



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

ELABORACIÓN DE MANUAL CON PRÁCTICAS AVANZADAS DEL MÓDULO DIDÁCTICO LEYBOLD PARA LA ASISTENCIA DEL FRENADO ABS

TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERÍA EN SISTEMAS AUTOMOTRICES

PRESENTA:

HECTOR ISRAEL FLORES COPALCUA

NOMBRE DEL ASESOR:

FRANCISCO ARTURO VÁZQUEZ TONIX

Apizaco, Tlax., MARZO, 2026





Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Apizaco
Departamento de Ingeniería Eléctrica Electrónica

Tzompantepec, Tlaxcala, 01/diciembre/2025
Departamento: Ingeniería Eléctrica y Electrónica
No. De oficio: I.E.E. /744/2025

Asunto: Liberación de Proyecto
para la Titulación Integral

LIC. CECILIA YARELLY ARREGUÍN LARA
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
PRESENTE

Por este medio le informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la Titulación Integral:

Nombre del egresado:	HÉCTOR ISRAEL FLORES COPALCUA
Carrera:	INGENIERÍA EN SISTEMAS AUTOMOTRICES
No. De Control:	19371242
Nombre del proyecto:	"ELABORACIÓN DE MANUAL CON PRÁCTICAS AVANZADAS DEL MÓDULO DIDÁCTICO LEYBOLD PARA LA ASISTENCIA DEL FRENADO ABS".
Producto	TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE
Excelencia en Educación Tecnológica
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®

MTRO. MARIO EDUARDO LEAL LÓPEZ
JEFE DEL DEPTO. DE INGENIERÍA
ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

ING. FRANCISCO ARTURO VÁZQUEZ TONIX

Nombre y firma del asesor

MELL/isa*
C.p. Archivo



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec,
Municipio de Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel. (241)
4172010 Ext. 145, e-mail: electronica@apizaco.tecnm.mx tecnm.mx |
apizaco.tecnm.mx





Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Apizaco
División de Estudios Profesionales

Tzompantepec, Tlaxcala, 19/Marzo/2026

HECTOR ISRAEL FLORES COPALCUA
EGRESADO(A) DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS AUTOMOTRICES
CON NÚMERO DE CONTROL 19371242.
P R E S E N T E.

Por este medio, me permito informar a usted que por aprobación de la comisión revisora asignada para valorar el trabajo que mediante la opción **TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL** y cuyo tema es: **"ELABORACIÓN DE MANUAL CON PRÁCTICAS AVANZADAS DEL MÓDULO DIDÁCTICO LEYBOLD PARA LA ASISTENCIA DEL FRENADO ABS"**, conforme a lo establecido en el procedimiento para la obtención del Título Profesional en el Instituto Tecnológico, la División de Estudios Profesionales a mi cargo le otorga la:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Debiendo entregar **1 USB** del mismo, apropiadamente empastados, a la brevedad, para presentar su Acto de Recepción Profesional.

Sin otro particular por el momento me despido.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®

CECILIA YARELY ARREGUÍN LARA
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES



ccp. Archivo
CYAL/Gvm*



AGRADECIMIENTOS

Primero agradezco al Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Apizaco por la formación académica, por la oportunidad de esta etapa de residencias profesionales.

Agradezco al Ingeniero Francisco Arturo Vázquez Tonix, por su orientación y compromiso durante el proceso de residencias profesionales, pues su experiencia fue de gran ayuda para lograr el objetivo de este proyecto.

Agradecimiento especial a todos mis maestros por compartir los conocimientos y el apoyo a lo largo de mi formación académica, pues su dedicación ha sido fundamental para mejorar e incrementar mis habilidades.

A mi mamá le agradezco por todo el apoyo que me ha brindado a lo largo de la vida y de mi formación profesional, pues su esfuerzo ha sido la mejor motivación para lograr este objetivo.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	4
ÍNDICE	5
RESUMEN	6
CAPÍTULO I	7
GENERALIDADES DEL PROYECTO	7
1.1 INTRODUCCIÓN	7
1.2 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA/INSTITUCIÓN	7
1.3 OBJETIVOS	8
1.4 JUSTIFICACIÓN	9
CAPÍTULO II	10
MARCO TEÓRICO	10
2.1 FRENADO ABS	10
2.1.1 Componentes del Sistema ABS	10
2.1.2 Funcionamiento de los frenos ABS	14
2.2 INSTRUMENTOS PARA LA MEDICIÓN Y ALIMENTACIÓN EN ELECTRÓNICA	16
2.2.1 Osciloscopio	16
2.2.2 Multímetro	18
2.2.3 Fuente de alimentación	19
2.3 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN AUTOMOTRIZ	20
2.3.1 CAN Bus	20
2.3.2 LIN BUS	26
2.3.3 FLEXRAY	33
CAPÍTULO III	36
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	36
CAPÍTULO IV	39
DESARROLLO	39
RESULTADOS	48
CONCLUSIONES	48
COMPETENCIAS DESARROLLADAS	49
FUENTES DE INFORMACIÓN	49
ANEXOS	51

RESUMEN

En el Capítulo I se proporciona una introducción acerca del informe de residencias en donde se menciona el resultado final, el cual es un manual que cuenta con 18 prácticas. Además, menciona una descripción sobre el Instituto Tecnológico de Apizaco que fue el lugar donde se realizó el trabajo de residencia profesional.

También se establece cuál es el objetivo general: Elaborar un manual de prácticas avanzadas para el módulo LEYBOLD de asistencia del frenado ABS, ubicado en el laboratorio de autotrónica del edificio X y se indica una serie de actividades a realizar las cuales corresponden a los objetivos específicos.

El Capítulo II trata sobre los fundamentos teóricos requeridos para lograr el desarrollo del manual. La información abarca temas como, por ejemplo: el sistema de frenado ABS, el funcionamiento de la unidad de control electrónico, el sensor de velocidad de rueda, sistema hidráulico, etc.

También integra información sobre osciloscopio, multímetro y fuente de alimentación, debido a que durante el desarrollo de las prácticas estos equipos son utilizados. Finalmente proporciona información sobre CAN, LIN y FlexRay, pues estos son los que se encuentran en el módulo didáctico LEYBOLD.

En el Capítulo III habla sobre que en el Instituto Tecnológico de Apizaco se encontraba un módulo el cual no se utilizaba debido a que no contaba con un manual que funcione como guía para el entendimiento del funcionamiento de dicho módulo. Además, los componentes del módulo estaban mezclados en otros módulos y el software no tenía todas sus funciones, todo esto corresponde a la descripción del problema.

El capítulo IV describe el proceso de todas las actividades realizadas para lograr identificar los elementos que corresponden al módulo, además se indica cómo fue el desarrollo de cada una de las prácticas que conforman al manual.

Finalmente, en el Capítulo V se presenta el resultado de este trabajo de residencias profesionales el cual es un manual con 18 prácticas que tienen contenido sobre los protocolos de comunicación automotriz CAN, LIN y FlexRay en el sistema de frenado que cuenta el módulo didáctico.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1 INTRODUCCIÓN

El siguiente reporte es para documentar las actividades durante los trabajos de residencias profesionales por el suscrito.

Tanto en las áreas de ingeniería automotriz como en la formación de profesionales en las universidades se requiere de capacitación sobre los diferentes sistemas en los vehículos para ello, se requieren herramientas didácticas para lograr que se tengan las habilidades adecuadas para el análisis, operación y evaluación de dichos sistemas.

Dichas herramientas didácticas son módulos de entrenamiento que integran algunos de los sistemas automotrices, estos, sirven para la capacitación del personal dentro de alguna empresa o para el aprendizaje de estudiantes.

El Instituto Tecnológico de Apizaco adquirió 4 módulos de entrenamiento de la marca LEYBOLD, entre ellos se encuentra el módulo de entrenamiento de asistencia de frenado.

El resultado presentado es un manual con prácticas avanzadas el cual incluye 18 actividades prácticas a desarrollar, cada una de las prácticas cuenta con un título, objetivo, explicación teórica, desarrollo en el que se muestran indicaciones paso a paso para lograr el objetivo, resultados y conclusiones.

Es recomendable que el usuario o lector tenga conocimientos previos en mediciones eléctricas, tipos de señales, protocolos de comunicación automotriz.

Es importante mencionar que previo a este manual existe otro manual llamado “Manual de Prácticas de Módulo de Asistencia de Frenado Automotriz Leybold” elaborado para el mismo módulo.

1.2 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA/INSTITUCIÓN

El Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Apizaco es una institución de educación pública de nivel superior donde se forman a los mejores profesionistas en el área de ingeniería. Además, es con orgullo la primera institución de educación superior en el Estado de Tlaxcala. En esta institución se comparten y se emplean valores como la honestidad, responsabilidad y lealtad, además, cuentan con un lema el cual es: “Pensar para servir, servir para triunfar”.

GIRO

Educación y preparación tecnológica a nivel superior.

MISIÓN

Formar profesionistas que sean líderes visionarios, emprendedores, con capacidad de generar soluciones disruptivas innovando en la ciencia y tecnología, comprometidos en el desarrollo económico, responsabilidad social teniendo una visión sostenible y sustentable.

VISIÓN

Ser una institución de educación superior tecnológica de vanguardia, formadora de ciudadanos del mundo, con conocimientos interculturales, respetando la diversidad social.

UBICACIÓN

El Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Apizaco está ubicado en: Av. Instituto Tecnológico Núm. 41. San Andrés Ahuashuatepec. Tzompantepec, Tlaxcala.

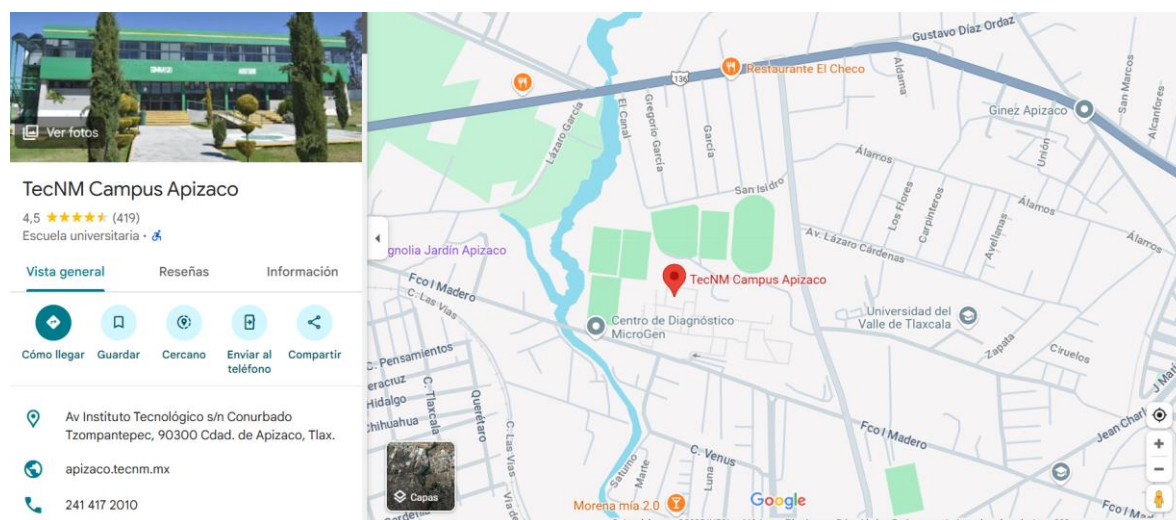


Imagen 1.1 Ubicación del Instituto Tecnológico de Apizaco

El área en donde se realizó la residencia profesional, es en el departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, el cual cuenta con un laboratorio de Autotrónica, ubicado en el edificio X del Instituto Tecnológico de Apizaco. En este laboratorio se encuentran diversos equipos en los cuales los estudiantes realizan actividades de acuerdo con sus planes de estudio.

Entre los diferentes equipos se encuentran módulos didácticos de la marca LEYBOLD, entre ellos se encuentra el módulo de asistencia de frenado utilizado para la elaboración del manual de prácticas.

1.3 OBJETIVOS

Objetivo general

Elaborar un manual de prácticas avanzadas para el módulo LEYBOLD de asistencia de frenado ABS, ubicado en el laboratorio de autotrónica del edificio X.

Objetivos específicos

1. Determinar el estado general del módulo didáctico LEYBOLD de asistencia de frenado empleando un levantamiento de campo en el laboratorio de Autotrónica.

2. Estar en comunicación con el residente anterior del proyecto para conocer los alcances previos realizados en el desarrollo del manual de prácticas básicas.
3. Analizar el funcionamiento general del módulo didáctico para comprender cómo desarrollar el manual de prácticas avanzadas.
4. Realizar una junta técnica entre el residente anterior, el jefe de laboratorio de autotrónica y el suscrito, para establecer acuerdos sobre la elaboración y la continuidad de las prácticas avanzadas.
5. Diseñar y desarrollar prácticas avanzadas del módulo didáctico LEYBOLD enfocadas en el diagnóstico y operación de las redes de comunicación dentro del sistema de frenos.
6. Comprobar el funcionamiento y aplicación del manual de prácticas avanzadas realizando pruebas en el laboratorio para asegurar que sirva como herramienta didáctica para el complemento de actividades académicas.

1.4 JUSTIFICACIÓN

La elaboración de un manual con prácticas avanzadas del módulo didáctico LEYBOLD del sistema de asistencia de frenado se considera que es una necesidad en el laboratorio de Autotrónica en virtud de que, aunque existe un manual con prácticas básicas elaborado anteriormente por otro estudiante de la misma carrera, no se están complementando las funciones avanzadas que ofrece el módulo.

Con el desarrollo de este proyecto se busca que el módulo didáctico LEYBOLD sea útil para los estudiantes mediante la creación del manual que contenga prácticas avanzadas y que permita comprender el funcionamiento de las redes de comunicación automotrices del sistema de asistencia de frenado ABS.

La viabilidad del proyecto es alta, ya que el laboratorio cuenta con el módulo físico y el software necesario para la implementación del manual.

Así pues, en acuerdo entre el suscrito y el jefe de laboratorio de autotrónica se procedió a elaborar el presente manual.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 FRENADO ABS

Los frenos ABS por sus siglas en inglés Antilock Brake System (sistema antibloqueo de frenos) es un sistema de frenado con control electrónico el cual tiene la función de evitar el bloqueo de las ruedas durante la acción de frenado, de esta forma mantiene y corrige la trayectoria del vehículo (Borja, Fenoll & Herrera, p. 231).

El sistema de frenos ABS fue desarrollado a principios de los años ochenta por el grupo Bosch y desde los inicios hasta la actualidad significa un sistema eficiente en las frenadas de emergencia.

El rendimiento de los sistemas antibloqueo que existen en la actualidad ha mejorado bastante respecto a los primeros sistemas que se montaban en los vehículos de los años ochenta, porque ya incorporan sistemas auxiliares opcionales como el control de estabilidad, además del control de tracción de las ruedas motrices (Borja, Fenoll & Herrera, p 231).

El sistema antibloqueo de frenos se adapta al sistema de frenado convencional, este mantiene independencia, debido a que solo actúa en situaciones de emergencia de bloqueo de las ruedas.

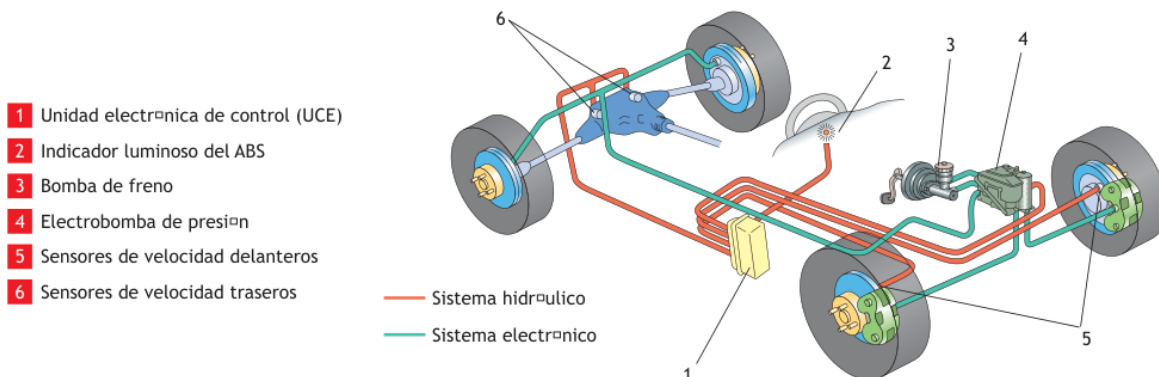


Imagen 2.1 Elementos del sistema ABS. Tomado de *Sistemas de transmisión y frenado* (p. 232), por J.C Borja, J. Fenoll y J.S. de Herrera, MACMILLAN Profesional.

2.1.1 Componentes del Sistema ABS

El sistema antibloqueo se compone de dos sistemas; el sistema electrónico y el sistema hidráulico de mando.

Unidad de mando electrónico (ECU)

La unidad de control electrónico o Electronic Control Unit por sus siglas en inglés (ECU) es un elemento fundamental para el correcto funcionamiento de un automóvil. Su función principal es administrar los sistemas electrónicos automotrices para optimizar el rendimiento y la eficiencia para controlar las funciones indispensables como la inyección de combustible, la mezcla de aire-combustible, el encendido, el sistema de frenos, el sistema de suspensión,

la dirección, entre otros. Esto se logra mediante el monitoreo de diversos datos realizado por los sensores distribuidos dentro del vehículo para enviar datos a los actuadores (Nervo, 2025).

La unidad de mando electrónica funciona en conjunto con la unidad de electrónica de control (ECU), desempeñando las siguientes funciones:

1. Recibe las señales alternas de los sensores de las ruedas.
2. Gestiona el control de tracción, el control de estabilidad, etc., que funcionan con el sistema antibloqueo de las ruedas (ABS)
3. Administra el estado del sistema antibloqueo. Indica con un testigo en el cuadro de instrumentos al momento de ocurrir alguna avería.
4. Mantiene funcionando el sistema de frenado convencional en caso de averías con el sistema ABS, para poder desplazarse a un taller de reparaciones.
5. Almacena las averías mediante códigos de fallas, para que después con un escáner automotriz se detecten oportunamente y sirva de guía durante la reparación del sistema (Borja, Fenoll & Herrera, p 231).



Imagen 2.2 Unidad electrónica de control (ECU). Tomado de *ECU's de coche* [Fotografía], por Especialistas En Reparación de ECUs DE COCHE, 2025, ECUsCB(<https://ecuscb.com/articulos/fundamentos-basicos/ecus-de-coche>)

La unidad electrónica de control (UCE)

La unidad electrónica de control dentro del sistema antibloqueo es el cerebro del sistema, ya que aquí procesa y selecciona las órdenes que deben cumplir el resto de los componentes (Borja, Fenoll & Herrera, p. 232).

La unidad de control del ABS es la encargada de determinar la velocidad proporcionada por las señales obtenidas por los sensores de velocidad de las ruedas. Por ello, la unidad de control ABS regula la fuerza del frenado en cada rueda para cambiar o mantener la presión de frenado, evitando el bloqueo de las ruedas (Forvia Hella, 2020).

La unidad de control está compuesta por las siguientes unidades:

1. Unidad electrónica ROM, en esta unidad se almacenan los datos predeterminados en la unidad de control para el correcto funcionamiento del sistema ABS.

2. Unidad electrónica RAM, en esta unidad se guarda toda la información procedente de cada sensor del sistema.



Imagen 2.3 Unidad de control ABS. Tomado de *Unidades de control ABS* [Fotografía], por forvia, 2020, Forvia(<https://www.hella.com/partnerworld/es/Gama-de-productos/Electronica/Unidades-de-control-ABS-13060/>)

Sensor de rueda

El sensor de rueda se monta en el buje de la rueda y su función principal es la de proporcionar información de la velocidad de cada una de las ruedas, a la unidad de control electrónico, de esta forma dicha unidad de control determina si existe bloqueo en alguna rueda (Borja, Fenoll & Herrera, p 232).

Existen dos tipos de sensores: activo y pasivo. El sensor de tipo inductivo o también llamado sensor pasivo, que está conformado por una bobina que al pasar por una corona dentada llamada rueda fónica, produce una variación de corriente. La rueda fónica se instala en la transmisión al lado de la rueda del vehículo. Este elemento es muy importante y se le debe prestar atención a su estado, porque al estar expuesta a golpes, un mal estado de sus dientes podría indicar un error en la lectura del sensor y generar una avería en el sistema ABS (Borja, Fenoll & Herrera, p 232).



Imagen 2.4 Sensor de rueda inductivo. Tomado de *Sistemas de transmisión y frenado* (p. 233), por J.C Borja, J. Fenoll y J.S. de Herrera, MACMILLAN Profesional.

El sensor de tipo activo es alimentado por una tensión establecida por la unidad de control ABS.

La rueda motriz empleada es un anillo multipolo insertado en un anillo obturador de un cojinete de la rueda. En este anillo se incluyen imanes con dirección magnética cambiante. En el sensor se encuentran resistencias magnetorresistivas que detectan el campo magnético cambiante en el movimiento giratorio del anillo multipolo. La señal senoidal generada es transformada a una señal digital (Hella, 2025).

El sensor se conecta a la unidad de control por medio de dos cables. Uno de los cables transmite la señal generada por el sensor a la unidad de control y este cable sirve de alimentación para el sensor. El otro cable sirve de masa del sensor.

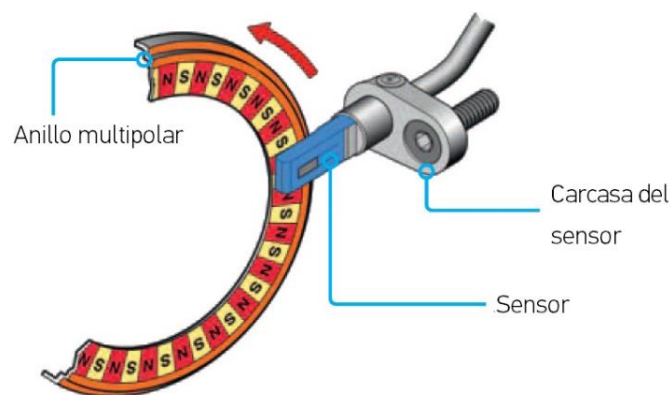


Imagen 2.5 Sensor de rueda de numero de revoluciones. Tomado de *Sensor ABS y sensores de velocidad de las ruedas* [fotografía], 2018, HELLA
(<https://www.hella.com/techworld/mx/Informacion-Tecnica/Sensores-y-actuadores/Sensor-ABS-4074/>)

Sistema hidráulico

El sistema hidráulico de los frenos ABS se lo conforma por los siguientes elementos:

1. Cuatro electroválvulas de apertura o admisión. Los sistemas ABS actuales poseen una electroválvula por rueda del vehículo.
2. Cuatro electroválvulas de cierre o escape. Se cuenta con una electroválvula por cada rueda del vehículo.
3. Dos acumuladores de baja presión y otros dos de alta presión.
4. Una electrobomba de presión.

2.1.2 Funcionamiento de los frenos ABS

El funcionamiento del sistema hidráulico dentro de un sistema ABS consta de cuatro fases.

1. Primera fase: sin acción de frenada.

Durante esta primera fase el conductor no requiere frenar, entonces, no pisa el pedal de freno del vehículo, por lo tanto, la electroválvula de entrada está abierta y la electroválvula de salida se encuentra cerrada. Por ello, durante una frenada normal, el sistema de frenos va a funcionar con la bomba convencional (Borja, Fenoll & Herrera, p 232).

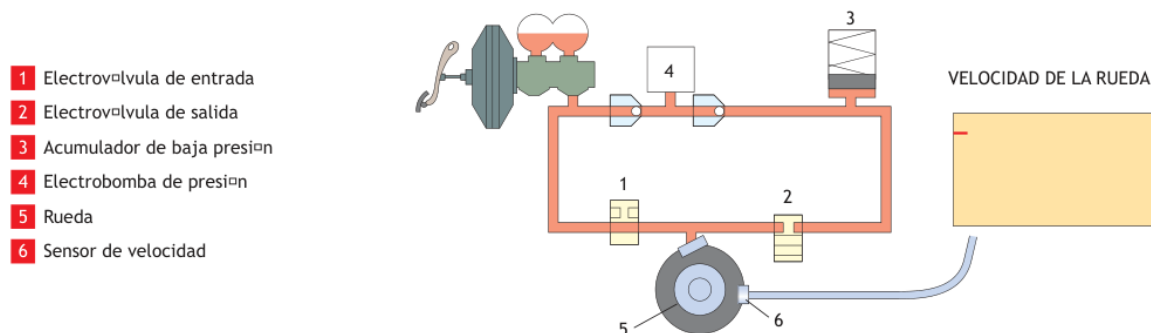


Imagen 2.6 Sin acción de frenada. Tomado de *Sistemas de transmisión y frenado* (p. 234), por J.C Borja, J. Fenoll y J.S. de Herrera, MACMILLAN Profesional.

2. Segunda fase: frenada sin bloqueo de ruedas.

En esta segunda fase para detener el vehículo el conductor ha pisado el pedal de freno, de esta forma el sistema ABS indica a la unidad de control electrónica de la intención de detener el vehículo.

Por los sensores de las ruedas, la unidad de control detecta la desaceleración en las ruedas y debido a que no se han bloqueado dichas ruedas no hace actuar el sistema ABS. Entonces el vehículo frenará con el sistema de frenos convencional y la electroválvula de entrada permanece abierta y la de salida cerrada (Borja, Fenoll & Herrera, p 232).

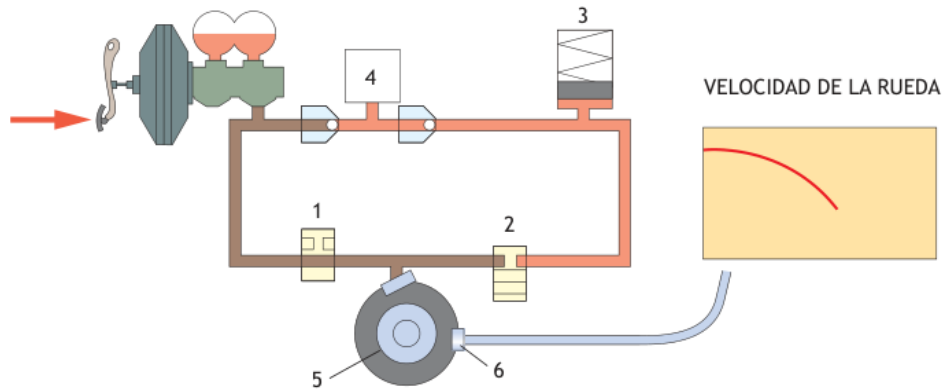


Imagen 2.7 Fase 2: Frenada sin bloqueo de ruedas. Tomado de *Sistemas de transmisión y frenado* (p. 234), por J.C Borja, J. Fenoll y J.S. de Herrera, MACMILLAN Profesional.

3. Tercera fase: bloqueo de ruedas

Durante esta fase si una rueda se encuentra bloqueada durante la frenada, la presión de frenado no se debe mantener porque se seguiría bloqueando. Para disminuir la presión de frenado se cierra la electroválvula de entrada y se abre la electroválvula de salida en la rueda afectada. Con esta acción el líquido a presión se libera hacia el acumulador, reduciéndose la frenada y desbloqueándose la rueda (Borja, Fenoll & Herrera, p 232).

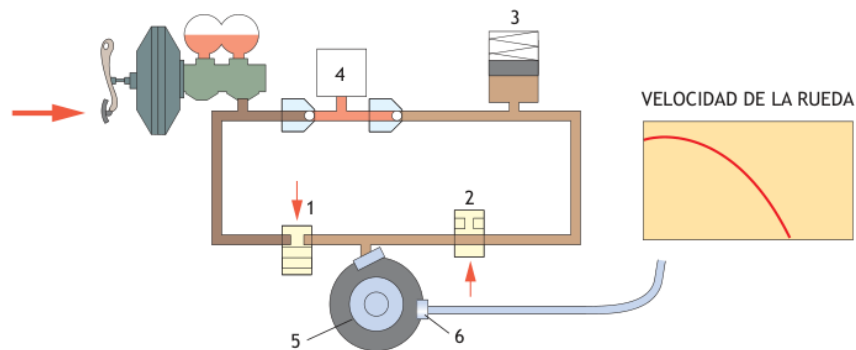


Imagen 2.8 Fase 3: Bloqueo de ruedas. Tomado de *Sistemas de transmisión y frenado* (p. 235), por J.C Borja, J. Fenoll y J.S. de Herrera, MACMILLAN Profesional.

4. Cuarta fase: degradación de la presión

En esta fase final, al disminuir la presión, ha disminuido la frenada y la rueda dejó de estar bloqueada. Pero como el conductor frenó de emergencia, obliga a los frenos a seguir actuando con intensidad. Para ello la electroválvula de salida se cierra, abre la electroválvula de entrada y conecta la electrobomba de presión. De esta forma la unidad de control electrónica consigue un aumento de la presión hidráulica y como resultado, aumento de la frenada. Este aumento de la frenada vuelve a provocar un bloqueo en la rueda, debido a esto se vuelve a la tercera fase, volviendo a repetirse la tercera y cuarta fase generando el golpeteo característico de los frenos ABS (Borja, Fenoll & Herrera, p. 232).

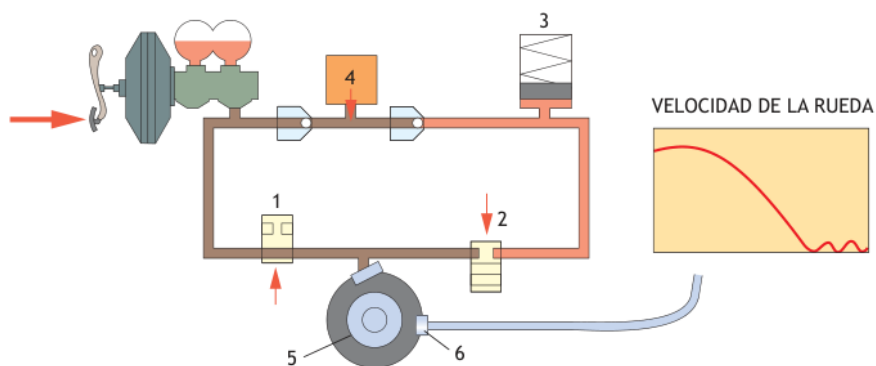


Imagen 2.9 Cuarta fase: Degradar la presión. Tomado de *Sistemas de transmisión y frenado* (p. 235), por J.C Borja, J. Fenoll y J.S. de Herrera, MACMILLAN Profesional.

2.2 INSTRUMENTOS PARA LA MEDICIÓN Y ALIMENTACIÓN EN ELECTRÓNICA

Durante el desarrollo del manual de prácticas avanzadas del módulo didáctico LEYBOLD fue necesario utilizar diferentes equipos para la medición de señales y valores eléctricos y estos equipos son el osciloscopio y el multímetro. Además, fue necesario el uso de una fuente de alimentación DC para poder utilizar el simulador universal de fallas en vehículo, el cual requiere de 12 volts CD.

2.2.1 Osciloscopio

Un osciloscopio es un dispositivo que sirve para medir de forma gráfica señales eléctricas y su variación a lo largo del tiempo (Tercero, 2023) Los osciloscopios son utilizados para realizar pruebas, para el diseño o reparación eléctrica o electrónica.

“Los osciloscopios miden el voltaje de una señal eléctrica y muestran cómo cambia con el tiempo. En la pantalla de un osciloscopio se muestra la señal medida del voltaje mediante un gráfico. El voltaje se representa en el eje vertical y el tiempo en el eje horizontal” (Todd, 2020). En la pantalla se determina si la forma de onda de las señales eléctricas funciona correctamente.

En el eje vertical el voltaje se muestra como una función del tiempo. La perilla de volts/div del osciloscopio controla la amplificación de la señal eléctrica, es decir, se utiliza para mostrar y escalar la forma de onda para evitar recortarla de la pantalla, además al maximizar la escala vertical se pueden ver los pequeños detalles en la onda, de esta manera se observa y mide con facilidad.

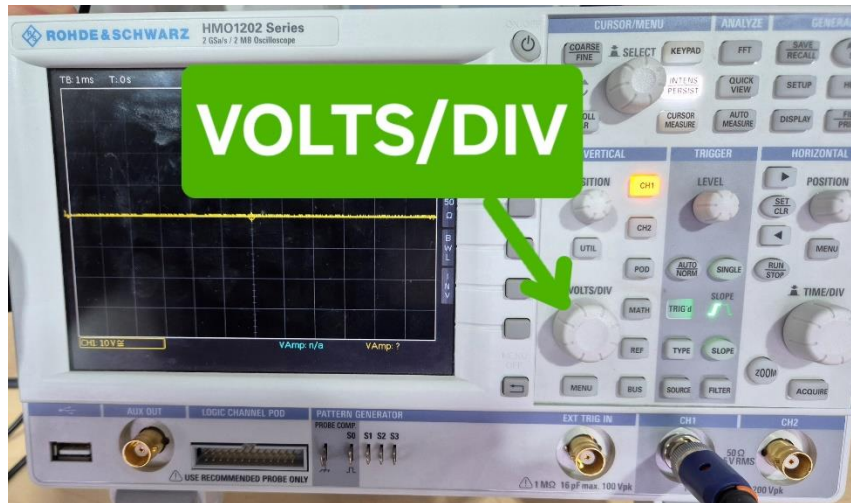


Imagen 2.10 Localización de la perilla VOLTS/DIV en un osciloscopio.

En la siguiente imagen se muestra un ejemplo de una señal senoidal, la cual indica que al aumentar VOLTS/DIV la forma de onda se encoje.

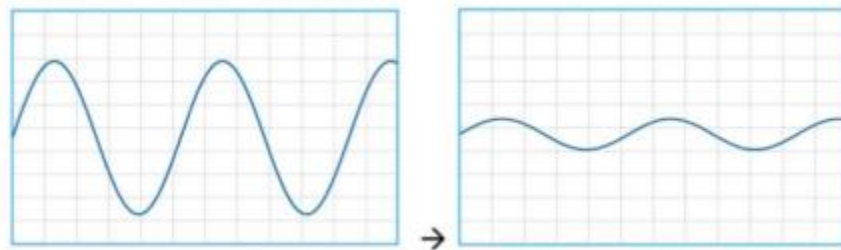


Imagen 2.11 Al aumentar volts/div la forma de la señal se encoje. Tomado de *Entendiendo el funcionamiento básico de osciloscopios*. [Fotografía]. Rohde & Schwarz. (https://www.rohde-schwarz.com/lat/productos/prueba-y-medicion/essentials-test-equipment/digital-oscilloscopes/entendiendo-el-funcionamiento-basico-de-osciloscopios_254512.html).

Mientras tanto, en el eje horizontal se pueden configurar dos características: la visualización de la forma de onda y la frecuencia de muestreo.

Mediante la perilla time/div se puede escalar la forma de onda para cambiar la duración de cada división, es decir, cuál será el tiempo que puede verse en la pantalla.

El sistema horizontal digitaliza la señal de entrada a una frecuencia de muestreo determinada en muestras por segundo o en cada intervalo de muestreo (Rohde & Schwarz, s. f.)

Mientras mayor es la frecuencia de muestreo mayor es la resolución de la forma de onda observada.

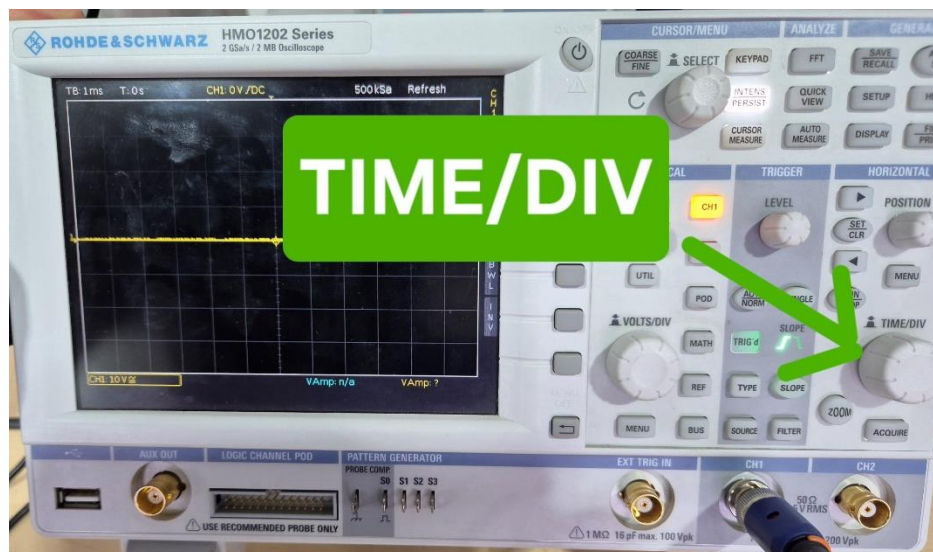


Imagen 2.12 Localización de la perilla TIME/DIV para cambiar la escala de la frecuencia en el osciloscopio.

2.2.2 Multímetro

Los multímetros digitales son herramientas diseñadas para poder medir las siguientes magnitudes: voltaje CD, voltaje CA, corriente directa, corriente alterna, temperatura, capacitancia, resistencia, inductancia, continuidad, caída de voltaje en un diodo.

Desde hace mucho tiempo que los multímetros digitales han reemplazado a los multímetros analógicos de aguja debido a la mejor precisión que tienen al momento de realizar las mediciones eléctricas.

Los multímetros digitales son una combinación de otros tipos de medidores unifuncionales como el amperímetro (para medir corriente), el voltímetro (para medir voltios), y el ohmímetro (para realizar mediciones de ohmios).

En un multímetro digital se cuenta con los siguientes componentes:

- Conectores de entrada: Son 3 o 4 conexiones donde se insertan los cables de prueba, estas conexiones pueden ser para medir: amperios, miliamperios, voltaje, la conexión COM (común).
- Selector: Elemento que se utiliza para elegir las magnitudes eléctricas para realizar la medición.
- Botones: Sirve para seleccionar las funciones que tenga el multímetro.
- Pantalla: Muestra el valor de las mediciones.
- Puntas de prueba: Cables de color negro y rojo, que se utilizan para hacer contacto con los elementos a los que se requiera hacer las mediciones. Generalmente el cable negro se utiliza para negativo y el cable rojo para el positivo.



Imagen 2.13 Multímetro digital Tomado de *What is a digital multimeter* [fotografía], FLUKE (<https://www.fluke.com/es-mx/informacion/blog/electrica/que-es-un-multimetro-digital>)

2.2.3 Fuente de alimentación

Una fuente de alimentación o fuente de poder de corriente es un dispositivo electrónico, el cual convierte la energía eléctrica de corriente alterna en corriente directa necesaria para el uso en equipos electrónicos.

“Algunos equipos de laboratorio para uso general, pueden operarse tanto en modo de corriente constante como en modo de voltaje constante, a estas fuentes se les denomina como modelos de voltaje constante/corriente constante (cv/cc)” (Wolf & Smith, 1992). Cuando una fuente de alimentación se utiliza en modo de proporcionar voltaje constante, se debe ajustar el valor de voltaje en la fuente de alimentación y dicho valor de voltaje debe ser constante a lo largo del tiempo y si así lo requiere debe tener variaciones en el valor de corriente de salida.

El funcionamiento de una fuente de alimentación se basa en cuatro etapas: transformador, rectificador, filtro regulador.

Transformador: A un voltaje de entrada se disminuye o aumenta mediante un transformador y el voltaje pasa a ser diferente de 120 V, pero la frecuencia se mantiene en 60 Hz.

Rectificador: En la entrada del rectificador hay voltaje de corriente alterna y en la salida hay voltaje de corriente directa, la forma de onda pasa de ser senoidal a una forma de onda de rectificación completa.

Filtro: El voltaje rectificado pasa por un filtro que minimiza la variación de la onda.

Regulador: Permite mantener constante el voltaje de salida y así evitar que por una variación en la entrada cambie el nivel de voltaje en la salida, además con el uso del regulador se puede ajustar el voltaje establecido.

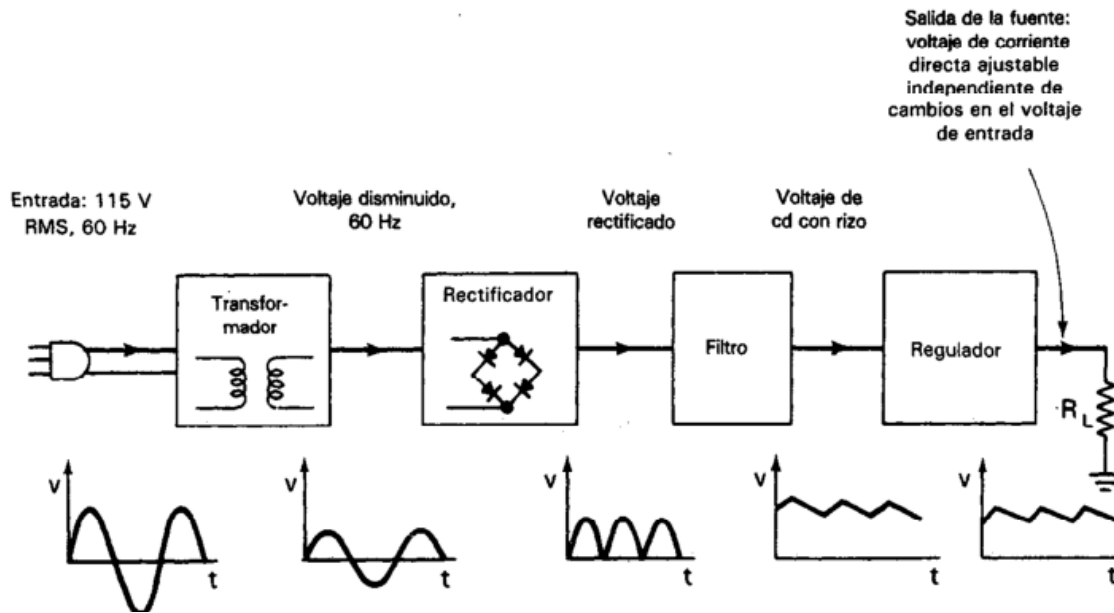


Imagen 2.14 Diagrama de bloques para una fuente de voltaje. Tomado de: Guía para Mediciones Electrónicas y Prácticas de Laboratorio (p.368) por S. Wolf y R.F.M. Smit, PRENTICE-HALL HISPANOAMERICANA, S.A.

2.3 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN AUTOMOTRIZ

Un protocolo de comunicación automotriz es un medio por el cual los sensores, actuadores y unidades de control electrónico (ECU) transmiten datos sobre los estados del vehículo. Existen diferentes protocolos de comunicación y cada uno de ellos tiene un uso específico para el cual están implementados dentro de un automóvil. CAN Bus y FlexRay son empleados en sistemas automotrices de mayor jerarquía como lo es el motor de combustión interna o eléctrico, la transmisión o el sistema de frenado. Mientras que LIN bus se emplea en sistemas como el control del aire acondicionado, los elevadores o puertas.

2.3.1 CAN Bus

CAN por sus siglas en inglés (Controller Area Network), es un protocolo de comunicación automotriz que fue desarrollado por la empresa alemana BOSCH (Smith, 2025).

Es utilizado en vehículos para la comunicación entre sensores, unidades de control electrónico y actuadores, para ello, todos estos elementos se conectan mediante dos cables de par trenzado bajo la topología de tipo bus. A estos cables se les denomina CAN H y es de color amarillo, el otro cable se llama CAN L y su color es verde (Electronics, 2025).

Para la transmisión de datos entre los diferentes componentes automotrices, CAN bus tiene una longitud máxima de 1000 m a 40 kbps, y una velocidad de transmisión de datos máxima de 1 Mbps a 40 metros. (Guillermo, s. f.).

2.3.1.1 Ventajas de CAN

1. Red liviana: Todos los sensores, actuadores y ECUs se conectan a una sola red en lugar de una para cada dispositivo, esto disminuye el peso de cableado y el costo. En la siguiente figura se muestra una imagen de elementos conectados en la red CAN y se demuestra cómo disminuye el cableado.

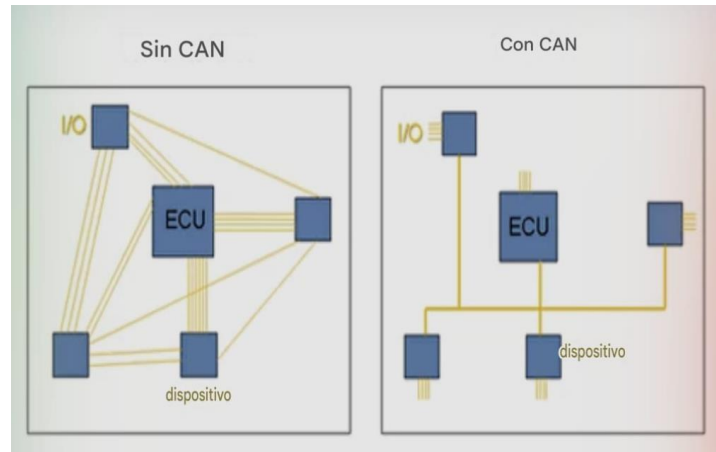


Imagen 2.15 Dispositivos conectados mediante la red CAN y sin red CAN. Tomado de: Controller Area Network (CAN) Protocol Overview [fotografía], NI. (https://www.ni.com/es/shop/seamlessly-connect-to-third-party-devices-and-supervisory-system/controller-area-network--can--overview.html?srsId=AfmBOorxY_2LD4E3wnkyUBY3eqWs6QU7ts-TkjJxA08-DeYfgdC9jpqk)

2. Comunicación: Todos los dispositivos pueden ver los mensajes transmitidos, esto permite a cada dispositivo decidir ignorar o atender el mensaje. Por esto, se pueden agregar elementos adicionales sin modificar la red.
3. Prioridad: Cada mensaje transmitido en la red CAN tiene prioridad, si dos elementos envían mensajes al mismo tiempo, el de mayor prioridad se transmite y el otro se pospone. (National Instruments, 2006).

2.3.1.2 Unidad de control electrónico en la red CAN

Una ECU controla las funciones de los dispositivos dentro de un vehículo y pueden transmitir y recibir información a través de los sensores y actuadores. Dentro de una ECU hay 3 elementos principales.

1. Microcontrolador. Es donde se procesa la información, es decir, interpreta los mensajes CAN recibidos y decide qué mensajes transmitir.
2. Controlador CAN: Se encuentra en el microcontrolador y su función es que se cumpla toda la comunicación del protocolo CAN.
3. Transceptor CAN: Conecta el controlador CAN a los cables físicos CAN y transforma la información en señales que puede entender el sistema CAN y viceversa (Electronics, 2025d).

La siguiente figura muestra una unidad de control electrónico con sus 3 elementos principales conectados a la red CAN.

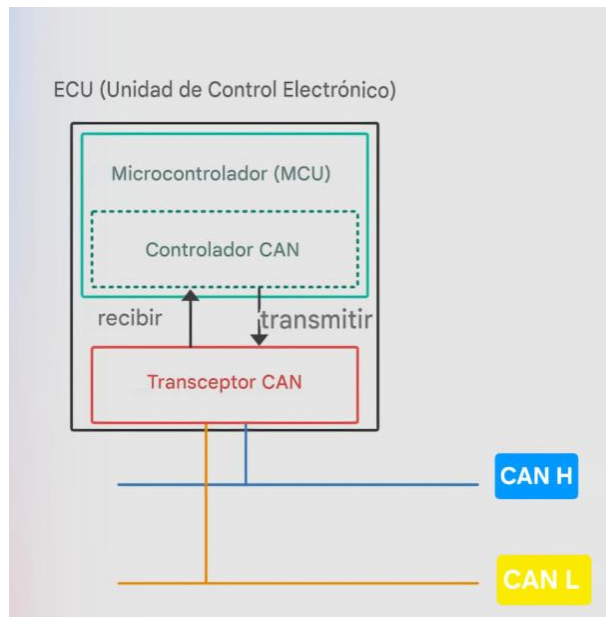


Imagen 2.16 ECU conectado a red CAN. Tomado de: CAN Bus Explained [fotografía], CSS Electronics, <https://www.csselectronics.com/pages/can-bus-simple-intro-tutorial>

2.3.1.3 Funcionamiento

Para la comunicación CAN bus utiliza dos cables llamados CAN H y CAN L. El controlador CAN se conecta a todos los dispositivos de la red mediante estos cables. Todas las ECU se conectan en paralelo al bus y por ello, todos los nodos pueden ver los datos todo el tiempo y ellos deciden si responden al mensaje o lo ignoran. Un nodo responde el mensaje cuando detecta su propio identificador. Cada nodo en la red CAN cuenta con un identificador único (Automotriz, 2020).

Cuando se transmite información CAN H tiene voltaje de 3.75 V y CAN L 1.25 V, obteniendo una diferencia de 2.5 V entre ambas líneas, pero cuando CAN bus no está transmitiendo información ambas líneas trasladan 2.5 V. Debido a que la comunicación se da entre una diferencia de voltaje en ambas líneas del bus, CAN bus no es sensible a picos inductivos, campos eléctricos u otro tipo de ruido (Automotriz, 2020). En la siguiente imagen se muestran los niveles de voltaje para CAN H y CAN L durante la transmisión de datos y cuando no lo transmiten.

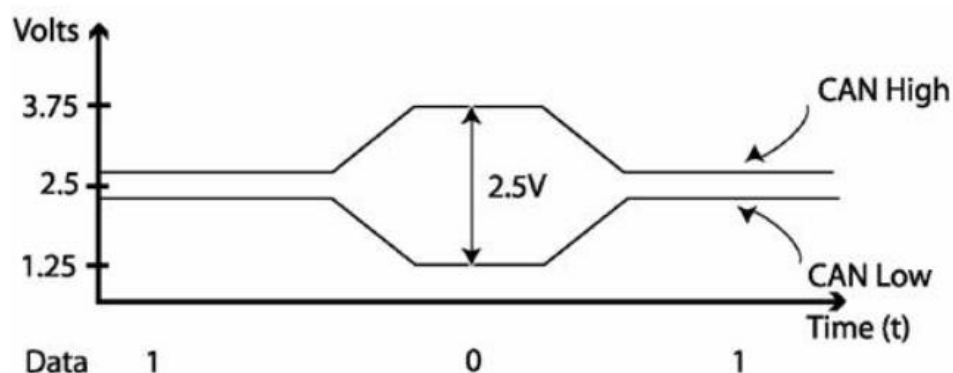


Imagen 2.17 Niveles de voltaje de CAN H y CAN L. Tomado de *¿Qué es el CAN BUS y cómo funciona?* [fotografía], Ingeniería y Mecánica Automotriz, https://www.ingenieriaymecanicaautomotriz.com/que-es-el-can-bus-y-como-funciona/#google_vignette

2.3.1.4 Capas de la red CAN

De acuerdo al modelo OSI de 7 capas, CAN representa las dos capas más bajas.

La red de área del controlador se describe mediante una capa de datos y una capa física. La norma ISO 11898-1 representa la capa de enlace de datos, mientras que la norma ISO 11898-2 indica la capa física.

Capa física (ISO 11898-2)

En CAN bus la capa física son: los tipos de cables, los niveles de señal eléctrica, los requisitos de los nodos, la impedancia del cable, entre otros.

- Longitud del cable: Las longitudes máximas del cable CAN debe ser de 500 metros a 125 kbits/s y 40 metros a 1Mbit/s (Electronics, 2025).
- Velocidad en baudios: Los nodos de CAN se conectan a través de un bus de dos cables con velocidades que alcanzan hasta 1 Mbit/s en CAN clásico o 8Mbit/s en CAN velocidad de datos flexible (Electronics, 2025).
- Terminación: En el final de la red CAN se utiliza una resistencia de terminación de 120 ohmios (Electronics, 2025).
- Niveles lógicos
 - Dominante: La diferencia de voltaje entre CAN H y CAN L es de 2.5 volts con CAN H a 3.75 volts y CAN L a 1.25 volts
 - Recesivo: La diferencia de voltaje entre CAN H y CAN L es 0 volts con CAN H y CAN L a 2.5 volts (Guillermo, s. f.).

Capa de enlace de datos (11898-1)

En CAN bus la capa de enlace de datos son: los formatos de las tramas CAN, el manejo de errores y la transmisión de datos.

- Formatos de trama: Consta de cuatro tipos de tramas: Tramas de datos, tramas remotas, tramas de error y tramas de sobrecarga. También cuenta con el identificador que va de 11 bits a 29 bits en el formato extendido (Electronics, 2025).
- Manejo de errores: son métodos para detectar y manejar errores CAN, incluidos CRC, ranuras de confirmación, contadores de errores, entre otros (Electronics, 2025).
- Transmisión de datos: Se utiliza el método de arbitraje bit a bit que ayuda a administrar el acceso al bus y evitar colisiones mediante prioridad basada en ID (Electronics, 2025)

2.3.1.5 Mensaje CAN

A los dispositivos en la red CAN se les denomina nodos, cada nodo cuenta con un módulo de control electrónico, un controlador CAN y un transceptor, que adapta los niveles de señal de los datos que se envían y se reciben en el nodo. Como indica la imagen 2.16, todos los nodos pueden enviar y recibir información, pero no al mismo tiempo y los nodos no pueden

enviarse datos entre sí, pues, ellos envían datos a la red y esa información está disponible para el nodo adecuado (Smith, 2025).

En el protocolo de comunicación automotriz CAN todos los datos se envían en tramas o marcos y hay 4 tipos:

- Los marcos de datos transfieren datos a uno o varios nodos receptores.
 - Los marcos remotos solicitan datos de otros nodos.
 - Los marcos de error informan errores.
 - Los marcos de sobrecarga informan sobre las condiciones de sobrecarga.
- (Smith, 2025).

Marco de datos: Transporta datos desde un nodo CAN emisor a uno o más nodos receptores. En CAN el 99% de los mensajes es de este tipo (Electronics, 2025).

Trama remota: Se utiliza para solicitar datos específicos de un nodo CAN y es similar a la trama de datos, a diferencia que no tiene campo de datos y el campo RTR es recesivo 1 (Electronics, 2025).

Marco de error: Un nodo CAN la utiliza para detectar errores de comunicación, contiene un indicador y un delimitador de error. Se utiliza para diagnosticar problemas de comunicación en la ECU (Electronics, 2025).

Marco de sobrecarga: Se utiliza para proporcionar un retardo adicional entre otras tramas CAN si algunos nodos CAN requiere más tiempo para el proceso (Electronics, 2025).

Los dispositivos CAN envían datos a través de la red CAN en paquetes denominados marcos o mensajes. En las imágenes se muestra la estructura de un mensaje CAN.

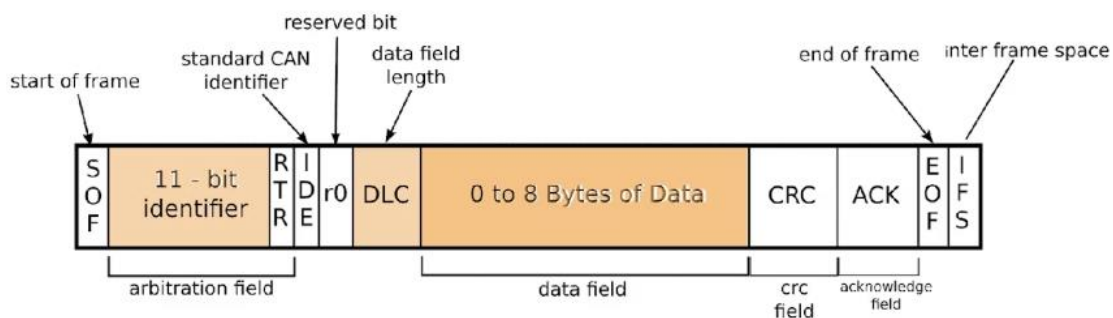


Imagen 2.18. Estructura de un mensaje CAN estándar. Tomado de ¿Qué es el bus CAN (red de área del controlador) y cómo se compara con otras redes de bus de vehículos? [fotografía], DEWESoft, <https://dewesoft.com/es/blog/que-es-el-bus-can>

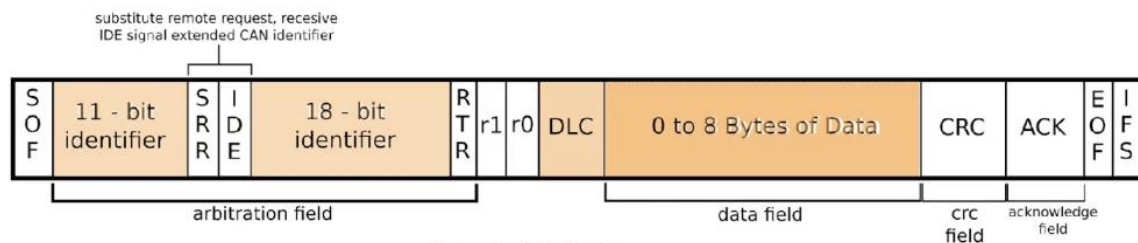


Imagen 2.19 Estructura de un mensaje CAN extendido. Tomado de ¿Qué es el bus CAN (red de área del controlador) y cómo se compara con otras redes de bus de vehículos? [fotografía], DEWESoft, <https://dewesoft.com/es/blog/que-es-el-bus-can>

La imagen 2.18 corresponde a un mensaje de datos CAN estándar con un identificador de 11 bits, este es el tipo utilizado en la mayoría de los automóviles. La imagen 2.19 es de la trama de identificador extendida de 29 bits y es empleado en el transporte pesado (Electronics, 2025).

Un marco o mensaje CAN lo conforma las siguientes secciones.

- **Starts of Frame (SOF):** Es de 1 bit, indica el inicio del mensaje con un bit dominante “0 lógico”. Sincroniza los nodos después de un periodo de inactividad.
- **Identificador (ID):** En la versión estándar es de 11 bits y en la versión extendida tiene 29 bits. Cada nodo tiene un identificador único. El identificador establece la prioridad del mensaje. Cuanto más bajo sea el valor mayor será la prioridad (Smith, 2025).
- **IDE:** Es de 1 bit y permite diferenciar entre marcos estándares y extendidos (NI, 2006).
- **Remote Transmission Request (RTR):** Solicitud de transmisión remota. Indica si un nodo envía datos o solicita datos dedicados de otro nodo (Electronics, 2025). Este bit es dominante cuando otro nodo solicita información.
- **R0:** Es de 1 bit y está reservado para un futuro uso en el protocolo.
- **DLC:** Tiene 4 bits. El código de longitud de datos contiene el número de bytes en la transmisión (Smith, 2025).
- **Data:** Es de 0 a 64 bits, conocidos como carga útil, incluye las señales CAN que se pueden decodificar para obtener información de los datos reales que se transmiten (Electronics, 2025).
- **CRC:** Verificación de redundancia cíclica. Tiene 15 bits más 1 bit delimitador y contiene la suma de verificación de los datos de la aplicación anterior para transmitir la detección de errores (Smith, 2025).
- **Acknowledge field (ACK):** Reconocer. Contiene 2 bits. Cuando un nodo recibe un mensaje con éxito, se sobrescribe este bit con un bit dominante. Pero si un nodo encuentra un error en un mensaje, permite que este bit permanezca recesivo e ignora el mensaje (Smith, 2025).
- **End of Frame (EOF):** Marca el final del mensaje CAN (Electronics, 2025).
- **IFS:** Espacio entre cuadros. Es el tiempo que el controlador necesita para mover un mensaje a su posición en el área de búfer. Tiene un mínimo de 3 bits recesivos (1) consecutivos, después de los 3 bits recesivos, cuando se detecta un bit dominante, se convierte en el bit de inicio del siguiente mensaje (Smith, 2025).

En CAN estándar el identificador del mensaje puede ser de hasta 11 bits, por lo tanto, se cuentan con 2048 identificadores de mensaje diferentes. Mientras tanto, en la versión de CAN extendido al tener una longitud máxima de 29 bits, se pueden tener hasta 537 millones de identificadores diferentes (Smith, 2025).

2.3.1.6 Variaciones del bus CAN

CAN de baja velocidad: Es una opción de bajo costo cuando la tolerancia a fallas es crítica, pero actualmente se sustituye por el bus LIN. La velocidad de transferencia de datos es máximo 125 kbps. Se utiliza para controles, cuadro de instrumentos, ventanas eléctricas, entre otros. (Smith, 2025).

CAN de alta velocidad: Se utiliza en las ECU de los elementos automotrices críticos donde se requieren altas velocidades en la transmisión de datos y alta precisión de datos, como en el sistema ABS o en el motor. La velocidad máxima de transferencia de datos en este tipo de CAN es de 1 Mbit/s (Smith, 2025). Es la variante más usada en automóviles.

CAN FD: Tiene una tasa de datos flexible, es decir, más datos por mensaje y más transmisiones a mayor velocidad. En CAN estándar la longitud de datos en cada mensaje es de 64 bits, pero en CAN FD la longitud de datos es de 512 bits. La velocidad pasa a máximo 8 Mbps (Smith, 2025).

2.3.1.7 Principales fallas en la red CAN.

De acuerdo a la norma ISO 11898, se presentan los siguientes modos de falla en el cable del bus CAN:

- CAN H en cortocircuito al voltaje de la batería
- CAN L en cortocircuito al voltaje de la batería
- CAN L en cortocircuito a tierra
- CAN H en cortocircuito a tierra
- CAN H interrumpido
- CAN L interrumpido
- CAN L en corto a cable CAN H
- CAN H y CAN L interrumpidos en la misma ubicación
- Pérdida de conexión a la red de terminación (Automotriz, 2020).

2.3.2 LIN BUS

Local Interconnect Network por sus siglas en inglés LIN es un protocolo de comunicación automotriz que en ocasiones se maneja como una extensión del bus de datos CAN. El cableado del bus LIN es de un solo cable de color violeta y la sección transversal del cable es de 0.35 mm². La transmisión de datos es unidireccional, es decir, solo se transmite en una sola dirección y la velocidad es de 20 kbit/s a una longitud máxima de 40 metros (Automotriz, 2021).

En vehículos el protocolo de comunicación LIN se utiliza para ventanas, limpiaparabrisas, aire acondicionado, en pocas palabras, en sistemas de poca prioridad. LIN consta de 1 nodo maestro y hasta 15 nodos esclavos, para el funcionamiento de LIN se requiere un voltaje de 12 o 24 volts (Electronics, 2025).

2.3.2.1 Diferencias de LIN bus y CAN bus

- LIN tiene un costo menor al tener menos cableado y debido a que sus nodos son baratos.
- LIN bus utiliza un solo cable con 12 volts para su funcionamiento a diferencia de CAN que utiliza cables dobles trenzados.
- Los LIN maestros sirven como el enlace al bus CAN.
- El LIN maestro controla la comunicación.
- En LIN se utilizan identificadores de 6 bits a diferencia de los 11 o 29 en CAN.
- La velocidad máxima de transmisión de datos en LIN es de 20 kbit/s, muy lento en comparación del 1 Mbit/s (Electronics, 2025).

2.3.2.2 Funcionamiento

El objetivo de LIN es la conexión entre los sensores y actuadores que a su vez están conectados a las unidades de control electrónico.

Se nombra como nodo maestro a la unidad LIN que controla la comunicación y se denominan LIN esclavos a los elementos que son conectados a la unidad maestra. A un nodo maestro se pueden conectar hasta 15 nodos esclavos en sentido descendente. Un nodo LIN maestro debe estar previamente conectado al CAN bus, pues, su función es la traducción entre la red LIN bus y la red CAN bus. Para la comunicación el voltaje de LIN maestro y LIN esclavo oscila entre 11 y 12 volts. (Automotriz, 2021). En la siguiente imagen se muestra la señal LIN operando a 12 volts.

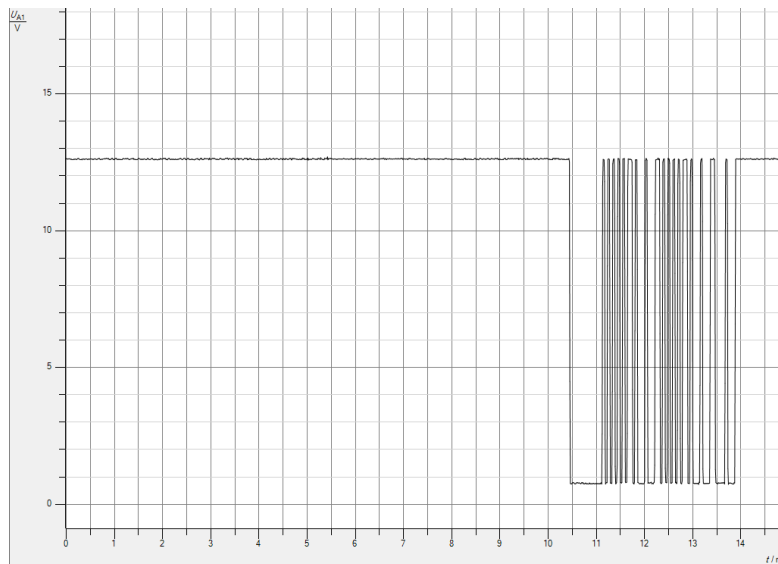


Imagen 2.20 Señal de LIN bus.

2.3.2.3 Capas de la red LIN

De acuerdo con el modelo OSI de 7 capas, LIN representa las dos capas más bajas de acuerdo a la norma ISO 17987

La red de área del controlador se describe mediante una capa de datos y una capa física. La norma ISO 17987-3 representa la capa de enlace de datos, mientras que la norma ISO 17987-4 indica la capa física.

Capa física (ISO 17987-4)

En la capa física se cuentan con los siguientes elementos.

- **Nodo maestro y nodo esclavo:** Un Clúster LIN es de 16 nodos en total y lo conforman un único maestro LIN y hasta 15 nodos esclavos. Cada nodo LIN esclavo tiene una tarea esclava a la cual puede enviar y recibir datos o ignorar. Así pues, el nodo maestro tiene una tarea maestra y es responsable de programar toda la comunicación en el bus, asegurando un funcionamiento determinista y sin colisiones (Electronics, 2025).

- Longitud del cable: Longitud máxima de bus de 40 metros.
- Velocidad de transporte de datos: 1 a 20 kbit/s.
- Niveles lógicos: Para la comunicación en LIN bus se conmuta entre 1 y 0. Recesivo es 1 y dominante es 0. El nivel predeterminado es recesivo 1 y significa que ningún nodo está transmitiendo.

En los nodos LIN receptores, un nivel superior al 60% del voltaje de la batería se interpreta como 1 (recesivo) y un nivel menor al 40% es 0 (dominante).

En los nodos LIN transmisores un nivel superior al 80% del voltaje de la batería se interpreta como recesivo (1) y un nivel inferior al 20 % es dominante (0). Esto garantiza que el emisor produzca una señal más potente (Electronics, 2025).

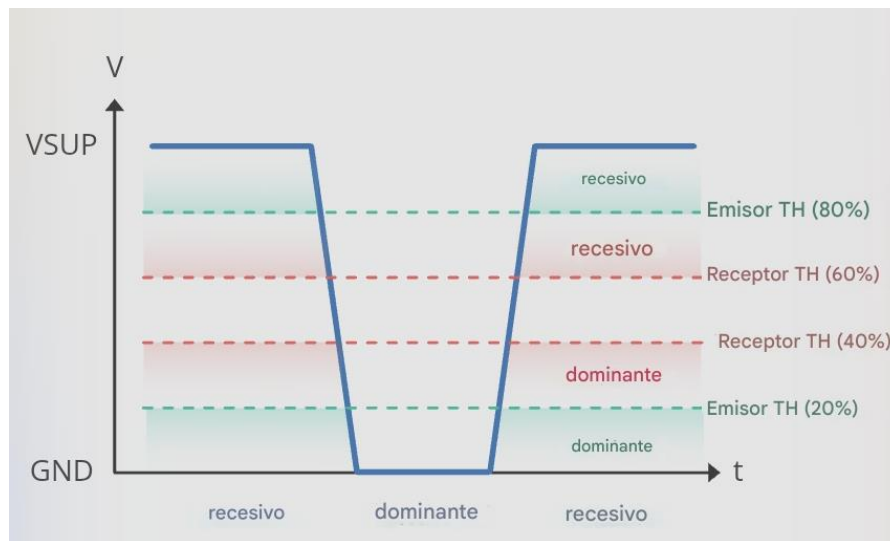


Imagen 2.21 Niveles lógicos en LIN bus. Tomado de : LIN Bus Explained - A Simple Intro, [fotografía], CSS Electronics, <https://www.csselectronics.com/pages/lin-bus-protocol-intro-basics#transport-layer>

- Cable único: Cada nodo Lin está conectado al Lin bus en el cable LIN. Para su alimentación se conecta al voltaje de la batería y a una conexión a tierra compartida (GND).

En cada nodo LIN, entre las líneas LIN y voltaje de la batería se conecta una resistencia de 30k ohmios y un diodo. Además, cerca de LIN maestro se conecta una resistencia de 1k ohmios (Electronics, 2025). En la figura se muestra las conexiones del LIN maestro y esclavos.

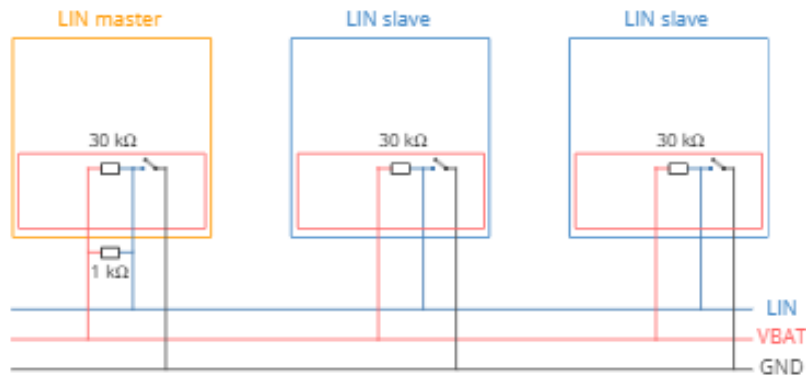


Imagen 2.22 Conexión de LIN maestro y esclavo. Tomado de: LIN Bus Explained - A Simple Intro, [fotografía], CSS Electronics, <https://www.csselectronics.com/pages/lin-bus-protocol-intro-basics#transport-layer>

Capa de enlace de datos (ISO 17987-3)

En LIN bus la capa de enlace de datos son: Transmisión de datos, los formatos de las tramas CAN, tipos de tramas y manejo de errores.

- Transmisión de datos: Se realiza mediante una programación determinista, es decir, no requiere arbitraje porque cuando un LIN maestro solicita datos a cada esclavo, un único esclavo responde con datos. La programación define que tramas transmitirán durante que intervalos de tiempo. El intervalo comienza cuando inicia la transmisión y termina hasta que comienza la siguiente transmisión de la siguiente trama (Electronics, 2025).
- Formato del marco de mensaje: Un mensaje LIN consta de un encabezado y una respuesta. (Electronics, 2025).
- Tipos de trama: Consta de 6 tipos de tramas: Incondicional, Evento desencadenado, Esporádico, Diagnóstico, Definido por el usuario, Reservado (NI, 2009).
- Manejo de errores: son métodos para detectar y manejar errores LIN (Electronics, 2025).

2.3.2.4 Mensaje LIN

En LIN bus es un bus con solo un nodo maestro y hasta 15 nodos esclavos. El nodo maestro es el encargado de la comunicación y contiene la tarea maestra y tarea esclava, en cambio los nodos esclavos solo contienen una tarea esclava. (NI, 2009). La estructura básica de un mensaje LIN se divide en un encabezado y una respuesta como lo indica la siguiente imagen.

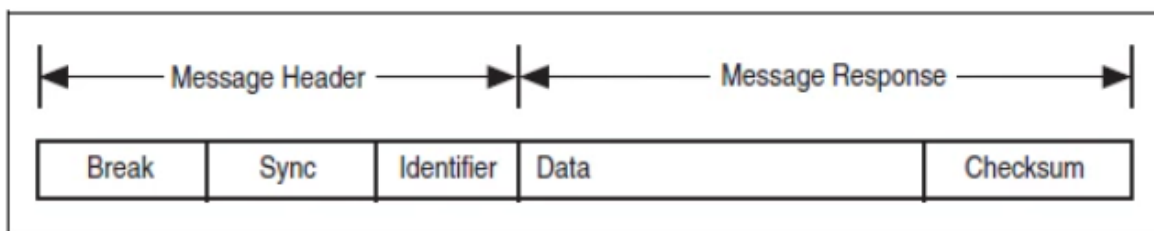


Imagen 2.23 Mensaje, trama o marco LIN. Tomado de: *Introduction to the LIN Bus Protocol* [fotografía], NI, <https://www.ni.com/en/shop/seamlessly-connect-to-third-party-devices-and-supervisory-system/introduction-to-the-local-interconnect-network-lin-bus.html>

El encabezado tiene 3 campos: la interrupción (break), la sincronización (sync) y el identificador (ID), mientras que la respuesta tiene los datos (data) y la suma de comprobación (checksum) (NI, 2009).

De acuerdo con la imagen 2. 23 el formato del marco del mensaje LIN contiene los siguientes elementos.

Campo de interrupción de sincronización (Break): La trama LIN comienza con una señal de interrupción de sincronización que consta de 13 bits y un bit delimitador. Este campo indica el inicio de trama para todos los nodos LIN del bus (Electronics, 2025).

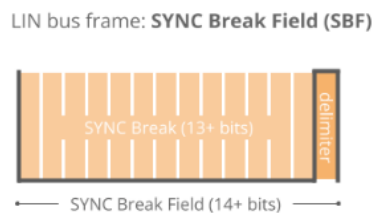


Imagen 2.24 Campo de interrupción de sincronización. Tomado de LIN Bus Explained - A Simple Intro, [fotografía], CSS Electronics, <https://www.csselectronics.com/pages/lin-bus-protocol-intro-basics#transport-layer>

Campo SYNC: El campo de sincronización es de 8 bits y tiene un valor de datos fijo (0x55 en binario es 01010101). Determina el tiempo entre flancos de subida y bajada para la velocidad de transmisión utilizada por el maestro LIN y así mantenerse sincronizados (Electronics, 2025).

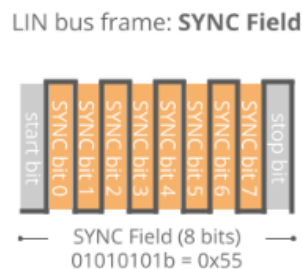


Imagen 2.25 Campo de sincronización. Tomado de LIN Bus Explained - A Simple Intro, [fotografía], CSS Electronics, <https://www.csselectronics.com/pages/lin-bus-protocol-intro-basics#transport-layer>

Campo de Identificador: El campo de ID protegido contiene el ID de trama el cual es de 6 bits lo que permite 64 ID únicos y continúan 2 bits de paridad.

Los ID del 0 al 59 se utilizan para los datos sobre la señal, el 60 y 61 para datos de diagnóstico, el 62 se reserva para uso definido por el usuario y el 63 para futuras mejoras

del protocolo. Cada mensaje tiene su ID y los esclavos validan el ID basándose en los bits de paridad y reaccionan de la siguiente forma:

- Ignoran la transmisión de datos posterior.
- Escuchan los datos transmitidos desde otro nodo.
- Publican datos en respuesta al encabezado (NI, 2009).

LIN bus frame: **Protected ID (PID) Field**

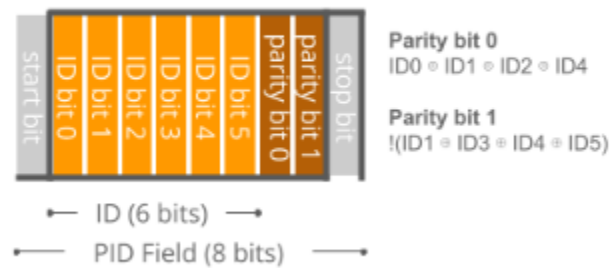


Imagen 2.26 Campo de ID. Tomado de LIN Bus Explained - A Simple Intro, [fotografía], CSS Electronics, <https://www.csselectronics.com/pages/lin-bus-protocol-intro-basics#transport-layer>

Campo de datos: El esclavo LIN puede responder transmitiendo de 2 a 8 bytes de datos. Los bytes de datos contienen la información que se transmite en forma de señal LIN. La longitud de datos se personaliza y generalmente está vinculada al ID (Electronics, 2025).

LIN bus frame: **Data Field (2 - 8 Data Bytes)**

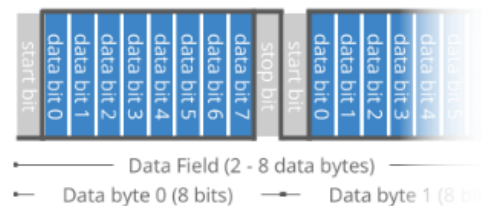


Imagen 2.27 Campo de Datos. Tomado de LIN Bus Explained - A Simple Intro, [fotografía], CSS Electronics, <https://www.csselectronics.com/pages/lin-bus-protocol-intro-basics#transport-layer>

Campo de suma de comprobación: Se transmite por el nodo esclavo. Este campo garantiza la validez de la trama LIN y es un campo de 8 bits. La suma de comprobación clásica se calcula sumando los bytes de datos y la suma de comprobación mejorada se suman el ID protegido y los bytes de datos (NI, 2009).

LIN bus frame: **Checksum Field**

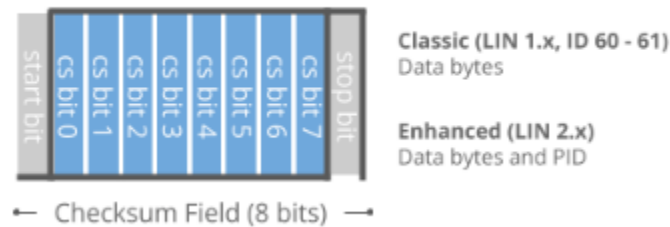


Imagen 2.28 Campo de suma de comprobación. Tomado de LIN Bus Explained - A Simple Intro, [fotografía], CSS Electronics, <https://www.csselectronics.com/pages/lin-bus-protocol-intro-basics#transport-layer>

En el protocolo de comunicación automotriz LIN todos los datos se envían en tramas o marcos y hay 6 tipos:

- Incondicional
- Evento desencadenado
- Esporádico
- Diagnóstico
- Definido por el usuario
- Reservado

Las tramas incondicionales son la forma predeterminada en la comunicación de LIN, pues, el maestro envía un encabezado para solicitar información a un esclavo específico y este mismo responde con datos, sus identificadores son entre 0 y 59 (Electronics, 2025).

La trama evento desencadenado o activados por eventos intenta conservar el ancho de banda del bus solicitando una respuesta de trama incondicional a varios esclavos dentro de un intervalo de tiempo. Puede tener un ID entre 0 y 59. El maestro escribe un ID activado por evento en un encabezado y los esclavos solo pueden responder al ID activado por evento si sus datos se han actualizado (NI, 2009).

En las tramas esporádicas permiten dar un comportamiento dinámico a LIN. Sus identificadores van de 0 a 59. Una trama esporádica son un grupo de tramas incondicionales que comparten la misma ranura en la programación determinista. El maestro LIN solo transmite cuando los datos son actualizados, de lo contrario la ranura permanece en silencio. También, el LIN maestro transmite la ID de mayor prioridad (la de ID más bajo) cuando varias tramas contienen datos nuevos (Electronics, 2025).

Las tramas de diagnóstico tienen longitud de 8 bytes y contiene datos de diagnóstico, su ID es 60 para una solicitud del nodo maestro y 61 para la respuesta de un nodo esclavo (NI, 2009).

El ID 62 se encuentra en las tramas definidas por el usuario y pueden contener cualquier tipo de información (NI, 2009).

Las tramas reservadas tienen el ID 63 para futuros usos dentro del protocolo (Electronics, 2025).

2.3.3 FLEXRAY

El protocolo de comunicaciones FlexRay es un sistema de bus determinista, tolerante a fallos y es más rápido y más fiable que CAN. La velocidad de transmisión de datos es hasta 10 Mbit/s (Automotriz, 2022).

FlexRay utiliza un par trenzado sin blindaje para conectar los dispositivos (nodos), además se puede emplear un canal o doble canal, es decir, si se utiliza un solo canal, se emplea un par de cables y si se utilizan dos canales, se emplean dos pares de cables. Los nodos FlexRay cuentan con cables de alimentación y tierra para la alimentación de transceptores y microprocesadores (NI, 2006).

2.3.3.1 Topologías en FlexRay

FlexRay permite configuraciones en topología de tipo bus para redes simples y conexiones en estrella activa “active star” para redes más complejas.

Bus

La topología bus empleada en FlexRay incluye un único tendido de cable de red para conectar varias ECU, es la misma topología empleada en CAN y LIN. Cada nodo puede conectarse mediante derivaciones cortas al bus principal. En la siguiente imagen se muestra la topología de red en tipo BUS. Este tipo de topología se acomoda a los arneses automotrices para simplificar la instalación y reducir el cableado del vehículo (NI, 2006).



Imagen 2.29 Topología de red Bus. Tomada de *FlexRay Automotive Communication Bus Overview*, [fotografía], NI, <https://www.ni.com/en/shop/seamlessly-connect-to-third-party-devices-and-supervisory-system/flexray-automotive-communication-bus-overview.html#section—1927873434>

Estrella

FlexRay denomina a esta topología “Active star” y consiste en enlaces individuales que se conectan a un nodo activo central. Este tipo de configuración permite a las redes FlexRay operar a largas distancias o segmentar la red para que, si una de las ramas de la estrella se interrumpe o se produce un cortocircuito, las demás ramas siguen funcionando. A continuación, la imagen representa a la topología en estrella (NI, 2006)



Imagen 2.30 Topología tipo estrella. Tomada de *FlexRay Automotive Communication Bus Overview*, [fotografía], NI, <https://www.ni.com/en/shop/seamlessly-connect-to-third-party-devices->

Híbrida

La combinación de la red en bus y estrella da como resultado la topología híbrida. Las redes híbridas de flexray son para aprovechar la facilidad de uso y las ventajas económicas de la topología bus, además de aprovechar la confianza y rendimiento de las redes en estrella.



Imagen 2.31 Topología tipo híbrida. Tomada de *FlexRay Automotive Communication Bus Overview*, [fotografía], NI, <https://www.ni.com/en/shop/seamlessly-connect-to-third-party-devices-and-supervisory-system/flexray-automotive-communication-bus-overview.html#section--1927873434>

2.3.3.2 Funcionamiento

FlexRay para su funcionamiento se basa en la diferencia de señales del bus para determinar el dato enviado. Las salidas del transceptor son BP y BM y la diferencia se basa en BP - BM. El transceptor gestiona la trama lógica que entra al controlador de comunicación y transforma a niveles eléctricos que corresponden a FlexRay y viceversa (Automotriz, 2022).

A continuación, se presenta la forma de la onda de la señal FlexRay.

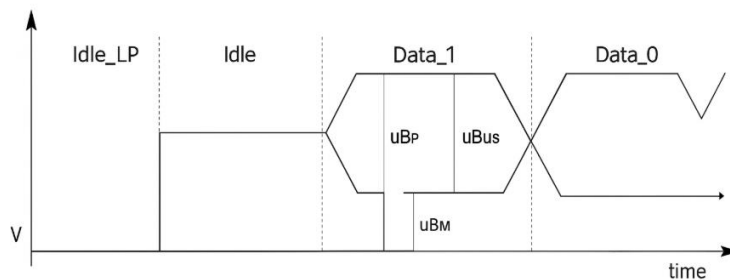


Imagen 2.32 Señal FlexRay Tomada de *¿Qué es el Protocolo de Comunicación FlexRay y Cómo funciona?*, [fotografía], Ingeniería y Mecánica Automotriz, https://www.ingenieriaymecanicaautomotriz.com/que-es-el-protocolo-de-comunicacion-flexray-y-como-funciona/#google_vignette

Idle_LP: Indica que no circula corriente y el transceptor determina un 0 a la salida.

Idle: Es un estado del bus cuando no circula corriente y el transceptor determina voltaje para BM y BP.

Data 1: La información lógica se traduce a una diferencia positiva entre BP y BM.

Data 0: La información lógica se traduce a una diferencia negativa entre BP y BM.

2.3.3.3 Mensaje FlexRay

En una trama o mensaje FlexRay en el primer nivel se puede distinguir entre 3 bloques como lo indica la imagen 2.33

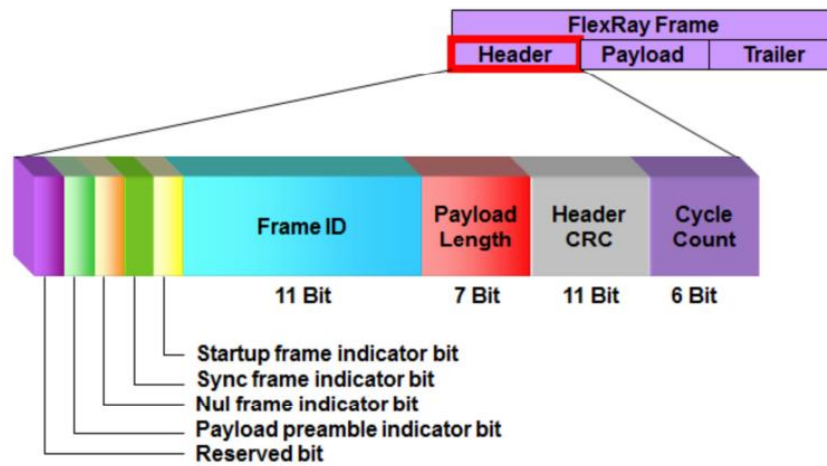


Imagen 2.33 Trama FlexRay, Tomada de *Data transfer in automotive vehicles with FlexRay*. [fotografía], Leybold DIDACTIC

La trama se compone de tres bloques: Header, Payload y trailer.

En Header se cuentan los siguientes campos:

- **Reserved bit:** Bit reservado por el protocolo para usos futuros.
- **Payload preamble indicator bit:** Indica que los primeros bytes del campo de datos contienen información de cabecera. Se usa para tareas de mantenimiento y gestión de la red o indicadores en las tramas dinámicas.
- **Null frame indicator bit:** Indica si la trama lleva datos o no.
- **Sync Frame Indicator:** Indica si es una trama de sincronismo. Sirven para sincronizar todos los nodos a la base de tiempo global de FlexRay.
- **Startup Frame Indicator:** Indica si la trama corresponde al inicio de la comunicación.
- **Frame ID:** Identificador único de la trama asociado a un nodo. Define la ranura en la cual se envía la trama.
Como ejemplo, para los datos sobre el estado de la carretera y la distancia entre vehículos el Frame ID que los contiene es 5. En el Software FlexAlyzer el Identificador ID se encuentra en la columna "ID Cycle" en la ventana "Trace".
- **Payload length:** Establece la longitud del campo de datos enviado con la trama.
- **Header CRC (CRC de cabecera):** Si un nodo detecta un error en el Header CRC descarta directamente la trama.
- **Cycle Count:** Indica el ciclo de comunicación en el que se encuentra (Automotriz, 2022).

El Payload contiene los datos transferidos por la trama. La longitud de los datos FlexRay es de hasta 254 bytes.

El Trailer contiene campos CRC de 8 bits para detectar errores (NI, 2006).

CAPÍTULO III

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

1. Realizar un levantamiento de campo en el laboratorio de Autotrónica para observar las condiciones del módulo didáctico.

En la actualidad los módulos didácticos especializados son importantes para mejorar las habilidades de los estudiantes y dentro del Instituto Tecnológico de Apizaco se encuentra un módulo didáctico que fue adquirido hace ocho años, el cual no se utilizaban todas sus funciones, por ello, al detectar que el módulo didáctico LEYBOLD de asistencia de frenado solamente cuenta con un manual de prácticas básicas, por lo tanto, surge la necesidad de realizar un manual de prácticas avanzadas que cuente con procedimientos adecuados para el uso correcto del módulo didáctico.

Al asistir al laboratorio de Autotrónica a realizar un levantamiento de campo para identificar las condiciones del módulo didáctico, se observa que los elementos del módulo están mezclados con elementos y equipos de otros módulos, por lo tanto, se desconocía cuáles eran los elementos que pertenecían a cada uno de los módulos con los que cuenta el laboratorio. Las siguientes imágenes muestran elementos de los módulos didácticos.



Imagen 3.1 Componentes de los módulos didácticos del laboratorio de Autotrónica.



3.2 Componentes del módulo didáctico de asistencia de frenado junto con otros elementos.

Al principio, al no tener conocimiento de los elementos que pertenecen a dicho módulo, se llega a la conclusión de que faltan algunos elementos para que funcione el módulo didáctico, porque lo tanto, es necesario buscar los elementos que conforman el módulo para comenzar a utilizarlo.

A continuación, se muestra una imagen con el estado del módulo durante las actividades de levantamiento de campo.

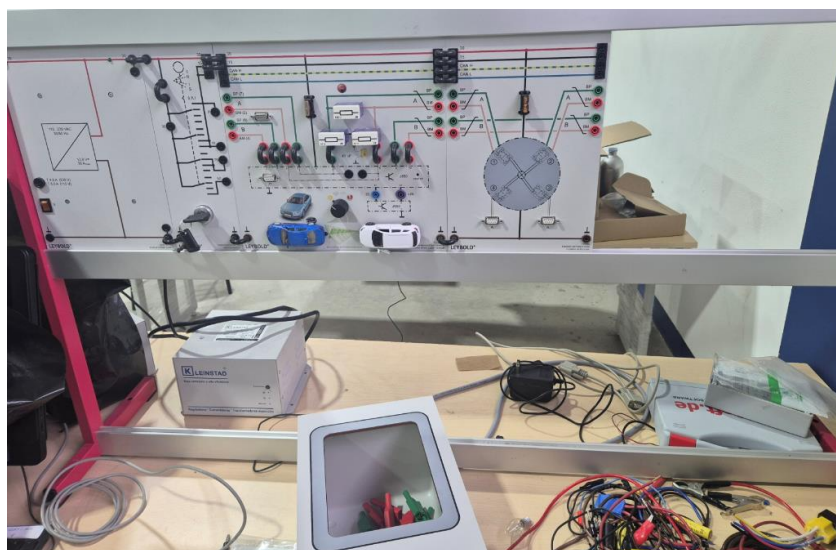


Imagen 3.3 Módulo didáctico de asistencia de frenado LEYBOLD.

Además, se observa que los cables que sirven para comunicar el módulo didáctico con el PC no funcionan, lo que provoca que no se pueda avanzar con el desarrollo del manual de prácticas. En la siguiente imagen se observa que el software no detecta al adaptador de FlexRay, por lo tanto, es necesario sustituir el cable.

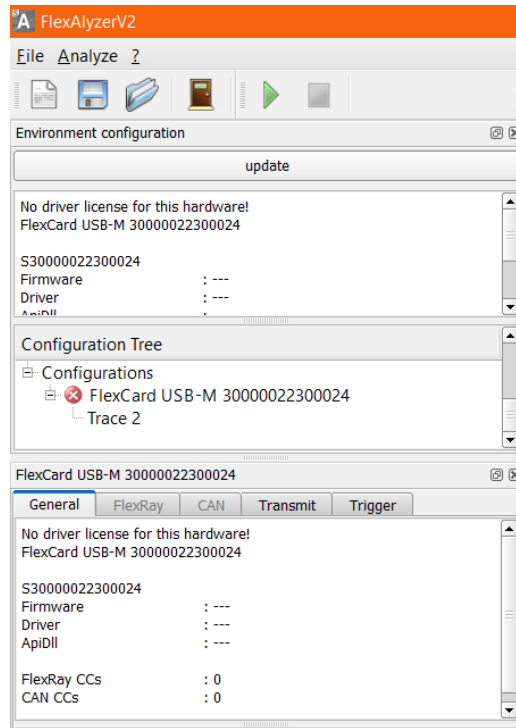


Imagen 3.4 Captura de pantalla de software FlexalyzerV2.

También se identifica que al software “Flexalyzer” le faltan algunos archivos complementarios para su funcionamiento. Por ello, con las indicaciones del jefe de laboratorio se procede a realizar un manual de prácticas avanzadas con los elementos y software disponibles al momento.

CAPÍTULO IV

DESARROLLO

PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS.

1. Presentación y exposición del módulo didáctico y de los componentes en Hardware que se utilizan para dicho módulo.

Durante esta actividad se tuvo que asistir al laboratorio de Autotrónica del edificio X, porque ahí es donde se encuentra el módulo didáctico LEYBOLD, para comenzar a investigar el equipo que pertenece al módulo, y el jefe de laboratorio proporciona manuales de usuario para determinar los componentes que pertenecen al módulo didáctico.



Imagen 4.1 Edificio X

Para ello se comienza con la búsqueda de los siguientes elementos: cables de seguridad, el módulo Sensor Cassy 2, actuador de asistente de frenado FlexRay, los transformadores elevadores necesarios para la alimentación de los módulos, CAN bus box, LIN bus box, adaptador FlexRay USB/PC, Simulador Universal de Fallas en Vehículos, adaptador de corriente de 12 volts necesario para alimentar de voltaje al módulo Sensor Cassy 2.

Los elementos del módulo didáctico LEYBOLD de asistencia de frenado se encontraron mezclados con los componentes y equipos de otros módulos que se encuentran en el mismo laboratorio.

En la siguiente imagen se muestra el módulo didáctico LEYBOLD de asistencia de frenado, con los elementos que forman parte de este módulo.

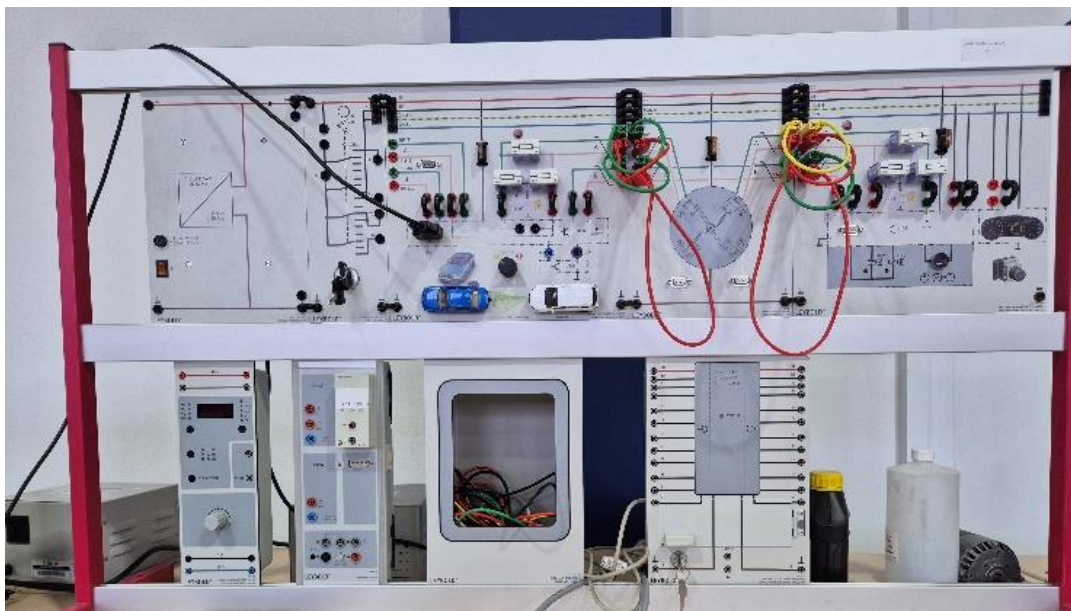


Imagen 4.2 Módulo didáctico LEYBOLD y sus elementos necesarios para prácticas avanzadas.

En las siguientes imágenes se muestran los elementos necesarios para la alimentación del módulo didáctico (transformador elevador) y sus elementos



Imagen 4.3 Transformador elevador (127V/220V)



Imagen 4.4 Adaptador de alimentación de 12V

Las siguientes imágenes muestran elementos que pertenecen al módulo didáctico y son necesarios para prácticas avanzadas. La imagen 4.5 muestra el módulo Sensor Cassy 2.

La imagen 4.6 corresponde al LIN bus box y la imagen 4.7 muestra el CAN bus box.



Imagen 4.5 Sensor CASSY 2



Imagen 4.6 Módulo LIN



Imagen 4.7 Módulo CAN

Se pudo identificar que el módulo didáctico cuenta con problemas, porque el cable RS-232 no funciona y ello ocasiona que el software FlexAlyzer no detectara el adaptador FlexRay para solucionar esto, se procedió a reemplazar dicho cable para poder utilizar el adaptador FlexRay.



Imagen 4.8 Cable RS 232



Imagen 4.9 Adaptador FlexRay USB/PC (773 960)

Después, al utilizar dicho software se pudo identificar que faltan extensiones de archivo para hacerlo funcionar.

2. Contactar al residente anterior para conocer los avances que ha realizado.

Esta actividad consistió en localizar al compañero que realizó el manual de prácticas básicas para conocer el alcance sobre su manual, dio información sobre cada una de las prácticas que había desarrollado durante su periodo de residencias profesionales. Además, dio una explicación sobre el funcionamiento básico de los elementos del módulo didáctico, esta información consta de la forma de conexión para la alimentación y energizado de dicho módulo.

3. Realizar una junta técnica entre el residente anterior, el suscrito y el jefe de laboratorio para discutir acerca de las prácticas avanzadas.

Durante esta junta técnica, el jefe de laboratorio verificó el manual de prácticas básicas realizadas por el residente anterior, y dio la orden de desarrollar prácticas sobre los protocolos de comunicación automotriz disponibles en el módulo con las limitaciones que se pudieran presentar, porque, habían contactado al proveedor de los módulos didácticos e informó que faltaban complementos de software que impedían que se utilizaran todas las funciones presentes en el software.

4. Elaboración de prácticas avanzadas del módulo didáctico LEYBOLD.

El manual de prácticas avanzadas del módulo didáctico LEYBOLD para la asistencia del frenado ABS cuenta con 18 prácticas.

La primera práctica es sobre el conocimiento general del módulo didáctico LEYBOLD, para ello se identifica que primero se tiene que localizar los puntos de conexión para el análisis de los protocolos de comunicación automotriz.

Para el protocolo CAN bus, se pide observar la ubicación y se explica el color de cada uno de los puntos de conexión de CAN H, CAN L, conexión del negativo de la fuente del módulo didáctico LEYBOLD y del CAN-BUS-BOX (524 078). También para el protocolo LIN bus se pide observar dónde se ubican el borne LIN y del negativo de la fuente, en el módulo didáctico y en el LIN-BUS-BOX (524 081). Además, se colocan actividades para reforzar la explicación y hacer el manual interactivo.

La práctica 2 trata sobre identificar cada una de las conexiones del módulo sensor CASSY 2, para ello se explica el número de entradas que tiene, los puntos de conexión de cada entrada, el nombre y uso de cada uno de los puntos de conexión de las entradas, el tipo de conector en cada entrada. Además, se muestran los conectores para conectarlo a un PC, para la conexión en cascada con otro módulo Sensor CASSY 2 y también su conector para la alimentación eléctrica.

También se propone un cuestionario sobre los elementos del módulo sensor CASSY 2.

Durante la práctica 3 se indica la forma de conexión del módulo didáctico LEYBOLD en el módulo Sensor CASSY 2 a través de LIN BUS BOX y CAN BUS BOX con el fin de realizar correctamente las conexiones para desarrollar futuras prácticas.

En la práctica 4 y 6 se enseña a conectar el sensor CASSY 2 con el PC, después de hacer las conexiones para realizar mediciones del protocolo CAN bus y LIN bus respectivamente.

Para la práctica 5 se presenta el procedimiento para conocer los elementos y cómo configurar el software CASSY LAB 2 para poder realizar mediciones del protocolo CAN bus.

La práctica 7 explica cada uno de los elementos y los pasos a seguir para configurar el software CASSY LAB 2 para obtener mediciones del protocolo LIN BUS. En esta práctica se explica la pantalla principal del software e indica la ubicación de

- la tabla de datos.
- pantalla cuadrículada para la visualización de las gráficas.

- Ventana de ajustes para seleccionar las diferentes entradas del módulo SENSOR CASSY 2 y cambiar entre el voltaje de LIN, BUS LIN y datos LIN.
- Parámetros de medición.
- Botón de medición.
- Instrumento de medición donde se muestra el valor del voltaje o información sobre LIN bus.

En la práctica número 8 se indica la posición de los elementos que conforman al protocolo de comunicación automotriz FLEXRAY como lo son: sensor FLEXRAY de asistencia de frenado, actuador FLEXRAY de asistencia de frenado, la topología de tipo estrella a la cual FlexRay denomina como “Active star” y los puertos para realizar la lectura de las señales del protocolo de comunicación a través de los cables BP y BM.

También se menciona la ubicación del puerto DB9 para conectarlo a un PC. Además, se describe el procedimiento para realizar la conexión del módulo al PC para observar el protocolo FLEXRAY y se presenta un cuestionario acerca de lo explicado en la práctica.

La práctica 9 se realizó para observar la señal del protocolo LIN en funcionamiento en el software CASSY LAB 2, para ello se hace referencia de en la práctica 3 para hacer las conexiones del módulo didáctico al Sensor CASSY 2 y este a su vez al PC, además de la práctica 4 del “manual de prácticas básicas”, para energizar el módulo, también, se indican el procedimiento para configurar en el software CASSY LAB 2 y al finalizar esta práctica el resultado debe ser observar la señal del protocolo LIN.

La siguiente práctica número 10 va con relación a la práctica anterior, debido a que se observa la señal del protocolo de comunicación LIN mediante un osciloscopio. Se proporcionan indicaciones de cómo realizar las conexiones al osciloscopio y cómo configurar para observar la señal, al finalizar se observa la señal y debe ser igual al resultado de la práctica 9. A continuación se muestra una imagen referente al desarrollo de esta práctica, donde se puede ver un osciloscopio conectado al módulo didáctico. En la pantalla se observa la señal del protocolo de comunicación LIN.

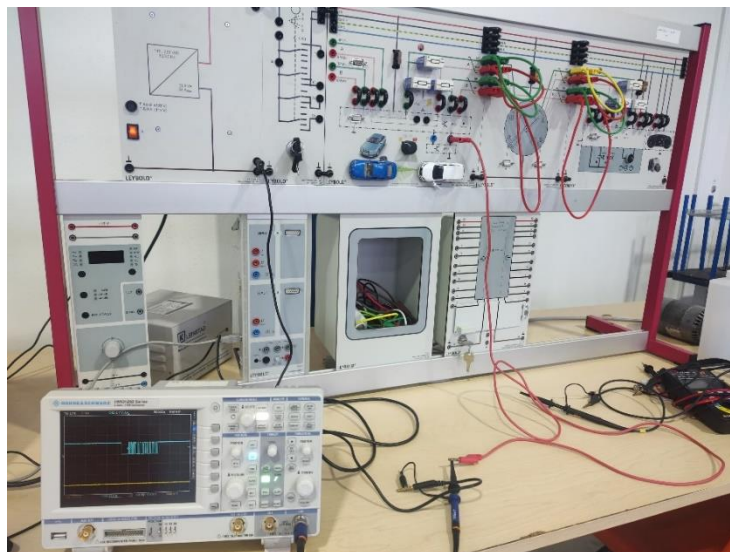


Imagen 4.10 Conexión del osciloscopio con el módulo didáctico para desarrollar de la práctica 10.

En la práctica 11 y 12 se vuelve a utilizar el osciloscopio y el módulo didáctico LEYBOLD, para poder observar las señales del protocolo CAN bus. Para ello el desarrollo indica como realizar las conexiones del módulo didáctico con el osciloscopio. Al finalizar la práctica 11 se observa las señales de CAN H y CAN L. Mientras que, al finalizar la práctica 12 se muestra como las señales del protocolo CAN tiene variaciones al momento de activarse la bomba de frenos y el LED en el cuadro de instrumentos. La siguiente imagen muestra la primera conexión realizada para desarrollar la práctica 11, se observa que la señal del CAN bus está distorsionada.

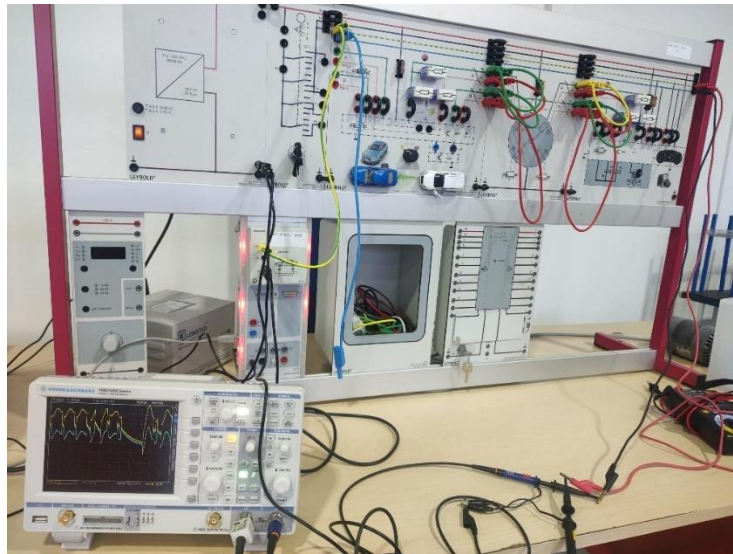


Imagen 4.11 Conexión del osciloscopio con el módulo didáctico para desarrollar la práctica 11 y 12.

Después de configurar correctamente el osciloscopio se logra visualizar la señal CAN bus. A continuación, se muestra una imagen de la señal CAN en el osciloscopio, CAN H de color amarillo y CAN L en color azul.

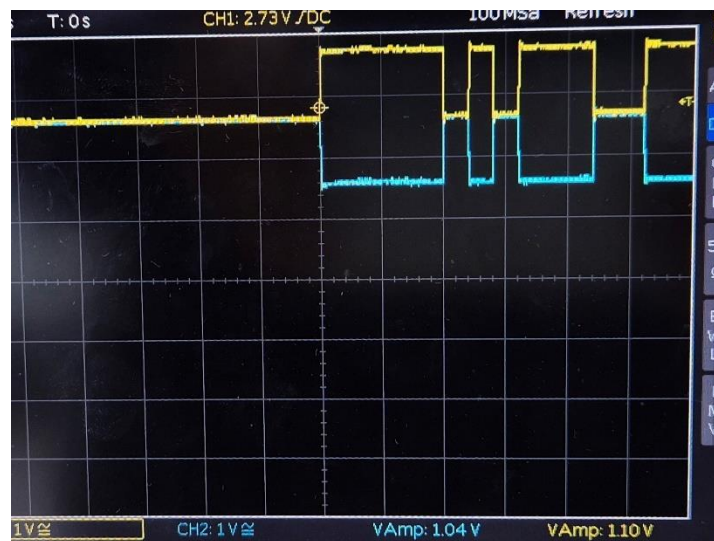


Imagen 4.12 Señal CAN

En la práctica 13 también trata sobre observar las señales del protocolo CAN bus, pero en el software CASSY LAB2. En esta práctica se describen el método de conexión del módulo didáctico LEYBOLD al módulo SENSOR CASSY 2, además se dan indicaciones paso a paso para poder configurar el software y así lograr observar las señales CAN H y CAN L.

La práctica número 14 indica el procedimiento paso a paso sobre el método de conexión de los siguientes bornes: CAN H, CAN L, positivo de la batería (30) y negativo de la fuente que se encuentra en el módulo didáctico a las conexiones de los canales de entrada del simulador universal de fallas en vehículos. La siguiente imagen muestra la conexión realizada entre el módulo didáctico con el simulador universal de fallas en vehículos y este a la vez con el módulo Sensor CASSY 2. Estas conexiones se realizaron para crear la práctica 15 que trata sobre simulaciones de fallas en la red CAN.



Imagen 4.13 Conexiones para desarrollar la práctica 14.

También se explica la forma de conexión de los canales de salida del simulador universal de fallas hacia el módulo sensor CASSY 2. El Canal A corresponde a CAN H y el CANAL B a CAN L. Además, enseña a realizar la alimentación con 12 volts del simulador universal de fallas mediante una fuente de alimentación.

Finalmente, se presentan los pasos a realizar para configurar el software para que en la siguiente práctica se realice las simulaciones de las principales fallas en la red CAN.

La práctica 15 indica el procedimiento para realizar las simulaciones de las principales fallas en la red CAN y poder visualizarla en el software CASSY LAB 2.

Para simular la falla CAN H en cortocircuito al voltaje de la batería se debe seleccionar el canal A y la falla 2 en el simulador universal de fallas en vehículos. En el software se observa el momento en el que sucede la falla y el voltaje pasa de 2.5 volts a 13.8 volts en CAN H y CAN L. CAN L mantiene variaciones en la forma de la señal y CAN H se mantiene constante.

A continuación, se muestra una imagen del simulador de fallas en donde se observa A2. La letra "A" corresponde al canal y el número "2" a la falla. El botón Set sirve para iniciar la falla y el Reset para quitar la falla. Con los botones de faultchannel se elige el canal y con Faultcode la falla, de esta forma se programan los tipos de falla en la red CAN.

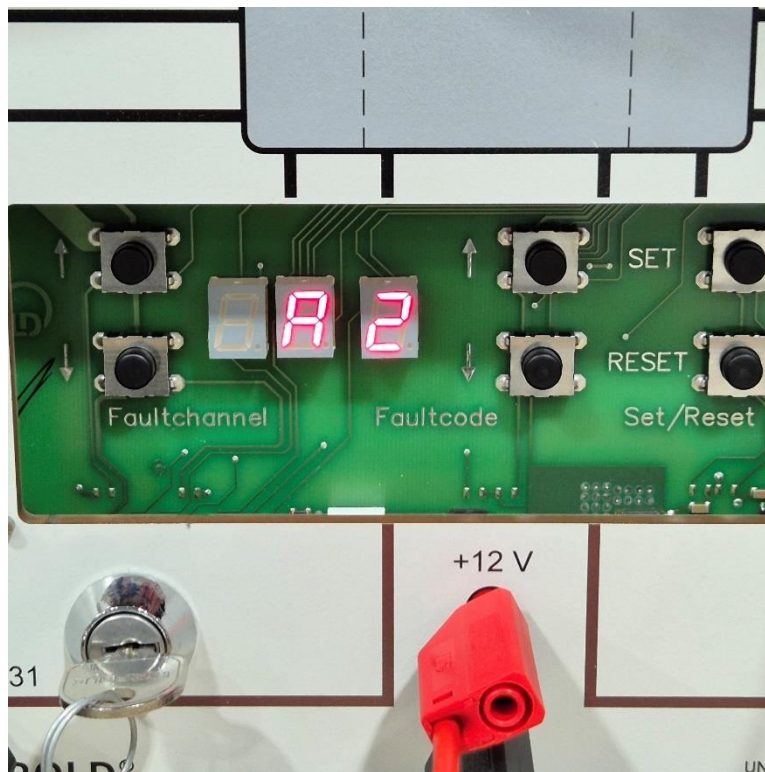


Imagen 4.14 Programación de la falla CAN H en cortocircuito al voltaje de la batería.

Para la simulación de la falla CAN L en cortocircuito al voltaje de la batería, se selecciona el canal B y la falla 2. En el software CASSY LAB 2 se observa el instante donde la señal pasa de 2.5 volts a 13.8 volts.

Para la falla CAN H en cortocircuito a tierra seleccionamos el canal A y la falla 4. La señal mostrada por el software muestra cómo CAN H y CAN L pasan de 2.5 volts a 0 volts, pero CAN L mantiene variaciones en la forma de onda de la señal mientras que CAN H se muestra constante a través del tiempo.

En la falla CAN L en cortocircuito a tierra, seleccionar el canal B y la falla 4. La imagen generada por el software muestra como CAN H y CAN L pasan de 2.5 volts a 0 volts, pero CAN H presenta cambios mínimos de tensión y en la forma de la señal.

La simulación de CAN H en cortocircuito con CAN L debe realizarse seleccionando el canal A y la falla 8 en el simulador universal de fallas en vehículos. En el software se observa como el voltaje y la forma de la señal de CAN H y CAN L son iguales.

Para simular la falla Interrupción de CAN H y CAN L seleccionamos el canal A y la falla 9 y se observa que la señal pasa de 2.5 volts a 0 volts, la señal CAN H y CAN L es la misma.

La falla interrupción en CAN H se simula al colocar el canal A y la falla 1. En el software se observa la gráfica con la señal CAN L funcionando correctamente a un valor de 2.5 volts y CAN H se interrumpe y presenta un valor de 0 volts con cambios mínimos en la forma de la señal. Para la falla interrupción en CAN L se selecciona el canal B y la falla 1. También se sugiere un cuestionario con el cual se puede complementar el uso del simulador universal de fallas en vehículos y sobre las posibles fallas de la red CAN.

En la práctica 16 se muestra el procedimiento para obtener datos del mensaje FlexRay en el software FlexAlyzer. Para ello se proporcionan los pasos a seguir para configurar el software y cómo realizar las mediciones.

En el software se observa algunos datos del mensaje FlexRay como el identificador ID, en este caso el identificador es 5, además se indican los datos al cambiar el estado de la carretera y la distancia entre los dos vehículos.

Al colocar el selector en soleado el software indica que el valor que proporciona el mensaje FlexRay es 0003, al colocar lluvioso el valor es 0002, al seleccionar nevado el valor es 0001 y al colocar el selector en estado de advertencia el valor proporcionado es 0000.

En la práctica 17 se da el procedimiento para enviar los datos FlexRay proporcionados en la práctica anterior y de esta forma modificar los datos que envía el sensor y así controlar al actuador. Es decir que, aunque coloquemos el selector en modo advertencia podemos accionar la bomba de frenos mediante los datos que se envíen en el software. Del mismo modo podemos mandar los datos que corresponde al modo advertencia y así se coloque el selector en soleado y se intente mover el auto blanco en dirección al auto azul la bomba de frenos no se activara por que a través del software se están mandando otros datos.

Para finalizar en la práctica 18 se proporciona la información sobre los elementos que contiene un mensaje LIN Bus, además en el desarrollo se indica las configuraciones a colocar en el software CASSY LAB 2 para realizar las mediciones del mensaje LIN. Este mensaje va a cambiar al seleccionar los distintos estados de la carretera que se puede simular. En la ventana del instrumento de medición se puede observar el identificador (ID) y el valor que corresponde al estado de la carretera. El valor del identificador es 11 y el valor del estado de la carretera que proporciona el protocolo LIN es: 31 para soleado, 21 para lluvioso, 11 para nevado y 01 para advertencia.

También se dan instrucciones para la trama del mensaje LIN bus, y como hacer la decodificación del mensaje LIN para pasar de un sistema binario a un sistema hexadecimal. Finalmente se pide identificar las partes que conforman a una trama LIN en cada uno de las mediciones obtenidas.

5. Comprobación del funcionamiento del manual de prácticas.

En esta actividad se fue realizando cada una de las prácticas siguiendo las instrucciones que proporciona el manual para comprobar que funcione correctamente. Se identificó que las primeras 8 prácticas son para la introducción sobre los componentes, equipo, conocimiento del software y la forma de conexión para la realización de las siguientes prácticas.

De la práctica 9 a la 13 es para conocer la forma de la señal que tiene CAN bus y LIN bus. Para visualizar las señales CAN se utiliza el software CASSY LAB 2 y el osciloscopio, también se muestra lo que sucede con la señal CAN al momento de activarse la bomba de frenos y el cuadro de instrumentos. Del mismo modo para observar la señal de LIN bus se utilizan ambos métodos.

La práctica 14 y 15 son para el uso del simulador universal de fallas y conocer las principales fallas que puede ocurrir en la red CAN bus.

Finalmente se comprobó que las prácticas 16 a 18 son para conocer cómo es la forma del mensaje que proporciona el protocolo de comunicación LIN bus y FlexRay.

RESULTADOS

El resultado de esta residencia profesional es el manual con 18 prácticas para el módulo didáctico LEYBOLD, este manual de prácticas contiene actividades sobre los protocolos de comunicación automotriz CAN, LIN y FlexRay relacionados al sistema de frenado.

CONCLUSIONES

1. Elaborar una herramienta didáctica para la manipulación del módulo LEYBOLD. Dicha herramienta es un manual de prácticas enfocado sobre protocolos de comunicación y su aplicación en los diferentes sistemas automotrices, aplicados a la simulación del frenado.
2. Con esta herramienta se proporciona al docente y al estudiante los conocimientos y habilidades para una mejor comprensión del sistema de asistencia al frenado ABS, los cuales complementan la formación teórica.
3. Este trabajo permite aprender a diagnosticar y analizar las señales eléctricas de los diferentes protocolos de comunicación automotriz mediante el equipo y software con el que se cuenta en el laboratorio de Autotrónica.

COMPETENCIAS DESARROLLADAS

Durante las actividades desarrolladas en las residencias profesionales cuyo objetivo fue la elaboración del manual de prácticas avanzadas, se obtuvieron las siguientes competencias: investigación, resolución de problemas, adaptabilidad, conocimientos técnicos, diseño del manual de prácticas y documentación.

Investigación: Esta competencia se desarrolló durante para obtener conocimientos de los diferentes temas que se abordan en el manual de prácticas avanzadas. Los temas a investigar fueron: los componentes en un sistema de frenos ABS, los instrumentos de medición de señales eléctricas y electrónicas, y los diferentes protocolos de comunicación automotriz.

Resolución de problemas: Durante el desarrollo del manual de prácticas se encontraron diferentes situaciones a resolver para poder hacer funcionar el módulo LEYBOLD y el equipo especializado, por ejemplo, encontrar y solucionar la falla que impedía la comunicación entre el módulo didáctico y el PC, esta falla era porque el cable no funcionaba.

Adaptabilidad: El equipo del módulo didáctico no funcionaba correctamente y el software era incompleto para poder utilizar todas las funciones del módulo didáctico, debido a ello, se realizó el manual de prácticas avanzadas con los recursos disponibles.

Conocimientos técnicos: Se adquirió esta competencia al aprender a utilizar el equipo especializado con el que cuenta el módulo didáctico LEYBOLD.

Diseño del manual de prácticas y documentación: Desarrollar prácticas que cuenten con objetivos, material a utilizar, un desarrollo y un cuestionario para reforzar los conocimientos y habilidades adquiridas. Asimismo, se aplican los fundamentos teóricos sobre los protocolos de comunicación automotriz en un manual de prácticas.

NOTA

Se le hizo entrega al jefe de laboratorio Ing. Arturo Vázquez Tonix el manual de prácticas en archivo PDF e impreso.

FUENTES DE INFORMACIÓN

Borja, J, Fenoll, J y Seco de Herrera, J, *Sistemas de seguridad ABS, TRC y ESP*, Sistemas de transmisión y frenado. MACMILLAN Profesional.

Wolf, S y Smith, R, (1992), *Fuentes de señal de CD*, Guía para Mediciones Electrónicas y Prácticas de Laboratorio, PRENTICE-HALL HISPANOAMERICANA S.A.

Unidades de control ABS: nuestra gama de productos. (2020, 28 febrero). HELLA. <https://www.hella.com/partnerworld/es/Gama-de-productos/Electronica/Unidades-de-control-ABS-13060/>

Nervo, N. (2025, 14 marzo). ECUs de Coche - Todo lo que necesitas saber. ECUs CB - Especialistas En Reparación de ECUs DE COCHE. <https://ecuscb.com/articulos/fundamentos-basicos/ecus-de-coche/>

Sensor ABS y sensores de velocidad de las ruedas. (2018, 9 octubre). HELLA. <https://www.hella.com/techworld/mx/Informacion-Tecnica/Sensores-y-actuadores/Sensor-ABS-4074/>

Tercero, E. C. (2023, 1 septiembre). Osciloscopio: ¿qué es y para qué sirve? Tecsá. <https://www.tecsagro.com.mx/blog/osciloscopio/>

Rohde & Schwarz. (s. f.). Entendiendo el funcionamiento básico de osciloscopios. [https://www.rohde-schwarz.com/lat/productos/prueba-y-medicion/essentials-test-equipment/digital-oscilloscopes/entendiendo-el-funcionamiento-basico-de-osciloscopios_254512.html#:~:text=Los%20osciloscopios%20miden%20y%20muestran,\(4\)%20sistema%20de%20visualizaci%C3%B3n.](https://www.rohde-schwarz.com/lat/productos/prueba-y-medicion/essentials-test-equipment/digital-oscilloscopes/entendiendo-el-funcionamiento-basico-de-osciloscopios_254512.html#:~:text=Los%20osciloscopios%20miden%20y%20muestran,(4)%20sistema%20de%20visualizaci%C3%B3n.)

Todd. (2020, 31 enero). What is an Oscilloscope? Why is it important? Simply Smarter Circuitry Blog. <https://www.circuitspecialists.com/blog/what-is-an-oscilloscope/>

¿Qué es Can Bus (red de área de controlador)? (2025, julio 18). Soluciones de Adquisición de Datos (DAQ). <https://dewesoft.com/es/blog/que-es-el-bus-can>

Fluke. (s. f.). What is a digital multimeter? Fluke. <https://www.fluke.com/es-mx/informacion/blog/electrica/que-es-un-multimetro-digital>

Smith, G. M. (2025, julio 18). ¿Qué es el bus CAN (red de área del controlador) y cómo se compara con otras redes de bus de vehículos? Soluciones de Adquisición de Datos (DAQ). <https://dewesoft.com/es/blog/que-es-el-bus-can>

Guillermo. (s. f.). Bus CAN. Web de Guillermo Herrero González. https://guillehg.com/index.php?option=com_content&view=article&id=46&Itemid=685

Electronics, C. (2025, enero 23). CAN Bus Explained - A simple intro [2025]. CSS Electronics. <https://www.csselectronics.com/pages/can-bus-simple-intro-tutorial>

Descripción general del protocolo de la red de controladores de área (CAN). (2006, 31 agosto). NI. https://www.ni.com/es/shop/seamlessly-connect-to-third-party-devices-and-supervisory-system/controller-area-network--can--overview.html?srsId=AfmBOorxY_2LD4E3wnkyUBY3eqWs6QU7ts-TkjJxA08-DeYfgdC9jppk

Automotriz, I. y. M. (2020, 17 marzo). ¿Qué es el CAN BUS y cómo funciona? INGENIERÍA y MECÁNICA AUTOMOTRIZ.
https://www.ingenieriaymecanicaautomotriz.com/que-es-el-can-bus-y-como-funciona/#google_vignette

Electronics, C. (2025, 22 enero). LIN Bus Explained - A simple intro [2025]. CSS Electronics.
<https://www.csselectronics.com/pages/lin-bus-protocol-intro-basics#transport-layer>

Automotriz, I. y. M. (2021, 22 septiembre). ¿Qué es el BUS Lin y cómo funciona? INGENIERÍA y MECÁNICA AUTOMOTRIZ.
<https://www.ingenieriaymecanicaautomotriz.com/que-es-el-bus-lin-y-como-funciona/>

Introduction to the LIN Bus Protocol. (2009, 2 agosto). NI.
<https://www.ni.com/en/shop/seamlessly-connect-to-third-party-devices-and-supervisory-system/introduction-to-the-local-interconnect-network-lin-bus.html>

FlexRay Automotive Communication Bus Overview. (2006, 31 agosto). NI.
<https://www.ni.com/en/shop/seamlessly-connect-to-third-party-devices-and-supervisory-system/flexray-automotive-communication-bus-overview.html#section-1927873434>

Automotriz, I. y. M. (2022, 25 abril). ¿Qué es el Protocolo de Comunicación FlexRay y Cómo funciona? INGENIERÍA y MECÁNICA AUTOMOTRIZ.
<https://www.ingenieriaymecanicaautomotriz.com/que-es-el-protocolo-de-comunicacion-flexr>

ANEXOS

En el siguiente enlace se encuentra el MANUAL CON PRÁCTICAS AVANZADAS DEL MÓDULO DIDÁCTICO LEYBOLD PARA LA ASISTENCIA DEL FRENADO ABS.

https://drive.google.com/file/d/1XVxtzyQroLEq-CKd5-gs0_EcxaugSc5L/view?usp=drive_link