

ANÁLISIS MECÁNICO EN EL PROCESO DE CALIBRACIÓN DEL INYECTOR DE SISTEMAS CRDI BOSCH

MECHANICAL ANALYSIS IN THE CALIBRATION PROCESS OF BOSCH CRDI SYSTEM INJECTORS

Carlos Andrés Almendáriz Maisincho¹, José Lizandro Quiroz Erazo², Luis Anibal Naranjo Pullupaxi³

¹Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE

e – mail: ¹caalmendariz@espe.edu.ec, ²jlquiroz@espe.edu.ec, ³lanaranjo5@espe.edu.ec

Revista Energía Mecánica Innovación y Futuro, X Edición 2021, No. 3 (09)

Resumen

La investigación tiene como objetivo principal la calibración del inyector CRDI Bosch serie 044 5110 310, iniciando con las pruebas mecánicas de funcionamiento como son: presión inicio de inyección, ruido, goteo interno, goteo externo y pulverización, reemplazando los elementos en mal estado, realizando las pruebas de inyección en ralentí, preinyección y full carga en el banco CRDI para bombas e inyectores; a su vez se describe las herramientas para ejecutar el proceso de desarmado y enlistando cada elemento para un mejor reconocimiento, prosiguiendo con la limpieza por ultrasonido y desarrollando paso a paso el proceso de armado. Con el uso del manual de calibración de inyectores CRDI se realiza el ajuste de los anillos AH, DNH, DFK, mediante la evaluación de sus alturas y longitudes de algunos elementos del inyector con el uso de fórmulas específicas llegando a obtener los espesores requeridos que solucionan los problemas de inyección, comprobados nuevamente en el banco.

Palabras Clave: Inyectores, Calibración, Oscilogramas, Pruebas mecánicas y electrónicas, sistemas de inyección CRDI.

Abstract

The main objective of the investigation is the calibration of the Bosch CRDI injectors series 044 5110 310, starting with the mechanical performance tests such as: operating pressure, noise, internal dripping, external dripping and spraying, replacing the elements in poor condition, performing the injection tests at idle speed, pre-injection and full load on the CRDI bench for pumps and injectors; At the same time, the tools to execute the disassembly process are described and each element is listed for a better recognition, continuing with the ultrasound cleaning and developing the assembly process step by step. Using CRDI injector calibration manual, the adjustment of the AH, DNH, DFK rings is carried out by evaluating their heights and lengths of some elements of the injector with the use of specific formulas, obtaining the thicknesses required that fix the injection problems, checked again at the bench.

Keywords: Injectors, Calibration, Oscilograms, Mechanical and electronic tests, CRDI injection systems.

1. Introducción

Los sistemas de inyección CRDI son el conjunto de sensores y actuadores que interacciona entre si son monitoreados por el módulo de control electrónico diésel, que consta de dos circuitos uno de baja 2-5[Bar] y otro de alta presión 300-2500[Bar], siendo los inyectores el objeto de estudio para la investigación.

Los inyectores cumplen un papel fundamental en la inyección de combustible en los motores a diésel ya que es el principal componente que ayuda al motor para que tenga un buen funcionamiento, un buen torque y sobre todo menor consumo de combustible en el momento de la inyección [1].

Este dispositivo requiere de una mano de obra especializada para realizar su respectivo mantenimiento, tanto preventivo como correctivo, y un correcto procedimiento en su análisis, montaje y pruebas, rigiéndose en los parámetros recomendados por el fabricante.

La generación de la presión en la inyección no tiene relación de la cantidad de las RPM y del caudal de inyección, esta es una de las cualidades del sistema.

Con la activación electrónica del inyector se inicia la inyección y caudal de inyección. En ese instante es monitoreado con el sistema ángulo tiempo del control electrónico Diésel. Lo cual es necesario dos sensores del número de revoluciones, tanto en el árbol de levas como en el cigüeñal para reconocer los tiempos [2].

Es necesario una mezcla adecuada para reducir las emisiones de los gases de escape y disminuir los ruidos del motor, donde los inyectores deben dar caudales pequeños en la preinyección e inyecciones múltiples.

Principio de funcionamiento del inyector

La bomba de inyección manda combustible por el riel común al inyector y va dirigido hacia el canal en la tobera hasta llegar a la cámara pequeña yacente en la base, que bloquea la aguja del inyector situado sobre el asiento en forma de cono con la asistencia de un resorte, lo cual este está ubicado en la parte superior de la aguja que conserva el grupo cerrado [3].

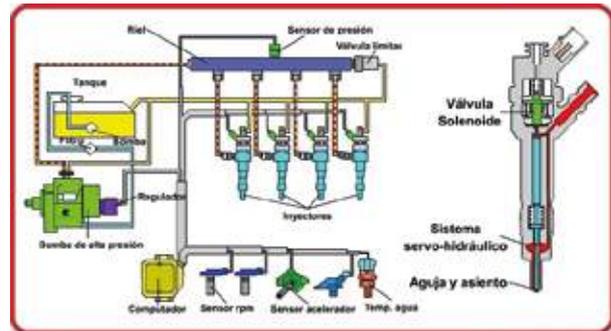


Figura 1. Funcionamiento de sistemas common rail e inyectores CRDI

El combustible bajo la presión eleva la aguja e inyecta en la cámara de combustión al momento que la presión desciende, por el fin de la inyección, el resorte regresa a la posición original a la aguja encima del asiento del inyector finalizando la inyección.



Figura 2. Funcionamiento de sistemas interno del inyector CRDI

Etapas de funcionamiento

Primera etapa de funcionamiento:

La resultante de las fuerzas \rightarrow ($\Sigma F=0$) mantiene la tobera siempre cerrada, el solenoide no genera activación y no se produce la inyección [4].

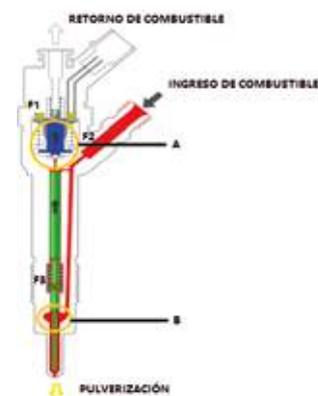


Figura 3. Etapas de funcionamiento del inyector CRDI.

Donde:

- A Presión de riel de válvula
- B Presión de riel de tobera
- F1 Fuerza electromagnética
- F2 Resorte de válvula
- F3 Resorte de tobera

Segunda etapa de activación:

En el inyector existen dos fuerzas de riel que al accionarse forman dos cámaras A y B como se muestra en la figura, el combustible ingresa tomando dos caminos, uno hacia el riel de válvula formando A y el otro hacia el riel de tobera que forma B, como las presiones son iguales sobre la guía que tapa la salida de combustible en la tobera existe la presión del resorte F3, para que el inyector se abra debe liberarse presiones en A. Esta caída de presión se logra con el accionamiento de la bobina que genera una caída de presión en F1 permite que la esfera de válvula se despegue de la guía de combustible en A hacia el retorno, este cuando se libera regresa hacia su depósito [5].

Con esto la presión más alta queda localizada frente a la presión que ejerce F3 logrando vencer y desplazando la tobera que permite pulverizar el combustible

Tercera etapa de funcionamiento:

Se cierra la inyección F1 desactiva la resultante de las fuerzas regresando a su estado inicial que provoca el cierre de la tobera [6].

Pruebas mecánicas de los inyectores.

Las pruebas mecánicas consisten en determinar el deterioro de los inyectores realizando una inspección en cada una de sus pruebas como son: presión apertura del inyector, fuga interna, fuga externa, pulverización de combustible seguidamente de las pruebas de banco [7].

2. Aplicación



Figura 4. Inyector CRDI Bosch 044 5110 310

Tabla1: Características generales del inyector Bosch

Características	
Modelo	044 5110 310
Denominación	Inyector, sistema CRI 2.2
Max. Presión de inyección	1800 Bar
Tipo de inyector	CRI 2.2
Código IMA	049 611 102

Presión de apertura del inyector

En esta prueba se genera la primera instancia de funcionamiento del inyector, la presión mínima con la que este componente empieza a generar la pulverización en la cámara de combustión, se monta en el banco de pruebas para common rail se da pulsaciones en la bobina produciendo una ligera variación de presiones obteniendo el primer dato de inyección[8].



Figura 5. Control de apertura de inyección del inyector CRDI Bosch

Resultado: el inyector Bosch 0 44 5110 310, inicia su etapa de funcionamiento con una presión de 188 [Bar]

Fuga externa

Esta prueba consiste en determinar el sellado de los elementos roscados externos del inyector como son la bobina y tuerca de tobera para esto se coloca papales absorbentes que no generen ningún tipo de suciedad o pelusa, se coloca sobre el banco de pruebas se ejerce una variación de presión, preferible con la presión captada en la primera prueba de presión de apertura del inyector [9].



Figura 6. Comprobación de fuga externa del inyector Bosch 044 5110 310

Resultado: El inyector no presenta fugas externa mantiene un sellado estable en la tuerca de bobina y tobera no es necesario el reemplazo o ajuste.

Fuga interna

La prueba consiste en determinar la caída de presión sostenida del combustible con un valor por debajo de combustible resultado que no haya ningún goteo.



Figura 7. Prueba de fuga interna del inyector CRDI Bosch 044 5110 310

Resultado: El inyector presenta fuga interna por lo que produce un goteo no mantiene una presión sostenida de combustible es necesario el reemplazo de tobera.

Pulverización

La prueba consiste en realizar un análisis visual de la pulverización de combustible que tiene que ser prolijo, en forma de cono y continuo.



Figura 8. Estado de pulverización del inyector CRDI Bosch 044 5110 310

Resultado: una vez reemplazada la tobera el estado del chorro de la pulverización demuestra una forma de cono y continúa.

Pruebas de funcionamiento

Se procede a instalar el inyector Bosch 044 5110 310 en el banco de pruebas para realizar tres etapas de funcionamiento importantes para inyectores como son:

- Ralentí
- Preinyección
- Plena carga

Siendo preinyección con su anillo AH el punto de partida más importante para iniciar la calibración del inyector, obteniendo un buen desempeño en los demás anillos de calibración como son: DFK ralentí y DNH plena carga.

Tabla 2. Para Parámetros requeridos para el inyector Bosch 044 5110 310 en las pruebas de banco

Detalle	Prueba	Presión [Bar]	Ancho de pulso [ms]	Frecuencia [Hz]	Tiempo [s]
VL	Full Carga	1600	1380	25	30
VE	Preinyección	800	220	8	15
LL	Ralentí	320	675	6	30

Prueba de banco

Tabla 3. Prueba en preinyección para inyector Bosch

Detalle	Prueba	Presión (Bar)	Ancho de pulso (ms)	Frecuencia (Hz)	Tiempo (s)
VE	Preinyección	800	220	8	15



Figura 9. Pruebas de funcionamiento en preinyección

- 116 ml en inyección
- Full retorno

Vehículo con elevada temperatura y exceso de humo, pérdida de potencia.

Se determina que al emitir un exceso de inyección y retorno de combustibles en preinyección ralenti y full carga este requiere de calibración (inyector Bosch) como se determina a continuación:

Proceso de desarmado

En la siguiente tabla se enlista el proceso correcto de desarmado del inyector Bosch utilizando las herramientas específicas como se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 4. Proceso de desarmado del inyector Bosch

Nº	Proceso	Evidencia
1	Sujetar el inyector en la prensa con la ayuda de soportes, ubicados en los extremos del inyector.	
2	Aflojar la tuerca de bobina con el útil XD 11-AS29 y retirar con cuidado del cuerpo del inyector.	
3	Extraer el conjunto que se encuentra en el interior de la bobina, resorte de bobina y anillo VFK.	
4	Con la ayuda de unas pinzas retirar los seguros del inducido.	
5	Separar inducido de la guía control de válvula	
6	Separar el resorte del inducido.	

Nº	Proceso	Evidencia
7	Extraer la tuerca de sujeción de válvula con el útil TS15 (CR-V5) de 10 mm.	
8	Una vez removida la tuerca de sujeción se retira el control de válvula en conjunto con el anillo de calibración AH.	
9	Con la ayuda de unas pinzas retirar la guía y esfera de válvula.	
10	Extraer cuidadosamente la tuerca de sujeción de tobera con el útil TS15 (CR-V) del cuerpo del inyector	
11	Separar la tobera del cuerpo del inyector sin dejar caer los pines de guía.	
12	Extraer el conjunto interno de la sección de tobera, correspondiente a la arandela de calibración DNH y su guía.	
13	Una vez removida la sección interna, emplear el útil D20-M15X0.5.	
14	Extraer la válvula y émbolo (plunger) del cuerpo del inyector.	



Figura 10. Despiece de las partes internas del inyector Bosch

Donde:

1. Bobina
2. Anillo VFK
3. Resorte de bobina
4. Seguro de inducido A
5. Seguro de inducido tipo luna
6. Inducido
7. Resorte de inducido
8. Tuerca de sujeción
9. Guía de inducido
10. Anillo AH
11. Esfera
12. Anillo DFK
13. Resorte de tobera
14. Guía de anillo DNH
15. Pines
16. Anillo DNH
17. Aguja de tobera
18. Tobera
19. Tuerca de sujeción de tobera
20. Válvula
21. Sello de válvula
22. Cuerpo del inyector



Figura 11. Limpieza del inyector Bosch

Para una buena calibración del inyector, es importante mantener las piezas en excelentes condiciones, una de ellas es la limpieza de estos componentes internos como externos, impidiendo que se mezclen con impurezas.

Calibración de inyector Bosch

Para la calibración del inyector Bosch se debe observar que este no tenga ninguna especie de rajaduras o alguna imperfección ya que estas podrían causar una mala calibración o simplemente arrojar datos erróneos dentro del banco de pruebas, también tener a la disposición los instrumentos de medición y en perfecto estado, ya que son de suma importancia para realizar este proceso, como se describe a continuación:

Ajuste de combustible en emisión y preinyección

Tabla 5. Ajuste de combustible y preinyección

Nº	Proceso	Evidencia
1	Separar anillo de calibración MFK y resorte de bobina.	
2	Retirar el inducido y reemplazar el resorte para el calibre.	
3	Montar la bobina en el inyector y dar el ajuste necesario de: T=15 Nm Nota: No colocar el resorte de bobina y el anillo VFK.	
4	Fijar el micrómetro sobre la parte superior de la bobina e introducir el husillo hasta que la punta haga contacto con el inducido para determinar el recorrido de la esfera de la válvula.	
5	Presionar el capuchón tomar nota de la medida obtenida, esta deberá estar dentro de un rango determinado que se encuentra entre: 0,037 - 0,043 [mm], caso contrario se procede al cambio o desbaste del anillo AH.	
6	Realizar el desbaste del anillo AH, hasta conseguir la medida requerida dentro del rango determinado.	

Nota: Si el grosor del anillo es mayor al de la medida requerida se procede al desbaste, caso contrario realizar el cambio de anillo AH.

NOTA: El desgaste del anillo siempre debe hacerse en forma de ocho, sobre una superficie plana, de preferencia un vidrio y una lija de 400.

N°	Proceso	Evidencia
7	La altura del anillo VFK tiene un rango de referencia entre: 1,40 - 1,60 [mm] El grosor de estos anillos debe encontrarse dentro de estos parámetros establecidos, siendo únicamente rectificable para el ajuste de combustible.	

3 Medir el anillo de calibración DFK y verificar si este se encuentra dentro de los parámetros determinados que son:

1.300 -1.600 [mm].

 $x=1.442$ [mm]



Grosor de anillos de calibración

Una vez determinado los espesores de cada anillo de calibración se procede a desarrollar una tabla de comparación del antes y después del ajuste respectivo.

Ajuste de combustible en full carga y ralenti

Tabla 6. Ajuste de combustible en full carga y ralenti

N°	Proceso	Evidencia
1	Colocar el reloj palpador en la base del inyector para tomar datos de la altura del DNH. Anotar la medida obtenida en X la cual será el desplazamiento de la aguja de tobera que se encuentra en el rango (tolerancias) de: 0.19-0.25 [mm]	 medida obtenida $X=1.578$ [mm] este es el desplazamiento del husillo del reloj palpador.
2	Medir la altura de la arandela DNH y verificar si se encuentra dentro del rango determinado. Realizar los siguientes cálculos: $x=1.578-0.19$; $x=1.388$ [mm] hmax $x=1.578-0.25$; $x=1.328$ [mm] hmin Si esta altura se encuentra fuera del rango se procede al cambio o desbaste de la arandela.	Nota: Las alturas de los anillos de ajuste deben ser objeto de variación de acuerdo a cada calibración y pruebas que se realizan en el banco.  Como la altura se encuentra fuera del rango se realiza el cambio por una de 1.300 mm ya que al realizar la prueba en el banco es la que mejor inyección otorga.

Tabla 7. Análisis de resultados de anillos de calibración

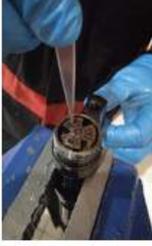
Anillo	Antes	Después	Rango
VFK	1.542 mm	1.542 mm	1,40-1,60 mm
AH	0,046 mm	0,041 mm	,037-,043mm
DFK	1.442 mm	1.442 mm	1.30- 1.70 mm
DNH	1.578 mm	1.3 mm	0.19-0.25 mm

Proceso de armado

Una vez realizada la limpieza del inyector y calibrados los elementos pertinentes, se procede a armar. El proceso se realiza de forma inversa, pero teniendo en cuenta algunos detalles que son muy importantes en el montaje como se puede ver a continuación:

Tabla 8. Armado del inyector Bosch

N°	Proceso	Evidencia
1	Lubricar el Plunger e introducir en el interior del cuerpo del inyector desde su parte inferior.	
2	Introducir el conjunto de tobera. Primero ubicar el espaciador con sus cortes en dirección a la tobera.	

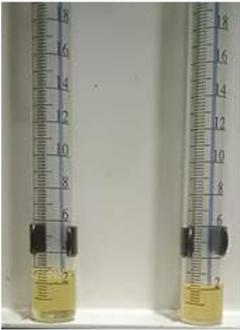
<p>Segundo introducir el anillo DKF sin importar su dirección</p> <p>Tercero ingresar el resorte sin importar su dirección</p>		<p>8</p> <p>Ajustar la tuerca interna de la válvula de control con el útil respectivo y al torque según especificaciones.</p> <p>Torque= 55 Nm</p>	
<p>3 Ingresar el PIN en el interior del resorte de tobera</p>		<p>9</p> <p>Introducir y posicionar el inducido. Tener en cuenta que la cara plana de la media esfera debe dirigirse hacia afuera.</p>	
<p>4 Ubicar guías y el espaciador de tobera.</p> <p>Tener en cuenta la posición del espaciador respecto al orificio de combustible.</p>		<p>10</p> <p>Introducir en el interior de la bobina el anillo VFK y el resorte de válvula. La forma cónica del anillo debe apuntar hacia la parte superior del inyector.</p>	
<p>5 Ingresar la aguja en la tobera y superponer en el espaciador de tobera.</p>		<p>11</p> <p>Ingresar el anillo de ajuste o arandela de separación en la bobina.</p>	
<p>6 Ajustar la porta tobera y aplicar el torque según las especificaciones.</p> <p>Torque=65Nm</p>		<p>12</p> <p>Lubricar el canal de la bobina. Ajustar la bobina en el cuerpo del inyector con una pequeña presión. Aplicar un torque según las especificaciones.</p> <p>Torque = 14Nm</p>	
<p>7 Insertar las dos guías y la válvula de control. La posición debe estar acorde al orificio de combustible.</p>			

Resultados de calibración

Preinyección

La preinyección se considera la prueba que parametriza al inyector, ya que es la distancia en la que se levanta el inducido y deja fluir el combustible, por eso es de suma importancia.

Tabla 9. Resultado de calibración en preinyección

Detalle	Prueba	Presión (Bar)	Ancho de pulso (ms)	Frecuencia (Hz)	Tiempo (s)
VE	Preinyección	800	220	8	15
Imagen Resultado (P0)	Retorno	Inyección	Observación		
	2 ml retorno	2.2 ml inyección	Al realizar el ajuste del anillo AH, el cual sirve para la calibración en preinyección se puede observar que los datos respectivos están dentro del rango de funcionamiento de este inyector.		

2 ml retorno
2.2 ml inyección

Tabla 10. Resultado de calibración ralenti

Detalle	Prueba	Presión (Bar)	Ancho de pulso (ms)	Frecuencia (Hz)	Tiempo (s)
LL	Ralenti	320	675	6	30
Imagen Resultado (P0)	Retorno	Inyección	Observación		
	1.8ml retorno	2 ml inyección	Al ejercer la calibración del inyector Bosch en ralenti se debió ajustar el anillo DFK situando los parámetros de funcionamiento dentro del rango respectivo		

1.8ml retorno
2 ml inyección

Tabla 11. Resultado de calibración plena carga

Detalle	Prueba	Presión (Bar)	Ancho de pulso (ms)	Frecuencia (Hz)	Tiempo (s)
VL	Full carga	1600	1380	25	30
Imagen Resultado (P0)	Retorno	Inyección	Observación		
	16 ml retorno	90 ml inyección	Al ajustar el anillo de calibración DNH que desempeña el trabajo para la calibración en full carga, el cual se colocó dentro de los parámetros de funcionamiento del inyector Bosch esté debidamente Calibrado.		

Al ajustar el anillo de calibración DNH que desempeña el trabajo para la calibración en full carga, el cual se colocó dentro de los parámetros de funcionamiento del inyector Bosch esté debidamente Calibrado.
16 ml retorno
90 ml inyección

3. Discusión

Los inyectores deben tener una respectiva calibración para cada uno tiene su rango específico y diferentes tipos de anillos como son los anillos de calibración AH, DNH,DFK, que son los respectivos para pre inyección ralenti y full carga que son un punto de partida para una buena calibración de estos también tenemos anillos de retorno de combustible como es RLS que es el encargado de la apertura de la altura de la bobina y el anillo VFK que es el que controla el retorno de combustible este deberá estar dentro de los parámetros establecidos por el fabricante cabe recalcar que cada marca tienen diferentes especificaciones de calibración para cada uno de los controles de inyección a cada presión que Garner Espinoza establece para las medidas de los anillos.

A estos se le realizara unas pruebas antes de montar en el banco de pruebas como son pruebas de goteo, inspección de pulverizado, fuga interna y externa los que determinaran como se encuentra el estado de funcionamiento y dando un punto de partida para los cambios y ajuste que se deberán hacer en el proceso.

4. Conclusiones

- Se desarrolló todos los procedimientos de armado, desarmado y verificación de los inyectores CRDI Bosch serie 044 5110 310 mediante tablas de secuencia y todo esto gracias a investigar información exhaustiva y detalla, además de la práctica constante para llegar a lo planificado.
- Se desarrolló los procesos de calibrado del inyector CRDI tomando medidas de los elementos y pasando a los cálculos y obtener a las dimensiones requeridas de los anillos de calibración.
- Se investigó las fuentes bibliográficas a través de libros, tesis, información de manuales y revistas técnicas que sirvieron de ayuda con los procesos y parámetros de calibración de los inyectores CRDI Bosch.
- Se seleccionó minuciosamente el inyector CRDI Bosch serie 044 5110 310 para seguir con la investigación realizando los procesos correspondientes.

5. Referencias

- [1] Bosch. (2015). Instrucciones de reparación y ensayo de inyectores Common Rail Bosch CRI/CRIN. [En línea].
- [2] Cadena, D. (2013). Diseño e implementación de un banco de pruebas de inyectores de vehículos a diesel crdi para la escuela de ingeniería automotriz. [En línea].
- [3] Coral, F. (2013). Diseño e implementación de un banco de pruebas de inyectores de vehículos a diesel crdi para la escuela de ingeniería automotriz. [En línea].
- [4] Castillejo, A. (2014). Sistemas de inyección diésel electrónico, para servicio automotriz pesado. [En línea].
- [5] Raghani, R. (2017). Desarrollo de un manual de procesos para la comprobación de inyectores common rail del motor Hyundai J3 [En línea].
- [6] Molina, J. (2019). Análisis de los parámetros mecánicos y electrónicos de funcionamiento del

sistema de alta presión del conjunto CRDI del motor diésel Kia 2.0l tipo D4EA. [En línea].

- [7] Noboa, A. (2019). Investigación del comportamiento mecánico y electrónico de los inyectores Bosch “0445120289” y “0445110250” del sistema Common Rail. [En línea].
- [8] KIA MOTORS, C. (2016). COMMON RAIL - Delphi Manual de Entrenamiento de Servicio. Departamento de Asistencia Técnica de DIASA Ltda., Chile. [En línea].
- [9] Espinosa, G. (2016). Manual de calibración de inyectores CRDI Denso, Bosch y Delphi.

6. Biografía



¹Carlos Andrés Almendáriz Maisincho. – Ingeniero Automotriz, Universidad de Fuerzas Armadas ESPE. Asesoramiento en Mecánica y Electrónica de vehículos.

²José Lizandro Quiroz Erazo. – Ingeniero Automotriz (Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE), Msc. Gestión de Energías, Diplomado Superior en Autotrónica (Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE), Docente tiempo completo (Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE).

³Luis Aníbal Naranjo Pullupaxi. – Ingeniero Automotriz, Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, Asesoramiento en Mecánica y electrónica de vehículos.

REGISTRO DE LA PUBLICACIÓN

Fecha recepción	12 junio 2021
Fecha aceptación	07 agosto 2021