

Modificación del sistema de enfriamiento y descarga estática de la tarjeta electrónica (TCM-2100AB) de los vehículos HMWWV modelo M-1152

Modification of the cooling and static discharge system of the electronic card (TCM-2100AB) of the HMWWV model M-1152 vehicles

César Tapia¹, José Pineida¹, Luis Guerra²

Batallón de Mantenimiento “Quisqui”-Comando Logístico No25 “Reino de Quito”, Centro de Mantenimiento Aéreo, Quito, Ecuador.

¹{cctapia, jpineida}@espe.edu.ec, ²luisgonzaloguerra@hotmail.com

Resumen

El Ejército Ecuatoriano dispone de diferentes tipos de vehículos HMMWV, tales como HMMWV M-998, HMMWV M-1038, HMMWV M-1035, HMMWV M-1097 A2 y el último modelo HMMWV M-1152 adquirido en el año 2012. De este tipo son 100 vehículos distribuidos en todo el territorio nacional. El presente estudio está enfocado a mejorar el sistema de enfriamiento de la tarjeta electrónica del Módulo de Control de la Transmisión (TCM) de los vehículos HMWWV modelo M-1152. Para lograrlo, se realizaron diferentes modificaciones en el método para disipar la temperatura, estudio de transferencia de calor, toma de imágenes termográficas, verificación y toma de temperaturas como pruebas de campo. Todo esto se realizó con la finalidad de obtener datos para ser analizados y determinar las causas y solución más adecuada para tener un correcto funcionamiento de la tarjeta electrónica.

Palabras Claves: *TCM, HMMWV, transmisión, sensor, electrónica.*

Abstract

The Ecuadorian Army has different types of HMMWV vehicles such as HMMWV M-998, HMMWV M-1038, HMMWV M-1035, HMMWV M-1097 A2 and the latest model HMMWV M-1152 acquired in 2012, of this type. There are one hundred vehicles distributed throughout the national territory. The present work is focused on improving the cooling system of the electronic card of the Transmission Control Module (TCM) of the HMWWV model M-1152 vehicles. Different modifications were realized in the method to dissipate the temperature, study of heat transfer, thermographic imaging, verification and taking of temperatures, field tests. All this occurred in order to obtain data to be analyzed and determine the causes and most appropriate solution to have an adequate operation of the electronic card.

Keywords: *TCM, HMMWV, transmission, sensor, electronics.*



Fecha de Recepción: 11/08/2023 - Aceptado: 15/09/2023 – Publicado: 22/12/2023
ISSN: 2477-9253 – DOI: <http://dx.doi.org/10.24133/RCS.D.VOL08.N03.2023.04>

I. Introducción

Los Módulos de Control de Transmisión (TCM) de los vehículos HMWWV son sistemas electrónicos guiados por computadoras que se encargan de controlar los cambios de marcha en los vehículos con transmisión automática. Estos dispositivos tienen varias funciones y beneficios, entre los cuales se encuentran:

Control del cambio de marchas: El TCM monitoriza constantemente diversos sensores que proporcionan información sobre la velocidad del vehículo, la posición del acelerador, la carga del motor, la temperatura del fluido de transmisión y otros parámetros relevantes. Con base en esta información, el TCM toma decisiones precisas sobre cuándo y cómo cambiar las marchas para optimizar el rendimiento y la eficiencia del vehículo

Protección de la transmisión y el motor: El TCM protege la transmisión y el motor del vehículo al prevenir situaciones como cambios bruscos de marcha o sobrecalentamiento de la transmisión. Si detecta algún problema o mal funcionamiento, puede activar una señal de advertencia en el panel de instrumentos para alertar al conductor sobre la necesidad de realizar ajustes o reparaciones

Autodiagnóstico: El TCM cuenta con un sistema de autodiagnóstico que almacena códigos de diagnóstico para identificar áreas con posibles problemas en la transmisión. Esto permite al conductor movilizarse con facilidad al taller de servicio en caso de fallas

Adaptación a diferentes condiciones de conducción: El TCM ajusta el cambio de marchas según las condiciones de conducción, proporcionando una conducción suave y óptima.

En resumen, los Módulos de Control de Transmisión son componentes clave en los vehículos con transmisiones automáticas, ya que garantizan una conducción suave, eficiente y segura, al tiempo que protegen la transmisión y el motor del vehículo de posibles daños.

El Ejército Ecuatoriano dispone de vehículos a ruedas multipropósito de alta movilidad HWWMV modelo M-1152 que se encuentran en servicio en las unidades militares. En el año 2012 se adquieren 100 unidades, las mismas que se encuentran distribuidas en todo el territorio nacional. Esta versión de HWWMV trabaja con sistemas electrónicos, siendo el sistema de la transmisión el más importante, ya que este es el que transmite la energía mecánica producida en el motor hacia sus cuatro ruedas.

El TCM está conformado por varios elementos. Entre los más principales se tienen la carcasa, la tarjeta electrónica y la espuma anti vibraciones. En estos tres elementos se enfoca este estudio. La tarjeta electrónica es el elemento principal del TCM, y es el elemento que falla o sufre desperfectos. Luego de analizar el trabajo que cumple esta tarjeta y determinar a los esfuerzos que es sometida, se determina que la temperatura que alcanza mientras se enciende el vehículo hasta que es apagado es la causa de estas averías.

Identificada la causa por la cual falla el TCM, se toman datos de temperatura durante 120 minutos. Cada cinco minutos se registra la temperatura a la cual es sometida la tarjeta electrónica, llegando a los 81,4 C° y 41,04 C° respectivamente. En cada configuración, se obtienen imágenes termográficas obtenidas con la cámara Fluke Ti32 del funcionamiento de todo el TCM identificando las zonas críticas de temperatura en la tarjeta electrónica (ver Figura 1).

Figura 1: *Transmission Control Module Assembly Allison 4l80E HMMWV TCM.*



Nota. Técnico del Centro de Mantenimiento de Vehículos Tácticos del Colog-25, reemplazando el TCM

II. Materiales y Métodos

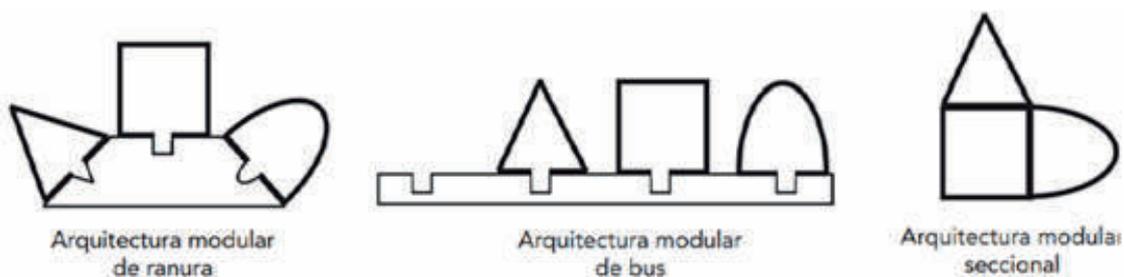
2.1. Estructura del Módulo de Control de Transmisión (TCM)

En este punto se describe la arquitectura del vehículo HMMWV, que es el mapeo de los elementos funcionales del vehículo, los cuales se centran en la actividad de del producto con el objetivo de definir los elementos físicos básicos en términos de funcionalidad y cómo interactúan con el resto de la parte mecánica. Tal como lo mencionan (Ulrich & Eppinger, 2013a) “la arquitectura modular permite que un cambio de diseño se haga a un trozo sin requerir cambios a otros trozos para que el producto funcione correctamente” (p.185).

Por lo tanto, este trabajo se desarrolló con base en la arquitectura modular debido a sus beneficios, entre los cuales están: capacidad de reemplazar módulos inmediatamente, ya sea para repararlos o rediseñarlos sin afectar el resto del sistema; fabricar cada uno de los módulos por separado reduciendo tiempos de mantenimiento; la flexibilidad de poder intercambiar o aumentar otros módulos para dar capacidades distintas.

Las arquitecturas modulares se clasifican en tres tipos: de ranura, bus y seccional. Cada tipo contiene un elemento funcional segmentado y un mapeo uno a uno de interfaces bien definidas. La diferencia entre estos tipos depende de cómo se organiza la interacción entre los bloques. En la Figura 2 se muestran las diferencias conceptuales de las arquitecturas.

Figura 2: Tipos de arquitectura modular



Nota. Tomado de Diseño y desarrollo de producto (p.186), por Ulrich y Eppinger, 2013.

Al terminar la presente investigación y desarrollado el prototipo, se puede inferir el excelente desempeño del mismo. Como respaldo se tienen los resultados de trabajo del TCM modificado instalado en cuatro vehículos HMMWV M-1152 que se detallan en la Tabla 1, los que han recorrido aproximadamente hasta 50000 km sin tener ningún tipo de falla.

Tabla 1: Vehículos realizados la instalación del prototipo TCM modificado

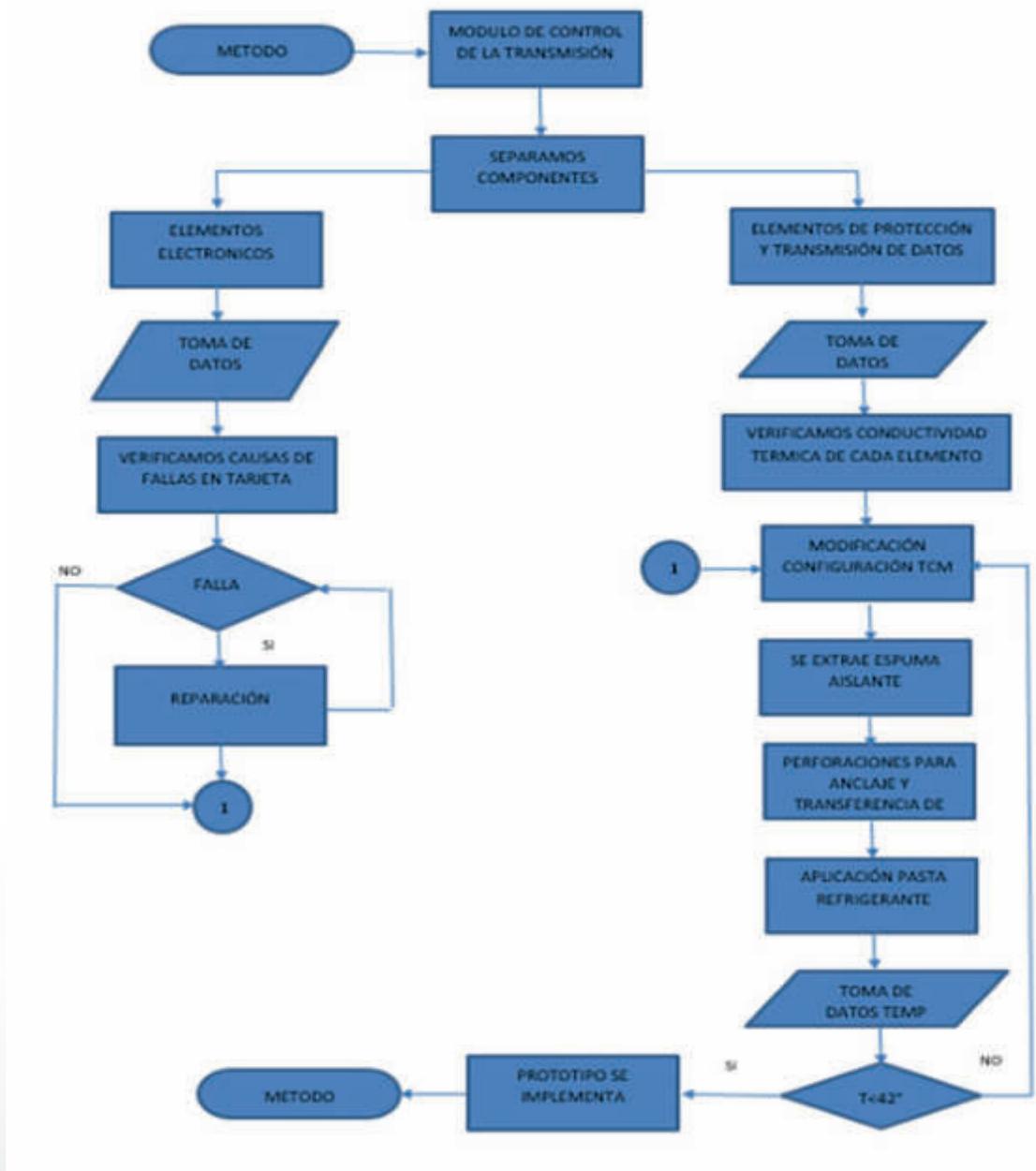
Matrícula	Unidad	Tiempo en espera	Km instalar	Km actual	Novedad
EE-20-1239	CIECE	13/03/2021	468451	518658	Recorrido 50207 km SN
EE-20-1371	CIECE	10/11/2021	432732	453009	Recorrido 20277 km SN
EE-20-1237	ERS 11	08/06/2021	778106	800574	Recorrido 22468 km SN
EE-20-1293	BS 61	19/11/2020	368481	414997	Recorrido 46516 km SN

El método a seguir está representado en el esquema de la Figura 3. Para la ejecución de este proyecto se utilizaron los siguientes equipos:

- Cautín de micro soldadura
- Multímetro de presión para medir voltajes
- Equipo traquer 2000
- Flux líquido para limpiar los pibes de suelda
- Alcohol isopropílico
- Pasta de soldar

- Guantes antiestáticos
- Manilla de descarga estática
- Pistola de calor
- Taladro
- Brocas de cobalto
- Cámara termográfica fluke ti32

Figura 3: Diagrama de flujo del diseño y desarrollo del producto



III. Evaluación de resultados y discusión

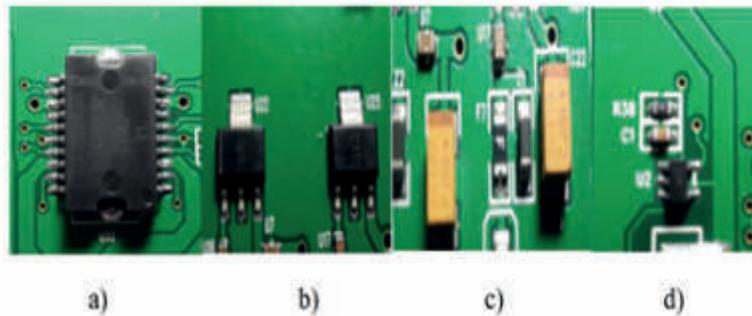
Inicialmente se verificó cuáles son los componentes de la tarjeta electrónica que están con falla utilizando el equipo traquer 2000 mediante formas de onda, para ser remplazados, lo cual quedó en óptimas condiciones de funcionamiento, como se observa en la figura 4, 5 y 6.

Figura 4: Verificación de elementos que fallan en tarjeta electrónica.



Nota. Técnicos electrónicos del Centro de Mantenimiento Aéreo, realizando la inspección de los componentes eléctricos del TCM.

Figura 5: Elementos con falla remplazados en tarjeta electrónica



Nota. a) Integrados, b) Reguladores, c) Capacitores de pantalla y diodos y d) Oscilares

Figura 6: Verificación de funcionamiento tarjeta reparada

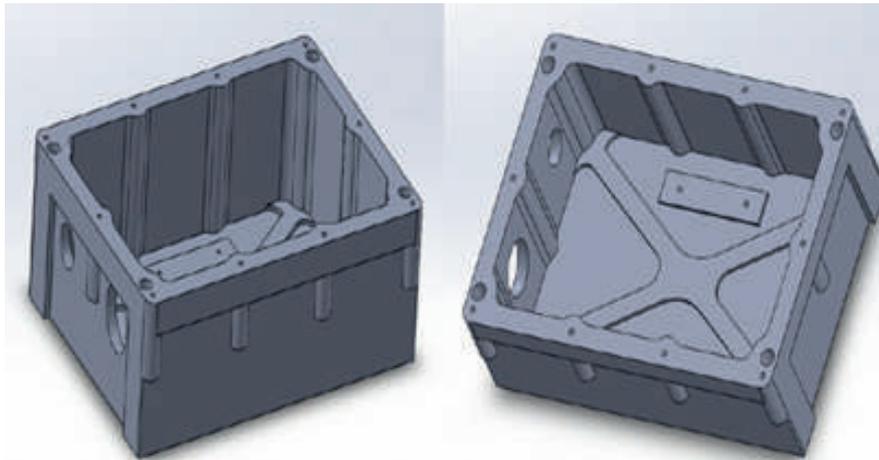


Nota. Verificación con multímetro de los componentes reparados

La causa de tener temperaturas altas interiormente de la tarjeta electrónica del TCM es tener un aislante térmico internamente.

Para realizar la modificación de la configuración interna del TCM se realiza el diseño CAD como se observa en la Figura 7, para determinar los puntos más adecuados para realizar las perforaciones de anclaje. Luego se continúa con la extracción de la espuma interna remplazándola con cuatro pernos para la sujeción de hierro cromado que tienen una conductividad térmica aproximadamente de 45,5000 (W/m*K) a diferencia de la espuma original que tiene 0.02600 (W/m*K). Estos pernos tendrán dos funciones, transferir la temperatura y para la descarga estática de la tarjeta electrónica. Entre la tarjeta y la superficie de la carcasa se coloca de igual manera pasta refrigerante con el objetivo de proteger este elemento como se observa en la Figura 7.

Figura 7: *Diseño CAD carcasa TCM.*



Nota. Diseño CAD del TCM, utilizando software SolidWorks

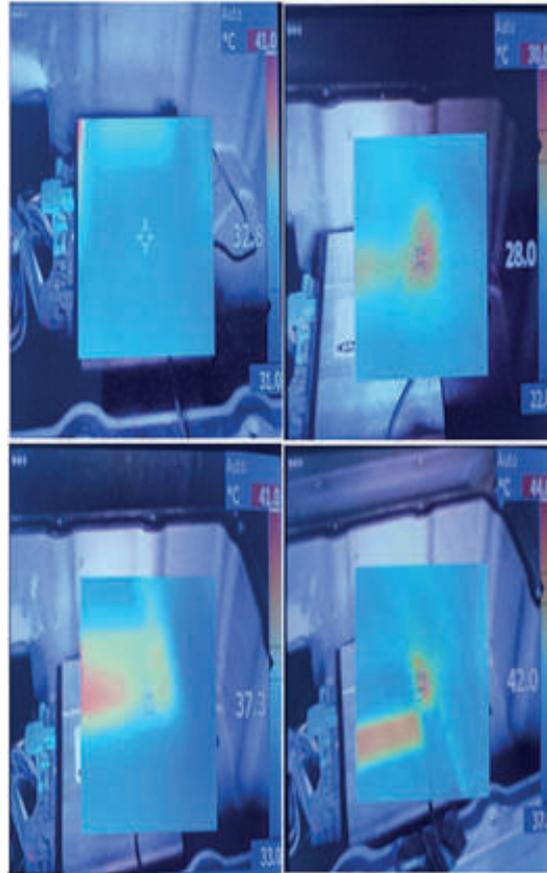
Figura 8: *Modificación del Módulo de Control de la Transmisión*



Se realizaron pruebas en ruta y toma de datos de temperatura como los que constan en la Tabla 2, durante 120 minutos. Cada cinco minutos se registró la temperatura a la cual es sometida la tarjeta electrónica, llegando a los 41,04 C° en 120 min. En la referida tabla se puede observar imágenes termográficas obtenidas con la cámara Fluke Ti32 del funcionamiento de todo el TCM.

Tabla 2: Datos de temperatura TCM modificada

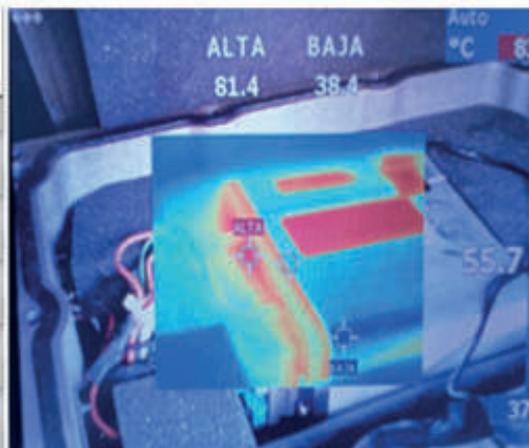
TIEMPO (min)	TEMPERATURA (C°)
0,00	30,20
5,00	31,70
10,00	32,40
15,00	33,00
20,00	33,10
25,00	33,15
30,00	33,45
35,00	33,70
40,00	34,10
45,00	34,10
50,00	34,70
55,00	34,90
60,00	35,20
65,00	35,50
70,00	35,80
75,00	36,40
80,00	36,90
85,00	37,30
90,00	37,90
95,00	38,40
100,00	38,90
105,00	39,45
110,00	39,98
115,00	40,51
120,00	41,04

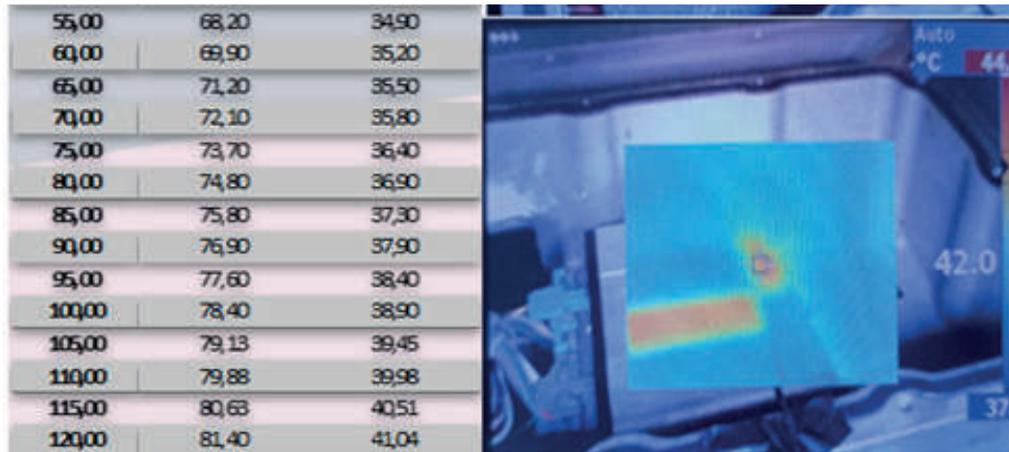


En la Tabla 3 se pueden identificar los rangos de temperatura de trabajo de la tarjeta electrónica del Módulo de Control de la Transmisión en la configuración original y modificada respectivamente.

Tabla 3: Datos de temperatura TCM imágenes termográficas.

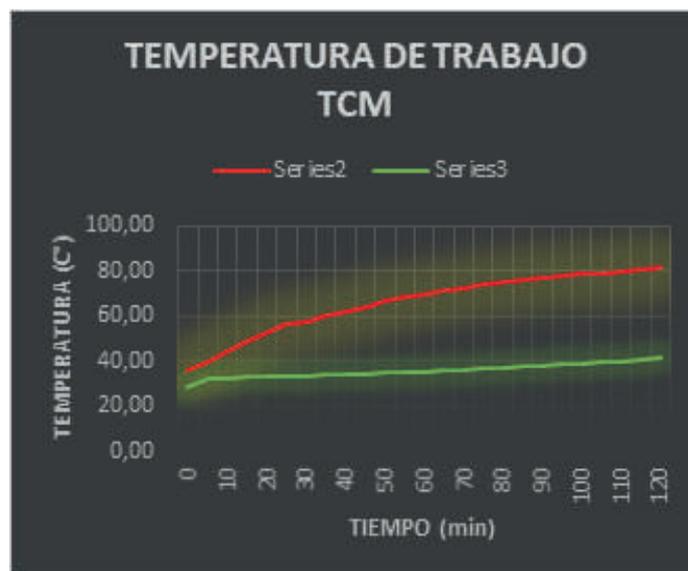
TIEMPO (min)	TEMPERATURA (C) TCM ORIGINAL	TEMPERATURA (C) TCM MODIFICADO
0,00	35,50	28,00
5,00	40,00	31,70
10,00	44,20	32,40
15,00	49,20	33,00
20,00	52,20	33,10
25,00	56,60	33,15
30,00	57,60	33,45
35,00	60,20	33,70
40,00	62,30	34,10
45,00	64,30	34,10
50,00	66,40	34,70





En la Figura 8 se puede identificar el comportamiento de la tarjeta electrónica para disipar la temperatura mediante la conductividad térmica. Es importante indicar que el TCM modificado disipa su temperatura por dos métodos que son la conductividad y la radiación. Esta es la razón por la cual la temperatura que alcanza durante el trabajo es aproximadamente el 50% menos que la configuración original.

Figura 8: Representación comportamiento TCM original y modificado.



Nota. Verificación de temperaturas con TCM original (rojo) y TCM modificado (verde)

El sistema de enfriamiento es óptimo por los materiales para la disipación de temperatura y la forma de aseguramiento. Esto permite mejorar el rendimiento del trabajo y alargar el tiempo de vida útil del TCM como del sistema de transmisión.

IV. Conclusiones

La modificación al sistema de disipación de temperatura del Módulo de Control de la Trasmisión permitió reducir a temperaturas normales de operación durante su funcionamiento, evitando de esta manera el daño de ciertos elementos en la tarjeta electrónica del TCM. La falla de la tarjeta electrónica del TCM provoca también el daño de la parte mecánica de las transmisiones que disponen de un control electrónico automático. La modificación nos permite tener una descarga estática directa a la caja de protección, y a su vez a la estructura total del vehículo, ayudando de esta manera a proteger de los voltajes parásitos que se podría producir en el sistema eléctrico de control durante su operación. El desarrollo de este estudio resolvió un problema crítico, que durante 10 años no ha sido corregido. Actualmente el Centro de Mantenimiento de Vehículos Tácticos tiene aproximadamente 50 TCM fuera de servicio, adicional mente son 100 vehículos HMMWV modelo M-1152 que corren el riesgo de perder el sistema de transmisión.

Referencias

- Army, U. S. (1997). *Manual Técnico de Mantenimiento de Unidad de Apoyo Directo y Apoyo General*.
- Centro de Mantenimiento de Vehículos Tácticos: *Manual de mantenimiento vehículos tácticos HMMWV*. (2012).
- Ecuador compra en EE.UU. 107 vehículos Hummers para sus Fuerzas Armadas. (2012). *El Comercio*. <https://www.elcomercio.com/actualidad/seguridad/ecuador-compra-ee-uu-107.html>
- El Ejército de Ecuador recibe sus primeros cien vehículos HMMWV. (2013). *infodefensa.com*. <https://www.infodefensa.com/texto-diario/mostrar/3139620/ejercito-ecuador-recibe-primeros-cien-vehiculos-hmmwv>
- Fernández, F., & Eduardo, R. (2006). *Conductividad Térmica en sólidos a altas temperaturas*.
- HMMWV: TCM Has Replaced EPROM*. (2021). The U.S. Army's Preventive Maintenance Magazine. <https://www.psmagazine.army.mil/News/Article/2683243/hmmwv-tcm-has-replaced-eprom/>
- HMMWV TCM Schematic*. (2018). G503 Military Vehicle Message Forums. <https://forums.g503.com/view-topic.php?t=294527>
- Humvee / HMMWV - 4L80-E TCM Diagnostic Code Retrieval (using a jumper wire)*. (2021). BMD11000. <https://www.youtube.com/watch?v=OmTwQmj6hok>
- Providing New OEM and Genuine Parts, to keep your Hummer on or off-road...whichever you prefer*. (2022). https://www.hummerpartsguy.com/56--TRANSMISSION-CONTROL-MODULE-CIRCUIT-BREAKER-AND-RELAY_c_3128.html
- Providing New OEM and Genuine Parts, to keep your Hummer on or off-road...whichever you prefer*. (2023). HPG. https://www.hummerpartsguy.com/56--TRANSMISSION-CONTROL-MODULE-CIRCUIT-BREAKER-AND-RELAY_c_3128.html

TCM -Transmission Control Modulator- 6.5L-T; Humvee ECV; 2520015792302 TCM2100AB. (2020). ComTac. <https://comtac.parts/products/tcm-transmission-control-modulator-6-5l-t-humvee-ecv-2520015792302-tcm2100>

TM 9-2320-280-20-12-35. TRANSMISSION SYSTEM TESTS (4L80-E). (2021). Integrated. https://hummer-hmmwv.tpub.com/TM-9-2320-280-20-1/css/TM-9-2320-280-20-1_507.htm

Transmission Control Module Assembly Allison 4I80E HMMWV TCM. (2015). Easter Surplus & Equipment CO. <https://www.eastersurplus.net/PartDetails/9009/HM-1443-Transmission-Control-Module-Assembly-HMMWV>

Ulrich, K., & Eppinger, S. (2013). *Diseño y desarrollo de productos*. McGraw-Hill.

Yunus A, C., & Afshin J, G. (2011). *Transferencia de Calor y Masa Fundamentos y Aplicaciones*.