



**Estudio eléctrico y análisis termográfico de los motores eléctricos y baterías del
autobús marca BYD-B13S01 del SITP de la ciudad de Bogotá**

Albeiro Valencia Ospina

Código 11131521715

Deymer Manuel Rey Moreno

Código 11131625758

Universidad Antonio Nariño

Programa Ingeniería Electromecánica

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Ciudad Bogotá, Colombia

2022

**Estudio eléctrico y análisis termográfico de los motores eléctricos y baterías del
autobús marca BYD-B13S01 del SITP de la ciudad de Bogotá**

Albeiro Valencia Ospina

Deymer Manuel Rey Moreno

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:
Ingeniero Electromecánico

Director (a):

Ing. Juan Carlos Monroy Castro

Universidad Antonio Nariño

Programa Ingeniería Electromecánica

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Bogotá 2022

NOTA DE ACEPTACIÓN

El trabajo de grado
titulado

_____.

Cumple con los requisitos para optar

Al título de _____.

Firma del Tutor

Firma Jurado

Firma Jurado

Bogotá DC, 12 agosto 2021.

Dedicatoria

Dedico este proyecto a mi madre, hija y esposa quienes me brindaron su apoyo en cada momento y sacrificaron parte de sus momentos para este esfuerzo personal, permitiendo cerrar una etapa valiosa en mi vida.

Deimer Rey Moreno

Dedico este proyecto a Dios y a mis padres, los cuales me han dado la existencia; y en ella la capacidad de superarme y desear lo mejor en cada paso que doy por este camino difícil y arduo de la vida, sus presencias han ayudado a construir y forjar la persona que ahora soy.

Albeiro Valencia Ospina

Contenido

1	Introducción.....	20
1.1	Generalidades	21
1.2	Planteamiento del problema.....	22
1.3	Justificación	24
1.4	Objetivos	25
1.4.1	Objetivo general.....	25
1.4.2	Objetivos específicos	26
2	Principios basicos de la electricidad aplicados en vehículos eléctricos	27
2.1	Corriente eléctrica	27
2.1.1	Tensión e intensidad de corriente eléctrica	28
2.2	Corriente continua o corriente directa (CC o DC)	28
2.3	Corriente alterna (CA o AC).....	29
2.4	Valor eficaz RMS (Raíz Media Cuadrática)	30
2.5	Ley de Ohm.....	32
2.5.1	Postulado general de la ley de Ohm.....	32
2.6	Potencia eléctrica.....	33
3	Sistema de almacenamiento de energia	35
3.1	Baterías	36
3.2	Tipos de baterías empleadas en los vehículos eléctricos	38
4	Motores y generadores eléctricos	39
4.1	Tipos de Motores empleados en los vehículos eléctricos	41
5	Conceptos generales de la termografía para el desarrollo de análisis termicos en vehículos eléctricos	42
5.1	Termografía.....	42
6	Movilidad electrica	45
6.1	Generalidades de los vehículos eléctricos	46
6.2	Subsistemas principales del modelo B13S01.....	47
6.3	Características técnicas del bus eléctrico tipo padrón referencia B13-S01	48
6.3.1	Sistema de baja tensión	49
6.3.2	Sistema tres potencias	51
6.4	Sistema de alta potencia (HV).....	52

6.4.1	Baterías alto voltaje.....	53
6.4.2	Partes del módulo batería alto voltaje	55
6.4.3	Sistema alto voltaje compresor	56
6.4.4	Sistema de dirección HV	56
6.4.5	Sistema HV Controlador integrado 6 en 1	58
6.4.6	Tren Motriz.....	59
6.4.7	Motor de propulsión eléctrico.....	60
6.4.8	Puerto de carga	62
6.4.9	Enchufe de servicio	63
7	Análisis termografico en autobus BYD referencia B13S01 del SITP	65
7.1	Toma de datos con equipo TI 4000 PRO.....	65
7.1.1	Normatividad aplicada	66
7.2	Prueba termografica bus JTP147 temperatura ambiente	67
7.2.1	Termografía cubo delantero PS1-JTP147	68
7.2.2	Termografía cubo posterior derecho-JTP147.....	69
7.2.3	Termografía bomba de direccion-JTP147.....	70
7.2.4	Termografía baterías de alto voltaje- JTP147.....	70
7.2.5	Termografía electromotor izquierdo- JTP147	71
7.2.6	Termografía BMS- JTP147	72
7.2.7	Termografía electromotor derecho- JTP147	72
7.3	Prueba termografica bus JTP191 después de operación.....	73
7.3.1	Termografía cubo posterior izquierdo- JTP191.....	73
7.3.2	Termografía electromotor izquierdo- JTP191	74
7.3.3	Termografía electromotor derecho- JTP191	74
7.3.4	Termografía BMS- JTP191	75
7.3.5	Termografía HV lado derecho- JTP191.....	75
7.3.6	Termografía interruptor de servicio- JTP191	75
7.4	Tabla resumen pruebas termograficas autobús JTP147 y JTP191	76
7.5	Tabla de acción según condición.....	76
7.6	Análisis estado de carga (SOC) Vs kilometraje recorrido	77
7.7	Análisis descarga SOC Vs temperatura baterías JTP191	78
7.8	Proceso de carga móvil JTP191	78
7.9	Temperatura baterías HV Vs kW.h cargados.....	79
8	Influencia de la temperatura en los sub-sistemas y componentes.....	80
9	Conclusiones	81
10	Recomendaciones.....	83
11	BIBLIOGRAFÍA	84

12 Anexos.....86

Lista de figuras

Figura 2-1: Flujo corriente eléctrico	27
Figura 2-2: Diagrama corriente continua	29
Figura 2-3: Diagrama corriente alterna.....	30
Figura 2-4: Valor pico, RMS y valor medio	30
Figura 2-5: Circuito eléctrico en serie	32
Figura 2-6: Corriente, voltaje y potencia graficados contra el tiempo	34
Figura 3-7: Desempeño distintas tecnologías en baterías	36
Figura 4-8: Principio funcionamiento motor eléctrico	39
Figura 4-9: Tipos de motores eléctricos	40
Figura 5-10: Espectro electromagnético	44
Figura 6-11: 6 in 1, baterías LV, unidad dirección, motor eléctrico, ruedas, unidad control temperatura.....	47
Figura 6-12: Subsistemas principales	47
Figura 6-13: Tablero de instrumentos.....	50
Figura 6-14: Módulos parte frontal	50
Figura 6-15: Vista lateral izquierda /derecha bus B13-S01 BYD	52
Figura 6-16: Distribución arnés HV	53
Figura 6-17: Distribución paquetes de batería alto voltaje (HV)	54
Figura 6-18: Partes módulo batería de alto voltaje.....	56
Figura 6-19: Compresor.....	56
Figura 6-20: Ubicación bomba de dirección (lateral derecho).....	57
Figura 6-21: Estructura sistema dirección	57
Figura 6-22: Controladora integrado 6-1 o BMS.	58
Figura 6-23: Vista lateral entradas 6-1 o BMS	59
Figura 6-24: Tren motriz.....	59
Figura 6-25: Motor eléctrico B13S01.....	61
Figura 6-26: Ubicación puertos de carga alto voltaje.....	63
Figura 6-27: Enchufe de servicio	64
Figura 7-28: Ubicación patio E somos Fontibón.....	65
.....	106

Lista de tablas

Tabla 1: Características en desempeño de baterías en vehículos eléctricos	37
Tabla 2: Tipos de vehículos eléctricos.....	46
Tabla 3: Características técnicas modelo B13S01.....	52
Tabla 4: Características de un módulo, baterías HV.	54
Tabla 5: Rangos de Temperaturas baterías de alto voltaje	55
Tabla 6: Componentes sistema dirección	57
Tabla 7: Normatividad NETA-AST-2017	67
Tabla 8: Tabla resumen criticidad	77

Lista de ecuaciones

Ecuación 1: Voltaje o tensión	28
Ecuación 2: Intensidad corriente eléctrica	28
Ecuación 3: valor RMS	31
Ecuación 4: señal sinusoidal	31
Ecuación 5: valor RMS señal sinusoidal	31
Ecuación 6: ley de Ohm	33
Ecuación 7: potencia eléctrica	33
Ecuación 8: Gradiente de temperatura.....	69

Lista de anexos

Anexo A. Tipos de baterías empleadas en los vehículos eléctricos.....	86
Anexo B. Tipos de motores empleados en vehículos eléctricos	90
Anexo C. Conceptos generales de la termografía	94
Anexo D. Descripción general del sistema de alto voltaje	98
Anexo E. Equipos y sistemas secundarios bus eléctrico B13S01.....	102
Anexo F. Características técnicas cámara termografica TI 400 PRO	107
Anexo G. Termografía cubo delantero PS1-JTP147	108
Anexo H. Termografía cubo posterior derecho -JTP14	108
Anexo I. Termografía bomba de dirección -JTP147	109
Anexo J. Termografía baterías de alto voltaje- JTP147	110
Anexo K. Termografía electromotor izquierdo -JTP147	111
Anexo L. Termografía BSM - JTP147	112
Anexo M. Termografía electromotor derecho -JTP147	113
Anexo N. Termografía cubo trasero izquierdo -JTP191	114
Anexo O. Termografía electromotor izquierdo -JTP191	115
Anexo P. Termografía electromotor derecho -JTP191	116
Anexo Q. Termografía BSM (6-1) -JTP191	117
Anexo R. Termografía baterías HV lado derecho -JTP191	119
Anexo S. Termografía interruptor de servicio -JTP191.....	120
Anexo T. Resumen pruebas termograficas autobuses JTP 147 y JTP 191	121
Anexo U. Grafica Descarga % SOC Vs kilómetros recorridos ruta A303	122
Anexo V. Grafico Descarga % SOC Vs temperatura baterías HV.....	123
Anexo X. Gráfico Temperatura baterías HV Vs incremento % SOC	124
Anexo Y. Grafica Curva temperatura Vs kW.h cargados	125
Anexo Z. Subsistemas y componentes afectados por la temperatura de las baterías HV y electromotores.....	126
Anexo AA. Seguridad Industrial en la manipulación de los buses eléctricos B13S01.	128
Anexo BB. Elementos de seguridad personal	132
Anexo CC. Inclusión pautas al plan de mantenimiento	134
Anexo DD. Plan de mantenimiento para inclusión empresa “E-somos Fontibón”	137

Símbolos

Símbolo	Término	Unidad SI
<i>M</i>	<i>masa</i>	<i>Kg</i>
<i>v</i>	<i>velocidad</i>	<i>m/s</i>
<i>I</i>	<i>corriente eléctrica</i>	<i>A</i>
<i>V</i>	<i>tensión eléctrica</i>	<i>V</i>
<i>P</i>	<i>potencia</i>	<i>W</i>
<i>K</i>	<i>temperatura</i>	<i>k</i>
<i>Q</i>	<i>calor</i>	<i>J</i>
<i>F</i>	<i>fuerza</i>	<i>kg * m/s²</i>
<i>P</i>	<i>presión</i>	<i>N/m²</i>
<i>t</i>	<i>tiempo</i>	<i>s</i>
<i>l</i>	<i>longitud</i>	<i>m</i>
<i>R</i>	<i>resistencia</i>	<i>Ω</i>

Glosario

Medición: Determinar por medio de instrumentos o fórmulas matemáticas un resultado dentro de los parámetros escogidos.

Intensidad: amperaje o simplemente corriente. Es la cantidad de electrones que circulan por un conductor en unidad de tiempo.

Conductor eléctrico: elementos en los cuales los electrones de valencia se liberan fácilmente de sus átomos ya que son muy pocos.

Aislantes: materiales en los cuales los electrones de valencia se liberan con mayor dificultad de sus átomos.

Semiconductor: materiales cuyos átomos tienen 4 electrones de valencia. Conducen mejor que los aisladores, pero no también como los conductores.

Corriente continua (DC): corriente eléctrica que no varía ni en magnitud ni en sentido

Corriente alterna (AC): corriente eléctrica que varía a intervalos periódicos en magnitud y en sentido.

Tensión: es la diferencia de los potenciales que existen en los extremos de una carga eléctrica o entre dos conductores.

Resistencia: es la oposición o dificultad que ofrece un conductor al paso de la corriente eléctrica

Potencia eléctrica: se define como el trabajo eléctrico que se realiza en una unidad de tiempo.

Circuito eléctrico: recorrido o trayectoria que realiza la corriente eléctrica desde que sale de la fuente hasta que retorna a ella.

Magnetismo: propiedad que tienen ciertos cuerpos, denominados imanes, de atraer el hierro y algunos metales.

Inducción: fenómeno en el que un cuerpo energizado, transmite por medio de un cuerpo eléctrico o magnético, energía a otro cuerpo, a pesar de estar separados por un dieléctrico.

Calor: tipo de energía que se transfiere entre dos sistemas a causa de una diferencia de temperatura.

Gradiente térmico: representa la variación gradual (constante) de temperatura con la distancia que indica a menudo la existencia de transmisión de calor por conducción.

Isoterma: función de la cámara o software termográfico el cual sustituye ciertos colores de la escala con un color de elevado contraste permitiendo visualizar intervalos de la misma temperatura.

Radiación: propagación de energía en forma de ondas electromagnéticas en el vacío o en un medio material.

Ruido térmico: movimiento aleatorio de electrones originado por su energía térmica.

Termografía: técnica no destructiva y sin contacto, que está basada en la radiación térmica o energía infrarroja que los cuerpos emiten o reflejan.

Cámara termográfica: artefacto electrónico que tiene como función medir la emisión natural de radiación infrarroja de un objeto, determinar su temperatura y generar una imagen térmica.

Mantenimiento: cualquier actividad como comprobaciones, mediciones, reemplazos, ajustes y reparaciones necesarias para mantener o reparar una unidad funcional de forma que esta pueda cumplir sus funciones.

Sistema: conjunto de componentes que trabajan de manera combinada hacia un objetivo en común.

Mantenimiento preventivo: se desarrolla en forma rutinaria en ciclos fijos, especialmente usando para obtener la vida útil del equipo o componente.

Mantenimiento predictivo: (PdM) (*Predictive Maintenance*) incluye inspecciones, monitoreo de condiciones, pruebas para identificar fallas ocultas.

Mantenimiento correctivo: (*MC*) (*Corrective Maintenance*) se utiliza para volver el equipo o componente a su condición normal.

Mantenimiento mejorativo: utilizado para mejorar el diseño o la mantenibilidad del equipo.

Motor imán permanente: motores de AC que utilizan imanes para producir el campo magnético en el entrehierro (PMM o PMAC)

Batería: Dispositivo que almacena energía eléctrica por medio de procesos electroquímicos.

Cargador: dispositivo encargado de suministrar energía eléctrica en cantidad y calidad a las baterías eléctricas.

Motor sincrónico: este motor tiene la característica de que su velocidad de giro es directamente proporcional a la frecuencia de la red de corriente alterna que lo alimenta. Este motor es utilizado en aquellos casos en los que se requiere velocidad constante.

Imán permanente (PM): elemento que puede mantener el estado de magnetización sin la necesidad de un soporte externo como lo puede ser energía eléctrica para conservar su campo magnético activo.

Tierra: Mecanismo de seguridad que forma parte de las instalaciones eléctricas y que consiste en conducir eventuales desvíos de corriente hacia la tierra, de esta manera se impide que las personas u animales entren en contacto con la electricidad.

Radar host: dispositivo electrónico que recibe la onda ultrasónica reflejada después de golpear el obstáculo al retroceder y calcula la distancia real entre el compartimiento posterior y el obstáculo.

Resumen

En este proyecto se realizó el estudio eléctrico y termográfico para los buses de la tipología B13-S01 de la empresa E somos Fontibón S.A.S quien es una empresa operadora del SITP, que adquirió 126 buses con tecnología de combustión eléctrica, con la finalidad de generar una serie de datos cuantitativos y característicos de los rangos de temperatura ambiente y de trabajo de las baterías de alto voltaje, motores eléctricos y los subcomponentes del vehículo, así como una detallada descripción de los sistemas más relevantes que lo conforman, dichos datos no se tienen plasmados en la actualidad por la empresa, dificultando el diagnóstico y mantenimiento de estos equipos.

Uno de los grandes retos fue la recolección de datos en vista que estos vehículos se encuentran en continua operación, pero como avance positivo se logró entregar una serie de pautas de mantenimiento y datos de análisis que permitirá una mejor diagnóstico y conservación de la vida útil de estos componentes que son de gran costo para la empresa, se les dio a conocer una nueva forma de diagnóstico a través de la termografía, siendo una técnica no invasiva pero efectiva para el mantenimiento preventivo de este tipo de flotas vehiculares y una forma de evaluación para los eventos de temperatura.

Palabras clave:

Tecnología, electricidad, velocidad, termografía, combustión interna, temperatura, B13S01.

Abstract

In this project an electrical and thermographic study was carried out for buses of the B13-S01 type of the company E-Somos Fontibón S.A. S, which is an operating company of the SITP, which acquired 126 buses with electric combustion technology, in order to generate a series of quantitative and characteristic data on the ambient and working temperature ranges of the high-voltage batteries, electric motors and subcomponents of the vehicle, as well as a detailed description of the most relevant systems that make it up. These data are not currently recorded by the company, making the diagnosis and maintenance of this equipment difficult.

One of the great challenges was the collection of data in view of the fact that these vehicles are in continuous operation, but as a positive development it was possible to deliver a series of maintenance guidelines and analysis data that will allow a better diagnosis and conservation of the useful life of these components that are of great cost for the company. They were introduced to a new form of diagnosis through thermography, being a non-invasive but effective technique for the preventive maintenance of this type of vehicle fleet and a form of evaluation for temperature events.

Key words:

Technology, electricity, speed, thermography, internal combustion, temperature, B13S01.

Abreviaturas

Abreviatura	Término
<i>ITS</i>	Sistemas inteligentes de transporte
<i>BEV</i>	Vehículos eléctricos de batería
<i>FCEV</i>	Vehículo Eléctrico de pila de Hidrógeno
<i>EREV</i>	Vehículo Eléctrico de Autonomía Extendida
<i>PHEV</i>	Vehículo Híbrido Enchufable
<i>HEV</i>	Vehículo Híbrido no Enchufable
<i>HV</i>	Alta tensión
<i>LV</i>	Baja tensión
<i>DC</i>	Corriente directa
<i>AC</i>	Corriente alterna
<i>GND</i>	Tierra
<i>SOC</i>	Estado de carga
<i>ODO</i>	Odómetro
<i>ASR</i>	Sistema de control de tracción

<i>ABS</i>	Sistema antibloqueo de frenado.
<i>6-in-1</i>	Integrado controlador
<i>EBS</i>	Sistema electrónico de frenado
<i>BCM</i>	Modulo controlador de batería
<i>VCU</i>	Unidad de control del vehículo
<i>TIR</i>	Temperatura infrarroja
<i>BSM</i>	Battery Manegement System
<i>PMSM</i>	Motor sincrónico de imán permanente
<i>kW</i>	Kilovatio

1 Introducción

Actualmente la empresa de transporte público SITP (Sistema integrado de transporte público) busca incursionar más de 1,600 buses de tecnología eléctrica, dando paso a la implementación de las tecnologías limpias en los sistemas de transporte masivo de la ciudad de Bogotá basado en los requerimientos internacionales ambientales

En la actualidad la empresa “E-Somos Fontibón” en una de ponentes que licito y gano la adjudicación de 126 buses de tipología padrón a combustión eléctrica, dentro las especificaciones técnicas esta empresa compro buses de marca BYD tipología B13-SO1, actualmente en el afán de implementación y contratación pública, nacen varios problemas ante este tipo de vehículos y su tecnología, para la cual no hay información técnica como: manuales de diagnóstico o estudios previos de su comportamiento en la infraestructura y maya vial de la ciudad de Bogotá, estos buses 100 % eléctricos dependen en su totalidad de la capacidad de almacenamiento de los paquetes de baterías que le proveen la corriente para el trabajo de los motores de imanes permanentes.

En este avance tecnológico los concesionarios de operación no cuentan con el software de telemetría plenamente desarrollado, los cuales permiten realizar seguimiento en tiempo real y estadístico las novedades reportadas por los sistemas inteligentes del vehículo (ITS).

El concesionario de operación “E-somos Fontibón” actualmente no cuenta con este desarrollo, por lo que se les dificulta tener un parámetro evaluable de los rangos de temperatura de las baterías y motores eléctricos y a su vez poder estructurar dentro de su plan de

mantenimiento las actividades preventivas, correctivas y predictivas para las fallas en operación y como estrategia de confiabilidad para la gestión de los activos.

Surge la necesidad de realizar un análisis termográfico en estos componentes para poder fijar unos rangos de falla asociados a la temperatura y las acciones preventivas de monitoreo a través de una técnica no invasiva, ya que actualmente no se cuenta con un estudio basado en las fallas por eventos asociados a la temperatura que permita un bajo costo, pero con una alta confiabilidad para determinar el estado interno de los subsistemas mecánicos de los motores y baterías. La termografía ha tenido un alto impacto en la industria automotriz por ser un proceso de ensayo no destructivo por sus siglas en inglés (NTD), el análisis nace de la necesidad de aumentar la confiabilidad en los procesos en una flota nueva de la cual se tiene poca información técnica debido a la protección de datos del fabricante en cuanto a los procesos y ensayos técnicos sobre estos componentes, especialmente (baterías y motores eléctricos) que son de desarrollo intelectual de la marca.

1.1 Generalidades

Actualmente la flota de buses del operador “E-somos Fontibón” tiene un km recorrido aproximado de treinta mil (30.000) kilómetros y a la fecha no cuenta con una data de telemetría, este trabajo de grado tiene como finalidad analizar el desempeño de las baterías y motores eléctricos de propulsión en términos de los cambios de temperatura durante su operación, logrando caracterizar su comportamiento en la autonomía del vehículo para una operación del SITP y las posibles acciones a modificar en el plan de mantenimiento que conlleven a buenas prácticas de manutención y conocimiento del vehículo en su proceso de adaptación.

A continuación, se citan algunas investigaciones relacionadas con Movilidad eléctrica, donde se evidencia la necesidad de la creación de documentos que muestren técnicas de mantenimiento asertivas, prácticas y eficientes para las nuevas tecnologías.

“Estado del arte de los vehículos eléctricos y su posible implementación en Colombia”. Investigación realizada en el año 2017, en la cual se estudia racionalmente el funcionamiento de un vehículo eléctrico, se identifican las diferentes clases de diseños, reconociendo claramente cada uno de los componentes de la planta motriz [1], [2].

China BYD: hace 5 años comenzaron a circular los taxis eléctricos en Bogotá de la marca “China BYD”, representada en Colombia por Praco Didacol; con el objetivo de generar beneficios en el medio ambiente. Este proyecto se viene realizando por el “plan piloto de movilidad eléctrica en el transporte público”, en el que se busca sustituir los vehículos de combustión por automóviles eléctricos [3].

La planta Soguar S.A para determinar parámetros de mantenimiento preventivo propuesto en la universidad técnica de Ambato Ecuador 2016 [4].

Proyecto de estudio sobre la viabilidad en la implementación de vehículos eléctricos en la ciudad de Cuenca, de la universidad Politécnica Salesiana de Ecuador-2015 [5].

1.2 Planteamiento del problema

En la empresa “E-Somos Fontibón” una de las operadoras para el SITP, con ciento veinte seis (126) unidades de buses tipo Padrón modelo B13S01, no se tienen un registro técnico de cómo incide la temperatura en las baterías y motores eléctricos y alternamente en sus subcomponentes mecánicos y electrónicos, no porque se abstenga económicamente en

adquirirlos (software de telemetría) sino que debido a la rapidez de implementar esta tecnología debe acoplar esfuerzos a mediano plazo con un aliado tecnológico para trabajar en el desarrollo de software del tipo “json”.

Este despliegue y desarrollo tecnológico puede llevar más de un año en su desarrollo, pruebas y puesta a punto, por lo cual se ve necesario el análisis térmico basado en la recopilación de datos enfocado en detección de fallas tempranas que afecten el desempeño en las baterías de HV, motores eléctricos y sus subcomponentes. Este trabajo de grado busca entre sus objetivos secundarios obtener resultados cuantitativos y estadísticos que sirvan de aporte al área de mantenimiento, permitiéndoles detectar y prevenir fallas ocasionadas en los componentes antes mencionados, así como la inclusión de práctica de la termografía en las rutinas de mantenimiento acorde con el plan general de mantenimiento.

En la actualidad no hay estudios de termografía realizados en este tipo de flota en operación para SITP de la ciudad de Bogotá y específicamente en los componentes (Baterías y Motores de Propulsión Eléctricos) para la línea B13S01.

Es de resaltar que este tipo de estudio además de aportar a la prolongación de la vida útil de este modelo vehicular también puede brindar oportunidades de mejora a los nuevos prototipos de buses eléctricos, teniendo en cuenta que Bogotá atraviesa por concesiones de contrato a 15 y 18 años de operación para este tipo de flota, que resulta ser la nueva generación de modelos para el transporte de tecnologías limpias o amigables con el ambiente.

1.3 Justificación

Para el desarrollo de esta investigación se pretende analizar por medio de pruebas termograficas el desempeño de los buses eléctricos tipo padrón de referencia B13S01, específicamente sus motores de imán sincrónico y el conjunto de baterías Silicio-Hierro-Fosfato, ya que estos componentes son parte fundamental del andamiaje de esta tecnología que a la fecha se está incorporando en el país.

La empresa “E-somos Fontibón” uno de los operadoras en la ciudad de Bogotá, más específicamente en la localidad de Fontibón con una flota de 126 vehículos eléctricos tipo padrón B13S01, a través de la mejora continua en su gestión de calidad, permite realizar el análisis termográfico para el motor eléctrico y baterías de los buses basados en el alto costo que tienen estos componentes en su plan de mantenimiento y en la preservación de los mismos en la duración de la operación y uso de los buses como activos fundamentales de su unidad de negocio.

Para el caso del funcionamiento del autobús, se cuenta básicamente con 2 motores eléctricos acoplados en las llantas del eje trasero y 16 paquetes de baterías de alta tensión, para sus siglas en inglés (HV) High Voltaje, estos motores son alimentados por el paquete de baterías que en su interior se conectan en serie con el paquete de celdas y en la configuración externa su circuito es de configuración paralelo, los cuales a su vez se ubican en los costados inferiores del autobús. De igual forma cuenta con un conversor de corriente el cual hace la distribución de corriente desde las baterías hacia los motores o desde los motores hacia las baterías, estos componentes alcanzan altas temperaturas en su proceso diario de trabajo sin

poderse determinar visualmente cuál de estos está propenso a la falla o pueda estar afectando un subsistema.

La termografía ha permitido a las áreas de mantenimiento de varios sectores industriales determinar acciones de intervención tempranas sobre componentes de alto costo y que por su funcionalidad mecánica o eléctrica no son de fácil intervención en sus periodos de inspección [6]. Esta técnica no invasiva y de bajo costo a garantizado intervenciones oportunas en sistemas y equipos que dependen del monitoreo constante, que por su trabajo constante y alta potencia entregada experimentan altas temperaturas de operación.

Este trabajo de grado permitirá el análisis de las curvas de carga de las baterías con porcentajes medios de almacenamiento, teniendo en cuenta que la empresa no cuenta con sistema o software de telemetría para los cargadores instalados, se realizarán toma de datos de vehículos en llegada de operación habitual y de otros en estado de parqueo inoperativo.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Realizar un estudio termográfico de los motores eléctricos de propulsión y las baterías de alto voltaje en el autobús eléctrico tipo padrón B13S01 implementado en el Sistema Integrado de Transporte Público SITP, en la ciudad de Bogotá.

1.4.2 Objetivos específicos

- Realizar una descripción general del tipo de tecnología implementada en el autobús eléctrico tipo padrón “B13S01” de la marca BYD para el SITP de la ciudad
- Realizar un estudio descriptivo del sistema eléctrico asociado a los motores y baterías de alta potencia del autobús eléctrico tipo padrón “B13S01” de la marca BYD.
- Realizar los planos eléctricos de potencia para el autobús eléctrico tipo padrón “B13S01” de la marca BYD.
- Describir las curvas de carga Vs las escalas de temperatura que pueden influir en el desempeño del motor eléctrico y baterías por medio de pruebas termograficas.
- Definir pautas de seguimiento a través del estudio termográfico de las baterías y motores eléctricos para que la empresa “E-somos Fontibón” pueda vincular a su plan de mantenimiento prácticas de mantenimiento preventivo y de diagnóstico confiables.
- Mostrar como la temperatura de las baterías y motores influye en los subcomponentes, sistemas secundarios y su incidencia directa en su vida útil.

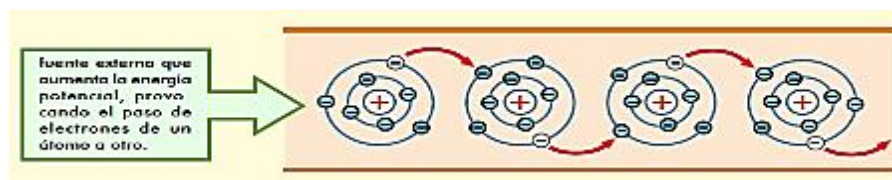
2 Principios básicos de la electricidad aplicados en vehículos eléctricos

El sistema eléctrico de un determinado vehículo es la base fundamental de su funcionamiento, este sistema lo conforman un conjunto de dispositivos que suministran energía eléctrica a cada uno de los componentes que requieran de esta; por ende la importancia de conocer la funcionalidad de cada componente así como las variables que influyen en cada uno de los dispositivos.

2.1 Corriente eléctrica

La electricidad es el fenómeno físico que proviene de la existencia e interacción de cargas eléctricas [7].

Figura 2-1: Flujo corriente eléctrica



Fuente: Teoría y tecnología electricidad

La corriente eléctrica es transmisión de energía, por lo cual se desplaza aproximadamente a 300000 km por segundo y debe existir necesariamente un circuito que permita este flujo constante de electrones, entre la fuente y una carga [8].

2.1.1 Tensión e intensidad de corriente eléctrica

El voltaje o tensión (V) se define como la diferencia de potencial que existe en los extremos de una carga eléctrica o entre dos conductores.

Ecuación 1: Voltaje o tensión

$$V = R \cdot I$$

R = resistencia \rightarrow Ohmio (Ω)

I = corriente \rightarrow Amperes (A)

La intensidad de corriente eléctrica se define como la cantidad de carga que circula en un conductor eléctrico por unidad de tiempo.

Ecuación 2: Intensidad corriente eléctrica

$$I = \frac{Q}{t}$$

Q = carga \rightarrow coulomb(C)

t = tiempo \rightarrow segundos (s)

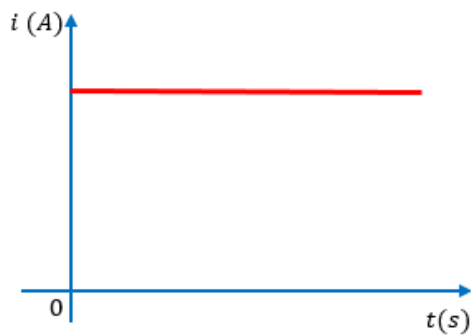
2.2 Corriente continua o corriente directa (CC o DC)

Se define como el flujo de carga eléctrica que circula por medio de un material conductor, la corriente directa se caracteriza por tener un flujo continuo con diferencia de

potencial en el tiempo que no varía ni en magnitud ni sentido; la corriente continua (DC), está presente en equipos que la generan y la usan para su funcionamiento como se relacionan en el siguiente listado:

- Linternas (usan carga de baterías)
- Algunos robots y juguetes eléctricos (usan corriente continua)
- Celulares (usan cargas de baterías)
- Los dinamos (generan corriente continua)

Figura 2-2: Diagrama corriente continua

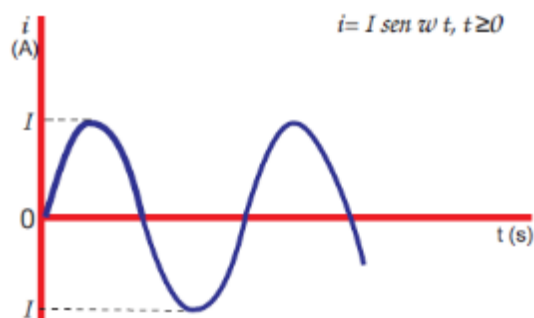


Fuente: Circuitos eléctricos Richard C. Dorf-James A. Svoboda

2.3 Corriente alterna (CA o AC)

Corriente eléctrica que varía a intervalos periódicos y cíclicos, en magnitud y sentido.

Figura 2-3: Diagrama corriente alterna



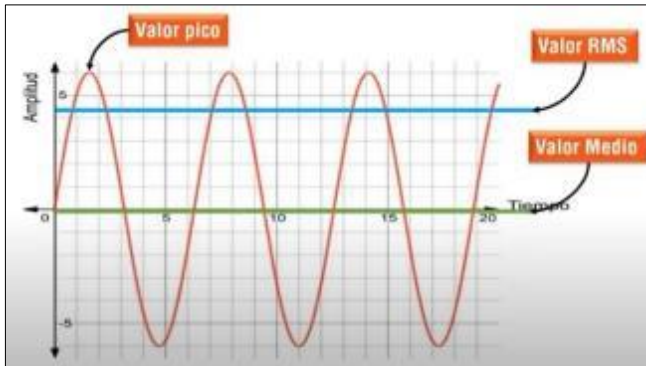
Fuente: Circuitos eléctricos Richard C. Dorf-James A. Svoboda

El cambio de dirección y sentido depende de la forma como se genera la corriente alterna. En la actualidad la CA es la más usada (alrededor de un 90%) por las innumerables ventajas que ofrece, entre estas mayores facilidades para su transformación, transmisión y distribución, economía y versatilidad para algunas aplicaciones [8].

2.4 Valor eficaz RMS (Raíz Media Cuadrática)

Se define como el valor de una corriente constante que al circular por una determinada resistencia producirá los mismos efectos caloríficos que dicha corriente variable (se disipara la misma potencia), así mismo este tipo de cálculos se realizan a diferentes tipos de señales que cuenten con un comportamiento periódico, es decir; para nuestro caso asumimos que la señal sinusoidal es la que corresponde a la corriente eléctrica que recibe el vehículo por medio de las estaciones de recarga.

Figura 2-4: Valor pico, RMS y valor medio



Fuente: Universidad Pontificia Bolivariana

Ecuación 3: valor RMS

$$V_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T V^2(t) dt}$$

T = periodo de la señal

V = tensión

V_P = voltaje pico

Para una señal sinusoidal se tiene:

Ecuación 4: señal sinusoidal

$$y = V_P \text{ sen}(2\pi ft) \rightarrow V_{RMS} = \frac{V_P}{\sqrt{2}}$$

La cual se define como la relación que existe entre el valor pico (máximo valor de amplitud de la señal) y el valor RMS

Ecuación 5: valor RMS señal sinusoidal

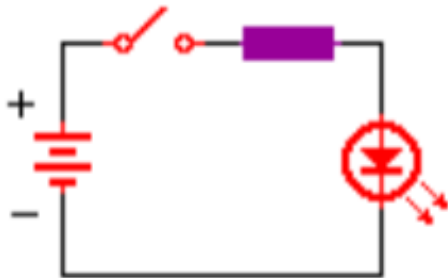
$$V_{RMS} = \frac{V_P}{\sqrt{2}}$$

2.5 Ley de Ohm

Llamada así en honor de George Simón Ohm (1787-1854), la cual establece que para muchos materiales (incluido la mayor parte de materiales) la proporción entre la densidad de corriente y el campo eléctrico es una constante “ σ ” que es independiente del campo eléctrico productor de la corriente.

La imagen muestra un ejemplo clásico de un circuito serie, en el cual la fuente de voltaje emite electrones los cuales circulan por medio de un conductor eléctrico hacia la resistencia.

Figura 2-5: Circuito eléctrico en serie



Fuente: Luis Rueda-tutorial electrónica básica

2.5.1 Postulado general de la ley de Ohm

El flujo de corriente en ampere que circula por un circuito eléctrico cerrado es directamente proporcional a la tensión o voltaje aplicado, e inversamente proporcional a la resistencia en ohm de la carga que se tiene conectada [7].

Desde el punto de vista matemático el anterior postulado se representa con la siguiente fórmula:

Ecuación 6: ley de Ohm

$$V=I*R$$

$V = \text{tensión} \rightarrow \text{voltios } (V)$

$I = \text{corriente} \rightarrow \text{Amperes } (A)$

$R = \text{resistencia} \rightarrow \text{Ohmio } (\Omega)$

2.6 Potencia eléctrica

Denominada la razón del cambio de la energía con respecto al tiempo en términos del voltaje y corriente. La unidad de potencia es el “watt” (W), la potencia en watts (W) que es absorbida por una carga en cierto instante es el producto de la caída de tensión instantánea a través de la carga en voltios (V) y de la corriente instantánea que requiere la carga en amperes (A) [9].

El cálculo de la potencia eléctrica se desarrolla en base a la siguiente ecuación:

Ecuación 7: potencia eléctrica

$$P = V \cdot I = I^2 \cdot R$$

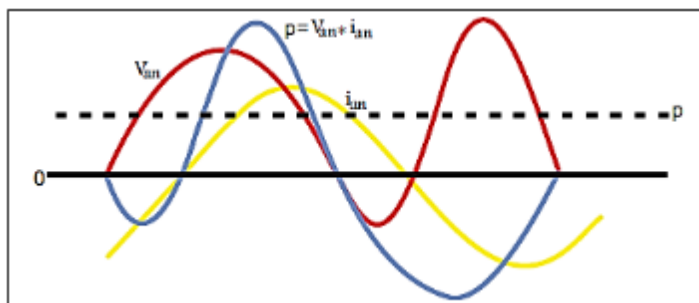
P = potencia → watt (W)

V = tensión → Voltios

I = corriente → amperes (A)

R = resistencia → Ohmio (Ω)

Figura 2-6: Corriente, voltaje y potencia graficados contra el tiempo



Fuente: Análisis y circuitos de potencia Stevenson

Tomado en cuenta la imagen un valor positivo de p expresa la razón en la que la energía es consumida por parte del sistema que se encuentra en los puntos a y n , dando como resultado una potencia instantánea positiva cuando V_{an} e i_{an} son positivas y negativa cuando V_{an} e i_{an} se componen de signo negativo. La potencia positiva calculada $V_{an} i_{an}$ se obtiene cuando la corriente circula en la dirección de la caída de tensión y se denota como la razón de transferencia de energía a la carga; por el contrario, la potencia negativa obtenida como $V_{an} i_{an}$ se obtiene cuando la corriente circula en dirección de elevación de la tensión y muestra la energía que es transferida desde la carga al circuito en el que se encuentra conectada.

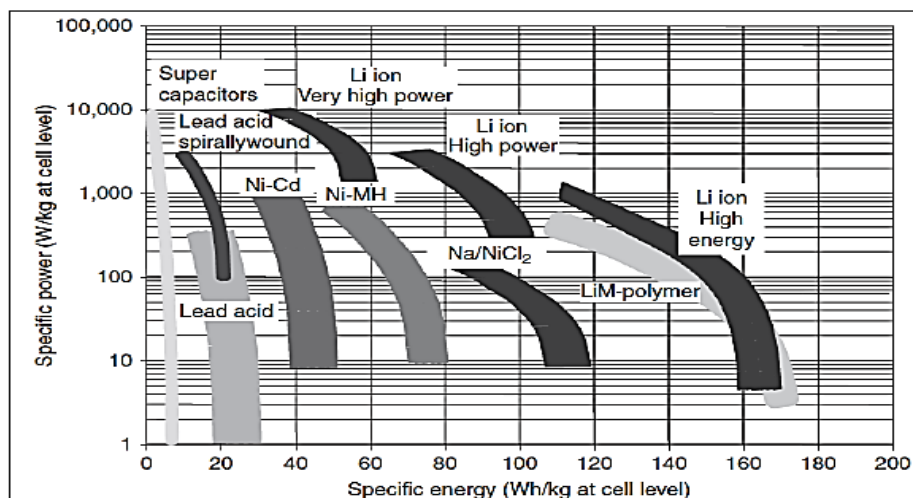
3 Sistema de almacenamiento de energía

Entre los aspectos importantes a tener en cuenta en el diseño de vehículos eléctricos se debe tener en cuenta los sistemas de almacenamiento de energía requeridos para la operación ideal de estos modelos vehiculares; por tal motivo en los últimos años se ha prestado bastante interés y se han agrupados esfuerzos con la intención de mejorar cada vez más en el desarrollo e implementación de este tipo de sistemas indispensables para la operación de esta tecnología [10].

Los sistemas de almacenamiento de energía están caracterizados por su potencia y energía disponible por cada recarga, es por esto que la eficiencia de este tipo de sistemas puede visualizarse con facilidad en una gráfica tipo Ragone, la cual consiste en un plano de potencia en comparación con la energía que provee el límite de la potencia disponible para una determinada batería y la región ideal de operación, tomando en cuenta la curva en donde la energía y la potencia arrojan valores elevados [11].

En la figura 3-7 se puede observar la gráfica tipo Ragone en la cual se identifica la competitividad de algunas tecnologías en lo que compete a almacenamientos de energía en términos de alta potencia. En este tipo de grafica por lo general no se toma en cuenta los fenómenos del tipo de degradación del sistema de almacenamiento por su operación a temperaturas elevadas o efectos en su composición por variados manejos de carga o deterioro de sus niveles de operación debido a filtraciones o fugas químicas [12].

Figura 3-7: Desempeño distintas tecnologías en baterías



Fuente: M. Broussely (2010). Battery requirements for HEVs, PHEVs and EV.

3.1 Baterías

Se denomina batería eléctrica a un sistema capaz de almacenar energía en forma química que posteriormente se transforma en energía eléctrica. Los materiales que generalmente componen una batería tienen propiedades concretas que propician la acumulación de energía química y se encuentran dispuestos entre ellos favoreciendo que se produzcan los procesos químicos que tienen lugar en su interior. La estructura física más pequeña que posee estas propiedades se les denomina celda, la cual es una unidad básica que se considera en el ámbito de las baterías [1].

Una celda se define como un artefacto electroquímico cuya estructura está formada por dos electrodos y un electrolito; el electrolito es una sustancia en la que se encuentran los electrodos y se caracteriza por tener gran densidad de iones, los cuales son necesarios para que

se genere la reacción química. Los electrodos se encuentran compuestos de materiales semiconductores cuya función principal es proporcionar las características químicas que favorecen las reacciones que se requieren. [1].

Tomando en cuenta que la celda tiene energía almacenada en forma química, podemos decir que esta energía corresponde a la carga que tiene los iones de la solución que se denomina electrolito. Este tipo de energía química es transformado en energía eléctrica por medio de la reacción química de oxidación reducción “REDOX” que tiene como epicentro los electrodos [1].

Tabla 1: Características en desempeño de baterías en vehículos eléctricos

Energía específica	Energía total por unidad de masa (Wh/kg)
Potencia específica	Máxima potencia especificada por unidad de masa (W/kg)
Vida útil	Periodo de tiempo antes de que la batería decaiga a cumplir cierto límite inferior de desempeño, dado principalmente por degradación, causada por condiciones de operación.
Ciclos de vida	Número de ciclos de carga/descarga antes de que la batería llegue a su límite inferior de desempeño. Estos ciclos de vida son altamente dependientes del nivel de descarga en cada ciclo.
Eficiencia	Radio entre energía de descarga y de carga (%)
Temperatura de Operación	Cómo la temperatura ambiente o interna de la batería afecta el desempeño de esta
Seguridad	Tolerancia al abuso (integridad física, estabilidad térmica y química), y compatibilidad con el medio ambiente y la salud humana.

Fuente: S. Gerssen-Gondelach y A. Fajj (2012). Performance of batteries for electric vehicles on short and long term.

3.2 Tipos de baterías empleadas en los vehículos eléctricos

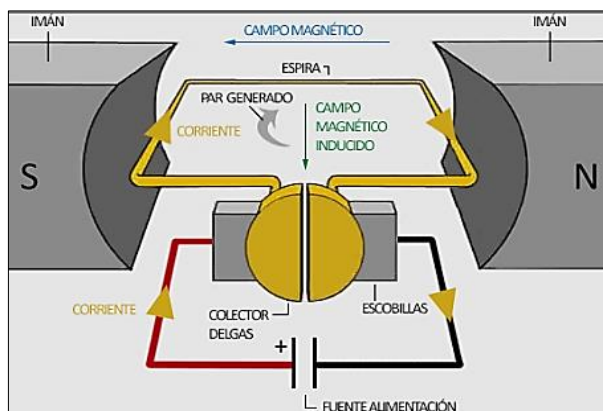
Dentro de las principales clases de baterías empleadas en el contexto de la movilidad eléctrica se tienen las de ácido, plomo, níquel y litio; estas le otorgan a los vehículos eléctricos diferentes características como la autonomía, durabilidad, peso, volumen y costo [13]. Para mayor detalle de estos tipos de baterías revisar **Anexo A**

4 Motores y generadores eléctricos

Entre los motores eléctricos podemos encontrar los que operan en corriente continua (CC) y los que trabajan en corriente alterna (AC) y gracias a estos con el paso de los años los avances tecnológicos han implementado nuevos sistemas para hacer de los motores eléctricos mucho más eficientes [13].

Con la repulsión magnética que se genera por los polos de igual signo se basa el funcionamiento de un motor eléctrico, los cuales se conforman por lo general de tres componentes principales los cuales son: el estator, rotor y las escobillas; estas últimas han sido reemplazadas por un controlador electrónico ya que generan un desgaste acelerado y de esta manera realizar de forma segura la conexión eléctrica entre el lado fijo y giratorio dentro del motor (rotor).

Figura 4-8: Principio funcionamiento motor eléctrico

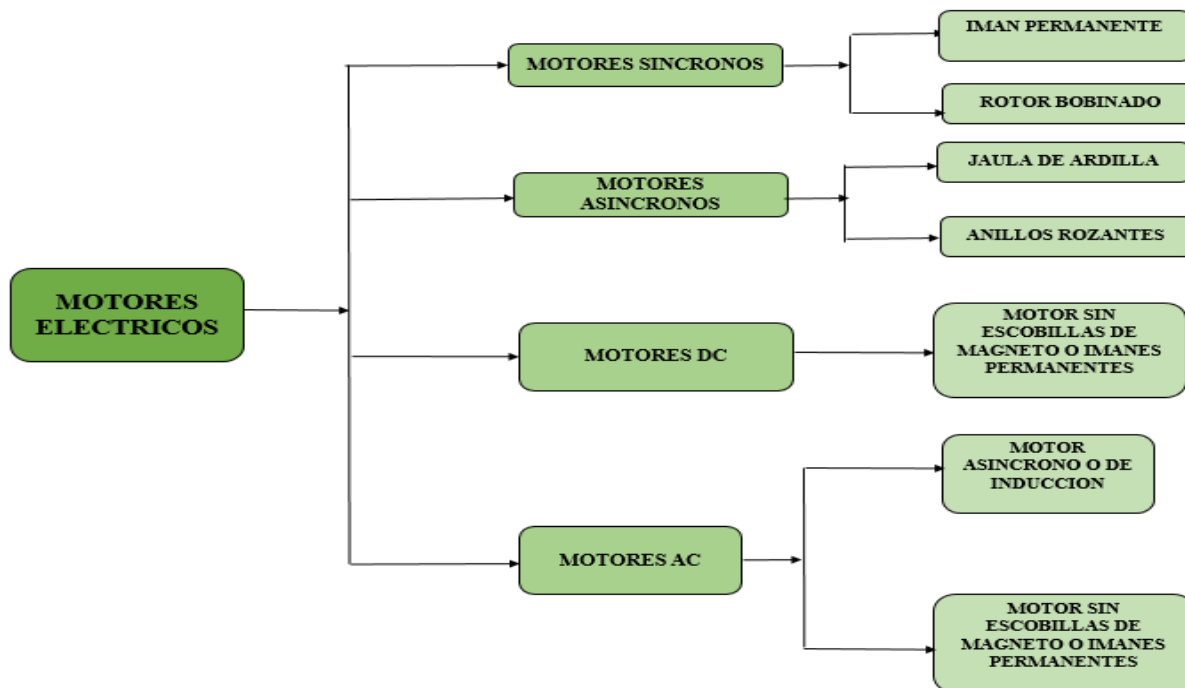


Fuente: Mr. Microcontrol

Por medio del controlador electrónico, las bobinas que hacen parte del rotor generan un campo magnético el cual mediante el controlador transmiten la electricidad desde las

bobinas para ser magnetizadas posteriormente; para que se genere la magnetización las bobinas del estator deben estar en repulsión y sincronizadas con las bobinas del rotor [17]. Otro de los componentes importantes de un motor eléctrico es el estator el cual integra la parte fija del motor, posibilitando que desde este punto se genere la rotación, el estator ejerce movimiento magnético mas no mecánico, el cual se compone principalmente por conjuntos de láminas de acero al silicio, las cuales a su vez permiten el paso del flujo magnético.

Figura 4-9: Tipos de motores eléctricos



Fuente: Tamayo Avalos, 2014

4.1 Tipos de Motores empleados en los vehículos eléctricos

Los motores eléctricos más utilizados pueden ser de corriente alterna o corriente continua, así mismo dependiendo del diseño del vehículo puede contar con uno más de estos [13]. En la figura 4-9 se muestran los tipos de motores eléctricos más conocidos en la industria, entre los cuales se destaca el motor sin escobillas de magneto o imanes permanentes los cuales se encuentran incorporados en el modelo B13S01, para evidenciar los detalles de cada uno de estos motores revisar **Anexo B**.

5 Conceptos generales de la termografía para el desarrollo de análisis termicos en vehículos eléctricos

Los estudios termográficos en la industria vehicular eléctrica tienen poca investigación debido a los procesos reservados y privados sobre la tecnología que desarrollan. La sustitución de las flotas vehiculares convencionales por modelos eléctricos de baterías representa varios desafíos, en especial los autobuses eléctricos que recientemente se están implementando en la ciudad [3]. Los fabricantes de autobuses eléctricos presentan unos productos nuevos los cuales tienen poca investigación particular en este campo de la termografía, en la ciudad de Bogotá y en particular para el SITP, no hay estudios termográficos sobre dicha tecnología, las pruebas y ensayos son realizadas por el fabricante sin brindar el acceso al comprador de conocer en parte estos estudios, ya que son de desarrollo privado, en la industria automotriz este tipo de pruebas no invasivas o destructivas están enfocadas específicamente a la revisión y análisis de las soldaduras aplicadas y componentes mecánicos.

5.1 Termografía

En 1738, nació en Hannover el astrónomo y músico Frederick William Herschel quien realizó el descubrimiento de los rayos infrarrojos [18].

Durante 1800, Herschel se dispuso a medir las cualidades del espectro de luz solar; para esto descompuso la luz solar con un prisma y posteriormente midió la temperatura correspondiente a las zonas de diferente calor en que se descompone la luz; seguidamente observó que el termómetro mostraba mayores niveles de temperatura en una banda

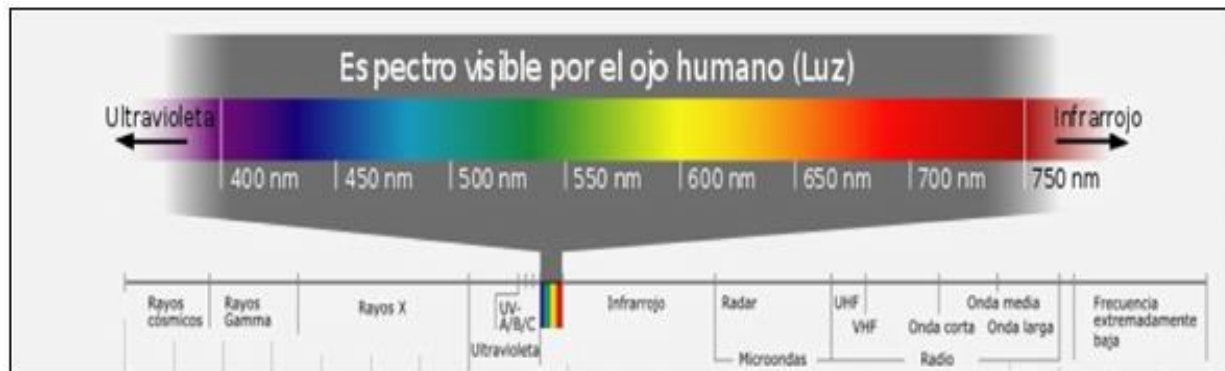
inmediatamente contigua a la banda roja del espectro visible, llevándolo a pensar que se trataba de una manifestación de luz invisible al ojo humano, denominándola “ultrarroja” que a su vez significa más allá del rojo [19].

Inicialmente la termografía fue creada para cubrir necesidades militares, el primer ejemplo práctico fue en Suecia en el año de 1958 por medio de la cual se podía observar en la oscuridad y detectar por medio de estas amenazas durante la noche. La primera cámara destinada en aplicaciones comerciales fue creada en 1965 para inspeccionar líneas eléctricas de alta tensión [18].

El espectro electromagnético (figura 15) se define como el conjunto de ondas electromagnéticas o radiación electromagnética que emite o absorbe una determinada sustancia debido al proceso de intercambio de energía; podemos observar que el espectro electromagnético se divide en dos partes, el visible y el no visible, el espectro visible se puede observar a simple vista debido a que su frecuencia se encuentra entre los 385 y los 750 Tera Hertz, el espectro visible está formado por luz blanca y los colores que lo conforman; para el caso del espectro no visible también se encuentra subdividido en dos grupos, ondas de baja y alta frecuencia. Las ondas de baja frecuencia tienen una longitud de onda mayor lo cual genera una menor velocidad y energía de propagación, además podemos decir que este tipo de onda puede ser interferida con facilidad (Tv, radio, celulares); las ondas de alta frecuencia se caracterizan por su menor longitud de onda, además su velocidad de propagación y transformación de energía es mayor (rayos ultravioletas, rayos gamma).

Para mayores detalles de las cámaras termograficas y los tipos de termografía revisar el **Anexo C**.

Figura 5-10: Espectro electromagnético



Fuente: Palacios, 2015

6 Movilidad eléctrica

La movilidad eléctrica puede ser definida como la transición de un régimen dominado por automóviles que operan por medio de combustibles fósiles a un régimen donde los vehículos eléctricos ocupen un lugar significativo. Las nuevas tecnologías como lo son los vehículos eléctricos deben contar con espacio de oportunidad de tal manera que por medio de esta evolución se impulse a un más el desarrollo de la sociedad. En la actualidad países desarrollados de Europa han invertido recurso de manera considerable en la utilización de energías renovables y eficiencia energética con la intención de des carbonizar el aire y de esta manera interrumpir el cambio climático; entre los cambios que están marcando esta diferencia se encuentra el desarrollo a gran escala de los vehículos eléctricos entre los cuales se encuentran los tipo BEV (100% eléctricos), HEV (Híbrido eléctrico no enchufable), PHEV (Híbrido enchufable), EREV (Eléctrico de autonomía extendida) y FCEV (con pila de combustible de hidrogeno), estos tipos de vehículos se detallan resumidamente en la tabla 2 (tipos de vehículos eléctricos) [13].

Ahora bien, si nos remontamos a los siglos XV y XVI ya se daban los primeros desarrollos de vehículos de tecnología limpia [10], como el vehículo de vapor ideado por Sir Isaac Newton en 1800. Se estima que entre el año 1832 y 1939 el escocés Robert Anderson construyó el primer vehículo eléctrico de motores y baterías no recargable como fuente de carga y propulsión.

En la actualidad en afán por detener el calentamiento global debido a la quema de combustibles fósiles, lleva a una nueva reestructuración e implementación de la movilidad

eléctrica a nivel mundial, dando paso a tecnologías limpias en el sistema de transporte masivo y privado el cual busca una implementación acelerada pero controlada para el año 2040. [23]

Tabla 2: Tipos de vehículos eléctricos

Modelo vehicular	Descripción
BEV (100% eléctrico)	Vehículo compuesto de baterías, utiliza uno a varios motores eléctricos.
HEV (Hibrido eléctrico no enchufable)	Cuenta con un motor de combustión y uno a varios motores eléctricos.
PHEV (Hibrido enchufable)	Se combina un motor de combustión con una batería y un motor eléctrico.
EREV (Eléctrico de autonomía extendida)	Consta de un motor de combustión el cual no es utilizado para impulsar el motor, es utilizado como generador para la recarga de las baterías.
FCEV (Con pila de combustible de hidrogeno)	Consta de motores eléctricos, la energía es obtenida de una pila de combustible que utiliza hidrogeno.
Motocicleta Niu Serie M	Batería de litio (Panasonic) extraíble de 8.3 kg, recargable en 6 horas
Motocicleta Lifan E3E	Batería extraíble de Litio, 1'5 CV con lo que se puede alcanzar 49 Km/h
Motocicleta Emocycles Mosquito 500	Baterías de Ploma acido extrapolable. Dispone de una potencia de motor muy limitada.
Motocicleta Emocycles Spirit 2000	Moto dinámica con solo 3 CV, batería que dura hasta los 50 Km.
Bicicleta Moma E-Bike 20 pro	Batería Ion Litio 48V de 13 Ah, consta de 4 niveles de asistencia al pedaleo.
Bicicleta Xiaomi HIMO C20	Batería Ion Litio 36V de 10 Ah, 3 niveles de asistencia al pedaleo
SmartGyro Crosscity	Batería Ion Litio 36V de 4.4 Ah, 3 niveles de asistencia al pedaleo

Fuente: Jesús Trashorras Montecelos (2019). Vehículos eléctricos.

6.1 Generalidades de los vehículos eléctricos

Los vehículos eléctricos son aquellos cuya fuente de energía es una red eléctrica, la propulsión depende de uno o más motores eléctricos, sin embargo; los modelos eléctricos cuentan con diferentes configuraciones las cuales dependen de las variaciones de su sistema de almacenamiento de energía y su propulsión eléctrica. De acuerdo a su almacenamiento encontramos los que se alimentan de una estación externa, los que operan de electricidad almacena y los que cuenta con un generador a bordo; así mismo respecto a su propulsión se

encuentran los que constan de motores rotativos o no rotativos (lineales-inerciales) así como los que cuenta con implementaciones del magnetismo (levitación magnética) para su propulsión.

La configuración general del modelo eléctrico está compuesta por tres grandes subsistemas entre los cuales se encuentran el sistema de almacenamiento de energía, la propulsión eléctrica y los sistemas auxiliar, la unidad de control de energía y la unidad de control de carga; el sistema de propulsión se compone del controlador electrónico, convertidor de potencia, motores eléctricos y las ruedas; finalmente el sistema auxiliar se compone de la unidad de dirección, unidad control de temperatura y suministro auxiliar de potencia [22].

Figura 6-11: 6 in 1, baterías LV, unidad dirección, motor eléctrico, ruedas, unidad control temperatura



Fuente: BYD

6.2 Subsistemas principales del modelo B13S01

Para el caso del modelo de investigación, el bus B13S01 marca BYD generalmente consta de cuatro subsistemas principales: chasis, carrocería, accesorios de interiores y componentes eléctricos (ver figura 6-18). [22]

Figura 6-12: Subsistemas principales



Fuente: BYD

El sistema de chasis incluye principalmente el sistema de conducción, sistema de frenado, sistema de suspensión, sistema de dirección y el sistema de enfriamiento del chasis.

El sistema corporal incluye el sistema de puertas, los accesorios de la carrocería y decoración exterior de la misma.

Los accesorios interiores incluyen el sistema de pisos, molduras interiores, asiento y apoya brazos, los componentes eléctricos incluyen principalmente dispositivos eléctricos de alto voltaje y mazo de conductores eléctricos de alto voltaje, componentes de bajo voltaje al igual que el mazo de conductores eléctricos de este nivel de tensión.

6.3 Características técnicas del bus eléctrico tipo padrón referencia B13-S01

El modelo B13-S01 es un bus de la línea padrón con capacidad para 80 pasajeros del fabricante BYD está dividido en su taxonomía de fabricación en 5 grupos principales:

- Sistema de baja tensión.
- Sistemas de Tres potencias.

- Conjunto de chasis.
- Conjunto de carrocería.
- Grupo de decoración interior

6.3.1 Sistema de baja tensión

Este sistema por su descripción en inglés (Low voltaje) incluye entre los subcomponentes sistema de luces, puertas, interruptores, accesorios, tablero de instrumentos que trabajan con una alimentación eléctrica de 24 voltios constante a los módulos de control que son la principal estructura de control del vehículo.

Las características más importantes del sistema de baja tensión son:

- La batería proporciona una fuente de alimentación de 24 V al sistema de LV del vehículo cuando este se encuentra en estado apagado.
- EL módulo 6 en 1 proporciona una fuente de alimentación de 27 V al sistema de LV cuando el vehículo se encuentra en estado “OK”
- EL módulo 6 en 1 carga la batería de LV cuando el vehículo se encuentra en modo “carga inteligente”, a un voltaje inferior a 23 voltios.

6.3.1.1 Tablero de instrumentos

El tablero de instrumentos está conformado por un panel informativo electrónico (display) y como se mencionan en su orden numérico (1) relojes de presión neumática, (2) medidor de potencia en Kw, (3) tacómetro, (4) termómetro líquido refrigerante, (5) cuenta

kilómetros, (6), medidor de energía eléctrica batería “SOC”, (7) indicador de marcha, (8) velocímetro, (9) gráfico de flujo de energías.

Figura 6-13: Tablero de instrumentos



Fuente: BYD

6.3.1.2 Módulos electrónicos

El vehículo cuenta con dieciocho (18) módulos electrónicos comunicados entre sí por líneas CAN protocolos de comunicación SAE J1587/J1708 y líneas de datos J1739, las líneas J1587/J1708 se utilizan para informar sobre códigos de falla o avería las líneas J1939 manejan una mayor velocidad de transmisión, el BMS 6-1 que proporciona una carga de 27 voltios y 100 Ah (Amperios hora) a las baterías de bajo voltaje (LV).

Figura 6-14: Módulos parte frontal



Fuente: Propia

6.3.1.3 Módulo DC-DC

Se utiliza principalmente para intervenir la energía DC 500V proveniente de la batería de energía hacia los dispositivos eléctricos de 28V DC, también carga la batería de almacenamiento cuando su voltaje es inferior a 23V.

6.3.2 Sistema tres potencias

Este sistema es el encargado de distribuir la corriente eléctrica de los motores principales de propulsión, el compresor y la bomba de dirección; por medio de este sistema se simplificaron dispositivos convencionales como los son relés, disyuntores y se redujo considerablemente el peso ya que se omitió en buena medida el cableado eléctrico gracias a que la alimentación de estos sistemas se conmuta electrónicamente.

Las características más importantes del sistema de tres potencias son:

Tomando en cuenta que este sistema es el de mayor uso del autobús se cuenta con módulos que monitorean constantemente el trabajo acoplado con el controlador 6 en 1, para cada uno de estos, con la finalidad de obtener una mejor regulación en el consumo de corriente.

A continuación, se relacionan algunas características técnicas (Tabla 3) e imágenes del vehículo de tipología eléctrica B13S01, estos modelos de vehículo inicialmente cumplen con las normas técnicas NTC-4903-1-2-3; y NTC 5602, referentes a las especificaciones técnicas para la fabricación de vehículos de transporte público y masivo.

Tabla 3: Características técnicas modelo B13S01

Modelo	B13S01
País de Origen	China
Numero de ejes	2
Numero de Motores	2
Distancia entre ejes	6150 cm
Masa (Peso)	19500 kg
Velocidad Máxima	60 km/h
Autonomía	≥260 km
Potencia Max	150kW × 2
Potencia Nominal	110kW × 2
Torque Max	1100 N.m (550 Nm×2)
Batería Tipo	Batería LiFePO4(Litio-Hierro-Fosfato)
Motor: Tipo	Motores sincrónicos de imanes (sin escobillas)

Fuente: Propia

Figura 6-15: Vista lateral izquierda /derecha bus B13-S01 BYD



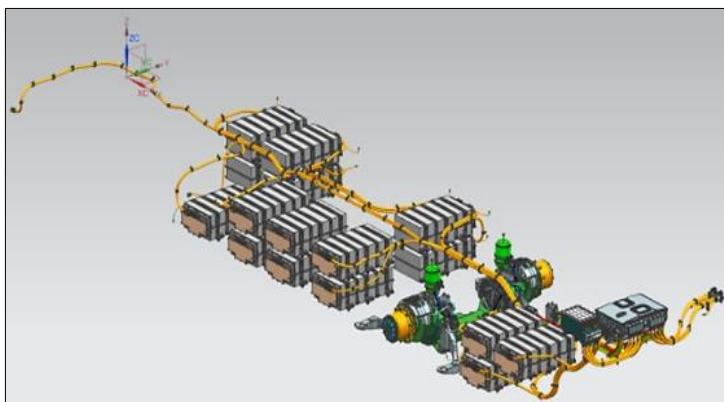
Fuente: Propia

6.4 Sistema de alta potencia (HV)

En este sistema convergen los principales componentes que trabajan con alta tensión (HV) por su descripción en inglés (high voltage) los cuales abarcan el sistema de distribución de alta tensión (arnés principal), sistema de control eléctrico de los motores de propulsión, sistema de alimentación del compresor, sistema de dirección hidráulica, sistema de

descongelamiento y las baterías de alto voltaje, su arnés principal se encuentra ubicado en la parte trasera y central del vehículo y su devanado para este sistema se encuentra recubierto con una coraza de color naranja según los establecido por las organizaciones ISO Y IEC. En la figura 6-22 se muestra el correspondiente arnés de alto voltaje (HV) según ubicación en el bus; para evidenciar la arquitectura detallada del esquema eléctrico de alto voltaje (HV) diríjase al **Anexo D**.

Figura 6-16: Distribución arnés HV



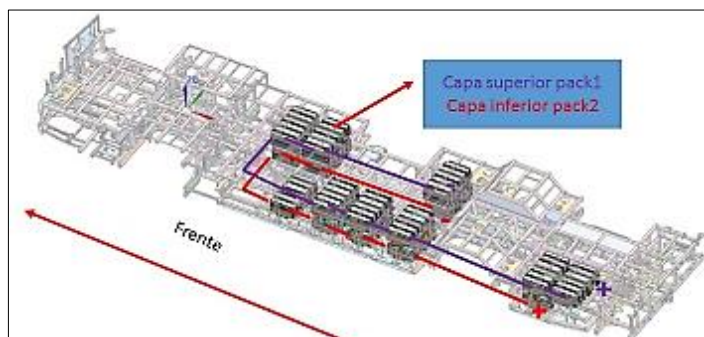
Fuente: BYD

6.4.1 Baterías alto voltaje

El modelo B13S01 está equipado con dos paquetes de baterías de alto voltaje de composición de Hierro-fosfato con componentes de Litio (LiFePO_4) las cuales están divididas por células siendo la parte más pequeña donde se realiza el proceso químico, el modelo B13S01 está equipado con ocho (8) módulos por paquete, cada módulo tiene veinte (20) células conectadas en un circuito serie , para un total de dieciséis (16) módulos en total distribuidos en los costados laterales en su parte inferior, con un voltaje por celda de 3.2 voltios, para un total de 64 voltios de voltaje nominal y 340 Ah (Amperios hora) por cada

módulo. En la tabla (4) se relacionan algunas características de un módulo de baterías de alto voltaje.

Figura 6-17: Distribución paquetes de batería alto voltaje (HV)



Fuente: BYD

Se muestra en la figura 6-23 la distribución de los dos paquetes de baterías (pack 1-pack 2), cada una de las baterías están fabricadas en módulos en conexión serie, cada módulo este hecho de celdas en configuración serie, cada uno de los paquetes tiene una conexión paralela con otro de los paquetes de baterías.

Tabla 4: Características de un módulo, baterías HV.

Características Baterías alto voltaje (DC)		
Descripción	Numero	unidad
Voltaje nominal	64	V
No pack de baterías	16	Ud.
Corriente Nominal	340	Ah
Potencia Nominal x Pack	21760	Wh
Peso por modulo	154	Kg
Peso total por 16 módulos	2464	kg
Potencia Nominal x Pack	21,76	kW
Total, Potencia nominal (<i>Pack 1 +Pack 2</i>)	348160	Wh
Total Potencia nominal (<i>Pack 1 +Pack 2</i>)	348,16	KW.h

Fuente: propia.

6.4.1.1 Rangos de temperatura baterías alto voltaje.

Durante el proceso de carga, descarga y operación el sistema de enfriamiento debe garantizar adecuadas temperaturas al líquido refrigerante para el enfriando o calentado del anticongelante, lo que garantiza un adecuado proceso de gestión térmica y preservación de la vida útil de las baterías ya que contractualmente se deben cambiar a los 7.5 años de operación lo que significa un periodo extenso en el trabajo diario de estos componentes y sus posibles variaciones de temperatura.

Tabla 5: Rangos de Temperaturas baterías de alto voltaje

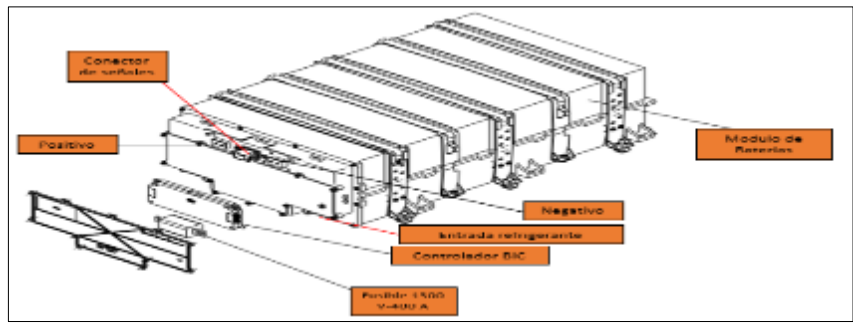
Criterio de funcionamiento	Rango	Estado
Temperatura de funcionamiento	-20°C ~ 65°C	Carga
	-30°C ~ 65°C	Descarga
Almacenamiento temperatura ambiente	-40°C ~ 60°C	Ralentí
Mejor Temperatura de funcionamiento	15°C ~ 35°C	Operación

Fuente: Manual de operación BYD-2020

6.4.2 Partes del módulo batería alto voltaje

Los módulos del pack de baterías para el modelo B13S01 son 16 en total, los cuales tienen un peso aproximado de 154 kilogramos, por lo cual deben ser manipuladas con montacargas para su desmonte y traslado, estos módulos tienen una serie de elementos acoplados que permiten su interacción con los demás módulos, este tipo de dispositivos permiten el proceso de comunicación, carga, suministro y refrigeración de cada uno de los módulos y a su vez del conjunto de paquetes de baterías; ver figura (6-24).

Figura 6-18: Partes módulo batería de alto voltaje

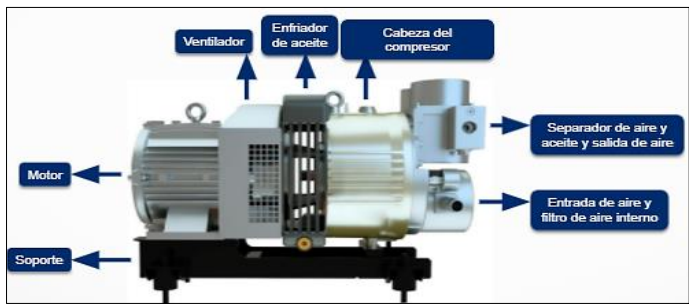


Fuente: BYD

6.4.3 Sistema alto voltaje compresor

El compresor es el componente que está compuesto por un motor eléctrico y un sistema mecánico de válvulas y de recamaras que toman el aire de la atmosfera para luego comprimirlo y alimentar el sistema de tanques y red neumática que se encarga de suministrar la presión neumática para el sistema de frenos, suspensión y puertas, con una alimentación de 380 voltios a 150 Hz, y un consumo de arranque de cuatro kilovatios (4kW) y en ralentí un consumo de 1.2 A (amperios) por cada de sus 4 líneas, para un total de 5.3 A en mínima y a máxima carga 11.4 A.

Figura 6-19: Compresor



Fuente: BYD

6.4.4 Sistema de dirección HV

Este sistema está compuesto por un motor eléctrico con un voltaje nominal de 380 voltios AC y una potencia nominal de 4.7 kW que obtiene su alimentación eléctrica del módulo integrador 6-1, genera movimiento rotacional continuo a la bomba mecánica que eleva la presión en el sistema para que el aceite mueva fácilmente el piñón sin fin de la caja de dirección, permitiendo una sensación de condición suave y manipulable para el operador,

Figura 6-20: Ubicación bomba de dirección (lateral derecho)



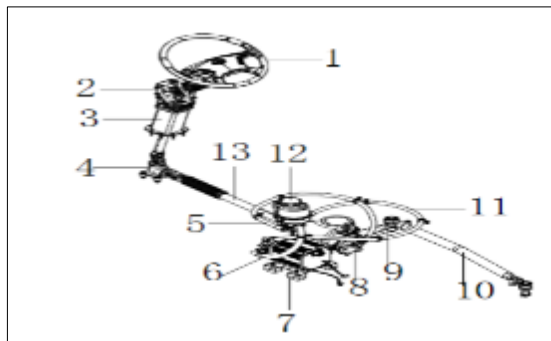
Fuente: BYD

Tabla 6: Componentes sistema dirección

Ítem	Descripción
1	Volante
2	Conjunto columna dirección
3	Cubierta protectora
4	Caja de ingletes
5	Tubería de retorno aceite
6	Tubería de entrada aceite
7	Bomba de aceite
8	Caja mecánica dirección asistida
9	Brazo pitman
10	Brazo recto de transmisión
11	Mangueras altas presión
12	Depósito de aceite hidráulico
13	Eje de transmisión

Fuente: BYD

Figura 6-21: Estructura sistema dirección

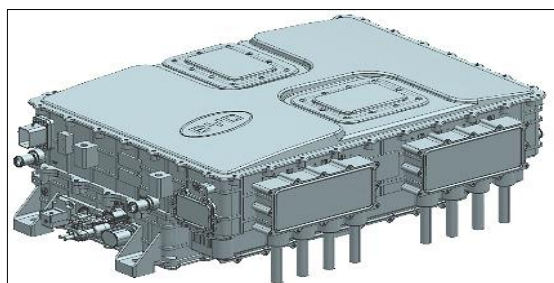


Fuente: BYD

6.4.5 Sistema HV Controlador integrado 6 en 1

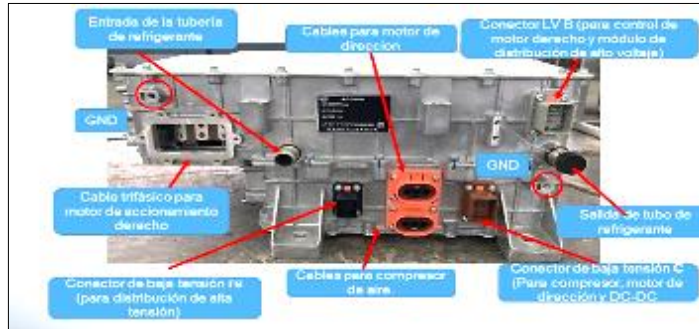
El controlador integrado (BMS) (Battery Management System) o 6 en 1 se ubica en la cabina trasera cuya función principal es controlar el funcionamiento del motor de accionamiento, el motor de dirección y el compresor de aire; así mismo la conversión DC HV a LV del vehículo suministra la energía a la parte LV del vehículo; convierte DC LV a HV para el sistema de dirección asistida y la función de detección de fugas de AT; además incluye comunicación CAN, manejo de fallas, apagado, actualización del programa, descarga activa/pasiva y función de autocomprobación, tiene un rango de operación de HV de 350 a 750 voltios.

Figura 6-22: Controladora integrado 6-1 o BMS.



Fuente: BYD

Figura 6-23: Vista lateral entradas 6-1 o BMS

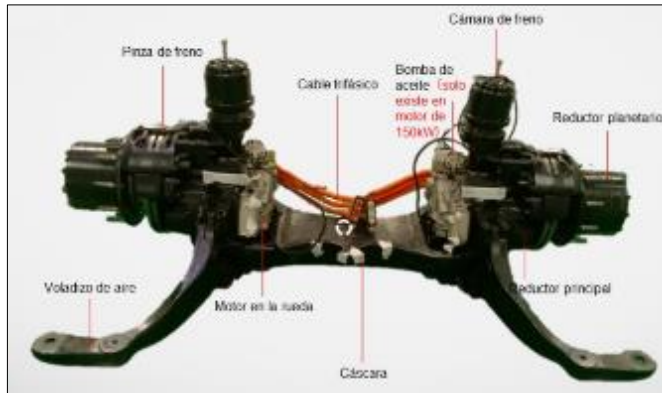


Fuente: BYD

6.4.6 Tren Motriz

El tren motriz es uno de los sistemas más importantes del vehículo ya que es el encargado de generar el movimiento del vehículo, ubicado en el eje trasero y a su vez cuando los motores funcionan en inercia negativa o frenado permiten a la regeneración de la carga de las baterías; para el modelo B13S01 se cuenta con dos (2) motores sincrónicos de imanes permanentes de 150 kW acoplados con motorreductores, que permite tener un par de salida máximo para cada rueda de 550 N.m.

Figura 6-24: Tren motriz



Fuente BYD

6.4.7 Motor de propulsión eléctrico

El vehículo está equipado con dos motores eléctricos de imanes permanentes, los cuales se ubican en el segundo eje (parte trasera) y sobre los cuales se enfocaron las tomas termográficas del análisis, se resalta que este tipo de motores son de fabricación y desarrollo intelectual del fabricante BYD, por lo cual los datos y características técnicas son mínimos, debido a los derechos propios de reserva de la información, este tipo de motores se caracterizan por tener una gran potencia y respuesta inmediata a la señal de aceleración; entre los datos de características técnicas más relevantes tenemos; **potencia** 150 kW, **velocidad máxima** 10000 rpm, **torque máximo** 550 N.m y un **voltaje** de 512 voltios DC.

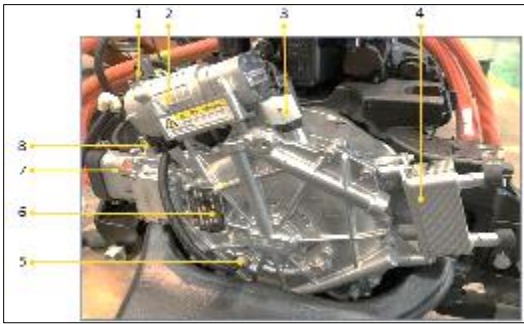
Ya que estos vehículos no tienen un sistema auxiliar de frenado como lo son el freno de motor, ahogo o retardador, tal y como se conocen en los vehículos de tipología pesada diésel, se apoyan con el sistema de regeneración de los motores los cuales proporciona una recarga eficiente de corriente a las baterías y provoca que el sistema motriz reduzca su potencia y a la vez la velocidad; este proceso se presenta en dos etapas y son conocidas como: **frenado**

regenerativo, en el cual se presenta el **primer escenario** cuando el operador deja de obturar el pedal del acelerador y deja que por el impulso inicial de aceleración el vehículo regenere y frene a su vez, el **segundo escenario** se presenta cuando el operador frena levemente en una pendiente activando a su vez el proceso de frenado regenerativo; se debe tener en cuenta que este proceso solo pasa cuando la carga en el SOC es inferior al 95%, por encima de este porcentaje de carga el vehículo frena solo con el sistema mecánico de freno de servicio.

6.4.7.1 Principio de funcionamiento electromotor

La unidad de control recoge la señal de aceleración y la señal de frenado, enviándola al controlador integrado 6-1, el cual mide el par de salida y valor de la corriente, a su vez el controlador integrado regula la velocidad del motor en base a la señal de RPM que recibe del sensor, en caso que la señal de RPM del motor o de temperatura presente alguna falla inmediatamente la potencia del motor se limita; el sistema de propulsión está compuesto principalmente de los motores reductor principal y reductor planetario, siguiendo la siguiente ruta de salida de potencia desde el eje del motor al reductor principal y luego al reductor planetario.

Figura 6-25: Motor eléctrico B13S01



Fuente: BYD

- 1) Sensor señal bomba de aceite
- 2) Bomba de aceite
- 3) Sensor de temperatura
- 4) Enfriador de aceite
- 5) Sensor de revoluciones motor
- 6) Placa de identificación
- 7) Entrada 3 fases
- 8) Desfogue atmosférico

6.4.8 Puerto de carga

Los puertos de carga DC están ubicados en la parte trasera costado lateral izquierdo del bus y están normalizados bajo el estándar británico para puertos DC, se conectan al controlador integrado a través de las dos pistolas que tiene cada cargador externo el cual le entrega aproximadamente una corriente continua de 201 A, permitiendo el ingreso de corriente a los paquetes de baterías. Estos puertos de carga en su estructura tienen una conexión CAN

que permite el análisis de desconexión y conexión a carga con el bus apagado con el fin de evitar daños en el proceso y manipulación inadecuada del vehículo.

Figura 6-26: Ubicación puertos de carga alto voltaje



Fuente: BYD

6.4.9 Enchufe de servicio

Es un dispositivo que cuya función principal es cortar o realizar la desconexión del alto voltaje que proviene de la batería de HV, para efectos de mantenimiento, revisión de fallas de alta tensión o eventos de emergencias, se puede decir que es una caja fusible y distribuidora ya que también provee de electricidad al controlador integrado 6-1 o BMS

Figura 6-27: Enchufe de servicio



Fuente: BYD

Para analizar equipos y sistemas secundarios adicionales del modelo B13S01 revisar

Anexo E

7 Análisis termografico en autobus BYD referencia B13S01 del SITP

El trabajo de campo se realizó en las instalaciones del taller de la empresa E-somos Fontibón el cual se encuentra ubicado en la calle 100 # 24-56 en la localidad número 9, en horario diurno y nocturno, resaltando que la toma de datos de carga solo se realiza en horario nocturno por condiciones operativas de la flota y costos de (kW*h) de energía. En compañía del docente tutor, se realizaron las primeras visitas, donde se determinó realizar una serie de pruebas termograficas a los elementos más relevantes del bus eléctricos B13S01, al cual se le realizaron pruebas en espacios de operación y estado de parqueo; a continuación relacionamos el mapa de la ubicación del patio en el cual se llevaron a cabo las pruebas (figura 7-39).

Figura 7-28: Ubicación patio E somos Fontibón



Fuente: Google maps

7.1 Toma de datos con equipo TI 4000 PRO

Los datos recopilados hacen parte de un trabajo de campo en los patios del SITP de la empresa E- Somos Fontibón, en los cuales se inspeccionaron varios elementos en dos buses, uno de estos en estado de reposo y el otro después de su operación; el método utilizado fue la

toma de termografía pasiva, los datos recopilados se plasmaron en las diferentes tablas por equipo que se relacionaran seguidamente, segregando los dos estados de operación mencionados anteriormente, el equipo fue tomado en alquiler a la empresa **Diteinco**, por un tiempo de 5 horas de servicio, durante tres sesiones de visitas a patio en días diferentes.

Las especificaciones técnicas de la cámara termografica utilizada en el desarrollo de las pruebas se pueden observar en el **Anexo F**.

7.1.1 Normatividad aplicada

Para este análisis termográfico se aplicaron los criterios de la norma NETA AST-2017, para componentes electrónicos y eléctricos establecidos por la asociación ANSI (**International Electric Testing Association**) que permite la evaluación de puntos calientes en equipos industriales y de transmisión eléctrica. Según la norma técnica NETA cuando la diferencia de temperatura de dos componentes semejantes en condiciones de carga supera los 15 °C se recomienda implementar acciones inmediatas; de igual forma estas medidas se deben implementar en el momento que se presente una diferencia de temperatura mayor a 40 °C entre algún tipo de componente y el aire (podemos dar como ejemplo de diferencial de temperatura la medición entre dos puntos de las baterías en un espacio o tiempo determinado).

Tabla 7: Normatividad NETA-AST-2017

Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA, las condiciones climáticas de la región y los requerimientos del cliente. * O/S: Temperatura Over Similar – O/A: Temperatura Over/ Ambient		
DIFERENCIAL DE TEMPERATURA	CLASIFICACION	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

Fuente: NETA

7.2 Prueba termografica bus JTP147 temperatura ambiente

EL bus con placa **JTP 147** (Z66-7001) con un kilometraje odómetro (ODO) de **34.560** km fue seleccionado para realizar la recopilación de algunos datos termográficos de sus componentes más representativos, algunos mencionados en el capítulo siete (7) de este documento, el bus se encontraba disponible en el patio en estado ambiente (reposo) y las actividades se realizaron en aprobación del coordinador de mantenimiento encargado; a continuación se relacionan en las siguientes tablas los datos termográficos de los elementos que para nuestro criterio tienen la mayor relevancia, en su respectivo orden: Cubo delantero (rueda posición 1), Cubo trasero lado derecho (rueda posición 5-6), Bomba de dirección, baterías alto voltaje lado derecho (Pack 01), electromotor lado izquierdo, BMS, Electromotor lado derecho

Se resalta que para poder tener una variación mínima de temperatura en los componentes se solicitó al coordinador del área de mantenimiento realizar varias vueltas en el interior del patio (aproximadamente un recorrido circular de 1.5 km), esto permitió simular

acciones de frenado, aceleración y giros direccionales, lo que permitió estimular los cambios de temperatura en los componentes anteriormente mencionados. **Ver anexos**

7.2.1 Termografía cubo delantero PS1-JTP147

Una vez realizadas las pruebas se puede evidenciar (**Anexo G**) una variación no considerable de temperatura ΔT de 0,5 °C entre dos puntos del eje delantero, con una concentración de calor en el centro del eje de 16,2 °C ya que es el elemento que soporta el giro constante de los rodamientos, la acción de frenado y la tendencia de giro hacia el lado izquierdo que tiene el patio en su diseño, este delta de temperatura (16.7 °C) se toma como la diferencia entre el punto más alto registrado y el más bajo 16,2 °C, donde el valor obtenido del gradiente de temperatura fue igual a 0,05 °C/cm; lo anterior obtenido de aplicar la ecuación 8 (gradiente de temperatura).

Durante aproximadamente 20 minutos de observación (eje x de la gráfica) se evidencia que la temperatura se mantiene casi constante y que su disipación al medio es lenta, lo que nos lleva a pensar que el sistema de lubricación del cubo delantero tiene una alta eficiencia al tratar de controlar las temperaturas que se concentran en los elementos metálicos, adicional se evidencia que estos elementos tienen tratamientos de dureza y resistencia bastante buenos, ya que si no fuera así los elementos implícitos en el sistema delantero de rodaje se verían afectados por: rupturas, daños en rodamientos, oxidación y deformaciones de material hasta llegar al punto de fundirse entre ellos.

Ecuación 8: Gradiente de temperatura

$$G_t = (T_{max} - T_{min})/distancia$$

T_{max} = temperatura maxima → °C

T_{min} = temperatura minima → °C

distancia → cm

7.2.2 Termografía cubo posterior derecho-JTP147

Para este cubo (**Anexo H**) debido a su mayor tamaño con respecto al cubo delantero el registro de temperatura es menor, el sistema de piñones reductores permite una mejor distribución de las cargas de peso y con esto la concentración de la fricción se presenta en más puntos mecánicos. Se evidencia un cambio de temperatura ΔT de $0,3^{\circ}\text{C}$, siendo este tomado entre la diferencia de temperatura más alta ($15,0^{\circ}\text{C}$) y la más baja ($14,7^{\circ}\text{C}$), con un gradiente de temperatura según la ecuación 8 de **0,03** °C/cm teniendo en cuenta una distancia aproximada de 10 cm. Durante 20 minutos de observación (eje x de la gráfica) podemos analizar que gracias al sistema de refrigeración que tienen estos componentes especialmente el tren motriz, los cambio de temperatura son bajos y controlados, teniendo en cuenta que los componentes del sistema de rodaje se benefician del sistema de refrigeración del tren motriz, de no ser así los efectos por altas temperaturas en el sistema de piñones que distribuyen la fuerza del tren motriz, electromotores y cubo reductores serian devastadores y afectarían su vida útil directamente, lo que tendría un costo elevado para la operación y mantenimiento de la flota; ante incrementos de temperatura se debe verificar las tolerancias de los ejes y el

sistema de repartición ya que podrían sufrir debilitamiento en los tratamientos térmicos del estriado de las puntas del eje de ataque del reductor principal.

7.2.3 Termografía bomba de direccion-JTP147

La bomba de dirección (**Anexo I**) siendo un elemento de seguridad y de alto funcionamiento, alcanzo una temperatura máxima de 18,5 °C y una mínima de 18,1°C, estos registros fueron observados por 20 minutos en 4 intervalos de 5 minutos, donde su cambio de temperatura fue de 0,4°C y un gradiente de 0,002 °C/cm. La bomba al ser un elemento acoplado a un motor eléctrico maneja una gran velocidad, el recorrido del aceite hidráulico por la red de lubricación permite refrigerar de manera eficiente la bomba, ya que de no ser así provocaría un incremento elevado en las temperaturas afectando los sellos mecánicos, los ejes de acoplamiento del impeler sufrirían juego axial y radial esto por consecuencia de los sellos mecánicos afectados, consecuentemente el desgaste de materiales por la fricción pondrían en riesgo la integridad del funcionamiento y la seguridad del mismo vehículo.

7.2.4 Termografía baterías de alto voltaje- JTP147

Las pruebas termograficas de las baterías de HV (**Anexo J**) se realizaron con el bus encendido en función de parquero o (N) neutro (estado de reposo) donde están activos todos los accesorios y sistemas que a su vez tienen consumos derivados del sistema de alto voltaje, como los son el sistema de refrigeración de las mismas baterías de HV, operación del compresor y refrigeración de los electromotores; se pudo evidenciar en cuatro puntos de

inspección durante 20 minutos, en 4 intervalos de 5 minutos, una temperatura mínima de 17,8°C y una máxima de 18,4°C con un delta de temperatura de $\Delta T = 0,6$ y un gradiente de 0,02 °C/cm este sistema al no ser controlado térmicamente por el sistema de gestión de enfriamiento, ocasionaría daños internos en sus placas, celdas y módulos secundariamente, por lo que es de gran importancia como se resalta en el numeral 9, de este documento, la inclusión de rutinas de mantenimiento para el sistema de gestión térmica, dándole una importancia mayor ya que al no controlar o prevenir sus daños se afectaría directamente la funcionalidad de los pack de baterías, los cuales están contemplados para una vida útil de 7.5 años.

7.2.5 Termografía electromotor izquierdo- JTP147

Se puede observar que el electromotor izquierdo (**Anexo K**) presento una temperatura máxima de 16,9 °C una mínima de 16,5°C a una velocidad permitida máxima de 10 km/h, con un $\Delta T = 0,4$ estos motores al tener una carcasa de fundición en aluminio ayudan a que el proceso de disipación de temperatura sea más efectivo, pero que su vez se transmite al soporte del tren motriz, el electromotor presento un gradiente de temperatura de 0,04 °C/cm en un tiempo de 20 minutos en 4 intervalos de 5 minutos. Los electromotores en especial mantienen temperaturas controladas gracias al sistema de refrigeración de chasis independiente a las baterías de alto voltaje, de lo contrario una falla en un sistema integrado de bombeo expondría la funcionalidad de las baterías a la vez que los motores, teniendo como presente que las temperaturas de trabajo de los dos componentes motores y baterías son diferentes y el sistema de control sería más complejo.

7.2.6 Termografía BMS- JTP147

El dispositivo seis en uno (6-1) o BSM presento una temperatura máxima de 20,8 °C y una mínima de 20,2 °C en un tiempo de 25 minutos en 5 intervalos de 5 minutos con un gradiente de temperatura de 0,04 °C/cm y $\Delta T = 0,6$; al ser el controlador directo de la distribución y recepción de corriente de las baterías y demás sistemas, presenta un notable cambio de temperatura para las salidas S4, S5, S6 descritas en el **Anexo L**, ya que estas líneas son la alimentación directa a los electromotores. Los daños internos por altas temperaturas afectarían directamente el funcionamiento del sistema de control electrónico de los motores, compresor, bomba de dirección, sistema de gestión térmica y el sistema de protección eléctrica del mismo.

7.2.7 Termografía electromotor derecho- JTP147

En este motor podemos evidenciar (**Anexo M**) como la posición de giro lo beneficia y siendo el peso del monocasco menor (zona de las puertas de servicio) registra una temperatura máxima de 13,9 °C y una mínima de 12,4 °C en un tiempo 20 minutos en 4 intervalos de 5 minutos, un gradiente 0,1°C/cm para un $\Delta T = 1,5$ siendo uno de los más altos registrado en todos los componentes. Esto permite evidenciar que el área de mantenimiento debe contar un plan de mantenimiento predictivo para el electromotor derecho enfocado en el control termográfico ya que debido a su baja temperatura de operación se comporta diferente en su desgaste interno y durabilidad de aceites del reductor secundario primario y el cubo de rodaje.

7.3 Prueba termografica bus JTP191 después de operación.

Las pruebas termograficas realizadas en el segundo bus con id interno **Z66-7045** y placa JTP191 son desarrolladas después de la operación en la ruta **K303 Fontibón**, siguiente al ingreso al patio, registra un kilometraje ODO **45,534**, el bus fue ubicado en la zona de cárcamos para realizar las tomas termograficas con la cámara TI 400 PRO de marca Fluke, se describe que el bus estuvo en operación durante 8 horas, con inicio de la misma a las 12:00 p.m. hasta la hora de ingreso a patio a las 20:30 p.m. aproximadamente, los datos recopilados en las siguientes tablas son los más relevantes según nuestro criterio y en comparación con los analizados del bus JTP147 dejan evidenciar los cambios de temperatura entre bus en estado reposo y después de la operación, es importante tener en cuenta que los datos recopilados están basados en una revisión no invasiva para los componentes y sin afectación a las actividades de operación y mantenimiento del taller de la empresa E somos Fontibón.

7.3.1 Termografía cubo posterior izquierdo- JTP191

En esta tabla (**Anexo N**) es importante resaltar el incremento de temperatura con respecto al registrado en el bus JTP147 donde se registró una temperatura máxima de 47,7 °C y una mínima de 47,2 °C con un $\Delta T = 0,5$ y un gradiente de 0,05 °C/cm en un 4 intervalo de 10 minutos, donde con respecto al bus JTP147 se evidencia en este mismo elemento un aumento de temperatura de 32,7 °C, sin ser un registro alto y dentro de los parámetros de trabajo, pero si dejando ver como la operación afecta directamente el incremento de temperatura; se debe tener en cuenta que estos cambios de temperatura en los subcomponentes

como rodamientos, ejes, sellos y piñones se pueden ver afectados en su desempeño mecánico y funcional.

7.3.2 Termografía electromotor izquierdo- JTP191

En el electromotor izquierdo (**Anexo O**) podemos evidenciar una temperatura máxima de 32,4 °C con una diferencia con respecto al motor del bus JTP147 de 15,5 °C en un tiempo de inspección de 30 minutos en 3 intervalos de 10 minutos, registrando un $\Delta T = 1,8$. Analizando que este motor está sometido a un gran esfuerzo potencial y mecánico, se podría presentar a futuro daños tempranos en sus componentes internos como lo es el bobinado y su revestimiento de barniz y en la parte externa la temperatura puede llegar a afectar terminales de conexión, enfriador de aceite, bomba de aceite y desajuste en los tornillos de fijación a la base del tren motriz.

7.3.3 Termografía electromotor derecho- JTP191

Podemos observar (**Anexo P**) como la temperatura de este motor durante el periodo de operación, tienen un incremento significativo de temperatura pero no mayor al electromotor izquierdo, nuevamente recalando su benéfico al diseño en la posición del sentido de giro en las vía, registrando una temperatura máxima de 30,9 °C y una mínima de 30,6 °C, un $\Delta T = 0,6$ en un tiempo de 50 minutos en 5 intervalos de 10 minutos, esto nos permite analizar que los componentes del sistema motriz del lado izquierdo tendrán un desgaste menos acelerado o daños por efectos de las temperatura.

7.3.4 Termografía BMS- JTP191

Este componente (**Anexo Q**) presenta un estado normal de trabajo registrando una temperatura máxima de 20,8 °C y una mínima de 20,2 °C, este registro se realizó en un tiempo de 50 minutos en 5 intervalos de 10 minutos con un $\Delta T = 0,6$ y un gradiente de 0,4 °C/cm podemos notar que este componente al ser el controlador directo en el funcionamiento de los otros subsistemas es el que tiene un mejor diseño de control térmico en comparación con los demás debido a la importancia de su funcionalidad.

7.3.5 Termografía HV lado derecho- JTP191

Las baterías de alto voltaje en estado de operación registraron una máximo de temperatura de 18,5 °C y una mínima de 16 °C, en un tiempo de inspección de 30 minutos en 3 intervalos de 10 minutos y un $\Delta T = 2,3$ bastante alto, provocado por el dato suministrado en S3 el cual es de 16,2 °C; esta temperatura se debe a que la parte inferior de las baterías tiene una menor refrigeración debido a dos factores, el primero es que los ductos de refrigeración ingresan inicialmente por la parte inferior y como segundo factor la entrada y salida de corriente se genera en las conexiones del arnés de la parte superior (**Anexo R**).

7.3.6 Termografía interruptor de servicio- JTP191

El también conocido switch de servicio o interruptor de servicio (**Anexo S**), registro temperaturas altas especialmente en su interruptor de la posición izquierda el cual es de anclaje

y tipo cuchilla registrando un máximo de 27,5 °C y un $\Delta T = 5,7$ en un tiempo de registro de 50 minutos en 5 intervalos de 10 minutos, se debe prestar vital importancia a este interruptor (izquierdo) ya que es el soporta todo el paso de corriente de las baterías al 6-1 en modo de operación, lo que puede generar desgaste prematuro en la cuchilla de este y las terminales de conexión de las líneas de alto voltaje que provienen de las baterías y afloran en el BMS.

7.4 Tabla resumen pruebas termograficas autobús JTP147 y JTP191

En la siguiente aparte (**Anexo T**) se presenta un resumen del estado de las pruebas aplicadas en algunos de los componentes más relevantes de los vehículos JTP147 y JTP191, esto con el fin de tener un panorama más analítico, de los parámetros de temperatura de cada uno de ellos, a continuación, presentamos la tabla condicional y su descripción resaltando la columna estado, como la alerta de intervención, parada o precaución.

7.5 Tabla de acción según condición

En la termografía se manejan una serie de criterios evaluativos para la intervención, prevención o parada de los equipos según los parámetros y límites condencatorios de los rangos de temperatura, los cuales están sujetos a una serie de características como: tipo de material de fabricación del equipo, tipo de trabajo al que se somete el equipo, condiciones ambientales y tiempos de trabajo, estas condiciones han obligado a que; las empresas que desarrollan termografía, basados en los rangos de temperatura obtenidos, generan unos estados de **alerta para la intervención** de los equipos como se relacionan en la tabla 8.

Tabla 8: Tabla resumen criticidad

TABLA DE RESUMEN CRITICIDAD	
Peligrosa	Parada inmediata
Insatisfactoria	Programar parada antes de una semana
Aceptable	Programar parada para corrección antes de seis meses
Bueno	monitorear en siguiente medición
Stand By	No disponible para medición

Fuente: International Electric Testing Association

7.6 Análisis estado de carga (SOC) Vs kilometraje recorrido

En este análisis se muestran (**Anexo U**) los datos obtenidos de la prueba de ruta para descarga del SOC aplicado en el bus JTP191, en condiciones de operación de la ruta; **A303 Fontibón – Centro** con un total de 63 estaciones de parada y 23 kilómetros en su recorrido de ida y retorno, en la localidad de Fontibón, con una operación promedio de 12 horas y un kilometraje odómetro de 46,966. La toma de datos se realiza durante la operación y en simulación del recorrido de ruta con sus paradas, se inicia la prueba con un SOC de carga de 99,4 % durante el recorrido se pudo datar la variación de temperatura en las paradas autorizadas, se evidencia que con el SOC sobrante al final de la prueba de 23,6 % puede llegar a ejecutar el kilometraje de autonomía ofertado comercialmente de 260 km, se obtuvo un kilometraje acumulado de 239 kilómetros odómetro. Esta prueba tuvo una duración en tiempo de 18,30 horas, obteniendo un redimiendo de 1,04 por km recorrido y un consumo porcentual del SOC de 3,06 por cada punto porcentual donde se utilizó para todo el recorrido y prueba el 78,1 % del SOC inicial; es importante resaltar que la medida de descarga de la batería se logró por medio del registro del SOC en cada una de las paradas que se realizaron durante el recorrido de la ruta programada.

7.7 Análisis descarga SOC Vs temperatura baterías JTP191

Para este móvil se realizó la gráfica (**Anexo V**) del comportamiento de la temperatura Vs la descarga del SOC, en las mismas condiciones de momento, tiempo y operación normal, que las citadas en el numeral (7.6), donde se pudo evidenciar que los parámetros de temperatura son acordes con los datos relacionados en la gráfica. Se evidencia una tendencia baja al incremento de la temperatura, la cual se controla gracias al sistema de enfriamiento que regula en su totalidad y por separado cada módulo de baterías, se debe aclarar que este sistema es de vital importancia en su monitoreo y mantenimiento ya que constituye un actor fundamental en la vida útil de las baterías, así como el control de la presencia de fallas por calidad de carga y entrega de potencia a los demás sistemas del vehículo.

7.8 Proceso de carga móvil JTP191

El móvil en relación fue puesto a cargar a las 11:00 pm aproximadamente, donde se tomaron datos en intervalos de tiempo de 5 y 8 minutos, los datos recopilados mostraron un aumento progresivo del SOC, el cual inicio en un 10% de carga; por medio de la pinza amperimétrica se tomó el valor de tensión en la línea del conector que estaba a su vez alimentado por la pistola del cargador, con ayuda de los datos arrojados por el tablero del cargador se evidencio las variaciones de corriente y voltaje en el tiempo de carga el cual fue empleado para este bus (3,6 horas), en este proceso se evidencio que el tiempo de carga está en relación con las recomendaciones del fabricante y de cómo la temperatura tiene un alto incremento en el proceso final de carga; este proceso se muestra en la gráfica (**Anexo W**), en

la cual podemos observar que a medida que el nivel del SOC se completa el cargador regula su entrega de potencia con el fin de no afectar las baterías.

7.9 Temperatura baterías HV Vs kW.h cargados

Durante el proceso de pruebas (**Anexo X**) se obtuvo la data de los kW.h entregados por el equipo (unidad de recarga patios e-somos) y las variaciones de temperatura del proceso de carga, las cuales fueron reguladas con una leve tendencia de incremento al final del proceso debido a la oposición de carga acumulada de los paquetes de baterías. El cargado permite a través de su tecnología controlar la entrega de potencia y voltaje, con el fin de garantizar la vida útil y funcionalidad de las baterías, así mismo es importante destacar si los kW.h incrementan significativamente se generará un aumento en la temperatura en las mismas; este proceso se evidencia generalmente al final del ciclo de carga en donde la capacidad acumulada a través del tiempo influiría en el desgaste de cada uno de los paquetes de baterías.

8 Influencia de la temperatura en los sub-sistemas y componentes

Empezaremos por resaltar que la temperatura afecta de forma directa, progresiva y degenerativa los subsistemas y componentes que hacen parte del modelo de estudio, en la tipología B13S01 debido a su diseño los elementos de los sistemas principales quedaron muy próximos a los paquetes de baterías, los cuales ocupan un 30% de la parte media del bus, siendo las baterías de alto voltaje los elementos con más interacción circundante con la periférica superior, lateral y central de la carrocería, lo que provoca que los elementos que la rodean se vean irradiados por las ondas de temperatura que puedan emitir y transportarse a través del sistema de enfriamiento.

Los electromotores tienen incidencia directa con sus propios subsistemas de refrigeración, lubricación, motorreductor y rodaje, siendo los dos últimos de gran impacto para los costos de mantenimiento y su complejidad de intervención, la exposición a la temperatura afecta la vida útil de los componentes provocando, cristalización de los sellos, desgastes prematuros, pérdidas de ajuste, fisuras entre otras menos graves en periodos de tiempo largos, con esto nos referimos a que la exposición a la temperatura no permite evidenciar síntomas de falla inmediatos, sino a través de largos periodos se comienza a presentar síntomas que desencadenan eventos de falla y daños graves.

Se declara en el **Anexo Y** una breve descripción de algunos subsistemas y sus correspondientes componentes que se pueden ver afectados por el aumento en la temperatura.

9 Conclusiones

El estudio de termografía y eléctrico permitió evidenciar el comportamiento de la temperatura de los motores de propulsión y baterías de alto voltaje de la tipología B13-S01 prevista en la operación diaria del SITP (Sistema Integrado de Transporte Publico).

El estudio permitió describir de manera técnica y funcional los principales subcomponentes que integran el modelo de bus B13-S01.

Se realizó una descripción del sistema eléctrico asociado a los diferentes subcomponentes de bajo y alto voltaje, así como de la descripción de la taxonomía electrónica y de control del bus B13-S01.

Se elaboró el diseño del plano eléctrico de la arquitectura de la distribución para el sistema de alto voltaje, el cual no fue proporcionado por el fabricante BYD.

La ejecución del estudio termográfico permitió conocer y graficar el comportamiento de la temperatura en varios de los componentes del modelo de estudio, lo anterior aporta una línea de seguimiento y verificación para los análisis preventivos y de falla de la empresa E Somos Fontibón.

El análisis y estudio de esta tecnología permitieron generar una serie de pautas preventivas para el mantenimiento que podrán extender la vida útil de las baterías de alto

voltaje y motores de propulsión, para los activos de la empresa E somos Fontibón, siempre y cuando sean implementados y puestos en práctica por el área de mantenimiento.

Se pudo analizar como la temperatura de las baterías ($-40^{\circ}\text{C} \sim 60^{\circ}\text{C}$) y los motores (40°) pueden a futuro afectar los diferentes componentes y subsistemas que los rodean, así mismo teniendo en cuenta que los estudios fueron realizados en una flota relativamente joven, no se tienen registro de fallas de este tipo, sin embargo no se puede asegurar que los altos niveles de irradiación calórica pueden afectar componentes principales como tarjetas electrónicas, módulos de control, arnés y el mismo chasis o estructura.

10 Recomendaciones

Se recomienda a la empresa E-somos implementar un plan de control de carga para la flota, con el fin de evidenciar posibles anomalías en los tiempos de carga de baterías.

Se debe reforzar la capacitación a los operadores de la flota en cuanto a técnicas apropiadas de conducción de vehículos eléctricos.

Es importante que la empresa E somos valide la posibilidad de adquirir una cámara topográfica para realizar el control termográfico y su inclusión en el plan de mantenimiento.

Se recomienda al equipo de mantenimiento en cabeza de la coordinación, implantar planes de capacitación técnica sobre la normativa actual en seguridad y trabajo con alto voltaje con entes certificados, ya que la formación para estas tipologías de buses eléctricos es escasa.

Se recomienda realizar los cálculos de consumos de los dispositivos instalados y a instalar en un futuro ya que su funcionamiento depende de las baterías alto voltaje, ya un exceso de consumos puede sobrecargar el sistema, provocando fallas o eventos en las variables de temperatura de operación en las baterías.

Se recomienda incluir en el plan de mantenimiento rutinas de mantenimiento y reparación para los electromotores, así como para su componente enfriador de aceite y bomba de aceite, con el fin de cuantificar el costo a futuro de su intervención.

11 BIBLIOGRAFÍA

- [1] S. C. Solis., Modelado y caracterización funcional en régimen dinámico de sistemas electroquímicos de almacenamiento de energía, 2014.
- [2] G. L. a. S. Galarza, Movilidad eléctrica, programa naciones unidas para el medio ambiente, 2016.
- [3] Guerra, «Metodología para la evaluación del desempeño mecánico y energético de vehículos eléctricos en Bogotá,» Universidad de los Andes, Colombia-Bogotá, 2014 .
- [4] G. V., «Obtenido de cámaras termográficas como campo visual ampliado,» 2013.
- [5] S. Guzmán, *Estudio preliminar de las ITV para vehículos híbridos y eléctricos.*, Universidad pontificia Corillas, 2011.
- [6] J. A. P. Guerrero, «Termografía para el mantenimiento predictivo,» 2019, p. 19.
- [7] J. A. Richard C. Dorf, Circuitos eléctricos Svoda. 8a. ed., 2012 .
- [8] L. F. Leiva., *Teoría y tecnología fundamentales.*
- [9] W. D. S. J. John J. Grainger, Análisis de sistemas de potencia., 1996.
- [10] J. T. Catalá., Todo lo que debes saber sobre el coche eléctrico., Vniversitat Id Valencia.] 1a. Ed. , 2019..
- [11] T. C. y. M. Carlen., «Theory of ragon plots, journal of power sources.,» 2000.]
- [12] M. Broussely., «Battery requirements for HEVs, PHEVs and EVs: An overview, de] Electric and Hybrid vehicles, Power sources, Model, Sustainability, Infraestructura and the Market.,» 2010.
- [13] J. T. Montecelos., Vehiculos Electricos., 2019..]
- [14] A. K. y. Z., «Li. Battery, Ultracapacitor, Fuel Cell, and Hybrid Energy Storage Systems] for Electric, Hybrid Electric, Fuel Cell, and Plug-In Hybrid Electric Vehicles.,» 2010.

- [15 S. G.-G. y. A. Fajj., «Performance of batteries for electric vehicles on short and long
] term».
- [16 f. Enix power solutions. Litio hierro. [En línea]. Available: <http://www.enix-power-solutions.es/litio-hierro-fosfato>.
- [17 E. Tamayo Avalos, «Estimación de costos para que una empresa operadora de
] transporte publico pase de motores de combustión interna a motores eléctricos. Tesis de maestría.,» Pontificia universidad católica del Ecuador, Quito. , 2014 .
- [18 J. A. t. Palacios, (2015).. [En línea]. Available: <https://www.juanpalacios.es/wp-content/uploads/2015/12/servicio-analisis-termografico.pdf>.
- [19 A. Mariño., «Caracterización térmica de un conjunto de edificaciones del pirineo
] oscense mediante termografía infrarroja.,» 2012.
- [20 «Kapter. Termografía infrarroja en la industria automotriz,» 26 Enero 2021. [En línea].
] Available: <https://www.kapter.mx/blog/termografia-infrarroja-en-la-industria-automotriz>.
- [21 BYD., «Operación y mantenimiento de vehículos electricos.,» 2020.
]
- [22 «Principios básicos de la termografía infrarroja y su utilización como técnica para
] mantenimiento predictivo,» [En línea]. Available:
http://biblioteca.upbbga.edu.co/docs/digital_20999.pdf.
- [23 M. S. Duncan Glover, «Sistema de Potencia Análisis y diseño. 7a. ed.,» 2003.
]
- [24 N. Y. R. .. A. y. p. a. d. Bogotá, «Bogota.gov.co,» 10 Oct 1997. [En línea]. Available:
] https://bogota.gov.co/sites/default/files/inline/files/aire_y_problemas_ambientales_de_bogota.pdf.

12 Anexos

Anexo A. Tipos de baterías empleadas en los vehículos eléctricos

Tipos de baterías



Fuente: Tritec interventor

Baterías plomo-acido

Este tipo de batería es el más usado y cuenta con alta disponibilidad en el mercado, así mismo presentan un bajo costo en comparación con los demás modelos. Entre sus desventajas se encuentra el limitado ciclo de vida útil por el estado de carga, además de baja energía y potencia específica [14].

Entre las ventajas de las baterías plomo-acido sobre sale la seguridad, el poco mantenimiento que requieren y su bajo costo en el mercado.

Baterías níquel-cadmio (Ni-Cd)

Este modelo de batería ofrece largos ciclos de vida y capacidad de descarga sin algún tipo de avería, de igual forma a pesar de que pueden ser recicladas el cadmio es un elemento químico que genera notables impactos al medio ambiente y además este tipo de batería es costosa.

Baterías níquel-hidruro metálico (Ni-MH)

Referenciadas como el reemplazo de las baterías de níquel-cadmio, esta batería es reciclable y de operación confiable para altos voltajes; ofrece alto almacenamiento volumétrico en potencia y energía, mayor ciclo de vida en comparación a las baterías plomo-ácido y amplios rangos de temperaturas de operación, presentan efecto memoria que reduce su potencial efectivo y hasta 200 ciclos de recarga.

Baterías litio-Ion (Li-ion)

En la actualidad son las baterías con mayor uso en aplicaciones de vehículos eléctricos, lo anterior debido a su potencial para ofrecer un buen rendimiento a estos vehículos en lo que compete a aceleración y autonomía, así mismo se considera como la tecnología con mayor futuro en las próximas décadas [15].

Es por esto y los retos que le esperan a este tipo de tecnología que se realizan diferentes estudios para examinar su comportamiento, optimización en los diseños y mejoras en su rendimiento. En buena medida estos estudios se concentran en la vida útil de las baterías por

medio de análisis de optimización del diseño basados en las pruebas del ciclo de vida útil, métodos de carga y consumo de energía para alargar la vida de estas.

Baterías de hierro fosfato con componentes de litio

Los acumuladores de hierro litio fosfato (Li Fe Po_4) fueron concebidos a través de la tecnología Litio-ion, mostrada en el mercado a inicios del año 2000. En la actualidad este tipo de tecnología se utiliza constantemente en vehículos eléctricos para el respectivo almacenamiento de energía.

El fosfato hierro tiene amplia vida útil (1500 ciclos de carga/descarga), sin embargo, su densidad es inferior entre el 14 y 15% a la densidad de energía del ion litio cobalto. Generalmente la batería de hierro fosfato con componentes de litio dispone de muy buena estabilidad térmica y química lo que asegura un buen nivel de seguridad en su uso [16].

A continuación, se enumeran las ventajas/desventajas de las baterías hierro fosfato con componentes de litio ya que estas son las que se incorporan en el bus eléctrico marca BYD referencia B13S01 el cual es el modelo de investigación.

Ventajas:

- Vida útil tres veces mayor que las baterías de ion litio cobalto.
- Notable estabilidad térmica.
- Su costo es inferior a las baterías de ion litio cobalto.
- Viabilidad para el uso elevado de corriente de descarga.

Desventajas:

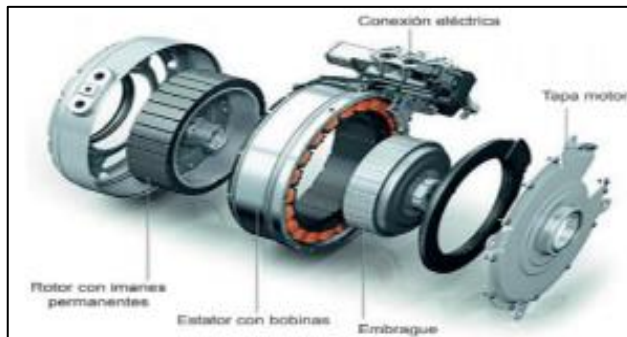
- Menor densidad de energía que las baterías de ion litio cobalto.
- Rendimiento a baja temperatura inferior a las baterías de ion litio cobalto.
- Proceso de desintegración no amigable con el medio ambiente.
- Genera procesos de recambio prematuros por desgaste acelerado de componentes.

Anexo B. Tipos de motores empleados en vehículos eléctricos

Motores sincrónicos

Los motores sincrónicos de imán permanente (PMSM) son máquinas eléctricas de CA que por lo general son energizados con tensión trifásica. Este tipo de motores se compone básicamente de dos piezas fundamentales, una de estas se denominado estator, el cual contiene bobinas que alimentadas por una CA producen un campo magnético rotante; otra de las piezas esenciales en este motor es el rotor, en cuyo interior cuenta con imanes, el campo magnético generado por estos interactúa con el producido por el estator logrando de esta manera el movimiento.

Motor síncrono de imán permanente



Fuente: Audi

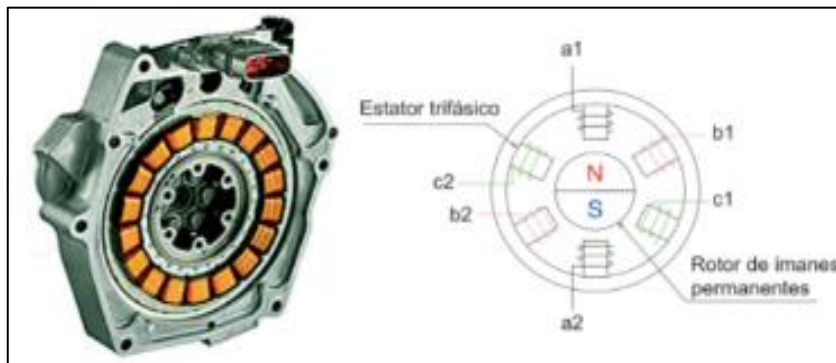
Motor sin escobillas de magneto o imanes permanentes DC

Este tipo de motor cuenta con imanes permanentes ubicados en el rotor el cual se energiza por las diferentes fases secuenciales del estator, este tipo de motor se subdivide en dos tipos:

- Motor que genera menor par y mayor velocidad de giro.
- Motor que produce mayor par y menor velocidad de giro.

Por lo general este tipo de motores son usados en modelos híbridos, los cuales ofrecen ventajas en baja emisividad de ruido, robustez y mínimos mantenimientos.

Motor sin escobillas de magneto o imanes permanentes DC



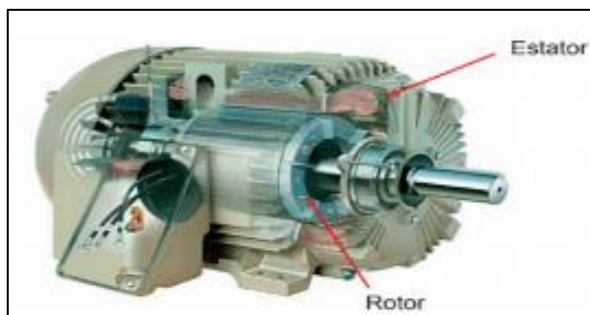
Fuente: Honda

Motor asíncrono o de inducción de AC

Se da el nombre de motor asíncrono a los motores de AC cuya parte móvil gira a una velocidad distinta a la de sincronismo.

Entre las características principales de este motor se encuentra su ranurado tipo jaula de ardilla, entre sus ventajas se tiene el desfase de 120° entre las bobinas trifásicas inductoras las cuales aportan alta eficiencia, fiabilidad, bajas vibraciones, baja contaminación auditiva, así como un par constante del motor. Entre las desventajas de este tipo de motor se tiene la baja potencia en el arranque y los posibles riesgos de sobrecarga [17].

Motor asíncrono o de inducción AC



Fuente: GE

Motor sin escobillas de magneto o imanes permanentes AC

En este modelo de motores el estator gira a velocidad constante e igual a la del rotor, pueden ser de flujo axial o radial; lo anterior depende de la ubicación del campo magnético de inducción, el cual se dispone en paralelo o perpendicular al eje de giro del rotor. Los de flujo radial son los más usados, sin embargo, los de flujo axial ofrecen su implementación junto al mecanismo de frenado de las ruedas del vehículo mejorando la eficiencia de frenado.

Motor sin escobillas de magneto o imanes permanentes AC



Fuente: Brushles

Anexo C. Conceptos generales de la termografía

Cámaras termográficas

Las cámaras termográficas son dispositivos desarrollados para calcular determinadas temperaturas sin la necesidad del contacto directo, este tipo de equipos captan la energía infrarroja emitida por un determinado material con temperatura superior a cero para posteriormente ser transformada en una lectura de temperatura o termograma [18].

Las cámaras termográficas por lo general cuentan en su parte externa con dos cámaras adicionales (digital, térmica) y en su parte frontal se encuentran la pantalla táctil y botones de control; una vez realizada la configuración de la cámara se procede con el enfoque de un determinado equipo guardando las distancias mínimas de seguridad para de esta manera obtener imágenes y valores térmicos del equipo enfocado.

Modelos cámaras termograficas



Fuente: Fluke, Ulirvisio, Walmeck, Kindle peperwhite

Tipos de termografía

En la actualidad existen varios tipos de termografía infrarroja las cuales varían de acuerdo con la necesidad y alcance de las pruebas. Entre estas se encuentran la cuantitativa y/o cualitativa, activa y/o pasiva [21].

Termografía cuantitativa y/o comparativa

Este tipo de técnica necesita la determinación de un nivel de temperatura para determinar la gravedad de la anomalía de un equipo o componente. Este nivel se establece por medio de comparación de temperatura del componente con la de los equipos en servicio similares a este o con datos de referencia. Para superficies de alta emisividad la temperatura T

y la variación de temperatura ΔT los valores mostrados son fiables, para el caso de los valores de T y ΔT en aquellas superficies de baja emisividad los valores son poco confiables.

Termografía comparativa y/o cualitativa

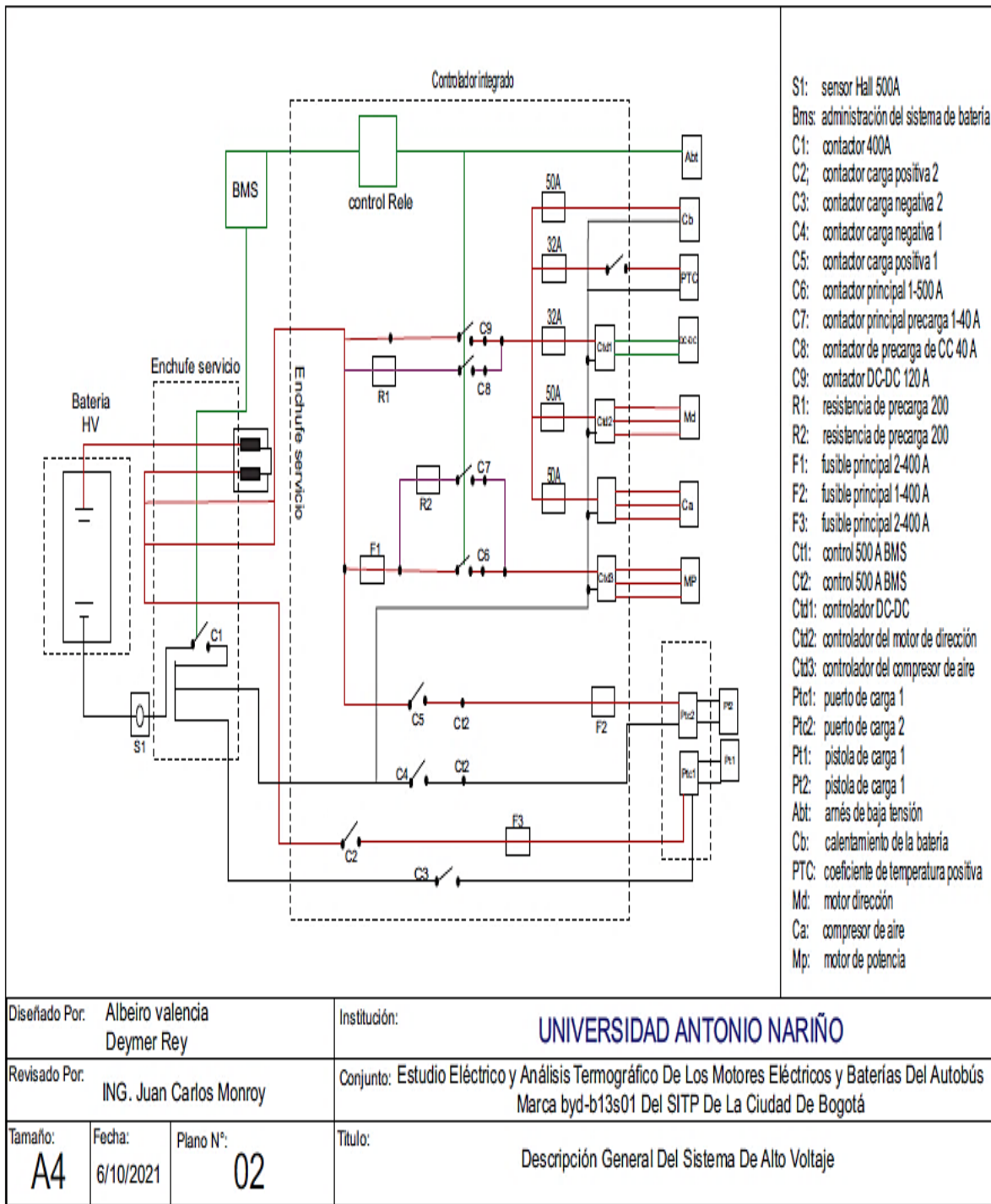
Este tipo de medición compara el patrón térmico o perfil de un componente con la de otro idéntico o similar que se encuentre bajo las mismas condiciones de operación sin la asignación de referencias de temperatura a los patrones. Este tipo de técnica es rápida y fácil de adaptar, no requiere ningún ajuste a la cámara termográfica para equilibrar las condiciones atmosféricas, ambientales o emisividad de la superficie. A pesar de que el resultado de este tipo de medición puede identificar algún tipo de deficiencia, no muestra el nivel de gravedad.

Por medio de este tipo de termografía las mediciones pueden ser:

- Sin contacto directo, detecta objetos en movimiento, energizados y que pueden ser peligrosos al más mínimo contacto.
- No se genera afectación en la producción ya que no requiere apagar los equipos a intervenir.
- Facilidad en la determinación de pruebas a equipos de difícil acceso.
- Viabilidad en las pruebas de aquellos equipos en los cuales el acercamiento físico pueda ser dañino con las personas.
- Amplia capacidad para pronosticar daños eléctricos y/o mecánicos
- Capacidad de identificar con rapidez la ubicación específica de la variación térmica.
- Permite la evaluación de la intervención de componentes de forma predictiva y programada.
- Permite la implementación de la reducción del consumo energético, detectando los puntos del sistema de refrigeración que son o se vuelven ineficientes.

- Aporta datación para extender la vida útil de los componentes mecánicos, eléctricos o activos industriales de alta cuantía.
- Permite detectar las fallas en tiempo real, con una imagen verídica de los puntos evaluados.
- Permite aislar las fallas por subcomponentes, siendo más fácil la intervención directa en las piezas afectadas.
- Usos domésticos e industriales

Anexo D. Descripción general del sistema de alto voltaje



El **sistema de HV** del bus eléctrico referencia B13S01 constante de tres bloques principales, batería, enchufe de servicio y el controlador integrado. Se puede observar en el anexo A una línea resaltada en color rojo la cual indica los componentes que se encuentran alimentados por medio de HV y la línea color verde referencia el circuito de comunicaciones.

El paquete de baterías de alimentación contiene dos paquetes de baterías conectadas en paralelo, cada uno de estos paquetes están fabricados en módulos de baterías en conexión serie; de acuerdo con el modelo vehicular los paquetes de baterías están configurados como superior/inferior o en su defecto derecha/izquierda. El **enchufe de servicio** se ubica en la parte posterior del autobús, es el encargado de suspender en modo local el polo positivo de la batería en circunstancias de mantenimiento o algún tipo de emergencia. El **controlador integrado** también se ubica en la cabina posterior de autobús, este dispositivo eléctrico contiene varios componentes entre los cuales se encuentran el módulo de distribución de HV, módulo DC-DC, controlador del motor de dirección, controlador del compresor de aire y el controlador de los 2 motores de tracción de las ruedas, su función principal es controlar el funcionamiento del motor de accionamiento, el motor de dirección y el compresor de aire; de igual forma vigila la conversión DC del sistema de HV a LV la cual suministra la energía al circuito de LV del vehículo, controla la dirección asistida y la función detección de fugas de HV, adicionalmente incluye comunicación CAN, manejo de fallas, apagado, actualización de software, descarga activa/pasiva y función de autocomprobación. Los **fusibles** (F) son los encargados de proteger el sistema de HV cuando el circuito presenta algún tipo de sobre carga en la operación, así mismo monitorean y suspenden las fugas de alto voltaje, de tal manera que las personas como el vehículo se encuentren seguros. En el caso de los **contactores** (C) son los responsables de abrir o cerrar (conmutación) determinados ramales del circuito eléctrico de HV. Los fusibles

y los contactores están configurados en todo el circuito, de tal forma que cuando se produzca un cortocircuito, los fusibles se activen y los contactores se abran y desconecten en $1\mu\text{S}$ el circuito y de esta manera proteger el sistema de alguno tipo de daño.

Los **puertos de carga** (Ptc) son componentes que realizan la conexión entre la caja de carga y el vehículo, por lo general se ubican en la parte posterior del vehículo, los puertos de carga de CC duales se pueden enchufar con pistolas duales de carga de CC para realizar las respectivas recargas; el **controlador del motor de dirección** (Ctd2) controla la bomba de aceite de dirección controlando el motor de dirección el cual proporciona la potencia adecuada para el sistema de dirección. El **controlador del compresor de aire** (Ctd3) vigila el funcionamiento del compresor, ya que este es el encargado de suministrar aire comprimido al sistema de frenos, sistema de puertas y el sistema de suspensión, el **controlador DC-DC** (Ctd1) se usa principalmente para invertir la potencia en DC desde 600V, los cuales provienen de la batería de alimentación hasta 28V DC para los subsistemas de LV; también controlan la carga de las baterías de almacenamiento cuando su voltaje es inferior a 23V.

El **Compresor de aire** (Ca) se utiliza para comprimir el aire para posteriormente almacenar en el tanque de aire, de acuerdo con el modelo vehicular este puede disponer de desplazamiento positivo de paletas o de tornillo, el **Motor de dirección** (Md) es el encargado de accionar la bomba de aceite de dirección para proporcionar una presión de aceite adecuada y mantener el sistema de dirección asistida en buenas condiciones. El **Arnés de baja tensión** (Abt) es el cableado encargado de la distribución de la energía eléctrica en LV, se ubica en el techo, en el chasis, en los tableros de instrumentos y en la parte delantera del vehículo; la categoría de arnés de alambre del sistema de LV comprende el cable estándar, alambre brindado y twisted-pair. El **Coefficiente de temperatura positivo** (PTC) se presenta cuando

un crecimiento en la temperatura intensifica el valor de la resistencia de un determinado material. Por lo general este coeficiente se halla en los metales puros; el **administrador de sistema de batería** (Bms) se compone de la cubierta de protección, conector de LV, el conector FPC, fusibles y el BIC (colector de información de batería), adicionalmente se cuenta con el sistema de gestión térmica el cual cumple funciones de enfriamiento para evitar daños irreversibles causados por las altas temperaturas, calentar la batería (Cb) cuando se encuentra demasiado fría y garantizar que la batería funcione siempre a la temperatura adecuada para prolongar la vida útil de estas.

Así mismo el **sensor Hall 500** (S1) es el responsable de la medición de campos magnéticos o corrientes que circulan por el circuito y finalmente las **resistencias de precarga** (R) son las encargadas de minimizar los efectos generados (fugas de corriente, fallas en el aislamiento) en el sistema de HV y aumentar la seguridad del autobús en el proceso de carga de sus baterías.

Anexo E. Equipos y sistemas secundarios bus eléctrico B13S01

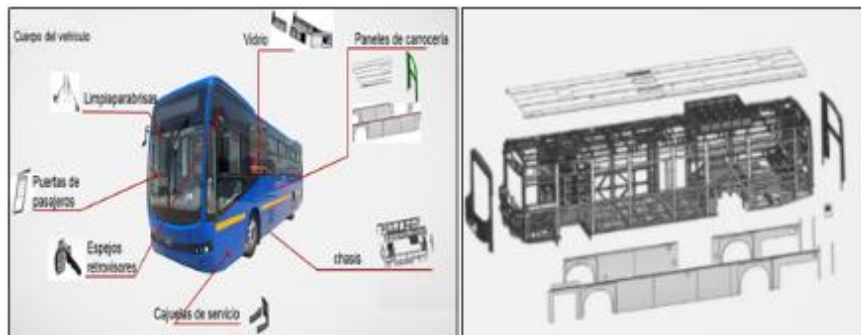
Conjunto Chasis.

Este sistema incluye principalmente los componentes que conforman la mecánica de operación y control del vehículo en su respectivo orden como son: el sistema principal de conducción (barras, terminales) sistema de suspensión delantero y trasero, sistema de frenos (tuberías, acoples, bases, soportes) sistema de dirección(bomba de dirección , tanque de almacenamiento hidráulico) sistema de enfriamiento (radiador, ventilador, bomba de agua, tanque de expansión) sistema de aceleración (sistema de rodamiento delantero, trasero y cubos traseros y motor reductores).

Conjunto Carrocería

Esté sistema incluye principalmente: sistema limpia brisas, conjunto de habitáculos y compartimentos, sistema de puertas, conjunto de espejos retrovisores, conjunto de vidrios laterales y frontales y el conjunto de piezas decorativas internas y externas , molduras en material termo formado, sistema estructural monocasco de chasis y carrocería integrados como una sola unidad o monocasco a diferencia de las carrocerías convencionales donde se puede encontrar un fabricante para el chasis y uno para la carrocería.

Conjunto carrocería monocasco

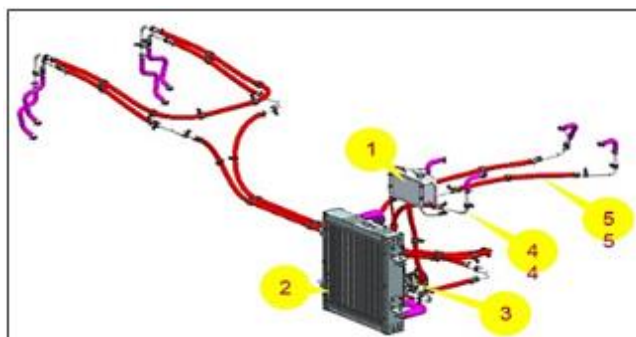


Fuente: BYD

Sistema de enfriamiento

El sistema de enfriamiento de chasis permite mantener la temperatura de trabajo óptima del controlador 6-1 y los motores. Este sistema está compuesto numéricamente en su orden de acuerdo a la figura (6-35):

Sistema de enfriamiento chasis



Fuente BYD

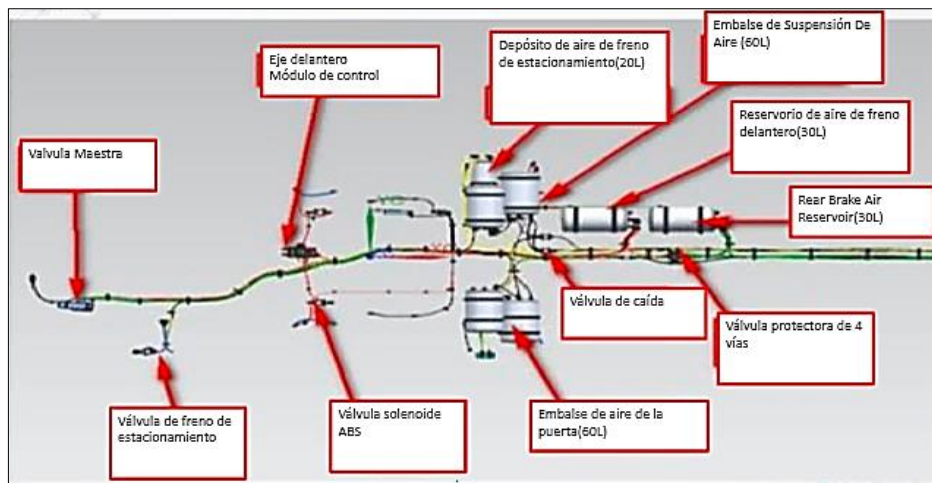
- 1) Deposito
- 2) Radiador

- 3) Bomba de agua
- 4.4) Tubos varias piezas
- 5.5) Mangueras varias piezas.

Sistema de frenos

El sistema de frenos neumático es uno de los componentes más importantes del grupo chasis, ya que es el encargado de la seguridad integral de los usuarios, conductor, peatones y vehículo, este sistema está controlado por un módulo de fabricación WACO el cual integra un control ABS (Antilock Braking System) y un paquete tanques acumuladores de aire comprimido que trabajan a una serie de válvulas actuadoras y de control, encargadas de suministrar la presión neumática a través de dos (2) circuitos independientes, uno para las ruedas delanteras y el otro para las ruedas traseras.

Esquema sistema de frenos.

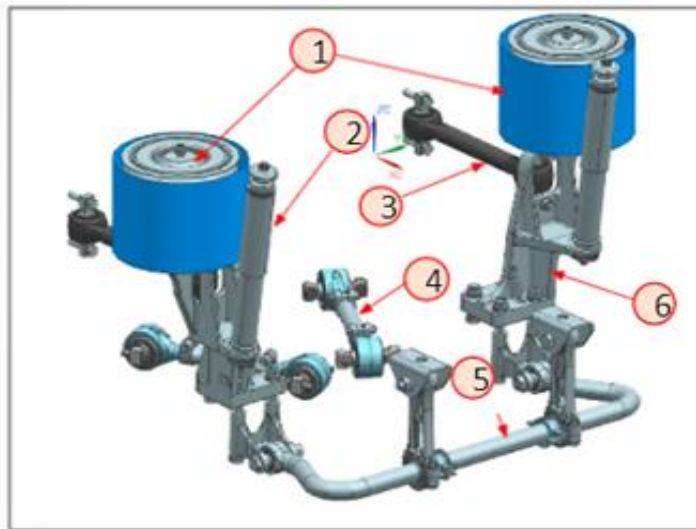


Fuente BYD

Sistema de suspensión

El sistema de suspensión neumático y mecánico permite la conexión y distribución de las fuerzas y cargas producidas entre el chasis y los dos ejes, está conformado por elementos de absorción de fuerza como amortiguadores de aire (bombonas) los cuales son controlados por válvulas electromecánicas.

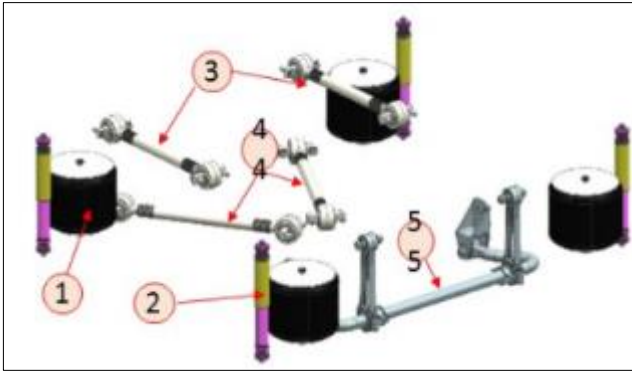
Elementos suspensión delantera



Fuente: BYD

- 1) Resortes neumáticos.
- 2) Amortiguadores hidráulicos.
- 3) Barra de empuje superior.
- 4) Barra de empuje inferior.
- 5) Barra estabilizadora.
- 6) Soporte muelle anclaje bastidor.

Elementos suspensión trasera




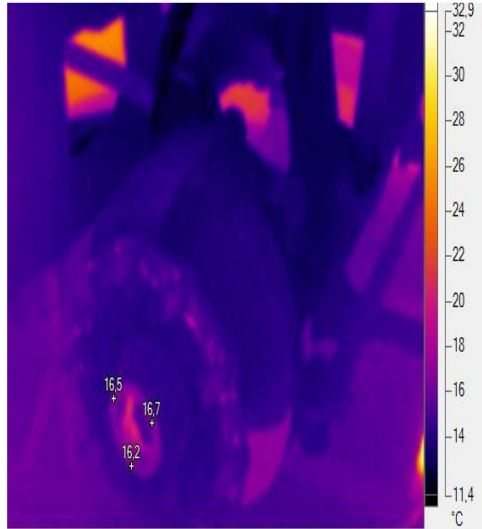
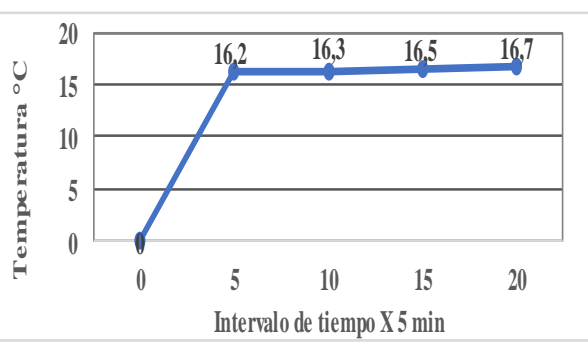
Fuente: BYD

- 1) Conjunto fuelle aire trasero (Bombonas)
- 2) Conjunto de amortiguador trasero.
- 3) Conjunto barra de empuje superior trasera.
- 4.4) Conjunto barra de empuje inferior.
- 5.5) Barra estabilizadora.


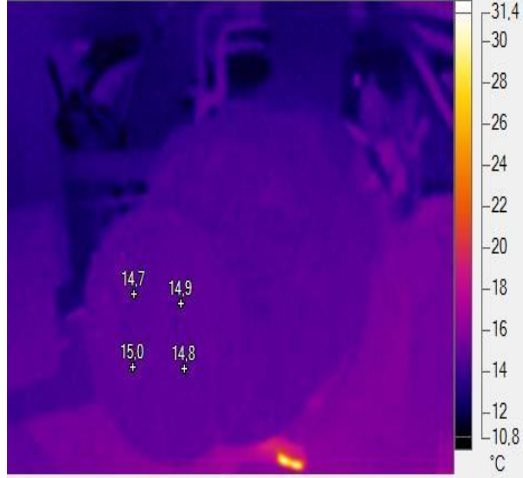
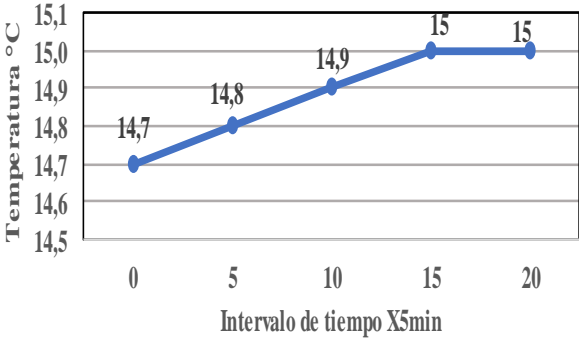
Anexo F. Características técnicas cámara termografica TI 400 PRO

	FICHA DE CARACTERISTICAS TECNICAS	ELABORADO	30/abr/2021
		MODIFICADO:	22/abr/2021
		VERSIÓN:	1
		PÁGINA:	1
CÁMARA:	TI 400 PRO		
TIPO DE INSPECCIÓN:	Rutina de inspección		
CÁMARA DE TERMOGRAFÍA TI 400 PRO			
			
Características principales			
Referencia	TI400 PRO		
Resolución espacial (IFOV)	1.31 mrad		
Resolución del detector	320x240 (76,800 pixeles)		
Profundidad de campo	257:1		
Rango de medida de temperatura	- 20 °C a 350 °C (-4 °F a 662 °F)		
Pantalla	CD táctil capacitiva de 3.5 pulgadas en diagonal. Horizontal a color VGA (640 x 480) con retroiluminación		
Cámara digital	5 megapíxeles		
Campo de visión	24 °H x 17 °V		
Distancia hasta el punto de exploración	257:01:00		


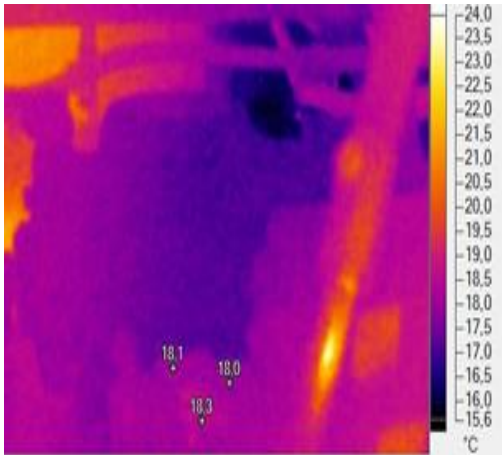
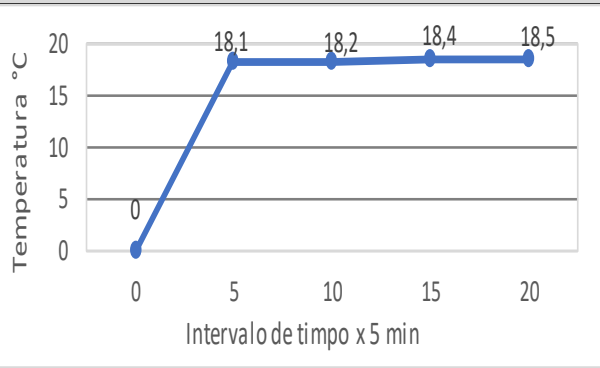
Anexo G. Termografía cubo delantero PS1-JTP147

NOMBRE	BUS ELECTRICO JTP147	HORA	9:30 a. m.	Cámara:	TI 400															
EQUIPO Y/O ELEMENTO	CUBO DELANTERIO PS 1	KM	34.560	Fecha:	13/08/2021															
IMAGEN LUZ VISIBLE			IMAGEN ANALISIS TERMICO																	
																				
ANÁLISIS TÉRMICO																				
CLASIFICACIÓN DE FALLA		SPOT	Valor Medido [°C]	Fecha	Max histórico [°C]															
		Max	16,7	13/08/2021	16,7															
ΔT O/S	0,5	S1	16,5 °C																	
		S2	16,7 °C																	
CONDICIÓN	BUENO	S3	16,2																	
CLASIFICACIÓN	En buen estado	S4																		
Emisividad	0,95	S5																		
NORMATIVA APLICABLE			GRAFICA VARIACION TEMPERATURA °C																	
<p>Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA, las condiciones climáticas de la región y los requerimientos del cliente. * O/S: Temperatura Over Similar - O/A: Temperatura Over/Ambient</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>DIFERENCIAL DE TEMPERATURA</th> <th>CLASIFICACION</th> <th>CONDICIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1°C - 10°C O/A y < 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 >15°C O/S</td> <td>Deficiencia</td> <td>INSATISFACTORIA</td> </tr> <tr> <td>>40°C O/A y >15°C O/S</td> <td>Deficiencia mayor</td> <td>PELIGROSA</td> </tr> </tbody> </table>			DIFERENCIAL DE TEMPERATURA	CLASIFICACION	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	CLASIFICACION	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																		
			DIAGNOSTICO	PRIMERA MEDICION																


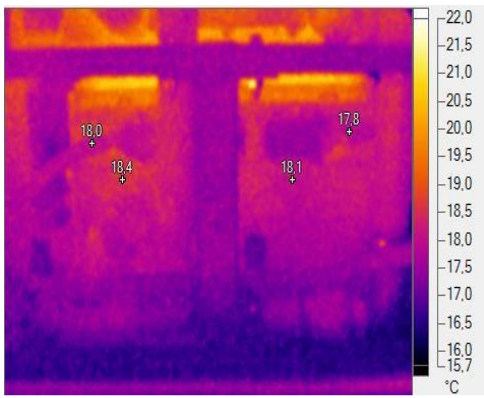
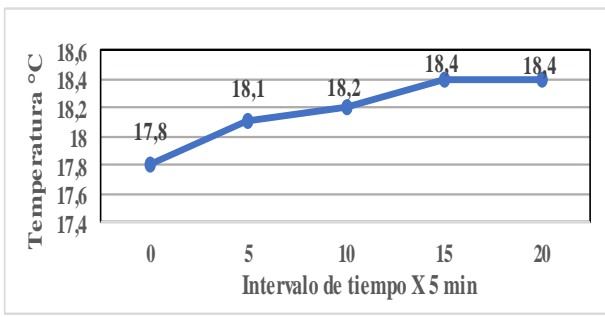
Anexo H. Termografía cubo posterior derecho -JTP14

NOMBRE	BUS ELECTRICO JTP147	HORA	10:40 a. m.	Cámara:	TI 400															
EQUIPO Y/O ELEMENTO	CUBO TRASERO DER	KM	34.560	Fecha:	13/08/2021															
IMAGEN LUZ VISIBLE			IMAGEN ANALISIS TERMICO																	
																				
ANÁLISIS TÉRMICO																				
CLASIFICACIÓN DE FALLA		SPOT	Valor Medido [°C]	Fecha	Max histórico [°C]															
		Max	15.0	13/08/2021	15															
ΔT O/S	0,3	S1	14,7	13/08/2021																
		S2	14,8	13/08/2021																
CONDICIÓN	BUENO	S3	14,9	13/08/2021																
CLASIFICACIÓN	En buen estado																			
Emisividad	0,95																			
NORMATIVA APLICABLE			GRAFICA VARIACION TEMPERATURA °C																	
<p>Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA, las condiciones climáticas de la región y los requerimientos del cliente. * 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 (< 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 >15°C O/S</td> <td>Deficiencia</td> <td>INSATISFACTORIA</td> </tr> <tr> <td>>40°C O/A y >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 (< 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 (< 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																		
			DIAGNOSTICO	PRIMERA MEDICION																


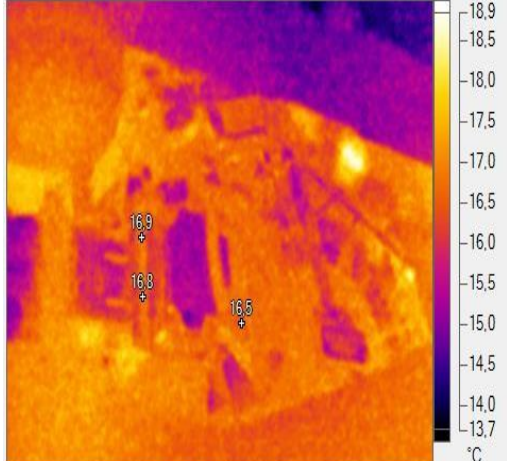
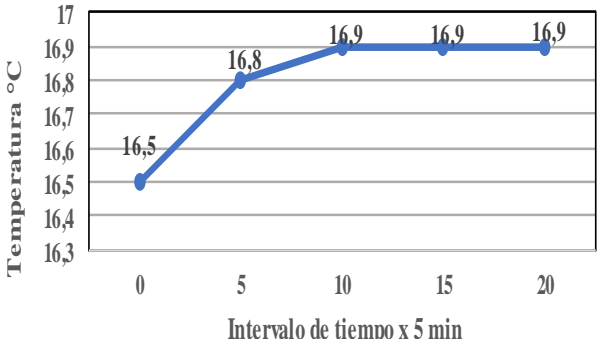
Anexo I. Termografía bomba de dirección -JTP147

NOMBRE	BUS ELECTRICO JTP147	HORA	9:40 a. m.	Cámara:	TI 400															
EQUIPO Y/O ELEMENTO	BOMBA DE DIRECCION	KM	34.560	Fecha:	13/08/2021															
IMAGEN LUZ VISIBLE			IMAGEN ANALISIS TERMICO																	
																				
ANÁLISIS TÉRMICO																				
CLASIFICACIÓN DE FALLA		SPOT	Valor Medido [°C]	Fecha	Max histórico [°C]															
		Max	18,5	13/08/2021	18,5															
ΔT O/S	0,4	S1	18,1°C																	
		S2	18,2°C																	
CONDICIÓN	BUENO	S3	18,4°C																	
CLASIFICACIÓN	En buen estado	S4	18,5°C																	
Emisividad	0,95	S5																		
NORMATIVA APLICABLE			GRAFICA VARIACION TEMPERATURA °C																	
<p>Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA, las condiciones climáticas de la región y los requerimientos del cliente. * O/S: Temperatura Over Similar - O/A: Temperatura Over/Ambient</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>DIFERENCIAL DE TEMPERATURA</th> <th>CLASIFICACION</th> <th>CONDICIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1°C - 10°C O/A (< 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 > 15°C O/S</td> <td>Deficiencia</td> <td>INSATISFACTORIA</td> </tr> <tr> <td>> 40°C O/A y > 15°C O/S</td> <td>Deficiencia mayor</td> <td>PELIGROSA</td> </tr> </tbody> </table>			DIFERENCIAL DE TEMPERATURA	CLASIFICACION	CONDICIÓN	1°C - 10°C O/A (< 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	CLASIFICACION	CONDICIÓN																		
1°C - 10°C O/A (< 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																		
			DIAGNOSTICO	PRIMERA MEDICION																



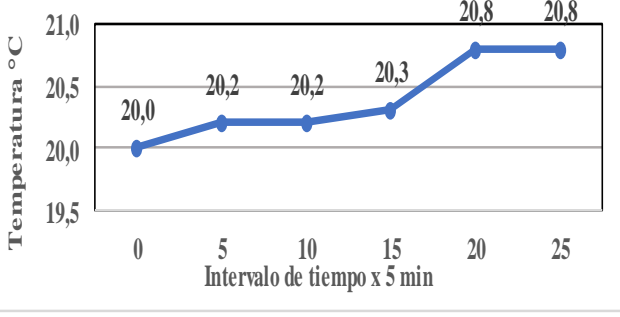
Anexo J. Termografía baterías de alto voltaje- JTP147

NOMBRE	BUS ELECTRICO JTP147	HORA	9:40 a. m.	Cámara:	TI 400															
EQUIPO Y/O ELEMENTO	BATERIAS LADO DERECHO HV	KM	34.560	Fecha:	13/08/2021															
IMAGEN LUZ VISIBLE			IMAGEN ANALISIS TERMICO																	
																				
ANÁLISIS TÉRMICO																				
CLASIFICACIÓN DE FALLA		SPOT	Valor Medido [°C]	Fecha	Max histórico [°C]															
		Max	18,4	13/08/2021	18,4															
ΔT O/S	0,6	S1	18,1 °C																	
		S2	18,2 °C																	
CONDICIÓN	BUENO	S3	18,4°C																	
CLASIFICACIÓN	En buen estado	S4	17,8°C																	
Emisividad	0,95	S5																		
NORMATIVA APLICABLE			GRAFICA VARIACION TEMPERATURA °C																	
<p>Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA, las condiciones climáticas de la región y los requerimientos del cliente. * O/S: Temperatura Over Similar - O/A: Temperatura Over/Ambient</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>DIFERENCIAL DE TEMPERATURA</th> <th>CLASIFICACION</th> <th>CONDICIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1°C - 10°C O/A (< 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 >15°C O/S</td> <td>Deficiencia</td> <td>INSATISFACTORIA</td> </tr> <tr> <td>>40°C O/A y >15°C O/S</td> <td>Deficiencia mayor</td> <td>PELIGROSA</td> </tr> </tbody> </table>			DIFERENCIAL DE TEMPERATURA	CLASIFICACION	CONDICIÓN	1°C - 10°C O/A (< 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	CLASIFICACION	CONDICIÓN																		
1°C - 10°C O/A (< 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																		
			DIAGNOSTICO	PRIMERA MEDICION																


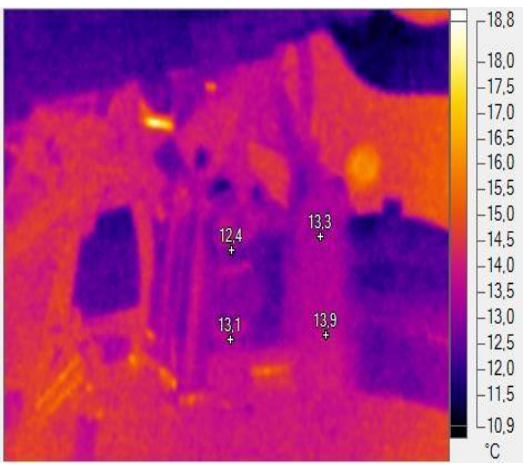
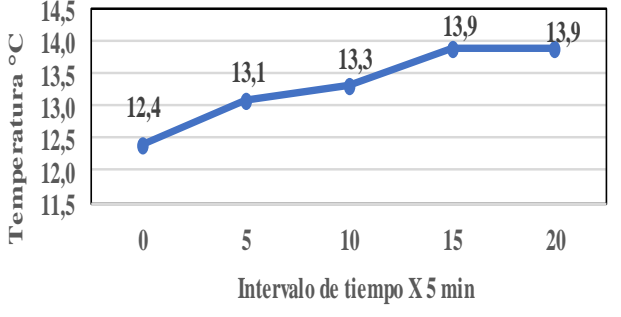
Anexo K. Termografía electromotor izquierdo -JTP147

NOMBRE	BUS ELECTRICO JTP147	HORA	9:55 a. m.	Cámara:	TI 400															
EQUIPO Y/O ELEMENTO	ELECTROMOTOR IZQ	KM	34.560	Fecha:	13/08/2021															
IMAGEN LUZ VISIBLE			IMAGEN ANALISIS TERMICO																	
																				
ANÁLISIS TÉRMICO																				
CLASIFICACIÓN DE FALLA		SPOT	Valor Medido [°C]	Fecha	Max histórico [°C]															
		Max	16,9	13/08/2021	16,9															
ΔT O/S	0,4	S1	16,9 °C	13/08/2021																
		S2	16,8 °C	13/08/2021																
CONDICIÓN	BUENO	S3	16,5 °C	13/08/2021																
CLASIFICACIÓN	En buen estado	S4																		
Emisividad	0,95	S5																		
NORMATIVA APLICABLE			GRAFICA VARIACION TEMPERATURA °C																	
<p>Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA, las condiciones climáticas de la región y los requerimientos del cliente. * 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 (< 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 >15°C O/S</td> <td>Deficiencia</td> <td>INSATISFACTORIA</td> </tr> <tr> <td>>40°C O/A y >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 (< 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 (< 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																		
			DIAGNOSTICO	PRIMERA MEDICION																


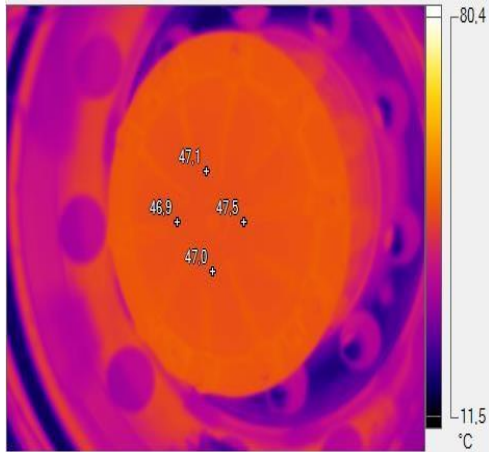
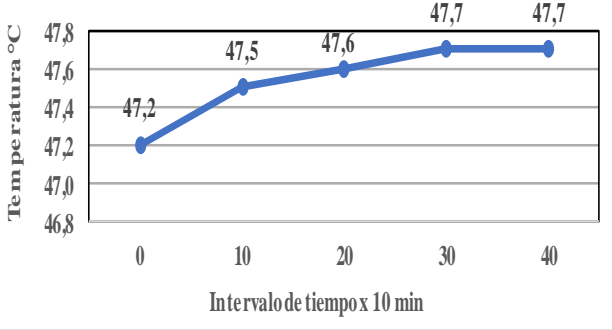
Anexo L. Termografía BSM - JTP147

NOMBRE	BUS ELECTRICO JTP147	HORA	10:12 a. m.	Cámara:	TI 400															
EQUIPO Y/O ELEMENTO	BSM	KM	34.560	Fecha:	13/08/2021															
IMAGEN LUZ VISIBLE			IMAGEN ANALISIS TERMICO																	
																				
ANÁLISIS TÉRMICO																				
CLASIFICACIÓN DE FALLA		SPOT	Valor Medido [°C]	Fecha	Max histórico [°C]															
		Max	20,8	13/08/2021	20,8															
ΔT O/S	0,6	S1	20,2°C	13/08/2021																
		S2	20,2°C	13/08/2021																
CONDICIÓN	BUENO	S3	20,8°C	13/08/2021																
CLASIFICACIÓN	En buen estado	S4	20,8	13/08/2021																
Emisividad	0,95	S5	20,8	13/08/2021																
		S6	20,3	13/08/2021																
NORMATIVA APLICABLE			GRAFICA VARIACION TEMPERATURA °C																	
<p>Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA, las condiciones climáticas de la región y los requerimientos del cliente. * O/S: Temperatura Over Similar - O/A: Temperatura Over/Ambient</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>DIFERENCIAL DE TEMPERATURA</th> <th>CLASIFICACION</th> <th>CONDICIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1°C - 10°C O/A (< 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 > 15°C O/S</td> <td>Deficiencia</td> <td>INSATISFACTORIA</td> </tr> <tr> <td>> 40°C O/A y > 15°C O/S</td> <td>Deficiencia mayor</td> <td>PELIGROSA</td> </tr> </tbody> </table>			DIFERENCIAL DE TEMPERATURA	CLASIFICACION	CONDICIÓN	1°C - 10°C O/A (< 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	CLASIFICACION	CONDICIÓN																		
1°C - 10°C O/A (< 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																		
			DIAGNOSTICO	PRIMERA MEDICION																

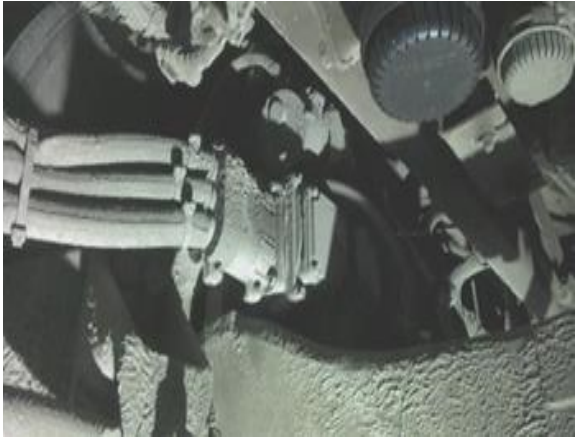
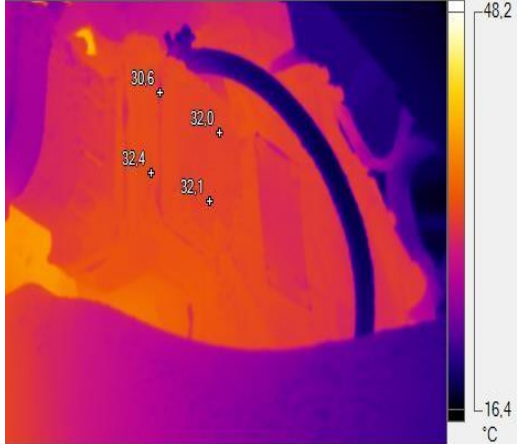
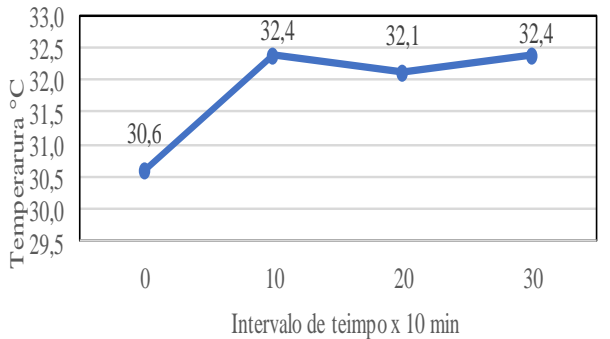
Anexo M. Termografía electromotor derecho -JTP147

NOMBRE	BUSELECTRICO JTP147	HORA	10:20 a. m.	Cámara:	TI 400															
EQUIPO Y/O ELEMENTO	ELECTROMOTOR DER	KM	34.560	Fecha:	13/08/2021															
IMAGEN LUZ VISIBLE			IMAGEN ANALISIS TERMICO																	
																				
ANÁLISIS TÉRMICO																				
CLASIFICACIÓN DE FALLA		SPOT	Valor Medido [°C]	Fecha	Max histórico [°C]															
		Max	13,9	13/08/2021	13,9															
ΔT O/S	1,5	S1	12,4 °C	13/08/2021																
		S2	13,1 °C	13/08/2021																
CONDICIÓN	BUENO	S3	13,3 °C	13/08/2021																
CLASIFICACIÓN	En buen estado	S4	13,9 °C	13/08/2021																
Emisividad	0,95	S5																		
NORMATIVA APLICABLE			GRAFICA VARIACION TEMPERATURA °C																	
<p>Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA, las condiciones climáticas de la región y los requerimientos del cliente. * O/S: Temperatura Over Similar - O/A: Temperatura Over/Ambient</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>DIFERENCIAL DE TEMPERATURA</th> <th>CLASIFICACION</th> <th>CONDICIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1°C - 10°C O/A (< 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 > 15°C O/S</td> <td>Deficiencia</td> <td>INSATISFACTORIA</td> </tr> <tr> <td>> 40°C O/A y > 15°C O/S</td> <td>Deficiencia mayor</td> <td>PELIGROSA</td> </tr> </tbody> </table>						DIFERENCIAL DE TEMPERATURA	CLASIFICACION	CONDICIÓN	1°C - 10°C O/A (< 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	CLASIFICACION	CONDICIÓN																		
1°C - 10°C O/A (< 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																		
																				
			<table border="1"> <tr> <td>DIAGNOSTICO</td> <td>PRIMERA MEDICION</td> </tr> </table>			DIAGNOSTICO	PRIMERA MEDICION													
DIAGNOSTICO	PRIMERA MEDICION																			


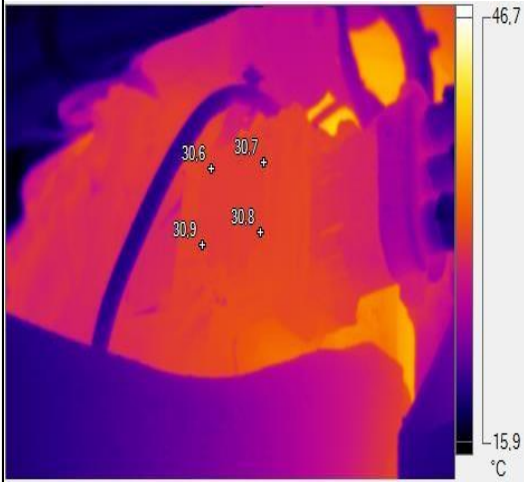
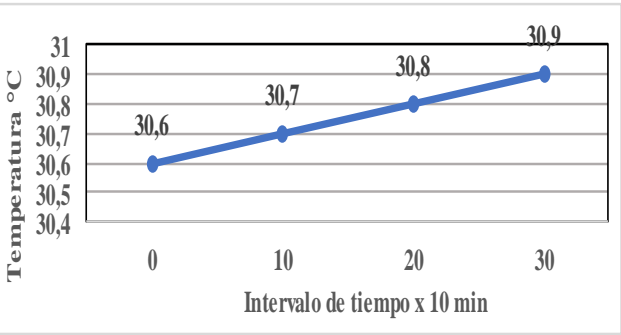
Anexo N. Termografía cubo trasero izquierdo -JTP191

NOMBRE	BUS ELECTRICO JTP191	HORA	12:10 a. m.	Cámara:	TI 400															
EQUIPO Y/O ELEMENTO	CUBO TRASERO IZQ	KM	45,534	Fecha:	14/09/2021															
IMAGEN LUZ VISIBLE			IMAGEN ANALISIS TERMICO																	
																				
ANÁLISIS TÉRMICO																				
CLASIFICACIÓN DE FALLA		SPOT	Valor Medido [°C]	Fecha	Max histórico [°C]															
		Max	47,7°C	14/09/2022	47,7															
ΔT O/S	0,5	S1	47,2 °C	14/09/2022																
		S2	47,5 °C	14/09/2022																
CONDICIÓN	BUENO	S3	47,6°C	14/09/2022																
CLASIFICACIÓN	En buen estado	S4	47,7°C	14/09/2022																
Emisividad	0,95	S5																		
NORMATIVA APLICABLE			GRAFICA VARIACION TEMPERATURA °C																	
<p>Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA, las condiciones climáticas de la región y los requerimientos del cliente. Δ O/S: Temperatura Over Similar - O/A: Temperatura Over/Ambient</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>DIFERENCIAL DE TEMPERATURA</th> <th>CLASIFICACION</th> <th>CONDICIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1°C - 10°C O/A (< 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 >15°C O/S</td> <td>Deficiencia</td> <td>INSATISFACTORIA</td> </tr> <tr> <td>>40°C O/A y >15°C O/S</td> <td>Deficiencia mayor</td> <td>REQUERIDA</td> </tr> </tbody> </table>			DIFERENCIAL DE TEMPERATURA	CLASIFICACION	CONDICIÓN	1°C - 10°C O/A (< 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	REQUERIDA			
DIFERENCIAL DE TEMPERATURA	CLASIFICACION	CONDICIÓN																		
1°C - 10°C O/A (< 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	REQUERIDA																		
			DIAGNOSTICO	PRIMERA MEDICION																


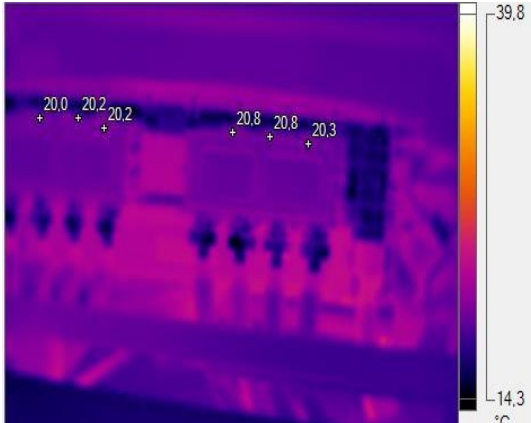
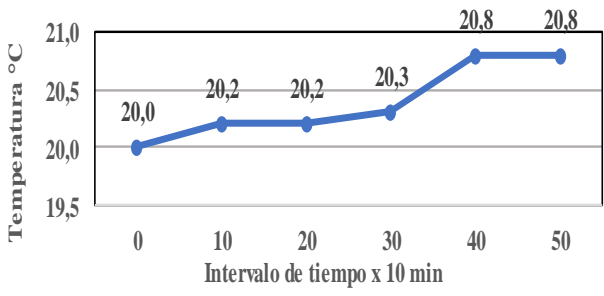
Anexo O. Termografía electromotor izquierdo -JTP191

NOMBRE	BUSELECTRICO JTP191	HORA	12:40 a. m.	Cámara:	TI 400															
EQUIPO Y/O ELEMENTO	ELECTROMOTOR IZQ	KM	45,534	Fecha:	14/09/2021															
IMAGEN LUZ VISIBLE			IMAGEN ANALISIS TERMICO																	
																				
ANÁLISIS TÉRMICO																				
CLASIFICACIÓN DE FALLA		SPOT	Valor Medido [°C]	Fecha	Max histórico [°C]															
		Max	32,4	14/09/2021	32,4															
ΔT O/S	1,8	S1	30,6 °C	14/09/2021																
		S2	32,4 °C	14/09/2021																
CONDICIÓN	BUENO	S3	32,1°C	14/09/2021																
CLASIFICACIÓN	En buen estado	S4	32,3°C	14/09/2021																
Emisividad	0,95	S5																		
NORMATIVA APLICABLE			GRAFICA VARIACION TEMPERATURA °C																	
<p>Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA, las condiciones climáticas de la región y los requerimientos del cliente. * O/S: Temperatura Over Similar - O/A: Temperatura Over/Ambient</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>DIFERENCIAL DE TEMPERATURA</th> <th>CLASIFICACION</th> <th>CONDICION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1°C - 10°C O/A (< 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 > 15°C O/S</td> <td>Deficiencia</td> <td>INSATISFACTORIA</td> </tr> <tr> <td>> 40°C O/A y > 15°C O/S</td> <td>Deficiencia mayor</td> <td>PELIGROSA</td> </tr> </tbody> </table>			DIFERENCIAL DE TEMPERATURA	CLASIFICACION	CONDICION	1°C - 10°C O/A (< 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	CLASIFICACION	CONDICION																		
1°C - 10°C O/A (< 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																		
			DIAGNOSTICO	PRIMERA MEDICION																


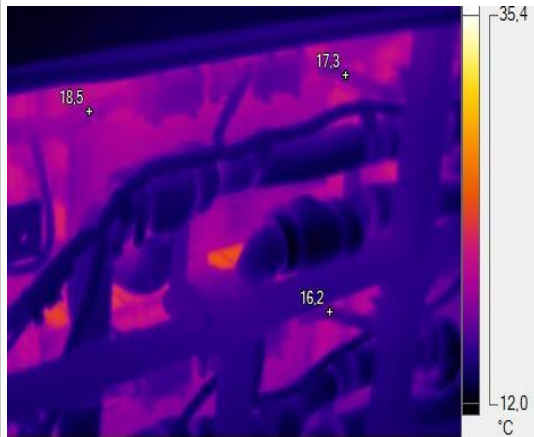
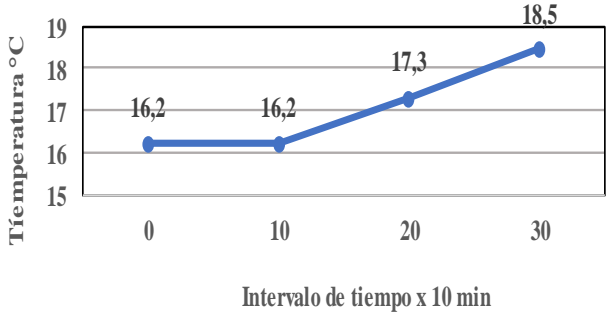
Anexo P. Termografía electromotor derecho -JTP191

NOMBRE	BUSELECTRICO JTP191	HORA	1:10 p. m.	Cámara:	TI 400															
EQUIPO Y/O ELEMENTO	ELECTROMOTOR DER	KM	45,534	Fecha:	14/09/2021															
IMAGEN LUZ VISIBLE			IMAGEN ANALISIS TERMICO																	
																				
ANÁLISIS TÉRMICO																				
CLASIFICACIÓN DE FALLA		SPOT	Valor Medido [°C]	Fecha	Max histórico [°C]															
		Max	30,9	14/09/2021	30,9															
ΔT O/S	0,3	S1	30,9	14/09/2021																
		S2	30,6	14/09/2021																
CONDICIÓN	BUENO	S3	30,7	14/09/2021																
CLASIFICACIÓN	En buen estado	S4	30,8	14/09/2021																
Emisividad	0,95	S5																		
NORMATIVA APLICABLE			GRAFICA VARIACION TEMPERATURA °C																	
<p>Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA, las condiciones climáticas de la región y los requerimientos del cliente. * O/S: Temperatura Over Similar - O/A: Temperatura Over/Ambient</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>DIFERENCIAL DE TEMPERATURA</th> <th>CLASIFICACION</th> <th>CONDICIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1°C - 10°C (O/A) < 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 > 15°C (O/S)</td> <td>Deficiencia</td> <td>INSATISFACTORIA</td> </tr> <tr> <td>> 40°C (O/A) y > 15°C (O/S)</td> <td>Deficiencia mayor</td> <td>PELIGROSA</td> </tr> </tbody> </table>			DIFERENCIAL DE TEMPERATURA	CLASIFICACION	CONDICIÓN	1°C - 10°C (O/A) < 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	CLASIFICACION	CONDICIÓN																		
1°C - 10°C (O/A) < 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																		
			DIAGNOSTICO	PRIMERA MEDICION																


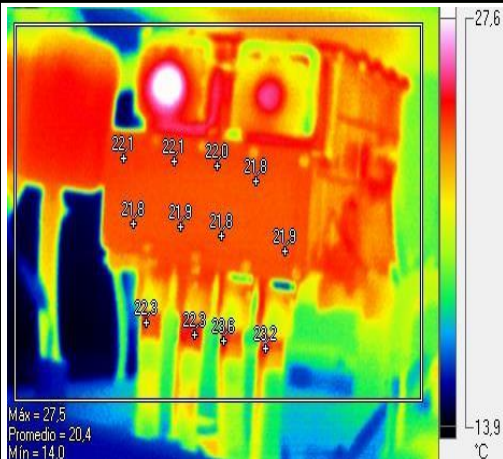
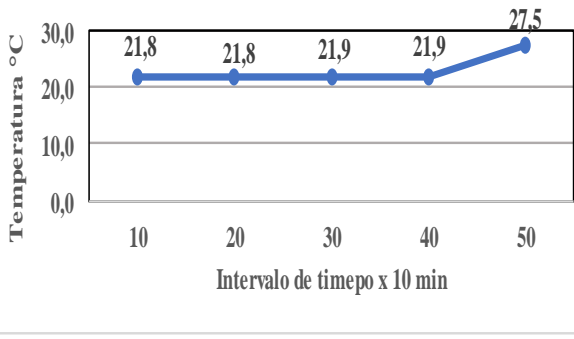
Anexo Q. Termografía BSM (6-1) -JTP191

NOMBRE	BUS ELECTRICO JTP191	HORA	2:30 p. m.	Cámara:	TI 400															
EQUIPO Y/O ELEMENTO	BSM	KM	45,534	Fecha:	14/09/2021															
IMAGEN LUZ VISIBLE			IMAGEN ANALISIS TERMICO																	
																				
ANÁLISIS TÉRMICO																				
CLASIFICACIÓN DE FALLA		SPOT	Valor Medido [°C]	Fecha	Max histórico [°C]															
		Max	20,8	14/09/2021	20,8															
ΔT O/S	0,6	S1	20,2°C	14/09/2021																
		S2	20,2°C	14/09/2021																
CONDICIÓN	BUENO	S3	20,8°C	14/09/2021																
CLASIFICACIÓN	En buen estado	S4	20,8	14/09/2021																
Emisividad	0,95	S5	20,8	14/09/2021																
		S6	20,3	14/09/2021																
NORMATIVA APLICABLE			GRAFICA VARIACION TEMPERATURA °C																	
<p>Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA, las condiciones climáticas de la región y los requerimientos del cliente. * O/S: Temperatura Over Similar - O/A: Temperatura Over/Ambient</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>DIFERENCIAL DE TEMPERATURA</th> <th>CLASIFICACION</th> <th>CONDICIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1°C - 10°C O/A (< 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 >15°C O/S</td> <td>Deficiencia</td> <td>INSATISFACTORIA</td> </tr> <tr> <td>>40°C O/A y >15°C O/S</td> <td>Deficiencia mayor</td> <td>PELIGROSA</td> </tr> </tbody> </table>			DIFERENCIAL DE TEMPERATURA	CLASIFICACION	CONDICIÓN	1°C - 10°C O/A (< 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	 <p>Temperatura °C</p> <p>Intervalo de tiempo x 10 min</p>		
DIFERENCIAL DE TEMPERATURA	CLASIFICACION	CONDICIÓN																		
1°C - 10°C O/A (< 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																		
			<table border="1"> <tr> <td>DIAGNOSTICO</td> <td>PRIMERA MEDICION</td> </tr> </table>			DIAGNOSTICO	PRIMERA MEDICION													
DIAGNOSTICO	PRIMERA MEDICION																			

Anexo R. Termografía baterías HV lado derecho -JTP19

NOMBRE	BUS ELECTRICO JTP191	HORA	1:52 p. m.	Cámara:	TI 400															
EQUIPO Y/O ELEMENTO	BATERIAS HV LADO DER	KM	45,534	Fecha:	14/09/2021															
IMAGEN LUZ VISIBLE			IMAGEN ANALISIS TERMICO																	
																				
ANÁLISIS TÉRMICO																				
CLASIFICACIÓN DE FALLA		SPOT	Valor Medido [°C]	Fecha	Max histórico [°C]															
		Max	18,5°C	14/09/2021	18,5°C															
ΔT O/S	2,3	S1	18,5°C	14/09/2021																
		S2	17,3	14/09/2021																
CONDICIÓN	BUENO	S3	16,2	14/09/2021																
CLASIFICACIÓN	En buen estado	S4		14/09/2021																
Emisividad	0,95	S5		14/09/2021																
		S6		14/09/2021																
NORMATIVA APLICABLE			GRAFICA VARIACION TEMPERATURA °C																	
<p>Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA, las condiciones climáticas de la región y los requerimientos del cliente. * O/S: Temperatura Over Similar - O/A: Temperatura Over/Ambient</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>DIFERENCIAL DE TEMPERATURA</th> <th>CLASIFICACION</th> <th>CONDICIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1°C - 10°C O/A < 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 > 15°C O/S</td> <td>Deficiencia</td> <td>INSATISFACTORIA</td> </tr> <tr> <td>> 40°C O/A y > 15°C O/S</td> <td>Deficiencia mayor</td> <td>PELIGROSA</td> </tr> </tbody> </table>			DIFERENCIAL DE TEMPERATURA	CLASIFICACION	CONDICIÓN	1°C - 10°C O/A < 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	CLASIFICACION	CONDICIÓN																		
1°C - 10°C O/A < 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																		
			DIAGNOSTICO	PRIMERA MEDICION																

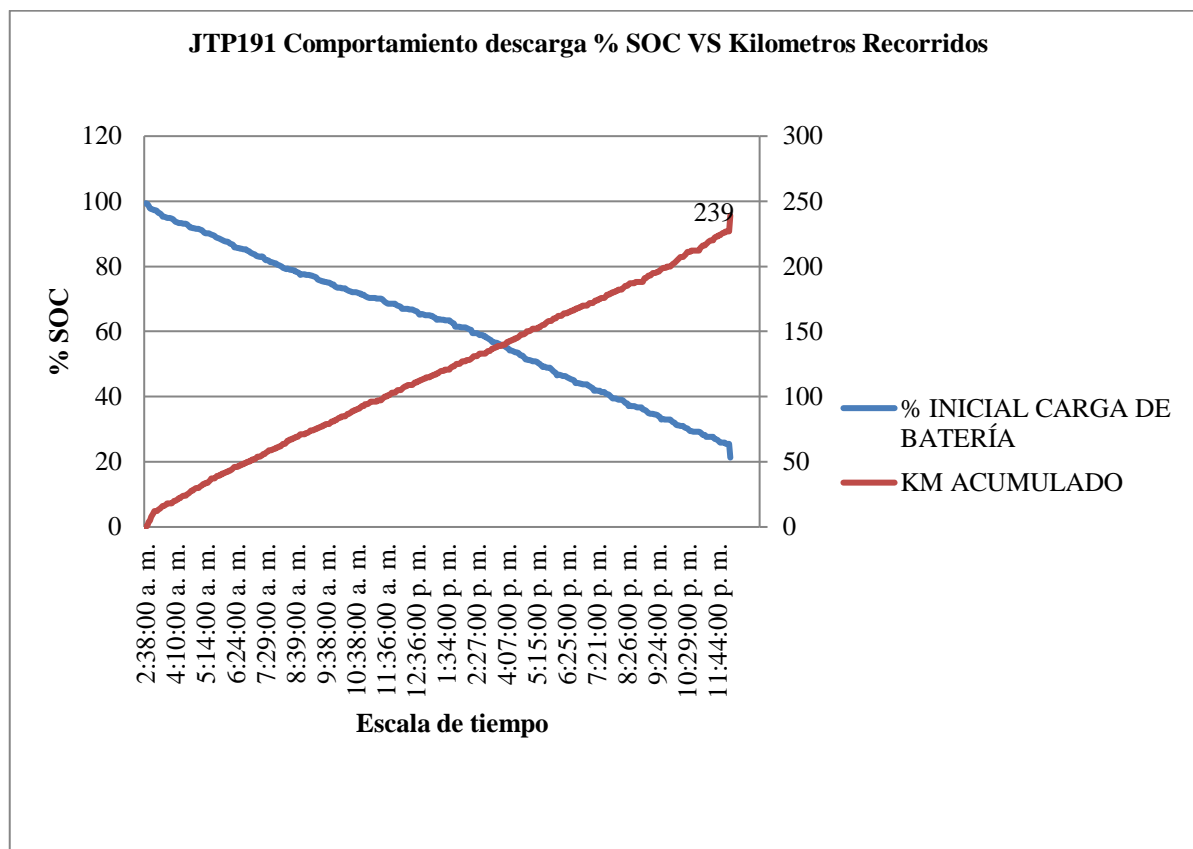
Anexo S. Termografía interruptor de servicio -JTP191

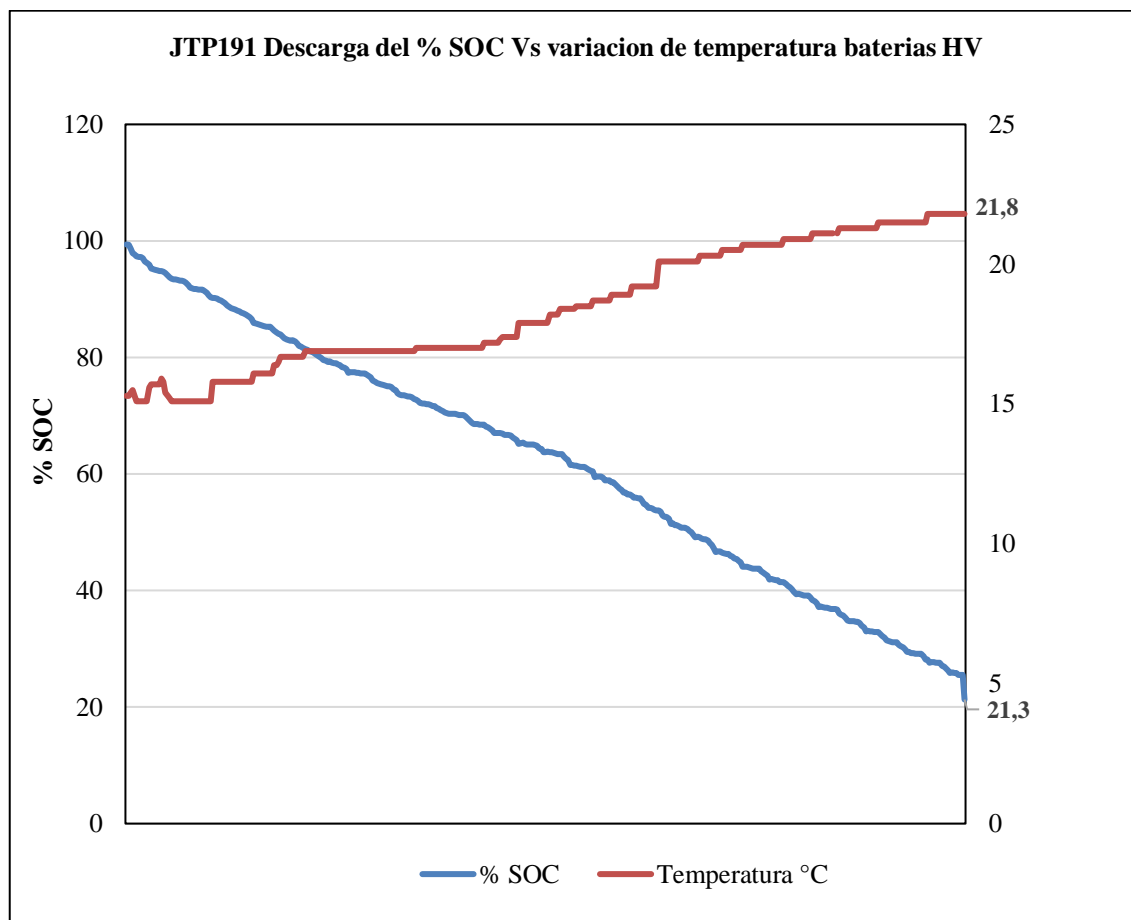
NOMBRE	BUS ELECTRICO JTP191	HORA	2:40 p. m.	Cámara:	TI 400															
EQUIPO Y/O ELEMENTO	CONTROLADOR INTREGRADO	KM	47,134	Fecha:	14/09/2021															
IMAGEN LUZ VISIBLE			IMAGEN ANALISIS TERMICO																	
																				
ANÁLISIS TÉRMICO																				
CLASIFICACIÓN DE FALLA		SPOT	Valor Medido [°C]	Fecha	Max histórico [°C]															
		Max	27,5	14/09/2021	27,5															
ATO/S	5,7	S1	22,1	14/09/2021																
		S2	21,8	14/09/2021																
CONDICIÓN	BUENO	S3	21,8	14/09/2021																
CLASIFICACIÓN	En buen estado	S4	21,9	14/09/2021																
Emisividad	0,95	S5	21,9																	
		S6																		
NORMATIVA APLICABLE			GRAFICA VARIACION TEMPERATURA °C																	
<p>Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA, las condiciones climáticas de la región y los requerimientos del cliente. * O/S: Temperatura Over Similar - O/A: Temperatura Over/Ambient</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>DIFERENCIAL DE TEMPERATURA</th> <th>CLASIFICACION</th> <th>CONDICIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1°C - 10°C O/A y < 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 > 15°C O/S</td> <td>Deficiencia</td> <td>INSATISFACTORIA</td> </tr> <tr> <td>> 40°C O/A y > 15°C O/S</td> <td>Deficiencia mayor</td> <td>PELIGROSA</td> </tr> </tbody> </table>			DIFERENCIAL DE TEMPERATURA	CLASIFICACION	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	CLASIFICACION	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																		
			DIAGNOSTICO	PRIMERA MEDICION																

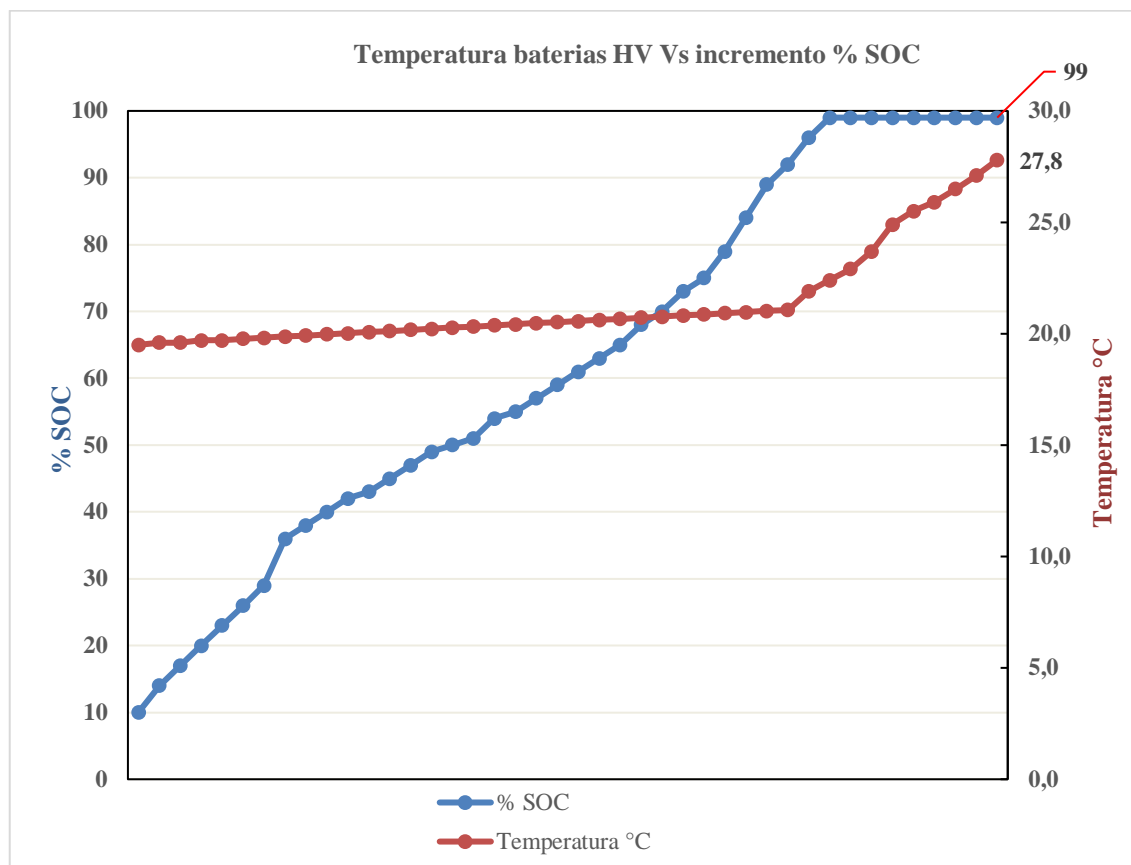
Anexo T. Resumen pruebas termograficas autobuses JTP 147 y JTP 191

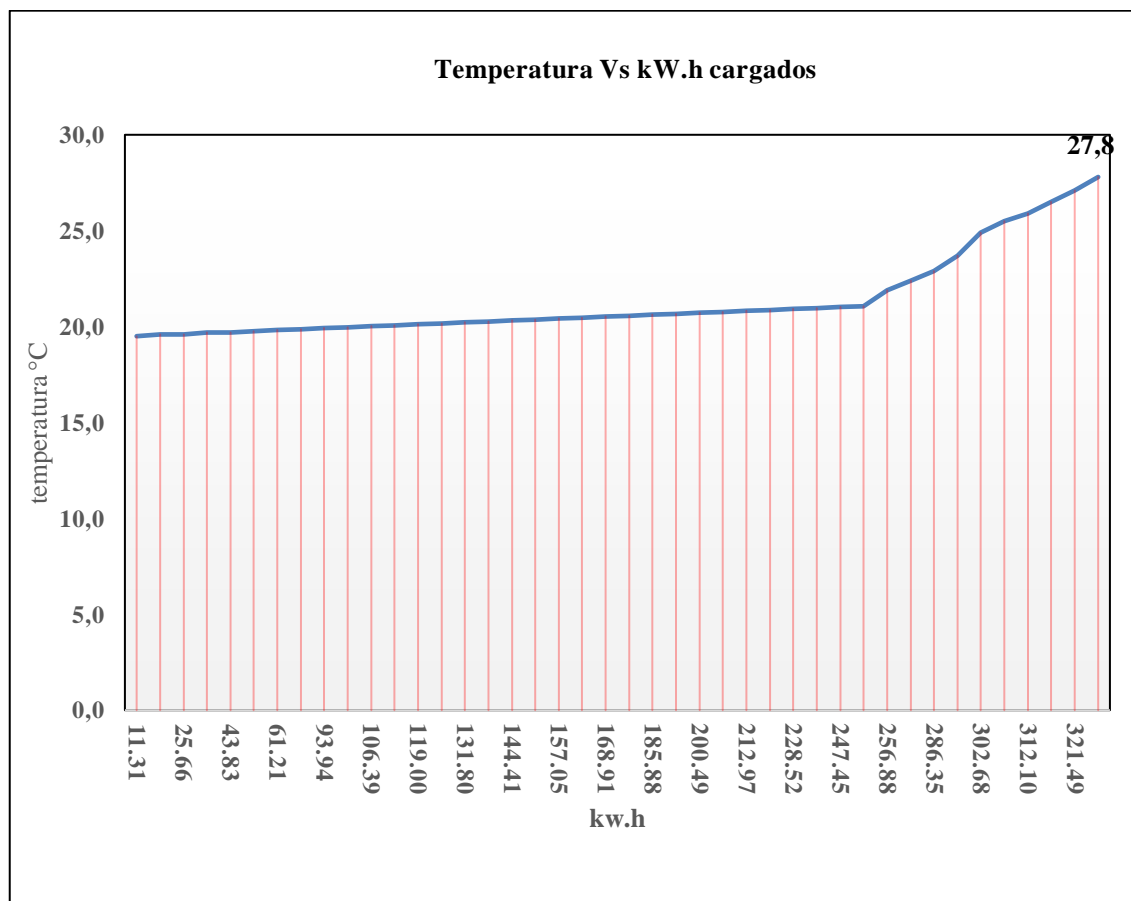
Bus	Componente	Intervalo Temperatura de medición	Temperatura (°C) registrada	Emisividad	Delta de temperatura °C(ΔT)	Estado	Observación
JTP147	Cubo delantero PS1	0°C-50°C	16,7	0.95	0,5	Bueno	monitorear en siguiente medición
	Cubo trasero derecho	0°C-50°C	19	0.95	0,6	Bueno	monitorear en siguiente medición
	Bomba de dirección	0°C-40°C	18,5	0.95	0,5	Bueno	monitorear en siguiente medición
	Baterías lado derecho HV	0°C-40°C	18,4	0.95	0,5	Bueno	monitorear en siguiente medición
	Electromotor Izquierdo	0°C-40°C	16,9	0.95	0,5	Bueno	monitorear en siguiente medición
	BSM	0°C-40°C	21,1	0.95	0,4	Bueno	monitorear en siguiente medición
	Electromotor derecho	0°C-40°C	13,9	0.95	1,5	Bueno	monitorear en siguiente medición
JTP191	Cubo trasero izquierdo	0°C-50°C	47,7	0.95	0,3	Bueno	monitorear en siguiente medición
	Cubo trasero derecho	0°C-50°C	46,4	0.95	1,00	Bueno	monitorear en siguiente medición
	Baterías lado derecho HV	0°C-40°C	18,5	0.95	2,3	Bueno	monitorear en siguiente medición
	Electromotor Izquierdo	0°C-40°C	32,4	0.95	1,8	Bueno	monitorear en siguiente medición
	BSM	0°C-40°C	20,8	0.95	0,6	Bueno	monitorear en siguiente medición
	Controlador integrado	0°C-40°C	27,5	0.95	5,7	Bueno	monitorear en siguiente medición
	Electromotor derecho	0°C-40°C	32,4	0.95	0,3	Bueno	monitorear en siguiente medición

Anexo U. Grafica Descarga % SOC Vs kilómetros recorridos ruta A303



Anexo V. Grafico Descarga % SOC Vs temperatura baterías HV

Anexo W. Gráfico Temperatura baterías HV Vs incremento % SOC

Anexo X. Grafica Curva temperatura Vs kW.h cargados

Anexo Y. Subsistemas y componentes afectados por la temperatura de las baterías HV y electromotores

Equipo	Subsistema afectado	Componente	Tipo de falla	Afectación vida útil	
				SI	NO
Electromotor Derecho e izquierdo	Sistema reductor interno derecho	Corona rodamientos, sellos,	Fracturas por pérdida de dureza, desgaste prematuro, cristalización, deformación.	X	
	Sistema eje de salida cubo reductor	Piñones satélites, eje principal de arranque	Perdida de dureza, daño estriado, rupturas, pérdida de alineación y centrado.	X	
	Sistema de filtración electromotor derecho	Filtros, empaques	Pérdida de calidad del elemento filtrante, cristalización del polímero del sello.	X	
	Sistema de lubricación	Perdida de la viscosidad.	Se adelgaza el agente lubricante, posible condensación de vapores en galerías.	X	
	Sistema de frenos	Disco de freno, mordazas, pastillas de freno.	Desgaste irregular, pérdidas de dureza, deformación, pérdidas eficiencia de frenado.	X	
	Sistema de rodaje	Llantas, rodamientos.	Cristalización pestaña interna llantas, rodamientos con desgaste prematuro debido a las pérdidas de la dureza.	X	
	Sistema de refrigeración	Enfriador de aceite, Bomba de agua.	Taponamiento del serpentín del enfriador de aceite, Pérdidas de presión, cavitación.	X	
	Sistema eléctrico motor	Devanado corona, sellos internos.	Perdida de resistencia del devanado, cristalización del cobre.	X	
Pack de baterías lado izquierdo derecho	Sistema de Gestión térmica	Tarjetas electrónicas de gestión térmica por pack de baterías.	Falla en sistema de potencia, por daño en los microcircuitos de la tarjeta controladora.	X	
	Sistema carrocería izquierdo	Pisos, láminas laterales, pérdida de torque pernos de ajuste.	Perdida de rigidez del piso ya que es una aleación plástica. Desajuste en elementos de ajuste de la carrocería inferior.	X	

	Unidad de enfriamiento	Bomba de agua, compresor.	Daño acelerado en el compresor por exceso de trabajo para compensar el déficit de presión de la bomba de agua para mantener la temperatura regulada.	X	
	Sistema neumático	Red neumática (mangueras).	Cristalización de las mangueras de la red neumática de frenos y puertas.	X	
	Sistema interno de celdas de las baterías	Celdas de baterías, aumento del pH interno.	Desbalance de carga y pérdida de autonomía.	X	
	Desequilibrio sistema de carga (fases)	Arnés de alto voltaje.	Sulfatación, oxidación, corrosión del arnés de alimentación de alto voltaje.	X	

Anexo Z. Seguridad Industrial en la manipulación de los buses eléctricos B13S01

Es de vital importancia utilizar los elementos de seguridad personal para salvaguardar la integridad física, los cuales deben ajustar su fabricación y diseño en base a los establecido a la ASTM (American Society for Testing and Materials), Normas de seguridad para intervenir el vehículo eléctrico BYD-B13S01.

En este aparte se realizan una serie de recomendaciones para evitar lesiones personales y afectación en la vida humana al realizar intervenciones en los buses de tipología eléctrica BYD, siempre que se vaya a intervenir un sistema mecánico, estructural, eléctrico se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones y precauciones:

- Al realizar actividades de mantenimiento asegúrese que el vehículo este apagado y con el interruptor de alimentación principal desconectado.

Pasos para la desconexión interruptor de servicio



Fuente: BYD

- Se debe esperar 10 minutos a que se des energicen los sistemas, esto con el fin de que al contacto no se produzca una descarga eléctrica.

- Cierre la llave de paso eléctrico (máster eléctrico) a la posición OFF- Inactivo para evitar paso de carga al sistema de LV.

Desactivación interruptor de servicio



Fuente: BYD

- El sistema de HV y las baterías no podrán ser intervenidas en zonas con un vadeo superior a 300 milímetros.

Prohibido manipular en zona de vadeo superior a 300 mm



Fuente: BYD

- Está absolutamente prohibido tocar con ambas manos y/o herramientas los bornes positivos y negativos del mismo paquete de baterías al mismo tiempo.
- Está prohibido tocar directamente el interruptor de mantenimiento y servicio con las manos descubiertas y en manipulación de objetos conductores.

- Para evitar lesiones personales o la muerte, se prohíbe tocar el mazo de cables de HV (arnés color naranja) sin los elementos de protección (uso mínimo guantes de seguridad), deben emplearse los guantes dieléctricos correspondientes.

Manipulación arnés alto voltaje.



Fuente: Propia

- El personal de mantenimiento que este designado para manipular el sistema de HV debe estar capacitado y certificado para manipular media tensión de potencia en sistemas eléctricos automotrices.
- No se deben desmontar o manipular los componentes de HV, de no ser necesario.
- Nunca manipule el puerto de carga de HV con palancas, pinzas, destornilladores en los puntos positivos (+) del conector.
- Debido a que el sistema de HV mantiene un voltaje de 400 voltios directos, procure que, en las actividades de mantenimiento los técnicos operen con el acompañamiento mínimo de 2 personas.
- Está prohibido lavar con agua el compartimento trasero donde se encuentra ubicado el enchufe de servicio y el sistema seis en uno (6-1) y los componentes de HV con agua a presión.

- El vehículo se debe bloquear para su elevación solo de los puntos de apoyo diseñados para este fin, con un gato de capacidad de más de 10 toneladas.

Bloqueo adecuado para intervención



1. Accione el gato hidráulico o hidrohidráulico en los puntos fijos para suspender el vehículo.
2. Taje las tomas de bloqueo solo en los puntos de fijos de bloqueo.
3. Bloquee el vehículo de forma equitativa en los extremos para tener una elevación segura.



Fuente: Propia

- Al intervenir o reparar componentes del sistema neumático se debe drenar la presión residual en los tanques de almacenamiento.
- Asegúrese de desconectar las unidades de control (módulos) al momento de realizar soldaduras con arco eléctrico.
- Verifique que los fusibles de protección y relés estén en buen estado y en caso de daño cambiarlos inmediatamente.
- Está prohibido desconectar el interruptor de mantenimiento cuando el vehículo este encendido o en proceso de carga.
- No toque directamente o sin protección aislante, las partes etiquetadas así: superficie caliente, riego eléctrico y sustancias toxicas:



Anexo AA. Elementos de seguridad personal

Nombre	Elemento	Característica
Guante con aislamiento dieléctrico		Son guantes con recubrimiento en nitrilo u otros polímeros con baja conducción, con una estructura densa alta pero que permita la articulación de las extremidades de las manos (dedos), por lo general deben tener una capacidad de aislamiento de hasta 1000 voltios, clase 00, 0,1.
Botas de seguridad dieléctricas		Las botas o zapatos deben tener clasificación EH, con puntera en polímero de alta densidad, sin recubrimiento metálico en ninguna de sus interconexiones y costuras, con capacidad de aislamiento eléctrico de mínimo 600 voltios.
Gafas de seguridad		Las gafas de seguridad deben permitir la visualización clara y periférica del técnico, no pueden por ninguna condición tener en su fabricación o diseño elementos metálicos, permitiendo su fácil limpieza o manipulación y protegiendo la zona ocular en 360°.
Casco de seguridad dieléctrico		El casco debe ser dieléctrico con barboquejo mismo tres puntos de fijación, graduación manual para la circunferencia de la cabeza, clase G o clase E, con capacidad de aislamiento de 2,200 voltios a 20.000 voltios.
Protector Auditivo		el protector auditivo puede ser de inserción o tipo diadema, que permitan su fácil manipulación, no pueden contener en su fabricación o diseño partículas de metal y deben soportar un aislamiento eléctrico de 700 voltios.

Caretas de seguridad		la careta de seguridad es un elemento adicional que se puede fusionar con algunos cascos o puede ser de uso independiente, su función principal es proteger la totalidad del rostro, especialmente utilizada para la manipulación de baterías y alto riesgo de arco eléctrico, su capacidad de aislamiento es de 400 voltios a 1000 voltios, pero lo más importante de su fabricación y diseño es la resistente al ácido y las altas temperaturas, adicionalmente debe contar con facilidad para su manipulación y acceso.
Uniforme anti fluido		Los informes y overoles deben ser anti fluido y contra incendios, manga larga y con mínimo un aislamiento térmico de (8 cal/ cm ²), con aislamiento eléctrico mínimo de 50 a 60 voltios.
Kit de herramientas		Las herramientas utilizadas para el mantenimiento de vehículos eléctricos deben tener recubrimiento aislante mínimo de 700 voltios, que permitan la descarga electrostática segura con elementos fijos o móviles al contacto.

Anexo BB. Inclusión pautas al plan de mantenimiento

Para la flota de 120 vehículos eléctricos B13S01 de la empresa E somos Fontibón que actualmente tiene un kilometraje aproximado de operación por vehículo de 80,000 km cada uno y un kilometraje acumulado de operación de 120 vehículos en 11 meses de 6,890,267 km, actualmente la empresa ejecuta rutinas de mantenimiento preventivo y correctivos para los siguientes sistemas: carrocería interna y externa, frenos, dirección neumática, electrónica, electricidad de bajo voltaje, electricidad alto voltaje, rodaje, refrigeración y lubricación basados en la inspección, limpieza, remplazo de piezas según corresponda;

En este aparte se relaciona una serie de actividades (pautas) para el área de la coordinación de mantenimiento de la empresa E somos Fontibón, las cuales pueden incluir en el plan de mantenimiento en intervalos de 5,000 kilómetros, en frecuencias cíclicas de 30,000, 60,000, 90,000 120,000 y 240,000 kilómetros las cuales se citan a continuación:

N°	Inclusión pautas para el plan mantenimiento B13-S01
1	Si durante el proceso de carga de las baterías, el tiempo es inferior a 15 minutos para alcanzar en el intervalo del SOC del 95% al 100%, revise con el escáner las celdas ya que puede existir un desbalance en alguna de estas.
2	Si la corriente consumida en el proceso inicial de carga por las baterías es superior a 250 A, revise el sistema de carga (convertidor DC-DC).
3	Si durante el proceso de carga evidencia que las baterías emanan vapores u olor a ácido, detenga inmediatamente el proceso
4	Ajuste y verifique periódicamente el torque de los tornillos que fijan las bases a los conectores del circuito de las baterías de alto voltaje.
5	Cuando se presenten fallas de gestión térmica (testigo) revise y limpie los conectores de los interruptores de reinicio manual de la unidad de enfriamiento
6	A través de las pruebas tribológicas, realice seguimiento a la presencia de metales (aceros) y barnices o cobre en los electromotores.
7	Verifique periódicamente el estado (sin obstrucción) del serpentín del enfriador de aceite del electromotor (tiende a carbonarse).
8	Si la diferencia térmica entre un motor con respecto al otro es superior a 30°C, revise el funcionamiento del sistema de refrigeración de chasis.
9	Verifique que la resistencia del polo negativo de los electromotores con punto de referencia al chasis sea igual o inferior a 0,1 ohmios.
10	Si evidencia falla de pérdidas de potencia del electromotor revise el estado del conector del sensor de RPM (seno $14 \pm 4\Omega$), (coseno $14 \pm 4\Omega$), (excitación $8,1 \pm 2\Omega$).
11	Antes de realizar procedimientos de desmonte de las baterías y electromotores para su reemplazo, tome los valores iniciales de funcionamiento para que se pueda generar un cuadro de comparación de las medidas de resistencia en ohmios que presenta cada componente.
12	Si se presenta alarma por alta temperatura en el electromotor revise el parámetro de aislamiento del cable del sensor de temperatura de la carcasa el cual debe ser igual a 500 Vcc ($10 \text{ s} \geq 50 \text{ M}\Omega$).
13	Si la temperatura del electromotor aumenta gradualmente, verifique fugas de aceite y de refrigerante.
14	Si se presenta testigo de alta temperatura del motor, revise la resistencia del sensor de temperatura igual a: ($60,1 \sim 132 \text{ k}\Omega$).

15	En caso de alta temperatura en el electromotor, revise ruidos extraños en la bomba de aceite.
16	Si evidencia activación del testigo de alta temperatura de las baterías, verifique el estado de limpieza y operación del ventilador y radiador de la unidad de enfriamiento.
17	Incluya en sus rutinas preventivas el ajuste y limpieza de los conectores de las 16 tarjetas BIC, encargadas de recopilar la información de temperatura de cada paquete de baterías.
18	Limpie y verifique el estado de la válvula de desfogue atmosférico del electromotor derecho e izquierdo.
19	La inclusión de un método; de cómo medir las tolerancias de ajuste o desajuste del sistema de piñones de los reductores principales y del conjunto de repartición de los cubos del sistema de rodaje, permitirá tomar acciones tempranas para la detección de fallas en el sistema de transmisión y potencia.

Anexo CC. Plan de mantenimiento para inclusión empresa “E-somos Fontibón”

Se puede evidenciar la necesidad de incluir algunas actividades ajustadas al diseño en: días, meses, años e intervalos de kilometraje a la estructura del plan de mantenimiento preventivo que actualmente tiene la empresa E somos Fontibón, donde se tienen en cuenta los sistemas y componentes que no tenían relevancia, pero que inciden con el control de temperatura del vehículo en los componentes de baterías de alto voltaje y sistema de refrigeración de las mismas, así como los subsistemas que intervienen en la refrigeración de los electromotores, se consideró de forma general que las actividades y rutinas no afectarían los costos planificados de forma severa, si no que pudieran ser actividades de control preventivo que permitan mitigar los daños y afectaciones a los sistemas principales de refrigeración; dichas actividades se basan en la limpieza, ajuste e inspección

MODELO		BYD B13-S01												
FRECUENCIA INTERVALO EN KM		5.000												
Compo nentes Sistema de alto voltaje	Descripción de la actividad /detalle	Intervalo de km												
		5.000	15.000	30.000	45.000	60.000	70.000	75.000	90.000	120.000	240.000	DIAS	MESES	AÑOS
Baterías HV	Revisar y verificar ajuste tornillos M10*8 mm carcasa conector positivo y negativo				X							3 2 4	1 1	1
	Revisar y ajustar tornillos de fijación terminales cables (+) y negativo (-) pack general de baterías				X							3 2 4	1 1	1
	Revisar y verificar ajuste fusible de alta potencia pack de baterías 170M3148-1300V-400A								X			6 4 9	2 2	2
	Realice prueba de termografía al pack 1 y 2 de las baterías de alto voltaje								X			6 4 9	2 2	2
	Revise y verifique el ajuste las conexiones en las cajas de empalme de las líneas de alto voltaje				X							3 2 4	1 1	1
Electro motores	Revisar y ajustar tornillos de fijación terminales de los cables L1, L2 y L3 de alimentación de los electromotores							X				4 8 6	1 6	1 3
	Revise y verifique el estado de ajuste de los tornillos de sujeción del enfriador de aceite de los electromotores						X					4 0 5	1 4	1
	Realice prueba de termografía al enfriador de aceite para descartar alojamientos obstruidos.								X			6 4 9	2 2	2
	Revise y verifique ajuste de los tapones de drenado y llenado de los electromotores				X							3 2 4	1 1	1
	Realice prueba de termografía en las electrobombas de agua de los electromotores								X			6 4 9	2 2	2
	Limpiar, verificar y ajustar desfogues electromotores		X									1 6 2	5	0
	Inspeccioné y verifiqué el estado del sensor de temperatura del electromotor				X							3 2 4	1 1	1
Compresor	Revise y verifique el ajuste del sensor de temperatura y su conexión				X							3 2 4	1 1	1
	Realice prueba de termografía motor eléctrico de imán permanente								X			6 4 9	2 2	2

MODELO		BYD B13-S01												
FRECUENCIA INTERVALO EN KM		5.000												
Compo nentes Sistema de alto voltaje	Descripción de la actividad /detalle	Intervalo de km										DIAS	MESES	AÑOS
		5.000	15.000	30.000	45.000	60.000	70.000	75.000	90.000	120.000	240.000			
	Revise y verifique ajuste tornillos de fijación caja de conexión motor eléctrico compresor				X							324	11	1
Motor bomba de direcció n	Revise y verifique estado conector de alto voltaje motor eléctrico bomba de dirección				X							324	11	1
	Realice prueba de termografía al motor eléctrico de la bomba de dirección								X			649	22	2
	Revise y verifique el estado del arnés de alto voltaje del motor eléctrico de la bomba de dirección				X							324	11	1
Unidad de enfriam iento (sistema de gestión térmica)	Revise fugas bomba de electrobomba de agua								X			649	22	2
	Realizar tomas de presión al motor eléctrico elevador de presión.								X			649	22	2
	Revise con el refractómetro el estado del líquido refrigerante del sistema de enfriamiento.				X							324	11	1
	Revisar y verificar estado panel condensador, asear y verificar sellado								X			649	22	2
	Revisar sulfata miento y estados interruptores de reinicio manual bomba de agua eléctrica				X							324	11	1
	Revisar y verificar estado conexiones eléctricas calentador PTC								X			649	22	2