



INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

Proyecto Previo a la Obtención del Título de Ingeniero Automotriz

Autor: Christopher Alexis Gaete Ibarbo
Tutor: Ing. Adolfo Peña Pinargote, M.Sc.

Análisis de los Inyectores Electrónicos Bosch del Sistema Common Rail Utilizando el Software Techtool en Excavadoras de Orugas

Certificación de Autoría

Yo, Gaete Ibarbo Christopher Alexis, con C.I.: 0927106716, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada. Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad intelectual, reglamento y leyes.

Gaete Ibarbo Christopher Alexis

C.I.: 0927106716

Aprobación del Tutor

Yo, Adolfo Peña Pinargote certifico que conozco al autor del presente trabajo siendo responsable exclusivo tanto de su seguridad y autenticidad, como de su contenido

Ing. Adolfo Peña Pinargote, M.Sc.

Director del Proyecto

Dedicatoria

A mi madre por aconsejarme de seguir con mis estudios, muchos de mis éxitos y logros alcanzados se los debo a ella, ya que me formó de una manera humilde y de buenos valores, pero lo más importante es la motivación que ella me da para seguir creciendo profesionalmente.

Gracias, madre; y que Dios te bendiga por tu constancia y oraciones, para que todo lo que haga me salga de una forma correcta.

Christopher Alexis.

Agradecimientos

Quiero agradecer a mi esposa y a mi familia por haberme dado su apoyo en momentos difíciles de mis estudios y seguir adelante con la meta proyectada.

También agradecer a mi tutor el Ing. Adolfo Juan Peña Pinargote que con su conocimiento fue posible ayudarme en este proyecto.

Agradecer a mi madre tanto por su apoyo emocional y económico ya que siempre estuvo presente dándome ánimos para perseverar en el objetivo que es alcanzar el título de ingeniero.

Christopher Alexis.

Índice General

Dedicatoria.....	v
Agradecimientos.....	vi
Índice General.....	vii
Índice de Figuras	x
Índice de Tablas	xii
Resumen	xiii
Abstract.....	xiv
Capítulo I	1
Problema de la Investigación.....	1
1.1. Tema de Investigación	1
1.2. Planteamiento, Formulación y Sistematización del Problema.....	1
1.2.1. Planteamiento del Problema.....	1
1.2.2. Formulación del Problema	2
1.3. Sistematización del Problema	2
1.4. Objetivos de la Investigación.....	2
1.4.1. Objetivo General.....	2
1.4.2. Objetivos Específicos	2
1.5. Justificación e Importancia de la Investigación.....	3
1.5.1. Justificación Teórica.....	3
1.5.2. Justificación Metodológica.....	4
1.5.3. Justificación Práctica	4
1.5.4. Delimitación Temporal.....	5
1.5.5. Delimitación Geográfica	5
1.5.6. Delimitación del Contenido	5

1.6. Alcance	5
Capítulo II.....	7
Marco de Referencia.....	7
2.1. Definición de Maquinaria Pesada.....	7
2.1.1. <i>Importancia de la Maquinaria Pesada en la Industria Automotriz</i>	7
2.1.2. <i>Clasificación de la Maquinaria Pesada</i>	8
2.1.3. <i>Clasificación de la Maquinaria Pesada Según la Fuente de Energía</i>	9
2.1.4. <i>Clasificación de la Maquinaria Pesada Según la Fuente de Traslación</i>	9
2.1.5. <i>Clasificación de la Maquinaria Pesada el Trabajo a Realizar</i>	9
2.1.6. <i>Tipos de Maquinaria Pesada</i>	11
2.2. El Motor de Combustión Interna	16
2.2.1. <i>Sistema de Alimentación Diésel Common Rail</i>	17
2.2.2. <i>Características del Sistema de Alimentación Diésel Common Rail</i>	18
2.2.3. <i>Fases de Inyección del Sistema Alimentación Diésel Common Rail</i>	19
2.2.4. <i>Componentes del Sistema Alimentación Diésel Common Rail</i>	20
2.3. Funcionamiento del Sistema Common Rail	30
2.3.1. <i>Sensores del Sistema Funcionamiento de Inyección Common Rail Diésel</i>	32
2.3.2. <i>Actuadores del Sistema Funcionamiento de Inyección Common Rail Diésel</i>	32
2.3.3. <i>Ventajas del Sistema Funcionamiento de Inyección Common Rail Diésel</i>	33
2.4. Descripción del Software Techtoll.....	33
2.4.1. <i>Características del Techtoll de Volvo</i>	34
2.5. Banco de Pruebas Common Rail CR318PRO	34
2.5.1. <i>Características del Banco de Pruebas Common Rail CR318PRO</i>	36
Capítulo III.....	37
Marco de Referencia.....	37

3.1. Tipos de Mantenimientos Aplicados en el Automóvil.....	37
3.2. Análisis de Funcionamiento del Software Techtool.....	39
3.2.1. <i>Guía Práctica de Funcionamiento del Software Techtool</i>	40
Capítulo IV	47
Análisis de Resultados.....	47
4.1. Análisis de la Utilidad del Software Techtool	47
4.1.1. <i>Análisis de los Valores Obtenidos</i>	47
Conclusiones.....	51
Recomendaciones	52
Bibliografía.....	53

Índice de Figuras

Figura 1 Elevadores Industriales Tipo Tejeras.....	8
Figura 2 Clasificación de la Maquinaria Pesada Según la Fuente de Energía.....	9
Figura 3 Clasificación de la Maquinaria Pesada Según la Fuente el trabajo... ..	10
Figura 4 Clasificación de la Maquinaria Pesada Según la Fuente de Traslación.....	10
Figura 5 Bulldozer	11
Figura 6 Excavadora	12
Figura 6 Retroexcavadora	12
Figura 8 Cargadora Frontal.....	13
Figura 9 Motoniveladora.....	14
Figura 10 Asfaltadora	14
Figura 11 Compactadora.....	15
Figura 12 Compactadora para Asfalto	15
Figura 13 <i>Esquema de Funcionamiento del Motor de Combustión Interna</i>	16
Figura 14 <i>Sistema de Alimentación de Ducto Común</i>	18
Figura 15 <i>Pulverización del Diésel en el Interior del Cilindro</i>	20
Figura 16 <i>Depósito de Combustible</i>	21
Figura 17 <i>Bomba de Alimentación</i>	22
Figura 18 <i>Filtro de Combustible</i>	23
Figura 19 <i>Intercambiador Agua-Combustible</i>	23
Figura 20 <i>Circuito de Refrigeración y Calefacción de Combustible</i>	24
Figura 21 <i>Cañerías de Combustible de Alta Presión</i>	25
Figura 22 <i>Sensor de Alta Presión</i>	25
Figura 23 <i>Sensor de Alta Presión</i>	26
Figura 24 <i>Bomba de Combustible de Alta Presión</i>	27

Figura 25 <i>Válvula de Seguridad</i>	28
Figura 26 <i>Sensor de temperatura de combustible</i>	28
Figura 27 <i>Sensor de temperatura de combustible</i>	29
Figura 28 <i>Inyector Electromagnético</i>	29
Figura 29 <i>Esquema de Funcionamiento del Sistema de Inyección Common Rail</i>	31
Figura 30 <i>Banco de Pruebas Common Rail CR318PRO</i>	35
Figura 31 <i>Icono del Software Techtool</i>	40
Figura 32 <i>Icono del Software Techtool</i>	41
Figura 33 <i>Ventana de Dialogo para Ingresar el Usuario</i>	41
Figura 34 <i>Puerto de Conexión de la Máquina con el Software por Medio del Interfaz</i>	42
Figura 35 <i>Conexión de la Máquina con el Software por Medio del Interfaz</i>	42
Figura 36 <i>Lectura de las Computadoras de la Máquina</i>	43
Figura 37 <i>Selección del Numeral 2</i>	43
Figura 38 <i>Selección del Sistema de Inyección y Corte de Inyección</i>	44
Figura 39 <i>Selección del Sistema de Inyección y Corte de Inyección</i>	44
Figura 40 <i>Lectura Generado al Inducir la Falla en el Cilindro</i>	45
Figura 41 <i>Lectura del Software del Código al Inducir la Falla en el Cilindro</i>	45
Figura 42 <i>Lectura en el Tablero de la Maquina al Analizar el Inyector</i>	46
Figura 43 <i>Código Generado de por la Falla Provocada</i>	48
Figura 44 <i>Análisis del Sistema de Inyección</i>	48
Figura 45 <i>Lectura en el Tablero de la Maquina al Analizar el Inyector</i>	49

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Descripción del Banco de Pruebas Common Rail CR318PRO</i>	36
Tabla 2 <i>Tipos de Mantenimientos del Automóvil</i>	37

Resumen

En el trabajo presentado se demuestra cómo se debe realizar el diagnóstico de un inyector electrónico del sistema de inyección diésel common rail en la excavadora de orugas, para aquello se planteó utilizar el software de diagnóstico Techtool, equipo que sirve para realizar el diagnóstico integral de todos los componentes electrónicos del motor y del sistema hidráulico de la máquina escogida para el análisis, en este caso nos enfocamos específicamente en los inyectores electrónicos que posee el motor de la excavadora. Lo descrito en el primer capítulo se relaciona el problema de investigación; aquí se sistematiza todo el planteamiento para ser desarrollado el tema denominado “Análisis de los Inyectores Electrónicos Bosch del Sistema Common Rail Utilizando el Software Techtool en Excavadoras de Orugas”, además se plantean los objetivos a alcanzar tomando como base la problemática planteada; en el desarrollo del segundo capítulo se estableció la recopilación de la teoría del funcionamiento del sistema de inyección de diésel, se hizo énfasis en la descripción del inyector, debido a que fue el elemento a analizar de forma exclusiva. En el tercer capítulo se plasma todo lo relacionado al manejo del software, y su funcionamiento, como se establece el protocolo de conexión de la máquina con el software, en este caso se logró inducir una falla de funcionamiento en el inyector para demostrar la utilidad del programa, en este caso se pudo visualizar el código PSID96-01, el mismo que se refiere a problemas en el riel de presión y la terminación 01 hace referencia al cilindro 1; en el cuarto capítulo se estableció el análisis de los datos obtenidos y se realizó en donde se y la utilidad del software para realizar este tipo de diagnóstico, también se destacó las causas del mal funcionamiento del inyector y las posibles causas, porque se presentan.

Palabras Clave: Software automotriz, inyectores, common rail, Código de fallas.

Abstract

In the work presented, it is shown how the diagnosis of an electronic injector of the common rail diesel injection system in the crawler excavator should be carried out, for that we propose to use the Techtool diagnostic software, equipment that serves to perform the integral diagnosis of all the electronic components of the engine and the hydraulic system of the machine chosen for the analysis, in this case we focus specifically on the electronic injectors that the excavator engine has. The described in the first chapter is related to the research problem; here is systematized all the approach to be developed the topic called "Analysis of the Bosch Electronic Injectors of the Common Rail System Using Techtool Software in Crawler Excavators", in addition the objectives to be achieved based on the problem raised are raised; in the development of the second chapter the compilation of the theory of the operation of the diesel injection system was established, emphasis was made on the description of the injector, because it was the element to be analyzed in an exclusive way. In the third chapter everything related to the management of the software, everything related to its operation, as the connection protocol of the machine with the software is established, in this case I managed to induce a malfunction in the injector to achieve the usefulness of the program, in this case the code PSID96-01 could be displayed, in the fourth chapter the analysis of the data obtained was established and performed where and the usefulness of the software to perform this type of diagnosis, also highlights the cause of the malfunction of the injector and the possible causes, park are presented.

Keywords: Automotive software, injectors, common rail, fault code.

Capítulo I

Problema de la Investigación

1.1. Tema de Investigación

Análisis de los inyectores electrónicos Bosch del sistema common rail utilizando el software Techtool en excavadoras de orugas.

1.2. Planteamiento, Formulación y Sistematización del Problema

El funcionamiento de los inyectores electrónicos diésel Bosch con del sistema Common Rail en los motores de combustión interna por lo general se producen debido a las impurezas que existen en el combustible que existe en nuestro medio, además se suma poca costumbre de no aplicar mantenimientos predictivos y preventivos como por ejemplo la limpieza permanente del sistema de alimentación de combustible.

En la actualidad las fallas más comunes en los inyectores electrónicos son muy frecuentes y comunes y esto conlleva a tener un elemento que nos ayude a poder establecer diagnósticos rápidos y como base para establecer los planes de mantenimiento ya sean predictivos, preventivos y correctivos.

El realizar las pruebas de los inyectores electrónicos es un método de aplicación para poder adquirir un diagnóstico apropiado de los mismos y tener un panorama amplio de su estado y determinar si están realizando el trabajo de forma apropiada.

Con el panorama antes presentado y otros motivos se plantea el presente estudio para brindar una alternativa de solución por medio de un software especializado de inyectores mecánicos electrónicos diésel Techtool, nos ayudará a tener un idea clara de su estado.

1.2.1. Planteamiento del Problema

Entre los principales inconvenientes está el problema de la pérdida de potencia del motor de combustión interna diésel, generando un inconveniente sobre todo en los vehículos y maquinaria pesada que por lo general usan el sistema de alimentación diésel.

Aplicando el Software Techtool en el análisis de inyectores electrónicos diésel para excavadoras de orugas, podríamos solventar diversas inquietudes en cuanto a los daños en los inyectores por causa de la inyección inapropiada y por ende se puede aplicar los diversos planes de mantenimiento en los motores de combustión interna, dichos planes de mantenimientos servirán para prevenir daños.

Conociendo lo parámetros de funcionamiento de los inyectores electrónicos diésel establecidos por el fabricante se podrá determinar si están cumpliendo con lo determinado y así evitar fallos y problemas.

1.2.2. Formulación del Problema

¿Se puede generar una propuesta de análisis de funcionamiento de los inyectores electrónicos diésel utilizando el software Techtool para excavadoras de orugas?

1.3. Sistematización del Problema

- ¿Cuáles son los beneficios que se obtienen al aplicar un software en el análisis de los inyectores electrónicos diésel marca Techtool para excavadoras de orugas?
- ¿Cuáles son los factores que influyen en el análisis de funcionamiento de los inyectores electrónicos diésel?
- ¿Qué ventajas brinda el utilizar software para el análisis de inyectores electrónicos marca Techtool?

1.4. Objetivos de la Investigación

1.4.1. Objetivo General

- Analizar las fallas de los inyectores electrónicos Bosch del sistema Common Rail utilizando el software Techtool en excavadoras de orugas.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Simular una falla en los inyectores electrónicos Bosch para ser analizadas por medio de la utilización del software Techtool.

- Determinar el estado de los inyectores electrónicos Bosch utilizando un banco de pruebas apropiado.
- Establecer las acciones apropiadas para dar solución a los errores encontrados en la simulación de fallas en el banco de pruebas

1.5. Justificación e Importancia de la Investigación

El trabajo de investigación a realizar en lo referente al funcionamiento de los inyectores electrónicos diésel Bosch del Sistema Common Rail en un motor de combustión interna determina objetivos por parte de fuentes investigativas la misma que presenta respuestas a la perspectiva metodológica, teórica y práctica como se expresa a continuación:

1.5.1. Justificación Teórica

Los problemas por temas de inyección adecuada en los motores diésel generan graves daños y consecuencias muy adversas para el funcionamiento de estos, por tal motivo al realizar un análisis de su funcionamiento de forma apropiada podemos identificar si el chorro de la inyección es el apropiado, de esta forma poder mejorar su eficiencia así como su desempeño con un sustento teórico bien fundamentado basado en la búsqueda y revisión de fuentes bibliográficas, fichas técnicas y artículos científicos en los que han realizados estudios similares o relacionados al tema en mención, por ejemplo:

De acuerdo con (González, 2011), El motor de combustión interna es una máquina térmica capaz de transformar la energía térmica almacenada en un fluido combustible en energía mecánica, proporcionando un trabajo. Este trabajo se aplicará a la cadena cinemática del vehículo consiguiendo su movimiento.

(Pérez, 2013), con su libro publicado establece que a través de los inyectores se inyecta el combustible en la cámara de combustión. Además, en función de su tarado, determinan la presión inicial de la inyección, que coincide con la de apertura de estos.

Básicamente, están formados por una aguja que taponar el orificio de salida de combustible hacia la cámara de combustión.

1.5.2. Justificación Metodológica

En la presente investigación se puede justificar la metodología que se lleva a cabo en el presente trabajo investigativo concerniente a la realización de un análisis de fallas mecánicas en los inyectores electrónicos diésel de un motor de combustión interna alternativo, se fundamenta en la obtención de información técnica del elemento en estudio para así poder determinar las características, propiedades y especificaciones técnicas establecidas por el fabricante.

Además, se fundamentará por estudios anteriores relacionados y que puedan aplicarse al presente estudio que determinan cada uno de los comportamientos del elemento en estudio lo que permite generar el correcto alcance al momento de realizar el análisis con los resultados generados con los equipos utilizados o los informes generados por los mismos.

En efecto, el presente trabajo investigativo de fallas de inyección en los motores de combustión interna se basa en la aplicación de una metodología definida como experimental, teórica y descriptiva, lo que permite obtener el alcance de los objetivos planteados y de esta manera consolidan la investigación científica en su totalidad.

1.5.3. Justificación Práctica

De acuerdo con los objetivos planteados para el presente proyecto investigativo hará referencia al análisis de fallas mecánicas en los inyectores mecánicos diésel en los motores de combustión interna en su etapa práctica se fundamenta en su desarrollo de acuerdo con etapas establecidas de manera cronológica, pero tomando en consideración que la fase práctica se lleva a cabo con el uso de un probador de inyectores mecánicos diésel y posterior generar una guía práctica para el uso del instrumento.

1.5.4. Delimitación Temporal

De acuerdo con lo previsto como planificación en el desarrollo de análisis de fallas en los inyectores electrónicos en un los motores de combustión por medio del uso del software Techtool, tanto de la fase de aprobación, desarrollo teórico y práctico el presente estudio se establece que se llevará a cabo desde el mes de noviembre de 2023 y de manera tentativa se pretende que su finalización o defensa de proyecto se llevará a cabo en el mes de abril de 2024.

1.5.5. Delimitación Geográfica

El presente trabajo investigativo se lo llevará a cabo en el taller GAETE ubicado en el país de Ecuador dentro de la provincia del Guayas, cantón Guayaquil, en la parroquia Tarqui, Prosperina Mz 17 Sl 13.

1.5.6. Delimitación del Contenido

El proyecto de investigación análisis de los inyectores electrónicos Bosch del sistema Common rail utilizando el software Techtool en excavadoras de orugas, se lo desarrolla por medio de un proceso meticuloso de investigación con base en fuentes bibliográficas teóricas y técnicas, así como revistas, artículos científicos, fichas técnicas, entrevistas, proyectos de titulación y blogs, lo que permite brindar fundamentar correctamente el alcance del proyecto y estructurarlo de la mejor forma para lograr alcanzar los objetivos planteados.

Cabe recalcar que el presente estudio se lo establece con una sección de cuatro capítulos como cuadro de cuerpo de texto.

1.6. Alcance

Por medio del presente proyecto de investigación con el tema: Análisis de los inyectores electrónicos Bosch del sistema Common Rail utilizando el software Techtool en excavadoras de orugas, se plantea como alcance el establecer un tipo de metodología que permita realizar un análisis del funcionamiento de los inyectores y así llegar a detectar fallas

puntuales que se presentan de forma común, en estas fallas comúnmente la variable puede ser problemas de señal eléctrica, y algo muy frecuente en nuestro medio tiene que ver con la calidad de combustible que se tiene, este aspecto genera gran cantidad de impurezas que terminan por afectar el funcionamiento de los inyectores electrónicos, el análisis servirá para alimentar un plan de mantenimiento predictivo y correctivo en el sistema de inyección de combustible.

En la parte conceptual del presente estudio se inicia con la investigación del sistema de inyección electrónica de combustible en los motores de combustión interna, sistemas que conforman el circuito de inyección de combustible, es decir el circuito de baja y alta presión, alimentación de flujo de aire, también se indaga sobre el mantenimiento predictivo del motor en estudio.

Al finalizar se generará una visión relacionada con la comprobación de los parámetros de funcionamiento de los inyectores electrónicos Bosch por medio del uso del software Techtool, enfocado al monitoreo de los sistemas de alimentación e inyección de combustible, esta acción nos ayudará a tomar a extraer las impresiones de la pantalla para su respectivo análisis y toma de criterio técnico sobre las fallas detectadas.

Capítulo II

Marco de Referencia

En el marco de referencia se procederá a la aclaración de conceptos básicos y específicos que se utilizarán en el desarrollo del presente trabajo investigativo, los mismos que tomarán la notoriedad del caso en las diferentes secciones que se explicarán en el documento a presentar, a continuación se hace la descripción de algunos componentes y sistemas relacionados al tema.

2.1. Definición de Maquinaria Pesada

La denominación de maquinaria pesada se la puede establecer como los equipos de uso industrial que generalmente son utilizados en la industria de la ingeniería civil, arquitectura, minería agricultura y otros lugares o circunstancias donde el trabajo realizado por el hombre en forma directa no sería suficiente para cubrir la necesidad requerida, ya sea por la cantidad de material a ser removido o por la fuerza necesaria que se debe aplicar para realizar ciertos trabajos específicos, (komatsulatioamerica, 2024).

2.1.1. Importancia de la Maquinaria Pesada en la Industria Automotriz

La importancia de este tipo de vehículos industriales es muy imperiosa para industria automotriz, debido a que representan un importante rubro en el medio de la construcción, trabajos mineros y agrícolas, en la actualidad va en aumento la construcción de nuevos proyectos que ameritan el uso y aplicación de este tipo de maquinaria, ya sean por su versatilidad o por su capacidad de carga que poseen, también se destaca que gracias a su aplicación se puede lograr acortar tiempos en la ejecución de obras, (ruta.ypf., 2021) también se destaca que la maquinaria pesada se la puede aplicar en trabajos ligeros como por ejemplo el transporte mercancía en bodegas y/o centros de acopio ya sean grandes o pequeños, en este caso se pueden aplicar los montacargas o los elevadores industriales tipo tijeras, ver figura 1.

Figura 1

Elevadores Industriales Tipo Tejeras



Fuente: (es.123rf., 2024)

2.1.2. Clasificación de la Maquinaria Pesada

Este tipo de maquinaria se puede clasificar de acuerdo con las funciones específicas que realizan y al nivel de especialización, es por esto que se la puede clasificar en maquinaria pesada universal y la maquinaria pesada especializada, (aceromafe, 2023).

- Maquinaria pesada universal; estas maquinarias se las considera como la fuerza principal para la ejecución de los proyectos de gran envergadura o proyectos complejos, en este grupo se pueden encontrar a las excavadoras, bulldozer, cargadoras frontales y retroexcavadoras, maquinas que están capacitadas para abordar una amplia variedad de tareas, que pueden ir desde la excavación hasta la traspotación de materiales en grandes masas.

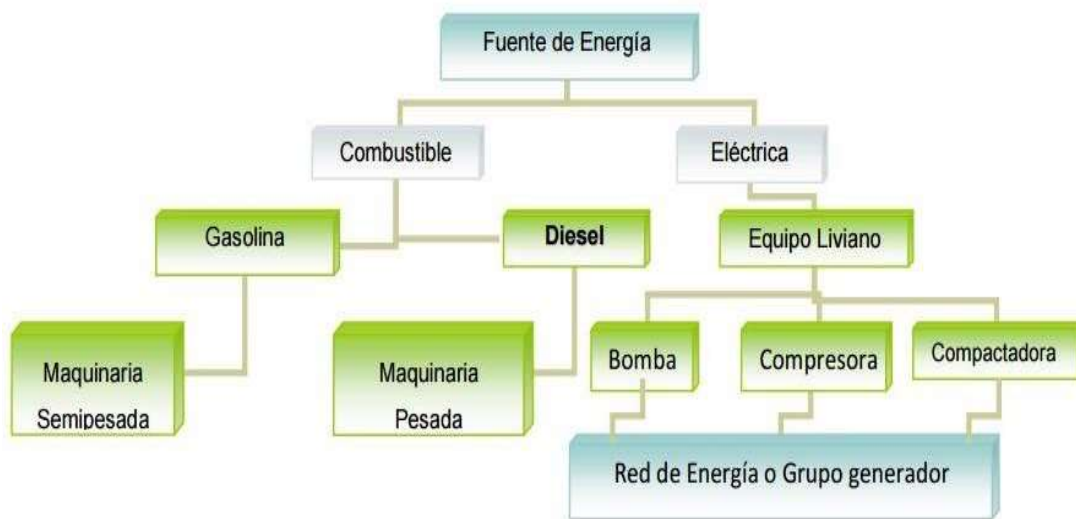
- Maquinaria especializada; se diferencia de la universal porque se centra en tareas específicas tales como las motoniveladoras, pavimentadoras, dragas y zanjadoras, es decir realizan tareas específicas para lo cual fueron diseñadas.

2.1.3. Clasificación de la Maquinaria Pesada Según la Fuente de Energía

Se parte de la referencia de la energía que genera el movimiento del motor, ya sea esta de forma hidráulica, química, eléctrica entre otras, estas se transforman en energía mecánica para ser aprovechada en forma de trabajo, ver figura 2, (ovacen, 2024).

Figura 2

Clasificación de la Maquinaria Pesada Según la Fuente de Energía



Fuente: (Gómez, 2020)

2.1.4. Clasificación de la Maquinaria Pesada Según la Fuente de Traslación

Para este caso se hace referencia exclusivamente en la forma como transportan los diferentes tipos de maquinarias pesada, ver figura 3.

2.1.5. Clasificación de la Maquinaria Pesada el Trabajo a Realizar

Hace referencia al a clasificación de la maquinaria pesada tomado como dato principal el trabajo que realizan o donde se las aplica para facilitar el desarrollo de los proyectos, ver figura 4.

Figura 3

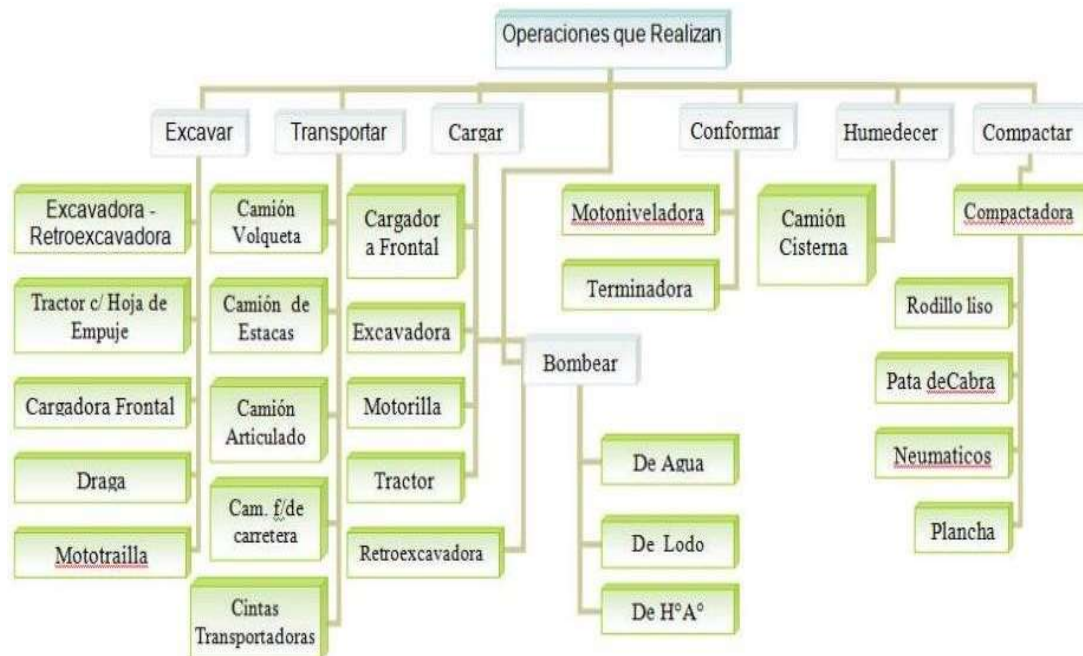
Clasificación de la Maquinaria Pesada Según la Fuente de Traslación



Fuente: (Gómez, 2020)

Figura 4

Clasificación de la Maquinaria Pesada Según el Trabajo



Fuente: (Gómez, 2020)

2.1.6. Tipos de Maquinaria Pesada

Para describir los tipos de maquinarias pesadas es importante enfocarse en sus características, en su función y en su especialización, por este motivo se realiza la siguiente clasificación:

- Bulldozer o tractores; se los aplica en las construcciones, debido a que transportan materiales de remoción en grandes cantidades, incluso este tipo de material se lo puede considerar como materia prima, se destaca por tener una pala de gran tamaño en la parte delantera, unida a un brazo que se inclina para poder recoger el material y ser empujado, ver figura 5, (komatsulatioamerica, 2024).

Figura 5

Bulldozer



Fuente: (komatsulatioamerica, 2024)

- Excavadora; es una maquinaria pesada que se la utiliza ampliamente principalmente en la industria de construcción de carreteras, desbroce de montañas, además de la demolición de edificios, dragados de ríos, entre otros; también se la puede utilizar al momento de cambiar el cucharón por un talador o sierra de corte de tipo industrial, ver figura 6, (ferreyros, 2023).

Figura 6*Excavadora*

Fuente: (ferreyros, 2023)

- Retroexcavadora; es la maquinaria pesada más versátil y utilizada en la industria de la construcción, por su gran variedad de aplicaciones, por ejemplo en la parte frontal se la utiliza como una cargadora frontal y en la parte posterior de la puede utilizar como una excavadora, además que se puede realizar adaptaciones en ambos lados para realizar otros trabajos como corte, martillo industrial, entre otros, ver figura 7, (miflota, 2023).

Figura 7*Retroexcavadora*

Fuente: (miflota, 2023)

- Cargadora frontal; también es conocida como pala cargadora, ver figura 7, la misma que es un tipo de tractor de muy buen rendimiento para situaciones de cargar o elevar material para ser depositado en otros lugares cercanos o a su vez para ser puesto en otros vehículo para transporte, estas pueden ser las volquetas.

Figura 8

Cargadora Frontal



Fuente: (triton., 2022)

- Motoniveladoras: en muchos casos se las conoce solo como niveladoras, la cual se la utiliza para nivelar el terreno por lo general lugares que se van a construir carreteras, además tiene la versatilidad de ser utilizadas en la creación de zonas de desfogue de agua, conocidas también como zanjas, para ello utilizan un acuchilla que se puede regular con la inclinación necesaria para lograr el objetivo, ver figura 9. (sanyglobal, 2024).
- Asfaltadora; la función principal es la de aplicar el asfalto en las carreteras o lugares que sean requeridos, aplica una capa uniforme del asfalto de manera uniforme y al mismo tiempo hace una precompactación y esta debe ser de manera uniforme con el fin de proporcionar estabilidad suficiente a la mezcla antes de ser compactada de forma definitiva, ver figura 10, (dynapac.latinoamerica, 2023).

Figura 9

Motoniveladora



Fuente: (sanyglobal, 2024)

Figura 10

Asfaltadora



Fuente: (dynapac.latinoamerica, 2023)

- Compactadora; es muy conocida también como aplanadoras, la misma es una máquina de autopropulsión sobre ruedas en la parte posterior, mientras que en la parte delantera poseen un cilindro que sirve para realizar la compactación del terreno o del asfalto para lograr que la consistencia del suelo sea la apropiada y pueda resistir el paso de vehículos, ver figura 11, estos objetivos los cumple por medio de la trituración, amasado y la vibración del tambor; esta situación la alcanza por un elemento de vibración que posee en el interior del cilindro, con esta acción se logra evitar las

posibles burbujas de aire que se pudieran presentar, también se resalta que en la actualidad se las está utilizando en los vertederos de basura para alcanzar la compactación de los residuos, (interempresas, 2023), se destaca que hay varios tipos de rodillos entre ellos tenemos a los de ruedas neumáticas, ver figura 12, los de rodillos vibratorios, los de rodillos para apisonadoras y los de rodillo me malla o abeja.

Figura 11

Compactadora



Fuente: (interempresas, 2023)

Figura 12

Compactadora para Asfalto



Fuente: (spain-mproduct, 2023)

2.2. El Motor de Combustión Interna

Es importante empezar por la definición general del motor de combustión interna y por hacemos referencia a (González, 2018) donde establece que el motor de combustión interna es una máquina térmica capaz de transformar la energía térmica almacenada en un fluido combustible en energía mecánica, proporcionando un trabajo, mediante la figura 13 se ilustra la definición, el trabajo que se logre se aplicará a la cadena cinemática del vehículo para conseguir su movimiento y aprovecharlo.

Figura 13

Esquema del Proceso del Funcionamiento del Motor de Combustión Interna



Fuente: (González, 2018)

Para clarificar con más intensidad las definiciones generales en relación con el motor de combustión hacemos referencia a los siguientes axiomas que se relacionan de forma directa con el estudio a realizar, en donde se deja plasmado la parte conceptual del motor de combustión interna alternativo y se hace énfasis en el motor de combustión interna de encendido provocado o comúnmente conocido como motor diésel funcionamiento.

- Motor Térmico: Máquina térmica que produce energía mecánica por el aprovechamiento de la energía térmica almacenada en un fluido por medio de una combustión.

- Motor de Combustión Interna (MCI): Motor térmico en el que la combustión se produce en su interior. Existen motores de combustión externa, donde el aprovechamiento de la energía térmica del combustible se produce en un equipo independiente, como una caldera, una cámara de combustión, algunas turbinas de gas o el motor Stirling son ejemplos de motores de combustión externa.
- Motor de Combustión Interna Alternativo (MCIA): Motor de combustión interna en el que el ciclo de trabajo y la transmisión de fuerzas se produce mediante el desplazamiento lineal y repetitivo de un émbolo o pistón. La transformación de la fuerza lineal generada por la presión de los gases tras la combustión en un par motor giratorio se realiza a través de un mecanismo biela-manivela. Por otro lado, existen motores de combustión interna rotativos, como el motor Wankel.
- Motor de Encendido Provocado (MEP) o de ciclo Otto: Comprime una mezcla de aire y combustible, produciéndose la combustión por una causa externa, es decir, por el salto de chispa de la bujía.
- Motor de Encendido por Compresión (MEC) o de ciclo Diesel: Comprime aire hasta que este adquiere una gran presión y temperatura, momento en el cual se inyecta el combustible y se produce la combustión por autoinflamación de este.

2.2.1. Sistema de Alimentación Diésel Common Rail

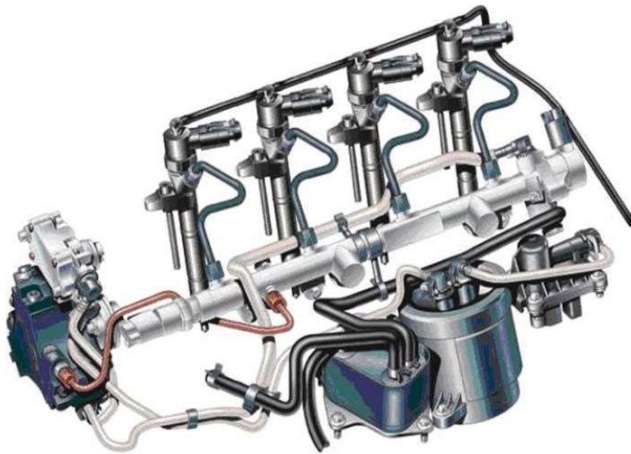
Este sistema de inyección diésel Common Rail fue creado y producido en base a la necesidad de reducir las emisiones de gases de escape, mejorar la potencia del motor, reducir el ruido y el consumo de combustible; también permite la introducción de una cantidad precisa de carburante en la cámara de combustión con el fin de responder a todas las demandas del conductor, respetando a la vez las diferentes normas de anticontaminación, (autoavance, 2023).

2.2.2. Características del Sistema de Alimentación Diésel Common Rail

Posee características muy particulares con relación a los sistemas de bombas lineales y rotativas, las cuales se detallan de la siguiente forma, ver figura 14.

Figura 14

Sistema de Alimentación de Ducto Común



Fuente: (Eduardo, 2018)

- Elevada presión de inyección; los primeros sistemas de este tipo llegaban a generar hasta 1350 bares, sin embargo los de segunda generación llegan hasta los 1600 bares, pero en la actualidad se están introduciendo los de tercera generación, con presiones de hasta 1800 bares, siendo indudable que, en un futuro próximo, se sobrepasarán los 2000 bares.
- Disponibilidad de presión; independiente de las condiciones de funcionamiento del motor (carga y régimen), a diferencia de los restantes sistemas de inyección, en los que el incremento de presión se efectúa durante la inyección, al ser mayor la cantidad de combustible bombeado en el elemento de bombeo, que la que sale por el inyector.
- Estabilidad de presión; no solo a cualquier régimen y carga, sino durante la propia fase de aporte de combustible.

- Separación de las funciones de incremento de presión, dosificación y distribución del combustible a los cilindros.
- Posibilidad de realizar varias inyecciones por ciclo; preinyección, inyección principal y postinyección. Actualmente existen sistemas que permiten hasta cinco inyecciones por ciclo.

2.2.3. Fases de Inyección del Sistema Alimentación Diésel Common Rail

Este sistema de inyección permite estructurar el aporte de combustible en las siguientes fases: preinyección, inyección principal y postinyección, (Pérez, 2018).

- Fase de Preinyección: En esta fase se introduce una pequeña cantidad de combustible antes de la inyección principal, para que así su combustión incremente la presión y temperatura en el interior de la cámara de combustión, favoreciendo el desarrollo de la combustión principal. En sistemas de última generación, pueden incluso disponerse dos preinyecciones, en este caso la segunda preinyección se produce solo a ralenti o regímenes bajos (y con poca carga), para así disminuir el ruido de funcionamiento, al llevarse a cabo la combustión con mayor suavidad. En condiciones de carga y régimen medios, y con valores estabilizados, la preinyección deja de efectuarse.
- Fase de Inyección Principal: es donde se aporta la mayor parte del combustible, destinado a producir trabajo. En los sistemas más evolucionados, puede efectuarse en dos fases, a ambos lados del PMS, para que así la combustión se lleve a cabo con mayor suavidad, además de disminuir la emisión de partículas contaminantes. No ha de confundirse en ningún caso la primera fase de la inyección principal con una preinyección, puesto que en esta última, el combustible aportado no se transforma directamente en trabajo (ayuda a obtener más trabajo en la inyección principal), mientras que en el caso de la primera fase de la inyección principal sí se transforma

directamente en trabajo, además de mejorar el rendimiento obtenido de la siguiente fase, ver figura 15.

Figura 15

Pulverización del Diésel en el Interior del Cilindro

Fuente: (Pérez, 2018).

- Fase de Postinyección: Se produce después de la inyección principal, y su función es incrementar la temperatura de los gases residuales, para así poder efectuar la regeneración del filtro de partículas. Por tanto, es imprescindible en vehículos que disponen de este filtro. De paso, ayuda a quemar las posibles partículas de hidrocarburos que hayan podido quedar sin quemar en la combustión principal. Incluso pueden llegar a producirse dos postinyecciones, en función del sistema, para así efectuar un mejor control de la citada regeneración.

2.2.4. Componentes del Sistema Alimentación Diésel Common Rail

Para tener una idea más amplia de los componentes del sistema de alimentación diésel electrónica e realizará la descripción de los mismos:

Depósito de combustible: (Idoneo, 2023), El depósito o tanque de combustible es un contenedor fabricado con las características necesarias para poder almacenar de forma

segura el diésel, el mismo que es utilizado por el motor para propulsar el vehículo, el mismo que se visualiza en la figura 16.

Aunque pueden variar mucho dependiendo del fabricante y el modelo de coche al que se destine, los tanques de combustible de los coches convencionales suelen tener una capacidad de almacenamiento de entre 45 a 65 litros.

El depósito de combustible cumple más funciones además del simple almacenamiento. Ha de ser capaz de evitar riesgos y pérdidas de líquidos, medir el nivel de combustible que tiene y bombear y dirigir este hasta el motor. Para que sea capaz de cumplir todas sus funciones, y además contar con la seguridad necesaria para aguantar colisiones u otros accidentes, este elemento del coche se compone de varias partes, que son:

Depósito principal: tanque que contiene el combustible. Sus características dependen del fabricante, pudiendo variar en forma, material y capacidad.

Depósito de reserva: cuando el nivel de combustible restante llega a un porcentaje determinado, el depósito lanza una señal para alertar al conductor.

Indicador del nivel de combustible: se trata de un sistema de medición del nivel de combustible. Ha evolucionado de la boya flotante que se usaba anteriormente, hasta los sistemas de sensores que podemos encontrar en la actualidad.

Figura 16

Depósito de Combustible

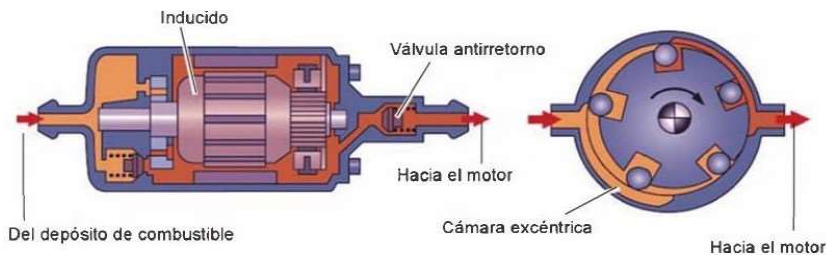


Fuente: (Premium, 2023)

Bomba de alimentación: También conocida como electrobomba, su funcionamiento es eléctrico, de tipo rodillos, similar a las de los sistemas de inyección de gasolina, figura 17. Igualmente, va alimentada por la centralita a través de un relé. Su caudal oscila en torno a los 200 litros/hora, pudiendo llegar a alcanzar una presión máxima de 6 bares, si bien su presión nominal de trabajo, determinada por la válvula limitadora de presión ubicada en el filtro, oscila entre 1,25 y 3 bares. Dispone de una válvula anti retorno en la salida, para mantener así la presión en el circuito, cada vez que se para el motor.

Figura 17

Bomba de Alimentación



Fuente: (Pérez, 2018).

Filtro combustible: El filtro de combustible, en este se depositan los residuos, las impurezas y el agua del combustible permitiendo su decantación, para evitar obstrucciones en el carburador o inyectores figura 18, se debe destacar que las impurezas presentes en el combustible son muy frecuentes y producen daños muy severos en el sistema de alimentación de combustible.

Intercambiador agua-combustible: En el sistema de riel común puede utilizarse un intercambiador de calor conocido como intercambiador térmico, ver figura 19, su función es ceder calor desde el circuito de refrigeración hacia el combustible, dicho intercambiador es de tipo agua-combustible, se constituye por una canalización que está en contacto con la salida de líquido refrigerante hacia el radiador, estando por tanto situado en la parte superior de la culata. Su entrada en funcionamiento está gobernada por una válvula termostática situada en

el filtro, de naturaleza bimetálica, la cual, al contraerse como consecuencia de las bajas temperaturas, abre el paso del combustible hacia el calefactor, donde su temperatura se ve incrementada.

Figura 18

Filtro de Combustible



Fuente: (donaldson, 2022)

La apertura de dicha válvula se efectúa con temperaturas del combustible inferiores a 15 °C. Cuando la temperatura sobrepasa dicha cifra, la dilatación de la lámina cierra el conducto hacia el calefactor, por lo que el combustible ya no atraviesa este, sino que va directamente hacia la bomba de alta presión. Cuando la temperatura del combustible está comprendida entre 15 °C y 25 °C, la lámina ocupa una posición intermedia, por lo que parte del flujo de gasóleo pasa por el calefactor, y parte va directo hacia la bomba de alta presión.

Figura 19

Intercambiador Agua-Combustible



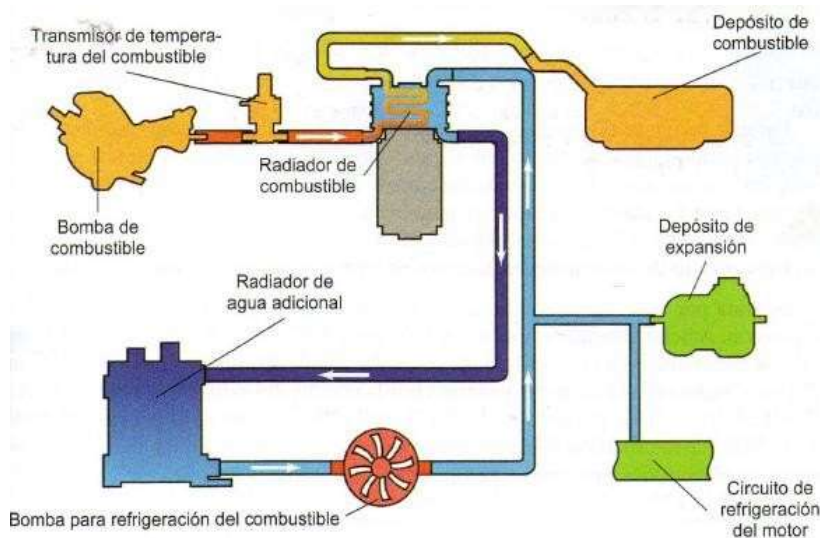
Fuente: (blogmecanicos, 2023)

Refrigeradores de combustible: Producto de las elevadas presiones que se generan en el sistema de alimentación diésel que pueden llegar hasta los 2000 bares en los sistemas de última generación, se produce un incremento considerable de la temperatura del gasóleo, respecto a los sistemas de alimentación convencional.

Puesto que la temperatura está relacionada en proporción inversa con la densidad (a mayor temperatura, menor densidad) y que los tiempos de apertura de los inyectores son extraordinariamente pequeños (cuantificados en muchos casos en microsegundos, que son la millonésima parte de un segundo), dichas variaciones de temperatura influyen decisivamente en la dosificación, por cuanto se ve alterada la densidad del gasóleo, y por tanto la masa, para un mismo volumen inyectado. En la figura 20 se puede apreciar el circuito de calefacción y refrigeración de combustible.

Figura 20

Circuito de Refrigeración y Calefacción de Combustible



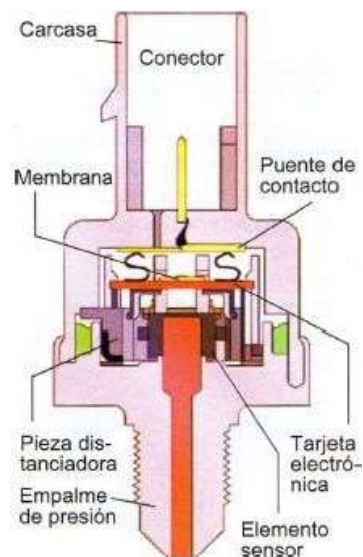
Fuente: (Pérez, 2018).

Cañerías o líneas de combustible: Son los elementos encargadas de llevar y retornar el combustible entre el tanque de combustible y los inyectores, es decir durante todo el recorrido hasta la pulverización de combustible, figura 21.

Figura 21*Cañerías de Combustible de Alta Presión*

Fuente: (cam2, 2021)

Sensor de alta presión: La función de este elemento es de informar a la centralita de la presión existente en el circuito de alta presión, se ubica en la ramba y es un sensor de membrana gruesa que es, su funcionamiento está basado en la piezorresistividad, variándose el valor óhmico de unas resistencias situadas en la membrana interna, en función de la presión recibida, ver figura 22.

Figura 22*Sensor de Alta Presión*

Fuente: (Pérez, 2018).

Mediante un circuito interno, a partir de dicha variación de resistencia, se genera una tensión, proporcional a la presión que incide sobre la citada membrana, dicha señal es amplificada, de tal forma que su tensión de salida oscila entre 0,5 V y 4,8 V, correspondientes, ver figura 23.

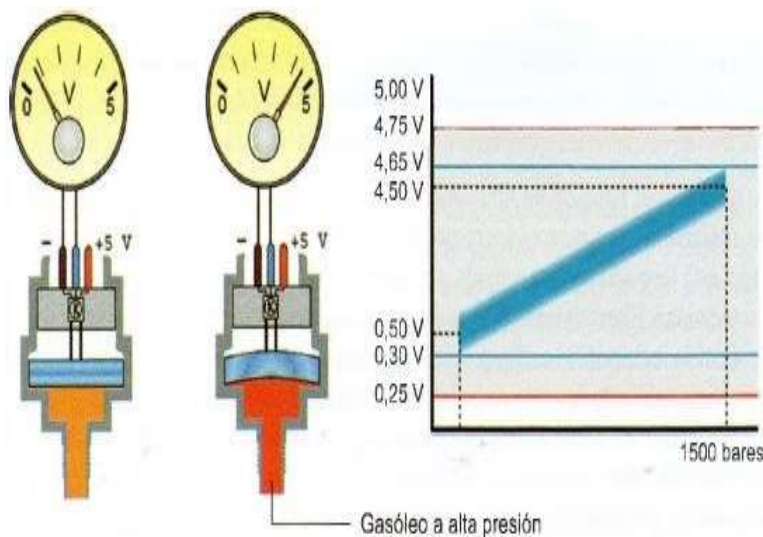
Bomba de alta presión: En los sistemas de riel común la bomba de alta presión comprime el combustible y lo suministra en la cantidad necesaria, agrega la cantidad de combustible de forma continua al acumulador de alta presión (raíl), debido al acumulador se consigue mantener la presión alta en el sistema, ver figura 24.

La presión se mantiene incluso en bajas revoluciones de motor, esto debido a que la generación de presión no está relacionada con las revoluciones del motor.

La mayoría de los sistemas de riel común están equipados con bombas de pistones radiales. Los automóviles compactos también utilizan sistemas con bombas individuales que funcionan a una presión baja de sistema,

Figura 23

Sensor de Alta Presión



Fuente: (Pérez, 2018).

Figura 24*Bomba de Combustible de Alta Presión*

Fuente: (actualidadmotor, 2023)

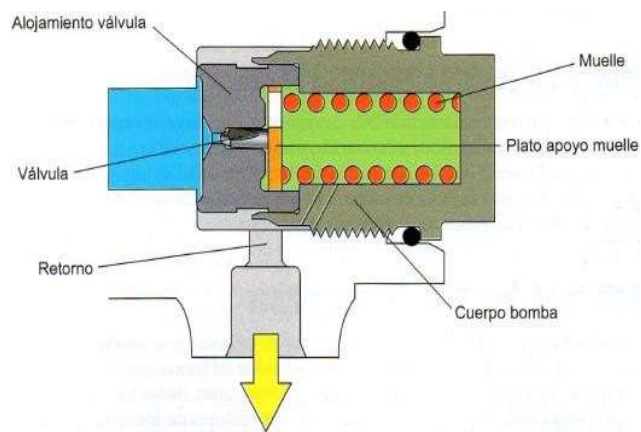
Válvula de seguridad: Se la denomina también válvula de presión máxima o válvula limitadora, es una válvula de seguridad, cuya función es evitar que la presión en la rampa supere un valor determinado, siempre por encima del valor máximo que el regulador de presión puede controlar.

Por tanto, su tarado depende del sistema en el que se aplique. A modo de ejemplo, citar que en los sistemas de primera generación, en los que la presión máxima era de 1350 bares, el tarado de la válvula de seguridad era de 1500 bares.

Así, es un dispositivo de seguridad, que solo entrará en funcionamiento en caso de que el regulador de presión no pueda limitar la presión máxima.

Para ello, cuando se abre, comunica directamente la rampa (en la que va montada) con el retomo hacia el depósito. No es empleada en todos los modelos, ver figura 25.

Sensor de temperatura de combustible: Consta de una resistencia NTC, que puede ir situada en la rampa de combustible, el retomo desde ésta al depósito, y en ciertos modelos, entre el filtro y la bomba de alta presión, ver figura 26.

Figura 25*Válvula de Seguridad*

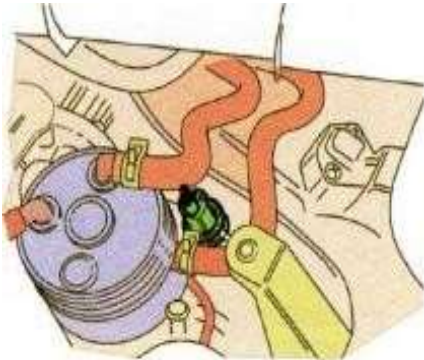
Fuente: (Pérez, 2018).

Sensor de temperatura de combustible: Consta de una resistencia NTC, que puede ir situada en la rampa de combustible, el retorno desde ésta al depósito, y en ciertos modelos, entre el filtro y la bomba de alta presión, ver figura 26.

Su señal se toma como referencia para calcular el avance a la inyección, así como para gestionar la válvula de dosificación (entre el filtro y la bomba de alta presión). Si su señal desaparece, es sustituida por la del líquido refrigerante, aunque en los primeros sistemas no existía esta función, ver figura 27.

Figura 26*Sensor de temperatura de combustible*

Fuente: (Pérez, 2018).

Figura 27*Sensor de temperatura de combustible*

Fuente: (Pérez, 2018).

Inyectores electromagnéticos: Estos inyectores son utilizados en los sistemas de primera y segunda generación son de control electromagnético con mando electrónico, de tal forma que su apertura está gobernada por la centralita de gestión del motor, ver figura 28.

Figura 28*Inyector Electromagnético*

Fuente: (Pérez, 2018)

Debido a las elevadas presiones de trabajo que se generan en el sistema de riel común, la apertura de estos no se confía exclusivamente al mando electrónico. Se juega para ello con la diferencia de presiones existente entre dos puntos del vástago solidario a la aguja,

de tal forma que inciden sobre el citado vástago en sentidos opuestos, a esto se lo denominado concepto de presión diferencial

El cierre de estos inyectores queda asegurado por la presencia de un muelle antagonista (en adelante muelle del inyector), que es el que hace que el equilibrio de presiones opuestas sobre el conjunto vástago-aguja se decante a favor de la posición de cierre. Por tanto, en su parte inferior, el inyector difiere poco de un inyector convencional, disponiéndose, dado su empleo en motores de inyección directa, de gran número de orificios de salida de combustible, de 5 a 8, con un diámetro en torno a 0,15 mm, para favorecer la pulverización y el reparto del combustible por toda la cámara de combustión.

En consecuencia, dispone de una aguja solidaria a un vástago, cuya apertura está contrarrestada, en principio por el muelle del inyector, la cual se abre cuando se vence la resistencia ofrecida por dicho muelle. El combustible, al igual que en el caso de los inyectores mecánicos, presiona sobre la parte cónica de la aguja, en la cámara de presión. Más adelante se observarán las particularidades de su apertura, que difieren de las de los inyectores mecánicos.

2.3. Funcionamiento del Sistema Common Rail

El funcionamiento del sistema de inyección diésel Common rail se inicia en el tanque o depósito de combustible pasando por el sistema de filtrado, válvulas de retención, entre otros elementos que se encuentran presentes hasta llegar a la bomba de alta presión, hasta aquí el sistema es de baja presión, en algunas ocasiones hacen uso de bombas eléctricas dentro del tanque de combustible (autoytecnica, 2023).

Cuando el combustible llega hasta la bomba de alta presión, esta es la encargada de generar la presión de combustible apropiada para garantizar un suministro adecuado de combustible y así lograr el pulverizado perfecto dentro del cilindro facilitando la inflamación espontánea y progresiva de la mezcla.

Se debe destacar que las presiones de funcionamiento en este sistema pueden variar entre 300 y los 2500 bar, según las exigencias de carga del motor.

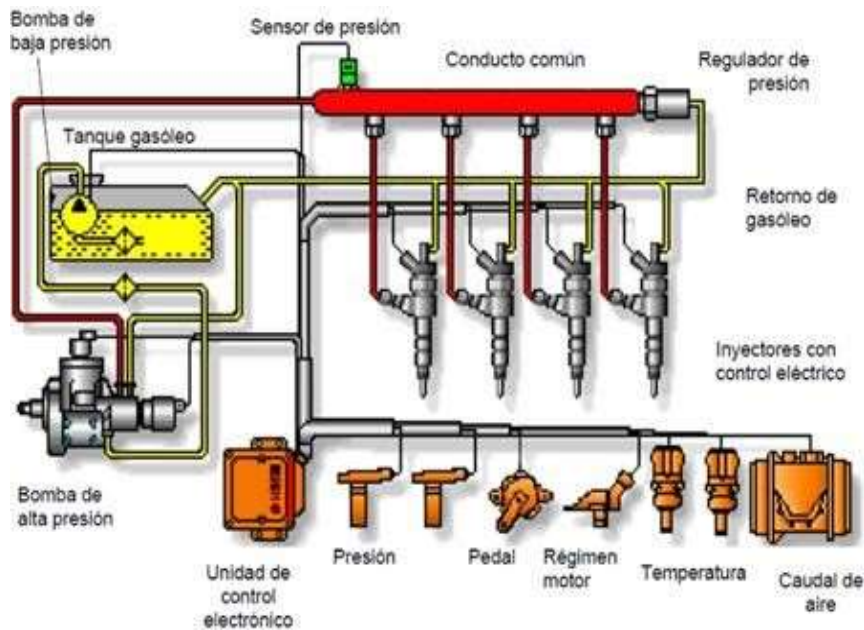
Cuando sale el combustible de la bomba de alta presión pasa por una serie de conductos comunes (common rail) o rampa, para así llegar a los inyectores, estos son comandados de forma eléctrica por la computadora del vehículo, anteriormente la apertura de los inyectores se producía por diferencias de presiones dentro del mismo.

En el sistema common rail al ser controlada electrónicamente se pueden lograr preinyecciones, la inyección principal y una postinyección, con este se logra un mayor rendimiento y un nivel de ruido menor en comparación a otros sistemas de inyección diésel.

Para lograr el funcionamiento óptimo del sistema common rail se necesita de diferentes sensores y actuadores que se los describe a continuación de forma explícita y en la figura 29.

Figura 29

Esquema de Funcionamiento del Sistema de Inyección Common Rail



Fuente: (autoytecnica, 2023)

2.3.1. Sensores del Sistema Funcionamiento de Inyección Common Rail Diésel

Los sensores en sistemas de inyección electrónica en motores diésel son fundamentales para un correcto funcionamiento del motor, debido a esto se detalla de forma breve los sensores más relevantes continuación se explican breve los más importantes, (autoytecnica, 2023).

- *Sensor de posición del cigüeñal o CKP:* Es el sensor que detecta el punto muerto superior del cilindro número 1. También por medio de este sensor se conocen las revoluciones por minuto (RPM) del motor.
- *Sensor de fase o CMP:* También conocido como sensor de posición del árbol de levas, detecta cuando el cilindro número 1 se encuentra en fase de compresión o escape, para preparar la inyección de combustible.
- *Sensor Caudalímetro o MAF:* Se encarga de medir la cantidad de aire que ingresa al motor.
- *Sensor de presión de rampa o rail de inyectores:* Detecta la presión permanente en la rampa de inyectores.
- *Sensor del pedal del acelerador:* Sirve para adecuar los requerimientos del conductor se hace por medio del pedal del acelerador.
- *Sensor ECT o sensor de temperatura del motor:* Este sensor es quién envía la información necesaria a la ECU (computadora) en los arranques en frío.
- *Sensor de presión de admisión del colector o MAP:* Sirve para detectar la sobrealimentación del Turbo.

2.3.2. Actuadores del Sistema Funcionamiento de Inyección Common Rail Diésel

Los actuadores funcionan y ejecutan las órdenes según (y casi siempre) los valores que envían los sensores a la ECU (computadora), a continuación de enumera de forma breve los más comunes:

- Inyectores de combustible.
- Electroválvula de regulación de gases de escape EGR.
- Mariposa de parada suave
- Control de las bujías de precalentamiento
- Regulación de presión del rail
- Regulador de caudal

En la actualidad los vehículos en su gran mayoría son fabricados y diseñados en base al sistema common rail, por sus numerosas ventajas que gracias a la tecnología brindan una mayor eficiencia con menores consumos de combustible y menores contaminantes.

2.3.3. Ventajas del Sistema Funcionamiento de Inyección Common Rail Diésel

El sistema de Inyección Common Rail Diésel posee entre otras las siguientes ventajas que a continuación se detallan: (rentingfinders, 2023).

- La presión de trabajo del sistema es casi independiente del régimen y carga del motor, es decir que, aunque no se acelere a fondo y el motor gire despacio, es posible inyectar el combustible a una presión muy alta y casi constante en el proceso de inyección.
- El sistema common rail el único que permite llevar a cabo múltiples inyecciones. Otros sistemas, como los de bombas electrónicas de alta presión o conjuntos inyector-bomba, sólo tienen capacidad para dar dos inyecciones en cada ciclo de trabajo. Además, en el caso de los conjuntos inyector-bomba no está controlada de manera electrónica.
- Esta multi-inyección permite al sistema un mayor rendimiento, así como un menor nivel de ruido.

2.4. Descripción del Software Techtoll

El software Techtoll es una herramienta que sirve en el proceso de reparación y diagnóstico de automóviles, camiones, autobuses y maquinaria pesada de la línea Volvo.

Además se lo utiliza para la programación y la resolución de problemas relacionados al funcionamiento apropiado de los equipos de la marca Volvo, está diseñado para que lo utilicen los talleres y técnicos autorizados de la marca, para realizar tareas avanzadas de diagnóstico y mantenimiento en vehículos y maquinaria Volvo.

2.4.1. Características del Techtool de Volvo

Posee varias características muy útiles para la aplicación en talleres de mantenimiento y reparación, entre otras posee las siguientes:

- Funciona con vehículos que van desde el Euro 3 al 6.
- Volvo Bus (Normal, Multiplexado, Multiplexado v2, Multiplexado v3).
- Equipos de construcción Volvo. Volvo Penta (Versión 2).
- Cliente de componentes OEM de Volvo (Versión 2, Versión 3).
- Camión Mack (V-MAC-I/II/III, MTC, IV IV+).
- Camiones Renault (Versión 2, Versión 3, Versión 4).
- Camión UD (Versión 2, Versión 3).
- Aplicabilidad del software VOLVO VCADS
- Diagnóstico de camiones Volvo, autobuses, equipos especiales
- Programación de todos los dispositivos de control electrónico
- Ajuste el limitador de velocidad (cuentakilómetros).
- Calibrar parámetros, como sistemas: suspensión neumática, control electrónico y otros sistemas del vehículo.
- Admite todas las marcas y modelos compatibles con Tech Tool (VCADs Pro)

2.5. Banco de Pruebas Common Rail CR318PRO

El banco de pruebas common rail CR318PRO fue desarrollado en el año 2021 por la empresa CRYSTAL, ver figura 30, sirve para realizar el análisis de los inyectores que muestran problemas al momento de inyectar, antes de montarlos en el banco, primero se

debe probar que el inyector tenga un mínimo de presión equivalente a 20 MPa, o aproximadamente 3000 PSI.

Si el inyector no la presión mínima de 20 20 MPa, o 3000 PSI, es conveniente realizarle la prueba en el banco de inyectores common rail CR318PRO, debido a que puede presentar problemas de funcionamiento, esto se da porque se desconfigura y se debe realizar una reconfiguración del banco y ello conlleva tiempo y recursos económicos, si se llega a comprobar un abaja presión del inyector se debe realizar la limpieza del mismo, es decir debe ser desmontado y revisar su estado incluido la tobera y la aguja, a su vez se verifica si están en estado de recuperación para ser reutilizados, caso contrario se debe implementar un inyector nuevo.

Figura 30

Banco de Pruebas Common Rail CR318PRO



Fuente: (machinio.es, 2022)

2.5.1. Características del Banco de Pruebas Common Rail CR318PRO

Las características del banco de Pruebas Common Rail, se las especifica en la tabla 1.

Tabla 1

Descripción del Banco de Pruebas Common Rail CR318PRO

Características	Unidades o Rango de Funcionamiento
OMD	Producto Original
Tensión de alimentación	380 V trifásico (opcional 220 V trifásico)
Frecuencia	50 Hz/60 Hz
Potencia del Motor Principal	4KW
Bomba common rail de alta presión	CP3.3
Rango de temperatura	40+/- 2 °C
Rango de control de presión	0 – 2500 Bares
Voltaje	12 V – 24 V
Tensión de trabajo	220v/60HZ 380V/50HZ
Peso	4000 Kg

Capítulo III

Marco de Referencia

3.1. Tipos de Mantenimientos Aplicados en el Automóvil

Los mantenimientos que se aplican al automóvil son de gran relevancia al momento de esperar un funcionamiento adecuado y de larga duración; por aquello, se resalta en el presente estudio que es de suma importancia la aplicación de planes de mantenimiento que no ayuden a tener un rastreo adecuado de las condiciones y parámetros del funcionamiento de vehículo y sobre todo de los inyectores que son el objeto de análisis, (prodwaregroup, 2023). Para esto podemos medir dos tipos de variables:

Reseñas del vehículo y de su funcionamiento: Se debe plasmar las horas de trabajo o kilometraje, la presión y los caudales a los que trabaja, el voltaje, el calentamiento de los componentes, entre otros parámetros valederos para dar un seguimiento apropiado .

Ambiente del trabajo que se realiza: Hace referencia la temperatura ambiente y humedad del entorno, además de las vibraciones a las que esté sometido el equipo de trabajo, desplazamientos del equipo.

Por tal razón se realizan los siguiente tipos de mantenimientos especificados en la tabla 2.

Tabla 2

Tipos de Mantenimientos del Automóvil

Tipos de mantenimiento	Definición
Mantenimiento Predictivo	El mantenimiento predictivo es capaz de predecir cuándo pueden producirse averías y prevenirlas antes de que sucedan, esto con base en toda la información recogida, a las condiciones de funcionamiento y a las

acciones realizadas previamente, el sistema detecta fallos potenciales y actúa de acuerdo con un conjunto de acciones previas diseñado para evitar que ocurran las incidencias, (prodwaregroup, 2023).

Mantenimiento Prescriptivo

Se trata de la evolución de mantenimiento predictivo. Basado en ese modelo y en la posibilidad de detectar una posible rotura en un momento determinado, en la fiabilidad del producto o las condiciones de trabajo, el sistema detecta desviaciones en los parámetros normales y propone acciones correctoras, (prodwaregroup, 2023).

Mantenimiento Basado en las Condiciones

A partir de la monitorización del funcionamiento de los equipos, del diagnóstico realizado a partir de las acciones correctivas o de las preventivas y en base a las condiciones en las que trabaja el aparato, de su entorno, de su utilización o de su patrón de funcionamiento, podemos realizar, planificar, adelantar o atrasar las intervenciones de mantenimiento, (prodwaregroup, 2023).

Mantenimiento Preventivo

La principal función es la de mantener un nivel de servicio óptimo en los equipos

mediante la planificación de acciones de mantenimiento orientadas a evitar que se produzcan incidencias y fallos, por ello se utiliza la información obtenida en datos histórico de funcionamiento del vehículo. Al aplicar este tipo de mantenimiento se logrará prolongar el tiempo de funcionamiento del vehículo.

Mantenimiento Correctivo

Hace referencia a las acciones realizadas para a corregir los problemas que se presentan. Usualmente es de tipo reactivo, es decir que se procede a realizarlo una vez que se ha presentado un fallo y se produce la paralización del vehículo, se procede a reemplazar piezas y elementos o al desmontaje para dar mantenimiento de calibración y/o reemplazo de elementos internos, se bien es cierto este mantenimiento se va a presentar en cualquier momento el aplicar la secuencia de mantenimiento descrito se podría reducir al mínimo la paralización del vehículo.

3.2.Análisis de Funcionamiento del Software Techtool

Al analizar las condiciones de funcionamiento del software Techtool se puede establecer que es un sistema muy sencillo de entender y manejar, solo se debe seguir la

secuencia que indica el programa en la selección de los pasos al momento de seleccionar los datos y escoger la procedencia del vehículo y la gestión que se espera analizar en el mismo.

Para momento de utilizar el software Techtool, estaremos detallando el estado actual de los inyectores del sistema de inyección en el motor diésel de la excavadora de orugas, las pruebas se realizaron en el taller GAETE ubicado en el país de Ecuador dentro de la provincia del Guayas, cantón Guayaquil, en la parroquia Tarqui, Prosperina Mz 17 Sl 13.

También se establece que para obtener las facilidades de entendimiento más apropiado del mismo se procederá a realizar la guía práctica para seguir la secuencia de pasos y establecer el funcionamiento del software Techtool, situación descrita en los objetivos del proyecto:

3.2.1. Guía Práctica de Funcionamiento del Software Techtool

- Para iniciar se debe verificar que la computadora este debidamente cargada o a su vez debe estar conectada a la fuente de alimentación de corriente, esto se hace referencia debido porque es importante mantener la comunicación adecuada del computador con la maquina al momento de realizar el diagnóstico de los inyectores, en caso de llegar a existir un corte de comunicación al momento de realizar el diagnóstico es muy probable que se tengan valores erróneos y se debe obligatoriamente reiniciar todo el proceso, también se debe tener a mano el interfaz de conexión, en mismo que se muestra en la figura 31.

Figura 31

Equipo Utilizado para el Uso del Software



- Procedemos al encendido de la computadora e ingresamos al icono correspondiente como se ve en la figura 32.

Figura 32

Icono del Software Techtool

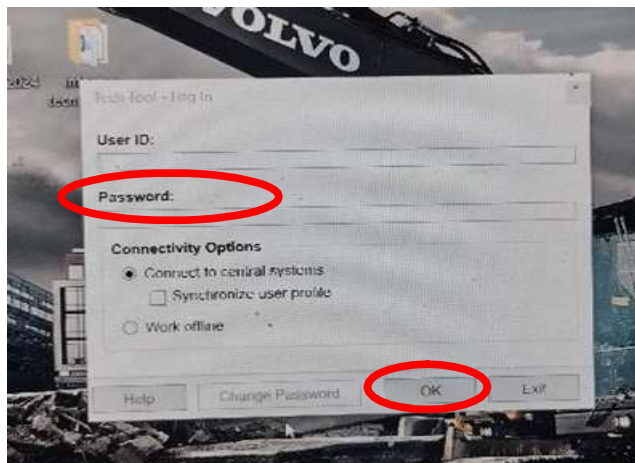


Fuente: (premiumtechttool.com, 2023)

- Esperamos que se cargue y sale la siguiente ventana donde se debe poner el usuario, se resalta que la clave o contraseña ya viene predeterminada por el fabricante, ver figura 33, además marcamos al opción “conectar con la central del sistema”, luego marcamos la opción OK.

Figura 33

Ventana de Dialogo para Ingresar el Usuario



- Luego procedemos a realizar la conexión de la máquina con el software por medio del interfaz, el conector se encuentra dentro de la cabina en el lado derecho del conductor baja la radio de la máquina, ver figuras 34 y 35.

Figura 34

Puerto de Conexión de la Máquina con el Software por Medio del Interfaz



Figura 35

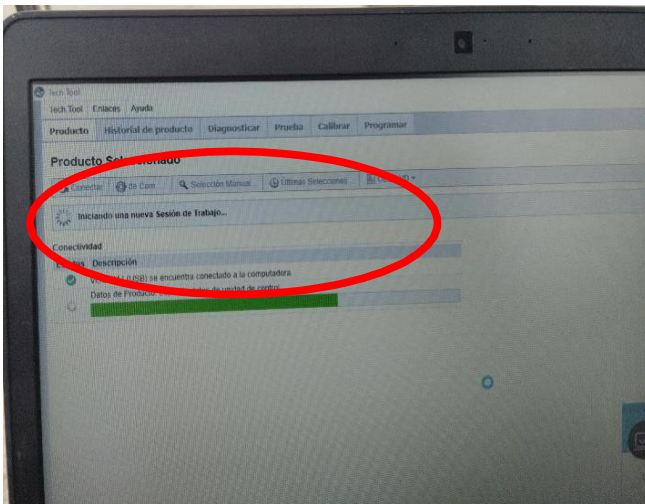
Conexión de la Máquina con el Software por Medio del Interfaz



- Luego de esto, la conexión se realiza de forma automática por medio del sistema bluetooth y empieza la lectura de las computadoras que posee la máquina, como se muestra en la figura 36, se debe esperar que realice la lectura de todos los componentes interconectados al sistema electrónico de la máquina.

Figura 36

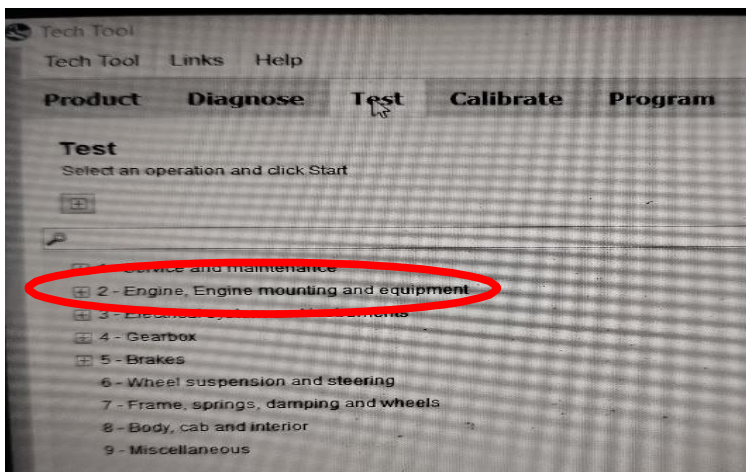
Lectura de las Computadoras de la Máquina



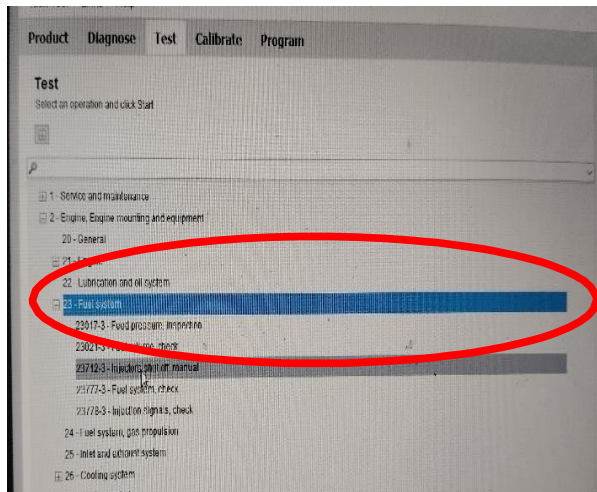
- Cuando se ha realizado la lectura de todas las computadoras se selecciona la opción TEST para entrar al sistema operativo y entramos a la opción 2, Engine, Engine mounting and equipment, como se muestra en la figura 37.

Figura 37

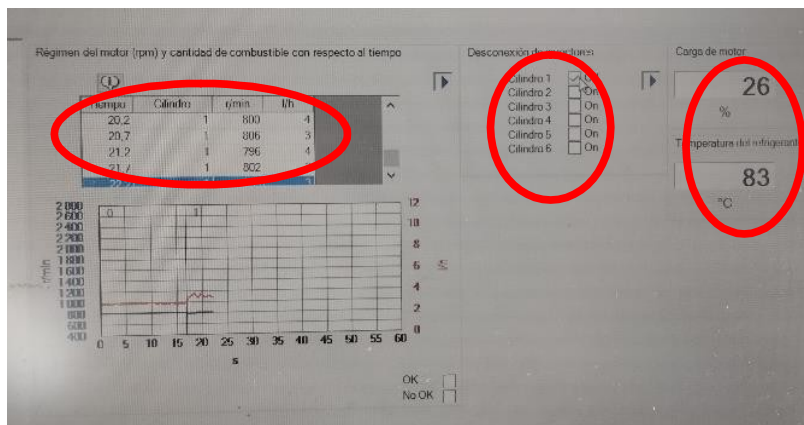
Selección del Numeral 2



- Seguido de esto entramos a la opción nos vamos a sistema de inyección (full inyección) y entramos a corte de inyección manual, como se visualiza en la figura 38.

Figura 38*Selección del Sistema de Inyección y Corte de Inyección*

- En este momento el software empieza a realizar la prueba en el corte de inyección, para generar la falla en corte de la inyección, y seleccionamos el cilindro que se desea analizar, además nos muestra el porcentaje de carga del motor, la temperatura del motor al momento de realizar la prueba, además se muestra el tiempo de inyección y las rpm/min de cilindro uno, todo se muestra en la figura 39.

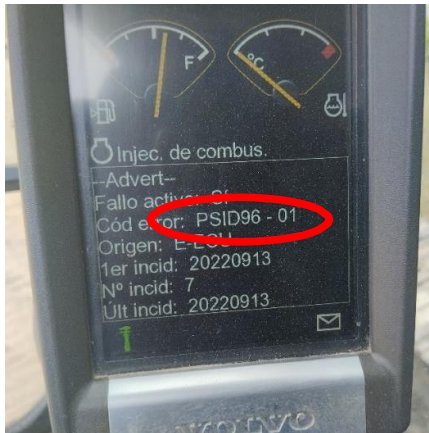
Figura 39*Selección del Sistema de Inyección y Corte de Inyección*

- Al generar el corte de inyección en el primer cilindro de genera un código que se visualiza en el tablero de instrumentos de la máquina, ver figura 40, en este caso se

muestra el código PSID96-01 (en el código el valor de 01 representa el número de cilindro que se está analizando).

Figura 40

Lectura en el Tablero de la Maquina Generado al Inducir la Falla en el Cilindro



- Además se muestra en la pantalla del software el mismo código y se puede apreciar la leyenda “sistema de presión del riel”, en este caso se refiere a la falla generada en el cilindro uno, para proceder al borrado del código de la falla, presionamos en la opción eliminar, para recuperar el funcionamiento apropiado del cilindro, ver figura 41.

Figura 41

Lectura en el software del Código Generado al Inducir la Falla en el Cilindro

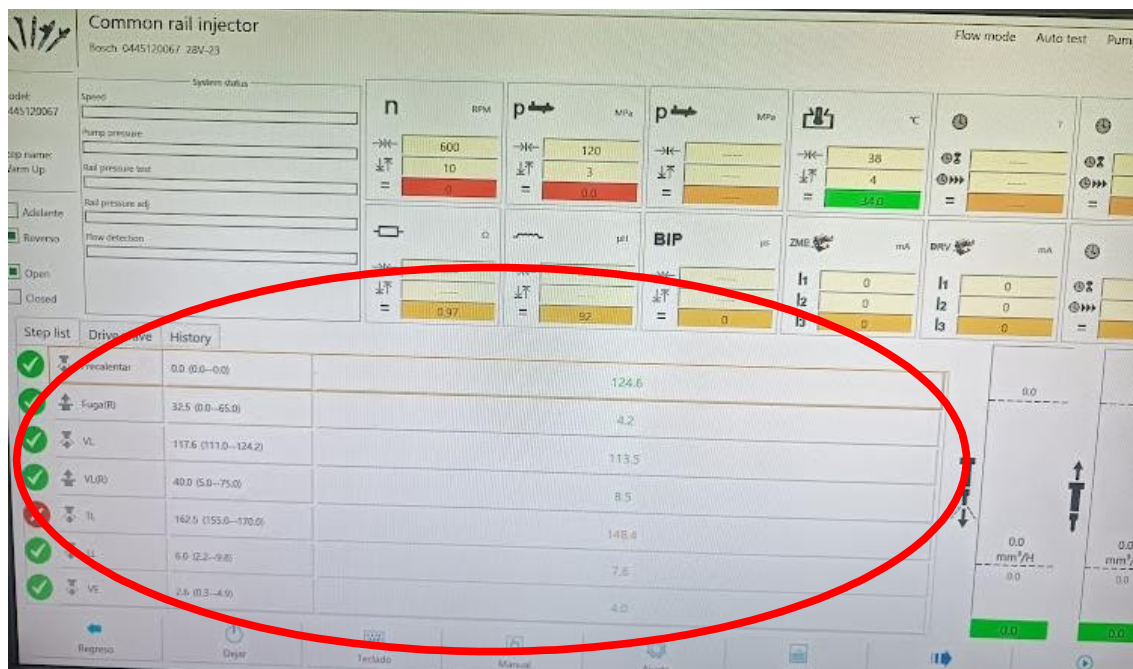
The screenshot shows a diagnostic software interface. The main window displays the details for the fault code "MID128 PSID96 / PSID96". The interface includes a search bar, navigation tabs, and a detailed view of the fault code. The "Diagnóstico de modo de fallo" section is highlighted with a green box. At the bottom, there are buttons for "Ver", "Eliminar", and "Borrar", with "Eliminar" also highlighted with a green box.

Valido para números de serie			
Modelo:	Lugar de producción	Inicio de número de fabricación	Parada de número de fabricación
EC220D L Volvo			
Código SAE		MID128 Unidad de mando, motor	
MID128 Unidad de mando		PSID96 Riel pressure system	
Mensaje en pantalla de la máquina		PSID96	
Presentación de texto		PSID96	
Referencia		Motor, descripción Sistema de combustible, descripción	
Diagnóstico de modo de fallo			
Modo de fallo		Condiciones de detección: La unidad de mando del motor (E-ECU) registra: El control de presión del riel no funciona correctamente	
FMI 0		Sintoma: <input type="radio"/> Advertencia central amarilla <input type="radio"/> Alimentación de flujo total de combustible <input type="radio"/> La función de protección del motor limita el régimen máximo a 1100 rpm <input type="radio"/> El motor es desconectado por la función de protección del motor	
		Causas posibles: <input type="radio"/> Mazo de cables o conector dañado <input type="radio"/> Válvula de control de combustible defectuosa <input type="radio"/> Sensor de presión del riel de combustible defectuoso	
Medida		Use el diagnóstico guiado	
Modo de fallo		Condiciones de detección: La unidad de mando del motor (E-ECU) registra: El control de presión del riel no funciona correctamente	
FMI 1		Sintoma: Causas posibles:	

- En caso de persistir el error se procederá a retirar el inyector para probarlo en el banco pruebas Common Rail CR318PRO, y se realiza la comprobación del funcionamiento del inyector, en el banco saldrán lecturas principales como valor de precalentamiento, fuga de retorno, valor de llenado, valor de llenado de retorno, tarado de llenado, en las imagen se muestra el valor ideal seguid de un paréntesis donde se expresa el rango de funcionamiento, si el valor no es el apropiado a la derecha se expresa el valor en color rojo, ver figura 42.

Figura 42

Lectura en el Tablero de la Maquina al Analizar el Inyector



1. Si detecta algún error el banco de inyectores realiza una acción de corrección y automáticamente vuelve a realizar la prueba hasta corregir el problema.

Capítulo IV

Análisis de Resultados

4.1. Análisis de la Utilidad del Software Techtool

Cuando se realizó el análisis del sistema de inyección de motor de la excavadora de orugas mediante el software Techtool, se estableció la lectura de un código de fallas; el mismo que fue generado de forma intencional para demostrar la utilización del software antes descrito se determinó la falla producida en el primer inyector, además se demostró la utilización del software que fácil de operar.

4.1.1. Análisis de los Valores Obtenidos

Para alcanzar el análisis de funcionamiento de los inyectores del motor de la excavadora de oruga es de suma importancia establecer que, este tipo de investigación se deberá esclarecer previamente la información y significado de posibles códigos que se pudieran presentar, los mismos que deberán estar relacionados al funcionamiento de los inyectores,

Esta consideración se la puede tener para establecer un tipo de análisis más apropiado con la utilización del osciloscopio automotriz; con esta información se puede alcanzar un panorama claro del estado de los inyectores del sistema de inyección common rail que posee la maquinaria pesada que es el objeto de análisis.

Para nuestro análisis el código que se generó es el PSID96-01, el mismo que representan falla en el cilindro 1, en la figura 43 se aprecia el código generado, al presentarse esta falla se generan inconvenientes en el funcionamiento del motor.

Si un cilindro falla y el motor es de cuatro cilindros se presenta fallas en cuanto a su estabilidad y vibraciones excesivas, un consumo elevado de combustible y además se presenta pérdida de potencia del motor.

Figura 43

Código Generado de por la Falla Provocada

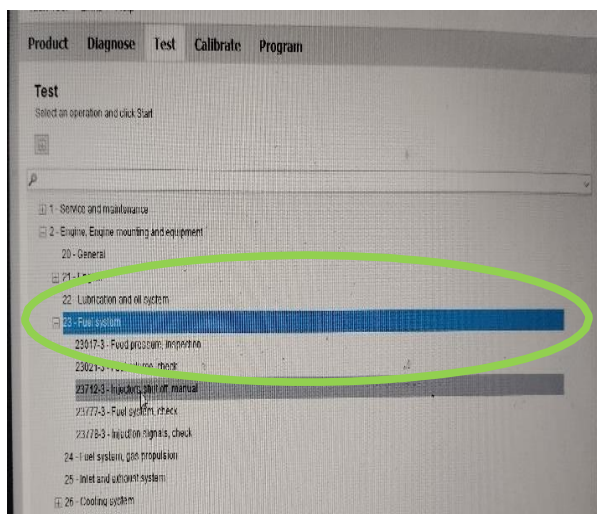


Esta falla hace referencia a un problema que se genera en la presión del riel por lo cual se ve afectado el primer cilindro, debido a esta situación se procede a realizar las acciones del caso para realizar el borrado del código y recuperar el normal funcionamiento del motor.

Seguido de esta acción regresamos al paso donde se realiza la prueba de inyección del sistema common rail como se muestra en la figura 44, se verificó que la falla generada en el corte de inyección ya no existe y se puede verificar la estabilidad del motor, es decir no existe las vibraciones y cascabeleo.

Figura 44

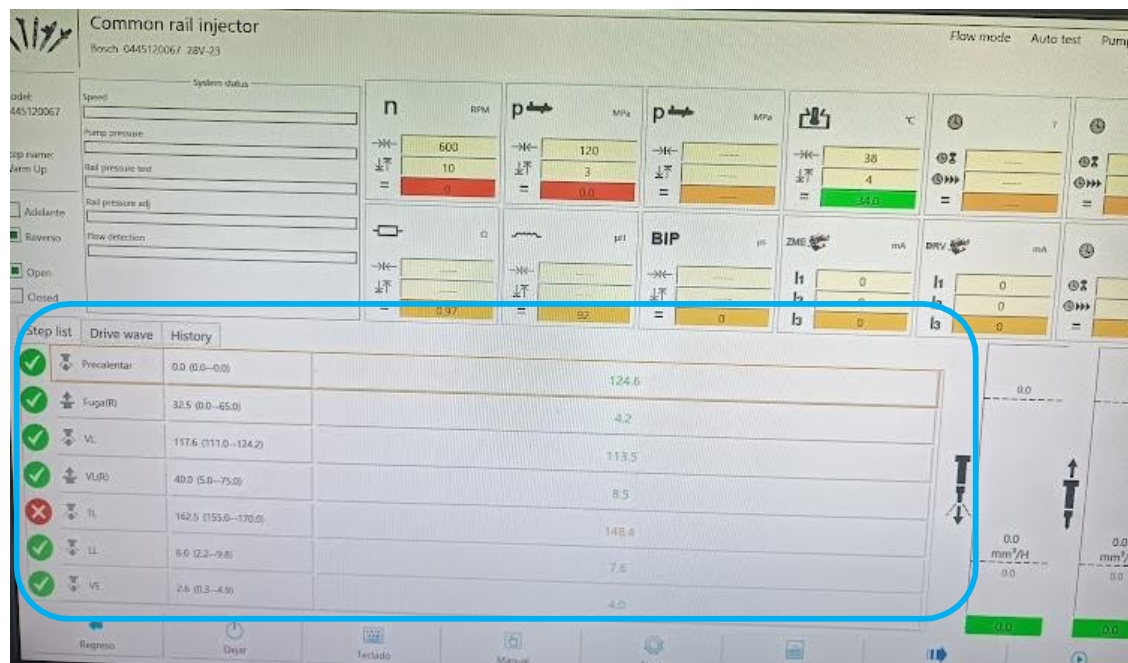
Análisis del Sistema de Inyección



Una vez finalizado esta ensayo se realizó el análisis de los inyectores en el banco de pruebas para inyectores diésel CR318PRO, que es de marca Bosch, aquí se pudo comprobar el funcionamiento de los inyectores donde se determinó que el elemento está trabajando dentro de los rangos establecidos como se muestra en la 45, por lo tanto es inyector está en condiciones de ser montado al sistema de inyección diésel common rail de motor correspondiente.

Figura 45

Lectura en el Tablero de la Maquina al Analizar el Inyector



Cuando se presenta un elevado consumo de combustible por lo general se empiezan a generar inconvenientes con relación a las emisiones contaminantes y provocan problemas ambientales, también se resalta genera un mayor gasto económico, esto si lo comparamos con un funcionamiento normal del motor.

El mal funcionamiento del inyector del sistema common rail puede darse por al siguientes causas:

- Combustible de baja calidad, muy común en nuestro medio.

- Baja presión de combustible.
- Taponamiento del inyector por presencia de impurezas.
- Alimentación de corriente.

Si los inyectores fallan suelen presentarse problemas en el funcionamiento del motor entre los más comunes tenemos los siguientes:

- Cascabeleo del motor sobre todo en ralentí.
- Inconvenientes al momento del encendido.
- Disminución de la potencia del motor.
- Fallas de forma repentina, al momento de subir cuestas o mantener el ralentí del motor.

Conclusiones

Se realizó el análisis de los inyectores electrónicos del sistema common rail que son parte del sistema de alimentación de combustible de la excavadora de orugas que está en la categoría de las maquinarias pesadas, dicho análisis se logró utilizando el software Techtool.

Logramos inducir al primer inyector electrónico hacia una falla que producía el corte de inyección, en ese momento generó un código de averías, el mismo que es PSID96-01, correspondiente al inyector número uno.

Por medio del uso de banco de inyectores electrónicos diésel del sistema common rail CR318PRO para analizar su estado de funcionamiento, y se logró que el inyector regresara a los parámetros originales.

Se logró realizar las acciones necesarias para lograr el funcionamiento del inyector electrónico de forma apropiada, esto luego de presentar la falla inducida y recuperado en el banco de pruebas.

Recomendaciones

Antes de proceder al análisis de los inyectores electrónicos del sistema common rail que son parte del sistema de alimentación de combustible de la excavadora de orugas, se debe estar seguro que, el equipo cuenta con la carga necesaria para realizar el trabajo completo y así evitar problemas en el análisis de los elementos electrónicos de gestión del motor.

Previo a realizar el análisis de los inyectores se debe tener pleno conocimiento la parte teórica con relación al funcionamiento del inyector y todo el sistema de alimentación electrónica de combustible.

Se debe tener el conocimiento apropiado de los posibles códigos que se puedan generar al momento de realizar el análisis de le sistema de alimentación de combustible en este caso se presentó el código PSID96-01, el mismo que hace referencia a problemas de presión en el riel de inyección y es referente al inyector número uno.

Para obtener de forma rápida y eficiente el análisis de los inyectores electrónicos de forma apropiada se debe seguir los pasos establecidos en la guía práctica realizada y poder manejar el equipo de análisis de forma efectiva.

Bibliografía

- aceromafe. (2023). <https://www.aceromafe.com/tipos-de-maquinaria-pesada/>
- actualidadmotor. (2023). <https://www.actualidadmotor.com/bomba-alta-presion-que-es/>
- autoavance. (2023). <https://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/93-composicion-del-sistema-common-rail/>
- autoytecnica. (2023). <https://autoytecnica.com/como-funciona-un-sistema-common-rail/>
- blogmecanicos. (2023). <https://www.blogmecanicos.com/2022/06/decantacion-de-agua-en-filtro-de.html>
- cam2. (2021). <https://www.cam2.com.pe/single-post/2019/12/16/sistema-de-alimentaci%C3%B3n-de-combustible-y-sus-partes>
- Cañada, M., & Royo, R. (2016). *Termografía Infrarroja. Nivel II*. Madrid: Fundación Confemetal.
- Coluccio, E. (16 de Julio de 2023). *Concepto*. <https://concepto.de/transferencia-de-calor/>
- donaldson. (2022). *donaldson*. donaldson: <https://www.donaldson.com/es-mx/engine/filters/products/fuel/replacement-filters/donaldson-filters/>
- dynapac.latinoamerica. (2023). https://dynapac.blog/latinoamerica/manual_compactador-pavimentacion-fresado/componentes-estructurales-de-una-pavimentadora-y-su-papel-en-la-eleccion-del-equipo-ideal/?lang=ar#:~:text=La%20funci%C3%B3n%20de%20una%20pavimentadora,necesita%20producir%20una%2
- Eduardo, P. (2018). *Sistemas Auxiliares del Motor*. Paraninfo.
- es.123rf. (2024). https://es.123rf.com/photo_78646174_elevador-de-tijera-con-ruedas-y-elevador-articulado-con-ruedas-con-pluma-telesc%C3%B3pica-y-canasta-sobre.html

Fernández, M., Guzmán, I., Vázquez, T., Michel, A., & Rojas, G. (2006). *Module 1: Meteorology and Climatology - Project: Training educators for the development of educational activities on climate change*. Cochabamba: Energética.

ferreyros. (2023). <https://www.ferreyros.com.pe/equipo/330d2-1-2017-tier-2-stage-ii-non-rops/>

Gómez, J. (2020). <https://ovacen.com/tipos-maquinaria-construccion-obras/>.

González, D. (2018). *Motores*.

Idoneo. (2023). <https://idoneo.es/motorpedia/deposito-combustible#>

Incropera, F., & DeWitt, D. (1999). *Fundamentos de transferencia de calor*. México: Prearson Prentice Hall.

interempresas. (2023). <https://www.interempresas.net/ObrasPublicas/Articulos/346172-Caterpillar-presenta-sus-nuevos-compactadores-vibratorios-de-suelos-de-un-solo-tambor.html>

komatsulatioamerica. (2024).

<https://www.komatsulatioamerica.com/colombia/maquinaria-pesada-definicion-y-tipos/>

machinio.es. (2022). *machinio.es*. machinio.es:

<https://www.machinio.es/anuncios/79673089-automatica-pequena-cr318pro-inyector-diesel-common-rail-banco-de-pruebas-inyector-diesel-maquina-de-calibracion-cr318pro-en-tai-an-china>

miflota. (2023).

<https://www.miflota.com/catalogo/retroexcavadoras/detalle/2164/retroexcavadoras-caterpillar-420-cuenca>

Motorpasión. (2019). *Motorpasión*. Motorpasión:

<https://www.motorpasion.com/revision/funcionamiento-motor-combustion-paso-a-paso-video>

ovacen. (2024). <https://ovacen.com/tipos-maquinaria-construccion-obras/>

Paucar, Á., & Sigüenza, A. (2016). *Termografía aplicada al diagnóstico de un motor Hyundai diésel 2.0 CRDI de combustión interna alternativo como técnica de mantenimiento predictivo de fallos, provocados por el sistema de alimentación de combustible*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.

Pérez. (2013). *Sistemas Auxiliares del Motor*. Paraninfo.

Pérez. (2018). Paraninfo.

Perfectprime. (2023). *Perfectprime*. Perfectprime: <https://perfectprime.com/>

Premium. (2023). *Premium*. Premium: https://es.123rf.com/photo_14932004_silver-dep%C3%B3sito-de-combustible-de-cami%C3%B3n-grande.html

premiumtechttool.com. (2023). *premiumtechttool.com*. premiumtechttool.com: <https://premiumtechttool.com/purchase/>

prodwaregroup. (2023). *prodwaregroup*. prodwaregroup: <https://blog.prodwaregroup.com/es/perfiles/niveles-mantenimiento-pasar-postura-reactiva-proactiva/>

rentingfinders. (2023). <https://rentingfinders.com/glosario/common-rail-conducto-comun/#:~:text=C%C3%B3mo%20funciona%20el%20common%2Drail,por%20la%20unidad%20de%20control>.

Rodríguez, J., & Virgós, J. (1999). *Fundamentos de óptica ondulatoria*. Oviedo: Servicio de publicaciones, Universidad de Oviedo.

ruta.ypf. (2021). <https://ruta.ypf.com/que-es-la-maquinaria-pesada-y-para-que-sirve.html#:~:text=La%20maquinaria%20pesada%20es%20el,transitar%20por%20las%20v%C3%ADas%20p%C3%ABlicas>.

sanyglobal. (2024).

https://www.sanyglobal.com/es/product/road_machinery/motor_grader/44/95/

SKF. (2020). *SKF*. SKF: <https://skf-la.com/conoce-los-fundamentos-de-la-termografia-infrarroja-y-mas-con-el-curso-de-skf/>

Sobrino, J. (2001). *Teledetección*. Valencia: Servicio de Publicaciones, Universidad de Valencia.

spain-mproduct. (2023). <https://spain-mproduct.global-ce.com/roller/volvo/rce.html>

Talleres, B. (2022). *Buscando Talleres*. Buscando Talleres:

<https://buscadordealleres.com/blog/diferentes-tipos-de-sistemas-de-refrigeracion/>

triton. (2022). <https://triton.com.pe/tipos-maquinaria-pesada/>

Vera, E. (2017). *Propuesta de diseño ergonómico en butacas de vehículos monoplaza, para equipos ecuatorianos participantes de la Formula Student*. Quito: UISEK.

