopila imágenes térmicas mediante un sensor óptico como lo es la cámara termográfica [77].

Alcance: Este método se aplica en los campos de la termografía y medición de temperatura. Es utilizado por profesionales para garantizar mediciones precisas y confiables, así como compensar la temperatura reflejada. Se utiliza en diversas aplicaciones como diagnósticos de edificios, inspecciones industriales e imágenes médicas.

**ASTM E1933-14 (Standard Practice for Measuring and Compensating for Emissivity Using Infrared Imaging Radiometers).** Se establece una norma estándar que indica cómo medir y compensar la emisividad utilizando radiómetros de imagen térmica por

infrarrojos. Esto se debe a que la emisividad puede variar dependiendo del material y superficie del objeto bajo estudio [72].

Alcance: Esta norma tiene como objetivo establecer un método para el cálculo de la emisividad de un objeto mediante la utilización de dispositivos infrarrojos y posteriormente compensar los efectos que pueda tener esta en las mediciones de temperatura. Esta medida se utiliza con el fin garantizar una medición precisa y fiable en objetos que presenten diferentes propiedades respecto a su emisividad. Es fundamental considerar este factor al realizar mediciones térmicas, especialmente cuando se requiere alta precisión, por ejemplo, en aplicaciones tales como la industria aeroespacial, campo médico e investigación científica.

**ASTM E1934-99a (Standard Guide for Examining Electrical and Mechanical Equipment with Infrared Thermography).** La norma establece un método estándar para inspeccionar equipos eléctricos y mecánicos utilizando la termografía infrarroja. Esta técnica utiliza cámaras infrarrojas para medir la temperatura de los objetos y crear una imagen térmica que muestra las variaciones de temperatura en una superficie [78].

Alcance: El objetivo de esta norma es proporcionar un método para inspeccionar equipos eléctricos y mecánicos mediante el uso de termografía infrarroja, incluso también proporciona directrices para la interpretación de las imágenes térmicas para detectar e identificar anomalías térmicas que puedan indicar problemas o fallas, tales como sobrecalentamiento, desgaste y daño mecánico.

### **2.11.2 Normativa ISO**

La ISO (International Organization for Standardization) es una organización internacional independiente y no gubernamental que se enfoca en la creación y promoción de normas internacionales en diversas áreas, como tecnología, calidad, medio ambiente y gestión [79].

**ISO 18434-1 (Condition monitoring and diagnostics of machines-Thermography).** La normativa se centra en monitorear y diagnosticar del estado de las máquinas utilizando la termografía, que utiliza cámaras térmicas para medir y visualizar la temperatura de los componentes de maquinaria. Además, ofrece guías sobre cómo establecer criterios de

evaluación para identificar anomalías con el objetivo de controlar el estado de las máquinas mediante esta técnica [60].

Alcance: Se ofrece una introducción sobre la implementación de la termografía infrarroja (IRT<sup>7</sup>) para el monitoreo y diagnóstico del estado de maquinaria, así como detalles acerca de la calibración de los equipos utilizados, registro y documentación adecuada de los datos obtenidos, además se proporcionan procedimientos para llevar a cabo inspecciones y pruebas utilizando esta técnica.

---

<sup>7</sup> IRT: Infrared thermography (termografía infrarroja)

### **3. CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO**

La investigación que se presenta aborda el desarrollo de un método utilizando termografía infrarroja para inspeccionar la batería de alto voltaje durante los ciclos de carga y descarga. Para esto, se utilizó una cámara termográfica capaz de adquirir imágenes térmicas y visualizar la distribución de temperatura del objeto bajo estudio. La recolección de datos se realizó a través del método o técnica de observación, que consiste en observar el comportamiento del objeto e ir recopilando información necesaria para describir y analizar su condición posteriormente.

La técnica de observación también se complementa con el método comparativo para comparar la firma patrón vs las firmas térmicas a través de la herramienta de informe del software Flir Thermal Studio para describir su comportamiento y determinar el estado de la batería; por lo tanto, primero se debe determinar la firma patrón para el ciclo de carga y descarga de la batería de alto voltaje.

Durante la adquisición de la firma térmica, se obtendrán datos provenientes de la ECU utilizando el conector OBDLINK MX+ junto al software OBDWIZ. Esta herramienta extraerá y almacenará en tiempo real los datos variables como: voltaje, corriente y estado de carga de la batería.

Los datos obtenidos durante el desarrollo del método de inspección termográfico aplicado en la batería de alto voltaje fueron finalmente procesados. Se utilizó el software Excel para tabular y organizar los datos, posteriormente se realizó el procesamiento con ayuda del software Minitab. En este proceso se utilizaron diferentes modelos estadísticos para determinar la normalidad de los datos y la correlación entre las variables independientes/dependientes.

#### **3.1 Descripción de la Metodología Empleada en el Estudio**

Durante la ejecución del presente proyecto de investigación, se utilizó una metodología que se detallará a continuación: El objetivo principal era monitorear y diagnosticar el comportamiento de la batería de alto voltaje durante los procesos normales de carga y descarga. Para lograr esto, se llevó a cabo un diseño no experimental que se aplicó de manera longitudinal, que permite medir y analizar el cambio de las variables conforme va pasando el tiempo. Por lo cual se visualizó la tendencia térmica y se analizó la temperatura detectada en

la superficie superior del equipo, para verificar el comportamiento y establecer el estado de la batería de alto voltaje.

El proyecto técnico se diseñó bajo el planteamiento de una metodología de enfoque cuantitativo, ya que cuenta con la mejor adaptación acorde a las características y necesidades de la investigación, el enfoque se desarrolló en tres métodos: <sup>1</sup> comenzando por el método de medición para la adquisición de firmas térmicas y a su vez recopilar datos de las variables observadas (voltaje, corriente y estado de carga de la batería); <sup>2</sup> el método comparativo que se aplica para comparar las firmas térmicas de la batería obtenidas en diferentes momentos vs la firma patrón y poder determinar la condición del estado de la batería; <sup>3</sup> el método analítico se aplica a través de herramientas matemáticas como el modelo estadístico para obtener conclusiones o soluciones basadas en el análisis de datos y la interpretación de resultados.

### 3.1.1 Estimación de la Muestra (Observaciones)

Se utilizó el modelo estadístico con la herramienta matemática Minitab para estimar el tamaño de muestra necesario y determinar el número de observaciones requeridas. En una prueba preliminar se obtuvieron un total de 78 observaciones, las cuales fueron utilizadas para estimar el tamaño real que se necesita en el ensayo termográfico. Con estos datos preliminares se aplicó la técnica del estadístico descriptivo, obteniendo así valores como la desviación estándar y error estándar de la media (margen de error). La TABLA II muestra los resultados obtenidos en esta primera prueba o también denominada como prueba 1.

**TABLA II**  
ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DE LA PRUEBA PRELIMINAR

<b>Variables Parámetros</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Voltaje (V)</b>	<b>Corriente (A)</b>	<b>Estado de carga (%)</b>
N	78	78	78	78
Error estándar de la media	0,126	0,867	0,445	0,249
Desv. Estándar	1,115	7,66	3,932	2,203

Ahora bien, una vez obtenido la caracterización de las variables se procede a utilizar la técnica de tamaño de la muestra para estimación, en donde se da uso de los datos encontrados



anteriormente; en la TABLA III se observa la estimación del tamaño de la muestra en cada variable y se visualiza que el resultado es casi igual para cada una.

**TABLA III**  
ESTIMACIÓN DE LA MUESTRA

<b>Variables</b>	<b>Tamaño de la muestra (Observaciones)</b>
Temperatura (°C)	304
Voltaje (V)	303
Corriente (A)	303
Estado de carga (%)	304

Para finalizar con esta aparta se buscó determinar cuántas repeticiones se necesita para completar el tamaño de muestra encontrado (1), en donde se divide el tamaño de muestra/el número de observación obtenido en la prueba preliminar.

$$\text{N}^\circ \text{ de repeticiones} = \frac{n}{\text{N}^\circ \text{ de observación}} \quad (1)$$

$$\text{N}^\circ \text{ de repeticiones} = \frac{304}{78} = 3,89 \approx 4$$

El tamaño de la muestra es de 304, es decir, que se necesitó 304 observaciones que serán completada alrededor de 4 repeticiones o series durante el proceso de la adquisición del ensayo termográfico. Sabiendo el tamaño de la muestra se procede a adquirir los datos funcionales de batería de alto voltaje con sus respectivas firmas térmicas.

### 3.2 Equipos para el Desarrollo del Ensayo

Se emplearon los equipos disponibles en el laboratorio de Movilidad Sostenible, perteneciente a la carrera de ingeniería automotriz de UPS sede Guayaquil campus Centenario.

- **Cámara termográfica:** El equipo implementado es el Flir TG297 (cámara termográfica - Puntual), en la Figura 7 se observa el instrumento de medición. Este instrumento cuenta con su certificado de calibración y permite obtener imágenes precisas de temperaturas desde -25 hasta 1030 grados centígrados. Además, puede adquirir y procesar las firmas térmicas en tiempo real; las especificaciones

completas del equipo están detalladas en la Tabla IV. [80].



**Fig.7** Cámara termográfica TG297

**TABLA IV**  
CARACTERÍSTICAS DE LA CÁMARA TERMOGRAFICA [80]

<b>Especificaciones</b>	<b>Valores/Datos</b>
Resolución IR	160 x 120 píxeles
Enfoque	Fijo
Sensibilidad térmica/NETD	< 70 mk
Campo de visión (FOV)	57° x 44°
Distancia mínima de enfoque	0,3 m
Resolución de imagen	320 x 240 píxeles
Plano focal/ gama espectral	Micro bolómetro no refrigerado/ 7,5-14
Rango de temperatura del objeto	-25°C a 1030°C (-13°F a 1886°F) -De -25°C a 50°C: hasta ± 3°C DE 50°C a 100°C: ±1,5°C o ±1,5%.
Precisión de la medición	Lo que sea mayor 1000°C a 500°C (212°F a 932°F): ±2,5°C(±6°F) 0 ± 2,5%, el mayor de los datos 500°C a 1030°C (932°F a 1886°F): ±3°C (±7°F) O ±3%, lo que sea mayor.
Humedad (funcionamiento y almacenamiento)	Humedad relativa (HR) del 0 ~ 90 %, 0 ~ 37 °C (32 ~ 98,6 °F) HR del 0 ~ 65 %, 37 ~ 45 °C (98,6 ~ 113 °F)

---

HR del 0 ~ 45%, 45 ~ 55 °C (113 ~ 131 °F)

---

- **Pirómetro:** El Fluke 62 Max es un termómetro (pirómetro) el cual se observa en la Figura 8. Este instrumento es capaz de medir temperaturas de que van desde -30 °C hasta 500 °C (-22°F a 932 °F), lo cual será útil para configurar la emisividad de la cámara termográfica; las especificaciones completas del equipo están detalladas en la TABLA V [81].



**Fig.8** Fluke 62 Max (Pirómetro) [81].

**TABLA V**  
CARACTERÍSTICAS DEL PIRÓMETRO [81]

Parámetros	Valores
Rango de temperatura	-30 °C to 600 °C (-22 °F to 1112 °F)
Temperatura de funcionamiento	0 °C a 50 °C (32 °F a 122 °F)
Resolución	0.1 °C (0.2 °F)
Tiempo de respuesta	< 500 ms (95 % de lectura)
Precisión de la medición	±2°C o ±2%
Emisividad	0.10 to 1.00
Proporción distancia al foco	20:1 (calculated at 90 % energy)

- **Conector OBD:** Se empleará el OBDLinkMX+ como se muestra en la Figura 9, este dispositivo se conecta directamente al puerto DLC del vehículo para obtener los datos de funcionamiento en tiempo real y su conexión es mediante bluetooth.

Es compatible con los protocolos ISO 9141-2, J1850 VPW SAE y J1850 PWM SAE; además, requiere una corriente eléctrica de 62 mA y puede tener acceso a modelos vendidos en Estados Unidos desde 1996. [82].



Fig.9 OBDLINKMX+

- **Software OBD WIZ:** El software de diagnóstico automotriz es compatible con los protocolos OBD-II y ofrece diversas funciones para el diagnóstico del vehículo. Estas incluyen la visualización en tiempo real de datos, grabación de información y generación de reportes. Además, permite extraer los datos a un archivo EXCEL para su análisis en programas estadísticos [83].
- **Software Flir Thermal Studio:** El software desarrollado por Flir Systems tiene como objetivo facilitar el análisis y la gestión de imágenes térmicas. Está diseñado para proporcionar funciones avanzadas de procesamiento, que son indispensables para el mantenimiento predictivo de componentes críticos, así como para el diagnóstico y resolución de problemas en sistemas o equipos. Además, puede generar informes del estado del objeto que se está monitoreando, otorgando de forma detalla los parámetros de temperatura de las firmas térmicas [84].
- **Software Microsoft Excel:** Microsoft ha desarrollado Excel como programa para crear y editar hojas de cálculo, estas hojas están formadas por filas y columnas divididas en celdas. Excel ofrece la capacidad de almacenar datos, organizar, tabular e incluso realizar operaciones aritméticas como suma, resta o multiplicación, también permite introducir gráficos entre otras funcionalidades adicionales [85].

- **Software Minitab:** Se trata de un software estadístico utilizado para analizar datos y mejorar procesos. Ofrece una amplia gama de herramientas estadísticas como análisis de regresión, análisis de varianza, pruebas de hipótesis e intervalos de confianza. También proporciona gráficos como dispersión, histogramas, control gráfico y capacidades que ayudan a los usuarios a comprender y visualizar sus datos. Estas herramientas permiten analizar la distribución, relaciones y patrones presentes en los datos del usuario [86].

### 3.3 Procedimiento del Desarrollo del Ensayo

Para llevar a cabo el desarrollo del ensayo de inspección no destructiva de la batería de alto voltaje del Blue Drive (HEV) perteneciente al laboratorio Movilidad Sostenible; por lo tanto, se adaptan normativas y estándares internacionales vigentes referente a técnicas de mantenimiento predictivo como es el caso particularmente de la termografía infrarroja. Se tomarán en cuenta las directrices establecidas por dichas normativas para adquirir las firmas térmicas necesarias.

- Las normativas ASTM E1862-14, ASTM E1933-14 y ASTM E1934-99a proporcionan directrices específicas para la realización de ensayos termográficos en diferentes aplicaciones y materiales.
- La norma ISO 18434-1 se centra en monitorear, diagnosticar y analizar el estado del objeto de estudio utilizando la termografía.

#### 3.3.1 Protocolo de Seguridad

Antes de avanzar en la elaboración del ensayo para obtener imágenes termográficas y la adquisición de datos de rendimiento de la batería, es necesario definir una serie de directrices específicas para la manipulación segura de la batería de alto voltaje. Estos pasos son los siguientes:

- a) Conocer el funcionamiento del sistema de alto voltaje.
- b) Disponer de Equipos de protección individual.
- c) Mantener el vehículo apagado.
- d) Alejar las llaves del vehículo (en caso que sean llaves de reconocimiento).

- e) Desconectar el JUMPER<sup>8</sup>.
- f) Esperar 10 minutos para poder manipular la batería de alto voltaje.
- g) Para volver a conectar el sistema se realiza de forma inversa los pasos.

Es crucial continuar con estos procedimientos para llevar a cabo un análisis termográfico de manera segura. Además, la adecuada implementación de medidas de seguridad dependerá de los protocolos y normativas establecidos por la institución [87]–[90].

Además, los estudiantes deben poseer equipos de protección personal para utilizar en los laboratorios de la UPS, tales como:

- Calzado de seguridad (Botas de punta de hierro).
- Mandil de la institución referente a su carrera.
- Guantes.
- Y otros equipos de protección que proporciona la institución dependiendo de la acción a realizar.

### ***3.3.2 Protocolo de Prueba***

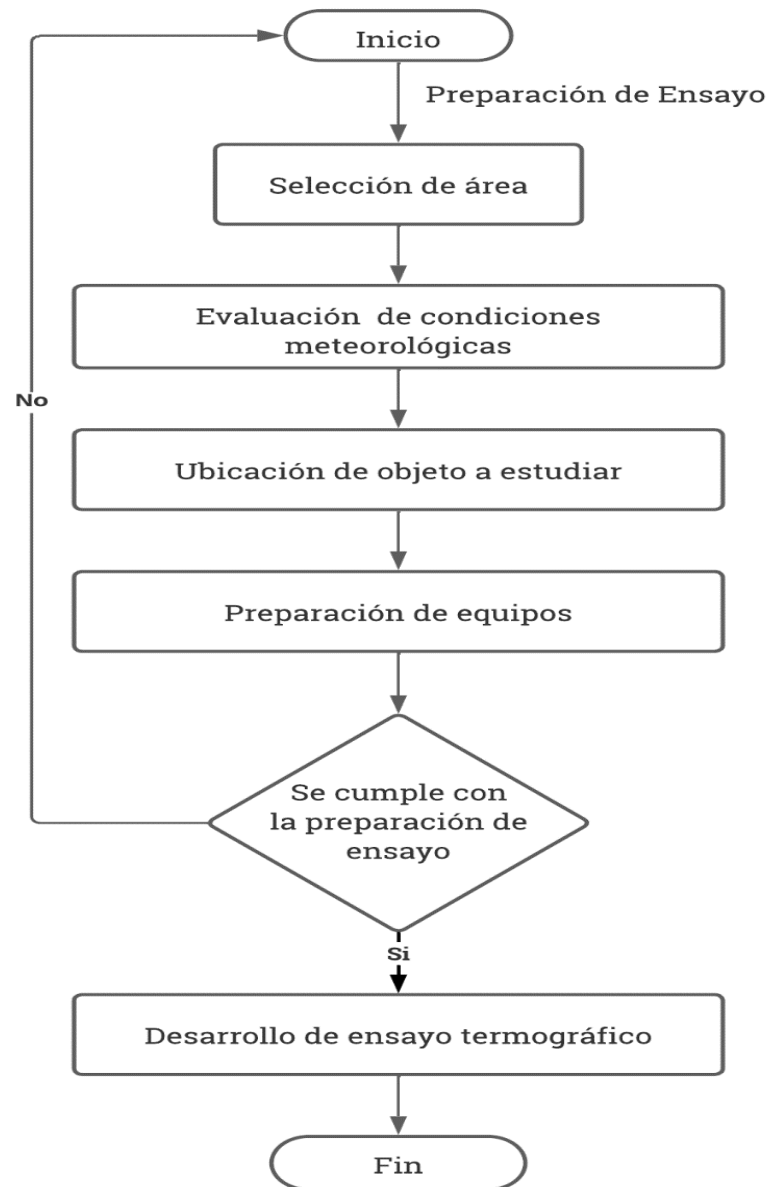
La metodología aplicada a través del método de medición para la adquisición de las firmas térmicas se basa en las normativas antes mencionadas y adicional a esto se registran los datos funcionales de la batería de alto voltaje, las actividades a seguir se dividen en dos fases: Preparación previa al ensayo termográfico y Desarrollo del ensayo termográfico.

#### **3.3.2.1 Preparaciones Previas al Ensayo Termográfico**

Las actividades previas al ensayo se observan en la Figura 10, donde previamente se seleccionó la zona en donde se realiza la inspección para acto seguido preparar el objeto a analizar con sus respectivos equipos de medición.

---

<sup>8</sup> Jumper: Componente crucial dentro de la batería híbrida es el interruptor de seguridad. Su principal tarea consiste en dividir la alta tensión al ser desconectado, al ser desactivado, este interruptor divide el voltaje proveniente de la batería de alto voltaje (HV), permitiendo así la manipulación de la misma.



**Fig.10** Flujograma de preparaciones previas al ensayo termográfico.

### ***Selección de Área de Prueba***

La ubicación del área de prueba está en el laboratorio de vehículos eléctricos e híbridos dentro de la UPS; el cual se encuentra dentro de un espacio cerrado evitando así lluvias, fuertes vientos entre otros factores que pueden afectar la medición del objeto a estudiar [91].

### ***Evaluación de las Condiciones Meteorológicas***

Las condiciones meteorológicas son un parámetro a considerar al momento de la adquisición de las imágenes térmicas, debido a esto se establecen parámetros meteorológicos/ambientales en base a la normativa ISO 18434-1 que asegura que las

condiciones operativas y ambientales bajo las cuales se adquieren los datos deben ser consistentes, lo que garantizará la validez de los resultados obtenidos durante el ensayo termográfico de las baterías de alto voltaje [60].

Para poder realizar la toma de muestra (Firma térmica), es necesario cumplir con las especificaciones indicadas en la TABLA VI. Si alguno de estos parámetros no se cumple, no será posible llevar a cabo el proceso de recopilación del material para analizarlo.

**TABLA VI**  
ESPECIFICACIONES METEOROLÓGICAS [92], [93]

<b>Parámetro</b>	<b>Datos</b>
Cielo	Despejado
Fenómeno	Sin Lluvia
Temperatura máxima	32 °C
Temperatura mínima	24 °C

#### ***Identificación de la Ubicación de la Batería de Alto Voltaje***

La identificación de la batería de alto voltaje del Toyota Corolla Híbrido puede variar según el modelo y el año de fabricación, se recomienda revisar el manual del fabricante [94].

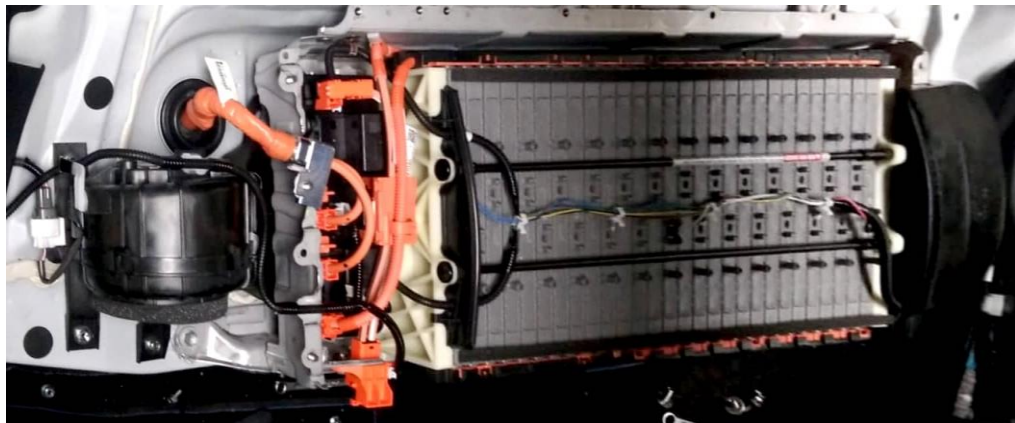
Para tener acceso a la batería se debe seguir ciertos pasos como:

- a. Asegurarse de que el vehículo este apagado con la llave retirada.
- b. Localizar la batería de alto voltaje mediante el manual del fabricante (en este caso la batería se encuentra debajo de los asientos posteriores del vehículo).
- c. Antes de manipular la batería de alto voltaje, es importante tomar precauciones de seguridad mencionadas en el protocolo para evitar cualquier contacto accidental con los cables o componentes eléctricos.
- d. Ya con las prendas de seguridad se procede a desconectar el fusible de la batería de alto voltaje y esperar 10 minutos para seguir con los siguientes pasos.
- e. Levantar/quitar ganchos del marco del cojín del asiento trasero.



- f. Desmontar el armazón cojín del asiento trasero.
- g. Retirar protector de la batería de alto voltaje.

Después de quitar el protector, se puede ver directamente la batería de alto voltaje como se muestra en la Figura 11. Por lo tanto, utilizaremos el método directo donde sea posible establecer una línea clara y directa entre los puntos (cámara termográfica y batería).



**Fig.11** Batería de alto voltaje Ni-HM.

### ***Preparación de equipos***

Antes de recopilar los datos de la batería de alto voltaje en un Toyota Corolla Híbrido, es necesario preparar los equipos que se utilizarán. A continuación, se detallan los pasos a seguir:

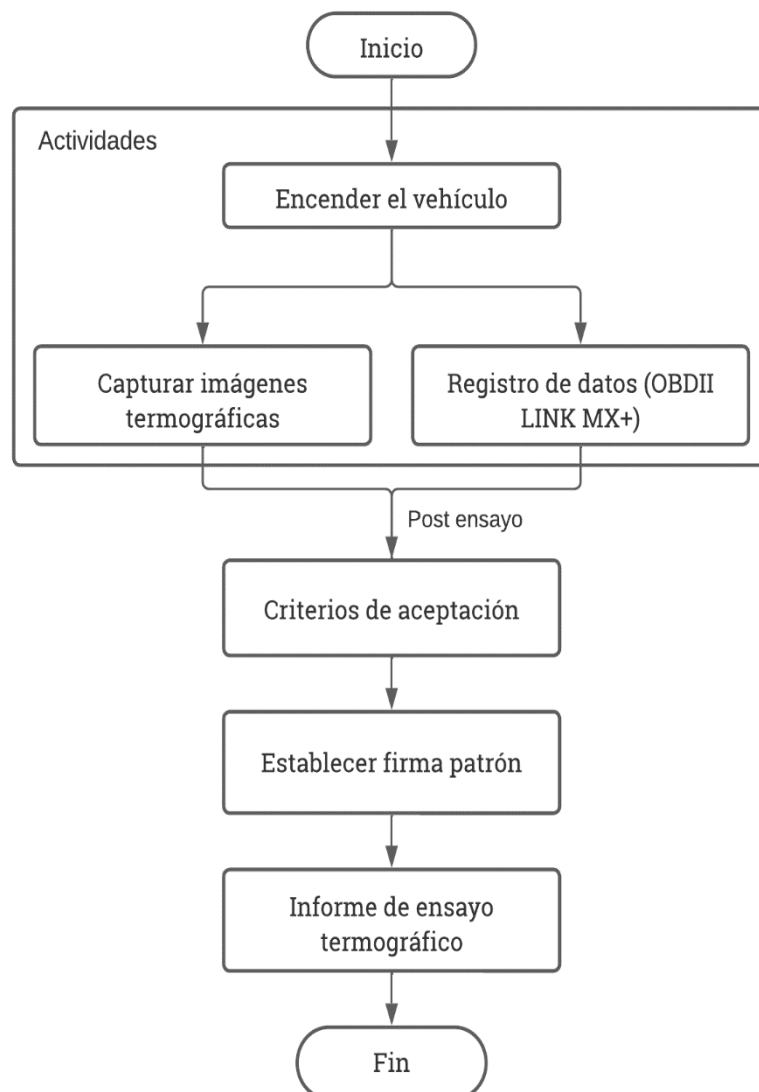
- a. Apoyar la cámara termográfica en el trípode, posicionarla en la ubicación deseada y a una distancia de 0,80 cm del objetivo a medir [60], [61], [77].
- b. Ajuste el control de emisividad en el sistema de menú ingresando el valor conocido del material del objeto (plástico), cuyo valor es de 0,95 [60], [72].
- c. Ajuste la paleta de colores en el sistema de menú para proporcionar un mayor contraste en la imagen térmica, eligiendo así la escala de arcoíris.
- d. Apunte y enfoque la cámara termográfica del mismo modo el pirómetro a la superficie del objetivo a medir, sin mover los instrumentos compruebe la coincidencia o similitud de la temperatura indicada en ambos [60], [72].
- e. Conectar el OBD LINK MX+ en la toma de diagnóstico del vehículo, que suele

estar debajo del tablero de instrumentos.

- f. Previamente se conectó el OBD LINK MX+ antes de encender el vehículo, mediante el uso del Software OBD Wiz se configura los parámetros a medir en tiempo real como: voltaje, corriente y porcentaje de batería.

### 3.2.2.2 Desarrollo del Ensayo Termográfico

Aplicar el ensayo termográfico en la batería de alto voltaje del vehículo híbrido permite obtener una visualización en tiempo real de las variaciones de temperatura durante los ciclos de carga y descarga. La Figura 12 ilustra los pasos a seguir para llevar a cabo este ensayo termográfico.



**Fig.12** Flujo de desarrollo del ensayo termográfico.

### ***Actividades del Ensayo Termográfico***

A partir de este punto se comienza a registrar los datos funcionales de la batería de alto voltaje y la adquisición de las firmas térmicas del ensayo termográfico, se debe seguir ciertos pasos como:

- a. Los equipos de medición y el termógrafo en su correcta posición, se procede encender el vehículo y activar el A/C para simular un consumo de la batería de alto voltaje, en este punto se deja pasar el primer proceso de los ciclos de descarga/carga de batería el cual dura alrededor de 6 minutos, para así obtener datos más precisos y estables.
- b. Una vez finalizado el primer proceso, se inicia de forma continua el segundo proceso comenzando el ciclo de descarga con el A/C activado en full.
- c. Durante el ciclo de descarga se capturará y almacenará las imágenes térmicas en la memoria de la cámara termográfica.
- d. La batería de alto voltaje al llegar al límite de descarga (alrededor del 30%), se activará automáticamente el MCI (motor de combustión interna) para suministrar carga a la batería. Además, cuando esto sucede se procede a pagar el A/C.
- e. Se capturará y almacenará las imágenes térmicas en la memoria de la cámara termográfica durante el ciclo de carga.
- f. Cuando el MCI se apague automáticamente es un indicador de que la batería de alto voltaje a cargado lo mínimo o necesario (por debajo del 50%), al llegar a este punto se da por finalizado el ensayo termográfico.
- g. Para luego proceder a extraer los datos de la batería de alto voltaje durante todo el proceso del ensayo, por medio por del software OBD Wiz.

### **3.2.2.3 Proceso Post Ensayo**

#### ***Criterios de Aceptación***

En las firmas térmicas obtenidas durante el desarrollo del ensayo no destructivo aplicado en la batería de alto voltaje, se utilizó la técnica cualitativa mediante los criterios de aceptación para interpretar y analizar las firmas térmicas.

La normativa ISO 18434-1 se utiliza para establecer criterios de aceptación y rechazo basados en la temperatura registrada en el sistema. En la TABLA VII se presenta una escala de prioridad que indica el estado de riesgo según el delta de temperatura ( $\Delta T$ ) encontrado [60].

$$\Delta T = T_{\text{máx}} - T_{\text{mín}} \quad (2)$$

**TABLA VII**  
CRITERIOS DE ACEPTACIÓN [60]

**Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA,**

**O/S: Temperatura Over Similar – O/A: Temperatura Over/Ambient**

<b>Diferencial de temperatura</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Condición</b>
1°C – 10°C O/A o < 3°C O/S	En buen estado	Bueno
11°C–20°C O/A y 3°C a 15°C O/S	Probable deficiencia	Aceptable
21°C–40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia	Insatisfactoria
>40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia mayor	Peligrosa

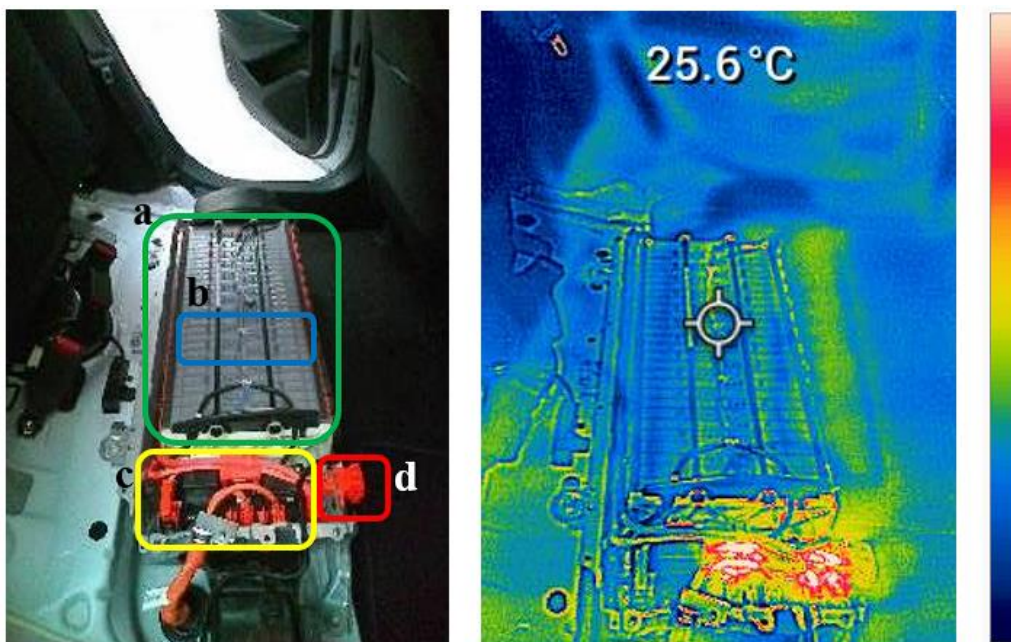
### ***Establecer Firma Patrón***

Se establecieron dos firmas patrón una para el ciclo de descarga y otra para el ciclo de carga de la batería de alto voltaje específicamente en el área o superficie superior de la misma, se las puede observar en la Figura 15 - 16 el patrón térmico establecido para cada ciclo, el cual se observa la distribución de térmica (temperatura) en toda la imagen y esencialmente del objeto de estudio (batería HV). La distribución de térmica se ve reflejada en la tendencia térmica, es decir en como varia la distribución de temperatura el durante el proceso de los ciclos de (Des)carga de la batería.

El patrón térmico establecido es mediante al tamaño de la muestra adquirida en el desarrollo del ensayo termográfico, obteniendo la firma térmica con la temperatura que se repite con mayor frecuencia en donde tenemos para el ciclo de descarga una temperatura de 25,6 °C, en cambio para el ciclo de carga se tiene una temperatura de 25,8 °C de todas las firmas térmicas registradas; no obstante, ambas se establecieron como el patrón del comportamiento de la batería de alto voltaje referente para cada ciclo; por consiguiente, la firma

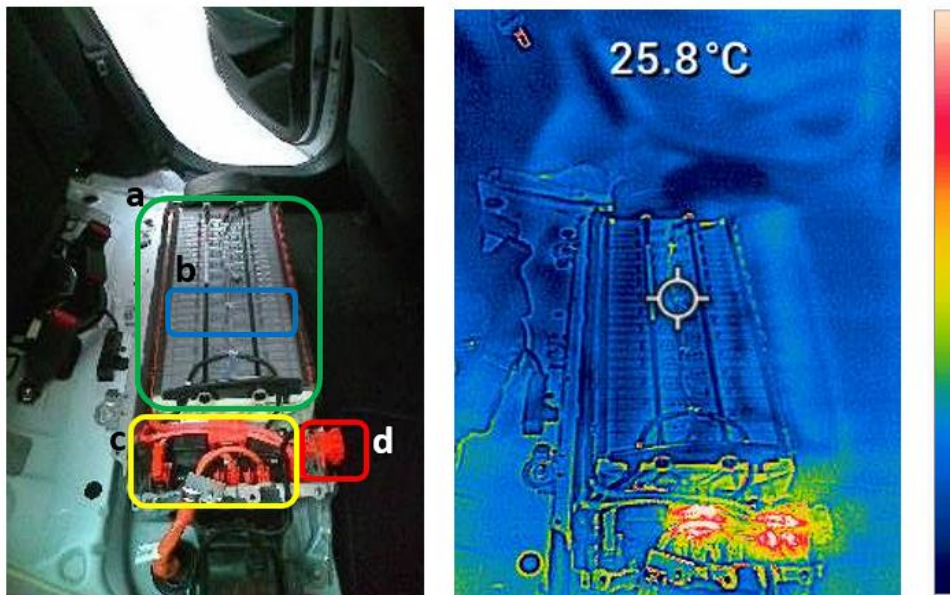
patrón es utilizada para ser comparada con otras firmas térmicas y ver el comportamiento del batería si varia en el lazo del tiempo de duración del ensayo termográfico. Además, en el Anexo 3 se encuentra las firmas térmicas que comparten la misma temperatura y utilizándolas como referentes para determinar la firma patrón.

En la Figura 13 se observa del lado izquierdo la imagen real de la batería y a su lado la imagen térmica, donde se visualiza la tendencia térmica con una escala de color arcoíris; el pack batería de alto voltaje tiene áreas con una tonalidad verde amarillento que se puede considerar una escala media es decir entre los colores frio y cálido. Por otro lado, la zona que más destaca es en la parte de los conectores de los cables de alta tensión (voltaje) que tiene una tonalidad cálida alta, es debido que el cableado circula la entra y salida de la energía para alimentar el circuito eléctrico de la batería.



**Fig.13** Firma patrón del ciclo de descarga.

En cambio, la Figura 14 se observa que todo el pack de batería tiene una tonalidad oscura, pero de igual manera que en la figura anterior destaca más en el área del cable de alta tensión con una escala de tonalidad alta, también se puede visualizar la intensidad térmica de ese componente y como se refleja a su alrededor.



**Fig.14** Firma patrón del ciclo de carga.

Componentes de la batería de alto voltaje:

- a. Pack de batería de alto voltaje
- b. Celdas
- c. Cable de alta tensión
- d. Conector de seguridad (Jumper)

### ***Informe del ensayo termográfico***

Los informes fueron desarrollados mediante la aplicación de la herramienta informe del software Flir Thermal Studio para la interpretación y análisis de imágenes térmicas, por lo tanto, se analizaron las firmas patrón vs las firmas térmicas obtenidas durante todo el proceso del ensayo termográfico; utilizando la técnica cualitativa para comparar la tendencia térmica y su temperatura determinando el estado o condición en la que se encuentra la batería mediante el delta de temperatura.

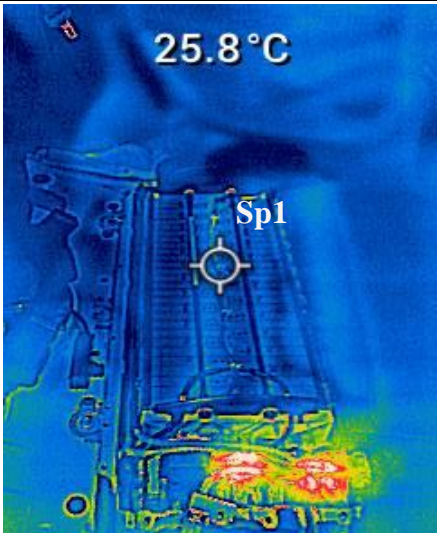
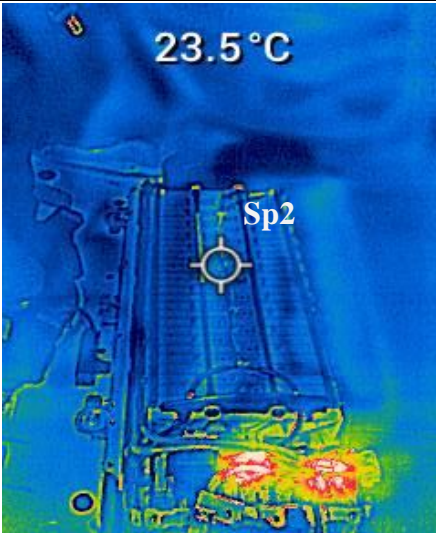
Se realizó un total de 50 reportes en donde se analizaron los perfiles térmicos de cada firma térmica vs la firma patrón; aunque, primero se selección en cada prueba (5 pruebas) realizada un total de 8 a 12 imágenes siendo las que tienen una diferencia significativa en la temperatura y en su tendencia térmica. Además, se utilizó el software Excel para extraer información adicional de muestra base de datos como se observa en la TABLA VIII; por lo tanto, en el Anexo 4 encontrarán el total de 401 observaciones de cada variable y obtenidas entre las 5 pruebas realizadas.

**TABLAVIII**  
MUESTRAS SELECCIONADAS PARA EL ANALISIS CUALITATIVO

Ítems	Nº De tomas	Corriente del sistema de batería HV (A)	Tensión del sistema de batería HV (V)	Estado de carga de la batería HV (%)	Temperatura de la batería HV (°C)
1	8	6,4	223	45,9	24
2	11	6,9	222	45,5	26,8
3	21	6,9	217	44,3	26,7
4	45	6,9	209	40,8	23
5	55	-14	220	40,4	23,7
6	59	-14	224	41,6	23,5
7	62	-13,5	228	42,7	24,6
8	73	-14,5	234	46,3	26,4
9	79	6,9	218	45,9	27,7
10	86	7,3	215	44,7	28,7
11	91	7,8	212	43,9	27,6
12	94	7,8	211	43,5	26,5
13	104	7,3	209	41,6	26,9
14	109	7,3	207	40	27,5
15	111	-2,8	210	38,8	25
16	121	-13,6	221	38,4	26,8
17	122	-12,1	221	38,4	24,5
18	124	-12,1	223	39,2	27
19	127	-12,1	226	40	26,9
20	152	1	234	47,1	25,5
21	156	4,9	227	46,7	26
22	186	5,9	215	43,1	25,5
23	189	5,9	215	42,7	25,2
24	195	5,9	213	42	23,7
25	207	6,3	208	40	23,1
26	209	7,3	207	40	23,8
27	213	-13,1	219	40,4	24,5
28	218	-13,6	224	41,6	25,1
29	220	-12,1	226	42,4	24,4
30	221	-12,6	227	42,4	22,5
31	222	-12,1	226	42,7	21
32	229	-12,1	231	44,7	24
33	244	5,9	224	46,3	23,7
34	255	5,4	220	44,7	24,7
35	258	5,9	219	44,3	24,4
36	260	6,4	218	44,3	24,2
37	263	5,9	218	43,9	23,4
38	294	-16	217	40	22,7
39	297	-15	221	41,2	25,4
40	304	-14,5	229	43,1	24
41	313	-15	235	45,9	23,9
42	319	4,4	228	46,7	26,2
43	325	5,4	226	46,3	25,1
44	328	5,4	224	45,9	25,3
45	341	5,9	220	44,3	26
46	345	5,9	218	43,9	25
47	378	-13,5	219	40,4	24,4
48	381	-14,5	222	41,2	27,1
49	387	-14	228	42,7	24,7
50	399	-14	235	46,3	24,1

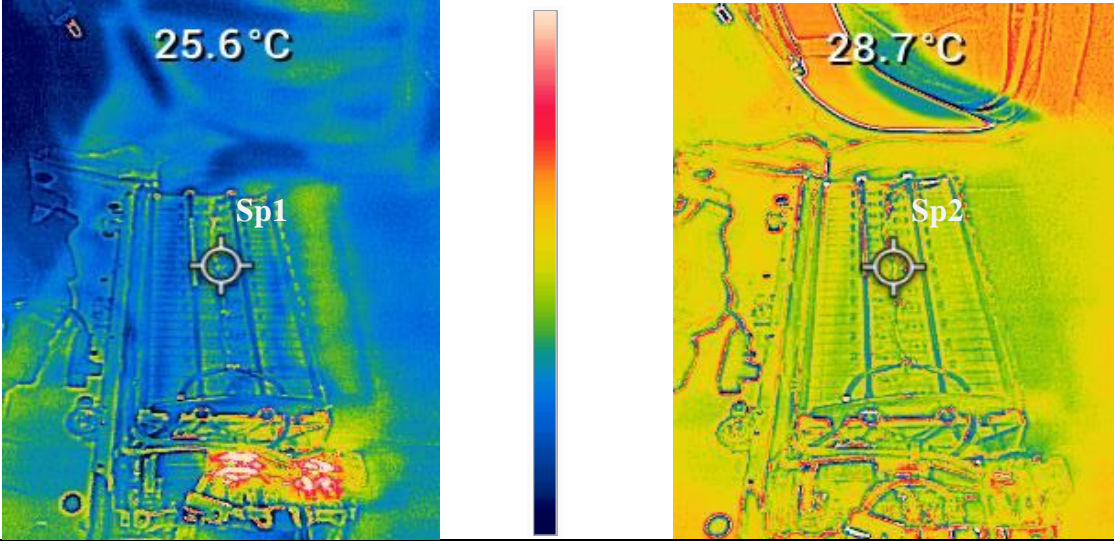
A continuación, en la TABLA IX se observarán unos de los reportes del ensayo termográfico del ciclo de descarga y en la TABLA X de igual manera se observa unos de los reportes del ciclo de carga. Además, en el Anexo 5 podrá encontrar los reportes faltantes en donde se documenta los resultados para determinar la condición de la batería.

**TABLA IX**  
**REPORTE TERMOGRÁFICO N°1**

<b>Institución:</b>	Universidad Politécnica Salesiana	<b>Hoja:</b>	6 de 50																				
<b>Ubicación:</b>	Laboratorio Híbrido	<b>Fecha:</b>	29/6/2023																				
<b>Equipo y Elemento:</b>	Vehículo Híbrido – Batería de Alto Voltaje NiMH	<b>Paleta:</b>	Arcoíris																				
<b>Tipo de Inspección:</b>	Termografía Directa, Pasiva y Cualitativa	<b>Cámara IR:</b>	Flir TG297																				
<b>Firma Patrón</b>		<b>Firma térmica #59</b>																					
<b>Tamb / Hr:</b> 29°C/71%		<b>Tamb / Hr:</b> 28°C / 72%																					
																							
<b>Análisis Térmico</b>																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Clasificación de Falla</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>\Delta t</math> o/A</td> <td>1°C</td> </tr> <tr> <td><math>\Delta t</math> o/s</td> <td>2,3°C</td> </tr> <tr> <td>Condición</td> <td>Bueno</td> </tr> <tr> <td>Ciclo</td> <td>Carga</td> </tr> </tbody> </table>		Clasificación de Falla		$\Delta t$ o/A	1°C	$\Delta t$ o/s	2,3°C	Condición	Bueno	Ciclo	Carga	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Ítems</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Emisividad</td> <td>0,95</td> </tr> <tr> <td>Distancia</td> <td>&lt; 1m (0,80 cm)</td> </tr> <tr> <td>Sp1</td> <td>25,8°C</td> </tr> <tr> <td>Sp2</td> <td>23,5°C</td> </tr> </tbody> </table>		Ítems	Valor	Emisividad	0,95	Distancia	< 1m (0,80 cm)	Sp1	25,8°C	Sp2	23,5°C
Clasificación de Falla																							
$\Delta t$ o/A	1°C																						
$\Delta t$ o/s	2,3°C																						
Condición	Bueno																						
Ciclo	Carga																						
Ítems	Valor																						
Emisividad	0,95																						
Distancia	< 1m (0,80 cm)																						
Sp1	25,8°C																						
Sp2	23,5°C																						
<p><b>Nota:</b> Una vez realizado la inspección por el método de termografía pasiva y directa, se observa firma térmica #59 obtenida en prueba 1 en el ciclo de descarga, se obtuvo una temperatura promedio de 23,7°C (Sp2) y es comparada con la temperatura promedio de la firma patrón de 25,8°C (Sp1), obteniendo un delta de temperatura de 2,1°C en la parte superior de la batería de alto voltaje. Además, se puede observar la tendencia térmica de ambas imágenes que comparte la misma escala de color.</p>		<p>Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA,</p> <p><b>O/S: Temperatura Over Similar – O/A: Temperatura Over/Ambient</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Diferencial de temperatura</th> <th>Clasificación</th> <th>Condición</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1°C – 10°C O/A y &lt; 3°C O/S</td> <td>En buen estado</td> <td>Bueno</td> </tr> <tr> <td>11°C – 20°C O/A y 3°C a 15°C O/S</td> <td>Probable deficiencia</td> <td>Aceptable</td> </tr> <tr> <td>21°C – 40°C O/A y &gt; 15°C O/S</td> <td>Deficiencia</td> <td>Insatisfactoria</td> </tr> <tr> <td>&gt; 40°C O/A y &gt; 15°C O/S</td> <td>Deficiencia mayor</td> <td>Peligrosa</td> </tr> </tbody> </table>		Diferencial de temperatura	Clasificación	Condición	1°C – 10°C O/A y < 3°C O/S	En buen estado	Bueno	11°C – 20°C O/A y 3°C a 15°C O/S	Probable deficiencia	Aceptable	21°C – 40°C O/A y > 15°C O/S	Deficiencia	Insatisfactoria	> 40°C O/A y > 15°C O/S	Deficiencia mayor	Peligrosa					
Diferencial de temperatura	Clasificación	Condición																					
1°C – 10°C O/A y < 3°C O/S	En buen estado	Bueno																					
11°C – 20°C O/A y 3°C a 15°C O/S	Probable deficiencia	Aceptable																					
21°C – 40°C O/A y > 15°C O/S	Deficiencia	Insatisfactoria																					
> 40°C O/A y > 15°C O/S	Deficiencia mayor	Peligrosa																					



**TABLA X**  
**REPORTE TERMOGRÁFICO N°2**

<b>Institución:</b>	Universidad Politécnica Salesiana	<b>Hoja:</b>	10 de 50																				
<b>Ubicación:</b>	Laboratorio Híbrido	<b>Fecha:</b>	30/6/2023																				
<b>Equipo y Elemento:</b>	Vehículo Híbrido – Batería de Alto Voltaje NiMH	<b>Paleta:</b>	Arcoíris																				
<b>Tipo de Inspección:</b>	Termografía Directa, Pasiva y Cualitativa	<b>Cámara IR:</b>	Flir TG297																				
<b>Firma Patrón</b>		<b>Firma térmica #86</b>																					
<b>Tamb / Hr: 29°C/71%</b>		<b>Tamb / Hr: 32°C / 57%</b>																					
																							
<b>Análisis Térmico</b>																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Clasificación de Falla</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">Δt o/A</td> <td style="text-align: center;">3°C</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Δt o/s</td> <td style="text-align: center;">3,1°C</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Condición</td> <td style="text-align: center;">Aceptable</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Ciclo</td> <td style="text-align: center;">Descarga</td> </tr> </tbody> </table>		Clasificación de Falla		Δt o/A	3°C	Δt o/s	3,1°C	Condición	Aceptable	Ciclo	Descarga	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Ítems</th> <th style="text-align: center;">Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">Emisividad</td> <td style="text-align: center;">0,95</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Distancia</td> <td style="text-align: center;">&lt; 1m (0,80 cm)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Sp1</td> <td style="text-align: center;">25,6°C</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Sp2</td> <td style="text-align: center;">28,7°C</td> </tr> </tbody> </table>		Ítems	Valor	Emisividad	0,95	Distancia	< 1m (0,80 cm)	Sp1	25,6°C	Sp2	28,7°C
Clasificación de Falla																							
Δt o/A	3°C																						
Δt o/s	3,1°C																						
Condición	Aceptable																						
Ciclo	Descarga																						
Ítems	Valor																						
Emisividad	0,95																						
Distancia	< 1m (0,80 cm)																						
Sp1	25,6°C																						
Sp2	28,7°C																						
<p><b>Nota:</b> Una vez realizado la inspección por el método de termografía pasiva y directa, se observa firma térmica #86 obtenida en prueba 2 en el ciclo de descarga, se obtuvo una temperatura promedio de 28,7°C (Sp2) y es comparada con la temperatura promedio de la firma patrón de 25,6°C (Sp1), obteniendo un delta de temperatura de 3,1°C en la parte superior de la batería de alto voltaje. Además, se puede observar la tendencia térmica en cómo cambia a una escala de los colores más cálido en firma térmica #86.</p>		<p style="text-align: center;"><b>Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA,</b></p> <p style="text-align: center;"><b>O/S: Temperatura Over Similar – O/A: Temperatura Over/Ambient</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Diferencial de temperatura</th> <th style="text-align: center;">Clasificación</th> <th style="text-align: center;">Condición</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">1°C – 10°C O/A y &lt; 3°C O/S</td> <td style="text-align: center;">En buen estado</td> <td style="text-align: center;">Bueno</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">11°C–20°C O/A y 3°C a 15°C O/S</td> <td style="text-align: center;">Probable deficiencia</td> <td style="text-align: center;">Aceptable</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">21°C–40°C O/A y &gt;15°C O/S</td> <td style="text-align: center;">Deficiencia</td> <td style="text-align: center;">Insatisfactoria</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">&gt;40°C O/A y &gt;15°C O/S</td> <td style="text-align: center;">Deficiencia mayor</td> <td style="text-align: center;">Peligrosa</td> </tr> </tbody> </table>		Diferencial de temperatura	Clasificación	Condición	1°C – 10°C O/A y < 3°C O/S	En buen estado	Bueno	11°C–20°C O/A y 3°C a 15°C O/S	Probable deficiencia	Aceptable	21°C–40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia	Insatisfactoria	>40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia mayor	Peligrosa					
Diferencial de temperatura	Clasificación	Condición																					
1°C – 10°C O/A y < 3°C O/S	En buen estado	Bueno																					
11°C–20°C O/A y 3°C a 15°C O/S	Probable deficiencia	Aceptable																					
21°C–40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia	Insatisfactoria																					
>40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia mayor	Peligrosa																					

### 3.4 Modelo Estadístico

Un modelo estadístico es una representación matemática simplificada de la realidad de un proceso o fenómeno que es utilizado para describir, analizar y predecir o incluso sacar conclusiones basados en los datos recopilados [95]–[97].

En base al proyecto técnico propuesto del desarrollo de un método de inspección utilizando termografía como herramienta para mantenimiento predictivo de la batería de alto voltaje de vehículo híbrido tipo sedán, se muestran las siguientes variables de estudios:

- Variable dependiente (resultado): Voltaje (V), Corriente (A) y Radiación térmica (distribución térmica “temperatura - °C”).
- Variables independientes: Estado de carga de la batería HV (%).

Para el análisis entre la variable independiente vs variables de resultado (dependiente), se busca determinar el nivel de correlación que tienen cada una de las variables dependiente con el estado de carga y se utilizarán los siguientes métodos estadísticos: Estadísticos descriptivos, Prueba de normalidad, Correlación, Regresión lineal simple, etc.

#### ***3.4.1 Estadísticos Descriptivos***

Se utilizan estadísticos descriptivos para resumir y describir características importantes de un grupo de datos, esta prueba es fundamental en el análisis exploratorio de datos y son útiles para comprender la naturaleza básica de la información antes de aplicar técnicas estadísticas más avanzadas. Además, proporciona información básica como: Media, Mediana, Moda, Desviación estándar, Varianza, etc [96], [98], [99].

#### ***3.4.2 Prueba de Normalidad (Ryan-Joiner)***

La prueba de normalidad se determina si se debe rechazar o no la hipótesis nula de que los datos provengan de una población con distribución normal. En el mismo análisis, es posible realizar una prueba de normalidad y generar un gráfico de probabilidad normal. Este tipo de gráfico sirve como herramienta visual para evaluar si un grupo de datos sigue una distribución normal [96], [100].

El estadístico de Ryan-Joiner evalúa la concordancia de los datos con una distribución normal, estableciendo la relación entre los datos y las puntuaciones normales correspondientes. La prueba de normalidad y el gráfico de probabilidad son habitualmente utilizados como herramientas para analizar si los datos se ajustan a una distribución normal [96], [100], [101].

### **3.4.3 Transformación de Box-Cox**

La técnica de Box-Cox fue propuesta por George Box y David Cox, se utiliza en estadística para estabilizar la varianza y mejorar el ajuste de los datos a una distribución normal. Esta transformación resulta útil cuando los datos presentan heterocedasticidad (varianza no constante) o cuando no siguen una distribución normal; la transformación de Box-Cox estimará valores lambda que minimizan la desviación estándar de W, permitiendo así transformar los datos con el objetivo de ajustarse mejor a una distribución normal. [102], [103].

### **3.4.4 Transformación de Johnson**

La transformación de Johnson fue creada en la década de 1940 por Norman Lloyd Johnson, esta técnica estadística es utilizada para abordar la normalización de datos que no se ajustan adecuadamente a ninguna de las transformaciones estándar como el logaritmo o la raíz cuadrada. Esta metodología busca encontrar un modelo funcional que permita hacer los datos más similares a una distribución normal y puede ser aplicado en diferentes tipos de datos anormales, incluso aquellos con números negativos y cero [104], [105].

### **3.4.5 Prueba no Paramétrica (Wilcoxon)**

Wilcoxon es una prueba no paramétrica utilizada cuando los datos se determinan que no siguen una distribución normal; se emplea con la finalidad de estimar si la mediana de una población difiere significativamente con respecto a un valor objetivo o referencia (generalmente, se utiliza 0). Sin embargo, esta prueba resulta apropiada cuando se quiere analizar diferencias entre el antes y después de intervenir en la misma muestra [106].

### **3.4.6 Correlación**

La correlación es una medida estadística utilizada para determinar el grado de relación o asociación entre dos variables, esta técnica permite evaluar si existe alguna relación entre ambas variables a través del coeficiente de correlación, cuyo valor puede oscilar en un rango comprendido entre -1 y 1. Por otro lado, cuando se presenta una correlación negativa ( $-1 < r < 0$ ), significa que, al aumentar una variable, tiende a disminuir la otra. Si este valor está más próximo a -1, indicará mayor intensidad en dicha correspondencia inversa. El signo indica si son directamente proporcionales o inversamente proporcionales y si el valor del coeficiente es cercano a 0 significa una correlación débil; mientras tanto el valor sea exactamente cero, se indica que no existe una relación entre ambas variables [96], [107].



### 3.6 Presupuesto

La TABLA XII muestra un desglose detallado del presupuesto planificado para la elaboración del proyecto técnico.

**TABLA XII**  
RECURSOS Y MATERIALES

<b>Recursos</b>	<b>Descripción/Unidades</b>	<b>Costo</b>
	<b>Costo x Horas</b>	
Equipos de laboratorio (Cámara Termográfica, Pirómetro y Vehículo Blue Drive)	\$ 50,00 X 20 horas	\$ 1.000
	<b>Cantidad de hojas</b>	
Impresiones, copias y papelería	400	\$100
	<b>Mes</b>	
Traslados	4 meses	\$80
	<b>Normativas (ASTM/ISO)</b>	
Documentos técnicos aplicables al ensayo termográfico	ASTM E1316-22 <sup>a</sup>	\$82,00
	ASTM E1862-14	\$50,00
	ASTM E1933-14	\$50,00
	ASTM E1934-99 <sup>a</sup>	\$60,00
	ISO 18434-1	\$134,00
Equipo de medición/monitoreo	Scanner OBD LINKMX+	\$ 139,95
<b>Costo total de la tesis</b>		<b>\$ 1.695,95</b>

#### 4. CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este capítulo se muestra los resultados de la investigación con base al análisis cuantitativo, mediante el software Minitab se desarrollaron diferentes modelos estadísticos para su procesamiento como: Prueba de normalidad, Correlación, Regresión, etc. La funcionalidad de estos métodos es para determinar la correlación que hay entre las variables de respuesta (voltaje, corriente y temperatura) y la variable dependiente (estado de carga). En cada método se utilizó los valores estándar por ejemplo el nivel de confianza de 95% (0.05).

Con los datos obtenidos se procede a realizar el método estadístico descriptivo para caracterizar las variables de respuesta, esta información es útil porque ayuda en el análisis e interpretación de los resultados del fenómeno estudiado con base a los diferentes métodos que se aplicaron; en la TABLA XIII y TABLA XIV se observa un resumen de los datos recopilados de cada variable de respuesta separados en dos grupos (descarga/carga). Además, la separación de dos grupos como se mencionó anteriormente serán aplicado en todos los métodos estadísticos que se apliquen en el estudio.

**TABLA XIII**

ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVO DE LAS VARIABLES DE RESPUESTA DEL CICLO DE DESCARGA

<b>Variables Parámetros</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Voltaje (V)</b>	<b>Corriente (A)</b>
N	259	259	259
Media	25,171	216,41	5,764
Error estándar de la media	0,0924	0,363	0,197
Desv. Estándar	1,487	5,85	3,176
Varianza	2,213	34,22	10,085
Coef. Variación	5,91	2,70	55,10
Mediana	25,100	216,00	6,300
Rango	7,100	25,00	32,600
Moda	25,6	211	5,9
Asimetría	0,23	0,28	-5,31
Curtosis	-0,43	-0,91	31,74

TABLA XIV

ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DE LAS VARIABLES DE RESPUESTA DEL CICLO DE CARGA

<b>Variables Parámetros</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Voltaje (V)</b>	<b>Corriente (A)</b>
N	142	142	142
Media	25,448	228,06	-12,612
Error estándar de la media	0,143	0,476	0,319
Desv. Estándar	1,709	5,68	3,804
Varianza	2,920	32,21	14,473
Coef. Variación	6,72	2,49	-30,16
Mediana	25,350	228,06	-13,300
Rango	9,500	23,00	21,000
Moda	231; 232; 234; 235	12,6; 14,5	25,8
Asimetría	0,46	-0,48	2,97
Curtosis	0,05	-0,80	8,66

Cabe mencionar que en el Anexo 6 y su subdivisión se encontraran información adicional con respecto al capítulo 4. A continuación, se muestran los resultados obtenidos de los diferentes métodos estadísticos.

#### 4.1 Resultados de la Prueba de Normalidad (Ryan-Joiner)

Se realizaron las pruebas de normalidad usando el método de Ryan-Joiner para determinar la normalidad de los datos de cada grupo con sus respectivas variables de respuesta.

En la TABLA XV se observan los resultados de la prueba de normalidad, en donde el valor p tiene que ser mayor que alfa para aceptar que existe una distribución normal; se puede visualizar que la variable de temperatura es la única que tiene un valor p de  $>0.100$  que es mayor a 0.05 de alfa dando entender que sus datos si siguen una distribución normal, en cambio las otras dos variables no cumplen con este parámetro y por ende no son normales los datos estas variables (Voltaje y Corriente).

**TABLA XV**

PRUEBA DE NORMALIDAD DE LAS VARIABLES DEL CICLO DE DESCARGA

<b>VARIABLES</b>	<b>Valor p</b>	<b>Alfa</b>
Voltaje (V)	<0,010	
Corriente (A)	<0,010	0,05
Temperatura (°C)	>0,100	

En cambio, en la TABLA XVI se observan los resultados de la prueba de normalidad del ciclo de carga, en donde se visualiza que el valor p de las tres variables son menores que alfa (0.05) y determinado que los datos de las variables no siguen una distribución normal.

**TABLA XVI**

PRUEBA DE NORMALIDAD DE LAS VARIABLES DEL CICLO DE CARGA

<b>VARIABLES</b>	<b>Valor p</b>	<b>Alfa</b>
Voltaje (V)	<0,010	
Corriente (A)	<0,010	0,05
Temperatura (°C)	0,035	

Debido a estos resultados se procede realizar una transformación en los datos que no siguen una distribución normal utilizando el método de transformación Box-Cox y la transformación de Johnson en caso que la transformación Box-Cox no pueda cumplir con este objetivo.

En este apartado se agregaron los resultados más relevantes, los demás resultado y gráficas se encuentran en el Anexo 6.1.

#### **4.1.1 Transformación Box-Cox**

Esta técnica es utilizada debido que los datos de las variables dependiente no son normales, con la finalidad de hacer que los datos se ajusten a una distribución normal. A continuación, se muestran los resultados de la nueva prueba de normalidad con los datos ya transformados, en el Anexo 6.1.1 encontraran la transformación de los datos.

En la TABLA XVII – XVIII, se observa el resultado de la prueba de normalidad con los datos transformados a través de Box-Cox, en donde obtenemos los mismos resultados que no existe una distribución normal; por otro lado, la única variable que si ubo un ajuste en sus



datos dando una distribución normal es la variable de temperatura del ciclo de carga teniendo un aumento en el valor p con 0.035 pasando a 0.073 y que ahora es mayor al alfa de 0.05.

**TABLA XVII**

PRUEBA DE NORMALIDAD CON DATOS TRANSFORMADOS (BOX-COX) DEL CICLO DE DESCARGA

<b>Variables</b>	<b>Valor p</b>	<b>Alfa</b>
Voltaje (V)	<0,010	
Corriente (A)	<0,010	0,05
Temperatura (°C)	>0,100	

**TABLA XVIII**

PRUEBA DE NORMALIDAD CON DATOS TRANSFORMADOS (BOX-COX) DEL CICLO DE CARGA

<b>Variables</b>	<b>Valor p</b>	<b>Alfa</b>
Voltaje (V)	<0,010	
Corriente (A)	<0,010	0,05
Temperatura (°C)	0,073	

#### **4.1.2 Transformación de Johnson**

De igual manera que la técnica anterior esta también busca transformar datos que no siguen una distribución normal; la transformación de Johnson puede ser útil cuando otras transformaciones no son efectivas para hacer que los datos se ajusten a una distribución normal.

Ahora bien, al momento de aplicar esta técnica en las variables dependiente no se pudieron transformar los datos, con excepción de la variable de voltaje y de temperatura del ciclo de carga; sin embargo, los resultados de la prueba de normalidad con la transformación de Johnson fueron menores que alfa y aun dando que no existe una distribución normal. En el Anexo 6.1.2 encontraran la transformación de los datos y sus gráficas.

Por lo tanto, al no ver una distribución normal en los datos de cada una de las variables dependiente se determina que los datos son no paramétricos, debido que no llegaron a cumplir con los supuestos paramétricos (parámetros) para una distribución normal.

En este apartado se agregaron los resultados más relevantes, los demás resultado y gráficas se encuentran en el Anexo 6.1.

#### 4.2 Resultados de la Prueba no Paramétrica (Wilcoxon)

Se utilizó esta técnica no paramétrica debido a la naturaleza de los datos determinado anteriormente, la finalidad de esta prueba es para determinar si la mediana de una muestra de datos difiere significativamente y utilizando el valor estándar o referencia de 0 de la “mediana de la prueba”. Pero antes se debe encontrar la diferencia entre los ciclos de descarga y carga de las variables dependiente; por ejemplo, se sacó la diferencia de la variable de temperatura: temperatura del ciclo de descarga – temperatura del ciclo de carga y de igual forma con las otras dos variables de dependiente (Voltaje y Corriente). En el Anexo 6.2 se encuentra los resultados correspondientes de cada variable y con ese resultado se aplica Wilcoxon.

Se establecen hipótesis para determinar el resultado este método, en donde se expresa la hipótesis nula que la diferencia de la mediana de la población es igual al valor de alfa de 0.05 (o mayor), por otro lado, la hipótesis alterna busca demostrar que no son iguales y se estable que la diferencia de la mediana es diferente de 0.05.

En la TABLA XIX se observa el resultado de la prueba Wilcoxon, en donde se visualiza que el valor p de las tres variables es 0, determinando que, si existe evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula debido a que el valor p es menor que alfa (0.05) y, por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna donde la mediana de las variables dependientes no es igual a 0.05 es decir que si existe una diferencia significativa.

**TABLA XIX**

RESULTADO DE LA PRUEBA WILCOXON

<b>Variabes</b>	<b>Valor p</b>	<b>Alfa</b>
Voltaje (V)	0.000	
Corriente (A)	0.000	0.05
Temperatura (°C)	0.000	

#### 4.3 Resultados de la Prueba de Correlación (Pearson)

El método de correlación de Pearson analiza la variable de estado de carga vs las variables de respuestas, se procede a determinar las correlaciones de los datos obtenidos mediante la interpretación del coeficiente “r”. Se utilizará la TABLA XX para interpretar el coeficiente “r” de Pearson para determinar el grado de correlación entre las variables a analizar.

**TABLA XX**  
COEFICIENTE “R” DE PEARSON [109]

<b>r</b>	<b>Grado de Correlación</b>
1	Correlación perfecta
0.80 - 0.99	Correlación muy alta
0.60 - 0.79	Correlación alta
0.40 - 0.59	Correlación moderada
0.20 - 0.39	Correlación baja
0.01 - 0.20	Correlación muy baja
0	Correlación nula
-1 a 1	Correlación baja inversa

En la TABLA XXI se observa la correlación entre el estado de carga y las variables de respuesta, la variable del voltaje tiene como resultado una correlación muy alta, lo cual da a entender que el estado de carga tiene gran influencia en el voltaje. Por otro lado, el resultado de las variables de corriente es una correlación inversa baja donde se interpreta que a medida que los datos de una variable aumentan, los datos de la otra variable tienden a disminuir y viceversa. Por último, tenemos la variable de temperatura con un resultado muy bajo, sin embargo, el estado de carga tiene una pequeña influencia sobre ellas.

**TABLA XXI**  
CORRELACIÓN EN CICLO DE DESCARGA

<b>VARIABLES</b>	<b>Coeficiente “r”</b>	<b>Grado de correlación</b>
Voltaje	0,889	Correlación muy alta
Corriente	-0,294	Correlación baja (inversa)
Temperatura	0,145	Correlación muy baja

En la TABLA XXII se observan los resultados de correlación de las variables del ciclo de carga, se muestra de igual manera en la tabla anterior que el voltaje tiene una correlación muy alta y una gran influencia de parte del estado de carga. En cambio, la variable de la corriente tiene como resultado una correlación moderada e inversa que significa que el estado de carga influye en la mayor parte de los datos de esta variable. Por otro lado, la variable de temperatura tiene un resultado negativo lo que indica que su correlación es inversa y muy baja, aunque tiene una influencia mínima de parte del estado de carga.

**TABLA XXII**  
CORRELACIÓN EN CICLO DE CARGA

<b>Variables</b>	<b>Coefficiente “r”</b>	<b>Grado de correlación</b>
Voltaje	0,868	Correlación muy Alta
Corriente	-0,465	Correlación moderada (inversa)
Temperatura	-0,028	Correlación muy baja (inversa)

Las gráficas de los resultados de la prueba de correlación están en el Anexo 6.3.

#### 4.4 Resultado de la Prueba de Regresión Lineal Simple

Esta prueba se analiza la variable de estado de carga vs las variables de respuestas, mediante el R-cuadrado para determinar qué tan cerca están los datos de la línea de regresión ajustada; el R-cuadrado se clasifica entre 0% a 100% para conocer con mayor exactitud la variabilidad de los datos.

En la TABLA XXIII se observa los resultados de la prueba de regresión lineal en el ciclo de descarga y de igual forma en la TABLA XXIV esta los resultados de la prueba en ciclo de carga, podemos visualizar que la variable de voltaje de en ambos ciclos es alta y de las otras dos variables son bajas.

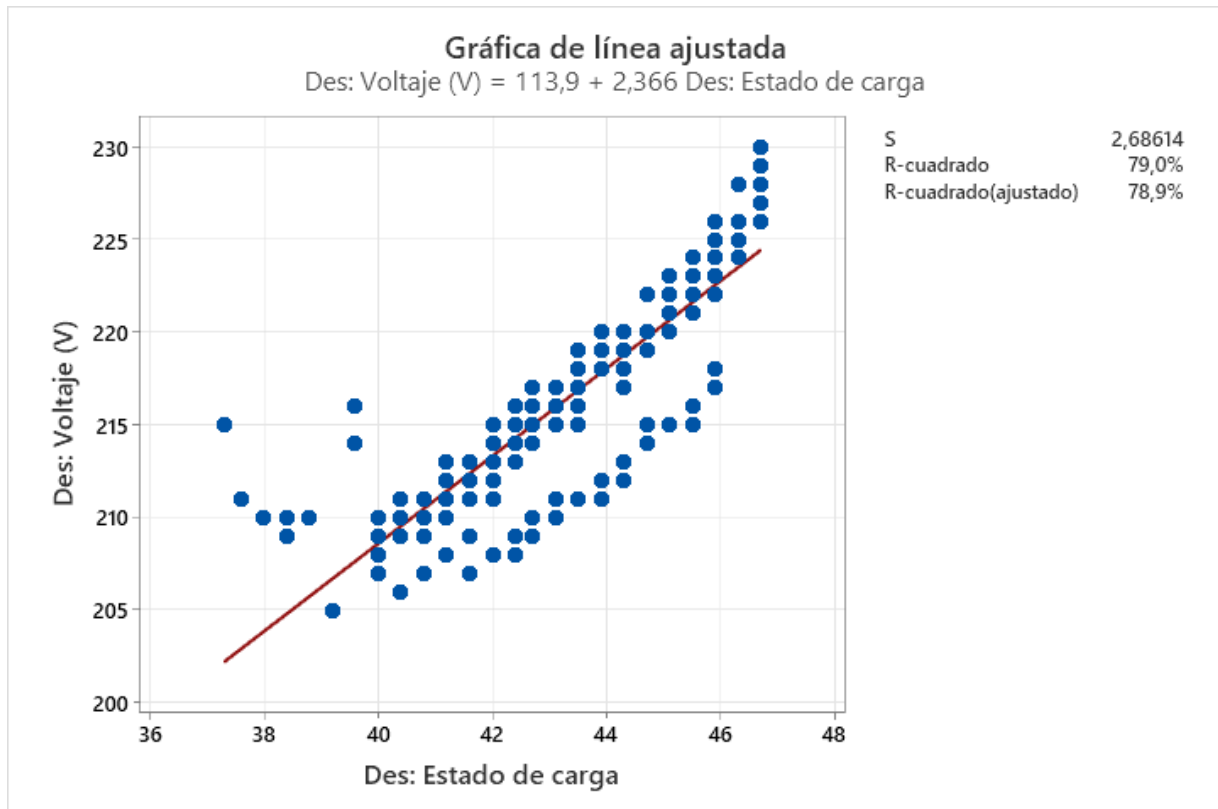
**TABLA XXIII**  
REGRESIÓN SIMPLE DE LAS VARIABLES DEPENDIENTE EN CICLO DE DESCARGA

<b>Variable</b>	<b>R-Cuadrado</b>	<b>Valor de referencia</b>
Voltaje (V)	79,00%	
Corriente (A)	8,67%	0% - 100%
Temperatura (°C)	2,09%	

**TABLA XXIV**  
REGRESIÓN SIMPLE DE LAS VARIABLES DEPENDIENTE EN CICLO DE CARGA

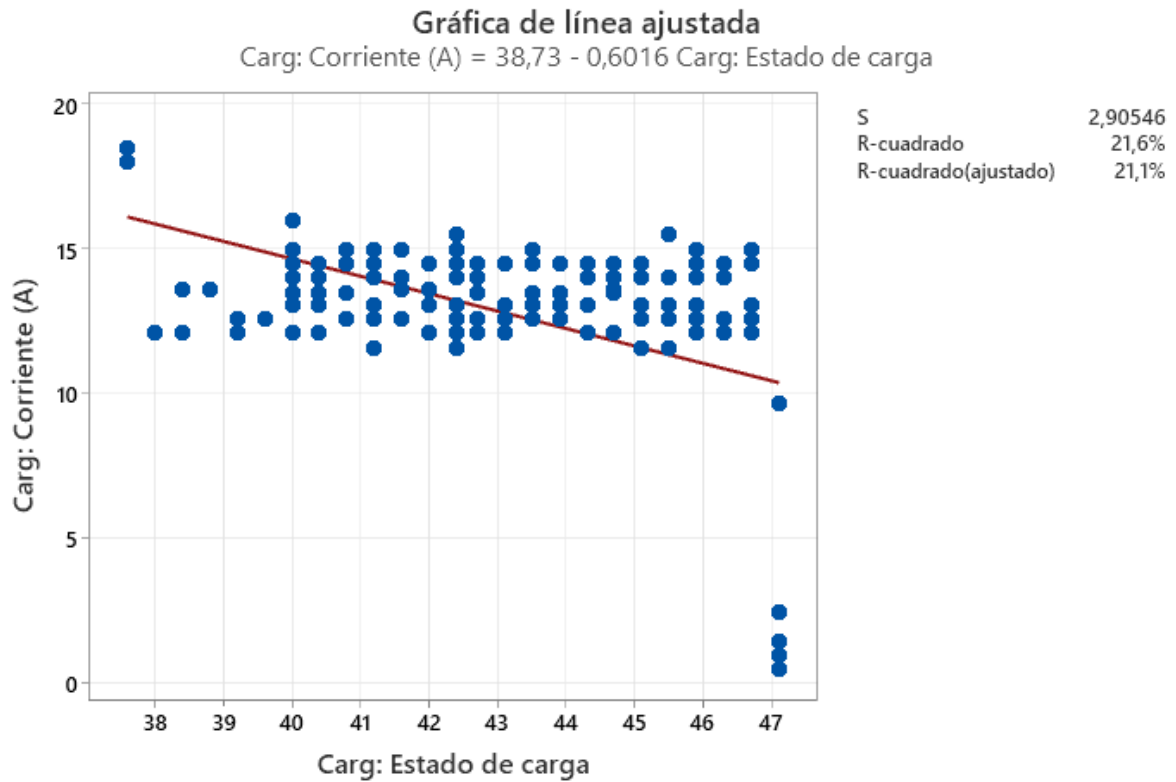
<b>Variable</b>	<b>R-Cuadrado</b>	<b>Valor de referencia</b>
Voltaje (V)	75,40%	
Corriente (A)	21,62%	0% - 100%
Temperatura (°C)	0,08%	

En la Figura 15 podemos observar un R-cuadrado con un valor de 79% entre las variables de Estado de carga vs Voltaje en ciclo de descarga, en la gráfica se puede determinar que existe una relación lineal fuerte, debido a que el porcentaje de R-cuadrado se ajusta casi totalmente en la distribución de los datos de la variable de voltaje en ciclo de descarga.



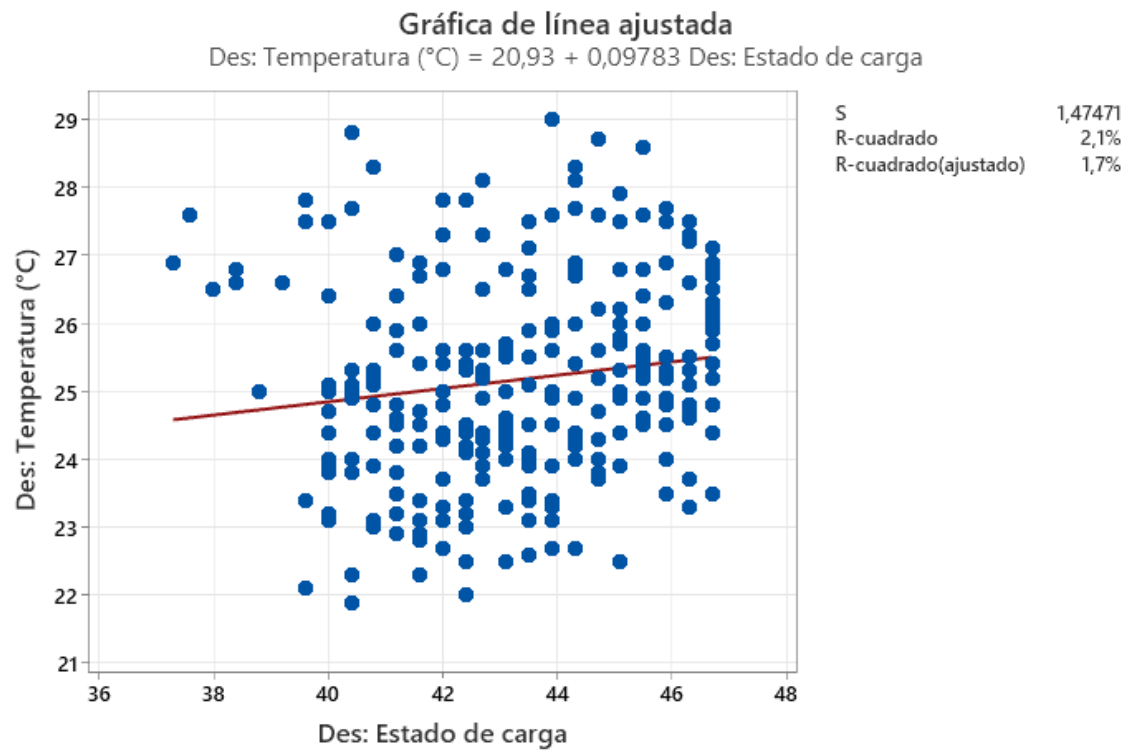
**Fig.15** Gráfica de regresión lineal de la variable de voltaje del ciclo de descarga.

En la Figura 16 se obtuvo como resultado del R-cuadrado de 21,6% de las variables de Estado de carga vs Corriente en ciclo de carga, en la gráfica se determina que existe una relación no lineal, aunque el porcentaje del R-cuadrado no es tan bajo ajustándose de la mejor forma y los datos tienen un comportamiento casi dependiente a la línea de regresión, pero en el extremo inferior derecho vemos un pequeño grupo de datos que se alejan de la línea.



**Fig.16** Gráfica de regresión lineal de la variable de corriente ciclo de carga.

En la Figura 17 se observa un R-cuadrado de 2,1% de las variables de Estado de carga vs Temperatura en ciclo de descarga, en la gráfica podemos determinar que existe una relación no lineal, el porcentaje de R-cuadrado trata de ajustar de mejor manera con los datos de la variable de temperatura, no obstante, al tener los datos un comportamiento independiente con respecto a la línea de regresión se tiene como resultado una relación débil.



**Fig.17** Gráfica de regresión lineal de la variable de temperatura del ciclo de descarga.

Cabe de mencionar que las gráficas expuestas en este apartado son las que tienen mayor relevancia en el análisis de las variables dependiente, las demás gráficas se encuentran en el Anexo 6.4.

## 5. CAPÍTULO V. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN

### 5.1 Conclusiones

- Mediante a revisión exhaustiva de estudios vinculados a las técnicas de mantenimiento predictivo a través de ensayo termográfico para la batería de alto voltaje; así mismo, la incorporación de las normativas vigentes referentes a termografía infrarroja ha impulsado la formulación de un enfoque de inspección no destructiva. Esta síntesis de conocimientos no solo abre la puerta a un mantenimiento más eficiente y fiable de los sistemas de baterías de alto voltaje en HEV, sino que también sienta las bases para futuras investigaciones y avances en este campo en constante evolución.
- Se establecieron las firmas patrones termográficas del sistema de batería de alto voltaje durante los ciclos de carga y descarga; para ello se aplicó el método comparativo mediante la técnica de análisis cualitativa y logrando así un análisis de la tendencia térmica y su distribución de temperatura. Además, se determinó los criterios de aceptación de la batería de alto voltaje demostrando que se encuentra en un buen estado funcional. En última instancia, la aplicación de la imagen patrón ha permitido una valiosa evaluación del rendimiento de la batería a lo largo de diversos ciclos de carga-descarga, siendo una herramienta fundamental para un diagnóstico rápido, sencillo y seguro.
- La aplicación de diversos modelos estadísticos ha arrojado una profunda comprensión sobre el comportamiento de las variables dependientes (voltaje, corriente y temperatura) de la batería de alto voltaje, donde se llegó a estimar que los datos no siguen una distribución normal y determinado que son datos no paramétricos. A su vez, se determinó que la variable independiente (estado de carga) ejerce una influencia directa en las variables dependientes, de ellas el voltaje tanto en el ciclo de carga como descarga es la que tiene una mayor relación con el estado de carga en comparación a las otras variables de la batería HV.

Se puede concluir que en base a los objetivos planteados se ha logrado el desarrollo de un método de inspección por termografía infrarroja como herramienta para el diagnóstico y análisis del estado de batería de alto voltaje durante los ciclos de carga y descarga.



## 5.2 Recomendaciones

- Se recomienda trabajar con una vista frontal de la batería de alto voltaje, donde se podrá obtener y visualizar un mejor patrón térmico; por lo tanto, se llegaría a tener una inspección completa y profunda para determinar a detalle la condición del estado de la batería.
- Se recomienda para futuras investigaciones adquirir una cámara termográfica de una serie superior, debido que esta brindará la imagen termográfica con datos radiométricos (tecnología MSX) y se podrá analizar a detalle la distribución térmica en diferentes puntos de la imagen.
- Se recomienda utilizar un banco prueba para la batería de alto voltaje y desarrollar un diseño experimental; donde se propone manipular las variables de corriente y voltaje para obtener una variación en la variable de respuesta (temperatura) por medio de la firma térmica.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] F. Dulcich, D. Otero, and A. Canzian, “Evolución Reciente y Situación Actual de la Producción y Difusión de Vehículos Eléctricos a Nivel Global y en Latinoamérica,” *Asian Journal of Latin American Studies*, vol. 32, no. 4, pp. 21–51, 2019.
- [2] M. Peña, “Los vehículos híbridos y eléctricos impactan el futuro del sector automotriz global,” 2019. <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/los-vehiculos-hibridos-y-electricos-impactan-el-futuro-del-sector-automotriz-global/> (accessed Feb. 13, 2023).
- [3] E. Morales, “Mantenimiento de híbridos - Alianza Automotriz,” *AlianzaAutomotriz*, 2023. <https://alianzaautomotriz.com/electromovilidad-como-es-el-mantenimiento-de-vehiculos-hibridos/> (accessed Mar. 06, 2023).
- [4] E. J. Cueva Sánchez, J. Lucero, A. Guzman, J. Rocha, and L. Espinoza, “Revisión del estado del arte de baterías para aplicaciones automotrices,” *Enfoque UTE*, vol. 9, no. 1, pp. 166–176, Mar. 2018, doi: 10.29019/ENFOQUEUTE.V9N1.202.
- [5] J. Aguirre and C. Imbaquingo, “Universidad Internacional del Ecuador,” pp. 1–13, 2021.
- [6] Miguel Ortiz Mateo, “Dialnet-ReduccionDeLasEmisionesDeCO2EnVehiculosDeTransport-3395287”, Accessed: Mar. 04, 2023. [Online]. Available: Dialnet-ReduccionDeLasEmisionesDeCO2EnVehiculosDeTransport-3395287.pdf
- [7] Mayono Pérez and Daniel Alejandro, “INVESTIGACIÓN DE PARÁMETROS DE DESEMPEÑO DE BATERÍAS DE ALTA TENSIÓN DE VEHÍCULOS HÍBRIDOS Y ELÉCTRICOS AL APLICAR UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO CONTROLADO PARA UN DIAGNÓSTICO EFICIENTE,” 2019.
- [8] S. Muñoz, J. Salcedo, and S. SotoMayor, “Contaminación ambiental producida por el tránsito vehicular y sus efectos en la salud humana: revisión de literatura,” 2021. <https://revistas.uniminuto.edu/index.php/Inventum/article/view/2612/2165> (accessed Feb. 13, 2023).
- [9] AIE, “Electric cars fend off supply challenges to more than double global sales – Analysis - IEA,” 2022. [https://www.iea.org/commentaries/electric-cars-fend-off-supply-challenges-to-more-than-double-global-sales?utm\\_content=bufferd90dd&utm\\_medium=social&utm\\_source=twitter.com&utm\\_campaign=buffer](https://www.iea.org/commentaries/electric-cars-fend-off-supply-challenges-to-more-than-double-global-sales?utm_content=bufferd90dd&utm_medium=social&utm_source=twitter.com&utm_campaign=buffer) (accessed Mar. 04, 2023).

- [10] Statista, “Electric Vehicles - Worldwide | Statista Market Forecast,” 2023. <https://es.statista.com/outlook/mmo/electric-vehicles/worldwide> (accessed Mar. 04, 2023).
- [11] Karla Garcia Gil, “Principales mercados de vehículos eléctricos en el mundo,” 2022. <https://www.bbva.ch/noticia/principales-mercados-de-vehiculos-electricos-en-el-mundo/> (accessed Mar. 04, 2023).
- [12] CINAIE, “Cámara de la Industria Automotriz Ecuatoriana,” 2023. <https://www.cinae.org.ec/> (accessed Mar. 04, 2023).
- [13] AEADE, “AEADE – Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador,” 2023. <https://www.aeade.net/> (accessed Feb. 12, 2023).
- [14] M. Gordillo and A. Castro, “Propuesta de sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo para el laboratorio de vehiculos electricos e hibridos del centro de tecnologias del transporte (SENA),” pp. 1–69, 2021, Accessed: Mar. 06, 2023. [Online]. Available: <https://repositorio.ecci.edu.co/bitstream/handle/001/1124/Trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=1>
- [15] A. Felipe, S. Fierro, N. Stella, R. July, and A. Vargas Espitia, “Guía para la Investigación de Accidentes Laborales Generados por Riesgo Eléctrico,” 2020, Accessed: Mar. 06, 2023. [Online]. Available: <https://repositorio.ecci.edu.co/bitstream/handle/001/626/Trabajo%20de%20grado?sequence=1&isAllowed=y>
- [16] M. Gómez, D. Hidalgo, G. Erazo, and J. Quiroz, “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS GENÉRICO, PARA REPARACIÓN Y MANTENIMIENTO DE BATERÍAS HÍBRIDAS,” 2018.
- [17] Espinoza Luis, Erazo Germán, and Mena Luis, “DISEÑO Y APLICACIÓN DE UN PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO, DIAGNÓSTICO Y REPARACIÓN DEL SISTEMA DE BATERÍAS DE VEHÍCULOS HÍBRIDOS,” 2018.
- [18] J. Saavedra and J. Sibri, “ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE BATERÍAS USADAS EN VEHÍCULOS HÍBRIDOS DURANTE EL PROCESO DE RECUPERACIÓN,” 2018.
- [19] Morales Asimbaya; Ricardo Brayan, “Análisis termico de los procesos de carga y descarga controlado en bater,” 2020. <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/23241/1/T-ESPEL-MAI-0694.pdf> (accessed Apr. 03, 2023).

- [20] A. Valencia, D. Manuel Rey Moreno, and U. Antonio Nariño, “Estudio eléctrico y análisis termográfico de los motores eléctricos y baterías del autobús marca BYD-B13S01 del SITP de la ciudad de Bogotá,” 2022.
- [21] VERTIV, “SOLUCIONES DE MANTENIMIENTO DE BATERÍAS PARA INSTALACIONES CRÍTICAS,” pp. 1–45, 2017.
- [22] S. A. IR INDUMETAL RECYCLING, “Estudio de viabilidad previo al diseño de un esquema de logística, tratamiento y reciclado de baterías de vehículos eléctricos e híbridos al fin de su vida útil,” *AMETIC*, pp. 1–63, 2018.
- [23] V. Kamaraj, J. Ravishankar, and S. Jeevananthan Editors, “Springer Proceedings in Energy Emerging Solutions for e-Mobility and Smart Grids Select Proceedings of ICRES 2020,” 2021. [Online]. Available: <http://www.springer.com/series/13370>
- [24] E. A. Nanaki, “Electric vehicles,” in *Electric Vehicles for Smart Cities*, Elsevier, 2021, pp. 13–49. doi: 10.1016/B978-0-12-815801-2.00006-X.
- [25] M. Susana Alegre Buj, “MODELADO DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO E HÍBRIDO PARALELO POR MEDIO DE MATLAB/SIMULINK Y PLANIFICACIÓN DE ESTACIONES DE CARGA MEDIANTE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y ALGORITMOS GENÉTICOS CONTROL, TELEMÁTICA Y QUÍMICA APLICADA A LA INGENIERÍA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN A DISTANCIA 2017,” 2017. Accessed: Feb. 11, 2023. [Online]. Available: [http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/tesisuned:IngInd-Msalegre/ALEGRE\\_BUJ\\_Susana\\_Tesis.pdf](http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/tesisuned:IngInd-Msalegre/ALEGRE_BUJ_Susana_Tesis.pdf)
- [26] E. Fantin Irudaya Raj and M. Appadurai, “The Hybrid Electric Vehicle (HEV)—An Overview,” 2021, pp. 25–36. doi: 10.1007/978-981-16-0719-6\_3.
- [27] P. W. Ullán, “Vehículos híbridos. Pasado, presente y futuro. Escola Tècnica Superior d’Enginyeria Industrial de Barcelona,” 2020.
- [28] C.A.A.T, “Niveles de HEV,” 2018. [http://autocaat.org/Technologies/Hybrid\\_and\\_Battery\\_Electric\\_Vehicles/HEV\\_Levels/](http://autocaat.org/Technologies/Hybrid_and_Battery_Electric_Vehicles/HEV_Levels/) (accessed Feb. 11, 2023).
- [29] J. Liu and H. Peng, “Modeling and control of a power-split hybrid vehicle,” *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, vol. 16, no. 6, pp. 1242–1251, 2008, doi: 10.1109/TCST.2008.919447.
- [30] D. Sarango Casanova, “CARACTERIZACIÓN TECNOLÓGICA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO A TRAVÉS DE LA DEFINICIÓN DE SU TREN DE POTENCIA Y MODELO MATEMÁTICO,” 2022, Accessed: Feb. 11, 2023. [Online].

- Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/22520/1/UPS-GT003720.pdf>
- [31] B. G. Pollet, I. Staffell, and J. L. Shang, “Current status of hybrid, battery and fuel cell electric vehicles: From electrochemistry to market prospects,” *Electrochim Acta*, vol. 84, pp. 235–249, Dec. 2012, doi: 10.1016/j.electacta.2012.03.172.
- [32] F. Augeri *et al.*, “Mantenimiento y Reparación de Baterías Híbridas,” 2013, Accessed: Feb. 11, 2023. [Online]. Available: <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/8294>
- [33] N. Astudillo Skliarova, “CONTROL ENERGÉTICO Y OPTIMIZACIÓN DEL TAMAÑO DE UN SISTEMA HÍBRIDO DE ENERGÍA RENOVABLE A PEQUEÑA ESCALA CON COMBINACIÓN DE SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO RENOVABLE A PEQUEÑA ESCALA CON COMBINACIÓN DE SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO CONTROL ENERGÉTICO Y OPTIMIZACIÓN DEL TAMAÑO DE UN SISTEMA HÍBRIDO DE ENERGÍA,” 2022.
- [34] Viera Pérez Juan, ““CARGA RÁPIDA DE BATERÍAS DE Ni-Cd Y Ni-MH DE MEDIA Y GRAN CAPACIDAD. ANÁLISIS, SÍNTESIS Y COMPARACIÓN DE NUEVOS MÉTODOS”,” 2003.
- [35] B. Asimbaya Morales, “Análisis térmico de los procesos de carga y descarga controlado en baterías de alta tensión de vehículos híbridos mediante técnica infrarroja predictiva,” 2020.
- [36] J. M. Bertran, “Métodos de estimación del estado de carga de baterías electroquímicas,” 2017.
- [37] Chuquimarca Santiago and Suin Kevin, ““DISEÑO Y DESARROLLO DE UNA BATERÍA DE ALTO VOLTAJE PARA UN VEHÍCULO DE COMPETENCIA TIPO FORMULA SAE ELÉCTRICO,”” 2017.
- [38] MIT Electric, “A Guide to Understanding Battery Specifications,” 2008.
- [39] Bergveld Hendrik, *Battery management systems: design by modelling*. s.n.], 2001.
- [40] M. I. Pérez Sepa, A. Angueta Ponce, J. Guasumba Maila, and C. Diego Andrés, “Estimación de la vida útil de las baterías de los vehículos híbridos causas y consecuencias,” vol. 7, no. 2, pp. 770–781, 2022, doi: 10.23857/dc.v8i2.2674.
- [41] G. Lisandro, “Curva descarga batería,” 2019, Accessed: Feb. 12, 2023. [Online]. Available: <https://forococheselectricos.com/2016/02/la-bateria-panasonic-ncr18650b.html>

- [42] P. H. L. Notten and D. L. Danilov, "Battery Modeling: A Versatile Tool to Design Advanced Battery Management Systems," *Advances in Chemical Engineering and Science*, vol. 04, no. 01, pp. 62–72, 2014, doi: 10.4236/aces.2014.41009.
- [43] J. Sánchez, "Modelado de sistemas de gestión térmica en baterías para vehículos híbridos mediante el uso de nanofluidos," 2021.
- [44] S. Cepeda, C. Garzón, Guasumba. Jairo, and Oramas. Diego, "Descripción de las características de los diferentes tipos de baterías utilizadas en los vehículos eléctricos," 2022.
- [45] J. Bustillo, "Módulo I: Híbridos," *Cise Electronics*, 2013. Accessed: Feb. 21, 2023. [Online]. Available: <https://www.cise.com/portal/capacitacion/especializacion-en-hibridos/item/614-m%C3%B3dulo-ii-hibridos-i.html>
- [46] G. Tomé, "Termografía aplicación en la prevención de fallas," *UNCE*, 2014. [https://issuu.com/javdesigner/docs/revista\\_web\\_ce\\_diciembre\\_2014/43](https://issuu.com/javdesigner/docs/revista_web_ce_diciembre_2014/43) (accessed Feb. 14, 2023).
- [47] Tom Denton, *Sistemas eléctrico y electrónico del automóvil.: Tecnología automotriz.* 2020. Accessed: Apr. 18, 2023. [Online]. Available: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=kExOEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&q=mantenimiento+de+vehiculos+hibridos+&ots=bf7ulvdbe4&sig=GXFjqTBieZaknSZggF9t2xUWrn0&hl=es#v=onepage&q=mantenimiento%20de%20vehiculos%20hibridos&f=false>
- [48] Ramos Cosio; Felipe Jesús, "Facultad de Ingeniería Ingeniería Industrial," 2018.
- [49] W. C. Olarte, M. A. Botero, and B. Cañón Zabaleta, "APLICACIÓN DE LA TERMOGRAFÍA EN EL MANTENIMIENTO PREDICTIVO," *Scientia et Technica Año XVI*, vol. 48, 2011.
- [50] L. Neita Duarte and E. Peña Rodríguez, "PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA TERMOGRAFÍA INFRARROJA Y SU UTILIZACIÓN COMO TÉCNICA PARA MANTENIMIENTO PREDICTIVO," 2011.
- [51] E. A. Estupiñan and P. N. Saavedra, "ALCANCES DE LA IMPLEMENTACION DE NUEVAS TECNICAS DE ANALISIS EN LOS PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO – PROACTIVO EN LA INDUSTRIA," Tarapacá. Accessed: Jun. 17, 2023. [Online]. Available: [https://mantenimientoplanificado.com/art%C3%ADculos%20PREDICTIVO\\_archivos/Tecnicas%20mantenimiento%20predictivo%20DE%20ACIEM.ORG.pdf](https://mantenimientoplanificado.com/art%C3%ADculos%20PREDICTIVO_archivos/Tecnicas%20mantenimiento%20predictivo%20DE%20ACIEM.ORG.pdf)

- [52] F. Zamora Gutiérrez, “ANÁLISIS Y APLICACIÓN DE TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO APLICADO A MAL FUNCIONAMIENTOS POR DESALINEAMIENTO EN MÁQUINAS ROTATORIAS,” INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL, MÉXICO, 2016.
- [53] Flir, “Guía de termografía para mantenimiento predictivo,” *FLIR*, 2011.
- [54] A. S. N. Huda and S. Taib, “Application of infrared thermography for predictive/preventive maintenance of thermal defect in electrical equipment,” *Appl Therm Eng*, vol. 61, no. 2, pp. 220–227, Nov. 2013, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2013.07.028.
- [55] C. Sierra Fernández and E. A. Calvo, “Técnicas de Mantenimiento Predictivo,” 2019.
- [56] J. E. Martínez Garcia, “Mantenimiento predictivo,” *FUOC*, Accessed: Jun. 17, 2023. [Online]. Available: [https://openaccess.uoc.edu/bitstream/10609/144051/28/Diseno%20y%20fabricacion%20inteligente\\_Modulo4.8\\_Mantenimiento%20predictivo.pdf](https://openaccess.uoc.edu/bitstream/10609/144051/28/Diseno%20y%20fabricacion%20inteligente_Modulo4.8_Mantenimiento%20predictivo.pdf)
- [57] E. A. Estupiñan and P. N. Saavedra, “ALCANCES DE LA IMPLEMENTACION DE NUEVAS TECNICAS DE ANALISIS EN LOS PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO – PROACTIVO EN LA INDUSTRIA,” Tarapacá. Accessed: Jun. 17, 2023. [Online]. Available: [https://mantenimientoplanificado.com/art%C3%ADculos%20PREDICTIVO\\_archivos/Tecnicas%20mantenimiento%20predictivo%20DE%20ACIEM.ORG.pdf](https://mantenimientoplanificado.com/art%C3%ADculos%20PREDICTIVO_archivos/Tecnicas%20mantenimiento%20predictivo%20DE%20ACIEM.ORG.pdf)
- [58] C. Sierra Fernández and E. A. Calvo, “Técnicas de Mantenimiento Predictivo,” 2019.
- [59] F. Sendra and M. Martinez, “RADIACION INFRARROJA,” *Studocu*, 2019. <https://www.studocu.com/latam/document/universidad-nacional-autonoma-de-honduras/fisica/radiacion-infrarroja/12321613> (accessed Feb. 14, 2023).
- [60] ISO 18434-1, “Condition monitoring and diagnostics of machines-Thermography-Part 1: General procedures,” 2008.
- [61] S. Melgosa, “GUÍA DE LA TERMOGRAFÍA INFRARROJA. Aplicaciones en ahorro y eficiencia energética,” *Fundación de la energía de la comunidad de Madrid*, 2011, Accessed: Feb. 14, 2023. [Online]. Available: <https://www.fenercom.com/wp-content/uploads/2011/11/Guia-de-la-Termografia-Infrarroja-Aplicaciones-en-Ahorro-y-Eficiencia-Energetica-fenercom-2011.pdf>
- [62] L. Flores, “Sistema de Control de Termografía 3D y su incidencia en el Mantenimiento Predictivo de los Equipos de la Dirección de Educación a Distancia y Virtual,” 2019.
- [63] A. Sandoval, “TERMOGRAFIA,” *CENYTEC S.A.C.*, 2018.

- [64] D. L. Balageas, “Termografía Infrarroja: una técnica multifacética para la Evaluación No Destructiva (END),” *AAENDE*, 2007.
- [65] Daniel Auer - Testo AG, “Termografía, guía de bolsillo Teoría- Aplicación Práctica- Consejos y Trucos,” *Testo*, pp. 1–56, 2008.
- [66] C. Martín, “Los infrarrojos (1ª parte) ‘Fundamentos del uso de radiaciones infrarrojas para el calentamiento de materiales,’” 2018.
- [67] ASTM E1316-22a, “Standard Terminology for Nondestructive Examinations 1,” 2022.
- [68] Fluke Corporation and The Snell Group, “Los principio de la termografía ,” 2009. Accessed: May 27, 2023. [Online]. Available: <https://content.fluke.com/USB-online/eses/booklet.pdf>
- [69] A. Paucar Urdialez and A. Siguenza Reinoso, “TERMOGRAFÍA APLICADA AL DIAGNÓSTICO DE UN MOTOR HYUNDAI DIÉSEL 2.0 CRDI DE COMBUSTIÓN INTERNA ALTERNATIVO COMO TÉCNICA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO DE FALLOS, PROVOCADOS POR EL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN AIRE COMBUSTIBLE.,” ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL , Quito, 2016. Accessed: Jun. 13, 2023. [Online]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/15404/1/CD-7063.pdf>
- [70] Yunis. A. Cengel and Afshin. J. Ghajar, *Transferencia de Calor y Masa*, vol. 4to Edición. Accessed: Jun. 13, 2023. [Online]. Available: [https://drive.google.com/file/d/1HhKnZmHRp\\_JhsCkmscnHOYs4s7Z8Dgc1/view](https://drive.google.com/file/d/1HhKnZmHRp_JhsCkmscnHOYs4s7Z8Dgc1/view)
- [71] F. Criado Aldeanueva, J. Aguiar, and A. Gómez Merino, “Fundamentos de transferencia de calor,” Málaga, 2011. Accessed: Jun. 16, 2023. [Online]. Available: [https://ocw.uma.es/pluginfile.php/775/mod\\_resource/content/0/Tema%208.%20Apuntes\\_Transferencia\\_de\\_calor.pdf](https://ocw.uma.es/pluginfile.php/775/mod_resource/content/0/Tema%208.%20Apuntes_Transferencia_de_calor.pdf)
- [72] ASTM E1933-14, “Standard Practice for Measuring and Compensating for Emissivity Using Infrared Imaging Radiometers,” 2022.
- [73] J. Quispe Ramos, “METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO PARA EL DIAGNÓSTICO DE MOTORES ELECTRICOS MEDIANTE TERMOGRAFÍA INFRARROJA,” 2020.
- [74] F. Padilla, “Emisividad | Temperatura | Física,” *SCRIBD*, 2019, Accessed: Feb. 14, 2023. [Online]. Available: <https://es.scribd.com/document/459187053/emisividad-pdf#>
- [75] Testo, “Tabla de emisividades,” *Testo*, 2019, Accessed: Feb. 14, 2023. [Online]. Available: <https://static-int.testo.com/media/bd/b7/179e2db5dca8/Emissivity-table-ES.pdf>



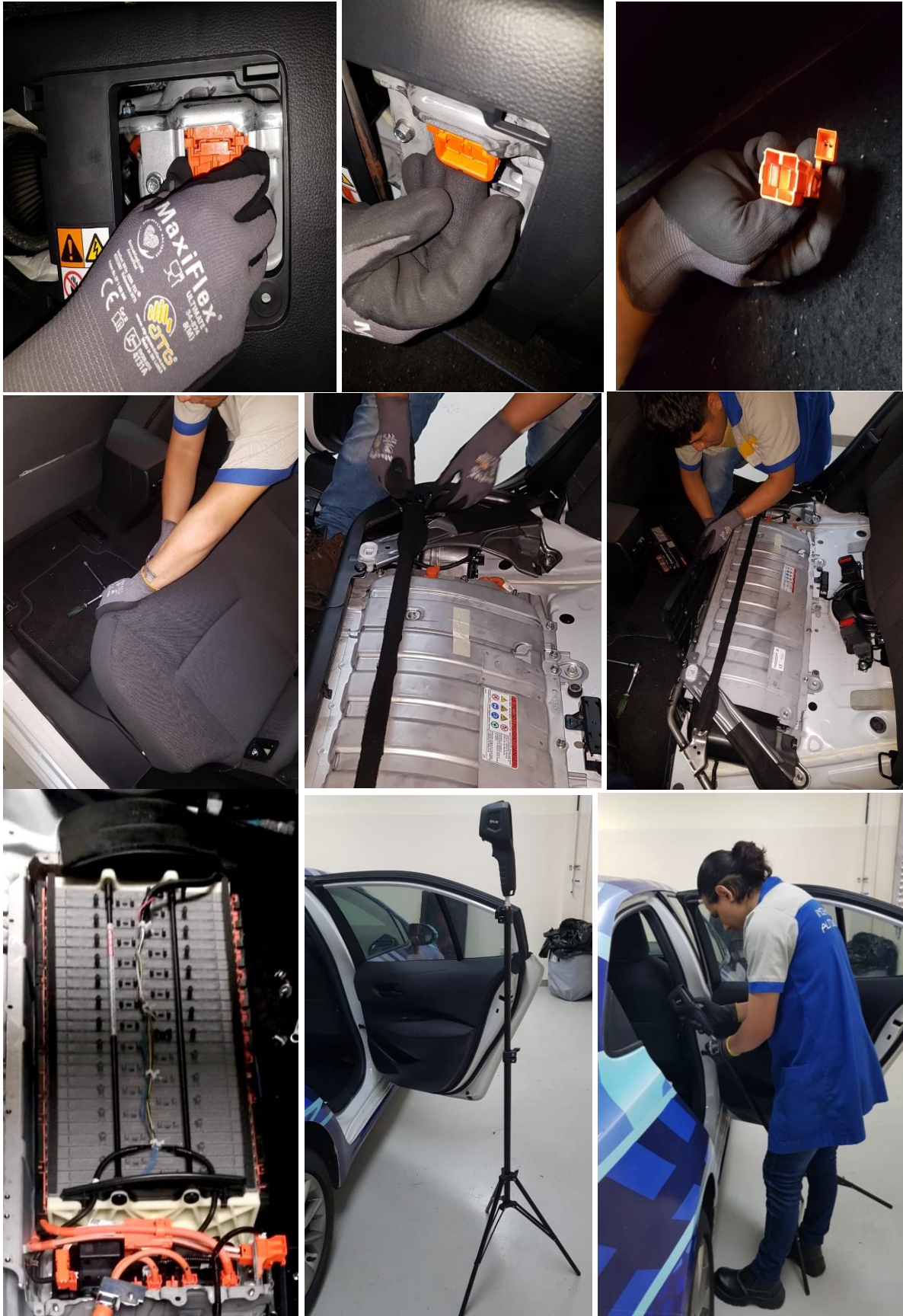
- [76] ASTM, “Normativas para mediciones termográficas,” *American Society for Testing and Materials*, 2018. <https://www.astm.org/products-services/standards-and-publications/standards/nondestructive-testing-standards.html> (accessed Feb. 15, 2023).
- [77] ASTM E1862-14, “Standard Practice for Measuring and Compensating for Reflected Temperature Using Infrared Imaging Radiometers,” 2022.
- [78] ASTM E1934-99a, “Standard Guide for Examining Electrical and Mechanical Equipment with Infrared Thermography,” 2018.
- [79] “ISO-Normas,” *International Organization for Standardization*, 2018. <https://www.iso.org/standards.html> (accessed Mar. 29, 2023).
- [80] FLIR, “Industrial High-Temp Thermal Camera Flir TG297.”
- [81] FLUKE, “62 MAX/62 MAX + Infrared Thermometer,” 2012.
- [82] OBDLink, “OBDLink® MX Bluetooth.” <https://www.obdlink.com/mx/bt/> (accessed Jun. 24, 2023).
- [83] OBDwiz, “OBDwiz Vehicle Diagnostic Software | OBDSsoftware.net.” <https://www.obdsoftware.net/software/obdwiz> (accessed Jun. 25, 2023).
- [84] FLIR Systems, “Flir Thermal Studio.” <https://www.flir.com.mx/products/flir-thermal-studio-suite/> (accessed Jun. 30, 2023).
- [85] Microsoft 365, “Software de hojas de cálculo Microsoft Excel ,” *Microsoft 365*. <https://www.microsoft.com/es-mx/microsoft-365/excel> (accessed Jul. 23, 2023).
- [86] Minitab, “Software de herramientas estadísticas y de análisis de datos - Minitab.” <https://www.minitab.com/es-mx/products/minitab/> (accessed Jul. 02, 2023).
- [87] Marcelo Abrego D., Segio Molinos B., and Pablo Ruiz A., “EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL,” *ACHS*, 2017, Accessed: Aug. 02, 2023. [Online]. Available: <https://docplayer.es/9210853-Equipos-de-proteccion-personal.html>
- [88] P. Jiménez Romero and K. Pinta Pesantez, “Análisis de la influencia de los aceites de baja viscosidad en la potencia y emisión de gases contaminantes de un vehículo Chevrolet Grand Vitara año 2008,” 2021.
- [89] Antonio Muñoz, José Rodríguez Herrerías, and José M. Martínez-Val, “La Seguridad Industrial Fundamentos y Aplicaciones,” 2018.
- [90] CZ Revista técnica de Centro Zaragoza, “EPI’s para manipulación segura de Vehículos Eléctricos e Híbridos,” *Revista técnica de Centro Zaragoza*, 2020. <https://revistacentrozaragoza.com/epis-para-manipulacion-segura-de-vehiculos-electricos-e-hibridos/> (accessed Aug. 15, 2023).

- [91] Testo, “Conocimientos de medición de Testo Termografiar en zonas exteriores.” [https://www.testo.com/es-ES/Caracter%20C3%ADsticas+especiales+de+la+termograf%C3%ADa+en+exteriores/servicios\\_knowledgebase\\_thermography\\_outdoor](https://www.testo.com/es-ES/Caracter%20C3%ADsticas+especiales+de+la+termograf%C3%ADa+en+exteriores/servicios_knowledgebase_thermography_outdoor) (accessed Jun. 24, 2023).
- [92] “Pronóstico del tiempo y condiciones meteorológicas para Guayaquil, Guayas: The Weather Channel | Weather.com.” <https://weather.com/es-EC/tiempo/hoy/l/-2.27,-79.90?par=google> (accessed Jun. 24, 2023).
- [93] “Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada - Condiciones Oceanográficas y Meteorológicas.” <https://www.inocar.mil.ec/web/index.php/boletines/reporte-meteorologico-portuario> (accessed Jun. 24, 2023).
- [94] TOYOTA, “COROLLA Hybrid Gasoline-Electric Hybrid Synergy Drive ZWE211/MZEH12 Series.”
- [95] J. Jiménez, “METODOS ESTADISTICOS,” 2018.
- [96] J. Morales and A. Martínez, “Modelos Estadísticos,” 2021.
- [97] Dra. Martha Fors, “Modelos estadísticos.” 2017. Accessed: Aug. 04, 2023. [Online]. Available: [https://www.academia.edu/39292924/Modelos\\_estad%C3%ADsticos](https://www.academia.edu/39292924/Modelos_estad%C3%ADsticos)
- [98] J. A. Obando Bastidas and M. T. Castellanos Sánchez, “GRÁFICOS ESTADÍSTICOS: GUÍA PRÁCTICA PARA ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA,” 2021, doi: 10.16925/gcgp.32.
- [99] MINITAB, “Estadísticos descriptivos para Identificación de distribución individual,” *Soporte técnico de Minitab*, 2021, Accessed: Aug. 04, 2023. [Online]. Available: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/21/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/quality-tools/how-to/individual-distribution-identification/interpret-the-results/all-statistics-and-graphs/descriptive-statistics/>
- [100] MINITAB, “Prueba de normalidad,” *Soporte técnico de Minitab*, 2021, Accessed: Aug. 04, 2023. [Online]. Available: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/21/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/supporting-topics/normality/test-for-normality/>
- [101] C. Flores and K. Flores, “PRUEBAS PARA COMPROBAR LA NORMALIDAD DE DATOS EN PROCESOS PRODUCTIVOS: ANDERSON-DARLING, RYAN-JOINER, SHAPIRO-WILK Y KOLMOGÓROV-SMIRNOV,” *Societas*, vol. 27, no. 2, Dec. 2021, Accessed: Aug. 15, 2023. [Online]. Available: <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/341/3412237018/html/index.html>
- [102] C. A. Mendoza García and E. A. Ruelas Santoyo, “Transformación De Datos Para El Control Estadístico De Procesos,” *7º Encuentro de Jóvenes Investigadores*, vol. 6, 2019,

- Accessed: Aug. 15, 2023. [Online]. Available: <http://www.repositorio.ugto.mx/bitstream/20.500.12059/3700/1/Transformaci%C3%B3n%20de%20Datos%20para%20el%20Control%20Estad%C3%ADstico%20de%20Procesos.pdf>
- [103] MINITAB, “Transformación de Box-Cox - Minitab,” *Soporte técnico de Minitab*, 2021. <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/21/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/control-charts/how-to/box-cox-transformation/before-you-start/overview/> (accessed Aug. 15, 2023).
- [104] MINITAB, “Transformación de Johnson - Minitab,” *Soporte técnico de Minitab*, 2021. <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/21/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/quality-tools/how-to/johnson-transformation/before-you-start/overview/> (accessed Aug. 15, 2023).
- [105] I. J. Lagos and J. A. Vargas, “SISTEMA DE FAMILIAS DE DISTRIBUCIONES DE JOHNSON, UNA ALTERNATIVA PARA EL MANEJO DE DATOS NO NORMALES EN CARTAS DE CONTROL,” *Rev Colomb Estad*, vol. 26, no. 1, pp. 25–40, Jan. 2003, Accessed: Aug. 15, 2023. [Online]. Available: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/estad/article/view/28675>
- [106] MINITAB, “Prueba no paramétrica de Wilcoxon de 1 muestra - Minitab,” *Soporte técnico de Minitab*, 2021. <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/21/help-and-how-to/statistics/nonparametrics/how-to/1-sample-wilcoxon/before-you-start/overview/> (accessed Aug. 15, 2023).
- [107] MINITAB, “Revisión general de Correlación - Minitab,” *Soporte técnico de Minitab*, 2021, Accessed: Aug. 04, 2023. [Online]. Available: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/21/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/how-to/correlation/before-you-start/overview/>
- [108] MINITAB, “Regresión simple,” *Soporte técnico de Minitab*, 2021, Accessed: Aug. 04, 2023. [Online]. Available: [https://support.minitab.com/es-mx/minitab/21/media/pdfs/translate/Asistente\\_Regresi%C3%B3n\\_simple.pdf](https://support.minitab.com/es-mx/minitab/21/media/pdfs/translate/Asistente_Regresi%C3%B3n_simple.pdf)
- [109] R. Hernández, C. Fernández, and P. Baptista, *Metodología de la investigación*, Sexta. 2014. Accessed: Feb. 22, 2023. [Online]. Available: <https://www.icmujeres.gob.mx/wp-content/uploads/2020/05/Sampieri.Met.Inv.pdf>

## ANEXOS

### Anexo 1. Preparaciones Previas al Ensayo Termográfico





OB2wiz

File View Window Connection Tools Ayuda

Gráfico  Planos  Registro de Datos  Estadísticas  Viaje de Estadísticas  Aviso

Save Configuration  Load Configuration  Grabar  Iniciar  Pausa  Avance Rápida  Alto

Recording Type

Grabación de registro de datos  Grabación CSV  Todo

CSV Settings

Generar Acceso:  Muestra de Tiempo del Plan: 5 s Formato del Tiempo: Seconds Número de decimales: 1

Registrar ruta de archivo: C:\Users\User\OneDrive\Documentos\OB2wiz\CSV Logs

Seleccione Artículos para iniciar la sesión

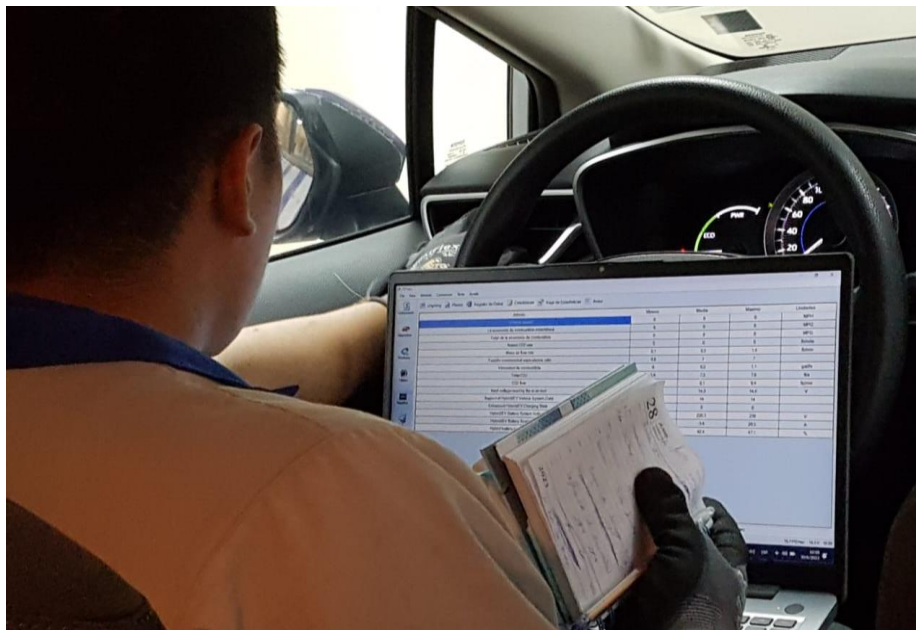
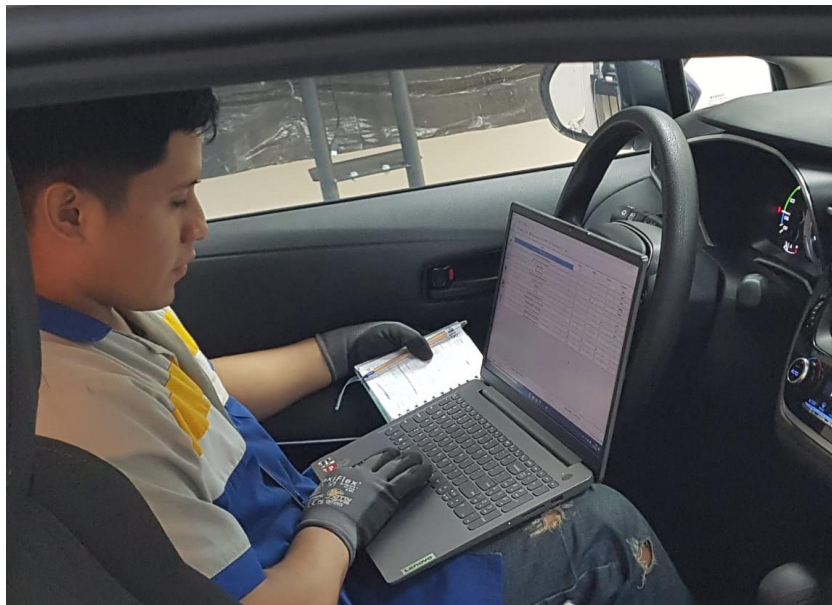
SAE PIDs Fuel PIDs

Escriba Search Here

- Absolute evap system vapor pressure
- Absolute load value
- Absolute throttle position
- Absolute throttle position B
- Absolute throttle position C
- Absolute throttle position G

Name	Module	Description	Units
SAE 0x9A	OBD2	Hybrid/EV Battery System Current	A
SAE 0x9A	OBD2	Hybrid/EV Battery System Voltage	V
SAE 0x5B	OBD2	Hybrid battery pack remaining life	%

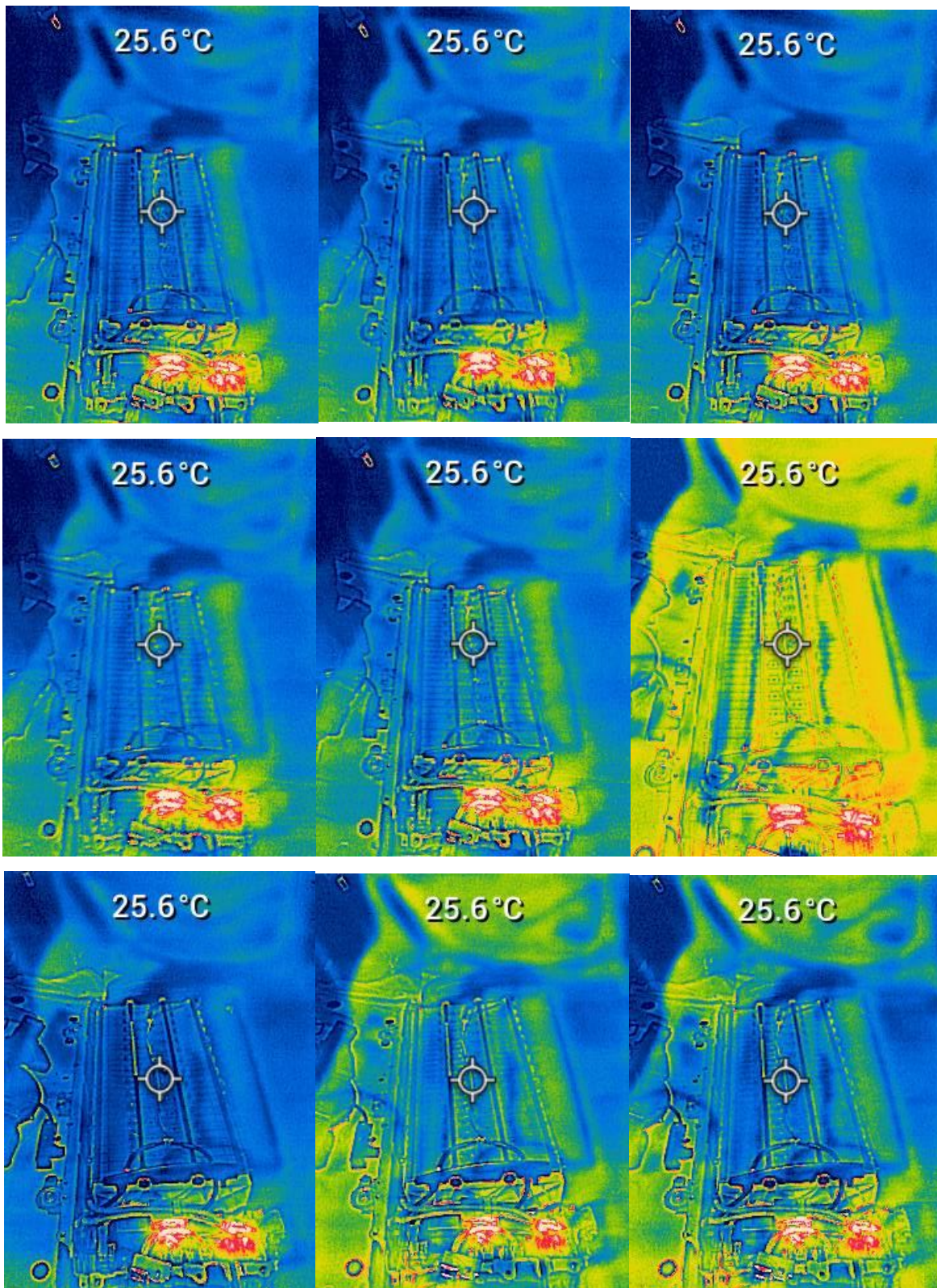
## Anexo 2. Desarrollo del Ensayo Termográfico





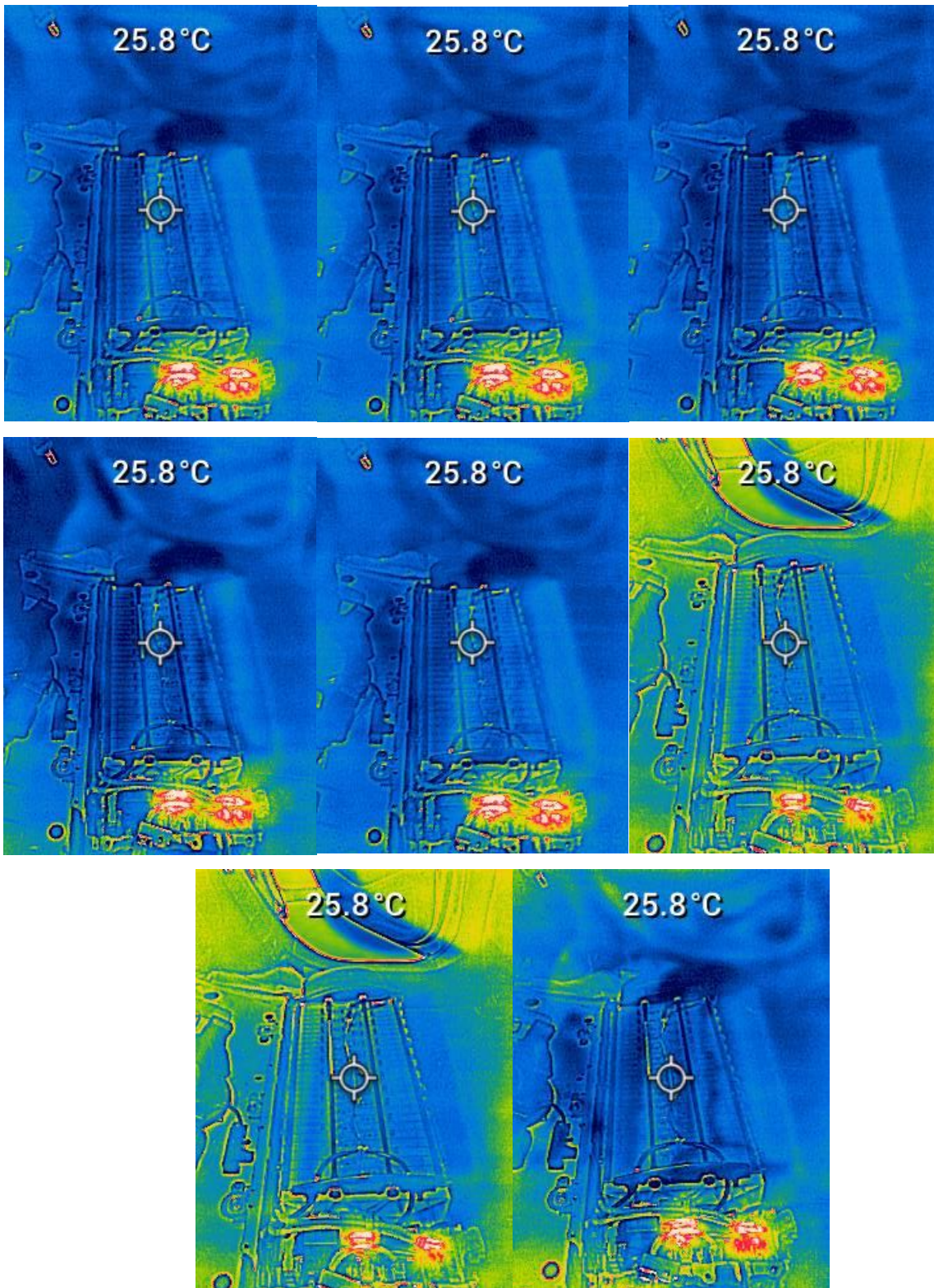
**Anexo 3. Firma Patrón**

- Firma patrón del ciclo de descarga.





- Firma patrón del ciclo de carga.



**Anexo 4. Datos de la Batería de Alto Voltaje de NiMH**

N°	Hybrid/ EV Battery System Current (A)	Hybrid/ EV Battery System Voltage (V)	Hybrid battery pack remain ing life (%)	Hybrid battery temper ature (C)	N°	Hybrid/ EV Battery System Current (A)	Hybrid/ EV Battery System Voltage (V)	Hybrid battery pack remaini ng life (%)	Hybrid battery temper ature (C)
1	5,4	228	46,7	25,2	202	6,3	210	40,8	24,8
2	5,4	227	46,7	26,5	203	6,3	209	40,8	24,8
3	5,9	226	46,7	23,5	204	6,3	209	40,8	23,1
4	5,9	225	46,3	24,6	205	6,8	209	40,4	22,3
5	5,9	225	46,3	24,7	206	6,3	209	40,4	21,9
6	6,4	224	46,3	25,3	207	6,3	208	40	23,1
7	6,4	224	46,3	24,6	208	6,3	208	40	24,7
8	6,4	223	45,9	24	209	7,3	207	40	23,8
9	6,4	223	45,9	25,5	210	-11,6	214	39,6	22,1
10	5,9	222	45,9	27,5	211	-13,1	216	40	23,8
11	6,9	222	45,5	26,8	212	-13,1	218	40	23,4
12	6,4	222	45,5	24,6	213	-13,1	219	40,4	24,5
13	6,4	222	45,5	25,5	214	-12,6	220	40,8	23,4
14	6,9	220	45,1	26	215	-12,6	220	40,8	24,5
15	5,9	221	45,1	25,7	216	-12,6	221	41,2	22,7
16	6,9	220	45,1	23,9	217	-13,6	222	41,6	24,7
17	6,4	220	44,7	24	218	-13,6	224	41,6	25,1
18	6,4	220	44,7	24	219	-13,6	224	42	25,1
19	6,9	219	44,3	24,9	220	-12,1	226	42,4	24,4
20	6,9	219	44,3	26	221	-12,6	227	42,4	22,5
21	6,9	217	44,3	26,7	222	-12,1	226	42,7	21
22	6,9	218	43,9	25,9	223	-13,1	227	43,1	23,6
23	6,4	218	43,9	26	224	-12,6	228	43,1	25,7
24	6,9	218	43,9	23,1	225	-12,6	229	43,5	25,5
25	6,9	217	43,5	25,9	226	-13,1	229	43,9	24,4
26	6,4	217	43,5	27,5	227	-12,6	229	43,9	23,6
27	6,4	215	43,5	25,5	228	-12,1	231	44,3	22,5
28	6,4	216	43,1	25,6	229	-12,1	231	44,7	24
29	6,9	215	43,1	25,6	230	-11,6	231	45,1	24,4
30	6,9	215	43,1	24,4	231	-11,6	232	45,5	25,4
31	6,4	215	42,7	23,9	232	-12,6	233	45,5	26,4
32	6,4	214	42,7	24,4	233	-12,1	232	45,9	24,3
33	6,9	214	42,4	24,4	234	-12,6	233	45,9	25,9
34	6,4	213	42,4	25,6	235	-12,1	233	46,3	24,7
35	6,9	214	42,4	24,1	236	-13,1	235	46,7	25,4
36	6,4	213	42	23,1	237	-9,7	234	47,1	25,7
37	6,9	213	42	25,6	238	5,4	228	46,7	24,8
38	6,9	211	42	25,6	239	5,4	228	46,7	26,8
39	6,9	212	41,6	26	240	5,4	228	46,7	25,4
40	6,9	211	41,6	24,2	241	5,4	226	46,7	25,9
41	6,9	210	41,2	25,9	242	5,9	225	46,3	24,8
42	6,9	210	41,2	26,4	243	5,9	225	46,3	23,3
43	7,4	211	41,2	26,4	244	5,9	224	46,3	23,7
44	7,4	210	40,8	25,3	245	6,4	224	45,9	24,8
45	6,9	209	40,8	23	246	5,9	223	45,9	25,2
46	6,4	209	40,4	24,9	247	6,4	223	45,9	23,5
47	7,4	209	40,4	25	248	5,9	223	45,9	25,2

48	7,4	209	40,4	25,3	249	5,9	223	45,5	25,4
49	7,4	207	40	25	250	5,9	222	45,5	25,6
50	6,9	207	40	26,4	251	5,9	221	45,5	24,9
51	-12,1	214	39,6	27,8	252	5,9	221	45,1	24,4
52	-15	215	40	25,6	253	6,4	222	45,1	24,9
53	-14,5	217	40	25,4	254	5,9	220	45,1	25
54	-14	218	40	24,9	255	5,4	220	44,7	24,7
55	-14	220	40,4	23,7	256	6,4	219	44,7	25,6
56	-14,5	222	40,8	24,6	257	6,4	220	44,7	26,2
57	-15	222	41,2	25,4	258	5,9	219	44,3	24,4
58	-15	223	41,6	25,8	259	6,4	220	44,3	22,7
59	-14	224	41,6	23,5	260	6,4	218	44,3	24,2
60	-14,5	226	42	25,4	261	6,4	218	43,9	22,7
61	-15	226	42,4	26,4	262	5,9	218	43,9	23,3
62	-13,5	228	42,7	24,6	263	5,9	218	43,9	23,4
63	-14,5	228	42,7	26,2	264	6,4	218	43,5	23,1
64	-14,5	229	43,1	25,8	265	6,4	217	43,5	23,9
65	-14,5	230	43,5	26,3	266	6,4	217	43,5	22,6
66	-14,5	231	43,9	25,8	267	6,4	216	43,1	23,3
67	-14,5	230	44,3	27,4	268	6,4	216	43,1	24,3
68	-14,5	232	44,3	26,1	269	5,9	215	43,1	24,2
69	-13,5	232	44,7	27,5	270	6,4	215	42,7	24,3
70	-14	233	45,1	26,9	271	5,9	214	42,7	24,1
71	-14	234	45,5	25,8	272	6,4	214	42,7	25,3
72	-14,5	233	45,9	24,9	273	6,4	213	42,4	24,1
73	-14,5	234	46,3	26,4	274	6,4	214	42,4	24,2
74	-14	234	46,3	25,8	275	6,4	214	42,4	23
75	-15	235	46,7	24,9	276	5,9	213	42	24,3
76	1,5	230	47,1	26,9	277	6,9	213	42	24,8
77	1,5	230	47,1	23,8	278	6,4	213	41,6	22,8
78	0,5	229	47,1	23,8	279	6,4	211	41,6	24,7
79	6,9	218	45,9	27,7	280	6,4	211	41,6	22,9
80	7,3	217	45,9	27,5	281	6,9	211	41,2	22,9
81	6,9	216	45,5	27,6	282	6,9	211	41,2	24,5
82	6,4	216	45,5	26	283	6,4	210	41,2	24,6
83	6,9	215	45,5	28,6	284	5,9	211	40,8	24,8
84	6,9	215	45,1	27,5	285	6,4	210	40,8	25,1
85	7,3	215	45,1	27,9	286	6,4	210	40,8	26
86	7,3	215	44,7	28,7	287	6,4	209	40,4	24
87	7,3	214	44,7	27,6	288	6,4	209	40,4	23,8
88	7,3	213	44,3	26,9	289	6,4	209	40	24
89	7,8	212	44,3	27,7	290	6,4	209	40	23,2
90	7,8	212	44,3	28,3	291	6,4	208	40	25,1
91	7,8	212	43,9	27,6	292	-19,4	216	39,6	23,4
92	7,3	211	43,9	29	293	-14	215	40	23,6
93	7,8	211	43,5	26,7	294	-16	217	40	22,7
94	7,8	211	43,5	26,5	295	-14,5	219	40,4	23,4
95	6,9	211	43,5	27,1	296	-14,5	221	40,8	24,2
96	7,3	210	43,1	25,7	297	-15	221	41,2	25,4
97	7,8	211	43,1	26,8	298	-14	223	41,2	25,6
98	7,3	210	42,7	27,3	299	-15	223	41,6	24
99	7,3	209	42,7	28,1	300	-14,5	225	42	23,9
100	7,3	209	42,4	27,8	301	-15	225	42,4	23,4
101	7,3	208	42,4	25,4	302	-15,5	226	42,4	24,6
102	7,3	208	42	27,3	303	-14	227	42,7	24,2

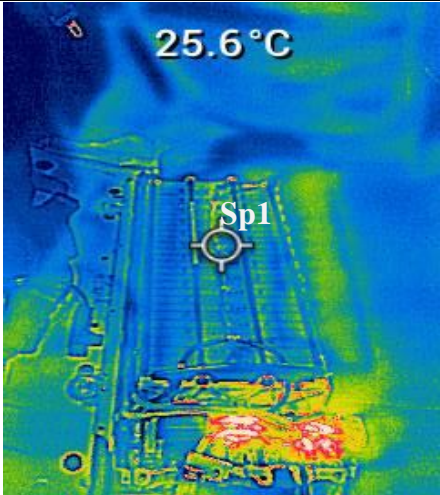
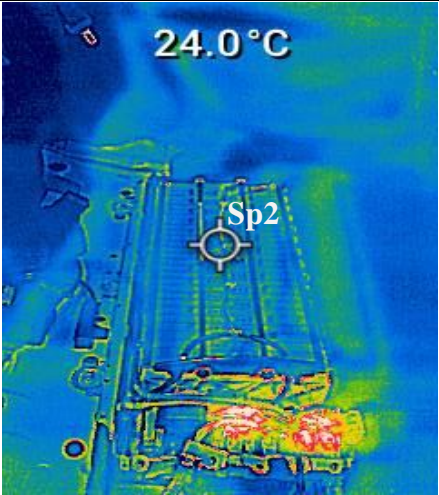
103	7,8	208	42	27,8	304	-14,5	229	43,1	24
104	7,3	209	41,6	26,9	305	-13,5	230	43,5	23,4
105	7,3	207	41,6	26,7	306	-15	231	43,5	23,1
106	7,3	208	41,2	27	307	-13,5	231	43,9	23,5
107	6,9	207	40,8	28,3	308	-14,5	232	44,3	23,6
108	7,3	206	40,4	28,8	309	-14,5	231	44,7	23,9
109	7,3	207	40	27,5	310	-14,5	233	45,1	24,2
110	13,2	205	39,2	26,6	311	-15,5	234	45,5	24,5
111	-2,8	210	38,8	25	312	-14	234	45,9	24,5
112	-3,8	209	38,4	26,8	313	-15	235	45,9	23,9
113	-1,8	210	38,4	26,6	314	-14,5	235	46,3	23,9
114	-2,8	210	38	26,5	315	-14,5	235	46,7	24,2
115	-4,8	211	37,6	27,6	316	2,5	230	47,1	24,5
116	-14,5	215	37,3	26,9	317	0,5	229	47,1	27,2
117	-18,5	217	37,6	28,1	318	3,9	230	46,7	26,7
118	-18	220	37,6	28,6	319	4,4	228	46,7	26,2
119	-18	220	37,6	28,3	320	4,4	229	46,7	25,7
120	-12,1	220	38	27,7	321	4,4	227	46,7	24,4
121	-13,6	221	38,4	26,8	322	4,9	228	46,3	25,5
122	-12,1	221	38,4	24,5	323	4,9	226	46,3	27,2
123	-13,6	222	38,8	25,8	324	5,4	225	46,3	23,7
124	-12,1	223	39,2	27	325	5,4	226	46,3	25,1
125	-12,6	223	39,2	27,5	326	5,9	226	45,9	24,9
126	-12,6	224	39,6	27,8	327	5,9	225	45,9	26,9
127	-12,1	226	40	26,9	328	5,4	224	45,9	25,3
128	-12,1	225	40,4	27,2	329	5,9	224	45,5	25,5
129	-13,1	227	40,4	28,5	330	5,9	223	45,5	26,4
130	-12,6	227	40,8	25,8	331	5,9	223	45,5	25,2
131	-11,6	228	41,2	26,7	332	5,9	223	45,5	25,3
132	-13,1	228	41,2	26,9	333	5,9	223	45,1	26,8
133	-12,6	229	41,6	26,2	334	5,9	223	45,1	25
134	-12,1	229	42	26,7	335	5,9	222	45,1	26,2
135	-11,6	230	42,4	27,4	336	6,4	221	45,1	25
136	-13,1	232	42,4	29	337	6,4	222	44,7	23,8
137	-12,6	231	42,7	30,5	338	5,4	220	44,7	23,7
138	-12,1	232	43,1	26,6	339	5,9	220	44,3	26,8
139	-12,1	232	43,1	26,9	340	6,4	220	44,3	28,1
140	-12,6	233	43,5	30,5	341	5,9	220	44,3	26
141	-12,6	234	43,9	27,7	342	5,9	220	43,9	25,6
142	-13,1	235	43,9	27,1	343	5,4	219	43,9	24,5
143	-13,1	234	44,3	28,1	344	5,9	220	43,9	26
144	-13,6	235	44,7	28,2	345	5,9	218	43,9	25
145	-13,1	236	45,1	26,9	346	6,4	219	43,5	24
146	-12,6	235	45,5	28,4	347	5,9	219	43,5	25,1
147	-12,1	237	45,9	27,7	348	5,9	218	43,5	23,4
148	-12,6	236	45,9	28,6	349	5,9	217	43,1	24
149	-12,1	236	46,3	26	350	5,9	217	43,1	25,7
150	-12,1	236	46,7	27,6	351	6,4	216	43,1	24,5
151	-12,6	238	46,7	26,5	352	5,9	216	42,7	23,7
152	1	234	47,1	25,5	353	5,4	217	42,7	26,5
153	1	232	47,1	27,7	354	6,4	217	42,7	24,9
154	1	232	47,1	29,2	355	5,9	216	42,4	23,4
155	5,4	229	46,7	26,9	356	5,9	215	42,4	22
156	4,9	227	46,7	26	357	5,9	216	42,4	24,5
157	4,9	226	46,7	27,1	358	6,4	214	42	25,4

---

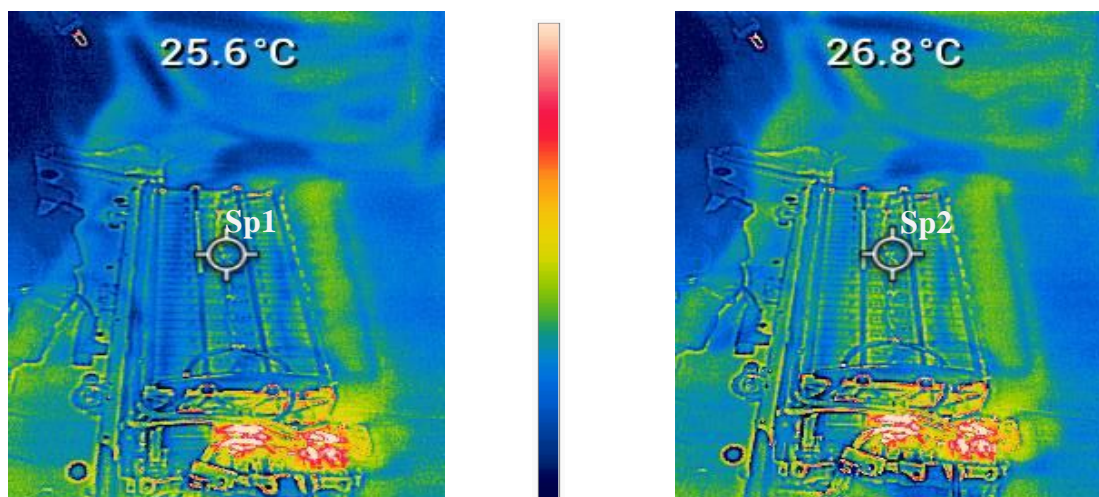
158	5,4	227	46,7	26,3	359	5,9	215	42	24,4
159	5,9	226	46,7	26,1	360	6,4	214	42	25
160	5,9	225	46,3	26,6	361	5,9	214	42	26,8
161	6,3	224	46,3	27,5	362	5,9	213	41,6	24,5
162	6,3	224	46,3	27,3	363	6,4	212	41,6	25,4
163	6,3	224	45,9	24,5	364	6,4	212	41,2	25,6
164	5,9	223	45,9	25,2	365	6,4	213	41,2	24,2
165	6,3	222	45,9	26,3	366	5,9	212	41,2	24,8
166	6,3	222	45,5	25,4	367	5,9	212	41,2	23,2
167	5,9	222	45,5	25,5	368	6,4	211	40,8	25,2
168	6,3	222	45,5	24,5	369	6,4	211	40,8	23,9
169	6,3	222	45,1	22,5	370	5,9	210	40,8	24,4
170	6,3	222	45,1	25,8	371	6,4	210	40,4	25,1
171	6,3	221	45,1	25,3	372	5,9	211	40,4	27,7
172	5,9	220	44,7	25,2	373	5,9	209	40	23,9
173	5,9	220	44,7	25,2	374	6,4	210	40	24,4
174	6,3	220	44,7	24,3	375	6,4	210	40	25,1
175	5,9	220	44,3	24	376	-11,6	214	39,6	27,5
176	6,3	219	44,3	25,4	377	-13,5	217	40	24,5
177	5,9	218	44,3	24,3	378	-13,5	219	40,4	24,4
178	5,9	219	43,9	23,9	379	-13,5	219	40,8	25
179	6,3	218	43,9	24,9	380	-15	222	40,8	26,1
180	6,3	218	43,9	24,5	381	-14,5	222	41,2	27,1
181	6,3	218	43,5	24,1	382	-14	223	41,6	25,2
182	5,9	216	43,5	24,5	383	-14	225	41,6	26,1
183	6,3	217	43,5	23,5	384	-13,1	225	42	24,8
184	6,3	216	43,1	22,5	385	-14,5	227	42,4	25,1
185	6,3	216	43,1	24,6	386	-14	228	42,4	24,4
186	5,9	215	43,1	25,5	387	-14	228	42,7	24,7
187	5,9	215	43,1	25	388	-12,6	229	43,1	25,1
188	6,3	214	42,7	25,6	389	-13,5	230	43,5	23,7
189	5,9	215	42,7	25,2	390	-13,1	230	43,5	23,5
190	5,9	214	42,4	25,3	391	-13,5	231	43,9	22,8
191	5,9	213	42,4	23,2	392	-14	231	44,3	23,5
192	6,3	213	42,4	22,5	393	-14	233	44,7	24,2
193	6,3	213	42	22,7	394	-13,1	232	45,1	25,8
194	6,3	212	42	23,3	395	-12,6	234	45,1	25,3
195	5,9	213	42	23,7	396	-13,1	233	45,5	25
196	5,9	212	41,6	23,4	397	-13,1	235	45,9	26,3
197	5,9	211	41,6	22,3	398	-12,6	234	46,3	24,2
198	5,9	211	41,6	23,1	399	-14	235	46,3	24,1
199	6,3	211	41,2	24,5	400	-13,1	235	46,7	24
200	5,9	211	41,2	23,8	401	1	231	47,1	26
201	5,9	210	41,2	23,5					

---

## Anexo 5. Reportes del Ensayo Termográfico

<b>Institución:</b>	Universidad Politécnica Salesiana	<b>Hoja:</b>	1 de 50																				
<b>Ubicación:</b>	Laboratorio Híbrido	<b>Fecha:</b>	29/06/2023																				
<b>Equipo y Elemento:</b>	Vehículo Híbrido – Batería de Alto Voltaje NiMH	<b>Paleta:</b>	Arcoíris																				
<b>Tipo de Inspección:</b>	Termografía Directa, Pasiva y Cualitativa	<b>Cámara IR:</b>	Flir TG297																				
<b>Firma Patrón</b>		<b>Firma térmica #8</b>																					
<b>Tamb / Hr:</b> 29°C/71%		<b>Tamb / Hr:</b> 28°C / 72%																					
																							
<b>Análisis Térmico</b>																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Clasificación de Falla</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>\Delta t</math> o/A</td> <td>1°C</td> </tr> <tr> <td><math>\Delta t</math> o/s</td> <td>1,6°C</td> </tr> <tr> <td>Condición</td> <td>Bueno</td> </tr> <tr> <td>Ciclo</td> <td>Descarga</td> </tr> </tbody> </table>		Clasificación de Falla		$\Delta t$ o/A	1°C	$\Delta t$ o/s	1,6°C	Condición	Bueno	Ciclo	Descarga	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Ítems</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Emisividad</td> <td>0,95</td> </tr> <tr> <td>Distancia</td> <td>&lt; 1m (0,80 cm)</td> </tr> <tr> <td>Sp1</td> <td>25,6°C</td> </tr> <tr> <td>Sp2</td> <td>24,0°C</td> </tr> </tbody> </table>		Ítems	Valor	Emisividad	0,95	Distancia	< 1m (0,80 cm)	Sp1	25,6°C	Sp2	24,0°C
Clasificación de Falla																							
$\Delta t$ o/A	1°C																						
$\Delta t$ o/s	1,6°C																						
Condición	Bueno																						
Ciclo	Descarga																						
Ítems	Valor																						
Emisividad	0,95																						
Distancia	< 1m (0,80 cm)																						
Sp1	25,6°C																						
Sp2	24,0°C																						
<p><b>Nota:</b> Una vez realizado la inspección por el método de termografía pasiva y directa, se observa firma térmica #62 obtenida en prueba 1 en el ciclo de descarga, se obtuvo una temperatura promedio de 24,0°C (Sp2) y es comparada con la temperatura promedio de la firma patrón de 25,6°C (Sp1), obteniendo un delta de temperatura de 1,6°C en la parte superior de la batería de alto voltaje. Además, se puede observar la tendencia térmica en cómo cambia a una escala de los colores más fría en firma térmica #8.</p>		<p>Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA,</p> <p>O/S: Temperatura Over Similar – O/A: Temperatura Over/Ambient</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Diferencial de temperatura</th> <th>Clasificación</th> <th>Condición</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1°C – 10°C O/A y <math>\Delta t &lt; 3^\circ\text{C}</math> O/S</td> <td>En buen estado</td> <td>Bueno</td> </tr> <tr> <td>11°C–20°C O/A y 3°C a 15°C O/S</td> <td>Probable deficiencia</td> <td>Aceptable</td> </tr> <tr> <td>21°C–40°C O/A y <math>&gt;15^\circ\text{C}</math> O/S</td> <td>Deficiencia</td> <td>Insatisfactoria</td> </tr> <tr> <td><math>&gt;40^\circ\text{C}</math> O/A y <math>&gt;15^\circ\text{C}</math> O/S</td> <td>Deficiencia mayor</td> <td>Peligrosa</td> </tr> </tbody> </table>		Diferencial de temperatura	Clasificación	Condición	1°C – 10°C O/A y $\Delta t < 3^\circ\text{C}$ O/S	En buen estado	Bueno	11°C–20°C O/A y 3°C a 15°C O/S	Probable deficiencia	Aceptable	21°C–40°C O/A y $>15^\circ\text{C}$ O/S	Deficiencia	Insatisfactoria	$>40^\circ\text{C}$ O/A y $>15^\circ\text{C}$ O/S	Deficiencia mayor	Peligrosa					
Diferencial de temperatura	Clasificación	Condición																					
1°C – 10°C O/A y $\Delta t < 3^\circ\text{C}$ O/S	En buen estado	Bueno																					
11°C–20°C O/A y 3°C a 15°C O/S	Probable deficiencia	Aceptable																					
21°C–40°C O/A y $>15^\circ\text{C}$ O/S	Deficiencia	Insatisfactoria																					
$>40^\circ\text{C}$ O/A y $>15^\circ\text{C}$ O/S	Deficiencia mayor	Peligrosa																					

<b>Institución:</b>	Universidad Politécnica Salesiana	<b>Hoja:</b>	2 de 50
<b>Ubicación:</b>	Laboratorio Híbrido	<b>Fecha:</b>	29/06/2023
<b>Equipo y Elemento:</b>	Vehículo Híbrido – Batería de Alto Voltaje NiMH	<b>Paleta:</b>	Arcoíris
<b>Tipo de Inspección:</b>	Termografía Directa, Pasiva y Cualitativa	<b>Cámara IR:</b>	Flir TG297
<b>Firma Patrón</b>		<b>Firma térmica #11</b>	
<b>Tamb / Hr:</b> 29°C/71%		<b>Tamb / Hr:</b> 28°C / 72%	



### Análisis Térmico

Clasificación de Falla	
$\Delta t$ o/A	1°C
$\Delta t$ o/s	1,2°C
Condición	Bueno
Ciclo	Descarga

Ítems	Valor
Emisividad	0,95
Distancia	< 1m (0,80 cm)
Sp1	25,6°C
Sp2	26,8°C

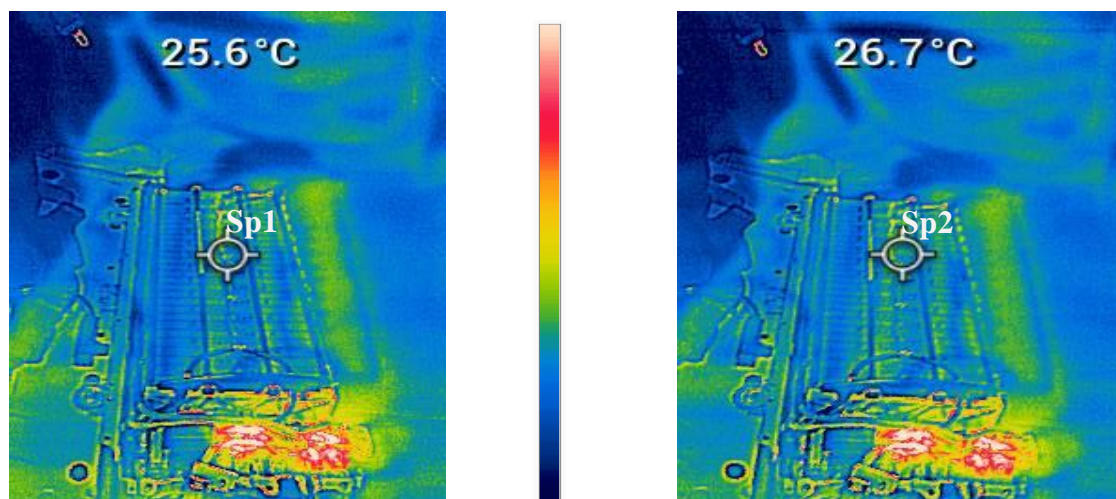
**Nota:** Una vez realizado la inspección por el método de termografía pasiva y directa, se observa firma térmica #11 obtenida en prueba 1 en el ciclo de descarga, se obtuvo una temperatura promedio de 26,8°C (Sp2) y es comparada con la temperatura promedio de la firma patrón de 25,6°C (Sp1), obteniendo un delta de temperatura de 1,2°C en la parte superior de la batería de alto voltaje. Además, se puede observar la tendencia térmica en cómo cambia a una escala de los colores aun poco más cálida y en más área del pack de batería en firma térmica #11.

Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA,

O/S: Temperatura Over Similar – O/A: Temperatura Over/Ambient

Diferencial de temperatura	Clasificación	Condición
1°C – 10°C O/A y $\leq$ 3°C O/S	En buen estado	Bueno
11°C–20°C O/A y 3°C a 15°C O/S	Probable deficiencia	Aceptable
21°C–40°C O/A y $>$ 15°C O/S	Deficiencia	Insatisfactoria
$>$ 40°C O/A y $>$ 15°C O/S	Deficiencia mayor	Peligrosa

<b>Institución:</b>	Universidad Politécnica Salesiana	<b>Hoja:</b>	3 de 50
<b>Ubicación:</b>	Laboratorio Híbrido	<b>Fecha:</b>	29/06/2023
<b>Equipo y Elemento:</b>	Vehículo Híbrido – Batería de Alto Voltaje NiMH	<b>Paleta:</b>	Arcoíris
<b>Tipo de Inspección:</b>	Termografía Directa, Pasiva y Cualitativa	<b>Cámara IR:</b>	Flir TG297
<b>Firma Patrón</b>		<b>Firma térmica #21</b>	
<b>Tamb / Hr:</b> 29°C/71%		<b>Tamb / Hr:</b> 28°C / 72%	



### Análisis Térmico

Clasificación de Falla	
$\Delta t$ o/A	1°C
$\Delta t$ o/s	1,1°C
Condición	Bueno
Ciclo	Descarga

Ítems	Valor
Emisividad	0,95
Distancia	< 1m (0,80 cm)
Sp1	25,6°C
Sp2	26,7°C

**Nota:** Una vez realizado la inspección por el método de termografía pasiva y directa, se observa firma térmica #21 obtenida en prueba 1 en el ciclo de descarga, se obtuvo una temperatura promedio de 26,7°C (Sp2) y es comparada con la temperatura promedio de la firma patrón de 25,6°C (Sp1), obteniendo un delta de temperatura de 1,1°C en la parte superior de la batería de alto voltaje. Además, se puede observar la tendencia térmica de ambas imágenes que comparte la misma escala de color.

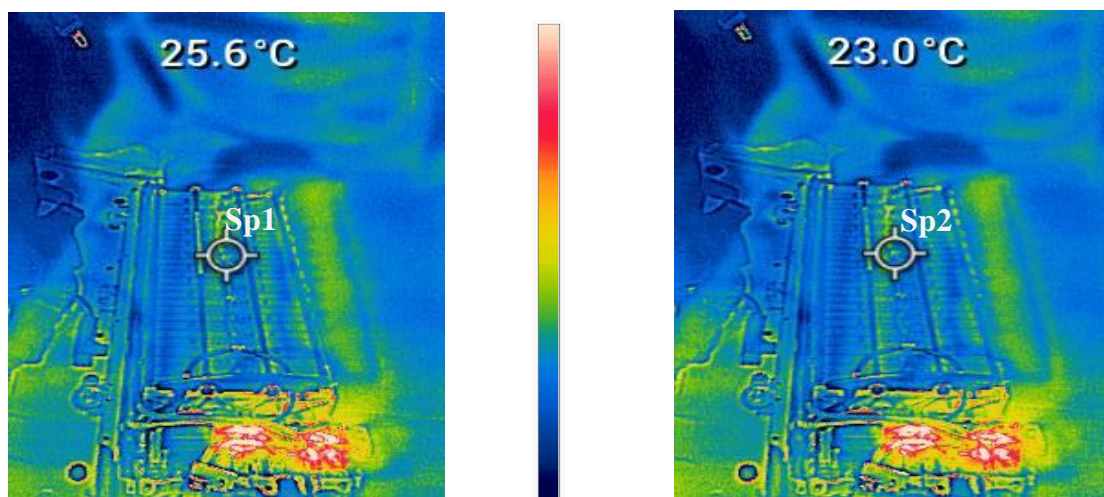
Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA,

O/S: Temperatura Over Similar – O/A: Temperatura Over/Ambient

Diferencial de temperatura	Clasificación	Condición
1°C – 10°C O/A y $\leq$ 3°C O/S	En buen estado	Bueno
11°C–20°C O/A y 3°C a 15°C O/S	Probable deficiencia	Aceptable
21°C–40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia	Insatisfactoria
>40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia mayor	Peligrosa

<b>Institución:</b>	Universidad Politécnica Salesiana	<b>Hoja:</b>	4 de 50
<b>Ubicación:</b>	Laboratorio Híbrido	<b>Fecha:</b>	29/06/2023
<b>Equipo y Elemento:</b>	Vehículo Híbrido – Batería de Alto Voltaje NiMH	<b>Paleta:</b>	Arcoíris
<b>Tipo de Inspección:</b>	Termografía Directa, Pasiva y Cualitativa	<b>Cámara IR:</b>	Flir TG297
<b>Firma Patrón</b>		<b>Firma térmica #45</b>	
Tamb / Hr: 29°C/71%		Tamb / Hr: 28°C / 72%	





### Análisis Térmico

Clasificación de Falla	
$\Delta t$ o/A	1°C
$\Delta t$ o/s	2,6°C
Condición	Bueno
Ciclo	Descarga

Ítems	Valor
Emisividad	0,95
Distancia	< 1m (0,80 cm)
Sp1	25,6°C
Sp2	23,0°C

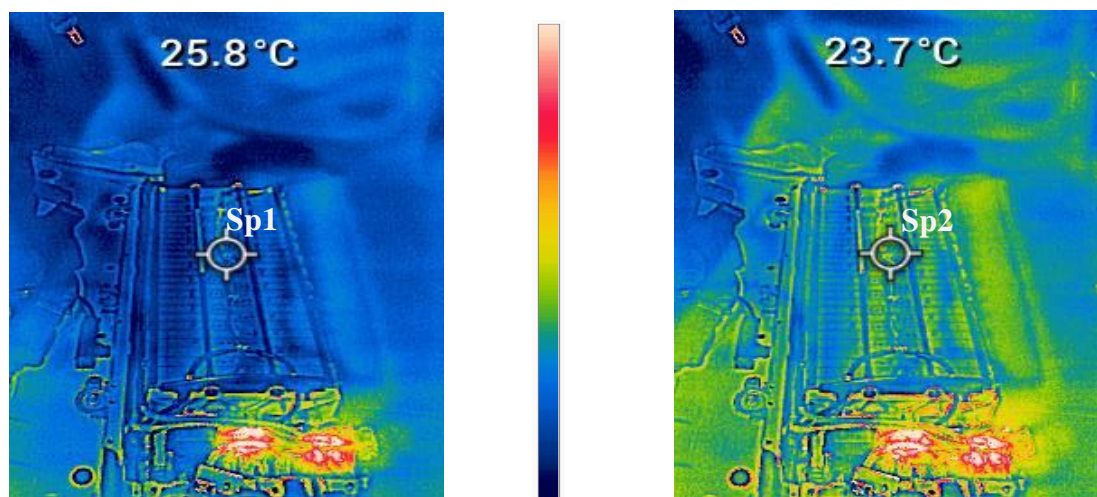
**Nota:** Una vez realizado la inspección por el método de termografía pasiva y directa, se observa firma térmica #45 obtenida en prueba 1 en el ciclo de carga, se obtuvo una temperatura promedio de 23,0°C (Sp2) y es comparada con la temperatura promedio de la firma patrón de 25,6°C (Sp1), obteniendo un delta de temperatura de 2,6°C en la parte superior de la batería de alto voltaje. Además, se puede observar la tendencia térmica de ambas imágenes que comparte la misma escala de color.

Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA,

O/S: Temperatura Over Similar – O/A: Temperatura Over/Ambient

Diferencial de temperatura	Clasificación	Condición
1°C – 10°C O/A y $\leq$ 3°C O/S	En buen estado	Bueno
11°C–20°C O/A y 3°C a 15°C O/S	Probable deficiencia	Aceptable
21°C–40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia	Insatisfactoria
>40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia mayor	Peligrosa

<b>Institución:</b>	Universidad Politécnica Salesiana	<b>Hoja:</b>	5 de 50
<b>Ubicación:</b>	Laboratorio Híbrido	<b>Fecha:</b>	29/06/2023
<b>Equipo y Elemento:</b>	Vehículo Híbrido – Batería de Alto Voltaje NiMH	<b>Paleta:</b>	Arcoíris
<b>Tipo de Inspección:</b>	Termografía Directa, Pasiva y Cualitativa	<b>Cámara IR:</b>	Flir TG297
<b>Firma Patrón</b>		<b>Firma térmica #55</b>	
<b>Tamb / Hr:</b> 29°C/71%		<b>Tamb / Hr:</b> 28°C / 72%	



### Análisis Térmico

Clasificación de Falla	
$\Delta t$ o/A	1°C
$\Delta t$ o/s	2,1°C
Condición	Bueno
Ciclo	Carga

Ítems	Valor
Emisividad	0,95
Distancia	< 1m (0,80 cm)
Sp1	25,8°C
Sp2	23,7°C

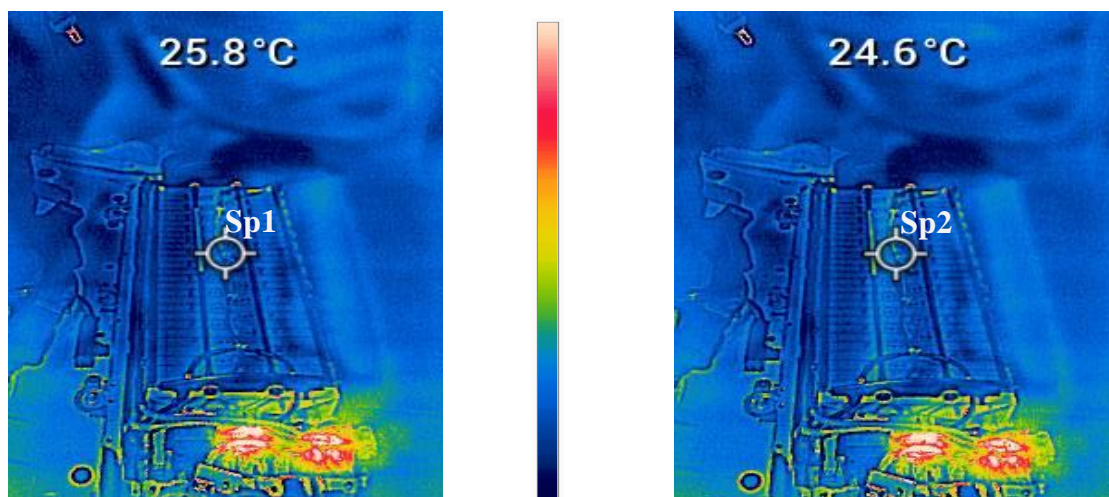
**Nota:** Una vez realizado la inspección por el método de termografía pasiva y directa, se observa firma térmica #55 obtenida en prueba 1 en el ciclo de carga, se obtuvo una temperatura promedio de 23,7°C (Sp2) y es comparada con la temperatura promedio de la firma patrón de 25,8°C (Sp1), obteniendo un delta de temperatura de 2,1°C en la parte superior de la batería de alto voltaje. Además, se puede observar la tendencia térmica en cómo cambia a una escala de los colores más cálida en el área del pack de batería en firma térmica #55.

Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA,

O/S: Temperatura Over Similar – O/A: Temperatura Over/Ambient

Diferencial de temperatura	Clasificación	Condición
1°C – 10°C O/A y $\leq$ 3°C O/S	En buen estado	Bueno
11°C–20°C O/A y 3°C a 15°C O/S	Probable deficiencia	Aceptable
21°C–40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia	Insatisfactoria
>40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia mayor	Peligrosa

<b>Institución:</b>	Universidad Politécnica Salesiana	<b>Hoja:</b>	7 de 50
<b>Ubicación:</b>	Laboratorio Híbrido	<b>Fecha:</b>	29/06/2023
<b>Equipo y Elemento:</b>	Vehículo Híbrido – Batería de Alto Voltaje NiMH	<b>Paleta:</b>	Arcoíris
<b>Tipo de Inspección:</b>	Termografía Directa, Pasiva y Cualitativa	<b>Cámara IR:</b>	Flir TG297
<b>Firma Patrón</b>		<b>Firma térmica #62</b>	
<b>Tamb / Hr:</b> 29°C/71%		<b>Tamb / Hr:</b> 28°C / 72%	



### Análisis Térmico

Clasificación de Falla	
$\Delta t$ o/A	1°C
$\Delta t$ o/s	1,2°C
Condición	Bueno
Ciclo	Carga

Ítems	Valor
Emisividad	0,95
Distancia	< 1m (0,80 cm)
Sp1	25,8°C
Sp2	24,6°C

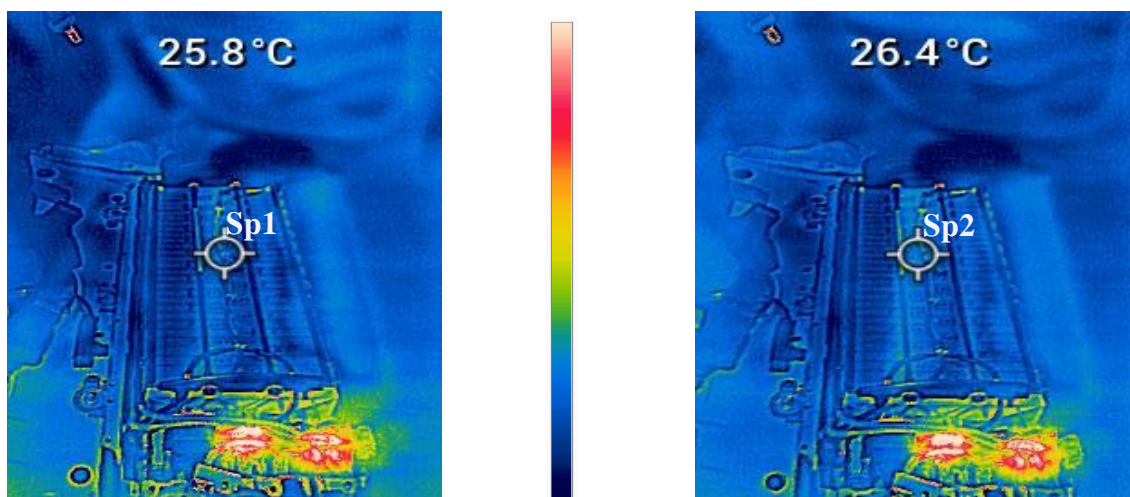
**Nota:** Una vez realizado la inspección por el método de termografía pasiva y directa, se observa firma térmica #62 obtenida en prueba 1 en el ciclo de carga, se obtuvo una temperatura promedio de 24,6°C (Sp2) y es comparada con la temperatura promedio de la firma patrón de 25,8°C (Sp1), obteniendo un delta de temperatura de 1,2°C en la parte superior de la batería de alto voltaje. Además, se puede observar la tendencia térmica de ambas imágenes que comparte la misma escala de color.

Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA,

O/S: Temperatura Over Similar – O/A: Temperatura Over/Ambient

Diferencial de temperatura	Clasificación	Condición
1°C – 10°C O/A y < 3°C O/S	En buen estado	Bueno
11°C–20°C O/A y 3°C a 15°C O/S	Probable deficiencia	Aceptable
21°C–40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia	Insatisfactoria
>40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia mayor	Peligrosa

<b>Institución:</b>	Universidad Politécnica Salesiana	<b>Hoja:</b>	8 de 50
<b>Ubicación:</b>	Laboratorio Híbrido	<b>Fecha:</b>	29/06/2023
<b>Equipo y Elemento:</b>	Vehículo Híbrido – Batería de Alto Voltaje NiMH	<b>Paleta:</b>	Arcoíris
<b>Tipo de Inspección:</b>	Termografía Directa, Pasiva y Cualitativa	<b>Cámara IR:</b>	Flir TG297
<b>Firma Patrón</b>		<b>Firma térmica #73</b>	
<b>Tamb / Hr:</b> 29°C/71%		<b>Tamb / Hr:</b> 28°C / 72%	



### Análisis Térmico

Clasificación de Falla	
$\Delta t$ o/A	1°C
$\Delta t$ o/s	0,8°C
Condición	Bueno
Ciclo	Carga

Ítems	Valor
Emisividad	0,95
Distancia	< 1m (0,80 cm)
Sp1	25,8°C
Sp2	26,4°C

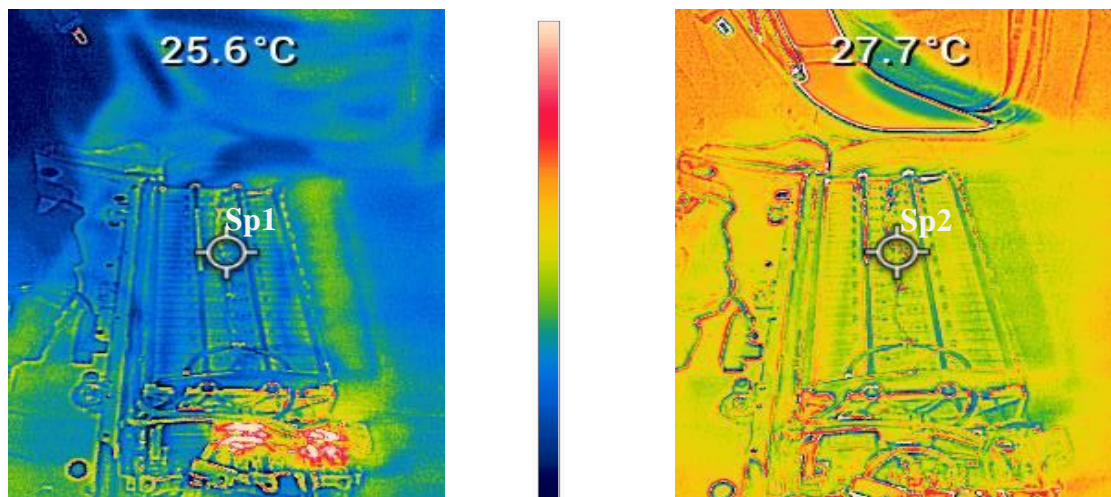
**Nota:** Una vez realizado la inspección por el método de termografía pasiva y directa, se observa firma térmica #73 obtenida en prueba 1 en el ciclo de carga, se obtuvo una temperatura promedio de 26,4°C (Sp2) y es comparada con la temperatura promedio de la firma patrón de 25,8°C (Sp1), obteniendo un delta de temperatura de 0,8°C en la parte superior de la batería de alto voltaje. Además, se puede observar la tendencia térmica de ambas imágenes que comparte la misma escala de color.

Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA,

O/S: Temperatura Over Similar – O/A: Temperatura Over/Ambient

Diferencial de temperatura	Clasificación	Condición
1°C – 10°C O/A y < 3°C O/S	En buen estado	Bueno
11°C–20°C O/A y 3°C a 15°C O/S	Probable deficiencia	Aceptable
21°C–40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia	Insatisfactoria
>40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia mayor	Peligrosa

<b>Institución:</b>	Universidad Politécnica Salesiana	<b>Hoja:</b>	9 de 50
<b>Ubicación:</b>	Laboratorio Híbrido	<b>Fecha:</b>	30/06/2023
<b>Equipo y Elemento:</b>	Vehículo Híbrido – Batería de Alto Voltaje NiMH	<b>Paleta:</b>	Arcoíris
<b>Tipo de Inspección:</b>	Termografía Directa, Pasiva y Cualitativa	<b>Cámara IR:</b>	Flir TG297
<b>Firma Patrón</b>		<b>Firma térmica #79</b>	
<b>Tamb / Hr:</b> 29°C/71%		<b>Tamb / Hr:</b> 32°C / 57%	



### Análisis Térmico

Clasificación de Falla	
$\Delta t$ o/A	3°C
$\Delta t$ o/s	2,1°C
Condición	Bueno
Ciclo	Descarga

Ítems	Valor
Emisividad	0,95
Distancia	< 1m (0,80 cm)
Sp1	25,6°C
Sp2	27,7°C

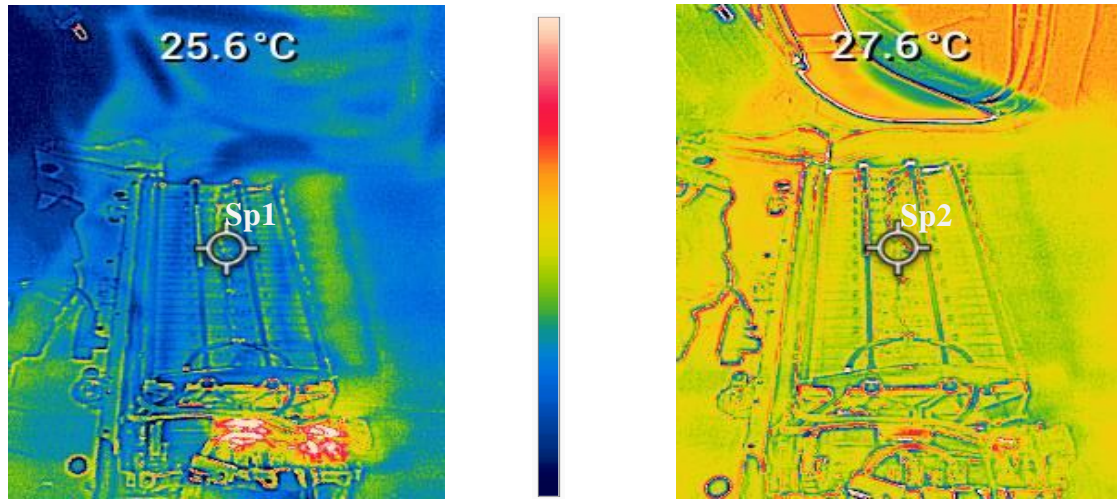
**Nota:** Una vez realizado la inspección por el método de termografía pasiva y directa, se observa firma térmica #79 obtenida en prueba 2 en el ciclo de descarga, se obtuvo una temperatura promedio de 27,7°C (Sp2) y es comparada con la temperatura promedio de la firma patrón de 25,6°C (Sp1), obteniendo un delta de temperatura de 2,1°C en la parte superior de la batería de alto voltaje. Además, se puede observar la tendencia térmica en cómo cambia a una escala de los colores más cálido en firma térmica #79.

Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA,

O/S: Temperatura Over Similar – O/A: Temperatura Over/Ambient

Diferencial de temperatura	Clasificación	Condición
1°C – 10°C O/A y < 3°C O/S	En buen estado	Bueno
11°C–20°C O/A y 3°C a 15°C O/S	Probable deficiencia	Aceptable
21°C–40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia	Insatisfactoria
>40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia mayor	Peligrosa

<b>Institución:</b>	Universidad Politécnica Salesiana	<b>Hoja:</b>	11 de 50
<b>Ubicación:</b>	Laboratorio Híbrido	<b>Fecha:</b>	30/06/2023
<b>Equipo y Elemento:</b>	Vehículo Híbrido – Batería de Alto Voltaje NiMH	<b>Paleta:</b>	Arcoíris
<b>Tipo de Inspección:</b>	Termografía Directa, Pasiva y Cualitativa	<b>Cámara IR:</b>	Flir TG297
<b>Firma Patrón</b>		<b>Firma térmica #91</b>	
<b>Tamb / Hr:</b> 29°C/71%		<b>Tamb / Hr:</b> 32°C / 57%	



**Análisis Térmico**

Clasificación de Falla	
$\Delta t$ o/A	3°C
$\Delta t$ o/s	2°C
Condición	Bueno
Ciclo	Descarga

Ítems	Valor
Emisividad	0,95
Distancia	< 1m (0,80 cm)
Sp1	25,6°C
Sp2	27,6°C

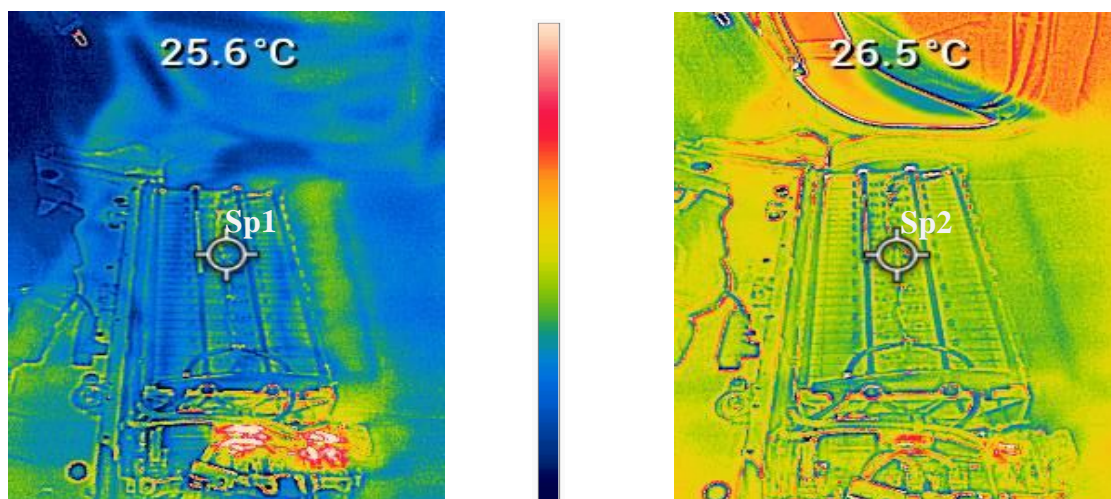
**Nota:** Una vez realizado la inspección por el método de termografía pasiva y directa, se observa firma térmica #91 obtenida en prueba 2 en el ciclo de descarga, se obtuvo una temperatura promedio de 27,6°C (Sp2) y es comparada con la temperatura promedio de la firma patrón de 25,6°C (Sp1), obteniendo un delta de temperatura de 2°C en la parte superior de la batería de alto voltaje. Además, se puede observar la tendencia térmica en cómo cambia a una escala de los colores más cálido en firma térmica #91.

Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA,

O/S: Temperatura Over Similar – O/A: Temperatura Over/Ambient

Diferencial de temperatura	Clasificación	Condición
1°C – 10°C O/A y $\leq$ 3°C O/S	En buen estado	Bueno
11°C–20°C O/A y 3°C a 15°C O/S	Probable deficiencia	Aceptable
21°C–40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia	Insatisfactoria
>40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia mayor	Peligrosa

<b>Institución:</b>	Universidad Politécnica Salesiana	<b>Hoja:</b>	12 de 50
<b>Ubicación:</b>	Laboratorio Híbrido	<b>Fecha:</b>	30/06/2023
<b>Equipo y Elemento:</b>	Vehículo Híbrido – Batería de Alto Voltaje NiMH	<b>Paleta:</b>	Arcoíris
<b>Tipo de Inspección:</b>	Termografía Directa, Pasiva y Cualitativa	<b>Cámara IR:</b>	Flir TG297
<b>Firma Patrón</b>		<b>Firma térmica #94</b>	
<b>Tamb / Hr:</b> 29°C/71%		<b>Tamb / Hr:</b> 32°C / 57%	



### Análisis Térmico

Clasificación de Falla	
$\Delta t$ o/A	3°C
$\Delta t$ o/s	0,9°C
Condición	Bueno
Ciclo	Descarga

Ítems	Valor
Emisividad	0,95
Distancia	< 1m (0,80 cm)
Sp1	25,6°C
Sp2	26,5°C

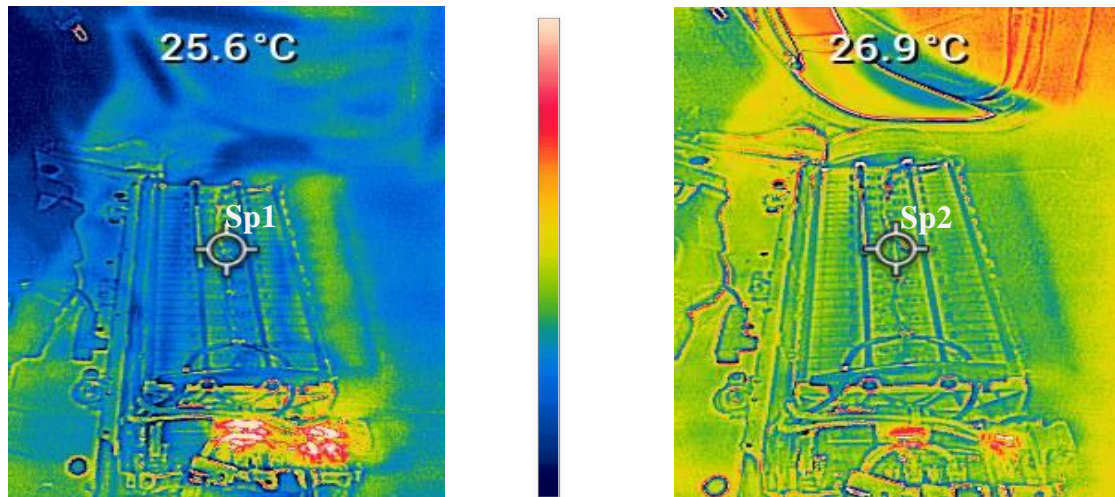
**Nota:** Una vez realizado la inspección por el método de termografía pasiva y directa, se observa firma térmica #94 obtenida en prueba 2 en el ciclo de descarga, se obtuvo una temperatura promedio de 26,5°C (Sp2) y es comparada con la temperatura promedio de la firma patrón de 25,6°C (Sp1), obteniendo un delta de temperatura de 0,9°C en la parte superior de la batería de alto voltaje. Además, se puede observar la tendencia térmica en cómo cambia a una escala de los colores más cálido en firma térmica #94.

Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA,

O/S: Temperatura Over Similar – O/A: Temperatura Over/Ambient

Diferencial de temperatura	Clasificación	Condición
1°C – 10°C O/A y < 3°C O/S	En buen estado	Bueno
11°C–20°C O/A y 3°C a 15°C O/S	Probable deficiencia	Aceptable
21°C–40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia	Insatisfactoria
>40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia mayor	Peligrosa

<b>Institución:</b>	Universidad Politécnica Salesiana	<b>Hoja:</b>	13 de 50
<b>Ubicación:</b>	Laboratorio Híbrido	<b>Fecha:</b>	30/06/2023
<b>Equipo y Elemento:</b>	Vehículo Híbrido – Batería de Alto Voltaje NiMH	<b>Paleta:</b>	Arcoíris
<b>Tipo de Inspección:</b>	Termografía Directa, Pasiva y Cualitativa	<b>Cámara IR:</b>	Flir TG297
<b>Firma Patrón</b>		<b>Firma térmica #104</b>	
Tamb / Hr: 29°C/71%		Tamb / Hr: 32°C / 57%	



### Análisis Térmico

Clasificación de Falla	
$\Delta t$ o/A	3°C
$\Delta t$ o/s	1,3°C
Condición	Bueno
Ciclo	Descarga

Ítems	Valor
Emisividad	0,95
Distancia	< 1m (0,80 cm)
Sp1	25,6°C
Sp2	26,9°C

**Nota:** Una vez realizado la inspección por el método de termografía pasiva y directa, se observa firma térmica #104 obtenida en prueba 2 en el ciclo de descarga, se obtuvo una temperatura promedio de 26,9°C (Sp2) y es comparada con la temperatura promedio de la firma patrón de 25,6°C (Sp1), obteniendo un delta de temperatura de 1,3°C en la parte superior de la batería de alto voltaje. Además, se puede observar la tendencia térmica en cómo cambia a una escala de los colores más cálido en firma térmica #104.

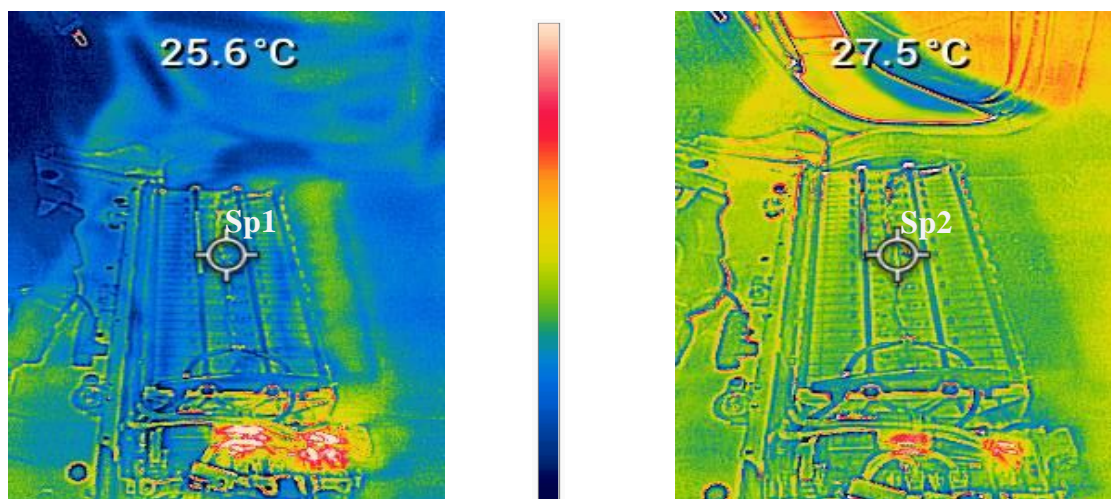
Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA,

O/S: Temperatura Over Similar – O/A: Temperatura Over/Ambient

Diferencial de temperatura	Clasificación	Condición
1°C – 10°C O/A y < 3°C O/S	En buen estado	Bueno
11°C–20°C O/A y 3°C a 15°C O/S	Probable deficiencia	Aceptable
21°C–40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia	Insatisfactoria
>40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia mayor	Peligrosa

<b>Institución:</b>	Universidad Politécnica Salesiana	<b>Hoja:</b>	14 de 50
<b>Ubicación:</b>	Laboratorio Híbrido	<b>Fecha:</b>	30/06/2023
<b>Equipo y Elemento:</b>	Vehículo Híbrido – Batería de Alto Voltaje NiMH	<b>Paleta:</b>	Arcoíris
<b>Tipo de Inspección:</b>	Termografía Directa, Pasiva y Cualitativa	<b>Cámara IR:</b>	Flir TG297
<b>Firma Patrón</b>		<b>Firma térmica #109</b>	
Tamb / Hr: 29°C/71%		Tamb / Hr: 32°C / 57%	





### Análisis Térmico

Clasificación de Falla	
$\Delta t$ o/A	3°C
$\Delta t$ o/s	1,9°C
Condición	Bueno
Ciclo	Descarga

Ítems	Valor
Emisividad	0,95
Distancia	< 1m (0,80 cm)
Sp1	25,6°C
Sp2	27,5°C

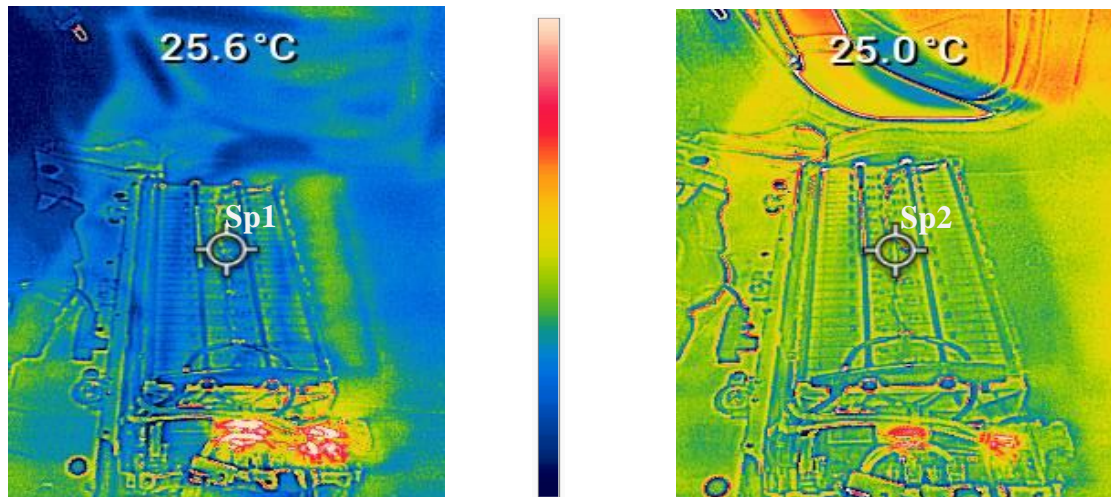
**Nota:** Una vez realizado la inspección por el método de termografía pasiva y directa, se observa firma térmica #109 obtenida en prueba 2 en el ciclo de descarga, se obtuvo una temperatura promedio de 27,5°C (Sp2) y es comparada con la temperatura promedio de la firma patrón de 25,6°C (Sp1), obteniendo un delta de temperatura de 1,9°C en la parte superior de la batería de alto voltaje. Además, se puede observar la tendencia térmica en cómo cambia a una escala de los colores más cálido en firma térmica #109.

Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA,

O/S: Temperatura Over Similar – O/A: Temperatura Over/Ambient

Diferencial de temperatura	Clasificación	Condición
1°C – 10°C O/A y < 3°C O/S	En buen estado	Bueno
11°C–20°C O/A y 3°C a 15°C O/S	Probable deficiencia	Aceptable
21°C–40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia	Insatisfactoria
>40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia mayor	Peligrosa

<b>Institución:</b>	Universidad Politécnica Salesiana	<b>Hoja:</b>	15 de 50
<b>Ubicación:</b>	Laboratorio Híbrido	<b>Fecha:</b>	30/06/2023
<b>Equipo y Elemento:</b>	Vehículo Híbrido – Batería de Alto Voltaje NiMH	<b>Paleta:</b>	Arcoíris
<b>Tipo de Inspección:</b>	Termografía Directa, Pasiva y Cualitativa	<b>Cámara IR:</b>	Flir TG297
<b>Firma Patrón</b>		<b>Firma térmica #111</b>	
<b>Tamb / Hr:</b> 29°C/71%		<b>Tamb / Hr:</b> 32°C / 57%	



### Análisis Térmico

Clasificación de Falla	
$\Delta t$ o/A	3°C
$\Delta t$ o/s	0,6°C
Condición	Bueno
Ciclo	Descarga

Ítems	Valor
Emisividad	0,95
Distancia	< 1m (0,80 cm)
Sp1	25,6°C
Sp2	25,0°C

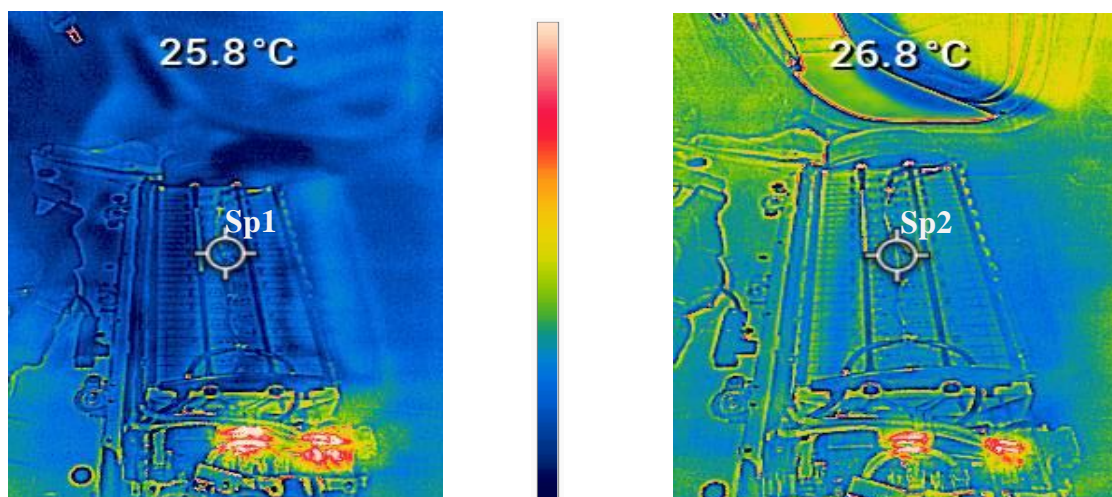
**Nota:** Una vez realizado la inspección por el método de termografía pasiva y directa, se observa firma térmica #111 obtenida en prueba 2 en el ciclo de descarga, se obtuvo una temperatura promedio de 25,0°C (Sp2) y es comparada con la temperatura promedio de la firma patrón de 25,6°C (Sp1), obteniendo un delta de temperatura de 0,6°C en la parte superior de la batería de alto voltaje. Además, se puede observar la tendencia térmica en cómo cambia a una escala de los colores más cálido en firma térmica #111.

Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA,

O/S: Temperatura Over Similar – O/A: Temperatura Over/Ambient

Diferencial de temperatura	Clasificación	Condición
1°C – 10°C O/A y < 3°C O/S	En buen estado	Bueno
11°C–20°C O/A y 3°C a 15°C O/S	Probable deficiencia	Aceptable
21°C–40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia	Insatisfactoria
>40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia mayor	Peligrosa

<b>Institución:</b>	Universidad Politécnica Salesiana	<b>Hoja:</b>	16 de 50
<b>Ubicación:</b>	Laboratorio Híbrido	<b>Fecha:</b>	30/06/2023
<b>Equipo y Elemento:</b>	Vehículo Híbrido – Batería de Alto Voltaje NiMH	<b>Paleta:</b>	Arcoíris
<b>Tipo de Inspección:</b>	Termografía Directa, Pasiva y Cualitativa	<b>Cámara IR:</b>	Flir TG297
<b>Firma Patrón</b>		<b>Firma térmica #121</b>	
<b>Tamb / Hr:</b> 29°C/71%		<b>Tamb / Hr:</b> 32°C / 57%	



### Análisis Térmico

Clasificación de Falla	
$\Delta t$ o/A	3°C
$\Delta t$ o/s	1°C
Condición	Bueno
Ciclo	Carga

Ítems	Valor
Emisividad	0,95
Distancia	< 1m (0,80 cm)
Sp1	25,8°C
Sp2	26,8°C

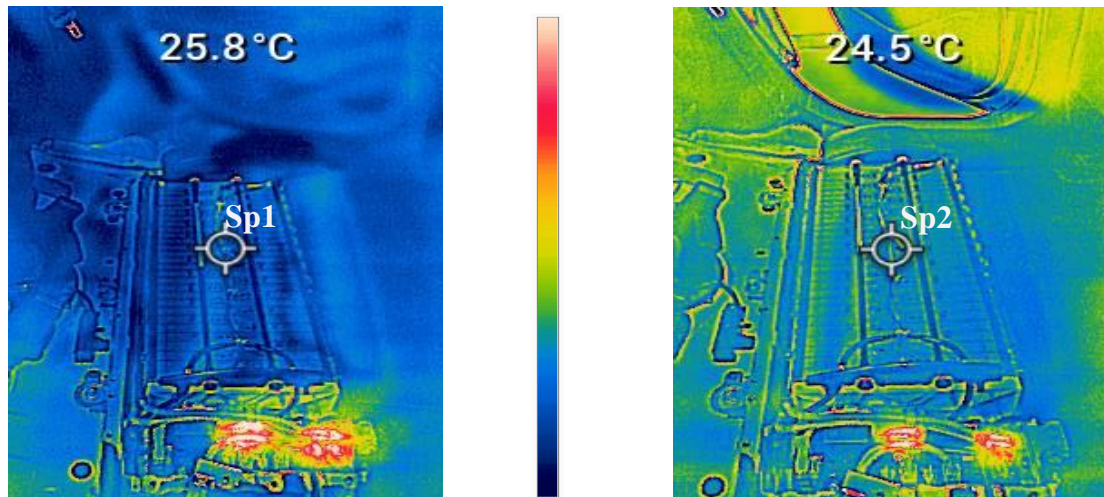
**Nota:** Una vez realizado la inspección por el método de termografía pasiva y directa, se observa firma térmica #121 obtenida en prueba 2 en el ciclo de carga, se obtuvo una temperatura promedio de 26,8°C (Sp2) y es comparada con la temperatura promedio de la firma patrón de 25,8°C (Sp1), obteniendo un delta de temperatura de 1°C en la parte superior de la batería de alto voltaje. Además, se puede observar la tendencia térmica en cómo cambia a una escala de color ligeramente más cálido en firma térmica #121.

Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA,

O/S: Temperatura Over Similar – O/A: Temperatura Over/Ambient

Diferencial de temperatura	Clasificación	Condición
1°C – 10°C O/A y < 3°C O/S	En buen estado	Bueno
11°C–20°C O/A y 3°C a 15°C O/S	Probable deficiencia	Aceptable
21°C–40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia	Insatisfactoria
>40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia mayor	Peligrosa

<b>Institución:</b>	Universidad Politécnica Salesiana	<b>Hoja:</b>	17 de 50
<b>Ubicación:</b>	Laboratorio Híbrido	<b>Fecha:</b>	30/06/2023
<b>Equipo y Elemento:</b>	Vehículo Híbrido – Batería de Alto Voltaje NiMH	<b>Paleta:</b>	Arcoíris
<b>Tipo de Inspección:</b>	Termografía Directa, Pasiva y Cualitativa	<b>Cámara IR:</b>	Flir TG297
<b>Firma Patrón</b>		<b>Firma térmica #122</b>	
<b>Tamb / Hr:</b> 29°C/71%		<b>Tamb / Hr:</b> 32°C / 57%	



### Análisis Térmico

Clasificación de Falla	
$\Delta t$ o/A	3°C
$\Delta t$ o/s	1,3°C
Condición	Bueno
Ciclo	Carga

Ítems	Valor
Emisividad	0,95
Distancia	< 1m (0,80 cm)
Sp1	25,8°C
Sp2	24,5°C

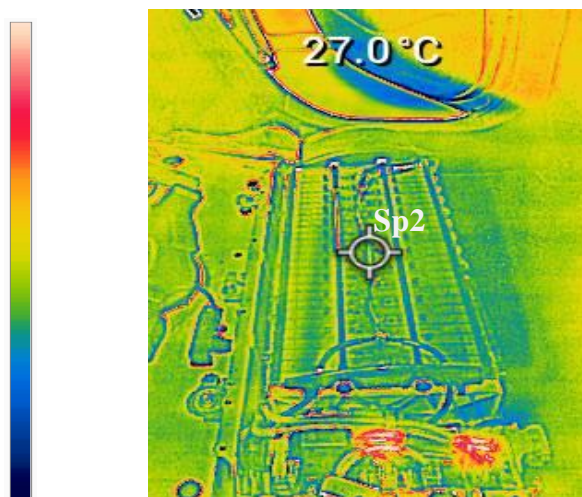
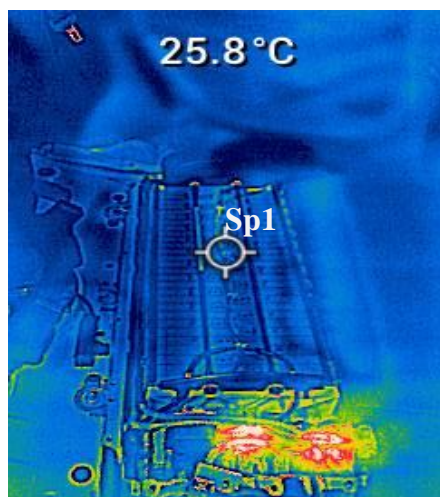
**Nota:** Una vez realizado la inspección por el método de termografía pasiva y directa, se observa firma térmica #122 obtenida en prueba 2 en el ciclo de carga, se obtuvo una temperatura promedio de 24,5°C (Sp2) y es comparada con la temperatura promedio de la firma patrón de 25,8°C (Sp1), obteniendo un delta de temperatura de 1,3°C en la parte superior de la batería de alto voltaje. Además, se puede observar la tendencia térmica en cómo cambia a una escala de color ligeramente más cálido en firma térmica #122.

Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA,

O/S: Temperatura Over Similar – O/A: Temperatura Over/Ambient

Diferencial de temperatura	Clasificación	Condición
1°C – 10°C O/A y < 3°C O/S	En buen estado	Bueno
11°C–20°C O/A y 3°C a 15°C O/S	Probable deficiencia	Aceptable
21°C–40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia	Insatisfactoria
>40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia mayor	Peligrosa

<b>Institución:</b>	Universidad Politécnica Salesiana	<b>Hoja:</b>	18 de 50
<b>Ubicación:</b>	Laboratorio Híbrido	<b>Fecha:</b>	30/06/2023
<b>Equipo y Elemento:</b>	Vehículo Híbrido – Batería de Alto Voltaje NiMH	<b>Paleta:</b>	Arcoíris
<b>Tipo de Inspección:</b>	Termografía Directa, Pasiva y Cualitativa	<b>Cámara IR:</b>	Flir TG297
<b>Firma Patrón</b>		<b>Firma térmica #124</b>	
<b>Tamb / Hr:</b> 29°C/71%		<b>Tamb / Hr:</b> 32°C / 57%	



### Análisis Térmico

Clasificación de Falla	
$\Delta t$ o/A	3°C
$\Delta t$ o/s	1,2°C
Condición	Bueno
Ciclo	Carga

Ítems	Valor
Emisividad	0,95
Distancia	< 1m (0,80 cm)
Sp1	25,8°C
Sp2	27,0°C

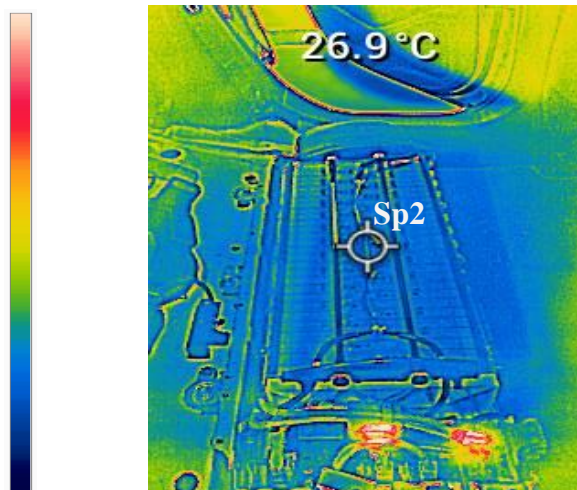
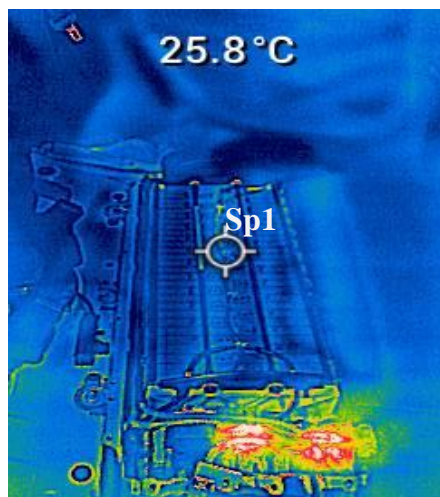
**Nota:** Una vez realizado la inspección por el método de termografía pasiva y directa, se observa firma térmica #124 obtenida en prueba 2 en el ciclo de carga, se obtuvo una temperatura promedio de 27,0°C (Sp2) y es comparada con la temperatura promedio de la firma patrón de 25,8°C (Sp1), obteniendo un delta de temperatura de 1,2°C en la parte superior de la batería de alto voltaje. Además, se puede observar la tendencia térmica en cómo cambia a una escala de color más cálido en firma térmica #124.

Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA,

O/S: Temperatura Over Similar – O/A: Temperatura Over/Ambient

Diferencial de temperatura	Clasificación	Condición
1°C – 10°C O/A y < 3°C O/S	En buen estado	Bueno
11°C–20°C O/A y 3°C a 15°C O/S	Probable deficiencia	Aceptable
21°C–40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia	Insatisfactoria
>40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia mayor	Peligrosa

<b>Institución:</b>	Universidad Politécnica Salesiana	<b>Hoja:</b>	19 de 50
<b>Ubicación:</b>	Laboratorio Híbrido	<b>Fecha:</b>	30/06/2023
<b>Equipo y Elemento:</b>	Vehículo Híbrido – Batería de Alto Voltaje NiMH	<b>Paleta:</b>	Arcoíris
<b>Tipo de Inspección:</b>	Termografía Directa, Pasiva y Cualitativa	<b>Cámara IR:</b>	Flir TG297
<b>Firma Patrón</b>		<b>Firma térmica #127</b>	
<b>Tamb / Hr:</b> 29°C/71%		<b>Tamb / Hr:</b> 32°C / 57%	



### Análisis Térmico

Clasificación de Falla	
$\Delta t$ o/A	3°C
$\Delta t$ o/s	1,1°C
Condición	Bueno
Ciclo	Carga

Ítems	Valor
Emisividad	0,95
Distancia	< 1m (0,80 cm)
Sp1	25,8°C
Sp2	26,9°C

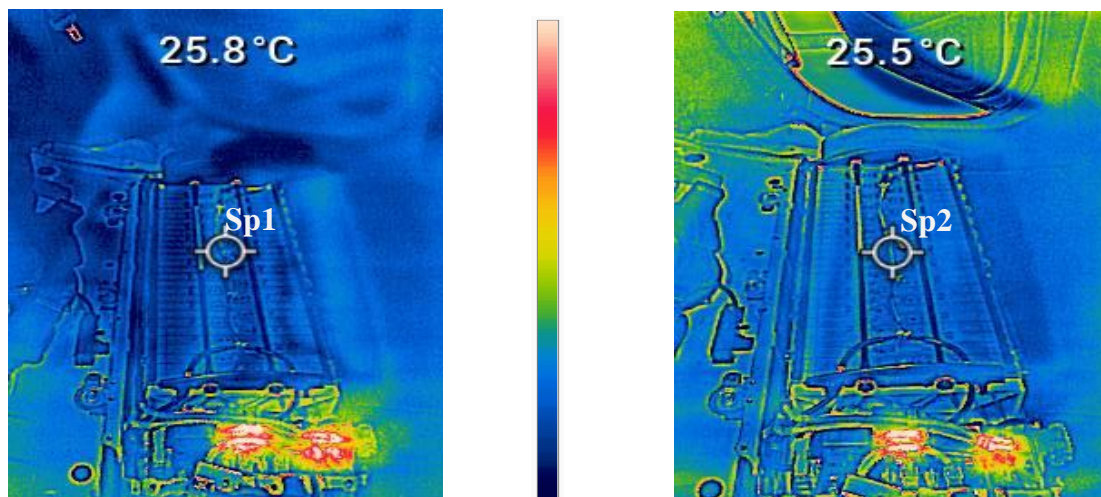
**Nota:** Una vez realizado la inspección por el método de termografía pasiva y directa, se observa firma térmica #127 obtenida en prueba 2 en el ciclo de carga, se obtuvo una temperatura promedio de 26,9°C (Sp2) y es comparada con la temperatura promedio de la firma patrón de 25,8°C (Sp1), obteniendo un delta de temperatura de 1,1°C en la parte superior de la batería de alto voltaje. Además, se puede observar la tendencia térmica en cómo cambia a una escala de color ligeramente más cálido en firma térmica #127.

Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA,

O/S: Temperatura Over Similar – O/A: Temperatura Over/Ambient

Diferencial de temperatura	Clasificación	Condición
1°C – 10°C O/A y < 3°C O/S	En buen estado	Bueno
11°C–20°C O/A y 3°C a 15°C O/S	Probable deficiencia	Aceptable
21°C–40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia	Insatisfactoria
>40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia mayor	Peligrosa

<b>Institución:</b>	Universidad Politécnica Salesiana	<b>Hoja:</b>	20 de 50
<b>Ubicación:</b>	Laboratorio Híbrido	<b>Fecha:</b>	30/06/2023
<b>Equipo y Elemento:</b>	Vehículo Híbrido – Batería de Alto Voltaje NiMH	<b>Paleta:</b>	Arcoíris
<b>Tipo de Inspección:</b>	Termografía Directa, Pasiva y Cualitativa	<b>Cámara IR:</b>	Flir TG297
<b>Firma Patrón</b>		<b>Firma térmica #152</b>	
<b>Tamb / Hr:</b> 29°C/71%		<b>Tamb / Hr:</b> 32°C / 57%	



**Análisis Térmico**

Clasificación de Falla	
$\Delta t$ o/A	3°C
$\Delta t$ o/s	0,3°C
Condición	Bueno
Ciclo	Carga

Ítems	Valor
Emisividad	0,95
Distancia	< 1m (0,80 cm)
Sp1	25,8°C
Sp2	25,5°C

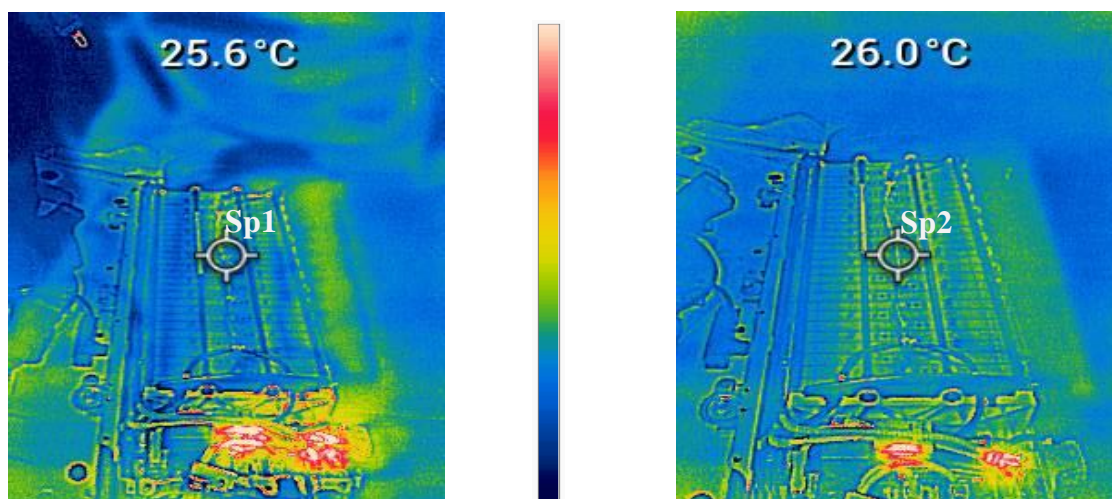
**Nota:** Una vez realizado la inspección por el método de termografía pasiva y directa, se observa firma térmica #152 obtenida en prueba 2 en el ciclo de carga, se obtuvo una temperatura promedio de 25,5°C (Sp2) y es comparada con la temperatura promedio de la firma patrón de 25,8°C (Sp1), obteniendo un delta de temperatura de 0,3°C en la parte superior de la batería de alto voltaje. Además, se puede observar la tendencia térmica en firma térmica #152 el cual tiene una tonalidad fría, pero aun así tiene una escala de color ligeramente cálido.

Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA,

O/S: Temperatura Over Similar – O/A: Temperatura Over/Ambient

Diferencial de temperatura	Clasificación	Condición
1°C – 10°C O/A $\Delta$ < 3°C O/S	En buen estado	Bueno
11°C–20°C O/A y 3°C a 15°C O/S	Probable deficiencia	Aceptable
21°C–40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia	Insatisfactoria
>40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia mayor	Peligrosa

<b>Institución:</b>	Universidad Politécnica Salesiana	<b>Hoja:</b>	21 de 50
<b>Ubicación:</b>	Laboratorio Híbrido	<b>Fecha:</b>	01/07/2023
<b>Equipo y Elemento:</b>	Vehículo Híbrido – Batería de Alto Voltaje NiMH	<b>Paleta:</b>	Arcoíris
<b>Tipo de Inspección:</b>	Termografía Directa, Pasiva y Cualitativa	<b>Cámara IR:</b>	Flir TG297
<b>Firma Patrón</b>		<b>Firma térmica #156</b>	
<b>Tamb / Hr:</b> 29°C/71%		<b>Tamb / Hr:</b> 29°C / 66%	



### Análisis Térmico

Clasificación de Falla	
$\Delta t$ o/A	0°C
$\Delta t$ o/s	0,4°C
Condición	Bueno
Ciclo	Descarga

Ítems	Valor
Emisividad	0,95
Distancia	< 1m (0,80 cm)
Sp1	25,6°C
Sp2	26,0°C

**Nota:** Una vez realizado la inspección por el método de termografía pasiva y directa, se observa firma térmica #156 obtenida en prueba 3 en el ciclo de descarga, se obtuvo una temperatura promedio de 26,0°C (Sp2) y es comparada con la temperatura promedio de la firma patrón de 25,6°C (Sp1), obteniendo un delta de temperatura de 0,4°C en la parte superior de la batería de alto voltaje. Además, se puede observar la tendencia térmica de ambas imágenes que comparte la misma escala de color, pero la firma térmica #156 se nota una mayor distribución de temperatura en las celdas de la batería HV.

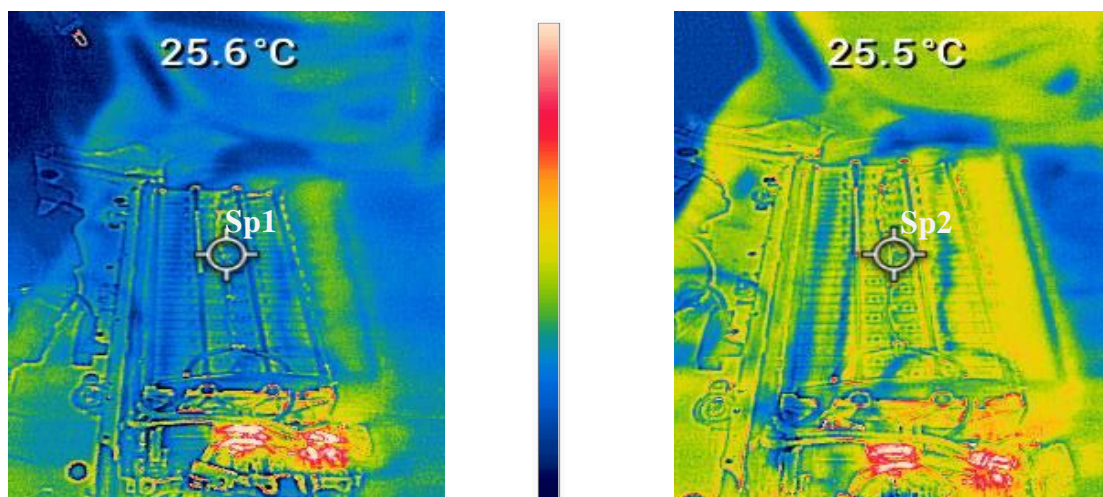
Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA,

O/S: Temperatura Over Similar – O/A: Temperatura Over/Ambient

Diferencial de temperatura	Clasificación	Condición
1°C – 10°C O/A y < 3°C O/S	En buen estado	Bueno
11°C–20°C O/A y 3°C a 15°C O/S	Probable deficiencia	Aceptable
21°C–40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia	Insatisfactoria
>40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia mayor	Peligrosa

<b>Institución:</b>	Universidad Politécnica Salesiana	<b>Hoja:</b>	22 de 50
<b>Ubicación:</b>	Laboratorio Híbrido	<b>Fecha:</b>	01/07/2023
<b>Equipo y Elemento:</b>	Vehículo Híbrido – Batería de Alto Voltaje NiMH	<b>Paleta:</b>	Arcoíris
<b>Tipo de Inspección:</b>	Termografía Directa, Pasiva y Cualitativa	<b>Cámara IR:</b>	Flir TG297
<b>Firma Patrón</b>		<b>Firma térmica #186</b>	
<b>Tamb / Hr:</b> 29°C/71%		<b>Tamb / Hr:</b> 29°C / 66%	





### Análisis Térmico

Clasificación de Falla	
$\Delta t$ o/A	0°C
$\Delta t$ o/s	0,1°C
Condición	Bueno
Ciclo	Descarga

Ítems	Valor
Emisividad	0,95
Distancia	< 1m (0,80 cm)
Sp1	25,6°C
Sp2	25,5°C

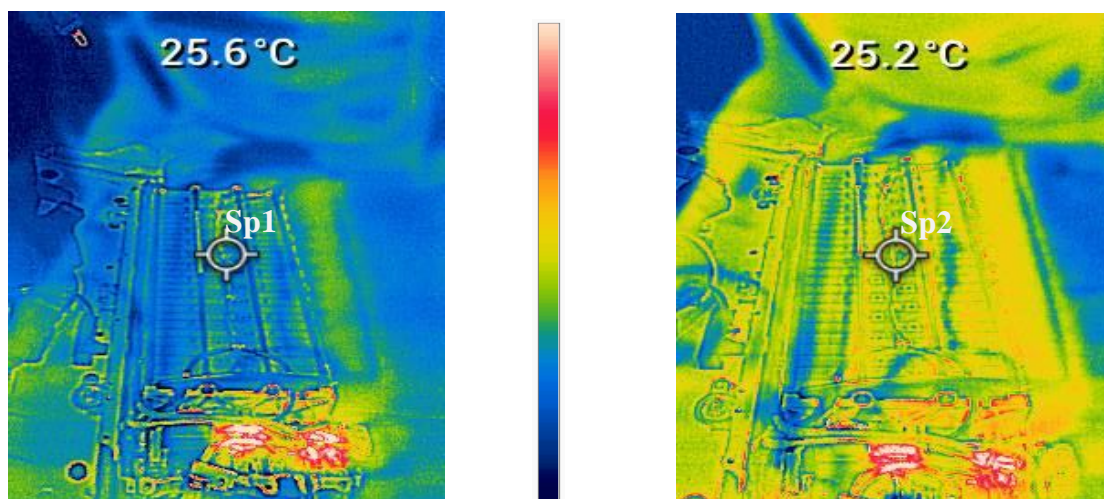
**Nota:** Una vez realizado la inspección por el método de termografía pasiva y directa, se observa firma térmica #186 obtenida en prueba 3 en el ciclo de descarga, se obtuvo una temperatura promedio de 25,5°C (Sp2) y es comparada con la temperatura promedio de la firma patrón de 25,6°C (Sp1), obteniendo un delta de temperatura de 0,1°C en la parte superior de la batería de alto voltaje. Además, se puede observar la tendencia térmica en cómo cambia a una escala de los colores más cálido en firma térmica # 186.

Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA,

O/S: Temperatura Over Similar – O/A: Temperatura Over/Ambient

Diferencial de temperatura	Clasificación	Condición
1°C – 10°C O/A y < 3°C O/S	En buen estado	Bueno
11°C–20°C O/A y 3°C a 15°C O/S	Probable deficiencia	Aceptable
21°C–40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia	Insatisfactoria
>40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia mayor	Peligrosa

<b>Institución:</b>	Universidad Politécnica Salesiana	<b>Hoja:</b>	23 de 50
<b>Ubicación:</b>	Laboratorio Híbrido	<b>Fecha:</b>	01/07/2023
<b>Equipo y Elemento:</b>	Vehículo Híbrido – Batería de Alto Voltaje NiMH	<b>Paleta:</b>	Arcoíris
<b>Tipo de Inspección:</b>	Termografía Directa, Pasiva y Cualitativa	<b>Cámara IR:</b>	Flir TG297
<b>Firma Patrón</b>		<b>Firma térmica #189</b>	
<b>Tamb / Hr:</b> 29°C/71%		<b>Tamb / Hr:</b> 29°C / 66%	



### Análisis Térmico

Clasificación de Falla	
$\Delta t$ o/A	0°C
$\Delta t$ o/s	0,4°C
Condición	Bueno
Ciclo	Descarga

Ítems	Valor
Emisividad	0,95
Distancia	< 1m (0,80 cm)
Sp1	25,6°C
Sp2	25,2°C

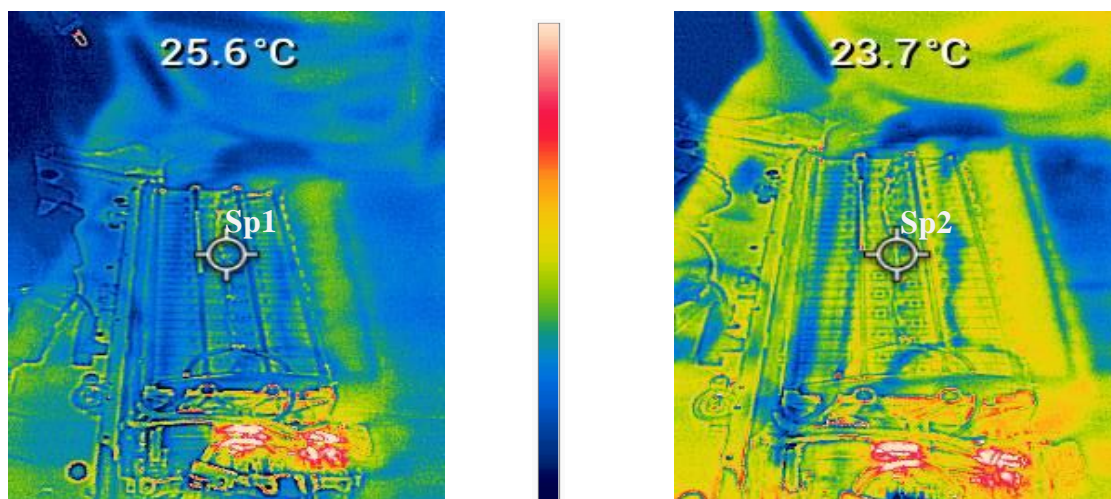
**Nota:** Una vez realizado la inspección por el método de termografía pasiva y directa, se observa firma térmica #189 obtenida en prueba 3 en el ciclo de descarga, se obtuvo una temperatura promedio de 25,2°C (Sp2) y es comparada con la temperatura promedio de la firma patrón de 25,6°C (Sp1), obteniendo un delta de temperatura de 0,4°C en la parte superior de la batería de alto voltaje. Además, se puede observar la tendencia térmica en cómo cambia a una escala de los colores más cálido en firma térmica # 189.

Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA,

O/S: Temperatura Over Similar – O/A: Temperatura Over/Ambient

Diferencial de temperatura	Clasificación	Condición
1°C – 10°C O/A y < 3°C O/S	En buen estado	Bueno
11°C–20°C O/A y 3°C a 15°C O/S	Probable deficiencia	Aceptable
21°C–40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia	Insatisfactoria
>40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia mayor	Peligrosa

<b>Institución:</b>	Universidad Politécnica Salesiana	<b>Hoja:</b>	24 de 50
<b>Ubicación:</b>	Laboratorio Híbrido	<b>Fecha:</b>	01/07/2023
<b>Equipo y Elemento:</b>	Vehículo Híbrido – Batería de Alto Voltaje NiMH	<b>Paleta:</b>	Arcoíris
<b>Tipo de Inspección:</b>	Termografía Directa, Pasiva y Cualitativa	<b>Cámara IR:</b>	Flir TG297
<b>Firma Patrón</b>		<b>Firma térmica #195</b>	
Tamb / Hr: 29°C/71%		Tamb / Hr: 29°C / 66%	



### Análisis Térmico

Clasificación de Falla	
$\Delta t$ o/A	0°C
$\Delta t$ o/s	1,9°C
Condición	Bueno
Ciclo	Descarga

Ítems	Valor
Emisividad	0,95
Distancia	< 1m (0,80 cm)
Sp1	25,6°C
Sp2	23,7°C

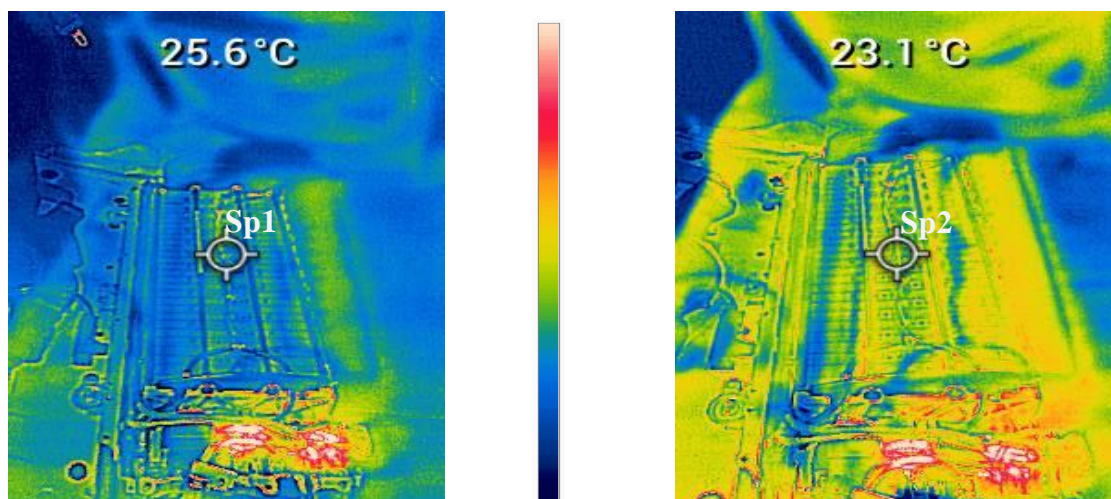
**Nota:** Una vez realizado la inspección por el método de termografía pasiva y directa, se observa firma térmica #195 obtenida en prueba 3 en el ciclo de descarga, se obtuvo una temperatura promedio de 23,7°C (Sp2) y es comparada con la temperatura promedio de la firma patrón de 25,6°C (Sp1), obteniendo un delta de temperatura de 1,9°C en la parte superior de la batería de alto voltaje. Además, se puede observar la tendencia térmica en cómo cambia a una escala de los colores más cálido en firma térmica # 195.

Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA,

O/S: Temperatura Over Similar – O/A: Temperatura Over/Ambient

Diferencial de temperatura	Clasificación	Condición
1°C – 10°C O/A y < 3°C O/S	En buen estado	Bueno
11°C–20°C O/A y 3°C a 15°C O/S	Probable deficiencia	Aceptable
21°C–40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia	Insatisfactoria
>40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia mayor	Peligrosa

<b>Institución:</b>	Universidad Politécnica Salesiana	<b>Hoja:</b>	25 de 50
<b>Ubicación:</b>	Laboratorio Híbrido	<b>Fecha:</b>	01/07/2023
<b>Equipo y Elemento:</b>	Vehículo Híbrido – Batería de Alto Voltaje NiMH	<b>Paleta:</b>	Arcoíris
<b>Tipo de Inspección:</b>	Termografía Directa, Pasiva y Cualitativa	<b>Cámara IR:</b>	Flir TG297
<b>Firma Patrón</b>		<b>Firma térmica #207</b>	
Tamb / Hr: 29°C/71%		Tamb / Hr: 29°C / 66%	



### Análisis Térmico

Clasificación de Falla	
$\Delta t$ o/A	0°C
$\Delta t$ o/s	2,5°C
Condición	Bueno
Ciclo	Descarga

Ítems	Valor
Emisividad	0,95
Distancia	< 1m (0,80 cm)
Sp1	25,6°C
Sp2	23,1°C

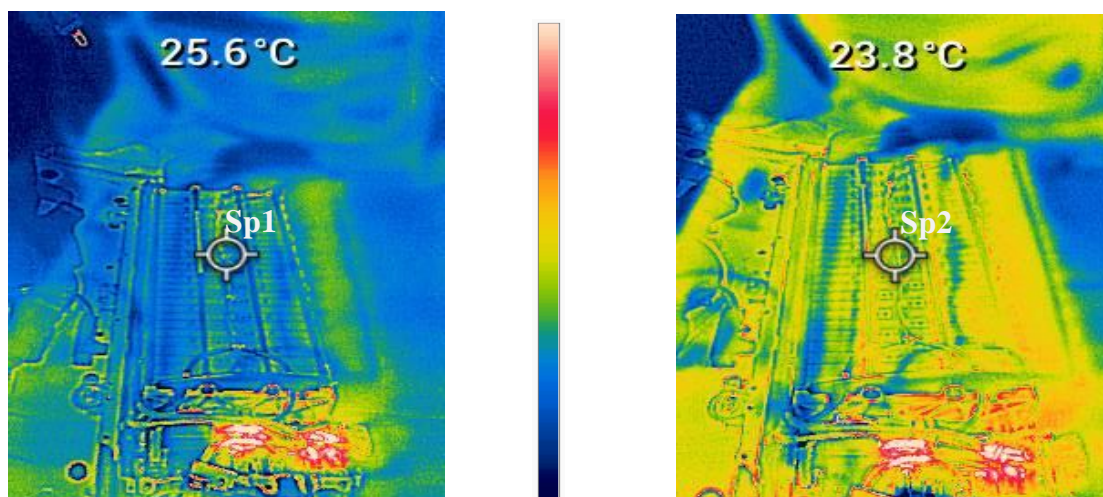
**Nota:** Una vez realizado la inspección por el método de termografía pasiva y directa, se observa firma térmica #207 obtenida en prueba 3 en el ciclo de descarga, se obtuvo una temperatura promedio de 23,1°C (Sp2) y es comparada con la temperatura promedio de la firma patrón de 25,6°C (Sp1), obteniendo un delta de temperatura de 2,5°C en la parte superior de la batería de alto voltaje. Además, se puede observar la tendencia térmica en cómo cambia a una escala de los colores más cálido en firma térmica # 207.

Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA,

O/S: Temperatura Over Similar – O/A: Temperatura Over/Ambient

Diferencial de temperatura	Clasificación	Condición
1°C – 10°C O/A y < 3°C O/S	En buen estado	Bueno
11°C–20°C O/A y 3°C a 15°C O/S	Probable deficiencia	Aceptable
21°C–40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia	Insatisfactoria
>40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia mayor	Peligrosa

<b>Institución:</b>	Universidad Politécnica Salesiana	<b>Hoja:</b>	26 de 50
<b>Ubicación:</b>	Laboratorio Híbrido	<b>Fecha:</b>	01/07/2023
<b>Equipo y Elemento:</b>	Vehículo Híbrido – Batería de Alto Voltaje NiMH	<b>Paleta:</b>	Arcoíris
<b>Tipo de Inspección:</b>	Termografía Directa, Pasiva y Cualitativa	<b>Cámara IR:</b>	Flir TG297
<b>Firma Patrón</b>		<b>Firma térmica #209</b>	
Tamb / Hr: 29°C/71%		Tamb / Hr: 29°C / 66%	



### Análisis Térmico

Clasificación de Falla	
$\Delta t$ o/A	0°C
$\Delta t$ o/s	1,8°C
Condición	Bueno
Ciclo	Descarga

Ítems	Valor
Emisividad	0,95
Distancia	< 1m (0,80 cm)
Sp1	25,6°C
Sp2	23,8°C

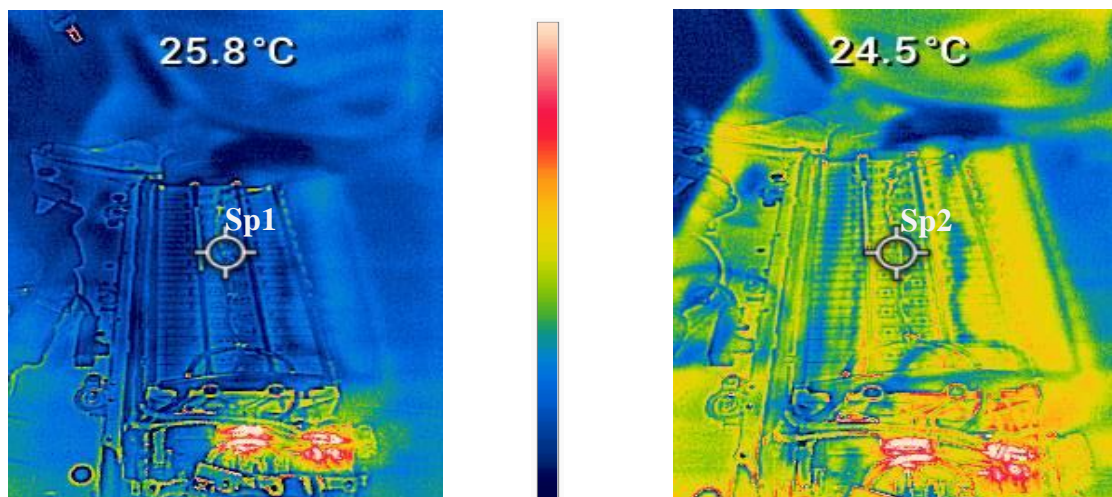
**Nota:** Una vez realizado la inspección por el método de termografía pasiva y directa, se observa firma térmica #209 obtenida en prueba 3 en el ciclo de descarga, se obtuvo una temperatura promedio de 23,8°C (Sp2) y es comparada con la temperatura promedio de la firma patrón de 25,6°C (Sp1), obteniendo un delta de temperatura de 1,8°C en la parte superior de la batería de alto voltaje. Además, se puede observar la tendencia térmica en cómo cambia a una escala de los colores más cálido en firma térmica # 209.

Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA,

O/S: Temperatura Over Similar – O/A: Temperatura Over/Ambient

Diferencial de temperatura	Clasificación	Condición
1°C – 10°C O/A y < 3°C O/S	En buen estado	Bueno
11°C–20°C O/A y 3°C a 15°C O/S	Probable deficiencia	Aceptable
21°C–40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia	Insatisfactoria
>40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia mayor	Peligrosa

<b>Institución:</b>	Universidad Politécnica Salesiana	<b>Hoja:</b>	27 de 50
<b>Ubicación:</b>	Laboratorio Híbrido	<b>Fecha:</b>	30/06/2023
<b>Equipo y Elemento:</b>	Vehículo Híbrido – Batería de Alto Voltaje NiMH	<b>Paleta:</b>	Arcoíris
<b>Tipo de Inspección:</b>	Termografía Directa, Pasiva y Cualitativa	<b>Cámara IR:</b>	Flir TG297
<b>Firma Patrón</b>		<b>Firma térmica #213</b>	
Tamb / Hr: 29°C/71%		Tamb / Hr: 29°C / 66%	



### Análisis Térmico

Clasificación de Falla	
$\Delta t$ o/A	0°C
$\Delta t$ o/s	1,3°C
Condición	Bueno
Ciclo	Carga

Ítems	Valor
Emisividad	0,95
Distancia	< 1m (0,80 cm)
Sp1	25,8°C
Sp2	24,5°C

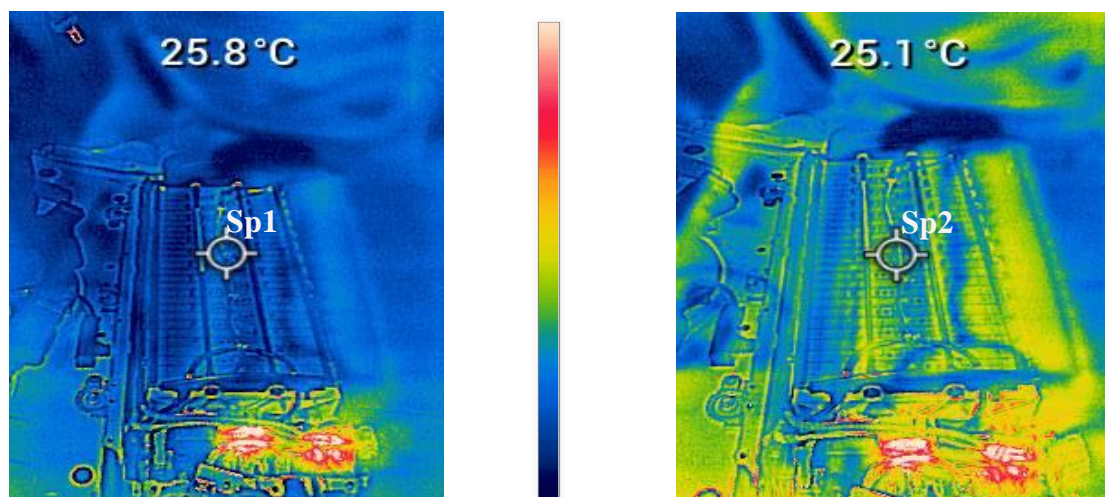
**Nota:** Una vez realizado la inspección por el método de termografía pasiva y directa, se observa firma térmica #213 obtenida en prueba 3 en el ciclo de carga, se obtuvo una temperatura promedio de 24,5°C (Sp2) y es comparada con la temperatura promedio de la firma patrón de 25,8°C (Sp1), obteniendo un delta de temperatura de 1,3°C en la parte superior de la batería de alto voltaje. Además, se puede observar la tendencia térmica en firma térmica #213 que tiene a una escala de los colores más cálido con respecto a la firma patrón.

Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA,

O/S: Temperatura Over Similar – O/A: Temperatura Over/Ambient

Diferencial de temperatura	Clasificación	Condición
1°C – 10°C O/A y $\leq$ 3°C O/S	En buen estado	Bueno
11°C–20°C O/A y 3°C a 15°C O/S	Probable deficiencia	Aceptable
21°C–40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia	Insatisfactoria
>40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia mayor	Peligrosa

<b>Institución:</b>	Universidad Politécnica Salesiana	<b>Hoja:</b>	28 de 50
<b>Ubicación:</b>	Laboratorio Híbrido	<b>Fecha:</b>	30/06/2023
<b>Equipo y Elemento:</b>	Vehículo Híbrido – Batería de Alto Voltaje NiMH	<b>Paleta:</b>	Arcoíris
<b>Tipo de Inspección:</b>	Termografía Directa, Pasiva y Cualitativa	<b>Cámara IR:</b>	Flir TG297
<b>Firma Patrón</b>		<b>Firma térmica #218</b>	
<b>Tamb / Hr:</b> 29°C/71%		<b>Tamb / Hr:</b> 29°C / 66%	



### Análisis Térmico

Clasificación de Falla	
$\Delta t$ o/A	0°C
$\Delta t$ o/s	0,7°C
Condición	Bueno
Ciclo	Carga

Ítems	Valor
Emisividad	0,95
Distancia	< 1m (0,80 cm)
Sp1	25,8°C
Sp2	25,1°C

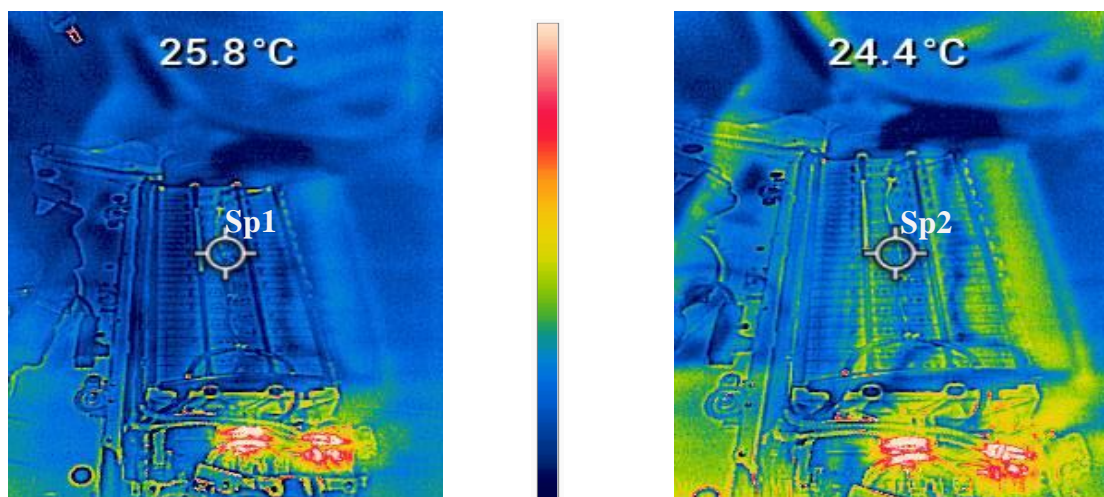
**Nota:** Una vez realizado la inspección por el método de termografía pasiva y directa, se observa firma térmica #218 obtenida en prueba 3 en el ciclo de carga, se obtuvo una temperatura promedio de 25,1°C (Sp2) y es comparada con la temperatura promedio de la firma patrón de 25,8°C (Sp1), obteniendo un delta de temperatura de 0,7°C en la parte superior de la batería de alto voltaje. Además, se puede observar la tendencia térmica en firma térmica #218 que tiene a una escala de los colores más cálido con respecto a la firma patrón.

Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA,

O/S: Temperatura Over Similar – O/A: Temperatura Over/Ambient

Diferencial de temperatura	Clasificación	Condición
1°C – 10°C O/A y < 3°C O/S	En buen estado	Bueno
11°C–20°C O/A y 3°C a 15°C O/S	Probable deficiencia	Aceptable
21°C–40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia	Insatisfactoria
>40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia mayor	Peligrosa

<b>Institución:</b>	Universidad Politécnica Salesiana	<b>Hoja:</b>	29 de 50
<b>Ubicación:</b>	Laboratorio Híbrido	<b>Fecha:</b>	30/06/2023
<b>Equipo y Elemento:</b>	Vehículo Híbrido – Batería de Alto Voltaje NiMH	<b>Paleta:</b>	Arcoíris
<b>Tipo de Inspección:</b>	Termografía Directa, Pasiva y Cualitativa	<b>Cámara IR:</b>	Flir TG297
<b>Firma Patrón</b>		<b>Firma térmica #220</b>	
<b>Tamb / Hr:</b> 29°C/71%		<b>Tamb / Hr:</b> 29°C / 66%	



### Análisis Térmico

Clasificación de Falla	
$\Delta t$ o/A	0°C
$\Delta t$ o/s	1,4°C
Condición	Bueno
Ciclo	Carga

Ítems	Valor
Emisividad	0,95
Distancia	< 1m (0,80 cm)
Sp1	25,8°C
Sp2	24,4°C

**Nota:** Una vez realizado la inspección por el método de termografía pasiva y directa, se observa firma térmica #220 obtenida en prueba 3 en el ciclo de carga, se obtuvo una temperatura promedio de 24,4°C (Sp2) y es comparada con la temperatura promedio de la firma patrón de 25,8°C (Sp1), obteniendo un delta de temperatura de 1,4°C en la parte superior de la batería de alto voltaje. Además, se puede observar la tendencia térmica en firma térmica #220 que tiene a una escala de color más cálida en cierta área de la batería con respecto a la firma patrón que tiene una tonalidad fría en casi toda la imagen.

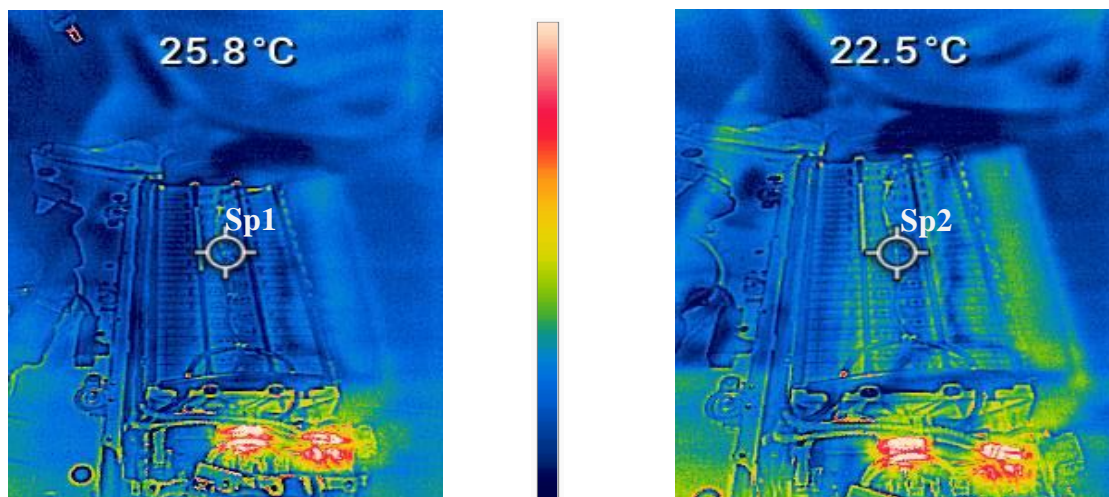
Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA,

O/S: Temperatura Over Similar – O/A: Temperatura Over/Ambient

Diferencial de temperatura	Clasificación	Condición
1°C – 10°C O/A y < 3°C O/S	En buen estado	Bueno
11°C–20°C O/A y 3°C a 15°C O/S	Probable deficiencia	Aceptable
21°C–40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia	Insatisfactoria
>40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia mayor	Peligrosa

<b>Institución:</b>	Universidad Politécnica Salesiana	<b>Hoja:</b>	30 de 50
<b>Ubicación:</b>	Laboratorio Híbrido	<b>Fecha:</b>	30/06/2023
<b>Equipo y Elemento:</b>	Vehículo Híbrido – Batería de Alto Voltaje NiMH	<b>Paleta:</b>	Arcoíris
<b>Tipo de Inspección:</b>	Termografía Directa, Pasiva y Cualitativa	<b>Cámara IR:</b>	Flir TG297
<b>Firma Patrón</b>		<b>Firma térmica #221</b>	
Tamb / Hr: 29°C/71%		Tamb / Hr: 29°C / 66%	





### Análisis Térmico

Clasificación de Falla	
$\Delta t$ o/A	0°C
$\Delta t$ o/s	3,3°C
Condición	Aceptable
Ciclo	Carga

Ítems	Valor
Emisividad	0,95
Distancia	< 1m (0,80 cm)
Sp1	25,8°C
Sp2	22,5°C

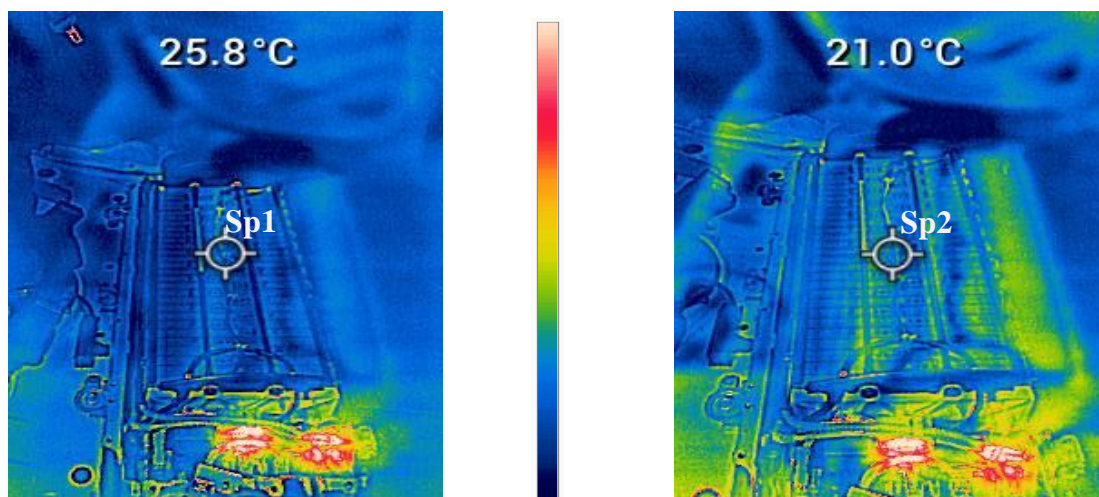
**Nota:** Una vez realizado la inspección por el método de termografía pasiva y directa, se observa firma térmica #221 obtenida en prueba 3 en el ciclo de carga, se obtuvo una temperatura promedio de 22,5°C (Sp2) y es comparada con la temperatura promedio de la firma patrón de 25,8°C (Sp1), obteniendo un delta de temperatura de 3,3°C en la parte superior de la batería de alto voltaje. Además, se puede observar la tendencia térmica en firma térmica #221 que tiene a una escala de color un poco cálido en cierta área de la batería con respecto a la firma patrón que tiene una tonalidad fría en casi toda la imagen.

Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA,

O/S: Temperatura Over Similar – O/A: Temperatura Over/Ambient

Diferencial de temperatura	Clasificación	Condición
1°C – 10°C O/A y < 3°C O/S	En buen estado	Bueno
11°C–20°C O/A y 3°C a 15°C O/S	Probable deficiencia	Aceptable
21°C–40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia	Insatisfactoria
>40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia mayor	Peligrosa

<b>Institución:</b>	Universidad Politécnica Salesiana	<b>Hoja:</b>	31 de 50
<b>Ubicación:</b>	Laboratorio Híbrido	<b>Fecha:</b>	30/06/2023
<b>Equipo y Elemento:</b>	Vehículo Híbrido – Batería de Alto Voltaje NiMH	<b>Paleta:</b>	Arcoíris
<b>Tipo de Inspección:</b>	Termografía Directa, Pasiva y Cualitativa	<b>Cámara IR:</b>	Flir TG297
<b>Firma Patrón</b>		<b>Firma térmica #222</b>	
<b>Tamb / Hr:</b> 29°C/71%		<b>Tamb / Hr:</b> 29°C / 66%	



### Análisis Térmico

Clasificación de Falla	
$\Delta t$ o/A	0°C
$\Delta t$ o/s	4,8°C
Condición	Aceptable
Ciclo	Carga

Ítems	Valor
Emisividad	0,95
Distancia	< 1m (0,80 cm)
Sp1	25,8°C
Sp2	21,0°C

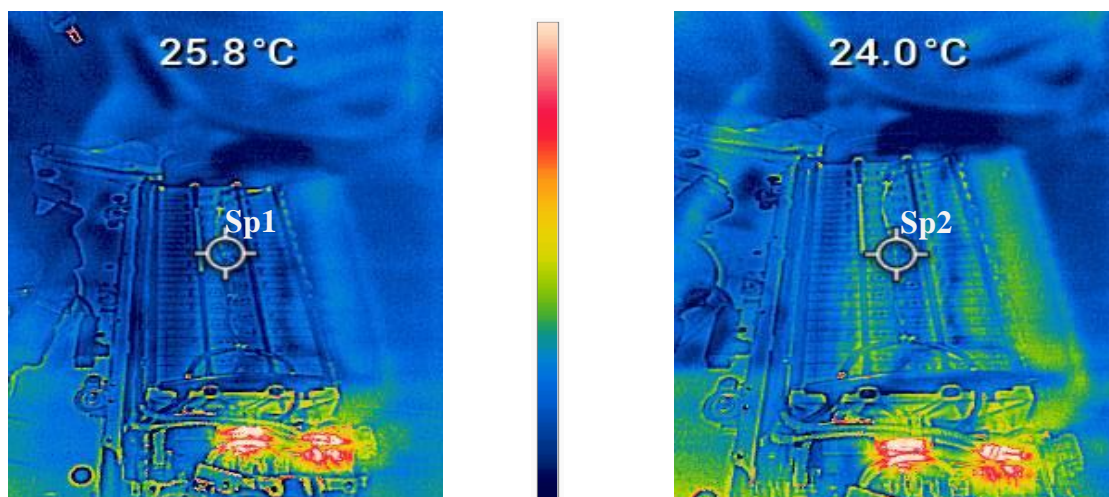
**Nota:** Una vez realizado la inspección por el método de termografía pasiva y directa, se observa firma térmica #222 obtenida en prueba 3 en el ciclo de carga, se obtuvo una temperatura promedio de 21,0°C (Sp2) y es comparada con la temperatura promedio de la firma patrón de 25,8°C (Sp1), obteniendo un delta de temperatura de 4,8°C en la parte superior de la batería de alto voltaje. Además, se puede observar la tendencia térmica en firma térmica #222 que tiene a una escala de color un poco cálido en cierta área de la batería con respecto a la firma patrón que tiene una tonalidad fría en casi toda la imagen.

Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA,

O/S: Temperatura Over Similar – O/A: Temperatura Over/Ambient

Diferencial de temperatura	Clasificación	Condición
1°C – 10°C O/A y < 3°C O/S	En buen estado	Bueno
11°C–20°C O/A y 3°C a 15°C O/S	Probable deficiencia	Aceptable
21°C–40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia	Insatisfactoria
>40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia mayor	Peligrosa

<b>Institución:</b>	Universidad Politécnica Salesiana	<b>Hoja:</b>	32 de 50
<b>Ubicación:</b>	Laboratorio Híbrido	<b>Fecha:</b>	30/06/2023
<b>Equipo y Elemento:</b>	Vehículo Híbrido – Batería de Alto Voltaje NiMH	<b>Paleta:</b>	Arcoíris
<b>Tipo de Inspección:</b>	Termografía Directa, Pasiva y Cualitativa	<b>Cámara IR:</b>	Flir TG297
<b>Firma Patrón</b>		<b>Firma térmica #229</b>	
Tamb / Hr: 29°C/71%		Tamb / Hr: 29°C / 66%	



### Análisis Térmico

Clasificación de Falla	
$\Delta t$ o/A	0°C
$\Delta t$ o/s	1,8°C
Condición	Bueno
Ciclo	Carga

Ítems	Valor
Emisividad	0,95
Distancia	< 1m (0,80 cm)
Sp1	25,8°C
Sp2	24,0°C

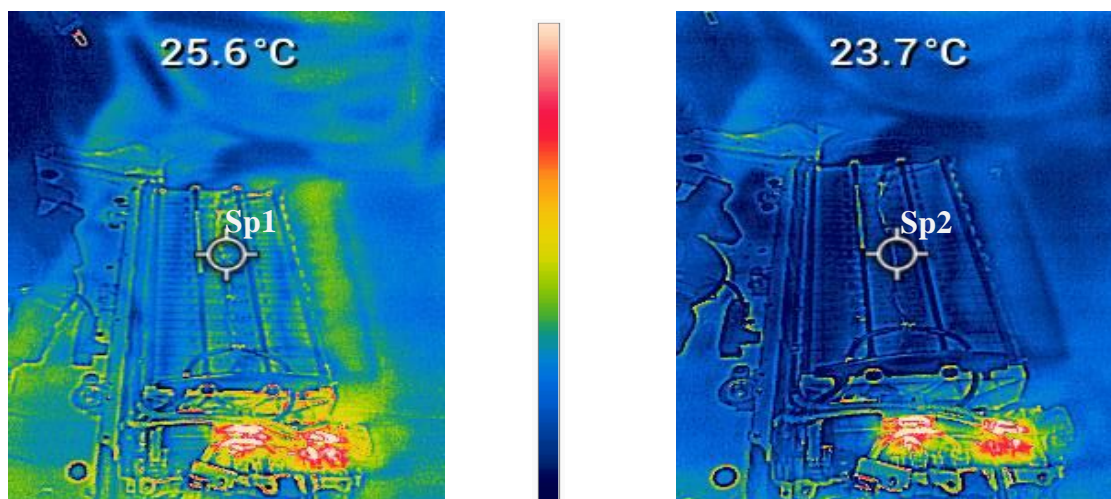
**Nota:** Una vez realizado la inspección por el método de termografía pasiva y directa, se observa firma térmica #229 obtenida en prueba 3 en el ciclo de carga, se obtuvo una temperatura promedio de 24,0°C (Sp2) y es comparada con la temperatura promedio de la firma patrón de 25,8°C (Sp1), obteniendo un delta de temperatura de 1,8°C en la parte superior de la batería de alto voltaje. Además, se puede observar la tendencia térmica en firma térmica #229 que tiene a una escala de color un poco cálido en cierta área de la batería con respecto a la firma patrón que tiene una tonalidad fría en casi toda la imagen.

Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA,

O/S: Temperatura Over Similar – O/A: Temperatura Over/Ambient

Diferencial de temperatura	Clasificación	Condición
1°C – 10°C O/A y < 3°C O/S	En buen estado	Bueno
11°C–20°C O/A y 3°C a 15°C O/S	Probable deficiencia	Aceptable
21°C–40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia	Insatisfactoria
>40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia mayor	Peligrosa

<b>Institución:</b>	Universidad Politécnica Salesiana	<b>Hoja:</b>	33 de 50
<b>Ubicación:</b>	Laboratorio Híbrido	<b>Fecha:</b>	03/07/2023
<b>Equipo y Elemento:</b>	Vehículo Híbrido – Batería de Alto Voltaje NiMH	<b>Paleta:</b>	Arcoíris
<b>Tipo de Inspección:</b>	Termografía Directa, Pasiva y Cualitativa	<b>Cámara IR:</b>	Flir TG297
<b>Firma Patrón</b>		<b>Firma térmica #244</b>	
<b>Tamb / Hr:</b> 29°C/71%		<b>Tamb / Hr:</b> 29°C / 71%	



### Análisis Térmico

Clasificación de Falla	
$\Delta t$ o/A	0°C
$\Delta t$ o/s	1,9°C
Condición	Bueno
Ciclo	Descarga

Ítems	Valor
Emisividad	0,95
Distancia	< 1m (0,80 cm)
Sp1	25,6°C
Sp2	23,7°C

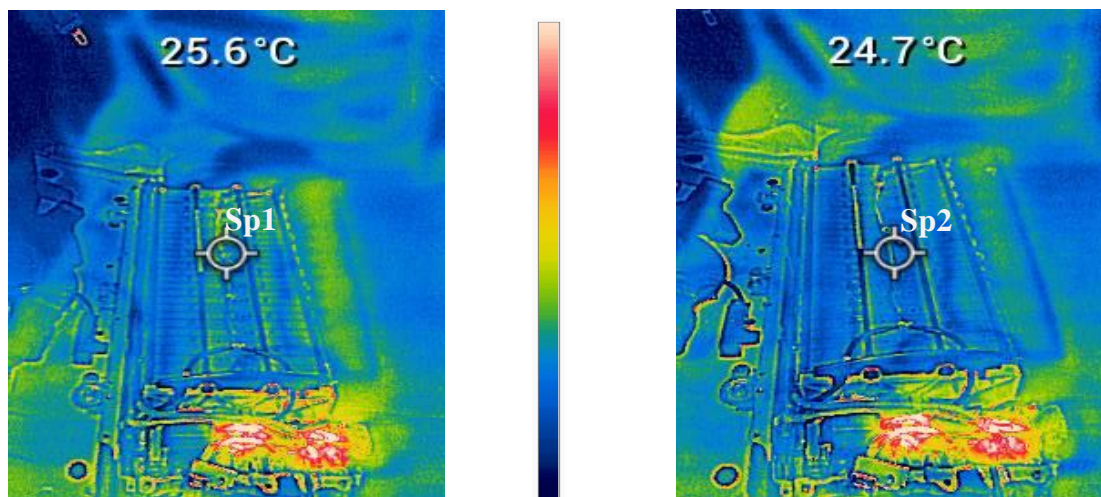
**Nota:** Una vez realizado la inspección por el método de termografía pasiva y directa, se observa firma térmica #244 obtenida en prueba 4 en el ciclo de descarga, se obtuvo una temperatura promedio de 23,7°C (Sp2) y es comparada con la temperatura promedio de la firma patrón de 25,6°C (Sp1), obteniendo un delta de temperatura de 1,9°C en la parte superior de la batería de alto voltaje. Además, se puede observar la tendencia térmica de la firma térmica # 244 que varía a una escala de los colores más fría con respecto a la firma patrón.

Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA,

O/S: Temperatura Over Similar – O/A: Temperatura Over/Ambient

Diferencial de temperatura	Clasificación	Condición
1°C – 10°C O/A y < 3°C O/S	En buen estado	Bueno
11°C – 20°C O/A y 3°C a 15°C O/S	Probable deficiencia	Aceptable
21°C – 40°C O/A y > 15°C O/S	Deficiencia	Insatisfactoria
> 40°C O/A y > 15°C O/S	Deficiencia mayor	Peligrosa

<b>Institución:</b>	Universidad Politécnica Salesiana	<b>Hoja:</b>	34 de 50
<b>Ubicación:</b>	Laboratorio Híbrido	<b>Fecha:</b>	03/07/2023
<b>Equipo y Elemento:</b>	Vehículo Híbrido – Batería de Alto Voltaje NiMH	<b>Paleta:</b>	Arcoíris
<b>Tipo de Inspección:</b>	Termografía Directa, Pasiva y Cualitativa	<b>Cámara IR:</b>	Flir TG297
<b>Firma Patrón</b>		<b>Firma térmica #255</b>	
<b>Tamb / Hr:</b> 29°C/71%		<b>Tamb / Hr:</b> 29°C / 71%	



### Análisis Térmico

Clasificación de Falla	
$\Delta t$ o/A	0°C
$\Delta t$ o/s	0,9°C
Condición	Bueno
Ciclo	Descarga

Ítems	Valor
Emisividad	0,95
Distancia	< 1m (0,80 cm)
Sp1	25,6°C
Sp2	24,7°C

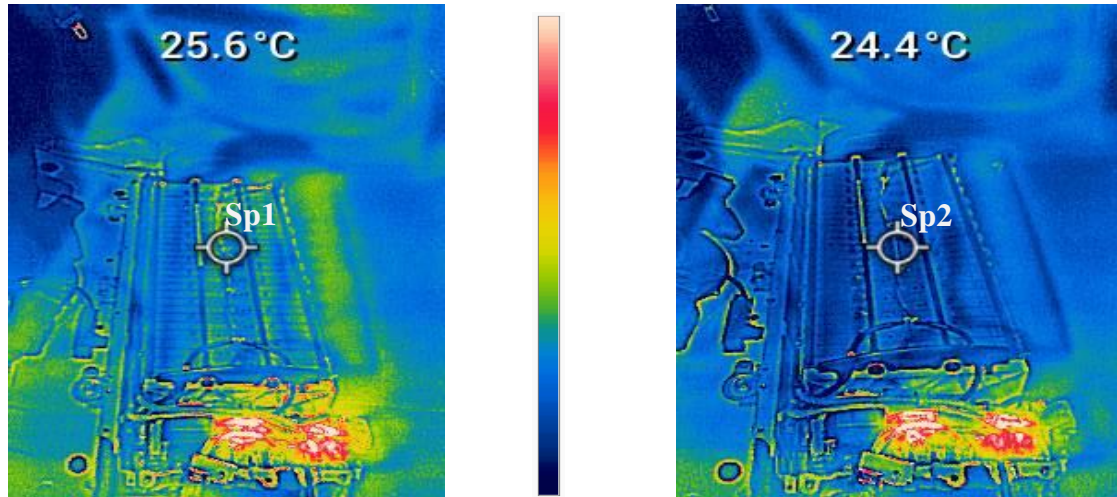
**Nota:** Una vez realizado la inspección por el método de termografía pasiva y directa, se observa firma térmica #255 obtenida en prueba 4 en el ciclo de descarga, se obtuvo una temperatura promedio de 24,7°C (Sp2) y es comparada con la temperatura promedio de la firma patrón de 25,6°C (Sp1), obteniendo un delta de temperatura de 0,9°C en la parte superior de la batería de alto voltaje. Además, se puede observar la tendencia térmica de la firma térmica # 255 que varía ligeramente a una tonalidad fría con respecto a la firma patrón.

Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA,

O/S: Temperatura Over Similar – O/A: Temperatura Over/Ambient

Diferencial de temperatura	Clasificación	Condición
1°C – 10°C O/A y < 3°C O/S	En buen estado	Bueno
11°C–20°C O/A y 3°C a 15°C O/S	Probable deficiencia	Aceptable
21°C–40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia	Insatisfactoria
>40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia mayor	Peligrosa

<b>Institución:</b>	Universidad Politécnica Salesiana	<b>Hoja:</b>	35 de 50
<b>Ubicación:</b>	Laboratorio Híbrido	<b>Fecha:</b>	03/07/2023
<b>Equipo y Elemento:</b>	Vehículo Híbrido – Batería de Alto Voltaje NiMH	<b>Paleta:</b>	Arcoíris
<b>Tipo de Inspección:</b>	Termografía Directa, Pasiva y Cualitativa	<b>Cámara IR:</b>	Flir TG297
<b>Firma Patrón</b>		<b>Firma térmica #258</b>	
<b>Tamb / Hr:</b> 29°C/71%		<b>Tamb / Hr:</b> 29°C / 71%	



**Análisis Térmico**

Clasificación de Falla	
$\Delta t$ o/A	0°C
$\Delta t$ o/s	1,2°C
Condición	Bueno
Ciclo	Descarga

Ítems	Valor
Emisividad	0,95
Distancia	< 1m (0,80 cm)
Sp1	25,6°C
Sp2	24,4°C

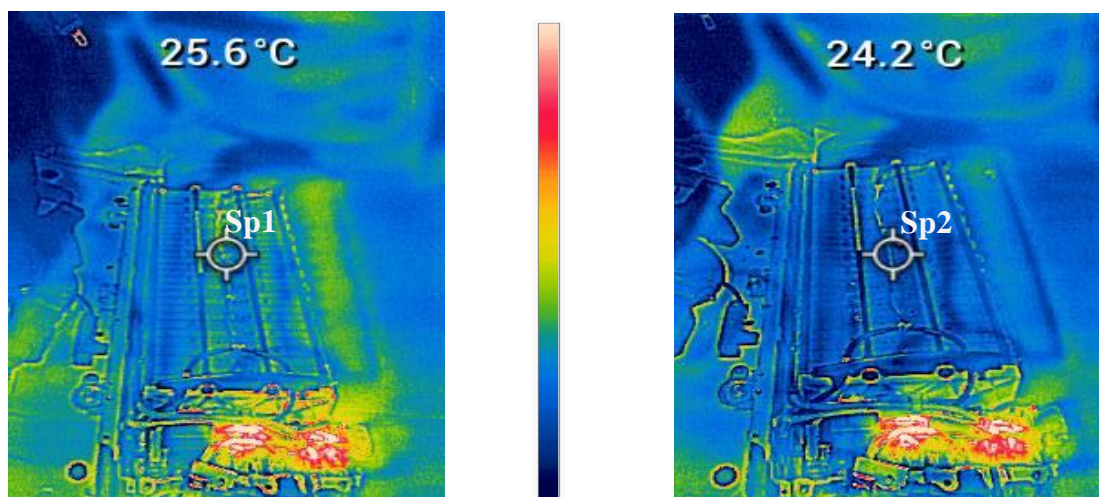
**Nota:** Una vez realizado la inspección por el método de termografía pasiva y directa, se observa firma térmica #258 obtenida en prueba 4 en el ciclo de descarga, se obtuvo una temperatura promedio de 24,4°C (Sp2) y es comparada con la temperatura promedio de la firma patrón de 25,6°C (Sp1), obteniendo un delta de temperatura de 1,2°C en la parte superior de la batería de alto voltaje. Además, se puede observar la tendencia térmica de la firma térmica # 258 que tiene una tonalidad fría con respecto a la firma patrón.

Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA,

O/S: Temperatura Over Similar – O/A: Temperatura Over/Ambient

Diferencial de temperatura	Clasificación	Condición
1°C – 10°C O/A y < 3°C O/S	En buen estado	Bueno
11°C–20°C O/A y 3°C a 15°C O/S	Probable deficiencia	Aceptable
21°C–40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia	Insatisfactoria
>40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia mayor	Peligrosa

<b>Institución:</b>	Universidad Politécnica Salesiana	<b>Hoja:</b>	36 de 50
<b>Ubicación:</b>	Laboratorio Híbrido	<b>Fecha:</b>	03/07/2023
<b>Equipo y Elemento:</b>	Vehículo Híbrido – Batería de Alto Voltaje NiMH	<b>Paleta:</b>	Arcoíris
<b>Tipo de Inspección:</b>	Termografía Directa, Pasiva y Cualitativa	<b>Cámara IR:</b>	Flir TG297
<b>Firma Patrón</b>		<b>Firma térmica #260</b>	
<b>Tamb / Hr:</b> 29°C/71%		<b>Tamb / Hr:</b> 29°C / 71%	



### Análisis Térmico

Clasificación de Falla	
$\Delta t$ o/A	0°C
$\Delta t$ o/s	1,4°C
Condición	Bueno
Ciclo	Descarga

Ítems	Valor
Emisividad	0,95
Distancia	< 1m (0,80 cm)
Sp1	25,6°C
Sp2	24,2°C

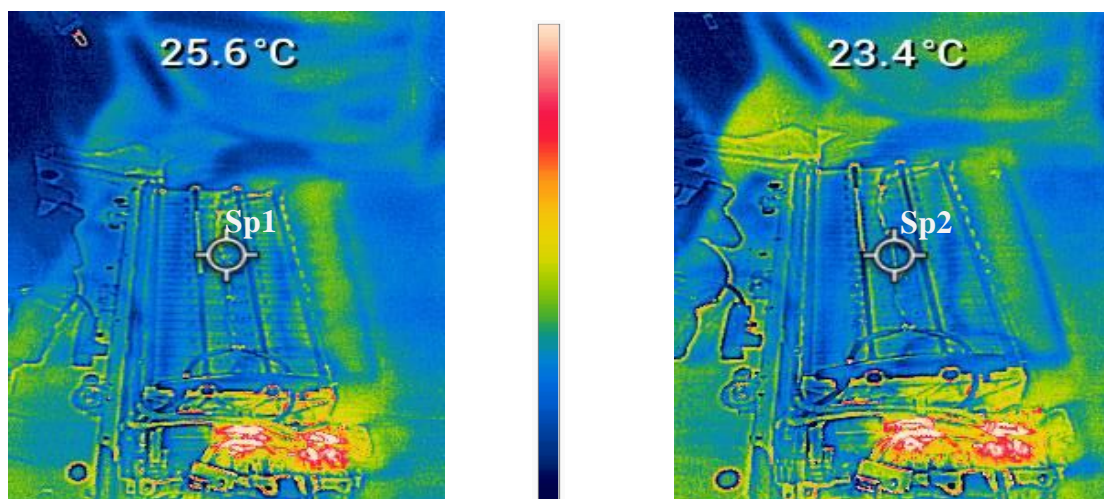
**Nota:** Una vez realizado la inspección por el método de termografía pasiva y directa, se observa firma térmica #260 obtenida en prueba 4 en el ciclo de descarga, se obtuvo una temperatura promedio de 24,2°C (Sp2) y es comparada con la temperatura promedio de la firma patrón de 25,6°C (Sp1), obteniendo un delta de temperatura de 1,4°C en la parte superior de la batería de alto voltaje. Además, se puede observar la tendencia térmica de la firma térmica # 260 que tiene una tonalidad fría con respecto a la firma patrón.

Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA,

O/S: Temperatura Over Similar – O/A: Temperatura Over/Ambient

Diferencial de temperatura	Clasificación	Condición
1°C – 10°C O/A y < 3°C O/S	En buen estado	Bueno
11°C–20°C O/A y 3°C a 15°C O/S	Probable deficiencia	Aceptable
21°C–40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia	Insatisfactoria
>40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia mayor	Peligrosa

<b>Institución:</b>	Universidad Politécnica Salesiana	<b>Hoja:</b>	37 de 50
<b>Ubicación:</b>	Laboratorio Híbrido	<b>Fecha:</b>	03/07/2023
<b>Equipo y Elemento:</b>	Vehículo Híbrido – Batería de Alto Voltaje NiMH	<b>Paleta:</b>	Arcoíris
<b>Tipo de Inspección:</b>	Termografía Directa, Pasiva y Cualitativa	<b>Cámara IR:</b>	Flir TG297
<b>Firma Patrón</b>		<b>Firma térmica #263</b>	
<b>Tamb / Hr: 29°C/71%</b>		<b>Tamb / Hr: 29°C / 71%</b>	



### Análisis Térmico

Clasificación de Falla	
$\Delta t$ o/A	0°C
$\Delta t$ o/s	2,2°C
Condición	Bueno
Ciclo	Descarga

Ítems	Valor
Emisividad	0,95
Distancia	< 1m (0,80 cm)
Sp1	25,6°C
Sp2	23,4°C

**Nota:** Una vez realizado la inspección por el método de termografía pasiva y directa, se observa firma térmica #263 obtenida en prueba 4 en el ciclo de descarga, se obtuvo una temperatura promedio de 23,4°C (Sp2) y es comparada con la temperatura promedio de la firma patrón de 25,6°C (Sp1), obteniendo un delta de temperatura de 2,2°C en la parte superior de la batería de alto voltaje. Además, se puede observar la tendencia térmica de la firma térmica # 263 que tiene una tonalidad ligeramente fría en el área de la batería con respecto a la firma patrón.

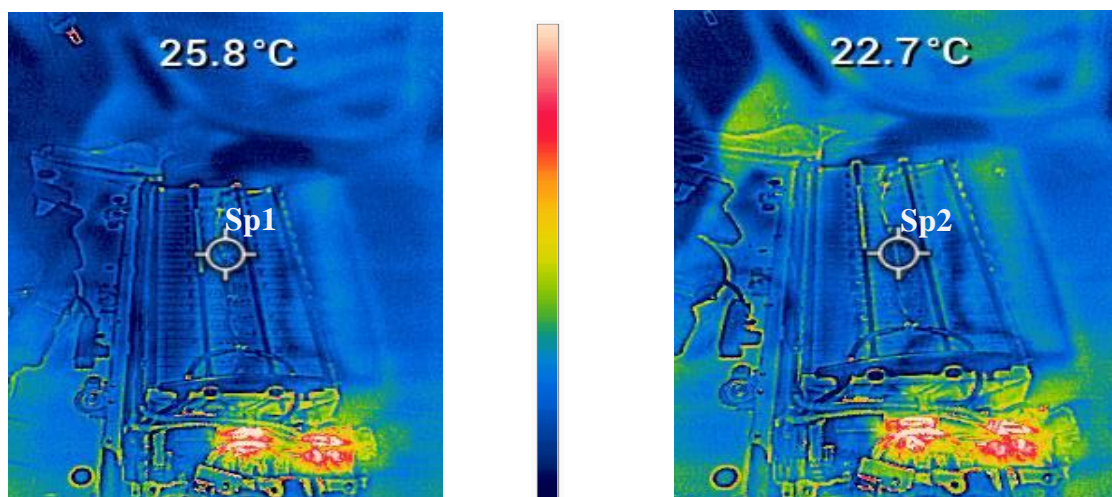
Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA,

O/S: Temperatura Over Similar – O/A: Temperatura Over/Ambient

Diferencial de temperatura	Clasificación	Condición
1°C – 10°C O/A y $\leq$ 3°C O/S	En buen estado	Bueno
11°C–20°C O/A y 3°C a 15°C O/S	Probable deficiencia	Aceptable
21°C–40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia	Insatisfactoria
>40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia mayor	Peligrosa

<b>Institución:</b>	Universidad Politécnica Salesiana	<b>Hoja:</b>	38 de 50
<b>Ubicación:</b>	Laboratorio Híbrido	<b>Fecha:</b>	03/06/2023
<b>Equipo y Elemento:</b>	Vehículo Híbrido – Batería de Alto Voltaje NiMH	<b>Paleta:</b>	Arcoíris
<b>Tipo de Inspección:</b>	Termografía Directa, Pasiva y Cualitativa	<b>Cámara IR:</b>	Flir TG297
<b>Firma Patrón</b>		<b>Firma térmica #294</b>	
Tamb / Hr: 29°C/71%		Tamb / Hr: 29°C / 71%	





### Análisis Térmico

Clasificación de Falla	
$\Delta t$ o/A	0°C
$\Delta t$ o/s	3,1°C
Condición	Aceptable
Ciclo	Carga

Ítems	Valor
Emisividad	0,95
Distancia	< 1m (0,80 cm)
Sp1	25,8°C
Sp2	22,7°C

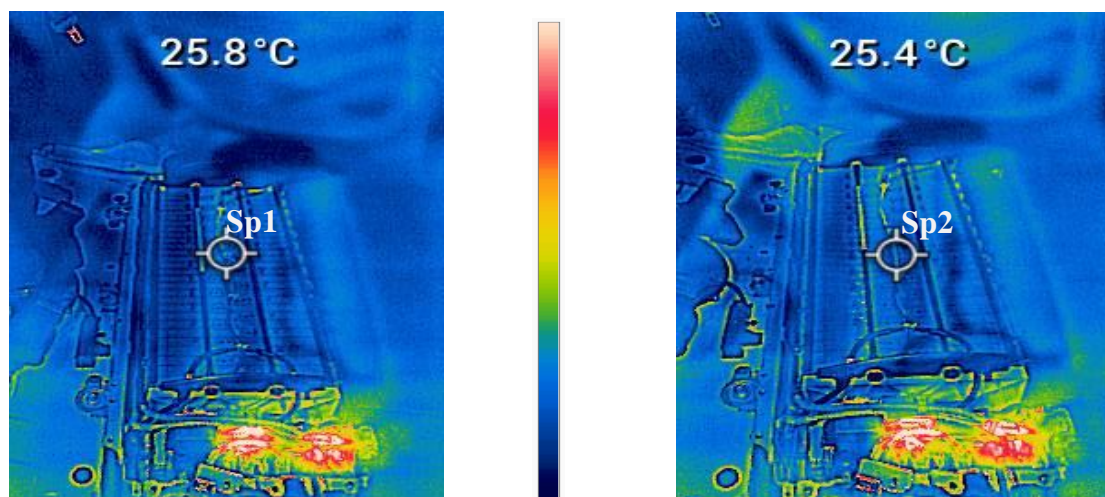
**Nota:** Una vez realizado la inspección por el método de termografía pasiva y directa, se observa firma térmica #294 obtenida en prueba 4 en el ciclo de carga, se obtuvo una temperatura promedio de 22,7°C (Sp2) y es comparada con la temperatura promedio de la firma patrón de 25,8°C (Sp1), obteniendo un delta de temperatura de 3,1°C en la parte superior de la batería de alto voltaje. Además, se puede observar la tendencia térmica en firma térmica #294 que tiene a una escala de color un poco cálido en la parte superior derecha de la batería con respecto a la firma patrón que tiene una tonalidad fría en casi toda la imagen.

Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA,

O/S: Temperatura Over Similar – O/A: Temperatura Over/Ambient

Diferencial de temperatura	Clasificación	Condición
1°C – 10°C O/A y $\Delta t < 3^\circ\text{C}$ O/S	En buen estado	Bueno
11°C–20°C O/A y 3°C a 15°C O/S	Probable deficiencia	Aceptable
21°C–40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia	Insatisfactoria
>40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia mayor	Peligrosa

<b>Institución:</b>	Universidad Politécnica Salesiana	<b>Hoja:</b>	39 de 50
<b>Ubicación:</b>	Laboratorio Híbrido	<b>Fecha:</b>	03/06/2023
<b>Equipo y Elemento:</b>	Vehículo Híbrido – Batería de Alto Voltaje NiMH	<b>Paleta:</b>	Arcoíris
<b>Tipo de Inspección:</b>	Termografía Directa, Pasiva y Cualitativa	<b>Cámara IR:</b>	Flir TG297
<b>Firma Patrón</b>		<b>Firma térmica #297</b>	
<b>Tamb / Hr:</b> 29°C/71%		<b>Tamb / Hr:</b> 29°C / 71%	



### Análisis Térmico

Clasificación de Falla	
$\Delta t$ o/A	0°C
$\Delta t$ o/s	0,4°C
Condición	Bueno
Ciclo	Carga

Ítems	Valor
Emisividad	0,95
Distancia	< 1m (0,80 cm)
Sp1	25,8°C
Sp2	25,4°C

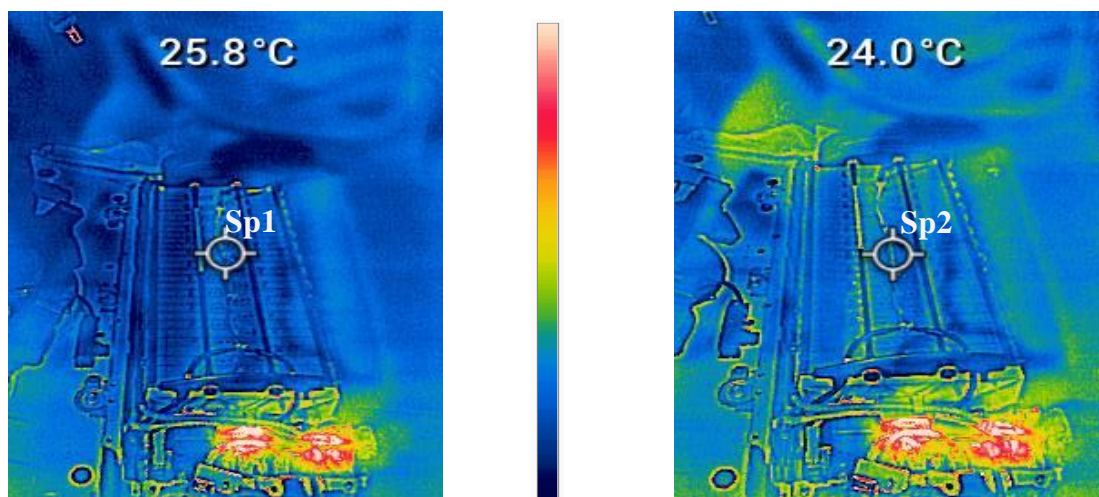
**Nota:** Una vez realizado la inspección por el método de termografía pasiva y directa, se observa firma térmica #297 obtenida en prueba 4 en el ciclo de carga, se obtuvo una temperatura promedio de 25,4°C (Sp2) y es comparada con la temperatura promedio de la firma patrón de 25,8°C (Sp1), obteniendo un delta de temperatura de 0,4°C en la parte superior de la batería de alto voltaje. Además, se puede observar la tendencia térmica en firma térmica #297 que tiene a una escala de color un poco cálido en la parte superior derecha de la batería con respecto a la firma patrón que tiene una tonalidad fría en casi toda la imagen.

Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA,

O/S: Temperatura Over Similar – O/A: Temperatura Over/Ambient

Diferencial de temperatura	Clasificación	Condición
1°C – 10°C O/A ó < 3°C O/S	En buen estado	Bueno
11°C–20°C O/A y 3°C a 15°C O/S	Probable deficiencia	Aceptable
21°C–40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia	Insatisfactoria
>40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia mayor	Peligrosa

<b>Institución:</b>	Universidad Politécnica Salesiana	<b>Hoja:</b>	40 de 50
<b>Ubicación:</b>	Laboratorio Híbrido	<b>Fecha:</b>	03/06/2023
<b>Equipo y Elemento:</b>	Vehículo Híbrido – Batería de Alto Voltaje NiMH	<b>Paleta:</b>	Arcoíris
<b>Tipo de Inspección:</b>	Termografía Directa, Pasiva y Cualitativa	<b>Cámara IR:</b>	Flir TG297
<b>Firma Patrón</b>		<b>Firma térmica #304</b>	
Tamb / Hr: 29°C/71%		Tamb / Hr: 29°C / 71%	



### Análisis Térmico

Clasificación de Falla	
$\Delta t$ o/A	0°C
$\Delta t$ o/s	1,8°C
Condición	Bueno
Ciclo	Carga

Ítems	Valor
Emisividad	0,95
Distancia	< 1m (0,80 cm)
Sp1	25,8°C
Sp2	24,0°C

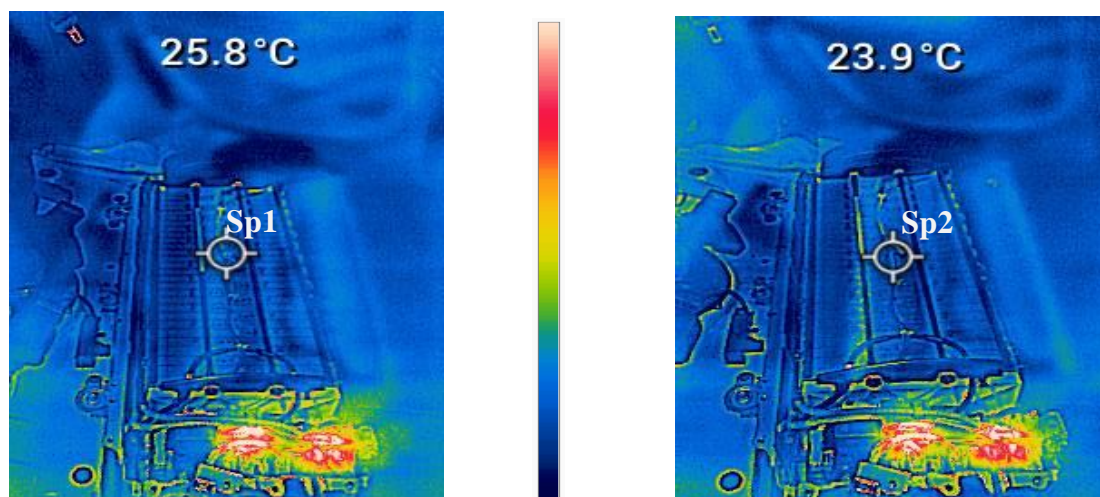
**Nota:** Una vez realizado la inspección por el método de termografía pasiva y directa, se observa firma térmica #304 obtenida en prueba 4 en el ciclo de carga, se obtuvo una temperatura promedio de 24,0°C (Sp2) y es comparada con la temperatura promedio de la firma patrón de 25,8°C (Sp1), obteniendo un delta de temperatura de 1,8°C en la parte superior de la batería de alto voltaje. Además, se puede observar la tendencia térmica en firma térmica #304 que tiene a una escala de color un poco cálido en diferentes áreas de la batería con respecto a la firma patrón que tiene una tonalidad fría en casi toda la imagen.

Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA,

O/S: Temperatura Over Similar – O/A: Temperatura Over/Ambient

Diferencial de temperatura	Clasificación	Condición
1°C – 10°C O/A ó < 3°C O/S	En buen estado	Bueno
11°C–20°C O/A y 3°C a 15°C O/S	Probable deficiencia	Aceptable
21°C–40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia	Insatisfactoria
>40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia mayor	Peligrosa

<b>Institución:</b>	Universidad Politécnica Salesiana	<b>Hoja:</b>	41 de 50
<b>Ubicación:</b>	Laboratorio Híbrido	<b>Fecha:</b>	03/06/2023
<b>Equipo y Elemento:</b>	Vehículo Híbrido – Batería de Alto Voltaje NiMH	<b>Paleta:</b>	Arcoíris
<b>Tipo de Inspección:</b>	Termografía Directa, Pasiva y Cualitativa	<b>Cámara IR:</b>	Flir TG297
<b>Firma Patrón</b>		<b>Firma térmica #313</b>	
<b>Tamb / Hr:</b> 29°C/71%		<b>Tamb / Hr:</b> 29°C / 71%	



### Análisis Térmico

Clasificación de Falla	
$\Delta t$ o/A	0°C
$\Delta t$ o/s	1,9°C
Condición	Bueno
Ciclo	Carga

Ítems	Valor
Emisividad	0,95
Distancia	< 1m (0,80 cm)
Sp1	25,8°C
Sp2	23,9°C

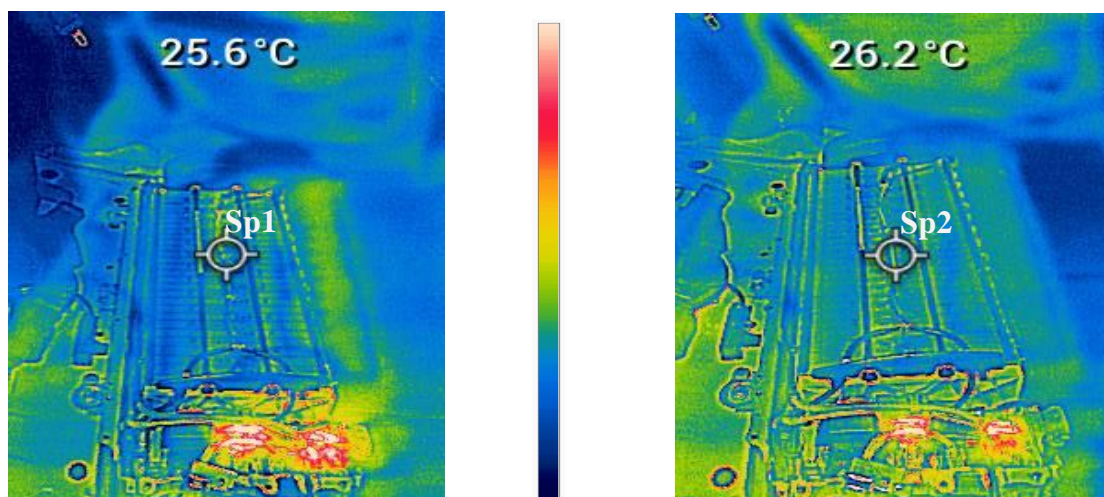
**Nota:** Una vez realizado la inspección por el método de termografía pasiva y directa, se observa firma térmica #313 obtenida en prueba 4 en el ciclo de carga, se obtuvo una temperatura promedio de 23,9°C (Sp2) y es comparada con la temperatura promedio de la firma patrón de 25,8°C (Sp1), obteniendo un delta de temperatura de 1,9°C en la parte superior de la batería de alto voltaje. Además, se puede observar la tendencia térmica de ambas imágenes que casi en su totalidad comparte la misma escala de color, solo que en firma térmica #313 tiene a una ligera diferencia en pequeñas zonas con una tonalidad un poco cálido con respecto a la firma patrón.

Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA,

O/S: Temperatura Over Similar – O/A: Temperatura Over/Ambient

Diferencial de temperatura	Clasificación	Condición
1°C – 10°C O/A y < 3°C O/S	En buen estado	Bueno
11°C–20°C O/A y 3°C a 15°C O/S	Probable deficiencia	Aceptable
21°C–40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia	Insatisfactoria
>40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia mayor	Peligrosa

<b>Institución:</b>	Universidad Politécnica Salesiana	<b>Hoja:</b>	42 de 50
<b>Ubicación:</b>	Laboratorio Híbrido	<b>Fecha:</b>	04/07/2023
<b>Equipo y Elemento:</b>	Vehículo Híbrido – Batería de Alto Voltaje NiMH	<b>Paleta:</b>	Arcoíris
<b>Tipo de Inspección:</b>	Termografía Directa, Pasiva y Cualitativa	<b>Cámara IR:</b>	Flir TG297
<b>Firma Patrón</b>		<b>Firma térmica #319</b>	
<b>Tamb / Hr:</b> 29°C/71%		<b>Tamb / Hr:</b> 31°C / 65%	



### Análisis Térmico

Clasificación de Falla	
$\Delta t$ o/A	2°C
$\Delta t$ o/s	0,6°C
Condición	Bueno
Ciclo	Descarga

Ítems	Valor
Emisividad	0,95
Distancia	< 1m (0,80 cm)
Sp1	25,6°C
Sp2	26,2°C

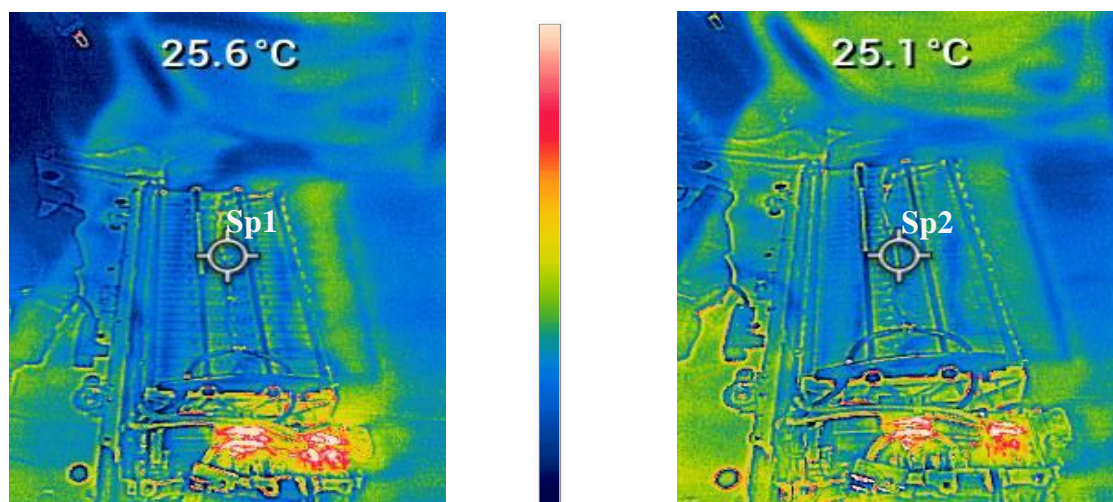
**Nota:** Una vez realizado la inspección por el método de termografía pasiva y directa, se observa firma térmica #319 obtenida en prueba 5 en el ciclo de descarga, se obtuvo una temperatura promedio de 26,2°C (Sp2) y es comparada con la temperatura promedio de la firma patrón de 25,6°C (Sp1), obteniendo un delta de temperatura de 0,6°C en la parte superior de la batería de alto voltaje. Además, se puede observar la tendencia térmica de la firma térmica #319 que tiene una tonalidad ligeramente cálida en diferentes áreas con respecto a la firma patrón.

Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA,

O/S: Temperatura Over Similar – O/A: Temperatura Over/Ambient

Diferencial de temperatura	Clasificación	Condición
1°C – 10°C O/A y $\Delta t < 3^\circ\text{C}$ O/S	En buen estado	Bueno
11°C–20°C O/A y 3°C a 15°C O/S	Probable deficiencia	Aceptable
21°C–40°C O/A y $>15^\circ\text{C}$ O/S	Deficiencia	Insatisfactoria
$>40^\circ\text{C}$ O/A y $>15^\circ\text{C}$ O/S	Deficiencia mayor	Peligrosa

<b>Institución:</b>	Universidad Politécnica Salesiana	<b>Hoja:</b>	43 de 50
<b>Ubicación:</b>	Laboratorio Híbrido	<b>Fecha:</b>	04/07/2023
<b>Equipo y Elemento:</b>	Vehículo Híbrido – Batería de Alto Voltaje NiMH	<b>Paleta:</b>	Arcoíris
<b>Tipo de Inspección:</b>	Termografía Directa, Pasiva y Cualitativa	<b>Cámara IR:</b>	Flir TG297
<b>Firma Patrón</b>		<b>Firma térmica #325</b>	
Tamb / Hr: 29°C/71%		Tamb / Hr: 31°C / 65%	



### Análisis Térmico

Clasificación de Falla	
$\Delta t$ o/A	2°C
$\Delta t$ o/s	0,5°C
Condición	Bueno
Ciclo	Descarga

Ítems	Valor
Emisividad	0,95
Distancia	< 1m (0,80 cm)
Sp1	25,6°C
Sp2	25,1°C

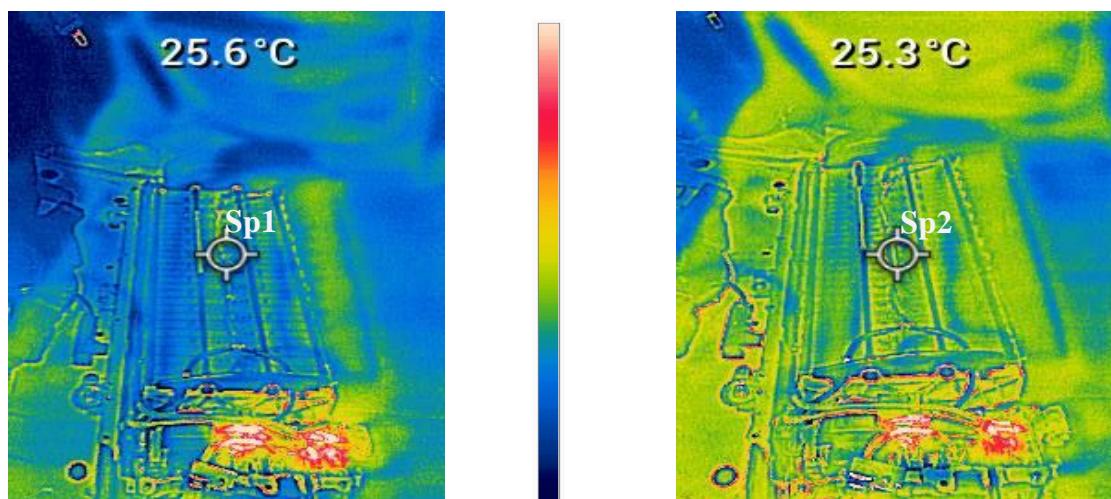
**Nota:** Una vez realizado la inspección por el método de termografía pasiva y directa, se observa firma térmica #325 obtenida en prueba 5 en el ciclo de descarga, se obtuvo una temperatura promedio de 25,1°C (Sp2) y es comparada con la temperatura promedio de la firma patrón de 25,6°C (Sp1), obteniendo un delta de temperatura de 0,5°C en la parte superior de la batería de alto voltaje. Además, se puede observar la tendencia térmica de la firma térmica #325 que tiene una tonalidad ligeramente cálida en diferentes áreas con respecto a la firma patrón.

Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA,

O/S: Temperatura Over Similar – O/A: Temperatura Over/Ambient

Diferencial de temperatura	Clasificación	Condición
1°C – 10°C O/A y $\Delta t < 3^\circ\text{C}$ O/S	En buen estado	Bueno
11°C – 20°C O/A y 3°C a 15°C O/S	Probable deficiencia	Aceptable
21°C – 40°C O/A y $> 15^\circ\text{C}$ O/S	Deficiencia	Insatisfactoria
$> 40^\circ\text{C}$ O/A y $> 15^\circ\text{C}$ O/S	Deficiencia mayor	Peligrosa

<b>Institución:</b>	Universidad Politécnica Salesiana	<b>Hoja:</b>	44 de 50
<b>Ubicación:</b>	Laboratorio Híbrido	<b>Fecha:</b>	04/07/2023
<b>Equipo y Elemento:</b>	Vehículo Híbrido – Batería de Alto Voltaje NiMH	<b>Paleta:</b>	Arcoíris
<b>Tipo de Inspección:</b>	Termografía Directa, Pasiva y Cualitativa	<b>Cámara IR:</b>	Flir TG297
<b>Firma Patrón</b>		<b>Firma térmica #328</b>	
Tamb / Hr: 29°C/71%		Tamb / Hr: 31°C / 65%	



### Análisis Térmico

Clasificación de Falla	
$\Delta t$ o/A	2°C
$\Delta t$ o/s	0,3°C
Condición	Bueno
Ciclo	Descarga

Ítems	Valor
Emisividad	0,95
Distancia	< 1m (0,80 cm)
Sp1	25,6°C
Sp2	25,3°C

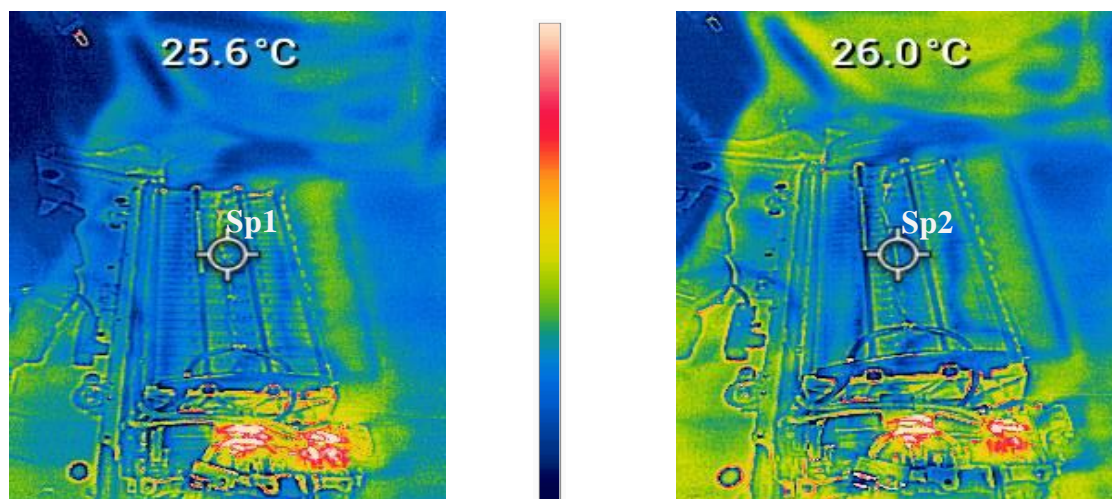
**Nota:** Una vez realizado la inspección por el método de termografía pasiva y directa, se observa firma térmica #328 obtenida en prueba 5 en el ciclo de descarga, se obtuvo una temperatura promedio de 25,3°C (Sp2) y es comparada con la temperatura promedio de la firma patrón de 25,6°C (Sp1), obteniendo un delta de temperatura de 0,3°C en la parte superior de la batería de alto voltaje. Además, se puede observar la tendencia térmica de la firma térmica #328 que tiene una tonalidad más cálida con respecto a la firma patrón.

Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA,

O/S: Temperatura Over Similar – O/A: Temperatura Over/Ambient

Diferencial de temperatura	Clasificación	Condición
1°C – 10°C O/A y $\leq$ 3°C O/S	En buen estado	Bueno
11°C – 20°C O/A y 3°C a 15°C O/S	Probable deficiencia	Aceptable
21°C – 40°C O/A y > 15°C O/S	Deficiencia	Insatisfactoria
> 40°C O/A y > 15°C O/S	Deficiencia mayor	Peligrosa

<b>Institución:</b>	Universidad Politécnica Salesiana	<b>Hoja:</b>	45 de 50
<b>Ubicación:</b>	Laboratorio Híbrido	<b>Fecha:</b>	04/07/2023
<b>Equipo y Elemento:</b>	Vehículo Híbrido – Batería de Alto Voltaje NiMH	<b>Paleta:</b>	Arcoíris
<b>Tipo de Inspección:</b>	Termografía Directa, Pasiva y Cualitativa	<b>Cámara IR:</b>	Flir TG297
<b>Firma Patrón</b>		<b>Firma térmica #341</b>	
Tamb / Hr: 29°C/71%		Tamb / Hr: 31°C / 65%	



### Análisis Térmico

Clasificación de Falla	
$\Delta t$ o/A	2°C
$\Delta t$ o/s	0,4°C
Condición	Bueno
Ciclo	Descarga

Ítems	Valor
Emisividad	0,95
Distancia	< 1m (0,80 cm)
Sp1	25,6°C
Sp2	26,0°C

**Nota:** Una vez realizado la inspección por el método de termografía pasiva y directa, se observa firma térmica #341 obtenida en prueba 5 en el ciclo de descarga, se obtuvo una temperatura promedio de 26,0°C (Sp2) y es comparada con la temperatura promedio de la firma patrón de 25,6°C (Sp1), obteniendo un delta de temperatura de 0,4°C en la parte superior de la batería de alto voltaje. Además, se puede observar la tendencia térmica de la firma térmica #341 que tiene una tonalidad más cálida con respecto a la firma patrón.

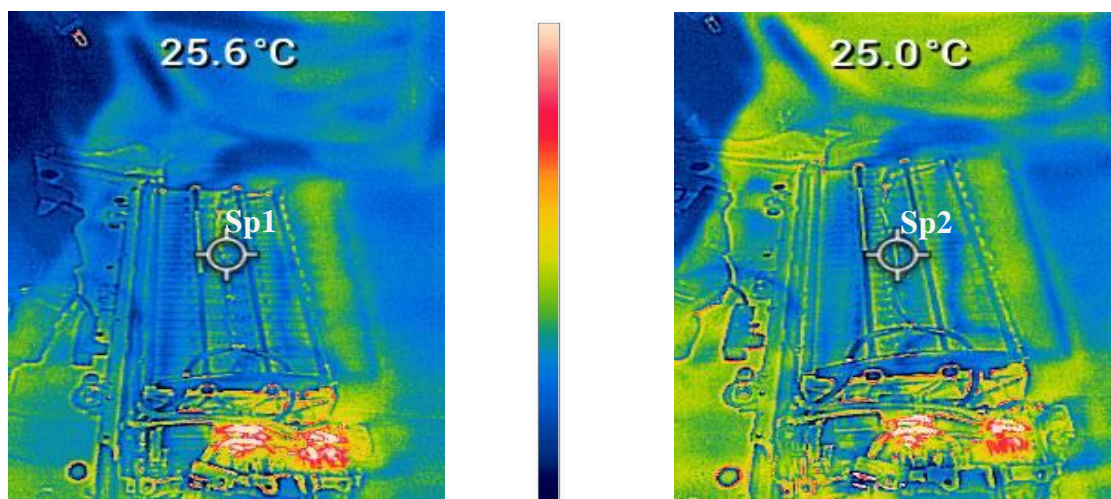
Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA,

O/S: Temperatura Over Similar – O/A: Temperatura Over/Ambient

Diferencial de temperatura	Clasificación	Condición
1°C – 10°C O/A y $\leq$ 3°C O/S	En buen estado	Bueno
11°C–20°C O/A y 3°C a 15°C O/S	Probable deficiencia	Aceptable
21°C–40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia	Insatisfactoria
>40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia mayor	Peligrosa

<b>Institución:</b>	Universidad Politécnica Salesiana	<b>Hoja:</b>	46 de 50
<b>Ubicación:</b>	Laboratorio Híbrido	<b>Fecha:</b>	04/07/2023
<b>Equipo y Elemento:</b>	Vehículo Híbrido – Batería de Alto Voltaje NiMH	<b>Paleta:</b>	Arcoíris
<b>Tipo de Inspección:</b>	Termografía Directa, Pasiva y Cualitativa	<b>Cámara IR:</b>	Flir TG297
<b>Firma Patrón</b>		<b>Firma térmica #345</b>	
Tamb / Hr: 29°C/71%		Tamb / Hr: 31°C / 65%	





### Análisis Térmico

Clasificación de Falla	
$\Delta t$ o/A	2°C
$\Delta t$ o/s	0,6°C
Condición	Bueno
Ciclo	Descarga

Ítems	Valor
Emisividad	0,95
Distancia	< 1m (0,80 cm)
Sp1	25,6°C
Sp2	25,0°C

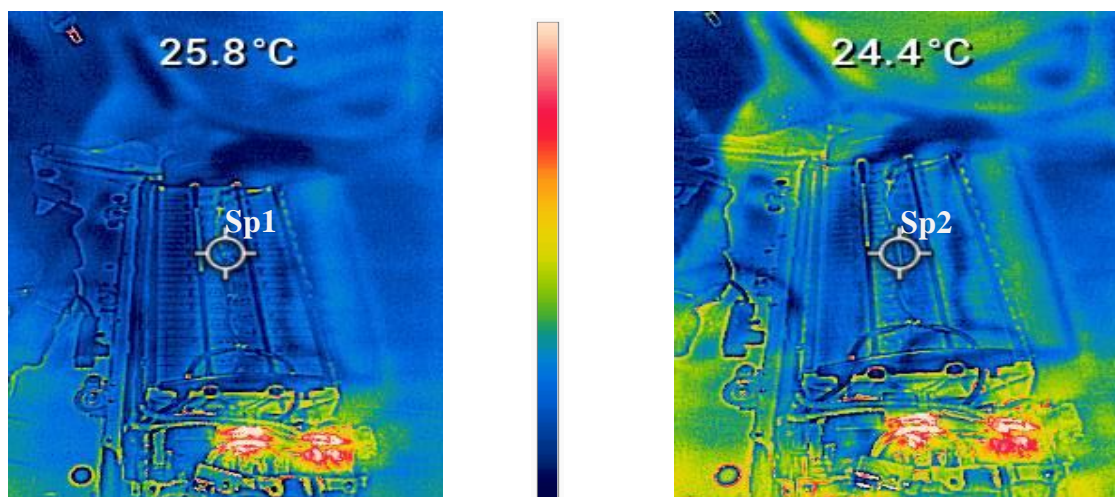
**Nota:** Una vez realizado la inspección por el método de termografía pasiva y directa, se observa firma térmica #345 obtenida en prueba 5 en el ciclo de descarga, se obtuvo una temperatura promedio de 25,0°C (Sp2) y es comparada con la temperatura promedio de la firma patrón de 25,6°C (Sp1), obteniendo un delta de temperatura de 0,6°C en la parte superior de la batería de alto voltaje. Además, se puede observar la tendencia térmica de la firma térmica #345 que tiene una tonalidad más cálida con respecto a la firma patrón.

Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA,

O/S: Temperatura Over Similar – O/A: Temperatura Over/Ambient

Diferencial de temperatura	Clasificación	Condición
1°C – 10°C O/A y $\Delta t < 3^\circ\text{C}$ O/S	En buen estado	Bueno
11°C–20°C O/A y 3°C a 15°C O/S	Probable deficiencia	Aceptable
21°C–40°C O/A y $>15^\circ\text{C}$ O/S	Deficiencia	Insatisfactoria
$>40^\circ\text{C}$ O/A y $>15^\circ\text{C}$ O/S	Deficiencia mayor	Peligrosa

<b>Institución:</b>	Universidad Politécnica Salesiana	<b>Hoja:</b>	47 de 50
<b>Ubicación:</b>	Laboratorio Híbrido	<b>Fecha:</b>	04/06/2023
<b>Equipo y Elemento:</b>	Vehículo Híbrido – Batería de Alto Voltaje NiMH	<b>Paleta:</b>	Arcoíris
<b>Tipo de Inspección:</b>	Termografía Directa, Pasiva y Cualitativa	<b>Cámara IR:</b>	Flir TG297
<b>Firma Patrón</b>		<b>Firma térmica #378</b>	
Tamb / Hr: 29°C/71%		Tamb / Hr: 31°C / 65%	



### Análisis Térmico

Clasificación de Falla	
$\Delta t$ o/A	2°C
$\Delta t$ o/s	1,4°C
Condición	Bueno
Ciclo	Carga

Ítems	Valor
Emisividad	0,95
Distancia	< 1m (0,80 cm)
Sp1	25,8°C
Sp2	24,4°C

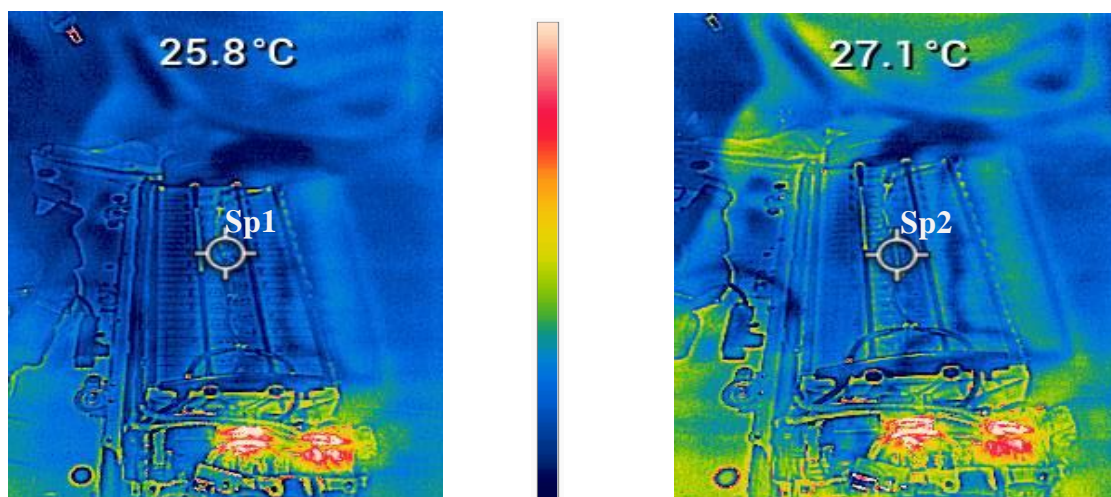
**Nota:** Una vez realizado la inspección por el método de termografía pasiva y directa, se observa firma térmica #378 obtenida en prueba 5 en el ciclo de carga, se obtuvo una temperatura promedio de 24,4°C (Sp2) y es comparada con la temperatura promedio de la firma patrón de 25,8°C (Sp1), obteniendo un delta de temperatura de 1,4°C en la parte superior de la batería de alto voltaje. Además, se puede observar la tendencia térmica firma térmica #378 tiene a una ligera diferencia en pequeñas zonas de la batería con una tonalidad un poco cálido con respecto a la firma patrón.

Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA,

O/S: Temperatura Over Similar – O/A: Temperatura Over/Ambient

Diferencial de temperatura	Clasificación	Condición
1°C – 10°C O/A y $\leq$ 3°C O/S	En buen estado	Bueno
11°C–20°C O/A y 3°C a 15°C O/S	Probable deficiencia	Aceptable
21°C–40°C O/A y $>$ 15°C O/S	Deficiencia	Insatisfactoria
$>$ 40°C O/A y $>$ 15°C O/S	Deficiencia mayor	Peligrosa

<b>Institución:</b>	Universidad Politécnica Salesiana	<b>Hoja:</b>	48 de 50
<b>Ubicación:</b>	Laboratorio Híbrido	<b>Fecha:</b>	04/06/2023
<b>Equipo y Elemento:</b>	Vehículo Híbrido – Batería de Alto Voltaje NiMH	<b>Paleta:</b>	Arcoiris
<b>Tipo de Inspección:</b>	Termografía Directa, Pasiva y Cualitativa	<b>Cámara IR:</b>	Flir TG297
<b>Firma Patrón</b>		<b>Firma térmica #381</b>	
<b>Tamb / Hr:</b> 29°C/71%		<b>Tamb / Hr:</b> 31°C / 65%	



### Análisis Térmico

Clasificación de Falla	
$\Delta t$ o/A	2°C
$\Delta t$ o/s	1,3°C
Condición	Bueno
Ciclo	Carga

Ítems	Valor
Emisividad	0,95
Distancia	< 1m (0,80 cm)
Sp1	25,8°C
Sp2	27,1°C

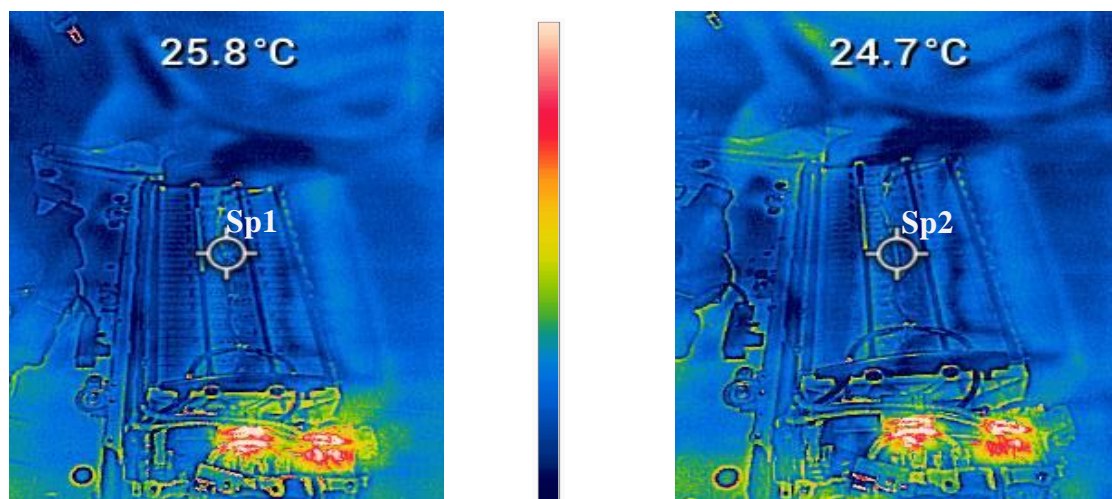
**Nota:** Una vez realizado la inspección por el método de termografía pasiva y directa, se observa firma térmica #381 obtenida en prueba 5 en el ciclo de carga, se obtuvo una temperatura promedio de 27,1°C (Sp2) y es comparada con la temperatura promedio de la firma patrón de 25,8°C (Sp1), obteniendo un delta de temperatura de 1,3°C en la parte superior de la batería de alto voltaje. Además, se puede observar la tendencia térmica firma térmica #381 tiene a una ligera diferencia en pequeñas zonas de la batería con una tonalidad un poco cálido con respecto a la firma patrón.

Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA,

O/S: Temperatura Over Similar – O/A: Temperatura Over/Ambient

Diferencial de temperatura	Clasificación	Condición
1°C – 10°C O/A y $\leq$ 3°C O/S	En buen estado	Bueno
11°C–20°C O/A y 3°C a 15°C O/S	Probable deficiencia	Aceptable
21°C–40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia	Insatisfactoria
>40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia mayor	Peligrosa

<b>Institución:</b>	Universidad Politécnica Salesiana	<b>Hoja:</b>	49 de 50
<b>Ubicación:</b>	Laboratorio Híbrido	<b>Fecha:</b>	04/06/2023
<b>Equipo y Elemento:</b>	Vehículo Híbrido – Batería de Alto Voltaje NiMH	<b>Paleta:</b>	Arcoíris
<b>Tipo de Inspección:</b>	Termografía Directa, Pasiva y Cualitativa	<b>Cámara IR:</b>	Flir TG297
<b>Firma Patrón</b>		<b>Firma térmica #387</b>	
<b>Tamb / Hr:</b> 29°C/71%		<b>Tamb / Hr:</b> 31°C / 65%	



### Análisis Térmico

Clasificación de Falla	
$\Delta t$ o/A	2°C
$\Delta t$ o/s	1,1°C
Condición	Bueno
Ciclo	Carga

Ítems	Valor
Emisividad	0,95
Distancia	< 1m (0,80 cm)
Sp1	25,8°C
Sp2	24,7°C

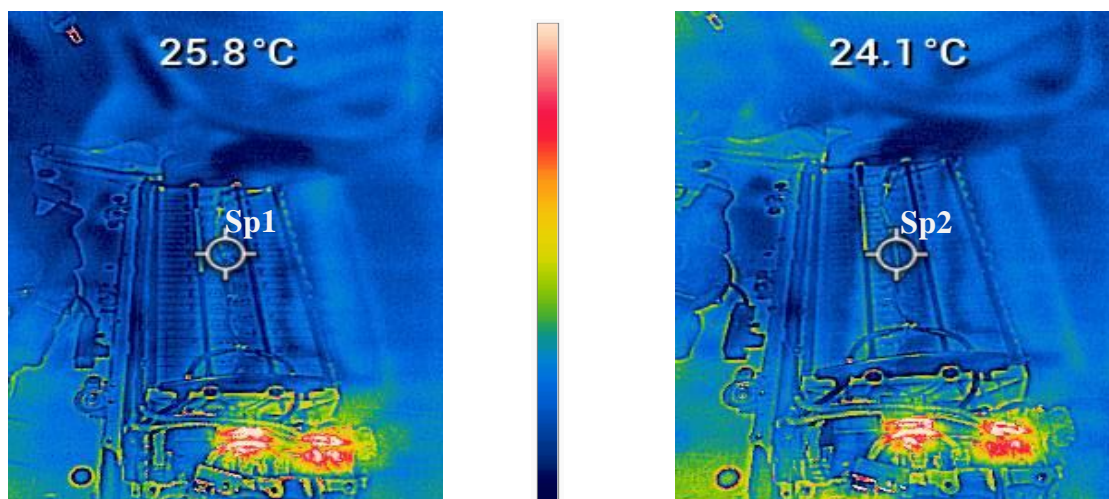
**Nota:** Una vez realizado la inspección por el método de termografía pasiva y directa, se observa firma térmica #387 obtenida en prueba 5 en el ciclo de carga, se obtuvo una temperatura promedio de 24,7°C (Sp2) y es comparada con la temperatura promedio de la firma patrón de 25,8°C (Sp1), obteniendo un delta de temperatura de 1,1°C en la parte superior de la batería de alto voltaje. Además, se puede observar la tendencia térmica de ambas imágenes que casi en su totalidad comparte la misma escala de color.

Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA,

O/S: Temperatura Over Similar – O/A: Temperatura Over/Ambient

Diferencial de temperatura	Clasificación	Condición
1°C – 10°C O/A y < 3°C O/S	En buen estado	Bueno
11°C–20°C O/A y 3°C a 15°C O/S	Probable deficiencia	Aceptable
21°C–40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia	Insatisfactoria
>40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia mayor	Peligrosa

<b>Institución:</b>	Universidad Politécnica Salesiana	<b>Hoja:</b>	50 de 50
<b>Ubicación:</b>	Laboratorio Híbrido	<b>Fecha:</b>	04/06/2023
<b>Equipo y Elemento:</b>	Vehículo Híbrido – Batería de Alto Voltaje NiMH	<b>Paleta:</b>	Arcoíris
<b>Tipo de Inspección:</b>	Termografía Directa, Pasiva y Cualitativa	<b>Cámara IR:</b>	Flir TG297
<b>Firma Patrón</b>		<b>Firma térmica #399</b>	
<b>Tamb / Hr:</b> 29°C/71%		<b>Tamb / Hr:</b> 31°C / 65%	



### Análisis Térmico

Clasificación de Falla	
$\Delta t$ o/A	2°C
$\Delta t$ o/s	1,7°C
Condición	Bueno
Ciclo	Carga

Ítems	Valor
Emisividad	0,95
Distancia	< 1m (0,80 cm)
Sp1	25,8°C
Sp2	24,1°C

**Nota:** Una vez realizado la inspección por el método de termografía pasiva y directa, se observa firma térmica #399 obtenida en prueba 5 en el ciclo de carga, se obtuvo una temperatura promedio de 24,1°C (Sp2) y es comparada con la temperatura promedio de la firma patrón de 25,8°C (Sp1), obteniendo un delta de temperatura de 1,7°C en la parte superior de la batería de alto voltaje. Además, se puede observar la tendencia térmica de ambas imágenes que casi en su totalidad comparte la misma escala de color.

Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA,

O/S: Temperatura Over Similar – O/A: Temperatura Over/Ambient

Diferencial de temperatura	Clasificación	Condición
1°C – 10°C O/A y $\leq$ 3°C O/S	En buen estado	Bueno
11°C–20°C O/A y 3°C a 15°C O/S	Probable deficiencia	Aceptable
21°C–40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia	Insatisfactoria
>40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia mayor	Peligrosa

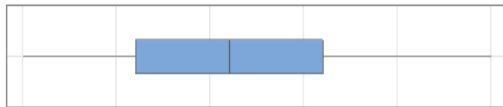
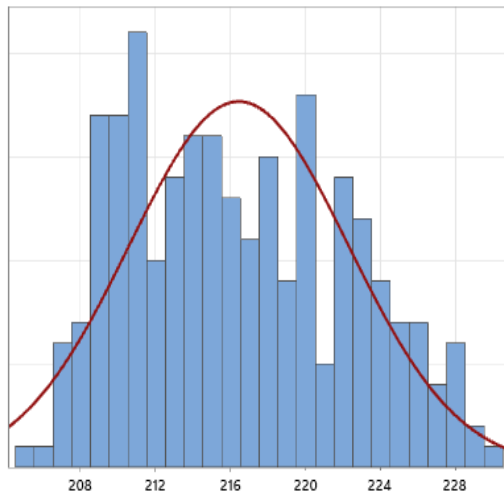
## Anexo 6. Resultados

Prueba de estadístico descriptivos de la muestra total de los datos obtenidos de cada variable de respuesta.

Variables Parámetros	Temperatura (°C)	Voltaje (V)	Corriente (A)
N	401	401	401
Media	25,269	220,54	8,666
Error estándar de la media	0,0785	0,401	0,189
Desv. Estándar	1,573	8,03	3,781
Varianza	2,474	64,51	14,295
Coef. Variación	6,22	3,64	43,63
Mediana	25,1	220	6,400

Rango	9,5	33	18,900
Moda	24,5	220	5,9
Asimetría	0,37	0,18	0,54
Curtosis	-0,09	-1	-0,87

## Informe de resumen de Des: Voltaje (V)



### Prueba de normalidad de Anderson-Darling

A-cuadrado	2,66
Valor p	<0,005
Media	216,41
Desv.Est.	5,85
Varianza	34,22
Asimetría	0,278889
Curtosis	-0,911293
N	259
Mínimo	205,00
1er cuartil	211,00
Mediana	216,00
3er cuartil	221,00
Máximo	230,00

### Intervalo de confianza de 95% para la media

215,70      217,13

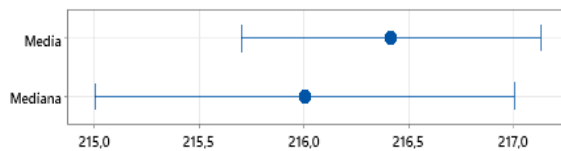
### Intervalo de confianza de 95% para la mediana

215,00      217,00

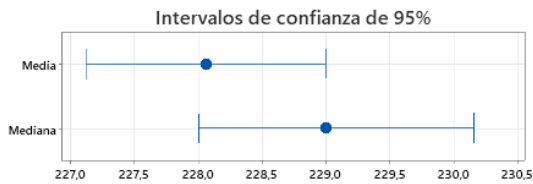
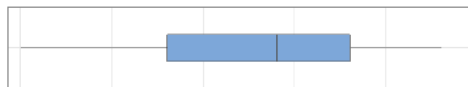
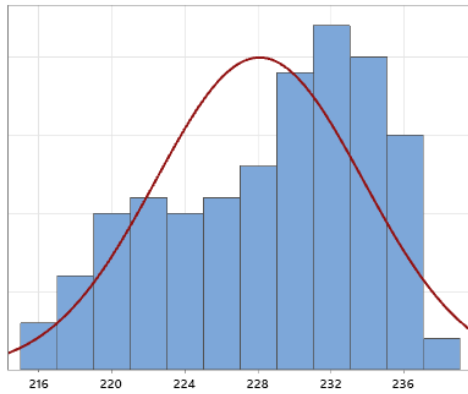
### Intervalo de confianza de 95% para la desviación estándar

5,39      6,40

### Intervalos de confianza de 95%



### Informe de resumen de Carg: Voltaje (V)



Prueba de normalidad de Anderson-Darling

A-cuadrado	2,40
Valor p	<0,005
Media	228,06
Desv.Est.	5,68
Varianza	32,21
Asimetría	-0,482988
Curtosis	-0,795921
N	142
Mínimo	215,00
1er cuartil	223,00
Mediana	229,00
3er cuartil	233,00
Máximo	238,00

Intervalo de confianza de 95% para la media

227,11      229,00

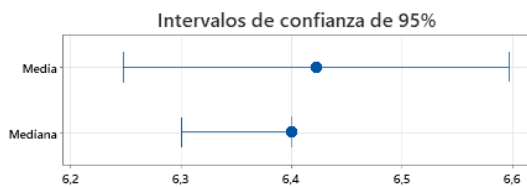
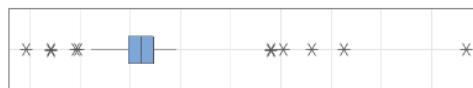
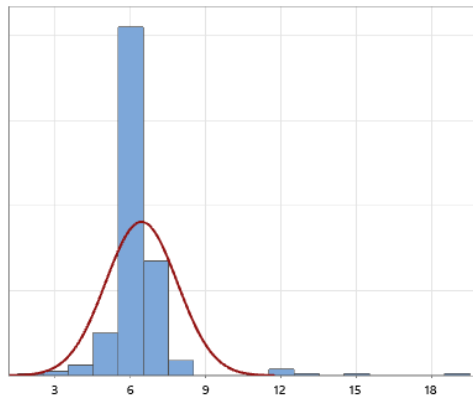
Intervalo de confianza de 95% para la mediana

228,00      230,15

Intervalo de confianza de 95% para la desviación estándar

5,08      6,42

### Informe de resumen de Des: Corriente (A)



Prueba de normalidad de Anderson-Darling

A-cuadrado	26,22
Valor p	<0,005
Media	6,4216
Desv.Est.	1,4271
Varianza	2,0366
Asimetría	4,3367
Curtosis	33,5497
N	259
Mínimo	1,8000
1er cuartil	5,9000
Mediana	6,4000
3er cuartil	6,9000
Máximo	19,4000

Intervalo de confianza de 95% para la media

6,2470      6,5962

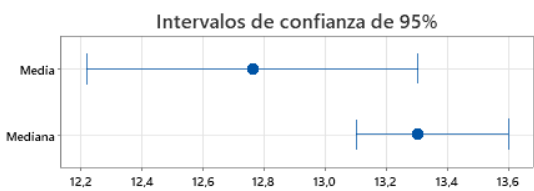
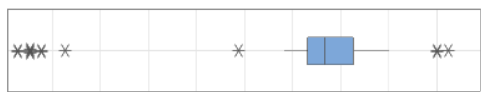
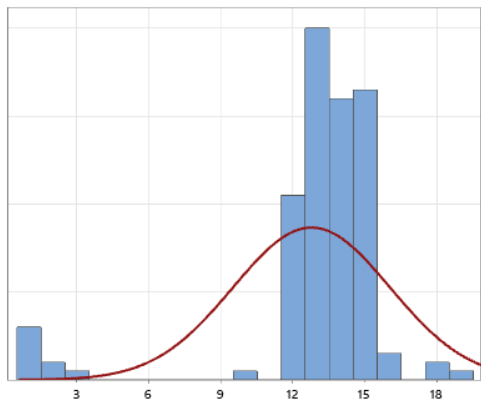
Intervalo de confianza de 95% para la mediana

6,3000      6,4000

Intervalo de confianza de 95% para la desviación estándar

1,3139      1,5618

### Informe de resumen de Carg: Corriente (A)



Prueba de normalidad de Anderson-Darling

A-cuadrado	18,43
Valor p	<0,005
Media	12,760
Desv.Est.	3,270
Varianza	10,694
Asimetría	-2,74254
Curtosis	7,82850
N	142

Mínimo	0,500
1er cuartil	12,600
Mediana	13,300
3er cuartil	14,500
Máximo	18,500

Intervalo de confianza de 95% para la media

12,217	13,302
--------	--------

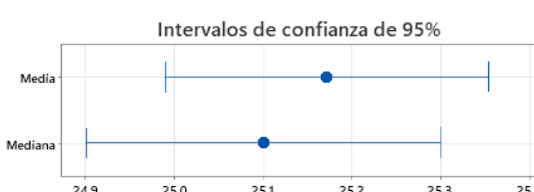
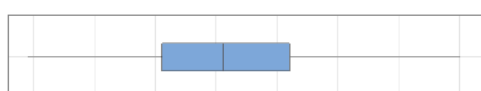
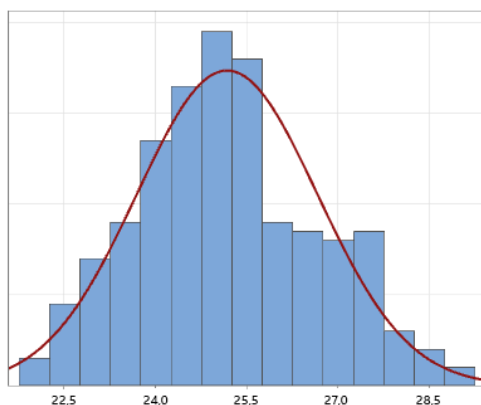
Intervalo de confianza de 95% para la mediana

13,100	13,600
--------	--------

Intervalo de confianza de 95% para la desviación estándar

2,929	3,702
-------	-------

### Informe de resumen de Des: Temperatura (°C)



Prueba de normalidad de Anderson-Darling

A-cuadrado	0,81
Valor p	0,036
Media	25,171
Desv.Est.	1,487
Varianza	2,213
Asimetría	0,232787
Curtosis	-0,427109
N	259

Mínimo	21,900
1er cuartil	24,100
Mediana	25,100
3er cuartil	26,200
Máximo	29,000

Intervalo de confianza de 95% para la media

24,989	25,353
--------	--------

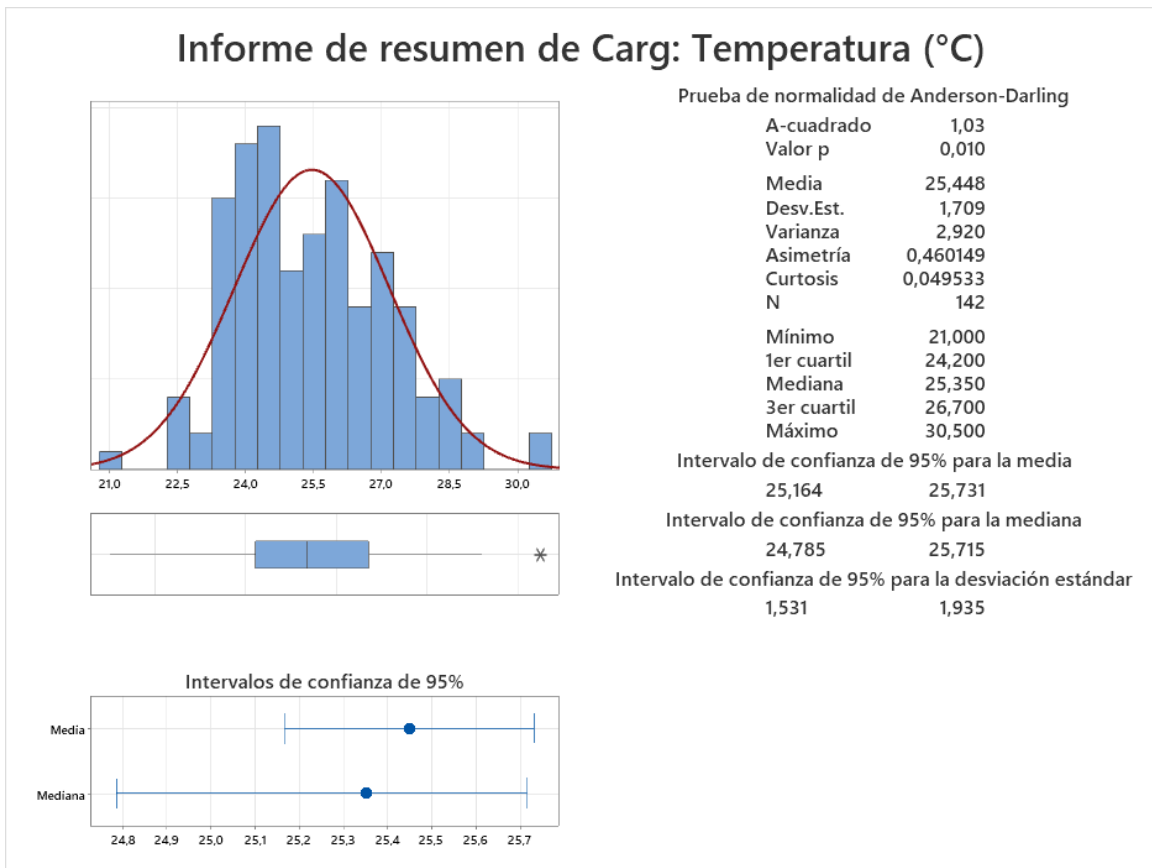
Intervalo de confianza de 95% para la mediana

24,900	25,300
--------	--------

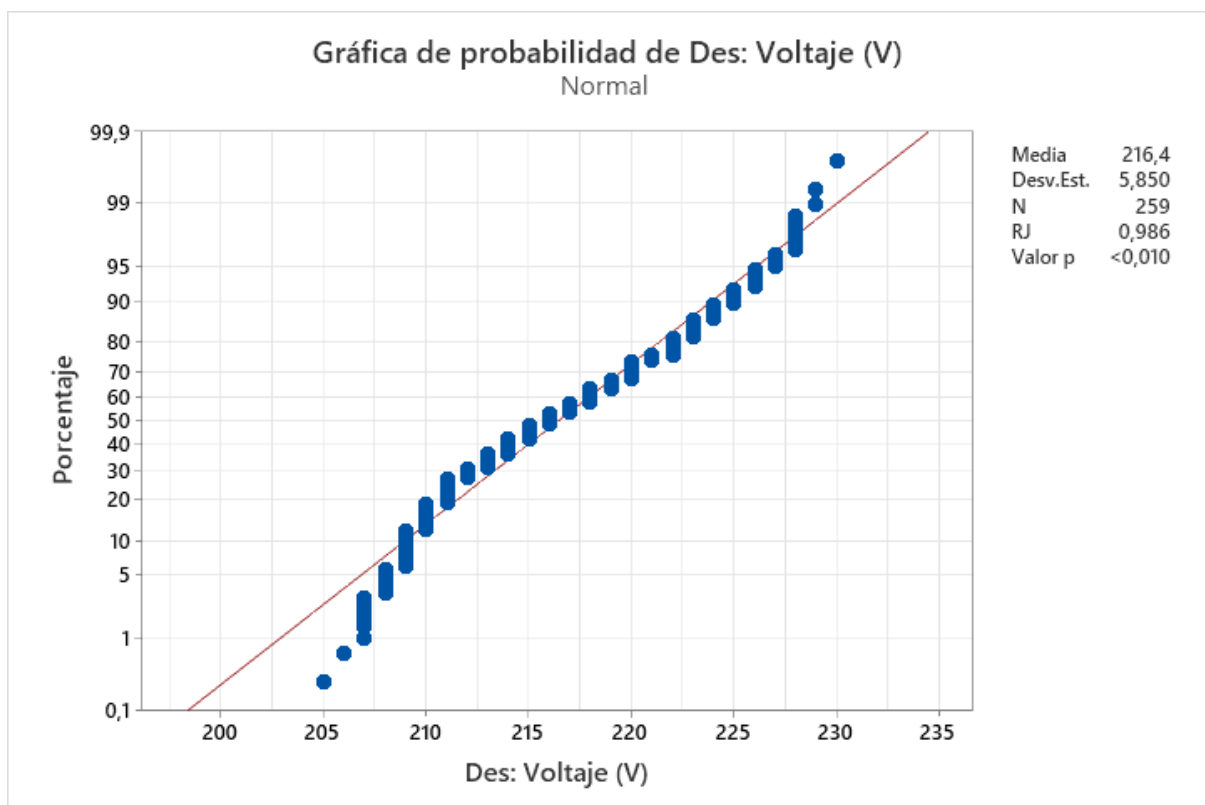
Intervalo de confianza de 95% para la desviación estándar

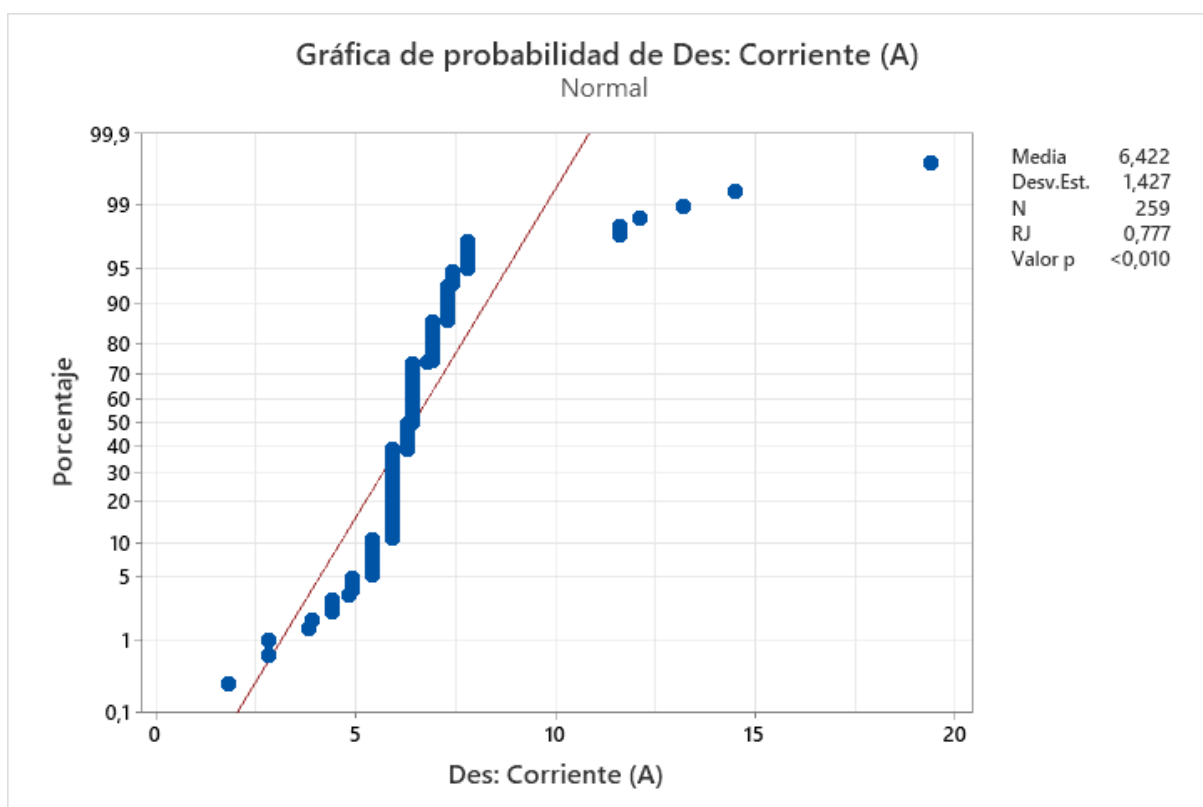
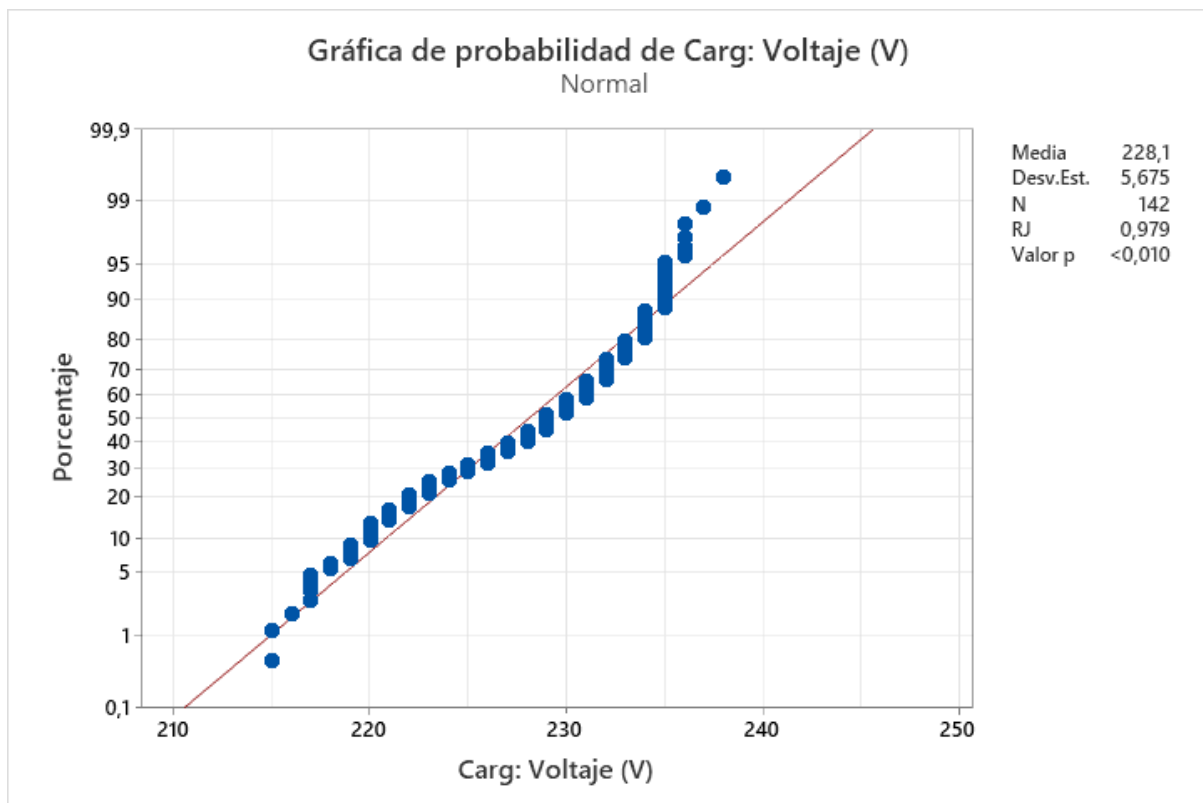
1,369	1,628
-------	-------

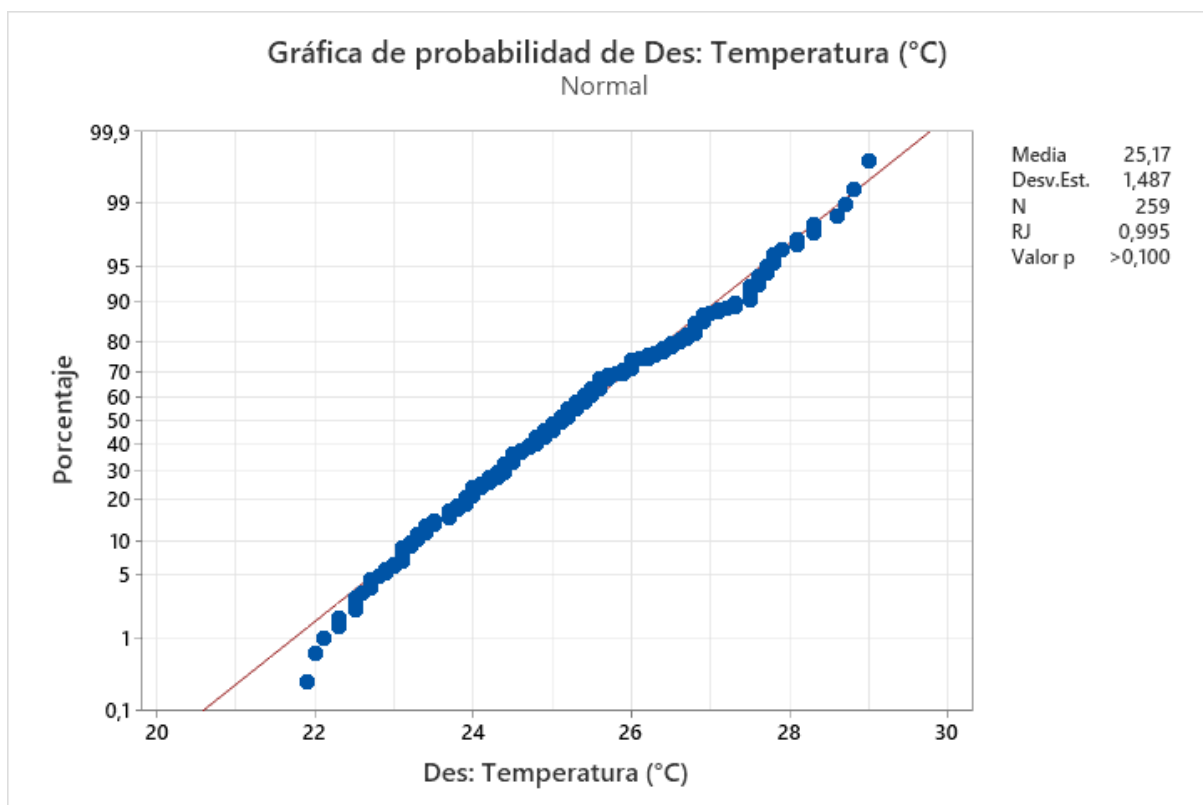
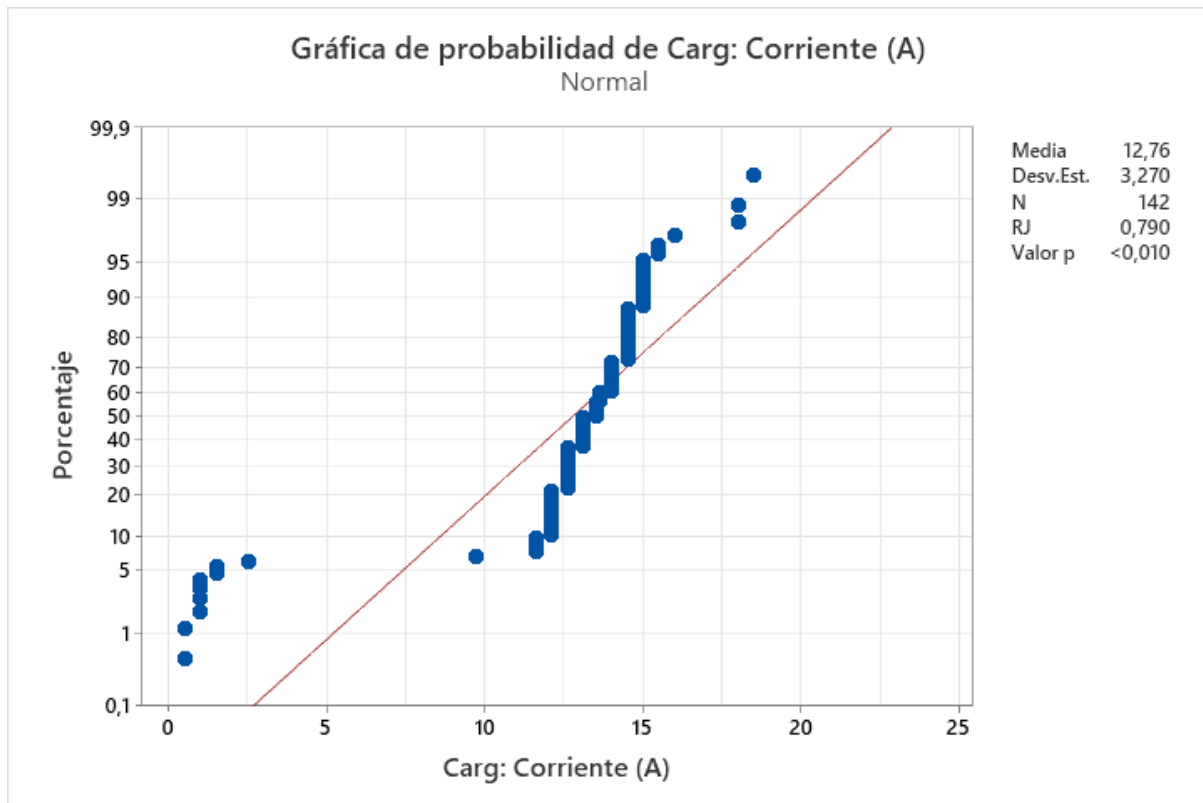


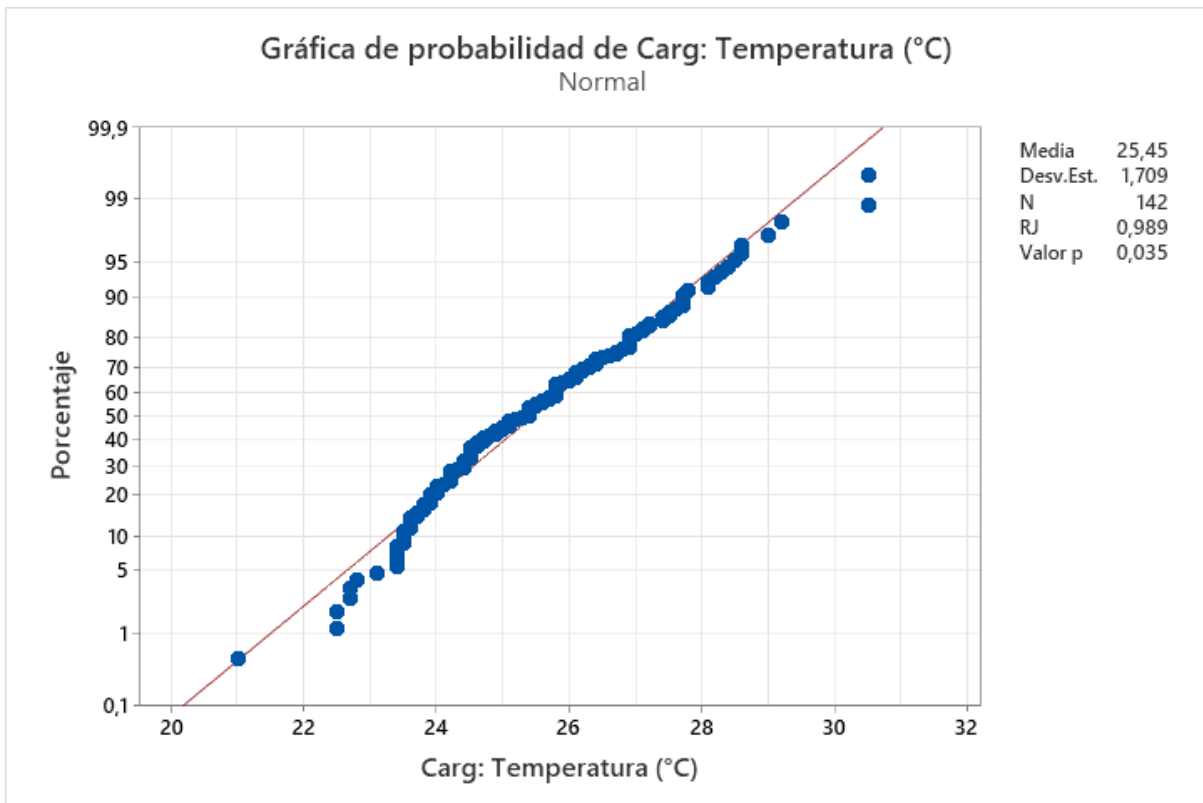


**Anexo 6.1. Resultados de la Prueba de Normalidad**

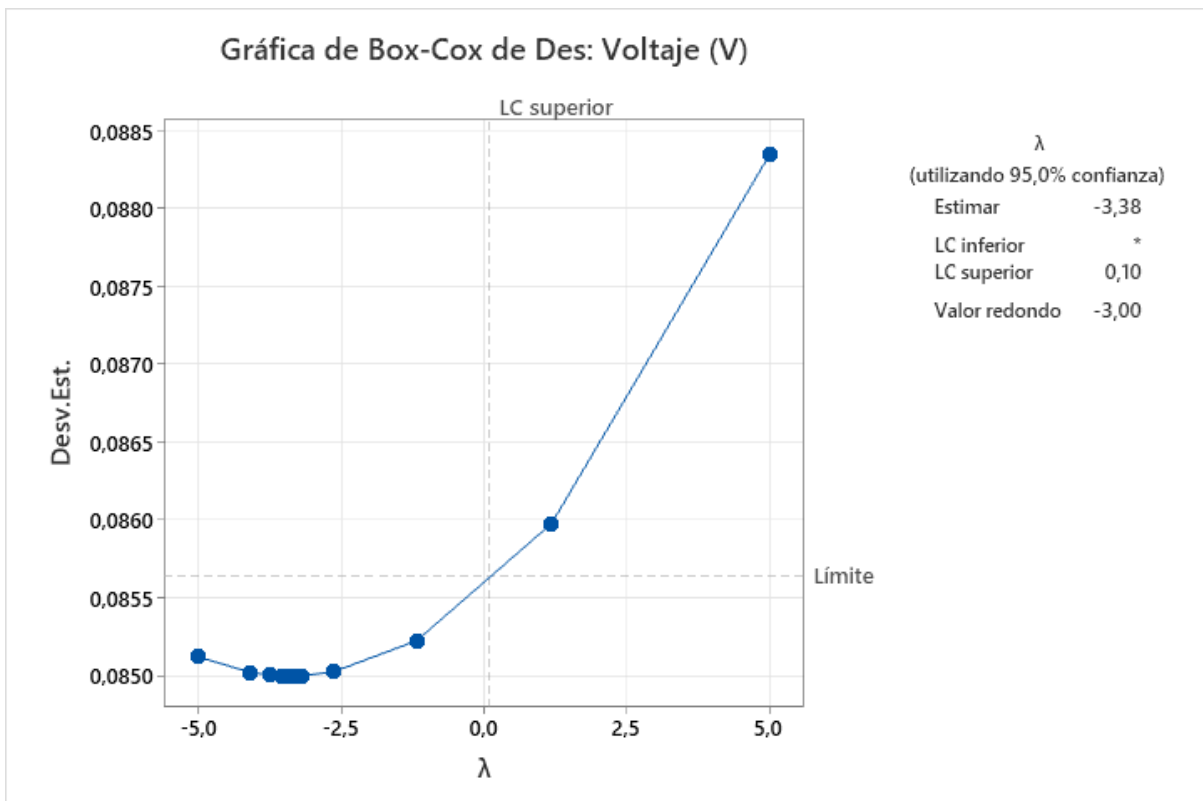


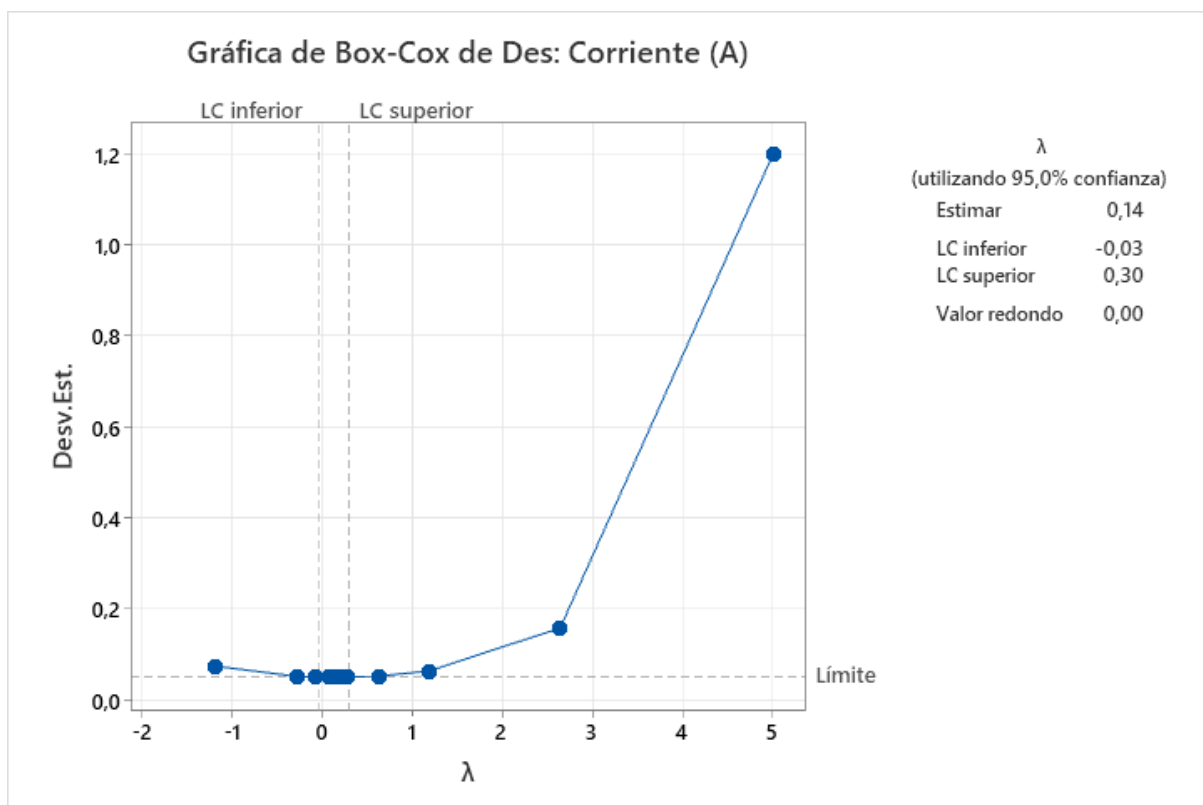
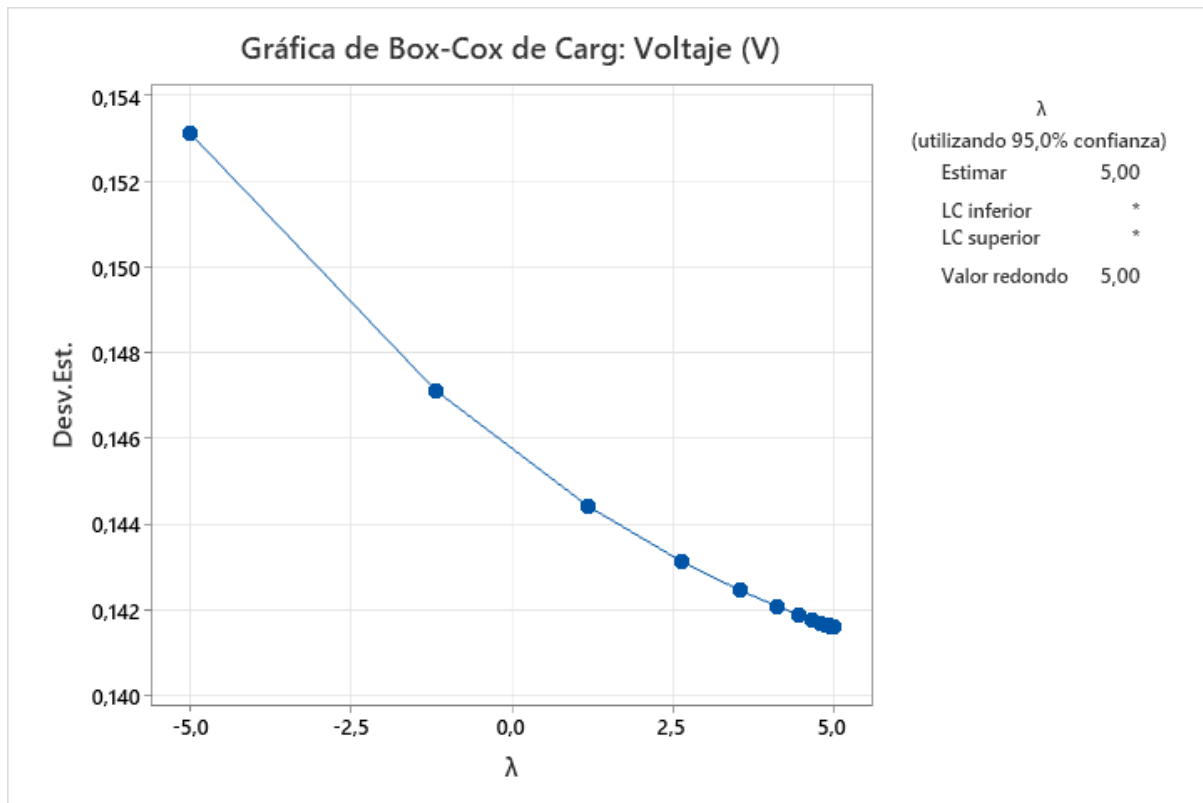


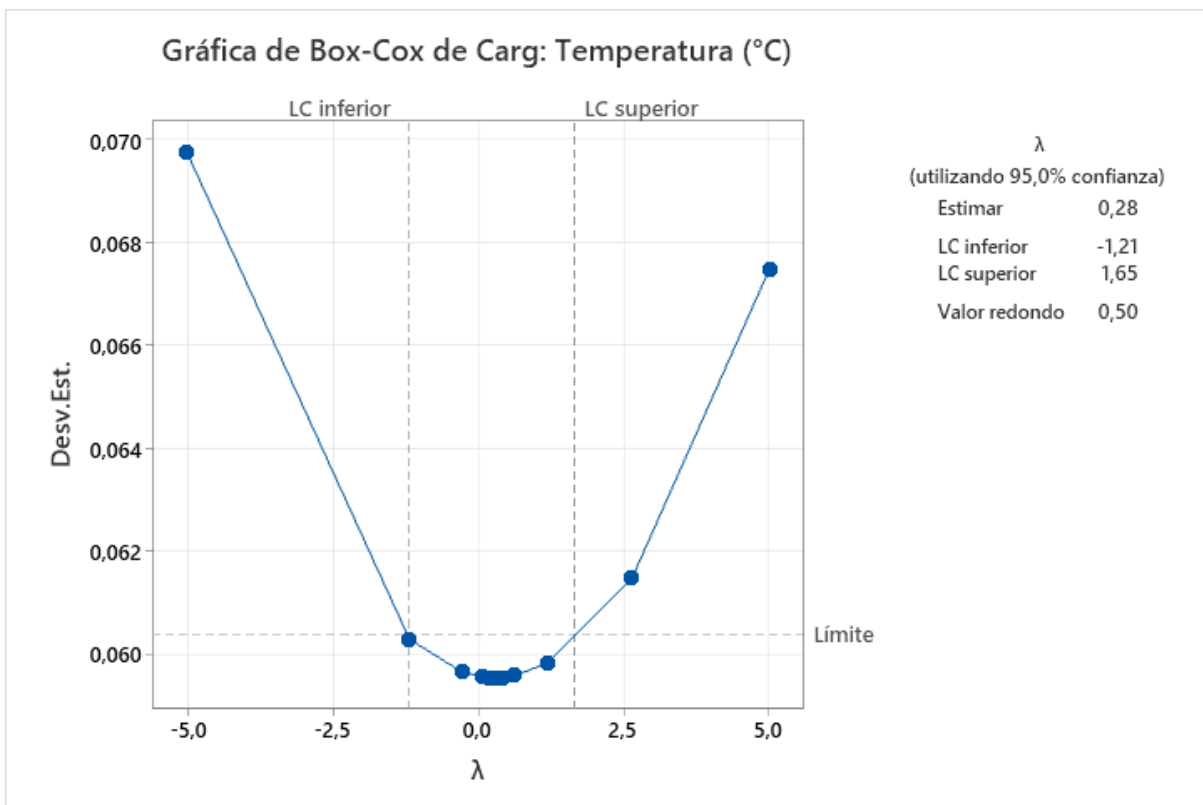
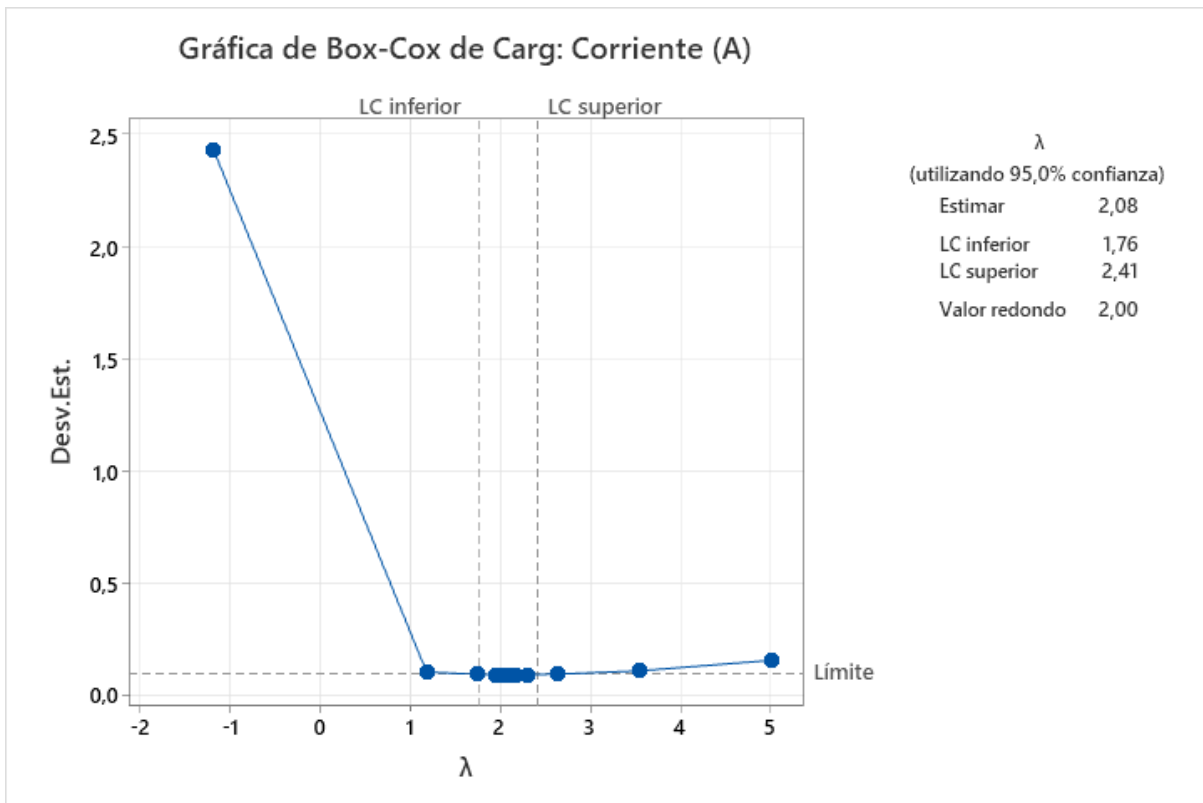




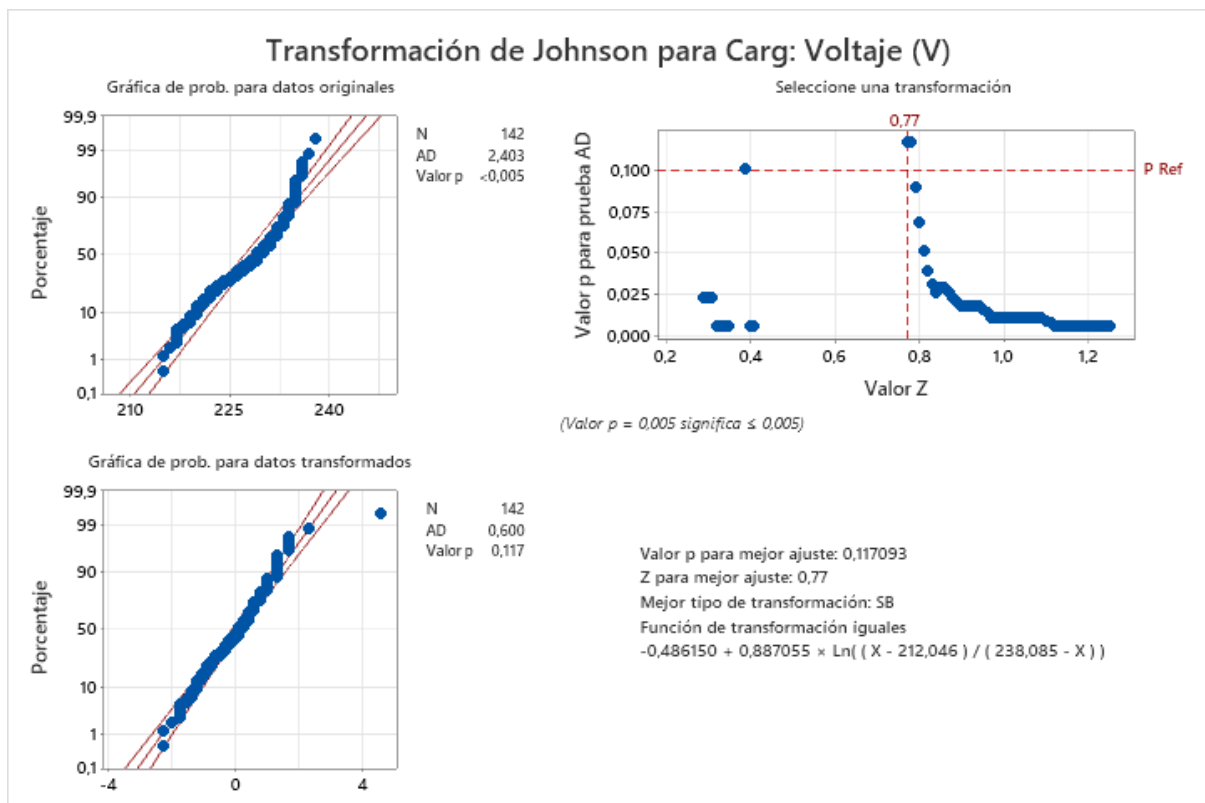
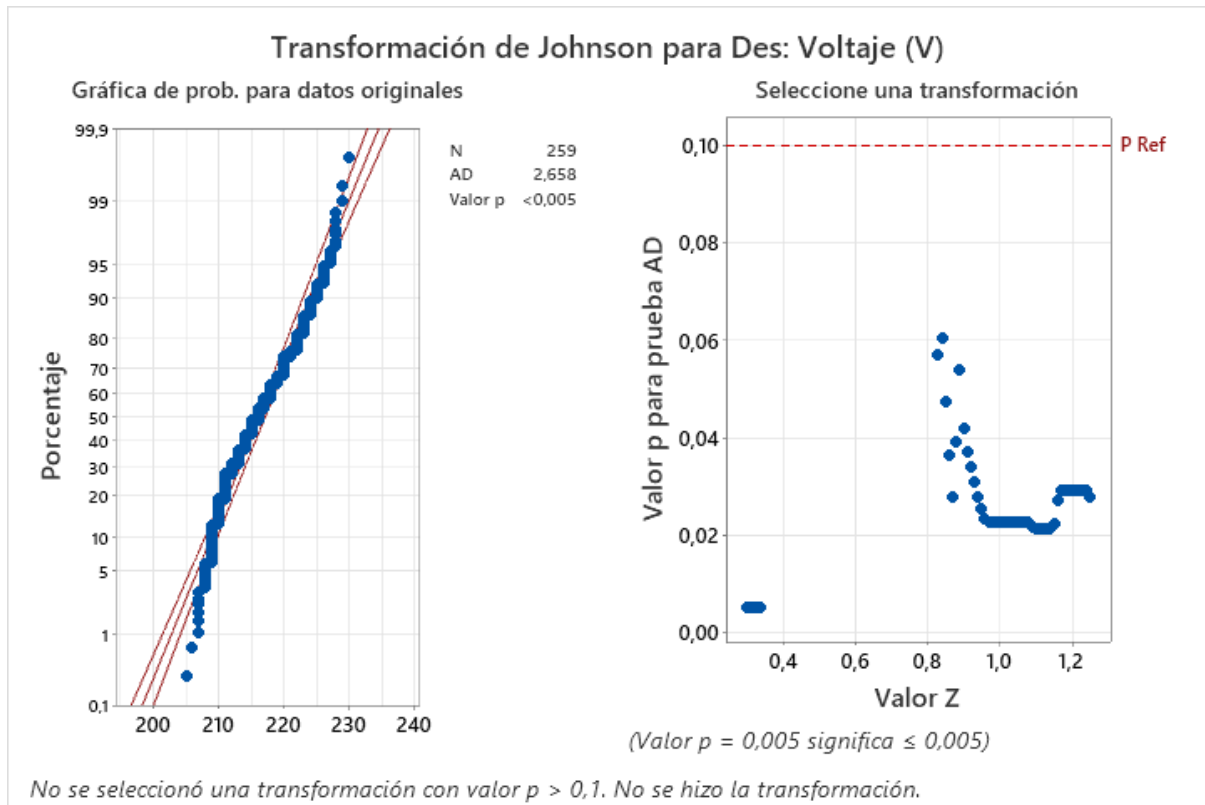
**Anexo 6.1.1 Transformación de Box-Cox**

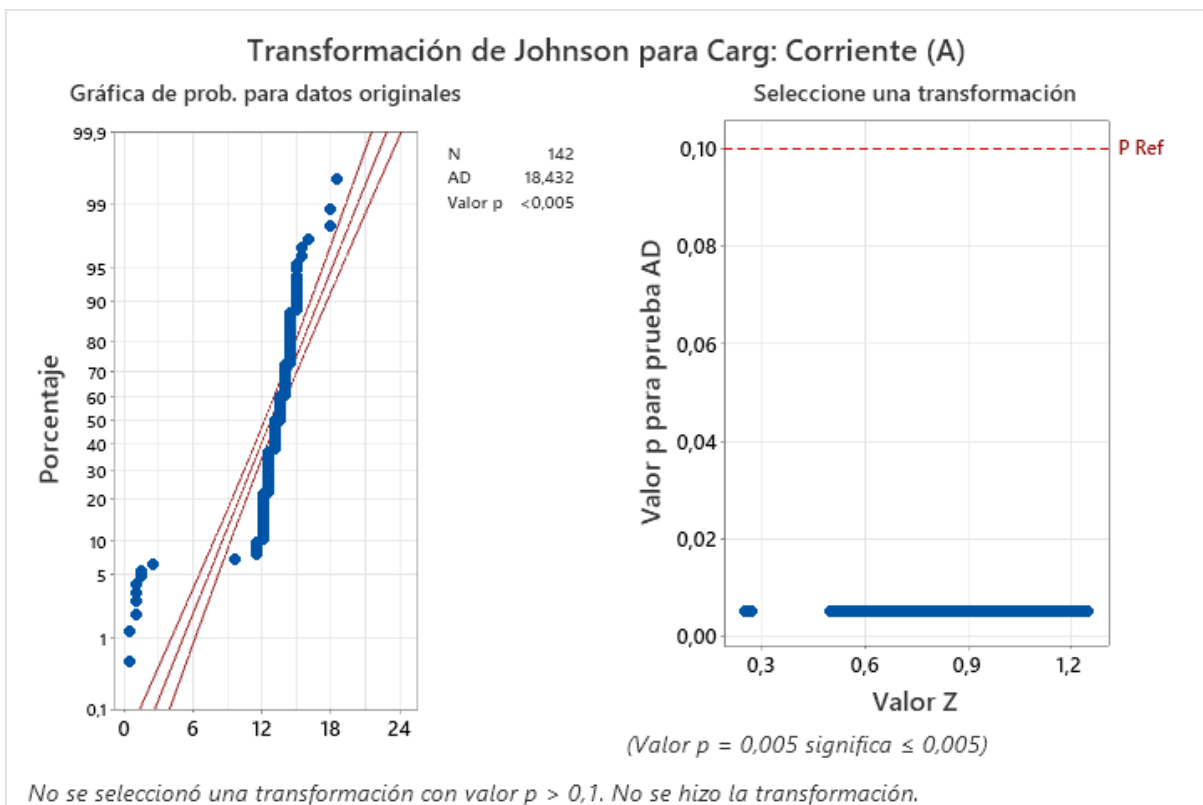
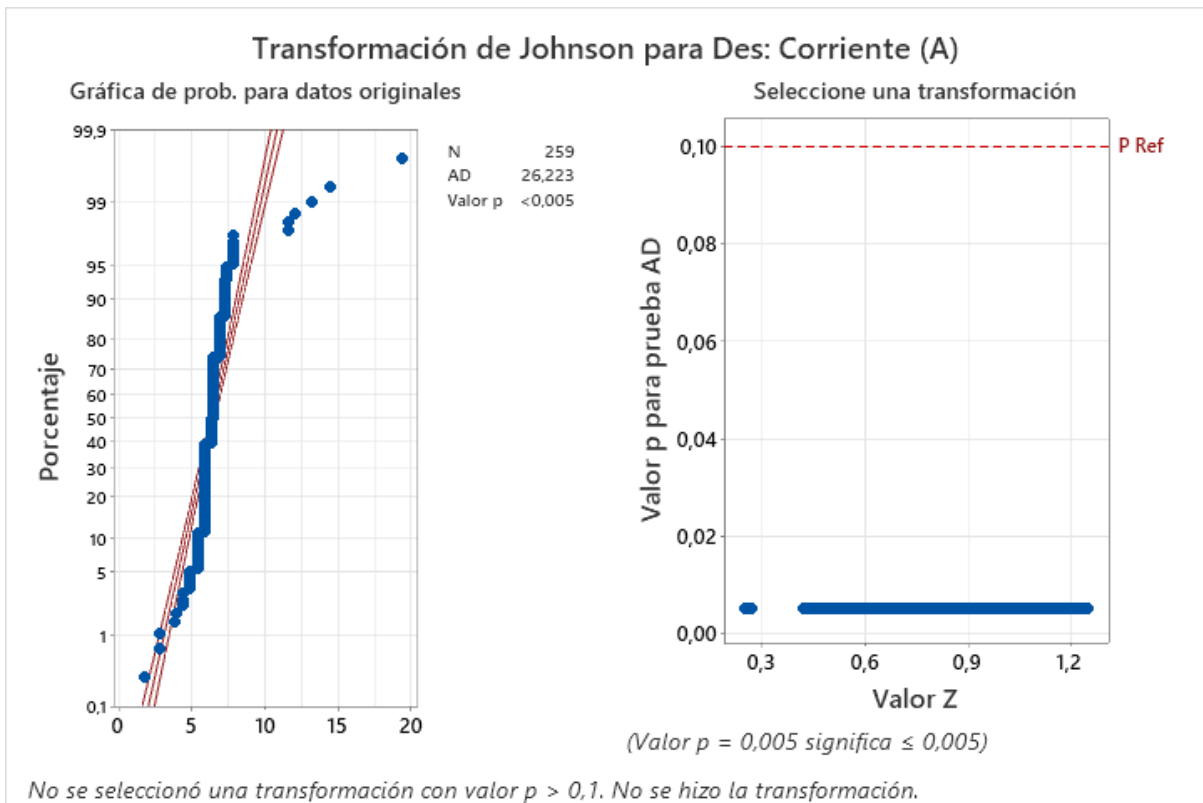




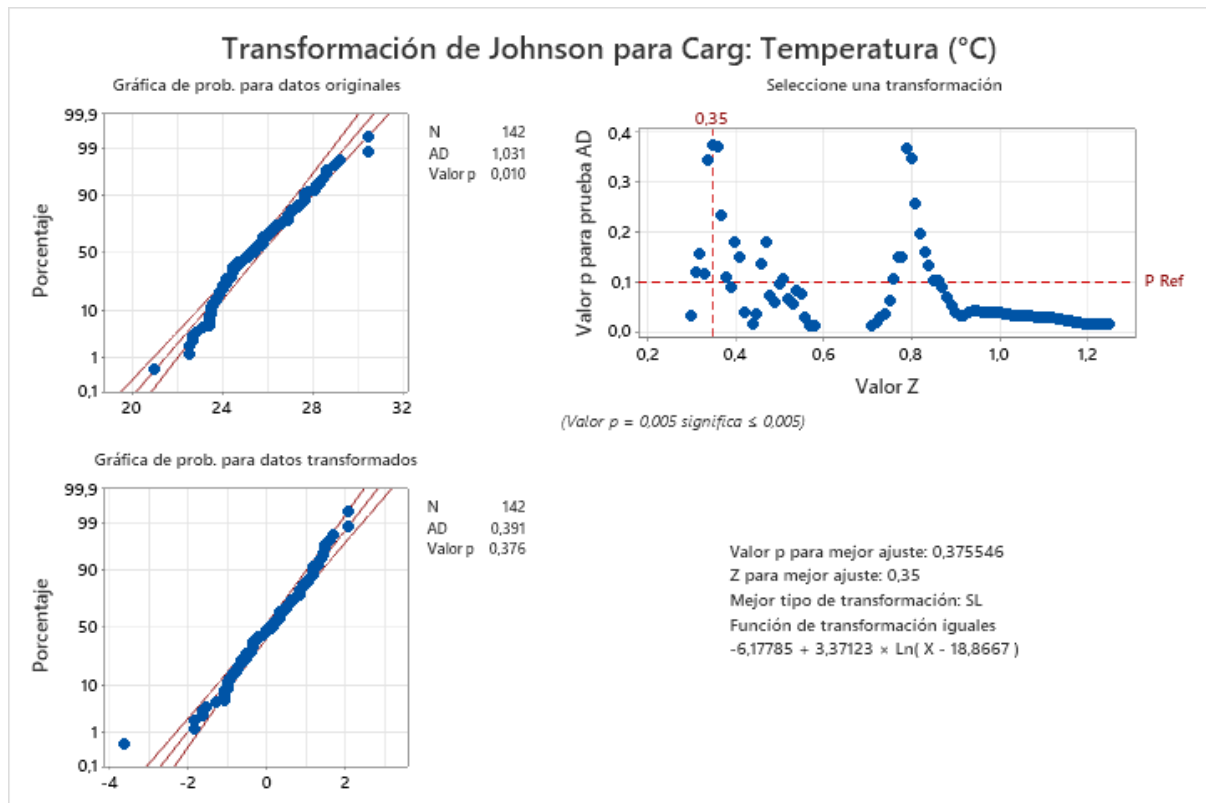


Anexo 6.1.2 Transformación de Johnson









### Anexo 6.2. Resultado de la Prueba no Paramétrica Wilcoxon

Voltaje (V)	Corriente (A)	Temperatura (°C)	Voltaje (V)	Corriente (A)	Temperatura (°C)
-10	1,3	0,9	-17	-7,6	-1,1
-9	2,3	-0,5	-17	-7,6	-1,1
-9	1,8	-0,4	-17	-7,6	-1,1
-10	2,8	-0,4	-18	-7,6	-1,1
-10	2,9	-0,4	-18	-7,6	-1,1
-10	3,4	-0,3	-18	-7,6	-1
-10	2,9	-0,6	-18	-7,6	-1,1
-11	2,9	-0,9	-18	-7,6	-1,1
-10	2,3	-0,8	-18	-7,6	-1,2
-11	-4,8	-0,7	-17	-7,7	-1,2
-11	-6,7	-0,7	-17	-7,7	-1,3
-11	-6,7	-0,7	-17	-7,7	-1,3
-11	-6,7	-0,7	-18	-7,7	-1,4
-12	-6,2	-0,6	-18	-7,7	-1,4
-12	-6,7	-0,6	-18	-7,7	-1,3
-11	-6,7	-0,5	-18	-8,1	-1,3
-11	-6,7	-0,6	-18	-8,1	-1,3
-11	-6,7	-0,5	-18	-8,1	-1,3
-11	-6,7	-0,5	-18	-8,1	-1,3
-12	-6,7	-0,5	-18	-8,1	-1,3
-12	-6,7	-0,6	-18	-8,1	-1,4
-12	-6,7	-0,6	-18	-8,1	-1,5
-12	-6,7	-0,7	-18	-8,1	-1,5
-12	-6,7	-0,6	-18	-8,1	-1,6
-13	-6,7	-0,6	-18	-8,1	-1,5

-13	-6,7	-0,7	-18	-8,1	-1,5
-13	-6,7	-0,6	-18	-8,1	-1,6
-13	-6,7	-0,6	-18	-8,1	-1,6
-13	-6,2	-0,6	-18	-8,1	-1,7
-13	-6,2	-0,7	-18	-8,1	-1,6
-14	-6,2	-0,6	-18	-7,7	-1,7
-14	-6,7	-0,6	-18	-7,7	-1,7
-13	-6,7	-0,6	-18	-8,2	-1,7
-13	-6,7	-0,7	-18	-8,2	-1,7
-13	-6,7	-0,8	-19	-8,2	-1,8
-13	-6,7	-0,7	-19	-8,2	-1,9
-14	-6,7	-0,7	-19	-8,2	-1,9
-14	-6,7	-0,7	-19	-8,2	-2
-14	-6,7	-0,7	-19	-8,2	-2,1
-14	-6,7	-0,5	-18	-8,2	-2,1
-15	-6,7	-0,6	-18	-8,2	-2,1
-15	-6,7	-0,7	-18	-8,2	-2
-15	-6,7	-0,7	-18	-8,2	-2
-15	-6,7	-0,7	-19	-8,2	-2
-15	-6,7	-0,6	-19	-8,2	-2,1
-16	-6,7	-0,6	-19	-8,2	-2,2
-16	-6,7	-0,7	-19	-8,2	-2,2
-16	-6,7	-0,7	-19	-8,2	-2,3
-16	-6,7	-0,6	-19	-8,2	-2,2
-15	-6,7	-0,6	-19	-8,2	-2,4
-15	-6,7	-0,6	-19	-8,2	-2,4
-16	-6,7	-0,6	-19	-8,2	-2,5
-16	-6,7	-0,6	-19	-8,2	-2,5
-16	-7,2	-0,7	-19	-8,2	-2,6
-16	-7,2	-0,6	-20	-8,7	-2,7
-16	-7,2	-0,6	-19	-8,7	-2,7
-16	-7,2	-0,7	-19	-8,7	-2,7
-17	-7,2	-0,7	-19	-8,7	-2,6
-17	-7,2	-0,7	-19	-8,6	-2,7
-17	-7,2	-0,8	-19	-8,6	-3
-17	-7,2	-0,9	-19	-8,6	-3
-17	-7,2	-0,9	-19	-8,6	-3,1
-17	-7,2	-0,8	-19	-8,6	-3,2
-17	-7,2	-0,9	-19	-8,6	-3,2
-18	-7,2	-0,9	-19	-8,6	-3,3
-18	-7,2	-1	-20	-9,1	-3,4
-18	-7,2	-0,9	-20	-9,1	-3,4
-18	-7,2	-0,9	-20	-9,6	-3,8
-18	-7,2	-0,9	-19	-11,6	-4
-18	-7,2	-1	-20	-11,6	-5,3
-17	-7,2	-1,1	-21	-12,1	-5,3

### Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Mediana
Des: Voltaje (V)	259	216,50
Des: Corriente (A)	259	6,35
Des: Temperatura (°C)	259	25,15

## Prueba

Hipótesis nula  $H_0: \eta = 0$

Hipótesis alterna  $H_1: \eta \neq 0$

Muestra	Número de prueba	Estadística de Wilcoxon	Valor p
Des: Voltaje (V)	259	33670,00	0,000
Des: Corriente (A)	259	33670,00	0,000
Des: Temperatura (°C)	259	33670,00	0,000

### Anexo 6.3. Resultados de la Prueba de Correlación

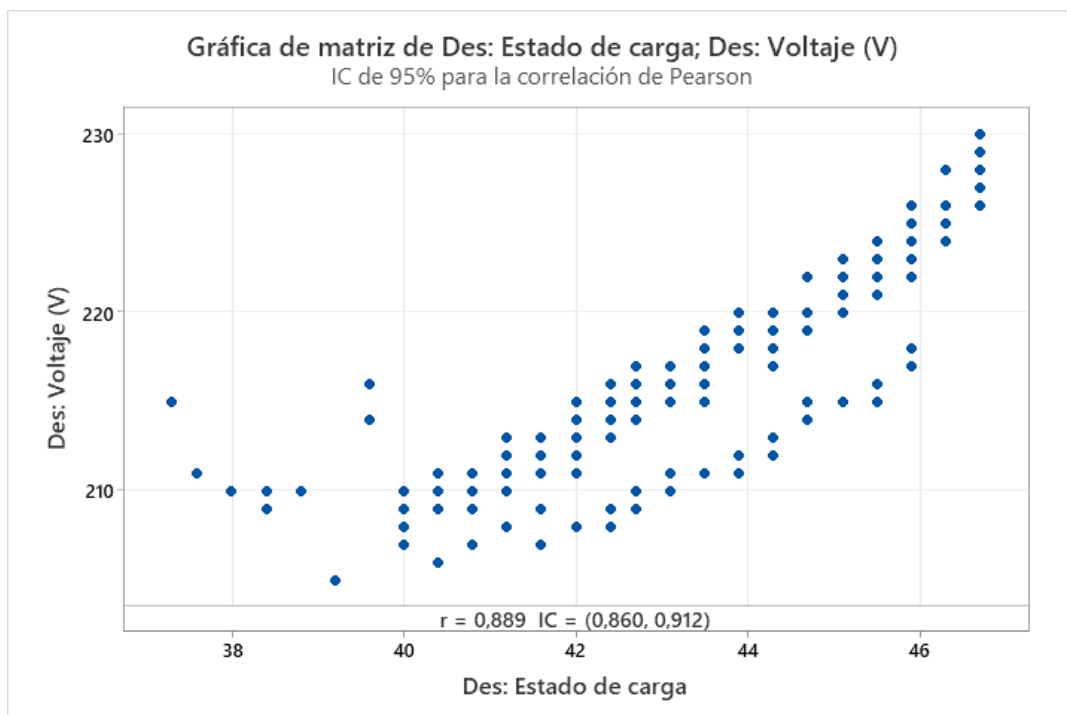
#### Ciclo de descarga

- Variable de voltaje (V)

## Correlaciones

### Método

Tipo de correlación	Pearson	Des: Estado de carga
Número de filas utilizadas:	259	Des: Voltaje (V) 0,889



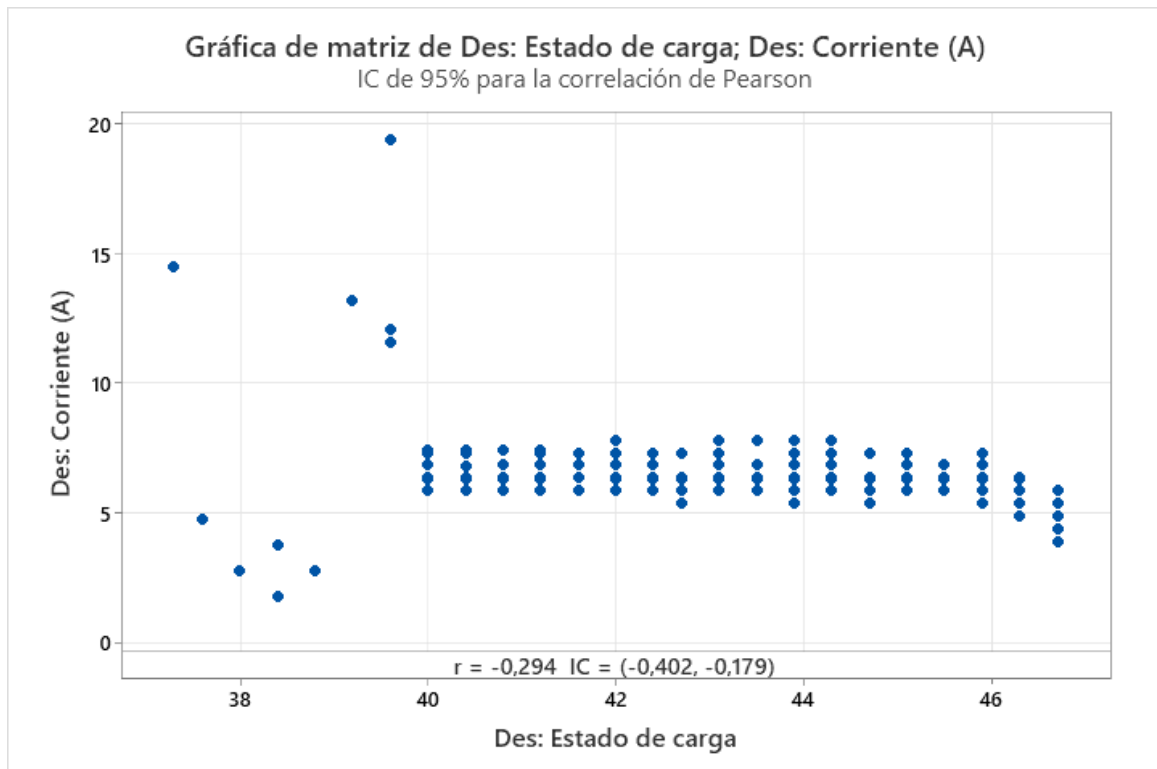
- Variable de corriente (A)

## Correlaciones

### Método

Tipo de correlación Pearson  
Número de filas utilizadas: 259

	Des: Estado de carga
Des: Corriente (A)	-0,294



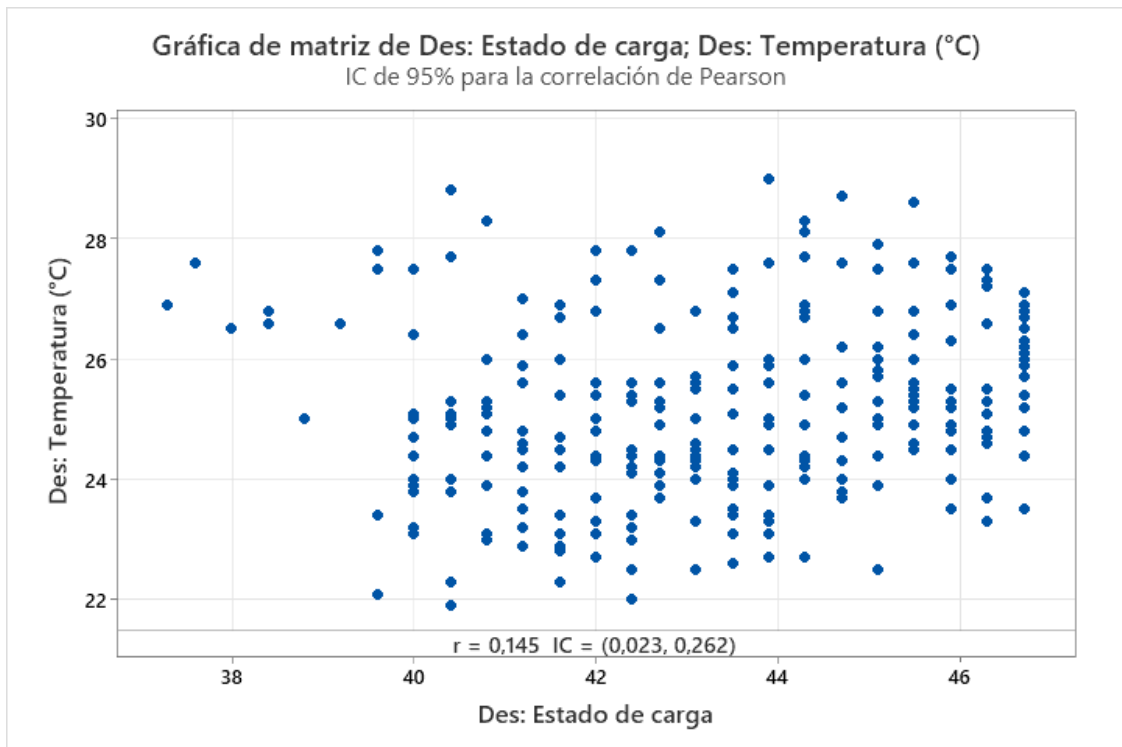
- Variable de temperatura (°C)

## Correlaciones

### Método

Tipo de correlación Pearson  
Número de filas utilizadas: 259

	Des: Estado de carga
Des: Temperatura (°C)	0,145



**Ciclo de carga**

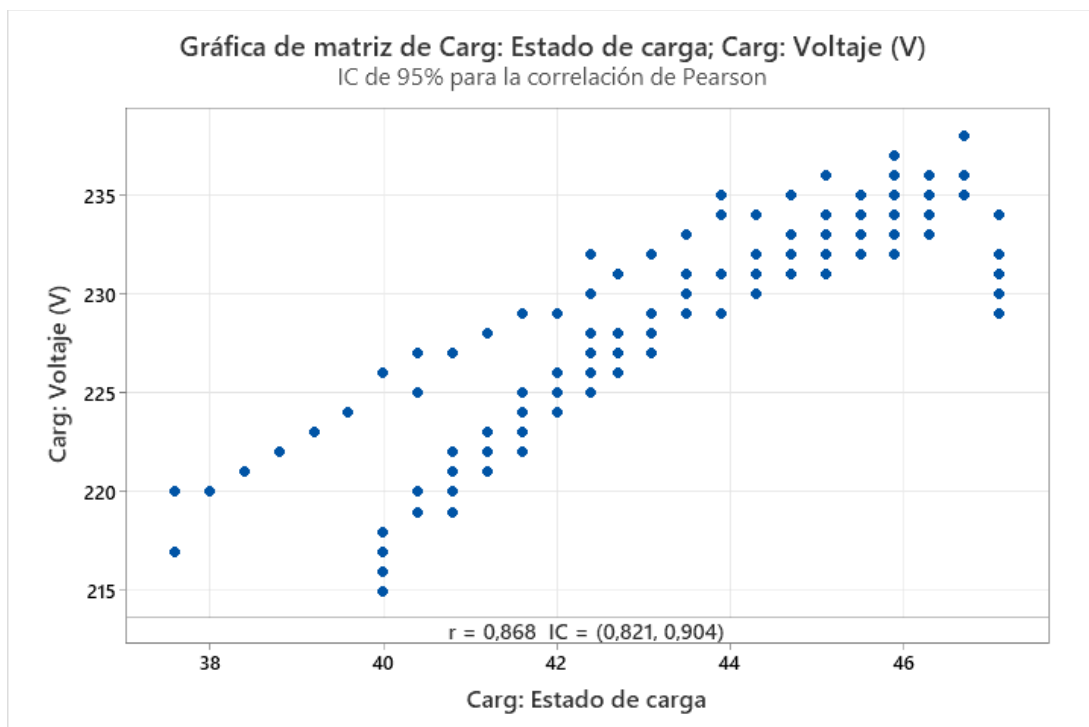
- Variable de voltaje (V)

**Método**

Tipo de correlación Pearson  
 Número de filas utilizadas: 142

**Correlaciones**

	Carg: Estado de carga
Carg: Voltaje (V)	0,868



- Variable de corriente (A)

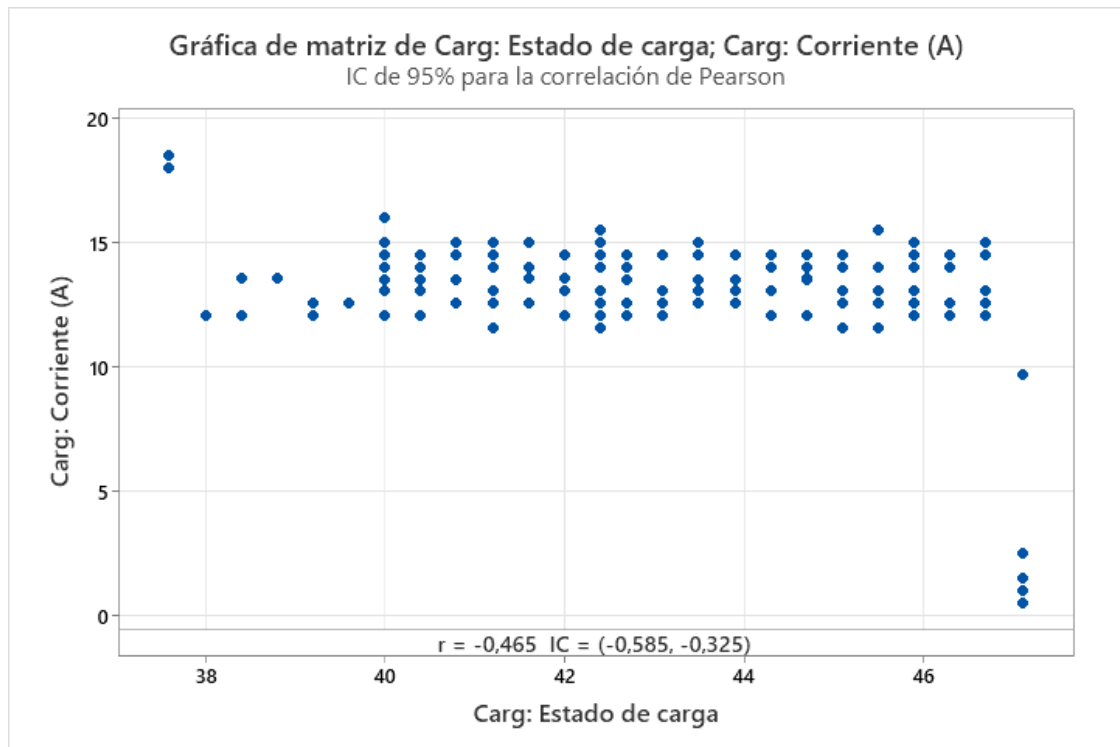
## Correlaciones

### Método

Tipo de correlación Pearson  
Número de filas utilizadas: 142

Carg:  
Estado  
de carga

Carg: Corriente (A) -0,465



- Variable de temperatura (°C)

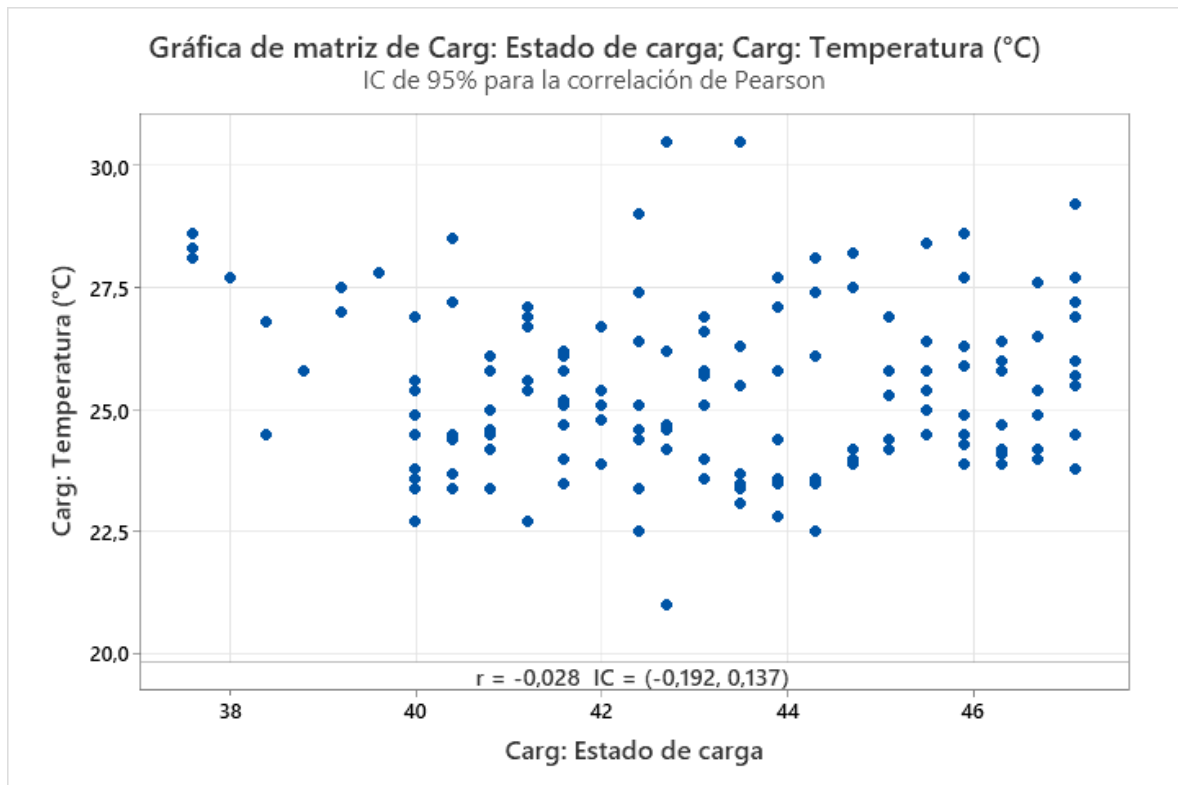
## Correlaciones

### Método

Tipo de correlación Pearson  
Número de filas utilizadas: 142

Carg:  
Estado  
de carga

Carg: Temperatura (°C) -0,028

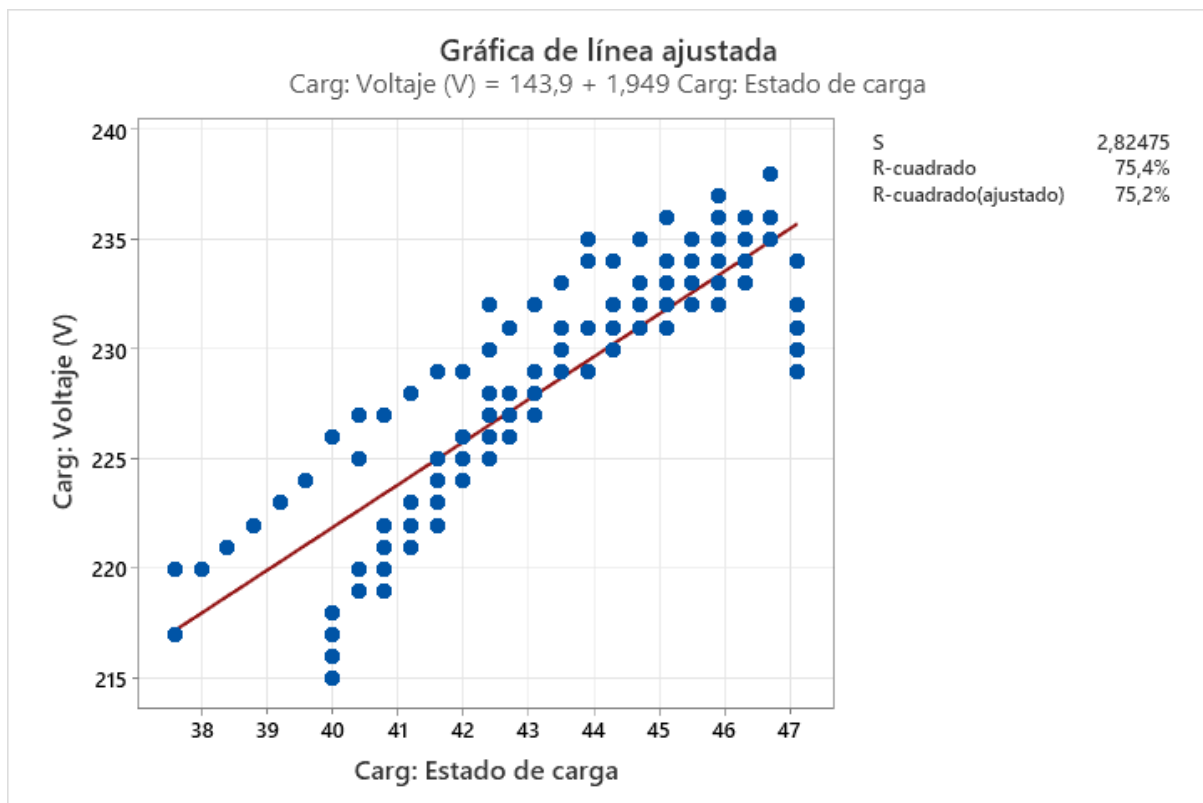


#### Anexo 6.4. Resultados de la Prueba de Regresión Lineal Simple

- Variable de voltaje (V) – Ciclo de carga

La ecuación de regresión es

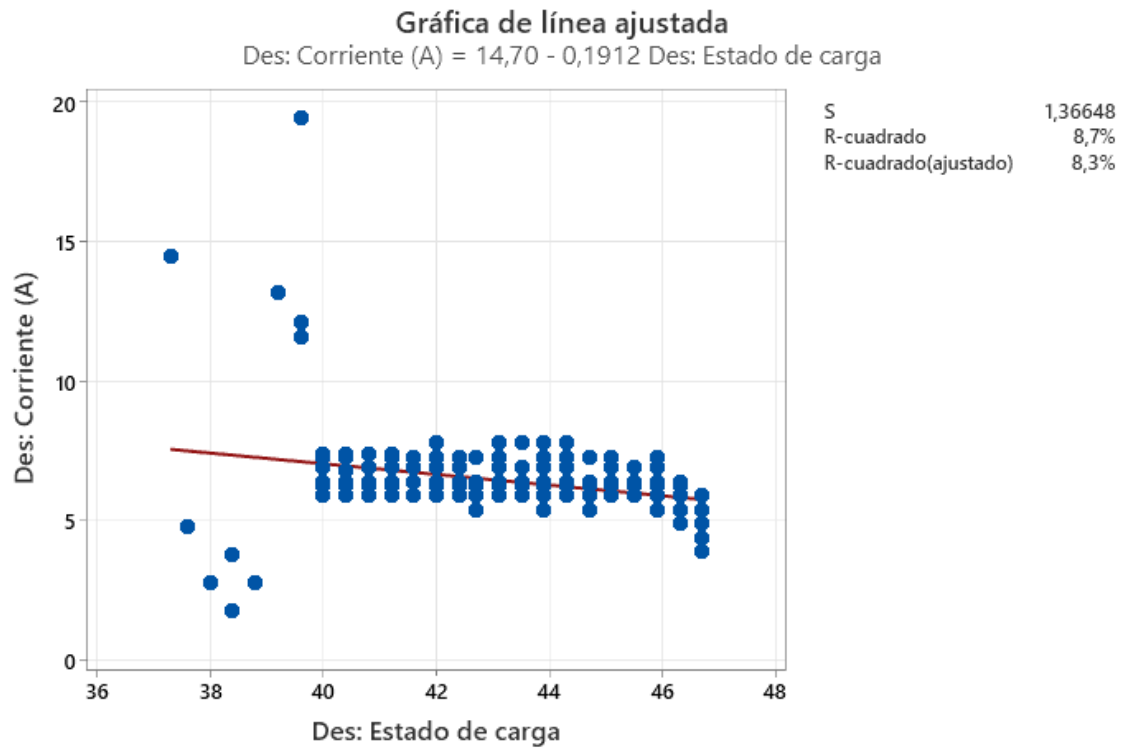
$$\text{Carg: Voltaje (V)} = 143,9 + 1,949 \text{ Carg: Estado de carga}$$



- Variable de corriente (A) – Ciclo de descarga

La ecuación de regresión es

Des: Corriente (A) = 14,70 - 0,1912 Des: Estado de carga



- Variable de temperatura (°C) – Ciclo de carga

La ecuación de regresión es

Carg: Temperatura (°C) = 26,27 - 0,01906 Carg: Estado de carga



