

Trabajo académico

Diagnóstico de problemas en la Red CAN de una bomba VP 44 y la Unidad de Control de un motor 4JH1

Diagnosing issues in the CAN Network of a VP 44 pump and the Control Unit from a 4JH1 engine

Marlon Ordoñez - Jonnathan Calderón - Pablo Urgilés

Instituto Superior Tecnológico Luis Rogério González

marlonantony1999@hotmail.com
calderonjonnatan@gmail.com
pablo.urgiles@institutoscanar.ec

RESUMEN

La presente investigación se realizará en un vehículo Chevrolet Luv Dmax modelo 2013 donde se evalúa la comunicación entre la Pumpen Steuer Gread (PSG) y la del motor (ECM).

Esta investigación está basada en una metodología experimental, por lo cual se ha realizado un previo estudio de varios documentos relacionados a la interfaz de comunicación de las redes CAN. Para realizar de manera práctica la adquisición de datos se utiliza un osciloscopio automotriz, un tester o multímetro automotriz, una caja de desconexión (break out box), una laptop para leer los oscilogramas y finalmente los datos del fabricante y diagramas eléctricos del vehículo.

El enfoque principal de la investigación es encontrar el origen de los códigos de falla P1650 y P1651, los mismos que casualmente aparecen como históricos, especialmente en este tipo de vehículo, para lo cual se procede a realizar experimentalmente la generación de averías en la comunicación CAN entre los módulos PSG y ECM. Finalmente se reporta que dichos códigos ocasionan al cortocircuitar el canal CAN-H a tierra, el canal CAN-H y CAN-L y la pérdida o ruptura del CAN-H.

Palabras Claves

Averías de comunicación, Chevrolet Luv Dmax, ECM, PSG, Red CAN

ABSTRAC

The present investigation will be carried out in a 2013 Chevrolet Luv Dmax vehicle where the communication between the injection pump computer (PSG) and the engine computer (ECM) is evaluated, determining the CAN communication network that exists between them.

This research is based on an experimental methodology, for which a previous study of several documents related to the communication interface of the CAN networks has been carried out, to carry out the acquisition of data from the networks in a practical way, an automotive oscilloscope is used, an automotive tester or multimeter, a break out box, a laptop to read the oscillograms and finally the manufacturer's data and wiring diagrams of the vehicle.

The main focus of the investigation is to find the origin of the fault codes P1650 and P1651, the same ones that happen to appear as historical, especially in this type of vehicle, for which the generation of faults in CAN communication is carried out experimentally. between the PSG and ECM modules, it is finally reported that these codes are generated by shorting the CAN-H to ground, the CAH-H to CAN-L and the CAN lost signal or break of the CAN-H channel.

Keywords

CAN Network, Chevrolet Luv Dmax, Communication Faults, ECM, PSG

I. Introducción

Como se afirma en [1] los primeros automóviles se enfocaban en potenciar la fuerza del motor para su desplazamiento, estos no disponían de circuitos eléctricos, salvo el caso del sistema de encendido. En el año 1950 los automóviles implementaron los circuitos de iluminación y señalización requiriendo de aproximadamente 40 líneas eléctricas de conexión según se aporta en [2].

La instrumentación y el estudio de los semiconductores dio origen a los primeros sistemas electrónicos de inyección e ignición. Al requerir estos de señales de sensores como los de la temperatura del motor, velocidad de giro, posición del pistón, apertura de la mariposa de gases, entre otros, además de un calculador electrónico (ECU) y distintos actuadores se incrementó la complejidad de la arquitectura eléctrica, la longitud del cableado y el número de conexiones en gran proporción.

Posteriormente el control electrónico se aplicó a otros sistemas del vehículo, como por ejemplo los frenos ABS, el control de estabilidad, sistemas de seguridad pasiva (airbag), entre otros. Con la introducción de los sistemas de confort aumentó drásticamente el cableado, conexiones y el peso del automóvil; en [2] se acota que dependiendo de la clase de vehículo se pueden encontrar entre 20 y 80 microcontroladores en sus módulos, los cuales gobiernan los mecanismos del motor, frenos, transmisión, carrocería, por mencionar algunos.

Uno de los objetivos fundamentales de la implementación de las redes multiplexadas en los automotores según [3], es la comunicación entre distintos sistemas que ayudan al funcionamiento de cada uno de los componentes del vehículo, permitiendo la trasmisión de información entre varias unidades de control electrónico (ECU) obteniendo de esa manera una arquitectura eléctrica menos compleja, menor longitud de conductor y disminución de las conexiones utilizadas. El primer sistema de redes multiplexadas fue creado en 1982 por las empresas Bosch e Intel, se nombró Controlled Area Network (CAN).

En la presente investigación se realizan pruebas experimentales sobre un vehículo Chevrolet Luv-Dmax del año 2013, en el cual se ha implementado el protocolo de comunicación CAN entre la ECM (Engine Control Module) y la PSG (Pumpen Steuer Gread) conocida como Unidad de Control de la Bomba de Inyección, todo esto con referencia en [4].

La bomba de inyección VP44 según lo describe Isuzu en [4] tiene una unidad de control llamada PSG, se encuentra ubicada en la parte superior de la misma y se encarga de intercambiar información de relevancia para la alimentación de combustible con la ECM vía CAN-Bus.

La ECM se encarga de calcular la cantidad de combustible deseado, el tiempo de inyección, identificar el punto de ajuste de la posición del árbol de la bomba de inyección para

el comienzo del suministro de combustible y la velocidad del motor; todos estos datos son enviados vía CAN-Bus a la PSG. De la misma manera esta se encarga de enviar a la ECM la información relacionada a: temperatura del diésel, velocidad angular de la bomba, verificación de qué pistón se encuentra en el PMS (Punto Muerto Superior), pulsos de control (Cantidad de combustible inyectado y tiempo de inyección) y finalmente el estado funcional de la bomba VP44 como se aprecia en la Figura 1.

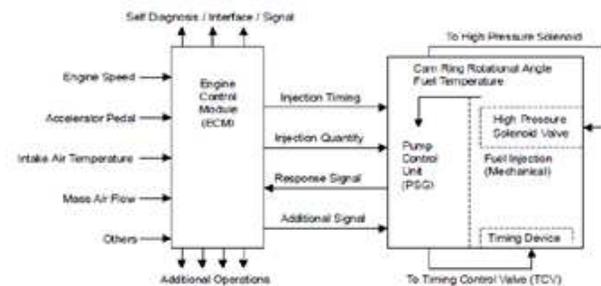


Figura. 1. Intercambio de datos entre PSG y ECM. [4]

Gracias a la comunicación entre la ECM y la PSG se controla la inyección y las emisiones, a su vez, verifica el funcionamiento del motor y el sistema de alimentación. En un registro de datos en campo se ha verificado la generación de un error muy común entre la comunicación de la PSG y la ECM; el código registrado es el P1651 que obedece a la pérdida de comunicación de los dos módulos antes mencionados [5].

Por este motivo la presente investigación se enfoca fundamentalmente en el análisis del código P1651, verificando la sintomatología de su origen, los requisitos del monitor, entre otros, para la resolución de problemas de comunicación que se generen entre PSG y ECM realizando de forma experimental la simulación de averías en la red hasta obtener el código mencionado.

II. Método

En la localidad no se han realizado mayores estudios en vehículos Chevrolet Luv Dmax que incorporan un motor 4JH1 con un sistema de inyección con bomba VP44, los resultados de las investigaciones revisadas demuestran que se ha estudiado la comunicación entre los módulos PSG y ECM para la elaboración de banco de diagnóstico. Sin embargo, las redes multiplexadas y sus averías se han analizado de forma general en otros documentos, los resultados aportados por sus autores se detallan en la presente sección.

Ford en [6] referencia una metodología práctica experimental para diagnosticar, por medio de un osciloscopio, averías en Red CAN. La guía muestra que los tipos de códigos de falla de red o comunicación entre unidades de control que pueden extraerse a través de un escáner inician con la letra U, el fabricante denomina a los canales CAN High y CAN Low como data (+) y data (-) respectivamente. Los oscilogramas

aportados muestran la forma de onda cuando hay cortocircuitos entre: data (+) y data (-), data (+) y tierra, data (-) y tierra, data (+) y alimentación, data (-) y alimentación y finalmente una señal CAN corrupta.

Las averías que suceden en el sistema de Red CAN quedan registradas en las unidades de control y la lectura de estas se lleva a cabo mediante un equipo de diagnosis [7]. Además, mediante un osciloscopio, un tester y una caja de desconexión, se puede aplicar una metodología experimental para el diagnóstico y reparación en caso de que exista alguna transmisión errónea de datos debida a las siguientes condiciones:

- Uno o varios cables del Bus de datos cortados.
- Cables del Bus de datos en cortocircuito.
- Una o varias unidades de control averiadas.
- Cables del Bus de datos en cortocircuito con masa o con positivo.

De igual manera en [7] se acota que existen 8 averías comunes en el sistema CAN Bus que están categorizadas bajo norma ISO 11898 listados en la Tabla I.

Tabla I. Averías comunes en el sistema CAN Bus según la norma ISO 11898. [7]

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

Una manera de diagnosticar averías como la interrupción parcial de los cables del Bus en la unidad de mando, se puede verificar realizando mediciones de continuidad y resistencia, para ello, se emplea un multímetro automotriz entre el punto de encuentro de las unidades de control con el Bus y el terminal a comprobar; es importante desconectar parcialmente todas las unidades de control conectadas al subsistema de red CAN, e incluso el tablero de instrumentos. Se procede a tomar el valor de la resistencia entre los canales CAN High y CAN Low, siendo esta magnitud infinita o mínimo el valor debe hallarse en mega ohmios.

Para la verificación de un corto circuito a masa o a positivo, se realizará la medición de resistencia entre los cables de Bus y los bornes positivo y negativo de la batería, la cual según [7] debe tener un valor de 120 a 1000 ohmios con una poten-

cia de disipación de 0,25 W, verificando de esta manera que la red se encuentra en buen estado de funcionamiento.

Figueroa en [8] mediante una metodología experimental con base a información técnica aportada por Toyota, analiza la red CAN presente en un modelo Prius, el autor utiliza para el análisis un equipo de diagnóstico, un multímetro automotriz y un osciloscopio. La investigación aporta las resistencias entre los canales CAN High y CAN Low resumidos en la Tabla II.

Tabla II. Datos de los valores de resistencia de las redes CAN [8]

Conexión	Condición del <i>switch de encendido</i>	Medición
CAN - H	<i>Switch off</i>	54 A 70 Ω
CAN - L		
CAN - H	<i>Switch off</i>	200 Ω o superior
Tierra		
CAN - L	<i>Switch off</i>	200 Ω o superior
Tierra		

En [9] se propone una guía experimental para la reparación de redes automotrices, la comprobación de los elementos y el Bus de comunicación. Los procesos a realizar según los autores se pueden resumir en los siguientes pasos: La revisión del funcionamiento de sistemas conectados a la red y la interrupción o activación de la comunicación al conectar o desconectar los módulos integrados a esta, el acceso a dichos módulos mediante un equipo de diagnóstico conectado a la red, la verificación de las resistencias terminales y conjunta de Bus, la medición del voltaje de los canales de red CAN en rangos adecuados, así como el análisis de los oscilogramas asociados a la comunicación.

Con base a la información aportada se plantea en la siguiente sección la revisión de la red CAN dispuesta entre los módulos PSG y ECM de una camioneta Chevrolet Luv Dmax 3.0, los procesos seguidos se detallan a continuación.

III. Características de red de comunicación

A. Topología o arquitectura de red

En esta sección se inicia con el análisis de la topología de la red que se encuentra en el vehículo Chevrolet Luv Dmax 2013, como se aprecia en la Figura 2 la PSG (INJ.PUMP) se encuentra conectada a la ECM mediante una configuración en línea con base en [10], los cables de comunicación parten de los terminales 99 (INJ.PUMP CAN-L) y 100 (INJ.PUMP CAN-H) de la ECM hacia los terminales 1 (CAN-L) y 2 (CAN-H) de la PSG, cabe acotar que el par de cables esta trenzado según el diagrama.

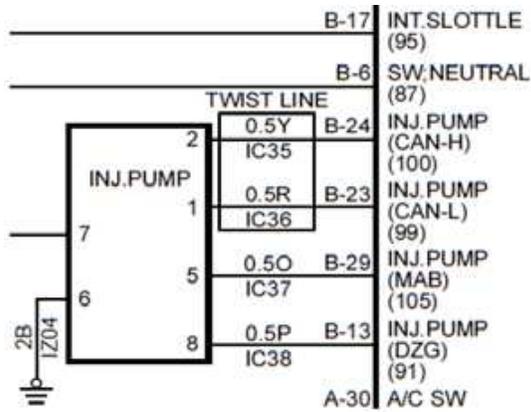


Figura 2. Conexión CAN Bus entre módulos de control [11].

Esta configuración en línea presenta una gran desventaja, que en caso de ruptura del cable de comunicación los módulos existentes quedarán fuera de servicio desde este rompimiento hasta el final de la red, otra de las desventajas de este sistema es que los nodos de conexión generan interferencias.

B. Medición de la velocidad de transmisión y clase de red.

Para determinar la velocidad de la red se utilizan dos canales del osciloscopio; el canal 1 que es de color amarillo, mismo que va conectado al pin 100 de la ECM mientras que el canal 2 de color azul está conectado al pin 99 de la ECM. La configuración registrada en el vehículo Luv Dmax para la verificación de los oscilogramas son de 1 voltio por división en cada canal y 10 microsegundos por división en la escala del tiempo, todo esto se puede verificar en la en la Figura 3.

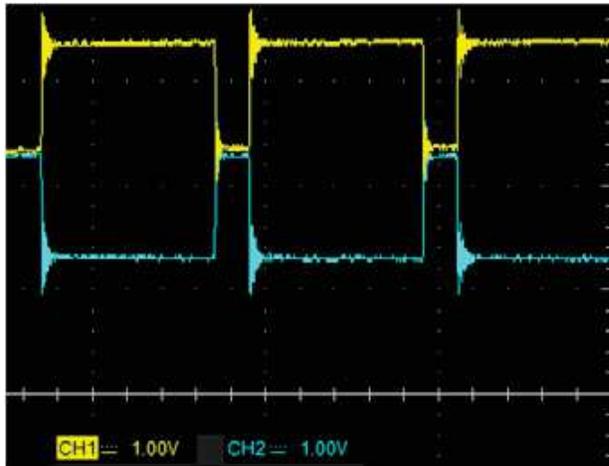


Figura 3. Mensaje binario enviado entre PSG y ECM mediante protocolo CAN.

En la Figura 4 mediante el cursor vertical del osciloscopio se mide el ancho del bit más pequeño, lo que se puede ver entre la línea azul oscuro y azul oscuro entrecortada, registrando

una medida de 2 microsegundos y una frecuencia 500 kHz, al hacer una analogía se determina que la velocidad de la red es de 500 kbps, categorizando a la misma como una red de comunicación de clase C.

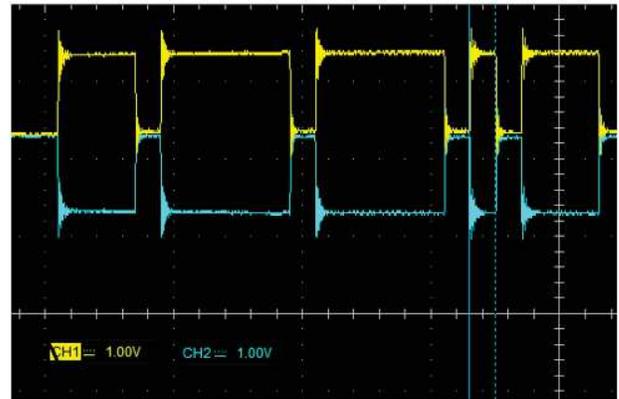


Figura 4; Ancho del bit más pequeño

C. Medición de las resistencias de red.

Para obtener los valores de resistencia presentes en la red CAN se requiere de un multímetro. El puntal negativo se conecta en el pin número 100 de la ECM y el puntal positivo en el pin 99 de la ECM, el valor registrado de resistencia es de 121 Ω; mientras que, como se aprecia en la Figura 5, para medir la resistencia de red presente en la PSG, se realiza el mismo proceso en el conector de la ECM desconectando esta, para este caso el valor de resistencia es de 137 ohmios.



Figura 5; Verificación del valor de resistencia de la red.

Al conectar los dos módulos y medir la resistencia en los cables de bus de datos se registra una resistencia de red de 62.2 omhs que se encuentra en el rango de los 60 omhs que es el valor sugerido por el fabricante.

D. Medición de voltajes de canales CAN.

Para realizar la obtención de los voltajes de la red CAN, se procederá a conectar dos canales del osciloscopio a los canales CAN-H y CAN-L con referencia a tierra, apreciando esto en

la Figura 6. En el canal 1 de color amarillo la señal varía entre 2.5 a 3.5 voltios (CAN-H) mientras que en el canal 2 de color celeste se observa un voltaje entre 1.5 a 2.5 voltios (CAN-L).

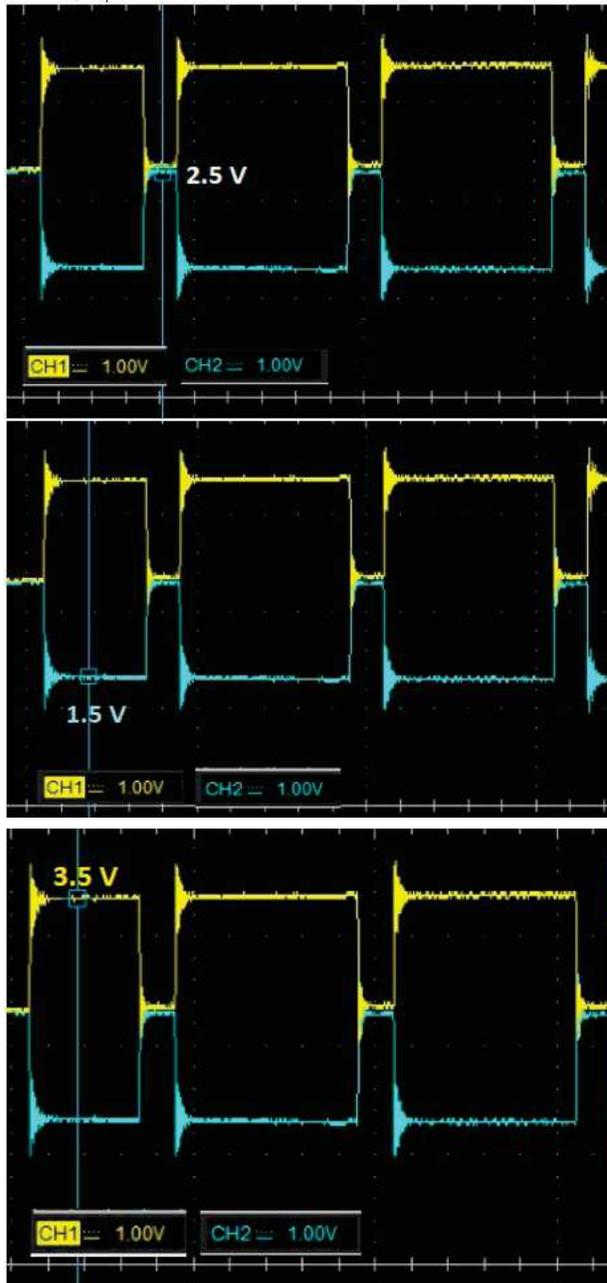


Figura 6. Voltajes característicos de canales CAN-H y CAN-L

En la Figura 6 se puede apreciar el estado de reposo de los canales CAN-H y CAN-L, o más conocido como voltaje Bías (2.5 voltios), el cual se puede verificar mediante un levantamiento de datos realizado en el vehículo Chevrolet Luv Dmax 2013 mediante el osciloscopio que en este caso se encuentra configurado a 1 voltio y 10 microsegundos por división.

E. Transmisión de datos de la PSG a la ECM

Las señales provenientes desde la PSG hasta la ECM y viceversa, se transmiten a través del protocolo CAN, la información llega a integrados dentro de los módulos conocidos como transceptores, los mismos que realizan la resta entre el CAN-H y CAN-L obteniendo un tren de bits de 2 voltios mostrado en el oscilograma de la Figura 7 con color rojo, siendo este el mensaje enviado por el transceptor al microcontrolador del módulo.

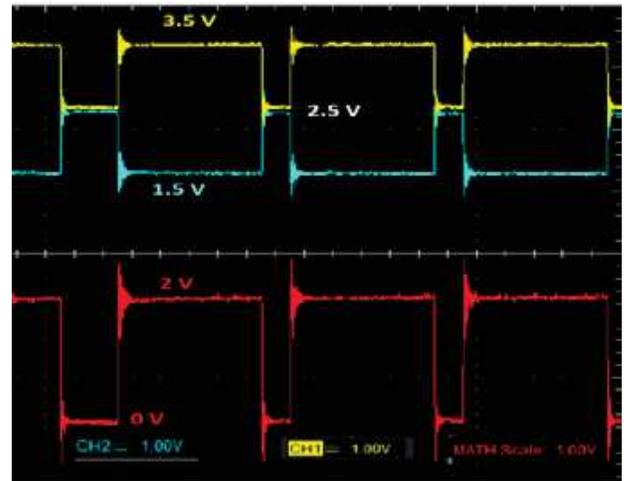


Figura 7. Tren de bits de CAN.

F. Red CAN dormida

Cuando se coloca el switch en ON, en este tipo de vehículo no existe comunicación alguna en la red CAN, tampoco se encuentra en el estado Bias, CAN-H y CAN-L están en reposo debido a que se activan solamente cuando el vehículo este encendido presentando el oscilograma que se aprecia en la Figura 8.

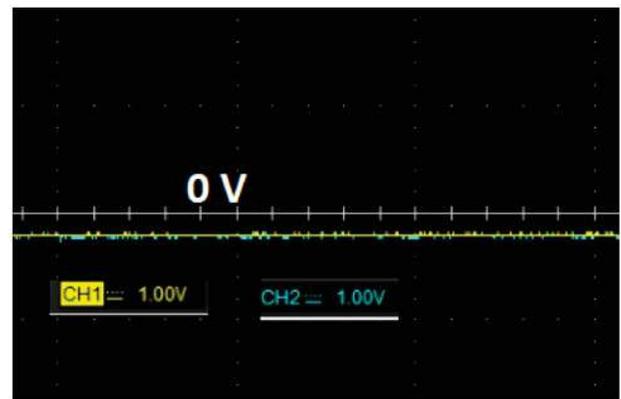


Figura 8. Oscilograma de la red dormida

IV. Generación de averías de red de comunicación

A. Cortocircuito entre canales CAN-H y CAN-L.

En una prueba de campo se provocó una avería en la red de comunicación CAN, cortocircuitando el canal CAN-H con

el canal CAN-L, en la cual se comprobó que la red deja de comunicar datos y se mantiene en el estado Bias, dando como resultado la generación de un código de falla dejando inactivo el vehículo. Esto se aprecia en el oscilograma de la Figura 9, la comunicación CAN se encuentra en el estado Bias con 2.5 voltios como indica el cursor del oscilograma.

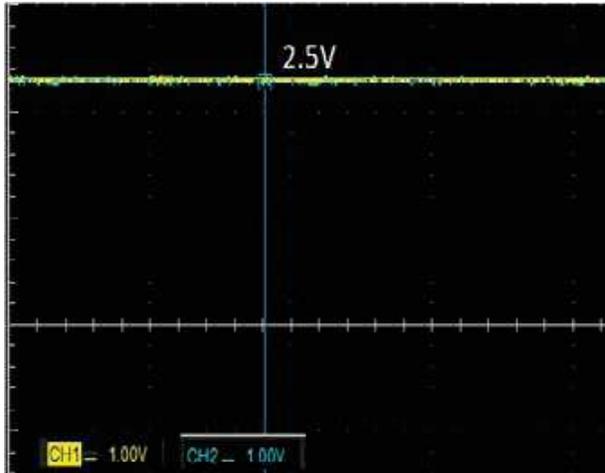


Figura 9. Cortocircuito de redes CAN

B. Cortocircuito de CAN-L a tierra

Al realizar un corto circuito de CAN-L a tierra se observa que el voltaje de dicho canal se vuelve 0 voltios, como se visualiza en la Figura 10. Esto quiere decir que el canal deja de transmitir datos, mientras que CAN-H sigue transmitiendo bits, debido a ello los mensajes del transceptor al microcontrolador se siguen enviando, se aprecia que el automotor no se apaga. Esta avería no genera ningún código de falla.

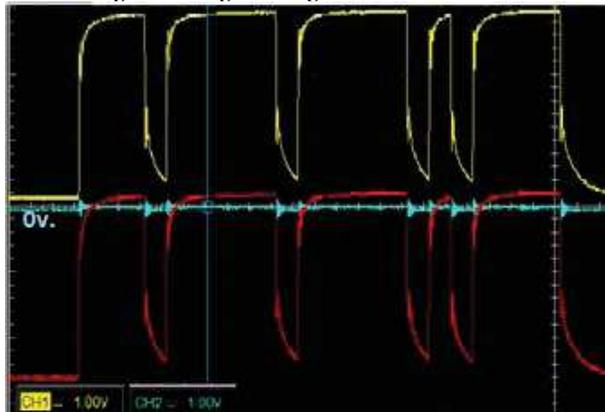


Figura 10. Cortocircuito de CAN-L a tierra

C. Cortocircuito de CAN-H a tierra.

Al realizar el corto circuito del canal CAN-H a tierra se puede denotar que se pierde la comunicación de los trenes de bits tanto del CAN-H como del CAN-L, debido a ello el voltaje de la red es de 0 voltios. Se reporta que el vehículo deja de funcionar al no contar con la transmisión de datos de la red. Esto genera un código de falla que es diagnosticado con un equipo de diagnóstico, todo esto se puede verificar en la Fi-

gura 13.

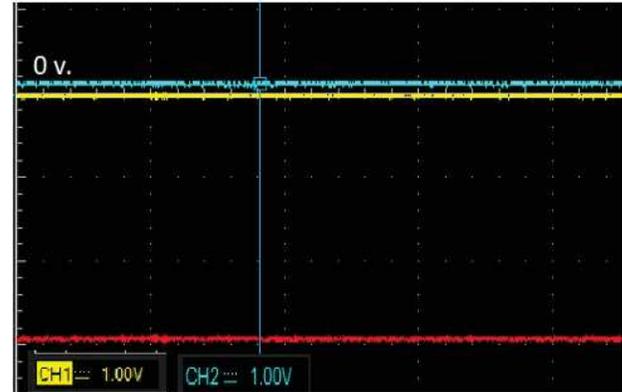


Figura 11. Cortocircuito de CAN-H a tierra

D. Códigos de falla registrados mediante las pruebas de campo.

Al momento de realizar el cortocircuito del canal CAN-H a tierra y el cortocircuito entre canales CAN en el vehículo, se registran 2 códigos específicos de falla que son: P1650 y P1651, la diferencia que existe entre estos códigos es el estado asociado a la avería descrito con las letras A y B como se aprecia en la Figura 14 y la Figura 15.

Code	Description(1/2)	State
P1651	Fuel Pump Control Module-CAN-Bus	(B)
P1650	Malfunction Indicator Lamp (MIL) Control Circuit / Injection Pump-CAN-Bus	(A)

Figura 14; Códigos de falla con estados (B) y (A)

Code	Description(1/2)	State
P1650	Malfunction Indicator Lamp (MIL) Control Circuit / Injection Pump-CAN-Bus	(A)
P1651	Fuel Pump Control Module-CAN-Bus	(A)

Figura 15; Códigos de falla con estados (A)

La descripción de los códigos de avería y sus estados se extraen de forma textual del manual de mantenimiento aportado por el fabricante en [12] y [13] como se aprecia en la Tabla II.

Tabla II. Códigos de Fallo P1650 Y P1651 [12] y [13]

Código	Estado	Nombre (DTC)	Condición para la generación	Estrategia de seguridad
P1650	A	CAN se encuentra desconectado	La comunicación CAN está cortada	El motor se para y el MAB (Señal de la válvula solenoide de corte de combustible) se encuentra en funcionamiento
	B	CAN se encuentra suspendido	Durante la comunicación la línea CAN está suspendida	El motor se para y el MAB se encuentra en funcionamiento
P1651	A	Fallo del CAN en la bomba de inyección	La PSG no recibe el mensaje de la ECM	El motor se para y el MAB se encuentra en funcionamiento
	B	Error en la recepción del CAN	No se permite leer el mensaje de la PSG durante el funcionamiento, tras el apagado del motor.	El motor se para y el MAB se encuentra en funcionamiento

V. Conclusiones

Al medir la resistencia tanto de la PSG como de la ECM, se observa que la PSG tiene una resistencia de 137 ohms y la ECM 121 ohms y al medir la resistencia total de la red se tiene una resistencia de 62.2 ohms.

Los voltajes medidos en el canal CAN-H oscilan entre los 2.5 y 3.5 voltios, mientras que los del CAN-L oscilan entre 2.5 y 1.5 voltios identificando que los anchos más pequeños de un bit son de 2 microsegundos, por lo tanto, la velocidad de la red es de 500 kbps constituyendo con ello que la categoría de la red es de tipo C, esto esta categorizado por la velocidad de la red.

Cuando se cortocircuitan los canales CAN-H y CAN-L se tiene como consecuencia la perdida de la transmisión de bits, por lo tanto, se observa que la red se mantiene en 2.5 voltios (voltaje Bías). Esta avería hace que el automotor automáticamente se apague, generando los códigos de falla. P1650 y P1651 con sus estados A y B dependiendo del caso.

Al cortocircuitar el canal CAN-L a tierra se observa que el tren de bits sigue transmitiendo datos, esto se ve reflejado en la funcionalidad del automotor, ya que en este caso sigue encendido a pesar de que el CAN-L registre 0 voltios.

Los códigos P1650 y P1651 se generan al momento que cortocircuita el CAN-H a tierra, CAN-L y CAN-H y posiblemente cuando se dé una ruptura en la línea de conexión de CAN-H.

VI. Referencias

[1] E. J. D. Soriano y J. F. Ruiz, «Localizacion de averias en el Bus CAN,» de Circuitos Electricos Auxiliares del Vehiculo, España, Editex, 2018, pp. 102-104.
 [2] D. K. Stefan Mischo, «Architecture,» de Automotive Mechatronics, Germany, Konrad Reif, 2015, pp. 8-11.
 [3] A. C. Martínez, «Arquitectura externa de las redes CAN,» de Mantenimiento de Redes Multiplexadas, Malaga, Ic Editorial, 2014, p. 111.
 [4] I. M. Limited, «Introduccion y esquema,» Copyright-Isuzu Motors Limited, Tokio, Japón, 2003.
 [5] M. G. Sangurima Guncay y A. V. Chalán Castillo, Interviewees, Reparación y mantenimiento del vehículo Chevrolet Luv DMax con motor 4JH1. [Entrevista]. 7 Agosto 2020.
 [6] Ford Motor Company, «Diagnosis and Testing Communications Network,» Ford Motor Company, Dearborn, 2010.

[7] E. J. D. Soriano y J. F. Ruiz, «Localizacion sistema de averias en el Bus CAN,» de Circuitos Electricos Auxiliares del Vehiculo, Madrid, EDITEX, 2818, pp. 102-104.
 [8] F. P. H. Javier, «Estudio y analisis del sistema multiplexado del vehiculo Híbrido Toyota Prius,» Universidad Internacional del Ecuador , Guayaquil , 2015.
 [9] J. G. R. Campoverde, «Analisis del funcionamiento y aplicacion de las redes de comunicación multiplexadas en vehiculos automotrices,» Universidad del Azuay , Cuenca - Ecuador , 2013.
 [10] A. C. Martínez, «Arquitectura Externa de las Redes CAN,» de Mantenimiento de Redes Multiplexadas , Malaga , Ic Editorial , 2014, pp. 111-115.
 [11] Isuzu Motors Ltd, «Diagrama de cableado,» de Motor TF 4JA1-TC/TF, Tokio, Isuzu Motors Ltd, 2013, pp. 6E-15.
 [12] Isuzu Motors Ltd, «Diagrama de cableado,» de Motor TF 4JA1-TC/TF, Tokio, Isuzu Motors Ltd, 2013, p. 198.
 [13] Isuzu Motors Ltd, «Fallo del CAN P1651,» de 4JH1-TC Con sistema Bosh VP44, Tokio, Isuzu Motors Ltd, 2013, p. 198.