



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ**

**TRABAJO DE GRADO PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ**

**TEMA: ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LA RED CAN BUS,  
DESARROLLANDO PROCESOS DE DIAGNÓSTICO MEDIANTE  
PRUEBAS DE COMUNICACIÓN EN LA RED MULTIPLEXADA.**

**AUTORES: CARVAJAL ARCINIEGA HERNÁN DANIEL**

**MUÑOZ ALARCÓN MARLON ANDRÉS**

**DIRECTOR: ING. ROSERO AÑAZCO RAMIRO ANDRÉS MSc.**

Ibarra, Abril 2023

## **CERTIFICADO**

### **ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR**

En mi calidad de director del plan de trabajo de grado, previo a la obtención del título de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, nombrado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas.

### **CERTIFICO:**

Que una vez analizado el plan de grado cuyo título es " ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LA RED CAN BUS, DESARROLLANDO PROCESOS DE DIAGNÓSTICO MEDIANTE PRUEBAS DE COMUNICACIÓN EN LA RED MULTIPLEXADA" presentado por el señor: Carvajal Arciniega Hernán Daniel con número de cédula 1004159776, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los señores integrantes del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 04 días del mes abril del 2023.

Atentamente,

  
Ing. Rosero Añazco Ramiro Andrés, MSc.

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO**

## CERTIFICADO

### ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

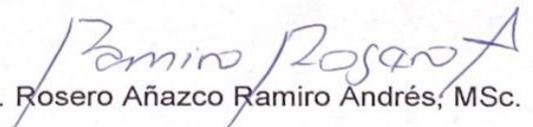
En mi calidad de director del plan de trabajo de grado, previo a la obtención del título de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, nombrado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas.

### CERTIFICO:

Que una vez analizado el plan de grado cuyo título es " ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LA RED CAN BUS, DESARROLLANDO PROCESOS DE DIAGNÓSTICO MEDIANTE PRUEBAS DE COMUNICACIÓN EN LA RED MULTIPLEXADA" presentado por el señor: Muñoz Alarcón Marlon Andrés con el número de cédula 1003682919 doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los señores integrantes del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 04 días del mes abril del 2023.

Atentamente,

  
Ing. Rosero Añazco Ramiro Andrés, MSc.

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO**



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

#### A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	1004159776-6		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Carvajal Arciniega Hernán Daniel		
<b>DIRECCIÓN:</b>	Ibarra, Lomas de Azaya		
<b>EMAIL:</b>	hdcarvajala@utn.edu.ec		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	062 546703	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0960244077
DATOS DE CONTACTO			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	1003682291-9		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Muñoz Alarcón Marlon Andrés		
<b>DIRECCIÓN:</b>	Ibarra, Azaya		
<b>EMAIL:</b>	mamunoz@utn.edu.ec		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	062 547100	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0961449200

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	"Análisis del comportamiento de la red can bus, desarrollando procesos de diagnóstico mediante pruebas de comunicación en la Red Multiplexada"
AUTOR (ES):	Carvajal Arciniega Hernán Daniel, Muñoz Alarcón Marlon Andrés
FECHA: DD/MM/AAAA	04/04/2023
<b>SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO</b>	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Rosero Añazco Ramiro Andrés MSc.

## 2. CONSTANCIAS

Los autores manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que son los titulares de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de esta y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 04 días del mes de abril de 2023

### LOS AUTORES:

CARVAJAL ARCINIEGA HERNÁN DANIEL

1004159776

MUÑOZ ALARCÓN MARLON ANDRÉS

1003682919

## **DEDICATORIA**

El trabajo realizado va dedicado especialmente para mi papá Oscar Rodríguez y a mi mamá Patricia Arciniega que dieron todo por mí, permitiéndome seguir una de las carreras más importantes y la que me apasiona, gracias a ellos pude cumplir un sueño de vida, una meta que me propuse alcanzar desde la infancia. También va dedicado a mis hermanas que día a día me vieron crecer como persona y en conocimientos. Así mismo va dedicado a las personas que creyeron en mí y me apoyaron en todo el transcurso de vida universitaria como; abuelos, abuelas, tíos, tías, primos, primas y amigos, en especial a una persona que no está conmigo pero que siempre la llevare en mi corazón a Beatriz Moreano.

**Carvajal Arciniega Hernán Daniel**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de grado va dedicado con todo mi afecto a quienes han sido mi cimiento y columna a lo largo de la vida, mis padres Marlon y Marcela, quienes con su esfuerzo su dedicación y su amor han puesto en mis manos la oportunidad de estudiar y poder servir a la sociedad desde mi rol profesional de Ingeniero en Mantenimiento Automotriz.

A mi hermana Estefanía por ser mi compañera darme su aliento y creer en mis capacidades de obtener este anhelado sueño.

A mi amor Michelle que con su amor, cariño y apoyo fue una de mis inspiraciones para lograr que este sueño se haga realidad.

No cabe mencionar entrañablemente a mis familiares, amigos, compañeros presentes y pasados que de alguna y otra manera me apoyaron con sus conocimientos, en esta maravillosa etapa la cual concluye el día de hoy.

**Muñoz Alarcón Marlon Andrés**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco en primer lugar a Dios que siempre me guio por el camino correcto, en segundo lugar, agradezco a mi papa y mama por luchar sin descanso para el bien de sus hijos, por darnos una vida digna, enseñarnos valores, respeto hacia las demás personas y siempre darnos lo mejor a pesar de las adversidades de la vida.

Agradezco a las personas que me acompañaron en la aventura universitaria dándome apoyo moral cuando más lo necesite, así mismo agradezco a mi familia por creer en mí y en mis capacidades para culminar una carrera universitaria.

Agradezco a la Universidad Técnica del Norte y distinguidos miembros por trabajar con profesionalismo y demostrar que es una de las mejores universidades a nivel nacional.

Así mismo agradezco a los docentes que forman parte de la carrera en Ingeniería en Mantenimiento Automotriz los cuales impartieron sus conocimientos a cada uno de sus estudiantes. Agradezco especialmente a mi tutor Ing. Ramiro Rosero y opositor Ing. Fredy Rosero por ser grandes profesionales, por dedicar tiempo a la lectura y revisión del presente proyecto para su posterior culminación.

Agradezco a mi gran amigo Andrés Muñoz por luchar hasta el último para culminar con el trabajo de grado, gracias a nuestros esfuerzos en equipo damos por terminado la etapa universitaria.

**Carvajal Arciniega Hernán Daniel**

## **AGRADECIMIENTO**

En primera instancia quiero agradecer a dios por su infinita bondad. Agradezco infinitamente a la Universidad Técnica del Norte, por recibirme y abrir sus puertas para brindarme la oportunidad de formarme como profesional, agradezco a cada uno de los docentes los cuales que con sus enseñanzas y consejos día a día nos ayudaron a formarnos como profesional, agradezco especialmente al Ing. Ramiro Rosero, Ing. Andrés Cevallos, Ing. Fredy Rosero y Ing. Ignacio Benavides quienes fueron participes en el desarrollo y culminación de este trabajo de grado.

No puedo olvidarme de agradecer a mis queridos amigos como Ing. Carlos Aceldo, Martin Aceldo, Ing. Edwin Tenecela, quienes fueron un gran apoyo y guía para crecer y aprender todo lo que se dé la mecánica automotriz.

No me cabe más decir a todos un dios les pague y gracias por todos sus aportes para que esta meta sea cumplida.

**Muñoz Alarcón Marlon Andrés**

## ÍNDICE

ÍNDICE.....	9
INDICE DE FIGURAS .....	13
INDICE DE TABLAS .....	14
RESUMEN .....	15
ABSTRACT .....	16
INTRODUCCIÓN.....	17
1. PROBELMA DE INVESTIGACIÓN .....	18
1.1 Antecedentes .....	18
1.2. Planteamiento del problema .....	18
1.3 Objetivos .....	19
1.3.1 Objetivo General.....	19
1.3.2 Objetivo Específicos.....	19
1.4 Alcance .....	19
1.5 Justificación .....	20
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	22
2.1 Arquitectura Electrónica del automóvil.....	22
2.1.1 Disposición según la topología de red.....	23
2.1.2 Arquitectura de los sistemas (sensores y actuadores).....	24
2.1.2.1 Sensor de velocidad de giro de la rueda .....	24
2.1.2.2 Sensor de presión.....	26
2.2 REDES DE COMUNICACIÓN.....	27
2.2.1 Ventajas de red multiplexada .....	27
2.2.2 Fundamentos básicos de las redes multiplexadas.....	29
2.2.3 Clasificación de red multiplexada. ....	29
2.2.4 Tipos de protocolos .....	29
2.2.4.1 Protocolo CAN .....	29
2.2.4.2 Protocolo VAN.....	30
2.2.4.3 Protocolo LIN .....	30
2.2.4.4 Protocolo FlexRay .....	31
2.3 Red de comunicación CAN .....	31
2.3.1 Capa física .....	33
2.3.2 Capa enlace.....	33
2.3.3 Tipos de comunicación.....	34

2.3.4	Tareas del protocolo CAN.....	34
2.3.5	Estructura de un protocolo de enlace de datos .....	34
2.3.5.1	Campo de comienzo del datagrama.....	35
2.3.5.2	Campo de estado.....	35
2.3.5.3	Campo de control.....	35
2.3.5.4	Campo de datos .....	35
2.3.5.5	Campo de aseguramiento.....	35
2.3.5.6	Campo de confirmación.....	36
2.3.5.7	Campo de final del datagrama .....	36
2.3.6	Funcionamiento del protocolo CAN.....	36
2.3.6.1	Bit con un valor uno .....	36
2.3.6.2	Bit con un valor cero .....	36
2.3.7	Elementos principales del sistema CAN .....	37
2.3.7.1	Cables .....	37
2.3.7.2	Terminadores.....	37
2.3.7.3	Controladores.....	38
2.3.7.4	Transmisor-Receptor .....	38
2.3.8	Diagnóstico de la Red CAN .....	38
2.3.8.1	Diagnóstico por medio de un multímetro.....	38
2.3.8.2	Diagnóstico mediante un osciloscopio.....	40
2.4	Sistema de frenado antibloqueo (ABS).....	41
2.4.1	Funcionamiento .....	41
2.4.2	Principio de operación.....	42
2.4.3	Nivel de integración sensor ABS.....	43
2.4.4	Tipos de ABS.....	44
2.4.4.1	Sistema ABS con tres canales .....	44
2.4.4.2	Sistema antibloqueo de cuatro canales .....	44
2.4.5	Componentes .....	45
2.4.5.1	Sensor ABS.....	45
2.4.5.2	Unidad de control hidráulico (HCU).....	45
2.4.5.3	Grupo hidráulico.....	45
2.4.6	Diagnóstico del sistema ABS .....	46
2.4.6.1	Fallos mecánicos.....	46
2.4.6.2	Fallos eléctricos .....	47

3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	50
3.1 Selección del vehículo .....	50
3.2 Selección del Equipo .....	51
3.3 Campaña Experimental.....	53
3.5 Verificación de funcionamiento del sistema ABS .....	58
3.6 Verificación de la comunicación entre el módulo ABS y CAN BUS.....	63
4. RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	67
4.1 Verificación de funcionalidad del sistema CAN BUS .....	67
4.1.1 Verificación de funcionamiento del sistema CAN BUS mediante su resistencia	67
4.1.2 Verificación de funcionamiento del sistema CAN BUS mediante su voltaje	68
4.2 Verificación del funcionamiento del sistema ABS.....	69
4.2.1 Verificación de funcionamiento del sistema de frenos ABS por presiones de	69
operación. ....	
4.2.2 Verificación de estado del sistema mediante códigos de falla y curvas de	70
funcionamiento .....	
4.3 Diagnóstico de la comunicación que existe entre el CAN BUS Y el módulo ABS..	74
4.3.1 Vehículo encendido y estacionado sin accionar el pedal del freno. ....	75
4.3.2 Vehículo encendido y estacionado accionando el pedal de freno .....	77
4.3.3 Vehículo con una velocidad de 30km/h sin accionar el pedal de freno. ....	79
4.3.4 Vehículo con una velocidad de 45km/h accionando el pedal de freno llegando a	81
velocidad 0km/h. ....	
4.3.5 Vehículo circulando a una velocidad de 45km/h frenada brusca. ....	83
Vehículo circulando a una velocidad de 45km/h frenada brusca. ....	84
CONCLUSIONES.....	88
RECOMENDACIONES .....	90
BIBLIOGRAFIA .....	91
ANEXOS .....	93
Anexo 1 Bosch FSA 740 .....	93
Anexo 2 Multímetro BOSCH 7 677. ....	94
Anexo 3 FSA 720 (Módulo de medición portátil).....	95
Anexo 4 KTS 560. ....	96
Anexo 5 Osciloscopio OTC.....	96
Anexo 6 MICROCHIP CAN BUS Analyzer .....	97
Anexo 7 Diagrama módulo ABS Amarak.....	98

Anexo 8 Práctica Sensor ABS .....	100
Anexo 9 Practica Identificación Red CAN BUS.....	106

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2. 1</b> Estructura de la red maestra-esclava.....	23
<b>Figura 2. 2</b> Conexión en estrella.....	24
<b>Figura 2. 3</b> Formas de sensores. ....	25
<b>Figura 2. 4</b> Sensor inductivo de velocidad .....	25
<b>Figura 2. 5</b> Medidores de presión .....	26
<b>Figura 2. 6</b> Conexión sin la presencia del sistema CAN BUS .....	28
<b>Figura 2. 7</b> Conexión con sistema CAN BUS .....	28
<b>Figura 2. 8</b> Secuencia lógica de funcionamiento.....	31
<b>Figura 2. 9</b> Cables trenzados con su voltaje nominal .....	32
<b>Figura 2. 10</b> Estructura del protocolo CAN.....	35
<b>Figura 2. 11</b> Bit con un valor de uno. ....	36
<b>Figura 2. 12</b> Bit con un valor de cero. ....	37
<b>Figura 2. 13</b> Transmisor receptor. ....	38
<b>Figura 2. 14</b> Representación gráfica del conector OBD II .....	39
<b>Figura 2. 15</b> Ondas referenciales de funcionamiento .....	41
<b>Figura 2. 16</b> Función sistema ABS.....	42
<b>Figura 2. 17</b> Niveles de integración de sensores automotrices.....	43
<b>Figura 2. 18</b> Sistema antibloqueo de 3 canales.....	44
<b>Figura 2. 19</b> Antibloqueo de 4 canales. ....	44
<b>Figura 2. 20</b> Impurezas en el sensor ABS .....	46
<b>Figura 2. 21</b> Rotura Rueda Fónica homocinética .....	47
<b>Figura 2. 22</b> Rotura de cableado sensor ABS por fatiga. ....	48
<b>Figura 2. 23</b> Socket del ABS en mal estado .....	49
<b>Figura 3. 1</b> Marco metodológico para el desarrollo del estudio de la red CAN BUS .....	50
<b>Figura 3. 2</b> Flujograma proceso de verificación CAN BUS.....	55
<b>Figura 3. 3</b> Flujograma proceso de verificación sistema ABS .....	59
<b>Figura 3. 4</b> Sensor ABS magneto resistivo con 2do nivel de integración .....	60
<b>Figura 3. 5</b> Flujograma progreso de verificación del sistema ABS y CAN BUS .....	64
<b>Figura 4. 1</b> Ingreso de especificaciones del vehículo. ....	71
<b>Figura 4. 2</b> Códigos de Falla por medio de un scanner .....	72
<b>Figura 4. 3</b> Ondas de funcionamiento CAN High y CAN Low en tiempo real .....	72
<b>Figura 4. 4</b> Conexión y ondas de funcionamiento por medio del osciloscopio G-Scope-273	
<b>Figura 4. 5</b> MICROCHIP CAN BUS Analyzer.....	74
<b>Figura 4. 6</b> Conexión de ECU, Analyzer y PC.....	75

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2. 1</b>	Valores referenciales del sensor ABS .....	48
<b>Tabla 3. 1</b>	Características Volkswagen Amarok.....	51
<b>Tabla 3. 2</b>	Equipos empleados.....	52
<b>Tabla 3. 3</b>	Verificación funcionalidad sistema CAN BUS .....	55
<b>Tabla 3. 4</b>	Verificación funcionalidad CAN BUS tensión de trabajo.....	56
<b>Tabla 3. 5</b>	Verificación funcionalidad CAN BUS mediante su grafica.....	57
<b>Tabla 3. 6</b>	Verificación sensor ABS .....	59
<b>Tabla 3. 7</b>	Verificación presión válvula HCU .....	61
<b>Tabla 3. 8</b>	Verificación presión de frenado .....	62
<b>Tabla 3. 9</b>	Parámetros y condiciones de prueba. ....	65
<b>Tabla 3. 10</b>	Conexión CAN BUS ANALYZER .....	65
<b>Tabla 4. 1</b>	Tabla de valores obtenidos CAN H CAN L.....	67
<b>Tabla 4. 2</b>	Valores de funcionamiento de la red Multiplexada.....	68
<b>Tabla 4. 3</b>	Valores de funcionamiento de la HCU .....	70
<b>Tabla 4. 4</b>	Valores de tensión por ondas de funcionamiento.....	73
<b>Tabla 4. 5</b>	Prueba vehículo estacionado sin accionamiento del freno .....	75
<b>Tabla 4. 6</b>	Prueba vehículo estacionado accionando el freno .....	77
<b>Tabla 4. 7</b>	Prueba vehículo a 30 km/h sin accionamiento del freno .....	79
<b>Tabla 4. 8</b>	Prueba vehículo a 45 km/h accionado el freno.....	81
<b>Tabla 4. 9</b>	Prueba vehículo a 45 km/h frenada brusca.....	84
<b>Tabla 4. 10</b>	Comparación de estados de funcionamiento .....	87

## **RESUMEN**

El presente trabajo de grado tuvo como objetivo el estudio de la red CAN BUS en el automóvil, enfocado principalmente en el módulo ABS, el cual se llevó a cabo en el vehículo Volkswagen Amarok, empleando un equipo de la marca Bosch FSA 740 para ejecutar el estudio de la red multiplexada. En primera instancia se realizó un estudio bibliográfico acerca del sistema CAN BUS, la importancia que tiene dentro del automotor, así mismo su funcionamiento, valores reales de operación como; su resistencia y tensión, posibles daños internos los cuales se los aprecia de mejor manera con su respectiva gráfica, esto ayudo a identificar de mejor manera las posibles fallas. Como segundo paso se realizó las mediciones correspondientes a la resistencia y tensión, estos valores se los extrae directamente desde el conector OBD II por medio de un multímetro con la finalidad de comprobar que los valores estén dentro de lo establecido, acto seguido se verifico que las gráficas de funcionamiento tengan los lineamientos adecuados, estas gráficas se las obtiene con la ayuda de un osciloscopio, donde fue empleado el FSA 740, con ello se pudo apreciar que los picos de CAN Low y CAN High estén con los valores nominales los cuales son 1.5 a 2.5V y 2.5 a 3.5V respectivamente. Como último punto se procedió a la verificación de comunicación entre la centralita principal y el módulo ABS, este objetivo se logró utilizando el equipo Microchip CAN BUS Analyzer, el mismo que brindó datos en valores hexadecimales los mismo que para realizar el estudio de los mismos tuvieron que ser transformados a códigos binarios para su posterior análisis, estos códigos permitieron la realización de la gráfica de operación con la finalidad de poder analizar con detalle los cambios que puede presentar el sistema multiplexado cuando el ABS se encuentra en diferentes condiciones.

## **ABSTRACT**

The present degree work has as objective the study of the CAN BUS network in the automobile, mainly focus on the ABS module, which was carried out in the vehicle Volkswagen Amarok, using an equipment Bosch FSA 740 brand to execute the research of the multiplex network. In the first instance, it was made a bibliography study about CAN BUS SYSTEM, the importance that has inside the automotive, in addition its performance, operation real values such as; its resistance and tension, possible internal damages which are observed in a better way with its respective graph, this helped to identify better possible failures. As a second step they were done some correspondents measurements to the resistance and tension, these values where extracted directly form the connector OBD II by means of a multi-meter with the purpose to prove that the values are inside the stablished parameters, thereupon it was verified that the operation graphs have the adequate alignments, these graphs are obtained with the help of a oscilloscope where was used the FSA 740, with this it could be appreciated that the picks of the CAN Low and CAN High are in the nominal values which are 1.5 to 2.5 V and 2.5 to 3.5 V respectively. As a final point it was proceeded to the verification of communication between the main switchboard and the ABS module, this objective was fulfilled using a Microchip CAN BUS Analyzer, it is the same which provided data in hexadecimal values the same that to perform the study of them have to be converted to binary code for their future analysis, these codes allowed the performance of the operation graph with the purpose to be able to analyze with detail the changes which can present the multiplex system when the ABS was in different conditions.

## INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo de grado hace énfasis en el estudio del sistema CAN BUS y las variantes que se puede darse en cada uno de los módulos que integran a la electrónica del vehículo, realizando un estudio más profundo en el sistema ABS y la comunicación con la red multiplexada, ya que la misma se ha ido integrando año tras año en los vehículos que ingresan a nuestro país haciendo que se adopten nuevas estrategias de diagnóstico, herramientas y equipos, para la obtención de datos, curvas características de funcionamiento, permitiendo otorgar una solución a los problemas que surgen con el sistema CAN BUS.

La metodología empleada como primera instancia fue la obtención de datos mediante un estudio bibliográfico que permitió realizar una secuencia de pasos para la verificación de cada uno de los componentes que conforman al sistema ABS. Como segundo punto luego obtener una secuencia de pasos para el diagnóstico, se procedió a la recolección de los parámetros de funcionamiento del sistema ABS en conjunto con la red multiplexada, luego de extraer cada uno de los valores de funcionamiento ideal se comparó cada uno de estos con los valores referenciales adquiridos por el estudio bibliográfico, con la finalidad de descartar fallos en el sistema CAN BUS.

Esta tesis fue enfocada para personas comunes que cuente con vehículos de alta tecnología y para propietarios de taller automotrices, con la finalidad de que tengan una guía de referencia para el diagnóstico acerca de la red multiplexada y los diferentes módulos que lo conforman, permitiendo que ellos mismos pueden realizar un tipo de diagnóstico preventivo.

## CAPITULO I

### 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1 Antecedentes

CAN o Controller Area Network (Control de Área de Red), fue desarrollado por Bosch en 1985, previo a esto, los fabricantes automotrices conectaban dispositivos electrónicos en los vehículos utilizando sistemas de cableado de punto a punto. Sin embargo, conforme los fabricantes comenzaron a utilizar dispositivos de tipos electrónicos en los vehículos, el costo general del vehículo se incrementaba. Al remplazar el cableado por redes de comunicación en los vehículos, se logró reducir el costo de instalación del mismo, su complejidad, peso del mismo y por supuesto vehículos más seguros (Baloch, 2017). Anteriormente, los fabricantes automotrices conectaban dispositivos eléctricos y electrónicos en los vehículos utilizando sistemas de cableado punto a punto, aumentando en exceso el peso y el volumen del cableado, eso sin contar con las posibles fuentes de avería que ello supondría (Baloch, 2017).

El sistema fue implementado en primera instancia en elementos de confort por su alta demanda de efectividad como, por ejemplo, ventanillas eléctricas, asientos con calefacción, control de temperatura del habitáculo, espejos entre varios dispositivos que van asociados con el confort.

Para controlar todo esto se hace a través de control electrónico, en un principio se utiliza una unidad de control electrónico (ECU) y posteriormente se agregaron otras unidades de control electrónico. Entonces fue necesario establecer una comunicación adecuada entre las diferentes unidades de control electrónico que realizan los diferentes procesos. Un pronóstico para el futuro se estima que en 2025 los automóviles pueden tener 100 microcontroladores dedicados cada uno a una determinada función. (Tenesaca Teodoro et al., 2012).

#### 1.2. Planteamiento del problema

Si bien es cierto es de gran complejidad el manejo del CAN BUS ya que cuenta con intercomunicadores y diferentes módulos que controlan el vehículo, administrar las

diferentes funciones y estar al pendiente de la seguridad. Esto se hizo posible con la nueva tecnología que se ha desarrollado por parte de Bosch, ha implementado diferentes protocolos de comunicación los cuales fueron adoptados por la mayoría de los vehículos modernos, con la finalidad de disminuir peso y también cableado dando mayor confort para los conductores, llevando la tecnología a otro nivel, pero ocasionando problemáticas para los trabajadores al momento de proporcionar un diagnóstico del sistema multiplexado.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General**

Diagnosticar el funcionamiento del sistema ABS a través de pruebas de comunicación del sistema CAN BUS, para el análisis de fallas de comunicación entre el módulo y la red multiplexada, mediante la utilización del Equipo FSA 740.

### **1.3.2 Objetivo Específicos**

- Analizar el funcionamiento de la red CAN en el automóvil enfocado en el comportamiento del módulo ABS a través de un estudio bibliográfico.
- Definir una metodología de diagnóstico para evaluar la funcionalidad del módulo ABS y la red mediante un proceso estandarizado.
- Evaluar el comportamiento del módulo ABS mediante la utilización de un equipo de diagnóstico, para analizar los parámetros fundamentales y curvas características de funcionamiento.

## **1.4 Alcance**

El proyecto de grado tiene como alcance fortalecer los conocimientos sobre el funcionamiento de la red CAN BUS a partir de la utilización del equipo FSA 740, que se instaló en el taller de la Universidad Técnica del Norte, el cual permite realizar comprobaciones rápidas y precisas de los sistemas eléctricos del vehículo, analizando lo que vendría a ser toda la red multiplexada ya que este equipo tiene una aplicación sencilla para un diagnóstico.

Para realizar el trabajo de titulación se empleó un vehículo de la marca VOLKSWAGEN AMAROK 2010, con el fin de realizar una guía de usuario para el diagnóstico de la red multiplexada, en el cual permita efectuar pruebas tanto en laboratorio como en campo, permitiendo evaluar la comunicación entre la red multiplexada y el módulo ABS, mediante la utilización del equipo anteriormente mencionado permitiendo, una fácil interpretación de los datos obtenidos.

## **1.5 Justificación**

El presente proyecto se justifica ya que en nuestro medio existe el desconocimiento sobre el funcionamiento como a su vez el manejo de un sistema CAN BUS, por ello se ve necesario la implementación y utilización de un equipo que ayude a los estudiantes de la Universidad Técnica del Norte, en especial a los integrantes de la Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, con el fin de otorgar un diagnóstico eficaz en cuanto al estado y funcionamiento de este tipo de sistema multiplexado.

En la actualidad el avance tecnológico que se ha venido introduciendo en el país es alto gracias al tratado con la Unión Europea, ha permitido que ingresen al país vehículos con tecnología más avanzada rigiéndonos a las normativas INEN que tiene el Ecuador, con la llegada de estos automotores se vio necesario la actualización de la normativa, que viene anclada al apartado 4.3.3 donde nos hace referencia que los automotores de 4 ruedas deben disponer del sistema ABS, conforme a lo establecido por la Regulación Técnica No. 13-H de la ONU (Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2016).

Que ha producido este cambio tanto en la normativa y en la tecnología, que el personal a cargo de los distintos talleres automotrices a nivel nacional tenga la necesidad de capacitarse y a la vez adquirir herramientas para el diagnóstico que permitan realizar y efectuar tanto el mantenimiento preventivo y correctivo. Por eso se hace énfasis en el objetivo 7 del Plan de Creación de Oportunidades, dando a conocer el anexo 7.2 que promueve la modernización y eficiencia del modelo educativo por medio de la innovación y el uso de nuevas herramientas tecnológicas, fomentando así la igualdad de condiciones para los ecuatorianos (SECRETARIA NACIONAL DE PLANIFICACIÓN 2021).

Por ende, el presente proyecto se ve necesario realizar el estudio y desarrollo de un método de diagnóstico en el cual se pueda elaborar pruebas del sistema de red multiplexado de un vehículo con tecnología de punta como es la camioneta Volkswagen Amarok 2014, a través

de la modificación de sus circuitos y parámetros se pueda conocer el funcionamiento del control electrónico que este posee. Además, mediante el uso de este equipo de diagnóstico nos permitió hacer mediciones en tiempo real de funcionamiento, logrando con esto obtener datos reales de operación del módulo ABS.

Así mismo se justifica ya que por medio de este problema de tesis se ve reflejado los conocimientos, habilidades, destrezas, capacidades y aptitudes referentes a nuestro ámbito profesional, en el que se aplica conocimientos de las áreas de Sistemas Digitales, Microcontroladores, Electrotecnia y Autotrónica.

## CAPITULO II

### 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 2.1 Arquitectura Electrónica del automóvil

Los vehículos hoy en día no son solo un transporte, son máquinas que están conformados por varios sistemas electrónicos que otorga al conductor una experiencia satisfactoria al momento de conducir, esto dado por las diversas aplicaciones y beneficios que presenta la electrónica en los vehículos.

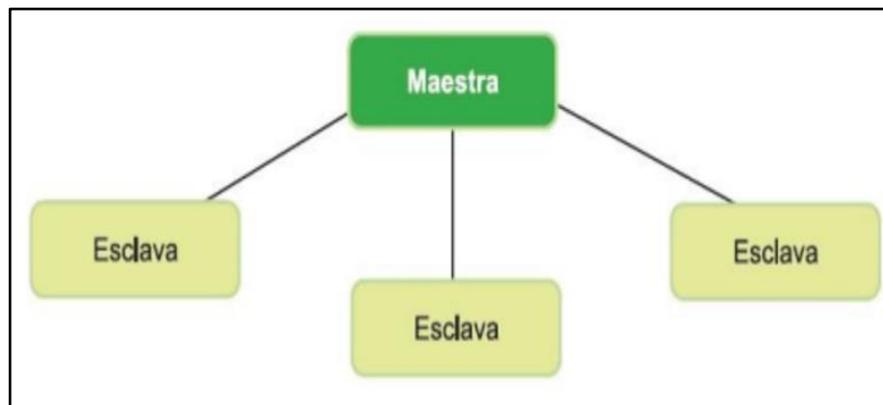
La electrónica son sistemas utilizados en el vehículo con la finalidad de controlar diferentes componentes inmersos en el automotor. La elaboración de estos sistemas se enfoca en la utilización de materiales ligeros para realizar componentes pequeños con inteligencia artificial y una alta confiabilidad, debido a que los estándares del mercado son cada vez más altos, por ello siempre están en constante evolución encaminados en la mejora del funcionamiento electrónico. En la actualidad es común sustituir los sistemas mecánicos por sistemas electrónicos. La unidad de control es el elemento principal para vigilar múltiples funciones como; control de encendido del motor, el sistema de audio, sistema de aire acondicionado, control de posición de asientos, el encendido de sistema de luces, entre otros. La electrónica también es utilizada en maquinaria pesada como montacargas, retroexcavadoras y tractores, evidenciando que la electrónica ha tomado una gran importancia y la demanda que tiene hoy en día (Ros Joan & Barrera Oscar, 2017).

Los elementos de control que conforman al vehículo son administrados y controlados por una unidad de control principal, esta se la considera como centralita madre. Lo más importante y la parte que más destaca es el control del motor lo cual funciona por medio de sensores que envían información a la centralita en tiempo real. El controlado del motor está compuesto por microcontroladores de 32 bits el cual controla y supervisa la inyección de combustible, control de emisiones de gases de escape siendo amigable para el medio ambiente

### 2.1.1 Disposición según la topología de red

Si se habla de la electrónica en el vehículo está incluido un sin número de componente que están comandados por dicho sistema. En este va incluido desde el encendido del motor, funcionamiento del radio, hasta el confort dentro del habitáculo, por ello este sistema es uno de los más importantes dentro del automotor proporcionado una alta precisión y fiabilidad, como así mismo otorgando un mayor rendimiento en su funcionamiento.

En la estructura del sistema CAN BUS es importante mencionar que dentro del mismo presenta centralitas maestras y esclava. La maestra está conectada directamente al bus y la esclava a la centralita maestra. La topología que presentan las centralitas maestras y esclavas son de tipo estrella, anillo y árbol. En la figura 2.1 se observa la presencia de una centralita maestra y esclava haciendo referencia a lo anteriormente mencionado.



**Figura 2. 1** Estructura de la red maestra-esclava  
(María & Llanos, 2017b)

Dentro del mundo del automovilismo los módulos electrónicos presentan diferentes formas y aspectos de redes, como se mencionó anteriormente donde se tiene los siguientes:

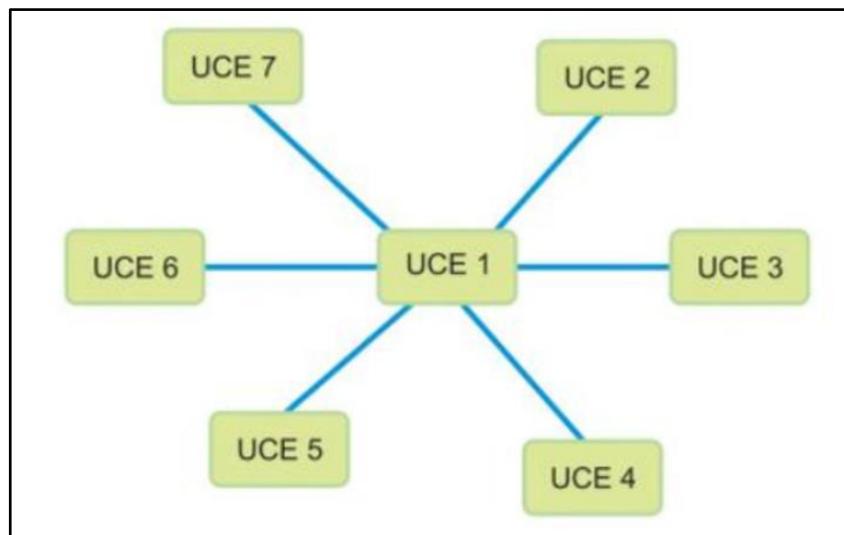
- **Conexión en línea**
- **Conexión en anillo**
- **Conexión en árbol**
- **Conexión en estrella**

Es importante mencionar y explicar la topología en estrella debido a que este tipo de conexión está inmerso en el vehículo que se realizó en el presente trabajo de grado. Su

topología es muy común en vehículos de gama media-alta como es la marca Volkswagen, en especial en la camioneta Amarok la cual fue indispensable para la elaboración del tema.

En este tipo de conexión presenta una centralita principal que está ubicada en el medio de la red, donde es la encargada de controlar la comunicación de dicha red, las demás unidades se conectan a la centralita madre. Las unidades que están alrededor se denominan satélites. Esta conexión tiene cabida cuando una unidad tiene más importancia que las demás. En él se puede presentar daños únicamente cuando el nodo principal presenta fallos.

Gracias a esta metodología de conexión como se puede apreciar en la figura 2.2 la capacidad de funcionamiento del sistema se mantiene, aunque exista un daño en los satélites o en el cableado no interrumpe la operación de los demás satélites, ya que cada una va conectada a la centralita madre, considerando una principal ventaja que tiene este tipo de topología.



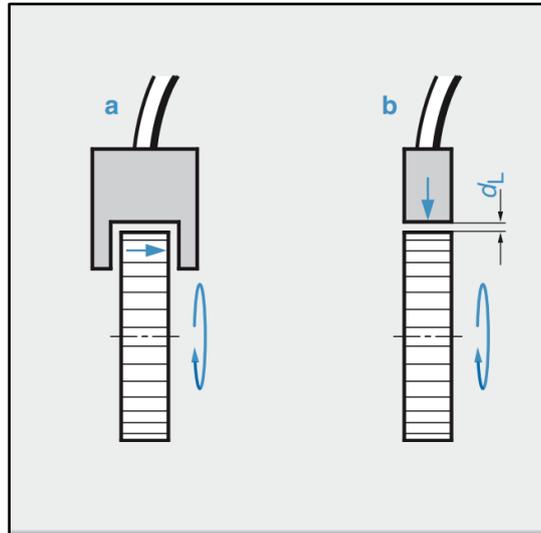
**Figura 2. 2** Conexión en estrella.  
(Maria & Llanos, 2017a)

## 2.1.2 Arquitectura de los sistemas (sensores y actuadores)

### 2.1.2.1 Sensor de velocidad de giro de la rueda

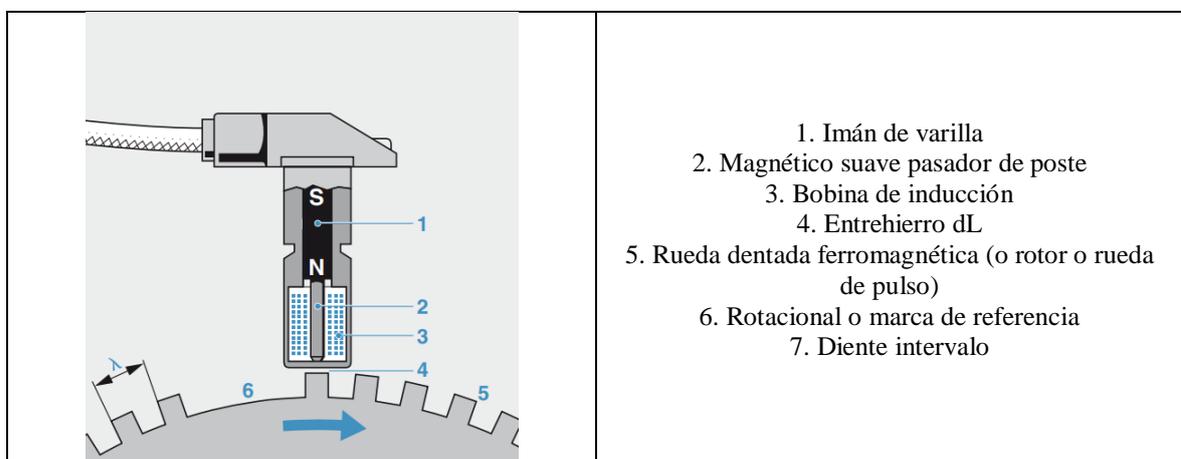
Este tipo de sensores miden el número de revoluciones o la distancia recorrida en una unidad de tiempo, en este tipo encontramos los sensores convencionales para la medición de la velocidad de rotación de las ruedas, que en su mayoría en la actualidad son sensores de tipo activos que envían datos en tiempo real a la central de control, en este tipo de sensores se puede apreciar en la figura 2.3 (Bosch GmbH, 2005).

- Sensor de varilla (a)
- Sensor en forma de horquilla (b)
- Sensor toroidal (interno y externo) (dL)



**Figura 2. 3** Formas de sensores.  
(Bosch GmbH, 2005)

Para el trabajo de investigación el sensor que se va a diagnosticar es el sensor tipo inductivo que según la ley de Faraday para medir la rotación de velocidad. En otras palabras, generan un voltaje UA en su salida de dos polos que es proporcional al cambio (referido a tiempo) de un flujo magnético F ( $w =$  número de vueltas). En la figura 2.4 se puede evidenciar las partes del sensor de velocidad de giro.

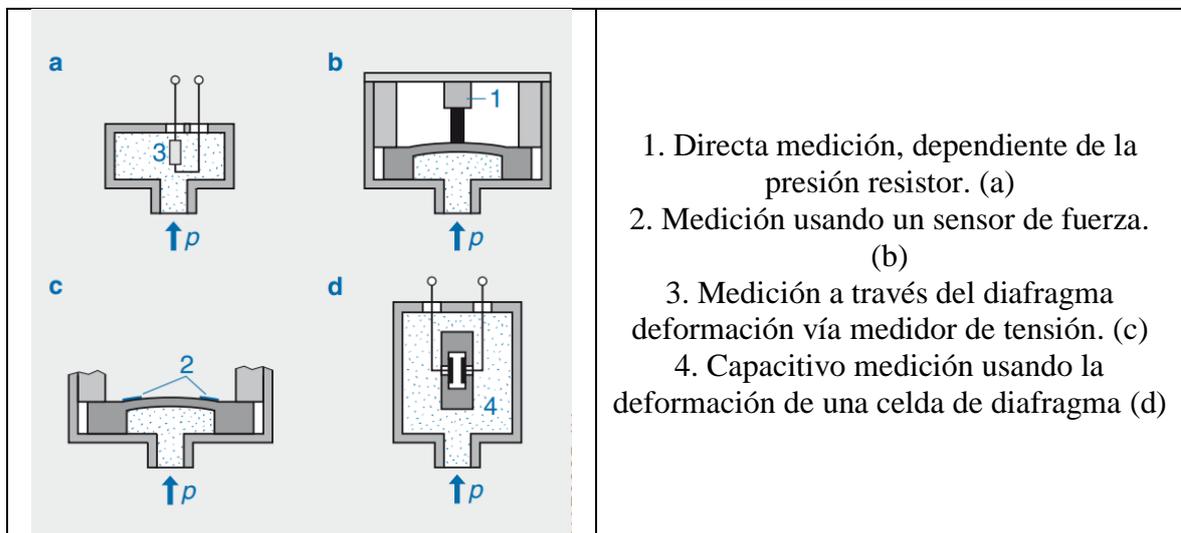


**Figura 2. 4** Sensor inductivo de velocidad  
(Bosch GmbH, 2005)

Para garantizar una evaluación adecuada y una correcta toma de datos sin ningún tipo de interferencias en la unidad de control, el pulso de voltaje periódico debe ser de al menos 30 mV. Pero debemos tomar en cuenta que la principal desventaja de este tipo de sensores al instante de trabajar en altas velocidades/rotación, el voltaje de salida puede ser superior a 100V provocando así que los mismos sean difíciles de procesar electrónicamente (Bosch GmbH, 2005).

### 2.1.2.2 Sensor de presión

Las válvulas reguladoras de presión tienen lugar directamente por medio de la deformación del diafragma, o utilizando un sensor de fuerza que se usa para medir y controlar la fuerza de frenado de un vehículo, ya que estos sensores pueden ejercer una fuerza de frenado de 10 bar en frenos electroneumáticos. Se puede obtener diferentes tipos de medición de presión lo cual se puede evidenciar en la figura 2.5.



**Figura 2. 5** Medidores de presión  
(Bosch GmbH, 2005)

En el caso de estudio el tipo de medición que viene implementado en el vehículo es el que mide según la fuerza de frenado que se aplique, como se puede observar en la figura 2.5 literal (b) entre más fuerza apliquemos al momento de frenar mayor presión de frenado lo que provoca que el mismo sistema envíe la información para que se active el ABS en el caso de detectar un frenado excesivo.

## 2.2 REDES DE COMUNICACIÓN

En la actualidad los vehículos que circulan por las vías cuentan con una mejor tecnología tanto en cuestión del motor como en la electrónica del automóvil. Por ello es importante hacer énfasis en la importancia del sistema electrónico, gracias a su creación se puede gestionar la transmisión de datos con mayor confiabilidad de tal forma que las señales eléctricas lleguen a su receptor, logrando así una mejor comunicación entre los componentes que conforman la red multiplexada.

Las redes son estructuras de intercomunicación por donde circula datos importantes, de tal manera que sean señales digitales que pasan por todas las unidades de control a una gran velocidad, otorgando rapidez en la entrega de información y de recepción para posterior realizar la activación o desactivación de elementos que conforma la red multiplexada, en este caso los actuadores son los interferidos. Todo ese trabajo lo realiza en milisegundos (Maria & Llanos, 2017a).

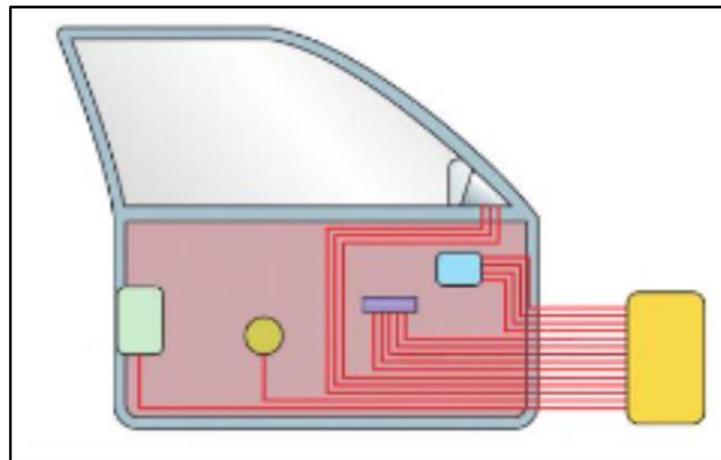
### 2.2.1 Ventajas de red multiplexada

Con la aparición de la red multiplexada trajo consigo múltiples beneficios en el automóvil como económico y tecnológico las cuales se nombran a continuación:

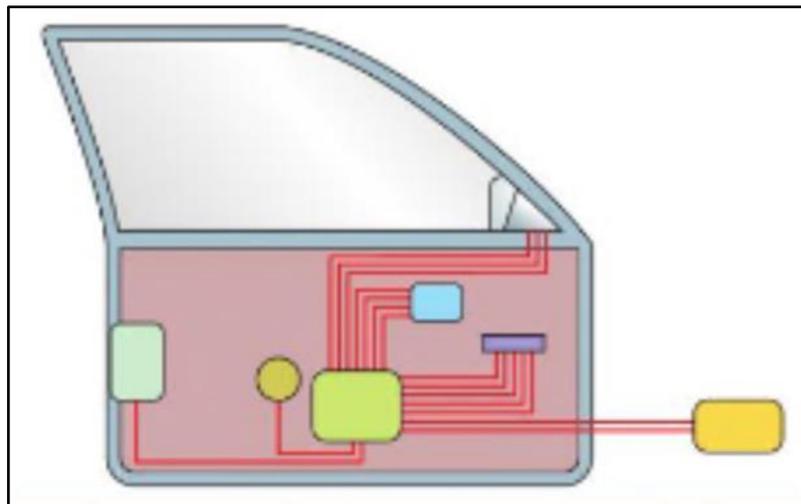
- **Menor cableado:** Se estima que la disminución del cableado es de 2 kilómetros ya que la información y la distribución de la misma pasa por una unidad y por dos cables hacia el sensor.
- **Menor sensores:** Esto es gracias a que un solo sensor es el encargado de enviar la información hacia la centralita madre y esta distribuye hacia el resto de las centralitas esclavas, de esta forma se disminuye hacia los sensores.
- **Menor peso:** La escasez de cableado trae consigo una disminución notable del peso en el vehículo, teniendo aproximadamente 40 kilogramos volviéndolo más ligero.
- **Menor costo de fabricación:** El simple hecho de que haya un menor cableado y consigo la disminución de sensores hace que la fabricación sea menor.
- **Menor costo de mantenimiento:** Al tener menor cantidad de elementos para reparar o sustituir disminuye el mantenimiento y tiempo de reparación.
- Agregado a lo anteriormente mencionado se evidencia que los controles electrónicos son más reducidos en su tamaño presentando menor conexiones.

- Además, brinda mayor seguridad, fiabilidad y una mayor velocidad de transmisión de información, esto sucede porque la información obtenida pasa por las centralitas a altas velocidades.

Las figuras 2.6 y 2.7 representan las ventajas que se mencionó en los puntos anteriores, en la figura 2.6 se puede denotar con claridad que existe una alta disminución de cableado y así mismo de peso en comparación con la figura 2.7, esto es un claro ejemplo del avance tecnológico que ha tenido los vehículos a lo largo de su manufactura.



**Figura 2. 6** Conexión sin la presencia del sistema CAN BUS  
(Maria & Llanos, 2017b)



**Figura 2. 7** Conexión con sistema CAN BUS  
(Maria & Llanos, 2017b)

### **2.2.2 Fundamentos básicos de las redes multiplexadas**

El fundamento se basa en la operación de los sensores ya que estos están enlazados con varias unidades de control, un ejemplo sería la señal de un sensor de luz, el cual informa al módulo para que se realice el encendido o apagado de los faros dependiendo de la situación climática. En si el multiplexado es una red de comunicación que está inmersa en el vehículo, donde la función principal es transmitir la información por medio de un mismo canal a gran velocidad e innumerable información sin interrupciones.

### **2.2.3 Clasificación de red multiplexada.**

La clasificación de la red dependerá únicamente de la importancia que tenga el mensaje dentro del vehículo, puede ser una señal de alta velocidad y de baja velocidad. Esto condiciona el valor y el nivel de seguridad que mantendrá en su transmisión de datos. Las redes que son empleadas en el sistema multiplexada se clasifican en base a:

- **Velocidad de remitir dato:** La velocidad por la cual remite los datos es medida en la unidad de kilobits sobre segundo (kbps). Cada unidad de control contará con diferentes velocidades de comunicación ya que está entre los 250 kB/s hasta 500 kB/s, la velocidad determinará la importancia que tendrá dentro del vehículo.
- **Modelo de señal:** Las señales eléctricas son las más comunes dentro del vehículo, esta señal es conocida por el mundo automotriz ya que es una señal cuadrada.
- **Protocolo utilizado:** En el mundo automotor se encuentra diversos protocolos como CAN, LIN, VAN, entre otros. Estos pueden estar presentes en un solo vehículo, con el fin de gestionar la operación del motor, tracción, airbag con un CAN de alta velocidad, mientras que, para la gestión de luces y limpia parabrisas se utilizara un protocolo LIN porque trabaja a una menor velocidad y no son importantes en relación con la seguridad activa.

### **2.2.4 Tipos de protocolos**

#### **2.2.4.1 Protocolo CAN**

El CAN es un sistema de alta confiabilidad donde desarrolla una eficiente comunicación para intercambiar información entre unidades de control electrónico, con la finalidad de evitar y prevenir problemas al instante de transmitir información de un punto de comunicación hacia otro, sin presentar errores. Para ello se pone en marcha canales de comunicación que crean la unión entre los puntos antes mencionados. En su interior se

encuentran los equipos de transmisión y de recepción. Es importante mencionar que el sistema de comunicación se lo realiza por medio de un protocolo de comunicación.

Para realizar la transmisión de datos se basa por medio de impulsos eléctricos, donde su señal es cuadrada o como normalmente se lo conoce como PWM. Dichas señales pasan por medio de un bus de datos, está constituido por dos cables que están entrelazados entre sí. La unidad de control dispone de un transceptor, el cual transforma impulsos eléctricos en mensajes con codificación binaria. Para ser comprendidos se necesita de un controlador y un microprocesador (Cano Martínez, 2012; E Libro, n.d.).

#### **2.2.4.2 Protocolo VAN**

Este tipo de protocolos son empleados especialmente en sistemas con jerarquías menores, está conformado de protocolos y hardware sencillo por ende trabaja con velocidades bajas de transmisión de información, dado que la velocidad máxima que emplea es de 125 kbps. Por lo general el protocolo es empleado en sistemas que no es de gran importancia como; confort, carrocería, aire acondicionado entre otros. Dicho protocolo está en funcionamiento bajo la norma ISO 11519-3. Cabe recalcar que al igual que el CAN todas las centralitas que conforman a la red están conectadas entre sí con el fin de adoptar e intercambiar los datos. En la actualidad no es muy utilizado ya que el CAN es más versátil y se puede utilizar en bajas y altas velocidades dejando obsoleta al protocolo VAN (Sánchez Gerardo, 2016).

#### **2.2.4.3 Protocolo LIN**

Se caracteriza porque dispone de un componente maestro y varios esclavos, el maestro es el principal ya que tiene dos tareas con respecto a su propia tarea y relacionado con el esclavo, mientras que el esclavo se encarga de asegurar su trabajo. El protocolo aprueba el cambio de datos de un maestro y 16 esclavos mediante un solo hilo conductor sin blindaje. El maestro es el encabezado de realizar las tareas en su dispositivo. Cabe mencionar que el sistema radica por tres campos; interrupción, sincronía e identificador.

Generalmente su aplicación se ve en seguros de puertas, en elevavidrios, ajustes de espejos laterales entre otros. Su aplicación es limitada debido a los mensajes que emiten son cortos, por otro lado, la tasa de transferencia de datos es de 20 kbps y su longitud no supera los 40 metros y 16 nodos.

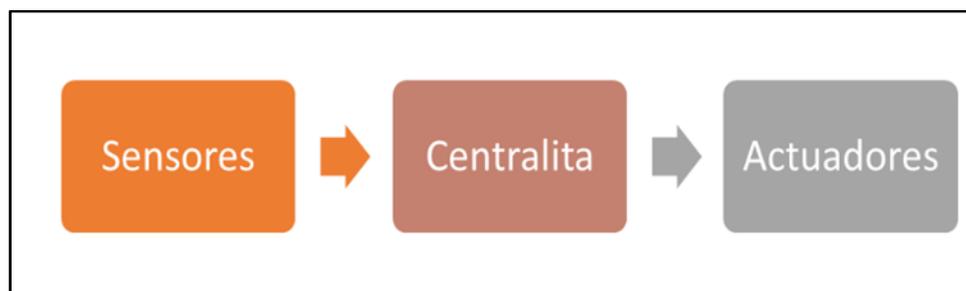
#### 2.2.4.4 Protocolo FlexRay

Es un protocolo el cual fue diseñado para operar sistemas de alto rendimiento basado en la norma ISO 17458, por ello es empleado en sistemas de seguridad activa y de precisión en el vehículo como asistencia de conducción, control en el bastidor entre otros. Este sistema es capaz de trabajar a elevadas velocidad logrando transferencia de datos hasta de 20 Mbit/s con la finalidad de no presentar información redundante sino concisa a su respectiva operación. Su topología normalmente se encuentra de forma lineal, estrella o a su vez mixta. Es importante mencionar que dicho protocolo trabaja con dos hilos trazados y blindados, así mismo puede trabajar con hilos no blindados. El FlexRay está capacitado para comandar 20 metros de conexiones y 20 nodos en una misma red. Los nodos por lo general cuentan con alimentación y tierra para transceptores como los microprocesadores (Cano Martínez, 2012).

### 2.3 Red de comunicación CAN

Este tipo de RED denominada red de área de campus (CAN), siempre ha estado inmersa en el mundo de las computadoras, la cual permite conectar redes de un área local a través de una área geográfica limitada, esta puede ser un campus universitario o también una base militar donde toda esta red está siendo manejada solo por personal autorizado que pertenezca a cualquiera de estas organizaciones, por eso esta tecnología con el pasar de los años se ha ido impregnando al mundo automotriz ya que la misma permite una comunicación más rápida entre los sensores, actuadores, con los diferentes módulos que interactúan entre ellos, permitiendo una comunicación en un tiempo más corto, con el fin de acortar los tiempos de respuesta de los mismos.

En la figura 2.8 se aprecia los elementos que están implicados dentro del protocolo CAN, la transmisión de información tiene una secuencia lógica el cual proveniente del sensor, pasando por la centralita y por último el actuador que realizara la orden enviada por el sensor en primera instancia.

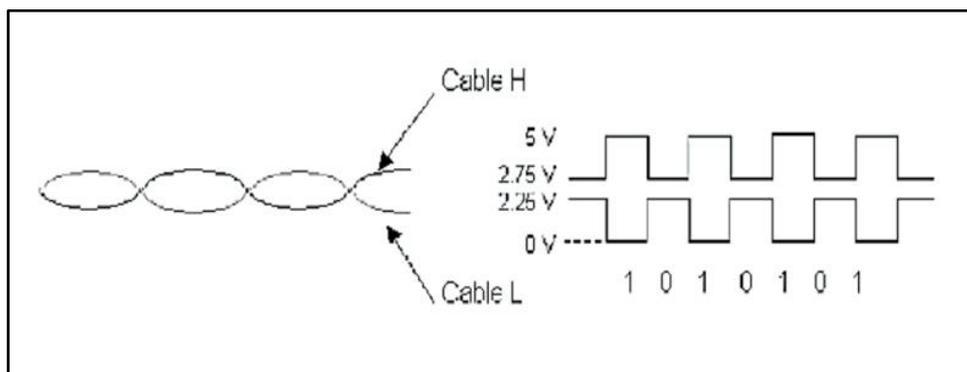


**Figura 2. 8** Secuencia lógica de funcionamiento

Para realizar la transmisión de datos se basa por medio de impulsos eléctricos, donde su señal es cuadrada o como normalmente se lo conoce como PWM. Dichas señales pasan por medio de un bus de datos, está constituido por dos cables que están entrelazados entre sí. La unidad de control dispone de un transceptor, el cual transforma impulsos eléctricos en mensajes con codificación binaria. Para ser comprendidos se necesita de un controlador y un microprocesador (Maria & Llanos, 2017a).

El sistema CAN cuenta de dos líneas por donde circula la información. Dicha información es alimentada en forma de señal con una tensión que fluctúa constantemente de 0 a 5 voltios, de tal forma que se considera la caída de tensión obtenida como un bit que está dentro de 0 y 1 correspondientemente. La línea por donde circula la información se la conoce como DATA.

La figura 2.9 presenta dos líneas las cuales se las conoce como línea High y línea Low con su respectivo voltaje, como a su vez representa los bits que son 0 y 1 en cuestión a su funcionamiento. Es una forma evidente para otorgar un diagnóstico preciso por medio de la ilustración, ya que muestra las ondas de trabajo con su respectivo voltaje tanto de la línea CAN High, como la CAN Low.



**Figura 2. 9** Cables trenzados con su voltaje nominal  
(Maria & Llanos, 2017b)

El CAN es un sistema vital para el automóvil ya que gracias esta red se produce la comunicación entre los módulos existentes dentro del automóvil, para ello se debe tener en consideración los valores de resistencia que debe poseer. El OBD II otorga dicho valor exactamente entre los pines 6 y 14, dando un valor referencial de 60 ohmios, este valor se puede ver afectado siempre y cuando exista un módulo deteriorado por su funcionamiento.

Las redes CAN en el automóvil operan en su totalidad a velocidades de 250 kB/s hasta 500 kB/s, dichas velocidades dependerán de la importancia que tendrá dentro del automotor. La distribución de las velocidades está dispuesta de tal forma que en CAN H circulan a 500 kB/s, por otro lado, en la línea de CAN L circulan a 250 kB/s. Referente a la prioridad de la comunicación dentro del CAN los que trabajaran a alta velocidad son: los controladores del motor, el ABS y airbag entre otros, están como alta prioridad ya que son los más imprescindibles en cuanto a la seguridad vial, mientras que en la línea de CAN L están como funciones de: encendido y apagado de luces, espejos laterales, audio y navegación son de prioridad menor por lo que trabajan con una baja velocidad y son menos importantes en base a la seguridad vial (Instruments, 2019).

### **2.3.1 Capa física**

Es el responsable de la transferencia de bits entre los módulos que integran la red. Así mismo es el encargado de definir aspectos como los diferentes niveles de señales, la codificación, sincronización y el tiempo que tarda la transferencia de los bits al bus. También se puede destacar la velocidad con la que transfiere los mensajes por medio de la red. Se puede mencionar que para obtener un óptimo funcionamiento es importante tener buses de corta longitud para que la velocidad de transferencia sea instantánea, en caso de que la longitud sea larga, afecta negativamente a la velocidad de comunicación debido a los retardos en la línea. Para disminuir los efectos se dota de una resistencia en el bus para garantizar mayor estabilidad.

### **2.3.2 Capa enlace**

En caso de que exista alguna colisión esta la resuelve con la supervivencia con tramas que chocan en el bus. Cabe mencionar que la trama de supervivencia es aquella que la identifica como mayor prioridad. La resolución se basa en aplicar la función lógica determinista en cada uno de los bits, resolviéndolos como prioridad del nivel determinado como bit dominante. El dominante está definido o equivalente al valor lógico cero (0), mientras que el bit recesivo corresponde al nivel lógico con el valor uno (1).

Cada transmisor tiene información constata al valor presente en el bus y se retira cuando el valor no tiene la misma similitud con el transmisor. Cuando hay similitud la comunicación continúa sin interrupciones, finalmente los mensajes más relevantes son primordiales y sobreviven (Rios, n.d.).

### 2.3.3 Tipos de comunicación

Existen dos tipos de comunicadores en CAN los cuales son:

- **Basic CAN:** Este interrumpe el microcontrolador para poder leer el mensaje del sistema CAN. Cada módulo transmite siempre y cuando se produce alguna señal importante o alguna que le interesa. Es usado especialmente en aquellos módulos que trabajan con informaciones breves y rápidas para mayor eficiencia.
- **Full CAN:** Se caracteriza por contener varios dispositivos que proporciona trabajo automático ya que recibe y transmite mensajes sin parar al microcontrolador asociado. Son empleados en módulos que están encargados del manejo de señales con un elevado nivel de exigencia en cuanto a actualización y seguridad de esta.

### 2.3.4 Tareas del protocolo CAN

- **Proveer datos:** La ECU es la encargada de proporcionar datos al controlador CAN y este realiza su transmisión.
- **Transmitir datos:** El trasmisor CAN obtiene los datos del controlador CAN, este los transforma en señales eléctricas y acto seguido los envía.
- **Recibir datos:** Todos los dispositivos que están interconectados reciben la información enviada por medio del CAN BUS, obligándolos a convertirse en receptores.
- **Revisar datos:** La ECU tiene la obligación de revisar los datos recibidos y clasificarlos si son útiles o no para su funcionamiento.
- **Adoptar datos:** La unidad de control cuenta con la capacidad de adoptar y procesar datos importantes, como a su vez puede ignorarlos.

### 2.3.5 Estructura de un protocolo de enlace de datos

En la figura 2.10 se puede apreciar un protocolo que presentan los vehículos que trabajan con el sistema CAN BUS, está compuesto por varios bits, el cual está dividido en siete partes. Cada una de ella tiene una función determinante en la transmisión de datos donde se mencionan a continuación.



### 2.3.5.6 Campo de confirmación

El receptor emite la señal al transmisor para confirmar que ha recibido correctamente los datos. En caso de que se detecte un fallo en la señal, se le informa al transmisor de forma inmediata permitiendo que se repita la transmisión nuevamente.

### 2.3.5.7 Campo de final del datagrama

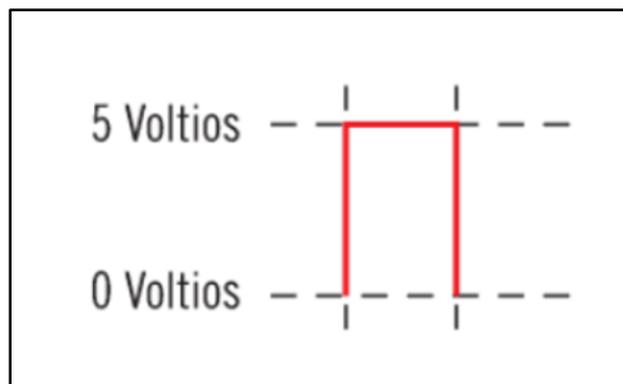
Es el punto donde se corta la transmisión. En este campo se puede dar aviso de una posible existencia de error en cuestión de información, obligando a que el transmisor repita el trabajo (López, 2005).

## 2.3.6 Funcionamiento del protocolo CAN

Como se vio con anterioridad, el protocolo CAN consta de varios bits enlazados entre sí, donde contendrán la información que se va a enviar en ese momento. Los valores con los que trabaja son de ceros y unos, se lo conoce como código binario.

### 2.3.6.1 Bit con un valor uno

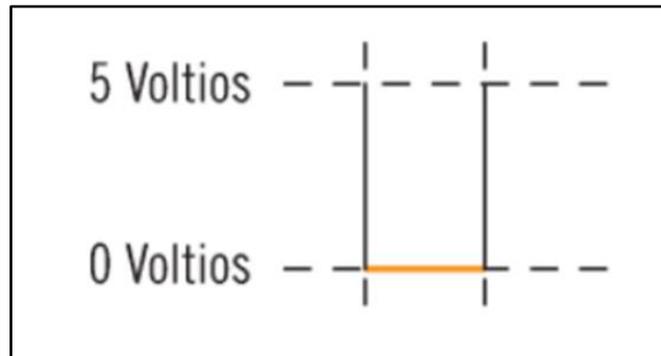
El número que se puede observar en la figura 2.11 es de uno, esto hace que el transceptor CAN este abierto. Cuando se abre esta se conecta a 5 voltios, o a su vez puede ser de 2 a 5 voltios dependiendo el área de trabajo.



**Figura 2. 11** Bit con un valor de uno.  
(López, 2005)

### 2.3.6.2 Bit con un valor cero

El número cero que se ve en la figura 2.12 hace que el transceptor CAN este de forma cerrada. Cuando se cierra realiza su conexión a masa dejando una tensión en el cable de cero voltios.



**Figura 2. 12** Bit con un valor de cero.  
(López, 2005)

### 2.3.7 Elementos principales del sistema CAN

#### 2.3.7.1 Cables

El sistema CAN es un dispositivo que cuenta con dos cables, por medio de ellos pasa la información, estos están conectados a los módulos que conforman el sistema. La información se transmite mediante la diferencia de tensiones que existe entre los dos cables, de forma que el valor alto es representado con 1 y en cambio del valor bajo es representado con el 0, teniendo como resultado el código binario de funcionamiento.

Los valores de tensión que pasa por un cable fluctúan desde 0 V y 2,25 V, por lo que se lo denomina cable L (Low) de baja tensión. En el otro cable circula una tensión que va desde 2,75 V hasta 5 V, se lo considera un cable H (High) de alta tensión.

Cuando exista alguna interrupción en la línea de alta (H) el sistema trabaja sin ninguna complicación con el cable de baja (L) y así viceversa. Esto permite que el sistema pueda seguir trabajando con un solo cable, ya sea por cables cortados o que estén a masa. Es importante mencionar que el trenzado de las líneas tiene como finalidad de anular el campo magnético por ende no se debe modificar el paso y tampoco la longitud.

#### 2.3.7.2 Terminadores

Son resistencias que están conectados a los cables de alta y baja. Son instalados con el fin de adecuar el funcionamiento del sistema sin importar las longitudes de cableado y número de unidades de control conectados, impidiendo posibles efectos parásitos que pueden desordenar el mensaje.

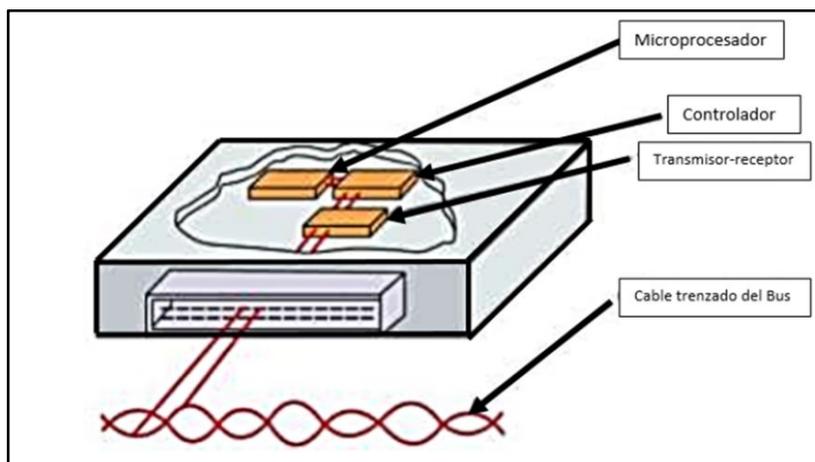
### 2.3.7.3 Controladores

Es el elemento que se encarga de realizar la comunicación entre el microprocesador de la unidad de control y el transmisor-receptor. Trabaja bajo el cargo de ordenar la información que entra y la información obtenida entre los dos componentes antes mencionados. Este elemento a su vez tiene la obligación de cubrir la necesidad de desregularizar las unidades de mando para la adecuada emisión y recepción de mensajes.

### 2.3.7.4 Transmisor-Receptor

Es el encargado de recibir, transmitir los datos obtenidos, así mismo de adaptar y preparar la información para que pueda ser utilizada por los controladores. Dicha preparación consiste en ubicar los niveles de tensión en forma propicia para el sistema, la señal obtenida la amplifica cuando la información es baja o a su vez reduciendo de acuerdo con lo que se requiere, acto seguido abastece al controlador. Se lo considera como un circuito integrado situado en cada unidad de control, su trabajo lo hace con intensidades aproximadas de 0,5 A (Rios, n.d.).

La figura 2.13 representa las partes principales e indispensables que conforman al sistema CAN BUS para su posterior funcionamiento.



**Figura 2. 13** Transmisor receptor.  
(Isadora, n.d.)

## 2.3.8 Diagnóstico de la Red CAN

### 2.3.8.1 Diagnóstico por medio de un multímetro.

Para efectuar un diagnóstico propicio en la Red multiplexada es importante mencionar que la red trabaja por medio de resistencias al final de cada cable trenzado del sistema. Dichas

resistencias pueden estar acopladas en el interior de los módulos o pueden ser resistencias físicas que se las ubica en la caja de fusibles.

Las resistencias al ser de  $120\ \Omega$  se verán afectadas en una reducción de  $60\ \Omega$ , puesto que están conectadas en paralelo y se aplica la ley de Ohm. Se puede comprobar mediante la utilización de un multímetro manteniendo el vehículo apagado, pinchando en los pines 6 correspondiente al CAN High y 14 correspondiente al CAN Low del conector OBD II, de forma instantánea se verá reflejado dicho valor en el multímetro.

En la figura 2.14 se halla la disposición de cada uno de los pines que se encuentran en el conector DLC y la ubicación de los pines correspondientes al CAN High y CAN Low que son los primordiales para verificar la resistencia propicia para el sistema CAN BUS.



**Figura 2. 14** Representación gráfica del conector OBD II  
(CAN-BUS Archivos - INGENIERÍA Y MECÁNICA AUTOMOTRIZ, n.d.)

Si se diera el caso que al instante de realizar la medición se evidenciara una resistencia de 120 ohmios, se considera que hay la posibilidad de que exista un cortocircuito en el cableado o puede verse afectado una resistencia en cualquiera de los módulos que confirman la red multiplexada.

Para definir el circuito que se encuentre en mal estado se desconecta los módulos uno a la vez para descartar el que este deteriorado, así mismo se mantiene el multímetro conectado a los pines 6 y 14 con el fin de verificar las variaciones de resistencia. Si la resistencia cae a 0 ohm se considera de forma acertada que el módulo desconectado presenta desperfecto en su funcionamiento.

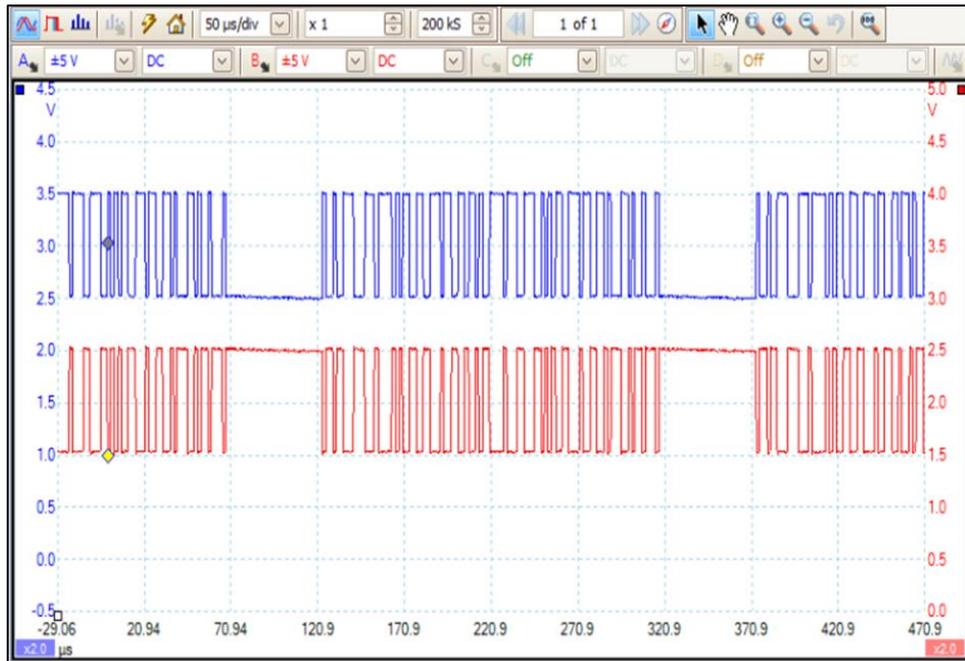
### **2.3.8.2 Diagnóstico mediante un osciloscopio.**

Para verificar el buen estado del sistema CAN BUS es necesario la utilización de un osciloscopio automotriz. Sus puntas deben estar situadas en el pin 6 que pertenece a CAN High con su respectiva masa, mientras que el otro canal se debe pinchar en el pin 14 que pertenece al CAN Low, de igual manera con su respectiva masa. En la figura 2.15 se verifica tanto los pines 5 y 14 que representa al sistema CAN y los pines 5 y 13 que son referentes a masa para su posterior conexión.

Con la ayuda del osciloscopio se puede verificar de forma oportuna que el sistema está trabajando con normalidad mediante las ondas y los voltajes de pico a pico que se evidencia en el osciloscopio, además, debe tener una sincronización de los picos tanto en CAN High y CAN Low respetando los bits y voltajes en ambas líneas.

Los voltajes que presenta el osciloscopio deben estar referenciados en un rango con relación a las líneas de alta o baja del sistema CAN. Tomando como referencia a la línea CAN Low el voltaje ronda de 1 a 2 voltios, mientras que en la línea CAN High el voltaje de funcionamiento varia de 2,5 a 3,5 voltios como se puede apreciar en la figura 2.15.

Considerando las curvas que proporciona el osciloscopio para el diagnóstico, se pone énfasis en la forma de oscilación del CAN High y CAN Low. En la figura 2.15 se puede ver que tanto la línea azul como la línea roja correspondientemente a High y Low son idénticas, con la diferencia que se encuentran en sentido contrario, se las puede considerar como señales espejo ya que presentan los mismo altos y bajos, pero en direcciones opuestas aseverando que el sistema trabaja sin ninguna anomalía en sus resistencias o cableado.



**Figura 2. 15** Ondas referenciales de funcionamiento  
(Maria & Llanos, 2017b)

Las ondas de funcionamiento son la mejor garantía para poder diagnosticar el estado de un sistema CAN BUS, por ello es de suma importancia la utilización tanto de un osciloscopio como de un escáner. El escáner otorga el código de falla y las características que presenta, mientras que el osciloscopio verifica el estado del sistema por medio de curvas de funcionamiento en tiempo real. Las principales fallas que se exhibe en el sistema CAN BUS son las siguiente (Henkel Iberica, 2020).

- CAN High o CAN Low interrumpido
- CAN High o CAN Low cortocircuito a batería
- CAN High o CAN Low en cortocircuito a masa
- CAN Low en cortocircuito con el cable CAN High

## 2.4 Sistema de frenado antibloqueo (ABS)

### 2.4.1 Funcionamiento

Este sistema brinda un mayor agarre a la superficie como se ve en la figura 2.16 se observa dos vehículos, en el de lado derecho el vehículo cuenta con sistema ABS permitiendo esquivar el obstáculo, mientras que en el lado izquierdo se muestra un vehículo sin este

sistema con lo cual no puede esquivar el obstáculo chocando directamente con el obstáculo de frente.



**Figura 2. 16** Función sistema ABS.  
(Fidalgo, 2012)

- Permite una mejor maniobrabilidad del vehículo en un frenado de emergencia.
- Reduce un porcentaje significativo de tener un accidente vehicular.

#### **2.4.2 Principio de operación**

Su funcionamiento se basa en evitar que las ruedas se bloqueen cuando se realiza un frenado brusco por parte del conductor, así mismo evitar que el vehículo no patine y por ende no pierda direccionalidad. El sistema ABS trabaja en conjunto con el sensor ABS, cada uno de ellos están situado en las manguetas del vehículo con el fin de calcular la velocidad del mismo, esto lo hace mediante un algoritmo matemático. Estas velocidades se cotejan frecuentemente entre sí, con el fin de comparar y verificar que los valores de velocidad son idénticos en las cuatro ruedas. Puede darse el caso de que alguna rueda disminuya rápidamente la velocidad de giro, por lo que la computadora lo tomara como un bloqueo inadecuado reduciendo de forma inmediata la presión que se da en el sistema ABS evitando así bloqueos de ruedas inapropiadas (Area Tecnológica, 2019).

Uno de los puntos más importante del sistema es que actúa automáticamente sin que el conductor tenga que disminuir paulatinamente la presión que se ejerce en el pedal del freno, dicha operación la realizan de 15 a 18 veces por segundo, aunque el pedal se mantenga presionado a fondo. Es importante mencionar que la unidad de control de freno realiza las siguientes actividades las cuales son:

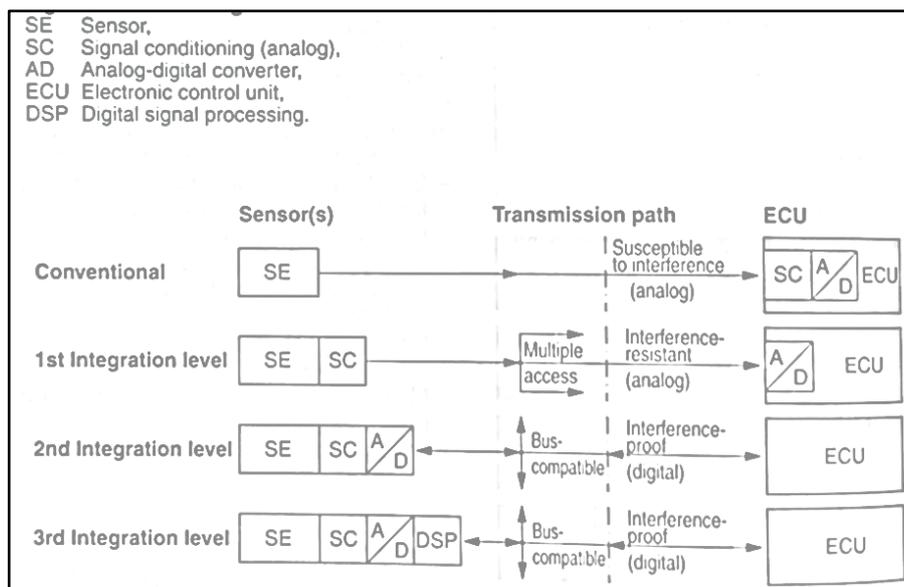
- Filtra señales enviadas por el sensor
- Mide velocidades entre ruedas
- Calcula el índice de resbalamiento
- Calcula relación de aceleración y desaceleración
- Incluye memoria de fallas

### 2.4.3 Nivel de integración sensor ABS

Los niveles de integración que tiene los sensores van desde, sensores integrados híbridos y monolíticas y circuitos de procesamiento de señal electrónica en el punto de medición, pasando así por circuitos digitales complejos, como convertidores analógico-digitales y microprocesadores para así tener una precisión de los datos censados, gracias a estos sistemas tenemos varios beneficios y opciones (Bosch Robert, 2002).

- Reducción de la carga de la ECU
- Uso de equipos de medición de alta frecuencia.
- La corrección de las desviaciones del sensor en el punto de medición.

Como se puede observar en la figura 2.17 podemos aseverar que el sensor ABS puede tener 4 niveles diferentes de integración, pero para el estudio de este trabajo debemos saber que la integración que tiene este tipo de sensor es de 2do nivel de integración



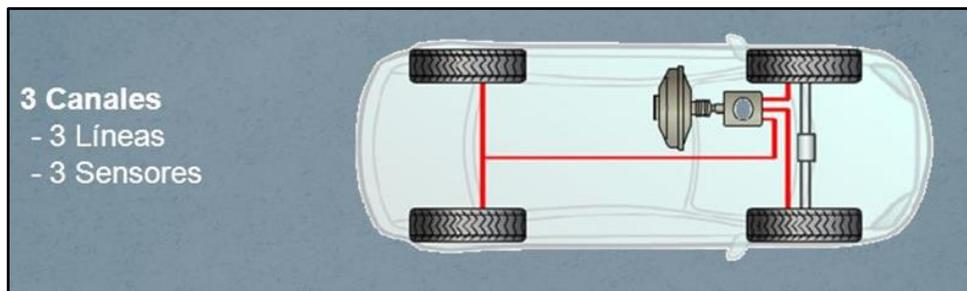
**Figura 2. 17** Niveles de integración de sensores automotrices (Bosch Robert, 2002)

## 2.4.4 Tipos de ABS

El sistema ABS al paso de los años ha ido evolucionando, por ello dentro del campo automotriz presenta diferentes sistemas de ABS, se distinguen por el tipo de esquema con referencia a los canales que utilizan, y por la disposición de sensores, a continuación, se menciona los tipos más usados, los cuales son:

### 2.4.4.1 Sistema ABS con tres canales

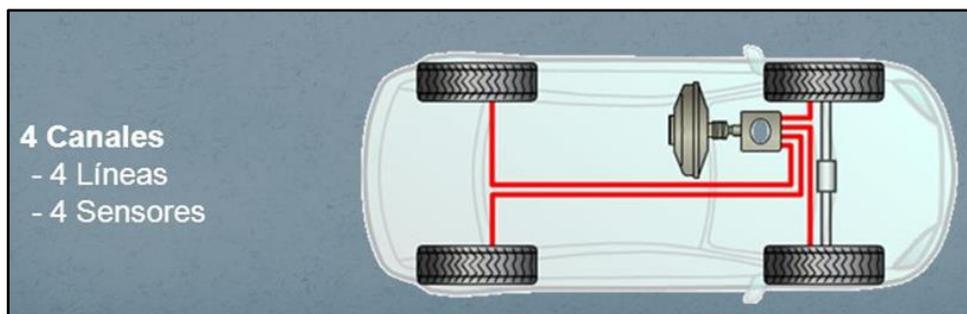
La figura 2.18 muestra el sistema antibloqueo de tres canales, este sistema se caracteriza debido a que las dos ruedas delanteras son controladas individualmente, mientras que las ruedas posteriores operan simultáneamente. Con respecto a los sensores, en la parte delantera van dos sensores en cada una de las ruedas, mientras que en la parte posterior va solo un sensor.



**Figura 2. 18** Sistema antibloqueo de 3 canales.  
(Salas, n.d.)

### 2.4.4.2 Sistema antibloqueo de cuatro canales

La figura 2.19 indica un sistema que predomina entre los vehículos en la actualidad, cada una de las ruedas cuenta con su propio canal de fluido, así mismo tiene un sensor para cada una de las ruedas, siendo el sistema más completo, seguro y con alta fiabilidad del ABS.



**Figura 2. 19** Antibloqueo de 4 canales.  
(Cardenas, 2022)

## **2.4.5 Componentes**

### **2.4.5.1 Sensor ABS**

Tiene como objetivo principal de medir la velocidad que cruza en cada una de las ruedas, acto seguido dicha información es enviada a la HCU para su posterior análisis. Cabe recalcar que el sensor trabaja mediante un generador de impulsos, más conocido como rueda fónica, esta gira frente al sensor separado por 2 a 3 milímetros con el fin de lograr una señal correcta, la distancia entrehierro dependerá del modelo y marca del vehículo.

El sensor magneto resistivo se basa en la aleación de materiales ferrosos como: hierro, níquel, aluminio, cobre y oro. Gracias a estos materiales es muy insensible por lo que la posición del sensor no se verá afectado en su lectura y la emisión de información de forma confiable. La ubicación de este debe estar encima de la rueda polar, con el se puede identificar la velocidad y el sentido de rotación de la rueda.

### **2.4.5.2 Unidad de control hidráulico (HCU)**

La unidad de control es el encargado de controlar o modificar la presión del líquido que va directamente a los cilindros de los frenos. Además, controla 3 estados con relación a la presión para poder realizar la regulación de freno, los estados son: disminuir presión, mantener y aumentar la presión. Mediante la bomba hidráulica genera una presión apropiada en la sección de admisión de la bomba de retorno del ABS para asegurar el llenado de líquido en su totalidad. Cabe mencionar que la señales que proporciona el sensor ABS van directamente al HCU, este se encarga de interpretar las señales y actúa dependiendo el mensaje que recibe (Semestre & José Fernando Robles Márquez, n.d.).

### **2.4.5.3 Grupo hidráulico**

La unidad hidráulica es parte del sistema ABS y la encargada de distribuir el líquido de frenos hacia las diferentes canales y posteriormente hacia los cilindros de freno. Dentro del grupo hidráulico presenta elementos importantes los cuales son:

- Cuanta con 8 electroválvulas, 4 son de admisión 4 de escape
- Motor-bomba.
- Acumulador de flujo en baja presión.
- Cableado.
- Válvula reguladora de presión

Su funcionamiento principal es evitar que las cargas en los cilindros de frenos se disminuyan con facilidad manteniendo la presión en el circuito, de igual forma esta reparte la fuerza para evitar bloqueos inapropiados, por lo general este tipo de bloqueos son más frecuentes en calzadas resbaladizas o caminos con presencia de hielo o nieve (ITA, 2020).

## **2.4.6 Diagnóstico del sistema ABS**

### **2.4.6.1 Fallos mecánicos**

Los fallos mecánicos son los más comunes dentro del automóvil, estos pueden darse por cualquier condición ya sea por causas externas o internas perjudicando en el rendimiento del sistema antibloqueo (ABS).

- **Impurezas en rueda fónica**

Este tipo de fallo mecánico da lugar cuando los dientes que conforman la rueda fónica están llenos de suciedad, la misma que puede ser por barro provocado por el polvo o lodo y el hollín que provienen de las pastillas al instante de accionar el freno, esto repercute en que no exista una correcta lectura del sensor y que el flujo magnético se deberá afectado siendo impreciso los valores de velocidad que envía a la computadora trayendo consigo fallas en el sistema y por ende, presentará DTC, no obstante esto se desata en un antibloqueo de frenos.

- **Suciedad en sensor ABS**

De igual manera en el sensor ABS otorga fallas cuando existe presencia de impurezas, por lo cual desata en un mal funcionamiento del sistema llevando a una mala entrega de datos hacia la HCU y proporcionando códigos de error, así mismo esto conlleva en un antibloqueo del freno ocasionando a una colisión. El pésimo estado del sensor puede verse en la figura 2.20 en la que se observa claramente que el sensor presenta suciedad.



**Figura 2. 20** Impurezas en el sensor ABS

- **Rotura de piñón en la rueda fónica**

Este problema puede suceder por consecuencia de un golpe o mala manipulación al momento de hacer un mantenimiento preventivo como se observa en la figura 2.21 podemos apreciar la rotura y segmentación de la rueda fónica, esto ocasiona una señal errónea y por ende provoca una mala lectura del sensor ABS, así mismo una mala interpretación por parte de la ECU dando como resultado códigos de error.



**Figura 2. 21** Rotura Rueda Fónica homocinética

#### **2.4.6.2 Fallos eléctricos**

- **Rotura del cableado del sensor**

En este tipo de fallos como se muestra en la figura 2.22 se aprecia la rotura de los cables que conectan al sensor ABS, este tipo de acciones se deben a que el cable sufre alguna tensión, como a su vez se fatiga por fricción y en ocasiones sufre cortos por el sobrecalentamiento por el motor encendido. También conlleva a que presente fallos por una mala manipulación de los mismos al realizar un mantenimiento preventivo, ocasionando una avería y mal funcionamiento del sensor ABS. Esto repercute en que la información no llegue a su destino por el simple hecho que está trabajando con un solo cable, además la HCU entenderá que el sistema ABS presenta anomalías presentando códigos de error.



**Figura 2. 22** Rotura de cableado sensor ABS por fatiga.

Es importante destacar los valores tanto de ohmios como voltajes que presenta cuando el sensor ABS o el cableado está operando con normalidad, por ello se mencionan los estados y los valores referenciales en la tabla 2.1, esto se obtiene por medio de la utilización de un multímetro automotriz.

**Tabla 2. 1** Valores referenciales del sensor ABS

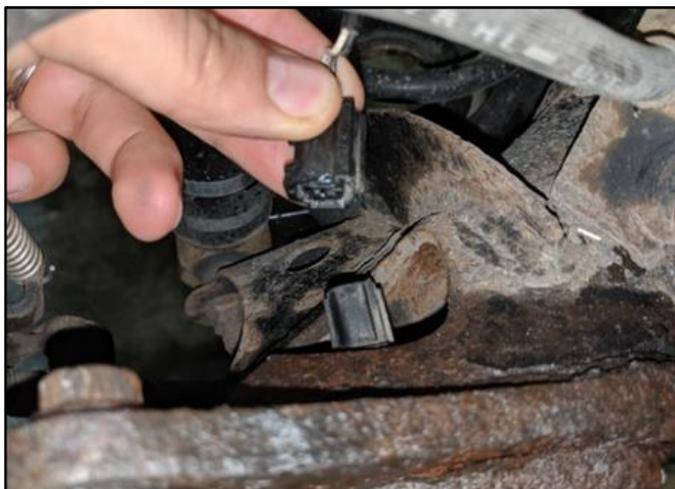
<b>Condiciones</b>	<b>Valores referenciales</b>
Alimentación	11. 40 a 12 V
Comunicación	Dependerá de la velocidad de la rueda el valor será en V
Corto a positivo	0 V
Corto a negativo	Mayores 10,000 $\Omega$
Circuito abierto	Menor a 5 $\Omega$

Si los valores puestos en la tabla anteriormente mencionado no concuerdan con los valores obtenidos al instante de realizar un diagnóstico, existe la posibilidad de que existan fallos tanto en el sensor como en el cableado, para ello se necesita un análisis más profundo o a su vez el cambio del elemento con falla.

- **Daños en socket de conexión**

Como se muestra en la figura 2.23 los daños provocados en el soquete del sensor ABS se pueden dar por una mala manipulación de estos al realizar un mantenimiento preventivo, provocando que el soquete no se empalme de manera adecuada con sus respectivos cables otorgando una mala lectura de datos por la unidad de mando, ocasionando que la señal que envía el ABS no sea entregada al HCU o a su vez la señal sea intermitente dificultando la

lectura de la señal. El problema finaliza con una advertencia por la luz testigo de la deficiencia del sistema ABS.

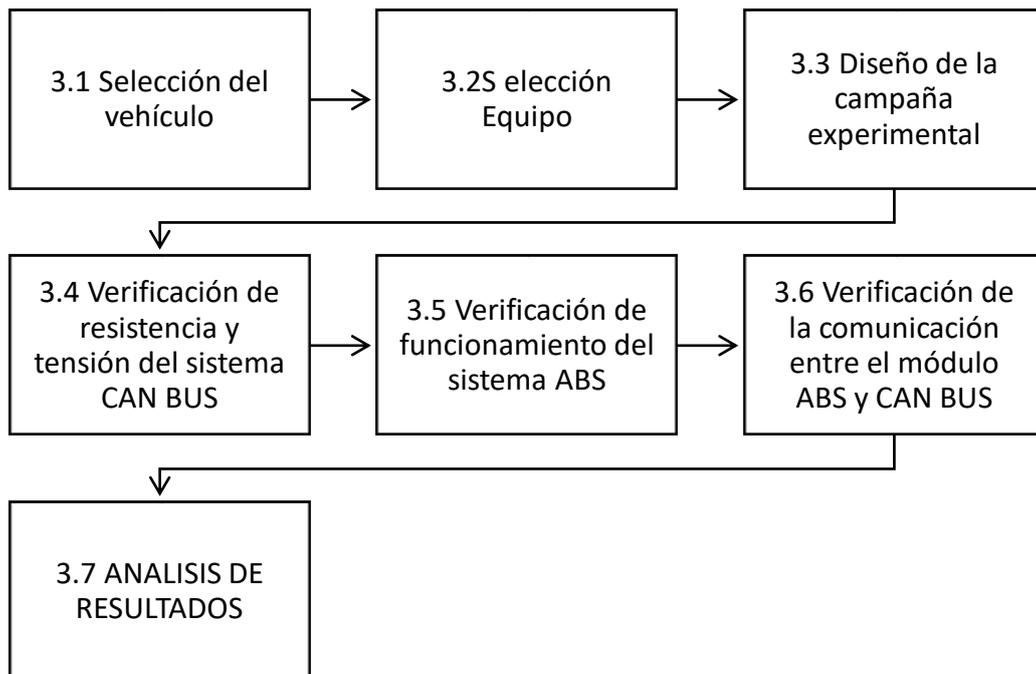


**Figura 2. 23** Socket del ABS en mal estado

## CAPITULO III

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente capítulo se desarrolla la metodología empleada para cumplir a cabo los objetivos planteados. La planificación se ordenó de manera metodológica con el fin de que puedan ser visibles y replicables para su comprobación.



**Figura 3. 1** Marco metodológico para el desarrollo del estudio de la red CAN BUS

#### 3.1 Selección del vehículo

Después de haber realizado el estudio pertinente de los vehículos que poseen el sistema CAN BUS en nuestro entorno se optó por la utilización de un vehículo de la marca Volkswagen puesto que es un vehículo de gama media que en la ciudad de Ibarra se ve con frecuencia. Por otra parte, la Universidad Técnica del Norte posee en sus talleres un vehículo de estas similitudes, la cual es una camioneta Amarak y se tuvo la disposición de utilizar este vehículo para el estudio pertinente, ya que posee el sistema el cual será evaluado, con el fin de comprobar el perfecto estado del CAN BUS y el módulo ABS.

**Tabla 3. 1** Características Volkswagen Amarok



<b>Características</b>	
<b>VIN</b>	WV1ZZZ2HZZB8013212
<b>Modelo</b>	Amarok
<b>Año de fabricación</b>	2010
<b>Cilindrada</b>	1 968 cm <sup>3</sup>
<b>Canales de control de freno</b>	4 canales con 4 sensores
<b>Tipo de sensor</b>	Magneto resistivo
<b>Módulos CAN BUS</b>	8 módulos

### 3.2 Selección del Equipo

El equipo que se utiliza en la elaboración del proyecto fue seleccionado en base a un estudio realizado por la Universidad Técnica del Norte, llegando a la conclusión que el equipo de la marca BOSCH FSA 740 es el indicado para realizar dichas pruebas. Posee diversas opciones para comprobar el funcionamiento de la red CAN BUS en el automóvil. Dicho equipo tiene la capacidad de analizar o verificar el correcto funcionamiento del módulo a estudiar y la red multiplexada sin necesidad de desconectar o utilizar equipos adicionales para su chequeo,

además, es un equipo que cuenta con una alta tecnología el cual facilitó el estudio y la recopilación de datos de funcionamiento.

**Tabla 3. 2** Equipos empleados.

		
<b>Cantidad</b>	<b>Nombre</b>	<b>Descripción</b>
1	BOSCH FSA 740	Osciloscopio de dos canales, con oscilación de señal de 1Hz a 1KHz, rango de medición de voltaje de 0 a 60v
1	Multímetro BOSCH	Este multímetro consta con medidor de resistencia, voltaje alterno como continuo, medidor de intensidad y frecuencia.
1	Adaptador del conector OBD II	Este elemento es más fácil realizar las pruebas pertinentes ya que este permite conectar un multímetro o un osciloscopio de forma más versátil y práctica.
1	FSA 720	Nos permite realizar pruebas de escaneo con una tasa de refresco de 50m/s con medidor de voltaje, resistencia y amperaje.
1	KTS 560	Viene equipado con multímetro de 1 canal con un voltaje de funcionamiento de 8 a 28 V.
1	Osciloscopio OTC 3840F	Este osciloscopio posee dos canales de frecuencia con un ancho de banda que puede medir hasta 20MHz
1	MICROCHIP CAN BUS Analyzer	Utiliza una interfaz con programa de computadora con conexión directa con el OBDII el cual tiene acceso al CAN H - CAN L – CAN Tx – CAN Rx

### 3.3 Campaña Experimental

Las diferentes pruebas de campo fueron realizadas en 12 días entre Noviembre 2022 y Enero 2023, divididas en; 3 días para la obtención de presión con un manómetro de 350 bar de tolerancia, 5 días para la obtención del funcionamiento del sensor ABS como su alimentación y curvas características de funcionamiento en diferentes condiciones, con respecto al CAN BUS se realizó en 4 días con la finalidad de obtener resistencia, voltaje y curvas de funcionamiento tanto para CAN High y CAN Low dentro de la Universidad Técnica del Norte, debido a que el vehículo empleado para dichas pruebas pertenece a la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz. La metodología para la ejecución de las diferentes pruebas fue pensadas y elaboradas con la finalidad de presenciar valores y curvas de funcionamiento en tiempo real, como también cambios de operación y posibles fallos del sistema ABS. Cabe mencionar que así mismo se implementó un proceso para evidenciar el aumento de presión dentro del circuito de frenos cuando se acciona el pedal, para posteriormente relacionar con los resultados obtenidos.

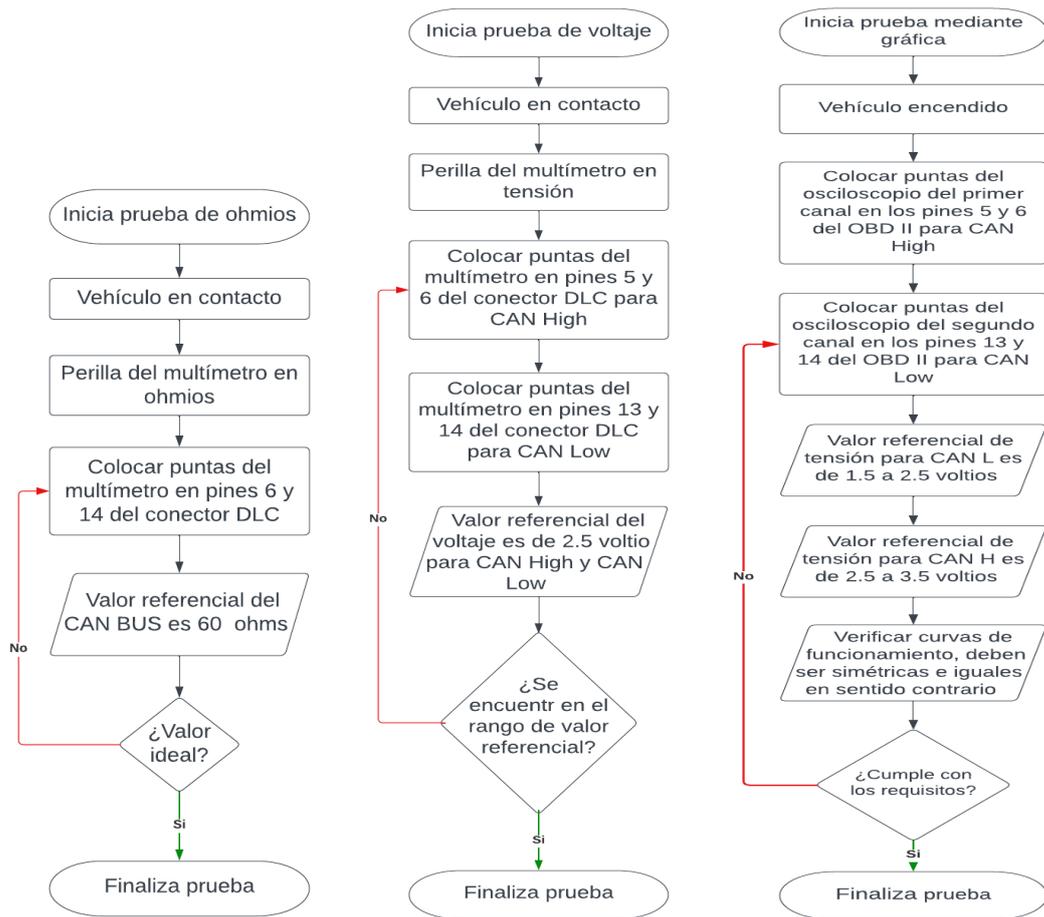
De igual manera se empleó un procedimiento diferente para verificar el buen estado de sistema CAN BUS mediante la obtención de voltajes y resistencias, así mismo su gráficas y niveles de tensión dentro de la misma. También se comprobó la comunicación entre sistema ASB y de la red multiplexada mediante la utilización de un equipo llamado CAN BUS Analyzer finalizando y cumpliendo con los objetivos propuestos.

Hay que tomar en cuenta que en los días que se realizan las pruebas se toma 5 muestras de cada uno de los valores con lo cual se desarrolla un método denominado desviación estándar el mismo que permite tener una tolerancia al momento de realizar las mediciones tomando

en cuenta la siguiente formula  $\beta = \sqrt{\frac{\sum(X_i - x)^2}{N}}$ .

### 3.4 Verificación de resistencia, tensión y gráfica del sistema CAN BUS

En la figura 3.2 se detallan los diferentes pasos a realizar para verificar el voltaje, ohmios y ondas de funcionamiento de la red multiplexada, dichos pasos son esenciales para la obtención de los diferentes valores para posteriormente realizar un análisis con lo obtenido en dichas pruebas.

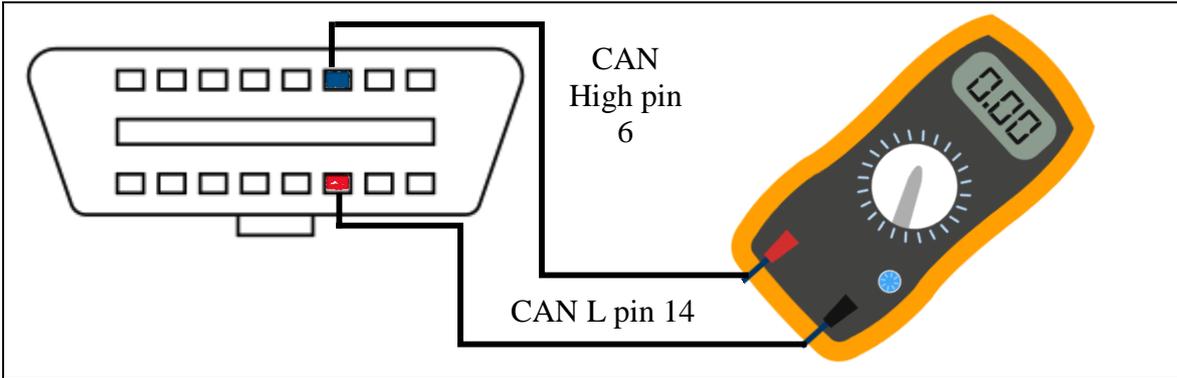


**Figura 3. 2** Flujograma proceso de verificación CAN BUS

Para verificar el correcto funcionamiento de la red CAN BUS se debe seguir una serie de pasos los cuales se detallan en la figura 3.2, estos pasos hacen referencia a la obtención de ohmios siendo la primera prueba de diagnóstico.

**3.4.1 Pasos para verificar la funcionalidad del sistema CAN BUS mediante el ohmiaje.**

**Tabla 3. 3** Verificación funcionalidad sistema CAN BUS



Tipo	Resistencia	Alimentación	Tipo de onda
Conector OBDII	60 $\Omega$ máximo 120 $\Omega \pm 5 \Omega$	12 $\pm$ 0.4 V	Cuadrada

Es de mucha ayuda la utilización de un multímetro automotriz, este cuenta con rangos de medición más elevados en comparación con un convencional.

**Paso 1:** Es necesario poner el vehículo en contacto para que el módulo se active y envíe información.

**Paso 2:** La perilla del multímetro debe estar colocado en la opción de ohmios ( $\Omega$ ).

**Paso 3:** La conexión del multímetro se lo hace en el conector DLC o más conocido como OBD II, el cable rojo debe estar unido al pin número 6 que es la línea CAN High, mientras que el cable negro se lo conecta al pin 14 referente a la línea CAN Low.

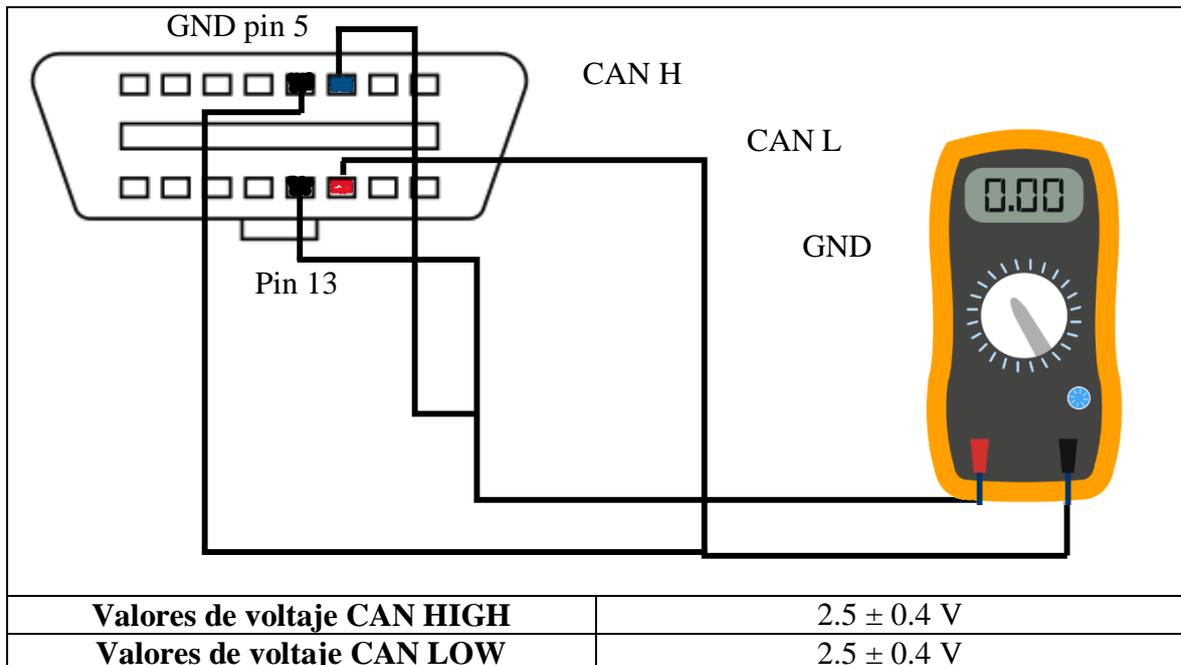
**Paso 4:** La estimación que debe reflejar en el multímetro debe estar entre los 60  $\Omega$  siendo un valor referencial, en caso de que el valor sea superado o a su vez llegue a 120  $\Omega$ , se considera que el sistema CAN BUS presenta daños, esto puede deberse por un cortocircuito en

cualquiera de las dos líneas, un circuito abierto, o una resistencia terminal defectuoso. Las resistencias se encuentran integrado a cada uno de los módulos, como también de forma físicamente en la caja de fusibles.

Otra forma de interpretar el buen estado del sistema es mediante la obtención de voltaje que cuenta cada una de las líneas como CAN High y CAN Low los cuales se detallan a continuación.

### 3.4.2 Pasos para verificar la funcionalidad del sistema CAN BUS mediante su tensión de trabajo.

**Tabla 3. 4** Verificación funcionalidad CAN BUS tensión de trabajo



Para esta prueba se debe utilizar un multímetro automotriz el cual cuenta con diferentes opciones comparando con a un multímetro universal.

**Paso 1:** Poner el vehículo en contacto para que el sistema comience a trabajar.

**Paso 2:** La perilla del multímetro debe estar colocado en la opción de voltios.

**Paso 3:** La conexión del multímetro se lo hace en el conector OBD II, para la obtención de tensión de la línea CAN High el cable rojo debe estar unido al pin número 6, el cable negro debe hacerse la conexión en el pin 5 o 14 que son referentes a masa. El valor que debe reflejar debe ser cercanos o 2.5 voltios.

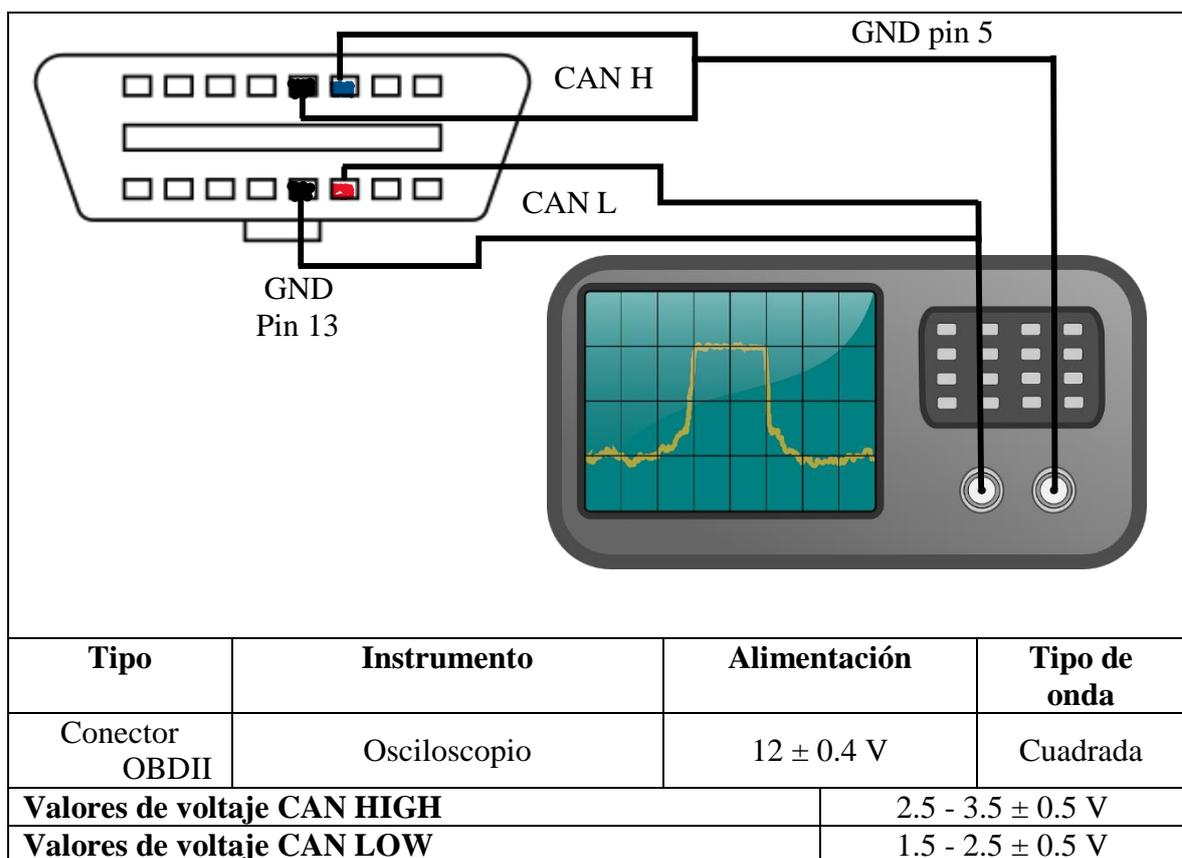
**Paso 4:** La tensión de la línea CAN Low se la obtiene mediante el pin 13, el cable rojo del multímetro debe estar conectado a dicho pin, mientras que el cable negro debe estar conectado en el pin 5 o 14 que son líneas de masa, de igual manera el valor que debe entregar es de 2.5 voltios o cercano a el valor mencionado.

**Paso 5:** Una vez obtenido los dos valores de tensión tanto de la línea CAN High y CAN Low se realiza una suma de los datos obtenidos por las dos líneas, la suma debe estar aproximado a 5 o a su vez puede darse 5 voltios comprobando así la efectividad del sistema. En caso de no presentar el voltaje mencionado se sobrepone que existe fallos en el sistema ya sea por un corto a masa, circuitos abiertos entre otros.

Una de las formas más confiables y eficaz al momento de verificar el correcto funcionamiento en cuanto a la red, es mediante la utilización de un osciloscopio, en este caso de utilizó el KTS 560 de marca Bosch.

### 3.4.3 Pasos para verificar la funcionalidad del sistema CAN BUS mediante su gráfica.

**Tabla 3. 5** Verificación funcionalidad CAN BUS mediante su grafica



Para realizar esta medición es necesario la utilización de un osciloscopio. con la finalidad de obtener las curvas de funcionamiento y verificar algún desperfecto o a su vez comprobar la correcta operación del sistema multiplexado.

**Paso 1:** Poner el automotor en contacto con la finalidad de que el sistema comience a trabajar.

**Paso 2:** Cabe mencionar que el osciloscopio cuenta con dos canales para visualizar las curvas de funcionamiento del sistema CAN BUS. Cada una posee una pinza positiva y negativa las cuales deben ir conectadas de la siguiente manera; para visualizar la onda de funcionamiento del CAN High mediante la utilización del canal 1 del osciloscopio, el cable rojo que es positivo va al pin 6 que es señal, mientras que el cable negro se conecta en el pin 5 que es masa.

**Paso 3:** En cambio para CAN Low el cable positivo del canal 2 del osciloscopio debe estar colocado en el pin 14 que es señal del sistema multiplexado, en cuanto al cable negro va colocado en el pin 13 que de igual manera es conexión a tierra.

**Paso 4:** De forma inmediata las curvas de funcionamiento y tensiones se aprecia en el equipo. Los valores de tensión que presenta la línea CAN Low deben estar de 1.5 a 2.5 voltios, mientras que en CAN High los valores deben ser superiores, por lo que su voltaje nominal es de 2.5 a 3.5V.

**Paso 5:** Se toma en consideración el valor pico a pico que debe ser de 2V, siendo un valor referencial.

**Paso 6:** Las dos líneas deben ser idénticas, pero en sentido contrario, se las relaciona como señales espejo, confirmando el correcto estado del sistema, confirmando la operatividad idónea para el sistema y su buen estado.

### **3.5 Verificación de funcionamiento del sistema ABS**

En la figura 3.3 se detallan los pasos a seguir para verificar el sistema de frenos ABS. La primera prueba se basa en la funcionabilidad del sensor ABS, así mismo el buen estado de la válvula de presión de freno, como también la presión total del circuito de frenos, esto como finalidad de analizar los valores conseguidos con las diferentes pruebas.

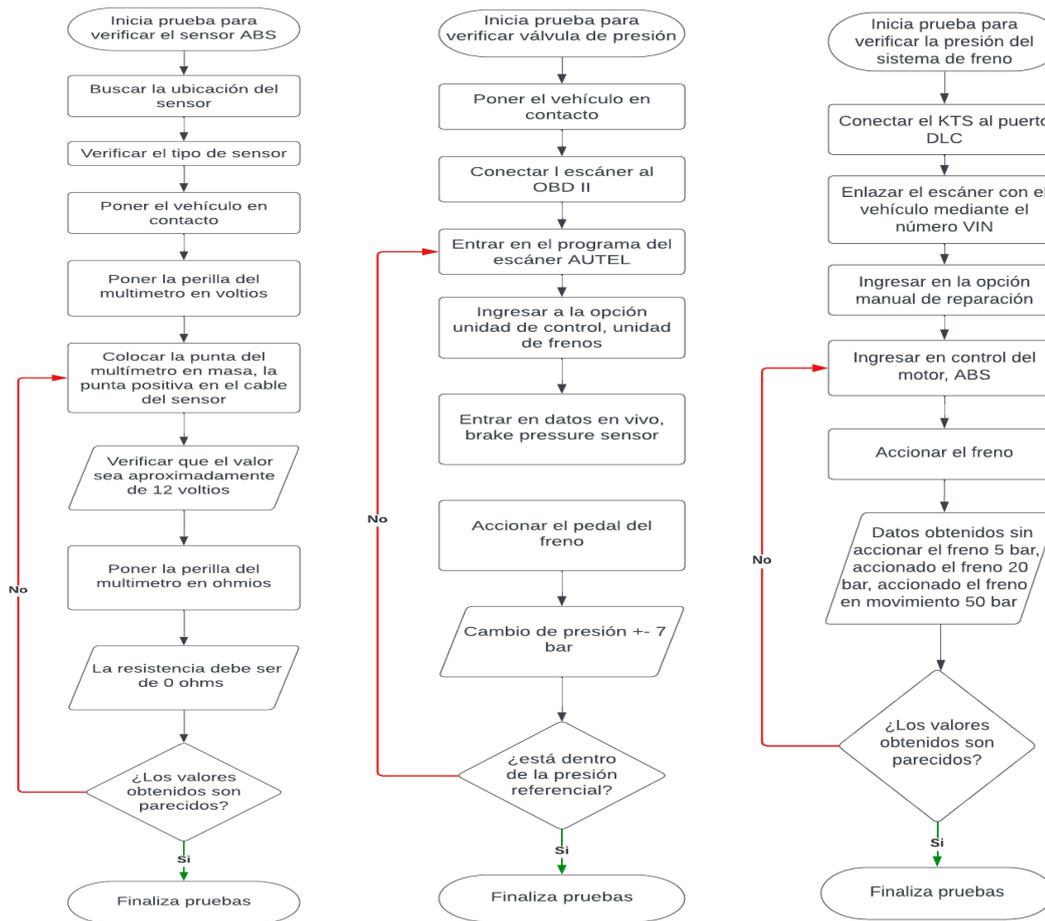


Figura 3. 3 Flujograma proceso de verificación sistema ABS

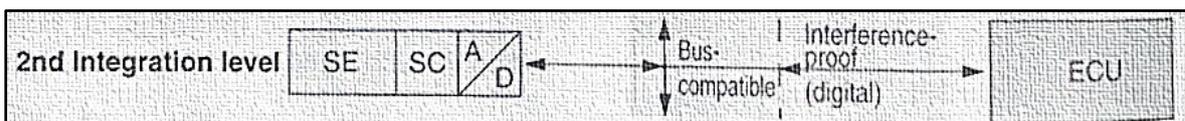
### 3.5.1 Pasos para verificar el estado del sensor ABS

Tabla 3. 6 Verificación sensor ABS

<p>CAPTADOR MAGNETICO LUZ (CLARO) RUEDA DENTADA</p>			
<b>Tipo de sensor</b>	<b>V operación</b>	<b>Alimentación</b>	<b>Tipo de onda</b>
Sensor ABS activo	$0.5 - 1 \pm 0.3 \text{ V}$	$12 \pm 0.4 \text{ V}$	Digital

Antes de realizar las pruebas correspondientes al módulo ABS debemos tomar en consideración el nivel de integración que tiene el sensor como se muestra en la figura 3.4, cabe recalcar que es un sensor magneto resistivo y genera una señal digital, podemos aseverar que el nivel de integración es de segundo nivel ya que cuenta con:

- Sensor (SE)
- Señal condicionante (SC)
- Convertidor análogo digital (AD)



**Figura 3. 4** Sensor ABS magneto resistivo con 2do nivel de integración (Bosch Robert, 2002)

Con respecto a la metodología para verificar el buen estado del sensor se realiza con un multímetro automotriz siendo la herramienta principal para el diagnóstico.

**Paso 1:** En primera instancia buscar el sensor ABS, por lo general está ubicado en la mangueta cerca de cada una de las ruedas.

**Paso 2:** Verificar que tipo de sensor es, ya sea pasivo o activo.

**Paso 3:** Poner el vehículo en contacto.

**Paso 4:** La primera prueba se basa en la medición de voltaje que se entrega al sensor, para ello se debe desconectar el socket por el cual se comunica el sensor y la ECU, una vez que el socket está libre la perrilla del equipo debe estar en la opción de voltios.

**Paso 5:** El cable negro del multímetro se lo conecta a masa, ya sea en el polo negativo de la batería o en alguna parte del vehículo que haga masa, mientras que el cable positivo se debe pinchar en cualquiera de los dos pines del socket, con la finalidad de que se refleje un valor de 12 Voltios, si no existe ningún valor se deduce que hay un corto en el cable positivo.

**Paso 6:** La segunda prueba se basa en medir la resistencia del sensor para ello la perilla del multímetro debe estar en la opción de ohmios, en este caso es un sensor magneto resistivo por ende el valor de resistencia debe ser cero. Para su respectiva medición el cable positivo y negativo deben estar ubicados en los pines del sensor, en caso de que presente ohmios en su medición se deduce de forma inmediata que el sensor está defectuoso por lo cual debe ser sustituido.

### 3.5.2 Pasos para verificar el funcionamiento de la válvula de presión del freno.

**Tabla 3. 7** Verificación presión válvula HCU



Tipo de conector	Alimentación	Valor referencial
OBD II	12 ± 0.4 V	5 a 8 bar

Para obtener la presión es necesario la utilización de un escáner que permita medir la presión del fluido de frenos mediante su electrónica, para ello se utiliza un escáner de la marca AUTEL, debido a que es un equipo versátil y permite realizar la prueba.

**Paso 1:** En primera instancia poner en contacto el vehículo

**Paso 2:** Posteriormente conectar el escáner al puerto OBD II.

**Paso 3:** Entrar en el programa del escáner con el que trabaja, en el caso del AUTEL es MaxiSys.

**Paso 4:** Ingresar en la opción de diagnóstico, es importante ingresar la numeración del VIN para identificar el vehículo con mayor facilidad.

**Paso 5:** Entrar en la opción de unidad de control.

**Paso 6:** Introducirse en la opción de electrónica de frenos.

**Paso 7:** Encender el vehículo para obtener valores en vivo.

**Paso 8:** Introducirse en la ventana de datos en vivo.

**Paso 9:** Seleccionar la opción que mencione brake pressure sensor.

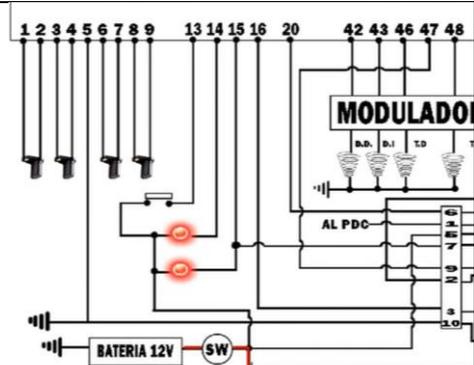
**Paso 10:** Realizar una conducción a velocidad moderada.

**Paso 11:** Realizar el proceso de frenado.

**Paso 12:** Verificar el cambio de presión en el escáner, dicho valor debe tener una variación de 5 a 8 bar, de esta manera se puede verificar el buen estado de la unidad de presión hidráulica.

### 3.5.3 Pasos para evidenciar la presión existente en el cilindro primario del sistema de freno.

**Tabla 3. 8** Verificación presión de frenado

					
				<b>Tipo de Hidro grupo</b>	<b>V operación</b>
BRAKE PUMP ACTUADOR OEM 47210- 42150		12 ± 0.4 V	12 ± 0.4 V	Cuadrada	
<b>Condiciones Ideales</b>				<b>MPa</b>	<b>Bar</b>
Sin accionar el pedal de freno vehículo estático				0.5	5
Accionando pedal de freno vehículo estático				2	20
Accionando pedal de freno vehículo en movimiento				5	50

Para obtener la presión estimada del sistema cuando se acciona el pedal del freno es necesario la utilización del KTS que es parte del FSA 740, por lo cual es un equipo importante para el estudio del ABS.

**Paso 1:** Poner el vehículo en contacto.

**Paso 2:** Conectar el escáner KTS al puerto OBD II

**Paso 3:** Entrar en la aplicación ESI[tronic

**Paso 4:** Enlazar el escáner con el vehículo por medio de la numeración VIN o número de chasis.

**Paso 5:** Ingresar en la opción manual de reparación.

**Paso 6:** Seleccionar control del motor.

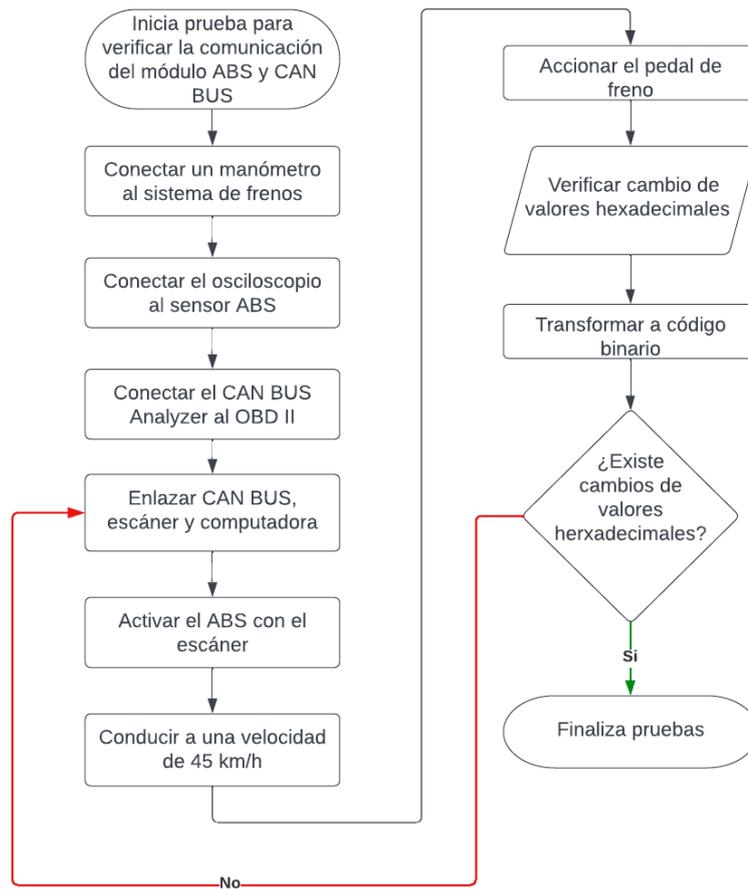
**Paso 7:** Entrar en la opción sistema ABS.

**Paso 8:** Ingresar en la opción presión de frenado.

**Paso 9:** Los valores referenciales de presión del frenado cuando está estático es de 5 bar, si el vehículo está sin movimiento y accionado el freno es de 20 bar, si está en movimiento y se realiza una frenada brusca, dicho valor debe rondar por los 50 bar, cabe mencionar que la presión debe mantenerse cuando este accionado el pedal, si existe una disminución hay la posibilidad que exista fugas de líquido de freno

### **3.6 Verificación de la comunicación entre el módulo ABS y CAN BUS**

En la figura 3.4 se detalla los diferentes pasos para confirmar la correcta comunicación entre el sistema ABS y el CAN BUS mediante la aplicación de un equipo llamado CAN BUS Analyzer, posterior analizar los valores que otorga el equipo



**Figura 3. 5** Flujograma progreso de verificación del sistema ABS y CAN BUS

### 3.6.1 Pasos para verificar la comunicación del módulo ABS y el sistema CAN BUS.

Para realizar la prueba es necesario tomar en consideración diferentes parámetros y condiciones en las que el vehículo estará, en la tabla 3.8 se aprecia con detalle lo mencionando anteriormente.

**Tabla 3. 9** Parámetros y condiciones de prueba.

Parámetro	Condición del vehículo
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Velocidad de giro de la rueda.</li> <li>• Presión hidráulica sistema de frenos (bar).</li> <li>• Velocidad del vehículo (m/s).</li> <li>• Voltaje del sensor ABS</li> <li>• Valor hexadecimal.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vehículo estacionado sin accionar el pedal del freno.</li> <li>• Vehículo estacionado accionando el pedal de freno.</li> <li>• Vehículo con una velocidad de 30km/h sin accionar el pedal de freno.</li> <li>• Vehículo con una velocidad de 45km/h accionando el pedal de freno llegando a velocidad 0km/h.</li> <li>• Vehículo circulando a una velocidad de 45km/h frenada brusca.</li> </ul>

**Tabla 3. 10** Conexión CAN BUS ANALYZER



El CAN BUS Analyzer es un equipo el cual se lo puede utilizar en vehículos que cuenten con módulos de comunicación mediante una red multiplexada, ya que esta herramienta tiene la capacidad de realizar un seguimiento, transmisión, monitorear y depurar la red CAN de alta velocidad con una capacidad de lectura hasta 1Mbit.

Para evidenciar el cambio de onda detenidamente en base a la comunicación de la red CAN BUS y el módulo ABS fue necesario la utilización de un MICROCHIP CAN BUS Analyzer, este elemento al ponerlo en funcionamiento proporciona valores hexadecimales y valor decimal. Dichos valores se deben transformar en código binario los cuales se conforman de ceros y unos. Estos valores hexadecimales ayudaron a analizar el comportamiento del módulo ABS referente a sus ondas de funcionamiento cuando se encuentra accionado el freno de pedal como también el freno de mano. Los pasos para poner a comprobar la comunicación se detallan a continuación (Microchip Technology Incorporated, 2011).

**Paso 1:** Como primer paso poner el vehículo en contacto.

**Paso 2:** Conectar el CAN BUS Analyzer al puerto DLC.

**Paso 3:** Se debe enlazar el Analyzer a un computador, con la finalidad de observar las curvas características de funcionamiento.

**Paso 4:** Con la ayuda de un escáner activar el sistema ABS.

**Paso 5:** Realizar una conducción a 45 km/h.

**Paso 6:** Accionar el pedal del freno hasta llegar a 0 km/h.

**Paso 7:** Verificar los cambios de valores en la computadora, dichos valores estarán en hexadecimal.

**Paso 8:** Transformar los valores hexadecimales a binario para su posterior análisis, debido a que representa el funcionamiento y la comunicación del sistema ABS y CAN BUS. Cabe mencionar que las pruebas se las realiza en diferentes condiciones de conducción con la finalidad de evidenciar el cambio que puede presentarse.

## CAPITULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 4.1 Verificación de funcionalidad del sistema CAN BUS

Para verificar la funcionalidad del sistema CAN BUS mediante su resistencia y tensión de operación es necesaria la utilización de los pasos y parámetros mencionados posteriormente en el punto 3.4. en el cual se utilizó un multímetro automotriz y un osciloscopio.

##### 4.1.1 Verificación de funcionamiento del sistema CAN BUS mediante su resistencia

La perilla del multímetro debe ser ubicada en la opción de ohmios, las puntas se colocan en el conector OBD II específicamente en el pin 6 que representa a la línea CAN High y la otra punta se la debe ubicar en el pin 14 que hace referencia a la línea CAN Low. El conector DLC se representa en la figura 3.4.

Una vez seguido los pasos que se mencionó anteriormente se procede a la obtención de datos, que se reflejan en la tabla 4.1 donde se puede apreciar los valores que reflejo en el multímetro es de 67 ohmios, el cual está dentro del rango que es de 60 ohm. Con el resultado previsto se deduce que el sistema CAN BUS se halla en perfectas condiciones de operación. Dicho valor nos da a entender que las resistencias de los módulos que conforman al sistema CAN están trabajando con normalidad y sin ninguna anomalía como cortocircuito en las dos líneas, circuito abierto o una resistencia quemada.

**Tabla 4. 1** Tabla de valores obtenidos CAN High CAN Low

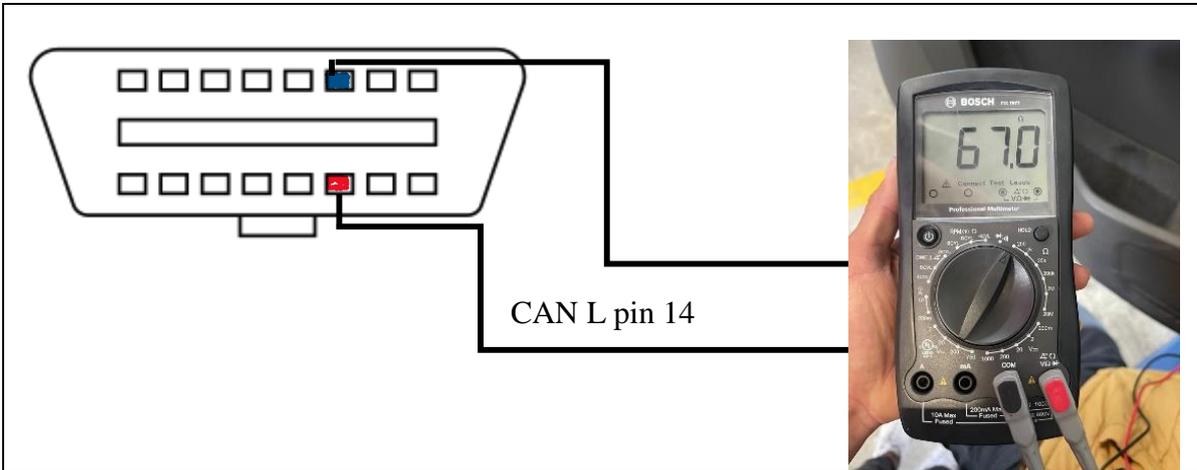
		
VALORES IDEALES DE FUNCIONAMIENTO		
Tipo	Resistencia	Alimentación
Conector OBDII - Pin 6	60 - 120 $\Omega$	12 $\pm$ 0.4 V

Tabla 4.1 continúa

- Pin 14		
<b>VALORES OBTENIDOS CON EL VEHICULO</b>		
Conector OBDII		
- Pin 6	$68.3 \Omega \pm 1.451 \Omega *$	$13.81 V \pm 0.1361V **$
- Pin 14		
* Medición maquina FSA 740		
** Medición multímetro automotriz		

#### 4.1.2 Verificación de funcionamiento del sistema CAN BUS mediante su voltaje

Con el multímetro y su perilla colocada en la opción de voltios se procede a realizar la siguiente prueba de funcionamiento con la finalidad de medir la tensión que posee tanto el CAN High y CAN Low. Para evaluar la línea CAN High se debe colocar el cable negativo que proviene del multímetro en el pin 5 o 13 ya que son pines que van a tierra, mientras que el cable positivo va situado en el pin 6 que es CAN High. Con respecto a CAN Low el cable negativo se conecta en el pin 5 o 13 como se mencionó anteriormente, y el cable positivo va enlazado al pin 14 que es CAN Low. En la tabla 4.2 se demuestra el conector DLC detallando los pines que se utiliza y con su respectivo valor de tensión.

Después de realizar los pasos anteriores sobre el multímetro las tensiones del sistema CAN BUS se aprecia en la figura 3.2. En la línea CAN High se obtuvo un resultado con valor de 2,52V, en la línea CAN Low se aprecia un valor de 2,52V. Se asevera que la red multiplexada se encuentra en buenas condiciones de operación, ya que el valor de voltaje que da es aproximado de 2,5V, así mismo sumando las dos tensiones debe estar en un valor de 5V o cercano que en este caso nos da 5,04, confirmando el buen estado con otra alternativa de diagnóstico.

**Tabla 4. 2** Valores de funcionamiento de la red Multiplexada

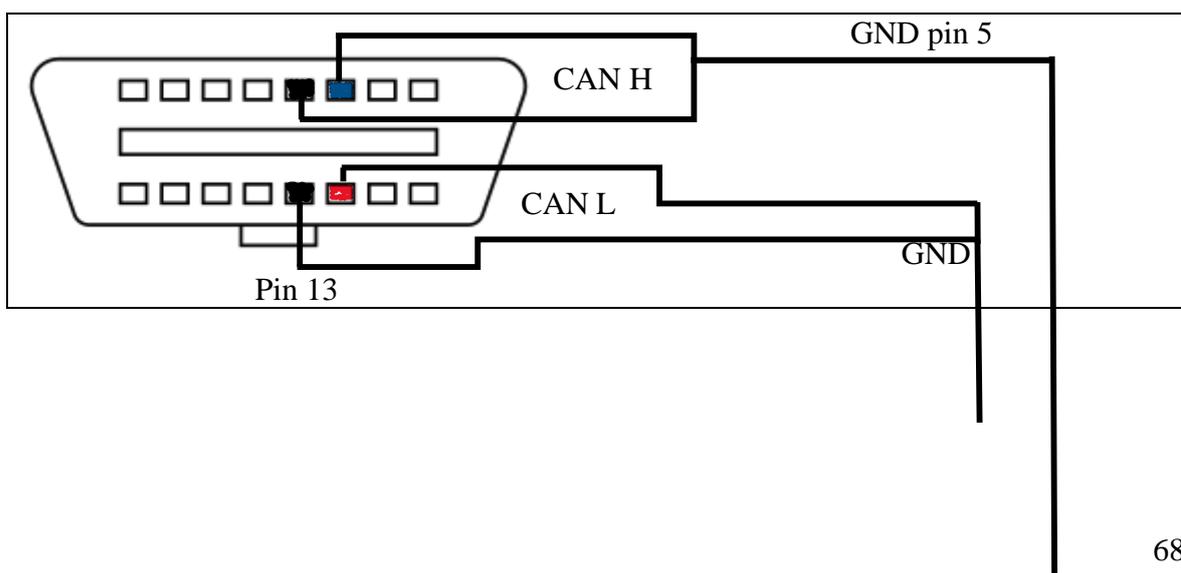
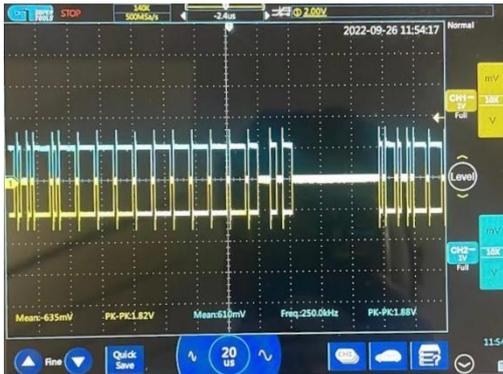


Tabla 4.2 continúa

	
<b>VALORES IDEALES DE FUNCIONAMIENTO</b>	
<b>Valores de voltaje CAN HIGH</b>	$2.5 \pm 0.4 \text{ V}$
<b>Valores de voltaje CAN LOW</b>	$2.5 \pm 0.4 \text{ V}$
<b>VALORES OBTENIDOS CON EL VEHICULO</b>	
<b>Valores de voltaje CAN HIGH</b>	$2.5238 \pm 0.0030 \text{ V} ***$
<b>Valores de voltaje CAN LOW</b>	$2.519 \pm 0.012 \text{ V} ***$
*** Medición osciloscopio	

## 4.2 Verificación del funcionamiento del sistema ABS

Para verificar la funcionalidad del sistema CAN BUS mediante su resistencia y tensión de operación es necesaria la utilización de los pasos y parámetros mencionados posteriormente en el punto 3.5. en el cual se utilizó el scanner automotriz KTS 560 el cual viene integrado al equipo FSA 740.

### 4.2.1 Verificación de funcionamiento del sistema de frenos ABS por presiones de operación.

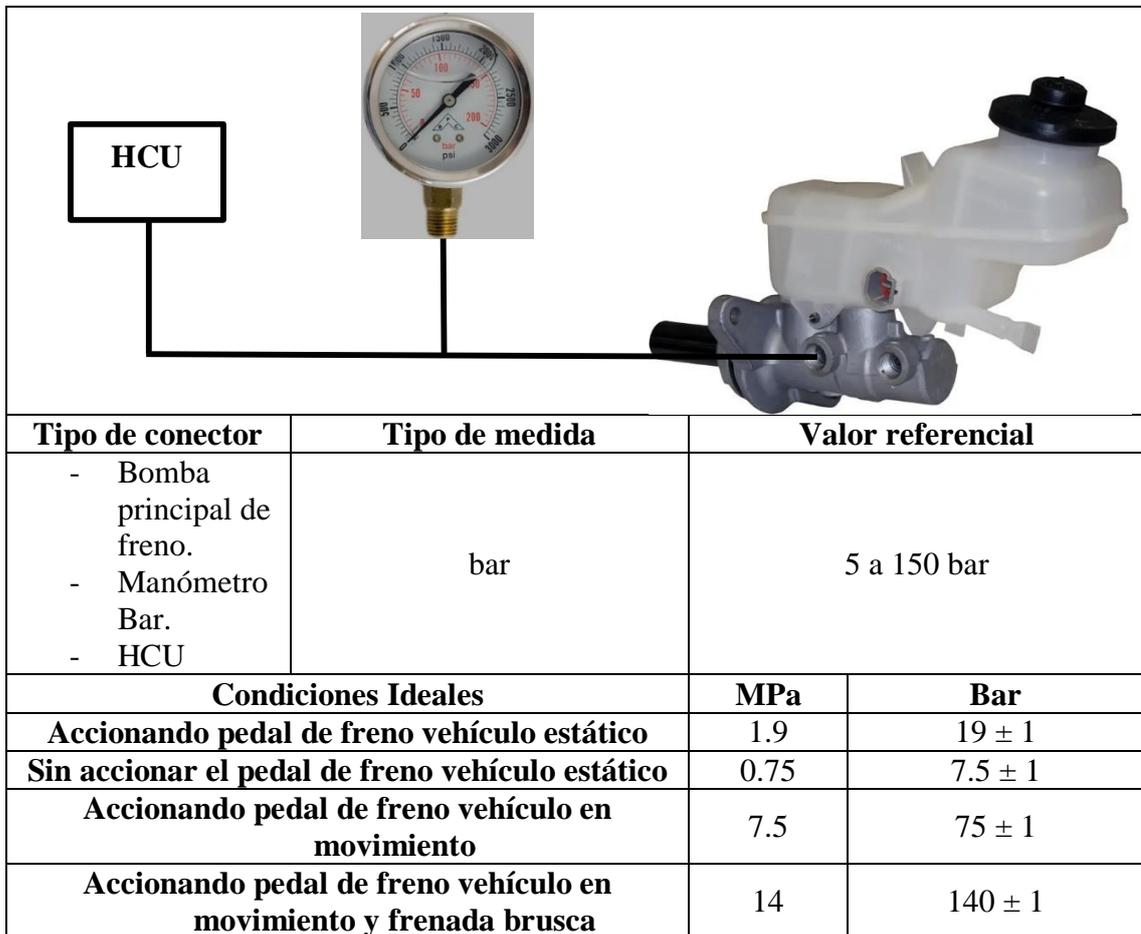
Para el estudio más profundo sobre cómo opera el sistema ABS en relación con las presiones de funcionamiento a diferentes condiciones de operación tomado en cuenta los valores referenciales que se muestra en la tabla 3.7, fue necesario la implementación de un manómetro, el cual se realizó la instalación en el cilindro principal del freno, gracias a varios acoples para su correcta instalación y apriete. En primera instancia se utilizó un manómetro con una limitación de 14 bar, el cual al instante de realizar la prueba no sostuvo la alta presión llevando a un mal funcionamiento. Acto seguido se implementó un manómetro de 350 bar de glicerina ayudando a amortiguar las elevadas presiones que se dan al instante de realizar la prueba de frenado, así mismo protege contra las vibraciones y lubrica las piezas internas, otorgando una alta resistencia y fiabilidad.

Realizando las diferentes pruebas demostradas en la tabla 4.3 se verifica que los valores de bar presentan un aumento 7.5 bar cuando esta estático, y cuando está en movimiento tiene

una variación de 75 a 140 que son valores considerables en relación con la tabla 3.7. Esto se da debido a que existe la presencia y activación del grupo hidráulico elevando así las presiones de funcionamiento del sistema de frenos.

Debemos tomar en cuenta que el valor de desviación que presenta nuestro manómetro análogo es de  $\pm 1$  bar de tolerancia para el muestreo.

**Tabla 4. 3** Valores de funcionamiento de la HCU



#### 4.2.2 Verificación de estado del sistema mediante códigos de falla y curvas de funcionamiento

Para llevar a cabo la verificación del sistema CAN BUS fue necesario la utilización del equipo Bosch FSA 740. Como primer paso se conectó el KTS 560 al puerto DLC el mismo que ayudo a comprobar el funcionamiento del sistema por medio de códigos de fallas. Al sincronizar el scanner con la computadora (ECU) del vehículo y el software ESItronic.

Acto seguido el programa previamente mencionado nos solicita algunas especificaciones técnicas acerca del automotor como; número de chasis, modelo, año de fabricación, cilindrada entre otros, esto se puede apreciar en la figura 4.1. El propósito del software es lograr la conexión ideal con el auto. Si los datos ingresados que se registra no concuerdan con el modelo de coche, el software nos proporcionara valores erróneos o a la vez no detectaría ninguna conexión lo que impediría verificar si el vehículo en estudio tenga códigos de avería y señales erróneas de; voltaje, resistencia, ubicación de los sensores ubicación de actuadores y ondas de funcionamiento debido a que no son acorde a lo requerido.

Clave RB	Tipo	Modelo interno	Litro	kW	Año de fabricación	Ident.motor
VWV3929	Amarok 2.0 BITDI	2H, S1	2.0	120.0 - 132.0	09/2010 - 05/2012	CDCA

**Figura 4. 1** Ingreso de especificaciones del vehículo.

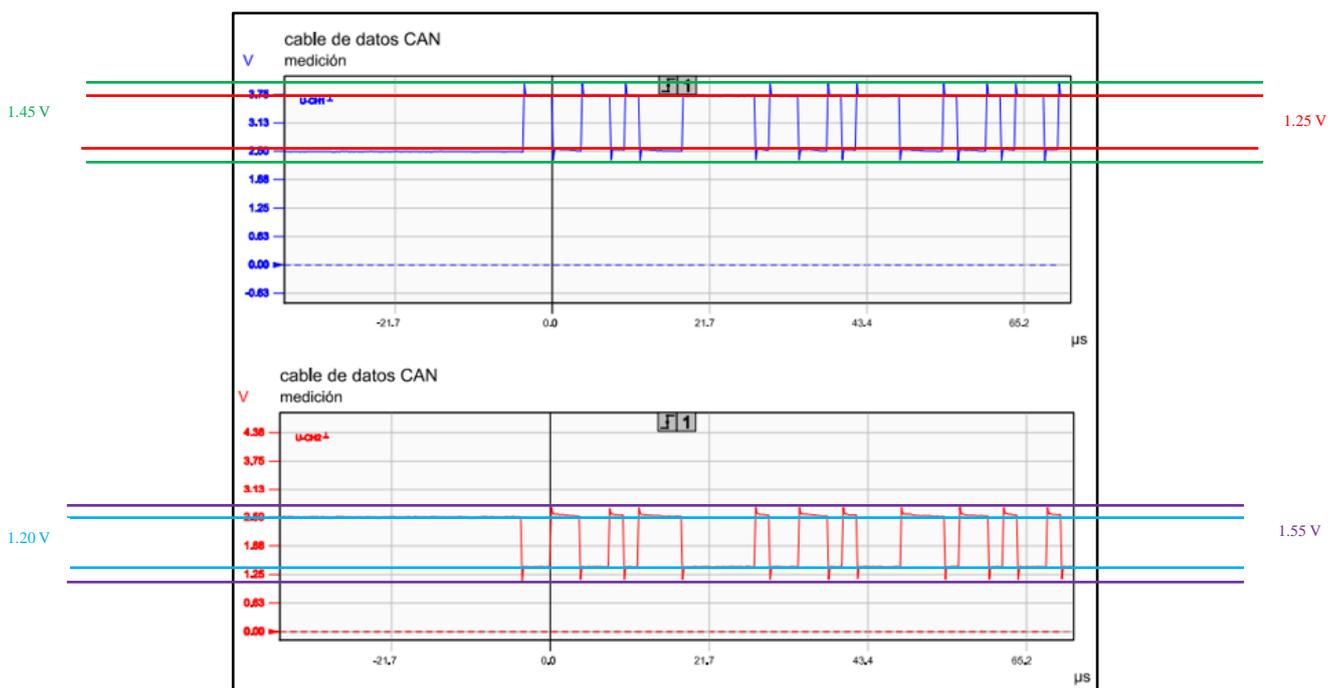
Con el vehículo puesto en contacto se procede a realizar la siguiente prueba de funcionamiento de la red multiplexada, consiste en presenciar códigos de fallas proporcionado por el Scanner, como se observa en la figura 4.2. Con respecto al sistema ABS no presenta ninguna anomalía en su funcionamiento ya que el número de errores es cero, siguiendo con el estudio y pasando a la siguiente prueba.

Resultado de búsqueda 26/09/22 10:51		Número de errores
Control del motor		
Control del motor TCCS 5.0		0
Control de luces		
LWR automática 2.0		0
LWR automática 1.0		0
Sistema electrónico central		
Sist.elec.cent. ZE 9.12.3		0
Sistemas diagnóstico/bus		
Gateway 3.0		0
Asistenc. de aparcado		
Control dist.aparc. 9.2.1		0
Regul.velocidad/distancia		
Tempomat 5.0		0
Airbag		
Airbag AB 2.0		0
ABS		
Sist.seguridad marcha ESP ABS/ESP 5.1		0

**Figura 4. 2** Códigos de Falla por medio de un scanner

La posterior prueba es por medio de la utilización del osciloscopio FSA 740 las cuales nos mostrara las ondas de funcionamiento. Para la conexión del artefacto al puerto OBD II se empleó un adaptador el cual representa al conector en una mayor escala, esto facilita el enlace del cable positivo como negativo del equipo FSA al conector DLC. Cabe mencionar que el osciloscopio cuenta con dos canales los cuales presentan un cable positivo y negativo. Para la conexión al adaptador el cable negativo de los dos canales debe ir en el pin 5 y 13 que son señal de tierra y los cables positivos deben unirse a los pines 6 y 14 que es CAN High y CAN Low respectivamente.

Una vez conectado el osciloscopio a la ECU del automotor se debe ingresar en el programa del FSA 740 que cuenta el equipo, este nos enseñara las ondas de funcionamiento del CAN BUS en tiempo real. La figura 4.3 se puede apreciar la oscilación del módulo cuando el automotor se encuentra prendido. En cuanto al valor de CAN Low que es la línea roja oscila desde 1.25 hasta 2.50 V, mientras la línea azul que es CAN High el valor asciende desde 2.5 hasta los 3.75 V. De esta manera se puede establecer que el voltaje de pico a pico de ambas señales es de un total de 2.5 V, teniendo consigo ondas idénticas, pero en sentido contrario, estas son considerar como señales espejo. Con estos valores se verifica que el CAN BUS no presenta daños internos.



**Figura 4. 3** Ondas de funcionamiento CAN High y CAN Low en tiempo real

Para aseverar el estado del sistema CAN BUS se utilizó un equipo externo al FSA con la finalidad de confirmar su funcionamiento con diferentes componentes. El nombre del equipo es osciloscopio G-Scope-2 el cual proporciona las curvas de trabajo. El equipo dispone de dos canales, la conexión de este artefacto se la realiza siguiendo la misma metodología de conexión del FSA.



**Figura 4. 4** Conexión y ondas de funcionamiento por medio del osciloscopio G-Scope-2

La figura 4.4 muestra las ondas de operación en base a la Red CAN, como se mencionó con antelación, las curvas de funcionamiento deben tener similitud, pero en sentido contrario, así mismo la tensión tanto del CAN High y CAN Low están dentro del rango, demostrando que el sistema multiplexado está operando con normalidad sin ninguna complicación. En la tabla 4.4 se menciona valores referenciales del voltaje con el que trabaja la red.

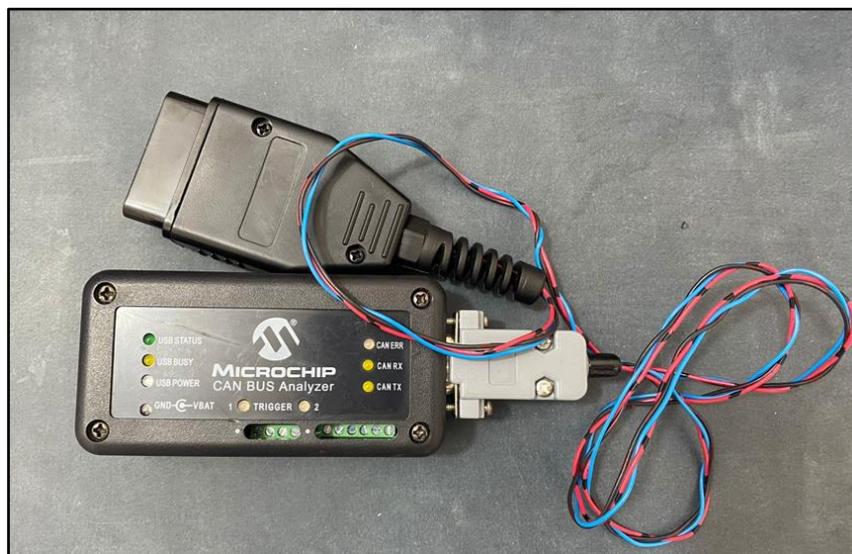
**Tabla 4. 4** Valores de tensión por ondas de funcionamiento

	<b>Valor referencial</b> (valores óptimos de funcionamiento)	<b>Valor obtenido</b>
<b>CAN HIGH</b>	2.5 - 3.5 V	2.5 - 3.75V
<b>CAN LOW</b>	1.5 - 2.5 V	1.25 - 2.5V

### 4.3 Diagnóstico de la comunicación que existe entre el CAN BUS Y el módulo ABS

El método de investigación longitudinal se emplea para el diagnóstico de comunicación entre el sistema CAN BUS y el módulo ABS, el cual se caracteriza por la observación de un evento en tiempo real, por ende, se aplica en el proyecto ya que se analizará los efectos y cambios que tendrán al instante de ponerlo en funcionamiento al sistema CAN BUS (Ortega, 2020).

El proceso para verificar la comunicación existente entre el CAN BUS y el módulo ABS se utilizó una camioneta marca Volkswagen año 2010 y un equipo adicional el cual se llama MICROCHIP CAN BUS Analyzer demostrado en la figura 4.5 Este artefacto se empleó para analizar el cambio de curvas de funcionamiento cuando se acciona el freno y en diferentes condiciones de conducción.

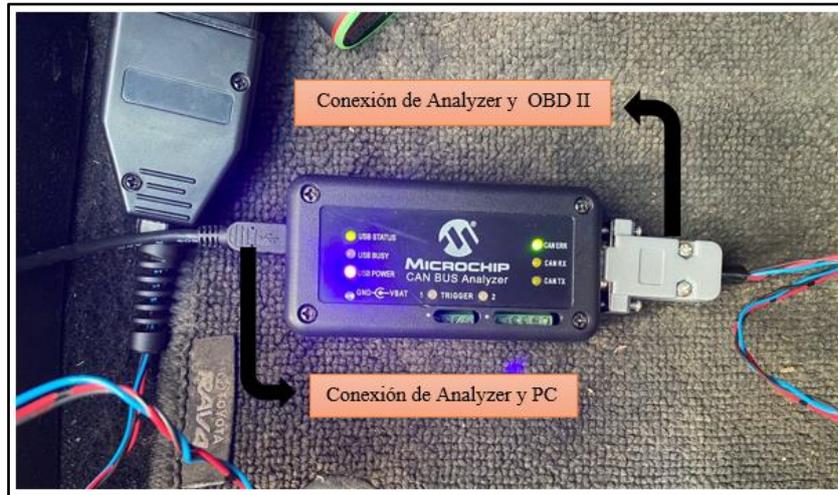


**Figura 4. 5** MICROCHIP CAN BUS Analyzer

El osciloscopio nos muestra las curvas de funcionamiento, pero no se puede apreciar con detalle el cambio que se produce cuando se acciona el freno, por el simple hecho que todos los módulos que conforman al sistema envían señales continuas en cuestión de micras de segundos, por ello se vio la necesidad de utilizar el Analyzer por lo que este equipo permite analizar los módulos por separados. El elemento de apoyo proporciona datos hexadecimales los cuales se realizó la transformación a códigos binarios.

Para la conexión del Analyzer al conector OBD II se utilizó un adaptador, este va desde el DLC hasta el microchip y por medio de un cable va hacia la computadora consiguiendo la

unión de los tres equipos que son; ECU, Analyzer y PC tal como se puede apreciar en la figura 4.6.



**Figura 4. 6** Conexión de ECU, Analyzer y PC

Gracias a los equipos antes mencionados se pudo extraer los datos pertinentes realizadas en diferentes condiciones de trabajo, para finalizar el presente trabajo de grado, los resultados se los explica de forma detallada en los siguientes puntos.

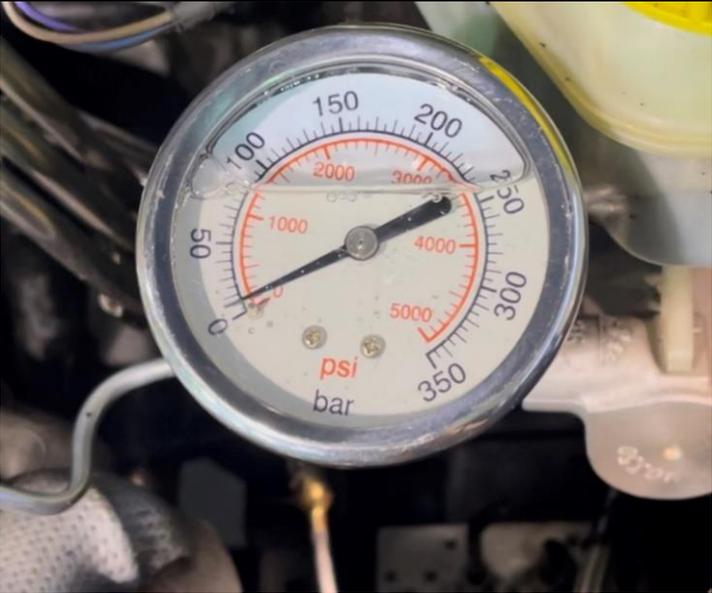
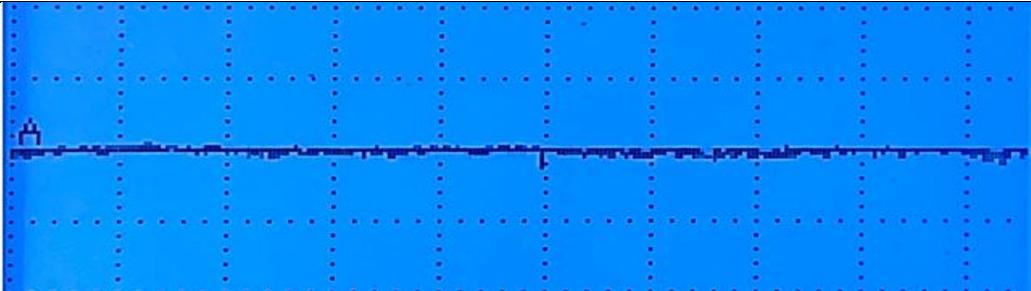
#### **4.3.1 Vehículo encendido y estacionado sin accionar el pedal del freno.**

Para la obtención de resultados fue necesario la implementación de una metodología de diagnóstico y el uso de diferentes equipos, como se muestra en la tabla 4.5. En este primer parámetro el vehículo está encendido y estacionado sin el accionamiento del pedal del freno, posteriormente se recopiló datos como; velocidad de giro de la rueda, velocidad del vehículo, presión del sistema de freno, gráfica de funcionamiento del sensor ABS y los datos proporcionados por el equipo CAN BUS Analyzer.

**Tabla 4. 5** Prueba vehículo estacionado sin accionamiento del freno

	<b>Vehículo estacionado sin accionar el pedal del freno.</b>
<b>Velocidad de giro de la rueda</b>	0 s <sup>-1</sup>
<b>Velocidad del vehículo (m/s)</b>	0 m/s

Tabla 4.5 continúa

<p><b>Presión hidráulica sistema de frenos (bar)</b></p>	 <p style="text-align: center;"><b>7.5 bar ± 1 bar</b></p>																																																		
<p><b>Señal del sensor ABS</b></p>	 <p style="text-align: center;"><b>Frecuencia: 0Hz / Voltaje Pico: 175mV</b> <b>Velocidad de lectura: 10ms / Amplitud de tensión: 0.5V AC</b></p>																																																		
<p><b>Valor hexadecimal.</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>MENSAJES DE DATOS VEHICULO ENCENDIDO SIN ACCIONAMIENTO DE PEDAL DE FRENO</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>ID</th> <th>DATA 0</th> <th>DATA 1</th> <th>DATA 2</th> <th>DATA 3</th> <th>DATA 4</th> <th>DATA 5</th> <th>DATA 6</th> <th>DATA 7</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Hexadecimal</td> <td><b>0x7B8</b></td> <td>0x21</td> <td>0x00</td> <td>0xFF</td> <td>0x00</td> <td>0xF5</td> <td>0x00</td> <td>0xEC</td> <td>0x24</td> </tr> <tr> <td>Valor Decimal</td> <td><b>0x7B8</b></td> <td>33</td> <td>0</td> <td>255</td> <td>0</td> <td>245</td> <td>0</td> <td>236</td> <td>36</td> </tr> <tr> <td>Valor Binario</td> <td><b>0x7B8</b></td> <td>0010</td> <td>0000</td> <td>1111</td> <td>0000</td> <td>1111</td> <td>0000</td> <td>1110</td> <td>0010</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0001</td> <td>0000</td> <td>1111</td> <td>0000</td> <td>0101</td> <td>0000</td> <td>1100</td> <td>0100</td> </tr> </tbody> </table>		ID	DATA 0	DATA 1	DATA 2	DATA 3	DATA 4	DATA 5	DATA 6	DATA 7	Hexadecimal	<b>0x7B8</b>	0x21	0x00	0xFF	0x00	0xF5	0x00	0xEC	0x24	Valor Decimal	<b>0x7B8</b>	33	0	255	0	245	0	236	36	Valor Binario	<b>0x7B8</b>	0010	0000	1111	0000	1111	0000	1110	0010			0001	0000	1111	0000	0101	0000	1100	0100
	ID	DATA 0	DATA 1	DATA 2	DATA 3	DATA 4	DATA 5	DATA 6	DATA 7																																										
Hexadecimal	<b>0x7B8</b>	0x21	0x00	0xFF	0x00	0xF5	0x00	0xEC	0x24																																										
Valor Decimal	<b>0x7B8</b>	33	0	255	0	245	0	236	36																																										
Valor Binario	<b>0x7B8</b>	0010	0000	1111	0000	1111	0000	1110	0010																																										
		0001	0000	1111	0000	0101	0000	1100	0100																																										

En la tabla 4.5 se muestra varios parámetros de medición como; velocidad de giro de la rueda teniendo como resultado un valor de 0 vueltas/s, al igual que la velocidad del vehículo presenta 0 m/s debido a que el automotor se encuentra estático.

En el siguiente parámetro se realizó la medición de la presión del circuito de frenos por medio de la implementación de un manómetro, dicho valor es de 7.5 bares, ya que el vehículo se encuentra estático, cabe mencionar que la presión obtenida es del sistema de frenos por lo que es constante y no se verá afectada.

Con respecto a la señal que proporciona el sensor ABS está en línea recta, esto debido a que el vehículo no está en movimiento, cabe mencionar que envía una señal de 175mV (milivoltios), al módulo dando a entender que el sensor está activo. Como se puede apreciar en la gráfica de la tabla 4.5, existen picos en la señal por causa de suciedad en la rueda fónica o en el sensor.

En cuanto a los valores otorgados por el CAN BUS Analyzer expuesta en la tabla 4.5, podemos hacer referencia que cada uno de los Datas presentan valores diferentes donde se puede apreciar la comunicación en cuestión de milisegundos siendo notorio el ascenso y descenso de voltaje. El conjunto de estos códigos binarios proporciona a la centralita información acerca del sistema de frenos ABS, el cual no está siendo activado o a su vez no está siendo manipulado por el conductor, verificando la fiabilidad y certeza de funcionamiento del sistema CAN BUS en el automóvil.

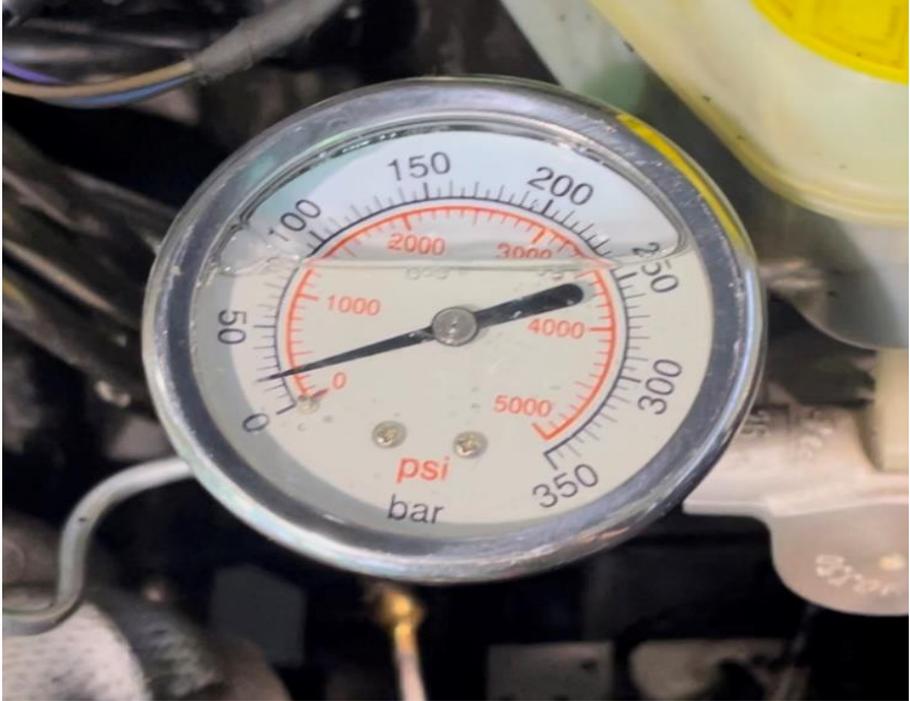
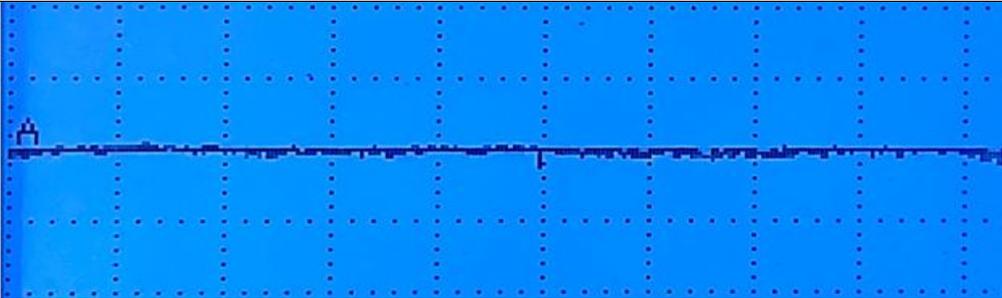
#### 4.3.2 Vehículo encendido y estacionado accionando el pedal de freno

En el segundo parámetro el vehículo está encendido, estacionado y accionado el pedal del freno, posteriormente se recopiló datos como; velocidad de giro de la rueda, velocidad del vehículo, presión del sistema de freno, gráfica de funcionamiento del sensor ABS y los datos proporcionados por el equipo CAN BUS Analyzer.

**Tabla 4. 6** Prueba vehículo estacionado accionando el freno

	<b>Vehículo estacionado accionando el pedal de freno</b>
<b>Velocidad de giro de la rueda</b>	0 s <sup>-1</sup>
<b>Velocidad del vehículo (m/s)</b>	0 m/s

Tabla 4.6 continúa

<p><b>Presión hidráulica sistema de frenos (bar)</b></p>	 <p style="text-align: center;"><b>19 bar ± 1 bar</b></p>																																								
<p><b>Señal del sensor ABS</b></p>	 <p style="text-align: center;"><b>Frecuencia: 0Hz / Voltaje Pico: 175mV</b> <b>Velocidad de lectura: 10ms / Amplitud de tensión: 0.5V AC</b></p>																																								
<p><b>Valor hexadecimal l.</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>MENSAJES DE DATOS VEHICULO ESTACIONADO ACCIONANDO EL PEDAL DE FRENO</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;"></th> <th style="width: 10%;">ID</th> <th style="width: 10%;">DATA 0</th> <th style="width: 10%;">DATA 1</th> <th style="width: 10%;">DATA 2</th> <th style="width: 10%;">DATA 3</th> <th style="width: 10%;">DATA 4</th> <th style="width: 10%;">DATA 5</th> <th style="width: 10%;">DATA 6</th> <th style="width: 10%;">DATA 7</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>Hexadecimal</b></td> <td><b>0x7B8</b></td> <td>0x21</td> <td>0x00</td> <td>0xFF</td> <td>0x00</td> <td>0xF5</td> <td>0x00</td> <td>0xEC</td> <td>0x24</td> </tr> <tr> <td><b>Valor Decimal</b></td> <td><b>0x7B8</b></td> <td>33</td> <td>0</td> <td>255</td> <td>0</td> <td>245</td> <td>0</td> <td>236</td> <td>36</td> </tr> <tr> <td><b>Valor Binario</b></td> <td><b>0x7B8</b></td> <td>0010 0001</td> <td>0000 0000</td> <td>1111 1111</td> <td>0000 0000</td> <td>1111 0101</td> <td>0000 0000</td> <td>1110 1100</td> <td>0010 0100</td> </tr> </tbody> </table>		ID	DATA 0	DATA 1	DATA 2	DATA 3	DATA 4	DATA 5	DATA 6	DATA 7	<b>Hexadecimal</b>	<b>0x7B8</b>	0x21	0x00	0xFF	0x00	0xF5	0x00	0xEC	0x24	<b>Valor Decimal</b>	<b>0x7B8</b>	33	0	255	0	245	0	236	36	<b>Valor Binario</b>	<b>0x7B8</b>	0010 0001	0000 0000	1111 1111	0000 0000	1111 0101	0000 0000	1110 1100	0010 0100
	ID	DATA 0	DATA 1	DATA 2	DATA 3	DATA 4	DATA 5	DATA 6	DATA 7																																
<b>Hexadecimal</b>	<b>0x7B8</b>	0x21	0x00	0xFF	0x00	0xF5	0x00	0xEC	0x24																																
<b>Valor Decimal</b>	<b>0x7B8</b>	33	0	255	0	245	0	236	36																																
<b>Valor Binario</b>	<b>0x7B8</b>	0010 0001	0000 0000	1111 1111	0000 0000	1111 0101	0000 0000	1110 1100	0010 0100																																

En la tabla 4.6 se muestra varios parámetros de medición como; velocidad de giro de la rueda teniendo como resultado un valor de 0 vueltas/s, al igual que la velocidad del vehículo presenta 0 m/s debido a que el automotor se encuentra estático.

En cuestión de la presión que se genera al instante de accionar el pedal de freno se puede constatar que asciende a 19 bares en comparación al no accionar el freno, dicha presión se ve en un incremento de 12 bares, esto permite analizar que el grupo hidráulico del sistema ABS está trabajando con normalidad.

Con respecto a la señal que proporciona el sensor ABS está en línea recta, esto debido a que el vehículo no está en movimiento, cabe mencionar que envía una señal de 150mV al módulo dando a entender que el sensor está activo. Como se puede apreciar en la gráfica presenta picos en la señal por causa de suciedad en la rueda fónica o en el sensor.

Los valores obtenidos en código binario de cada uno de los Datas presentan variación en comparación al no accionar el freno (tabla 4.5), dado que en este punto influye el aumento de presión en el sistema de frenos haciendo entender al módulo ABS teniendo alteraciones en CAN High y CAN Low el cual se demuestra tabla 4.6. Al realizar la comparación entre el Data 7 de los parámetros expuestos se identifica que hay variación en el código binario, por lo que se considera que el mensaje está siendo enviado hacia al módulo con un valor de bit constante.

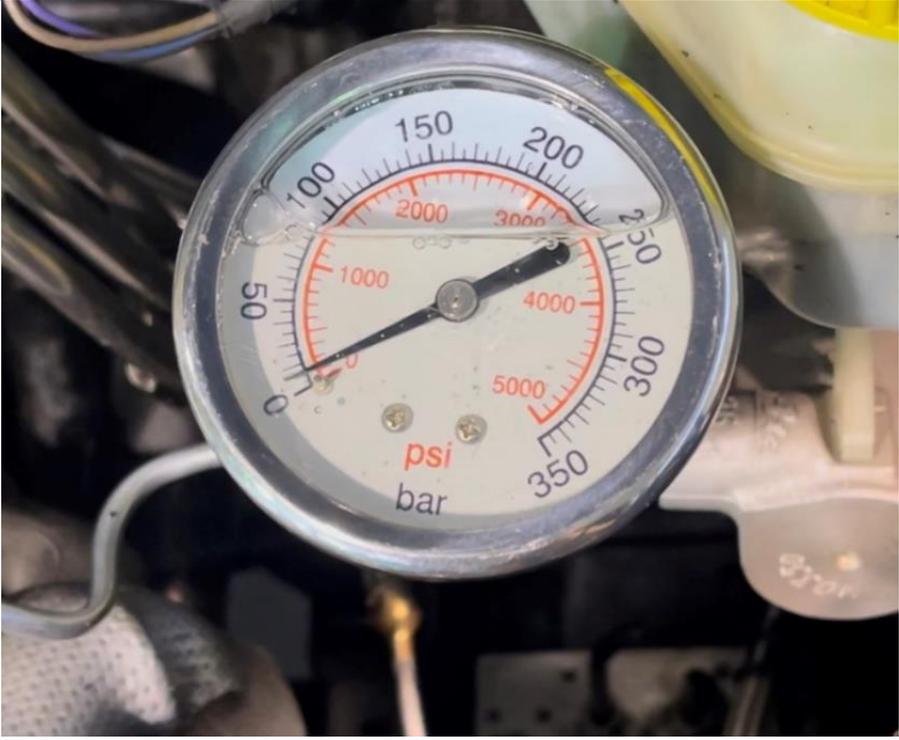
#### **4.3.3 Vehículo con una velocidad de 30km/h sin accionar el pedal de freno.**

En el tercer parámetro el vehículo está encendido, en movimiento a una velocidad de 30 km/h y sin accionar el pedal del freno, de igual forma se recopiló datos como; velocidad de giro de la rueda, velocidad del vehículo, presión del sistema de freno, gráfica de funcionamiento del sensor ABS y los datos proporcionados por el equipo CAN BUS Analyzer.

**Tabla 4. 7** Prueba vehículo a 30 km/h sin accionamiento del freno

	<b>Vehículo con una velocidad de 30km/h sin accionar el pedal de freno.</b>
<b>Velocidad de giro de la rueda</b>	4.01 s <sup>-1</sup>

Tabla 4.7 continúa

<p><b>Velocidad del vehículo (m/s)</b></p>	<p>8.33 m/s</p>									
<p><b>Presión hidráulica sistema de frenos (bar)</b></p>	 <p style="text-align: center;">7.5 bar ± 1 bar</p>									
<p><b>Señal del sensor ABS</b></p>	 <p style="text-align: center;"><b>Frecuencia: 14.9Hz / Voltaje Pico: 500mV</b>  <b>Velocidad de lectura: 10ms / Amplitud de tensión: 0.5V AC</b></p>									
<p><b>Valor hexadecimal.</b></p>	<p><b>Vehículo encendido a 30km/h sin accionamiento de pedal de freno</b></p>									
		ID	DATA 0	DATA 1	DATA 2	DATA 3	DATA 4	DATA 5	DATA 6	DATA 7
	Hexadecimal	0x7B8	0x10	0x0D	0x62	0x10	0x2D	0xB8	0xB8	0xFF
	Valor Decimal	0x7B8	16	13	98	16	45	184	184	255
Valor Binario	0x7B8	0001 0000	1101 0000	0110 0010	0001 0000	0010 1101	1011 1000	1011 1000	1111 1111	

En la tabla 4.7 se muestra varios parámetros de medición como; velocidad de giro de la rueda teniendo como resultado un valor de 4.01 vueltas/s, con relación al movimiento del vehículo se traslada a una velocidad 8.33m/s, dejando a un lado las pruebas estáticas.

En el siguiente parámetro se realizó la medición de la presión del circuito de frenos obteniendo un valor de 7.5 bares, ya que el vehículo se encuentra en movimiento, cabe mencionar que la presión obtenida es igual a la primera prueba cuando el vehículo estaba estático, dado que la presión que presenta el manómetro es la que genera el sistema de frenos.

En el apartado que se aprecia cambios es en la señal que proporciona el sensor de giro de la rueda, el mismo que se puede apreciar en la tabla 4.7. El movimiento de las ruedas otorga una señal digital con una frecuencia de 14.96 Hz (Hertz) y un voltaje de 500 mV (milivoltios) o 0.5V. Con los datos obtenidos se deduce que el sensor está trabajando de manera correcta sabiendo que cumple con el segundo nivel de integración el mismo que hace referencia a que el sensor transforma una señal análoga a digital acortando el tiempo de respuesta del módulo ABS.

En cuanto a los valores otorgados por el CAN BUS Analyzer expuesta en la tabla 4.7, podemos hacer referencia que cada uno de los Datas no presentan cambios en comparación a la prueba del vehículo estacionado y sin presionar el freno (tabla 4.6) ya que los valores binarios en cada Data son semejantes, no sufren alteraciones y tampoco existen cambios en el bus de datos del módulo ABS

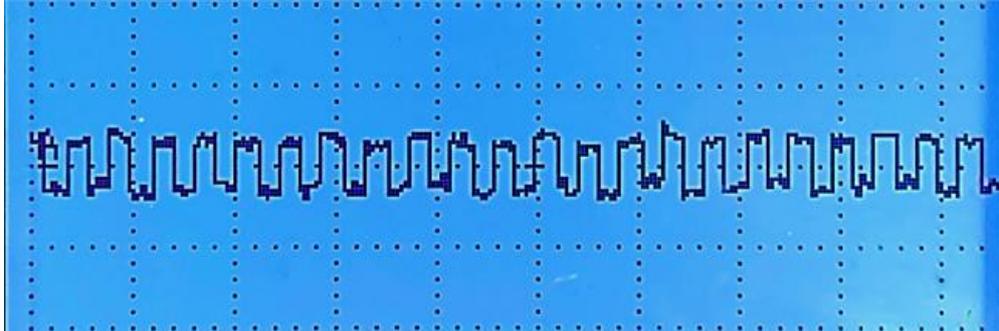
#### **4.3.4 Vehículo con una velocidad de 45km/h accionando el pedal de freno llegando a velocidad 0km/h.**

En el cuarto parámetro el vehículo está encendido, en movimiento a una velocidad de 45 km/h y accionando el pedal del freno hasta que el vehículo llegue a una velocidad de 0 km/h, de igual forma se recopiló datos como; velocidad de giro de la rueda, velocidad del vehículo, presión del sistema de freno, gráfica de funcionamiento del sensor ABS y los datos proporcionados por el equipo CAN BUS Analyzer.

**Tabla 4. 8** Prueba vehículo a 45 km/h accionado el freno

	<b>Vehículo con una velocidad de 45km/h accionando el pedal de freno llegando a velocidad 0km/h.</b>
--	--

Tabla 4.8 continúa

<p><b>Velocidad de giro de la rueda</b></p>	<p>6.3 s<sup>-1</sup></p>									
<p><b>Velocidad del vehículo (m/s)</b></p>	<p>12.5 m/s</p>									
<p><b>Presión hidráulica sistema de frenos (bar)</b></p>	 <p>75 bar ± 1 bar</p>									
<p><b>Señal del sensor ABS</b></p>	 <p><b>Frecuencia: 241.3Hz / Voltaje Pico: 475mV</b>  <b>Velocidad de lectura: 10ms / Amplitud de tensión: 0.5V AC</b></p>									
<p><b>Valor hexadecima l</b></p>	<p><b>Vehículo con una velocidad de 45km/h accionando el pedal de freno llegando a velocidad 0km/h.</b></p>									
		<p><b>ID</b></p>	<p><b>DATA 0</b></p>	<p><b>DATA 1</b></p>	<p><b>DATA 2</b></p>	<p><b>DATA 3</b></p>	<p><b>DATA 4</b></p>	<p><b>DATA 5</b></p>	<p><b>DATA 6</b></p>	<p><b>DATA 7</b></p>
	<p><b>Hexadecimal</b></p>	<p>0x7B8</p>	<p>0x10</p>	<p>0x0D</p>	<p>0x62</p>	<p>0x10</p>	<p>0x2D</p>	<p>0xB8</p>	<p>0xA0</p>	<p>0xFF</p>
	<p><b>Valor Decimal</b></p>	<p>0x7B8</p>	<p>16</p>	<p>13</p>	<p>98</p>	<p>16</p>	<p>45</p>	<p>184</p>	<p>160</p>	<p>255</p>
<p><b>Valor Binario</b></p>	<p>0x7B8</p>	<p>0001 0000</p>	<p>1101 0000</p>	<p>0110 0010</p>	<p>0001 0000</p>	<p>0010 1101</p>	<p>1011 1000</p>	<p>1010 0000</p>	<p>1111 1111</p>	

Los valores de funcionamiento que presenta la tabla 4.8, se aprecia que el vehículo se traslada a una velocidad de 12.5 m/s y a la vez con una velocidad de giro de rueda de 6.3 vueltas/segundo continuando con las pruebas dinámicas.

De igual manera presenta cambios en la presión de frenado ya que el vehículo pasa de una velocidad de 45 km/h a detenerse completamente por lo que se aprecia que el valor de presión de frenado se eleva a 75 bares, esta presión se mantiene hasta que el vehículo frene en su totalidad o a su vez hasta que el conductor deje de accionar el freno, esta presión se ve afecta en comparación a las pruebas anteriores debido a que el vehículo está en movimiento y necesita mayor presión en el circuito del freno para disminuir la velocidad.

En base a la gráfica del sensor ABS se aprecia un aumento en su frecuencia en 241.3 Hz, dado que el giro de la rueda es mayor en comparación apartado 4.3.3 por ende asciende en su valor, mientras que el voltaje se mantiene en 475mV, con esto se deduce que a mayores revoluciones de la rueda su frecuencia aumenta.

En cuanto al análisis del código binario que proporciona el CAN BUS Analyzer, en esta prueba nos indica cambios en el data 6 en comparación al apartado 4.3.2, debido a que el vehículo está en movimiento y realiza un frenado paulatino hasta que el vehículo se detenga, se hace referencia que el sistema CAN BUS actúa según el tipo de frenado, enviando la información al módulo ABS realizando una comparación entre la presión de frenado y la velocidad del vehículo.

Al efectuar esta comparación entre las diferentes pruebas realizadas se aprecia que los datos binarios hacen referencia a que la red multiplexada está en correcto funcionamiento.

#### **4.3.5 Vehículo circulando a una velocidad de 45km/h frenada brusca.**

En el quinto y último parámetro de evaluación el vehículo está encendido, en movimiento a una velocidad de 45 km/h y se acciona el pedal del freno de forma brusca hasta que el vehículo llegue a una velocidad de 0 km/h, de igual forma se recopiló datos como; velocidad de giro de la rueda, velocidad del vehículo, presión del sistema de freno, gráfica de funcionamiento del sensor ABS y los datos proporcionados por el equipo CAN BUS Analyzer.

**Tabla 4. 9** Prueba vehículo a 45 km/h frenada brusca

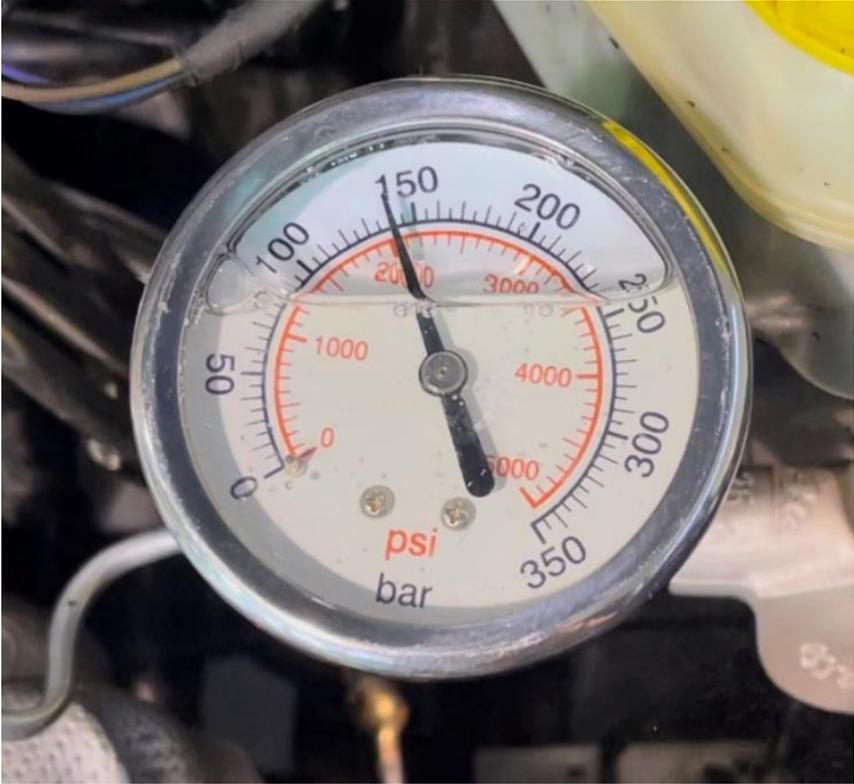
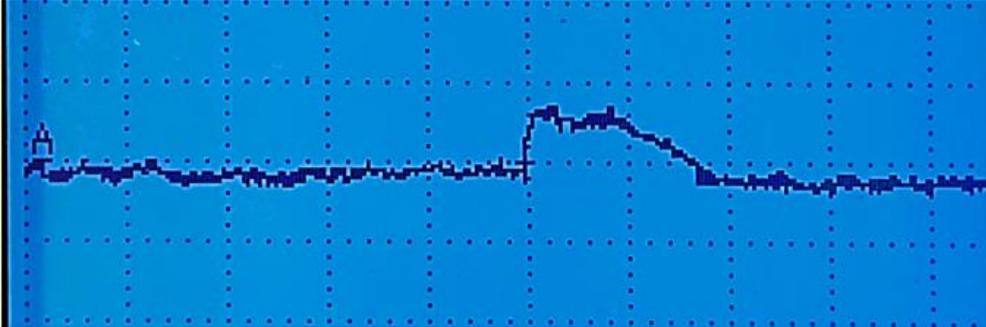
<b>Vehículo circulando a una velocidad de 45km/h frenada brusca.</b>	
<b>Velocidad de giro de la rueda</b>	6.03 s <sup>-1</sup>
<b>Velocidad del vehículo (m/s)</b>	12.5 m/s
<b>Presión hidráulica sistema de frenos (bar)</b>	 <p style="text-align: center;">140 bar ± 1 bar</p>
<b>Señal del sensor ABS</b>	 <p style="text-align: center;"><b>Frecuencia:</b> 241.3Hz / <b>Voltaje Pico:</b> 475mV  <b>Velocidad de lectura:</b> 10ms / <b>Amplitud de tensión:</b> 0.5V AC</p>

Tabla 4.9 continúa

<p>Señal Sensor ABS activado</p>	 <p style="text-align: center;"><b>Frecuencia: 239.1Hz / Voltaje Pico: 475mV</b> <b>Velocidad de lectura: 10ms / Amplitud de tensión: 0.5V AC</b></p>									
<p>Valor hexadecimal</p>	<p><b>Vehículo circulando a una velocidad de 45km/h frenada brusca.</b></p>									
		ID	DATA 0	DATA 1	DATA 2	DATA 3	DATA 4	DATA 5	DATA 6	DATA 7
	Hexadecimal	0x7B8	0x10	0x0D	0x62	0x10	0x2D	0xB8	0x80	0xFF
	Valor Decimal	0x7B8	16	13	98	16	45	184	128	255
Valor Binario	0x7B8	0001 0000	1101 0000	0110 0010	0001 0000	0010 1101	1011 1000	1000 0000	1111 1111	

Los valores de funcionamiento que presenta la tabla 4.9, se denota que el vehículo se traslada a una velocidad de 12.5 m/s y a la vez con una velocidad de giro de rueda de 6.3 vueltas/segundo, continuando con los mismos parámetros y manteniendo las pruebas dinámicas.

Se constata que al accionar de manera brusca el pedal del freno en caso de una emergencia la presión del circuito de frenos sube a niveles muy altos de operación dando como resultado 140 bares, esto puede tener variación debido a que el HCU detecta que se está realizando un frenado brusco, lo que considera que las ruedas son propensas a bloquearse. Para evitar los bloqueos de las ruedas el HCU va disminuyendo paulatinamente la presión con la finalidad de evitar que el vehículo se deslice en la calzada realizando una frenada segura hasta que el vehículo llegue a 0km/h. La caída de presión antes mencionada no se puede constatar con el manómetro que se empleó ya que el mismo no puede evidenciar la caída de presión que genera el sistema, por ello es recomendable el uso de un manómetro digital que permitirá observar de mejor manera la disminución de presión.

En base a la gráfica del sensor ABS se aprecia que su frecuencia es de 251.5 Hz, siendo el mismo valor que el apartado 4.3.4, de igual forma el voltaje se mantiene en 500 mV, con esto se deduce que a mayores revoluciones de la rueda su frecuencia aumenta.

Se debe tomar en consideración que al instante de accionar el pedal del freno de manera brusca la señal otorgada por el sensor se ve afectada por el bloqueo de las ruedas, ya que existe un corte en la comunicación entre el ABS y el módulo que la controla, de forma instantánea se verifica que el sistema ABS funciona correctamente previniendo el bloqueo de alguna de las ruedas.

Los datos obtenidos por el CAN BUS Analyzer muestran una pequeña variación en el Data 6 en comparación con el apartado 4.3.2 y 4.3.4, se considera que esta variación es debido al bloqueo de una de las ruedas, ya que por una fracción de segundo el módulo ABS no recibe información sobre el giro. Gracias al funcionamiento del HCU que es la unidad de control hidráulico nos permite que esa conexión se restablezca, manteniendo la comunicación en la Red Multiplexada. Al efectuar esta comparación entre las diferentes pruebas realizadas se aprecia que los datos binarios hacen referencia a que la red multiplexada está en correcto funcionamiento.

**Tabla 4. 10** Comparación de estados de funcionamiento

COMPARACION ESTADOS DE FUNCIONAMIENTO RED CAN BUS (módulo ABS)								
Estados de prueba	DATA 0	DATA 1	DATA 2	DATA 3	DATA 4	DATA 5	DATA 6	DATA 7
Vehículo estacionado accionando el pedal de freno	0001 0000	0000 0000	1111 1111	0000 0000	1111 0101	0000 0000	1110 1100	0010 0100
Vehículo estacionado y a 30km/h sin accionar el pedal del freno.	0010 0001	1101 0000	0110 0010	0001 0000	0010 1101	1011 1000	1011 1000	1111 1111
Vehículo con una velocidad de 45km/h accionando el pedal de freno llegando a velocidad 0km/h.	0001 0000	1101 0000	0110 0010	0001 0000	0010 1101	1011 1000	1010 0000	1111 1111
Vehículo circulando a una velocidad de 45km/h frenada brusca	0001 0000	1101 0000	0110 0010	0001 0000	0010 1101	1011 1000	1000 0000	1111 1111

Se puede apreciar en la tabla 4.10 que los campos de datos 1, 3, 5 sufren variaciones por el cambio de velocidad del vehículo, mientras que en el campo de data 0 se hace referencia a la activación de la luz de freno y posición de pedal del freno, así mismo los cambios que se muestran en el campo de datos 6 se menciona a una variación de presión de frenado y a la activación del HCU, por otra parte los datos 2, 4, 7 se refiere a cambios relacionados con los módulos que se encuentran en la red multiplexada que comparten información con el ABS.

## CONCLUSIONES

- Para el análisis del funcionamiento de la red CAN y el módulo ABS se realizó un estudio bibliográfico donde la red multiplexada facilita la transmisión de información de vehículos, mientras que el sistema CAN codifica las señales para enviarlas por el cable trenzado, su segunda operación es seleccionar la información, y enviar al módulo que les corresponda a altas velocidades. Cabe mencionar que el sistema CAN trabaja bajo dos niveles de velocidad, el de baja trabaja a una velocidad de 125 kbps, mientras que el de alta va a una velocidad de 500 kbps, las velocidades dependerán netamente de la importancia del mensaje dentro de la red. Con respecto al sistema antibloqueo ABS se determinó que el tipo de sensor que corresponde al sistema es magneto resistivo, además se constató que trabaja bajo una operación de cuatro sensores con cuatro solenoides, los cuales trabajan de forma individual censando la velocidad de giro de cada una de las ruedas, enviando la información hacia el módulo ABS. Además, se constató que el vehículo empleado funciona con niveles de integración de los sensores automotrices, proporcionando información relevante para la correcta operación del vehículo.
- Se implementó una metodología de diagnóstico estandarizada con el fin de comprobar el correcto funcionamiento tanto del módulo del ABS como la red multiplexada. Con respecto al módulo ABS se obtuvo valores de trabajo ideal como, voltaje de alimentación de 12V, una presión de la válvula reguladora de 5 a 8 bares sin accionar el freno, una presión de sistema cuando se acciona el freno elevándose hasta 50 bar y señal una digital. Mientras que en la red CAN BUS se presenciaron valores de resistencia de 60 ohm, valor de tensión 2.5 de CAN High y CAN Low respectivamente, además la gráfica ideal de funcionamiento de la red multiplexada dio valores de tensión 1.25 a 2.50 V en CAN Low y en de 2.5 a 3.75 V en CAH High, gracias a estos valores referenciales se pudo obtener una secuencia de parámetros de estudio para la comprobación de estos sistemas.
- Tomando en consideración la metodología de diagnóstico estandarizada propuesta evaluando el ABS se obtuvo valores de trabajo ideal como, voltaje de alimentación de 12V, señal una digital del sensor magneto resistivo, una presión de la válvula reguladora de 7.5 bares sin accionar el freno, una presión de sistema cuando se acciona el freno en diferentes condiciones va desde 75 a 140 bar, mediante la implementación de un

manómetro análogo. Con respecto a la red CAN BUS se presenciaron valores de resistencia de 67 ohm, valor de tensión 2.524 de CAN High y 2.522 V para CAN Low respectivamente, además la gráfica ideal de funcionamiento de la red multiplexada dio valores de tensión 1.25 a 2.50 V en CAN Low y en de 2.5 a 3.75 V en CAH High, con estos valores se determinó que el módulo ABS y la red multiplexada están en correcto funcionamiento.

- Mediante la utilización del CAN BUS Analyzer se verificó el correcto funcionamiento de la red multiplexada, donde proporcionó información referente a la trama de datos en varias pruebas de funcionamiento del vehículo comparando las tramas de datos se hace referencia que existe cambios en sus bits de comunicación, tomando en consideración que los mensajes 1, 3, 5 sufren cambios debido al de giro de la rueda transformado en velocidad, mientras que en el mensaje 0 hace referencia a la activación de la luz del freno y posición del pedal, así mismo el cambio que refleja en el data 6 referente a cambios de presión del circuito de freno, y como último análisis en los campos de datos 2, 4, 7 se refiere a información que comparte los diferentes módulos dentro del sistema CAN BUS. Con estos datos se pudo constatar que la comunicación del sistema CAN y los módulos que intervienen en la red multiplexada trabajan de forma simultánea enviando información en cuestión de milisegundos confirmando el buen estado del mismo.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda para realizar las pruebas de medición de presión se utilice un manómetro análogo que tenga una tolerancia mínima de presión de 250 bar, pero cabe recalcar que este equipo no proporciona valores exactos, limitando la apreciación de la caída de presión, ya que dicho manómetro trabaja bajo escala de decenas lo cual no permite el adecuado análisis de datos, por eso se recomienda la utilización de un manómetro digital el cual permite observar la fluctuación de cambios de presión al momento de la activación del HCU.
- Se recomienda al momento de realizar las pruebas de campo expuestas en el trabajo de grado, la velocidad segura para la activación de los sistemas y la recolección de datos se lo realice a una velocidad de 45 km/h, en la cual permite evidenciar los cambios en su funcionamiento como, velocidad de giro de la rueda, presión del sistema de frenos y cambio en su ciclo de trabajo en la red multiplexada, ya que si se realiza a una mayor velocidad los datos no se verán afectados.
- Para un posterior estudio se recomienda incluir el sistema de control electrónico de estabilidad (ESP), el cual evita el sobreviraje y subviraje del vehículo, el cual trabaja en conjunto con el módulo ABS ya que ayuda al automotor a mantener la estabilidad y adherencia en caso de una emergencia. Este sistema proporciona datos y cambios relevantes en la información compartida dentro de la red multiplexada ampliando de esta manera el campo de estudio a analizar.

## BIBLIOGRAFIA

- Area Tecnológica. (2019). *sistema antibloqueo de frenos abs*.
- Baloch, Q. B. (2017). *Estudio del Protocolo de Comunicación serial BUS CAN y la aplicación en la industria de vehículos de transporte*. 11(1), 92–105.
- BOSCH. (n.d.). *FSA 740 – equipo de medición | Bosch Automotive Aftermarket*. Retrieved May 25, 2022, from <https://www.boschaftermarket.com/es/es/equipos-y-diagnosis/analisis/analisis-de-sistemas-del-vehículo/fsa-740-sin-kts-560/>
- Bosch GmbH, R. (2005). *Bosch Automotive Electrics and Automotive Electronics*.
- Bosch Robert. (2002). *Electronic Automotive Handbook*.
- Bosch Robert. (2021a). *FSA 720 | Bosch Automotive Aftermarket*. <https://www.boschaftermarket.com/es/es/equipos-y-diagnosis/analisis/analisis-de-sistemas-del-vehículo/fsa-720/>
- Bosch Robert. (2021b). *KTS 560 | Equipo de diagnosis con multímetro integrado*. <https://www.boschaftermarket.com/es/es/equipos-y-diagnosis/diagnosis/equipos-de-diagnosis/kts-560/>
- CAN-BUS archivos - INGENIERÍA Y MECÁNICA AUTOMOTRIZ*. (n.d.). Retrieved September 20, 2022, from <https://www.ingenieriaymecanicaautomotriz.com/category/mecanica/sistema-electronico/can-bus/>
- Cano Martínez, Alberto. (2012). *Mantenimiento de redes multiplexadas (UF1104)*. 182.
- E Libro*. (n.d.). Retrieved January 22, 2023, from <https://elibro.net/es/ereader/utnorte/42723>
- Electrotool. (2016). *OTC 3840F 2 canales Automotive - EletroTool.Com*. <http://www.electrotool.com/producto/osciloscopios/43/otc-3840f-2-canales-automotive.html>
- ITA. (2020). *ITACR.COM - Informacion Tecnica Automotriz*. Sistema de Frenos. <https://www.itacr.com/boletin24.html>
- Microchip Technology Incorporated. (2011). *CAN BUS Analyzer User's Guide. USER MANUAL*.
- Ortega, S. (2020). *¿Qué es una investigación longitudinal?*. QuestionPro. <https://www.questionpro.com/blog/es/investigacion-longitudinal/>
- Ros Joan, & Barrera Oscar. (2017). *Sistemas eléctricos y de seguridad y confortabilidad - BARRERA DOBLADO, OSCAR, ROS MARIN, JOAN ANTONI - Google Libros*. <https://books.google.com.ec/books?id=kK3LqRlaY-QC&pg=PA167&dq=importancia+de+la+electr%C3%B3nica+en+el+autom%C3%B3vil&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjxp9exn5D9AhUFRTABHV8bBukQ6AF6BAGIEAI#v=onepage&q=importancia%20de%20la%20electr%C3%B3nica%20en%20el%20autom%C3%B3vil&f=false>

- Sánchez Gerardo. (2016). Revisión documental del protocolo CAN como herramienta de comunicación y aplicación en vehículos. In *Publicación Técnica No. 474*. <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt474.pdf>
- SECRETARIA NACIONAL DE PLANIFICACIÓN 2021. (n.d.). *Plan-de-Creación-de-Oportunidades-2021-2025-Aprobado\_compressed*.
- Semestre, C., & José Fernando Robles Márquez, I. (n.d.). *Diagnóstico Y Servicio A Sistemas De Frenos ABS*.
- Servicio Ecuatoriano de Normalización. (2016). *Normativa Técnica Vehicular*. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/reglamentos/RTE-034-4R.pdf>
- Tenesaca Teodoro, Gestión, E. Y., José, P., Tapia, M., Monserrath, G., Regalado, S., Xavier, P., & Webster, A. (2012). *Universidad Del Azuay Facultad De Ciencia Y Tecnología*.
- Trujillo, A. (n.d.). *CAN BUS ANALYZER TOOL | Microchip Technology*. Retrieved September 28, 2022, from <https://www.microchip.com/en-us/development-tool/APGDT002#>

## ANEXOS

### Anexo 1 Bosch FSA 740



Osciloscopio de 2 canales	Tasa de escaneado 50 MS/s	Rango de medición de la presión de líquido	0 a 1000 kPa
Generador de señales	10 to 12 V con 4 formas de señal, 1 Hz a 1 kHz	Número de pruebas de componentes	50 preconfiguradas
Rango de medición de voltaje	0 a 60 V	Numero de procedimientos de prueba guiados	18 (con valores establecidos)
Rango de medición de corriente	0 a 1000 A	Número de señales del sensor visibles simultáneamente	6
Rango de medición de resistencia	0 a 1 MΩ	Almacenaje de secuencias de señales	Sí
Rango de medición del voltaje de encendido	hasta ± 50 kV	Fuente de alimentación	220 V CC - 240 V AC, 50 / 60 Hz, 700 W
Rango de medición de la velocidad de rotación	100 a 12 000 1/min	Rango de temperatura de funcionamiento	5 °C a 40 °C
Rango de medición de la temperatura del aceite	-20 °C a 150 °C	Dimensiones (an x al x pr)	1740 x 860 x 760 mm
Rango de medición de la temperatura del aire	-20 °C a 100 °C	Peso	95 kg
Rango de medición de la presión (atmosférica)	-800 hPa a 1500 hPa		

(BOSCH, n.d.)

**Anexo 2 Multímetro BOSCH 7 677.**



Fabricante	Bosch
Marca	Bosch Automotive Tools
Modelo	Bosch
Peso del producto	0.59 g
Dimensiones del producto	26.29 x 15.88 x 5.33 cm; 0.59 g
Número de modelo del producto	FIX 7677
Número de pieza del fabricante	FIX 7677
Color	BLK
Se requiere ensamblaje	No

(Bosch Robert, 2021a)

### Anexo 3 FSA 720 (Módulo de medición portátil)



Osciloscopio de 2 canales	Tasa de escaneado 50 MS/s	Rango de medición de la presión del líquido	0 a 1000 kPa
Generador de señal	10 V a 12 V con 4 formas de señal, 1 Hz a 1 kHz	Número de pruebas de componentes	50 preconfiguradas
Rango de medición de voltaje	0 V a 60 V	Número de procedimientos de prueba guiados	18 (con valores fijados)
Rango de medición de corriente	0 A a 1000 A	Número de señales de sensor visibles simultáneas	6
Rango de medición de resistencia	0 a 1 MΩ	Almacenaje de secuencias de señal	Sí
Rango de medición del voltaje de encendido	hasta ± 50 kV	Fuente de alimentación	15 V / 4.3 A
Rango de medición de la velocidad de rotación	100 a 12 000 1/min	Temperatura de funcionamiento	5 °C a 40 °C
Rango de medición de la temperatura del aceite	-20 °C a 150 °C	Dimensiones (al x an x pr)	180 x 550 x 200 mm
Rango de medición de la temperatura del aire	-20 °C a 100 °C	Peso	8 kg
Rango de medición de la presión (atmosférica)	-800 hPa a 1500 hPa		

(Bosch Robert, 2021b)

## Anexo 4 KTS 560.



KTS 560	Multímetro de 1 canal	Ancho de banda del multímetro	100 kHz
Voltaje de funcionamiento	8V CC-28V CC	Protocolos del vehículo	ISO 15031, ISO 22900, SAE J2534-1 y -2 (PassThru), ISO 9141-2 (K y L), SAE J1850 VPW y PWM, CAN Alta velocidad ISO 11898, ISO 15765-4 (OBD), CAN Single Wire, CAN Baja velocidad, ISO 13400 (Diagnósticos sobre IP), y otros protocolos específicos del vehículo
Consumo eléctrico a través de la batería o la fuente de alimentación	< 10 vatios	Dimensiones	125 x 44 x 180 mm (an x al x pr)
Conexiones al PC	USB 2.0, Bluetooth® Clase 1	Temperatura de funcionamiento	5 °C – 40 °C
Peso	aprox. 0,5 kg		
Protección contra el polvo y el agua	IP53		

(Bosch Robert, 2021b)

## Anexo 5 Osciloscopio OTC



- Osciloscopio automotriz de dos canales

## Anexo 5 continúa

- Cables de prueba apantallados con el suelo (2 piezas)
- Captación inductiva
- Captura secundaria de encendido
- Pinzas de cocodrilo (3 piezas)
- Sonda de pines Volver (3 piezas)
- Sondas de prueba (3 piezas)
- Adaptador de corriente AC
- Ni-MH batería recargable (instalada)
- Kit Interface USB
- Manual del usuario
- Bolsa de transporte blanda

(Electrotool, 2016)

## Anexo 6 MICROCHIP CAN BUS Analyzer



Supports CAN 2.0b and ISO11898-2

Intuitive PC User Interface for functions such as configuration, trace, transmit, logging

Direct access to CAN High and CAN Low, CAN TX and CAN RX signals for robust debugging

Flexible CAN bus interface options i.e., standard DB9 connector or screw terminals

Software control of termination resistance and LED display for status, traffic, BUS error

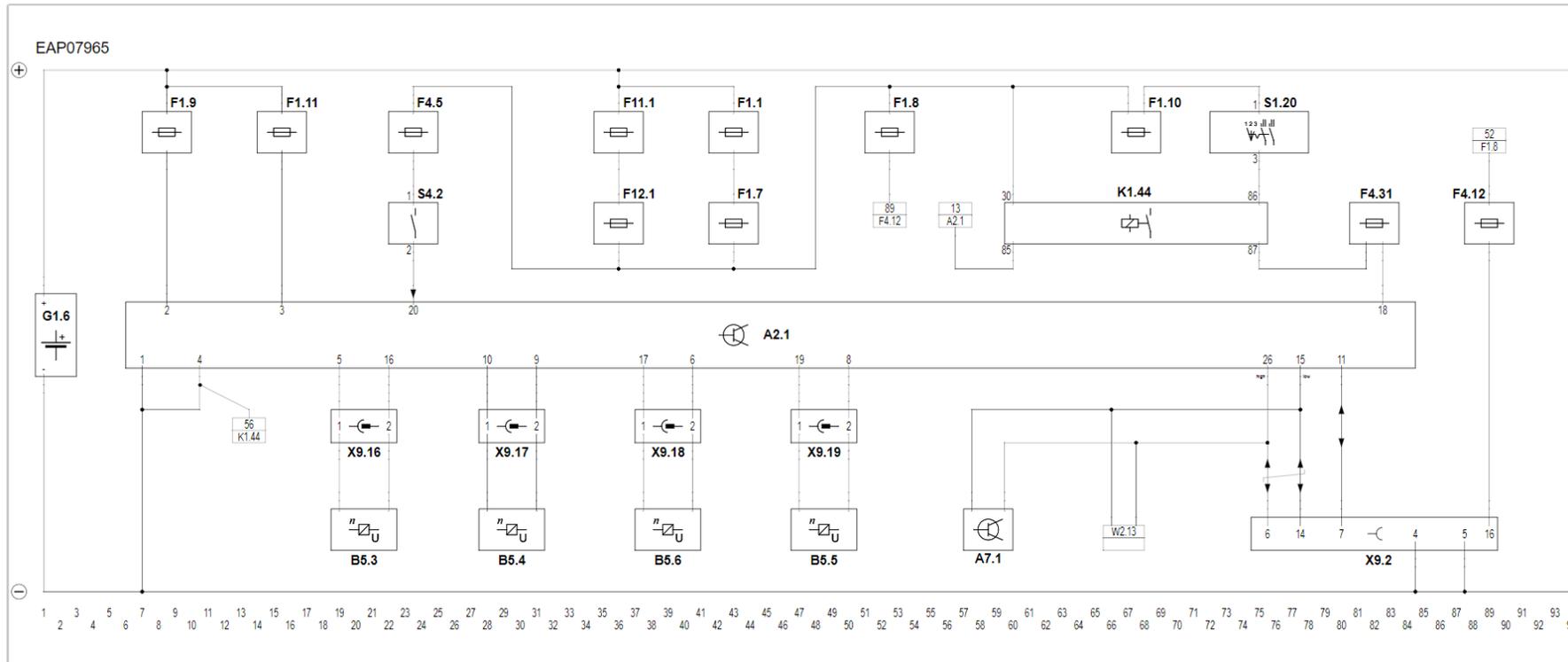
(Trujillo, n.d.)

**Anexo 7 Tolerancia de mediciones**

Desviacion estandar Voltaje	
Valor Obtenido	Desviacion estandar
13,89	0,136198385
13,64	
13,95	
13,88	
13,69	
Pomedio	
Desviacion estandar ohmiaje	
Valor Obtenido	Desviacion estandar
68,9	1,450861813
69	
66,5	
70	
67,1	
Pomedio	68,3

Desviacion estandar CAN HIGH	
Valor Obtenido	Desviacion estandar
2,522	0,00303315
2,524	
2,52	
2,528	
2,525	
Pomedio	
Desviacion estandar CAN LOW	
Valor Obtenido	Desviacion estandar
2,522	0,012206556
2,522	
2,523	
2,53	
2,498	
Pomedio	2,519

## Anexo 8 Diagrama módulo ABS Amarok



A2.1	Unidad de mando del ABS.	F1.10	Fusible 10 (caja de fusibles 1).	F4.12	Fusible 12 (caja de fusibles 4).	W2.13	Bus de datos CAN C.
A7.1	Cuadro de instrumentos.	F1.11	Fusible 11 (caja de fusibles 1).	F4.31	Fusible 31 (caja de fusibles 4).	X9.16	Conector sensor núm.rev. rueda del.izq..
B5.3	Sensor número revoluc. rueda del. izq..	F1.7	Fusible 7 (caja de fusibles 1).	F4.5	Fusible 5 (caja de fusibles 4).	X9.17	Conector sensor núm.rev. rueda del.der..
B5.4	Sensor de velocidad de rueda del. der..	F1.8	Fusible 8 (caja de fusibles 1).	G1.6	Batería (12 V).	X9.18	Conector sensor núm.rev. rueda det.izq..
B5.5	Sensor de velocidad de rueda det. der..	F1.9	Fusible 9 (caja de fusibles 1).	K1.44	Relé de encendido.	X9.19	Conector sensor núm.rev. rueda det.der..

(Bosch Robert, 2021b)

## Anexo 9 Práctica Sensor ABS

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS  
*INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ*

### 1.- TEMA DE LA PRÁCTICA

**Verificación del funcionamiento del sistema ABS**

### 2.- DATOS INFORMATIVOS

<b># Práctica:</b> 1	<b>Semestre:</b>	<b>Período Académico:</b>	<b>Laboratorio/Taller:</b>
<b>Docente:</b>		<b>Fecha de Ejecución:</b>	<b>Fecha de Entrega:</b>

### 3.- OBJETIVOS

- Identificar el tipo de sensor de un sistema ABS, para interpretar la señal generada.
- Verificar la existencia de sensores complementarios al ABS, para obtener el oscilograma de estos.
- Manipular adecuadamente el osciloscopio y el multímetro automotriz en el proceso de comprobación del sistema ABS
- Obtener el diagrama del sensor ABS, mediante la identificación del cable de señal
- Interpretar la señal generada por los sensores, para determinar las características de funcionamiento.

### 4.- EQUIPO REQUERIDO

- Multímetro
- G-Scan
- Osciloscopio
- Vehículo
- Elevador

## 5.- MATERIALES POR ESTUDIANTE

- Información Bibliográfica
- Overol

## 6.- MARCO TEÓRICO

### Sensor ABS

Estos sistemas son los encargados de regular la frenada, los cuales comienzan con unos sensores en las ruedas que controlan la velocidad de giro que se llama RPM de ruedas. A partir de estos datos suministrados por cada uno de los sensores, la unidad de control electrónico ECU, es capaz de calcular mediante un algoritmo matemático una velocidad media que se toma que corresponde aproximadamente a la velocidad del vehículo. Comparando las distintas velocidades que va adquiriendo una rueda con la media global se puede saber si esta rueda amenaza o no con bloquearse.

#### 1. Que ventajas nos proporciona tener el ABS.

- Estabilidad en la conducción: es importante mantener la estabilidad del vehículo durante la frenada en cualquier situación.
- Control de la conducción: se debe mantener el control direccional del vehículo en todo momento, incluso en situaciones extremas de frenada en curva, y aunque se pierda adherencia en algunas ruedas;
- Distancia de frenado: con el uso del ABS las distancias de frenado en condiciones límites se reducen considerablemente, manteniéndose el control del vehículo.

#### 2. Componentes

##### - Sensores de rueda

Estos sistemas con sensores ABS llamados captadores de rueda miden la velocidad instantánea en cada una de ellas enviando constantemente información a la ECU estos tipos de sensores existen de dos tipos como son los inductivos y de efecto Hall tanto activos como pasivos. Para esta práctica vamos a medir la operación de sensores tipo Hall.

##### - Unidad de control electrónico (ECU)

La ECU se encarga del tratamiento de las señales enviadas por los captadores o sensores de cada rueda. Es el cerebro del sistema ABS. Recibe información de los sensores y envía señales a las válvulas ABS y a la unidad hidráulica para el caso de sistemas hidráulico de frenos. Ya que toda la información recibida es tratada en

paralelo mediante los microcomputadores en caso de que la información no sea idéntica la ECU puede apreciar que hay alguna rueda bloqueada.

- **HCU (Unidad de Control Hidráulico)**

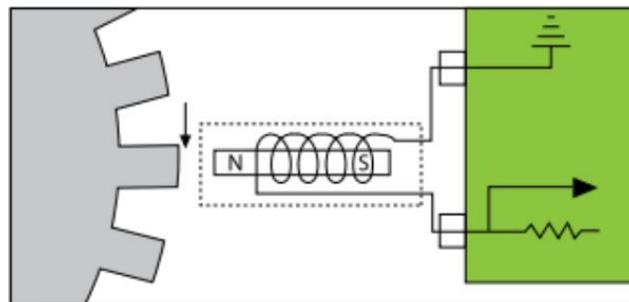
En el modo de operación cambia los conductos de líquidos para controlar la presión del líquido de los cilindros de rueda. Como respuesta a la instrucción recibida de HCU también forma parte del conducto del líquido de frenos que se extiende desde el cilindro maestro a los cilindros de rueda, junto con las tuberías.

## 7.- PROCEDIMIENTO

1. Colóquese los equipos de protección personal.
2. Realice una inspección visual, reconociendo los elementos que conforman el sistema de frenos ABS.
3. Levante el capó e identifique la unidad hidráulica del sistema y unidad de control.
4. Eleve el vehículo e identifique el número de sensores del sistema ABS considerando:
  - 4.1 Si posee 4 sensores (una en cada rueda), se trata de un sistema de cuatro vías.
  - 4.2 Si posee 3 sensores (una para cada rueda delantera y uno para las dos ruedas traseras), se trata de un sistema de tres vías.
5. Considere las siguientes recomendaciones técnicas para el análisis respectivo.

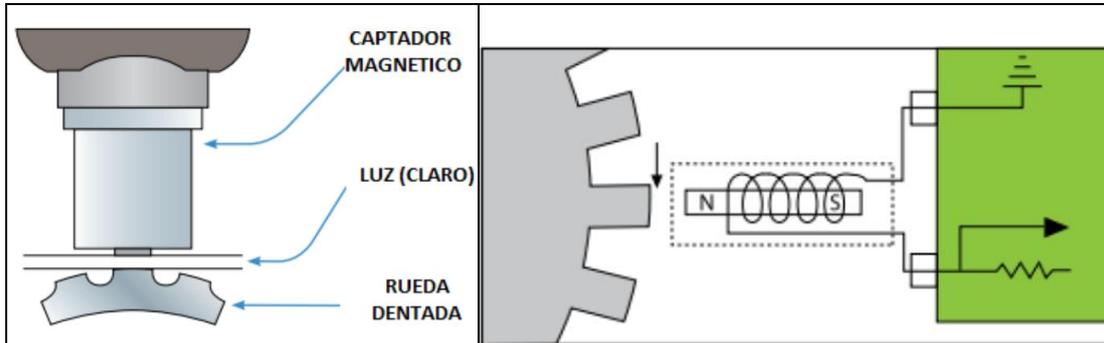
### Comprobación sensor de efecto Hall

1. Graficar el diagrama eléctrico del sensor Hall.



2. Una vez desmontado los neumáticos identificar el conector del sensor y desconectarlo.
3. Colocar el interruptor de encendido
4. Colocar el multímetro en función de voltaje de corriente continua.
5. Conectar el terminal negativo del multímetro a una buena masa.

6. Identificar el cable de alimentación del sensor y verificar el voltaje.
7. Identificar el cable de señal y masa (en caso de que lo tuviera)
8. Conectar el conector del sensor.
9. Conectar el terminal positivo del multímetro al cable de señal del sensor, hacer girar la rueda y observar el voltaje generado.



Tipo de sensor	V operación	Alimentación	Tipo de onda
Sensor ABS activo	0.9V a1.9V	12V	Cuadrada

1. Una vez obtenido los valores referenciales con el multímetro proceder a verificar el oscilograma de cada sensor mediante la manipulación del osciloscopio automotriz.
2. Calibrado el osciloscopio, conectar al terminal de señal del sensor. Analizar las señales y comparar con el resto de los sensores.
3. Valores de voltaje a distintas velocidades y comportamiento de su onda.

<b>Sensor RH delantero</b>		<b>Color de cable</b>	<b>Valor medido</b>
Alimentación		Negro	
Señal		Tomate	
Masa		-	
<b>Sensor RL delantero</b>		<b>Color de cable</b>	<b>Valor medido</b>
Alimentación		Negro	
Señal		Verde	
Masa		-	
<b>Sensor RH posterior</b>		<b>Color de cable</b>	<b>Valor medido</b>
Alimentación		Negro	
Señal		Tomate	
Masa		-	
<b>Sensor RL posterior</b>		<b>Color de cable</b>	<b>Valor medido</b>
Alimentación		Negro	
Señal		Verde	
Masa		-	
<b>Velocidad de referencia</b>	<b>Valor del Voltaje</b>		<b>Comportamiento de la Onda</b>
<b>15km/h</b>			
<b>30 km/h</b>			
<b>45kh/h</b>			

## 8.- PREGUNTAS

1. ¿Qué sucede con una rueda después que se bloquea y se libera con el ABS?

- Su velocidad se iguala a las otras ruedas.
- Corre más rápido que las otras ruedas.
- Corre más despacio que las otras ruedas.

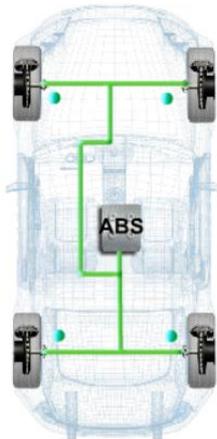
2. ¿Puede un ABS de 4 canales tener menos de 4 solenoides?

- Si
- No

3. ¿Qué sistemas es un ABS que tiene 4 sensores y 2 solenoides?

- ABS de 4 canales
- ABS de 3 canales
- ABS de 2 canales

4. ¿Cómo funciona el siguiente sistema ABS?



- Cuando uno o más de las ruedas se bloquean, todas las ruedas se liberan y frenan juntas.
- Solo cuando todas las ruedas se bloquean las ruedas se liberan y frenan juntas.
- El sistema no puede trabajar como ABS

## Anexo 10 Practica Identificación Red CAN BUS

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS  
*INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ*

### 1.- TEMA DE LA PRÁCTICA

**Verificación sistema CAN BUS**

### 2.- DATOS INFORMATIVOS

<b># Práctica:</b>  2	<b>Semestre:</b>  	<b>Período Académico:</b>  	<b>Laboratorio/Taller:</b>  
<b>Docente:</b>  	<b>Fecha Ejecución:</b>  	<b>de</b>  	<b>Fecha Entrega:</b>  <b>de</b>

### 3.- OBJETIVOS

- Identificar el tipo de sensor de un sistema ABS, para interpretar la señal generada.
- Verificar la existencia de sensores complementarios al ABS, para obtener el oscilograma de estos.
- Manipular adecuadamente el osciloscopio y el multímetro automotriz en el proceso de comprobación del sistema ABS
- Obtener el diagrama del sensor ABS, mediante la identificación del cable de señal
- Interpretar la señal generada por los sensores, para determinar las características de funcionamiento.

### 4.- EQUIPO REQUERIDO

- Multímetro
- G-Scan
- Osciloscopio
- Vehículo
- Elevador

### 5.- MATERIALES POR ESTUDIANTE

- Información Bibliográfica
- Overol

## 6.- MARCO TEÓRICO

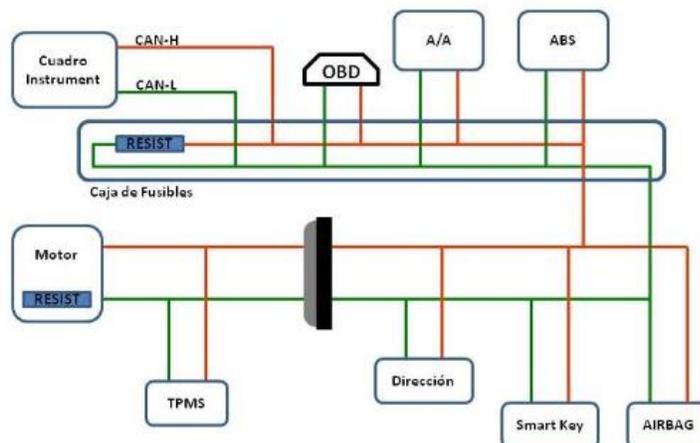
El sistema CAN BUS es un protocolo de comunicación mediante el cual distintos dispositivos de un coche pueden intercambiar información entre sí para ello no es necesario un ordenador matriz, pues cada subsistema electrónico del coche tiene su propia ECU.

### Características del sistema CAN bus

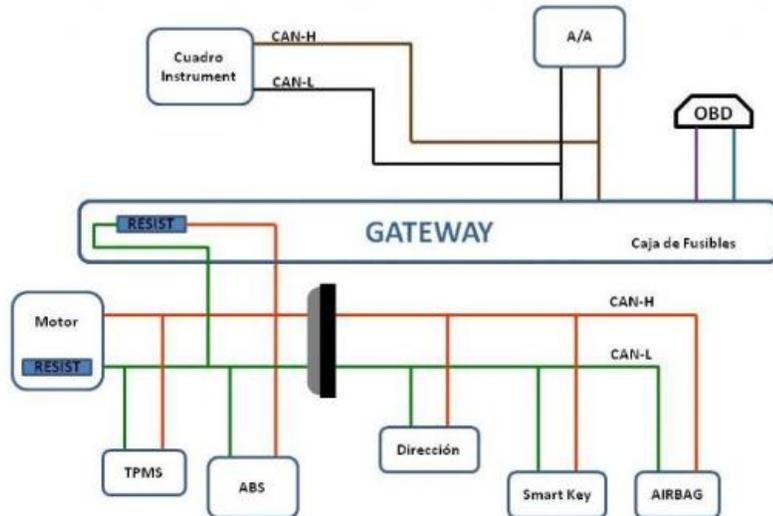
Las principales características del CAN bus son las siguientes:

- La información transmitida dentro del sistema se encuentra en código binario.
- El protocolo CAN está orientado a mensajes, esto quiere decir que la información que se envía de un dispositivo a otro primero se descompone en mensajes, los cuales se identifican y encapsulan por separado para ser enviados por tramos.
- El canal de comunicación CAN es bidireccional (cada dispositivo es emisor y receptor de datos).
- El hecho de eliminar uno o más nodos no afecta al sistema CAN, ya que el resto siguen interconectados. Gracias a ello, la configuración de la red de comunicación es flexible.
- Los mensajes se transmiten por orden de prioridad. Por ejemplo, los mensajes relacionados con el sistema ABS son más importantes que los relacionados con el cambio automático.

CAN sin Gateway:



### CAN con Gateway:



¿Cómo identificar una avería en el CAN?

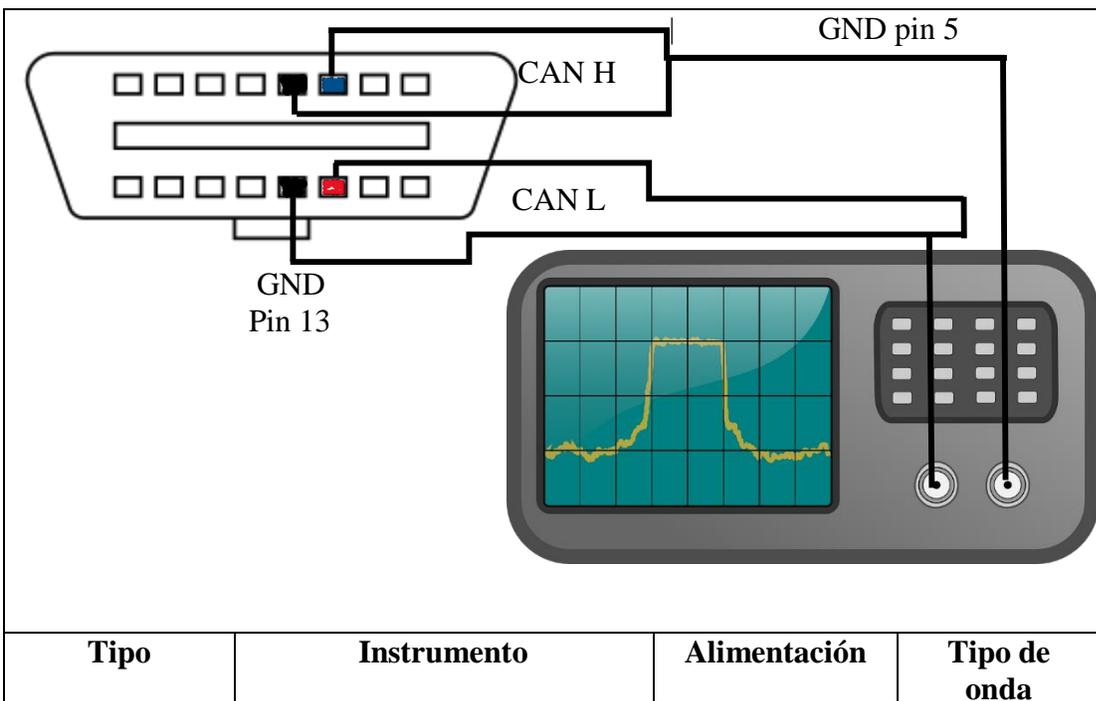
Los fallos del CAN casi siempre presentan códigos de avería de tipo, tiempo de comunicación agotado, Can Time-out, error de señal o fallo de comunicación, entre otros. Además, estos fallos vendrán acompañados de la correspondiente luz de avería en el cuadro.

## 7.- PROCEDIMIENTO

6. El primer paso para comprobar el CAN con un multímetro es desconectar la batería del vehículo. En este caso no se trata de una medida de seguridad, sino que las mediciones de resistencia no serán correctas si no se desconecta.
7. Utilizando el esquema eléctrico, localiza algún punto del CAN al que puedas acceder fácilmente, muchas de las unidades de control y gran parte del cableado se encuentran detrás del salpicadero, es muy importante aprender a diagnosticar las averías desmontando el vehículo lo menos posible, al menos eso intento yo siempre.
8. Sin desconectar ningún conector, mide la resistencia entre CAN High y CAN Low, cuando todo es correcto debe ser aproximadamente de 60  $\Omega$ . Cualquier valor inferior a 57 o superior a 63 debe hacernos sospechar de una incidencia. Un falso contacto, por ejemplo, puede causar una

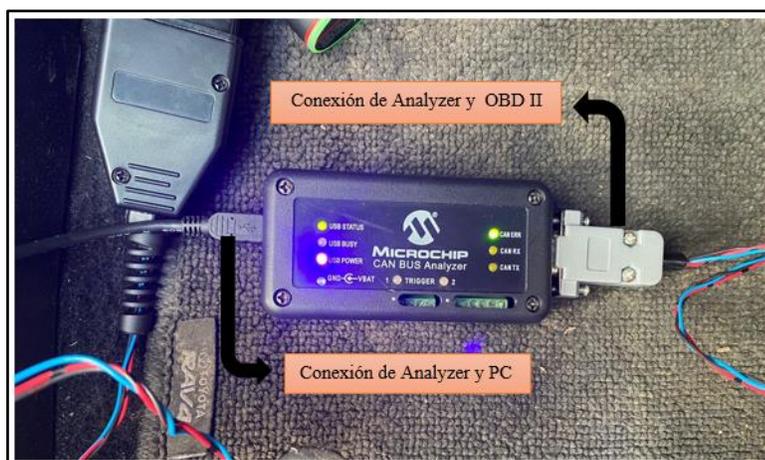
avería esporádica del CAN por vibraciones, avería que puede no estar presente en el momento de tus mediciones, pero, aun así, muy probablemente encontrarás una resistencia un poco mayor que la especificada.

9. Localiza una de las resistencias terminales del CAN en el esquema eléctrico, desconecta la unidad que la contenga y verifica la unidad midiendo la resistencia interna entre los pines del CAN, como ya hemos comentado, dicha resistencia debe ser de aproximadamente 1200.
10. Una vez desconectada y revisada una unidad con resistencia terminal, vuelve a medir en tu posición inicial y verifica que la resistencia entre CAN High y CAN Low es de 120 Q, correspondientes a la otra resistencia terminal que aún está conectada. Cualquier valor fuera del rango 117 - 123 0 debe hacerte sospechar de una incidencia.
11. Conecta la unidad que habías retirado y repite los pasos retirando la otra unidad que contenga resistencia terminal, midiendo la resistencia entre pines de la unidad y en el cableado, ya tienes claro cuáles son los valores correctos ¿verdad?
12. También debemos descartar una posible derivación a masa, para ello mide la resistencia entre cada una de las líneas CAN y masa. Con todas las unidades conectadas, la resistencia obtenida no será infinita, porque siempre habrá camino a masa a través de la electrónica de las unidades, pero si deberá ser de al menos varios KQ.



Conector OBDII	Osciloscopio	12V	Cuadrada
<b>Valores de voltaje CAN HIGH</b>		2.5V a 3.5 V	
<b>Valores de voltaje CAN LOW</b>		1.5V a 2.5 V	

13. Para obtener los resultados mas claros de los valores que nos da el modulo ABS mediante el sistema CAN BUS debemos hacer uso del equipo CANBUS Analyzer el cual nos deja observar datos mediante una codificación de numero hexadecimales los cuales deben ser transformados en numeros binarios para una mejor compresion de los mismos, los cuales seran interpretados e ingresados en una tabla de datos en el ultimo obojtivo del trabajo de grado.



## 8.- PREGUNTAS

1. Indique una ventaja del protocolo CAN.

2. ¿Qué significa CAN BUS y cuál es su finalidad?

3. Los componentes de una red de comunicación son: