

DOI: <https://doi.org/10.46296/ig.v6i12.0112>

MÁS ALLÁ DE LA POTENCIA: UN ANÁLISIS PROFUNDO DE LA RED CAN EN LOS SISTEMAS DE TREN DE POTENCIA Y MOTORES DE VEHÍCULOS DE ALTA GAMA

BEYOND POWER: AN IN-DEPTH ANALYSIS OF THE CAN NETWORK IN HIGH-END VEHICLE ENGINE AND POWERTRAIN SYSTEMS

Sánchez-Lara Cristina ¹; Villarreal-Prado Alex ²;
Jines-Espín David ³; Flores-Lescano Ángel ⁴

¹ Instituto Superior Tecnológico Tungurahua. Ambato, Ecuador.
Correo: csanchez.istt@gmail.com. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2525-3613>

² Instituto Superior Tecnológico Tungurahua. Ambato, Ecuador.
Correo: avillarreal.istt@gmail.com. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9051-8561>

³ Instituto Superior Tecnológico Tungurahua. Ambato, Ecuador.
Correo: djines.istt@gmail.com. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8675-680X>

⁴ Instituto Superior Tecnológico Tungurahua. Ambato, Ecuador.
Correo: aflores.istt@gmail.com. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2151-4740>

Resumen

Se destaca el papel crucial de la red CAN, una invención de Robert Bosch en los años 80. Gracias a CAN, los vehículos han evolucionado de ser sistemas predominantemente mecánicos hasta convertirse en configuraciones avanzadas de electrónica y sensores, esto ha potenciado el rendimiento y la eficiencia en los trenes de potencia y los motores, especialmente visible en los vehículos de alta gama, donde la precisa interacción de los componentes del vehículo, orquestada por la red CAN, resulta en una optimización del consumo de combustible y la mejora de los procesos internos. Se abordan las limitaciones de CAN y su evolución a lo largo de los años. Desde su versión original hasta la más reciente, conocida como CAN FD, siendo capaz de manejar una mayor cantidad de datos e información, convirtiéndose en la solución ideal para los vehículos modernos. En contraposición a una reducción de sensores, los vehículos están incluyendo cada vez más, aumentando así la necesidad y dependencia de la red CAN. A pesar del tiempo transcurrido desde su creación, la red CAN es más relevante que nunca en la industria automotriz. Su comprensión es clave para captar la esencia de la evolución y el futuro de los vehículos.

Palabras clave: avances, CAN, desafíos, industria automotriz, sistemas de automoción.

Abstract

The crucial role of the CAN network, an invention by Robert Bosch in the 80s, is highlighted. Thanks to CAN, vehicles have evolved from being predominantly mechanical systems to advanced configurations of electronics and sensors, this has boosted the performance and efficiency in powertrains and engines, especially visible in high-end vehicles, where the precise interaction of the vehicle components, orchestrated by the CAN network, results in an optimization of fuel consumption and improvement of internal processes. The limitations of CAN and its evolution over the years are addressed. From its original version to the most recent one, known as CAN FD, being able to handle a larger amount of data and information, becoming the ideal solution for modern vehicles. In contrast to a reduction in sensors, vehicles are including more and more, thus increasing the need and dependence on the CAN network. Despite the time

Información del manuscrito:

Fecha de recepción: 17 de marzo de 2023.

Fecha de aceptación: 29 de junio de 2023.

Fecha de publicación: 10 de julio de 2023.



elapsed since its creation, the CAN network is more relevant than ever in the automotive industry. Its understanding is key to grasp the essence of the evolution and future of vehicles.

Keywords: advances, CAN, challenges, automotive industry, automotive systems.

1. Introducción

Se proporciona información detallada acerca de la red Controller Area Network (CAN), desde sus inicios en la década de 1980, desarrollado por la empresa alemana Robert Bosch, el protocolo de comunicación CAN se ha establecido como una solución fundamental en la industria automotriz. Se emplea ampliamente a lo largo del sector, siendo la base para la transmisión de datos entre microcontroladoras y dispositivos dentro de un vehículo.

El artículo describe el desarrollo histórico de la red CAN, destacando su impacto en la transformación de sistemas mecánicos a electrónicos en los vehículos modernos. Esta tecnología ha resultado en cambios significativos en la eficiencia, seguridad y comodidad, extendiéndose a través de múltiples sistemas vehiculares, entre ellos: el control de motores, la regulación de

transmisiones automáticas y los sistemas de frenos anti-deslizantes.

Asimismo, el texto informa sobre los desafíos que la implementación de la red CAN ha enfrentado. Uno de los aspectos más relevantes para el debate es el manejo y transferencia de grandes volúmenes de datos en tiempo real y la demanda de precisión en el intercambio de información entre dispositivos. Estos desafíos son especialmente notables en relación a vehículos eléctricos y de alta gama, que requieren una gestión más compleja y eficiente de módulos, sensores y actuadores.

En este contexto, se explora la evolución del protocolo CAN, centrándose en la versión más reciente denominada CAN FD, que ofrece una mayor velocidad y capacidad de datos. La actualización de esta tecnología permite una mejor adaptación a las necesidades de los vehículos modernos, tanto en términos de la transferencia en

tiempo real de grandes volúmenes de datos como de la creciente demanda de comunicación detallada entre componentes vehiculares.

El artículo también presenta información sobre cómo la red CAN ha influido en la incorporación de sensores adicionales en los vehículos, lo que ha llevado a avances en el rendimiento de motores y trenes de potencia. Los sensores incluidos en sistemas de motor y transmisión permiten optimizaciones en la mezcla de aire-combustible, mejoras en la sincronización del motor, ajustes en la relación de marchas y distribución de potencia eficiente, entre otros aspectos.

Se informa acerca del papel clave que desempeña esta tecnología en la evolución y mejora de la industria automotriz, así como en la adopción de técnicas y soluciones que responden a las necesidades cambiantes y los desafíos del sector. Al analizar, de manera objetiva, el desarrollo histórico, los logros y los desafíos asociados a la red CAN, se promueve una comprensión amplia y detallada de esta tecnología y su impacto en los trenes de potencia y

motores de los vehículos de alta gama.

2. Materiales y métodos

Para explorar las oportunidades y desafíos que plantea la aplicación de la red Controller Area Network (CAN) en los sistemas automotrices, se utilizó un enfoque metodológico de revisión bibliográfica. Este enfoque implica analizar, sintetizar e interpretar información pertinente extraída de fuentes académicas y literarias previamente publicadas, con el objetivo de obtener un conocimiento sólido sobre un tema específico.

Este proceso permite realizar un análisis detallado y sistemático de la literatura científica existente sobre el tema. Se desarrolló este proceso en la secuencia siguiente:

- Selección de bases de datos: se recurrió a bases de datos académicas confiables como Google Scholar, IEEE Xplore, ScienceDirect, entre otras, para localizar los estudios más relevantes y actualizados.
- Definición de palabras clave: se identificaron términos clave

pertinentes a la temática del artículo, tales como "CAN bus", "sistemas de automoción", "impacto de CAN en la industria automotriz", "desafíos de CAN" y "avances en CAN".

- **Búsqueda de literatura:** utilizando las palabras clave, se buscó en las bases de datos los estudios, informes, libros y otros recursos relevantes. Esto facilitó la identificación de las principales investigaciones, teorías y tendencias en relación con la red CAN en los sistemas de automoción.
- **Evaluación de la literatura:** después de identificar los documentos y las fuentes pertinentes, se evaluó su calidad, relevancia e innovación. Se puso especial énfasis en las publicaciones que proporcionaban una perspectiva única y valiosa sobre la temática en estudio.
- **Análisis e interpretación:** se examinaron a profundidad los estudios seleccionados, analizando atentamente sus descubrimientos, enfoques, argumentos, opiniones y datos. Al comparar y contrastar dicha información, se logró aclarar e

identificar las oportunidades y desafíos más significativos de la red CAN en la industria automotriz.

- **Síntesis de la información:** finalmente, se integró toda la información recopilada de manera lógica y coherente, destacando los hallazgos principales en el artículo.

En las secciones siguientes, se presentan los resultados de esta revisión bibliográfica, destacando las oportunidades y los desafíos más relevantes en la aplicación de la red CAN en la industria automotriz.

3. Resultados y discusión

Desarrollo del CAN Bus

Durante la década de 1980, Robert Bosch de Alemania ideó un protocolo de comunicación principalmente destinado a aplicaciones automotrices. Con el tiempo, las empresas de la industria automotriz apreciaron su robustez, adaptándolo para su uso en aplicaciones específicas del sector (Arroyo, 2022).

Siguiendo la investigación de Arroyo (2022) podemos decir que el propósito original de este protocolo

era facilitar la comunicación entre diversos microcontroladores, desempeñan roles críticos en:

- El control de motores.
- La regulación de transmisiones automáticas.
- Los sistemas de frenos anti-deslizantes.

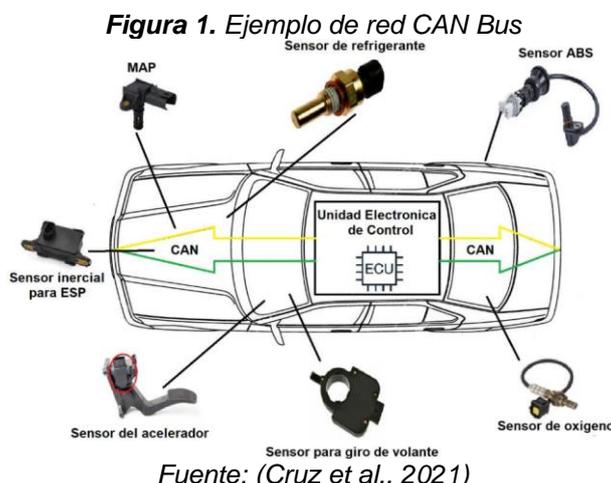
En el pasado, cada fabricante de automóviles operaba con protocolos distintos, exclusivos a su marca. Este enfoque cambió en 1996 con la introducción de la norma OBD-II en los Estados Unidos, esta norma obligaba a los fabricantes a elegir entre cuatro protocolos de comunicación diferentes: J1859-PWM, J1850-VPW, ISO-9141 y ISO-14230.

La Red CAN-Bus

Cadena (2023) describe el sistema CAN-Bus (Controller Area Network) como un desarrollo de Bosch que

facilita la comunicación efectiva entre dispositivos y microcontroladores sin la necesidad de una computadora central. Originalmente enfocado en aplicaciones automotrices, su uso se ha expandido a industrias como la aeroespacial y la de equipos médicos (Kubis et al., 2019). En la actualidad, todos los vehículos asistidos por computadoras incorporan el sistema CAN-Bus, debido a su eficiencia en la transmisión rápida de información.

Mediante una red de comunicaciones de bus de datos, esta tecnología transmite información desde y hacia los sensores y actuadores, hasta la Unidad de Control Electrónico (ECU por sus siglas en inglés, Electronic Control Unit) del vehículo, como se muestra en la Figura 1.



Red CAN High y CAN Low

Esta tecnología opera utilizando señales binarias que se transmiten a través de dos líneas o canales separados, llamados CAN High (CAN-H) y CAN Low (CAN-L); en lugar de tener un único canal de datos que se compara con un nivel de tierra, se utilizan estas dos líneas para mejor precisión y robustez en la transmisión de datos. Cuando la red CAN está en reposo o inactiva, ambas líneas llevan el mismo voltaje, aproximadamente 2.5 voltios, al transmitir información, el bit de datos determina cómo cambia el voltaje en estas líneas, por tanto:

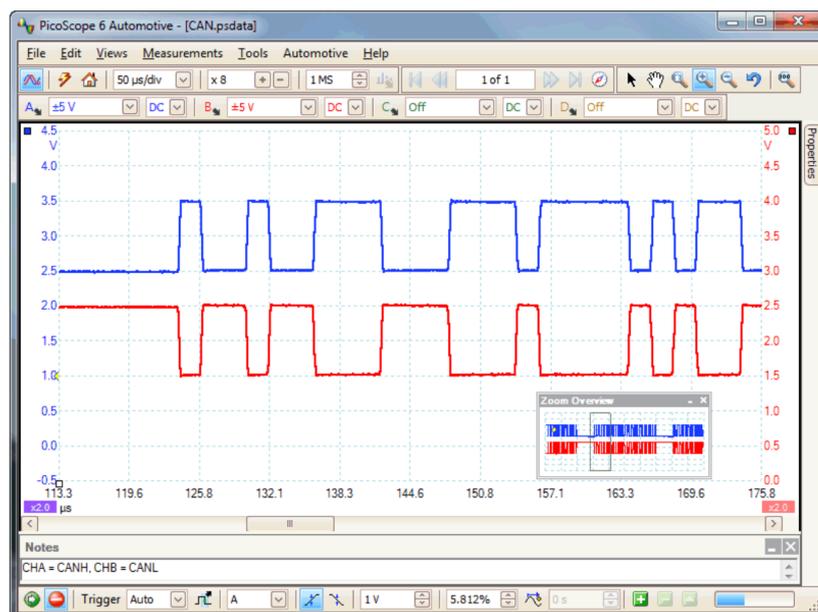
- Un bit “0” es el data stream, también conocido como bit

dominante, resulta en un incremento de voltaje en la línea CAN-H (hasta cerca de 3.5 voltios) y disminución en la línea CAN-L (alrededor de 1.5 voltios).

- Si se está transmitiendo un bit “1”, llamado bit recesivo, ambos canales, CAN-H y CAN-L, regresan al mismo voltaje (cerca de 2.5 voltios).

Estos cambios de voltaje permiten que el sistema CAN distinga entre bits de datos “0” y “1”, estableciendo una comunicación eficiente entre los distintos componentes de un vehículo, tal como puede verse en la Figura 2.

Figura 2. Red CAN High Y CAN Low



Fuente: (Cadena 2023)

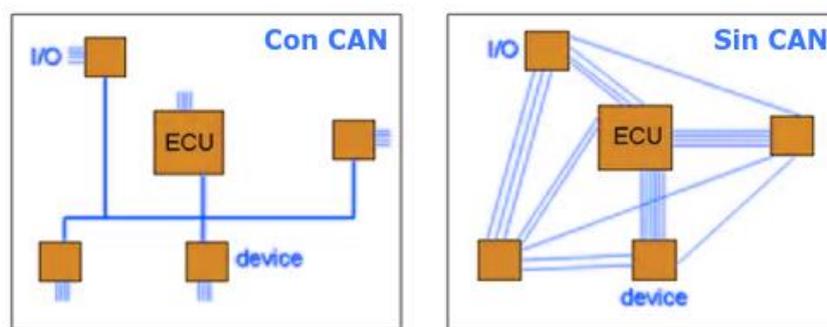
En la red CAN, cada dispositivo o nodo posee un identificador único, lo que facilita una comunicación bidireccional precisa entre componentes específicos, permitiendo a todos los dispositivos intercambiar información de manera efectiva. Los cambios en el voltaje representan los bits binarios 1s y 0s, lo que brinda una resistencia y precisión notable en la comunicación. Además, la red CAN-Bus implementa un sistema de priorización basado en los identificadores de los mensajes, dando prioridad a los mensajes con identificadores de menor valor sobre aquellos con mayores valores; esta capa adicional de ordenamiento

garantiza una transmisión de datos eficiente y resistente.

Red CAN su ventaja más importante

La red CAN reduce los costos de cableado y simplifica las conexiones mediante el uso de un sistema de dos cables que permite conectar múltiples dispositivos, reemplazando las costosas y complejas líneas de señales individuales (ver Figura 3). Esto, junto con la disponibilidad y el asequible costo de los componentes de CAN, la eliminación de hardware duplicado gracias a la compartición de información, resulta en una infraestructura de red más económica, ligera y fácil de gestionar.

Figura 3. Sistema con red CAN y sin CAN



Fuente: (Autor, 2023).

Este sistema también es lo suficientemente flexible para admitir la adición o eliminación de nodos sin afectar el resto del sistema. Fundamentalmente, la red CAN-Bus

se basa en teorías electrónicas sólidas y sencillas para garantizar la confiabilidad de los vehículos y proteger la seguridad de sus ocupantes; por todas estas razones

expuestas esta tecnología lleva tantas décadas en el mercado.

Limitaciones de la Red CAN-Bus

Luego de analizar el funcionamiento y las ventajas del protocolo CAN Bus, es evidente su generalizada adopción en el sector automotriz. Sin embargo, considerando que esta tecnología data de la década de 1980, es fundamental reflexionar sobre su relevancia en un contexto tecnológico en constante evolución. En este sentido, los avances recientes en la implementación del CAN Bus se abordan principalmente desde sus limitaciones inherentes.

Capacidad limitada de transferencia de datos

El CAN Bus original tiene una capacidad de transferencia de datos que podría ser insuficiente para manejar un alto volumen de mensajes en tiempo real. En vehículos de lujo o en trenes de potencia avanzados, esto podría

generar problemas con la comunicación entre dispositivos.

En su estudio, Feliciano (2019) arroja luz sobre las variadas velocidades a las que puede funcionar el protocolo CAN-Bus. En su explicación, presenta un detalle exhaustivo de la norma ISO-11898-2, la cual rige los aspectos técnicos del CAN de alta velocidad y establece un rango de velocidades de transmisión desde 125 kbps hasta 1 Mbps. Según esta norma, un transceptor debería ser capaz de manejar un bus de 40 metros a 1 Mbps. Es interesante observar que, al reducir la velocidad de transmisión de datos, se puede conseguir una longitud de bus aún mayor, sin embargo, la longitud máxima del bus está limitada principalmente por el retardo de propagación inherente al transceptor, en la Tabla 1 se puede ver un resumen de las velocidades en base a la distancia y kbps.

Tabla 1. Velocidad de la red CAN-Bus

Tasa de transferencia (kbps)	Longitud del Bus (m)
1000	40
500	100
250	250
125	500
40	1000

Fuente: (Feliciano, 2019)

Restricciones en la longitud de los mensajes

La versión original del CAN Bus solo admite mensajes de hasta 8 bytes. Esto podría ser una limitación para trenes de potencia modernos que requieren intercambiar información más detallada para su correcto funcionamiento.

De acuerdo a Pinguil y Fernández (2023) el protocolo CAN transmite algo llamado "trama de datos". Una trama de datos tiene varias partes:

- Un campo de prioridad: este es el lugar donde se encuentra el identificador (ID) del mensaje. Este campo decide la prioridad del mensaje; es decir, el nodo con el ID más pequeño siempre tiene prioridad.
- Longitud: Indica cuántos bytes componen el campo de datos.
- Campo de datos (payload): lugar donde residen los datos reales del mensaje.
- CRC (Checksum): método de verificación para asegurarse de que los datos se hayan transmitido correctamente.
- Indicador de reconocimiento (ACK): Este es un mensaje que

demuestra que la trama de datos ha sido recibida correctamente.

Además, el protocolo CAN envía un tipo de mensaje conocido como redundancia cíclica junto con el ID del mensaje desde el nodo emisor al nodo receptor. Este último lo interpretará y si detecta un problema, marcará el mensaje como erróneo.

En su diseño original, el protocolo CAN-Bus está configurado para transmitir mensajes de hasta 8 bits; esta longitud es limitada en comparación con tecnologías avanzadas que se utilizan hoy en día y que están presentes en muchos vehículos modernos, como Wi-Fi y Bluetooth. Es importante considerar que, en un sistema que busque unificar todas estas tecnologías, el CAN-Bus en su versión original podría encontrar restricciones en su capacidad de manejo de información, generando potencialmente cuellos de botella.

Dificultad para adaptarse a la evolución tecnológica

Los vehículos modernos tienen cada vez más conexión entre dispositivos y más ECUs. La versión original de CAN Bus podría tener dificultades para adaptarse al aumento de

dispositivos que deben comunicarse entre sí.

González y Toaza. (2021) destacan que CAN Bus, si bien fue creado para la industria automotriz, con el pasar de los años han nacido nuevas necesidades que no existían al momento de crear esta tecnología; un ejemplo de esto sería conectar dispositivos de manera inalámbrica. En este sentido, estos autores declaran que las redes CAN Bus están en completa desventaja con respecto a tecnologías actuales, como es el caso del Internet de las Cosas (IoT).

Vulnerabilidades de seguridad

Según Vielberth et al. (2020) muchos ataques cibernéticos orientados a vehículos motorizados suelen pasar desapercibidos durante periodos considerables. De hecho, las cifras de 2018 recogidas por Venkatachary et al. (2018) muestran que el tiempo medio para detectar un incidente fue de 196 días, y para contener la infracción se necesitaron 69 días adicionales en promedio. Estos tiempos de detección reflejan una ineficacia preocupante en las empresas para detectar y mitigar los ciberataques, evidenciando un

problema que a menudo se pasa por alto.

El CAN Bus es considerado poco seguro desde la perspectiva de Nogués (2023) quien señala que fue diseñado para funcionar en entornos cerrados y no tuvo en cuenta aspectos de ciberseguridad debido a la época en que fue desarrollado (década de 1980). Esto significa que no se proporciona de forma intrínseca ningún mecanismo que asegure la confidencialidad de los datos transmitidos a través del bus. Con el aumento de la conectividad en los vehículos modernos y la creciente amenaza de ataques cibernéticos, es fundamental proteger los sistemas de vehículos contra posibles vulnerabilidades.

Aunque cada ECU incluye su propia identificación en el mensaje para que el resto de ECUs reconozcan su procedencia, esto no garantiza la seguridad de la información, ya que cualquier dispositivo conectado al bus puede acceder y leer los mensajes que circulan por él. Por lo tanto, se requiere de medidas adicionales de seguridad para proteger los datos transmitidos a través del CAN Bus en entornos más

abiertos y con mayor riesgo de ataques maliciosos.

Mejoras del protocolo CAN

Como se mencionó previamente, este protocolo fue creado por Robert Bosch GmbH, una compañía alemana, a partir de 1983 y se hizo público en 1986. Posteriormente, en 1987, los primeros chips controladores de CAN fueron lanzados al mercado por Intel y Philips para adaptarse a las señales del nuevo protocolo.

Con el tiempo y según Angulo y Zambrano (2018) Bosch ha ido liberando actualizaciones para el protocolo CAN con diversas mejoras y modificaciones. En 1991, se introdujo la versión CAN 2.0, compuesta por dos partes: CAN 2.0A, con identificadores de mensajes de 11 bits y conocida como la versión estándar de CAN; y CAN 2.0B, con identificadores de 29 bits, también conocida como la versión extendida de CAN.

Dichos autores citados previamente también mencionan que el protocolo CAN ha sido aceptado y adoptado por la mayoría de los fabricantes de automóviles, por lo que en 1993 se creó el estándar ISO 11898. Este

estándar se ha ampliado a lo largo de los años en respuesta a las mejoras y ajustes realizados, y se compone ahora de varios documentos que cubren diferentes aspectos del protocolo:

- ISO 11898-1: 2015: capa física y de enlace.
- ISO 11898-2: 2003: unidad de acceso para alta velocidad.
- ISO 11898-3: 2006: interfaz de baja velocidad y resistente a fallos.
- ISO 11898-4: 2004: comunicación y tiempo de disparo.
- ISO 11898-5: 2007: unidad de acceso para alta velocidad en modo de bajo consumo.
- ISO 11898-6: 2013: unidad de acceso para alta velocidad con funcionalidad de arranque selectivo.

CANFD

CAN-FD, también conocido como CAN Flexible Data-Rate, representa una evolución significativa del protocolo CAN original. De acuerdo con Cadena (2023) esta versión modificada y mejorada ofrece una capacidad de transmisión de datos sustancialmente mayor, permitiendo

transferir hasta 64 bytes de datos por mensaje, en contraposición a su versión anterior que limita la transferencia a 8 bytes. Las más recientes actualizaciones del estándar ISO 11898-1 incluyen detalles sobre la última versión de CAN, denominada CAN FD (tasa de datos flexible). CAN FD es más veloz que el clásico CAN 2.0, alcanzando velocidades de transmisión de más de 1Mbps y hasta 8Mbps (Angulo y Zambrano, 2018). Aunque CAN FD es compatible con el clásico CAN 2.0, permitiendo su uso en nodos que pueden transmitir con este estándar, los módulos que emplean el estándar CAN 2.0 no son compatibles con CAN FD. En resumen, el CAN FD permite una velocidad y capacidad de datos mejorada.

Impacto de CAN en trenes de potencia y motores de alta gama

A fin de comprender la relevancia de la red CAN en vehículos de alta gama, revisaremos estudios realizados en este tipo de automóviles, enfocándonos en detalles relacionados con el control del motor y los componentes que conforman el tren de potencia.

Un ejemplo clave es el estudio realizado por López (2021), que examina en profundidad el sistema de multiplexado de un Audi Q51. El autor destaca la complejidad del sistema que opera con una red CAN FD (Flexible Data Rate) y una red LIN (Local Interconnect Network). Mientras la red CAN FD se utiliza para manejar la comunicación entre las partes más críticas del vehículo, la red LIN se emplea principalmente como un auxiliar de la CAN FD, permitiendo la conexión de accesorios de manera más económica.

Según López (2021) todo lo referente al control del motor, los frenos ABS y el tren de potencia es gobernado por una red CAN FD de alta velocidad. Sin embargo, los sistemas no críticos, como los actuadores de las puertas o la cajuela, son controlados por una red CAN de baja velocidad.

Tapia y Urgilés (2021) llevaron a cabo un análisis sobre los protocolos utilizados en un Mazda CX-3 2019 documentaron que los módulos interconectados a través de la red CAN en este vehículo abarcan el control de clima, el BSM, el PCM y el tablero de instrumentos (Gateway),

junto con el puerto DLC o SAE J1962. La arquitectura de conexión empleada es de tipo bus. Por otro lado, estos mismos autores comentan sobre una segunda red integra la Master Unit (segundo gateway), la unidad Bluetooth, la unidad de audio, la Tuner & Amp unit, así como el display central y la unidad de CD.

A partir de estos dos estudios citados, podemos decir que, a pesar de la antigüedad de la tecnología CAN, su uso sigue siendo predominante en los vehículos de alta gama. Esta persistencia se debe a su fiabilidad, su capacidad para manejar grandes volúmenes de datos y su interoperabilidad con otras tecnologías, como la red LIN, además de demostrar su adaptación con otras tecnologías más modernas como Bluetooth y lectoras de CD.

Cuando pensamos en vehículos, a menudo es natural asociarlos con sistemas mecánicos, ya que, desde los inicios de los automóviles a motor, estos han sido predominantemente mecánicos. Sin embargo, en la actualidad, gracias a los avances tecnológicos, muchos de los sistemas que antes eran

estrictamente mecánicos ahora han evolucionado para integrar componentes eléctricos, electromecánicos y electrónicos.

Estos avances en tecnología automotriz han llevado a una revolución en la forma en que operan y funcionan los vehículos modernos. Con la adopción de sistemas eléctricos y electrónicos, los automóviles de hoy en día son más eficientes, seguros y cómodos. Algunos ejemplos de dichos sistemas incluyen:

- Control del motor: los sistemas de gestión electrónica del motor ajustan diversas variables, como el tiempo de ignición y la mezcla aire-combustible, para maximizar la eficiencia y el rendimiento del motor.
- Frenos ABS: estos sistemas utilizan sensores electrónicos para monitorear la velocidad de las ruedas e impedir su bloqueo al frenar, lo que mejora la seguridad y el control del vehículo.
- Dirección asistida eléctrica: reemplaza a los sistemas hidráulicos tradicionales, mejorando tanto la eficiencia

energética como el control y la precisión de la dirección.

- Control de estabilidad y tracción: estos sistemas electrónicos detectan y corrigen la pérdida de tracción y la inestabilidad, mejorando la seguridad y la experiencia de conducción.

Conforme a lo indicado por Noroña y Gómez (2019) recientemente se ha observado la transformación de al menos nueve funciones que solían ser manejadas por sistemas mecánicos a sistemas electrónicos. Estas funciones incluyen la aceleración, el frenado, el cambio de velocidades, la suspensión, la integración de encendido/alternador, el control variable de válvulas, el convertidor catalítico y los dispositivos eléctricos, así como otros accesorios eléctricos.

Cada una de estas funciones genera señales que son dirigidas a microprocesadores especializados, quienes toman las decisiones operacionales del vehículo. Entre los desafíos más significativos que la electrónica en los automóviles enfrenta se encuentra su capacidad para resistir las demandas dinámicas a las que el vehículo es sometido, así como la habilidad de soportar

condiciones ambientales de operación extremas.

La introducción y combinación de componentes eléctricos, electromecánicos y electrónicos en vehículos modernos ha llevado a una mayor complejidad en los sistemas de control y comunicación. Es por esto que protocolos como la red CAN han ganado importancia para administrar y coordinar la operación de estos sistemas interconectados.

Aunque los vehículos aún requieren un gran componente mecánico, es innegable que la integración de sistemas eléctricos y electrónicos ha transformado la industria automotriz, mejorando tanto el rendimiento como la seguridad y la comodidad de los vehículos actuales.

Un enfoque fascinante para evaluar la influencia de la red CAN en los vehículos de lujo implica analizar los vehículos eléctricos. Según Pinguil y Fernández (2023), estos vehículos están ganando considerable aceptación, ya que ofrecen un bajo impacto ambiental y un consumo de energía reducido. Siguiendo la perspectiva de Rojas y Fernández (2019), los vehículos eléctricos requieren una mayor cantidad de módulos, sensores y actuadores en

comparación con vehículos tradicionales, por lo tanto, es esencial operar con una red de alta velocidad; en este contexto, la red CAN FD emerge como la solución más adecuada.

4. Conclusiones

En conclusión, la red Controller Area Network (CAN) ha revolucionado y mejorado la eficiencia, seguridad y comodidad de los vehículos modernos al permitir la interconexión de diferentes dispositivos en un sistema unificado. A pesar de las significativas mejoras, el sistema CAN enfrenta desafíos como la creciente demanda de transferencia de datos en tiempo real más rápida y la necesidad de información detallada para los componentes del vehículo.

La evolución de los vehículos eléctricos y de alta gama, que requieren gestionar una gran cantidad de módulos, sensores y actuadores de manera eficiente, impulsa la adopción de la red CAN FD con mayor velocidad y capacidad de datos. De esta forma, la tecnología CAN continúa adaptándose a las necesidades

cambiantes de la industria automotriz contemporánea.

Además, la inclusión de sensores adicionales en los vehículos ha conducido no solo a una mayor eficiencia en general, sino también a avances significativos en el rendimiento de los motores y los trenes de potencia. Estos sensores permiten optimizar la mezcla de aire-combustible, mejorar la sincronización del motor, aumentar la potencia y eficiencia del combustible, así como adaptar la relación de marchas en la transmisión y optimizar la distribución de la potencia en función de las condiciones de conducción.

La implementación de la red CAN, y específicamente de la CAN FD, permite a los vehículos modernos monitorear y ajustar en tiempo real las operaciones críticas del motor y del tren de potencia, lo que resulta en mejoras significativas en rendimiento, seguridad y eficiencia del combustible. Aunque la tecnología CAN sigue siendo un protocolo de comunicación robusto y rentable, es esencial seguir evolucionando y adaptándonos a sus limitaciones y desafíos para avanzar

hacia un mejor rendimiento automotriz.

Bibliografía

- Angulo, F., & Zambrano, M. (2018). Medidor de velocidad de protocolo CAN. ITESO, Universidad Jesuita de Guadalajara. <http://hdl.handle.net/11117/5543>
- Arroyo, J. C. (2022). Manual de pruebas de CAN–Bus para arquitecturas electrónicas de automóviles. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. <https://repositorioinstitucional.buap.mx/handle/20.500.12371/18447>
- Cadena, J. D. (2023). Desarrollo de una guía de procesos de escáner OEM para evaluación de funciones avanzadas y programación J2534 en módulos automotrices. Universidad Técnica del Norte. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/14579>
- Cruz, M. E., Fabela, M. d., Vázquez, D., Flores, O., Hernández, J. R., & Sánchez, L. G. (2021). Programa para detección y adquisición de variables de operación de vehículos bajo el protocolo CAN. Instituto Mexicano del Transporte. <http://www.sep.ife.imt.mx/arc>
- hivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt661.pdf
- Feliciano, L. G. (2019). Identificación y control de parámetros de clúster de instrumentos automotriz mediante Red Can. Tesis, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. <https://hdl.handle.net/20.500.12371/4738>
- González, R. A., & Toaza, A. (2021). Implementación de una red CAN con conectividad a dispositivos IoT como solución de interconexión desde una plataforma abierta. Universidad Politécnica Salesiana. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19834>
- Kubis, M., Beno, P., Gutten, M., & Danko, M. (2019). CAN Bus Communication using LabViewSystem. 20th International Scientific Conference on Electric Power Engineering (EPE), 1-4. <https://doi.org/10.1109/EPE.2019.8777930>
- López, J. A. (2021). Estudio y análisis del sistema multiplexado de un vehículo Audi Q5. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/16005>
- Nogués, J. (2023). Solución de ciberseguridad aplicada al vehículo conectado. Universitat Oberta de

- Catalunya (UOC).
<https://openaccess.uoc.edu/handle/10609/148315>
- Noroña, M., & Gómez, M. (2019). Development and innovation of electronic systems in an automobile: a review. *Enfoque UTE*, 10(1), 117-127. <https://doi.org/https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v10n1.350>
- Pinguil, J. L., & Fernández, E. E. (2023). Implementación de un sistema de monitoreo de red CAN basado en identificadores para un vehículo eléctrico RENAULT KANGOO ZE. Universidad del Azuay. <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/13303>
- Rojas, D. F., & Fernández, E. E. (2019). Implementación de un modelo dinámico para una red de comunicación presente en un vehículo eléctrico Kia Soul mediante NI-XNET. Universidad del Azuay. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/9564>
- Tapia, J., Ordoñez, S., & Urgiles, S. (2021). Análisis de redes multiplexadas y protocolos de comunicación implementados en un vehículo Mazda CX-3 2019. *INCITEC (Revista Innovación Ciencia y Tecnología)*, 1(2), 63-71. <https://doi.org/https://doi.org/10.53632/incitec.v1i2.103>
- Venkatachary, S. K., Prasad, J., & Samikannu, R. (2018). Cybersecurity and cyber terrorism - in energy sector – a review. *Journal of Cyber Security Technology*, 2((3-4)), 111-130. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/23742917.2018.1518057>
- Vielberth, M., Böhm, F., Fichting, I., & Pernul, G. (2020). Security Operations Center: A Systematic Study and Open Challenges. *IEEE Access*, 8. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9296846>