



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**DISPOSITIVO ELECTRÓNICO PARA EL  
SISTEMA DE CONTROL DE PRESIÓN DEL  
PROCESO DE INYECCIÓN DE  
COMBUSTIBLE EN MOTORES DT-466E E  
INTERNATIONAL 530E PARA LA EMPRESA  
MULTISERVICIOS TUA SERVEN**

**Autor:** Tua S. Jimmy J.

**C.I.:** 27.097.156

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego  
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 8712394



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**DISPOSITIVO ELECTRÓNICO PARA EL SISTEMA DE CONTROL DEL  
PROCESO DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE EN MOTORES DT-466E E  
INTERNATIONAL 530E PARA LA EMPRESA MULTISERVICIOS TUA  
SERVEN**

Proyecto del Trabajo de Grado para optar al título de  
**INGENIERO ELECTRÓNICO**

**Autor:** Tua S. Jimmy J.

**C.I.:** 27.097.156

**Tutor:** Ing. Enmanuel Sandoval

San Diego, octubre



**FI-E -004-2020-2CR (TG)**

Valencia, 13 de octubre de 2020

Ciudadano:  
Tua S., Jimmy J.  
27.097.156  
**Presente-**

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 02-2020 de fecha 28-07-2020 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado ***DISPOSITIVO ELECTRÓNICO PARA EL SISTEMA DE CONTROL DE PRESIÓN DEL PROCESO DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE EN MOTORES DT-466E E INTERNATIONAL 530E*** presentado por usted (es) como requisito para optar al título de Ingeniero Electrónico.

Se ratifica la designación del Ing. Emmanuel Sandoval C.I: 16.774.307 como Tutor Académico que lo asesorara en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,

**Dra. Zaida Osto**

**Decana ( E )**

c.c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (1).

Ll/a.a.



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**CONSTANCIA DE APROBACIÓN PARA LA PRESENTACIÓN PÚBLICA  
DEL TRABAJO DE GRADO**

Quien suscribe, Ing. Enmanuel Sandoval, portador de la cédula de identidad N° 16.774.307, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por el ciudadano Jimmy Tua, portador de la cedula de identidad N° 27.097.156, titulado **“DISPOSITIVO ELECTRÓNICO PARA EL SISTEMA DE CONTROL DEL PROCESO DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE EN MOTORES DT-466E E INTERNATIONAL 530E PARA LA EMPRESA MULTISERVICIOS TUA SERVEN”** presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero en Electrónica, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los dieciséis días del mes de noviembre del año dos mil veinte.

---

Ing. Enmanuel Sandoval

C.I.: 16.774.307

## ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO		pp.
LISTA DE CUADROS.....		vi
LISTA DE FIGURAS.....		vii
RESUMEN INFORMATIVO.....		viii
INTRODUCCIÓN.....		1
CAPÍTULO		
I EL PROBLEMA		
1.1. Planteamiento del problema.....		3
1.2. Formulación del problema.....		4
1.3. Objetivos de la investigación.....		4
1.3.1. Objetivo general.....		4
1.3.2. Objetivos específicos.....		4
1.4. Justificación de la investigación.....		5
1.5. Alcance.....		5
1.6. Limitaciones.....		5
II MARCO TEÓRICO		
2.1. Antecedentes.....		7
2.2. Bases teóricas.....		8
2.2.1. Motor.....		8
2.2.1.1. Motor Diesel.....		9
2.2.2. Sistema de inyección de combustible.....		11
2.2.3. Combustible.....		13
2.2.3.1. Diesel.....		14
2.2.4. Transductor.....		14
2.2.4.1. Sensor de presión.....		14
2.2.4.2. Tecnología de los sensores de presión.....		15
2.2.5. Microcontrolador.....		17

	2.3. Definición de términos básicos.....	18
III	MARCO METODOLOGICO	
	3.1. Tipo de investigación.....	19
	3.2. Diseño de investigación.....	19
	3.3. Nivel de investigación.....	19
	3.4. Población y muestra.....	20
	3.4.1. Población.....	20
	3.4.2. Muestra.....	20
	3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	20
	3.5.1. Técnicas de recolección de datos.....	20
	3.5.2. Instrumentos de recolección de datos.....	21
	3.6. Técnicas de procesamiento de datos.....	21
	3.7. Fases metodológicas.....	22
IV	RESULTADOS	
	4.1. Fase I: Diagnóstico de la situación actual de la operatividad del sistema de control de presión del proceso de inyección de combustible en motores con sistema de inyección HEUI para el negocio Multiservicios Tua Serven.....	24
	4.2. Fase II: Identificación de las variables o parámetros de operación del sistema de control de presión del proceso de inyección de combustible en motores con sistema de inyección HEUI.....	29
	4.3. Fase III: Diseño de un dispositivo electrónico para el sistema de control de presión del proceso de inyección de combustible en motores con sistema de inyección HEUI para la empresa Multiservicios Tua Serven.....	31
	4.4. Fase IV: Estudio de factibilidad técnica, operativa y económica para la implementación de la propuesta.....	38
	CONCLUSIÓN.....	40
	REFERENCIAS.....	42

## **LISTA DE CUADROS**

### **CONTENIDO**

#### **CUADRO**

1.	Señales operativas del sensor.....	32
2.	Especificaciones técnicas del Arduino Nano.....	34
3.	Especificaciones técnicas del Módulo Bluetooth HC-06.....	35
4.	Especificaciones técnicas de una batería AAA.....	36
5.	Cuadro de costos.....	42

## **LISTA DE FIGURAS**

### **CONTENIDO**

#### **FIGURA**

1.	Motor Diesel DT-466E.....	9
2.	Partes del motor.....	11
3.	Sistema de suministro de combustible.....	12
4.	Transductores de presión.....	15
5.	Esquema de un microcontrolador.....	17
6.	Diagrama del sistema de combustible.....	25
7.	Sistema de presión de control de inyección.....	26
8.	Entrevista N°1.....	27
9.	Entrevista N°2.....	28
10.	Sistema de control de inyección.....	31
11.	Sensor de presión 1807369C2.....	33
12.	Conector hembra de 3 pines .....	33
13.	Circuito en Proteus.....	37
14.	Aplicación para el control del dispositivo.....	38
15.	Diagrama de flujo del funcionamiento del dispositivo y aplicación.....	40



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**DISPOSITIVO ELECTRÓNICO PARA EL SISTEMA DE CONTROL DE  
PRESIÓN DEL PROCESO DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE EN  
MOTORES DT-466E E INTERNATIONAL 530E PARA LA EMPRESA  
MULTISERVICIOS TUA SERVEN**

Autor: Jimmy José Tua Serven

Tutor: Enmanuel Sandoval

Fecha: junio 2020

**RESUMEN INFORMATIVO**

La calidad y eficiencia del transporte de carga viene directamente afectada por el estado en que se encuentra el vehículo con el cual se está realizando el trabajo, por ello es muy importante saber en que estado se encuentra nuestro vehículo e identificar rápidamente cualquier falla. Con esto, se plantea el diseño de un dispositivo electrónico para el sistema de control de presión del proceso de inyección de combustible en motores DT-466 e International 530 para la empresa Multiservicios Tua Serven, que permita detectar la obstrucción del sistema de inyección de combustible. El objetivo de este dispositivo es reducir la gran variedad de causas que pueden provocar problemas en el motor y, con esto, reducir el tiempo que se toma para diagnosticar y reparar estas fallas.

**Descriptor:** Dispositivo Electrónico, Combustible, Control

## INTRODUCCIÓN

El transporte de carga es una de las actividades económicas mas importantes de una empresa, ya que se hace necesario el movilizar la mercancía desde los lugares donde se suministran hasta los lugares donde se necesitan. El transporte de bienes en la cadena de suministro es tan importante que esta actividad a veces es responsable del hecho de que la empresa no puede atender adecuadamente a los clientes. Los retrasos en la entrega del producto pueden generar quejas y problemas de servicio. Los productos incluso pueden dañarse durante el transporte, lo que puede frustrar a los clientes y, en última instancia, provocar insatisfacción hasta que se realicen futuras compras a un competidor.

Hoy día en Venezuela es muy difícil conseguir vehículos de carga que realmente nos aseguren un servicio eficiente de transporte de mercancía, pues, la mayoría de los vehículos de carga son muy viejos o están en mal estado debido a que no se consiguen repuestos o los pocos que se consiguen son demasiado caros. En ese sentido, en esta investigación se propone el diseño de un dispositivo electrónico que permita agilizar el proceso de diagnóstico de fallas y reparación de los vehículos de carga, con lo cual se puede lograr disminuir la dificultad del diagnóstico y reparación del vehículo, con lo cual se reduce la cantidad de mano de obra.

Dicho esto, para el logro de los objetivos, esta investigación presenta la siguiente estructura:

**CAPÍTULO I: EL PROBLEMA.** Este capítulo está constituido por el planteamiento del problema para dar a conocer la problemática existente, la formulación del problema, los objetivos que se esperan cumplir en la realización de la investigación y la justificación de la investigación.

**CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.** En este capítulo se presentan otras investigaciones con relación al tema de esta investigación a manera de antecedentes, las bases teóricas que dan un sustento informativo sobre el sistema, dispositivos y componentes con los que se va a trabajar y, por último, la definición de términos básicos para el entendimiento de la investigación.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO. En este capítulo se da a conocer el tipo de investigación, el nivel de conocimiento del mismo, su diseño metodológico, la población a la cual va dirigida la investigación, la muestra con la que se va a trabajar, las técnicas e instrumentos utilizados para la recolección de datos y las fases metodológicas que da a conocer los procedimientos para obtener los datos y el analizar los datos obtenidos para el cumplimiento del objetivo general de la investigación.

CAPÍTULO IV: RECURSOS. En este capítulo se indican aquellos elementos necesarios para la realización de la investigación en el aspecto humano, institucional, material y, también, se da a conocer el cronograma de actividades en el cual se refleja el tiempo que toma cada fase de la investigación.

# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1. Planteamiento del problema**

En Venezuela, la necesidad de transporte de carga es tan grande como diversa. Las pequeñas y grandes empresas necesitan operadores confiables para satisfacer sistemáticamente las necesidades de las empresas. En este proceso, la preparación es muy importante para garantizar que la entrega este intacta y a tiempo. Por lo tanto, se debe tener cuidado al elegir, y así, poder seleccionar una protección y transporte de calidad. Una de las marcas de camión para transporte de carga más utilizadas para dicha tarea es International, que con su modelo de motor DT-466 ha sido durante mucho tiempo el mejor motor dentro del estándar para camiones medianos.

El motor DT-466 e International 530 son máquinas de alto rendimiento los cuales fueron desarrollados para su uso en camiones y autobuses de peso medio. Estos motores han sido fabricados por más de 35 años y se fabrican más de un millón de unidades. El sistema de inyección electrohidráulico de combustible de International es un diseño de riel común sin líneas externas de alta presión para accionar inyectores de válvulas digitales. El mismo sistema proporciona una sincronización más precisa para optimizar el sistema de inyección de combustible, reduciendo el consumo de este.

Este sistema de inyección denominado Hydraulically Electronic Controlled Unit Injector (HEUI) está sujeto a factores por los cuales se puede obstruir tales como: restricción en la bomba de transferencia o filtro contaminado por sedimentos. Siendo esta condición del filtro de combustible la falla que más frecuentemente se presenta, ya sea porque no se ha cambiado cuando es necesario, o porque se ha obstruido prematuramente por la mala calidad del combustible, el estilo de conducción, la humedad excesiva y otros factores ambientales que pueden aumentar o reducir considerablemente la vida útil de este filtro. El filtro de gasolina o gasoil debe filtrar una variedad de contaminantes que dañan el motor porque el combustible contiene muchos contaminantes que contienen una cantidad de partículas y residuos

contaminantes que no deben ingresar al motor y que el filtro de combustible debe evitar su entrada. Por lo tanto, es muy fácil que se contamine rápidamente.

Cuando el sistema de combustible esta contaminado u obstruido va a afectar la calidad del proceso de combustión, la bomba de combustible, el filtro de combustible y todo lo relacionado con el buen funcionamiento del proceso de inyección del combustible. Esto trae como consecuencia problemas que afectan el funcionamiento del motor; tales como: pérdida de potencia del motor, problemas de arranque, problemas de aceleración, detención del vehículo mientras se conduce, aumento del consumo de combustible; y que pueden desencadenarse en problemas externos al motor: contaminación por humo negro e incendios, entre otros.

Ante esta situación planteada, surge la necesidad de realizar esta investigación para estudiar la posibilidad de mejorar el control del proceso de inyección de combustible en motores DT-466E e International 530E, optimizando el funcionamiento y rendimiento en los vehículos de carga.

## **1.2. Formulación del problema**

De acuerdo con el problema propuesto se plantea lo siguiente:

¿Cómo se puede mejorar el proceso de inyección de combustible en motores DT-466E e International 530E, en la búsqueda de un buen funcionamiento y un alto rendimiento en vehículos de carga?

## **1.3. Objetivos de la investigación**

### **1.3.1. Objetivo General**

Proponer el diseño de un dispositivo electrónico para el sistema de control de presión del proceso de inyección de combustible en motores DT-466E e International 530E para la empresa Multiservicios Tua Serven.

### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Diagnosticar la situación actual de la operatividad del sistema de control de presión del proceso de inyección de combustible en motores DT-466E e International 530E para la empresa Multiservicios Tua Serven.

- Identificar las variables o parámetros de operación del sistema de control de presión del proceso de inyección de combustible en motores DT-466E e International 530E.
- Diseñar un dispositivo electrónico para el sistema de control de presión del proceso de inyección de combustible en motores DT-466E e International 530E para la empresa Multiservicios Tua Serven.
- Realizar un estudio de factibilidad técnica, operativa y económica para la implementación de la propuesta.

#### **1.4. Justificación de la investigación**

El uso del dispositivo electrónico para el sistema de control de presión del proceso de inyección de combustible en motores DT-466E e International 530E permite de manera concreta identificar si las fallas que pueda presentar el motor se deben al mal funcionamiento del sistema de inyección de combustible, discriminando otras fallas que se puedan presentar por el mal funcionamiento de otro sistema del motor, con lo cual, se simplifica la revisión del motor que este presentando fallas y a su vez se reduce el tiempo necesario para su reparación. Esto puede beneficiar tanto a las personas que se dedican al diagnóstico y/o reparación de fallas en los vehículos, como a los usuarios para saber de manera mas exacta cuando deben de realizar una revisión o cambio de repuestos a sus vehículos.

Presenta una serie de limitaciones a la hora de planificar su diseño en cuanto al valor de los componentes necesarios y, en algunos casos, la ausencia de estos en el mercado.

#### **1.5. Alcance**

El dispositivo está orientado a su uso en motores DT-466E e International 530E, sin embargo, realizando las adaptaciones correspondientes, puede ser utilizado para otros tipos de motores de distintos tipos de vehículos.

#### **1.6. Limitaciones**

Presenta una serie de limitaciones a la hora de planificar su diseño en cuanto al valor de los componentes necesarios y, en algunos casos, la ausencia de estos en el mercado.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

“El marco teórico implica analizar y exponer aquellas teorías, enfoques teóricos, investigaciones y antecedentes: en general que se consideren válidos para la contextualización de la investigación”. (Meza, 2015). Con esto, se podrá entender los conceptos por los cuales se realiza la investigación para su mejor comprensión.

#### **2.1. Antecedentes**

“Los antecedentes, son todos aquellos trabajos de investigación que preceden al que se está realizando, pero que además guarda mucha relación con los objetivos del estudio que se aborda. (Pérez, 2010)”. Son trabajos de investigación que resultan estar de alguna forma relacionados con el presente tema de investigación.

López Barberán, René Fernando, Lozada Pilco, Jonathan Samuel (2017). **Diseño y construcción de un módulo de control electrónico del encendido e inyección de combustible para investigar la incidencia en los parámetros mecánicos del motor de combustión interna de 200CC mono cilíndrico**, trabajo previo a la obtención del título de Ingeniero Automotriz en la Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE). En este trabajo de investigación se analiza la incidencia de los parámetros mecánicos de un motor cuando se instala un sistema de control electrónico de encendido e inyección, la metodología se basó en el uso de sensores distribuidos a lo largo del motor para la obtención de información, con la cual, analizar que componentes eran necesarios para ensamblar el módulo y los diferentes parámetros que deben tomarse en cuenta para el diseño del mismo, en ese sentido, hace relevancia en cuanto a la selección del equipo necesario para lograr la obtención de la información necesaria para el diseño de un módulo de control electrónico.

Así mismo, Ramírez Morales, Julio Andrés (2017). **Diseño e implementación del sistema de ingreso de aire y control de inyección de combustible para verificar la incidencia en el desempeño mecánico de un motor de combustión interna de 200 CC mono cilíndrico**, trabajo previo a la obtención del título de Ingeniero

Automotriz en la Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE). Este trabajo consiste esencialmente en reemplazar el sistema original (carburador) por un sistema nuevo (inyección electrónica de combustible) con el cual se obtiene una mejor dosificación de combustible al procesar datos enviados por diversos sensores colocados en diferentes partes del motor. La metodología se basa en el uso de los datos suministrados por el fabricante para el cálculo matemático de los diferentes parámetros a considerar para el diseño del sistema, por lo tanto, posee relevancia en cuanto a la forma con la cual se obtienen los diferentes parámetros del motor.

También, Correa Aldaz, Aarón Israel, Fuentes Altamirano, José Luis (2017). **Investigación de la generación de emisiones contaminantes producidas por la variación de la presión de combustible en el sistema de alimentación en motores de combustión interna gasolina-diésel**, trabajo previo a la obtención del título de Ingeniero Automotriz en la Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE). Esta investigación trata de analizar las diferentes causas por las cuales se producen emisiones contaminantes a través de diferentes pruebas al sistema de combustible de motores de riel común que trabajan con gasolina y gasoil, destacando que la principal diferencia entre ambos sistemas viene dada por el funcionamiento con presiones mayores de trabajo en los motores diésel. La metodología se basa en el seguimiento de los procedimientos para el diagnóstico de fallas del fabricante, así como el uso de interfaces por computadora e instrumentos para la obtención de información, por lo tanto, posee relevancia en cuanto a la información para el trabajo óptimo de estos motores y para el mejor diagnóstico de los mismos.

## **2.2. Bases teóricas**

Las bases teóricas “comprenden un conjunto de conceptos y proposiciones que constituyen un punto de vista o enfoque determinado, dirigido a explicar el fenómeno o problema planteado”. (Rojas, 2010). Es decir, en esta sección se expresan aquellos tópicos y/o variables que integran la investigación.

### **2.2.1. Motor**

Un motor es la parte sistemática de una maquina capaz de operar el sistema y convertir un cierto tipo de energía (eléctrica, combustibles fósiles, etc.) en energía mecánica. En cuanto a los motores en los vehículos, el motor es el corazón de cada automóvil.

Es una máquina construida para convertir el calor producido por la explosión (en el caso de los de gasolina) o la combustión (en el caso del diésel) del combustible en un movimiento con suficiente fuerza como para que las ruedas giren y el vehículo pueda desplazarse” (Fersainz, 2016).

#### **2.2.1.1. Motor Diesel**

El motor diésel es un motor de combustión alternativo, generado por el autoencendido del combustible debido a las altas temperaturas resultantes de su alta relación de compresión de acuerdo con el principio del ciclo diésel. (Ver Figura 1). Puede usar gasóleo/gas-oíl o aceites pesados derivados del petróleo como combustible. Un motor diésel enciende el combustible rociándolo e inyectándolo a alta presión en una cámara de combustión (o cámara de inyección indirecta) que contiene aire a una temperatura superior a la temperatura de auto combustión. No se requiere chispa como con los motores de gasolina. Este proceso se conoce como autoencendido.



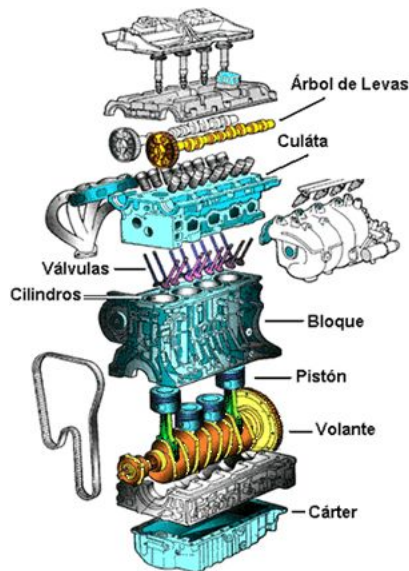
**Figura 1:** Motor diesel DT-466E

**Fuente:** Navistar International Transportation Corp. (2016)

La temperatura que inicia la combustión resulta del aumento de temperatura que ocurre en la segunda etapa del motor, la compresión. El combustible se inyecta a alta presión desde agujeros muy pequeños en el inyector en la parte superior de la cámara de combustión para ser atomizado y mezclado con aire a altas temperaturas (entre 700 y 900°C) y alta presión. Como resultado, la mezcla se enciende muy rápidamente. Esta combustión hace que el gas en la cámara se expanda y empuja el pistón hacia afuera. Esta expansión crea un movimiento en línea recta a través de la carrera del pistón. La biela transmite este movimiento al cigüeñal que lo hace girar y convierte el movimiento alternativo del pistón en un movimiento giratorio.

El motor diésel de cuatro tiempos consiste básicamente en las mismas partes que un motor de gasolina (Ver Figura 2), algunos de los cuales son:

- Árbol de levas
- Culata
- Válvulas
- Bloque del motor
- Segmentos
- Pistón
- Bielas
- Cigüeñal
- Volante
- Carter



**Figura 2:** Partes del motor

**Fuente:** Paguatian E. (2015)

Mientras que los siguientes son componentes que si bien la mayoría (excepto bujías de precalentamiento y toberas) son componentes comunes con los motores de gasolina, pueden tener diferentes diseños y rendimiento:

- Bomba inyectora (mecánica o electrónica)
- Ductos
- Inyectores
- Bomba de transferencia
- Toberas
- Bujías de precalentamiento

### **2.2.2. Sistema de inyección de combustible**

El sistema de combustible esta formado por tres subsistemas principales:

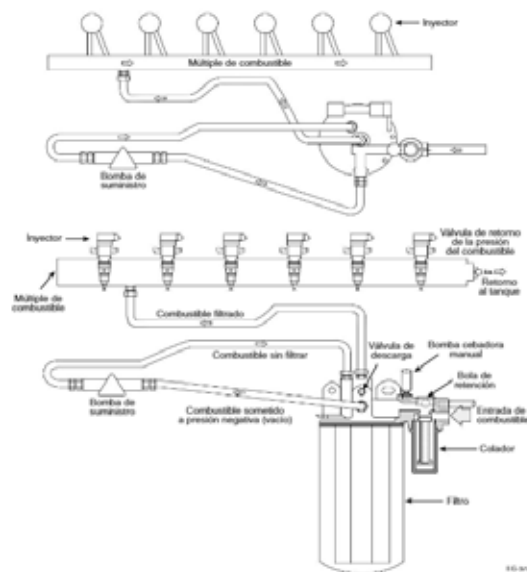
- Sistema de suministro de combustible
- Sistema de control de presión de la inyección
- Inyectores de combustible

Estos subsistemas trabajan juntos para inyectar combustible presurizado dentro de las cámaras de combustión. La función del sistema de suministro de combustible es

entregar combustible a los inyectores. El sistema de control de presión de la inyección suministra a los inyectores aceite lubricante a alta presión y el Sistema de Control Electrónico (ECM) controla el momento y la duración de la inyección. Los inyectores emplean la presión del aceite lubricante para presurizar el combustible e inyectarlo a las cámaras de combustión.

La función del sistema de suministro de combustible es entregar combustible del tanque a los inyectores. Los componentes envueltos en esta tarea son los siguientes (Ver Figura 3):

- Colador
- Filtro
- Bomba cebadora manual
- Bomba de suministro
- Tuberías
- Múltiple de suministro de combustible y aceite
- Conductos de combustible desde el múltiple de suministro de combustible hasta la culata, que alimenta los inyectores



**Figura 3:** Sistema de suministro de combustible

**Fuente:** Navistar International Transportation Corp. (1995)

- **Bomba cebadora manual**

Presionar la bomba cebadora manual hacia adentro hace que la bola de retención se asiente en el colador de combustible. Liberarla hace que la bola de retención se separe, permitiendo que se aspire combustible del tanque a través del orificio de admisión del cabezal del filtro de combustible y al conjunto del colador.

Presionar la bomba cebadora manual hacia adentro nuevamente asienta la bola de retención en el colador y hace que el combustible previamente aspirado fluya por el conducto interno del cabezal del filtro hacia la bomba de suministro montada en el extremo de la bomba de aceite de alta presión.

- **Bomba de suministro**

Durante la operación del motor, la bomba de suministro aspira combustible del tanque hacia el colador. El colador filtra cualquier contaminante grande que pueda haber en el combustible. El vacío (presión negativa) de la bomba de suministro hace que la bola de retención se separe y deje fluir combustible por el cabezal del filtro hacia el orificio de admisión de la bomba de suministro. La bomba de suministro presuriza el combustible a unas 241 kPa (35 lb/pulg<sup>2</sup>).

- **Presión de la bomba de suministro**

El combustible presurizado de la bomba de suministro entra a un orificio en el cabezal del filtro y viaja a través de un conducto interno hacia el filtro. El combustible es filtrado y encaminado a través de una tubería hacia el múltiple de suministro.

- **Alta presión**

El combustible que entra al múltiple de suministro es encaminado a cada inyector por un conducto ubicado en la culata. El combustible entra a cada inyector y es presurizado a unas 124.106 kPa (18.000 lb/pulg<sup>2</sup>). El combustible sobrante es enviado desde la parte posterior del múltiple de suministro y devuelto al tanque por la tubería de retorno de combustible.

### **2.2.3. Combustible**

Es cualquier material que pueda liberar energía si se oxida violentamente por el calor. La energía se libera de su forma potencial (energía de enlace) en una forma que puede usarse directamente (energía térmica) o energía mecánica (motores térmicos) dejando como residuo calor (energía térmica), dióxido de carbono y algún otro compuesto químico. Entre los combustibles comburenciales se encuentra el diésel (gasóleo o gasoil), el queroseno, la gasolina (nafta); y entre los gaseosos, el gas natural o los gases licuados de petróleo (GLP), representados por el propano y el butano. La gasolina, el diésel e incluso los gases se utilizan para motores de combustión interna o calderas.

#### **2.2.3.1. Diesel**

Es un hidrocarburo líquido compuesto principalmente de parafinas y se utiliza principalmente como combustible para calefacción y motores diésel. Si se obtiene de la destilación del petróleo, se llama petrodiesel, y si se obtiene de aceites vegetales, se llama biodiesel. A efectos fiscales, el diésel cuesta un poco menos que la gasolina y su rendimiento es más eficiente (un vehículo diésel consume menos combustible por distancia recorrida que un vehículo de gasolina).

#### **2.2.4. Transductor**

Un transductor es un dispositivo capaz de convertir o transformar una manifestación particular de la energía de entrada en otra energía de salida, pero con valores relativamente bajos en comparación con un generador. Entre los tipos de transductor está el sensor, el cual registra formas de energía como la luz o la fuerza y las convierte en información que puede leer un sistema electrónico. Por ejemplo, un termopar que produce un cambio medible en el voltaje eléctrico cuando se calienta o enfría. O la carga generada cuando se aplica una fuerza a un anillo piezoeléctrico para medir la fuerza.

##### **2.2.4.1. Sensor de presión**

Un sensor de presión es un instrumento compuesto por un elemento detector de presión con el que se determina la presión real aplicada al sensor (utilizando distintos principios de funcionamiento) y otros componentes que convierten esta información en una señal de salida. (HBM, 2018).

Se pueden usar diferentes propiedades para clasificar los sensores de presión: el rango de presión que miden, el rango de temperatura de funcionamiento o el tipo de presión medida (Ver Figura 4). La presión puede ser absoluta, manométrica, relativa normalizada o diferencial.



**Figura 4:** Transductores de presión

**Fuente:** HBM. (2018)

- Los sensores de presión absoluta miden la presión relativa a una cámara de referencia (casi vacío). La ventaja más obvia de un sensor de presión absoluta es que siempre mide contra la misma presión de referencia (vacío). Por lo tanto, no se ve afectado por los cambios en la presión atmosférica y los cambios en la temperatura tienen menos impacto en su funcionamiento.
- Los sensores de presión manométrica (o sensores de presión relativa) se utilizan para medir la presión en relación con la presión atmosférica presente en ese momento.
- Los sensores de presión relativa normalizada (o de referencia constante) son como sensores de presión manométrica que miden la presión en relación con una presión fija y no en relación con la presión atmosférica existente.
- Los sensores de presión diferencial determinan la diferencia entre dos presiones y pueden usarse para medir caídas de presión, niveles de fluidos y caudales.

#### **2.2.4.2. Tecnología de los sensores de presión**

Los sensores de presión del tipo captadores de fuerza utilizan un dispositivo captador (como una membrana, un pistón, un tubo de Bourdon o un fuelle) para medir la deformación (o deflexión) que se produce en una superficie como resultado de la aplicación de una fuerza (presión).

- Galgas extensométricas piezorresistivas

Utilizan el efecto piezorresistivo de una o varias galgas extensométricas unidas con adhesivo o formadas en la estructura para medir la deformación resultante de la aplicación de presión. Mide el cambio de resistencia cuando la presión deforma el material. Las galgas extensométricas suelen formar un circuito de Wheatstone que maximiza el rendimiento del sensor y reduce la sensibilidad a los errores. Es la tecnología de detección más utilizada para aplicaciones generales de medición de presión.

- Capacitivos

Consiste en utilizar una membrana y una cavidad de presión para crear un condensador variable, que detecta la deformación causada por la presión aplicada. La capacitancia disminuye cuando la presión deforma la membrana. Las tecnologías actuales utilizan membranas de metal, cerámica y silicio.

- Electromagnéticos

Miden el desplazamiento de una membrana según diferentes principios de medición: cambios en la inductancia (reluctancia), LVDT, efecto Hall o corrientes parasitas.

- Piezoeléctricos

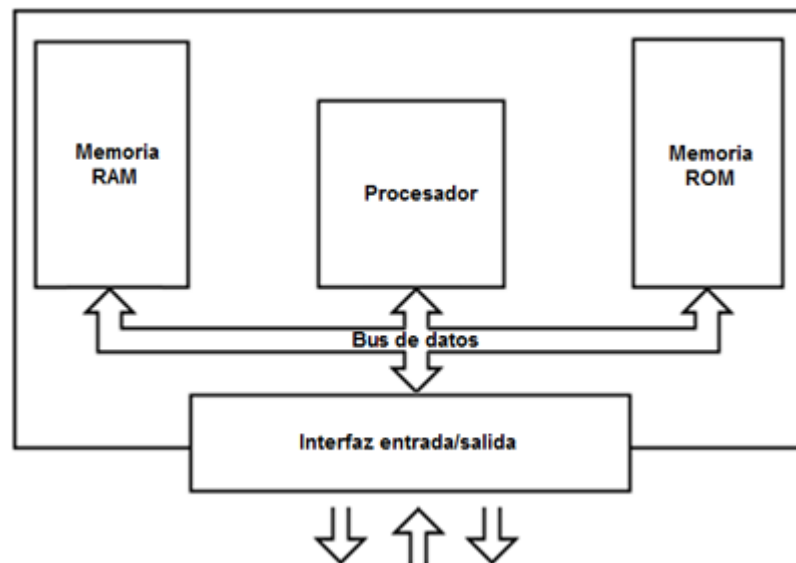
Utilizan el efecto piezoeléctrico de ciertos materiales como el cuarzo para medir la deformación de un elemento sensible causado por la presión. Esta tecnología se usa comúnmente para medir presiones altamente dinámicas.

- Potenciómetros

Utilizan el movimiento de un contacto móvil a lo largo de un mecanismo de resistencia para detectar deformaciones causadas por la aplicación de presión.

### 2.2.5. Microcontrolador

Un microcontrolador es un circuito integrado programable que puede ejecutar los comandos almacenados en su memoria. Consiste en varios bloques funcionales que realizan una tarea específica. Un microcontrolador contiene las tres unidades fundamentales de una computadora: la unidad central de procesamiento, la memoria y los dispositivos de entrada/salida (Ver Figura 5).



**Figura 5:** Esquema de un microcontrolador

**Fuente:** Goilav y Loi. (2016)

Un microcontrolador típico tiene un generador de reloj incorporado y una pequeña cantidad de memoria de acceso aleatorio y/o ROM/EPROM/EEPROM/Flash, con lo cual, para hacerlo funcionar todo lo que se necesita son algunos programas de control y un cristal de sincronización. Los microcontroladores generalmente también tienen una variedad de dispositivos de entrada/salida, como convertidores analógicos a digitales, temporizadores, UARTs y buses de interfaz serie especializados, como I<sup>2</sup>C y CAN. A menudo, estos dispositivos integrados pueden controlarse mediante instrucciones de procesadores especializados. Los microcontroladores modernos a menudo contienen un lenguaje de programación integrado, como el lenguaje de programación BASIC, que se usa ampliamente para este propósito.

### 2.3. Definición de términos básicos

**Presión:** La presión es una magnitud que mide el efecto deformador o capacidad de penetración de una fuerza y se define como la fuerza ejercida por unidad de superficie. (Fernández y Coronado, 2013)

**Inyección:** Es un sistema de alimentación del motor de combustión interna utilizado por prácticamente todos los vehículos actualmente, ya que existe la obligación de reducir la emisión de contaminantes.

**Combustión:** Son las reacciones químicas que se establecen entre cualquier compuesto y el oxígeno. A esto también se le llama reacciones de oxidación. De este tipo de proceso se desprenden energía lumínica y calórica y se llevan a cabo rápidamente. (Ambientum, 2018)

**Dispositivo:** Un dispositivo es un mecanismo que realiza una o varias funciones específicas. (Nicuesa, 2016).

**Sistema:** Se denomina sistema a un conjunto de elementos que se relacionan entre sí y siguiendo reglas determinadas. (Editorial Definición MX, 2016).

**Control:** Es el proceso de verificar el desempeño de distintas áreas o funciones de un sistema. Usualmente implica una comparación entre un rendimiento esperado y un rendimiento observado, para verificar si se están cumpliendo los objetivos de forma eficiente y eficaz. (Anzil, 2010).

**Proceso:** Se habla de procesos cuando se tiene un estado inicial y uno final de algún cuerpo, sistema o ambiente, entre los cuales se da una transformación, desplazamiento o cambio de alguna naturaleza. (Raffino, 2015).

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1. Tipo de investigación**

Esta investigación es de carácter aplicado ya que “la investigación aplicada busca la generación de conocimiento con aplicación directa a los problemas de la sociedad o el sector productivo.” (Lozada, 2014). Además, es un proyecto factible pues “consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales.” (UPEL, 2010). En ese sentido, la investigación es aplicada y factible ya que la investigación tiene como finalidad el diseño de un dispositivo electrónico para el sistema de control de presión del proceso de inyección de combustible en motores DT-466E e International 530E para la empresa Multiservicios Tua Serven.

#### **3.2. Diseño de investigación**

Esta investigación posee naturaleza de proyecto factible, “se trata de una propuesta de acción para resolver un problema práctico o satisfacer una necesidad. Es indispensable que dicha propuesta se acompañe de una investigación, que demuestre su factibilidad o posibilidad de realización.” (Azócar, 2015). En ese sentido, a través de la observación de los sistemas de combustible y la entrevista a expertos se pudo determinar los componentes básicos y el funcionamiento del sistema de combustible. Además, se hizo necesario la búsqueda de libros y documentos para poder conocer de manera más detallada el funcionamiento de los componentes del sistema, sus variables y los parámetros sobre los cuales trabaja.

#### **3.3. Nivel de investigación**

El nivel de investigación descriptivo “implica observar y describir el comportamiento de un fenómeno.” (Shuttleworth, 2008); en ese sentido, la investigación posee un nivel descriptivo ya que se ha descrito el sistema de inyección de combustible junto con aquellos aspectos relevantes que afectan directamente al control de combustible en el sistema, siendo este el fenómeno estudiado.

### **3.4. Población y muestra**

“Es necesario entender los conceptos de población y de muestra para lograr comprender mejor su significado en la investigación que se lleva a cabo”. (Wigodski, 2010). Por lo tanto, se hace necesario la exposición de la población a la que va dirigida la investigación y la muestra a utilizar para el estudio del fenómeno.

#### **3.4.1. Población**

“Población se refiere al universo, conjunto o totalidad de elementos sobre los que se investiga o haces estudios, los elementos de una población lo conforman cada uno de los individuos asociados, debido a que comparten alguna característica en común.” (Lugo, 2018). Partiendo de esta definición, se puede decir que la población asociada a esta investigación esta conformada por todos los camiones de peso medio que trabajen con él sistema de inyección HEUI.

#### **3.4.2. Muestra**

“Es un subconjunto o parte del universo o población en que se llevara a cabo la investigación. La muestra es una parte representativa de la población.” (López, 2004). Para esta investigación la muestra esta conformada por todos aquellos camiones dentro de la población que presenten problemas en el sistema de suministro de combustible que llegan a la empresa Multiservicios Tua Serven.

### **3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.5.1. Técnicas de recolección de datos**

“Las técnicas de recolección de datos, son los procedimientos y actividades que le dan acceso al investigador a obtener la información necesaria para dar cumplimiento a su objetivo de investigación.” (Terán, 2020). En esta investigación se obtuvo la información mediante la aplicación de las siguientes técnicas:

- **Observación:** “La observación es una técnica que consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno o situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad.” (Arias, 2012). Para la obtención de información se ha hecho uso de manómetros e interfaces de

diagnóstico de fallas por computadora para la observación del comportamiento del sistema.

- **Entrevista:** “Es una técnica basada en un dialogo o conversación (cara a cara), entre el entrevistador y el entrevistado acerca de un tema previamente determinado, de tal manera que el entrevistador pueda obtener la información requerida.” (Arias, 2012). Para recabar información se entrevisto a expertos en el diagnóstico, orientación y reparación de motores International que trabajan en la empresa Multiservicios Tua Serven
- **Revisión documental:** “La recopilación documental es un instrumento o técnica de investigación general cuya finalidad es obtener datos e información a partir de fuentes documentales con el fin de ser utilizados dentro de los límites de una investigación en concreto.” (Torrealba, 2009). En ese sentido, se ha recabado información por medio de manuales de diagnostico y servicio de la empresa que fabrica los motores (International).
- **Revisión bibliográfica:** Esta técnica consiste en la obtención de información a través de textos escritos que tienen información acerca del tema a investigar. Para la obtención de información se buscó trabajos de investigación que contengan información relevante para la realización de este trabajo.

### 3.5.2 Instrumentos de recolección de datos

En principio, un instrumento de recolección de datos “es cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información.” (Arias, 2012). En esta investigación se utilizaron los siguientes instrumentos para la obtención de información:

- **Guion de entrevista:** Se hace necesario la creación de una lista de los puntos a tratar y a las preguntas que se van a formular en la entrevista al experto, las cuales deben generar respuestas coherentes para poder utilizar la información obtenida para el desarrollo de esta investigación.

### 3.6. Técnicas de procesamiento de datos

Las técnicas de análisis nos van a servir para analizar los datos para obtener información que pueda ser útil para la investigación. En cada una de las técnicas utilizadas para la recolección de información (simuladores y diagramas) se obtuvieron una serie de datos que ayudan en la forma en la cual se ha de diseñar el dispositivo electrónico, ya sea por las distintas tolerancias y parámetros de trabajo de los componentes y, además, útiles para la configuración de parámetros dentro de las simulaciones y código de programación del dispositivo.

### **3.7. Fases metodológicas:**

#### **Fase I: Diagnostico de la situación actual de la operatividad del sistema de control de presión del proceso de inyección de combustible en motores DT-466E e International 530E para la empresa Multiservicios Tua Serven**

Se realizó un estudio del funcionamiento del sistema de inyección HEUI en distintos camiones de peso medio presentes en la empresa Multiservicios Tua Serven. Además, se evaluó cuales son las posibles causas para un mal funcionamiento del sistema de inyección de combustible. Por último, Se tomó en cuenta la información obtenida de las entrevistas para el estudio del funcionamiento del sistema de inyección de combustible en los distintos camiones de peso medio en la empresa Multiservicios Tua Serven.

#### **Fase II: Identificación de las variables o parámetros de operación del sistema de control de presión del proceso de inyección de combustible en motores DT-466E e International 530E**

Se hizo un análisis de las variables y parámetros del sistema de inyección de combustible a través del uso de interfaces de diagnostico de fallas por computadora, entrevista a expertos y la revisión de manuales de diagnóstico y servicio de motores International.

#### **Fase III: Diseño de un dispositivo electrónico para el sistema de control de presión del proceso de inyección de combustible en motores DT-466E e International 530E para la empresa Multiservicios Tua Serven**

Con la información recolectada a través del uso de las técnicas e instrumentos de recolección de datos se logró diseñar un sistema de medición el cual, haciendo uso de un sensor, se puede medir la presión existente en el sistema de inyección de combustible. Por otro lado, Se diseñó un sistema que reciba la información transmitida por el sensor de presión que, a su vez, condiciona esta señal de información para poder ser transmitida a un microcontrolador. Por último, se realizó un código de programación para el microcontrolador a utilizar para la interpretación de la información recibida del sensor de presión y, de acuerdo a esta información, realizar ciertas acciones de indicación y control.

**Fase IV: Estudio de factibilidad técnica, operativa y económica para la implementación de la propuesta**

Se recopilaron datos sobre los materiales a utilizar, costos y oferta para determinar la factibilidad para realizar el diseño del dispositivo.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS**

Este capítulo contiene el tratamiento e interpretación de los datos para así poder realizar los análisis propuestos en las fases metodológicas, con el fin de cumplir los objetivos planteados para el diseño de un dispositivo electrónico para el sistema de control de presión del proceso de inyección de combustible en motores DT-466E e International 530E para la empresa Multiservicios Tua Serven.

#### **4.1. Fase I: Diagnostico de la situación actual de la operatividad del sistema de control de presión del proceso de inyección de combustible en motores DT-466E e International 530E para el negocio Multiservicios Tua Serven**

Para esta fase se estudia el funcionamiento del sistema de inyección HEUI en distintos camiones de peso medio presentes en las instalaciones para determinar el rendimiento actual del mismo, a su vez, a través de este estudio y entrevistas realizadas a expertos en el área se podrá determinar cuáles son las posibles causas para un mal funcionamiento del sistema de inyección de combustible.

##### **4.1.1. Estudio del funcionamiento del sistema de inyección HEUI**

Cómo se estudió en las bases teóricas, el sistema de combustible consta de tres subsistemas principales:

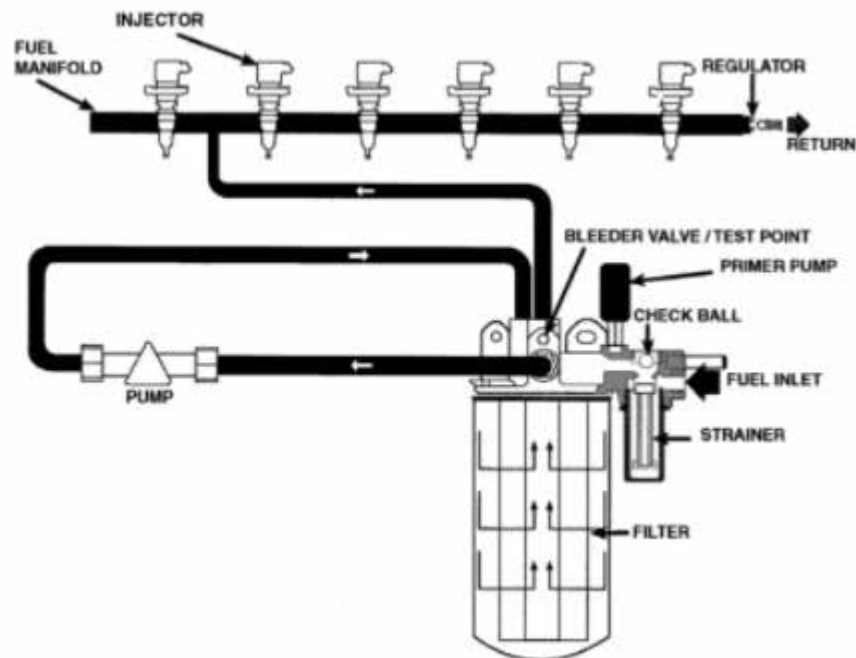
- Sistema de suministro de combustible
- Sistema de control de presión de la inyección
- Inyectores de combustible

Los tres sistemas convergen en el Inyector Unitario controlado Electrónicamente Accionado Hidráulicamente (HEUI).

La bomba de suministro de combustible produce el vacío necesario para extraer el combustible de los tanques de combustible. El combustible de los tanques se extrae para fluir a través del colador que filtra cualquier contaminante grande que pueda estar presente en el combustible. Desde el colador, el combustible fluye hacia la bomba de

suministro. Una vez que el combustible ha sido presurizado, fluye al colector de suministro de combustible y a los inyectores, a través de vías de paso en la cabeza de los cilindros.

La presión del riel de combustible se controla mediante un regulador de presión de combustible montado en la parte trasera del colector de combustible. Después del regulador de presión, el exceso de combustible se devuelve a los tanques.



**Figura 6:** Diagrama del sistema de combustible

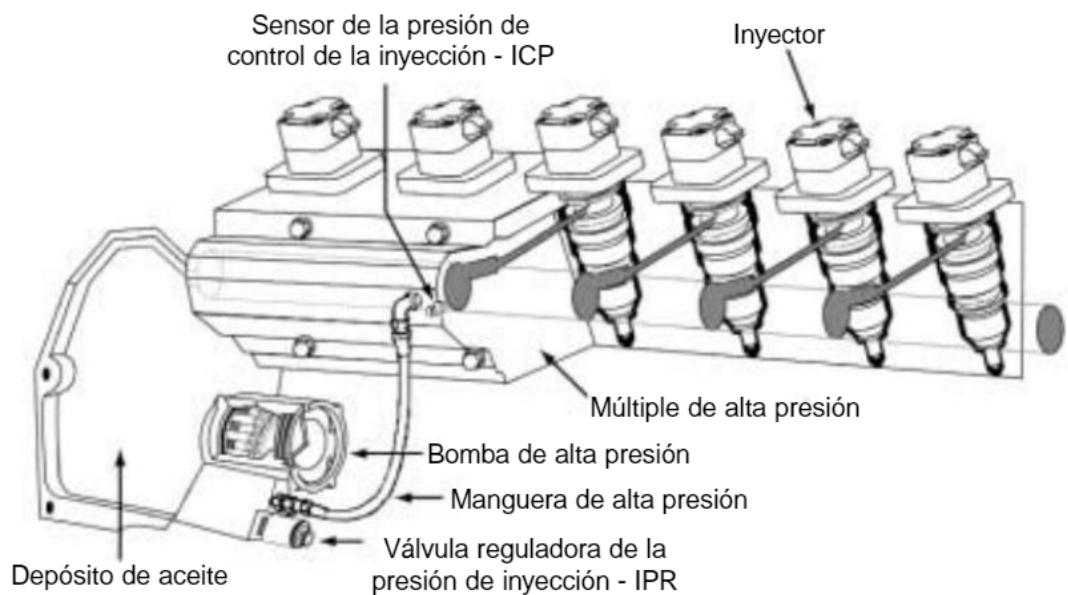
**Fuente:** Navistar International Transportation Corp. (2001)

El sistema de control de presión de inyección proporciona la energía necesaria para accionar hidráulicamente el inyector HEUI. El aceite de motor es el "fluido hidráulico" utilizado por este sistema para este propósito.

El aceite se extrae del cárter de aceite a través del tubo de recogida mediante la bomba de lubricación de aceite del motor. La bomba de lubricación es una bomba tipo gerotor impulsada por el cigüeñal. El aceite filtrado se alimenta a través de pasajes en la cubierta frontal al depósito de aceite, que es una parte integral de la cubierta frontal.

El depósito pone a disposición un suministro constante de aceite a una bomba hidráulica de alta presión montada en la tapa frontal. La bomba de alta presión es una bomba de plato oscilante accionada por engranajes. La bomba de alta presión suministra aceite a alta presión al colector de suministro de aceite de alta presión y a los conductos de aceite mecanizados en la cabeza de los cilindros.

Este aceite de alta presión es utilizado por el inyector HEUI cuando el solenoide se energiza para presurizar y atomizar el combustible en la cámara de combustión. Una vez que se completa la inyección, el solenoide se des-energiza y el aceite dentro del inyector se desahoga a través de la parte superior del inyector, se esparce en el tren de válvulas y se deja drenar nuevamente en el cárter de aceite.



**Figura 7:** Sistema de presión de control de inyección

**Fuente:** Navistar International Transportation Corp. (2000)

#### 4.1.2. Entrevista a expertos para la obtención de datos

Para recabar más datos acerca del sistema de combustible y sus parámetros se realizaron entrevistas no estructuradas (Figura 8 y 9), de la cuales se extraerá información relevante para el diseño del dispositivo y que cosas se deben tomar en cuenta a la hora de aplicarlo.

**Entrevista N°1:** Yimy Tua, Experto en diagnóstico, orientación y reparación en motores International (23/09/2020)

Preguntas realizadas y respuestas obtenidas

1) ¿Cómo se puede medir el rendimiento del sistema de inyección de combustible?

R: El rendimiento del sistema de combustible se puede medir por medio de un diagnóstico computarizado, es un programa que te permite ver el rendimiento a través del consumo de combustible, presión de inyección de aceite, consumo de aceite, etc.

2) ¿Qué sucede en el motor si la presión de combustible es demasiado baja?

R: Al haber una presión de combustible demasiado baja el motor no tiene el mismo rendimiento, es decir, crea fallas en el vehículo ya que no hay la suficiente presión de combustible como para que los inyectores trabajen adecuadamente.

3) ¿Qué pasa si la presión es demasiado alta?

R: Una presión alta de combustible puede ocasionar que haya mucho consumo de combustible, puede dañar los inyectores, sellos de combustión, entre otras fallas.

4) ¿Qué factores puede modificar la presión?

R: Los factores son varios: obstrucción en las mangueras, suciedad en el combustible, agua en el combustible, filtros tapados, válvulas de presión abiertas o tapadas por suciedad, etc.

5) ¿Cuál es el valor ideal de presión de combustible que debe de tener el sistema de inyección de combustible?

R: El valor ideal de presión de combustible redondea las  $35 \text{ lb/pulg}^2$ , pero el mínimo que puede llegar a alcanzar es de  $20 \text{ lb/pulg}^2$

6) ¿Qué es lo que se necesita conocer al medir la presión de combustible?

R: Al medir la presión de combustible lo principal que hay que tomar en cuenta es verificar que todas las tuberías de combustible se encuentren en buen estado, que no haya fugas, sellos dañados, o-ring dañados y en general que todas las partes del combustible estén en buen estado y bien conectadas entre sí.

**Figura 8:** Entrevista N°1

**Fuente:** Tua, J. (2020)

**Entrevista N°2:** Eduardo Tua, TSU en Tecnología Automotriz (23/09/2020)

Preguntas realizadas y respuestas obtenidas

1) ¿Cómo se puede medir el rendimiento del sistema de inyección de combustible?

R: Se puede medir a través de un medidor de presión como un manómetro para saber la presión que hay en el sistema de combustible.

2) ¿Qué sucede en el motor si la presión de combustible es demasiado baja?

R: Mal funcionamiento del motor, pérdida de fuerza, mala combustión en los cilindros y además suele apagarse.

3) ¿Qué pasa si la presión es demasiado alta?

R: Falla en sistema por exceso de presión demasiado combustible, en el sistema provoca falla en el motor, deterioro de piezas y mala combustión en los cilindros por exceso de presión y combustible en el sistema.

4) ¿Qué factores puede modificar la presión?

R: Fugas por el sistema de combustible, aire en el sistema, obstrucciones en la tubería, filtros sucios o tapados, gasoil sucio o contaminado, válvula reguladora mala o abierta y falta de combustible o tanque vacío.

5) ¿Cuál es el valor ideal de presión de combustible que debe tener el sistema de inyección de combustible?

R: El valor ideal de la presión de combustible debe estar en el rango de  $35 \text{ lb/pulg}^2$ , dependiendo el sistema de inyección que utilice el motor puede variar.

6) ¿Qué es lo que se necesita conocer al medir la presión de combustible?

R: Cómo funciona el sistema de combustible, ubicación de tuberías, filtros, bombín, válvula reguladora, bomba de inyección o de succión, saber los valores de la presión de combustibles y tener la herramienta para medir la presión.

**Figura 9:** Entrevista N°2

**Fuente:** Tua, J. (2020)

En conclusión, gracias a las entrevistas se puede destacar la siguiente información:

- Los diferentes factores que pueden afectar la presión en el sistema de combustible.

- El valor ideal de presión que debe poseer el sistema de combustible HEUI para motores Diesel y que este puede variar según el sistema de combustible que tenga el motor.
- Para realizar la medición de presión en el sistema es necesario conocer sus partes, funcionamiento y tener las herramientas adecuadas, así como verificar que el sistema este en buenas condiciones.

#### **4.1.3. Causas del mal funcionamiento del sistema de inyección de combustible**

- **Aire en el sistema de combustible:** Cuando el aire entra en el sistema de combustible hará que los inyectores produzcan un rociado inconsistente.
- **Obstrucciones en las tuberías:** La mala circulación del combustible o la circulación de pequeños contaminantes dentro del sistema de combustible hace que a la larga los residuos forman una pantalla que puede llegar a impedir la circulación del combustible.
- **Filtros contaminados:** Este se obstruye más frecuentemente por el uso normal del coche, ya que en el filtro se van acumulando pequeños residuos contaminantes.
- **Gasoil contaminado:** El combustible diésel es más denso y tiene una química más compleja que otros combustibles como la gasolina y puede presentar un gran número de problemas si no se maneja y almacena correctamente.
- **Válvula reguladora defectuosa:** Uno de los problemas más comunes es que estas válvulas se queden abierta, lo cual provoca la falta de presión de combustible con la que puede llegar a apagarse el motor.

#### **4.2. Fase II: Identificación de las variables o parámetros de operación del sistema de control de presión del proceso de inyección de combustible en motores DT-466E e International 530E**

En este punto, se tomarán datos obtenidos con anterioridad gracias a investigaciones y las entrevistas, que junto con los programas de diagnóstico del vehículo se podrán determinar cuáles son las variables y parámetros que están presentes

en el sistema de combustible y que tendrán relevancia para el diseño o aplicación del dispositivo.

#### **4.2.1. Variables y parámetros del sistema de inyección de combustible**

##### **Presión**

- En el caso de la presión se puede destacar de la fase anterior que el mínimo valor de presión al que puede llegar el combustible al sistema de combustible para estar en buenas condiciones es de  $20 \text{ lb/pulg}^2$  y que el valor ideal o estándar para tener un buen rendimiento en el sistema de combustible es  $35 \text{ lb/pulg}^2$ .
- La bomba de suministro envía combustible a una presión de aproximadamente 65 PSI (448 kPa) al colector de suministro de combustible y a los inyectores, a través de vías de paso en la cabeza de los cilindros.
- En los inyectores, la presión del combustible aumenta a presiones de inyección de aproximadamente 18.000 PSI (124.106 kPa).
- La presión del riel de combustible se controla a 65 PSI gracias al regulador de presión de combustible.
- La presión del control de inyección varía de 3,4 a 20 kPa (500 a 3000 psi), según la familia de motores.

##### **Válvula reguladora de presión de inyección (IPR)**

El IPR es una válvula reguladora de presión que es controlada eléctricamente por el ECM para controlar la presión de todo el sistema de control de presión de inyección. La válvula IPR está montada en la bomba de alta presión y logra la regulación de presión del control de inyección descargando el exceso de aceite en la cubierta frontal y de regreso al cárter de aceite.

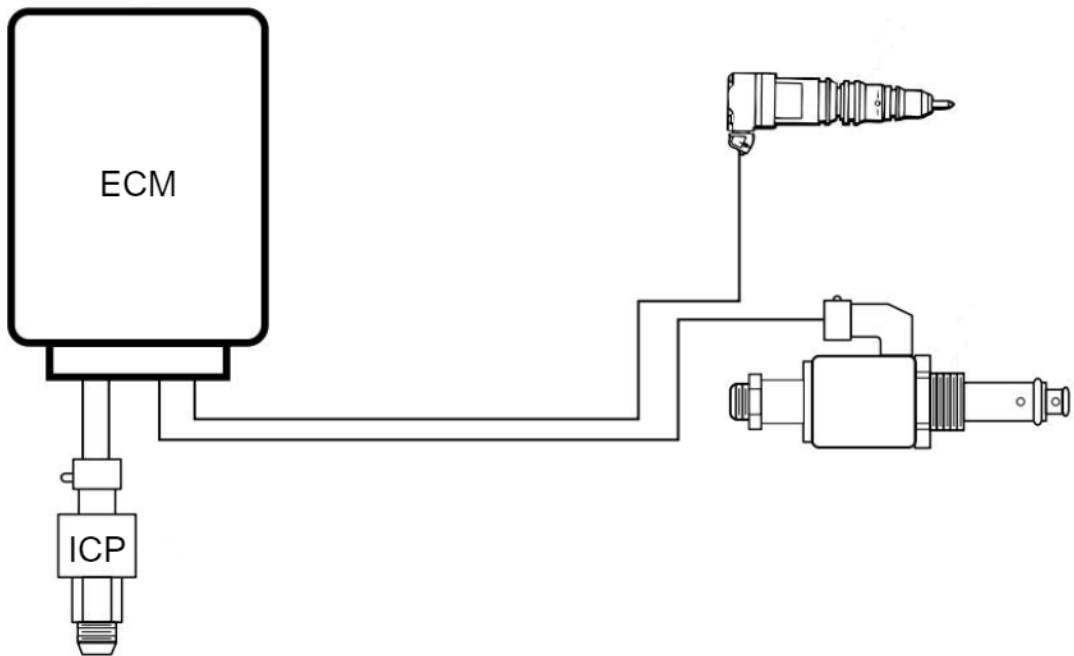
##### **Sensor de control de presión de inyección (ICP)**

La presión de control de la inyección se rige por el Módulo de Control Electrónico (ECM) según las condiciones de funcionamiento y la demanda de potencia del conductor. El ECM utiliza el Regulador de Presión de Inyección (IPR) para este

propósito. El sensor de control de presión de inyección proporciona información de presión en forma de una señal de voltaje analógica al ECM en cualquier momento. La señal de presión obtenida del ICP permite al ECM conocer la presión de control de inyección real en todo momento del funcionamiento del motor o incluso durante el modo de arranque.

### **Módulo de control electrónico (ECM)**

El ECM controla la presión del control de inyección operando el Regulador de Presión de control de Inyección (IPR). El resultado de este control es monitoreado continuamente por el ECM usando el sensor de Presión de Control de Inyección (ICP).



**Figura 10:** Sistema de control de inyección

Fuente: Navistar International Transportation Corp. (2000)

### **4.3. Fase III: Diseño de un dispositivo electrónico para el sistema de control de presión del proceso de inyección de combustible en motores DT-466E e International 530E para la empresa Multiservicios Tua Serven**

#### **4.3.1. Selección de componentes**

· **Sensor de presión 1807369C2**

Para la medición de la presión de combustible se seleccionó un sensor capacitivo ya que este puede trabajar con líquidos como el combustible, a su vez, provee una medición eficaz y fiable. Además, posee un montaje y puerta en marcha sencillos. La señal de presión obtenida del sensor será una señal analógica de 0 a 5 Volts y este se comporta de forma lineal para distintas mediciones.

Además, para la conexión del sensor con el sistema de suministro de combustible, se necesita que tenga rosca macho de aproximadamente 0,39 pulg (1 cm) de diámetro.

Es un sensor de presión por capacitancia variable que, posee 3 terminales:

- a) Señal de tierra (0V)
- b) Voltaje de referencia ( $5V \pm 0.5V$ )
- c) Señal de presión (V)

Cuando se le suministra una señal de referencia de 5 voltios produce una señal de voltaje analógica lineal que indica la presencia de presión, esta señal aumenta en proporción a un aumento en la presión hasta un máximo de 85,3 PSI.

**Cuadro 1:** Señales operativas del sensor

Voltaje	PSIG	kPa
0.89V	5	34
1.15V	10	69
2.4V	35	241
3.61V	60	414

**Fuente:** Navistar International Transportation Corp. (1997)



**Figura 11:** Sensor de presión 1807369C2

**Fuente:** Diesel Parts Canada (2018)

- **Conector hembra de 3 pines**

Un conector que nos permitirá establecer conexión con el sensor de presión a la placa del microcontrolador.



**Figura 12:** Conector hembra de 3 pines

**Fuente:** Joom (2018)

- **Arduino Nano**

Para la selección del microcontrolador se requería que sea pequeño, de fácil programación, y que posea por lo menos una entrada analógica para la lectura de la señal de presión proveniente del sensor, a su vez, los puertos de transmisión y recepción para la comunicación con el módulo Bluetooth.

Es una pequeña placa de pruebas que usa como microcontrolador el ATmega328.

Para su programación utiliza un conector USB Mini-B.

**Cuadro 2:** Especificaciones técnicas del Arduino Nano

Microcontrolador	ATmega328
Voltaje de operación	5 V
Velocidad de reloj	16 MHz
Pines de entrada analógica	8
Corriente DC por pines de E/S	40 mA
Voltaje de entrada	7 - 12 V
Pines de E/S digitales	22 (6 de ellos son PWM)
Salidas PWM	6
Consumo de energía	19 mA
Tamaño del PCB	18 x 45 mm
Peso	7 g

Fuente: Arduino (2010)

- **Módulo Bluetooth HC-06**

Para la selección de la comunicación inalámbrica a utilizar se debe tener en cuenta hasta que distancias queremos transmitir, en ese sentido, para la función que empleara el dispositivo no se requiere de distancias mayores a 3 m. Además, se sabe que el módulo de transmisión va a trabajar en modo esclavo, obedeciendo las ordenes del Arduino.

Es un dispositivo que soporta conexiones inalámbricas a través del protocolo “bluetooth”, cumple con las especificaciones del estándar Bluetooth 2.0 a 2.4 GHz que

es perfectamente compatible con celulares o smartphones Android, más no con los iPhone. Además, es compatible con Arduino y PIC. Dispone de 4 pines:

- a) Vcc
- b) Gnd
- c) Txd
- d) Rxd

Solo puede actuar como esclavo y además dispone de un juego reducido de instrucciones a las que atiende. Permite una conexión sencilla y sin problemas mediante comandos AT a través de una puerta serie.

**Cuadro 3:** Especificaciones técnicas del Módulo Bluetooth HC-06

Voltaje de operación	3.3 - 5 V
Consumo de corriente	30 - 40 mA
Modo	Esclavo
Potencia de emisión	4 dBm
Antena	Incorporada en PCB
Alcance	5 – 10 m
Seguridad	Autenticación y encriptación
Dimensiones	1.52 x 3.57 cm
Temperatura de operación	-25 – 75 °C

Fuente: CDMX Electrónica (2019)

- **1 pulsador normalmente abierto**

Componente eléctrico que permite el paso de la corriente eléctrica cuando se aprieta o pulsa.

-

±5% utilizada

para establecer el estado LOW cuando el pulsador no esté presionado.

- **5 baterías AAA**

Se requiere que el dispositivo este sujeta a una fuente de alimentación que pueda ser portable, ya que, se requiere la movilidad del dispositivo para la realización de mediciones en plena carga, es decir, mientras el vehículo está en movimiento.

Es una pila seca que tiene un uso común en dispositivos electrónicos portátiles.

**Cuadro 4:** Especificaciones técnicas de una batería AAA

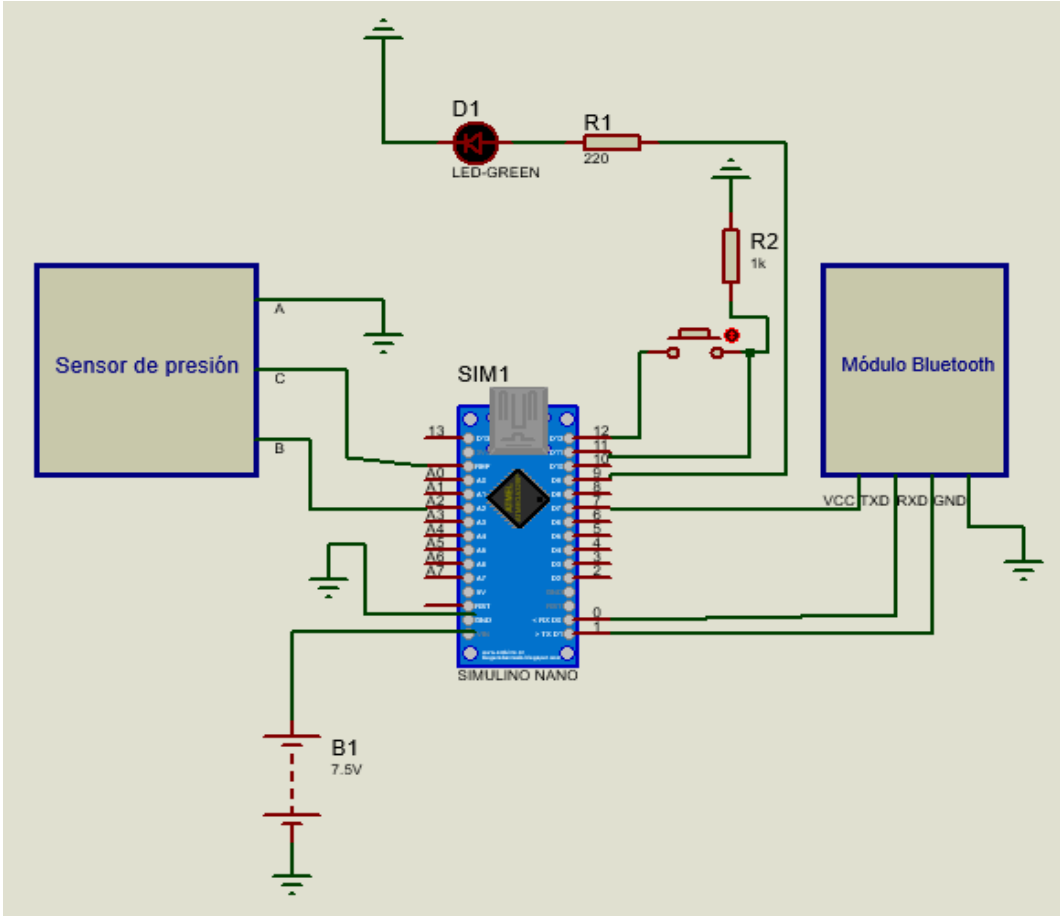
Voltaje	1,5 V
Capacidad	900 – 1155 mAh
Forma	Cilíndrica
Longitud	44,5 mm
Diámetro	10,5 mm

**Fuente:** RS (2019)

- **1 diodo LED**

Componente electrónico que permite el paso de la corriente en un solo sentido y, en este sentido, este emite luz.

**4.3.2. Diagrama del circuito:**



**Figura 13:** Circuito en Proteus

Autor: Tua J. (2020)



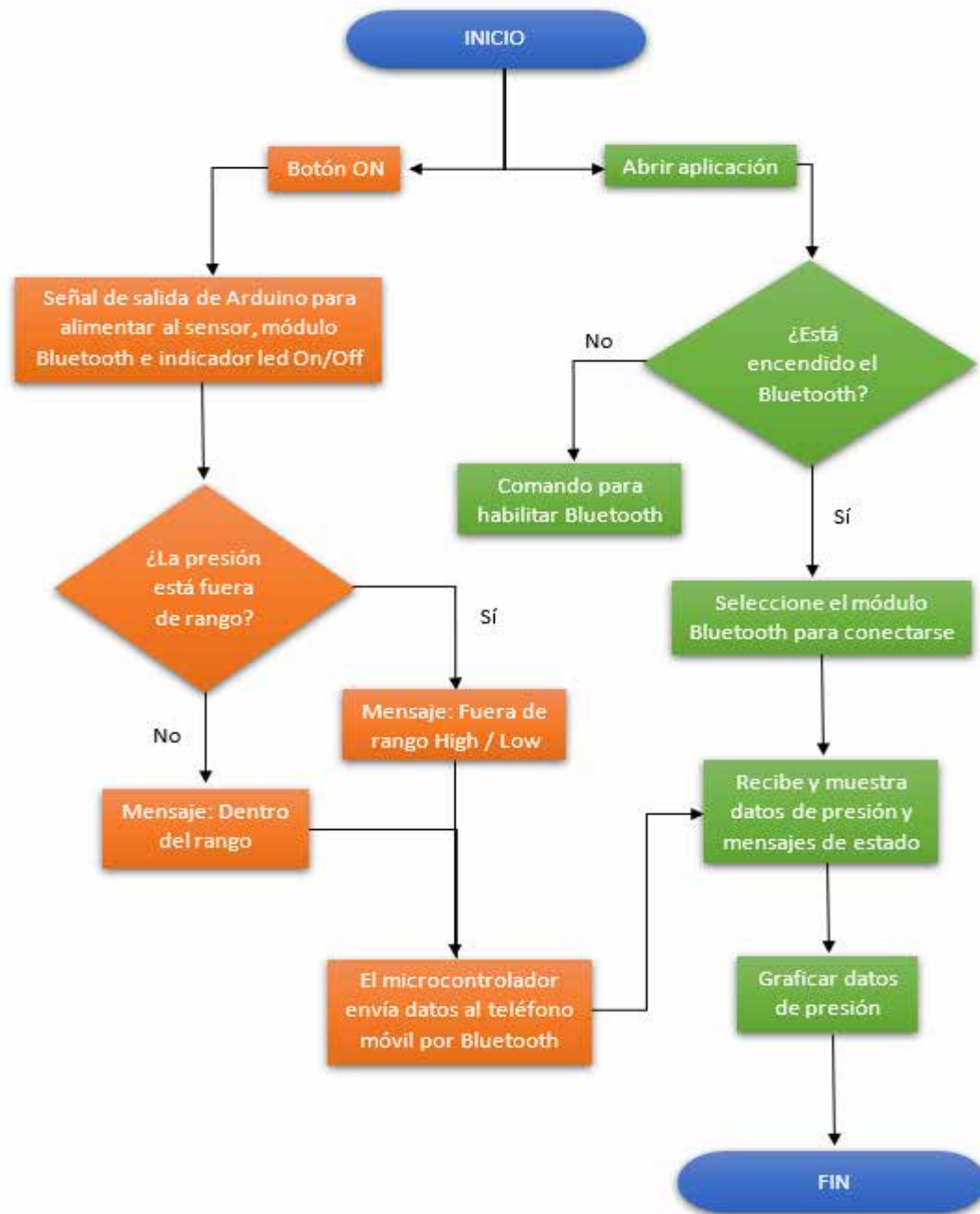
**Figura 14:** Aplicación para el control del dispositivo

**Autor:** Tua J. (2020)

Este circuito estará alimentado por 5 baterías AAA de tal forma de que funcione de forma remota, posee un botón de encendido/apagado y un led que indica el estado On/Off del dispositivo. El sensor de presión está conectado a la placa Arduino en una salida digital con la cual se alimenta el sensor, y una entrada analógica por la cual se

leerá el voltaje que es proporcional a la presión percibida por el sensor, luego, esta señal después de ser recibida y procesada por la placa Arduino, esta procede a mandar la información al módulo bluetooth, que también está siendo alimentado por la placa Arduino, para enviarla al teléfono móvil conectado al módulo. Para la visualización de los datos se requiere que el teléfono móvil a utilizar este conectado al módulo Bluetooth y tener descargada la aplicación correspondiente. Una vez realizados estos pasos, en la misma aplicación se mostrará la presión percibida por el sensor, se enviarán mensajes de estado para saber si la presión esta fuera de los rangos normales de trabajo y, a su vez, se estará dibujando una gráfica con los datos de presión que se estén enviando al teléfono móvil.

### 4.3.3. Funcionamiento representando en un diagrama de flujo



**Figura 15:** Diagrama de flujo del funcionamiento del dispositivo y aplicación

Autor: Tua J. (2020)

#### **4.4. Fase IV: Estudio de factibilidad técnica, operativa y económica para la implementación de la propuesta**

**4.4.1. Factibilidad técnica:** La factibilidad técnica indica si se tienen los conocimientos y las habilidades para el manejo de métodos, procedimientos y funciones necesarios para desarrollar y ejecutar el proyecto. Además, indica si se dispone de los equipos y herramientas para llevar a cabo el proyecto. Para la selección de los componentes necesarios para la realización del dispositivo se buscaron componentes que principalmente no ocupen mucho espacio, pues la idea principal es que el dispositivo sea remoto, además de eso, que pueda cumplir las funciones que el usuario demande. En cuando al sensor, la selección del mismo va ligado con que tenga buena conectividad con el sistema de combustible HEUI de motores Diesel, a su vez, que sea fácil de conectar al sistema electrónico para el procesamiento de datos, con lo cual, es factible en la parte técnica.

**4.4.2. Factibilidad operativa:** La factibilidad operativa es una medida de que tan bien funciona una posible solución a los problemas dentro de una organización. También es una medida de los sentimientos que un sistema o proyecto despierta en las personas que participan en el, mide la urgencia del problema y la aceptación de la solución. Es factible en la parte operativa ya que es fácil de usar y de entender, pues, al presionar el botón de encendido del dispositivo, se enciende un led para indicar que está trabajando y una vez conectado el dispositivo móvil al módulo Bluetooth, este enviara la presión en el sistema de combustible, junto con la gráfica de la misma y mensajes de estado para saber si la medición está dentro o fuera del rango normal.

**4.4.3. Factibilidad económica:** La factibilidad económica es el análisis del costo y los ingresos de un proyecto para determinar si tiene sentido y es posible completarlo. Este es un tipo de análisis de costo-beneficio del proyecto en consideración, que evalúa si la implementación es posible.

**Cuadro 5:** Cuadro de costos

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio por unidad</b>
Sensor de presión 1807369C2	1	170\$
Conector hembra de 3 pines	1	5\$
Arduino Nano	1	20,7\$
Módulo Bluetooth HC-06	1	4,83\$
Pulsador normalmente abierto	1	1\$
R	1	0,05\$
R	1	0,05\$
Diodo LED	1	0,1\$
Baterías AAA	5	1,2\$
<b>Total</b>		<b>207,73\$</b>
<b>Conversión a Bs. S. (26/10/2020)</b>		<b>98.680.829,88 Bs. S.</b>

**Autor:** Tua J. (2020)

El diseño tiene un costo total de 207,73\$, gran parte de este monto por el sensor de presión el cual se lleva la mayor parte del precio, con lo cual el dispositivo electrónico para el procesamiento de datos es factible en la parte económica.

## CONCLUSIÓN

La investigación surge de la problemática que existe en la empresa Multiservicios Tua Serven a la hora de diagnosticar fallas en los motores DT-466E e International 530E con sistema de inyección de combustible HEUI, con lo cual, se hace una tarea muy difícil el detectar si el vehículo presenta fallas por algún inconveniente en el sistema de combustible o se debe a otro sistema que está presentando mal funcionamiento. Por esta razón se hace necesario el diseño de un dispositivo que permita el monitoreo del sistema de combustible con el cual poder reducir la lista de causas por las cuales el vehículo puede llegar a fallar. El trabajo de investigación está estructurado en cuatro fases en las cuales se realizó:

Fase I: Se realizó el estudio de los diferentes partes que componen el sistema de combustible con el cual afianzar los conocimientos sobre el funcionamiento del mismo, a su vez, se realizaron entrevistas a expertos para conocer más acerca sobre cuáles son los valores ideales del sistema, los diferentes factores que pueden afectar estos valores y cosas que se deben tener en cuenta antes y durante la medición. Además, determinar con esto las posibles causas de la perturbación de la presión en el sistema de combustible.

Fase II: Se identificaron las distintas variables y parámetros presentes en el sistema de combustibles los cuales servirán en la siguiente fase para la selección y configuración de los componentes.

Fase III: Se realizó la selección de los componentes a utilizar para el diseño del dispositivo, así como sus características y especificaciones. Luego, se realizó el conexionado de estos componentes en Proteus para la exposición del diagrama de circuito, a su vez, la presentación de la interfaz de la aplicación móvil con la cual se podrá controlar el dispositivo de forma remota y donde se mostrarán los datos percibidos por el sensor, mensajes de estado y grafica de valores. Además, una breve explicación del funcionamiento del mismo.

Fase IV: Se realizó el estudio de la factibilidad técnica de la propuesta, en donde se destaca que los componentes para su diseño están adecuados a la tarea a realizar. En

cuanto a la factibilidad operativa, se realizó el circuito y la aplicación de tal forma que sea fácil entendimiento y manejo para cualquier usuario. Por último, se estudió la factibilidad económica en la que se refleja que el diseño del dispositivo alcanza un monto de 207,73\$ del cual aproximadamente el 82% es el costo del sensor de presión, con lo cual, es factible en la parte económica.

## REFERENCIAS

- Anzil, F. (2010). **Concepto de control**. Zona económica. Obtenido de:  
<https://www.zonaeconomica.com/control>
- AdmdeproyectIngInf. (2011). **Factibilidad financiera, técnica y operativa**. Sites Google. Obtenido de:  
<https://sites.google.com/site/admdeproyectinginf/temario/unidad-ii-inicio-del-proyecto/2-5-estudio-de-factibilidad/2-5-1-factibilidad-financiera-tecnica-y-operativa>
- Arias, F. (2012). **El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica** (6ª ed.). Caracas: Episteme.
- Arduino. (2015). **Arduino Nano**. Arduino Official Store. Obtenido de:  
<https://store.arduino.cc/usa/arduino-nano>
- Azócar, R. (2015). **El Proyecto Factible: herramienta de diagnóstico y propuesta**. Aporrea. Obtenido de: <https://www.aporrea.org/educacion/a210113.html>
- Ambientum. (2018). **La combustión como proceso de transformación energética**. Obtenido de:  
[https://www.ambientum.com/enciclopedia\\_medioambiental/energia](https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/energia)
- Area Tecnologica. (2020). **Pulsador, Diodo LED**. Tecnología. Obtenido de:  
<https://www.areatecnologia.com/electricidad/pulsador.html>
- Correa, A; Aarón, I; Fuentes, A; José, L. (2017). **Investigación de la generación de emisiones contaminantes producidas por la variación de la presión de combustible en el sistema de alimentación en motores de combustión interna gasolina-diesel**. Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE).
- conservatucoche. (2018). **Filtro de combustible sucio u obstruido: causas, síntomas y problemas**. Obtenido de:  
<https://www.conservatucoche.com/es/motor/filtro-combustible-sucio-sintomas-y-problemas-31.html>
- CDMX Electrónica. (2019). **Módulo Bluetooth HC-06**. Obtenido de:

<https://cdmxelectronica.com/producto/modulo-bluetooth-hc-06/>

Doble, E. (2016). **Representaciones Heygricar C.A.** Obtenido de:  
<https://www.representacionesheygricar.com.ve/>

Editorial Definición MX. (2016). **Definición de Sistema Nervioso.** Definición MX.  
Obtenido de: <https://definicion.mx/sistema/>

Electrocomponentes. (2018). **Resistencias.** Obtenido de:  
<https://www.electrocomponentes.es/resistencias/resistencia-220-ohm-025w-32-.html>

Fernández, J; Coronado, G. (2013). **Presión.** Fisicalab. Obtenido de:  
<https://www.fisicalab.com/apartado/presion>

Fersainz, R. (2016). **Mecánica básica: ¿cómo funciona un motor de coche?**  
AutoBild. Obtenido de: <https://www.autobild.es/practicos/como-funciona-motor-coche-286423>

Goilav, N; Loi, G. (2016). **Arduino: Aprender a desarrollar para crear objetos inteligentes.** Ediciones ENI.

HBM. (2018). **Definición de un sensor de presión.** Obtenido de:  
<https://www.hbm.com/es/7646/que-es-un-sensor-de-presion/>

Navistar International Transportation Corp. (1995). **Manual de diagnósticos de los motores diesel para camiones DT-466E e International 530E.** Estados Unidos: EGES-145-S.

Navistar International Transportation Corp. (1997). **Manual de diagnósticos para motores equipados con la unidad ECM.** Estados Unidos: EGES-175.

Navistar International Transportation Corp. (2000). **Manual de servicio para motores diesel DT-466E e International 530E.** Estados Unidos: EGES-211.

Navistar International Transportation Corp. (2001). **Manual de diagnóstico y localización de fallas.** Estados Unidos: EGES-216.

- Navistar International Transportation Corp. (2016). **DT 466**. Obtenido de:  
<https://latin-america.internationalcamiones.com/motores/international-dt466>
- IS+D. (2017). **Fundamentos de investigación N°3: El proceso de investigación y niveles de conocimiento**. Obtenido de:  
<https://isdfundacion.org/2017/10/04/el-proceso-de-investigacion-y-niveles-de-conocimiento/>
- López, L. (2004). **Población muestra y muestreo**. SciELO. Obtenido de:  
[http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1815-02762004000100012](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-02762004000100012)
- Lozada, J. (2014). **Investigación aplicada: Definición, propiedad intelectual e industria**. CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica. Vol. 3 N°. 1.
- López, B; René, F; Lozada, P; Jonathan, S. (2017). **Diseño y construcción de un módulo de control electrónico del encendido e inyección de combustible para investigar la incidencia en los parámetros mecánicos del motor de combustión interna de 200CC mono cilíndrico**. Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE).
- Lugo, Z. (2018). **Población y muestra**. Diferenciador. Obtenido de:  
<https://www.diferenciador.com/poblacion-y-muestra/>
- Meza, J. (2015). **Paso a paso para construir un marco teórico**. SlideShare.  
Obtenido de: <https://es.slideshare.net/josedavid67/universidad-yacambu-paso-a-paso-para-construir-un-marco-terico-de-una>
- Nicuesa M. (2016). **Definición de dispositivo**. DefiniciónABC. Obtenido de:  
<https://www.definicionabc.com/tecnologia/dispositivo.php>
- Pérez, J. (2010). **Cómo redactar los antecedentes de la investigación**. Obtenido de:  
<https://asesoriatesis1960.blogspot.com/2010/12/antecedentes-de-la-investigacion.html>

- Paguatian E. (2015). **Partes principales del motor**. SlideShare. Obtenido de:  
<https://es.slideshare.net/ingpaguatiant2/partes-principales-del-motor>
- Rojas, E. (2010). **Antecedentes, bases teóricas y definición de términos**. Obtenido de:  
<http://metodologia2unefa.blogspot.com/2010/12/antecedentes-bases-teoricas-y.html>
- Raffino M. (2015). **Proceso**. Concepto de. Obtenido de: <https://concepto.de/proceso/>
- Ramírez, S. (2016). **8 características principales de un Motor International DT466**. Autosoporte. Obtenido de:  
<https://www.autosoporte.com/index.php/blog-automotriz/item/455-8-caracteristicas-principales-de-un-motor-international-dt466>
- Redacción España. (2016). **Transporte de mercancía y su rol en la cadena de suministro**. Internacionalmente. Obtenido de:  
<https://internacionalmente.com/transporte-de-mercancias-y-suministro/>
- Ramírez M; Julio A. (2017). **Diseño e implementación del sistema de ingreso de aire y control de inyección de combustible para verificar la incidencia en el desempeño mecánico de un motor de combustión interna de 200 CC mono cilíndrico**. Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE).
- Shuttleworth, M. (2008). **Diseño de investigación descriptiva**. Explorable. Obtenido de: <https://explorable.com/es/disenio-de-investigacion-descriptiva>
- Torrealba, C. (2009). **La recopilación documental como técnica de investigación**. Obtenido de: <http://dani14238551.blogspot.com/2009/03/la-recopilacion-documental-como-tecnica.html>
- Tigercat. (2017). **Tratamiento del diésel**. Obtenido de:  
<https://www.tigercat.com/es/consejos-de-servicio/dealing-with-diesel/>
- Terán, A. (2020). **¿Técnicas de recolección de datos para realizar un trabajo de investigación?** Online-Tesis. Obtenido de: <https://online-tesis.com/tecnicas-de-recoleccion-de-datos-para-realizar-un-trabajo-de-investigacion/>

Universidad Pedagógica Experimental Libertador. (2010). **Manual de trabajos de grado de especialización**. Barquisimeto, Venezuela.

Uship. (2019). **Transporte económico para su carga**. Obtenido de:  
<https://www.uship.com/ve/transporte-de-carga/>

Wigodski, J. (2010). **Población y muestra**. Obtenido de:  
<http://metodologiaeninvestigacion.blogspot.com/2010/07/poblacion-y-muestra.html>