

Trabajo académico

Análisis de redes multiplexadas y protocolos de comunicación implementados en un vehículo Mazda CX-3 2019

Analysis of multiplexed networks and communication protocols implemented in a Mazda CX-3 2019 vehicle

José Tapia - Santiago Ordoñez - Santiago Urgiles

Instituto Superior Tecnológico Luis Rogelio González, Azogues, Ecuador

jose.tapia@institutoscanar.ec
 santiago.ordonez@institutoscanar.ec
 santiago.urgiles@institutoscanar.ec

RESUMEN

La presente investigación tiene como propósito realizar un estudio en las redes multiplexadas y protocolos de comunicación en un vehículo Mazda CX-3 2019, mediante una metodología experimental aplicada al diagnóstico y generación de averías dentro de los módulos de control del vehículo. Se parte de un análisis de arquitectura de red presente en el vehículo, tipo de comunicación, velocidad de transmisión de datos y sus protocolos, todo esto con base a trabajos publicados en diferentes documentos, que constan con información detallada sobre la comunicación de redes automotrices. Se dispone a realizar mediciones de las resistencias de la red CAN y generación de averías entre los diferentes canales, respaldados por el diagrama automotriz de este vehículo, una caja de desconexión, multímetro, escáner y osciloscopio automotriz. Finalmente, entre las averías generadas por citar una destaca que cuando se genera un cortocircuito entre canales HS CANH y HS CANL al igual que entre canales MS CANH y MS CANL, la red pierde comunicación y los canales entran a un modo de voltaje Bias

Palabras Claves

Averías de comunicación, HS CAN, Mazda CX-3, MS CAN, Redes multiplexadas

ABSTRAC

The present research aims to carry out a study on multiplexed networks and communication protocols in a Mazda CX-3 2019 vehicle, through an experimental methodology applied to the diagnosis and generation of faults within the vehicle's control modules.

It starts from an analysis of the network architecture present in the vehicle, type of communication, data transmission speed and its protocols, all based on works published in different documents, which contain detailed information on automotive network communication. It is arranged to carry out measurements of the resistances of the CAN network and generation of faults between the different channels, supported by the automotive diagram of this vehicle, a disconnection box, multimeter, scanner and automotive oscilloscope.

Finally, among the faults generated by citing one, it stands out that when a short circuit is generated between HS CANH and HS CANL channels, as well as between MS CANH and MS CANL channels, the network loses communication and the channels enter a Bias voltage mode

Keywords

Communication faults, HS CAN, Mazda CX-3, MS CAN, Multiplexed networks

I. Introducción

Como se aprecia en [1] respecto a la historia del automóvil, inicialmente el enfoque de los fabricantes era incrementar la potencia y el torque del motor; los circuitos eléctricos como el sistema de encendido, el alumbrado y el arranque, que, básicamente se componían de una batería, el motor de arranque, un generador de carga, lámparas y el control de iluminación, tenían esquemas sencillos y poco complejos si se comparan con los actuales.

En avance tecnológico dio un gran paso con el estudio de los semiconductores, dando origen al encendido sin ruptor y la innovadora inyección electrónica de combustible, con la asistencia de microchips o circuitos integrados. Según [2] la gran variedad de circuitos electrónicos y eléctricos ocasionaron un creciente número de conexiones, longitud del cableado y complejidad de la arquitectura eléctrica. El control electrónico que utilizaban los sistemas de inyección e ignición se vio en la necesidad de implementar diferentes tipos de sensores como el de velocidad de giro, temperatura del refrigerante, fase, entre otros.

Dichos transductores enviaban su información hacia un calculador electrónico (ECU); a más de ello la instrumentación en los vehículos se integró más en los sistemas de seguridad y confort, de esta manera aumentaron las unidades de control, la longitud del conductor utilizado y el número de conexiones obligando a los fabricantes a investigar nuevas formas de reducir la complejidad de estos sistemas.

La red CAN (Controller Area Network) fue desarrollada en el año de 1982 conjuntamente por Bosch e Intel de acuerdo a [2]. Su implementación se dio especialmente para la industria automotriz, aunque en la actualidad se utiliza para diferentes áreas industriales. En los vehículos fue creada con la finalidad de comunicar varias centralitas electrónicas (módulos automotrices) es decir, que intercambien información específica entre sí. Las redes CAN bus transmiten la información y por ende se comunican de una forma fiable utilizando dos cables bidireccionales; dichos cables permiten la transmisión de datos teniendo así una gran ventaja ya que todas las unidades de control tienen a su disposición toda la información que circula por la línea bus.

Las redes CAN se han transformado esencialmente en el estándar para la comunicación de módulos del vehículo, actualmente lideran el intercambio de datos en las áreas que conforman los sistemas electrónicos automotrices (suspensión, sistemas auxiliares del motor, transmisión, seguridad y confort).

Debido al crecimiento en la implementación de módulos automotrices, sensores y actuadores dentro del vehículo le red de comunicación necesita un correcto funcionamiento y por ende se vuelve una necesidad el diagnóstico y la comprobación de la funcionalidad de las redes multiplexadas; en el presente

trabajo se elaborarán pruebas de diagnóstico de las redes CAN de un vehículo Mazda CX3 2019 destacando que es un automóvil actual con un año de diferencia al de realización de este proyecto. Este vehículo tiene 9 módulos de control RCM (Control de Airbag), ABS (Control del Frenos Antibloqueo), PCM (Computadora de Motor y Transmisión), EPS (Computadora de Dirección Eléctrica), EBP (Computadora de freno de Mano Eléctrico), IC (Panel de Instrumentos), SSU (Sistema de arranque inteligente) y BCM (Módulo de Control de Carrocería), los cuales están conectados por dos redes CAN, una de media velocidad y otra de alta velocidad respectivamente.

La red CAN de alta velocidad conecta los módulos de control de dirección electrónica, el tablero de instrumentos, módulo de control de frenos antibloqueo, freno de mano, la computadora del motor y transmisión y por otro lado la red CAN de media velocidad enlaza los módulos de confort, es decir, los módulos del control del clima, módulo de control de la carrocería y mediante un Gateway que es el tablero de Instrumentos esta se conecta hacia la red CAN de alta velocidad para el intercambio de datos.

En la presente investigación al realizar el análisis de los protocolos de comunicación de un vehículo moderno se busca mejorar en el ámbito del diagnóstico y reparación de redes multiplexadas que comunican módulos automotrices, para el fin descrito se describen los particulares, oscilogramas característicos, averías y procesos para el diagnóstico de las redes MS CAN y HS CAN implementadas en un vehículo Mazda CX - 3.

II. Método

En la localidad no se han realizado muchas investigaciones sobre el vehículo Mazda CX -3 2019, entre las revisadas se aprecia el análisis de su sistema de inyección directa a gasolina, pero no sobre su arquitectura de red, sin embargo, existen documentos que permiten analizar los particulares, oscilogramas, averías y procesos para el diagnóstico de redes multiplexadas CAN utilizadas en distintos vehículos.

Ford Motor Company en [3] analiza las Redes MS CAN y HS CAN implementadas en sus vehículos del modelo Escape, en el documento se aporta información relevante respecto al HS CAN que se usa para los módulos del tren motriz de dicho vehículo, este protocolo posee una velocidad de transmisión de 500 Kbps mientras que el MS CAN comunica los módulos asociados al habitáculo, con una velocidad de transmisión de hasta 125 Kbps. En el documento también se aportan una metodología práctica experimental con una guía de comprobación de oscilogramas asociados a fallas en la comunicación de las redes CAN, entre dichas averías se citan:

- Cortocircuitos entre canales (CAN *High* y CAN *Low*)
- Cortocircuitos a positivo,
- Cortocircuitos a masa

- Señales corruptas.

A su vez Ford [3] en la Figura 1 aporta la operación normal de funcionamiento de la Red CAN, misma que se extrae con un osciloscopio teniendo en cuenta que los ajustes de escala dependen de la visualización de la señal. La red neutra o en reposo es resultado de los circuitos de *data +* (CAN High) y *data -* (CAN Low) correspondientes a 2.5 V; teniendo en cuenta que cuando se transmiten los mensajes, tanto en el *data +* y el *data -* se aumenta o reducen su voltaje en 1 V respectivamente. Cuando un mensaje haya concluido de una manera exitosa se puede verificar con un ligero pico de 5 V al final del mensaje.

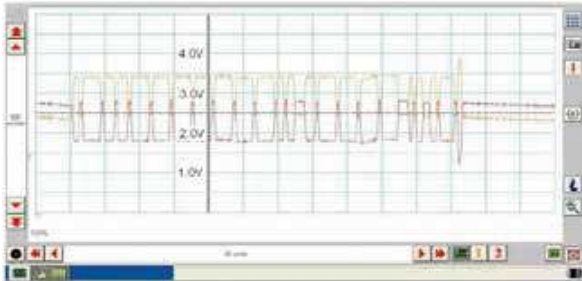


Figura 1. Operación normal de funcionamiento de la Red CAN [3]

Chabla en su investigación referenciada en [4] realizada en un vehículo Mazda 3 2008 hace un análisis sobre la red CAN-Bus del vehículo, mediante una metodología experimental el autor genera códigos de falla en la red, los cuales se diagnostican mediante un escáner, y con un osciloscopio automatizado verifica los oscilogramas del sistema, el autor afirma que cuando 2 unidades de control o más traten de transmitir a la vez un protocolo de datos, se concederá preferencia al protocolo de prioridad superior. Para vehículos Mazda el conector de bus de datos (DLC) para cada uno de los pines utiliza una nomenclatura predefinida, como se aprecia en la Figura 2, de igual manera en la Tabla I se detalla cada uno de los pines antes mencionados.

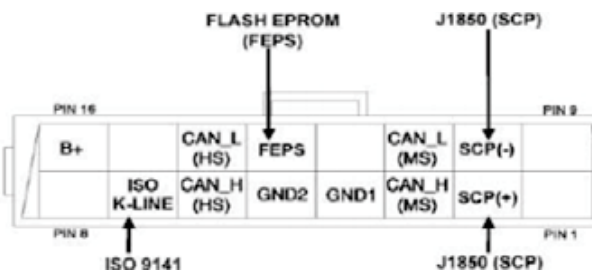


Figura 2. Pin Out DLC o puerto SAE J1962 Mazda [4]

Domínguez y Ferrer en [5] aportan una guía detallada de revisión de anomalías en red CAN de forma experimental, los autores categorizan 8 posibles desperfectos que se encuentran en el sistema según normativa ISO y que se aprecian en la Tabla II.

En el documento se afirma que dichas averías quedan registradas en las centralitas electrónicas y se detectan utilizando un equipo de diagnóstico, pero, en caso de pérdidas de comunicación y para evitar daños en el conector

DLC es recomendable el diagnóstico mediante una caja de desconexión, un tester y un osciloscopio automatizado.

Tabla I. Nomenclatura usada por Mazda en el DLC [4].

| Pin # | Circuit | Notes |
|-------|-------------|--|
| 1 | | Open |
| 2 | SCP + | 5 volt – No messages being sent. Alternates between 5 and 0 volts with SCP - when messages are being sent. |
| 3 | CAN_H(MS) | Key ON – 2.5v ~ 2.6v |
| 4 | | Ground 1 |
| 5 | | Ground 2 |
| 6 | CAN_H(HS) | Key ON – 2.5v ~ 2.6v |
| 7 | ISO K-LINE | 0 – 12 volt signals |
| 8 | Open | |
| 9 | Open | |
| 10 | SCP - | 0 volt – No messages being sent. Alternates between 0 and 5 volts with SCP + when messages are being sent |
| 11 | CAN_(MS) | Key ON – 2.3v ~ 2.4v |
| 12 | Open | |
| 13 | FLASH EPROM | For ISO, SCP, and Visteon CAN networks Signals PCM to erase EPROM and begin programing 12 – 18v signal only during programming |
| 14 | CAN_L(HS) | Key ON – 2.3v ~ 2.4v |
| 15 | Open | |
| 16 | Battery + | |

Tabla II. Tipos de Averías en Red CAN según normativa ISO [5].

| ISO | CAN-Low | CAN- High |
|-----|-------------------------------|-------------------------------|
| 1 | Interrupción | |
| 2 | | Interrupción |
| 3 | Corto con positivo de batería | |
| 4 | | Corto con masa |
| 5 | Corto con masa | |
| 6 | Corto con CAN-High | Corto con positivo de batería |
| 7 | Falta R_{term} | Corto con Can-Low |
| 8 | | Falta R_{term} |

Al realizar pruebas en la red mediante la resistencia entre los módulos conectados al bus, resistencia entre los cables de bus y los bornes de la batería y los oscilogramas típicos de averías se puede diagnosticar las mismas.

En los documentos citados en [6], se detalla el análisis de los protocolos de comunicación de las redes multiplexadas implementadas en la industria automotriz, los tipos de topologías, organización, mecanismos de control, clases, velocidades de transmisión, estructura de un mensaje y tipos buses, detallando cada uno de los parámetros citados.

El análisis de los protocolos implementados en el vehículo Mazda CX-3 2019 con sus particulares se describen en la siguiente sección, para el mismo se utiliza una metodología experimental con base en los documentos citados anteriormente.

III. Análisis de resultados

A. Topología de redes y protocolos

Para el análisis de la arquitectura o topología de red se utiliza el diagrama del fabricante presente en [7], con respecto a la red MS CAN se observa que a la misma se compone de dos redes, en la primera se integran los módulos de control de clima, BSM y el tablero de instrumentos (*gateway*) en conjunto con el puerto DLC o SAE J1962, su arquitectura de conexión es de tipo bus, mientras que la segunda red integra la *Master Unit* (segundo *gateway*), la unidad *Bluetooth*, la unidad de Audio, la *Tuner & Amp unit*, el display central en conjunto con la unidad de CD. De igual manera la configuración de su topología de red es del tipo bus, parte de las conexiones citadas en la MS CAN se aprecian en la Figura 3.

Con respecto a la red HS CAN también se aprecian 2 redes presentes en el vehículo, a diferencia de la de MS CAN, se observa que en la primera red esta presenta una arquitectura mixta, debido a que la conexión entre estos módulos es diferente presentando así una conexión en bus entre las redes que comunican la PCM, módulos encargados del sistema ADAS, y EPB, pero en la BCM claramente se observa una conexión *Daisy Chain*, ya que la HS CAN ingresa y sale de dicho módulo por dos pares de terminales distintos. Con respecto a la segunda red HS CAN esta integra el control de frenos ABS, la EPS, el tablero de instrumentos (*gateway*) y la SSU con una conexión en bus que termina en el puerto DLC o SAE J1962 como se puede apreciar en la Figura 4.

B. Medición de velocidad de redes, protocolos y tipo de clase

Para la medición de velocidad de transmisión de las redes MS CAN y HS CAN que se encuentran implementadas en el vehículo Mazda CX-3 2019 se procedió a conectar un osciloscopio automotriz en conjunto con una caja de desconexión con la finalidad de presenciar el flujo de datos en los canales MS CANL, MS CANH, HS CANL y HS CANH.

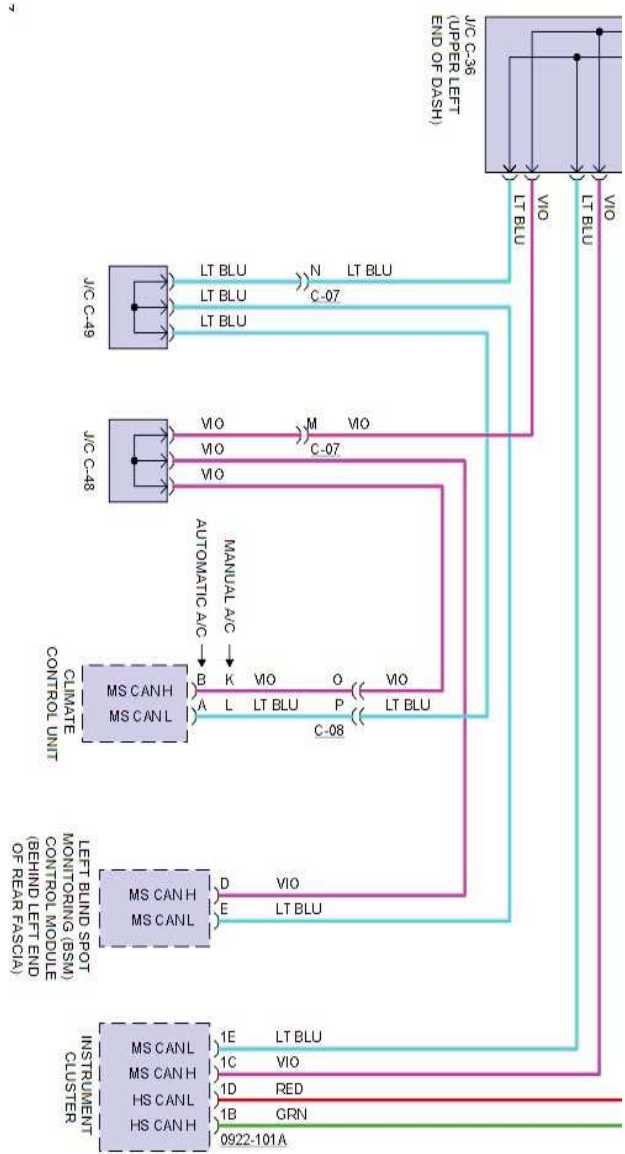


Figura 3. Conexión en Bus de módulos integrados a red MS CAN [7]

Los 4 canales del osciloscopio se conectan a los pines 6, 14, 3 y 11 del puerto DLC, en el primer par se conecta la red HS CAN y en el segundo la red MS CAN.

El canal uno del osciloscopio de color amarillo se conecta al pin 6 del SAE J1962 correspondiente al HS CANH, el canal dos de color azul se enlaza al pin 14 del SAE J1962 correspondiente al HS CANL, de la misma forma el canal tres de color morado se conecta al pin 3 del SAE J1962 correspondiendo al MS CANH, entre tanto el canal cuatro de color verde se enlaza al pin 11 del SAE J1962 donde se conecta el canal MS CANL.

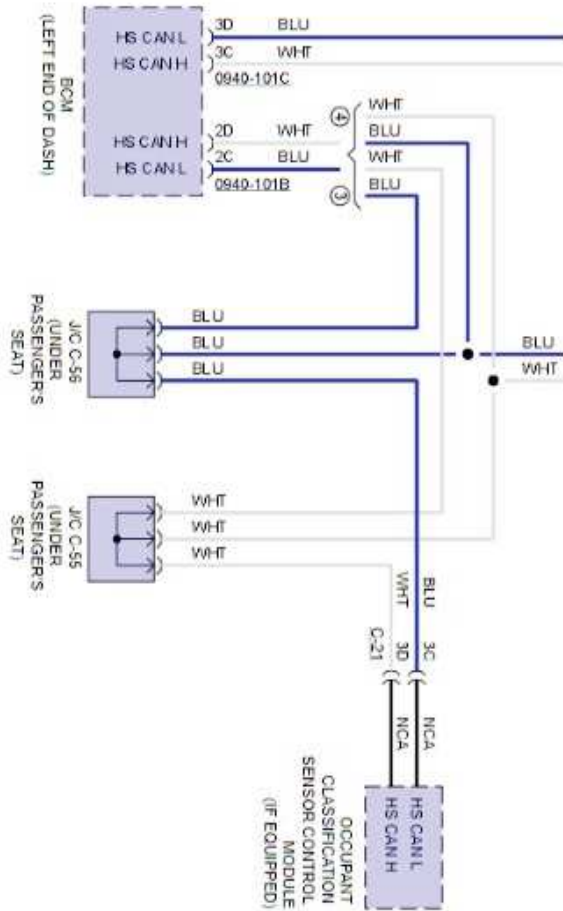


Figura 4. Conexión de red HS CAN en configuración bus y *Daisy Chain* en la BCM [7]

Para determinar la velocidad de la red HS CAN se procede a valorar el bit más pequeño como se aprecia en la Figura 5, capturado por medio del osciloscopio, en la cual por medio de los cursores representados por líneas azules se registra una frecuencia aproximada de 500kHz con un tiempo de duración del bit de 2,06 microsegundos, precisando así una velocidad de 500 kbps siendo una red de Clase C.

El proceso para determinar la velocidad de la red MS CAN es similar al anterior, con la variación que registra una frecuencia aproximada de 125kHz con un tiempo de duración del bit de 8 microsegundos, determinando así una velocidad de 125 kbps perteneciendo a una red de Clase C.

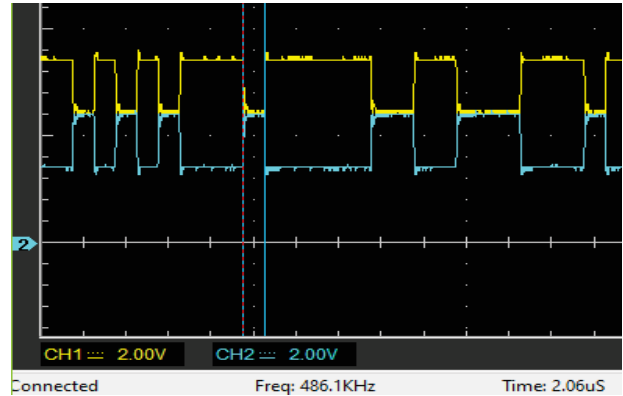


Figura 5. Valoración de velocidad por bit más pequeño

C. Medición de las resistencias de red

Para proceder a medir las diversas resistencias que presenta la red CAN básicamente se necesita un multímetro, seleccionado en la opción de ohmios, con el cual se sitúa en los pines 6 y 14 de la caja de desconexión pertenecientes al HS CANL y HS CANH del conector DLC, como se aprecia en la Figura 6; El valor notarial es de 61.9 ohms. Determinando que estos valores se encuentran dentro del rango del correcto funcionamiento que propone el fabricante de 60 ohms entre dichos canales.

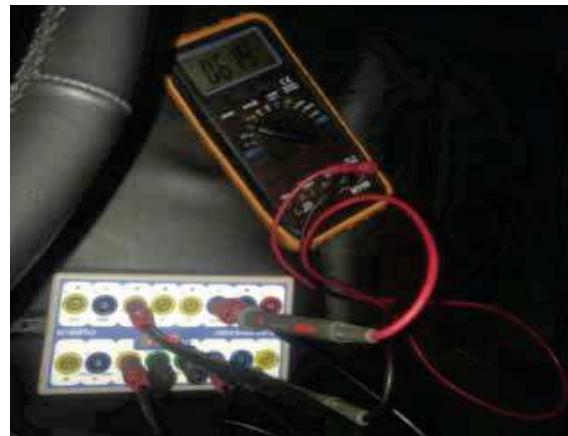


Figura 6. Resistencia de red entre HS CANL y HS CANH

La resistencia de los canales MS CANL, MS CANH se encuentran de la misma manera en los pines 3 y 11 de la caja de desconexión procedente de las señales de el mismo conector, su resistencia correspondiente es de 61.8 ohms, corroborando que la resistencia de red también se encuentra en un óptimo funcionamiento de trabajo como se puede apreciar en la Figura 7.



Figura 7. Resistencia de red entre MS CANL, MS CANH

D. Medición de voltajes de Canales CAN

Para la medición de los voltajes de las redes MS CAN y HS CAN se conectan los 4 canales del osciloscopio automotriz a la caja de desconexión, para HS CAN se usan los pines 6 (HS CANH) y 14 (HS CANL) y para MS CAN los pines 3 (MS CANH) y 11 (MS CANL), todos estos con referencia a tierra, el oscilograma se aprecia en la Figura 8.

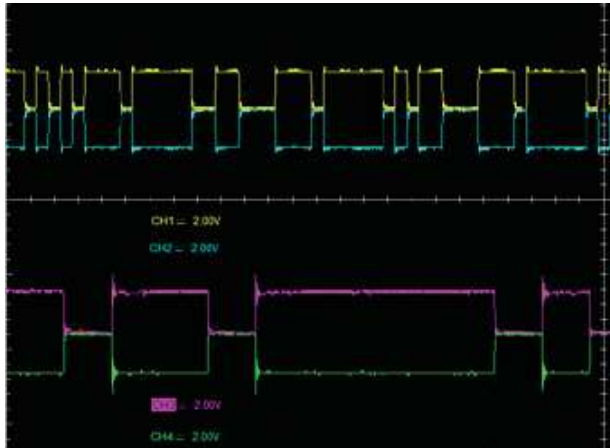


Figura 8. Voltajes de canales CAN

Al realizar la conexión del osciloscopio se observa que la señal del HS CANH se representa en la gráfica con color amarillo por el canal número 1, este varía desde los 2.5 voltios a 3.5 voltios, mientras que HS CANL está conectado en el canal 2 con una gráfica celeste, con una señal que varía desde los 2.5 voltios a 1.5 voltios como se aprecia en la Figura 9

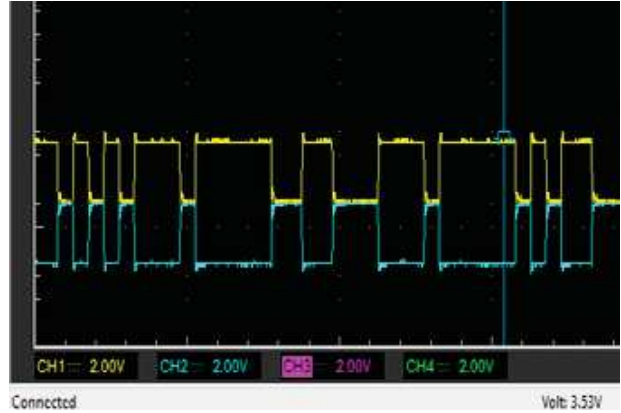


Figura 9. Voltaje en canales HS CANL y HS CANH

Tanto los canales HS CANH, HS CANL, y MS CANH, MS CANL cuando se encuentran en reposo registran una señal de 2,00 voltios y 2,50 voltios respectivamente, es decir en estas circunstancias los canales no reciben ni transmiten información, a estos voltajes se los conocen como de vigilia o bias y su oscilograma se puede ver en la Figura 10.

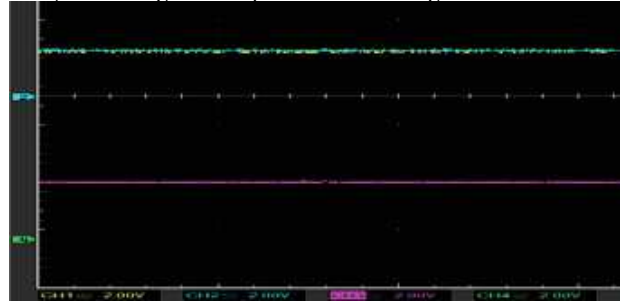


Figura 10. Voltaje Bias de las redes MS CAN y HS CAN

E. Transmisión de datos

Las señales o mensajes que se transmiten por cada uno de los diferentes canales del vehículo Mazda CX-3 2019, las recibe un transceptor, procesándolas, restando el canal alto del canal bajo (HS CANH- HS CANL o MS CANH- MS CANL) dando como resultado un tren de bits que fluctúa de 0 a 2 voltios, dicha señal es enviada hacia el microcontrolador de los módulos y se aprecia en la Figura 11.

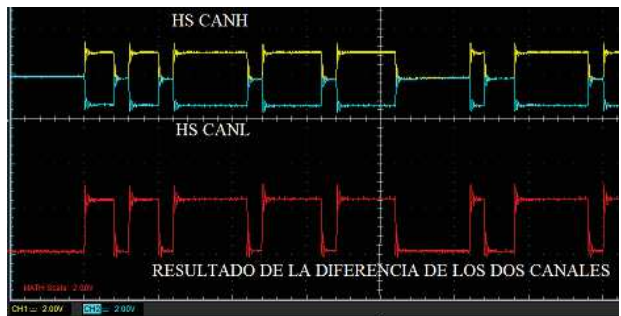


Figura 11. Diferencia de señales de transmisión

En la Figura 12 se aprecia con más detalle la diferencia antes establecida, como se puede observar se resta del canal alto con valor de 3,5 voltios, el canal bajo de 1,5 voltios teniendo en

efecto un tren de bits de 2 voltios, por medio de esta resta se establece el bit dominante y recesivo previniendo errores por interferencias electromagnéticas en la transmisión de los mensajes, a más de ello, al ser referencia un canal del otro, se excluye la necesidad de incluir un cable de tierra en el transcurso de la red CAN.

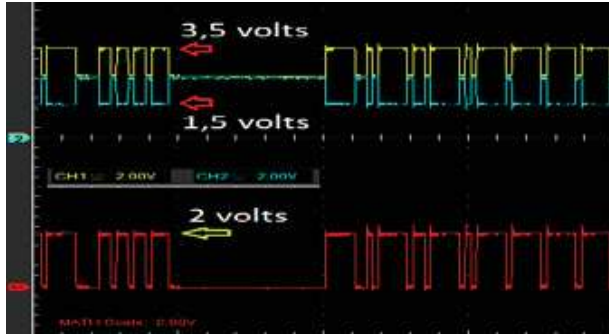


Figura 12. Ilustración de diferencia entre canales

I. PRUEBAS DE DIAGNÓSTICO EN REDES

A. Generación de averías en red

En la presente sección se detallan los distintos tipos de averías que puedan generarse en las redes HS CAN y MS CAN de un vehículo Mazda CX3 2019, cuando este se encuentre con desperfectos. Todo esto se lleva a cabo simulando cortos entre los canales de la MS CAN y la HS CAN tanto en alta como baja velocidad, así como también cortocircuitos de los canales a masa.

B. Cortocircuito entre canales HS CANH y HS CANL

En esta prueba se provoca un corto entre los canales CAN High y CAN Low como se observa en la Figura 13 pertenecientes a la red de HS CAN; cuando los canales se encuentren cortocircuitados entre sí, la red de datos HS CAN pasa a estar en un voltaje Bías correspondiente a 2.5 V, por lo que no transmite datos, cortándose la comunicación entre los módulos de control de alta velocidad del vehículo; generando así códigos de fallas en el sistema.

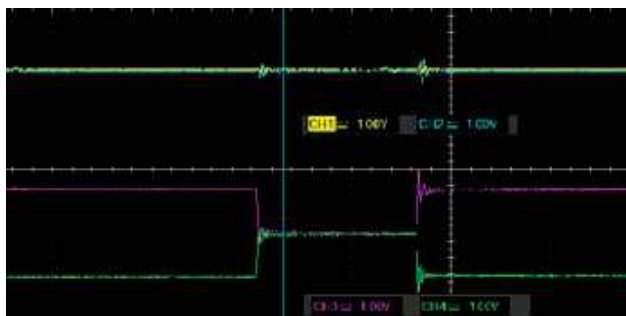


Figura 13. Cortocircuito entre HS CANH y HS CANL

C. Corto entre canal HS CANH a tierra

El momento de realizarse el corto entre el canal CANH y tierra se puede observar en la Figura 14, las señales tanto de HS CANH Y HS CANL decaen a 0V según consta en la gráfica procedente del osciloscopio, lo que conlleva a una pérdida de comunicación de los módulos conectados a la red, por lo que el vehículo presentaría fallas al momento de conducirlo o incluso en algunos casos no podría encender.



Figura 14. Cortocircuito entre HS CANH a tierra

D. Corto entre canal HS CANL a tierra

Al cortocircuitar el canal HS CANL a masa, este disminuye su voltaje a 0 voltios; por el contrario, HS CANH presenta una comunicación de datos con un voltaje de 2.95 voltios; estos valores se presencian en la gráfica del osciloscopio según como consta en la Figura 15, pero se reporta que se sigue generando la comunicación entre módulos a pesar de la pérdida del canal HS CANL.

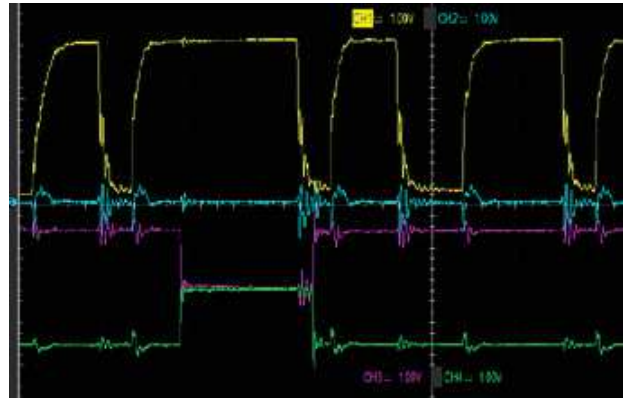


Figura 15. Cortocircuito de HS CANL a tierra

E. Cortocircuito entre canales MS CANH y MS CANL

Presenciar la avería o desperfecto de comunicación que se presenta en la red de MS CAN entre sus respectivos canales, retroalimenta las averías presentes en el cortocircuito entre canales de la red de HS CAN, ya que sus fallas características prácticamente son similares, es decir, la red de MS CAN cuando se encuentra en cortocircuito entra en modo Bías de 2,5 voltio y no transmite datos, por lo que se pierde la comunicación generando *códigos de falla que se visualizan por medio de un escáner automatiz*, en la Figura 16 se corrobora que debido a la forma de su grafica no se transmiten los mensajes o datos

hacia los diferentes módulos que precisan de la información.

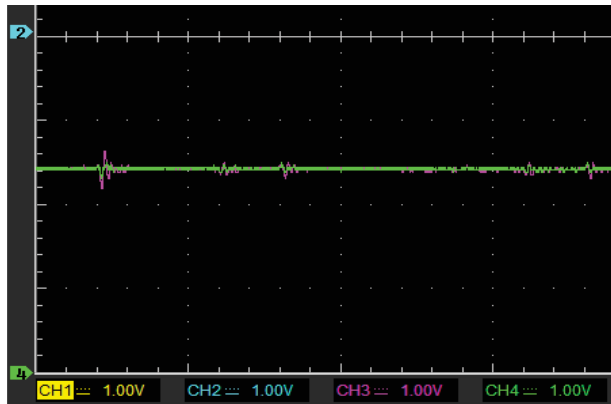


Figura 16. Cortocircuito entre MS CANH y MS CANL

F. Cortocircuito entre canal MS CANH a tierra

Cuando se detecta un corto en el canal de la red MS CANH a tierra se puede notar que el voltaje de MS CANH Y MS CANL permanecen con un voltaje de 0 voltios, como se aprecia en la Figura 17 mientras esté en corto la red de MS CANH con tierra no existe ningún tipo de comunicación hacia los módulos que requieren de los datos de velocidad media, generalmente estas velocidades de red utilizan los módulos de control de confort.

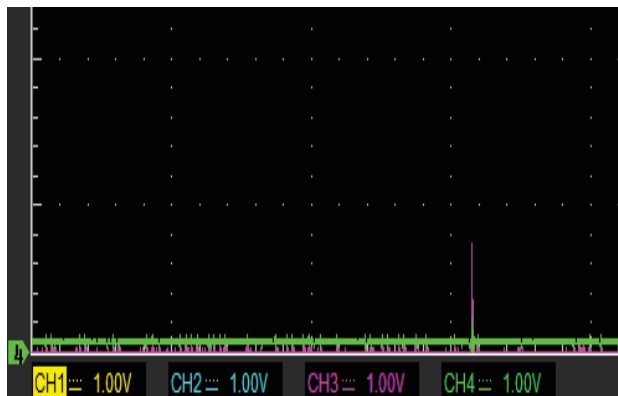


Figura 17. Cortocircuito entre MS CANH a tierra

G. Cortocircuito entre canal MS CANL a tierra

Al incitar un corto entre la MS CANL y tierra el oscilograma registrado por el osciloscopio muestra un valor de 0 voltios en el canal MS CANL, al contrario en el canal MS CANH presenta una grafica con un voltaje de 3V, como se presenta en la Figura 18, permitiendo la comunicación entre los diferentes modulos que utilizan la red de MS CAN.

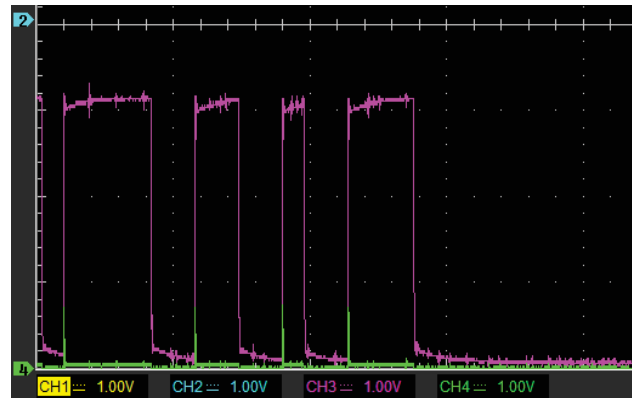


Figura 18. Cortocircuito entre MS CANL a tierra.

IV. Conclusiones

La actual investigación se enfoca directamente en el análisis y comportamiento de las redes multiplexadas y los protocolos de comunicación de un vehículo Mazda CX-3 2019, utilizando un escáner automotriz, un multímetro, un osciloscopio, diagramas del mencionado vehículo y una caja de desconexión.

Una de las maneras más rápidas de comprobar una avería en las redes tanto de HS CAN Y MS CAN, es medir su resistencia por medio de un multímetro, teniendo en cuenta que cuando se encuentra averiada se mide un valor diferente a 60 ohms, este valor se encuentra dentro de los datos proporcionados por el fabricante y se lo puede valorar mediante el conector DLC mediante y una caja de desconexión.

Cuando se generan cortos en las diferentes redes de este vehículo, se observan con una serie de fallas, dando como resultado una deficiencia en la transmisión de datos y por ende un mal funcionamiento de la misma.

Las redes CAN se transmiten a diferentes velocidades, teniendo así que los canales de HS CANH y HS CANL transmiten información a una velocidad de 500 kbps, y por otro lado los canales de MS CANH y MS CANL a una velocidad de 125 kbps, determinando así que pertenecen a una clase de tipo C (redes de alta velocidad).

Entre los módulos que se interconectan por la red de HS CAN se encuentran, control de clima, BSM, PCM, y el tablero de instrumentos (*Gateway*) en conjunto con el puerto DLC o SAE J1962, su arquitectura de conexión es de tipo bus por otro lado la segunda red integra la *Master Unit* (segundo *gateway*), la unidad *Bluetooth*, la unidad de Audio, la *Tuner & Amp unit*, el display central en conjunto con la unidad de CD. Teniendo similitud ya que también su conexión es de tipo bus.

V. Referencias

- [1] F. Montilla, «Biocombustibles-Inversión Mundial en biocombustibles,» 14 mayo 2014. [En línea]. Available: <https://www.econlink.com.ar/biocombustibles-inversion-mundial-biocombustibles>.
- [2] IICA, Preguntas y respuestas más frecuentes sobre biocombustibles, San José: Imprenta IICA, 2007.
- [3] OCDE-FAO, Perspectivas Agrícolas, París: Éditions OCD, 2017,

pp. 37-39.

- [4] J. Gómez, «Análisis de la variación de la eficiencia en la producción de biocombustibles en América Latina,» *Estudios gerenciales*, vol. 32, n° 139, pp. 120-126, 20 abril 2016.
- [5] C. Alejos y E. Calvo, «Biocombustibles de primera generación,» *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química*, vol. 18, n° 2, pp. 19-30, 20 octubre 2015.
- [6] A. Reyes, «Evaluación del proyecto de desarrollo de biocombustibles en el ecuador: caso gasolina ecopais periodo 2010 – 2015,» UG-FCE, Guayaquil, 2016.
- [7] W. Maurat y P. Galarza, «Evaluación del consumo específico de combustible y emisiones de gases de escape, con el uso del combustible Ecopais en un motor de combustión interna alternativo,» Udazuay, Cuenca, 2017.
- [8] A. Ordoñez, «Qué es el bioetanol,» 29 octubre 2015. [En línea]. Available: <http://www.cultivarsalud.com/vida-y-hogar-eco/bioetanol-que-es-y-como-se-obtiene/>.
- [9] F. Serna, L. Barrera y H. Montiel, «Impacto Social y Económico en el Uso de Biocombustibles,» *Journal of Technology Management & Innovation*, vol. 6, n° 1, p. 15, 2011.
- [10] J. Chiliquinga y C. Ruiz, «Análisis del potencial energético del metanol y etanol como aditivo orgánico de la gasolina extra, para su utilización en el motor de combustión ciclo Otto en proporciones del 5% 10% y 15%,» ESPE, Latacunga, 2016.
- [11] C. Castro-Martínez, L. Beltrán-Arredondo y J. Ortiz-Ojeda, «Producción de biodiesel y bioetanol: ¿una alternativa sustentable a la crisis energética?,» *Ra Ximhai*, vol. 8, n° 3B, pp. 93-100, 2012.
- [12] C. De La Cerna, «Fabricando bioetanol,» *Alianzas y tendencias*, vol. 1, n° 4, pp. 10-11, 2016.
- [13] A. Barboza, «Estudio de pre-factibilidad del proyecto de mezclas de gasolinas con etanol a nivel nacional,» RECOPE, San José, 2014.
- [14] C. M. Barreiro H., «Estudio prospectivo del sector transporte de Ecuador y su incidencia en la matriz energética en el periodo 2017 - 2040,» EPN, Quito, 2018.
- [15] D. Pérez, «Estudio de emisiones contaminantes utilizando combustibles locales,» *Innova Research Journal*, vol. 2, pp. 23-34, 2017.
- [16] NTE INEN 2204, *Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres que emplean gasolina*, Quito: INEN, 2017.
- [17] Programa Nacional Cambio Climático, «Meteorología y climatología,» *Energética*, Cochabamba, 2006.
- [18] Bosch, *Manual de la técnica del automóvil*, 3ra. ed., Barcelona: Reverté, S.A., 1996.
- [19] D. Perancho, «Estudio del funcionamiento de motores alternativos de combustión interna mediante la utilización de combustibles alternativos,» UPC, Barcelona, 2017.
- [20] INER, «Evaluación energética y de fiabilidad mecánica de vehículo eléctrico; y pruebas de consumo y calidad de energía del cargador electrónico EVA040KS480/01 BYD,» Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables, Quito, 2015.
- [21] German, «Analizador de 4 y 5 gases(Dar Klik),» 23 enero 2012. [En línea]. Available: <https://german7644dotcom.wordpress.com/herramientas-para-taller/analizador-de-gases/>.
- [22] Á. D. Bermeo y J. L. Salazar, «Banco dinamométrico de chasis,» UPS, Quito, 2016.
- [23] AUTO-DATA.NET, «Ficha técnica Fiat UNO (146A) 1.1 (57 Hp),» 2019. [En línea]. Available: <https://www.auto-data.net/es/flat-uno-146a-1.1-57hp-7226>.
- [24] NTE INEN, Norma NTE INEN 935:2012 - Derivados del petróleo. Requisitos para la Gasolina. 8va. Rev, Quito: NTE INEN, 2012.
- [25] Acuerdo Ministerial Gob. Ecuador, COLORACION DE LOS COMBUSTIBLES, Quito: INEN, 1985.
- [26] N. INEN, Etanol Anhidro. Requisitos., 1ra ed., Quito: NTE, 2009.