



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO  
AUTOMOTRIZ**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERO EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ**

**TEMA: ANÁLISIS TERMOGRÁFICO EN MOTORES DE ENCENDIDO POR  
COMPRESIÓN.**

**AUTOR: CADENA RAMÍREZ WILLIAM ALEJANDRO**

**DIRECTOR: ING. MAFLA YÉREZ CARLOS NOLASCO. MSC.**

**Ibarra 2022**

# CERTIFICADO

## ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

En mi calidad de Director del plan de trabajo de grado, previo a la obtención del título de Ingeniero en Mantenimiento Automotriz, nombrado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas.

### CERTIFICO:

Que una vez analizado el plan de grado cuyo título es “**Análisis termográfico en motores de encendido por compresión**” presentado por el señor: Cadena Ramírez William Alejandro con número de cedula 0401353107, doy fe que dicho trabajo tiene los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los señores integrantes del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 08 días del mes de febrero del 2022

Atentamente



Ing. Carlos Mafla Yépez Msc.  
DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN  
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	0401353107		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Cadena Ramírez William Alejandro		
DIRECCIÓN:	Calles marabú 1-69 Golondrinas, Alpachaca, Ibarra.		
EMAIL:	wncadenar@utn.edu.ec		
TELEFONO FIJO:		TELEFONO MÓVIL:	0990527202

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Análisis termográfico en motores de encendido por compresión
AUTOR:	Cadena Ramírez William Alejandro
FECHA:	08 de febrero del 2022
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERIA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ
ASESOR/DIRECTOR	ING. CARLOS NOLASCO MAFLA YEPEZ MSC.

**2. CONSTANCIAS**

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por partes de terceros.

Ibarra, a los 08 días de febrero del 2022.

EL AUTOR:

William Alejandro Cadena Ramírez

## **DEDICATORIA**

Dedico mi tesis principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme fuerzas para continuar en este proceso de obtener uno de mis deseos más anhelados.

Dedico esta tesis a mis padres con todo mi cariño, por su apoyo y sus valiosos consejos en todos estos años, en especial quiero dar gracias a mi esposa con todo el amor por haber luchado a mi lado y así haber logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy.

Me siento muy orgulloso y privilegiado por ser hijo, esposo y padre.

A todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos y su apoyo moral.

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición guía mi vida y la de toda mi familia, por ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Gracias a mis padres por darme la vida y brindarme sus consejos, valores y principios que me han inculcado. A mi esposa por ser el pilar fundamental en mi vida confiar y creer siempre en mis sueños y expectativas.

En especial quiero agradecer al Ing. Carlos Mafla Msc. tutor de mi proyecto de investigación por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de esta hermosa profesión, quien ha guiado con su paciencia y su rectitud como docente.

# ÍNDICE

1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Planteamiento del Problema .....	2
1.2.1 Formulación del problema. ....	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo General .....	3
1.3.2 Objetivos Específicos .....	3
1.4 Alcance .....	3
1.5 Justificación.....	4
1.5.1 Plan del Buen vivir .....	4
1.6 Marco teórico.....	5
1.6.1 El motor diésel .....	5
1.6.2 Características del motor diésel.....	5
1.6.3 Funcionamiento del motor diésel .....	6
1.6.4 Componentes de un motor diésel.....	6
1.6.5 Ciclos de funcionamiento.....	8
1.6.6 Rendimiento térmico.....	10
1.6.7 Inyector bomba.....	10
1.6.8 Sistema gestionado electrónicamente .....	12
1.6.9 Inyectores.....	13
1.6.10 Mantenimiento predictivo.....	15
1.6.11 Mantenimiento de tractores agrícolas.....	15
1.6.12 Mantenimiento de inyectores.....	16
1.6.13 Termografía.....	17
1.6.14 Transferencia de calor.....	19
1.6.15 Ley de radiación de Kirchoff .....	19
CAPÍTULO II.....	21
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
2.1 Materiales .....	21
2.1.1 Cámara Térmica IR0019 .....	21
2.1.2 Tractor Agrícola .....	22
2.2 Métodos. ....	23

2.2.1 Método experimental .....	23
2.2.2 Desarrollo del experimento.....	23
2.2.3 Identificación de la zona de análisis .....	24
2.2.4 Descripciones de variables. ....	24
2.2.5 Parámetros considerados en las variables del estudio.....	26
CAPÍTULO III .....	27
3. RESULTADOS .....	27
3.1 Desmontaje y montaje de inyectores. ....	27
3.2 Condiciones normales de trabajo según especificaciones del tractor. ....	29
3.3 Simulación de daño de apertura 1/4 de vuelta del tornillo de reglaje. ....	32
3.4 Simulación de daño de apertura variada del tornillo de reglaje .....	34
3.5 Simulación de daño con apertura 3/4 de vuelta del tornillo de reglaje. ....	36
CAPÍTULO IV .....	39
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	39
4.1 Conclusiones.....	39
4.2 Recomendaciones .....	42
5. BIBLIOGRAFÍA .....	43
6. ANEXOS .....	45

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Componentes de un motor diésel.....	6
Figura 2 Ciclo de admisión.....	8
Figura 3 Ciclo de compresión.....	8
Figura 4 Ciclo de combustión.....	9
Figura 5 Ciclo de escape.....	9
Figura 6 Inyector bomba.....	10
Figura 7 Inyector de múltiples orificios.....	14
Figura 8 Inyector con tobera de espiga.....	14
Figura 9 Mantenimiento de inyectores en el tractor Internacional 523.....	16
Figura 10 Demostración del cambio de colores según la temperatura.....	20
Figura 11 Espectro electromagnético.....	20
Figura 12 Cámara térmica IR0019.....	21
Figura 13 Motor de tractor Internacional 523.....	22
Figura 14 Múltiple de escape del tractor internacional 523.....	24
Figura 15 Toma de temperatura en el cilindro.....	25
Figura 16 Tacómetro de RPM instalado en el tractor.....	25
Figura 17 Calibración de inyectores.....	26
Figura 20 Inyector 1.....	29
Figura 18 Inyector 3.....	29
Figura 19 Inyector 2.....	29
Figura 21 Cilindro 3.....	30
Figura 22 Cilindro 2.....	30
Figura 23 Cilindro 1.....	30
Figura 24 Múltiple de escape.....	30
Figura 25 Inyector 3.....	32
Figura 26 Inyector 2.....	32
Figura 27 Inyector 1.....	32
Figura 28 Cilindro 3.....	32
Figura 29 Cilindro 2.....	32
Figura 30 Cilindro 1.....	32
Figura 31 Múltiple de escape.....	33
Figura 32 Inyector 3.....	34
Figura 33 Inyector 2.....	34
Figura 34 Inyector 1.....	34
Figura 35 Cilindro 3.....	34
Figura 36 Cilindro 2.....	34
Figura 37 Cilindro 1.....	34
Figura 38 Múltiple de escape.....	35
Figura 39 Inyector 3.....	36
Figura 41 Inyector 1.....	36
Figura 40 Inyector 2.....	36

Figura 42 Cilindro 3.....	36
Figura 43 Cilindro 2.....	36
Figura 44 Cilindro 1.....	36
Figura 45 Múltiple de escape.....	37

## ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1 Características de la Perfect Prime IR0019.....	21
Tabla 2 Características motor de tractor Internacional 523.....	22
Tabla 3 Datos de condiciones normales de trabajo según especificaciones del tractor.....	31
Tabla 4 Datos de la primera Simulación de daño en los inyectores.....	33
Tabla 5 Datos de la segunda simulación de daño en los inyectores.....	35
Tabla 6 Datos de la tercera simulación de daño en los inyectores.....	38
Tabla 7 Datos Comparativos de temperaturas promedias tomadas en las zonas de análisis.....	38
Tabla 8 Temperaturas normales de trabajo.....	39
Tabla 9 Porcentajes de variación de temperaturas en la primera simulación de daño.....	30
Tabla 10 Porcentajes de variación de temperaturas en la segunda simulación de daño.....	31
Tabla 11 Porcentajes de variación de temperaturas en la tercera simulación de daño. ....	32

## **RESUMEN.**

En la actualidad el parque automotor ha ido creciendo a una gran velocidad, este incremento se ha generado por la gran demanda de adquisición de vehículos para satisfacer las necesidades de las personas en cuanto se refiere al transporte o como una herramienta de trabajo, esta necesidad ha desencadenado una mayor demanda en servicios de técnicas de mantenimiento para la prevención y corrección de los daños que generan los vehículos.

Actualmente existen una gran cantidad de centros automotrices dedicados a brindar servicios técnicos en la prevención y reparación de los vehículos, todos estos centros se enfocan en brindar un servicio en mantenimiento correctivo, esto quiere decir cuando el vehículo presenta una falla y por ende este detiene su funcionamiento, es ahí cuando el técnico realiza un mantenimiento correctivo para reparar el daño que presenta cada vehículo. Con el pasar del tiempo se ha ido estableciendo al mantenimiento preventivo como una técnica importante que evita futuros daños del vehículo.

La aplicación de la tecnología infrarroja es un gran avance para los técnicos que ofertan servicios en reparación de todo tipo de mecanismo automotriz donde esté presente la fricción, la cámara térmica está enfocada en la detección de variantes de temperatura que se presentan en todos los mecanismos de fricción, con esta herramienta podremos detectar futuras averías existentes en los motores de los vehículos, con esta cámara térmica podremos detectar averías incipientes, estas se desarrollan lentamente pero de no ser solventado el problema de forma rápida y eficaz, pueden convertirse en una avería grave.

## **ABSTRACT**

At present, the automotive fleet has been growing at a great speed, this increase has been generated by the high demand for the acquisition of vehicles to satisfy people needs regarding transport or as a work tool, this need has triggered a bigger demand in maintenance techniques services for the prevention and correction of the damages generated by vehicles.

Currently, there is a big quantity of automotive centers dedicated to providing technical services in the prevention and repair of vehicles, all of these centers focus on providing a corrective maintenance service, this means that when the vehicle has a fault, it stops working, and that is the moment when the technician performs a corrective maintenance to repair the damage of the vehicle. As time goes by, preventive maintenance has been established as an important technique that prevents future damage to the vehicle, also avoiding loss of time and money.

The application of infrared technology is a great technological advance for the technicians who offer services in prevention and repair of all types of automotive mechanism, where friction is present, the thermal camera is focused on detecting temperature variations that are generated in all friction mechanisms, with this tool it will be possible to detect future existing faults in vehicle engines, with this thermal camera it will be possible to detect future incipient faults, these develop slowly but if the problem is not solved quickly and efficiently, they can become into a serious fault.

# MOTOR DIÉSEL

## 1.1 Antecedentes

El motor diésel de combustión térmica interna logra su encendido por la temperatura elevada producto de la compresión del aire en el interior del cilindro. Fue inventado y patentado por Rudolf Diésel en 1894. El motor diésel funciona mediante la ignición de la mezcla aire-diésel sin chispa. La temperatura que inicia la combustión procede de la elevación de la presión que se produce en el segundo tiempo motor, compresión. El combustible diésel se inyecta en la parte superior de la cámara de combustión a gran presión, de forma que se atomiza y se mezcla con el aire a alta temperatura y presión. Como resultado de este movimiento se genera una fricción entre metal y metal es un principio de funcionamiento del motor, fricción que se genera en los todos los motores de combustión interna producida principalmente entre los pistones y los cilindros, también en otros elementos, es ahí donde mi investigación hará énfasis en las concentraciones y variantes de temperatura que se generan en el funcionamiento del motor (Misena, 2008).

Las pérdidas de calor durante el ciclo completo del motor generan una distribución de energía dentro de la cámara de combustión. En general el calor se transporta hacia la culata, el pistón, la camisa y los puertos de escape transferencia de calor a la camisa es debida a la combinación de la transferencia de calor directa de la cámara de combustión, el transporte de energía a la camisa por los anillos del pistón y su falda, y la energía de fricción entre los anillos y el pistón y la camisa. Generalmente se asume que las pérdidas de fricción de estos componentes se transfieren completamente a la camisa. La elevada influencia de las temperaturas del refrigerante sobre las pérdidas de fricción y así, sobre el consumo de combustible llama la atención sobre el calentamiento del motor, ofreciendo un buen potencial para la reducción del consumo de combustible y las emisiones (Carlos Romero, 2007).

En los últimos años ha tecnología ha mostrado un desarrollo en detectores infrarrojos que operan a temperatura ambiente. Esto ha llevado a que existan cámaras infrarrojas más accesibles para uso industrial. En este trabajo se presenta el desarrollo de fuentes de radiación térmica infrarroja para la calibración de temperaturas a través de sensores calibrados que está en contacto con motores eléctricos. Adicionalmente, en el mismo

dispositivo se tiene una fuente de radiación térmica en forma de ensamble de anillos que crean gradientes de temperatura radiales que son útiles para caracterizar las cámaras termo gráficas cuya función es mostrar en forma gráfica los gradientes térmicos que se ven a través del detector (Promax Test, Measurement, 2019). La tecnología térmica infrarroja es una técnica muy eficaz en el momento de realizar un mantenimiento de las máquinas herramientas como en la industria, es por ello que esta investigación está enfocada en la aplicación de esta tecnología en el campo automotriz, ya que se ha obtenido excelentes resultados en sus aplicaciones.

## **1.2 Planteamiento del Problema**

En nuestro país existe una gran necesidad para satisfacer necesidades en el intercambio comercial, esto se vuelve indispensable para la búsqueda de recursos y progreso. Es aquí donde aparece la necesidad por encontrar medios de transporte para mejorar la distribución de productos masivos, por ende las técnicas en mantenimientos automotrices es clave para el transporte pesado. En la actualidad esto ha generado un crecimiento acelerado de vehículos de carga, este concepto nos indica que el mantenimiento de estos vehículos debe ser amplio y eficiente para cubrir las necesidades de los consumidores, en nuestra localidad existe un gran número de talleres mecánicos en donde brindan sus servicios de mantenimiento en la mayoría de casos se realizan mantenimientos correctivos (Cibei, 2015).

Los vehículos de carga pesada es un importante medio de transporte para impulsar la matriz productiva de nuestro país, por este motivo cuando un vehículo presenta fallas mecánicas, la producción se ve afectada debido a que los vehículos de los usuarios presentan algún daño que detiene el funcionamiento del vehículo por ende se ve afectada la producción en serie.

### **1.2.1 Formulación del problema.**

El escaso conocimiento en el análisis termográfico infrarrojo hace que nos limite el dar un diagnóstico más efectivo en el momento de monitorear las posibles fallas generadas en los motores diésel, es por esto que se hace necesario la aplicación de esta nueva herramienta termográfica y ampliar la técnica en el mantenimiento predictivo.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General**

Gestionar un mantenimiento predictivo mediante el análisis termográfico en motores diésel, realizando simulaciones de defectologías para obtener temperaturas en buen y mal estado y analizarlas.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Investigar sobre la termografía infrarroja en motores de encendido por compresión.
- Analizar las variantes de temperatura en los componentes del motor diésel.
- Caracterizar los parámetros de temperatura.
- Simular defectologías en el motor.
- Comparar los datos obtenidos
- Establecer un mantenimiento predictivo mediante la termografía

## **1.4 Alcance**

La aplicación de la cámara térmica se la realizará en los talleres automotrices de la Universidad Técnica del Norte, ya que se cuenta con una gran variedad de motores diésel de fácil acceso y cómoda manipulación, se realizará un diagnóstico a determinados motores para obtener datos e información para evaluar las condiciones de cada uno de los motores, así estableceremos un plan de mantenimiento predictivo. Con el uso de la cámara térmica realizaremos un monitoreo de los motores para obtener información relativa a la variación térmica, además realizaremos mediciones de compresión e inspecciones visuales para verificar el estado de los motores, con toda esta información actualizada y así podremos establecer un plan de mantenimiento predictivo.

## **1.5 Justificación**

### **1.5.1 Plan del Buen vivir**

“5.3. Promover la investigación, la formación, la capacitación, el desarrollo y la transferencia tecnológica, la innovación y el emprendimiento, en articulación con las necesidades sociales, para impulsar el cambio de la matriz productiva”. (Vivir, 2007)

La necesidad por encontrar nuevas técnicas para realizar un eficiente mantenimiento a los motores de combustión y así garantizar un correcto y seguro funcionamiento, nos ha llevado a la búsqueda de nuevas investigaciones con el fin de mejorar el área automotriz, en este contexto sobresale la termografía infrarroja que es una técnica que se ha utilizado con frecuencia, como una herramienta predictiva para el mantenimiento de motores.

El análisis termográfico nos lleva a un profundo estudio en donde identificar fallas frecuentes que se generan en los motores de combustión, debido a concentraciones de temperatura en determinados componentes del motor. Esta nueva tecnología sin duda nos ayudara a realizar un diagnóstico eficaz para así lograr establecer un correcto mantenimiento predictivo mediante esta cámara térmica de fácil manejo.

En el campo automotriz la aplicación de la cámara térmica optimizara tiempo, dinero y esfuerzo, este proceso puede proporcionar un trabajo más rápido y eficaz en operaciones de mantenimiento, por ende garantizar una conducción más segura y así generar una producción más eficiente.

## **1.6 Marco teórico**

### **1.6.1 El motor diésel**

El motor diésel fue inventado en 1894 por el ingeniero alemán Rudolf Diésel, este es una máquina de alto rendimiento térmico, con el uso de combustibles alternativos encontrando para su funcionamiento un combustible poco volátil. El motor diésel de combustión interna sirvió para reemplazar a los viejos motores de vapor que eran poco eficientes, muy pesados y costosos (Gumerjo, 2016). Durante años Diésel trabajó para poder utilizar otros combustibles diferentes a la gasolina, basados en principios de los motores de compresión sin ignición por chispa, este sistema consiste en aplicar en los motores Diésel el tipo de sistema de alimentación utilizado en los motores de gasolina con inyección multipunto (Pacheco, 2007, pág. 8).

La bomba en lugar de suministrar presión individualmente a cada inyector, lo hace a un conducto común donde se integran los inyectores. Este conducto hace de acumulador de presión, de forma que la presión se mantiene constante durante todo el proceso de inyección. Los inyectores ya no se abren por la presión del combustible, sino que su apertura está controlada por una electroválvula (Pacheco, 2007, pág. 56).

Esta técnica permite controlar adecuadamente la cantidad de combustible inyectado en los motores Diésel se incorporan usualmente sistemas electrónicos con el fin de controlar el proceso de inyección. Básicamente, estos sistemas controlan la apertura o cierre de la válvula de recirculación de los gases de escape, el tiempo de apertura de los inyectores, la presión de alimentación y el funcionamiento de los calentadores, de acuerdo al análisis de distintos parámetros de funcionamiento del motor (Pacheco, 2007, pág. 57).

### **1.6.2 Características del motor diésel.**

El rendimiento total del motor suele ser aproximadamente de 136 CV y llega a alcanzar 3.000 rpm. Lleva distribución por correa dentada, la culata suele ser de aluminio y el bloque de cilindros es de hierro fundido. Posee un cigüeñal de cinco apoyos y el carácter posee una capacidad de cinco litros. La alimentación, tal como indica su propio nombre, se efectúa por inyección indirecta a través del conducto común. Se trata de un motor sobrealimentado por un turbo de geometría variable, que además tiene intercambiador de calor (Finders, 2021).

### 1.6.3 Funcionamiento del motor diésel

La bomba de vacío se encarga de enviar el combustible desde el depósito hasta la bomba de inyección. La bomba de alta presión comprime el diésel hasta una presión aproximada de 2.000 bares, valores indicados por la unidad de control.

El diésel comprimido se deja en el raíl del inyector, que actúa como el acumulador de alta presión y se encarga de controlar la entrega de combustible a cada uno de los inyectores.

El diseño del riel de inyectores también incluye válvulas, reguladores que ayudan al controlador la presión que necesita para ejecutar cada uno de los actuadores necesarios, gracias a la medición de los distintos parámetros (Finders, 2021).

### 1.6.4 Componentes de un motor diésel.

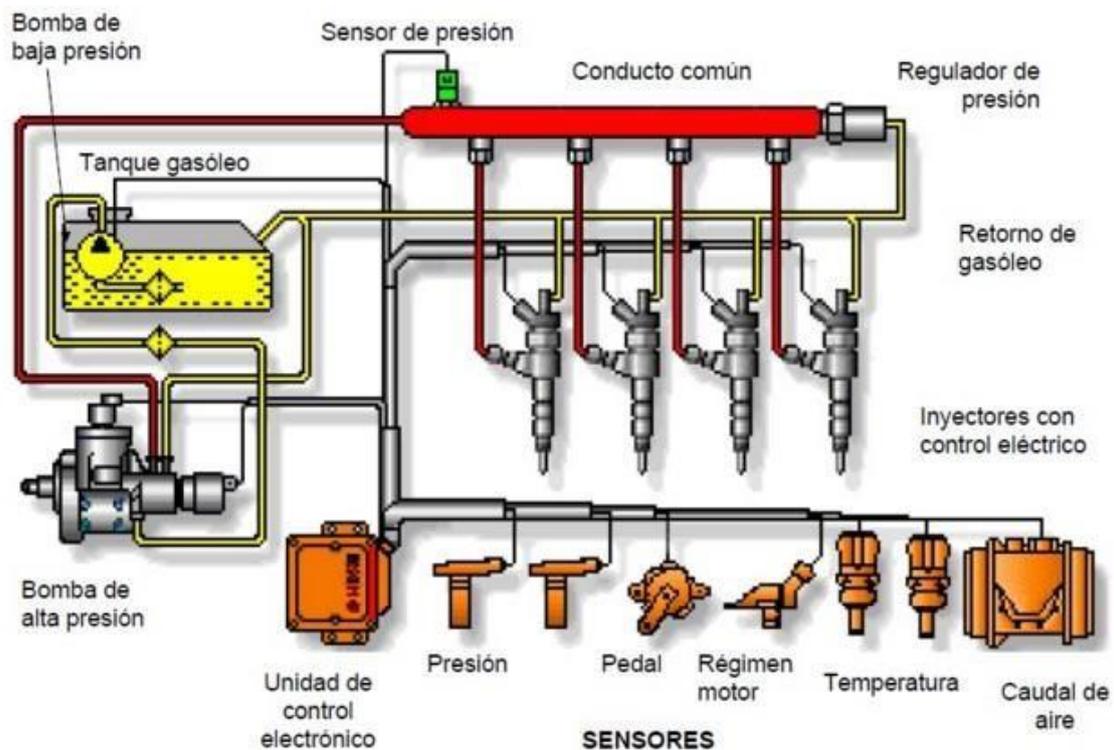


Figura 1 Componentes de un motor diésel

Fuente: (Menna, 2018).

**La parte de baja presión está constituido por:**

- Depósito de combustible
- Filtro (ubicado dentro del depósito de combustible).
- Bomba de baja presión.
- Filtro.
- Tuberías de baja presión.

**En la parte de alta presión está constituido por:**

- Bomba Rotativa de alta presión.
- Válvula reguladora de presión.
- Tuberías de alta presión.
- Riel acumulador de presión.
- Válvula limitadora de presión.
- Limitador de flujo.
- Bujías de precalentamiento.
- Inyectores.
- Tubería de retorno de combustible.
- Sensor de presión del rail.
- Sensor de presión del aire de admisión
- Sensor CKP
- Sensor de presión de la mariposa.
- Sensor de oxígeno.
- Sensor de detonación.
- Sensor de temperatura del motor.
- Sensor de flujo de aire.
- Sensor de temperatura del aire.

### 1.6.5 Ciclos de funcionamiento

**Admisión.**- durante la carrera de admisión, el pistón se mueve hacia abajo aspirando el aire por la abertura de una válvula de admisión además recibiendo aire a presión enviado desde el turbocompresor, este se introduce en el cilindro y la cámara de combustión. Algunos motores tienen más de una válvula de admisión y escape por cilindro (ITESM, 2021).

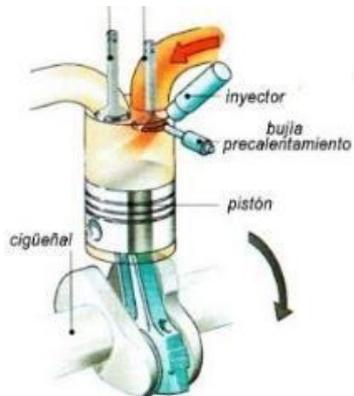


Figura 2 Ciclo de admisión

Fuente: (Lara, 2020, pág. 2)

**Compresión.**- durante la carrera de compresión, todas las válvulas están cerradas y el pistón se mueve hacia arriba en el cilindro comprimiendo el aire. A medida que se comprimen las moléculas de aire, aumenta la temperatura considerablemente. Cuando el pistón se acerca a la parte superior de su carrera, se inyecta combustible en la cámara de combustión, sobre la parte superior del pistón. Finalmente, el combustible se mezcla con el aire caliente comprimido, produciendo la combustión (ITESM, 2021).

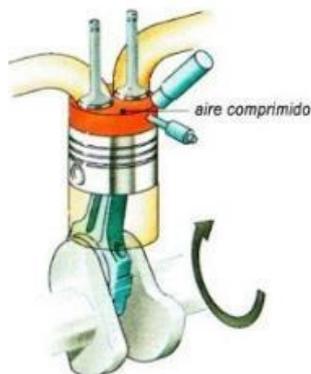


Figura 3 Ciclo de compresión

Fuente: (Lara, 2020, pág. 2).

**Combustión.**- durante la carrera de potencia, se cierran las válvulas a medida que la fuerza de la combustión empuja hacia abajo el pistón y la biela, lo que hace girar el cigüeñal. La energía térmica es convertida en energía mecánica (ITESM, 2021).

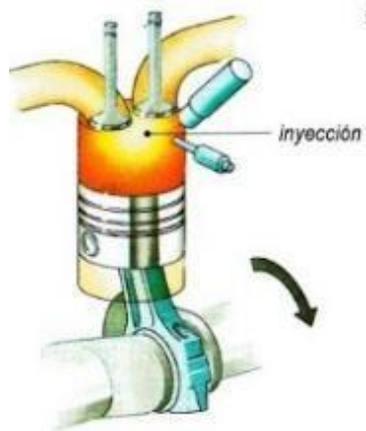


Figura 4 Ciclo de combustión

Fuente: (Lara, 2020, pág. 3).

**Escape.**- durante la carrera de escape, la fuerza de inercia creada por la rotación del volante ayuda a continuar la rotación del cigüeñal para empujar hacia arriba el pistón dentro del cilindro, forzando la salida de los gases quemados por las válvulas de escape abiertas. Esto completa las cuatro carreras del pistón, estas se repiten en forma cíclica mientras funcione el motor (ITESM, 2021).

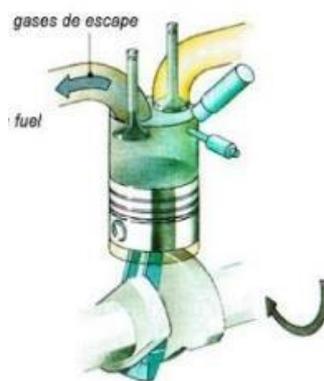


Figura 5 Ciclo de escape

Fuente: (Lara, 2020, pág. 3).

### 1.6.6 Rendimiento térmico

Para el estudio de los motores diésel es necesario conocer dimensiones y valores fundamentales:

- Punto Muerto Superior (P.M.S.): Posición del pistón más próximo a la culata.
- Punto Muerto Inferior (P.M.I.): Posición del pistón más alejada de la culata.
- Calibre: Diámetro interior del cilindro. Expresado generalmente en milímetros.
- Carrera: Distancia entre el P.M.S. y P.M.I., es igual, salvo raras excepciones, al doble del radio de la manivela del eje de cigüeñales.

El rendimiento térmico indica el calor procedente de la combustión que se transforma en trabajo; se puede expresar como una proporción (rendimiento térmico del 35%). El rendimiento térmico de los motores transforma la carga y el régimen, normalmente el máximo valor del rendimiento térmico está cerca del par máximo y casi a plena carga (Pacheco, 2007, pág. 11).

### 1.6.7 Inyector bomba

Este sistema se caracteriza por la incorporación de la bomba e inyector en un único elemento para generar altas presiones de inyección y conseguir una mayor eficiencia y rendimiento. Cada cilindro tiene su propio inyector en el interior del cabezote y actúa por medio del árbol de levas y los balancines (Aunarmci, 2010). No existen tuberías de alta presión. El combustible es aspirado por una bomba de baja presión arrastrada por el cigüeñal cuyo caudal es regulado por el pedal acelerador y por el regulador de revoluciones el diésel es enviado a una presión entre 20 y 30 bares hacia la rampa de alimentación de los inyectores bomba alojada en la culata.



Figura 6 Inyector bomba

Fuente: (Lara, 2020).

Cada inyector soporta un elemento de bombeo y una tobera el elemento de bombeo esta accionado por el eje de levas del motor, a través de balancines o desde una leva propia el elemento de bombeo tiene en su interior un pistón que se encarga con su movimiento alternativo de introducir a presión el diésel en el cilindro. En el extremo del inyector se dispone un cuerpo perforado o tobera por el cual sale el combustible pulverizado existen dos tipos de elementos de bombeo:

De pistón-aguja (tipo cummins). En este tipo el pistón es de una pieza con la aguja de la tobera y atraviesa de punta a punta el inyector en posición de reposo el pistón inicia su movimiento ascendente hacia a la fuerza del muelle situado en su parte superior y aspira combustible en la cámara anular situada en la parte baja del cuerpo de la tobera. Seguramente y en el punto de inyección del motor el eje de levas comienza a presionar el pistón aguja hacia abajo y el combustible alojado en la cámara anular se ve impelido por la punta de la aguja hacia el interior del cilindro el pistón aguja permanece asentado en la punta de la tobera hasta que inicia un nuevo ciclo de ascenso.

Pistón helicoidal tipo GM, muy parecido al de las bombas en línea el pistón es empujado por el eje de levas y balancines en el punto de inyección, de manera que inyecta el combustible aspirado dentro del cilindro a través de la tobera situado debajo suyo, La dosificación de combustible se logra girando el pistón por medio de una cremallera en este tipo la tobera es muy parecida a la de los inyectores separados de la bomba. Actualmente ya se gestiona la dosificación del combustible de manera electrónica lo cual asigna más presión en el proceso de inyección, permitiendo un control exacto de combustión y en consecuencia un mejor rendimiento y economía con menor emisión de gases.

En los sistemas electrónicos no hay varillajes externos pero si una electroválvula en cada inyector bomba que permite la alimentación y la inyección de combustible al cilindro correspondiente en el momento exacto el sistema tiene sensores en el motor y en el vehículo para aportar al calculador electrónico la información necesaria para determinar la cantidad y el tiempo de inyección (Ferrer G. C., 2003).

### **1.6.8 Sistema gestionado electrónicamente**

En los motores modernos ya es habitual prescindir de los varillajes mecánicos entre acelerador y bomba y gestionar todo el sistema de una manera mucho más eficaz por medio de una computadora que recoge datos y parámetros de funcionamiento y actúa por medio de electroimanes directamente sobre los controles de la bomba de inyección o del inyector-bomba sin intervención del conductor.

El sistema diésel electrónico controla el punto de inyección y las señales de mando de los inyectores electrónicos por medio de la ECM esta procesa la información que recibe a través de los diferentes captadores:

- Transmisor de posición del cigüeñal
- Referencia de sincronización
- Posición del pedal del acelerador
- Presión de sobrealimentación
- Temperatura del aire de admisión
- Temperatura del aceite de motor
- Presión de aceite de motor
- Temperatura de líquido refrigerante
- Nivel de líquido refrigerante
- Temperatura de combustible
- Tensión de la batería
- Retorno de la señal de los inyectores.

La ECM compara los datos entrantes y determina el caudal de combustible correcto y el momento de inyección para obtener la potencia óptima, una economía de combustible y bajas emisiones. La ECM puede indicar las averías del sistema y parar el motor completamente (dependiendo de la gravedad del daño), como por ejemplo presión baja de aceite, nivel bajo de refrigerante o temperatura de aceite elevado.

En los motores actuales traen incorporados un sistema de comunicación por medio de un “interface”. La situación de los componentes debe basarse en los códigos de diagnóstico que pueden obtenerse en la memoria del sistema.

Los fallos que quedan almacenados en la memoria de la ECM pueden leerse mediante un scanner o una computadora portátil, conectados desde el puerto especial hacia un el conector del scanner (Martínez, 2002).

### **1.6.9 Inyectores**

La misión de los inyectores es la de realizar la pulverización de la pequeña cantidad de combustible y de dirigir el chorro de tal modo que el combustible sea esparcido homogéneamente por toda la cámara de combustible.

Debemos distinguir entre inyector y porta inyector y dejar claro desde ahora que se aloja al primer; es decir, el inyector propiamente dicho está fijado al porta inyector y es este el que lo contiene además de los conductos y racores de llegada y retorno de combustible. Destaquemos que los inyectores son uno elementos muy solicitados, lapeados conjuntamente cuerpo y aguja (fabricados con ajustes muy precisos y echo expresamente el uno para el otro), que trabajan a presiones muy elevadas (de hasta 200 bares o más), con frecuencias de accionamiento de hasta 2000 aperturas por minutos y a unas temperaturas de entre 500 y 600 C (Veracruz, 2008).

#### **1.6.9.1 Principio de funcionamiento**

El combustible suministrado por la bomba de inyección llega a la parte superior del inyector y desciende por el canal practicado en la tobera o cuerpo del inyector hasta llegar a una pequeña cámara tórica situada en la base que cierra la aguja del inyector posicionado sobre un asiento cónico con la ayuda de un resorte, situado en la parte superior de la aguja, que mantiene el conjunto cerrado.

El combustible sometido a una presión muy superior a la del tarado del muelle, levanta la aguja y es inyectado en el interior de la cámara de combustión.

Cuando la presión del combustible desciende, por haberse producido el fin de la inyección de la bomba el resorte vuelve a su posición a la aguja sobre el asiento del inyector y cesa la inyección (Veracruz, 2008).

#### **1.6.9.2 Tipo de inyectores**

Existen gran variedad de inyectores, dependiendo estos del sistema de inyección y el tipo de cámara de combustión que utilice cada motor, aunque todos tienen similar principio de funcionamiento. Fundamental mente existen 2 tipos de inyectores.

- **Inyectores de orificios.-** Generalmente utilizados en motores en motores de inyección directa.

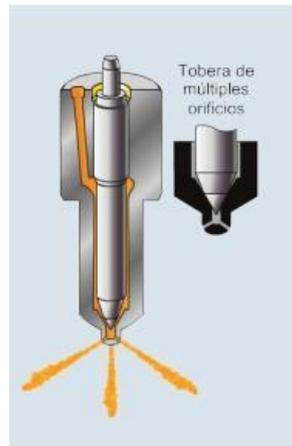


Figura 7 Inyector de múltiples orificios

Fuente: (Bosch, 2015).

- **Inyectores de espiga o de tetón.-** (Pueden ser cilíndricos o cónicos) Para motores de inyección indirecta. Dentro de este tipo existe una variante, que se denomina inyectores de estrangulación con los que se consigue una inyección inicial muy pequeña y muy pulverizada y que en su apertura total consigue efectos similares a los inyectores de tetón cónico.



Figura 8 Inyector con tobera de espiga

Fuente: (Bosch, 2015).

Como una de las variables de estudio, se considera dos niveles, cuando el inyector está en óptimo funcionamiento (retorno de combustible en proporción de 7 milímetros en 3 minutos), se considera nivel cero, y con el inyector con un funcionamiento deficiente nivel uno (retorno de combustible en proporción de 10 milímetros en 3 minutos), es decir con exceso de retorno de un 30%, (valores medidos en el banco de diagnóstico de inyectores a 730 rpm), el funcionamiento deficiente es incipiente que se comprueba al montar el inyector en el banco de diagnóstico y no es detectable con el escáner.

#### **1.6.10 Mantenimiento predictivo**

El mantenimiento predictivo consta de una serie de ensayos de carácter anticipado, orientados a realizar un seguimiento del funcionamiento de los equipos para detectar signos de advertencia que indiquen que alguna de sus partes no está trabajando de la manera correcta. A través de este tipo de mantenimiento, una vez detectadas las averías, se puede, de manera oportuna, programar las correspondientes reparaciones sin que se afecte el proceso de producción y prolongando con esto la vida útil de las máquinas (Denisse, 2016).

#### **1.6.11 Mantenimiento de tractores agrícolas.**

El mantenimiento del tractor agrícola es el conjunto de actividades que se realiza en el tractor con el fin de mantener e incrementar la vida útil de las piezas que lo conforman, obteniendo un buen funcionamiento de todos los sistemas, logrando así que la eficiencia y el rendimiento del tractor no disminuyan. Siendo maquinarias que están expuestas a grandes esfuerzos y trabajos a la intemperie es muy necesario realizar el mantenimiento preventivo adecuado, para poder efectuar un correcto mantenimiento, es esencial que la operación del tractor sea la adecuada, realizar el mantenimiento programado a tiempo y proteger el tractor de las condiciones del medio ambiente a las que está expuesto. Para la realización correcta de sistema de mantenimiento es necesario basarse en tres elementos fundamentales como son: El manual del operador el manual de servicio y el manual de partes de un tractor, el tractor al ser una máquina de trabajo necesita que se realice mantenimiento por horas dependiendo las horas de trabajo. Para llevar a cabo un excelente mantenimiento, además de las horas hay que tomar en cuenta la dimensión del terreno de trabajo, consumo de combustible diario, estos aspectos llevan a obtener un excelente trabajo en el tractor (Estévez Hinojosa, Jefferson Paúl, 2016).

### 1.6.12 Mantenimiento de inyectores.

Los inyectores de los sistemas de inyección están muy protegidos. Hay filtros en el punto de succión en el tanque del diésel, a continuación está instalado otro filtro de mayor dimensión y nuevamente en la entrada del inyector, por lo que no es frecuente que se tapen. Suele suceder que por falta de un mantenimiento predictivo no se realice los cambios frecuentes de los filtros del combustible es ahí cuando las impurezas comienzan a ingresar en el sistema de alimentación y por ende el flujo es desigual, por lo cual el motor pierde potencia o falla. Cuando se daña el mecanismo eléctrico, el inyector se puede bloquear abierto e inunda el motor (con peligro de un golpe hidráulico) o simplemente no aporta combustible (Ferrer Álvaro, 2015).

Figura 9 Mantenimiento de inyectores en el tractor Internacional 523



Este daño puede ser en el propio inyector, en los comandos del computador o en la línea de señal eléctrica. Lo recomendable es bajarlos y limpiarlos con ultrasonido, si no advierte problemas que son asimilables del inyector. Los líquidos limpiadores en línea no son recomendables porque, de alguna u otra fórmula, contienen detergentes que van finalmente a los cilindros y diluyen el aceite. O simplemente trasladan las impurezas del sitio. No los cambie sin antes pasar por la máquina especial para probarlos, ya que muchos mecánicos optan por pedir nuevos y son muy caros, cuando pueden estar buenos o reparables (Ferrer Álvaro, 2015).

### **1.6.13 Termografía**

La Termografía es una técnica que estudia el comportamiento de la temperatura de las máquinas con el fin de determinar si se encuentran funcionando de manera correcta. La energía que las máquinas emiten desde su superficie viaja en forma de ondas electromagnéticas a la velocidad de la luz; esta energía es directamente proporcional a su temperatura, lo cual implica que a mayor calor, mayor cantidad de energía emitida. Debido a que estas ondas poseen una longitud superior a la que puede captar el ojo humano, es necesario utilizar un instrumento que transforme esta energía en un espectro visible, para poder observar y analizar la distribución de esta energía. Gracias a las imágenes térmicas que proporcionan las cámaras termográfica, se pueden analizar los cambios de temperatura. Un incremento de esta variable, por lo general representa un problema de tipo electromecánico en algún componente del motor, se puede aplicar conocimientos de transferencia de calor para obtener resultados (Ricardo Huamán, 2013).

#### **1.6.13.1 Términos y definiciones de la termografía**

Termografía: proviene del latín “termo” de Temperatura y “grafos” de Foto, resumiéndose como Foto Térmica; por lo cual podemos decir que termografía es el método para la captura de una foto térmica. Este método de inspección es de no contacto y no destructivo, generalmente empleado para el diagnóstico de sistemas o procesos productivos; con él podemos obtener la distribución térmica sobre todos los componentes sistema y determinar la temperatura presente en cada punto de la superficie en forma instantánea y representada como una foto.

- Cámara de infrarrojos: instrumento que recoge la energía radiante infrarroja de una superficie objetivo y produce una imagen, donde los tonos de gris o tonos de color están relacionados con la distribución de la temperatura de la superficie.
- Cuerpo negro: emisor perfecto ideal y absorbente de la radiación térmica a todas las longitudes de onda.
- Distancia de seguridad: Es la mínima distancia entre una línea energizada y una zona donde se garantiza que no habrá un accidente por acercamiento.

- Emisividad:  $\epsilon$  Relación de la luminosidad de una superficie objetivo a la de un cuerpo negro a la misma temperatura.
- Isoterma: Intervalo de temperaturas aparentemente iguales.
- Infrarrojo IR: Parte del continuo electromagnético que se extiende desde la longitud de onda visible de color rojo, es de 0,75  $\mu\text{m}$ , a 1 000  $\mu\text{m}$ . Debido a las consideraciones de diseño de instrumentos y las características de transmisión de infrarrojos de la atmósfera, la mayoría de las mediciones infrarrojas se hacen entre 0,75 $\mu\text{m}$  y 15  $\mu\text{m}$  longitudes de onda.
- Termografía infrarroja IRT: Adquisición y análisis de la información térmica a partir de equipos de imagen térmica sin ningún contacto.
- Medios atenuantes: Ventanas, filtros, atmósferas, ópticas externas, materiales u otros medios que atenúan la radiación infrarroja emitida desde una fuente.
- Radiación térmica: Modo de flujo de calor que se produce por la emisión y la absorción de la radiación electromagnética. A diferencia de flujo de calor por conducción y convección, es capaz de propagar a través del vacío. La energía infrarroja viaja desde el objetivo hasta el detector por la radiación.
- Reflectividad  $\rho$ : La relación del total de la energía reflejada desde una superficie a la energía total es incidente en esa superficie. Técnicamente, la Reflectividad es la relación de la intensidad de la radiación reflejada de la radiación total; reflectancia es la relación entre el flujo reflejado al flujo incidente.
- Sobretensión: Tensión anormal existente entre dos puntos de una instalación eléctrica, superior a la tensión máxima de operación normal de un dispositivo, equipo o sistema.

- Temperatura aparente: Lectura no compensada de una cámara de termografía infrarroja que contiene toda la radiación incidente sobre el detector, independientemente de su fuente.
- Temperatura aparente reflejada: Temperatura aparente de otros objetos que se refleja en el objetivo en la cámara termografía infrarroja.
- Termograma: Mapa térmico o la imagen de un objetivo, donde los tonos grises o tonos de color representan la distribución de la energía radiante en infrarrojo térmico sobre la superficie del objetivo.
- Transmisividad  $\tau$ : Proporción de la energía radiante infrarroja que incide sobre una superficie del objeto, para cualquier intervalo espectral dado, que se transmite a través del objeto (ISO, 2008).

#### **1.6.14 Transferencia de calor**

Es un proceso por el que se intercambia energía en forma de calor entre distintos cuerpos, o entre diferentes partes de un mismo cuerpo que están a distinta temperatura. La transferencia de calor siempre ocurre desde un cuerpo más caliente a uno más frío, como resultado de la Segunda Ley de la Termodinámica. La transferencia de calor ocurre hasta que los cuerpos y su entorno alcancen el equilibrio térmico.

El calor se transfiere mediante convección, radiación o conducción. Aunque estos tres procesos pueden ocurrir al mismo tiempo, puede suceder que uno de los mecanismos predomine sobre los otros dos (Peña, 2021).

#### **1.6.15 Ley de radiación de Kirchhoff**

Los cuerpos que contengan una temperatura por encima del cero absoluto emiten calor radiante, esta radiación recibida (absorbida) y la repelida (emitida) por un cuerpo real está en equilibrio térmico, en otro concepto, un cuerpo siempre emite exactamente la misma cantidad de calor que la que recibe, a partir de esta teoría se deduce lo siguiente:

### 1.6.15.1 La ley de Wien

Esta ley nos indica cómo cambia el color de la radiación cuando la temperatura se modifica de la fuente emisora y ayuda a comprender como varían los colores ficticios de los cuerpos negros (Testo, 2015).

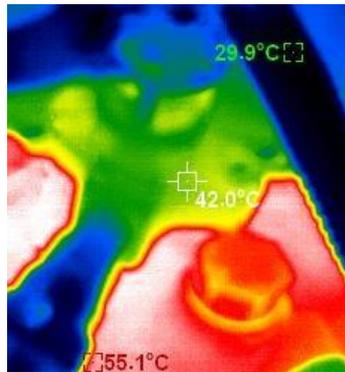


Figura 10 Demostración del cambio de colores según la temperatura

- Los objetos con mayor temperatura emiten la mayoría de su radiación en longitudes de ondas más cortas, por lo tanto, parecerán ser más rojas.
- Los objetos con menor temperatura emiten la mayoría de su radiación en longitudes de ondas más largas: por ende parecerán más azules.

### 1.6.15.2 Espectro electromagnético

La distribución energética del conjunto de las ondas electromagnéticas de un objeto se denomina espectro electromagnético o simplemente espectro a la radiación electromagnética que emite (espectro de emisión) o absorbe (espectro de absorción) una sustancia (Paucar Urdialez, 2016).

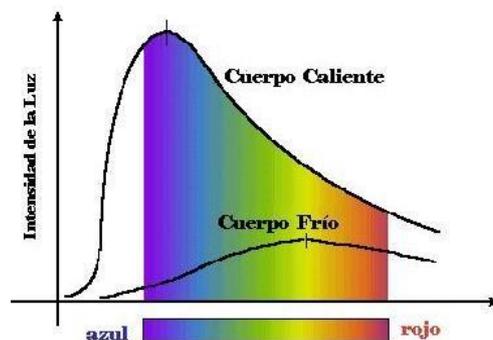


Figura 11 Espectro electromagnético

Fuente: (Paucar Urdialez, 2016).

## CAPÍTULO II

### 2. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 2.1 Materiales

##### 2.1.1 Cámara Térmica IR0019

La cámara térmica suministra imágenes térmicas que permiten visualizar cómo transmite calor un objeto, registrando la temperatura de cada píxel de la imagen por medio de un lente óptico, este detector envía los datos a un sensor electrónico para procesar la imagen mediante un tono de color. Normalmente las imágenes térmicas muestran las temperaturas más frías de color azul, violeta o verde, mientras que las temperaturas más cálidas se les pueden asignar de color rojo, naranja o amarillo.

Figura 12 Cámara térmica IR0019



Fuente: (Prime, 2016).

**Tabla 1 Características de la Perfect Prime IR0019**

Resolución	Alta resolución 76,800 píxeles.
Pantalla	TFT a color de 8,2".
Precisión	+/- 2,5 % o +/- 2,5 °C.
Emisividad	ajustable de 0,1 a 1,0
Memoria	Tarjeta SD 4 GB
Conectividad	Cable USB en formato JPG.
Peso	318 gramos

(Prime, 2016).

## 2.1.2 Tractor Agrícola



Figura 13 Motor de tractor Internacional 523

**Tabla 2 Características motor de tractor Internacional 523**

Tractor marca Internacional 523 Harvester, Neuss, Alemania	
Potencia y torque	38.17KW [51.2 HP]
Motor	3 cilindros de 2.9L
Sistema de alimentación	bomba rotativa
Orden de encendido	1-2-3
Flujo de la bomba	7.5 gpm [28,4 lpm]
Refrigeración	Líquido 2,9L
Diámetro / Carrera	98 x 129 mm.
Cambios	8 adelante y 4 atrás
Revolución máxima	2100 rpm

(Tractorid, 2014).

## **2.2 Métodos.**

### **2.2.1 Método experimental**

En la investigación de enfoque experimental el investigador manipula una o más variables de estudio, para controlar el aumento o disminución de esas variables y su efecto en las conductas observadas. Dicho de otra forma, un experimento consiste en hacer un cambio en el valor de una variable (variable independiente) y observar su efecto en otra variable (variable dependiente). Esto se lleva a cabo en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento particular (Murillo, 2018).

En la investigación se basa en obtener la información en variantes de temperaturas en puntos de análisis específicos que determinan las averías relacionadas en el sistema de alimentación aire-combustible.

En la investigación se plantea conocer las condiciones de funcionamiento del motor basándonos en las temperatura, ya que se presentan modificaciones en el sistema de alimentación, (averías incipientes), el objetivo es medir una serie de factores que modifican el trabajo del motor, estableciendo así un análisis que defina la incidencia de cada uno de ellas o la combinación de las mismas. Para la toma de datos se plantea un conjunto de pruebas que se analizan estadísticamente, para obtener una función de comportamiento de la temperatura en las variantes modificadas.

### **2.2.2 Desarrollo del experimento**

Los motores diésel de combustión interna, en un foco de detección de averías incipientes como es el sistema de alimentación, considerando que este no es detectable sino hasta que se convierta en críticas, por esta razón la técnica de la termografía plantea un análisis termográfico en el sistema de alimentación y escape, debido a que las anomalías se presentan en el proceso de combustión no son detectables si son de carácter incipiente, considerando que en el funcionamiento del motor diésel, se producen transformaciones energéticas que pueden ser cuantitativas, con esta investigación se analizara las variantes de la temperatura.

### 2.2.3 Identificación de la zona de análisis

Para realizar el monitoreo y análisis del estudio termográfico consideraremos al motor de un tractor agrícola internacional 523, ya que tiene una amplia accesibilidad de trabajo para la aplicación de la termografía infrarroja, se tomara como objeto específico el sistema de alimentación y escape de este motor ya que de estos sistemas se derivan los procesos de combustión del motor, incidiendo para el correcto funcionamiento de los demás componentes y sistemas que conforman dicho motor.

### 2.2.4 Descripciones de variables.

Son las variables que se investigan en el experimento, respecto al impacto de la variable de la temperatura de los gases de escape producidos en la combustión, los factores estudiados pueden ser en mal estado o buen estado. Como variables de estudio se tiene:

- En el sistema de escape se fijan el múltiple de escape y el turbo compresor, fabricados en hierro fundido con estructura perlática, como sección de análisis, se los considera que trabajan con elevadas temperaturas, y no son afectadas térmicamente por secciones cercanas, que influyen en resultados, además tienen una respuesta térmica alta, misma que indica las variantes de temperatura.

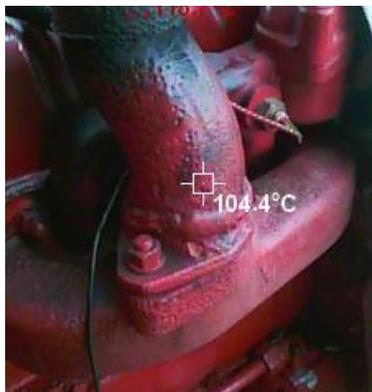


Figura 14 Múltiple de escape del tractor internacional 523

- Cilindro.- El bloque tiene la función de contener los cilindros en donde se desplazan los pistones sujetadas a las bielas estos dos fijándose al cigüeñal, El cilindro puede estar mecanizado en el mismo bloque o puede añadirse una pieza extraíble llamada camisa. Su superficie interna está en permanente fricción sometándose a altas presiones y por ende a elevadas temperatura por eso se

incorporan orificios de refrigeración y lubricación. Las características de un cilindro son: resistencia al desgaste, resistencia superficial, bajo coeficiente de rozamiento y conductibilidad térmica.



Figura 15 Toma de temperatura en el cilindro

- Régimen de giro.- No constituye una avería del sistema de alimentación, sin embargo se toma en cuenta como variable de estudio por las variaciones que este genera sobre la temperatura de los gases de escape. Además de las averías incipientes tomadas en consideración van a generar distintos valores de las temperaturas de los procesos de combustión en función de las RPM.



Figura 16 Tacómetro de RPM instalado en el tractor

- Inyector.- Considerando como avería incipiente de inyección del combustible debido a las modificaciones que se generan en el momento de la combustión por un mal funcionamiento en las toberas del inyector, averías que se generan por el uso, generado una variación en el retorno del combustible, teniendo en cuenta una óptima dosificación evitando un excesivo retorno de combustible.



Figura 17 Calibración de inyectores

### **2.2.5 Parámetros considerados en las variables del estudio**

Las variables analizan estados el estado de un componente en forma puntual (ejemplo bueno o malo) para este análisis hay que tener en cuenta la presencia de factores categóricos, como es el caso del inyector en el que solo se analiza dos estados bueno o con falla, además los cilindro elemento donde se concentra una gran cantidad de temperatura siendo factores continuos como en el caso del régimen de giro.

Finalmente nos enfocaremos en el múltiple de escape ya que este componente es el mayor concentrador de temperatura debido que por ahí se evacuan todos los gases quemados producidos dentro del cilindro que se generan en el tiempo de combustión.

## CAPÍTULO III

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Desmontaje y montaje de inyectores.

Para la simulación de daños se deberá tener en cuenta los siguientes puntos:

1. Antes de aflojar cualquier conexión del sistema de combustible compruebe que esté libre de grasa y suciedad, para evitar la posible contaminación de las tuberías de combustible. Se puede utilizar aire comprimido para eliminar la suciedad de los racores pero nunca después de haber abierto cualquier parte del sistema de combustible.
2. Afloje los racores de conexión de la tubería de combustible al inyector y a la bomba de inyección. Si las tuberías de combustible se mantienen unidas por medio de una o varias abrazaderas, retire éstas.
3. Desacople las conexiones de retorno del inyector, teniendo la precaución de recoger las arandelas de cobre si los racores son del tipo orientable.
4. En los inyectores de sujeción por mordaza o brida con más de una tuerca o tornillo de fijación, afloje estos elementos graduales y uniformemente para no deformar el inyector y después retire las tuercas o tornillos y la mordaza. Si el inyector está muy apretado en la tapa tendrá que utilizar un extractor adecuado.
5. En casi todos los inyectores, la estanqueidad entre éstos y la tapa se consigue por medio de una arandela de cobre. Esta arandela cierra la parte superior del inyector y en algunos casos éste asienta sobre una arandela ondulada o cóncava situada en la parte inferior del alojamiento para el inyector, la cual actúa como aislante térmico. Estas arandelas deberán renovarse cada vez que se desmonte el inyector. Suelen ir encajadas con apriete en el alojamiento del inyector y a menudo hay que utilizar un alambre doblado para extraerlas. Algunos inyectores van montados con un casquillo aislante además de la arandela de estanqueidad y a veces este casquillo sustituye a la arandela cóncava u ondulada. Si el citado casquillo es de tipo desmontable deberá renovarse también cada vez que se desmonte el inyector.

6. Tapone el extremo de todas las tuberías de combustible desconectadas para evitar que entre suciedad. La presencia de suciedad en el sistema de combustible puede provocar graves averías en las delicadas superficies internas de la bomba de inyección y los inyectores, mecanizadas con gran precisión.
7. Es indispensable limpiar meticulosamente los alojamientos de los inyectores antes de volver a montar éstos.
8. Cualquier partícula de suciedad que quede en el alojamiento puede ocasionar fugas de compresión, lo mismo que si se vuelven a utilizar arandelas de estanqueidad vieja, ya aplastada, y tales fugas pueden originar fuertes erosiones en el inyector debido a las altas temperaturas de los gases de la fuga. Además los depósitos de carbonilla formados entre el cuerpo del inyector y las paredes de la tapa debido a la fuga pueden hacer que el inyector se agarrote en el alojamiento. Si los inyectores son de montaje a rosca y tienen prescrito un determinado par de apriete, respete éste al volver a montarlos. Utilice una llave de inyectores o una llave de vaso de suficiente profundidad para poder utilizar una llave dinamométrica (Pacheco, 2007, pág. 64).

Una vez terminado, procedimos a limpiar todas las piezas limpiando a fondo los inyectores con disolvente y la superficie del asiento y el cono de la aguja, secamos con un paño que no desprenda hilachas. Para comprobar si la tobera y el cono de la aguja están perfectamente limpios puede introducirse la aguja en la tobera y escuchar el sonido que produce la primera al dejarla caer contra el asiento de la segunda; deberá ser un claro casquillo metálico. Si no es así, será necesario limpiar mejor ambas piezas.

NOTA: Si se observa que el inyector presenta una tonalidad azulada por haberse sobrecalentado o si el asiento presenta un aspecto mate en vez de brillante, no intentar esmerilar ambas superficies de contacto para adaptarlas; en lugar de ello cambiar la tobera y la aguja (sí se dispone de estas piezas) o el inyector completo. Antes de armar el inyector, sumergir la tobera y la aguja en gasoil limpio para que la aguja se deslice con facilidad en su guía (Pacheco, 2007, pág. 66).

### 3.2 Condiciones normales de trabajo según especificaciones del tractor.

Como referencia inicial se ha tomado las medidas de temperatura correspondientes al óptimo funcionamiento del motor, después de estar encendido un tiempo considerable para que este alcance su temperatura de trabajo se ha optado por medir en 3 puntos específicos, el bloque motor, los inyectores y a la salida del múltiple de escape, para la simulación de fallas se estableció un régimen de giro de 700 rpm.

Al simular las fallas en el suministro de combustible también alteramos la combustión dentro de cada cilindro del motor por ese motivo esperamos variación de temperatura dentro de los 3 puntos antes mencionados para su medición, como en este caso inicial no se ha simulado ninguna falla tomaremos como referencia estas mediciones en una comparativa con los resultados obtenidos al simular fallas.

Figura 20 Inyector 1 Figura 19 Inyector 2 Figura 18 Inyector 3



Temp: 51.0°C



Temp: 52.6°C



Temp: 50.9°C

Al trabajar en condiciones de correcto funcionamiento los inyectores entregan valores de temperatura de 51, 52,6 y 50.9 °C para los cilindros 1, 2 y 3 respectivamente, es decir la temperatura media de trabajo de los inyectores en condiciones normales de funcionamiento y a ralentí es de 51.5 °C.



Figura 23 Cilindro 1  
Temp: 50.8°C



Figura 22 Cilindro 2  
Temp: 50.4°C

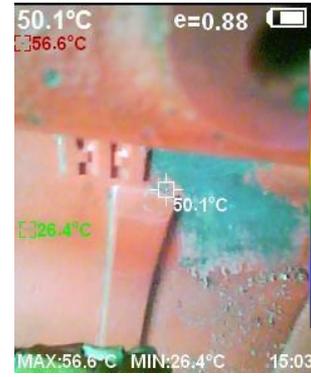


Figura 21 Cilindro 3  
Temp: 50.1°C

La segunda medición realizada en este estado del motor se da directamente al bloque motor, a la altura del PMS de cada cilindro, de igual forma que los inyectores tenemos temperaturas cercanas a los 50°C, siendo 50.8 °C el valor tomado en el cilindro número 1, 50.4 °C para el cilindro número 2 y 50.1°C perteneciente al cilindro número 3. La temperatura media de trabajo de los cilindros medida aquí es de 50.43°C.

Figura 24 Múltiple de escape



Temp: 104°C

Dentro del colector de escape se ha optado únicamente por tomar un solo valor, inicialmente se midió la temperatura a la salida de cada cilindro, pero no se encontró diferencias notorias, esto puede deberse a que es una pieza corta donde se distribuye la misma temperatura por toda su extensión, como valor nominal captado es 104.4°C.

**Tabla 3 Datos de condiciones normales de trabajo según especificaciones del tractor.**

Tornillo de reglaje con un ajuste normal				Temperatura media
Temperatura inyectores	Inyector 1 51.0°C	Inyector 2 52.6°C	Inyector 3 50.9°C	51.5°C
Temperatura Cilindros	Cilindro 1 50.8°C	Cilindro 2 50.4°C	Cilindro 3 50.1°C	50.4°C
Temperatura del múltiple de escape	Temperatura tomada en el múltiple de escape 104°C			

### 3.3 Simulación de daño de apertura 1/4 de vuelta del tornillo de reglaje.

La primera falla se realizó de tal forma que no presente un cambio notorio dentro de la combustión de cada cilindro, ya sea en su sonido o marcha de giro.



Figura 27 Inyector 1  
Temp: 49.9°C



Figura 26 Inyector 2  
Temp: 48.3°C



Figura 25 Inyector 3  
Temp: 46.2°C

En la primera medición captada notamos una disminución de temperatura dentro de los inyectores, de una temperatura media de 51.5°C ahora ha bajado a 48.13 °C. Para el cilindro 1 la temperatura ahora es de 49,9°C, para el cilindro 2 tenemos 48.3 °C y en el cilindro 3 46.2 °C.

Al bajar la presión de apertura del inyector se reduce la presión interna de este al trabajar por lo que se justifica la reducción leve de temperatura, esto posteriormente se debe corroborar con las demás pruebas.



Figura 30 Cilindro 1  
Temp: 53.5°C

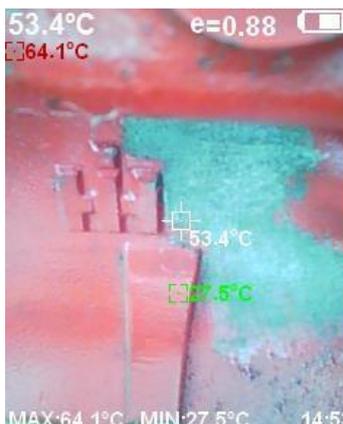


Figura 29 Cilindro 2  
Temp: 53.4°C



Figura 28 Cilindro 3  
Temp: 53.7°C

La temperatura de los cilindros ha aumentado referente al estado normal de funcionamiento, pero se mantiene dentro de rango medio de 53.5 °C, al ser una falla que simula combustiones irregulares entre los 3 cilindros se obtiene los siguientes valores: 53.5 °C para el cilindro 1, 53.4°C para el cilindro 2 y 53.7°C para el cilindro 3.



Figura 31 Múltiple de escape  
Temp: 107.2°C

La lectura tomada del colector de escape ha subido de igual forma, los gases de escape salen más calientes con la simulación de la falla número 1, ahora se mide aquí una temperatura de 107.2 °C.

**Tabla 4 Datos de la primera Simulación de daño en los inyectores**

Tornillo de reglaje con 1/4 de vuelta				Temperatura media
Temperatura inyectores	Inyector 1 49.9°C	Inyector 2 48.3°C	Inyector 3 46.2°C	48.1°C
Temperatura Cilindros	Cilindro 1 53.5°C	Cilindro 2 53.4°C	Cilindro 3 53.7°C	53.5°C
Temperatura del múltiple de escape	Temperatura tomada en el múltiple de escape 107.2°C			

### 3.4 Simulación de daño de apertura variada del tornillo de reglaje

La segunda falla es un poco más real que la anterior, el reglaje del inyector se ha variado desproporcionadamente por lo que se espera una irregular dosificación de combustible, esto nos dará directamente un aumento de temperatura indistintamente para cada cilindro.

Figura 32 Inyector 1



Temp: 46.7°C

Figura 34 Inyector 2



Temp: 48.7°C

Figura 33 Inyector 3



Temp: 44.3°C.

Como se esperaba la temperatura dentro de cada inyector debía bajar, al tener una regulación distinta para cada uno se aprecia diferentes mediciones para el cilindro 1, 48.7 °C para el cilindro 2 y 44.3°C en el cilindro 3, obteniendo una rango medio de 46.6°C.



Figura 37 Cilindro 1  
Temp: 53.5°C



Figura 36 Cilindro 2  
Temp: 52.0°C



Figura 35 Cilindro 3  
Temp: 54.8°C

Las mediciones de temperatura para el bloque motor aquí son de 53.5 y 52.0 y 54.8°C para los cilindros 1, 2 y 3 respectivamente obtenido un rango medio de 53.4°C, se ha simulado una falla leve por lo que tenemos un aumento leve de temperatura respecto al buen estado del motor, este aumento se puede justificar sabiendo que ahora los inyectores se abren a menos presión por lo que inyectan más combustible.

Figura 38 Múltiple de escape



Temp: 109.7°C

Respecto a la anterior falla no se percibió un cambio considerable dentro de la marcha del motor, pero si una inestabilidad producida por las combustiones irregulares, la temperatura si subió de igual forma, llegando aquí hasta los 109.7 °C.

**Tabla 5 Datos de la segunda simulación de daño en los inyectores**

Tornillos de reglaje	1/4 de vuelta	Ajuste normal	3/4 de vuelta	Temperatura media
Temperatura inyectores	Inyector 1 46.7°C	Inyector 2 48.7°C	Inyector 3 44.3°C	46.3°C
Temperatura Cilindros	Cilindro 1 53.5°C	Cilindro 2 52.0°C	Cilindro 3 54.8°C	53.4°C
Temperatura der múltiple de escape	Temperatura tomada en el múltiple de escape 109.7°C			

### 3.5 Simulación de daño con apertura 3/4 de vuelta del tornillo de reglaje.

La apertura de inyectores dentro de este estado se varió de forma considerable, la presión de apertura se redujo de tal forma que la dosificación de combustible es mayor que los anteriores casos. Se espera dentro de esta falla las mayores temperaturas captadas.

Figura 41 Inyector 1



Temp: 29.8°C

Figura 40 Inyector 2



Temp: 30.7°C

Figura 39 Inyector 3



Temp: 31.4°C.

La temperatura dentro de los inyectores se comporta de forma distinta al resto de componentes, como se justificó anteriormente esto se debe a la baja presión que se necesita para que estos se activen. Tenemos una media de 30.63°C, inferior a todos los estados antes medidos, con 29.8, 30.7 y 31.4 °C para los cilindros 1, 2 y 3 respectivamente.

Figura 44 Cilindro 1



Temp: 57.4°C

Figura 43 Cilindro 2



Temp: 57.3°C

Figura 42 Cilindro 3



Temp: 56.1°C.

La temperatura media tomada en los tres cilindros es de 56.9°C, esta medida es la más alta con relación a las anteriores medidas, esto se debe a la excesiva inyección de diésel que se tiene en las cámaras de combustión. El cilindro 1 muestra una temperatura de 57.4°C, para el cilindro 2 tenemos 57.3 °C y finalmente en el cilindro 3 se mide 56.1°C.

Figura 45 Múltiple de escape



Temp: 120°C

La mayor temperatura captada es la del colector de escape, los gases de escape salen más calientes de lo normal, se mide aquí 120 °C, esta es la mayor temperatura captada dentro de las mediciones realizadas en este motor simulando la tercera falla.

**Tabla 6 Datos de la tercera simulación de daño en los inyectores**

Tornillo de reglaje con 3/4 de vuelta				Temperatura media
Temperatura inyectores	Inyector 1 29.8°C	Inyector 2 30.7°C	Inyector 3 31.4°C	30.3°C
Temperatura Cilindros	Cilindro 1 57.4°C	Cilindro 2 57.3°C	Cilindro 3 56.1°C	56.9°C
Temperatura del múltiple de escape	Temperatura tomada en le múltiple de escape 120°C			

**Tabla 7 Datos Comparativos de temperaturas promedias tomadas en las zonas de análisis**

	Condiciones normales de trabajo	Primera simulación de daño (1/4 vuelta)	Segunda simulación de daño (variada)	Tercera simulación de daño (3/4 vuelta)
Temperatura media de los inyectores	51.5°C	48.1°C	46,3°C	30.3°C
Temperatura media de los cilindros	50.4°C	53.5°C	53.4°C	56.9°C
Temperatura el múltiple de escape	104°C	107.2°C	109.7°C	120°C

## CAPÍTULO IV

### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 Conclusiones

Los datos recopilados en las variaciones de temperatura tomadas con la cámara térmica, se realizó con el motor en 700 rpm como guía para la toma de las respectivas mediciones. La toma de muestras se la realizó a partir del ajuste normal de los tornillos de reglaje de los inyectores.

**Tabla 8 Temperaturas normales de trabajo**

Condiciones normales de trabajo	Temperatura de inyectores	Temperatura de cilindros	Temperatura del múltiple de escape
	<b>51.5°C</b>	<b>50.4°C</b>	<b>104°C</b>

Los datos obtenidos en la primera simulación de daño, indica que el rango medio de la temperatura en los inyectores es 48.1°C, más baja debido al aumento del paso del diésel por los inyectores, pero simultáneamente la temperatura de los cilindros es 53.5°C, aumenta debido a la mala mezcla y pulverización del diésel ocasionando un aumento notable en la temperatura, por ende la temperatura del múltiple de escape también aumenta, ocasionando un mal funcionamiento del motor.

**Tabla 9 Variación de temperaturas en la primera simulación de daño**

Primera simulación de daño	Temperatura media de inyectores	Temperatura media de cilindros	Temperatura de múltiple de escape
	<b>48.1°C</b>	<b>53.5°C</b>	<b>107.2°C</b>
Porcentajes	Disminución de temperatura en <b>3,4°C</b>	Aumento de temperatura en <b>3.1°C</b>	Aumento de temperatura de <b>3.2°C</b>

Los datos obtenidos en la segunda simulación de daño, indica que la temperatura media de los inyectores es de 46.3°C, más baja con relación al ajuste normal de los inyectores, debido al aumento del paso del diésel por los inyectores, pero en este caso podemos apreciar las temperaturas de cada inyector ya que cada uno tiene un ajuste distinto, en tanto que los cilindros también presenta cambios de temperatura de los cilindros es de 53.4°C esto debido a los diferentes ajustes realizados en los tornillos de reglaje de los inyectores, esto ocasionando un aumento notable en la temperatura, por ende la temperatura del múltiple de escape también aumenta hasta los 109.7°C, esta simulación nos indica un excesivo consumo de combustible y una excesiva emisión de gases de escape produciendo un mal funcionamiento en el motor.

**Tabla 10 Variación de temperaturas en la segunda simulación de daño**

Segunda simulación de daño	Temperatura media de inyectores	Temperatura media de cilindros	Temperatura de múltiple de escape
	<b>46.3°C</b>	<b>53.4°C</b>	<b>109.7°C</b>
Porcentajes	Disminución de temperatura en <b>5.2°C</b>	Aumento de temperatura en <b>3°C</b>	Aumento de temperatura de <b>5.7°C</b>

Finalmente los datos obtenidos en la 3era simulación de daño, nos indica que la temperatura de los inyectores es de 30.3°C, muchos más baja que las otras dos simulaciones de daño, esto debido al excesivo paso del diésel por los inyectores, esta simulación sin duda genero un cambio notable en la temperatura de los cilindros aumentando considerablemente en 56.9°C, por ende la temperatura del múltiple de escape muestra un aumento excesivo de temperatura de hasta 120°C, en esta simulación es notable el excesivo consumo de combustible y de igual manera la excesiva emisión de gases de escape indica un fallo notable en el funcionamiento del motor.

**Tabla 11 Variación de temperaturas en la tercera simulación de daño.**

Tercera simulación de daño	Temperatura media de inyectores	Temperatura media de cilindros	Temperatura de múltiple de escape
	<b>30.3°C</b>	<b>56.9°C</b>	<b>120°C</b>
Porcentajes	Disminución de temperatura en <b>21.2°C</b>	Aumento de temperatura en <b>6.5°C</b>	Aumento de temperatura de <b>16°C</b>

Con la recopilación de los datos de las variantes de temperatura tanto como en los inyectores, cilindros y múltiple de escape, los cambios de temperatura nos indica que la aplicación de la cámara térmica es factible para realizar un mantenimiento predictivo con la finalidad de evitar averías en los motores diésel. Fortaleciendo los conocimientos en cuanto al mantenimiento predictivo, con eso podemos ahorrar tiempo y dinero que es lo que buscan los propietarios del centenar de vehículos que hay en nuestro medio. Realizando tomas de muestras en vivo de las temperaturas emitidas por los motores diésel, esto con el fin de establecer un monitoreo periódico y evitar averías incipientes, llevando una hoja de control para realizar un mantenimiento preventivo-predictivo de los motores diésel.

## 4.2 Recomendaciones

Para la toma de muestras de las variantes de temperatura en los motores se debe establecer un régimen de giro de relanti para que las temperaturas no se alteren, así obtendremos datos correctos y sin alteraciones de los rangos de temperatura.

Las condiciones de funcionamiento deben estar en óptimas condiciones, para eso se debe revisar los niveles del líquido refrigerante, los niveles del aceite lubricante, comprobar el estado de la bomba e inyectores de alimentación del combustible, esta revisión es necesaria porque la toma de muestras de temperatura deben estar dentro del correcto funcionamiento del motor.

La ubicación de la cámara térmica debe ser siempre estar a la misma distancia entre el mecanismo a medir y la cámara térmica, esto con la finalidad de mantener una correcta toma de muestras de las variantes de temperatura y así realizar el análisis térmico de la toma de muestras de temperaturas.

Establecer un punto de referencia para un modelo de toma de muestras, esto con la finalidad de llevar una organización de puntos de referencia para la toma de variantes de temperatura, de esta manera establecer modelos estadísticos para un correcto análisis de los datos generados por la cámara térmica.

Establecer otros mecanismos del vehículo para realizar análisis de temperaturas como por ejemplo el múltiple de admisión, sistema de frenos, etc.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- Aunarmci, S. (2010). *Sistema de Combustible*. Obtenido de Sistema de Combustible:  
<https://es.scribd.com/doc/40282549/Sistema-de-Combustible>
- Bosch, R. L. (2015). Aplicaciones y presiones de apertura. *Bosch*.
- Carlos Romero, Y. C. (Diciembre de 2007). *MODELADO DEL CALENTAMIENTO DE LOS MOTORES DE COMBUSTIÓN*. Obtenido de MODELADO DEL CALENTAMIENTO DE LOS MOTORES DE COMBUSTIÓN: [file:///C:/Users/CARLOSCM/Downloads/Dialnet-ModeladoDelCalentamientoDeLosMotoresDeCombustion-4784272%20\(4\).pdf](file:///C:/Users/CARLOSCM/Downloads/Dialnet-ModeladoDelCalentamientoDeLosMotoresDeCombustion-4784272%20(4).pdf)
- Cibei. (2015). *Importancia del comercio exterior*. Obtenido de <https://fundacioncibei.org/laimportancia-del-comercio-internacional-una-breve-referencia-descriptiva/>
- Denisse, R. D. (2016). *Propuesta de un sistema de mantenimiento predictivo en el área de procesamiento de mineral para incrementar la rentabilidad de una compañía minera*. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/12569>
- Estévez Hinojosa, Jefferson Paúl. (2016). *MATERIAL DE ESTUDIOS TRABAJADO DE CAMPO*. Obtenido de MATERIAL DE ESTUDIOS TRABAJADO DE CAMPO: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/4944>
- Ferrer, A. (2015). Los inyectores. *AUTONOCIÓN*.
- Ferrer, G. C. (2003). *CANIONES Y VEHÍCULOS PESADOS*. MADRID: CULTURAL S.A.
- Finders, R. (2021). *RENTING FINDERS*. Obtenido de RENTING FINDERS: <https://rentingfinders.com/glosario/motor-crddi/>
- Gumerjo. (21 de 12 de 2016). *La historia del motor diésel*. Obtenido de La historia del motor diésel.: <http://gumerjo.es/blog/2016/12/21/la-historia-del-motor-diesel/>
- Huamán, R. (2013). *Propuesta de un plan de mantenimiento para una fábrica de baldosas cerámicas*. Obtenido de Propuesta de un plan de mantenimiento para una fábrica de baldosas cerámicas: <https://1library.co/document/q5w6ngjq-propuesta-planmantenimiento-fabrica-baldosas-ceramicas.html>
- ISO, N. (2008). *Condition monitoring and diagnostics of machines termography*. Obtenido de [http://www.irantpm.ir/wp-content/uploads/2015/09/ISO\\_18434-1.pdf](http://www.irantpm.ir/wp-content/uploads/2015/09/ISO_18434-1.pdf)
- ITESM. (2021). *CICLOS DE FUNCIONAMIENTO*. Obtenido de CICLOS DE FUNCIONAMIENTO: <https://www.coursehero.com/file/54904740/CICLOS-DE-FUNCIONAMIENTOdocx/>
- Lara, A. (2020). Análisis y Rendimiento Térmico en Motores Diésel. Teoría de la Turbocompresión. *Ingeniero Marino*. Obtenido de teoría-de-la-turbocompresion.
- Martínez, H. G. (2002). *MANUAL DEL AUTOMOVIL*. MADRID: CULTURAL S.A.
- Menna. (Octubre de 2018). *Sistema de alimentación del sistema diésel*. Obtenido de <https://como-funciona.co/una-inyeccion-de-combustible-sistema/>

- Misena. (Julio de 2008). *APRENDIENDO MECÁNICA DIESEL*. Obtenido de APRENDIENDO MECÁNICA DIESEL: <https://sites.google.com/a/misena.edu.co/aprendiendo-mecanicadiesel/>
- Murillo, J. (21 de septiembre de 2018). *MÉTODOS DE INVESTIGACION*. Obtenido de <https://www.postgradoune.edu.pe/pdf/documentos-academicos/ciencias-de-laeducacion/10.pdf>
- Pacheco, S. (2007). *MODULO MOTORES DIESEL*. Obtenido de <http://itsa.edu.co/docs/17-S-Consuegra-Modulo-Motores-Diesel.pdf>
- Paucar Urdialez, A. G. (enero de 2016). Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/15404/1/CD-7063.pdf>
- Peña, A. (2021). *Transferencia de calor*. Obtenido de Transferencia de calor: <https://www.coursehero.com/file/69980458/5SM1-Tarea-2-Pe%C3%B1a-LomasArturopdf/>
- Prime, P. (2016). *Perfect Prime*. Obtenido de <https://mejoresopiniones.net/camara-infrarroja/>
- Promax Test, Measurement. (19 de julio de 2019). *Cámaras Termográficas: Cómo funcionan y por qué pueden ser necesarias*. Obtenido de Cámaras Termográficas: Cómo funcionan y por qué pueden ser necesarias: <https://www.promax.es/esp/noticias/400/camaratermografica-como-funcionan-y-porque-pueden-ser-necesarias/>
- Testo, A. (2015). *Bienvenidos a la academia testo*. Obtenido de Bienvenidos a la academia testo: <http://www.academiatesto.com.ar/cms/ley-de-radiacion-de-kirchhoff>
- Tractorid, I. (2014). Obtenido de <https://tractorid.com/es/tractores-agricolas/internationalharvester-es/international-harvester-523>
- Veracruz, U. d. (2008). *MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN DE LOS MOTORES DIESEL CUMMINS SERIE ISM*. Obtenido de MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN DE LOS MOTORES DIESEL CUMMINS SERIE ISM": <http://docplayer.es/41985713-Universidad-veracruzana.html>
- Vivir, P. d. (2007). *Plan Nacional para el Buen Vivir*. Obtenido de Plan Nacional para el Buen Vivir: <https://www.gobiernoelectronico.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/09/Plan-Nacional-para-el-Buen-Vivir-2017-2021.pdf>

## 6. ANEXOS

