



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

EXTENSIÓN LATACUNGA

DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN COMPROBADOR DE
INYECTORES DE GRUPOS ELECTRÓGENOS DE MOTOR
SERIE 3500 CATERPILLAR”

GUZMÁN FLORES ÁLVARO GONZALO

Tesis presentada como requisito previo a la obtención del
grado de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AÑO 2014

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE
EXTENSIÓN LATACUNGA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

YO: ÁLVARO GONZALO GUZMÁN FLORES

DECLARO QUE:

El proyecto de grado titulado: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN COMPROBADOR DE INYECTORES DE GRUPOS ELECTRÓGENOS DE MOTOR SERIE 3500 CATERPILLAR”** ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de ingeniería en mención.

Latacunga, Febrero del 2014.

.....
Álvaro G. Guzmán F.
C.I. 100341231-7

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE
EXTENSIÓN LATACUNGA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo titulado **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN COMPROBADOR DE INYECTORES DE GRUPOS ELECTRÓGENOS DE MOTOR SERIE 3500 CATERPILLAR”** fue desarrollado por **ÁLVARO GONZALO GUZMÁN FLORES**, bajo nuestra supervisión, cumpliendo con normas estatutarias establecidas por la ESPE en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE.

Latacunga, Febrero del 2014.

.....
Ing. Luis Mena
DIRECTOR DE TESIS

.....
Ing. Juan Rocha
CODIRECTOR DE TESIS

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE
EXTENSIÓN LATACUNGA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICADO

ING. LUIS MENA (DIRECTOR),
ING. JUAN ROCHA (CODIRECTOR)

CERTIFICAN

Que el trabajo titulado **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN COMPROBADOR DE INYECTORES DE GRUPOS ELECTRÓGENOS DE MOTOR SERIE 3500 CATERPILLAR”** realizado por el señor: **ÁLVARO GONZALO GUZMÁN FLORES**, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará al desarrollo profesional, **SI** recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de UN documento empastado y UN disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Autorizan al señor: **ÁLVARO GONZALO GUZMÁN FLORES**, que lo entreguen al ING. **JUAN CASTRO CLAVIJO**, en su calidad de Director de la Carrera de Ingeniería Automotriz.

Latacunga, Febrero del 2014.

Ing. Luis Mena

DIRECTOR

Ing. Juan Rocha

CODIRECTOR

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE
EXTENSIÓN LATACUNGA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN

YO: ÁLVARO GONZALO GUZMÁN FLORES

Autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución, del trabajo: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN COMPROBADOR DE INYECTORES DE GRUPOS ELECTRÓGENOS DE MOTOR SERIE 3500 CATERPILLAR”** cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Febrero del 2014.

.....

Álvaro G. Guzmán F.

C.I. 100341231-7

DEDICATORIA

A Dios nuestro padre por darme la vida y hoy tenerme aquí, por cuidarme y no llevarme por malos rumbos, por darme fuerzas para luchar por mis sueños. Gracias Diosito.

A mis padres Sandra y Gonzalo, que cada día soñaron que llegue este momento tan importante en mi vida profesional, y gracias a ellos estoy aquí, siempre pensando en ustedes papitos para no defraudarles y salir siempre adelante por el camino del bien y la honestidad.

A mis hermanos Mónica, Javier, y Francisco, que son parte de mi ser, todo esto va por ellos, para ayudarles en lo que pueda siempre.

A mis tías y tíos, Graciela, Noemí, Antoña, Bachita, Rolando, Darwin, Hugo, que siempre con sus consejos y ánimos para seguir adelante me fortalecían y me daban más energía para llegar a este gran sueño que hoy se me hace realidad.

A mi abuelita Etelvina, a mi abuelita María, a mi abuelito Antoño y German que el sueño de ellos fue verme como un gran ingeniero, hoy lo cumpla abuelitos queridos.

A todos mis amig@s y compañer@s que me ayudaban y brindaban su apoyo en momentos difíciles a lo largo de todo este tiempo, gracias.

Álvaro G. Guzmán F.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi padre y a mi madre por trabajar y luchar tanto para darme lo mejor, a veces pasando por momentos muy difíciles pero siempre terminando en felicidad.

Agradezco a toda mi familia en general, porque siempre estuvieron junto a mí, y buscaron lo mejor para mí.

Agradezco al Ingeniero Luis Mena y Juan Rocha, profesores que me supieron enseñar y corregir a lo largo de mi carrera como Ingeniero Automotriz y al final en mi proyecto de grado.

Agradezco al Ingeniero Darío Espinoza Gerente del Área de Mantenimiento y Reparación de Motores en la Compañía de Alquiler y Suministro Petrolero Rs Roth S.A., gracias totales por su apoyo y confianza brindada, jamás le defraudare.

Agradezco a don Antoño Galarza propietario de Galardiesel y a todos sus trabajadores por la ayuda brindada durante el desarrollo de mi proyecto.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, y a todos los Ingenieros de la Carrera de Ingeniería Automotriz, que fueron unos excelentes maestros de la enseñanza, y que hoy en la vida profesional todo eso siempre lo pondremos en práctica, siempre haremos quedar muy en alto el nombre de la universidad y de ustedes. Muchas gracias estimados maestros.

Álvaro G. Guzmán F.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	ii
CERTIFICACIÓN.....	iii
CERTIFICADO.....	iv
AUTORIZACIÓN.....	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE TABLAS	xxiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xxv
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	3
CAPÍTULO I.....	5
INTRODUCCIÓN.....	5
1. INTRODUCCIÓN.....	5
1.1 ANTECEDENTES.....	5
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	5
1.3 DESCRIPCIÓN RESUMIDA DEL PROYECTO.....	7
1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	7
1.5 OBJETIVOS.....	8
1.5.1 OBJETIVO PRINCIPAL.....	8
1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8

1.6 METAS.....	8
1.7 HIPÓTESIS.....	9
1.8 PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS.	9
1.8.1 HIPÓTESIS.....	9
1.8.2 VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.....	10
1.8.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	10
CAPÍTULO II.....	13
MARCO TEÓRICO	13
2. MARCO TEÓRICO.	13
2.1 CATERPILLAR.	13
2.1.1 CATERPILLAR MOTOR SERIE 3500.	13
2.1.2 DATOS ESPECÍFICOS.....	14
2.2 SISTEMAS DE INYECCIÓN DIESEL CATERPILLAR SERIE 3500. .	14
2.2.1 CLASIFICACIÓN.	15
2.3 SISTEMA DE CONTROL ELECTRÓNICO.....	17
2.3.1 COMPONENTES ELECTRÓNICOS DEL SISTEMA.	17
2.4 INYECTORES CATERPILLAR SERIE 3500.....	24
2.4.1 INYECTOR UNITARIO ELECTRÓNICO E.U.I.....	25
2.4.2 INYECTOR UNITARIO MECÁNICO M.U.I.....	37
2.4.3 BOMBA DE TRANSFERENCIA DE COMBUSTIBLE.	43
2.4.4 CURVA CARACTERÍSTICA DE INYECCIÓN E.U.I y M.U.I.	45
2.4.5 CÓDIGOS DEL INYECTOR.....	46
2.5 DISPOSITIVOS HIDRÁULICOS.	47
2.5.1 BOMBA HIDRÁULICA DE ENGRANES.	47
2.5.2 BOMBA DE ENGRANAJES EXTERNOS RECTOS.	48
2.5.3 VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN.....	48
2.5.4 FILTROS.....	50

2.5.5 MANÓMETRO.....	53
2.5.6 TANQUE DE ALMACENAMIENTO HIDRÁULICO.....	54
2.5.7 FLUIDO DE CALIBRACIÓN.....	56
2.5.8 MANGUERAS HIDRÁULICAS.....	58
2.6 ACOPLER FLEXIBLES.....	60
2.6.1 JUNTA OLDHAM (CRUCETA).....	60
2.6.2 ADAPTADOR HIDRÁULICO O JUNTA PARA MANGUERAS.....	61
2.7 PROBETAS.....	62
2.8 MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS.....	62
2.9 VARIADOR DE FRECUENCIA.....	64
2.10 HARDWARE ARDUINO.....	66
2.11 BIBLIOTECA EN ARDUINO.....	68
2.12 CONVERTORES DC A DC.....	69
2.12.1 MODO CONTINUO.....	70
2.12.2 MODO DISCONTINUO.....	71
2.13 CAMBOX.....	72
CAPÍTULO III.....	74
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	74
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	74
3.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	74
3.1.1 ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL.....	74
3.1.2 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	75
3.1.3 MUESTREO ESTRATIFICADO.....	75
3.2 RECOLECCIÓN DE DATOS.....	76
3.2.1 LA ENCUESTA.....	77
3.3 ESQUEMA DE LA PROPUESTA.....	90

3.4 SELECCIÓN DE COMPONENTES PARA EL “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL COMPROBADOR DE INYECTORES E.U.I. Y M.U.I. DE MOTOR SERIE 3500 CATERPILLAR”	90
3.4.1 SELECCIÓN DE COMPONENTES HIDRÁULICOS.....	90
3.4.2 SELECCIÓN DE COMPONENTES MECÁNICOS.....	108
3.4.3 SELECCIÓN DE COMPONENTES ELÉCTRICOS.	119
3.5 DISEÑO DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE.	131
3.5.1 DESCRIPCIÓN RESUMIDA DEL SISTEMA.....	132
3.5.2 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA.....	132
3.6 DISEÑO MECÁNICO.....	134
3.6.1 MODELADO 3D SOLIDWORKS 2013.....	134
3.7 DISEÑO ELÉCTRICO.....	142
3.7.1 CONEXIÓN DE LOS MOTORES TRIFÁSICOS A LA RED.....	142
3.7.2 DIAGRAMA ELÉCTRICO.	146
3.7.3 MATERIALES USADOS EN LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	152
3.8 DISEÑO ELECTRÓNICO.	154
 CAPÍTULO IV.....	 161
CONSTRUCCIÓN, MONTAJE, PRUEBAS DEL COMPROBADOR DE INYECTORES E.U.I. y M.U.I., CATERPILLAR SERIE 3500	161
4.1 CONSTRUCCIÓN DEL COMPROBADOR DE INYECTORES.....	161
4.1.1 DIAGRAMA DE PROCESO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURA METÁLICA DEL COMPROBADOR DE INYECTORES.....	163
4.2 ACABADOS DE LA ESTRUCTURA DEL COMPROBADOR DE INYECTORES.....	164
4.2.1 MONTAJE DE LA CUBIERTA Y ADITAMENTOS.	166

4.2.2 DIAGRAMA DE PROCESO PARA EL MONTAJE DE LA CUBIERTA, ADITAMENTOS Y ACABADOS.....	167
4.3 CONSTRUCCIÓN DEL DEPÓSITO DE COMBUSTIBLE.....	168
4.4 CONSTRUCCIÓN DEL PORTAPROBETAS.....	172
4.4.1 CAJA PORTAPROBETAS.....	172
4.4.2 DIAGRAMA DE PROCESO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL DEPÓSITO DE COMBUSTIBLE Y EL PORTAPROBETAS.	173
4.5 MONTAJE DEL CAMBOX.....	174
4.5.1 CAJA - CAMBOX.....	175
4.6 MONTAJE DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN.....	181
4.6.1 MONTAJE DE MANGUERAS DE ASPIRACIÓN Y RETORNO DE COMBUSTIBLE.....	181
4.6.2 DIAGRAMA DE PROCESO PARA EL MONTAJE DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN Y CAMBOX.....	185
4.7 MONTAJE DEL SISTEMA ELÉCTRICO.....	186
4.7.1 MONTAJE DEL MOTOR ELÉCTRICO SECUNDARIO.....	186
4.7.2 MONTAJE DEL MOTOR ELÉCTRICO PRINCIPAL.....	187
4.7.3 DIAGRAMA DE PROCESO PARA EL MONTAJE DEL SISTEMA ELÉCTRICO.....	188
4.8 MONTAJE DEL SISTEMA ELECTRÓNICO.....	189
4.8.1 PLACAS DE POTENCIA.....	190
4.8.2 PLACAS DE CONTROL.....	190
4.8.3 DIAGRAMA DE PROCESO DEL SISTEMA ELECTRÓNICO.....	194
4.9 DATOS INICIALES DEL CAUDAL MEDIDO A LOS INYECTORES NUEVOS E.U.I. y M.U.I., CATERPILLAR SERIE 3500.....	195
4.10 PRÁCTICAS Y REPARACIONES DE LOS INYECTORES CATERPILLAR SERIE 3500 EN EL COM PROBADOR.....	196
4.10.1 PRÁCTICA INSPECCIÓN VISUAL EXTERNA.....	196
4.10.2 PRÁCTICA LAVADO DEL INYECTOR.....	201

4.10.3 PRÁCTICA ENTREGA EN ARRANQUE, RALENTÍ, Y MEDIA PRESIÓN DE COMBUSTIBLE.	211
4.10.4 REPARACIÓN DE LOS INYECTORES E.U.I. Y M.U.I. SERIE 3500 CATERPILLAR.....	225
CAPÍTULO V.....	249
MARCO ADMINISTRATIVO	249
5. MARCO ADMINISTRATIVO.	249
5.1 RECURSOS.....	249
5.1.1 RECURSOS HUMANOS.	249
5.1.2 RECURSOS TECNOLÓGICOS.....	250
5.1.3 RECURSOS MATERIALES.....	250
5.2 ANÁLISIS DE COSTOS DEL PROYECTO.....	250
5.2.1 COSTO DEL DISEÑO ELECTRÓNICO.....	250
5.2.2 COSTO DEL DISEÑO MECÁNICO.	251
5.2.3 COSTO DISEÑO HIDRÁULICO.	252
5.2.4 COSTO DISEÑO ELÉCTRICO.....	253
5.3 COSTO NETO DEL BANCO DE PRUEBAS.....	253
5.4 ANÁLISIS DEL COSTO VERSUS EL BENEFICIO.....	254
5.5 CRONOGRAMA.	254
CONCLUSIONES.....	255
RECOMENDACIONES.....	257
BIBLIOGRAFÍA.....	258
NETGRAFÍA.	259

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1: Diagrama Causa – Análisis del Planteamiento del Problema.	6
Figura 2. 1: Motor Caterpillar serie 3500.....	13
Figura 2. 2: Caterpillar serie 3500, orden de los cilindros.	14
Figura 2. 3: Sistema de inyección M.U.I. Caterpillar serie 3500.....	16
Figura 2. 4: Sistema de inyección E.U.I. Caterpillar serie 3500.	16
Figura 2. 5: Sistema Electrónico Caterpillar serie 3500.	18
Figura 2. 6: Características eléctricas del ECM Caterpillar serie 3500. ...	20
Figura 2. 7: Distribuidor electrónico, fuente de energía de los inyectores.	21
Figura 2. 8: Sensor de presión 3 cables.	22
Figura 2. 9: Sensor de temperatura 2 cables.	23
Figura 2. 10: Sensor de posición 3 cables.	23
Figura 2. 11: Sensores de velocidad 2 cables.	24
Figura 2. 12: Actuadores inyección E.U.I. y M.U.I.....	24
Figura 2. 13: Sistema de operación E.U.I.	25
Figura 2. 14: Mecanismo de funcionamiento del inyector E.U.I.	26
Figura 2. 15: Inyector de combustible E.U.I.	27
Figura 2. 16: Válvula solenoide del inyector E.U.I.....	29
Figura 2. 17: Válvula solenoide abierta del inyector E.U.I.....	29
Figura 2. 18: Válvula solenoide cerrada del inyector E.U.I.	30
Figura 2. 19: Onda de la corriente del solenoide del inyector E.U.I.	31
Figura 2. 20: Solenoide y movimiento de la electroválvula E.U.I.	32
Figura 2. 21: Etapa de pre-inyección del inyector E.U.I.	33
Figura 2. 22: Etapa de inyección del inyector E.U.I.	34
Figura 2. 23: Etapa final de la inyección del inyector E.U.I.	35
Figura 2. 24: Etapa de llenado del inyector E.U.I.....	36
Figura 2. 25: Sistema de inyección mecánica M.U.I.	37
Figura 2. 26: Bomba de combustible Inyector Unitario M.U.I.....	38
Figura 2. 27: Inyector - Bomba M.U.I.	39
Figura 2. 28: Varillaje de control de la cremallera de combustible M.U.I.	40

Figura 2. 29: Conjunto de cremallera Inyector M.U.I.....	41
Figura 2. 30: Regulador mecánico del sistema de inyección M.U.I.....	42
Figura 2. 31: Vista interna del regulador mecánico M.U.I.	43
Figura 2. 32: Bomba de transferencia de combustible del sistema M.U.I. 43	
Figura 2. 33: Solenoide de corte de combustible.	44
Figura 2. 34: Etapas de trabajo del inyector E.U.I. y M.U.I.	45
Figura 2. 35: Curva característica de la inyección E.U.I. y M.U.I.	46
Figura 2. 36: Códigos de los inyectores Caterpillar serie 3500.....	46
Figura 2. 37: Bomba rotativa de engranes externos.	48
Figura 2. 38: Presión de apertura de la válvula de alivio.	49
Figura 2. 39: Ajuste de presión de la válvula de alivio.	50
Figura 2. 40: Filtro de aspiración con válvula de derivación.	50
Figura 2. 41: Filtro de retorno.....	51
Figura 2. 42: Material de los filtros, capa simple y capa múltiple.	52
Figura 2. 43: Indicador del grado de suciedad.....	53
Figura 2. 44: Manómetro de presión.	53
Figura 2. 45: Reservorio de aceite estándar.	54
Figura 2. 46: Reservorio de aceite estándar, vista interna.	55
Figura 2. 47: Índice de viscosidad.....	57
Figura 2. 48: Diámetro interno de una manguera.	59
Figura 2. 49: Recomendaciones para instalación de mangueras.	60
Figura 2. 50: Junta Oldham	61
Figura 2. 51: Acoples rápidos.	61
Figura 2. 52: Probeta.	62
Figura 2. 53: Fuerza electromotriz ejercida en una espira.	63
Figura 2. 54: Funcionamiento del variador de frecuencia.	65
Figura 2. 55: Hardware Arduino.....	66
Figura 2. 56: Arduino 168.	67
Figura 2. 57: Convertidor Boost operando en modo continuo.....	71
Figura 2. 58: Convertidor boost operando en modo discontinuo.	72
Figura 2. 59: Cambox E.U.I. y M.U.I., Caterpillar serie 3500.	73

Figura 3. 1: Diagrama de bloques pregunta 1.....	82
Figura 3. 2: Diagrama de bloques pregunta 2.....	83
Figura 3. 3: Diagrama de bloques pregunta 3.....	84
Figura 3. 4: Diagrama de bloques pregunta 4.....	85
Figura 3. 5: Diagrama de bloques pregunta 5.....	86
Figura 3. 6: Diagrama de bloques pregunta 6.....	87
Figura 3. 7: Diagrama de bloques pregunta 7.....	88
Figura 3. 8: Diagrama de bloques pregunta 8.....	89
Figura 3. 9: Bomba de transferencia de combustible, reconstruida.	91
Figura 3. 10: Despiece de la bomba de transferencia de combustible.....	92
Figura 3. 11: Engranaje conducido de la bomba de combustible.....	92
Figura 3. 12: Bujes internos de la bomba de combustible.	93
Figura 3. 13: Resorte de la válvula de alivio de la bomba	93
Figura 3. 14: Monograma para la selección de la manguera.	96
Figura 3. 15: Identificación filtro STAUFF: SUS-P-068-N16F-140-125-0.	97
Figura 3. 16: Filtros de aspiración para la aplicación.....	97
Figura 3. 17: Filtro de retorno usado en la aplicación.	99
Figura 3. 18: Identificación del filtro de retorno: SSF 120 – 25.	99
Figura 3. 19: Soporte del filtro de retorno.	100
Figura 3. 20: Filtro de Saturación CI - 20 para la aplicación.	100
Figura 3. 21: Válvula reguladora de presión.	101
Figura 3. 22: Manómetro utilizado para la aplicación.....	102
Figura 3. 23: Código del visor de nivel: SNA 127B-S-T1-12-O-90.....	104
Figura 3. 24: Indicador de temperatura con visor de nivel de aceite.....	105
Figura 3. 25: Reservorio de combustible.	105
Figura 3. 26: Tapón de salida y retornos.	106
Figura 3. 27: Manguera de suministro y retorno de combustible.	107
Figura 3. 28: Combustible de calibración.....	108
Figura 3. 29: Tubo cuadrado.....	110
Figura 3. 30: Planchas de TOOL.	111
Figura 3. 31: Cotas de medidas del acople elástico L075.....	114

Figura 3. 32: Acople elástico L075.....	115
Figura 3. 33: Caja de levas.....	116
Figura 3. 34: Rines, cauchos y tapones de la caja de levas.	117
Figura 3. 35: Base y pilar de la caja de levas.	117
Figura 3. 36: Leva, y acople del inyector E.U.I., Caterpillar serie 3500..	118
Figura 3. 37: Elevador del inyector M.U.I., Caterpillar serie 3500.....	119
Figura 3. 38: Motor eléctrico 1Hp Trifásico WEG.....	121
Figura 3. 39: Especificaciones del variador LS SV008iG5A-2.	121
Figura 3. 40: Variador de frecuencia 1hp.....	122
Figura 3. 41: Fuerzas y deformaciones del inyector E.U.I.....	125
Figura 3. 42: Motor eléctrico 10 Hp trifásico SIEMENS.	130
Figura 3. 43: Especificaciones del variador 10 hp LS SV008iG5A.....	130
Figura 3. 44: Variador de frecuencia 10 Hp LS SV008iG5A.	131
Figura 3. 45: Circuito hidráulico para la aplicación.....	132
Figura 3. 46: Diseño del circuito hidráulico para la aplicación.	133
Figura 3. 47: Diseño de la estructura.	134
Figura 3. 48: Centro de gravedad de la estructura.....	135
Figura 3. 49: Distribución de fuerzas en la estructura.....	136
Figura 3. 50: Cargas y sujeciones de la estructura.	138
Figura 3. 51: Representación de las fuerzas y sus nodos.	138
Figura 3. 52: Ubicación de la fuerza A y su nodo.....	139
Figura 3. 53: Ubicación de la fuerza B y su nodo.....	139
Figura 3. 54: Análisis de esfuerzos en la estructura.	140
Figura 3. 55: Desplazamientos de la estructura.....	141
Figura 3. 56: Factor de seguridad de la estructura.	142
Figura 3. 57: Conexión triángulo.	143
Figura 3. 58: Conexión triángulo identificada.....	143
Figura 3. 59: Caja de conexión motor trifásico 10hp Siemens.....	144
Figura 3. 60: Circuito de fuerza 220v.....	147
Figura 3. 61: Tablero circuito de fuerza montado.....	148
Figura 3. 62: Circuito de control uno para 220v.	149

Figura 3. 63: Circuito de control uno montado.	149
Figura 3. 64: Circuito de control 2 para 220v.	149
Figura 3. 65: Circuito de control dos montado.	150
Figura 3. 66: Tablero de fuerza y control montados.....	150
Figura 3. 67: Conexión del variador de frecuencia.....	150
Figura 3. 68: Diagrama de bloques de control.	151
Figura 3. 69: Frecuencia de trabajo del variador.....	152
Figura 3. 70: Pulsador rasante 220v.	152
Figura 3. 71: Cable sucre o concéntrico 3X12.	152
Figura 3. 72: Cable sucre o concéntrico 3X10.	153
Figura 3. 73: Cable sucre flexible # 14.....	153
Figura 3. 74: Breker LS BKN C40.....	153
Figura 3. 75: Breker LS BKN-b C20.....	154
Figura 3. 76: Secciones de la parte digital implementada.....	155
Figura 3. 77: Mosfet de potencia IRFP460.	156
Figura 3. 78: Activación digital al pin Gate.....	157
Figura 3. 79: Placa del conversos DC a DC.	158
Figura 3.80: Diagrama de flujo lógico de la programación del módulo...159	
Figura 3.81: Diagrama de flujo lógico del manejo del módulo.....160	
Figura 4. 1: Estructura metálica del Comprobador.....	162
Figura 4. 2: Dobles de las planchas.....	162
Figura 4. 3: Pintado de la estructura.	164
Figura 4. 4: Pulida de la estructura.	165
Figura 4. 5: Lijado de las planchas de TOOL.....	165
Figura 4. 6: Doblado de las planchas de TOOL.....	166
Figura 4. 7: Perforaciones en la estructura.	166
Figura 4. 8: Empernamiento en la estructura.	167
Figura 4. 9: Construcción del depósito de combustible.....	168
Figura 4. 10: Indicador de nivel y temperatura.....	169
Figura 4. 11: Tapón de vaciado del depósito de combustible.	169
Figura 4. 12: Tapa del depósito de combustible.	170

Figura 4. 13: Líneas de retorno del tanque de combustible.	170
Figura 4. 14: Línea de succión del depósito de combustible.	171
Figura 4. 15: Bafle o separador interno del depósito de combustible. ...	171
Figura 4. 16: Caja portaprobetas del comprobador.....	172
Figura 4. 17: Malla de soporte y base de sujeción del comprobador.	172
Figura 4. 18: Palanca de manipulación y lámpara lineal.....	173
Figura 4. 19: Despiece del Cambox.....	174
Figura 4. 20: Caja o cambox.....	175
Figura 4. 21: Eje de leva.	175
Figura 4. 22: Conjunto de rodamientos.....	176
Figura 4. 23: Montaje de los rodamientos.....	176
Figura 4. 24: Montaje de la leva en el Cambox.....	177
Figura 4. 25: Montaje de la tapa del eje de levas.....	177
Figura 4. 26: Montaje de todas las tapas del eje de leva.	178
Figura 4. 27: Mecanismo de empuje.....	178
Figura 4. 28: Montaje del mecanismo de empuje.	179
Figura 4. 29: Ejes de sujeción o pilares.	179
Figura 4. 30: Montaje de los pilares de sujeción.....	180
Figura 4. 31: Montaje de la base y acople.	180
Figura 4. 32: Montaje del cambox en el comprobador.....	181
Figura 4. 33: Montaje del sistema de alimentación.....	182
Figura 4. 34: Montaje válvula de alivio y filtro de retorno.	183
Figura 4. 35: Montaje del filtro de retorno, bomba y motor eléctrico.	185
Figura 4. 36: Montaje motor eléctrico primario y secundario.	187
Figura 4. 37: Montaje del tablero eléctrico.	187
Figura 4. 38: Montaje de los variadores de frecuencia.	188
Figura 4. 39: Caja del sistema electrónico.....	190
Figura 4. 40: Placas de la fuente de poder.	190
Figura 4. 41: Placa de la fuente de control.	191
Figura 4. 42: Montaje de pulsadores, led's y lcds.	191
Figura 4. 43: Montaje de conectores.....	192

Figura 4. 44: Montaje del disipador de calor y mosfet's.	192
Figura 4. 45: Montaje de los switchs.....	193
Figura 4. 46: Montaje de las fuentes de poder y placas.....	193
Figura 4. 47: Ubicación de los inyectores en una mesa limpia.	197
Figura 4. 48: Identificando irregularidades en el inyector M.U.I.	198
Figura 4. 49: Visualizando fracturas en el inyector E.U.I. y M.U.I.	198
Figura 4. 50: Detectando atomización en la tobera del inyector	199
Figura 4. 51: Detectando deformación a lo largo del inyector	199
Figura 4. 52: Detectando erosiones en el inyector E.U.I y M.U.I.	200
Figura 4. 53: Montaje del cambox a la base del comprobador	203
Figura 4. 54: Conexión de mangueras de alimentación y retorno.....	203
Figura 4. 55: Alimentación a la red trifásica.	204
Figura 4. 56: Regulación a 60 psi el sistema de combustible.	204
Figura 4. 57: Regular 150 RPM el variador de 10 HP.....	205
Figura 4. 58: Encendido del módulo E.U.I.	205
Figura 4. 59: Selección de ancho de pulso 1.5 ms.	205
Figura 4. 60: Ingreso del número de inyecciones 100.	206
Figura 4. 61: Enciendo el conversor DC-DC.....	206
Figura 4. 62: Ingreso 40% en el conversor.	206
Figura 4. 63: Montaje del inyector M.U.I., y el cambox al comprobador.	207
Figura 4. 64: Conexión de mangueras de alimentación de combustible.....	207
Figura 4. 65: Conexión del comprobador a la red trifásica.....	208
Figura 4. 66: Regulación de 60 psi el sistema de combustible.	208
Figura 4. 67: Regular 150 RPM en el variador de 10 HP.....	209
Figura 4. 68: Encendemos el módulo E.U.I.	209
Figura 4. 69: Ingreso del número de inyecciones 100.	209
Figura 4. 70: Montaje del cambox en el comprobador de inyectores.	213
Figura 4. 71: Conexión de mangueras de alimentación y retorno.....	214
Figura 4. 72: Ingreso del ancho de pulso 1.5 ms.	214
Figura 4. 73: Ingreso del número de inyecciones 100.	215
Figura 4. 74: Ingreso del porcentaje del conversor en 40%.....	215

Figura 4. 75: Ingreso 150 RPM en el variador de 10 HP.	215
Figura 4. 76: Ingreso 300 RPM en el variador de 10 HP.	216
Figura 4. 77: Ingreso 600 RPM en el variador de 10 HP.	216
Figura 4. 78: Montaje del inyector E.U.I., y el cambox.....	217
Figura 4. 79: Conexión de mangueras de alimentación y retorno.....	217
Figura 4. 80: Ingreso del número de inyecciones 100.	218
Figura 4. 81: Regulamos 150 PRM, en el variador de 10 HP.	218
Figura 4. 82: Regulamos 300 PRM, en el variador de 10 HP.	219
Figura 4. 83: Regulamos 600 PRM, en el variador de 10 HP.	219
Figura 4. 84: Regulamos 150 PRM, en el variador de 10 HP.	220
Figura 4. 85: Regulamos 300 PRM, en el variador de 10 HP.	221
Figura 4. 86: Regulamos 600 PRM, en el variador de 10 HP.	221
Figura 4. 87: Sujeción del inyector en la entenalla.....	227
Figura 4. 88: Uso de la llave de pico para aflojar la tapa porta-tobera...	228
Figura 4. 89: Visualización de la rosca de la tapa porta-tobera.	228
Figura 4. 90: Visualización de fallas en la tobera.....	229
Figura 4. 91: Desarmado del cuerpo de alta presión inyector M.U.I.	229
Figura 4. 92: Elemento de alta presión del inyector M.U.I.	230
Figura 4. 93: Desarmado del plunyer de alta presión del inyector M.U.I.	230
Figura 4. 94: Porta elemento del inyector M.U.I.....	231
Figura 4. 95: Desarmado del resorte y el elemento del inyector M.U.I. .	231
Figura 4. 96: Visualización de fallas de todos los componentes M.U.I. .	232
Figura 4. 97: Sujeción del inyector E.U.I. en la entenalla.....	232
Figura 4. 98: Conjunto de alta presión del inyector E.U.I.....	233
Figura 4. 99: Cuerpo del inyector E.U.I.....	233
Figura 4. 100: Conjunto de alta presión del inyector E.U.I.....	234
Figura 4. 101: Fallas en los barriles de alta presión del inyector E.U.I. .	234
Figura 4. 102: Válvula solenoide del inyector E.U.I.....	235
Figura 4. 103: Componentes del inyector M.U.I.....	235
Figura 4. 104: Tobera del inyector M.U.I.....	236
Figura 4. 105: Cuerpo del inyector M.U.I.	236

Figura 4. 106: Distribución de combustible del inyector M.U.I.	237
Figura 4. 107: Eje elemento y cilindro intensificador del inyector M.U.I.	237
Figura 4. 108: Componentes de la chaveta del inyector E.U.I.	238
Figura 4. 109: Chaveta de seguridad del inyector M.U.I.	238
Figura 4. 110: Elemento y cremallera del inyector M.U.I.	239
Figura 4. 111: Elementos de alta presión del inyector M.U.I.....	239
Figura 4. 112: Cilindro intensificador del inyector M.U.I.....	240
Figura 4. 113: Cuerpo de accionamiento del inyector M.U.I.	240
Figura 4. 114: Cuerpo de accionamiento y cauchos del inyector M.U.I.	241
Figura 4. 115: Partes del inyector E.U.I.	241
Figura 4. 116: Conjunto tobera del inyector E.U.I.	242
Figura 4. 117: Tobera del inyector E.U.I.	242
Figura 4. 118: Componentes del inyector E.U.I.	242
Figura 4. 119: Bobina, cuerpo de accionamiento del inyector E.U.I.....	243
Figura 4. 120: Cilindro disipador e intensificador del inyector E.U.I.	243
Figura 4. 121: Cilindro disipador y tobera del inyector E.U.I.	244
Figura 4. 122: Unión del cuerpo del inyector y la alta presión E.U.I.....	244
Figura 4. 123: Ajuste de la tuerca del cuerpo inyector E.U.I.	245
Figura 4. 124: Comprobación de la bonina del inyector E.U.I.....	245
Figura 4. 125: Plunyer del inyector M.U.I.....	246
Figura 4. 126: Cilindro intensificador M.U.I.	246
Figura 4. 127: Tobera del inyector M.U.I.....	247
Figura 4. 128: Tobera del inyector E.U.I.	247
Figura 4. 129: Cauchos de los inyectores.....	247

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. 1. Variables independientes y dependientes.....	11
Tabla 2. 1. Voltajes de componentes electrónicos Caterpillar.	20
Tabla 2. 2. Parámetros para la selección del filtro adecuado.	52
Tabla 2. 3. Especificaciones Arduino Atmega 168 Y 328.	66
Tabla 3. 1. Tamaño de la muestra.	76
Tabla 3. 2. Respuestas pregunta 1.	81
Tabla 3. 3. Respuestas pregunta 2.	82
Tabla 3. 4. Respuestas pregunta 3.	83
Tabla 3. 5: Respuestas pregunta 4.	84
Tabla 3. 6. Respuestas pregunta 5.	85
Tabla 3. 7. Respuestas pregunta 6.	86
Tabla 3. 8. Respuestas pregunta 2.	87
Tabla 3. 9. Respuesta pregunta 8.	88
Tabla 3. 10. Componentes del sistema de alimentación.....	91
Tabla 3. 11. Parámetros de operación del filtro de succión.	97
Tabla 3. 12. Parámetros de operación del filtro de retorno.	98
Tabla 3. 13. Parámetros de operación del indicador de saturación.	100
Tabla 3. 14. Códigos de la válvula RV3 -10 - S - 0 – 3.	101
Tabla 3. 15. Parámetros de operación del manómetro.	102
Tabla 3. 16. Especificaciones de mangueras de suministro y retorno. ...	107
Tabla 3. 17. Especificaciones del combustible de calibración.	108
Tabla 3. 18. Especificaciones del tubo cuadrado.....	109
Tabla 3. 19. Especificaciones de la plancha de TOOL.	111
Tabla 3. 20. Coeficiente K1 para máquina motriz y receptora.	112
Tabla 3. 21. Coeficiente K2 para frecuencia de arranque.....	113
Tabla 3. 22. Coeficiente K3 para horas de funcionamiento diario.....	113
Tabla 3. 23. Selección del acople elástico L075.	114
Tabla 3. 24. Especificaciones del acople elástico L075.	114
Tabla 3. 25: Parámetros de operación del motor trifásico WEG 1HP. ...	120

Tabla 3. 26. Parámetros del variador de frecuencia LS SV008iG5A-2. .	122
Tabla 3. 27. Fuerza y deformación del resorte M.U.I.....	123
Tabla 3. 28. Coeficiente de fricción acero-acero y lubricado.	124
Tabla 3. 29. Fuerza y deformación del resorte E.U.I.....	126
Tabla 3. 30. Parámetros del variador de 5 hp LS SV008iG5A.....	131
Tabla 3. 31. Propiedades mecánicas del acero ASTM A36.....	140
Tabla 3. 32. Parámetros de funcionamiento del variador de frecuencia.	151
Tabla 4. 1. Parámetros iniciales del inyector M.U.I. Cat. serie 3500.....	195
Tabla 4. 2. Parámetros iniciales del inyector E.U.I. Cat. serie 3500.	195
Tabla 4. 3. Tabla de datos de la práctica realizada al inyector M.U.I. Caterpillar serie 3500.	222
Tabla 4. 4. Tabla de datos de la práctica realizada al inyector E.U.I. Caterpillar serie 3500.	223
Tabla 4. 5. Verificación de problemas en el inyector.....	227
Tabla 5. 1. Valor total de la parte electrónica.....	251
Tabla 5. 2. Costo del diseño mecánico.	251
Tabla 5. 3. Costo diseño hidráulico.....	252
Tabla 5. 4. Costo diseño eléctrico.....	253
Tabla 5. 5. Costo neto del banco de pruebas.	254

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A MANUAL DE MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN DEL COMPROBADOR DE INYECTORES E.U.I. Y M.U.I. CATERPILLAR SERIE 3500.	260
ANEXO B PLANOS DE LA ESTRUCTURA DEL COMPROBADOR DE INYECTORES E.U.I. Y M.U.I. CATERPILLAR SERIE 3500 REALIZADOS EN EL PROGRAMA SOLID WORKS.....	254
ANEXO C PROGRAMACIÓN EN ARDUINO.....	255
ANEXO D CRONOGRAMA	256
ANEXO E ARTÍCULO CIENTÍFICO.....	257

RESUMEN

Ante la necesidad de acudir a solucionar la falta de un equipo de diagnóstico para los inyectores Caterpillar de la serie 3500, en la Compañía de Alquiler y Suministro Petrolero Rs Roth S.A., planteamos el proyecto de grado con el tema: “Diseño y construcción de un comprobador de inyectores de grupos electrógenos de motor serie 3500 Caterpillar”.

Considerando que los sistemas de inyección de combustible E.U.I. (inyector unitario electrónico), y M.U.I. (inyector unitario mecánico), Caterpillar, son los más usados en lo que se refiere a motores generadores de electricidad, es necesario un equipo acorde para diagnosticar el estado de trabajo que cumplió el inyector.

Para la elaboración del proyecto se ha dividido en cinco capítulos:

En el Capítulo I, analizamos los antecedentes, el planteamiento del problema, la descripción y los objetivos planteados, además el planteamiento de la hipótesis, y las variables de la investigación las cuales nos ayudan a realizar un trabajo adecuado sobre los hechos que se investiga.

En el Capítulo II, detallamos el marco teórico en el cual describiremos el funcionamiento de los componentes que tomaremos en cuenta para la elaboración del proyecto.

En el Capítulo III, realizamos el diseño mecánico, eléctrico, hidráulico, y electrónico del comprobador de inyectores E.U.I. y M.U.I. Caterpillar serie 3500, detallando específicamente los componentes utilizados.

En el Capítulo VI, describimos el montaje del diseño mecánico, eléctrico, electrónico, e hidráulico, además la instalación y pruebas prácticas realizadas en el comprobador de inyectores E.U.I., y M.U.I., Caterpillar serie 3500.

En el Capítulo V, realizamos el análisis administrativo y recursos utilizados en la elaboración del proyecto, además analizamos las conclusiones y recomendaciones adquiridas en la elaboración y funcionamiento del proyecto.

PALABRAS CLAVE

Inyector unitario electrónico (E.U.I.)

Inyector unitario mecánico (M.U.I.)

Ancho de pulso

Número de inyecciones

Arduino

Tobera

Cremallera

Plunyer

Solenoides

Cambox

Módulo electrónico (E.U.I)

Caudal

ABSTRACT

Due to the necessity to get a solution to lack of a diagnostic kit for Caterpillar injectors series 3500 in the Rental Company and Rs Roth Oil Supply S.A., we present the graduation project with the theme: "Design and construction of a injector tester generators of the Caterpillar 3500 series engine."

Keeping in mind that the fuel injection systems in (E.U.I.) electronic Unitary Injector and (M.U.I.) mechanical unitary injector, Caterpillar are most commonly used in regards to electricity generators engines, it is necessary to have an equipment according to the necessity to diagnose the work sate performed by the injector.

The development of the project is divided into five chapters:

In Chapter I, the background was analyzed, the problem statement, description and objectives, also the approach of the hypothesis, and variables of searching which help us to make a proper job on the facts under investigation.

In Chapter II, the theoretical framework, the components operation is described to take into account the development of the project.

In Chapter III, the mechanical, electrical, hydraulic, and electronic design are made in E.U.I., injector tester and M.U.I., Caterpillar 3500 series, specifically detailing the components used.

In Chapter VI, the mechanical, electrical, electronic, and hydraulic assembly design, plus the installation and practical tests were made in E.U.I., injector tester and M.U.I., Caterpillar 3500 series.

In Chapter V, the administrative and resources used in the development of the project were performed. Moreover the analysis and conclusions and recommendations were made to get a proper operation of the project.

KEYWORDS

Electronic Unit Inyector (E.U.I.)

Mechanical Unit Injector (M.U.I.)

Pulse Width

Number of shots

Arduino

Nozzle

Zip

Plunyer

Solenoid

Cambox

Electronic Core (E.U.I)

Caudal

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN.

1.1 ANTECEDENTES.

En nuestro ámbito de estudio se encuentra muy limitada la información sobre el diseño y construcción de comprobadores de inyectores E.U.I y M.U.I de motor serie 3500 CATERPILLAR, lo que nos lleva a desarrollar este proyecto tomando en consideración todos los factores que influyen en su funcionamiento de acuerdo al campo sobre el cual se va a desempeñar y obviamente estando en capacidad de desarrollarlo.

Prácticamente, este proyecto no existe en nuestro país, es por eso que la Compañía de Alquiler y Suministro Petrolero RS ROTH, necesita de este equipo, con el objetivo principal de facilitar el diagnóstico de los inyectores E.U.I y M.U.I en la misma empresa.

Esto ayudara también a los estudiantes y personas en general para facilitarles información acerca del funcionamiento y diagnóstico de este tipo de inyectores, normalmente esta información es difícil encontrarla en el medio ya que solo la patenta Caterpillar.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La falta de equipos para realizar el diagnóstico de este tipo de inyectores y debido al exagerado costo en el mercado, es necesaria la construcción de este equipo, el cual nos permitirá realizar el diagnóstico de los inyectores, cumpliendo con los estándares adecuados, contribuyendo con la industria y especialmente con la Compañía de Alquiler y Suministro

Petrolero RS ROTH S.A. en el área de Reparación de Motores, además permitirá aportar con nuestros conocimientos y experiencia adquiridos en la carrera.

A través de este proyecto la empresa tendrá un beneficio interno en el sector financiero y laboral, y externamente a sus clientes, ya que con este comprobador los trabajos en el área de reparación se terminaran más rápido.

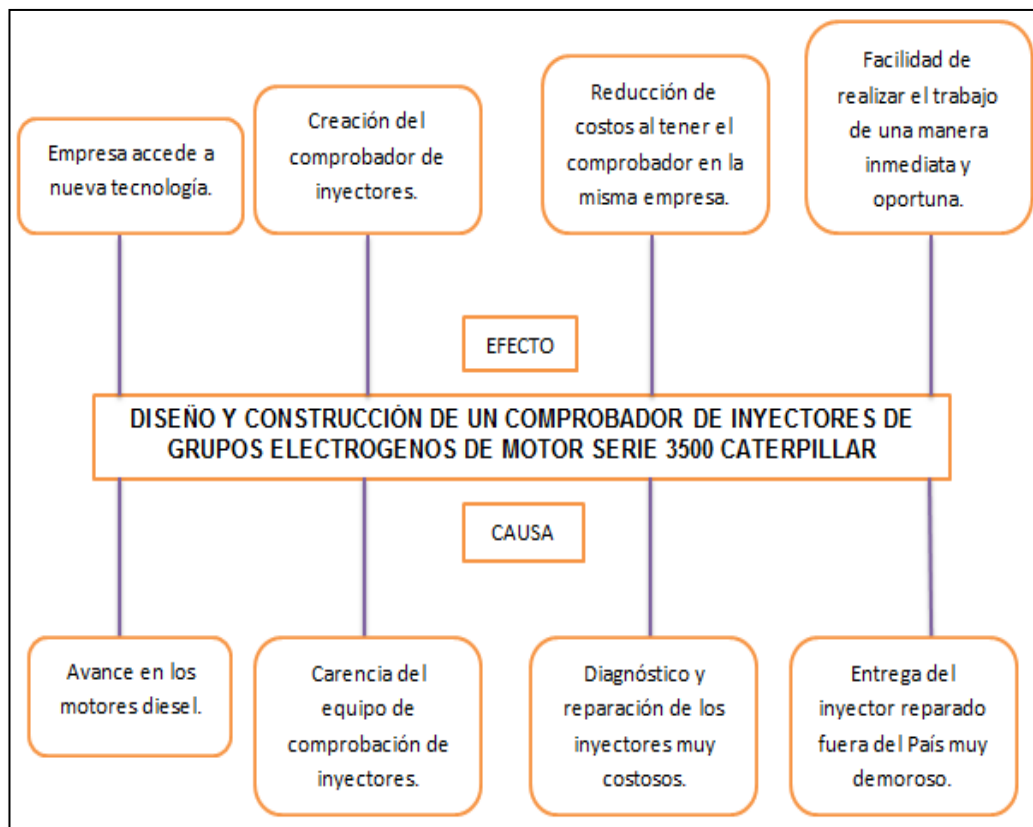


Figura 1. 1: Diagrama Causa – Análisis del Planteamiento del Problema.
Fuente: Grupo de investigación.

La falta de tecnología es una causa de pérdida de altas cantidades de dinero, especialmente en una empresa grande y en el sector petrolero, nosotros solucionaremos esta necesidad de la empresa desarrollando un proyecto de alta tecnología y con un buen performance.

1.3 DESCRIPCIÓN RESUMIDA DEL PROYECTO.

Un comprobador de inyectores usamos para diagnosticar el estado de un inyector, su principio de funcionamiento es el siguiente: En un tanque se tiene el líquido de comprobación, una bomba de transferencia toma el líquido de este depósito.

El líquido es filtrado y luego se mantiene a presión de trabajo 60 a 70 psi, en el inyector que se encuentra montado en el cambox (caja de levas) simulando que se encuentra en los cabezotes del motor.

Los inyectores están colocados en el cambox, un generador o simulador controller de pulsos permite energizar y des - energizar a la válvula solenoide del inyector para poder inyectar el momento necesario el líquido, realizando el accionamiento el árbol de levas y generándose la alta presión de 3000 a 3200 psi, dentro del inyector (Inyector bomba), para continuamente ser enviado a las probetas.

1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.

El desarrollo de este tema aportara como fuente de información para futuros proyectos de investigación en el área de Reparación de Motores Diesel y Maquinaria y Equipo Pesado en la Carrera de Ingeniería Automotriz, que se efectúen dentro de la Escuela Politécnica del Ejército.

Con la construcción de este comprobador de inyectores para la serie 3500 CATERPILLAR, se cubrirá la necesidad que tiene el mercado, de realizar un diagnóstico a los inyectores E.U.I y M.U.I. para esta serie.

En el desarrollo de este proyecto aplicaremos todos los conocimientos de Autotrónica, Motores Diesel, y Maquinaria Pesada, donde podremos comprobar todos los principios que se estudiaron en la misma.

Al implementar el banco de inyectores M.U.I y E.U.I, para la serie 3500 CATERPILLAR, será de gran ayuda para la Compañía de Alquiler y Suministro Petrolero RS ROTH S.A., para realizar el diagnóstico de los

inyectores los cuales se realizaran en el área de Reparación de Motores de la misma empresa evitando la adquisición de nuevos inyectores o de ser enviados a diagnosticarse fuera del país, ahorrando notablemente gran cantidad de tiempo y dinero.

La ESPE la mejor en el ámbito de ingeniería automotriz en el país, con la realización de este proyecto de tesis, contribuiremos al estudio de nuevas tecnologías que permitan a la comunidad politécnica estar capacitada y a la vanguardia de los avances tecnológicos.

1.5 OBJETIVOS.

1.5.1 OBJETIVO PRINCIPAL.

- Diseñar y construir un comprobador de inyectores de grupos electrógenos de motor serie 3500 Caterpillar.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Diseñar el sistema mecánico, hidráulico, eléctrico y electrónico del conjunto de comprobación.
- Implementar un proceso de diagnóstico, comprobación y pruebas de funcionamiento de los inyectores E.U.I y M.U.I., Caterpillar serie 3500.

1.6 METAS.

- Diseño del sistema hidráulico, eléctrico y electrónico del conjunto de comprobación en el lapso de cuatro semanas.
- Diseño del conjunto mecánico del comprobador de inyectores en el lapso de cinco semanas.

- Implemento un proceso de diagnóstico, comprobación y pruebas de funcionamiento de los inyectores E.U.I y M.U.I. en el lapso de cinco semanas.
- Construir nuestro proyecto con un buen performance en un año máximo a partir de su aprobación.

1.7 HIPÓTESIS.

¿El diseño y construcción de un comprobador de inyectores de grupos electrógenos de motor serie 3500 Caterpillar, permitirá diagnosticar y optimizar la vida útil de los inyectores E.U.I y M.U.I?

1.8 PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS.

1.8.1 HIPÓTESIS.

a. HIPÓTESIS GENERAL.

¿El diseño y construcción de un comprobador de inyectores de grupos electrógenos de motor serie 3500 Caterpillar, permitirá diagnosticar y optimizar la vida útil de los inyectores E.U.I y M.U.I?

b. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.

- Diagnosticar los inyectores E.U.I y M.U.I, para identificar su actual estado de funcionamiento de acorde a sus horas de trabajo.
- Conocer parámetros de funcionamiento de los inyectores E.U.I y M.U.I, para poder diagnosticar de mejor manera las fallas de operación que se encuentre en cada uno de los elementos que conforman el inyector.

- Investigar en Laboratorios de Inyección Diesel, para aclarar la información teórica y fortalecer la parte práctica.

1.8.2 VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.

A continuación describimos la variable independiente y dependiente:

a. VARIABLE INDEPENDIENTE.

El diseño y construcción de un comprobador de inyectores de grupos electrógenos de motor serie 3500 Caterpillar.

b. VARIABLE DEPENDIENTE.

El diagnóstico de los inyectores con alto grado de efectividad.

1.8.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

Este es un proceso donde inicia con la definición de las variables en función de factores estrictamente medibles a los que se les llama indicadores.

El proceso obliga a realizar una definición conceptual de la variables para romper el concepto difuso que ella engloba y así darle sentido concreto dentro de la investigación.

En función de la investigación se procesa a realizar la definición operacional de la misma para identificar los indicadores que permitirán realizar su medición de forma empírica y cuantitativa, al igual que cualitativamente llegado el caso.

En la tabla 1.1 detallaremos las categorías, indicadores y preguntas de las variables:

Tabla 1. 1. Variables independientes y dependientes.

VARIABLE INDEPENDIENTE	CATEGORÍA	INDICADOR	PREGUNTAS
<p>El diseño y construcción de un comprobador de inyectores de grupos electrógenos de motor serie 3500 Caterpillar.</p>	Académica	<p>Componentes del sistema de alimentación de combustible E.U.I. y M.U.I. ≥ 6</p>	<p>¿Cuál es el número de componentes que dispone el sistema de alimentación de combustible E.U.I. y M.U.I.?</p>
	Técnica	<p>Control de inyección electrónica E.U.I. y mecánica M.U.I. ≥ 2</p>	<p>¿Cómo se controla la inyección para el inyector E.U.I. y M.U.I.?</p>
		<p>Sensores que aplica el sistema de control electrónico. ≥ 1</p>	<p>¿Cuántos sensores dispone el sistema de inyección E.U.I. para el control electrónico?</p>
		<p>Actuadores que aplica al sistema de inyección M.U.I. y E.U.I. ≥ 2</p>	<p>¿Cuál es el número de actuadores que dispone el sistema de inyección E.U.I. y M.U.I.?</p>

VARIABLE DEPENDIENTE	CATEGORÍA	INDICADOR	PREGUNTAS
El diagnóstico de los inyectores E.U.I. y M.U.I. con alto grado de efectividad.	Académica	Selección de los componentes para el diseño del comprobador de inyectores E.U.I. y M.U.I.	¿Cumplen con las especificaciones técnicas los elementos seleccionados para la ejecución del comprobador de inyectores E.U.I. y M.U.I.?
	Técnica	Diseño mecánico, electrónico, eléctrico, e hidráulico del comprobador de inyectores E.U.I. y M.U.I. Procedimientos para la realización de las pruebas prácticas en los inyectores E.U.I. y M.U.I.	¿Qué herramientas de diseño y materiales de construcción se utilizaran para la ejecución del comprobador? ¿Cuáles son los parámetros de funcionamiento del inyector E.U.I. y M.U.I, para diagnosticar las fallas a través del comprobador?

Fuente: Grupo de investigación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2. MARCO TEÓRICO.

2.1 CATERPILLAR.

Es una Corporación de Estados Unidos, con sede central en Peoria, Illinois. Caterpillar (o CAT) es el fabricante más grande del mundo de maquinaria para la construcción y equipos de minería, motores diesel y turbinas industriales de gas, con clasificaciones que van de 54 a 13.600 hp (de 40 a 10.000 kW).¹

2.1.1 CATERPILLAR MOTOR SERIE 3500.

La serie 3500 fueron desarrollados para proporcionar motores a diesel de baja y alta velocidades para aplicaciones industriales y de generación eléctrica, pueden venir entre 8, 12, 16 cilindros en V, el rango de velocidad puede ser desde 900 a 1800 rpm.

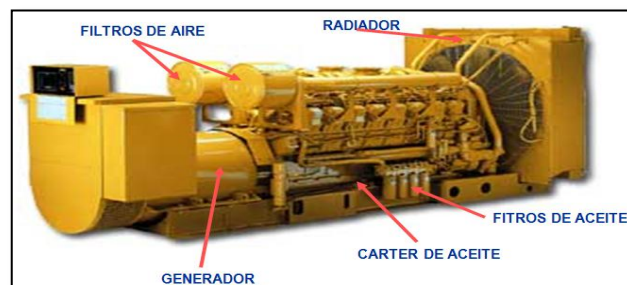


Figura 2. 1: Motor Caterpillar serie 3500.
Fuente: <http://lamaquinariapesadacat.blogspot.com/>

¹ <http://es.wikipedia.org/wiki/Caterpillar>

2.1.2 DATOS ESPECÍFICOS.

Los motores de la serie 3500 tienen un diámetro de 170 mm (6.7") en los cilindros, y un desplazamiento (carrera) de 190 mm (7.5"), son de un ciclo de 4 tiempos, turbo cargados y con aftercooler, además tienen una relación de compresión de 13:1, y una cilindrada de 4.3L (263" cúbicas) por cilindro, el sentido de giro es standard (en sentido contrario a las manecillas del reloj visto desde el volante). Utiliza una bomba inyector por cilindro.

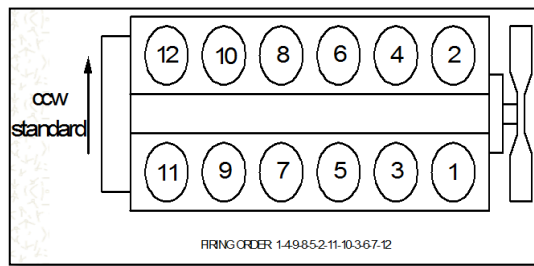


Figura 2. 2: Caterpillar serie 3500, orden de los cilindros.
Fuente: <http://lamaquinariapesadacat.blogspot.com/>

2.2 SISTEMAS DE INYECCIÓN DIESEL CATERPILLAR SERIE 3500.

Los sistemas de alimentación de combustible son creados para reducir las emisiones contaminantes, a continuación tenemos tres funciones importantes que cumplen los sistemas:

Primero, el sistema de combustible dosifica la cantidad de combustible inyectado a la cámara de combustión para lograr la salida de potencia deseada del motor.

Segundo, el sistema de combustible regula la velocidad y la secuencia de sincronización del motor.

Tercero, debido a las presiones más altas de inyección el combustible se quema más completamente y el sistema de combustible ayuda a reducir las emisiones con la entrega de combustible de presión alta.²

2.2.1 CLASIFICACIÓN.

Hay varios tipos de sistemas de inyección de combustible. En términos generales estos sistemas pueden clasificarse así:

1. Inyección directa
2. Inyección indirecta.

En los motores de inyección directa (DI), el combustible se inyecta presurizado en la cámara de combustión, en la serie 3500 Caterpillar tenemos:

- Sistema M.U.I. (Mechanic Unit Inyector).
- Sistema E.U.I. (Electronic Unit Inyector).

a. SISTEMA M.U.I.

Los inyectores unitarios accionados mecánicamente (M.U.I.), son controlados por un regulador mecánico que se conecta a los inyectores. Cada inyector unitario tiene una bomba de inyección de presión alta y un inyector incorporado en cada conjunto de la unidad.

Los inyectores unitarios se montan en la culata y se entrega combustible de presión baja desde la bomba de transferencia de combustible a cada inyector unitario, el combustible ingresa a cada inyector a través de un conducto perforado en la culata.

² <http://es.scribd.com/doc/6560452/El-Combustible-Diesel-CAT>

Un conjunto de balancín, opera en cada bomba de inyección de combustible. Los inyectores M.U.I. pueden entregar combustible a presiones de hasta 20.000 psi (1.360 bares).

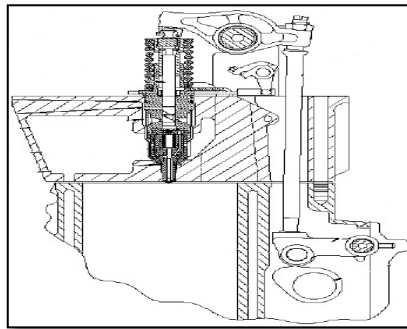


Figura 2. 3: Sistema de inyección M.U.I. Caterpillar serie 3500.
Fuente: <http://lamaquinariapesadacat.blogspot.com/2012/08/sistemas-de-combustible-en-motores.html>

b. SISTEMA E.U.I.

Los motores electrónicos accionados mecánicamente y controlados electrónicamente (E.U.I.) se diferencian de los motores mecánicos convencionales en la forma que controlan los sistemas de combustible. En lugar de tener un regulador mecánico, los motores electrónicos tienen una computadora incorporada llamada Unidad de Control Electrónico (ECU).

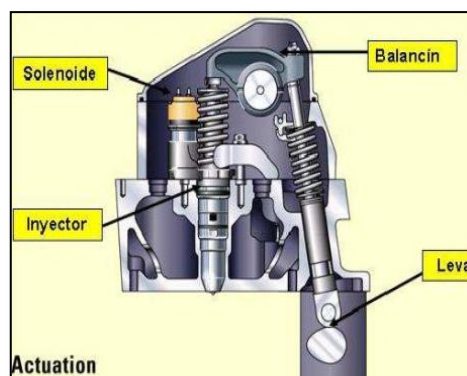


Figura 2. 4: Sistema de inyección E.U.I. Caterpillar serie 3500.
Fuente: <http://es.scribd.com/doc/129241613/Inyector-Bomba-EUI-HEUI>

2.3 SISTEMA DE CONTROL ELECTRÓNICO.

El sistema de control electrónico del motor es un conjunto de componentes electrónicos y electromecánicos, que varía continuamente la calibración del motor, para satisfacer los requerimientos de emisiones, economía de combustible y eficiencia del motor.³

2.3.1 COMPONENTES ELECTRÓNICOS DEL SISTEMA.

Se constituyen de cuatro principales grupos los cuales detallaremos a continuación:

- a. Módulo de control electrónico.
- b. Módulo impulsor de los inyectores.
- c. Sensores.
- d. Actuadores.

En la figura 2.5, vamos a observar los componentes electrónicos utilizados en un motor Caterpillar de la serie 3500.

(1) Inyector unitario electrónico, (2) Solenoide de la bomba conducto de combustible, (3) Regulador de la válvula de descarga de los gases de escape, (4) Sensor secundario de velocidad y sincronización, (5) Bomba del riel de combustible, (6) Sensor primario de velocidad y sincronización, (7) Sensor de presión del múltiple de admisión, (8) Módulo de Control Electrónico (ECM), (9) Sensor de presión del conducto de combustible, (10) Sensor de presión del aceite de motor, (11) Sensor de temperatura del aire del múltiple de admisión(12) Sensor de temperatura del refrigerante.

³ <http://es.slideshare.net/naxooo03/eui>

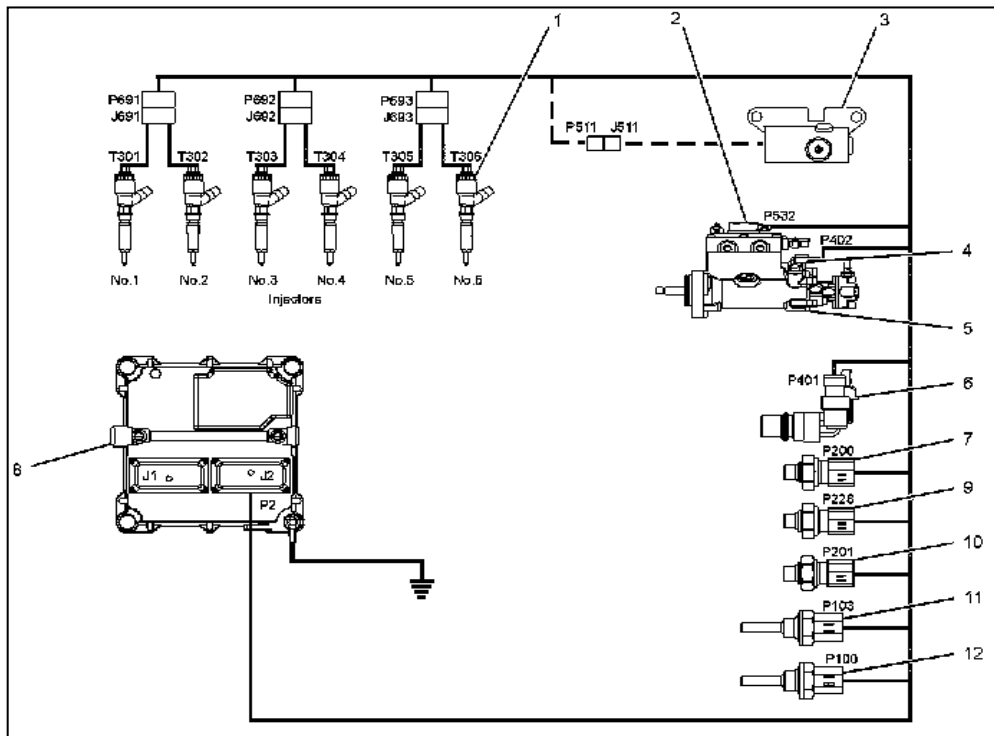


Figura 2. 5: Sistema Electrónico Caterpillar serie 3500.
 Fuente: <http://motores-blog.blogspot.com/2013/08/c66-motores-para-maquinas-fabricadas.html>

a. MÓDULO DE CONTROL ELECTRÓNICO ECM.

Un módulo Electrónico normalmente llamado ECM, tiene la misión de controlar la inyección de combustible en un motor de una maquina o equipo Caterpillar, generalmente se les denomina ADEM que en ingles significa Advance Diesel Engine Management, en español quiere decir Administrador de motor diesel aventajado o mejorado.⁴

a.1 TIPOS DE ECM CATERPILLAR.

En la marca Caterpillar encontramos básicamente tres tipos más usados en motores electrónicos:

⁴ <http://datoscaterpillar.blogspot.com/2012/11/modulos-de-control-electronico-ecm-con.html>

- **ADEM I.**

Es utilizado en los motores de la familia 3500 y prácticamente ya no se fabrica, solamente como repuesto para las unidades que circulan en el mundo.

- **ADEM II.**

Es utilizado en varias familias de motores Caterpillar cuyas aplicaciones más comunes son Minería, Marinos, Generación, Vehicular e Industrial, familia 3500B, 3400E (HEUI), 3176B (MEUI), 3406E (MEUI).

- **ADEM III.**

Solo en motores cuya aplicación es vehicular, familia 3100(HEUI), C9 (HEUI), C10, 12,15 (MEUI).

a.2 CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS.

Independiente del tipo o aplicación, un ECM tiene algunas características básicas que permite su funcionamiento:

1. Señales de entrada.
2. Señales de salida.
3. Suministro de energía para los sensores que se le conectan.
4. Suministro de energía desde baterías externas para su funcionamiento.

Tanto las entradas como las salidas están protegidas contra corto circuitos visualizar en la figura 2.6.

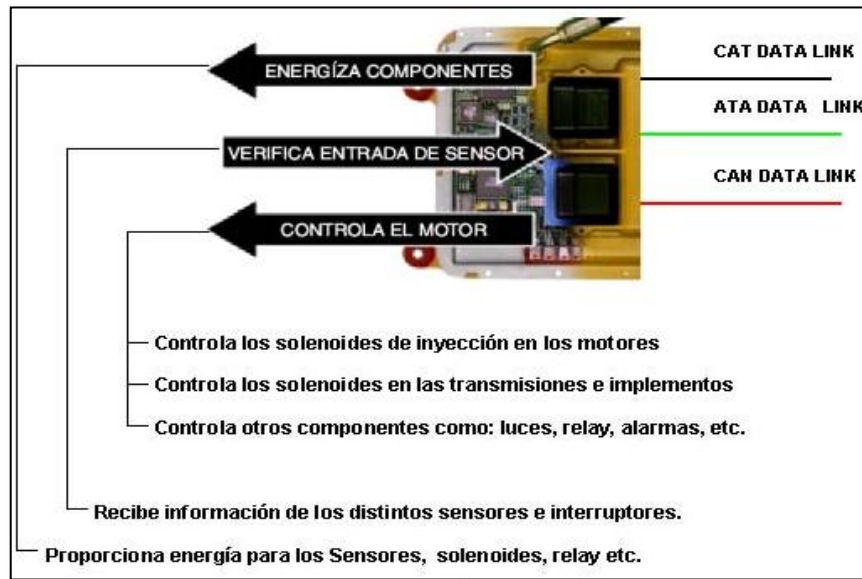


Figura 2. 6: Características eléctricas del ECM Caterpillar serie 3500.
Fuente: <http://lamaquinariapesadacat.blogspot.com/2013/04/3500c-motores-componentes-del-sistema.html>

a.3 SUMINISTRO DE ENERGÍA.

En la tabla 2.1 podemos observar los voltajes con los cuales se energizan los componentes electrónicos de un motor Caterpillar.

Tabla 2. 1. Voltajes de componentes electrónicos Caterpillar.

VOLTAJE DE ALIMENTACIÓN DE LOS COMPONENTES ELECTRÓNICOS		
Nº	UNIDAD	[V]
1	ECM	24
2	SENSORES DE VELOCIDAD/ TIEMPO (frecuencia).	12.5
3	ALIMENTACIÓN INYECTOR (solenoides para inyección).	115
4	SENSORES ANALÓGICOS (sensores de presión y temperatura).	5
5	SENSORES DIGITALES, (PWM, sensor de posición y válvula ICP).	8

Fuente: <http://lamaquinariapesadacat.blogspot.com/>

b. MÓDULO IMPULSOR DE LOS INYECTORES I.D.M.

El sistema de control de motores incluye el I.D.M., el cual recibe señales del ECM, para impulsar los inyectores, además cumple dos funciones como:

b.1 FUENTE DE ENERGÍA DE LOS INYECTORES.

El IDM suministra más de 115 voltios de CC constantes para su operación, conectando y desconectando un suministro de 12 voltios a través de una bobina interna que sigue el mismo principio empleado en las bobinas automotrices. El voltaje resultante de 115 creado por el campo magnético de la bobina, es almacenado en los capacitores hasta ser usado por los inyectores.⁵

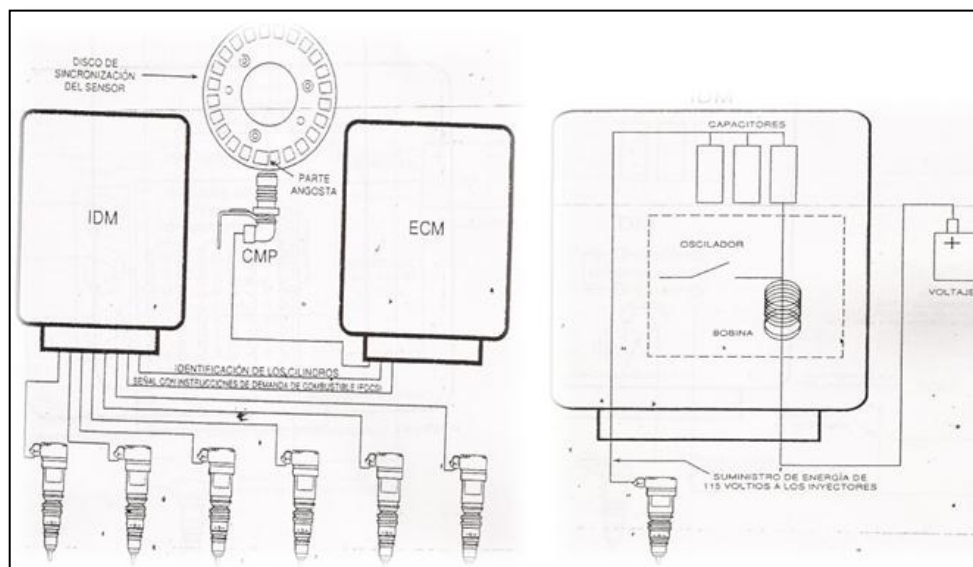


Figura 2. 7: Distribuidor electrónico y fuente de energía de los inyectores.
Fuente: Manual de diagnóstico de los motores diesel camiones DT- 466E e International 530E.

⁵ <http://es.scribd.com/doc/53254599/Curso-de-Inyeccion-Dlr-EUI-HEUI-CATERPILLAR>

c. SENSORES.

Son elementos eléctricos – electrónicos, encargados de captar las condiciones de funcionamiento del motor, toman una forma de energía (térmica, volumétrica, posición) y la transforman en energía eléctrica para entregarla al computador (ECU – PCM – ECM) para que éste la procese.⁶

c.1 TIPOS DE SENSORES.

- **SENSORES DE PRESIÓN.**

Miden los cambios de niveles de presión. Estos incluyen el sensor de presión de activación de inyección, el sensor de presión de refuerzo y el sensor de presión atmosférica.

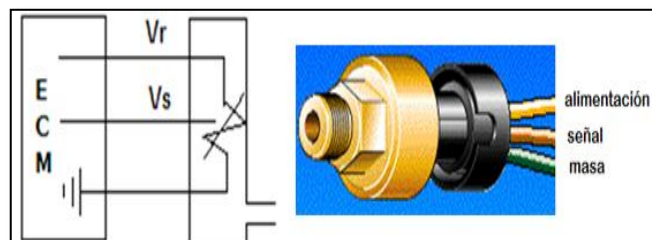


Figura 2. 8: Sensor de presión 3 cables.

Fuente: <http://motores.com/search?q=mecanismo+de+funcionamiento>

- **SENSORES DE TEMPERATURA.**

Miden los cambios de niveles de temperatura, existen el sensor de temperatura de refrigerante y el sensor de temperatura de aire de admisión.

⁶ <http://es.scribd.com/doc/25712966/Curso-Caterpillar-Material-Del-Estudiente>

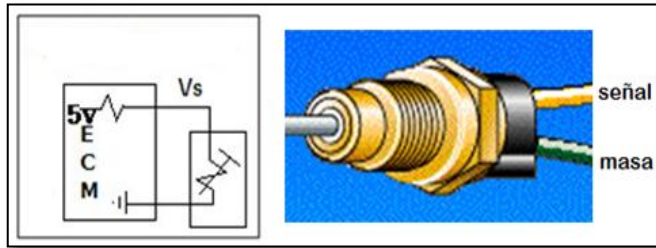


Figura 2. 9: Sensor de temperatura 2 cables.
 Fuente: <http://motores.com/search?q=mecanismo+de+funcionamiento>

- **SENSORES DE POSICIÓN.**

Son sensores muy simples que miden dónde se ubica algo. Un ejemplo sería el sensor del pedal del acelerador.

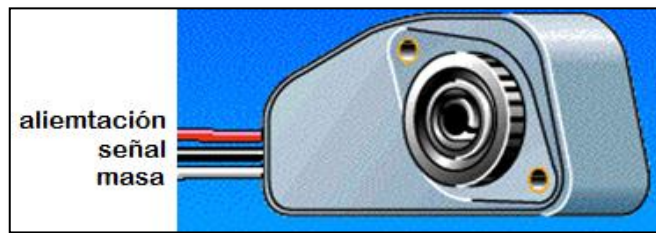


Figura 2. 10: Sensor de posición 3 cables.
 Fuente: <http://motores/search?q=mecanismo+de+funcionamiento>

- **SENSORES DE VELOCIDAD Y SINCRONIZACIÓN (TIEMPO).**

Usan una bobina y un diseño de imán fijo. Con este sensor, la ECU puede leer tanto la velocidad del motor como la posición exacta de giro del árbol de levas para una sincronización precisa del motor, además es usada para verificar la posición del cigüeñal.

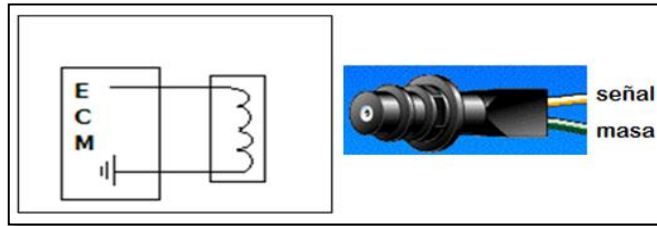


Figura 2. 11: Sensores de velocidad 2 cables.
 Fuente: <http://motores/search?q=mecanismo+de+funcionamiento>

- **ACTUADORES.**

Usan corriente eléctrica desde el ECM para ejecutar su trabajo y cambiar el funcionamiento del motor.

- Solenoides de los inyectores.
- Válvula IAP.



Figura 2. 12: Actuadores inyección E.U.I. y M.U.I.
 Fuente: <http://lamaquinariapesadacat.blogspot.com/2012/09/actuadores-y-valvulas-proporcionales.html>

2.4 INYECTORES CATERPILLAR SERIE 3500.

Son componentes del sistema de inyección encargados de la inyección del combustible al interior del cilindro, además son los encargados de

pulverizar en forma de aerosol el combustible procedente de la línea de presión dentro del conducto de admisión.

2.4.1 INYECTOR UNITARIO ELECTRÓNICO E.U.I.

a. INTRODUCCIÓN.

Los sistemas de inyección diésel E.U.I., están formados por un conjunto de inyectores bomba, ubicados en la culata del motor, estos son accionados por un mecanismo de balancín, impulsado por el eje de levas del motor, que se puede encontrar en el block o sobre la culata del motor. El sistema E.U.I., está constituido por dos circuitos: el de combustible y el de inyección.⁷

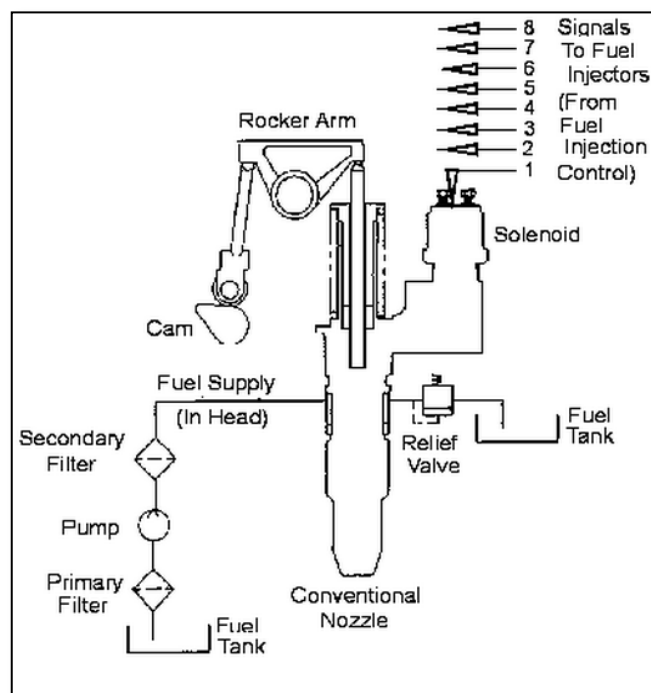


Figura 2. 13: Sistema de operación E.U.I.

Fuente: Cat Service Information System. 3516B Generator Set ZAP00001

⁷ http://es.slideshare.net/Luis_Reveco/injector-meui

a.1 COMPONENTES.

1. Tanque de combustible, 2. Filtro primario, 3. Bomba de transferencia, 4. Filtro secundario, 5. Suministro de combustible, 6. Leva, 7. Balancín, 8. Solenoide, 9. Válvula de descarga.

a.2 FUNCIONAMIENTO.

El circuito de suministro de combustible usa una bomba de transferencia de caudal fijo para transferir el combustible desde el tanque hacia los inyectores, pasando por los conductos del ECM, esto enfría el módulo. El sensor de velocidad/sincronización del motor detecta la señal, para detectar la posición del cigüeñal y la velocidad del motor, esta información y otros datos permiten al ECM enviar una señal a los solenoides de los inyectores. El solenoide del inyector de combustible se activa para empezar la inyección de combustibles y se desactiva para terminar la inyección.

b. MECANISMO DE FUNCIONAMIENTO DEL INYECTOR E.U.I.

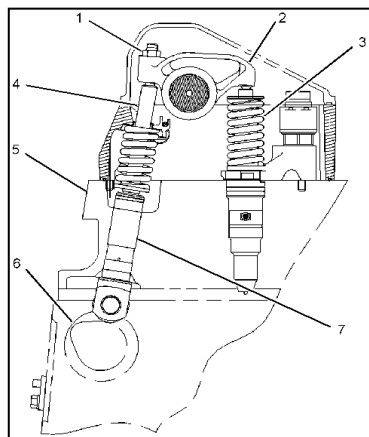


Figura 2. 14: Mecanismo de funcionamiento del inyector E.U.I.

Fuente: <http://motores-log.blogspot.com/search?q=mecanismo+de+funcionamiento>

b.1 COMPONENTES.

1. Ajuste de la tuerca, 2. Montaje del brazo del eje de balancín, 3. Electrónico inyector de combustible, 4. Varillas, 5. Culata, 6. Árbol de levas, 7. Taques.

b.2 FUNCIONAMIENTO.

El mecanismo inyector de combustible proporciona la fuerza hacia abajo que se requiere para presurizar el combustible en la bomba de inyección de combustible. El accionamiento mecánico electrónico de combustible del inyector (3) permite que el combustible sea inyectado en la cámara de combustión. La fuerza se transmite desde el lóbulo inyector de combustible del árbol de levas (6) a través del elevador (7) a la varilla de empuje (4). Desde la varilla de empuje (4), la fuerza se transmite a través del conjunto basculante (2) y a la parte superior de la bomba de inyección, la tuerca de ajuste (1) permite el ajuste del látigo inyector. Visualizar en la figura 2.14.

c. INYECTOR DE COMBUSTIBLE E.U.I.

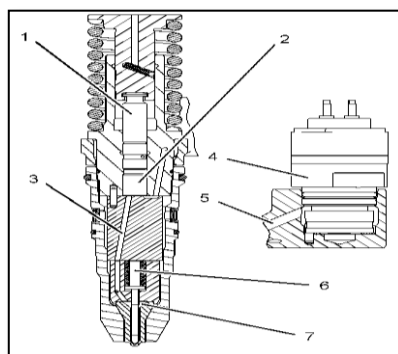


Figura 2. 15: Inyector de combustible E.U.I.

Fuente: <http://motores-log.blogspot.com/search?q=mecanismo+de+funcionamiento>

c.1 COMPONENTES.

1. El émbolo, 2. Cámara de bombeo, 3. Pasaje de alta presión de combustible, 4. Cartucho de válvula, 5. Baja presión de paso de combustible, 6. Válvula de aguja, 7. Válvula de cámara.

c.2 FUNCIONAMIENTO.

Cuando la carrera del embolo (1) es en la parte superior, el combustible fluye a través de los pasajes de baja presión de combustible en el cuerpo. El combustible luego fluye al paso central en el émbolo y en la cámara de bombeo (2) por debajo del émbolo, cuando la carrera del émbolo está en la parte inferior, el combustible fluye a través de conductos de combustible de alta presión (3). El combustible fluye a través de la válvula abierta cartucho (4) y en conductos de combustible de baja presión (5). Cuando la válvula de cartucho está cerrada o energizada, el flujo de combustible a través de la válvula de cartucho está bloqueado. Esta obstrucción provoca una acumulación de la presión de combustible y el inicio de la inyección. La inyección continúa hasta que el cartucho de la válvula está desenergizado o abierto, y el combustible fluye a través de esta válvula, continuamente tendrá una caída de presión y la inyección se detendrá, mientras el émbolo sigue forzando el combustible a través de la válvula de cartucho abierta hasta que la carrera del émbolo llegue a la parte inferior.

d. ELECTROVÁLVULA DEL INYECTOR.

Las electroválvulas son dispositivos electrónicos que funcionan según el principio de que cuando se activa un solenoide, la bobina crea un campo magnético que mueve un carrete interno, permitiendo el paso del fluido, la

señal del ECM controla la apertura y cierre de la válvula de solenoide. Funciona con alimentación de 115 voltios.⁸

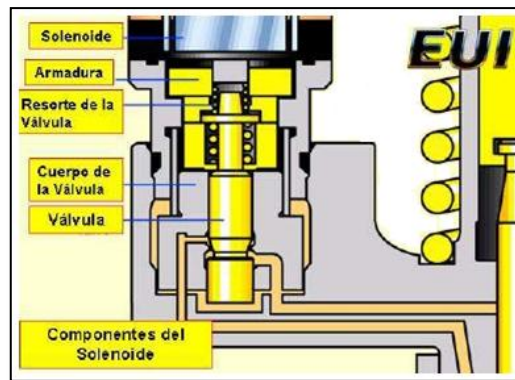


Figura 2. 16: Válvula solenoide del inyector E.U.I.
Fuente: <http://es.scribd.com/doc/129241613/Inyector-Bomba-EUI-HEUI>

- **VÁLVULA ABIERTA.**

La fuerza ejercida por el muelle de válvula en la aguja empuja esta contra el tope. De este modo queda abierta la sección de paso entre la aguja y el cuerpo de la válvula en la zona del asiento de la válvula. En esta posición de reposo puede fluir el combustible, tanto en una dirección como en la otra.

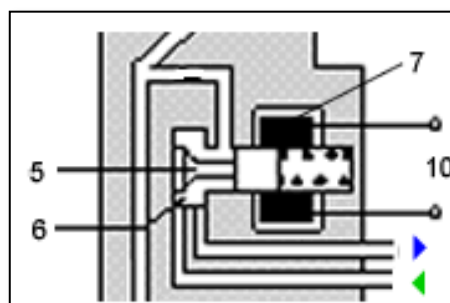


Figura 2. 17: Válvula solenoide abierta del inyector E.U.I.
Fuente: <http://personales.ya.com/davidgomez/proyinyec.htm>

⁸ <http://www.aficionadosalamecanica.net/curso-bomba-inyector2.htm>

- **VÁLVULA CERRADA.**

Cuando se ha de efectuar la inyección, se activa la bobina. La corriente de excitación genera un flujo magnético en las piezas que componen el circuito magnético. Este flujo magnético genera una fuerza electromotriz que atrae el inducido hacia la culata, hasta el punto en el que hacen contacto la aguja y el cuerpo de la válvula en el asiento de cierre. La válvula está cerrada.

Cuando la inyección tenga que concluir, se desconecta la corriente que atraviesa la bobina, con lo que se perderán el flujo magnético y en consecuencia la fuerza magnética. El muelle presiona en la aguja de la válvula, llevándola a la posición de reposo. El asiento de la válvula está abierto.

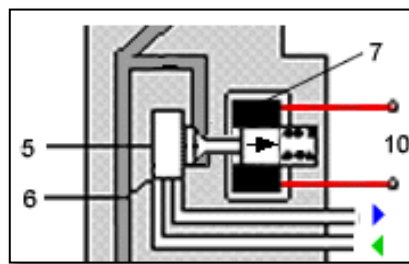


Figura 2. 18: Válvula solenoide cerrada del inyector E.U.I.
Fuente: <http://personales.ya.com/davidgomez/proyinyec.htm>

d.1 OPERACIÓN DE LA ELECTROVÁLVULA SOLENOIDE.

La cantidad del combustible entregado es controlada variando el tiempo que el solenoide se energiza. Este período de tiempo es llamado "DURACIÓN" es calculada por el ECM y asegura la entrega de la cantidad correcta del combustible, dos niveles actuales se generan en la forma de onda de corriente del solenoide. ⁹

⁹ <http://motores-blog.blogspot.com/search?q=e.u.i>

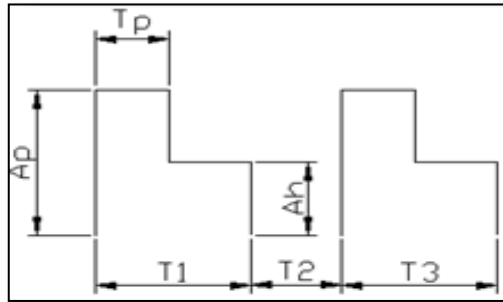


Figura 2. 19: Onda de la corriente del solenoide del inyector E.U.I.
Fuente: Adeco Ltda.

d.2 PICO DE CORRIENTE MÁXIMA AP.

El ECM envía una corriente mayor al solenoide para crear un campo magnético más fuerte que atrae la armadura, (la cual está en su distancia más lejana del solenoide) y levanta la válvula de su asiento de entrada, hacia el asiento del escape contra la fuerza de resorte.

d.3 INTENSIDAD DE RETENCIÓN DE LA CORRIENTE MÁXIMA AH.

El ECM reduce el nivel de la corriente Ah para reducir el calor en el solenoide y aumentar la vida del mismo, sin embargo la válvula es mantenida en el asiento de escape.

➤ Características de respuesta duración - inyección y fin - inyección.

1. El ECM inicia la señal al inyector para el comienzo de la inyección.
2. El solenoide del inyector abre la electroválvula.
3. La proporción de la inyección aumenta.

Para un mejor razonamiento visualizar en la figura 2.20.

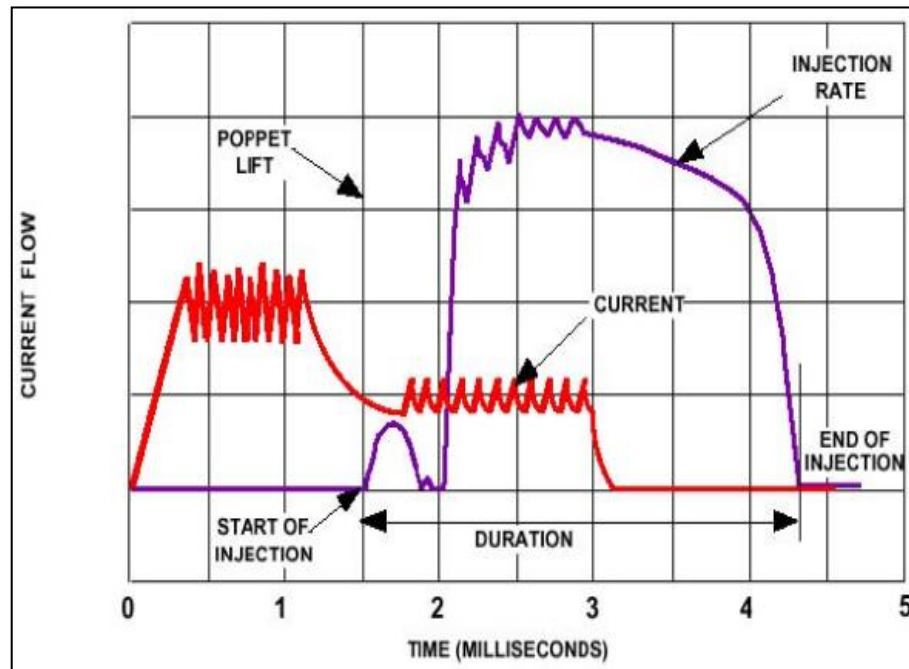


Figura 2. 20: Solenoide energizado y la electroválvula E.U.I.
 Fuente: <http://motores-blog.blogspot.com/search?q=e.u.i>

e. ETAPAS DE INYECCIÓN EN EL SISTEMA E.U.I.

- ETAPA DE PRE - INYECCIÓN.

La dosificación de preinyección empieza por el émbolo del inyector y el levanta válvulas del inyector en la parte superior de la carrera de inyección de combustible. Cuando la cavidad del émbolo está llena de combustible, la válvula de contrapunta está en posición abierta y la válvula de retención de la boquilla está en posición abierta.¹⁰

A: Presión de suministro de combustible, B: Presión de inyección, C: Partes móviles, D: Movimiento mecánico, E: Movimiento de combustible.

Para un mejor razonamiento visualizar en la figura 2.21.

¹⁰ http://www.slideshare.net/Luis_Reveco/injector-meui

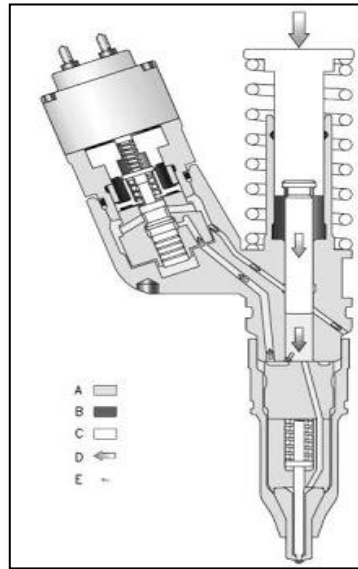


Figura 2. 21: Etapa de pre-inyección del inyector E.U.I.
 Fuente: http://lamaquinariapesadacat.blogspot.com/2012/11/c15-y-c18-motores-para-maquinas_2988.html

Si el solenoide está energizado, la válvula de contrapunta permanece abierta y el combustible de la cavidad del émbolo continúa ingresando al conducto de combustible.¹¹

- **ETAPA DE INYECCIÓN.**

El ECM envía una corriente al solenoide en la válvula de cartucho, cuando se energiza el solenoide, el conjunto de inducido levanta la válvula de contrapunta de modo que hace contacto con el asiento. Esta es la posición cerrada. Una vez que la válvula de contrapunta se cierra, se bloquea el camino para el combustible que sale de la cavidad del émbolo.

A: Presión de suministro de combustible, B: Presión de inyección, C: Partes móviles, D: Movimiento mecánico, E: Movimiento de combustible.

Para un mejor razonamiento visualizar en la figura 2.22.

¹¹ <http://datoscatpillar.blogspot.com/2012/12/c15-y-c18-motores-para-maquinas.html>

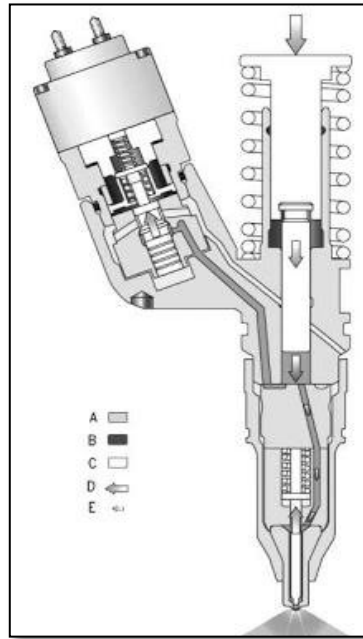


Figura 2. 22: Etapa de inyección del inyector E.U.I.
Fuente: http://lamaquinariapesadacat.blogspot.com/2012/11/c15-y-c18-motores-para-maquinas_2988.html

El émbolo continúa empujando combustible de la cavidad del émbolo y la presión de combustible aumenta. Cuando la presión de combustible alcanza aproximadamente 34.500 KPa (5000Psi), la fuerza del combustible a alta presión supera la fuerza del resorte. Esto retiene la válvula de retención de la boquilla en la posición cerrada. La válvula de retención de la boquilla se mueve del asiento de la boquilla y el combustible fluye, saliendo por la punta del inyector. Éste es el comienzo de la inyección.

- **ETAPA FINAL DE LA INYECCIÓN.**

La inyección es continua mientras el émbolo del inyector se mueve en un movimiento descendente y el solenoide energizado mantiene cerrada la válvula de contrapunta. Cuando la presión de inyección ya no se requiere,

el ECM detiene el flujo de corriente eléctrica al solenoide, y la válvula de contrapunta se abre.

A: Partes móviles, C: Movimiento de combustible.

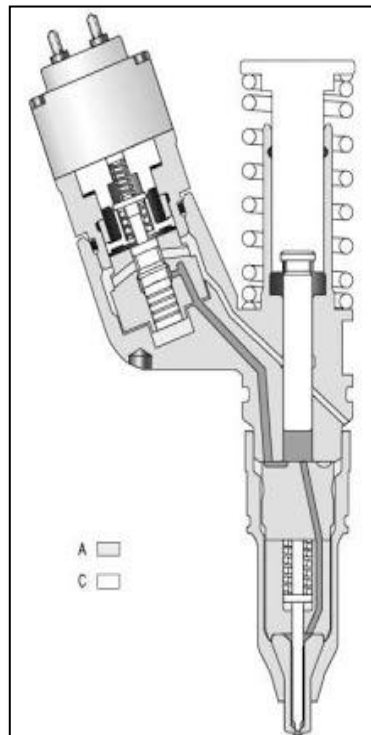


Figura 2. 23: Etapa final de la inyección del inyector E.U.I.
Fuente: http://lamaquinariapesadacat.blogspot.com/2012/11/c15-y-c18-motores-para-maquinas_2988.html

El resorte del inyector de combustible y la presión de combustible abren la válvula de contrapunta. El combustible a alta presión puede fluir ahora alrededor de la válvula de contrapunta abierta y llegar al conducto de suministro de combustible.

Cuando la presión de inyección baja aproximadamente 24.000 KPA (3500Psi), la válvula de retención de la boquilla se cierra y la inyección se para. Éste es el final de la inyección. Visualizar en la figura 2.23.

- **ETAPA DE LLENADO.**

El levanta válvulas y el resorte del levanta válvulas tiran el émbolo hacia arriba. El movimiento ascendente del émbolo causa que la presión en la cavidad del émbolo baje por debajo de la presión de suministro de combustible.

A: Partes móviles, B: Movimiento mecánico, C: Movimiento de combustible

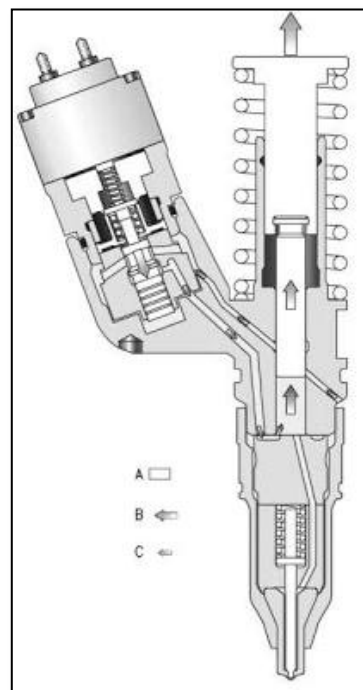


Figura 2. 24: Etapa de llenado del inyector E.U.I.
Fuente: http://lamaquinariapesadacat.blogspot.com/2012/11/c15-y-c18-motores-para-maquinas_2988.html

El combustible fluye desde el conducto de suministro de combustible alrededor de la válvula de contrapunta abierta y a la cavidad del émbolo, a medida que el émbolo se mueve hacia arriba. Cuando el émbolo alcanza la parte superior de la carrera, la cavidad de émbolo está llena de combustible y el flujo de combustible a la cavidad del émbolo se detiene. Éste es el comienzo de la preinyección. Visualizar en la figura 2.24.

2.4.2 INYECTOR UNITARIO MECÁNICO M.U.I.

a. INTRODUCCIÓN.

El sistema de combustible M.U.I., emplea una unidad de inyección mecánica, combinado con un inyector y una alta presión de la bomba de inyección de combustible.¹²

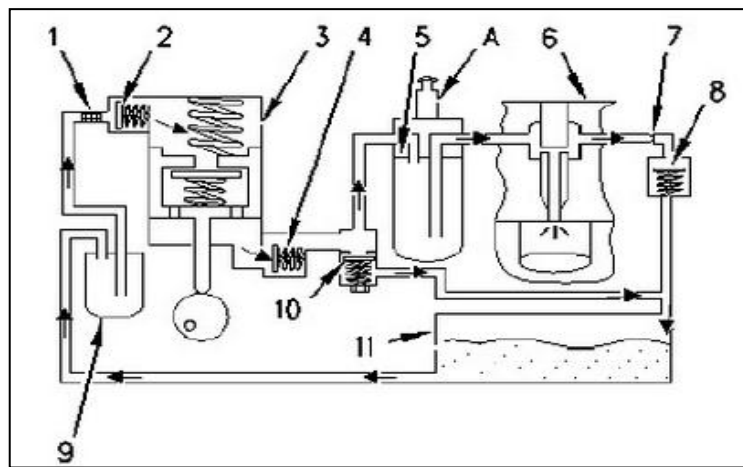


Figura 2. 25: Sistema de inyección mecánica M.U.I.

Fuente: <http://lamaquinariapesadacat.blogspot.com/2012/09/sistema-de-unidad-de-inyeccion-mecanica.html>

a.1 COMPONENTES.

a. Bomba de cebado de combustible, 1. Rejilla (sí está equipado), 2. Válvula Check de ingreso, 3. Bomba de transferencia, forma un solo cuerpo con el gobernador, 4. Válvula Check de salida, 5. Filtro de combustible, 6. Culata, 7. Válvula reguladora de Presión, 8. Válvula Check, 9. Filtro primario de combustible (sí está equipado), 10. Válvula de alivio de Presión, 11. Tanque de combustible.

¹² http://datoscaterpillar.blogspot.com/2012/11/motores-3114-3116-y-3126-operacion-del_4264.html

a.2 FUNCIONAMIENTO.

La bomba de transferencia jala el combustible del tanque a través pasando primero por el filtro primario y lo envía hacia el filtro secundario, luego el combustible pasa a un pasaje taladrado en la parte posterior de la culata. El pasaje taladrado llevará combustible hacia el interior de la galería alrededor de cada unidad de inyección y provee un flujo constante de combustible a los inyectores. Visualizar en la figura 2.25.

b. BOMBA DE INYECCIÓN (INYECTOR UNITARIO).

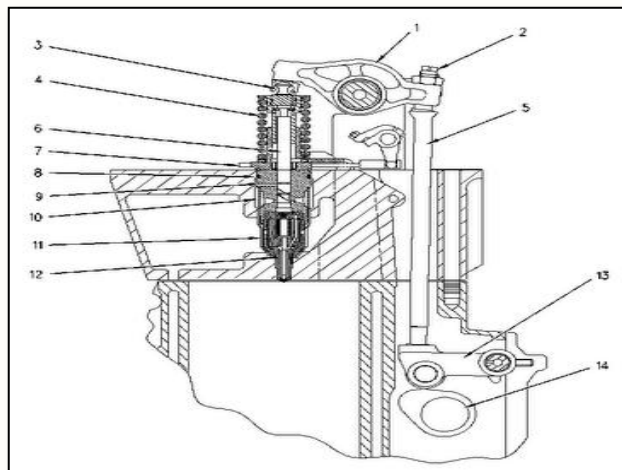


Figura 2. 26: Bomba de combustible Inyector Unitario M.U.I.

Fuente: <http://lamaquinariapesadacat.blogspot.com/2012/09/sistema-de-unidad-de-inyeccion-mecanica.html>

b.1 COMPONENTES.

1. Balancín, 2. Tornillo de ajuste, 3. Botón flotante, 4. Muelle, 5. Varilla de empuje, 6. Embolo, 7. Cremallera, 8. Base, 9. Cañón, 10. Conducto de combustible, 11. Manguito, 12. Porta tobera, 13. Levantador, 14. Árbol de levas, 15. Engranaje, 16. Filtro del manguito, 17. Hélice, 18. Orificio interior, 19. Orificio superior, 20. Resorte, 21. Válvula de retención.

b.2 FUNCIONAMIENTO.

La bomba de inyección de combustible (inyector unitario) permite que una cantidad pequeña de combustible se inyecte en el momento apropiado en la cámara de combustión. El combustible que se proporciona al conducto de combustible (10) rodea cada inyector unitario. Cada uno de estos conductos está conectado por un conducto taladrado en la culata. El manguito (11) aísla el inyector unitario de los conductos de refrigerante. El manguito proporciona también la superficie de asiento para el inyector unitario, la ubicación angular del árbol de levas (14) y la ubicación vertical del émbolo (6) en el cañón (9) determinan la sincronización de la inyección. Visualizar en la figura 2.26 y 2.27, para un mejor razonamiento.

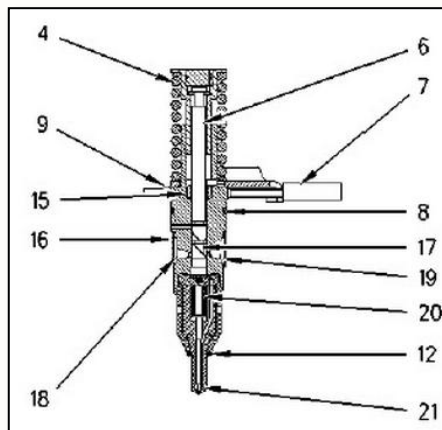


Figura 2. 27: Inyector - Bomba M.U.I.

Fuente: <http://lamaquinariapesadacat.blogspot.com/2012/09/sistema-de-unidad-de-inyeccion-mecanica.html>

En la parte superior de la carrera del émbolo, combustible del conducto de combustible (10) entra en el inyector unitario alrededor de los bordes del filtro de manguito (16) el combustible llena entonces el volumen por debajo del embolo (6), durante el movimiento descendente del embolo, el combustible debajo del embolo se mueve al conducto a través de 2 orificios al cañón (9).

A medida que el borde inferior del émbolo cierra el orificio superior (19), el combustible continúa saliendo a través del orificio inferior (18). Cuando se cierra el orificio inferior, la carrera efectiva empieza. El combustible dentro del inyector unitario es presurizado por el movimiento descendente continuado del émbolo. Esto continuará hasta que la hélice (17) del émbolo destape el orificio superior (19). En este instante, la carrera efectiva termina y este combustible a alta presión saldrá a través del orificio superior (19) al conducto.

c. VARILLAJE DE CONTROL DE LA CREMALLERA.

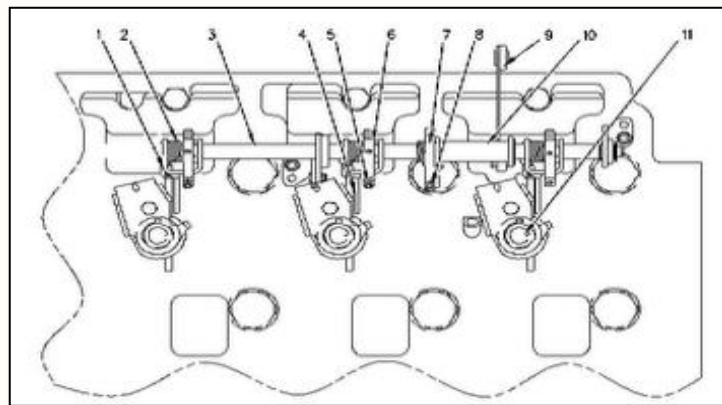


Figura 2. 28: Varillaje de la cremallera de combustible M.U.I.

Fuente: <http://lamaquinariapesadacat.blogspot.com/2012/09/sistema-de-unidad-de-inyeccion-mecanica.html>

c.1 COMPONENTES.

1. Palanca, 2. Resorte de torsión, 3. Eje, 4. Cremallera, 5. Tornillo de sincronización, 6. Abrazadera, 7. Abrazadera, 8. Tornillo de regulación del combustible, 9. Eslabón, 10. Conjunto de palanca, 11. Inyector unitario.

c.2 FUNCIONAMIENTO.

El varillaje de control de la cremallera conecta la salida del regulador al inyector unitario (11) en cada cilindro. El eje de salida del regulador está conectado al eslabón (5) con un pasador. El eslabón está conectado al conjunto de palanca (4). Cuando el regulador solicita más combustible, el eslabón (5) y el conjunto de palanca (4) causan la rotación del eje (1) y las abrazaderas (3). El eje (1) y las abrazaderas (3) giran en la dirección de COMBUSTIBLE CONECTADO (A). Cada abrazadera empuja entonces el conjunto de palanca (7) a medida que el eje gira. Visualizar figura 2.28 y 2.29.

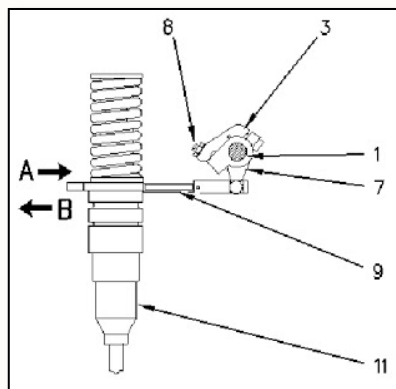


Figura 2. 29: Conjunto de cremallera Inyector M.U.I.

Fuente: <http://lamaquinariapesadacat.blogspot.com/2012/09/sistema-de-unidad-de-inyeccion-mecanica.html>

(A) COMBUSTIBLE CONECTADO, (B) COMBUSTIBLE DESCONECTADO, 1. Palanca, 3. Eje, 4. Cremallera, 5. Tornillo de sincronización, 6. Abrazadera 11. Inyector unitario.

Cuando el regulador requiere menos combustible, el eslabón (5) causa la rotación del eje (1) y las abrazaderas (3). El eje (1) y las abrazaderas (3) giran en la dirección de COMBUSTIBLE DESCONECTADO (B). El resorte de torsión (2) fuerza el conjunto de palanca (7) a girar hacia la derecha.

Esto empuja la cremallera (9) hacia la posición cerrada. Los tornillos de ajuste (8) permiten la sincronización de los inyectores con respecto al inyector unitario del cilindro No. 1.

d. REGULADOR.

El regulador transfiere las demandas del operador al varillaje de control de la cremallera de inyección de combustible. El regulador recibe la velocidad deseada del motor a partir de la posición del acelerador. El eje de salida del regulador se mueve inmediatamente cuando se mueve el acelerador. El movimiento del eje de salida del regulador causa que el varillaje de control de la cremallera de los inyectores de combustible gire. Esto moverá las cremalleras de los inyectores de combustible. El cambio de la posición de la cremallera de los inyectores de combustible causará un cambio en la velocidad del motor.¹³

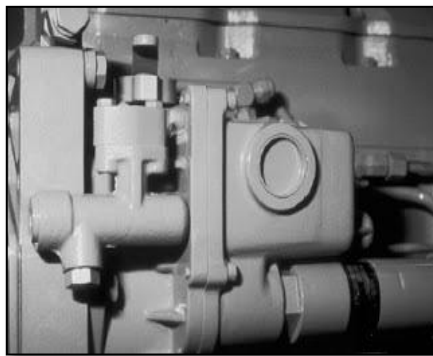


Figura 2. 30: Regulador del sistema de inyección M.U.I.

Fuente: http://lamaquinariapesadacat.blogspot.com/2012/12/3114-3116-and-3126-reguladores-para-los_346.html

El gobernador es conducido por engranajes desde el eje de levas del motor, este mueve las contrapesas dentro del gobernador. Visualizar en la figura 2.31.

¹³ <http://datoscaterpillar.blogspot.com/2012/11/gobernador-y-control-de-relacion-aire.html>

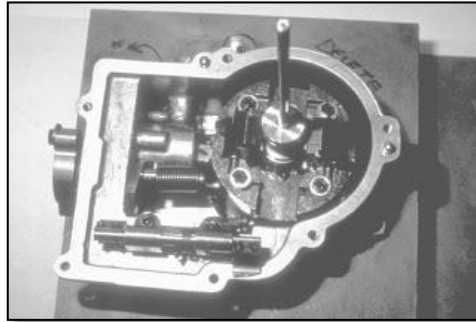


Figura 2. 31: Vista interna del regulador mecánico M.U.I.
 Fuente: http://lamaquinariapesadacat.blogspot.com/2012/12/3114-3116-and-3126-reguladores-para-los_346.html

2.4.3 BOMBA DE TRANSFERENCIA DE COMBUSTIBLE.

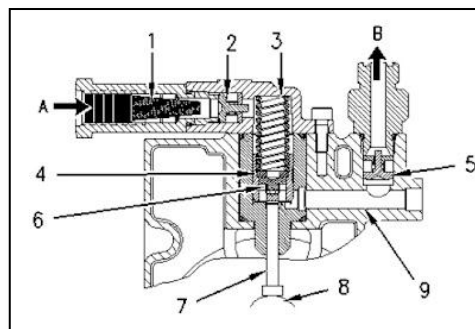


Figura 2. 32: Bomba de transferencia de combustible del sistema M.U.I.
 Fuente: <http://lamaquinariapesadacat.blogspot.com/2012/10/operacion-del-sistema-de-combustible-en.html>

a. COMPONENTES.

A. Flujo de entrada de combustible, B. Conducto de salida, 1. Rejilla (si tiene), 8. Árbol de levas, 2. Válvula de retención de admisión, 7. Conjunto de válvula de contrapunta, 3. Resorte, 6. Válvula de retención de pistón, 4. Conjunto de pistón, 5. Válvula de retención de salida, 9. Flujo de salida de combustible.

a.1 FUNCIONAMIENTO.

La bomba de transferencia de combustible está ubicada en la caja delantera del regulador. El árbol de levas (8) que está conectado al eje del engranaje de mando del regulador activa la bomba. El árbol de levas y el resorte (3) mueven el conjunto de pistón (4) y el conjunto de válvula de contrapunta (7) hacia arriba y hacia abajo. El combustible entra en la bomba de transferencia a través de la rejilla (1) (si tiene) y de la válvula de retención de admisión (2). En la carrera ascendente del conjunto de pistón (4), la válvula de retención (2) se cierra. La válvula de retención de salida (5) se cierra para evitar que vuelva a entrar combustible en la bomba desde la salida. Cuando la presión aumenta por encima del conjunto de pistón (4), la válvula de retención de pistón (6) se abre para llenar la cavidad que está encima del conjunto de pistón. Visualizar figura 2.32.

b. SOLENOIDE DE CORTE DE COMBUSTIBLE.

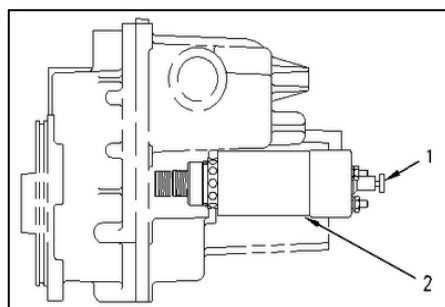


Figura 2. 33: Solenoide de corte de combustible.

Fuente: <http://lamaquinariapesadacat.blogspot.com/2012/10/operacion-del-sistema-de-combustible-en.html>

b.1 COMPONENTES.

1. Botón, 2. Solenoide de corte de combustible.

b.2 FUNCIONAMIENTO.

El mecanismo de corte de combustible es activado por un solenoide de enganche que debe estar energizado para funcionar. Un émbolo con resorte dentro del solenoide actúa sobre un conjunto de palanca dentro de la caja delantera del regulador. Este conjunto de palanca empuja el eje de salida del regulador a la posición COMBUSTIBLE DESCONECTADO cuando se suelta el émbolo eléctricamente o manualmente al parar el motor. Visualizar figura 2.33.

2.4.4 CURVA CARACTERÍSTICA DE INYECCIÓN E.U.I y M.U.I.

El sistema E.U.I., son elementos que controlan el tiempo de inyección a través de unas electroválvulas que tienen integradas, y el sistema M.U.I. controla mecánicamente a través de su regulador.¹⁴

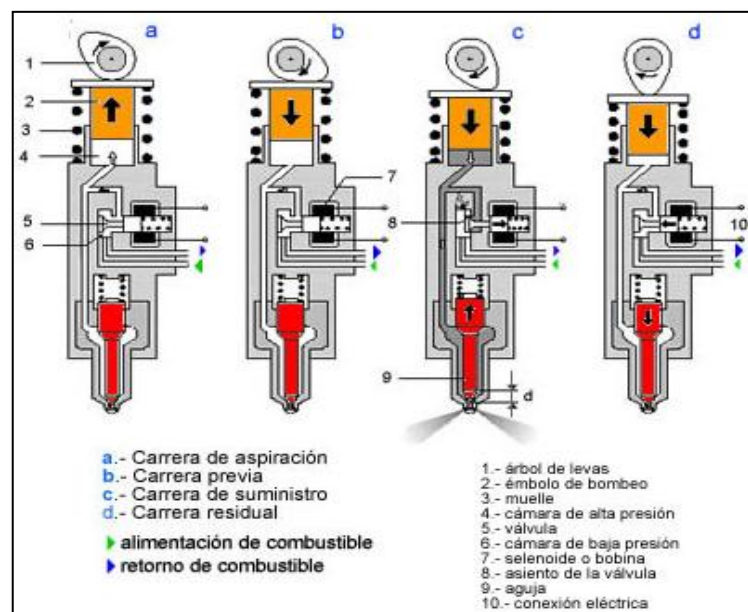


Figura 2. 34: Etapas de trabajo del inyector E.U.I. y M.U.I.
Fuente: <http://personales.ya.com/davidgomez/proyinyec.htm>

¹⁴ <http://personales.ya.com/davidgomez/proyinyec.htm>

Obtenemos las curvas partiendo de una función en la velocidad del cilindro (constante o senoidal) y una función tipo escalón para la tensión en la bobina de la electroválvula. Como se ha expuesto los tres subconjuntos a tener en cuenta son el émbolo, la electroválvula y la aguja del inyector. Visualizar las figuras 2.34 y 2.35.

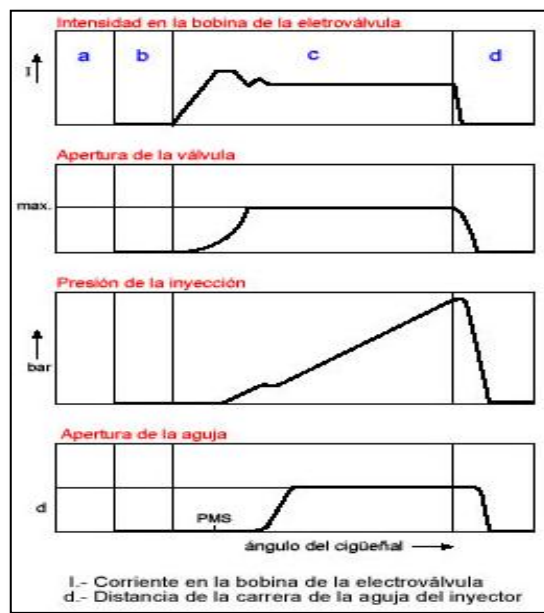


Figura 2. 35: Curva característica de la inyección E.U.I. y M.U.I.
Fuente: <http://personales.ya.com/davidgomez/proyinyec.htm>

2.4.5 CÓDIGOS DEL INYECTOR.

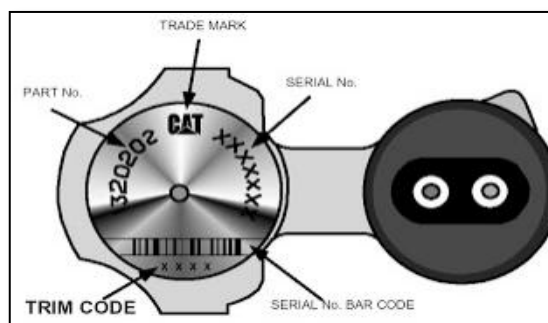


Figura 2. 36: Códigos de los inyectores Caterpillar serie 3500.
Fuente: <http://lamaquinariapesadacat.blogspot.com/2012/09/cat>.

a. DESCRIPCIÓN.

- Trade mark: Marca registrada unicamente por caterpillar.
- Serial No: Número de serie del inyector.
- Serial No BAR CODE: Número de código de barras.
- TRIM CODE: Código de ajuste.
- Part No: Número de parte del inyector.

2.5 DISPOSITIVOS HIDRÁULICOS.

2.5.1 BOMBA HIDRÁULICA DE ENGRANES.

En la bomba de engranes, el aceite es llevado desde la entrada a la salida en el espacio que hay entre dos dientes de cada engranaje. Uno de los engranajes es impulsado por la fuente de entrada del sistema y este a su vez mueve el otro engranaje.

Los dos engranajes se hallan dentro de la cámara conformada por un “anillo” que forma parte de la carcasa de la bomba y dos platos laterales, llamados platos de presión.¹⁵

a. CARACTERÍSTICAS.

- Cuerpos en aluminio reforzados y acero.
- Alto rendimiento y altas temperaturas.
- Bajo nivel sonoro. Larga duración en condiciones extremas. Excelente versatilidad. Amplio abanico de aplicaciones.
- Diseño compacto. Alta fiabilidad.

¹⁵ <http://es.scribd.com/doc/51609573/BOMBA-HIDRAULICA-DE-ENGRANAJES>

2.5.2 BOMBA DE ENGRANAJES EXTERNOS RECTOS.

En su forma más común, se componen de dos piñones dentados acoplados que dan vueltas, con un cierto juego, dentro de un cuerpo estanco. El piñón motriz está enchavetado sobre el árbol de arrastre accionando generalmente por un motor eléctrico. Visualizar el funcionamiento en la figura 2.37.

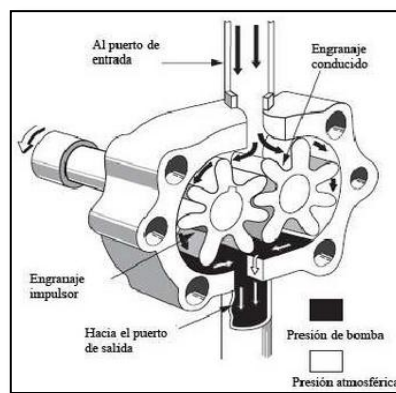


Figura 2. 37: Bomba rotativa de engranes externos.

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/51609573/BOMBA-HIDRAULICA-DE-ENGRANAJES>

A consecuencia del movimiento de rotación que el motor le provoca al eje motriz, éste arrastra al engranaje respectivo el que a su vez provoca el giro del engranaje conducido (segundo engranaje). Los engranajes son iguales en dimensiones y tienen sentido de giro inverso.

2.5.3 VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN.

Su misión principal es la de regular:

- Caudal.
- Presión.
- Distribuir.

- Cerrar parte del circuito.
- Regular la potencia que se debe transmitir.

Las válvulas de control de presión se usan para controlar la presión de un circuito o de un sistema. Algunos tipos de válvulas de control de presión son: válvulas de alivio, válvulas de secuencia, válvulas reductoras de presión, válvulas de presión diferencial y válvulas de descarga.¹⁶

a. VÁLVULA DE ALIVIO DE PRESIÓN, APERTURA DE LA VÁLVULA.

La válvula de alivio se mantiene cerrada por acción de la fuerza del resorte. La tensión del resorte se ajusta a una “presión de alivio”. El aumento de la presión de aceite produce una fuerza en la válvula de alivio. Cuando la fuerza de la presión de aceite, en aumento, sobrepasa la fuerza del resorte de la válvula de alivio, la válvula se mueve contra el resorte y la válvula comienza a abrirse. Visualizar el funcionamiento en la figura 2.38.

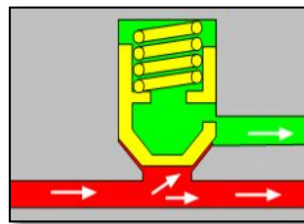


Figura 2. 38: Presión de apertura de la válvula de alivio.
Fuente: Manual elementos de control y mando.

b. VÁLVULA DE ALIVIO DE PRESIÓN, AJUSTE DE LA PRESIÓN.

El aumento de presión del circuito sobrepasa la nueva tensión del resorte y hace que se abra la válvula de alivio. El proceso se repite hasta que

¹⁶ <http://datoscaterpillar.blogspot.com/2012/11/valvulas-de-control-de-presion-las.html>

todo el flujo de la bomba esté fluyendo a través de la válvula de alivio. Este es el “ajuste de la presión de alivio”, como se muestra en la figura 2.39.

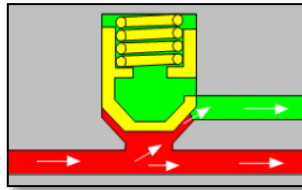


Figura 2. 39: Ajuste de presión de la válvula de alivio.
Fuente: Manual elementos de control y mando.

2.5.4 FILTROS.

Retienen los contaminantes del líquido hidráulico. Poseen un grado de filtración, que indica cual es la partícula más pequeña que es capaz de retener un filtro, se expresa en micras μm . A continuación se detallan los tipos de filtros.¹⁷

a. FILTRO DE ASPIRACIÓN.

Su función principal consiste en proteger la bomba y tienen un bajo rendimiento de filtración ya que permite el paso de partículas de 0.06 mm hasta 0.1 mm. Los filtros no pueden tener un mayor grado de filtración, ya que tendría un efecto de cavitación. Visualizar si símbolo en la figura 2.40.

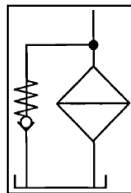


Figura 2. 40: Filtro de aspiración con válvula de derivación.
Fuente: http://cdigital.dgb.uanl.mx/te/1080080859/1080080859_03.pdf

¹⁷ http://cdigital.dgb.uanl.mx/te/1080080859/1080080859_03.pdf

b. FILTRO DE RETORNO.

Debe instalarse en el colector de retorno para filtrar la totalidad del fluido que regresa al depósito. Tiene un grado de filtración de 10 a 160 μm . Visualizarlo en la figura 2.41.

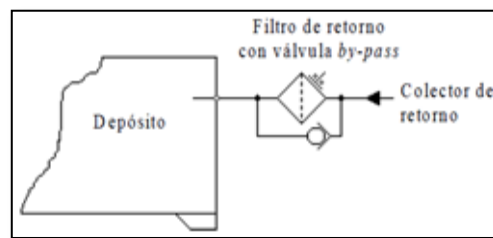


Figura 2. 41: Filtro de retorno.

Fuente: http://cdigital.dgb.uanl.mx/te/1080080859/1080080859_03.pdf

c. MATERIAL DE LOS FILTROS.

El material del filtro normalmente está plegado para obtener un máximo de superficie con un volumen pequeño.

- **FILTRO DE CAPA SIMPLE.**

Estos filtros están compuestos por una capa de tejido de metal, de celulosa, de material plástico o papel, utilizados preferentemente durante procesos de enjuagado o en la primera puesta en marcha de una instalación hidráulica.

- **FILTROS DE CAPAS MÚLTIPLES.**

Los filtros de capas múltiples tienen una capacidad de filtrar mucho mayor que los de capa simple ya que tienen más capas filtrantes.

A continuación en la figura 2.42, observamos los diferentes tipos de capas que presentan los filtros.

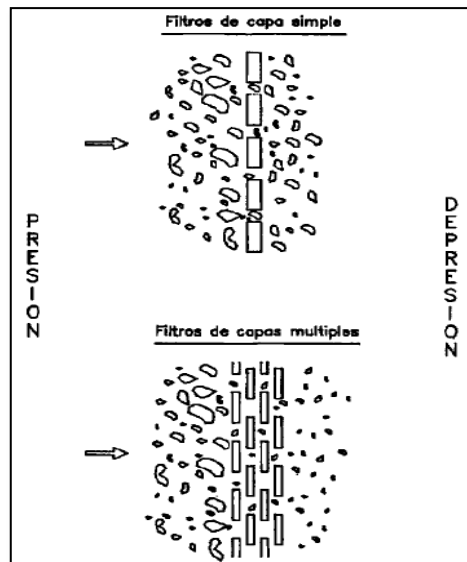


Figura 2. 42: Material de los filtros, capa simple y capa múltiple.
Fuente: http://cdigital.dgb.uanl.mx/te/1080080859/1080080859_03.pdf

A continuación en la tabla 2.2, podemos observar el tipo de filtro que podemos elegir de acuerdo al elemento hidráulico a ocuparse.

Tabla 2. 2. Parámetros para la selección del filtro adecuado.

ELEMENTO HIDRÁULICO	TIPO DE FILTRO	UBICACIÓN DEL FILTRO	GRADO NOMINAL DE FILTRACIÓN
Bomba de émbolos axiales	Filtro para circuito principal	Tubería de retroceso y/o tubería de presión	≤ 25
		Tubería de baja presión	≤ 25 (10)
Bombas de engranes, de émbolos radiales, válvulas de vías, reguladoras de presión, reguladoras de caudal, de antirretorno y cilindros de trabajo.	Filtro para circuito principal.	Tubería de descarga	≤ 63
	Filtro (adicional) para circuito secundario	Tubería de aspiración	≤ 63
Motores hidráulicos de revoluciones intermedias	Filtro para circuito principal	Tubería de descarga	≤ 25

Fuente: http://cdigital.dgb.uanl.mx/te/1080080859/1080080859_03.pdf

d. INDICADORES DEL GRADO DE SUCIEDAD.

Este grado es medido con el parámetro de la disminución de la presión. Al aumentar el grado de suciedad, aumenta la presión anterior al filtro. Esa presión actúa sobre un émbolo sobre el que actúa a su vez un muelle. Al aumentar la presión el émbolo es desplazado en contra del muelle. Visualizar en la figura 2.43.

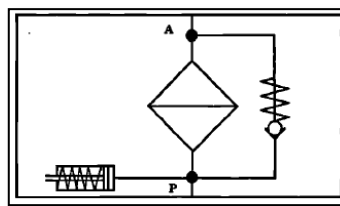


Figura 2. 43: Indicador del grado de suciedad.
Fuente: Neumática, Hidráulica y electricidad aplicada.

2.5.5 MANÓMETRO.

Los manómetros son los aparatos destinados a medir la presión del fluido en una línea del sistema. Éste tipo de manómetro está interiormente semi-lleno de glicerina, que sirve para amortiguar los movimientos bruscos a que puede estar sometida la aguja indicadora. Visualizar en la figura 2.44.

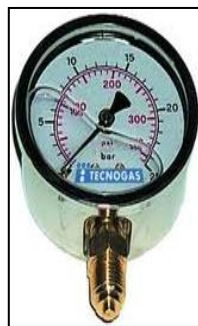


Figura 2. 44: Manómetro de presión.
Fuente: <http://es.scribd.com/doc/51337116/folleto-de-manometros>

2.5.6 TANQUE DE ALMACENAMIENTO HIDRÁULICO.

Almacenan el aceite, eliminar el calor y separar el aire del aceite. Los tanques deben tener resistencia y capacidad adecuadas, y no deben dejar entrar la suciedad externa. Existen dos tipos de tanques hidráulicos: tanque presurizado (la presión atmosférica no afecta la presión del tanque) y tanque no presurizado (La presión atmosférica que actúa en la superficie del aceite obliga al aceite a fluir del tanque al sistema).

En la figura 2.45, podemos identificar el tanque con los elementos siguientes:

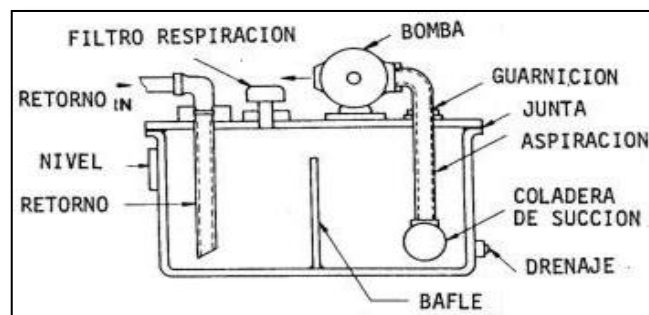


Figura 2. 45: Reservorio de aceite estándar.
Fuente: Neumac S.A.

- **TAPA DE DEPÓSITO Y AIREADOR.**

Impide que las impurezas del aire ambiente entren al depósito y es usada para llenar y añadir aceite al tanque.

- **VISOR DE NIVEL.**

Si el aceite está en un nivel a mitad de la mirilla, indica que el nivel de aceite es correcto.

- **PLACA SEPARADORA O BAFLE.**

Se extiende a lo largo del depósito y atraviesa el centro del tanque. Tiene generalmente $\frac{2}{3}$ de la altura del nivel de aceite. Cumple las siguientes funciones y podemos visualizarlo en la figura 2.46:

- Evitan el paso de burbujas de aire del retorno hacia la aspiración de la bomba, dando tiempo para que dichas burbujas lleguen a la superficie.
- Reduce la turbulencia del lado de aspiración de la bomba.
- Ayuda a separar el aire del fluido.
- Ayuda a disipar el calor a través de las paredes del tanque.

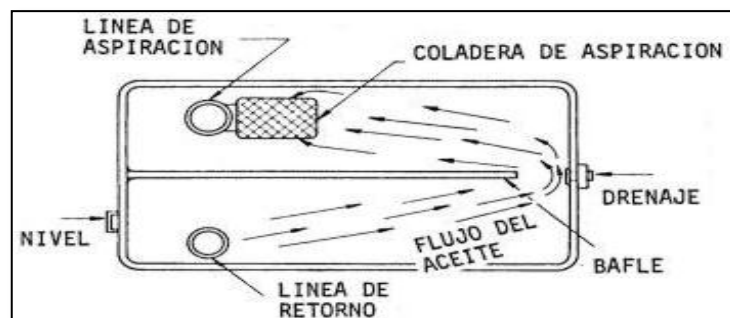


Figura 2. 46: Reservorio de aceite estándar, vista interna.
Fuente: Neumac S.A.

- **TAPÓN DE VACIADO.**

Ubicado en el punto más bajo del tanque, permite sacar el aceite degradado.

- **TUBERÍAS DE SUMINISTRO Y RETORNO.**

Estas deben situarse bajo el nivel del fluido, de lo contrario el aire se mezcla con el aceite y forma espuma. En líneas de retorno el corte debe

ubicarse de modo que el flujo se dirija a las paredes del tanque y se aleje de la entrada de la bomba.

- **TAMAÑO DEL DEPÓSITO.**

En diseños industriales el volumen del tanque es dos a tres veces el caudal de bomba. Como mínimo el tanque debe tener todo el combustible que necesita el sistema y mantener un nivel alto, para evitar el efecto de torbellino en la aspiración de la bomba, de lo contrario aire entrará al sistema.

2.5.7 FLUIDO DE CALIBRACIÓN.

El fluido hidráulico actúa como vehículo transmisor de la energía del punto de transformación al punto de utilización de cualquier sistema hidráulico.

Todo fluido hidráulico debe cumplir cuatro objetivos principales:

1. Transmitir potencia: como medio transmisor de potencia, el fluido debe poder circular fácilmente por el circuito con la menor pérdida de carga.
2. Lubricar y proteger: en la mayoría de los mecanismos hidráulicos, la lubricación interna la proporciona el fluido con el fin de reducir la fricción entre los elementos que se deslizan uno contra otro.
3. Estanquidad: en muchos casos el fluido cumple funciones de sellante o junta dentro de los mecanismos.
4. Refrigerar: las fugas internas y el rozamiento interno de los componentes hidráulicos generan calor.

a. VISCOSIDAD.

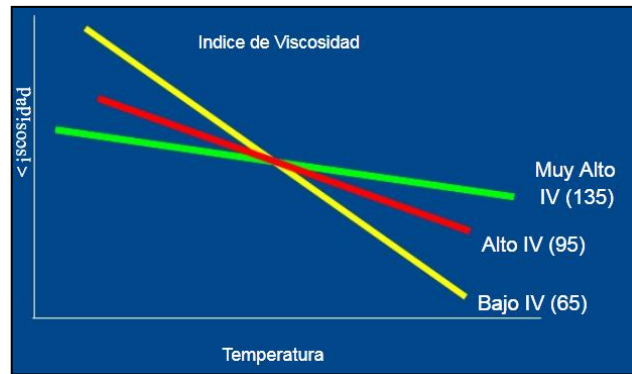


Figura 2. 47: Índice de viscosidad.

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/7329828/18/Gravedad-Especific>

La viscosidad del combustible es significativa porque el combustible sirve como lubricante para los componentes del sistema de inyección.

El combustible debe lubricar el sistema de alimentación a temperaturas extremadamente frías o calientes. Si la viscosidad cinemática es más baja que 1,4 cSt cuando se suministra a la bomba de inyección o a los inyectores unitarios, puede producirse un desgaste excesivo y atascamiento, para los motores configurados para combustible destilado.

b. CAMBIO DEL FLUIDO HIDRÁULICO.

Para que el recambio de fluido se efectivo, debe ir acompañado de las siguientes operaciones:

- Evacuar la totalidad del fluido, tanto el que está en el depósito como el que está en el circuito.
- Limpiar el depósito y comprobar su estado.
- Cambiar los filtros o, como mínimo, limpiarlos.
- Purgar el aire contenido en tuberías y aparatos.

2.5.8 MANGUERAS HIDRÁULICAS.

Las Mangueras hidráulicas están clasificadas por las normas DIN, SAE, ISO, de acuerdo a varios factores. Se fabrican en cuatro niveles de presión.¹⁸

a. MANGUERAS DE BAJA PRESIÓN.

Empleadas en sistemas neumáticos, hidráulicos de baja presión y en las conducciones de evacuación de los sistemas de alta presión.

b. MANGUERAS PARA PRESIONES MEDIAS.

Utilizadas en sistemas que funcionan con presiones de hasta 1200 Psi.

c. MANGUERAS DE ALTA PRESIÓN.

Manejan presiones en el orden de 3000 Psi.

d. MANGUERAS EXTRA REFORZADAS.

Registran presiones de 5000 Psi. Cuentan con un espiral de alambre trenzado de acero, tela y un tubo de caucho. Cuanto menor es el diámetro interior de una manguera, la presión interior es superior.

e. TEMPERATURAS DE OPERACIÓN.

-40 Grados a +250 Grados F.

-40 Grados a +121 Grados C.

¹⁸ <http://www.iiasacat.com.ec/servicio-al-cliente/soporte-al-producto/mangueras>

f. RADIO MÍNIMO DE DOBLAMIENTO.

Es lo máximo que se puede doblar una manguera en cualquier aplicación. Si se dobla por arriba de este punto, la manguera puede doblarse, torcerse, ampollarse o reducir la vida útil.

g. MEDIDA.

El diámetro interior (I.D.) de una manguera se mide en 1/16", en el tubo interior. Los rangos de diámetros interiores de una manguera van de 0.188 pulgada (3/16 pulgada) a 2.000 pulgada (2 pulgada). Visualizar en la figura 2.48.

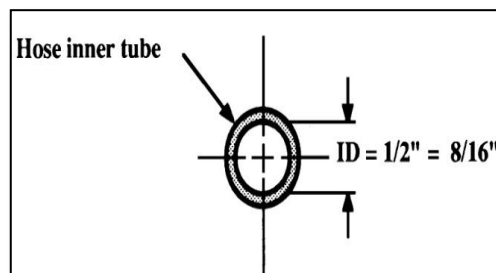


Figura 2. 48: Diámetro interno de una manguera.
Fuente: <http://www.sccovarrubias.cl/Manguera%20Hidrau.pdf>

h. RECOMENDACIONES DE INSTALACIÓN.

- Siempre se debe mantener un radio de curvatura lo más amplio posible, con el fin de evitar el colapso o restricción del fluido.
- Evite al instalar un flexible que este quede con alguna torcedura, por lo cual tome algún punto como referencia.
- Evite el contacto o el roce entre flexibles para que no produzcan desgastes de las superficies, para lo cual se recomienda el uso de adaptadores, codo o curvas apropiados.

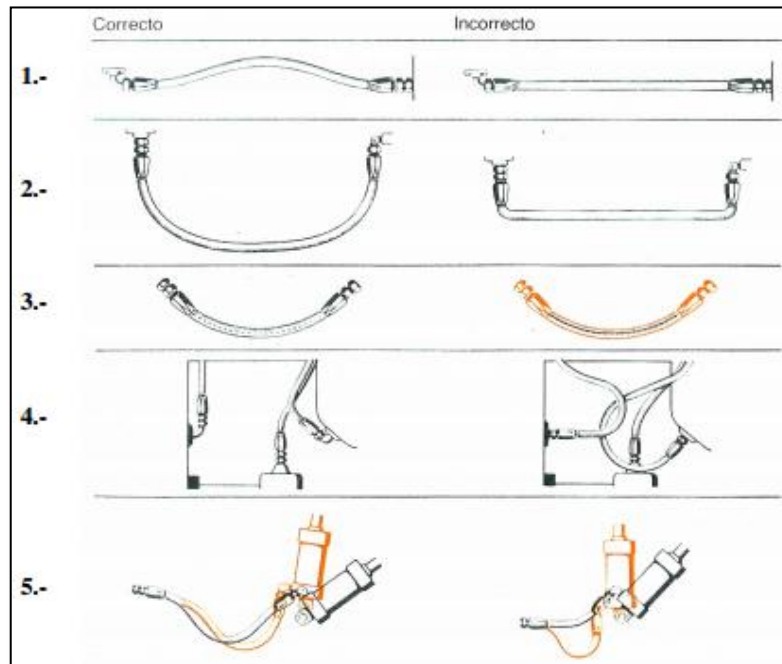


Figura 2. 49: Recomendaciones para instalación de mangueras.
Fuente: <http://www.sccovarrubias.cl/Manguera%20Hidrau.pdf>

2.6 ACOPLES FLEXIBLES.

Los acoplamientos son sistemas de transmisión de movimiento entre dos ejes o árboles, cuyas misiones son asegurar la transmisión del movimiento y absorber las vibraciones en la unión entre los dos elementos.

2.6.1 JUNTA OLDHAM (CRUCETA).

Presenta una pieza intermedia, en este caso se trata de una pieza cilíndrica con dos salientes prismáticos perpendiculares. Admite desalineaciones radiales por la goma que tiene el acople que sirve como amortiguador y permiten unir el motor, con el sistema que requiere la potencia, mediante un sistema seguro. Visualizar en la figura 2.50.



Figura 2. 50: Junta Oldham
Fuente: <http://es.scribd.com/doc/8689260/acop>

2.6.2 ADAPTADOR HIDRÁULICO O JUNTA PARA MANGUERAS.

Tienen la función de unir dos piezas o elementos de manera que encajen perfectamente.

a. CARACTERÍSTICAS.

Funciones.- El adaptador hidráulico puede ser usado como junta de transición para accesorios de mangueras y conectores de mangueras.

Material.- Acero al carbón sin costuras.

Equipamiento de proceso.- Máquina CNC.

Tratamiento de superficie.- Zinc.



Figura 2. 51: Acoples rápidos.
Fuente: <http://es.scribd.com/doc/8689260/acop>

2.7 PROBETAS.

La probeta o cilindro graduada es un instrumento volumétrico, hecho de vidrio, que permite medir volúmenes y sirve para contener líquidos. Está formado por un tubo generalmente transparente de unos centímetros de diámetro y tiene una graduación desde 0 ml hasta el máximo de la probeta, indicando distintos volúmenes.

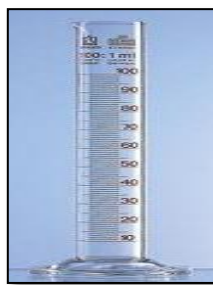


Figura 2. 52: Probeta.

Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Probeta_\(qu%C3%ADmica\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Probeta_(qu%C3%ADmica))

2.8 MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS.

Los motores eléctricos trifásicos, se fabrican en las más diversas potencias, desde una fracción de caballo hasta varios miles de caballos de fuerza (HP), se los construye para prácticamente, todas las tensiones y frecuencias (50 y 60 Hz) normalizadas y muy a menudo, están equipados para trabajar a dos tensiones nominales distintas.¹⁹

a. VENTAJAS.

- Se pueden construir de cualquier tamaño.
- Tiene un par de giro elevado y, según el tipo de motor, prácticamente constante.

¹⁹ <http://www.monografias.com/trabajos91/motor-electrico-trifasico/motor-electrico-trifasico.shtml#ixzz2k1FLzyBN>

- Su rendimiento es muy elevado (típicamente en torno al 75%, aumentando a medida que se incrementa la potencia de la máquina).
- Este tipo de motores no emite contaminantes, aunque en la generación de energía eléctrica de la mayoría de las redes de suministro sí emiten contaminantes.

b. FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR TRIFÁSICO DE INDUCCIÓN.

Cuando la corriente atraviesa los arrollamientos de las tres fases del motor, en el estator se origina un campo magnético que induce corriente en las barras del rotor.

Dicha corriente da origen a un flujo que al reaccionar con el flujo del campo magnético del estator, originará un par motor que pondrá en movimiento al rotor. Solo debe hacerse notar que el rotor no puede ir a la misma velocidad que la del campo magnético giratorio. Esto se debe a que a cada momento recibe impulsos del campo, pero al cesar el empuje, el rotor se retrasa. A este fenómeno se le llama deslizamiento. Visualizar en la figura 2.53.

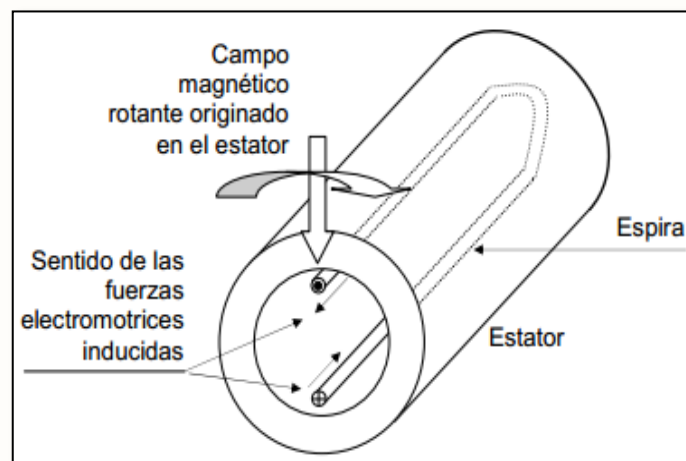


Figura 2. 53: Fuerza electromotriz ejercida en una espira.
Fuente: Manual de motores WEG.

c. PARTES DEL MOTOR ELÉCTRICO TRIFÁSICO.

Independientemente del tipo de motor trifásico del que se trate, todos los motores trifásicos convierten la energía eléctrica en energía mecánica.

El estator.- Está constituido por un enchapado de hierro al silicio, introducido generalmente a presión, entre una carcasa de hierro colado. El enchapado es ranurado, lo cual sirve para insertar allí las bobinas, que a su vez se construyen con alambre de cobre, de diferentes diámetros.

El rotor.- Es la parte móvil del motor. Está formado por el eje, el enchapado y unas barras de cobre o aluminio unidas en los extremos con tornillos. A este tipo de rotor se le llama de jaula de ardilla.

Los escudos.- Están hechos con hierro colado (la mayoría de veces). En el centro tienen cavidades donde se incrustan cojinetes de bolas sobre los cuales descansa el eje del rotor.

2.9 VARIADOR DE FRECUENCIA.

Es un sistema para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna (AC) por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor. Un variador de frecuencia es un caso especial de un variador de velocidad. Dado que el voltaje es variado a la vez que la frecuencia, a veces son llamados drivers VVVF (variador de voltaje variador de frecuencia).²⁰

Los dispositivos variadores de frecuencia operan bajo el principio de que la velocidad síncrona de un motor de corriente alterna (CA) está determinada por la frecuencia de CA suministrada y el número de polos

²⁰ http://es.wikipedia.org/wiki/Variador_de_frecuencia

en el estator, de acuerdo con la relación indicada en la ecuación (2.1), correspondiente a las RPM del variador de frecuencia:

$$\text{RPM} = \frac{120 \times f}{p} \quad (2.1)$$

Dónde:

RPM = Revoluciones por minuto.

f = frecuencia de suministro CA (Hercio).

p = Número de polos.

Las cantidades de polos más frecuentemente utilizadas en motores síncronos o en Motor asíncrono son 2, 4, 6 y 8 polos que, siguiendo la ecuación citada, resultarían en 3000 RPM, 1500 RPM, 1000 RPM y 750 RPM respectivamente para motores sincrónicos únicamente y a la frecuencia de 50 Hz. Dependiendo de la ubicación geográfica funciona en 50 Hz o 60 Hz. Visualizar en la figura 2.54, para un mejor razonamiento.

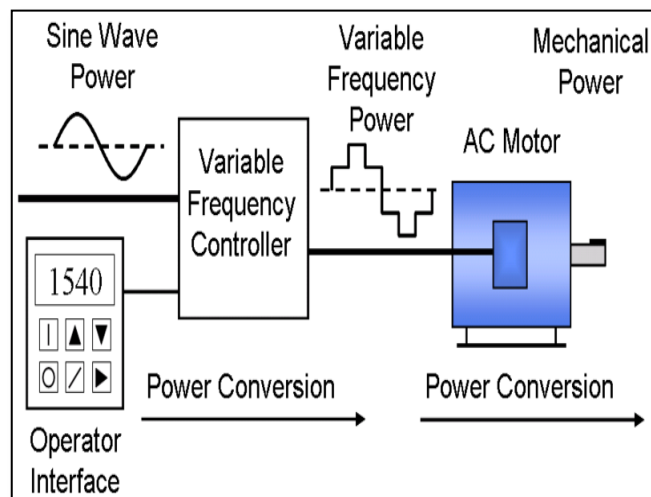


Figura 2. 54: Funcionamiento del variador de frecuencia.
Fuente: Manual de Automatización WEG.

2.10 HARDWARE ARDUINO.

Arduino es una plataforma open-hardware basada en una pequeña placa con entradas y salidas (E/S), analógicas y digitales, su corazón es el Microcontrolador Atmega 8, un chip sencillo y de bajo coste que permite el desarrollo de múltiples diseños.²¹



Figura 2. 55: Hardware Arduino.

Fuente: <http://www.sccovarrubias.cl/Manguera%20Hidrau.pdf>

a. ESPECIFICACIONES.

Tabla 2. 3. Especificaciones Arduino Atmega 168 Y 328.

	Atmega168	Atmega328
Voltaje operativo	5 V	5 V
Voltaje de entrada recomendado	7 - 12 V	7 - 12 V
Voltaje de entrada límite	6 - 20 V	6 - 20 V
Pines de entrada y salida digital	14 (6 proporcionan PWM)	14 (6 proporcionan PWM)
Pines de entrada analógica	6	6
Intensidad de corriente	40 mA	40 mA
Memoria Flash	16KB (2KB reservados para el bootloader)	32KB (2KB reservados para el bootloader)
SRAM	1 KB	2 KB
EEPROM	512 bytes	1 KB
Frecuencia de reloj	16 MHz	16 MHz

Fuente: <http://www.mantech.co.za/datasheets/products/A000047.pdf>

²¹ <http://es.slideshare.net/gruposirp/presentacion-arduino-conferencia>

b. ENTRADAS Y SALIDAS.

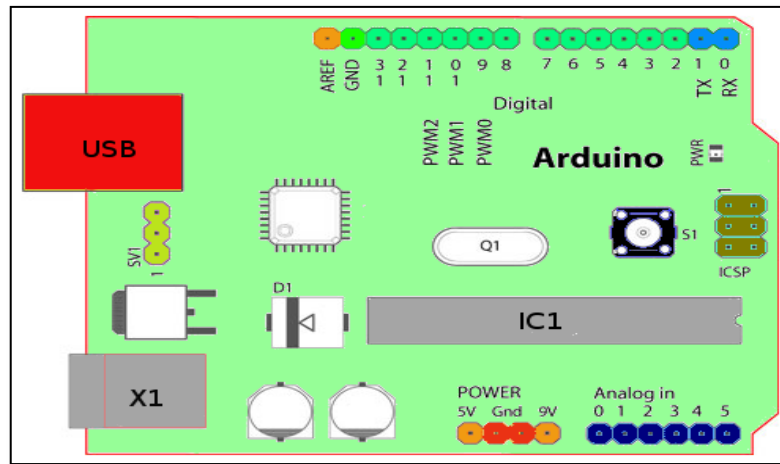


Figura 2. 56: Arduino 168.

Fuente: <http://www.mantech.co.za/datasheets/products/A000047.pdf>

Poniendo de ejemplo al Atmega168, consta de 14 entradas digitales configurables entrada i/o salidas que operan a 5 voltios. Cada pin puede proporcionar o recibir como máximo 40 mA. Los pines 3, 5, 6, 8, 10 y 11 pueden proporcionar una salida PWM (Pulse Width Modulation). Si se conecta cualquier cosa a los pines 0 y 1, eso interferirá con la comunicación USB. También tiene 6 entradas analógicas que proporcionan una resolución de 10 bits. Por defecto miden de 0 voltios (masa) hasta 5 voltios. Visualizar en la figura 2.56.

c. FUNCIONES BÁSICAS Y OPERADORES.

Arduino está basado en C y soporta todas las funciones del estándar C y algunas de C++. A continuación se muestra un resumen:

➤ SINTAXIS BÁSICA.

Delimitadores: {}

Comentarios: //, /* */

Cabeceras: #define, #include

Operadores aritméticos: +, -, *, /, %

Asignación: =

Operadores de bits: &, |, ^, ~, <<, >>

➤ **VARIABLES.**

En cuanto al tratamiento de las variables también comparte un gran parecido con el lenguaje.

➤ **CONSTANTES.**

- HIGH / LOW: niveles alto y bajo en pines. Los niveles altos son aquellos de 3 voltios o más.
- INPUT / OUTPUT: entrada o salida
- true / false

2.11 BIBLIOTECA EN ARDUINO.

Para hacer uso de una biblioteca en Sketch (el IDE de Arduino), basta con hacer clic sobre "Import Library" en el menú, escoger una biblioteca y se añadirá el #include correspondiente. Las bibliotecas estándar que ofrece Arduino son las siguientes:

Serial.- Lectura y escritura por el puerto serie.

Eeprom.- Lectura y escritura en el almacenamiento permanente, read (), write ().

Firmata.- Comunicación con aplicaciones de ordenador utilizando el protocolo estándar del puerto serie.

Liquidcrystal.- Control de LCDs con chipset Hitachi HD44780 o compatibles. La biblioteca soporta los modos de 4 y 8 bits.

Wire.- Envío y recepción de datos sobre una red de dispositivos o sensores mediante Two Wire Interface (TWI/I2C).

2.12 CONVERSORES DC A DC.

Se llama convertidor DC-DC a un dispositivo que transforma corriente continua de una tensión a otra. Suelen ser reguladores de conmutación, dando a su salida una tensión regulada y, la mayoría de las veces con limitación de corriente. Se tiende a utilizar frecuencias de conmutación cada vez más elevadas porque permiten reducir la capacidad de los condensadores, con el beneficio de volumen, peso y precio.²²

a. VENTAJAS DE UTILIZAR CONVERTIDORES DC-DC.

Simplifican la alimentación de un sistema, porque permiten generar las tensiones donde se necesitan, reduciendo la cantidad de líneas de potencia necesarias. Además permiten un mejor manejo de la potencia, control de tensiones de entrada.

b. INCONVENIENTES.

Generan ruido, No sólo en la alimentación regulada, sino que a través de su línea de entrada se puede propagar al resto del sistema.

c. TIPOS DE CONVERTIDORES DC-DC.

Son varios los tipos de convertidores DC-DC existentes. Normalmente se clasifican en tres grupos: los que disminuyen la tensión a su salida

²² http://es.wikipedia.org/wiki/Convertidor_DC_a_DC

(convertidor reductor), los que aumentan la tensión a su salida (convertidor elevador) y los que son capaces de realizar ambas funciones.

Reductores: Convertidor Buck

Elevadores: Convertidor Boost

Reductores-Elevadores: Convertidor Buck-Boost, Convertidor Flyback, Convertidor Cuk

Nos centraremos en los conversores elevadores para poder diseñar el requerimiento de nuestro sistema.

El principio básico del convertidor Boost consiste en dos estados distintos dependiendo del estado del interruptor S:

- Cuando el interruptor está cerrado (On-state) la bobina L almacena energía de la fuente, a la vez la carga es alimentada por el condensador C.
- Cuando el interruptor está abierto (Off-state) el único camino para la corriente es a través del diodo D y circula por el condensador (hasta que se carga completamente) y la carga.

Existen dos situaciones de funcionamiento: Modo continuo (toda la energía se transfiere a la carga, sin llegar a que la corriente se anule), y Modo Discontinuo (la carga consume menos de lo que el circuito puede entregar en un ciclo).

2.12.1 MODO CONTINUO.

Cuando un convertidor boost opera en modo continuo, la corriente a través del inductor (I_L) nunca llega a cero. La figura muestra las formas de onda típicas de corrientes y voltajes de un convertidor operando en este modo. El voltaje de salida se puede calcular como sigue, en el caso

de un convertidor ideal (es decir, que usa componentes con comportamiento ideal), operando en condiciones estacionarias:

Durante el estado ON, el conmutador S está cerrado, haciendo que el voltaje de entrada (V_i) aparezca entre los extremos del inductor, lo que causa un cambio de corriente (I_L) a través del mismo durante un período (t). Visualizar en la figura 2.57.

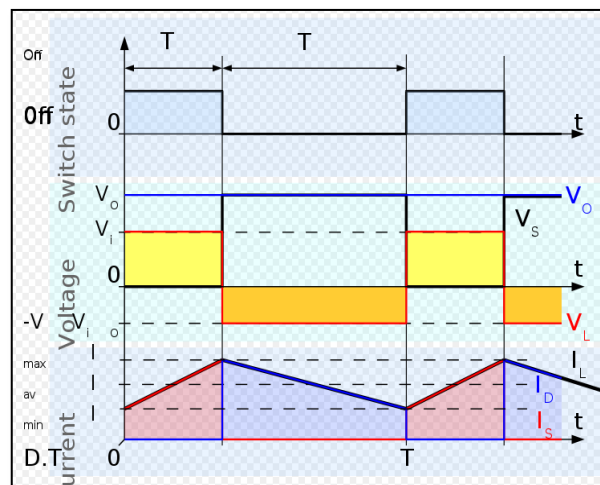


Figura 2. 57: Formas de onda de corriente y voltaje en un convertidor Boost operando en modo continuo.
Fuente: Grupo de investigación.

2.12.2 MODO DISCONTINUO.

En algunas situaciones, la cantidad de energía requerida por la carga es suficientemente pequeña como para ser transferida en un tiempo menor que el tiempo total del ciclo de conmutación. En este caso, la corriente a través del inductor cae hasta cero durante parte del periodo. La única diferencia en el principio descrito antes para el modo continuo, es que el inductor se descarga completamente al final del ciclo de conmutación (ver formas de onda de la figura 2.58). En algunas situaciones, la cantidad de energía requerida por la carga es suficientemente pequeña como para ser transferida en un tiempo menor que el tiempo total del ciclo de

conmutación. En este caso, la corriente a través del inductor cae hasta cero durante parte del periodo. La única diferencia en el principio descrito antes para el modo continuo, es que el inductor se descarga completamente al final del ciclo de conmutación (ver formas de onda de la figura 2.58).

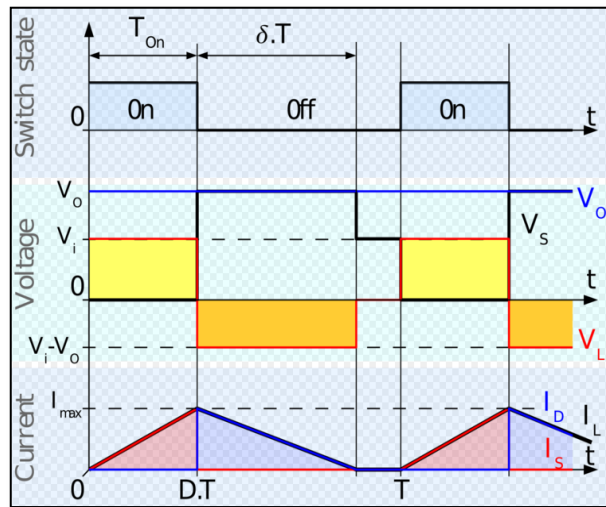


Figura 2. 58: Formas de onda de corriente y voltaje en un convertidor boost operando en modo discontinuo.
Fuente: Grupo de investigación.

2.13 CAMBOX.

Es un dispositivo mecánico simple para probar inyectores bomba (UIS) y bombas unitarias (UPS). Se puede utilizar con cualquier banco clásico de cualquier fabricante. El equipamiento básico de Cam-Caja permite poner a prueba la unidad-inyectores de algunos modelos Iveco, Volvo, Caterpillar. Para el ensayo de otros tipos de inyectores, es necesario ordenar adaptadores adicionales, diferentes.²³

Visualizar en la figura 2.59.

²³ <http://www.dieselland.eu/test-bench-cam-box/>

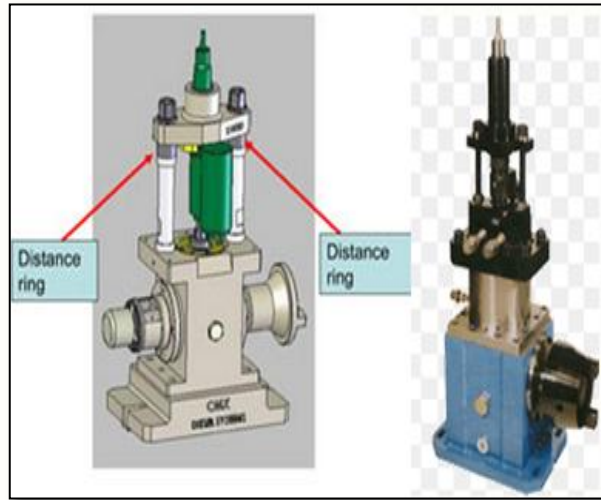


Figura 2. 59: Cambox E.U.I. y M.U.I., Caterpillar serie 3500.
Fuente: Injectronix.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

3.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.

El diseño de la investigación es una planificación compendiada de lo que se debe hacer para lograr los objetivos del estudio.

El investigador tiene el manejo de la variable independiente, ya que puede manipularla de manera intencional, para observar los efectos o reacciones que se producen (variable dependiente).

El objetivo de estudio y su tratamiento dependen completamente del investigador, de las decisiones que tome para manejar su experimento.

3.1.1 ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL.

- Delimitar y definir el objeto de la investigación o problema, señalando las variables independientes y las dependientes.
- Analizar los resultados alcanzados, deben contestar las preguntas planteadas por el problema.
- Formular conclusiones, mediante los resultados obtenidos de la ejecución del experimento y aplicar el criterio científico para aceptar o rechazar la hipótesis.
- Elaborar un informe.

3.1.2 POBLACIÓN Y MUESTRA.

La investigación se sustentó en observaciones de procesos metodológicos a Ingenieros Mecánicos empleados de la Compañía de Alquiler y Suministro Petrolero RS ROTH S.A., así también observaciones del proceso práctico en diferentes laboratorios de inyección diesel de la ciudad de QUITO.

3.1.3 MUESTREO ESTRATIFICADO.

Consiste en dividir al universo de estudio en estratos, zonas o grupos homogéneos, para luego tomar la muestra.

a. VENTAJA.

- Podemos tener información con más precisión sobre la característica objeto del estudio.

b. INCONVENIENTE.

- La elección del tamaño de las muestras dentro de cada estrato para que el total sea n .

La investigación estuvo constituida por dos grupos de observación:

- 10 trabajadores la COMPAÑÍA DE ALQUILER Y SUMINISTRO PETROLERO RS ROTH S.A., del área de Mantenimiento y Reparación de Motores.
- 5 técnicos especialistas en el diagnóstico y reparación de inyectores E.U.I. y M.U.I.

La ratificación del tamaño de la muestra, se basa en un modelo de cálculo presentado a continuación, el que toma en cuenta nuestro

universo o tamaño de la población “Finita” (se conoce su tamaño muestral), se determinará la muestra en base a la ecuación (3.1):

$$n = \frac{N \times Z_{\alpha}^2 \times P \times Q}{d^2 \times (N - 1) + Z_{\alpha}^2 \times P \times Q} \quad (3.1)$$

Tabla 3. 1. Tamaño de la muestra.

N	Tamaño muestral
N	Tamaño de la población.
Zα	Nivel de confianza prefijado. Para una seguridad del 95% = 1.96
P	Proporción esperada del parámetro a evaluar (en este caso 0.5% = 0.5)
Q	1 – p (en este caso 1-0.5 = 0.5)
D	Error muestral deseado (en este caso Deseamos un 5%)
	$n = \frac{N \times Z_{\alpha}^2 \times P \times Q}{d^2 \times (N - 1) + Z_{\alpha}^2 \times P \times Q}$
	$n = \frac{10 \times (1.96)^2 \times 0.5 \times 0.5}{(0.05)^2 \times (10 - 1) + (1.96)^2 \times 0.5 \times 0.5}$
	9.8
	10
	Se realizará 10 encuestas con el fin de obtener resultados confiables.

Fuente: <http://www.fisterra.com/mbe/investiga/9muestras/9muestras.asp>.

3.2 RECOLECCIÓN DE DATOS.

La recolección de datos es un procedimiento o actividad realizada con el propósito de recabar la información necesaria para el logro de los objetivos de una investigación; a principal técnica de recolección de datos y la que seleccionamos es la “encuesta”.

3.2.1 LA ENCUESTA.

La encuesta aplica un cuestionario a las personas (muestra), que tienen conocimientos sobre un tema o problema a investigar y se la puede utilizar en una población determinada o por muestreo.

De modo que para recolectar la información hay que tener presente lo siguiente:

- Seleccionar un instrumento de medición el cual debe ser válido y confiable para poder aceptar los resultados.
- Organizar las informaciones obtenidas para poder analizarlas.

a. ELABORACIÓN DE LA ENCUESTA.

Para la elaboración del instrumento y la recolección de datos, se procedió de la siguiente manera:

1. Definimos el objeto de la encuesta.
2. Formulamos con precisión los objetivos a conseguir.
3. Procesamos codificamos y tabulamos los resultados de la encuesta a través de un cuadro estadístico de la información, que serán presentados en el informe y para posteriores análisis.
4. Se validó el instrumento a juicio de expertos conocedores del tema sobre Sistemas de Inyección diesel electrónico E.U.I. y mecánicos M.U.I.
5. Una vez impreso el instrumento fue aplicado.

b. VALIDEZ.

Se refiere al grado en que un instrumento, mide lo que se supone debe medirse.

c. CONFIABILIDAD.

Es el grado de congruencia y exactitud con el cual se mide el atributo. El instrumento tiene una confiabilidad del 97% y se realizó con el aval de cuatro expertos en el ámbito, a quienes se les consultó sobre el tema “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN COMPROBADOR DE INYECTORES DE GRUPOS ELECTRÓGENOS DE MOTOR SERIE 3500 CATERPILLAR”.

- Ing. Darío Espinoza. Gerente de Mantenimiento y Reparación en la COMPAÑÍA DE ALQUILER Y SUMINISTRO PETROLERO RS ROTH S.A.
- Ing. Tony Coello. Diseñador de circuitos hidráulicos en NEUMAC S.A.
- Ing. Renato Arboleda. Diseñador de circuitos electrónicos en APM.
- Ing. Antoño Galarza. Propietario de Laboratorio de inyección diesel GALARDIESEL.

Los expertos en este ámbito, analizaron lo siguiente:

- La factibilidad para la realización del proyecto.
- La correspondencia de las preguntas del instrumento con los objetivos, variables e indicadores.
- La calidad técnica y el leguaje.

Las observaciones realizadas por los expertos fueron incorporadas en la elaboración del instrumento definitivo. Los resultados fueron tabulados con la ayuda de programa Microsoft Excel, cuyo resultado determinó la necesidad de contar con un Comprobador de Inyectores E.U.I. y M.U.I. para prestar servicio de calidad a la COMPAÑÍA DE ALQUILER Y SUMINISTRO PETROLERO RS ROTH S.A.

A continuación se presenta la encuesta que se deberá aplicarse.

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE LATACUNGA
ENCUESTA

Objetivo:

El objetivo de esta encuesta es evaluar la calidad de servicio que proporciona el proyecto de grado titulado "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN COMPROBADOR DE INYECTORES DE GRUPOS ELECTRÓGENOS DE MOTOR SERIE 3500 CATERPILLAR", así como el beneficio obtenido por Compañía de Alquiler y Suministro Petrolero RS ROTH S.A., al implantar este proyecto de tecnología.

Instrucción:

Favor marcar con una X las respuestas.

1. ¿Ha escuchado hablar acerca del sistema de inyección de combustible controlado electrónicamente y actuado mecánicamente (E.U.I.) y del sistema de inyección controlado mecánicamente y actuado mecánicamente (M.U.I.)?

Sí No

2. ¿En qué porcentaje considera usted, que el laboratorio de mantenimiento y reparación de la compañía, está equipado con equipos de diagnóstico para los diferentes sistemas de inyección?

- a. 25%
b. 50%
c. 75%
d. 100%

3. ¿Con qué frecuencia asiste usted a laboratorios de inyección diesel para evidenciar y comprobar las diferentes pruebas que se realizan a los inyectores?
- a. Siempre
 - b. Casi Siempre
 - c. Rara vez
 - d. Nunca
4. ¿Dispone la Compañía los recursos necesarios y adecuados, para el desarrollo de este proyecto?
- Sí No
5. ¿Cree necesario que el diagnóstico y reparación de los inyectores E.U.I. y M.U.I., CATERPILLAR SERIE 3500 deben realizarse dentro de la Compañía?
- Sí No
6. ¿Conoce usted, si la Compañía; dispone de personal con alto conocimiento y dominio en el diagnóstico y reparación de inyectores E.U.I. y M.U.I. CATERPILLAR SERIE 3500?
- Sí No
7. ¿En qué porcentaje considera usted, que la implementación del comprobador de inyectores E.U.I y M.U.I. CATERPILLAR SERIE 3500, mejorará la tecnología y los trabajos dentro de la compañía?
- a. 25%
 - b. 50%
 - c. 75%
 - d. 100%

8. ¿Recomienda usted, la implementación del comprobador de inyectores E.U.I y M.U.I. CATERPILLAR serie 3500 para la compañía?

Sí

No

d. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

d.1 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.

Una vez aplicado los instrumentos de recolección de la información, se procedió a realizar el tratamiento correspondiente para el análisis de los mismos.

- **CUADRO No1.**

¿Ha escuchado hablar acerca del sistema de inyección de combustible controlado electrónicamente y actuado mecánicamente (E.U.I.) y del sistema de inyección controlado mecánicamente y actuado mecánicamente (M.U.I.)?

Tabla 3. 2. Respuestas pregunta 1.

Conoce los sistemas de inyección diesel E.U.I. y M.U.I.			
No1.	Conocimiento	Ingenieros	Porcentaje
a.	Si	9	90%
b.	No	1	10%
TOTAL			100%

Fuente: Grupo de investigación.

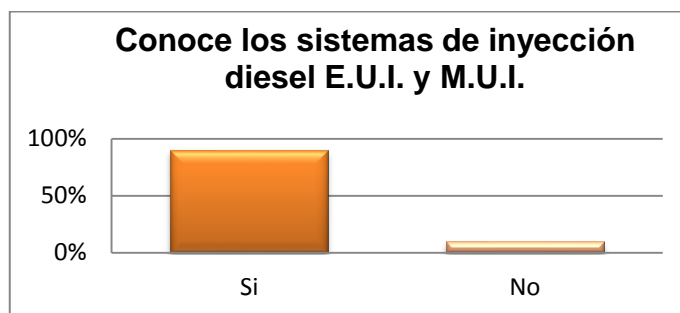


Figura 3. 1: Diagrama de bloques pregunta 1.
Fuente: Grupo de investigación.

📌 INTERPRETACIÓN.

El 90% de los trabajadores del área de mantenimiento y reparación de la compañía conoce los sistemas de inyección E.U.I. y M.U.I., los cuales usa la mayoría de motores. El 10 % no conoce el funcionamiento de los sistemas.

• CUADRO No2.

¿En qué porcentaje considera usted, que el laboratorio de mantenimiento y reparación de la compañía, está equipado con equipos de diagnóstico para los diferentes sistemas de inyección?

Tabla 3. 3. Respuestas pregunta 2.

Porcentaje en que el laboratorio está equipado con dispositivos de diagnóstico.			
No1.	Sistema	Ingenieros	Porcentaje
a	25%	5	50%
b	50%	3	30%
c	75%	2	20%
d	100%	0	0%
TOTAL			100%

Fuente. Grupo de investigación.

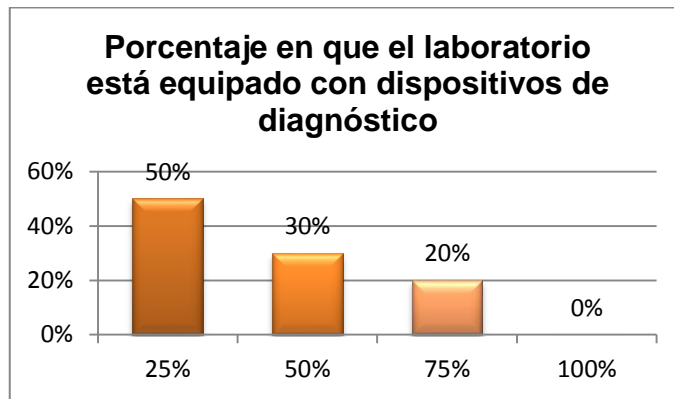


Figura 3. 2: Diagrama de bloques pregunta 2.
Fuente: Grupo de investigación.

📌 INTERPRETACIÓN.

El 50% de los trabajadores opinan que el área de mantenimiento y reparación de la compañía está equipada con un 25% de equipos de diagnóstico para los inyectores, el 30% opina que se encuentra equipado con un 50%, el 20% opina que se encuentra equipado con un 75%, y absolutamente nadie piensa que se encuentra equipado un 100%.

- **CUADRO No3.**

¿Con qué frecuencia asiste usted a laboratorios de inyección diesel para evidenciar y comprobar las diferentes pruebas que se realizan a los inyectores?

Tabla 3. 4. Respuestas pregunta 3.

Frecuencia de asistencia a laboratorios diesel.			
No1.	Frecuencia	Ingenieros	Porcentaje
a	Siempre	0	0%
b	Casi siempre	2	20%
c	Rara vez	4	40%
d	Nunca	4	40%
TOTAL			100%

Fuente: Grupo de investigación.

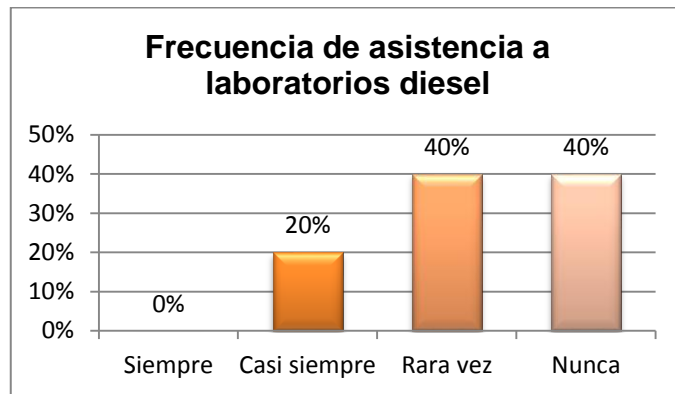


Figura 3. 3: Diagrama de bloques pregunta 3.
Fuente: Grupo de investigación.

📊 INTERPRETACIÓN.

Ningún trabajador del área de reparación va a verificar el diagnóstico de los inyectores en los laboratorios al cual se los envía, el 20% de trabajadores visita casi siempre el laboratorio, el 40% rara vez, otro 40% de trabajadores nunca ha tenido la oportunidad de visitar.

• CUADRO No4.

¿Dispone la Compañía los recursos necesarios y adecuados, para el desarrollo de este proyecto?

Tabla 3. 5: Respuestas pregunta 4.

Dispone recursos necesarios la compañía.			
No1.	Conocimiento	Ingenieros	Porcentaje
A	Si	9	90%
B	No	1	10%
Total			100%

Fuente: Grupo de investigación.

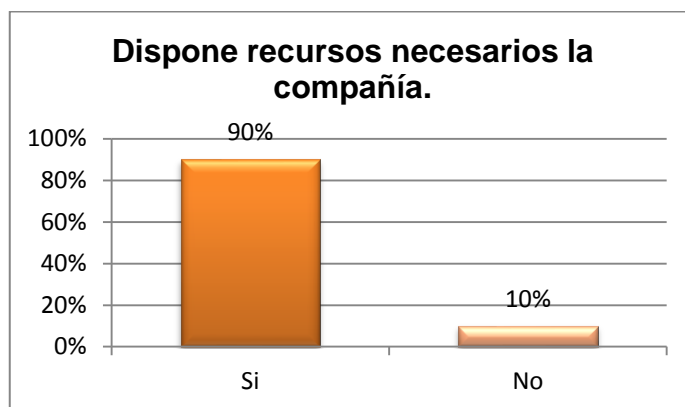


Figura 3. 4: Diagrama de bloques pregunta 4.
Fuente: Grupo de investigación.

🌈 INTERPRETACIÓN.

El 90% de los trabajadores opina que la compañía cuenta con los recursos necesarios para la construcción del comprobador, el 10% opina que no cuenta con los recursos necesarios.

- **CUADRO No5.**

¿Cree necesario que el diagnóstico y reparación de los inyectores E.U.I. y M.U.I., CATERPILLAR SERIE 3500 deben realizarse dentro de la Compañía?

Tabla 3. 6. Respuestas pregunta 5.

El diagnóstico se debe realizar dentro de la compañía.			
No1.	Opinión	Ingenieros	Porcentaje
A	Si	10	100%
B	No	0	0%
Total			100%

Fuente: Grupo de investigación.

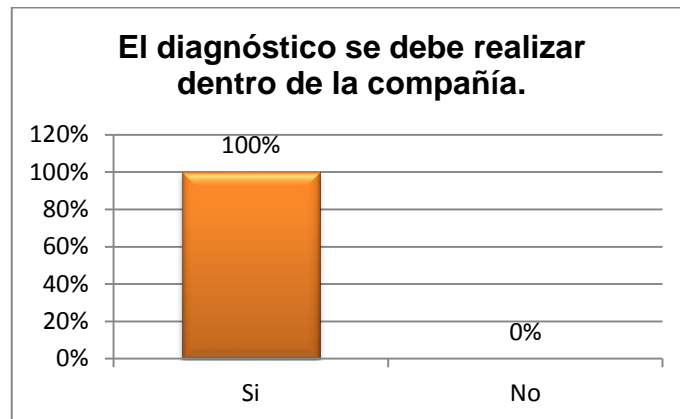


Figura 3. 5: Diagrama de bloques pregunta 5.
Fuente: Grupo de investigación.

🌈 INTERPRETACIÓN.

El 100% de los trabajadores del área de reparación y mantenimiento de motores opina que los diagnósticos a los inyectores se los debe realizar dentro de la compañía.

• **CUADRO No6.**

¿Conoce usted, si la Compañía; dispone de personal con alto conocimiento y dominio en el diagnóstico y reparación de inyectores E.U.I. y M.U.I. CATERPILLAR SERIE 3500?

Tabla 3. 7. Respuestas pregunta 6.

La compañía dispone con personal que domina el diagnóstico de los inyectores.			
No1.	Conocimiento	Ingenieros	Porcentaje
a	Si	7	70%
b	No	3	30%
TOTAL			100%

Fuente: Grupo de investigación.

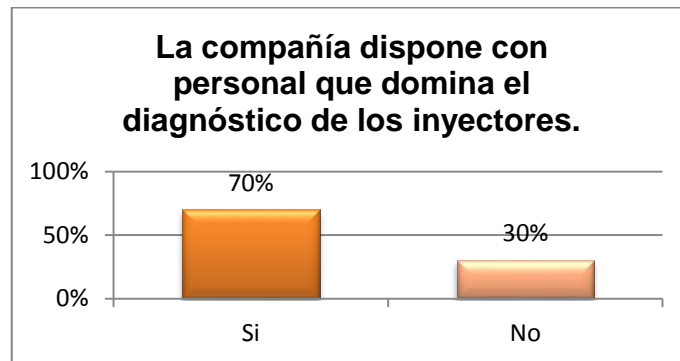


Figura 3. 6: Diagrama de bloques pregunta 6.
Fuente: Grupo de investigación.

📌 INTERPRETACIÓN.

El 70% de los trabajadores del área de mantenimiento y reparación de la compañía opina que se encuentran en capacidad de realizar un diagnóstico a los inyectores, el 30% restante opina que no se encuentra en condiciones.

- **CUADRO No7.**

¿En qué porcentaje considera usted, que la implementación del comprobador de inyectores E.U.I y M.U.I. CATERPILLAR SERIE 3500, mejorará la tecnología y los trabajos dentro de la compañía?

Tabla 3. 8. Respuestas pregunta 2.

Porcentaje en que la implementación del comprobador ayudara a la compañía			
No1.	Porcentaje	Ingenieros	Porcentaje
A	25%	0	0%
B	50%	1	10%
C	75%	3	30%
D	100%	6	60%
TOTAL			100%

Fuente. Grupo de investigación.

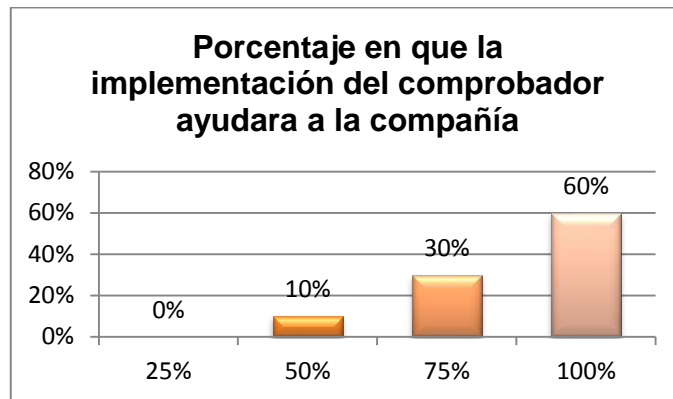


Figura 3. 7: Diagrama de bloques pregunta 7.
Fuente: Grupo de investigación.

📌 INTERPRETACIÓN.

El 60% de los trabajadores opina que el comprobador ayudara a la compañía a mejorar un 100% en el área de reparación con este equipo, el 30% de trabajadores opina que mejorara un 75%, el 10% de trabajadores opina que la compañía mejorara un 50%.

- **CUADRO No8.**

¿Recomienda usted, la implementación del comprobador de inyectores E.U.I y M.U.I. CATERPILLAR serie 3500 para la compañía?

Tabla 3. 9. Respuesta pregunta 8.

Recomienda la construcción del comprobador.			
No1.	Recomendación	Ingenieros	Porcentaje
A	Si	10	100%
B	No	0	0%
TOTAL			100%

Fuente: Grupo de investigación.

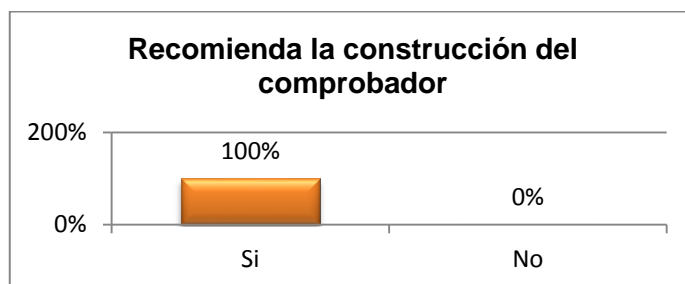


Figura 3. 8: Diagrama de bloques pregunta 8.
Fuente: Grupo de investigación.

📌 INTERPRETACIÓN.

El 100% de los trabajadores opinan que si es factible en su totalidad la construcción del comprobador de inyectores E.U.I y M.U.I. CATERPILLAR serie 3500.

d.2 CONCLUSIONES.

- La mayoría de trabajadores de la compañía está en conocimiento acerca de los sistemas de inyección E.U.I. y M.U.I. incorporados en los motores.
- El laboratorio de mantenimiento y reparación de la compañía no se encuentra completamente equipado, carece de equipos de diagnóstico para los inyectores.
- La mayor parte de trabajadores del área de mantenimiento y reparación no visitan los laboratorios donde se analizan a los inyectores.
- La compañía dispone de recursos necesarios y adecuados para el desarrollo de este proyecto y poder realizarse dentro de ella los diagnósticos a los inyectores.
- El desarrollo del proyecto ayudara notablemente a mejorar la tecnología y el trabajo dentro de la compañía.

- El comprobador de inyectores para los inyectores Caterpillar de la serie 3500 E.U.I. y M.U.I., de acuerdo a nuestra encuesta es aprobado y recomendado en su totalidad para que se lo construya.

d.3 RECOMENDACIONES.

- Capacitar a los trabajadores con respecto a nueva tecnología en sistemas de inyección, especialmente en los que utilizan los motores de la compañía.
- Se aprueba y se recomienda realizar el “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN COMPROBADOR DE INYECTORES DE GRUPOS ELECTRÓGENOS DE MOTOR SERIE 3500 CATERPILLAR”, de acuerdo a la necesidad que tiene la Compañía de Alquiler y Suministro Petrolero RS ROTH S.A.

3.3 ESQUEMA DE LA PROPUESTA.

De acuerdo a los resultados obtenidos la propuesta es:

Implementar el “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN COMPROBADOR DE INYECTORES DE GRUPOS ELECTRÓGENOS DE MOTOR SERIE 3500 CATERPILLAR”.

3.4 SELECCIÓN DE COMPONENTES PARA EL “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL COMPROBADOR DE INYECTORES E.U.I. Y M.U.I. DE MOTOR SERIE 3500 CATERPILLAR”.

3.4.1 SELECCIÓN DE COMPONENTES HIDRÁULICOS.

En la tabla 3.10., realizamos un resumen de los componentes hidráulicos, tomando en cuenta la baja presión de 60 psi y 5000 psi en alta.

Tabla 3. 10. Componentes del sistema de alimentación.

Sistema	Componente	Descripción
Sistema de combustible Baja Presión(Presión de Combustible) 0 - 60 Psi	Bomba de Transferencia de Combustible	Transporta el combustible hacia la cámara del inyector.
	Filtros de Combustible	Mantienen el sistema de combustible limpio de impurezas.
	Manómetro	Indica la presión manométrica a la que trabaja el sistema.
	Válvula de Alivio	Regula la presión del sistema de combustible.
Sistema de Alta Presión(Presión de Inyección) 80 - 5000 Psi	Cambox	Caja de levas, simula el cabezote y accionamiento mecánico de los inyectores.
	Inyector	Actuador el cual bombea el combustible a alta presión.

Fuente: Grupo de investigación.

a. BOMBA DE TRANSFERENCIA DE COMBUSTIBLE.

En el diseño de nuestro comprobador utilizaremos la bomba de transferencia utilizada en los motores E.U.I. y M.U.I., de la serie 3500 Caterpillar, la bomba de los dos sistemas tienen la misma especificación y característica.



Figura 3. 9: Bomba de combustible Caterpillar 3500, reconstruida.

Fuente: Grupo de investigación.

a.1 CARACTERÍSTICAS.

Salida mínima: 21 L/min (5.5 gal.EE.UU./min).

Presión de la bomba: 415 KPa (60 psi).

Velocidad de la bomba: 2400 rpm.

Ajuste de la válvula de retención: 860 KPa (125 psi).

a.2 CONJUNTO DE EJE DE ENGRANAJE.

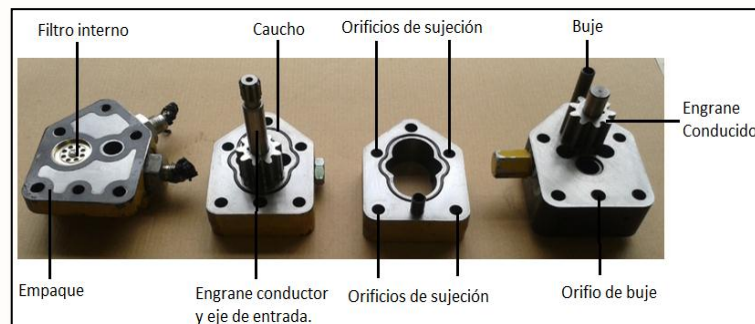


Figura 3. 10: Despiece de la bomba de transferencia de combustible.
Fuente: Grupo de investigación.

Diámetro de los ejes: $12.6875 \pm 0.0125\text{mm}$ (0.4995 ± 0.0005 pulg).

Diámetro de los engranajes: $29.801 \pm 0.006\text{mm}$ (1.1733 ± 0.0002 pulg).

Longitud de los engranajes: $25.347 \pm 0.008\text{mm}$ (0.9979 ± 0.0003 pulg).



Figura 3. 11: Engranaje conducido de la bomba de transferencia de combustible.
Fuente: Grupo de investigación.

a.3 BUJE.

Orificios de buje para el eje de engranaje: 12.736 mm (0.5014 pulg).

Los cojinetes se instalan a la siguiente profundidad: 1.5 ± 0.5 mm (0.06 ± 0.02 pulg).



Figura 3. 12: Bujes internos de la bomba de transferencia de combustible.
Fuente: Grupo de investigación.

a.4 VÁLVULA DE REGULACIÓN.

Longitud: 28.4 (1.112 pulg).

Diámetro inferior: 7.1 mm (0.28pulg).

Diámetro exterior: 10.7mm (0.42pulg).



Figura 3. 13: Resorte de la válvula de alivio de la bomba de transferencia.
Fuente: Grupo de investigación.

b. MANGUERAS HIDRÁULICAS DE BAJA PRESIÓN.

En nuestro diseño los parámetros para la selección de mangueras son los siguientes:

- La presión del trabajo.
- El caudal.
- La compatibilidad.

b.1 NOMOGRAMA PARA LA DETERMINACIÓN DEL DIÁMETRO NOMINAL DE LAS MANGUERAS.

El nomograma nos ayudará a seleccionar el diámetro de manguera correcta para un sistema hidráulico.

b.2 CÁLCULOS.

- **Salida mínima:** 21 L/min (5.5gal.EE.UU./min).
- **Velocidad de la bomba:** 2.400rpm.
- **Diámetro de los ejes:** 12.6 mm (0.0126 m).

Calculamos la Velocidad de la bomba en rad/s a través de ecuación 3.2 y la velocidad de la bomba en m/s en la ecuación 3.3.

$$W = [\text{rad/seg}] \quad (3.2)$$
$$W = \frac{(2 \times \pi \times \text{rpm})}{60}$$

$$W = \frac{2 \times 3.14 \times 2.400}{60}$$

$$W = 251.2 \text{ rad/s}$$

$$V = W \times R \quad (3.3)$$

$$V = (251.2 \text{ rad/s} \times 0.0126 \text{ m})$$

$$V = 3.17 \text{ m/s}$$

Se necesita hacer circular un caudal de 21 L/min en una línea de presión. Determinar el diámetro de la manguera necesaria para que en la línea de presión la velocidad sea la recomendada.

SOLUCIÓN: Localizamos en la columna de la izquierda el caudal de 21 L/min y la velocidad de 3.17 m/s en la columna de la derecha. Una estos dos puntos con una línea recta. La intersección de ésta con la columna central indicará el diámetro nominal de la manguera a utilizar. En este caso, el diámetro interior es de 3/8".

Analíticamente la sección de la manguera es decir el diámetro interno de la manguera, se determina mediante la ecuación 3.4. Además visualizar la tabla 3.14.

$$\varphi = 4.623 \sqrt{\frac{Q(\frac{l}{\min})}{V(\frac{m}{s})}} \quad (3.4)$$

Dónde:

Q = caudal de la bomba (lt/min).

V = velocidad del fluido (m/s).

- **Línea de succión del sistema de baja presión.**

$$\varphi = 4.623 \sqrt{\frac{21}{3,17}}$$

$$\varphi = 11,8\text{mm.}$$

- **Seleccionamos las manguera de baja presión: SAE 100RA6 – 3/8" de 300 Psi.**

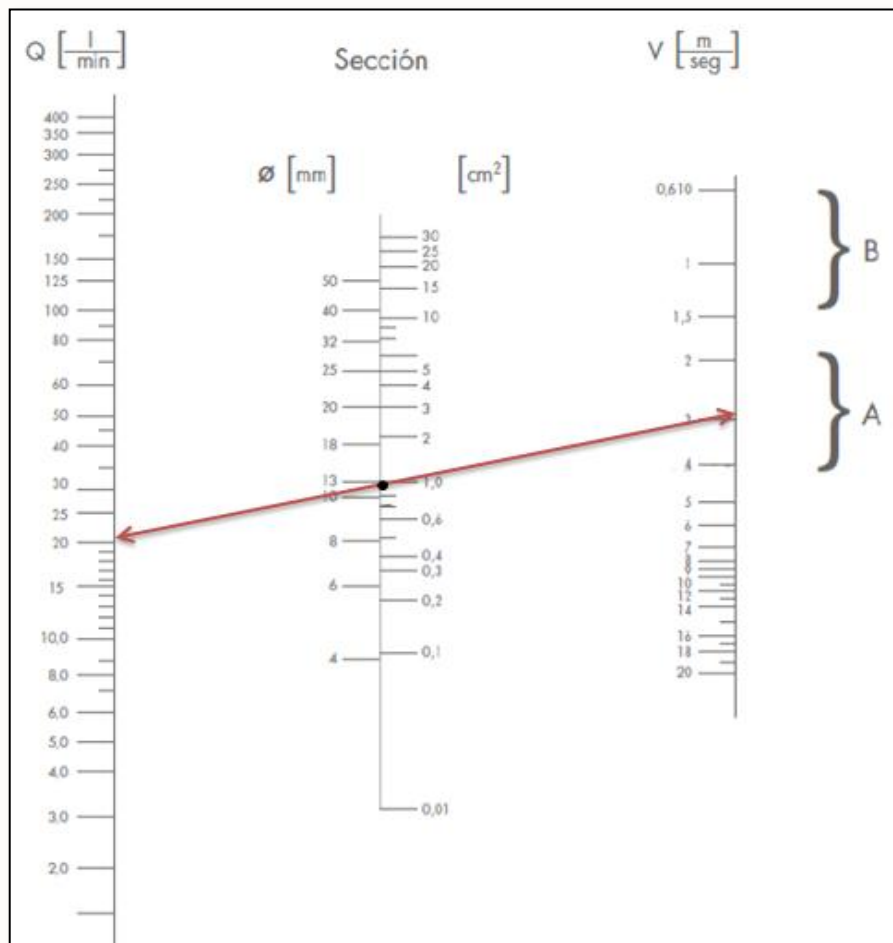


Figura 3. 14: Monograma para la selección del diámetro interno de la manguera.

Fuente: Manual de mangueras hidráulicas Caterpillar.

c. SELECCIÓN DE FILTROS DE COMBUSTIBLE.

c.1 FILTRO DE ASPIRACIÓN.

El filtro de aspiración que seleccionamos debe instalarse a unos 8 mm de la base, y su grado de filtración será de 125 μ m, ideal para aspiración rápida de la bomba pudiendo evitar la cavitación. Visualizar Figura 3.16.

- **Seleccionamos el filtro STAUFF: SUS-P-068-N16F-140-125- 0.**

ESPECIFICACIONES.

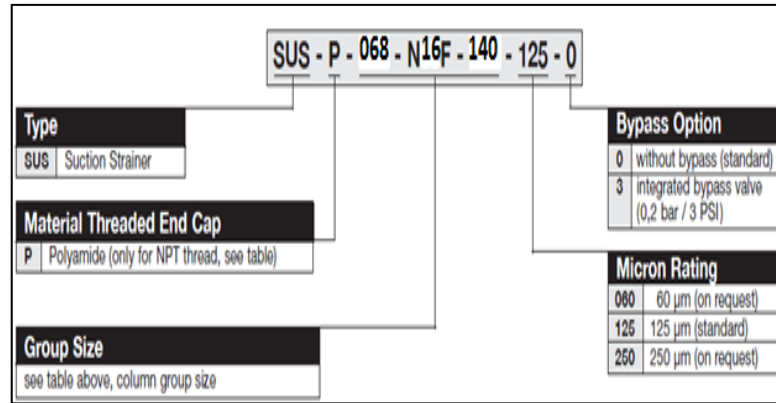


Figura 3. 15: Identificación el filtro STAUFF: SUS-P-068-N16F-140-125-0.
Fuente: Neumac S.A.

Tabla 3. 11. Dimensiones y parámetros de operación del filtro de succión.

Group Size	Thread G	Dimensions (mm/in)				Filter Surface	Max. Flow Rate
		ØD1	ØD2	L	Hex		
040 - B06F - 075	G3/8 BSP	39,5	38,5	75	22	279 cm ²	12 l/min
		1.56	1.53	2.93	.87	43 in ²	3.1 US GPM
050 - B06F - 067	G3/8 BSP	50	49	67	26	296 cm ²	12 l/min
		1.97	1.93	2.64	1.02	46 in ²	3.1 US GPM
050 - B08F - 105	G1/2 BSP	50	49	105	26	518 cm ²	15 l/min
		1.97	1.93	4.13	1.02	80 in ²	3.9 US GPM
068 - B12F - 105	G3/4 BSP	68	66	105	34	676 cm ²	25 l/min
		2.68	2.60	4.13	1.34	105 in ²	6.5 US GPM
068 - B16F - 140	G1 BSP	68	66	140	42	930 cm ²	50 l/min
		2.68	2.60	5.51	1.65	144 in ²	13.0 US GPM

Fuente: Neumac S.A.



Figura 3. 16: Filtros de aspiración para la aplicación.
Fuente: Grupo de investigación.

c.2 FILTRO DE RETORNO.

El sistema de alimentación trabaja a baja presión (60 a 70 psi). Tiene un grado de filtración de 25 µm, es de capa simple ya que no necesita mucho esfuerzo y el combustible retornara más rápidamente al tanque. Visualizar en la Figura 3.17.

- **Seleccionamos un filtro de presión marca STAUFF: SF – 6504.**









🔧 ESPECIFICACIONES.

Presión de trabajo máxima: 14 bares (200 PSI).

Rango de temperatura: -32 ° C a 100 ° C (-25 ° F a 212 ° F).

En la Tabla 16 podemos observar las medidas exactas del filtro de retorno y las especificaciones de fabricación.

Tabla 3.12. Dimensiones y parámetros de operación del filtro de retorno.

	Filter Paper				Microglass			Water Absorbing
	SF6520	SF6521	SF6510	SF6511	SF6549	SF6505	SF6504	SF6520-W
								
Diameter	93.2 (3.67)	93.2 (3.67)	93.2 (3.67)	93.2 (3.67)	93.2 (3.67)	93.2 (3.67)	93.2 (3.67)	93.2 (36.7)
Length	147 (5.76)	204 (8.00)	147 (5.76)	204 (8.00)	147 (5.76)	147 (5.76)	147 (5.76)	133 (5.25)
Element Thread	1-12 UNF	1-12 UNF	1-12 UNF	1-12 UNF	1-12 UNF	1-12 UNF	1-12 UNF	1-12 UNF
Beta Ratio	β10 ≥ 2	β10 ≥ 2	β25 ≥ 2	β25 ≥ 2	β3 ≥ 75	β10 ≥ 75	β25 ≥ 75	β10 ≥ 2
Dirt Holding Capacity ACFD (g)	14.4	22	20.4	31.2	19	11	26	Water holding capacity 162 ml (5.5 oz)
Filtration Area	2303 cm ² (357.5 in ²)	3881 cm ² (601.7 in ²)	2212 cm ² (342.9 in ²)	3388 cm ² (525.1 in ²)	2519 cm ² (390.4 in ²)	2405 cm ² (372.7 in ²)	2405 cm ² (372.7 in ²)	1225 cm ² (190 in ²)
Maximum Working Pressure	14 bar (200 PSI)	14 bar (200 PSI)	14 bar (200 PSI)	14 bar (200 PSI)	14 bar (200 PSI)	14 bar (200 PSI)	14 bar (200 PSI)	6.9 bar (100 PSI)
Carton Quantity	12	12	12	12	12	12	12	12
Carton Weight	6.3 kg (13.9 lb)	8.4 kg (18.5 lb)	6.4 kg (14.2 lb)	8.8 kg (19.4 lb)	8.6 kg (19 lb)	8.6 kg (19 lb)	8.6 kg (19 lb)	8.6 kg (19 lb)

Fuente: Neumac S.A.



Figura 3.17: Filtro de retorno usado en la aplicación.
Fuente: Grupo de investigación.

d. SOPORTE.

El soporte o base del filtro de retorno nos ayuda para la sujeción y conexión del filtro de retorno en el sistema de alimentación. Visualizar en la Figura 3.19.

- El soporte seleccionado es: SSF 120 - 25 - 1.

🔧 ESPECIFICACIONES.

Material: Cabeza de aluminio fundido de construcción.

Velocidad de flujo: 90 l / min (25 GPM EE.UU.).

Presión de trabajo máxima: 14 bares (200 PSI).

Temperatura de funcionamiento: -32 ° C a 100 ° C (-25 ° F a 212 ° F).

Filter Type		SSF	
SSF 120 - 25 - 1			
Port Options		By-pass Options	
Code	Connection Style	Code	Description
100	NPT 1 NPT	00	No by-pass
20L	BSP G1 1/4	03	0.2 bar (3 PSI)
120L	NPT 1 1/2 NPT	05	0.35 bar (5 PSI)
120	NPT 1 1/4 NPT	15	1 bar (15 PSI)
130	SAE 1 1/2 -12 UN	25	1.7 bar (25 PSI)
160	SAE 1 1/2 -12 UN		

Indicator Port Options	
Code	Description
0	No indicator port
1	Gauge port drilled-return
2	Gauge port drilled-suction
4	All gauge ports drilled
9	Special

Note: Standard gauge port for BSP connection port is G 1/8". Standard gauge port for NPT and SAE connection port is 1/8" NPTF.

Figura 3.18: Identificación del soporte del filtro de retorno: SSF 120 – 25.
Fuente: Neumac S.A.



Figura 3.19: Soporte del filtro de retorno.
Fuente: Neumac S.A.

e. INDICADOR DE SATURACIÓN.

Va instalado en la base del filtro por donde pasara el combustible, el indicador detecta el estado del filtro a manera de su uso, color verde está limpio, color amarillo alerta de cambio, rojo es cambio inmediato. Visualizar en la figura 3.20.

- El soporte seleccionado es: CI – 20 STAUFF.

✚ ESPECIFICACIONES.

Tabla 3. 13. Parámetros de operación del indicador de saturación.

Rango de escala	Conexión
0 – 100 Psi	1/8 NPT atrás

Fuente: Neumac S.A.

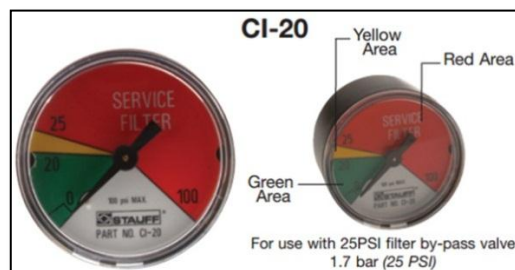


Figura 3. 20: Filtro de Saturación CI - 20 para la aplicación.
Fuente: Grupo de investigación.

f. ELECCIÓN DE LA VÁLVULA DE ALIVIO.

Es la que regula en sistema de alimentación de combustible a 60 psi, presión a la que funcionan los dos tipos de inyectores, ayudándolos solo a transferir en combustible ya que la alta presión se genera dentro del inyector. Visualizar Figura 3.21.

- **Seleccionamos una válvula de alivio:** RV3 -10 - S - 0 – 3 y housing de aluminio.

🔧 ESPECIFICACIONES.

Tabla 3. 14. Códigos de la válvula RV3 -10 - S - 0 – 3.

RV3	Válvula de alivio
10	Tamaño
S	Ajuste por tornillo
0	Tamaño del puerto 3/8
3	Rango de presión de apertura 3,5 - 20 bar (50 - 300 psi)

Fuente: Neumac S.A.



Figura 3. 21: Válvula reguladora de presión.
Fuente: Grupo de investigación.

g. SELECCIÓN DEL MANÓMETRO.

La selección del manómetro se realiza de acuerdo a dos criterios:

1. El rango de precisión que se desee.
2. Las presiones de operación de los sistemas hidráulicos.

Usamos un manómetro de 0 – 100 psi, ya que el sistema solo necesita identificar 60 psi, lo cual queda apto para nuestro uso. Visualizar Figura 3.22.

- **Seleccionamos el siguiente manómetro:** MAN 142 de 0 – 100 psi, ¼ NPT c/G SS INOX SKAN.

🔧 ESPECIFICACIONES.

Tabla 3. 15. Parámetros de operación del manómetro.

Presión Sistema		Manómetros	
Unidad	Psi	Psi	Bar
Baja	60	0 - 100	0 - 7
Precisión	1,50% de la escala		

Fuente: Neumac S.A.



Figura 3. 22: Manómetro utilizado para la aplicación.
Fuente: Grupo de investigación.

h. SELECCIÓN DEL RESERVORIO DE COMBUSTIBLE.

Los tanques deben tener resistencia y capacidad adecuadas, y no deben dejar entrar la suciedad externa. Usamos acero ASTM A36, que es muy ideal para el diseño del tanque.

h.1 VOLUMEN DEL DEPÓSITO.

En la ecuación (3.5), detallamos el cálculo del volumen del depósito en metros cúbicos, y en la ecuación (3.6), detallamos el volumen del depósito en litros.

$$\mathbf{V = Area \times profundidad} \quad (3.5)$$

$$\text{Area} = \text{base} \times \text{altura}$$

$$\text{Area} = 0.40 \times 0.40$$

$$\text{Area} = 0.16\text{m}^2$$

$$\mathbf{V = 0.16\text{m}^2 \times \text{profundidad}}$$

$$\mathbf{V = 0.16\text{m}^2 \times 0.30\text{m}}$$

$$\mathbf{V = 0.048\text{m}^3}$$

$$\mathbf{\text{Transformando} - \text{litros}} \quad (3.6)$$

$$1\text{m}^3 = 1000\text{dm}^3 = 11$$

$$0.048\text{m}^3 \times 1000\text{dm}^3 = 48\text{dm}^3 = 48\text{litros.}$$

La forma del tanque es un prisma rectangular con las siguientes dimensiones: base 0.40 cm, altura 0.40 cm y profundidad 30 cm, fabricado en acero ASTM A36.

- **Seleccionamos el volumen del depósito:** 48 litros.

El tanque dispone de los elementos siguientes:

h.2 VISOR DE NIVEL E INDICADOR DE TEMPERATURA.

Estará ubicado en la parte media del tanque de reservorio, nos indica el nivel de llenado del tanque y la temperatura a la cual se encuentra trabajando el combustible, normalmente 20 grados centígrados. Visualizar Figura 3.24.

- **Seleccionamos visor de nivel e indicador de temperatura: SNA 127B-S-T1-12-O-90.**

🚦 DATOS TÉCNICOS.

Rango de temperatura: - 30°C hasta 80°C.

Calibración de termómetro de carátula con sonda: 0°C hasta 100°C.

Presión de tanque: máx. 1 bar.

🚦 ESPECIFICACIONES.

SNA 127 B - S - T1 - 12 - O - 90		Temperatura de conmutación	
Modelo		60	60°C/140°F
SNA		70	70°C/150°F
Serie		80	80°C/176°F
076	SNA 076	Interrupción de contacto (n/c), conector estándar	
127	SNA 127	Interrupción de contacto (n/c), conector Desina	
176	SNA 176	Interrupción de contacto (n/c), conector Desina	
254	SNA 254		
Material de sello		Tornillo banjo	
B	NBR (estándar)	12	M12 (estándar)
V	FPM	10	M10
Placas		Termómetro	
S	con logotipo STAUFF (estándar)	Termómetro con carátula T1/T2 solamente para tamaño M 12	
N	neutro	O	sin termómetro
X	Requerimientos especiales	T	Termómetro capilar
		T1	Termómetro de carátula con sonda de 200 mm
		T2	Termómetro de carátula con sonda de 300 mm

Figura 3. 23: Código del visor de nivel: SNA 127B-S-T1-12-O-90.
Fuente: Neumac S.A.



Figura 3. 24: Indicador de temperatura con visor de nivel de aceite.
Fuente: Grupo de investigación.

h.3 PLACA SEPARADORA RETORNO – ASPIRACIÓN.

Nos ayuda a separar la parte de retorno y aspiración por medio de una placa o bafle que evita que las caídas de retorno y movimientos que genera se pasen al lado de aspiración, trabajando de mejor manera la bomba. Visualizar Figura 3.25.

- **Seleccionamos la altura de placa:** Tiene generalmente $2/3$ de la altura del nivel de aceite.

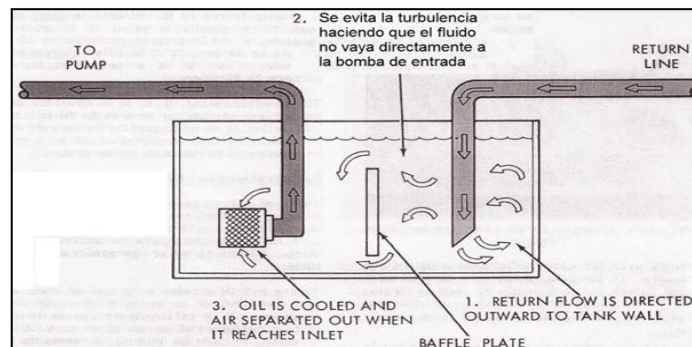


Figura 3. 25: Reservorio de combustible.
Fuente: Neumac S.A.

h.4 TAPÓN DE VACIADO, SALIDA Y RETORNOS.

El tapón de vaciado, está ubicado en el punto más bajo del tanque, el de salida a 2cm de la base y los de retorno en la parte superior del tanque. Visualizar figura 3.26.

- **Seleccionamos tapones:** De ½ pulgada y 4cm de altura, rosca gruesa, de hierro fundido.



Figura 3. 26: Tapón de salida y retornos.
Fuente: Grupo de investigación.

i. MANGUERAS DE SUMINISTRO Y RETORNO.

Las mangueras de suministro deben situarse bajo el nivel del combustible, de lo contrario el aire se mezcla con el combustible y forma espuma, y las mangueras de retorno en la parte superior del tanque las cuales caerán y serán separadas por el baffle. Visualizar Figura 3.27.

- **Seleccionamos mangueras de suministro y retorno:** De baja presión 300 Psi.






🚧 ESPECIFICACIONES.

Tubo: Negro, el aceite de goma resistente, sintética altamente resistente al aceite y calor (Nitrilo - Tipo C).

Refuerzo: Una trenza de fibra y alambre.

Rango de temperatura: -40 ° F a 212 ° F (-40 ° C a +100 ° C).

Tabla 3. 16. Especificaciones de mangueras de suministro y retorno.

Description	Product No.					
3LOLAXREEL*	3284-2500	3/16	0.41	300	1,200	3.0
4LOLAXREEL	3284-2501	1/4	0.47	300	1,200	3.0
5LOLAXREEL	3284-2502	5/16	0.55	300	1,200	3.0
6LOLAXREEL	3284-2503	3/8	0.63	300	1,200	3.0
8LOLAXREEL	3284-2504	1/2	0.77	300	1,200	5.0
10LOLAXREEL	3284-2505	5/8	0.94	300	1,200	6.0
12LOLAXREEL	3284-2506	3/4	1.06	300	1,200	7.0

Fuente: Neumac S.A.

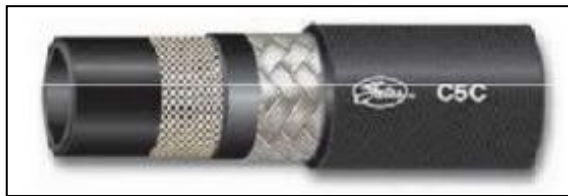


Figura 3. 27: Manguera de suministro y retorno de combustible.
Fuente: Neumac S.A.

j. SELECCIÓN DE UNIONES HIDRÁULICAS.

Se seleccionan de acuerdo a sus dimensiones y presiones que deben soportar, según tablas del fabricante.

k. SELECCIÓN DEL COMBUSTIBLE DE CALIBRACIÓN.

Es un combustible utilizado en los bancos de prueba de inyección diesel, este lubrica y aparte limpia el inyector el momento del diagnóstico en el comprobador, es decir es un diesel limpio y mejorado. Visualizar Figura 3.28.

- **Seleccionamos el fluido:** VISCOR SAE-J967d ISO-4113.

✚ ESPECIFICACIONES.

Tabla 3. 17. Especificaciones del combustible de calibración.

Test	Specification ISO 4113 and SAE J 967d	Castrol Calibration Oil 4113 – Typical Figures
Density @ 15°C	0.820-0.830	0.822
Viscosity @ 40°C (cSt)	2.45-2.75	2.55
Corrosion	IP 15	<-30
ASTM D 130 Copper	3 hours @ 100°C #1	Pass
ASTM D 665A Steel	24 hours. No rust	Pass
FSTM 5233.1 Galvanic	10 day. No corrosion	Pass
Sulphur % Mass	0.4 max	0.1
Flash Point		
ASTM D56 (TAG) °C	75 min	85
Foam Tendency		
ASTM D892 (Seq.1)		
5 min. Air Blowing	50 ml @ 24 hours	30 ml
Foam Stability		
ASTM D892 (Seq.1)		
2 min. Settling	0ml @ 24 hours	0 ml
Colour ISO 2049	3.0 max	1.0

Fuente: Garner Espinoza C.A.



Figura 3. 28: Combustible de calibración.

Fuente: Garner Espinoza C.A.

3.4.2 SELECCIÓN DE COMPONENTES MECÁNICOS.

a. TUBO CUADRADO.

Elegimos un tubo grueso y estructural para la construcción, el motivo es especialmente que soporte el movimiento, que aumente y soporte el peso. Normalmente es de acero ASTM A36. Visualizar Figura 3.29.

- **Seleccionamos el tubo:** 1 ½ de B= 40mm y e= 1,5mm, con el cual obtendremos una mejor estabilidad en la estructura del comprobador.

PROPIEDADES QUÍMICAS.

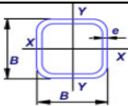
El ASTM A36 es de carbono 0,15 por ciento. También contiene 0,035 por ciento máximo de fósforo y 0.040 por ciento de elementos máximos de azufre. Su contenido de manganeso máximo es del 0,60 por ciento, mientras que tiene un contenido mínimo de cobre de un 0,20 por ciento.

ESPECIFICACIONES.

En la tabla No. 23 podemos visualizar las especificaciones exactas del tubo seleccionado, tomar en cuenta la nomenclatura siguiente:

A= Área de la selección transversal del tubo. **W**= Módulo resistente de la sección. **I**= Momento de Inercia de la sección. **i**= Radio de giro de la sección.

Tabla 3. 18. Especificaciones del tubo cuadrado.



Designación	DIMENSIONES		PESO P Kg/6m	AREA A cm ²	PROPIEDADES EJES X-X' e Y-Y'		
	B mm	e mm			I cm ⁴	W cm ³	i cm
3/4	20	1.5	4.98	1.05	0.58	0.58	0.74
		2.0	6.30	1.34	0.69	0.69	0.72
1	25	1.5	6.36	1.35	1.21	0.97	0.95
		2.0	8.16	1.74	1.48	1.18	0.92
1 1/4	30	1.5	7.80	1.65	2.19	1.47	1.15
		2.0	10.08	2.14	2.71	1.81	1.12
1 1/2	40	1.5	10.62	2.25	5.48	2.74	1.56
		2.0	13.86	2.94	6.92	3.46	1.53
2	50	3.0	19.80	4.21	9.28	4.64	1.48
		1.5	13.44	2.85	11.06	4.42	1.97
		2.0	17.58	3.74	14.13	5.65	1.94
		3.0	25.50	5.41	19.40	7.76	1.89

Fuente: Adelca.



Figura 3. 29: Tubo cuadrado.
Fuente: Grupo de investigación.

b. PLANCHAS DE ACERO LAMINADO EN CALIENTE.

Usamos una plancha gruesa de 2mm de espesor para que soporte los movimientos y sea más robusta, además nos ayuda a aumentar el peso y disminuir movimiento. Su material es de acero ASTM A 36. Visualizar Figura 3.30.

- **Seleccionamos la plancha:** 2mm de espesor de acero laminado en caliente.

🚦 ESPECIFICACIONES.

Espesor: 2 mm (laminado en caliente),

Ondulamiento: 10.00 mm de amplitud máxima.

Calidad del acero: ASTM A 36.

🚦 PROPIEDADES QUÍMICAS.

Verificar la calidad del acero que es A-36 que se encuentra seleccionado con un círculo y verificar al lado derecho los componentes que conforman este acero.

Tabla 3. 19. Especificaciones de la plancha de TOOL.

Calidad	C	Mang.	Phosp	Sulfur	Silicon	Copper
	max.	max.	max.	max	max.	min.
A-570 Gr. 36	0.25	0.80 - 1.20	0.04	0.05	0.4	0.02
A-36	0.25	0.80 - 1.20	0.04	0.05	0.4	0.02
A-283 Gr. C	0.24	0.9	0.04	0.04	0.15 - 0.40	0.02
A-131 Gr. A	0.23	0.80 - 1.10	0.04	0.04		
A-588 Gr. A	0.19	0.80 - 1.25	0.04	0.05	0.30 - 0.65	0.25 - 0.40
A-516 Gr. 70	0.27	0.85 - 1.20	0.04	0.04	0.15 - 0.40	

Fuente: Adelca.



Figura 3. 30: Planchas de TOOL.
Fuente: Grupo de investigación.

c. SELECCIÓN DEL ACOPLAMIENTO MECÁNICO (Matrimonio).

c.1 CÁLCULO PARA LA SELECCIÓN DEL ACOPLAMIENTO.

Para el cálculo de nuestro acoplamiento aplicamos la formula (3.7):

$$C = \frac{7160P}{n} \quad (3.7)$$

Dónde:

C = par nominal a transmitir (Nm).

P = potencia a transmitir (hp).

n = velocidad de rotación (rpm).

$$C = \frac{7160.1}{2400}$$

$$C = 2.983Nm$$

La selección de un acoplamiento es necesario conocer no sólo la potencia y velocidades requeridas, sino también la severidad del servicio que debe absorber. En la determinación del par nominal del acoplamiento, hay que tener en cuenta:

- Las irregularidades del par debidas a los diferentes tipos de máquinas motrices y receptoras (K1).
- Las frecuencias de arranque (K2).
- El número de horas de funcionamiento por día (K3).

El producto K de estos tres coeficientes K1, K2 y K3, se denomina coeficiente de seguridad, y se obtiene de las siguientes tablas.²⁴

Tabla 3. 20. Coeficiente K1 para máquina motriz y receptora.

Máquina motriz			Máquina receptora	Ejemplos de máquinas receptoras
Motor elect. y arbina	Máq. de piston			
	4 a 6 cilind.	1 a 3 cilind.		
1	1.2	1.4	1 Marcha regular Inercia muy pequeña	•Eje de reenvío •Generador de alumbrado •Línea de ejes •Bombas centrífugas •Ventilador centrífugo ...
1.2	1.4	1.7	2 Marcha irregular Inercia pequeña	•Agitador de líquidos •Cinta transportadora •Ascensor •Máquinas herramientas rotativas para madera y metales •Máquinas textiles ligeras •Plegadoras •Bombas de engranajes •Bombas de paletas •Ventiladores ...
1.4	1.7	2	3 Marcha irregular Inercia media	•Agitador de líquidos cargados •Compresor rotativo •Transportadora de rodillos •Desmenzadoras •Hornos rotativos •Máquinas para maderas (desbastadora, sierra de cinta ...) •Máquinas para imprimir •Meclador •Montacargas •Parzonadora •Bomba centrífuga para líquidos cargados ...
1.7	2	2.4	4 Marcha irregular Inercia media De golpes medios	•Hornigonera •Molino de percusión •Molino de bolas •Compresor de pistón con volante de inercia •Transportador de cadena •Grúa •Laminador de metales ligeros •Máquinas de molino harinero •Martillo pilón •Telar •Bomba de pistón con volante de inercia •Capiladora de metales •Tornos elevadores •Ventiladores de mina ...
2	2.4	2.8	5 Marcha irregular Inercia importante De golpes importantes	•Molino de martillos •Calandra (de caucho, textil ...) •Compresor de pistón con pequeño volante de inercia •Destiradora de madera •Excavadora •Laminador •Bomba de pistón con pequeño volante de inercia •Prensa forjadora •Prensa para fabricación de papel •Tamiz vibrante ...

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/57460226/ACOPLAMIENTOS-MECANICOS>.

²⁴ Nota: La selección en cada tabla está realizada por un círculo de color negro.

Selecciono frecuencia de arranque K2:

Tabla 3. 21. Coeficiente K2 para frecuencia de arranque.

Según máquina motriz - máquina receptora Ver cuadro K ₁	NUMERO DE ARRANQUES POR HORA				
	1	10	30	60	120
1	1	1,2	1,3	1,5	1,6
2 3	1	1,1	1,2	1,3	1,4
4 5 6	1	1,05	1,1	1,2	1,2

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/57460226/ACOPLAMIENTOS-MECANICOS>.

Selecciono número de horas de funcionamiento por día:

Tabla 3. 22. Coeficiente K3 para número de horas de funcionamiento diario.

Número de horas de funcionamiento diario	0 - 2	2 - 8	8 - 16	16 - 24
Coeficiente K ₃	0,9	1	1,1	1,2

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/57460226/ACOPLAMIENTOS-MECANICOS>.

Para el cálculo del par nominal del acoplamiento usamos la ecuación (3.8):

$$CN = C.FS \quad (3.8)$$

Dónde:

CN = Par nominal del acoplamiento Nm.

C = Par nominal a transmitir Nm.

FS = Factor de seguridad (K).

$$K = 1,2 * 1,1 * 1 = 1,32$$

$$CN = 2.983 * 1,32 = 3.937Nm.$$

- **Seleccionamos el acople elástico: L075**, según el par y la potencia a transmitir en la siguiente figura.

🔧 **ESPECIFICACIONES.**

Tabla 3. 23. Selección del acople elástico L075.

Size	Elastomeric Member	Number of Jaws	Basic HP Ratings @ Varying RPM				Torque Rating		Maximum Bore		Max. RPM x1000
			100	1200	1800	3600	in-lbs	Nm	inch	mm	
L, AL & LC TYPE											
L035	SOX (NBR)	2	.006	.07	.1	.22	3.5	.40	.375	9	31.0
L050/AL050	SOX (NBR)	2	.042	.50	.75	1.51	26.3	2.97	.625	16	18.0
L050/AL050	Hytrel	2	.080	.96	1.43	2.88	50.0	5.65	.625	16	18.0
L075/AL070	SOX (NBR)	2	.070	.84	1.23	2.52	43.2	4.88	.750	19	14.0
L070/AL070	Hytrel	2	.180	2.16	3.26	6.48	114.0	12.88	.750	19	3.6
L075/AL075	SOX (NBR)	3	.140	1.68	2.57	5.04	90.0	10.17	.875	22	11.0
L075/AL075	Hytrel	3	.360	4.32	6.48	12.96	227.0	25.65	.875	22	3.6

Fuente: Neumac S.A.

Tabla 3. 24. Especificaciones del acople elástico L075.

Size	Solid Center Spiders				Open Center Spiders				Snap Wrap Spiders			All				
	Material Available				Material Available				Material							
	NBR	Urethane	Hytrel	Bronze	NBR	Ureth.	Hytrel	Bronze	NBR	AA	HH	W	B			
L035	X	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	N/A	.....	.....	.28	.21		
L050	X	X	X	.....	1.07	.....	.....	.....	X	1.07	0.31	N/A	.....	.....	.42	.27
L070	X	X	.....	.....	1.38	.....	.....	.....	X	1.38	0.50	N/A	.....	.....	.42	.27
L075	X	.....	.....	.....	1.75	.....	.....	.....	X	1.75	0.75	N/A	.....	.....	.44	.27
L090/L095	X	.....	.....	.....	2.12	.18	0.88	.....	X	2.12	0.88	X	2.56	1.06	.44	.36
L099/L100	X	.....	.....	.....	2.54	.25	1.03	.....	X	2.54	1.03	X	3.08	1.37	.61	.43
L110	X	.....	X	.....	3.31	NBR .25	1.19	.....	X	3.31	1.18	X	3.87	1.50	.75	.45

Fuente: Neumac S.A.

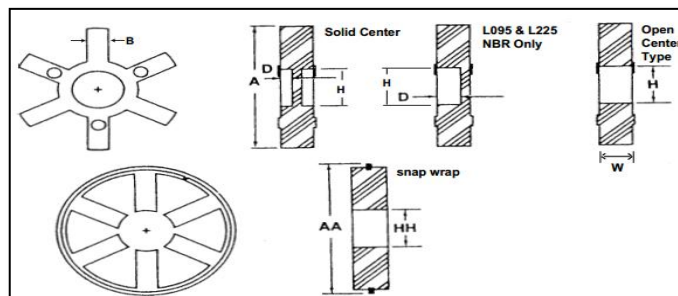


Figura 3. 31: Cotas de medidas del acople elástico L075.

Fuente: Neumac S.A.

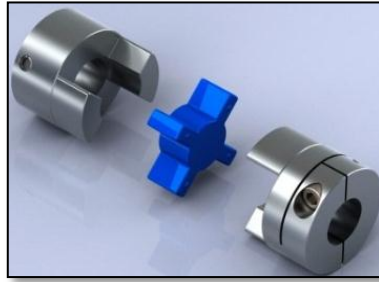


Figura 3. 32: Acople elástico L075.
Fuente: Neumac S.A.

d. CAMBOX E.U.I. y M.U.I.

Usaremos el cambox diseñado por Injelectronix una empresa China muy comercial a nivel mundial, el cual cumple el trabajo de simular que los inyectores se encuentren trabajando en el cabezote del motor.

- **Seleccionamos el Cambox:** E.U.I / M.U.I. Tester EUS–2000.

d.1 DESCRIPCIÓN DETALLADA.

El paquete de EUS-1000 incluye un controlador electrónico de la UE-1000 (descartado), una caja de levas mecánico CB-1000, cuatro árboles de levas con diferentes elevaciones, kits, adaptadores para poner a prueba todos los inyectores E.U.I. y M.U.I., especificado.

d.2 CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO.

1. Cuatro árboles de levas con cuatro niveles de elevación y velocidad constantes Cam.
2. Montaje caja Cam 125mm de altura (desde el centro del árbol de levas a la plataforma de montaje de banco).

3. Un sensor de velocidad instalado en la caja de levas para la sincronización de la inyección.
4. Usuario de inicio ajustable del ángulo de inyección y el ancho de pulso de la señal de activación de solenoide.
6. Los adaptadores existen para marcas como Bosch, Delphi, Cummins, CAT, Mercedes Benz, Detroit Diesel, MTU, Freightliner, Volvo, Scania, Iveco, DAF, Land Rover, Renault, Deutz, Volkswangan.

d.3 COMPONENTES.

Detallaremos los componentes que usaremos para trabajar con el cambox:

- **CAJA O CAMBOX.-** La caja es aquella que abarcara todos los componentes que harán que el mecanismo de la leva accione al resorte del inyector, consta de dos orificios laterales y un superior. Visualizar figura 3.33.

P/N	Name	Photo
900695	Cambox Assembly	 <p>www.Injectronix.com</p>

Figura 3. 33: Caja de levas.
Fuente: Injectronix CO., LTD.

- **CAUCHOS Y RETENES.-** Destinados para el sistema de lubricación, evita que existan fugas de aceite. Visualizar figura 3.34.






Components for a Standard Cambox Assembly,		
900707	O-Ring	
900708	O-Ring	
900709	O-Ring	
900725	Oil Plug	
200511	Sealing Washer	

Figura 3. 34: Rines, cauchos y tapones de la caja de levas.
Fuente: Injectronix CO., LTD.

- **LA BASE Y PILAR.-** La base y su mecanismo elevador hacen que se accione el resorte del inyector que se encuentra en sujeción con los pilares, simulando el funcionamiento de los balancines. Visualizar figura 3.35.


EUI General Adapt Kits		
P/N	Name	Photo
900696	EUI Mounting Base and Pillar Assembly	

Figura 3. 35: Base y pilar de la caja de levas.
Fuente: Injectronix CO., LTD.

- **LEVA, ACOPLA, TAQUE, Y PILARES.-** Para el inyector E.U.I. Caterpillar serie 3500, seleccionamos la leva 900635, el acople para el cuerpo del inyector 902351, el elevador 902353, y los pilares 900734, los cuales conforman el conjunto para montarlo al cambox y al comprobador. Visualizar figura 3.36.

CAT EUI CAT3500			
P/N	Name	Photo	Description
900635	Camshaft Assembly		
902350	Adapting Kits		Including Adapter Cup, P/N 902351 Push Rod, P/N 902353 Guide Pillar, P/N 900734
902351	Adapter Cup		
902353	Push Rod		
900734	Guide Pillar		2 pcs

Figura 3. 36: Leva, elevador, pilar y acople del inyector E.U.I., Caterpillar serie 3500.

Fuente: Injectronix CO., LTD.

- **LEVA, ACOPLA, TAQUE.-** Para el inyector M.U.I. Caterpillar serie 3500, seleccionamos la leva 900635, el acople que ingresa en el cuerpo del inyector 902361, el elevador 902363, que acciona el resorte del inyector. Visualizar figura 3.37.

CAT MUI CAT3500			
P/N	Name	Photo	Description
			
900635	Camshaft Assembly		
902360	Adapting Kits		Including Adapter Cup, P/N 902361 Push Rod, P/N 902363
902361	Adapter Cup		
902363	Push Rod		

Figura 3. 37: Leva, elevador, acople del inyector M.U.I., Caterpillar serie 3500.

Fuente: Injectronix CO., LTD.

3.4.3 SELECCIÓN DE COMPONENTES ELÉCTRICOS.

Seleccionamos los más comerciales en el mercado.

a. MOTOR ELÉCTRICO PRIMARIO.

Este motor utilizaremos para dar el giro al eje de la bomba de transferencia.

a.1 CÁLCULO DE LA POTENCIA DEL MOTOR ELÉCTRICO.

Para calcular la potencia del motor eléctrico aplicamos la ecuación (3.9):

$$hp = \left[\frac{P \cdot Q}{745,7} \right] \quad (3.9)$$

Dónde:

P = Presión de trabajo (Psi)

Q = caudal de la bomba hidráulica (GPM).

- **Presión de combustible.**

Con la ecuación (3.10), podemos calcular el HP general para un motor eléctrico.

$$hp = [P_{min} \cdot Q] 7 \times 10^{-4}$$

$$hp = [70 \text{Psi} \times 5,5 \text{GPM}] 7 \times 10^{-4}$$

$$hp = 0,269$$

De acuerdo a los resultados obtenidos se requiere de una potencia de 0.269 hp por lo tanto se elige un motor de 1 Hp trifásico marca WEG, que es comercial en el mercado.

- **Seleccionamos el motor eléctrico:** WEG de 1HP trifásico.

🔧 ESPECIFICACIONES.

Tabla 3. 25: Parámetros de operación del motor trifásico WEG 1HP.

Potencia HP	F,S, kW	F,S, A	In		Eficiencia h %	Factor de potencia Cos f	Velocidad nominal rpm	Torque nominal Nm	Torque de arranque Tarr / Tn	Cte, de arranque Iarr / In	Momento de inercia kg m2	Peso kg
			220V A	440V A								
0,4	0,30	1,05	1,60	0,80	66	0,77	1640	1,74	1,8	2,8	0,0006	4,7
0,5	0,37	1,15	1,90	0,95	66	0,81	1590	2,24	1,3	2,7	0,0006	5,5
0,6	0,45	1,05	2,20	1,10	69	0,76	1680	2,54	1,8	3,4	0,0008	6
0,75	0,56	1,15	2,90	1,45	65	0,79	1650	3,24	1,9	3,7	0,0008	6
1	0,75	1,15	3,50	1,75	69,2	0,87	1660	4,29	1,9	3,7	0,0015	8,1

Fuente: Talleres "ELECTRÓN".



Figura 3. 38: Motor eléctrico 1Hp Trifásico WEG.
Fuente: Talleres “ELECTRÓN”.

b. VARIADOR DE FRECUENCIA.

Utilizaremos un variador de frecuencia para el primer motor eléctrico de 1 HP, el cual nos ayudara a regular las RPM que necesitemos para el giro del motor eléctrico.

- **Seleccionamos el variador de frecuencia:** LS Inverter SV008iG5A-2

🛠️ ESPECIFICACIONES:

- Régimen de entrada y salida: Clase 220V trifásico.
- La tensión de salida no puede ser superior a la tensión de entrada.

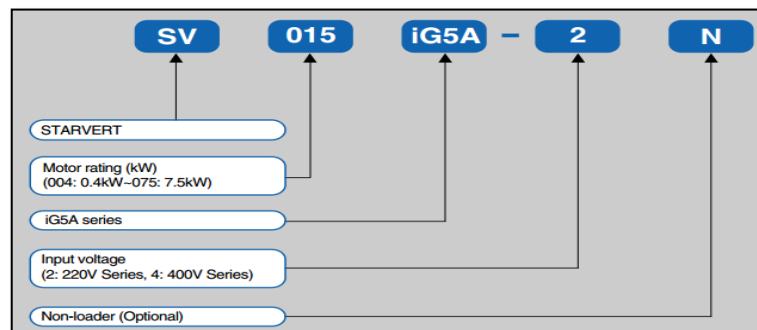


Figura 3. 39: Especificaciones variador de frecuencia LS SV008iG5A-2.
Fuente: Talleres “ELECTRÓN”.

Tabla 3. 26. Parámetros de trabajo del variador de frecuencia LS SV008iG5A-2.

SV□□□iG5A-2□		004	008	015	022	037	040
Max. capacity ¹⁾	(HP)	0.5	1	2	3	5	5.4
	(kW)	0.4	0.75	1.5	2.2	3.7	4.0
Output rating	Capacity (kVA) ²⁾	0.95	1.9	3.0	4.5	6.1	6.5
	Rated current (A) ³⁾	2.5	5	8	12	16	17
	Max. output frequency (Hz)	400 ⁴⁾					
	Max. output voltage (V)	3 phase 200-230 ⁵⁾					
Input rating	Voltage (V)	3 phase 200-230VAC (+10%, -15%)					
	Frequency (Hz)	50-60 (±5%)					
Cooling method		Natural	Forced air cooling				
Weight		0.76	0.77	1.12	1.84	1.89	1.89

Fuente: Talleres "ELECTRÓN".



Figura 3. 40: Variador de frecuencia 1hp.
Fuente: Talleres "ELECTRÓN".

c. MOTOR ELÉCTRICO SECUNDARIO.

c.1 INYECTOR MECÁNICO.

🔧 CÁLCULO DEL HP DEL MOTOR.

- **Constante del resorte k.**- Sometemos a fuerza el resorte M.U.I. y tomamos nota de las deformaciones que se nos va presentando:

Tabla 3. 27. Fuerza y deformación del resorte M.U.I., Caterpillar serie 3500.

	Fuerza(kg)	Longitud(mm)	Deformación(mm)
Lf	0	90	0
L1	22	87	3
L2	42	84	6
L3	62	81	9
L4	82	78	12

Fuente: Grupo de investigación.

Aplicamos la ecuación (3.10), para calcular la constante K del resorte M.U.I.

$$K = F_2 - F_1 / L_1 - L_2 \quad (3.10)$$

$$k = \frac{F_2 - F_1}{L_1 - L_2} = \frac{82 - 22}{87 - 78} = 6.667 \text{ Kg} / \text{mm}$$

$$k = 6.667 \frac{\text{kg}}{\text{mm}} \times \left(\frac{1000 \text{mm}}{1 \text{m}} \times \frac{9.81 \text{N}}{1 \text{kg}} \right) = 65400 \text{N} / \text{m} = 65.4 \text{N} / \text{mm}$$

- **Fuerza requerida para comprimir el resorte (F_{RB}).**

Elegimos una fuerza y una deformación, cualquiera de las realizadas:

Longitud de instalación $L_i = 85 \text{mm}$

Longitud de operación $L_o = 85 - (31 - 18) = 72 \text{mm}$

Longitud libre $L_f = 90 \text{mm}$

Seleccionada la fuerza usamos la ecuación (3.12), para calcular la fuerza para comprimir el resorte M.U.I.

$$F_{RB} = K \Delta L = K (L_f - L_o) \quad (3.11)$$

$$F_{RB} = 65.4 \frac{N}{mm} (90 - 72) mm$$

$$F_{RB} = 1177.2 N$$

- Fuerza de fricción que debe de tener la leva (F_f).

Para lograr comprimir el resorte la leva debe poder vencer la fuerza de fricción que se genere entre las superficies de la leva y la placa del resorte.

$$N = \text{Fuerza normal} = F_{RS}$$

Ua= Coeficiente de fricción acero-acero.

0.30 Lubricado, 0.50 sin lubricar.

Tabla 3. 28. Coeficiente de fricción acero-acero y lubricado.

Materials	μ_s	μ_k
Steel on steel	0.74	0.5
Aluminum on steel	0.61	0.47
Copper on steel	0.53	0.36
Rubber on concrete (dry)	1.0	0.8
Rubber on concrete (wet)	0.3	0.25
Wood on wood	0.25-0.5	0.2
Glass on glass	0.94	0.4
Teflon on Teflon	0.04	0.04
Teflon on steel	0.04	0.04
Waxed wood on wet snow	0.14	0.1
Waxed wood on dry snow	0.10	0.04
Metal on metal (lubricated)	0.15	0.30
Ice on ice	0.1	0.03
Synovial joints in humans	0.01	0.003
Very rough surfaces		1.5

Fuente: Grupo de investigación.

En la figura 3.41: podemos visualizar las fuerzas, medidas, peso que se aplican a los resortes.

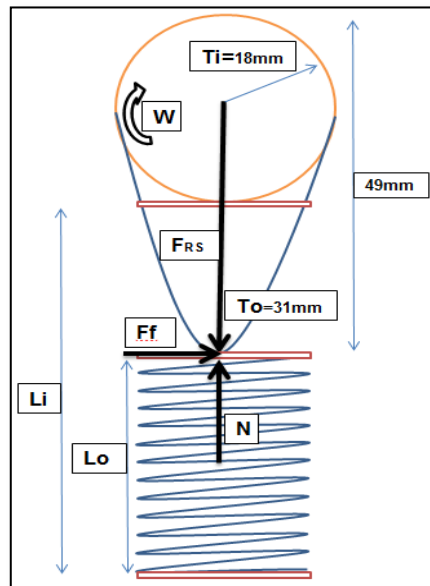


Figura 3. 41: Fuerzas y deformaciones del inyector E.U.I, Caterpillar serie 3500.

Fuente: Grupo de investigación.

- **Lubricado.**

Calculamos la fuerza de fricción lubricada del inyector M.U.I., a través de la ecuación (3.12):

$$F_f = Ua \times N \quad (3.12)$$

$$F_f = 0.3 \times 1177.2 \text{N}$$

$$F_f = 353.2 \text{N} = 355 \text{N}$$

- **Sin lubricar.**

Aplicamos la ecuación (3.13), para calcular la fuerza de fricción sin lubricar para el inyector M.U.I.

$$F_f = Ua \times N \quad (3.13)$$

$$F_f = 0.5 \times 1177.2 \text{ N}$$

$$F_f = 588.6 \text{ N} = 590 \text{ N}$$

c.2 INYECTOR ELECTRÓNICO.

✚ CÁLCULO DE HP DEL MOTOR.

Tabla 3. 29. Fuerza y deformación del resorte E.U.I., Caterpillar serie 3500.

	Fuerza(kg)	Longitud(mm)	Deformación(mm)
Lf	0	96	0
L1	46	93	3
L2	72	90	6
L3	92	87	9
L4	112	84	12

Fuente: Grupo de investigación.

$$K = \frac{112 - 46}{93 - 84} = 7.33 \text{ kg/mm} = 71.94 \text{ N/mm} = 71940 \text{ N/m}$$

$$k = 7.33 \frac{\text{Kg}}{\text{mm}} \times \left(\frac{1000 \text{ mm}}{1 \text{ m}} \times \frac{9.81 \text{ N}}{1 \text{ kg}} \right) = 71940 \text{ N/m} = 71.94 \text{ N/mm}$$

- Fuerza requerida para comprimir el resorte (F_{RB}).

Longitud de instalación $L_i = 92.6 \text{ mm}$

Longitud de operación $L_o = 92.6 - (31 - 18) = 79.6 \text{ mm}$

Longitud libre $L_f = 96 \text{ mm}$

Calculamos la fuerza para comprimir el inyector E.U.I., aplicando la ecuación (3.15):

$$F_{RB} = K \Delta L = K (L_f - L_o) \quad (3.14)$$

$$F_{RB} = 71.94 \frac{N}{mm} (96 - 79.6) mm$$

$$F_{RB} = 1179.82 N$$

- **Fuerza de fricción que debe de tener la leva (F_f).**

Para lograr comprimir el resorte la leva debe poder vencer la fuerza de fricción que se genere entre las superficies de la leva y la placa del resorte.

N= Fuerza normal = F_{RS}

Ua= Coeficiente de fricción acero-acero.

0.30 Lubricado, 0.50 sin lubricar.

- **Lubricado.**

Calculamos la fuerza de fricción lubricada para el inyector E.U.I., a través de la ecuación (3.14):

$$F_f = U_a \times N \quad (3.15)$$

$$F_f = 0.3 \times 1179.82 N$$

$$F_f = 353.94 N = 355 N$$

- **Sin lubricar.**

Calculamos la fuerza de fricción sin lubricar para el inyector E.U.I., a través de la ecuación (3.15):

$$F_f = U_a \times N \quad (3.16)$$

$$F_f = 0.5 \times 1179.82 \text{ N}$$

$$F_f = 589.91 \text{ N} = 590 \text{ N}$$

c.3 TORQUE REQUERIDO EN EL MOTOR (T_M).

- **Lubricado.**

Calculamos el torque requerido en el motor con lubricación a través de la ecuación (3.16):

$$T_M = F_f \times r_0 \quad (3.17)$$

$$T_M = 355 \text{ N} \times 31 \text{ mm}$$

$$T_M = 11005 \text{ N} \cdot \text{mm} = 11.005 \text{ N} \cdot \text{m}.$$

- **Sin lubricar**

Calculamos el torque requerido en el motor sin lubricar a través de la ecuación (3.17):

$$T_M = F_f \times r_0 \quad (3.18)$$

$$T_M = 590 \text{ N} \times 31 \text{ mm}$$

$$T_M = 18290 \text{ N}$$

$$T_M = 18.29 \text{ N} \cdot \text{m}$$

c.4 POTENCIA REQUERIDA EN EL MOTOR (Pot).

Realizaremos los cálculos con lubricación y no lubricación.

- **Lubricado.**

Calculamos la potencia requerida en el motor con lubricación a través de la ecuación (3.18):

$$\mathbf{Pot = T_M \times \omega} \quad (3.19)$$

$$\omega = 1800 \text{rpm} = 188.5 \text{ rad / s}^2$$

$$\text{Pot} = 11.005 \text{N.m} \times 188.5 \text{ rad / s}^2$$

$$\text{Pot} = 2074 \text{W} = 2.074 \text{kw} = 2.78 \text{hp}$$

$$\text{Pot} = 3 \text{ HP}$$

- **Sin lubricar.**

Calculamos la potencia requerida en el motor eléctrico sin lubricar a través de la ecuación (3.19):

$$\mathbf{Pot = T_M \times \omega} \quad (3.20)$$

$$\text{Pot} = 18.29 \text{N.m} \times 188.5 \text{ rad / s}^2$$

$$\text{Pot} = 3447.66 \text{W} = 3.447 \text{kw} = 4.62 \text{hp}$$

$$\text{Pot} = 5 \text{ HP}$$

A los 5 Hp, tomamos en cuenta los 60 psi de presión de combustible, entonces elegimos uno de 10 HP. Visualizar en la figura 3.42.

- **Seleccionamos un motor eléctrico:** Marca WEG de 10 HP trifásico.



Figura 3. 42: Motor eléctrico 10 Hp trifásico SIEMENS.
Fuente: Talleres “ELECTRÓN”.

d. VARIADOR DE FRECUENCIA.

El variador de frecuencia lo usaremos para variar las revoluciones del motor de 4.8 HP, el cual está destinado a mover el árbol de levas que se encuentra en el cambox. Visualizar figura 3.44.

- **Seleccionamos el variador de frecuencia:** LSis Inverter SV008iG5A-10 HP.

🚦 ESPECIFICACIONES.

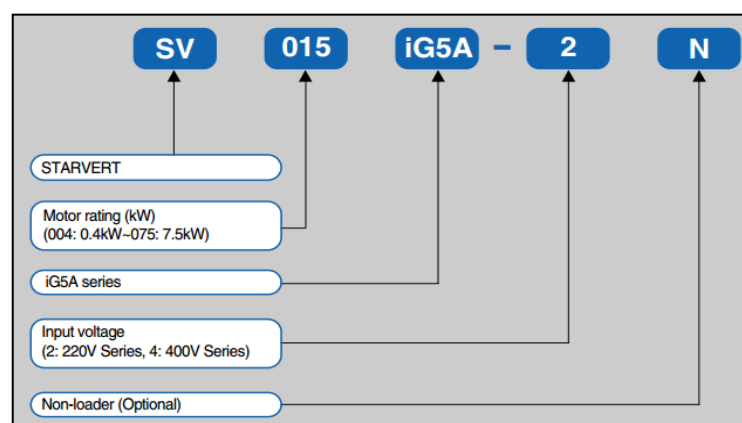


Figura 3. 43: Especificaciones del variador 10 hp LS SV008iG5A.
Fuente: Talleres “ELECTRÓN”.

Tabla 3. 30. Parámetros de trabajo del variador de 5 hp LS SV008iG5A.

SV□□□iG5A-2□		004	008	015	022	037	040
Max. capacity ¹⁾	(HP)	0.5	1	2	3	5	5.4
	(kW)	0.4	0.75	1.5	2.2	3.7	4.0
Output rating	Capacity (kVA) ²⁾	0.95	1.9	3.0	4.5	6.1	6.5
	Rated current (A) ³⁾	2.5	5	8	12	16	17
	Max. output frequency (Hz)	400 ⁴⁾					
	Max. output voltage (V)	3 phase 200-230 ⁵⁾					
Input rating	Voltage (V)	3 phase 200-230VAC (+10%, -15%)					
	Frequency (Hz)	50-60 (±5%)					
Cooling method		Natural	Forced air cooling				
Weight		0.76	0.77	1.12	1.84	1.89	1.89

Fuente: Talleres “ELECTRÓN”.



Figura 3. 44: Variador de frecuencia 10 Hp LS SV008iG5A.
Fuente: Talleres “ELECTRÓN”.

3.5 DISEÑO DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE.

El diseño lo realizamos con la ayuda de Automación Studio 5.2, que es un programa de simulación utilizado para el diseño de circuitos hidráulicos. Visualizar figura 3.45.

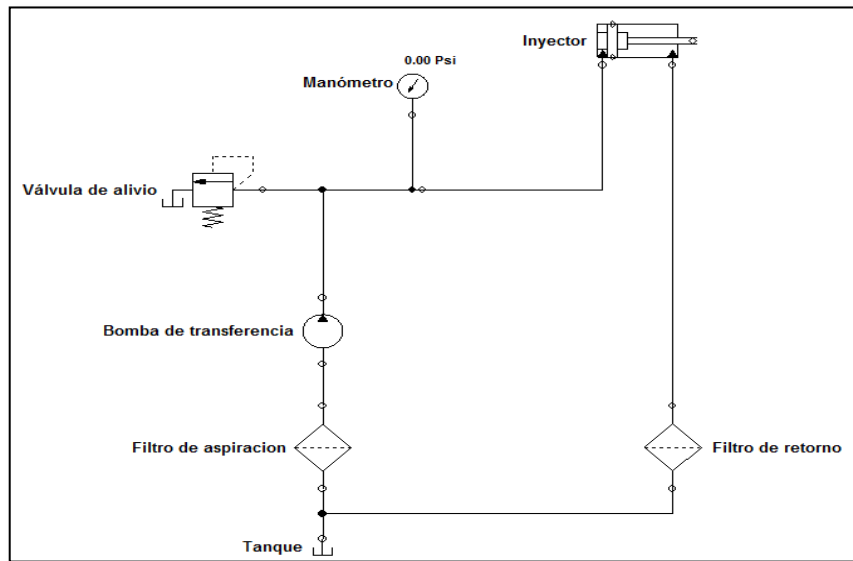


Figura 3. 45: Circuito hidráulico para la aplicación.
Fuente: Automación Studio 5.0.

3.5.1 DESCRIPCIÓN RESUMIDA DEL SISTEMA.

El sistema de alimentación de combustible utilizado es solo para transferir el combustible a baja presión (60-70) psi, hasta el inyector donde se produce la alta presión de inyección.

El sistema está dotado de un motor eléctrico de 1Hp trifásico, una bomba de transferencia de combustible de baja presión (60-70)psi, un matrimonio entre el eje de salida del motor eléctrico unido al eje de la bomba, un filtro de aspiración de 25 um, una válvula de alivio de (50-300)psi, que se la regulada a 60 psi; un manómetro hidráulico de glicerina de (0-100)psi, mangueras hidráulicas de baja presión (0-300)psi, con sus respectivos acoples; y finalmente el fluido hidráulico de calibración.

3.5.2 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA.

Al inicio de la simulación, el motor eléctrico se energiza e impulsa la bomba de transferencia “dando caudal”, esta aspira el fluido del tanque, el

fluido pasa por un filtro de aspiración “limpiándose”, luego sigue y pasa por la válvula de alivio “regulándose”, después pasa por el manómetro “midiendo la presión”, y sigue finalmente hasta llegar al orificio de entrada del inyector E.U.I. o M.U.I., luego sale al filtro de retorno “limpiándose”, y cae al tanque. Visualizar figura 3.45.

a. CIRCUITO CONECTADO EN FUNCIONAMIENTO.

El combustible del tanque de reservorio es aspirado por la bomba de transferencia, dentro del tanque tenemos un filtro de aspiración el cual primeramente el combustible es filtrado, la bomba aspira y manda al sistema, sale y se encuentra con la válvula de alivio la cual es regulable y la ponemos a 60 psi, el combustible que sobra se va al tanque por el retorno de la válvula, luego sale a una T la cual un lado va al manómetro para medir la presión a la que se encuentra el sistema, y la otra punta va directamente a la entrada de combustible en el inyector. El retorno del combustible del inyector sale y se encuentra con un filtro de retorno, pasa filtrándose y cae al tanque nuevamente. Visualizar figura 3.46.

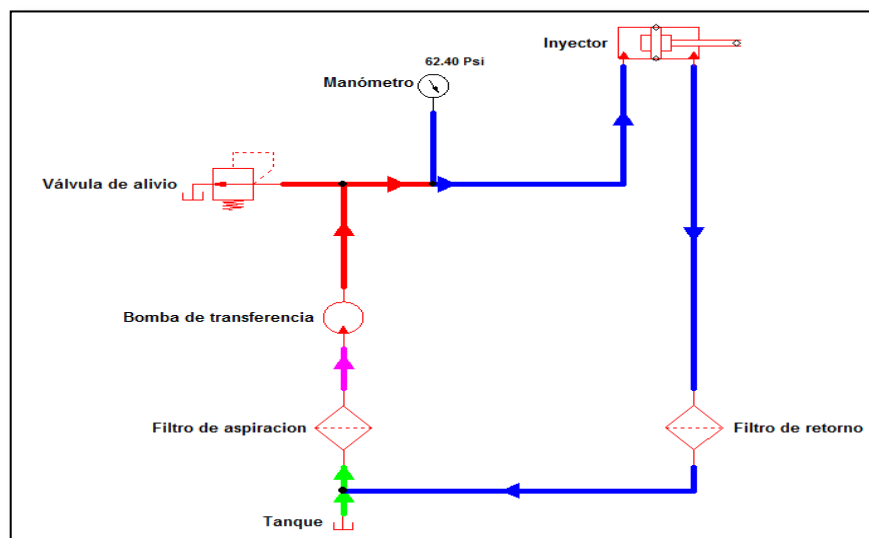


Figura 3. 46: Diseño del circuito hidráulico para la aplicación.
Fuente: Automation Studio 5.0.

3.6 DISEÑO MECÁNICO.

Para el diseño mecánico de la estructura del banco de pruebas E.U.I. y M.U.I., se utilizó el programa de diseño SolidWorks, el cual permite el desarrollo de diseños y nos permite realizar cálculos rápidos y exactos.

Tomaremos en cuenta cuatro puntos importantes, primero la resistencia, segundo la distorsión, tercera la corrosión y cuarto el costo.

La construcción la realizamos con tubo cuadrado estructural de 1 ½ x 2 pulgadas de ASTM A 36, además tiene un límite de fluencia mínimo de 250 MPA (36 psi) y es muy utilizado en la construcción de estructuras metálicas. Visualizar figura 3.47.

3.6.1 MODELADO 3D SOLIDWORKS 2013.

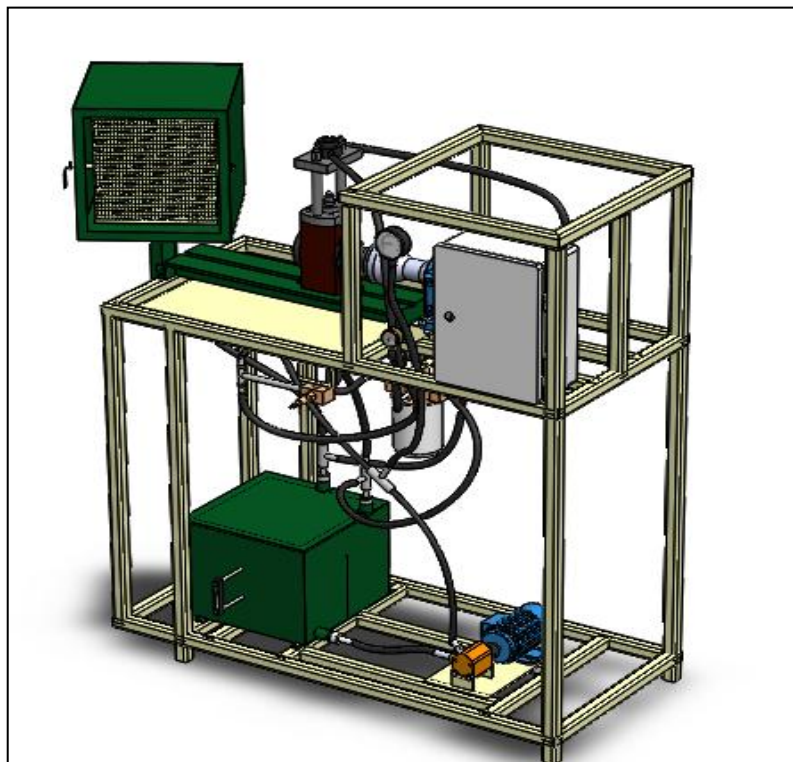


Figura 3. 47: Diseño de la estructura.
Fuente: Solid Works 2013.

a. ESPECIFICACIONES.

Peso: 100 Kg.

Centro de gravedad.

Centro de masa: (milímetros).

Para el análisis tomamos como base un centro de gravedad con tres puntos de referencia, en X, Y, y Z. Visualizar figura 3.48.

$$X = -365.87$$

$$Y = 17.12$$

$$Z = 653.06$$

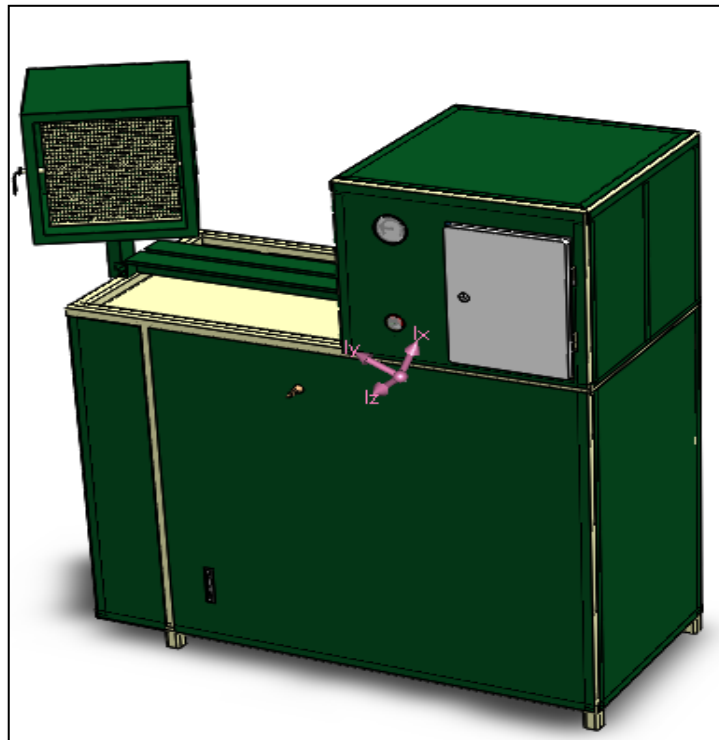


Figura 3. 48: Centro de gravedad de la estructura.
Fuente: Solid Works 2013.

En la gráfica visualizamos cuatro puntos que salen del centro de gravedad distribuidos en la estructura, seleccionamos dos puntos referentes y los llamamos A y B.

Punto referente: RA= 0.230 m

Punto referente: RB=0. 631 m

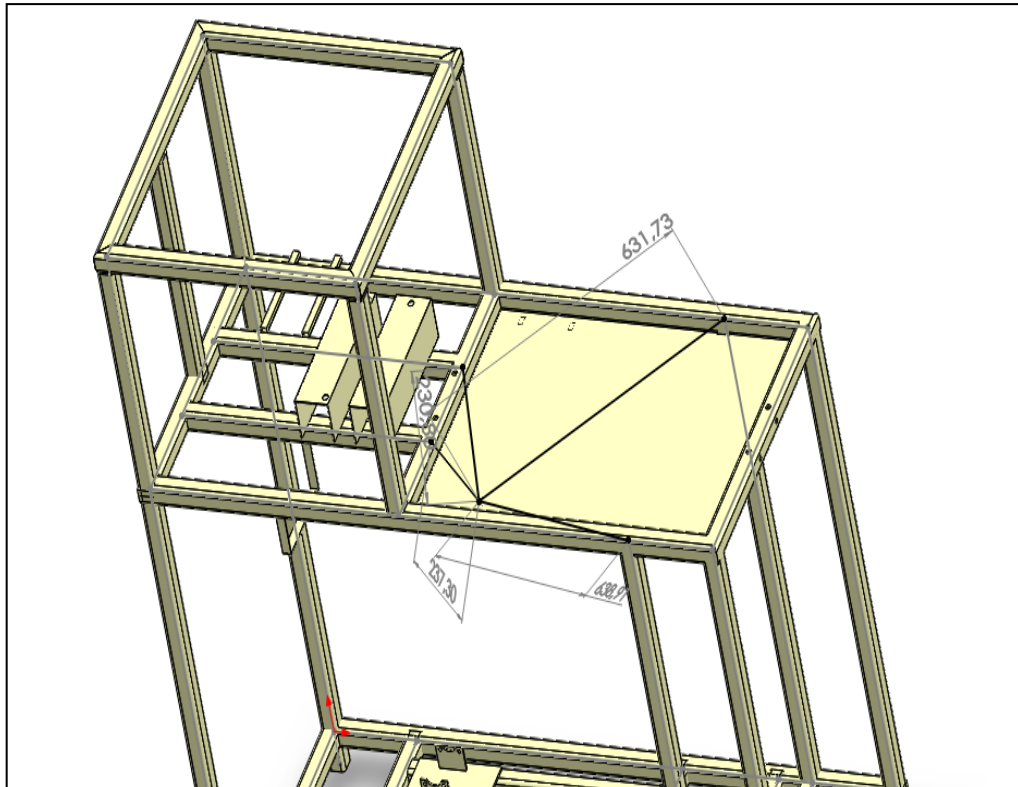


Figura 3. 49: Distribución de fuerzas en la estructura.
Fuente: Solid Works 2013.

b. SUMATORIA DE MOMENTOS.

La d_1 es la distancia perpendicular desde el punto B hasta el centro de gravedad en metros, d_2 es la distancia perpendicular desde el punto A hasta el centro de gravedad en metros, W es el peso en newton en este caso multiplico 100 kg por 9.8 m/s^2 para obtener N.

Se realiza un sistema de 2 ecuaciones con 2 incógnitas por definición de sumatoria de momentos es igual a cero resolvemos el sistema de ecuaciones aplicando matrices como se representa a continuación:

$$d1=0.230$$

$$d2=0.638$$

A través de la ecuación (3.20), realizamos el cálculo del peso en Newton.

$$\mathbf{W}=100*9. \quad (3.21)$$

$$\mathbf{W}= 980\text{N}$$

Resolvemos el Sistema de ecuación aplicando matrices a través de la ecuación (3.21).

$$\mathbf{res} = \begin{bmatrix} -\mathbf{W} & .d1 \\ \mathbf{W} & .d2 \end{bmatrix} \quad (3.22)$$

$$\mathbf{sol} = \mathbf{V1}^{-1} \times \mathbf{res} \mathbf{V1} = \begin{bmatrix} 0 & -(d1 + d2) \\ d1 + d2 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{sol} = \begin{bmatrix} 714.56 \\ 265.44 \end{bmatrix}$$

$$Fb = \mathbf{sol}_1 \quad Fa = \mathbf{sol}_0$$

$$Fb = 265.44$$

$$Fa = 714.56$$

c. DETERMINACIÓN DE CARGAS Y SUJECIONES.

Las sujeciones aplicadas están representadas por círculos de color verde. Las cargas o fuerzas aplicadas vienen representadas por una flecha de color rosado.

Los nodos son representados con círculos rosados en cada unión de la estructura. Visualizar la figura 3.50.

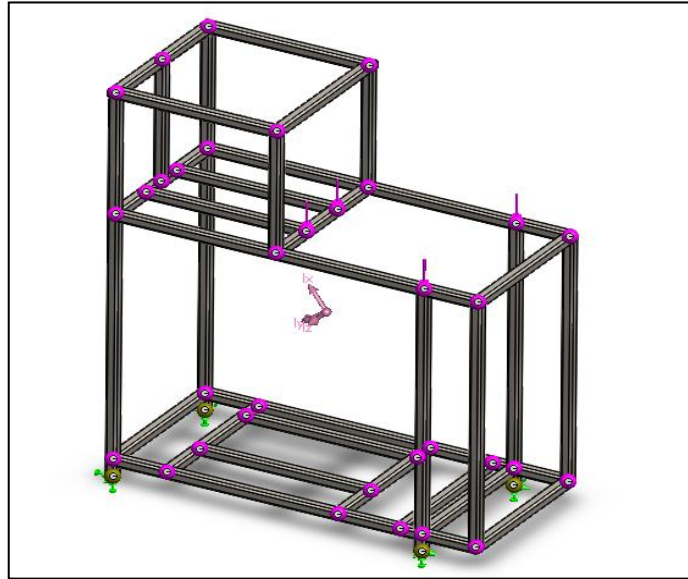


Figura 3. 50: Cargas y sujeciones de la estructura.
Fuente: Solid Works 2013.

En la figura se representa la fuerza FA y FB ubicadas en el par nodos A y B. Visualizar la figura 3.51.

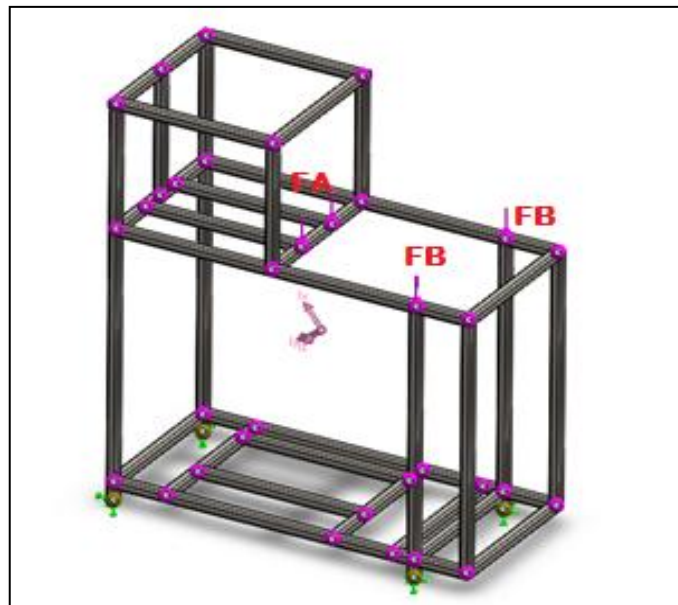


Figura 3. 51: Representación de las fuerzas y sus nodos.
Fuente: Solid Works 2013.

Ubicación de la fuerza FA en el par de nodos A. Visualizar la figura 3.52.

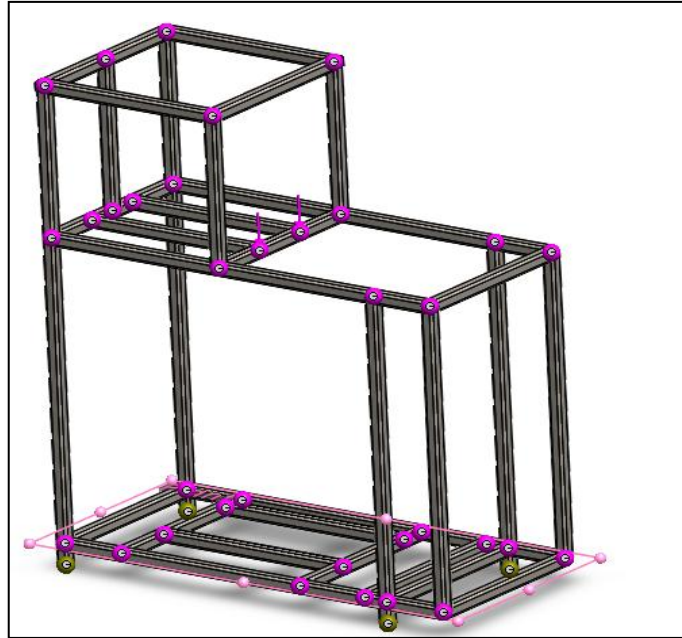


Figura 3. 52: Ubicación de la fuerza A y su nodo.
Fuente: Solid Works 2013.

Ubicación de La fuerza FB en el par de nodos B. Visualizar la figura 3.53.

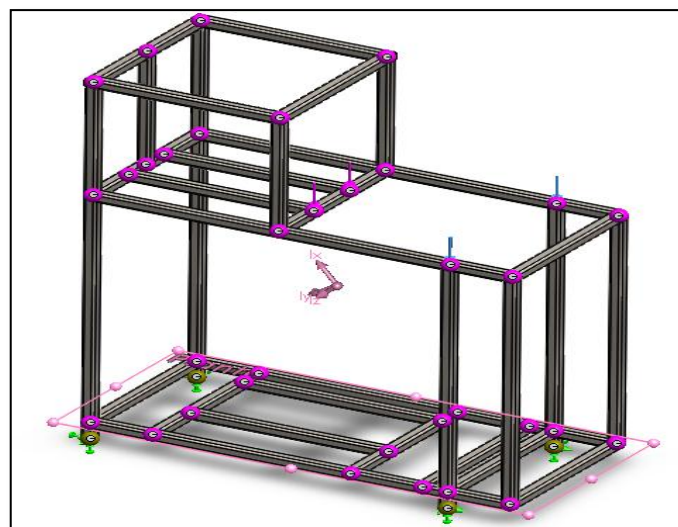


Figura 3. 53: Ubicación de la fuerza B y su nodo.
Fuente: Solid Works 2013.

d. ESFUERZOS.

Es la fuerza que se aplica sobre la estructura en nuestro caso es la FA Y FB. Visualizar la figura 3.54.

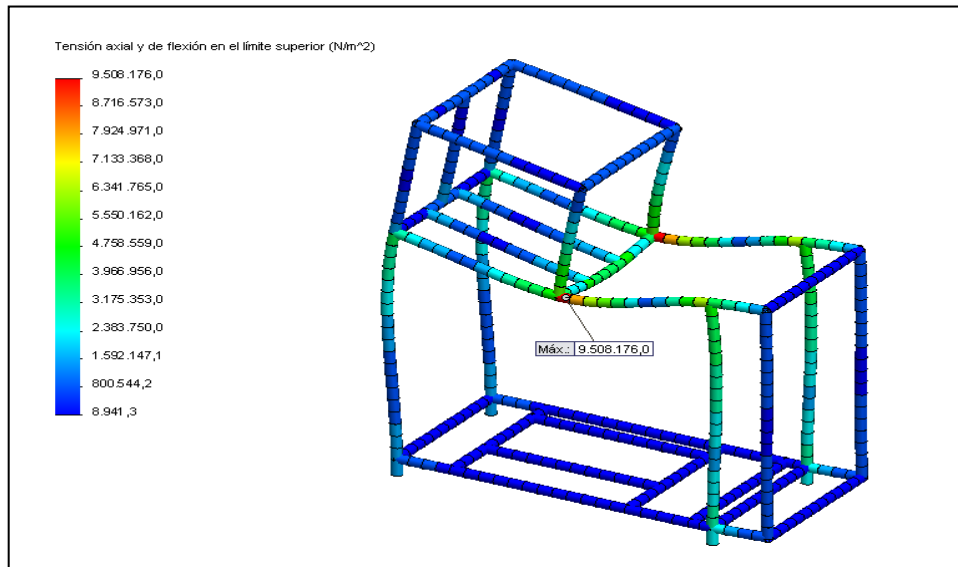


Figura 3. 54: Análisis de esfuerzos en la estructura.
Fuente: Solid Works 2013.

d.1 PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ACERO ASTM A36.

Tabla 3. 31. Propiedades mecánicas del acero ASTM A36.

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	2e+011	N/m ²
Coefficiente de Poisson	0.26	N/D
Módulo cortante	7.93e+010	N/m ²
Densidad	7850	kg/m ³
Límite de tracción	400000000	N/m ²
Límite de compresión en X		N/m ²
Límite elástico	250000000	N/m ²
Coefficiente de expansión térmica en X		/K
Conductividad térmica en X		W/(m·K)
Calor específico		J/(kg·K)

Fuente: Solid Works 2013.

El acero ASTM A36 tiene un límite elástico de 250 MPa. El análisis realizado por el método de elementos finitos en el programa

SOLIDWORKS 2013, para este análisis utilizamos un tipo de malla de viga y un número total de nodos de 584, además un número total de elementos de 478, este análisis nos dio como resultado un esfuerzo máximo de 9 MPa, lo que quiere decir que la estructura puede soportar más de 27 veces el esfuerzo. Visualizar la tabla 3.31.

e. DESPLAZAMIENTOS.

Distancia en determinada dirección y sentido, que separa la posición inicial y final del cuerpo al desplazarse. Visualizar figura 3.55.

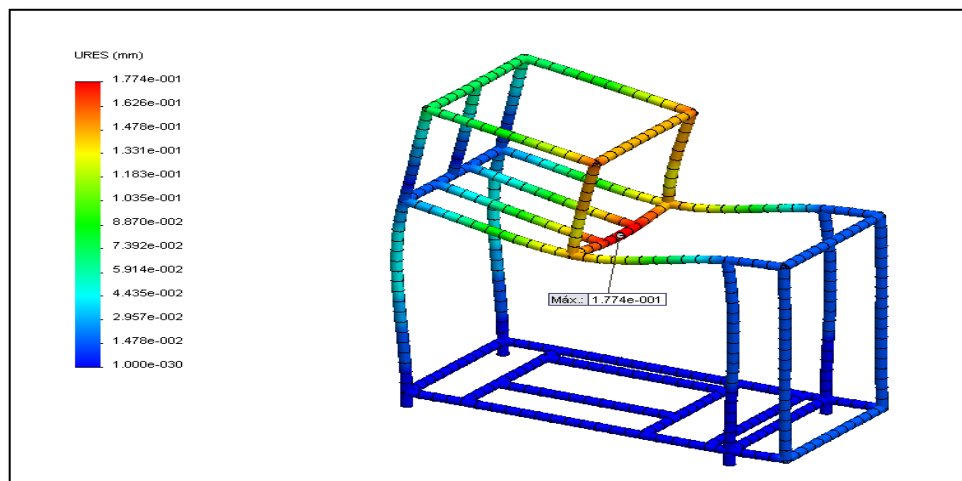


Figura 3. 55: Desplazamientos de la estructura.
Fuente: Solid Works 2013.

La estructura tiene un desplazamiento máximo de $1.77e-001$ mm, lo cual nos indica que tiene un desplazamiento ideal ya que se encuentra bajo el rango máximo que es $2e-011$.

f. FACTOR DE SEGURIDAD.

Vemos la capacidad máxima del sistema y el valor del requerimiento esperado real a que se verá sometido. Por este motivo es un número

mayor que uno, que indica la capacidad en exceso que tiene el sistema por sobre sus requerimientos. Visualizar figura 3.56.

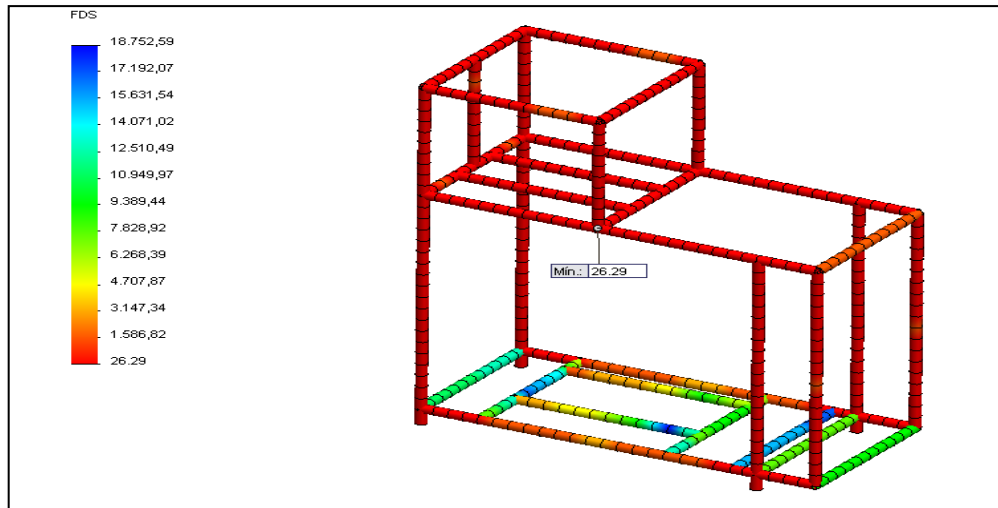


Figura 3. 56: Factor de seguridad de la estructura.
Fuente: Solid Works 2013.

El factor de seguridad de la estructura mínimo es de 26, lo que es muy factible y eficiente. Podemos interpretarlo asimilando que la estructura soportara 26 veces el peso montado en ella.

3.7 DISEÑO ELÉCTRICO.

3.7.1 CONEXIÓN DE LOS MOTORES TRIFÁSICOS A LA RED.

Los motores trifásicos presentan tres devanados (tres impedancias) y seis bornes. Los fabricantes, para facilitar las conexiones disponen en la caja de bornes una colocación especial de estos.

- X con V
- Y con W
- Z con U

a. CONEXIÓN TRIÁNGULO.

Esta conexión sólo utiliza tres conductores, puesto que no existe neutro. Si las tensiones forman un sistema equilibrado, las intensidades de línea son, con respecto a las de fase.

La tensión menor y la corriente mayor corresponden a la conexión triángulo. Visualizar en la figura 3.57.

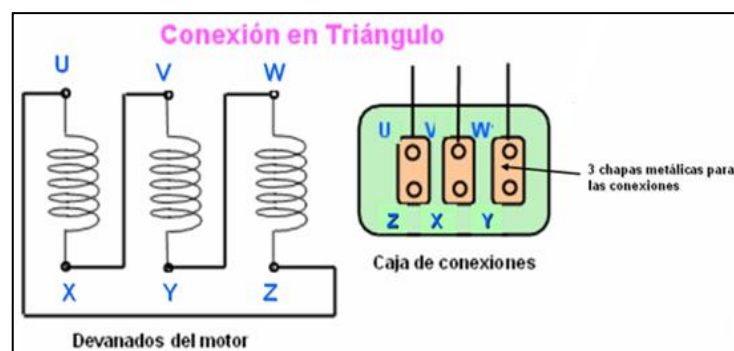


Figura 3. 57: Conexión triángulo.
Fuente: Talleres "ELECTRÓN".

b. CONEXIÓN DE LOS MOTORES ELÉCTRICOS PARA LA APLICACIÓN.

- Identificar el diagrama de conexión en estrella a 220 V, que se encuentra en la placa del motor. Visualizar la figura 3.58.

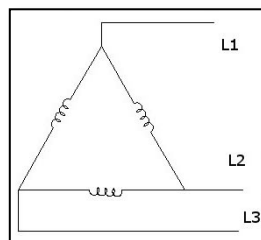


Figura 3. 58: Conexión triángulo identificada.
Fuente: Talleres "ELECTRÓN".

- Abrir la caja de conexiones, se divisa cuatro tuercas de conexión, las cuales sujetaremos a los cables según la imagen especificada para una conexión con entrada de 220 V. Visualizar en la figura 3.59.

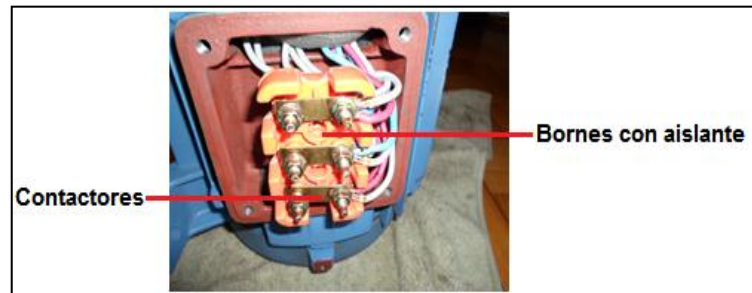


Figura 3. 59: Caja de conexión motor trifásico 10hp Siemens.
Fuente: Grupo de investigación.

c. CORRIENTE DE CONSUMO PARA LOS MOTORES ELÉCTRICOS.

Para el cálculo de la corriente de consumo de un motor eléctrico aplicamos la ecuación (3.22):

$$IP = P / (E \cdot EP \cdot N) \quad (3.23)$$

Dónde:

IP = Corriente nominal o a plena carga que consume un motor (A).

P = Potencia que desarrolla un motor (W).

E = Tensión a la que se conecta el motor (V).

FP = Factor de potencia.

n = Rendimiento del motor.

La corriente para un motor trifásico conectado a 220 o 380 volts se afecta en el denominador por la raíz cuadrada de 3.

Aplicamos la ecuación (3.23), para calcular el consumo eléctrico el motor:

$$IP = P/(\sqrt{3} E. EP. N) \quad (3.24)$$

Para calcular la corriente que consume nuestro motor trifásico a una tensión de 220 V y trabajando al 75%, se recurre a la placa de identificación para determinar los datos necesarios como: potencia, factor de potencia, rendimiento.

- **Para el motor de 1 hp.**

IP =?

E= 220 v

F.P= 0.81

n= 0.90

P= 1 hp=746 w

$$IP = \frac{P}{\sqrt{3} E. EP. N}$$
$$IP = \frac{746}{\sqrt{3}(220). (0.81). (0.90)}$$
$$IP= 2.68 w$$

- **Para el motor de 10 hp.**

IP =?

E= 220 v

F.P= 0.82

n= 0.90

P= 10 hp = 7460 w

$$IP = \frac{P}{\sqrt{3} E. EP. N}$$
$$IP = \frac{7460}{\sqrt{3}(220). (0.82). (0.90)}$$
$$IP=26.52 w$$

d. POTENCIA ABSORBIDA POR EL MOTOR (KW/H).

Calculamos la potencia absorbida por el motor eléctrico a través de la ecuación (3.24):

$$P_{abs} = P(w)/n \quad (3.25)$$

Dónde:

P = Potencia del motor. N = Rendimiento del motor.

Para el motor de 1 hp.

$$P_{abs} = \frac{P(w)}{n}$$

$$P_{abs} = \frac{746 \text{ w}}{0.90}$$

$$P_{abs} = 828.88 \text{ kw} = 0.082 \text{ w}$$

Para el motor de 10 hp.

$$P_{abs} = \frac{P(w)}{n}$$

$$P_{abs} = \frac{7460 \text{ w}}{0.90}$$

$$P_{abs} = 8288.88 \text{ kw} = 8.28 \text{ w}$$

3.7.2 DIAGRAMA ELÉCTRICO.

a. CIRCUITO DE FUERZA.

El circuito de fuerza se compone de fusibles, contactos de la línea y elementos calentadores de las protecciones térmicas. Por el circuito de

fuerza la energía eléctrica de la corriente trifásica va al devanado del estator gobernado. Visualizar en la figura 3.60.

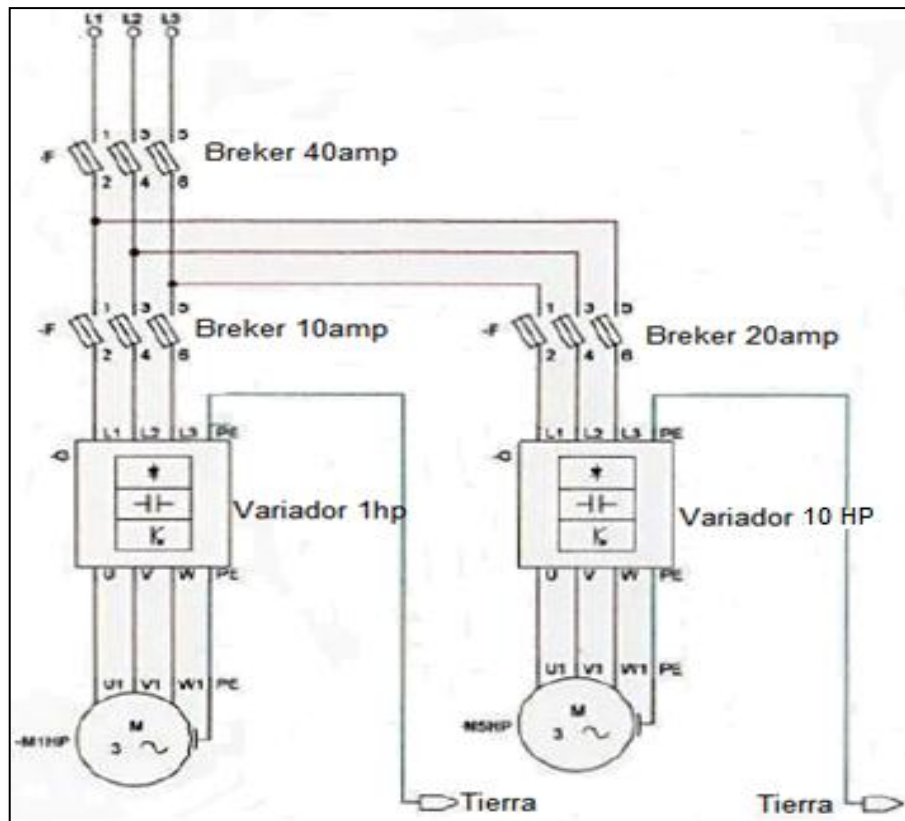


Figura 3. 60: Circuito de fuerza 220v.
Fuente: Talleres “ELECTRÓN”.

Consta de 3 cables que salen de la fuente de poder y que están conectado de forma independiente a cada una de las líneas (L1, L2, L3) de ahí se conectan a la entrada de los contactos principales (Breker 40 amp), que es el principal y que activara a los dos siguientes Brekers. En paralelo conectamos los dos siguientes Breker de 10 amperios usado para el variador de 1hp y Breker se 20 amp., usado para el variador de 5 hp, el Breker de 10 amperios activa al variador de frecuencia de 1 hp y de ahí al motor, cuya función es suministrar la energía directamente al motor de 1 HP.

El Breker de 40 amperios es de más capacidad ya que activara o alimentara de energía al variador de 10 hp y de ahí al motor trifásico de 10 hp, luego los dos respectivamente a tierra. Visualizar figura 3.61.

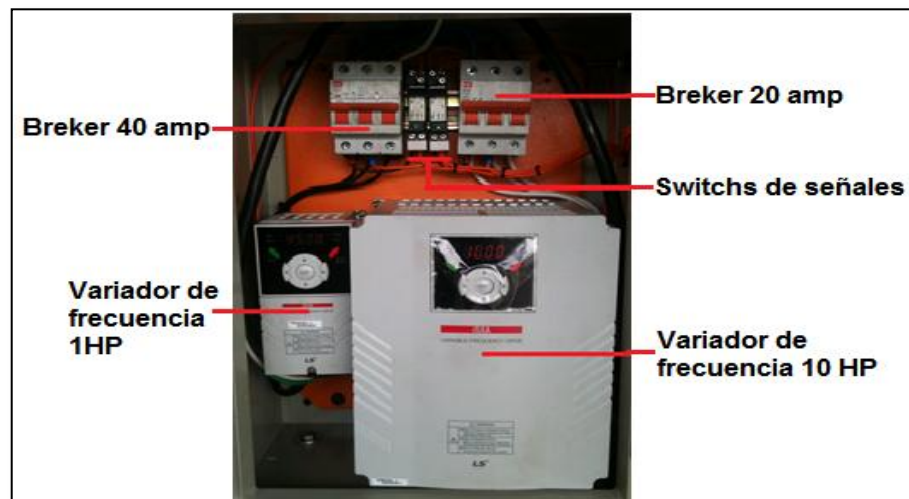


Figura 3. 61: Tablero circuito de fuerza montado.
Fuente: Grupo de investigación.

b. CIRCUITO DE CONTROL.

El circuito de mando del arrancador se compone de un cuadro de dos botones: (arranque) y (stop), que conecta la bobina del interruptor magnético el bloque de contacto y los contactos de la protección térmica, el circuito de mando sirve para gobernar el variador.

El selector 1 está compuesto de dos opciones (star) o (stop), conectado a la línea L1, por mediación del fusible y del mismo al stop, de la conexión entre L1 y star y star-stop se conecta el contacto auxiliar(CA) del arrancador magnético, del segundo contacto del stop a uno de los contactos de la bobina (B) del arrancador magnético, del otro contacto de la misma (B) al contacto normalmente cerrado de la protección térmica, y de ahí a la línea 3 (L3), cerrando de esta forma el circuito.

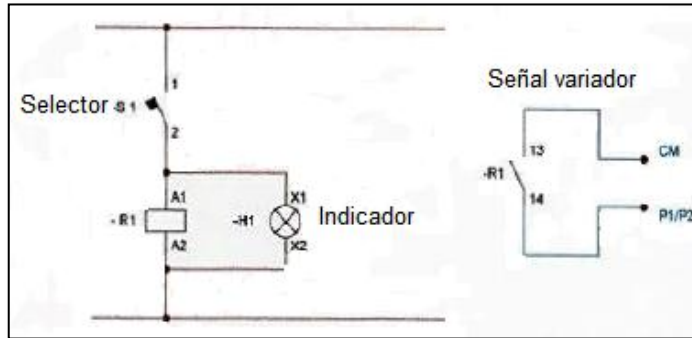


Figura 3. 62: Circuito de control uno para 220v.
Fuente: Talleres “ELECTRÓN”.

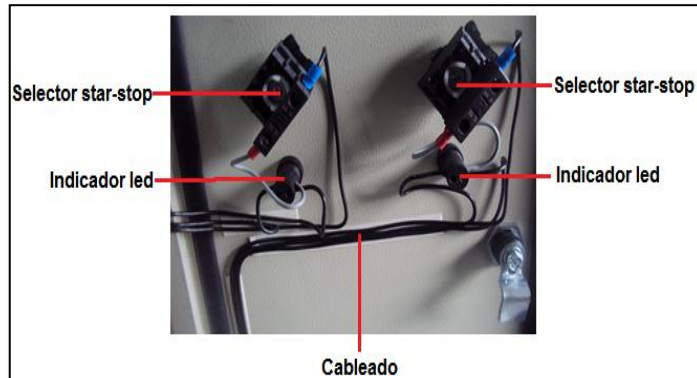


Figura 3. 63: Circuito de control uno montado.
Fuente: Grupo de investigación.

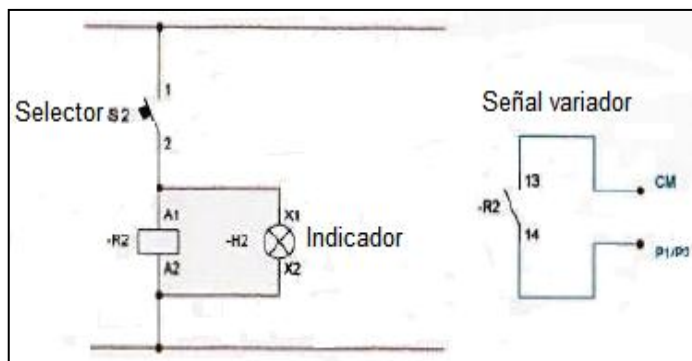


Figura 3. 64: Circuito de control 2 para 220v.
Fuente: Talleres “ELECTRÓN”.



Figura 3. 65: Circuito de control dos montado.
Fuente: Grupo de investigación.



Figura 3. 66: Tablero de fuerza y control montados.
Fuente: Grupo de investigación.

c. CONEXIÓN AL VARIADOR DE FRECUENCIA.

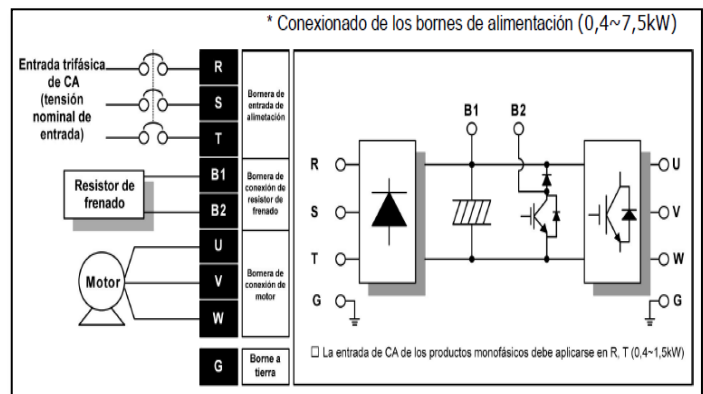


Figura 3. 67: Conexión del variador de frecuencia.
Fuente: Talleres “ELECTRÓN”.

d. DIAGRAMA DE BLOQUES DE CONTROL.

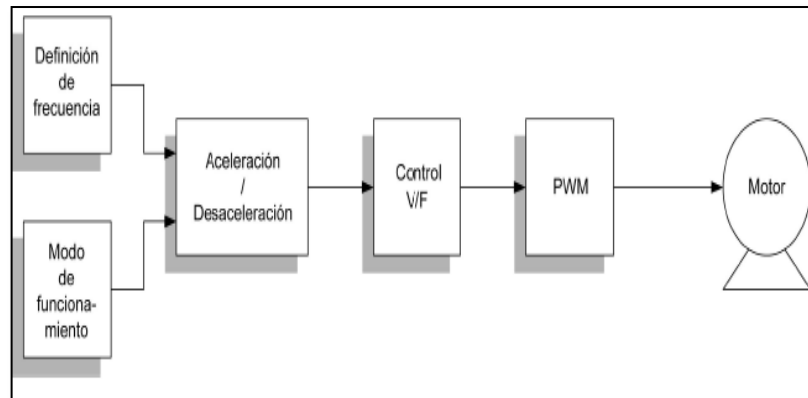


Figura 3. 68: Diagrama de bloques de control.
Fuente: Talleres “ELECTRÓN”.

d1 FUNCIONAMIENTO.

El variador de frecuencia cumple los siguientes parámetros de funcionamiento. Visualizar tabla 3.32.

Tabla 3. 32. Parámetros de funcionamiento del variador de frecuencia.

Grupo	Código	Nombre del parámetro	Definición	Rango	Inicial	Unidad
Grupo de accionamiento	ACC	[Tiempo de aceleración]	-	0~6000	5.0	seg
	dEC	[Tiempo de desaceleración]	-	0~6000	10.0	seg
Grupo de funciones 1	F21	[Frecuencia máxima]	-	40~400	60.00	Hz
Grupo de funciones 2	H70	[Referencia de frecuencia para acel/desac]	0	0~1	0	
	H71	[Escala de tiempo de aceleración/desaceleración]	-	0~2	1	

Fuente: Talleres “ELECTRÓN”.

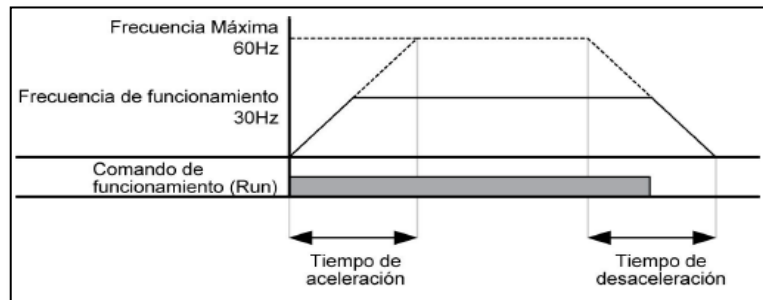


Figura 3. 69: Frecuencia de trabajo del variador.
Fuente: Talleres “ELECTRÓN”.

3.7.3 MATERIALES USADOS EN LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.

a. **PULSADORES.-** Dos pulsadores rasante color verde 220v.

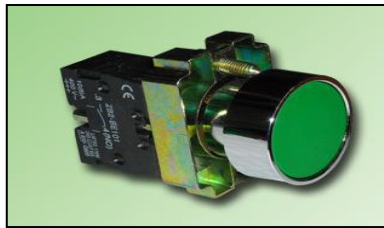


Figura 3. 70: Pulsador rasante 220v.
Fuente: Talleres “ELECTRÓN”.

b. **CABLE SUCRE O CONCÉNTRICO 3X12:** Fuerza-Control 600 voltios 60°C.



Figura 3. 71: Cable sucre o concéntrico 3X12.
Fuente: Talleres “ELECTRÓN”.

c. CABLE SUCRE O CONCÉNTRICO 3X10: Fuerza-Control 600 voltios 60°C.



Figura 3. 72: Cable sucre o concéntrico 3X10.
Fuente: Talleres “ELECTRÓN”.

d. CABLE SUCRE FLEXIBLE # 14: De color azul y negro # 14 AWG, 0.3KV, 90°C para las de protecciones del motor y control de encendido desde los variadores de frecuencia.



Figura 3. 73: Cable sucre flexible # 14.
Fuente: Talleres “ELECTRÓN”.

e. BREKER LS BKN C40.- AC 230(240)/400(415) v - frecuencia nominal: 50(60) hz – 40 amperios.



Figura 3. 74: Breker LS BKN C40.
Fuente: Talleres “ELECTRÓN”.

f. **BREKER LS BKN-b C20.** - AC 230(240)/400(415) v - frecuencia nominal: 50(60) Hz – 20 amperios.



Figura 3. 75: Breker LS BKN-b C20.
Fuente: Talleres “ELECTRÓN”.

3.8 DISEÑO ELECTRÓNICO.

Se implementaron 8 partes bien definidas que son:

- Entrada de alimentación.
- Oscilador 16MHz.
- Botón de reseteo.
- Visualizador LCD de 16x4 presenta información.
- Zócalo de programación.
- Entrada para Sensor óptico.
- Botonera.
- Salidas para inyector, servomotor y led's de apoyo.

A continuación podemos ver en la figura 3.76, que se representa las secciones de la parte digital implementada donde identificamos cada grupo de componentes que hacen el funcionamiento de la parte electrónica.

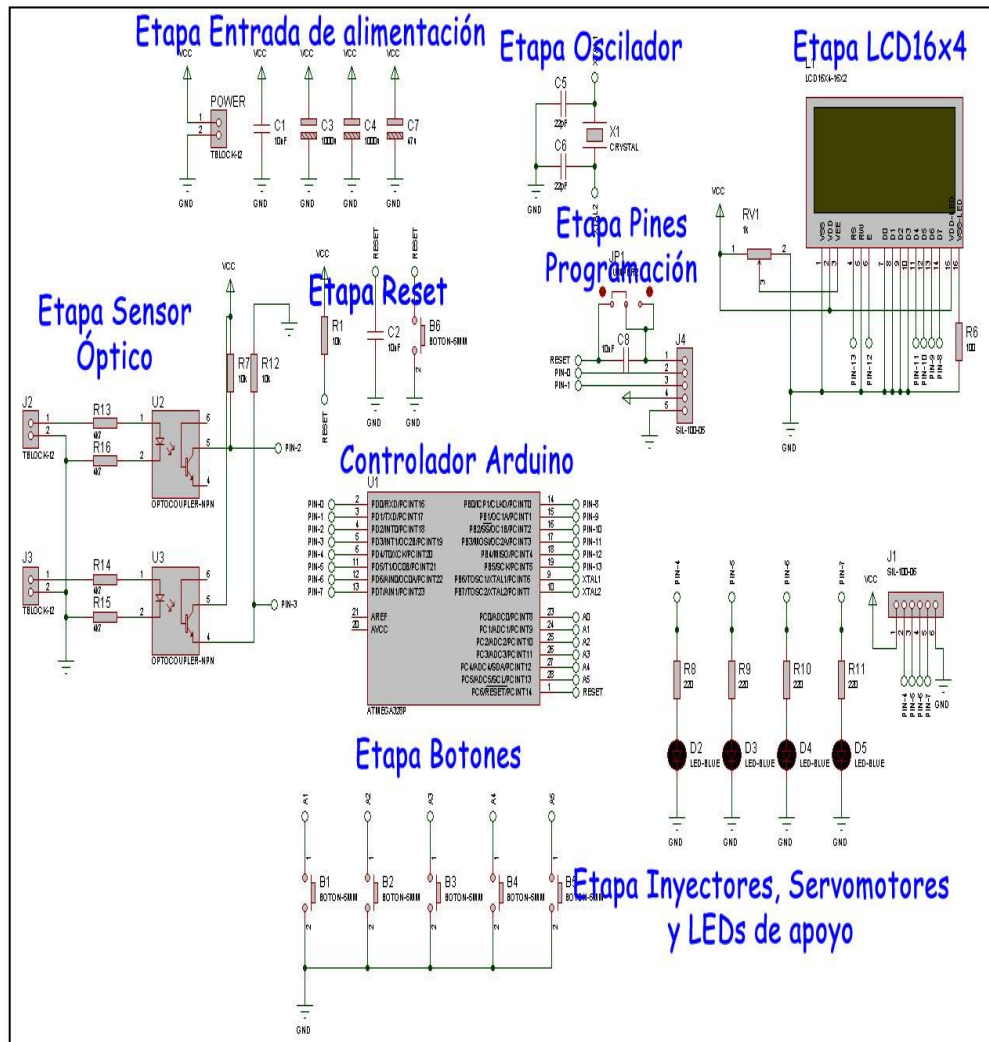


Figura 3. 76: Secciones de la parte digital implementada. Fuente: Isis Simulation.

El software de diseño es el proteus 7.8 para la realización del esquemático y la placa de circuito impreso.

Ya lista la parte de control procedemos al diseño de la placa de potencia en las cuales se implementó un Mosfet de potencia en este caso los IRFP460 que tienes las siguientes características. Visualizar figura 3.77.

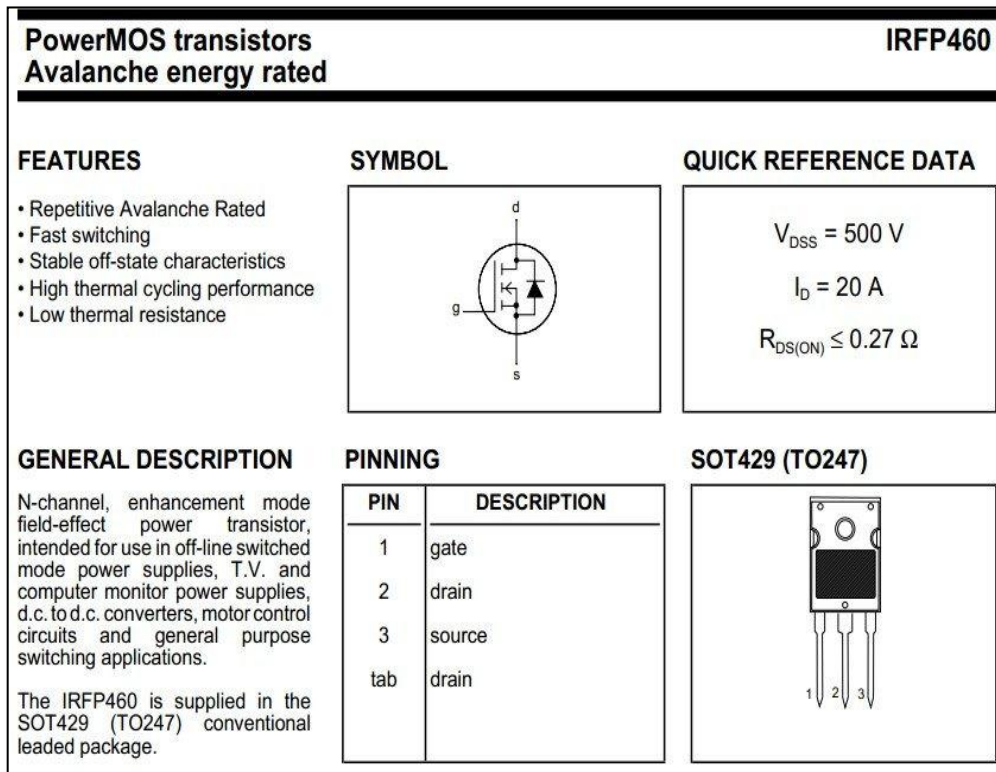


Figura 3. 77: Mosfet de potencia IRFP460.
Fuente: Arduino.

Se escogió este tipo de mosfet ya que los voltajes y corrientes de trabajo son las suficientes para el manejo del inyector alrededor de 500 voltios de trabajo y 20 amperios de paso de corriente como nuestro sistema necesita una fuente de 80 a 110v y una corriente por inyector de 10 amperios tenemos cubierto cada salida para cada inyector.

Para poder activar al Mosfet basta aplicar un voltaje de activación digital al pin Gate del mismo para utilizarlos en corte y saturación y así obtenemos un switchs electrónico capaz de manejar a un inyector de estas características por los cual necesitamos implementar el siguiente diagrama para poderlo controlar con la tarjeta y el arduino mega:

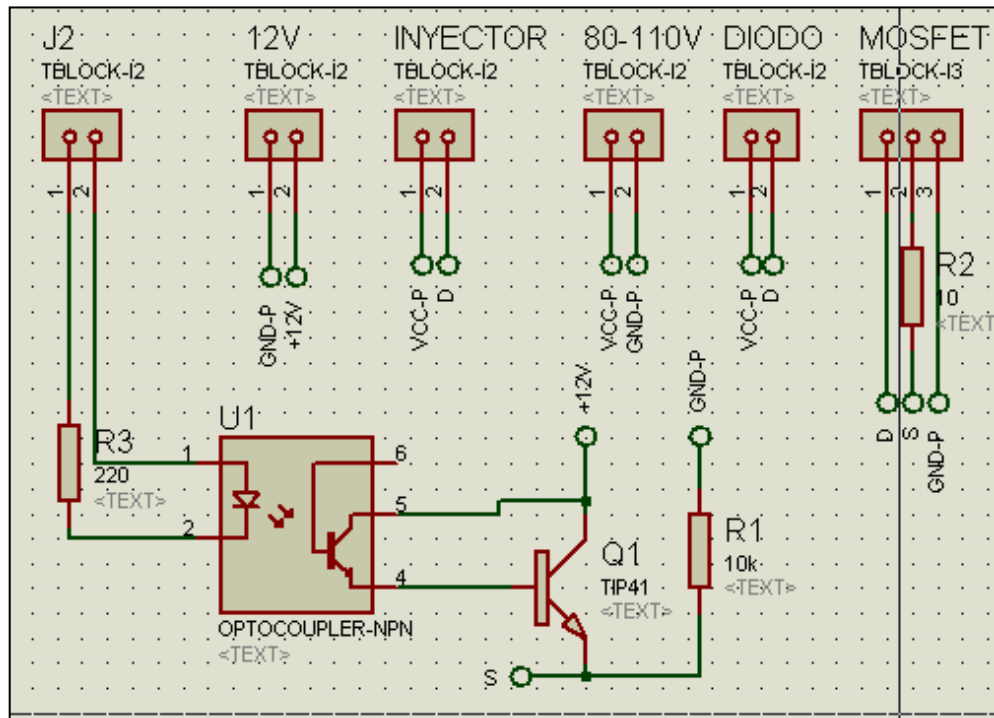


Figura 3. 78: Activación digital al pin Gate.
Fuente: Isis Simulation.

En la figura 3.78, se puede observar las borneras de alimentación, entrada digital desde la placa arduino, la alimentación de 80v en corriente directa la bornera del inyector con su correspondiente diodo y la bornera del mosfet que es nuestro elemento de potencia en sí.

Simplemente es una circuito opto acoplador por un 4n25 que separa las tierras para que la parte de control no sea afectada por la parte de potencia ya que se generan corriente parasitas por las cargas que generan los inyectores.

Por último se implementó una placa adicional que es la fuente de alimentación o convertor DC a DC de tipo step-up y viene a continuación en la siguiente figura 3.79:

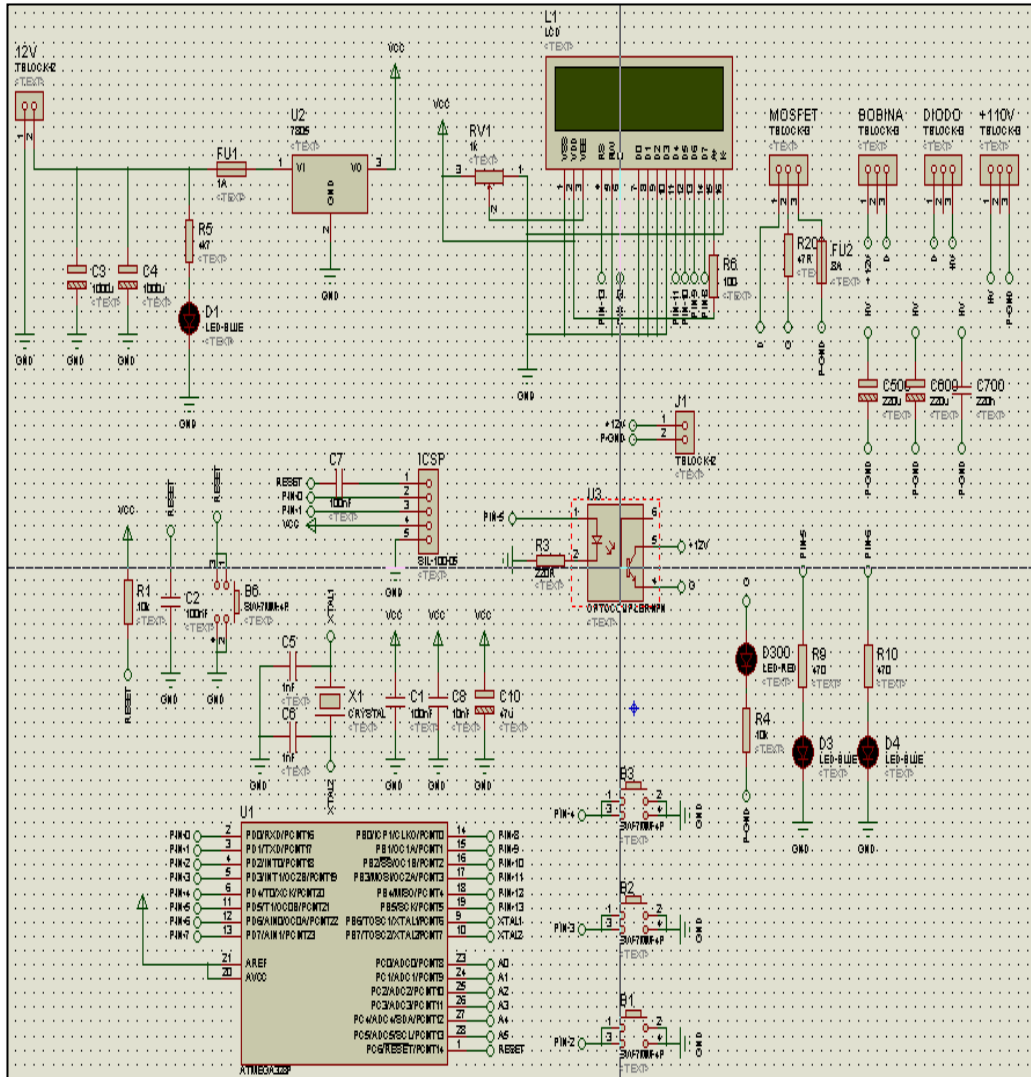


Figura 3. 79: Placa del conversos DC a DC.
Fuente: Isis Simulation.

Gracias al diseño y aplicación de electrónica digital y analógica queda terminado el sistema de control y potencias para el sistema de mantenimiento de inyectores E.U.I.

En la parte de anexos se presentan las fotos, programas y figuras adicionales tanto como las hojas de datos de los elementos utilizados en el sistema para inyectores CATERPILLAR.

A continuación vamos a revisar el diagrama de flujos lógico correspondiente a la forma de trabajo del módulo electrónico, visualizar en la figura 3.80, para analizar de mejor manera.

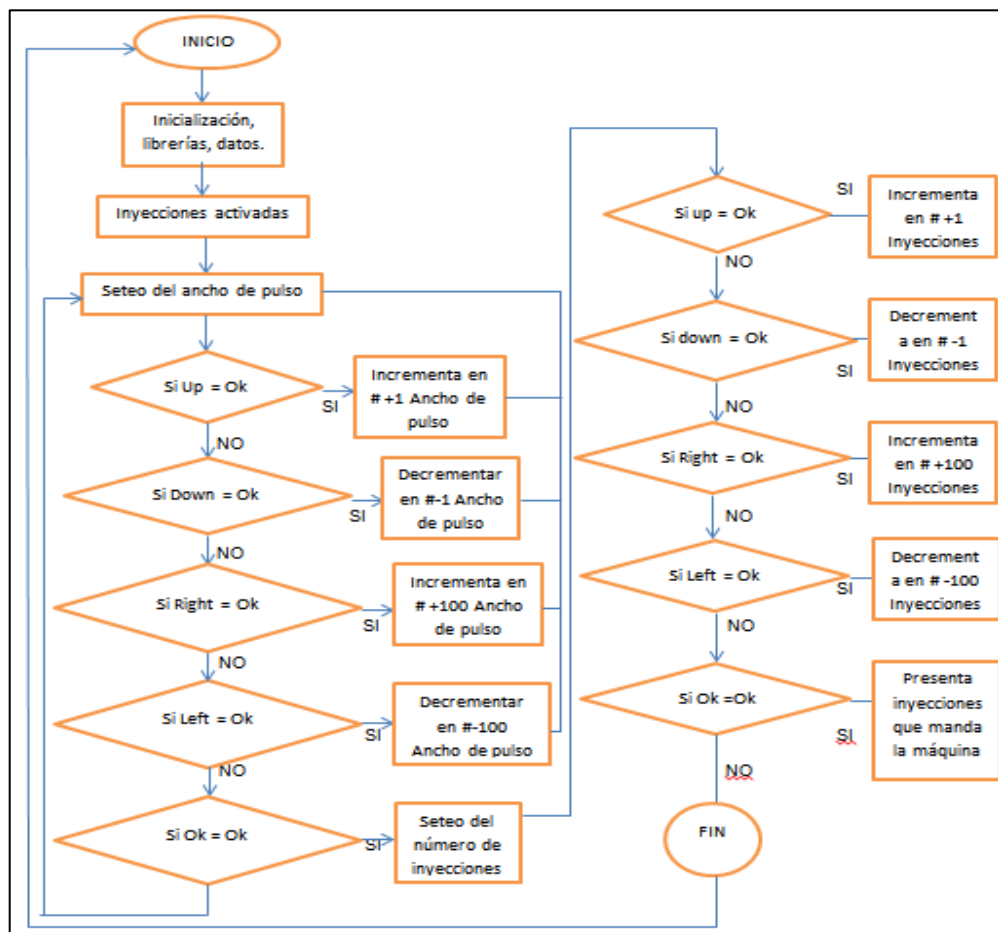


Figura 3. 80: Diagrama de flujo lógico de la programación del módulo.
Fuente: Grupo de investigación.

Iniciamos el programa con la inicialización de la librería, las inyecciones ya se encuentran activadas, seteamos el ancho de pulso si deseamos aumentar en 1 o 100 con los pulsadores up, down o decrementar en 1 o 100 con los pulsadores right, left, luego presionamos OK. Luego de este paso seteamos el número de inyecciones de igual manera identificando los botones de aumento y decremento y luego seleccionando OK para que el programa empiece a funcionar.

A continuación presentamos un diagrama de flujo para el manejo, ejecución y control de encendido del módulo electrónico, usualmente es de manejo amigable. Visualizar en la figura 3.81.

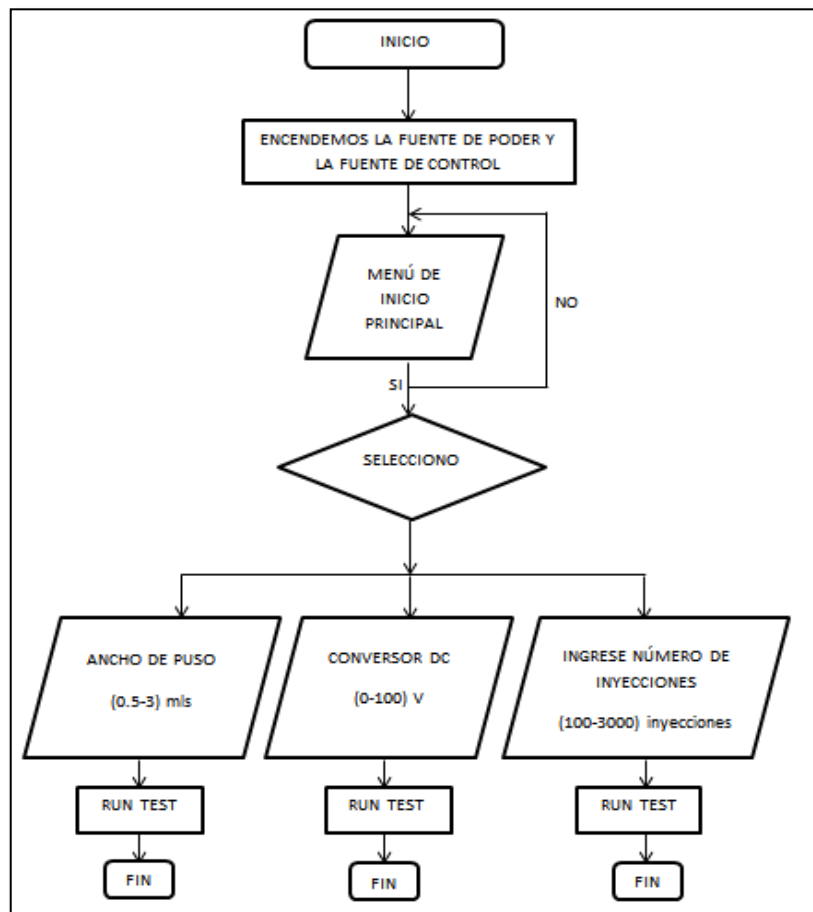


Figura 3. 81: Diagrama de flujo lógico del manejo del módulo.
Fuente: Grupo de investigación.

Iniciamos el programa encendiendo las fuentes de poder y de control, luego se nos encenderá las dos pantallas led y nos desplegará el menú de inicio principal, luego seleccionamos el ancho de pulso en 1.5 ms y presionamos ok (run test), continuamos y seleccionamos conversor DC que es de 40% (115 v) y presionamos ok, finalmente seleccionamos el número de inyecciones que es 100 y presionamos ok para que el sistema pueda iniciar su trabajo.

CAPÍTULO IV

CONSTRUCCIÓN, MONTAJE, Y PRUEBAS DEL COMPROBADOR DE INYECTORES E.U.I. y M.U.I., CATERPILLAR SERIE 3500

4. CONSTRUCCIÓN, MONTAJE Y PRUEBAS DEL COMPROBADOR DE INYECTORES E.U.I. y M.U.I., CATERPILLAR SERIE 3500.

4.1 CONSTRUCCIÓN DEL COMPROBADOR DE INYECTORES.

Para la construcción del comprobador de inyectores, se realizó un análisis estructural para determinar que el material utilizado sea el adecuado, y no sufra deformaciones o fallas, debe ser resistente y seguro.

a. ESTRUCTURA METÁLICA.

Para la construcción de la estructura, se utilizó tubo estructural cuadrado cuyas medidas son de 40x40 mm y espesor 1.5 mm de acero ASTM 569, el mismo que como se calculó en el capítulo III, satisface los esfuerzos a los que va a ser sometido, este tubo viene con 6 metros de largo, para lo cual se procedió a realizar cortes conforme a las dimensiones de diseño.

Una vez cortado los tubos necesarios para la construcción, se procedió a unir mediante soldadura MIG, permitiendo así darle la forma a la estructura.

Y a continuación en la figura 4.1, podemos visualizar de mejor manera la estructura ya construida.

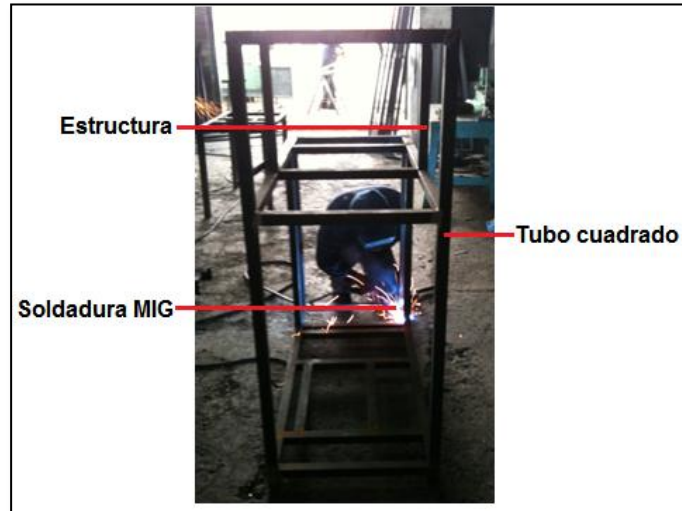


Figura 4. 1: Estructura metálica del Comprobador de inyectores E.U.I. y M.U.I. Caterpillar serie 3500.
Fuente: Grupo de investigación.

b. CUBIERTA.

Para la cubierta se utilizó planchas de acero cuyas medidas fueron 2.40x1.22 metros y 2 mm de espesor de acero ASTM A36. Las planchas fueron cortadas y dobladas según las dimensiones requeridas en el diseño. Visualizar en la figura 4.2.



Figura 4. 2: Dobles de las planchas.
Fuente: Grupo de investigación.

4.1.1 DIAGRAMA DE PROCESO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURA METÁLICA DEL COMPROBADOR DE INYECTORES.

"DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN COMPROBADOR DE INYECTORES DE GRUPOS ELECTRÓGENOS DE MOTOR SERIE 3500 CATERPILLAR"											
<input type="radio"/> MÉTODO ACTUAL		<input type="radio"/> MÉTODO PROPUESTO		FECHA: 08-05-1013							
DESCRIPCIÓN DE LA PARTE: ESTRUCTURA METÁLICA											
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN: CONSTRUCCIÓN											
		Actual		Propuesto		Diferencia		Análisis			
		Tiempo	#	Tiempo	#	Tiempo	#				
<input type="radio"/>	Operaciones	10	9					ESTUDIADO POR: ÁLVARO GUZMÁN			
<input type="checkbox"/>	Transporte	2	2								
<input type="checkbox"/>	Inspecciones	10	9								
<input type="checkbox"/>	Retrasos	5	4								
<input type="checkbox"/>	Almacenamiento	0.30	1								
Distribución Recorrida											
Paso	Detalles Del Proceso	Método	Operación	Transporte	Inspección	Retraso	Almacenamie	Dist. En Km	Cantidad	Tiempo Hora/Uní	Cálculo Tiempo-Costo
1	Adquisición De Materiales	Automóvil								5	
2	Corte	Cizalla								8	
3	Suelda	Mig								3	
4	Mecanismo Para Probetas	Mecánico								4	
5	Elemento De Ajuste	Pernos								1	
6	Perforar	Taladro								2	
7	Macillar	Macilla								1	
8	Pulir	Pulidora								2	
9	Pintura	Soplete								1	
10	Almacenar	Taller								0.30	
TOTAL										27.3	

4.2 ACABADOS DE LA ESTRUCTURA DEL COMPROBADOR DE INYECTORES.

a. PINTADO DE LA ESTRUCTURA.

Utilizamos pintura sintética automotriz de color crema, para tener un rápido secado. Visualizar en la figura 4.3.

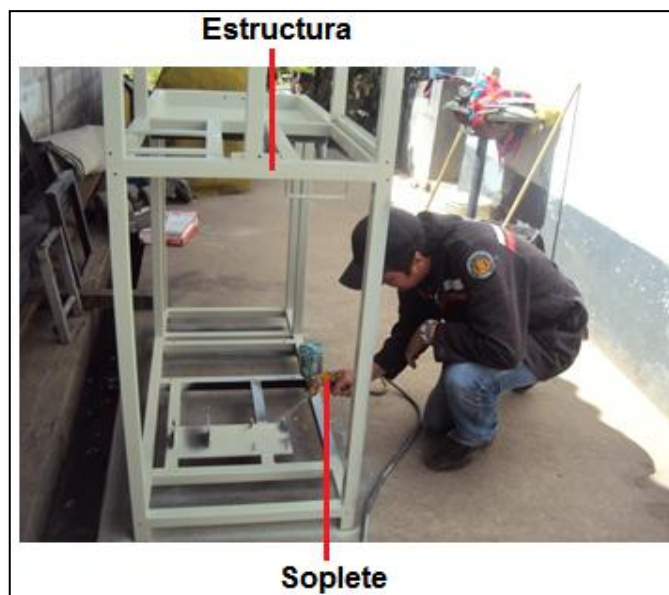


Figura 4. 3: Pintado de la estructura.
Fuente: Grupo de investigación.

b. PULIDO.

Todas las planchas cortadas para tapar la estructura pulimos especialmente los lugares soldados y en las esquinas, para que no existan irregularidades, evitando lastimar la piel.

Visualizar en la figura 4.4.



Figura 4. 4: Pulida de la estructura.
Fuente: Grupo de investigación.

c. LIJADO.

Lijamos todas las planchas para limpiar las suciedades y corrosión, y así poder pintar de mejor manera. Visualizar en la figura 4.5.



Figura 4. 5: Lijado de las planchas de TOOL.
Fuente: Grupo de investigación.

d. DOBLADO.

Los doblados lo realizamos en la dobladora mecánica, todas las planchas respectivamente de acuerdo a donde serán ubicadas en la estructura. Visualizar en la figura 4.6.



Figura 4. 6: Doblado de las planchas de TOOL.
Fuente: Grupo de investigación.

4.2.1 MONTAJE DE LA CUBIERTA Y ADITAMENTOS.

a. PERFORACIONES.

Las realizamos en cada esquina de la estructura, la cual será empernada cada plancha. Visualizar en la figura 4.7.



Figura 4. 7: Perforaciones en la estructura.
Fuente: Grupo de investigación.

b. EMPERNAMIENTO.

Cada plancha cortada a su medida fue empernada en cada espacio designado. Visualizar en la figura 4.8.



Figura 4. 8: Empernamiento en la estructura.
Fuente: Grupo de investigación.

4.2.2 DIAGRAMA DE PROCESO PARA EL MONTAJE DE LA CUBIERTA, ADITAMENTOS Y ACABADOS.

"DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN COMPROBADOR DE INYECTORES DE GRUPOS ELECTRÓGENOS DE MOTOR SERIE 3500 CATERPILLAR"								
<input checked="" type="radio"/> MÉTODO ACTUAL		<input type="radio"/> MÉTODO PROPUESTO		FECHA: 08-05-1013				
DESCRIPCIÓN DE LA PARTE: ACABADOS, MONTAJE Y ADITAMENTOS								
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN: MONTAJE								
		Actual		Propuesto		Diferencia		Análisis
		Tiempo	#	Tiempo	#	Tiempo	#	
<input checked="" type="radio"/>	Operaciones	10	5					ESTUDIADO POR: ÁLVARO GUZMÁN
<input type="checkbox"/>	Transporte	2	2					
<input type="checkbox"/>	Inspecciones	10	5					
<input type="checkbox"/>	Retrasos	1	1					
<input type="checkbox"/>	Almacenamiento	0.50	1					
	Distribución Recorrida							

Paso	Detalles del Proceso	Método	Operación	Transporte	Inspección	Retraso	Almacenamiento	Dist. En Km	Cantidad	Tiempo Hora/Uní	Cálculo
1	Adquisición De Materiales	Automóvil	●	→	■	D	▽			3	
2	Pintado	Soplete	●	⇄	■	D	▽			2	
3	Steakers	Pegado	●	⇄	■	D	▽			1	
4	Lámpara	Diseño	●	⇄	■	D	▽			0.50	
7	Pulida	Pulidora	●	⇄	■	D	▽			1	
8	Perforaciones	Taladro	●	⇄	■	D	▽			2	
10	Almacenar	Taller	○	⇄	□	D	▽			0.30	
	TOTAL									9.8	

4.3 CONSTRUCCIÓN DEL DEPÓSITO DE COMBUSTIBLE.

La forma del tanque es rectangular con las siguientes dimensiones: base 0.40 cm, altura 0.40 cm y profundidad 30 cm, fabricado en acero ASTM A36. La característica del tanque es que debe ser el volumen dos o tres veces mayor que el caudal de la bomba; en este caso el tanque es de 48 litros, es dos veces mayor que el caudal de la bomba de 21 litros/min. Fue construido con planchas de tol de 2 mm de espesor y soldamos con la soldadura MIG. Visualizar en la figura 4.9.



Figura 4. 9: Construcción del depósito de combustible.
Fuente: Grupo de investigación.

Además el depósito tiene los siguientes componentes:

a. INDICADOR DE NIVEL Y TEMPERATURA.

Se ubica tres centímetros bajo la parte superior, además se ubicaron acoples de extensión para una mejor visión del nivel del fluido y temperatura. Visualizar en la figura 4.10.

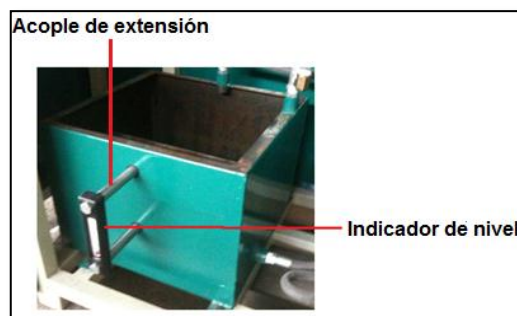


Figura 4. 10: Indicador de nivel y temperatura.
Fuente: Grupo de investigación.

b. TAPÓN DE VACIADO.

Ubicado a 2 centímetros de la parte inferior izquierda, mientras más bajo mejor ya que saldrá todo el fluido sucio. Visualizar en la figura 4.11.

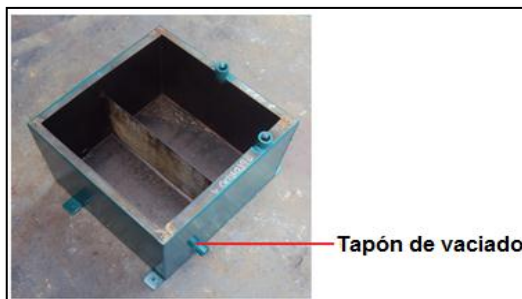


Figura 4. 11: Tapón de vaciado del depósito de combustible.
Fuente: Grupo de investigación.

c. TAPA DE DEPÓSITO.

Ubicada en la parte superior, debe ser sellada completamente y muy segura para evitar fugas del fluido. Visualizar en la figura 4.12.

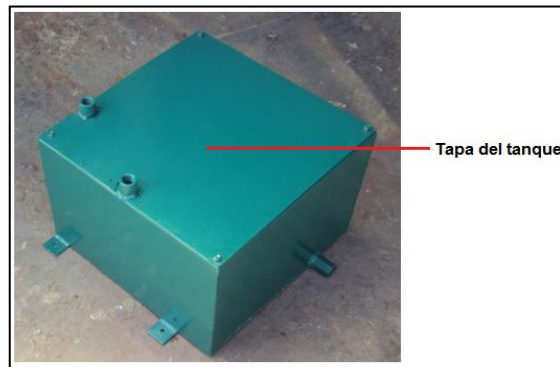


Figura 4. 12: Tapa del depósito de combustible.
Fuente: Grupo de investigación.

d. LÍNEAS DE RETORNO.

Localizadas en la parte superior derecha, porque el momento de la caída de retorno del fluido provoca saturación y el baffle hace que el fluido pase al lado izquierdo sin saturación para que la bomba succione sin vacío. Visualizar en la figura 4.13.

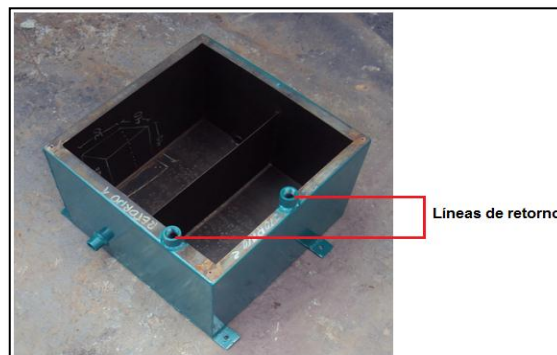


Figura 4. 13: Líneas de retorno del tanque de combustible.
Fuente: Grupo de investigación.

e. LÍNEA DE SUCCIÓN.

Localizado a 2 centímetros de la parte inferior izquierda del bafle, el fluido en este lado no se encuentra saturado para que la bomba succione sin vacío. Visualizar en la figura 4.14.

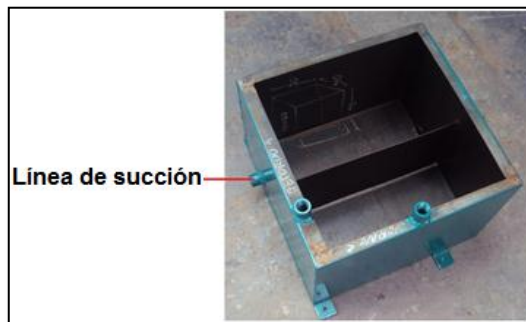


Figura 4. 14: Línea de succión del depósito de combustible.
Fuente: Grupo de investigación.

f. BAFLE O SEPARADOR INTERNO.

Localizado en la mitad del tanque a 2/3 del nivel de aceite, mantiene el lado del retorno saturado y el lado de succión si saturación. Visualizar en la figura 4.15.

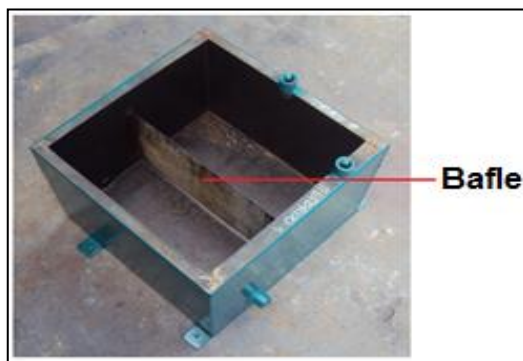


Figura 4. 15: Bafle o separador interno del depósito de combustible.
Fuente: Grupo de investigación.

4.4 CONSTRUCCIÓN DEL PORTAPROBETAS.

4.4.1 CAJA PORTAPROBETAS.

Su estructura fue diseñada para tres probetas, tiene un ángulo de inclinación de 60 grados para que pueda recogerse adecuadamente el fluido y retorne al tanque. Visualizar en la figura 4.16.

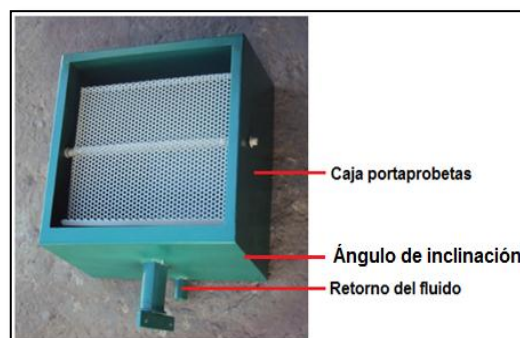


Figura 4. 16: Caja portaprobetas del comprobador.
Fuente: Grupo de investigación.

a. MALLA DE SOPORTE Y BASE DE SUJECIÓN.

La malla fue diseñada para que sea la base de las probetas, no es pesada y tiene facilidad de movimiento. La base de sujeción brinda estabilidad y seguridad a la caja de probetas. Visualizar en la figura 4.17.

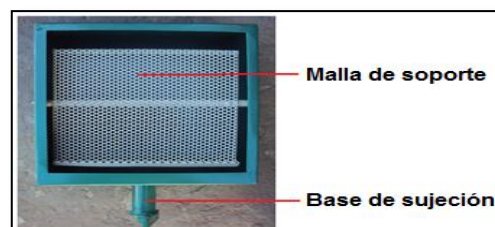


Figura 4. 17: Malla de soporte y base de sujeción del comprobador.
Fuente: Grupo de investigación.

b. PALANCA DE MANIPULACIÓN Y LÁMPARA LINEAL.

La palanca de manipulación hace posible el movimiento vertical para el vaciado del fluido de las probetas. La lámpara nos proporcionara mejor visibilidad para medir las medidas en las probetas. Visualizar en la figura 4.18.

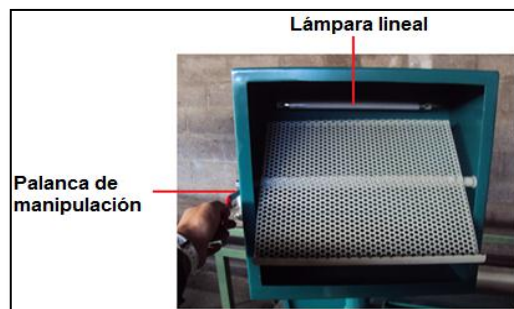


Figura 4. 18: Palanca de manipulación y lámpara lineal.
Fuente: Grupo de investigación.

4.4.2 DIAGRAMA DE PROCESO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL DEPÓSITO DE COMBUSTIBLE Y EL PORTAPROBETAS.

"DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN COMPROBADOR DE INYECTORES DE GRUPOS ELECTRÓGENOS DE MOTOR SERIE 3500 CATERPILLAR"								
<input type="radio"/> MÉTODO ACTUAL		<input type="radio"/> MÉTODO PROPUESTO		FECHA: 08-05-1013				
DESCRIPCIÓN DE LA PARTE: DEPÓSITO DEL FLUIDO								
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN: CONSTRUCCIÓN								
		Actual		Propuesto		Diferencia		Análisis
		Tiempo	#	Tiempo	#	Tiempo	#	
<input type="radio"/>	Operaciones	8	8					ESTUDIADO POR: ÁLVARO GUZMÁN
<input type="checkbox"/>	Transporte	1	1					
<input type="checkbox"/>	Inspecciones	5	4					
<input type="checkbox"/>	Retrasos	2	1					
<input type="checkbox"/>	Almacenamiento	0.20	1					
<input type="checkbox"/>	Distribución Recorrida							

Paso	Detalles Del Proceso	Método	Operación	Transporte	Inspección	Retraso	Almacenami	Dist. En Km	Cantidad	Tiempo Hora/Uní	Tiempo-Costo
1	Adquisición De Materiales	Automóvil	●	➔	■	●	▽			3	
2	Corte	Cizalla	●	➔➔	■	●	▽			1	
3	Suelda	Mig	●	➔➔	■	●	▽			1	
4	Mecanismo Para El Depósito	Mecánico	●	➔	■	●	▽			2	
5	Elemento de Ajuste	Pernos	●	➔	■	●	▽			0.30	
6	Perforar	Taladro	●	➔➔	■	●	▽			0.30	
7	Macillar	Macilla	●	➔➔	■	●	▽			0.30	
8	Pulir	Pulidor	●	➔➔	■	●	▽			0.50	
9	Pintura	Soplete	●	➔➔	■	●	▽			0.40	
10	Almacenar	Taller	●	➔➔	□	●	▽			0.20	
	TOTAL									8	

4.5 MONTAJE DEL CAMBOX.

Lo tenemos completamente desarmado, a continuación vamos a proceder a armarlo con todos sus componentes en orden correcta. Visualizar en la figura 4.19.

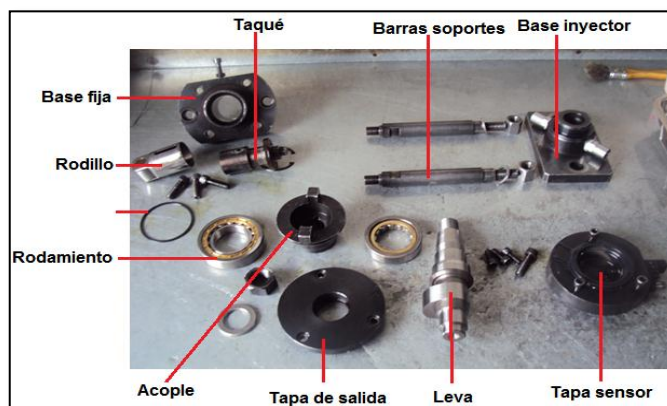


Figura 4. 19: Despiece del Cambox.
Fuente: Grupo de investigación.

4.5.1 CAJA - CAMBOX.

Lo limpiamos con un trapo limpio para empezar a colocar los componentes. La caja consta de tres orificios grandes, los laterales para ingresar a la leva y el superior para el mecanismo balancín (empuje). Visualizar en la figura 4.20.

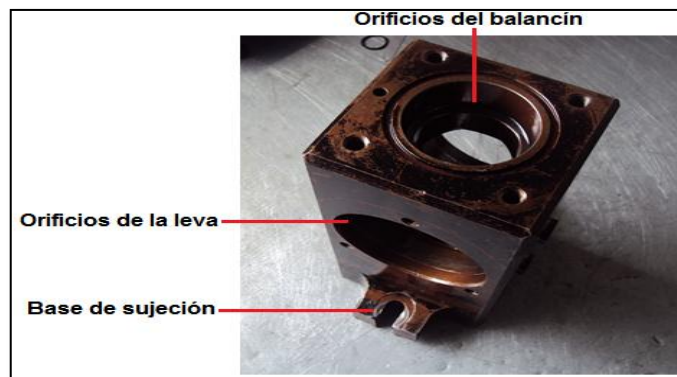


Figura 4. 20: Caja o cambox.
Fuente: Grupo de investigación.

a. LEVA.

Seleccionamos la leva para el inyector Caterpillar serie 3500 E.U.I. y M.U.I., la leva es la misma para los dos inyectores. Visualizar en la figura 4.21.



Figura 4. 21: Eje de leva.
Fuente: Grupo de investigación.

b. RODAMIENTOS.

Seleccionamos los rodamientos, el uno tiene mayor diámetro y va en la parte derecha de la leva (lado de la rosca), el otro rodamiento más pequeño va al lado izquierdo, cada rodamiento incluye su pista. Visualizar en la figura 4.22.



Figura 4. 22: Conjunto de rodamientos.
Fuente: Grupo de investigación.

c. MONTAJE DE LOS RODAMIENTOS.

Montamos los rodamientos en el eje de levas para posteriormente ponerle en la caja o cambox. Visualizar en la figura 4.23.

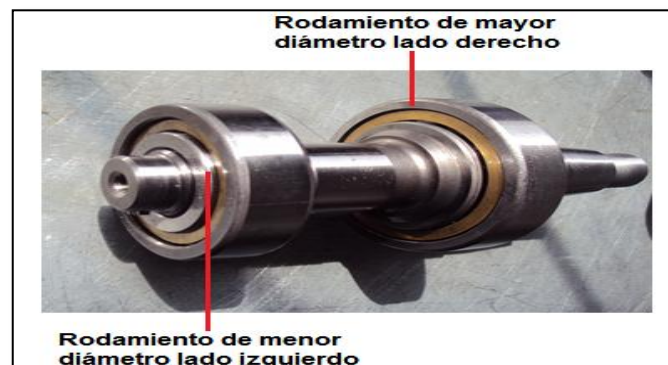


Figura 4. 23: Montaje de los rodamientos.
Fuente: Grupo de investigación.

d. MONTAJE DE LA LEVA EN EL CAMBOX.

En el lado derecho del eje de la leva (lado de la rosca), colocamos la tapa que ayudara a la sujeción para que la leva no tenga juego horizontal, y lo montamos a la caja o cambox. Visualizar en la figura 4.24.

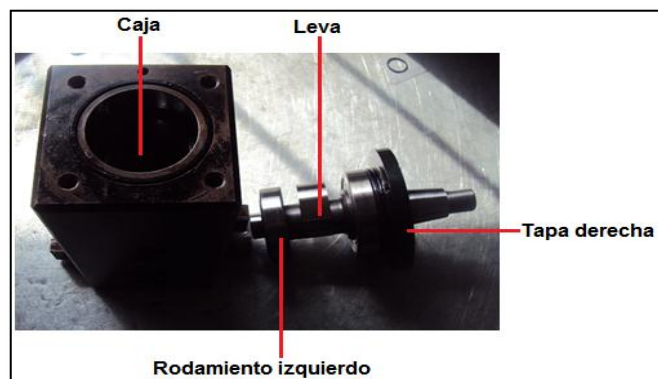


Figura 4. 24: Montaje de la leva en el Cambox.
Fuente: Grupo de investigación.

e. MONTAJE DE LA TAPA DEL EJE DE LEVA.

Montamos la tapa y el eje de levas en la caja y la sujetamos con tres pernos distribuidos en la tapa, como vemos en la figura 4.25.

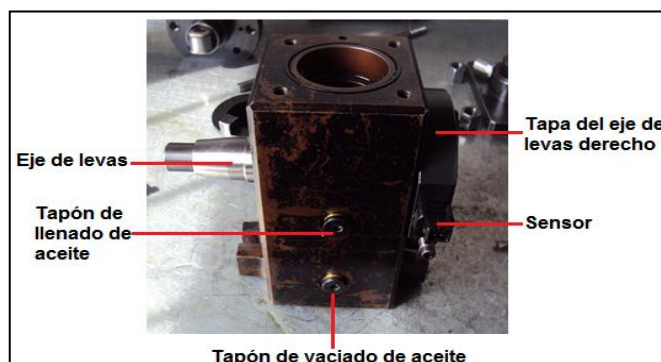


Figura 4. 25: Montaje de la tapa del eje de levas.
Fuente: Grupo de investigación.

f. MONTAJE DE LA TAPA DE LA LEVA POSTERIOR.

Montamos la otra tapa al lado izquierdo con sus respectivos pernos de sujeción, y probamos que el movimiento del eje de la leva sea suave, que no exista mucha fricción. Visualizar en la figura 4.26.

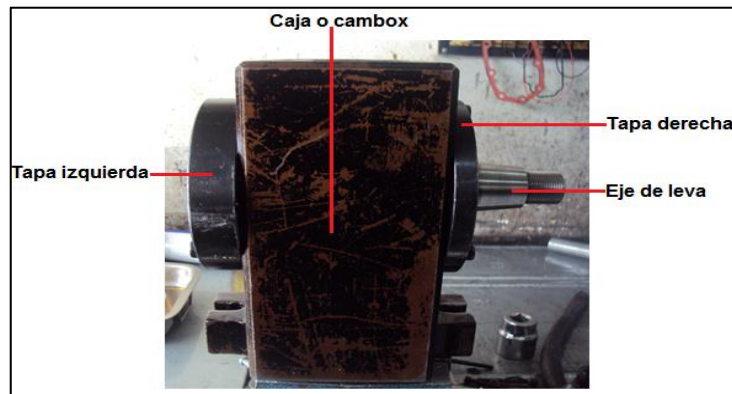


Figura 4. 26: Montaje de todas las tapas del eje de leva.
Fuente: Grupo de investigación.

g. MONTAJE DEL MECANISMO DE EMPUJE.

Montamos el mecanismo de empuje o balancín que estará en contacto entre la leva y el resorte del inyector. Visualizar en la figura 4.27.

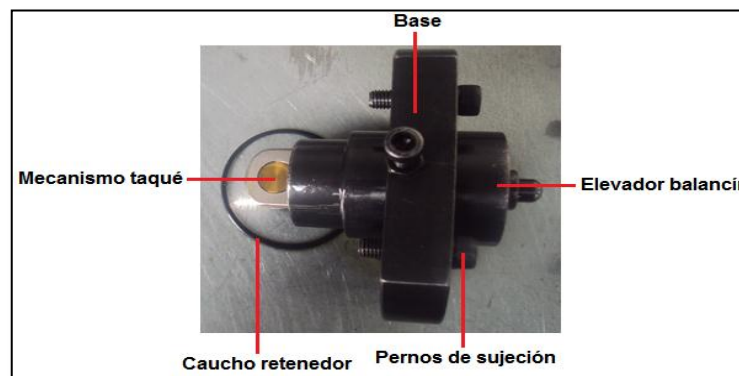


Figura 4. 27: Mecanismo de empuje.
Fuente: Grupo de investigación.

h. MONTAJE DEL MECANISMO DE EMPUJE AL CAMBOX.

Montamos el mecanismo de empuje o balancín en la caja o cambox en la parte superior como podemos visualizar en la figura 4.28.

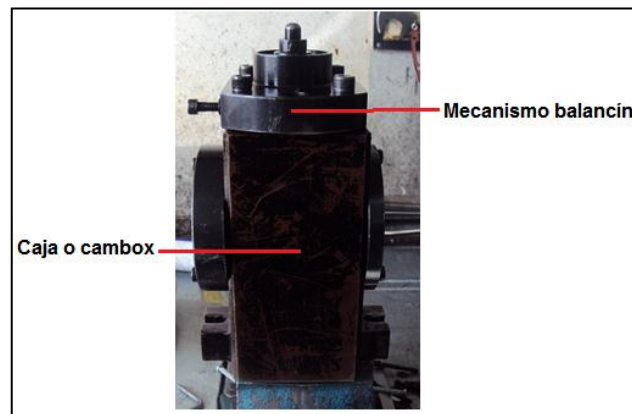


Figura 4. 28: Montaje del mecanismo de empuje.
Fuente: Grupo de investigación.

i. MONTAJE DE LOS EJES DE SUJECIÓN.

Montamos los pilares o ejes de sujeción, la base, acople y pernos del inyector Caterpillar serie 3500 E.U.I. y M.U.I. Visualizar en la figura 4.29.

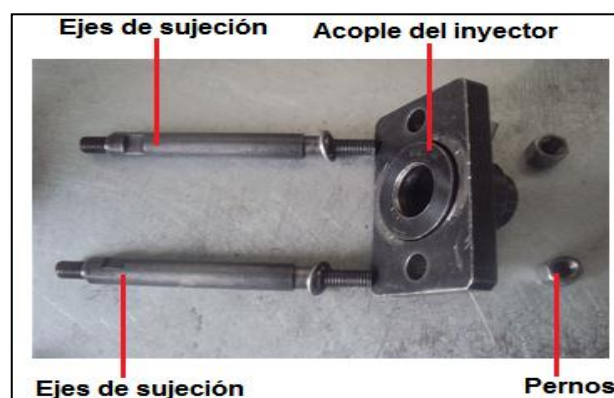


Figura 4. 29: Ejes de sujeción o pilares.
Fuente: Grupo de investigación.

j. MONTAJE DE LOS EJES DE SUJECIÓN AL CAMBOX.

Montamos los ejes de sujeción enroscándolo totalmente en la base del mecanismo de empuje, en la parte inferior tiene un destaje para sujetar con la llave 19mm. Visualizar en la figura 4.30.

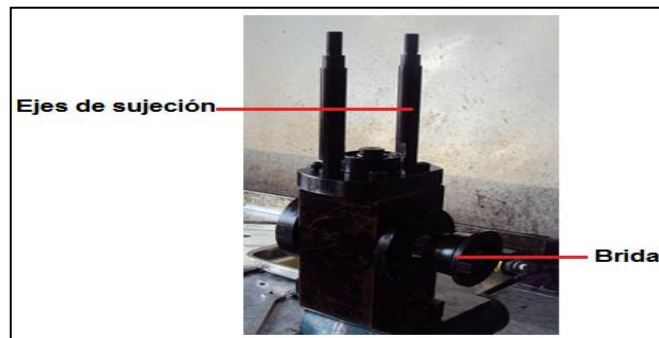


Figura 4. 30: Montaje de los pilares de sujeción.
Fuente: Grupo de investigación.

k. MONTAJE DE LA BASE Y EL ACOPLE.

Montamos la base y el acople del inyector en el cambox. Visualizar en la figura 4.31.

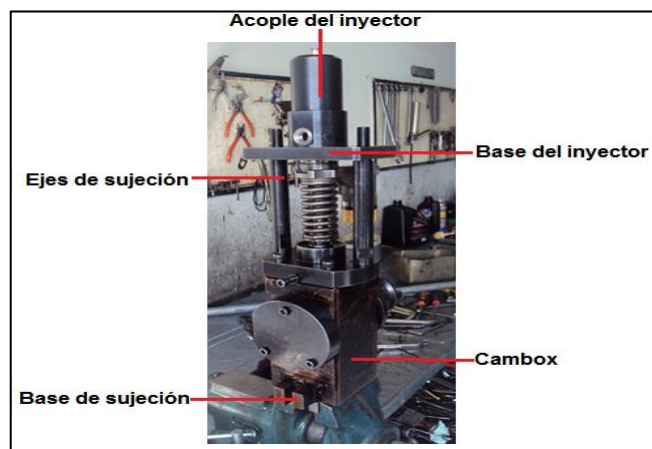


Figura 4. 31: Montaje de la base y acople.
Fuente: Grupo de investigación.

I. MONTAJE DEL CAMBOX EN EL COMPROBADOR.

Montamos el cambox armado en el banco de pruebas con sus dos pernos de sujeción entre el cambox-yunque y acoplado entre las dos bridas o matrimonio entre cambox-motor eléctrico. Visualizar en la figura 4.32.

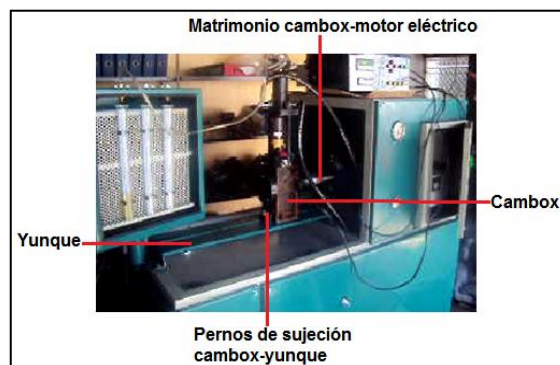


Figura 4. 32: Montaje del cambox en el comprobador.
Fuente: Grupo de investigación.

4.6 MONTAJE DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN.

4.6.1 MONTAJE DE MANGUERAS DE ASPIRACIÓN Y RETORNO DE COMBUSTIBLE.

Aspiran el combustible del tanque primeramente pasando por el filtro de aspiración que se encuentra dentro del tanque hasta llegar a la bomba de transferencia. Y retornan pasando por el filtro al tanque nuevamente.

a. MONTAJE DE LA MANGUERA DE ALIMENTACIÓN BOMBA-VÁLVULA.

Una vez que se encuentra aspirado el fluido por la bomba de transferencia ya nos da la presión, y el fluido es transportado hasta la válvula de alivio para regular a 60 psi. Visualizar en la figura 4.33.

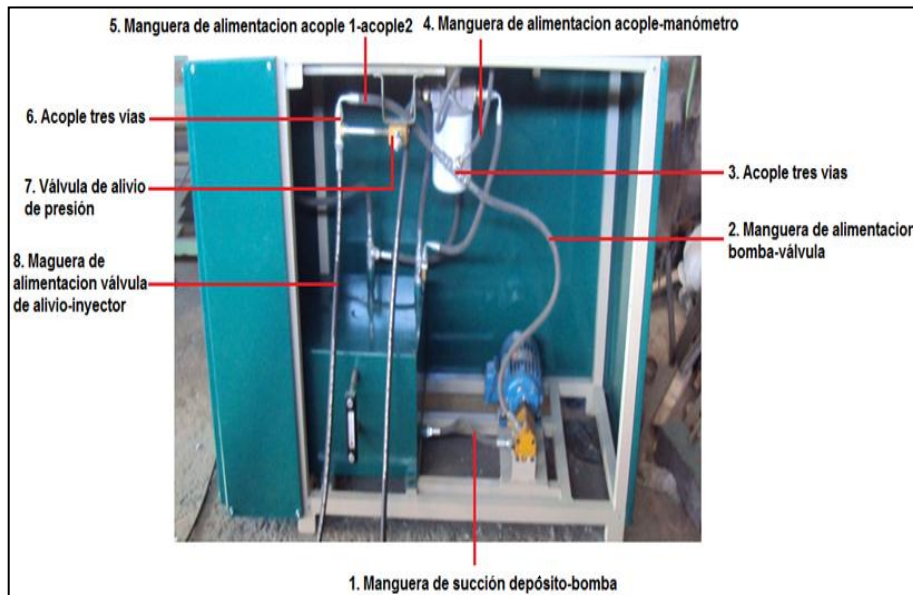


Figura 4. 33: Montaje del sistema de alimentación.
Fuente: Grupo de investigación.

b. MONTAJE DEL ACOPLE TRES VÍAS 1.

Conocido comercialmente como T, distribuye en tres partes, la primera es la entrada del fluido desde la bomba, la segunda es la salida hacia el manómetro, y la tercera es la salida hacia la válvula de alivio.

c. MONTAJE DE LA MANGUERA DE ALIMENTACIÓN ACOPLE-MANÓMETRO.

Sale de la parte superior del acople y se conecta en el manómetro, el cual medirá la presión en la cual se encuentra trabajando el sistema.

d. MONTAJE DE LA MANGUERA DE ALIMENTACIÓN ACOPLE 1 Y ACOPLE 2.

Sale del lado izquierdo del acople 1 hacia la parte izquierda del acople 2, trasportando el fluido hasta la válvula de alivio y salida al inyector.

e. MONTAJE DEL ACOPLE TRES VÍAS 2.

Al lado izquierdo recibe el combustible desde la bomba de transferencia, en la parte media superior trasmite el fluido hacia la válvula de alivio, y en la parte derecha sale el fluido alimentando al inyector.

f. MONTAJE DE LA VÁLVULA DE ALIVIO DE PRESIÓN.

Tiene el trabajo de regular la presión del fluido normalmente de 60 a 70 psi, solo ajusta lo necesario y el fluido que sobra lo envía al retorno y cae al tanque.

g. MONTAJE DE LA MANGUERA DE ALIMENTACIÓN VÁLVULA DE ALIVIO - INYECTOR.

Una vez que la válvula de alivio regula el combustible sale hacia el inyector, listo para su post análisis.

h. MONTAJE DE LA MANGUERA DE RETORNO DE COMBUSTIBLE VÁLVULA DE ALIVIO - DEPÓSITO.

La válvula regula el combustible a presión que requiera el operador y lo que no necesita lo envía al retorno y cae al tanque. Visualizar en la figura 4.34.

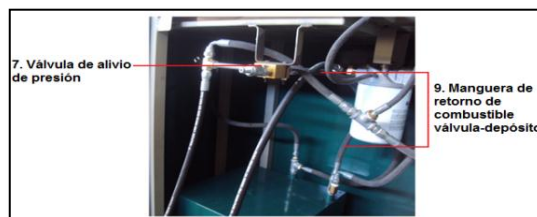


Figura 4. 34: Montaje válvula de alivio y filtro de retorno.
Fuente: Grupo de investigación.

i. MONTAJE DEL FILTRO DE RETORNO DE COMBUSTIBLE.

El filtro es de 25um y retiene las suciedades del sistema de retorno para que caiga al tanque en su totalidad limpio.

j. MONTAJE DE LA MANGUERA DE RETORNO DE COMBUSTIBLE FILTRO - TANQUE.

Transporta el fluido filtrado desde el filtro hasta el tanque.

k. MONTAJE DE LA MANGUERA DE RETORNO DE COMBUSTIBLE BANDEJA - TANQUE.

En la bandeja cae a la bandeja el fluido el momento de conectar o desconectar del cambox-inyector, entonces la bandeja recoge y hace caer nuevamente al tanque para que no se desperdicie el fluido.

l. MONTAJE DE LA MANGUERA DE RETORNO DE COMBUSTIBLE INYECTOR - FILTRO.

El retorno del fluido del inyector va hasta el filtro, ya que necesita ser limpiado antes de que caiga al tanque.

m. MONTAJE DE LA MANGUERA DE RETORNO DE COMBUSTIBLE PORTAPROBETAS - TANQUE.

El portaprobetas recoge el fluido analizado y medido en las probetas, luego retorna al tanque nuevamente para su aspiración. Visualizar en la figura 4.35.

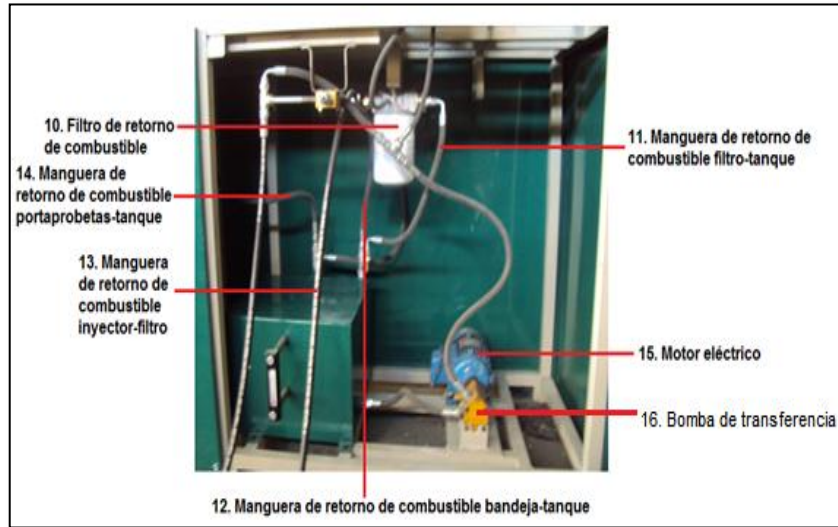


Figura 4. 35: Montaje del filtro de retorno, bomba de transferencia y motor eléctrico.

Fuente: Grupo de investigación.

n. MONTAJE DE LA BOMBA DE TRANSFERENCIA.

Esta acoplada junto al motor eléctrico y de acuerdo a las revoluciones que necesitemos del motor la bomba nos dará el caudal conveniente.

4.6.2 DIAGRAMA DE PROCESO PARA EL MONTAJE DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN Y CAMBOX.

"DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN COMPROBADOR DE INYECTORES DE GRUPOS ELECTRÓGENOS DE MOTOR SERIE 3500 CATERPILLAR"								
<input type="radio"/> MÉTODO ACTUAL				<input type="radio"/> MÉTODO PROPUESTO		FECHA: 08-05-1013		
DESCRIPCIÓN DE LA PARTE: CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN								
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN: CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE								
		Actual		Propuesto		Diferencia		Análisis
		Tiempo	#	Tiempo	#	Tiempo	#	
<input type="radio"/>	Operaciones	10	5					ESTUDIADO
<input type="checkbox"/>	Transporte	6	2					
<input type="checkbox"/>	Inspecciones	7	3					

D	Retrasos	1	1					POR: ÁLVARO GUZMÁN						
↩	Almacenamiento	0.50	1											
	Distribución Recorrida													
Paso	Detalles del Proceso	Método	Operación	Transporte	Inspección	Retraso	Almacenam	Dist. En Km	Cantidad	Tiempo Hora/Uní	Tiempo-Costo			
1	Adquisición de Materiales	Automóvil	●	→	■	●	▽			8				
2	Ensamble de Mangueras	Torno	●	⇨	■	D	▽			2				
3	Suelda	Mig	●	⇨	■	D	▽			1				
4	Ensamble Motor-Bomba	Ajuste	●	⇨	■	●	▽			2				
5	Ensamble de Filtros	Ajuste	●	⇨	■	D	▽			0.40				
6	Perforar	Taladro	●	⇨	■	D	▽			0.30				
7	Ensamble Válvula De Alivio	Ajuste	●	⇨	■	D	▽			0.25				
8	Ensamble Manómetros	Ajuste	●	⇨	■	D	▽			0.25				
9	Ensamble del Depósito	Ajuste	●	⇨	■	D	▽			0.20				
10	Almacenar	Taller	○	⇨	□	D	▽			0.20				
	TOTAL									14.6				

4.7 MONTAJE DEL SISTEMA ELÉCTRICO.

4.7.1 MONTAJE DEL MOTOR ELÉCTRICO SECUNDARIO.

Es el encargado de dar las revoluciones necesarias para el cambox, por medio de una brida. Las revoluciones de trabajo serán de 150, 300, 450.

4.7.2 MONTAJE DEL MOTOR ELÉCTRICO PRINCIPAL.

Este motor se encuentra conectado con la bomba de transferencia, este dará las revoluciones necesarias para obtener la presión adecuada de trabajo en el sistema por medio de la bomba de transferencia. Visualizar en la figura 4.36.

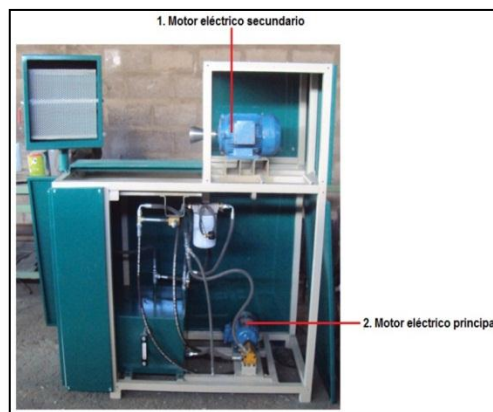


Figura 4. 36: Montaje motor eléctrico primario y secundario.
Fuente: Grupo de investigación.

a. MONTAJE DEL TABLERO ELÉCTRICO.

En el tablero encontramos los dos variadores de frecuencia que controlaran las revoluciones de los dos motores, es una caja segura que proviene el ingreso de suciedad. Visualizar en la figura 4.37.

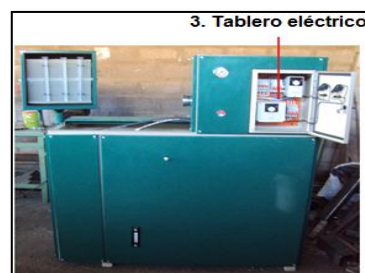


Figura 4. 37: Montaje del tablero eléctrico.
Fuente: Grupo de investigación.

b. MONTAJE DE LOS VARIADORES DE FRECUENCIA.

Montaje de los dos variadores de frecuencia y los tres Breker en el tablero. Visualizar en la figura 4.38.

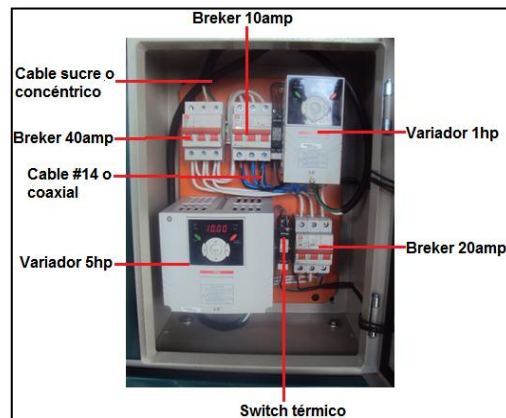


Figura 4. 38: Montaje de los variadores de frecuencia.
Fuente: Grupo de investigación.

4.7.3 DIAGRAMA DE PROCESO PARA EL MONTAJE DEL SISTEMA ELÉCTRICO.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN COMPROBADOR DE INYECTORES DE GRUPOS ELECTRÓGENOS DE MOTOR SERIE 3500 CATERPILLAR"								
<input type="radio"/> MÉTODO ACTUAL		<input type="radio"/> MÉTODO PROPUESTO		FECHA: 08-05-1013				
DESCRIPCIÓN DE LA PARTE: MONTAJE SISTEMA ELÉCTRICO								
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN: MONTAJE								
		Actual		Propuesto		Diferencia		Análisis
		Tiempo	#	Tiempo	#	Tiempo	#	
<input type="radio"/>	Operaciones	10	5					ESTUDIADO POR: ÁLVARO GUZMÁN
<input type="checkbox"/>	Transporte	8	7					
<input type="checkbox"/>	Inspecciones	5	5					
<input type="checkbox"/>	Retrasos	2	2					
<input type="checkbox"/>	Almacenamiento	0.50	1					
<input type="checkbox"/>	Distribución							

Recorrida											
Paso	Detalles del Proceso	Método	Operación	Transporte	Inspección	Retraso	Almacenam	Dist. En Km	Cantidad	Tiempo Hora/Uní	Tiempo Costo
1	Adquisición de Materiales	Automóvil	●	→	■	◐	▽			12	
2	Diseño de Tablero	Diseño	●	⇨	■	◐	▽			24	
3	Conexión y Montaje Motor 1 Hp	Diseño y ajuste	●	⇨	■	D	▽			0.40	
4	Conexión y Montaje Motor 5 Hp	Diseño y ajuste	●	⇨	■	◐	▽			0.40	
5	Conexión y Montaje Variador de Frecuencia 1 Hp	Diseño y ajuste	●	⇨	■	◐	▽			1	
7	Conexión Y Montaje del Variador	Diseño y ajuste	●	⇨	■	◐	▽			1	
8	Cableado	Diseño	●	⇨	■	D	▽			5	
9	Prueba	Encendido	●	⇨	■	◐	▽			0.20	
1	Almacenar	Taller	○	⇨	□	D	▽			0.20	
TOTAL										44.2	

4.8 MONTAJE DEL SISTEMA ELECTRÓNICO.

El montaje del sistema electrónico lo realizamos en una caja de acrílico, el motivo fue aislar rotundamente todas las placas de la parte metálica para evitar cortocircuitos. Visualizar en la figura 4.39.



Figura 4. 39: Caja del sistema electrónico.
Fuente: Grupo de investigación.

4.8.1 PLACAS DE POTENCIA.

En figura 4.40, podemos observar dos placas y un display, las dos placas son básicamente la parte de potencia del módulo E.U.I. Caterpillar, la cual regulara el voltaje necesario (normalmente 80-115 v), para que trabajen los inyectores. Visualizar en la figura 4.40.

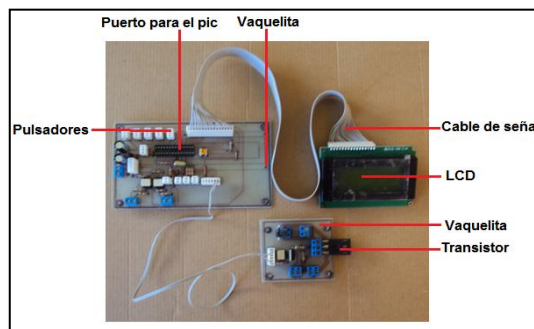


Figura 4. 40: Placas de la fuente de poder.
Fuente: Grupo de investigación.

4.8.2 PLACAS DE CONTROL.

En esta figura tenemos la placa de control y un display, esta placa nos ayudara a manejar el ancho de pulso y número de inyecciones que necesitemos para las pruebas a realizar. Visualizar en la figura 4.41.

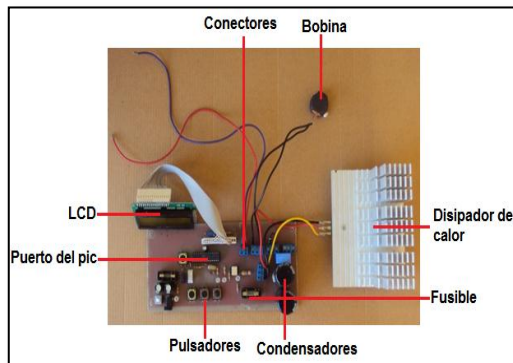


Figura 4. 41: Placa de la fuente de control.
Fuente: Grupo de investigación.

a. MONTAJE DE PULSADORES, LED'S Y LCD.

En una caja de acrílico de 40 x 30 cm, montaremos todo el sistema electrónico, usamos el acrílico porque es una aislante de corrientes. Visualizar en la figura 4.42.

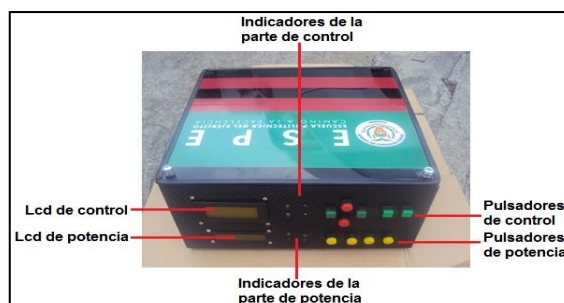


Figura 4. 42: Montaje de pulsadores, led's y lcds.
Fuente: Grupo de investigación.

b. MONTAJE DE CONECTORES.

Lado lateral derecho de la caja de acrílico, tenemos cuatro entradas de cables, la primera es del sensor de posición del eje de levas, el segundo es la entrada de 110v de la fuente de energía, el tercero es la salida de voltaje para la activación de la bobina del inyector E.U.I., el cuarto es la

salida para el servomotor que está ubicado en el portaprobetas. Visualizar en la figura 4.43.



Figura 4. 43: Montaje de conectores.
Fuente: Grupo de investigación.

c. MONTAJE DEL DISIPADOR DE CALOR.

Lado posterior de la caja de acrílico utilizamos un disipador de calor donde se ubicaran dos mosfet's de temperatura, uno de la parte de control y otro de la parte de potencia. Visualizar en la figura 4.44.

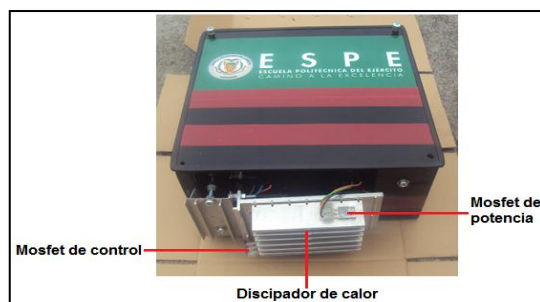


Figura 4. 44: Montaje del disipador de calor y mosfet's.
Fuente: Grupo de investigación.

d. MONTAJE DE LOS SWITCHS.

Lado lateral izquierdo, aquí encontramos tres switchs designados para activar las fuentes de poder, el primero activa a los dos siguientes, el

segundo energiza la fuente de potencia, el tercero energiza la fuente de control. Visualizar en la figura 4.45.

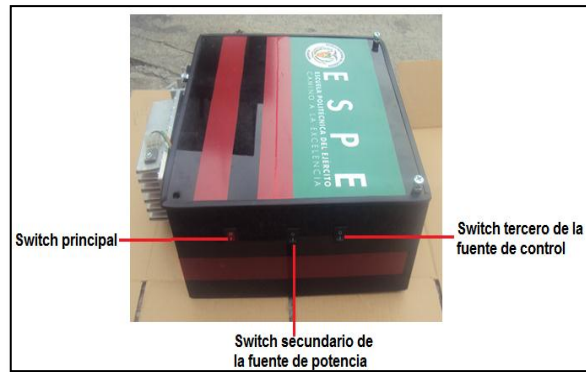


Figura 4. 45: Montaje de los switches.
Fuente: Grupo de investigación.

e. MONTAJE DE LAS FUENTES DE PODER Y PLACAS.

Vista superior de la parte interna de la caja de acrílico, donde observamos, dos fuentes de poder, una placa de control, una placa de potencia, una bobina, cables, pulsadores, ventiladores, los cuales vamos a detallar en la figura. Visualizar en la figura 4.46.

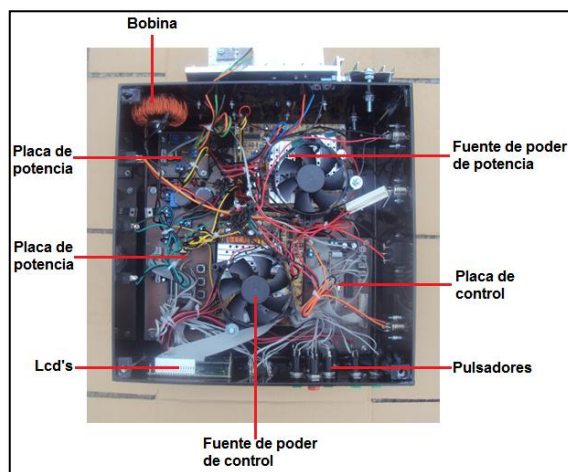


Figura 4. 46: Montaje de las fuentes de poder y placas.
Fuente: Grupo de investigación.

4.8.3 DIAGRAMA DE PROCESO PARA EL SISTEMA ELECTRÓNICO.

"DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN COMPROBADOR DE INYECTORES DE GRUPOS ELECTRÓGENOS DE MOTOR SERIE 3500 CATERPILLAR"											
○ MÉTODO ACTUAL ○ MÉTODO PROPUESTO							FECHA: 08-05-1013				
DESCRIPCIÓN DE LA PARTE: MONTAJE SISTEMA ELECTRÓNICO											
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN: MONTAJE											
		Actual		Propuesto		Diferencia		Análisis			
		Tiempo	#	Tiempo	#	Tiempo	#				
○	Operaciones	50	4					ESTUDIADO POR: ÁLVARO GUZMÁN			
⇨	Transporte	15	9								
□	Inspecciones	50	8								
D	Retrasos	6	2								
⇨	Almacenamiento	0.50	1								
	Distribución Recorrida										
Paso	Detalles del Proceso	Método	Operación	Transporte	Inspección	Retraso	Almacenam	Dist. En Km	Cantidad	Tiempo Hora/Uní	Tiempo Costo
1	Adquisición de Componentes	Automóvil	●	⇨	■	●	▽			24	
2	Fuentes de Poder	Diseño	●	⇨	■	●	▽			2	
3	Circuito de Control Mosfet	Diseño	●	⇨	■	D	▽			4	
4	Tarjeta Principal	Diseño	●	⇨	■	●	▽			5	
5	Control Electrónico	Montaje y ajuste	●	⇨	■	●	▽			4	
7	Componentes de Protección	Diseño	●	⇨	■	●	▽			3	
8	Cableado	Diseño	●	⇨	■	D	▽			2	
9	Prueba	Encendido	●	⇨	■	●	▽			1	
1	Almacenar	Taller	○	⇨	□	D	▽			0.30	
TOTAL										45.3	

4.9 DATOS INICIALES DEL CAUDAL MEDIDO A LOS INYECTORES NUEVOS E.U.I. y M.U.I., CATERPILLAR SERIE 3500.

Realizadas las pruebas a los inyectores nuevos, con los resultados del caudal medido tomaremos de referencia para comparar a los inyectores usados y verificar su estado.

Tabla 4. 1. Parámetros iniciales del inyector M.U.I. Caterpillar serie 3500.

RS ROTH EQUIPOS PETROLEROS						
COMPROBACIÓN DE INYECTORES EN EL BANCO						
TIPO DE INYECTOR: Mecánico M.U.I.				SERIE: 3516		
Nota	Inyector Nuevo					
Inspección Visual	Fracturado	Rosca Dañada	Atomización	Deformado	Erosionado	Caucho
	No	No	No	No	No	Buenos
	Pruebas	RPM	Número de Inyección	Presión (psi)	Avance Cremallera (mm)	Caudal (ml)
Prueba 1	Arranque	150	100	60	2.5	30
	Ralentí	300	100	60	2.5	53
	Media	450	100	60	2.5	50

Fuente: Grupo de investigación.

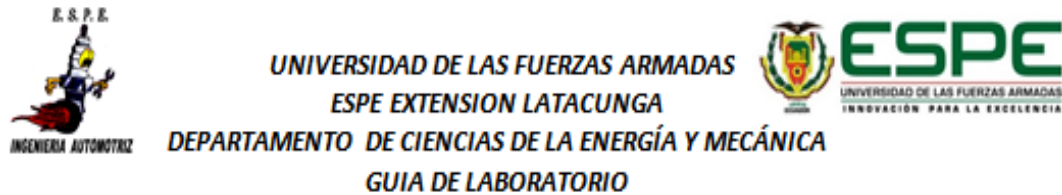
Tabla 4. 2. Parámetros iniciales del inyector E.U.I. Caterpillar serie 3500.

RS ROTH EQUIPOS PETROLEROS						
COMPROBACIÓN DE INYECTORES EN EL BANCO						
TIPO DE INYECTOR: Electrónico E.U.I.				SERIE: 3516		
Nota	Inyector Nuevo					
Inspección Visual	Fracturado	Rosca Dañada	Atomización	Deformado	Erosionado	Caucho
	No	No	No	No	No	Buenos
	Pruebas	RPM	Número de Inyección	Presión (psi)	Tiempo (ms)	Caudal (ml)
Prueba 1	Arranque	150	100	60	1.5	20
	Ralentí	300	100	60	1.5	40
	Media	450	100	60	1.5	35

Fuente: Grupo de investigación.

4.10 PRÁCTICAS Y REPARACIONES DE LOS INYECTORES CATERPILLAR SERIE 3500 EN EL COM PROBADOR.

4.10.1 PRÁCTICA INSPECCIÓN VISUAL EXTERNA.



TEMA.

Inspección visual externa del inyector E.U.I., y M.U.I., Caterpillar serie 3500.

OBJETIVO.

- Realizar la inspección visual de manera eficiente para poder detectar las fracturas, atomización, deformación, daños en la rosca y erosiones de los inyectores E.U.I. y M.U.I. Caterpillar serie 3500.
- Sustituir componentes del inyector que tengas fallas.

REVISIÓN TEÓRICA.

Deformación: La deformación es el cambio en el tamaño o forma de un cuerpo debido a esfuerzos internos producidos por una o más fuerzas aplicadas sobre el mismo o la ocurrencia de dilatación térmica.

Atomización: Desintegración de una materia en fragmentos pequeños.

Erosión: Desgaste que se produce en la superficie de un cuerpo a causa del roce o frotamiento con otro cuerpo.

MATERIALES.

- Inyectores E.U.I. y M.U.I., Caterpillar serie 3500 en reparación.
- Destornillador plano.
- Cuchilla.

PROCEDIMIENTO.

- Colocar el inyector en una mesa recta y limpia.



Figura 4. 47: Ubicación de los inyectores en una mesa limpia.
Fuente: Grupo de investigación.

- Limpiar los inyectores con diesel y si es posible utilizar un desarmador plano o una cuchilla fina para poder raspar las suciedades y poder visualizar mejor, luego los procedemos a secarlos.
- Detalladamente visualizar todo el inyector e identificar irregularidades en el.

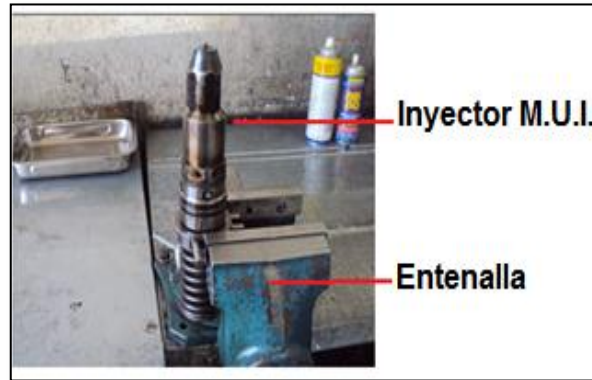


Figura 4. 48: Identificando irregularidades en el inyector.
Fuente: Grupo de investigación.

- Visualizar fracturas especialmente en las partes de sujeción y asentamiento de los inyectores.

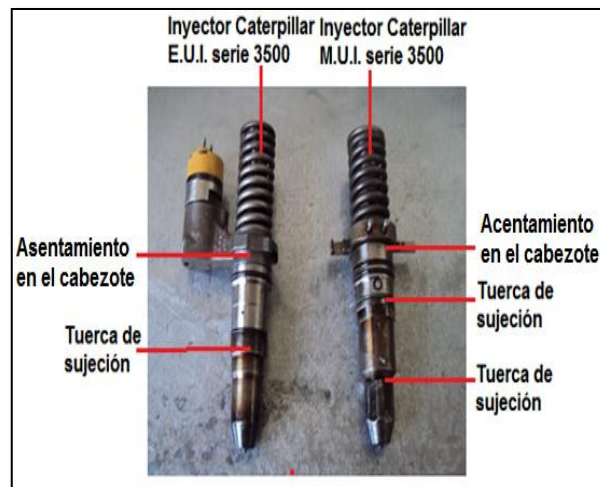


Figura 4. 49: Visualizando fracturas en el inyector.
Fuente: Grupo de investigación.

- Detectar la atomización o desintegración del inyector en fragmentos pequeños específicamente en la punta de la tobera.



Figura 4. 50: Detectando atomización en la tobera del inyector.
Fuente: Grupo de investigación.

- Detectar deformación a lo largo del inyector ya que se produce una variación de la forma y dimensiones del inyector, debida a la acción de fuerzas exteriores.



Figura 4. 51: Detectando deformación a lo largo del inyector.
Fuente: Grupo de investigación.

- Detectar erosiones en las partes donde se asienta el inyector ya que se produce un desgaste en la superficie a causa del roce o frotamiento con otro cuerpo.

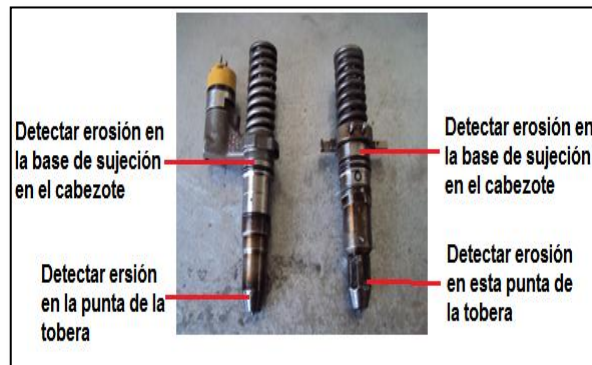


Figura 4. 52: Detectando erosiones en el inyector E.U.I y M.U.I.
Fuente: Grupo de investigación.

ANÁLISIS DE RESULTADOS.

- La mala instalación de los inyectores en los cabezotes del motor provocan fracturas y deformaciones a lo largo del inyector y en la parte donde se sujetan.
- El mal mantenimiento de los inyectores ocasiona daños ya que no se encuentra bien lubricado.

CUESTIONARIO.

¿A causa de que se genera la erosión en los inyectores?

¿A causa de que se genera la deformación en los inyectores?

¿Cuál es el significado de la atomización en un inyector?

CONCLUSIONES.

- Limpiar el inyector para observar de mejor manera las fallas presentes en la inspección visual.
- Un inyector que tiene un buen mantenimiento no debe carecer de fracturas, atomización, deformación y erosiones.

RECOMENDACIONES.

- Utilizar solo diesel para limpiar el inyector y sus componentes.
- Revisar la sujeción de los componentes en el uso del comprobador.

BIBLIOGRAFÍA.

<http://es.wikipedia.org/wiki/Deformaci%C3%B3n>

<http://www.wordreference.com/sinonimos/atomizaci%C3%B3n>

<http://es.thefreedictionary.com/erosi%C3%B3n>

4.10.2 PRÁCTICA LAVADO DEL INYECTOR.



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
ESPE EXTENSION LATACUNGA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
GUÍA DE LABORATORIO



TEMA.

Lavado del inyector E.U.I., y M.U.I., Caterpillar serie 3500.

OBJETIVO.

- Realizar el diagnóstico del inyector a baja presión y a pocas inyecciones para tan solo limpiarlo internamente y así poder desprender y expulsar todas las partículas nocivas y sedimentos que se encuentran dentro de él.

REVISIÓN TEÓRICA.

Un procedimiento de mayor efectividad, es el de limpiar los inyectores desmontándolos de su alojamiento y también desmontando los rieles de combustible.

Sumergirlos en solventes para limpieza de los mismos y a los inyectores colocarlos en equipo de comprobador para que puedan desprenderse de su interior todos los residuos carbonosos y luego hacerlos funcionar a cada uno con un generador de pulsos.

Esto se denomina limpieza de inyectores sin desmontar del motor.

Terminada la operación limpieza, se montan en un banco de caudales para reproducir el funcionamiento y medir el rendimiento de cada uno que no debe superar un 10 por ciento entre todos los inyectores.

MATERIALES.

- Inyectores E.U.I. y M.U.I., Caterpillar serie 3500.
- Comprobador de inyectores.
- Cambox.
- Módulo E.U.I.
- Llaves.
- Acoples.
- Guantes de protección.

PROCEDIMIENTO.

INYECTOR ELECTRÓNICO E.U.I., CATERPILLAR SERIE 3500.

- Colocar el inyector E.U.I., Caterpillar serie 3500 en el Cambox y montarlo a la base – yunque del comprobador realizando la sujeción requerida.

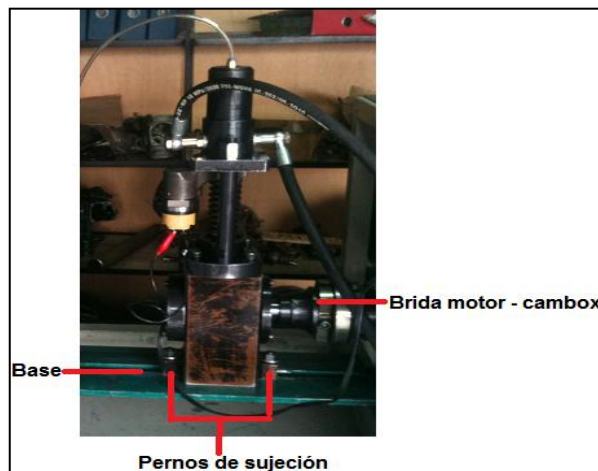


Figura 4. 53: Montaje del cambox a la base del comprobador.
Fuente: Grupo de investigación.

- Conectar las mangueras de alimentación y retorno del comprobador hacia el acople del inyector ubicado en el Cambox, y la manguera que va desde la punta del inyector hacia la probeta.

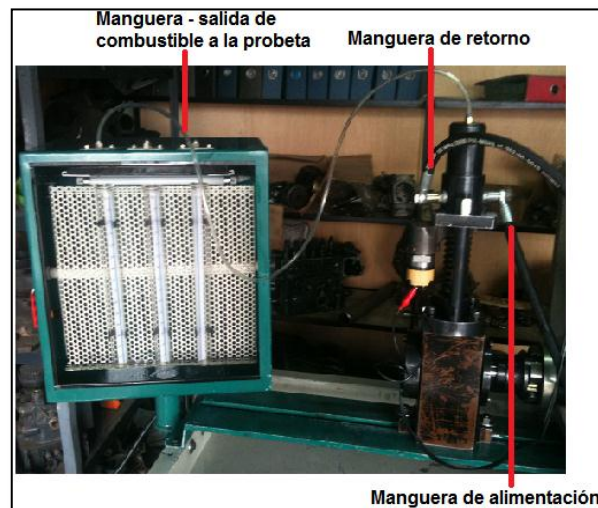


Figura 4. 54: Conexión de mangueras de alimentación y retorno.
Fuente: Grupo de investigación.

- Alimentar el comprobador de inyectores a la red trifásica.



Figura 4. 55: Alimentación a la red trifásica.
Fuente: Grupo de investigación.

- Encender el variador de frecuencia de 1 HP correspondiente a la bomba de transferencia y regular la presión la válvula reguladora de presión a 60 psi.



Figura 4. 56: Regulación a 60 psi el sistema de combustible.
Fuente: Grupo de investigación.

- Luego encender el variador de frecuencia de 10 HP correspondiente al movimiento del eje de leva del cambox y regulamos a 150 RPM.



Figura 4. 57: Regular 150 RPM el variador de 10 HP.
Fuente: Grupo de investigación.

- A continuación encendemos el módulo E.U.I., el cual nos va a servir para seleccionar el ancho de pulso y el número de inyecciones.



Figura 4. 58: Encendido del módulo E.U.I.
Fuente: Grupo de investigación.

- Seleccionamos ancho de pulso 1500 us.



Figura 4. 59: Selección de ancho de pulso 1.5 ms.
Fuente: Grupo de investigación.

- Seleccionamos el número de inyecciones 100.

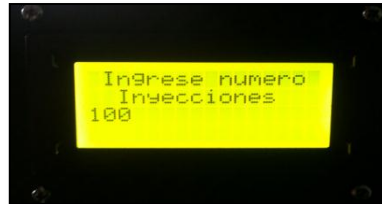


Figura 4. 60: Ingreso del número de inyecciones 100.
Fuente: Grupo de investigación.

- Seleccionamos en el segundo LCD el porcentaje del conversor DC – DC.



Figura 4. 61: Enciendo el conversor DC-DC.
Fuente: Grupo de investigación.

- Seleccionamos en un 40 % en el LCD el cual nos genera 115 voltios para que la válvula solenoide pueda abrirse y pase el combustible.



Figura 4. 62: Ingreso 40% en el conversor.
Fuente: Grupo de investigación.

- Presionamos Ok y empieza la prueba de lavado del inyector.

✚ INYECTOR MECÁNICO M.U.I., CATERPILLAR SERIE 3500.

- Colocar el inyector M.U.I., Caterpillar serie 3500 en el Cambox y montarlo a la base – yunque del comprobador realizando la sujeción requerida.



Figura 4. 63: Montaje del inyector M.U.I., y el cambox al comprobador.
Fuente: Grupo de investigación.

- Conectar las mangueras de alimentación y retorno del comprobador hacia el acople del inyector ubicado en el Cambox, y la manguera que va desde la punta del inyector hacia la probeta.

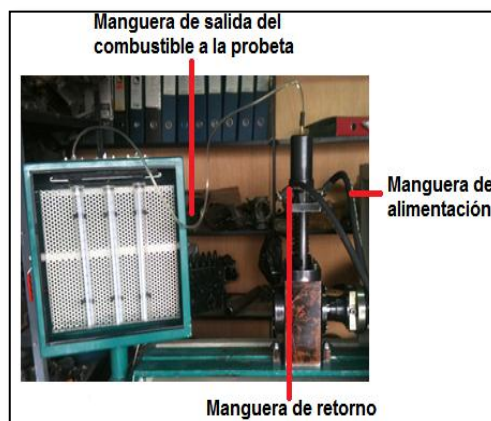


Figura 4. 64: Conexión de mangueras de alimentación y retorno de combustible.
Fuente: Grupo de investigación.

- Alimentar el comprobador de inyectores a la red trifásica.



Figura 4. 65: Conexión del comprobador a la red trifásica.
Fuente: Grupo de investigación.

- Encender el variador de frecuencia de 1 HP correspondiente a la bomba de transferencia y regular la presión en la válvula reguladora de presión a 60 psi.



Figura 4. 66: Regulación de 60 psi el sistema de combustible.
Fuente: Grupo de investigación.

- Luego encender el variador de frecuencia de 10 HP correspondiente al movimiento del eje de leva del cambox y regulamos a 150 RPM o 10 HZ, que es lo mismo.



Figura 4. 67: Regular 150 RPM en el variador de 10 HP.
Fuente: Grupo de investigación.

- A continuación encendemos el módulo E.U.I., el cual nos va a servir para seleccionar el número de inyecciones.



Figura 4. 68: Encendemos el módulo E.U.I.
Fuente: Grupo de investigación.

- Seleccionamos el número de inyecciones 100.

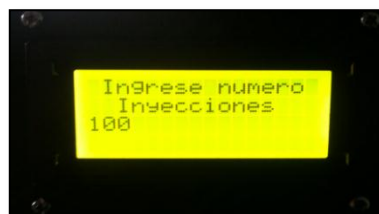


Figura 4. 69: Ingreso del número de inyecciones 100.
Fuente: Grupo de investigación.

- Presionamos Ok y giramos la cremallera del inyector 2.5 cm a la izquierda y empieza la prueba de lavado del inyector.

ANÁLISIS DE RESULTADOS.

- Esta prueba ayuda notablemente a limpiar internamente el inyector.
- No importa el resultado del caudal en las probetas ya que esta prueba solo sirve para limpiar internamente el inyector.

CUESTIONARIO.

¿Qué tipo de residuos se encuentran dentro del inyector?

¿Qué porcentaje de caudal debe ser la diferencia de medida entre inyectores?

CONCLUSIONES.

- Esta prueba nos ayuda hacer un diagnóstico más limpio y más eficiente.
- Esta prueba libera los espacios de aire para que llene de mejor manera la probeta.

RECOMENDACIONES.

- Montar el inyector en el Cambox de manera correcta y muy bien hecha la sujeción.
- Verificar que no exista fugas en el sistema de alimentación y retorno de combustible.
- Reajustar seguidamente los componentes del cambox montados en el comprobador.

BIBLIOGRAFÍA.

[http://www.mundoinyeccion.com/inyectores\(1\).pdf](http://www.mundoinyeccion.com/inyectores(1).pdf)

4.10.3 PRÁCTICA ENTREGA EN ARRANQUE, RALENTÍ, Y MEDIA PRESIÓN DE COMBUSTIBLE.



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
ESPE EXTENSION LATACUNGA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
GUÍA DE LABORATORIO



TEMA: Entrega de combustible en arranque, ralentí y media carga de los inyectores E.U.I. y M.U.I., Caterpillar serie 3500.

OBJETIVOS.

- Diagnosticar el inyector a baja presión en el comprobador simulando el funcionamiento de arranque en el motor.
- Diagnosticar el inyector a media presión en el comprobador simulando el funcionamiento a ralentí en el motor.
- Diagnosticar el inyector a media presión en el comprobador simulando el funcionamiento a media carga en el motor.
- Realizar el diagnóstico mediante la simulación controlada electrónicamente de pulsos y movimiento manual de la cremallera de inyección a manera de aparentar que se encuentra trabajando en el motor-generator.
- Medir el caudal de fluido que deposita en la probeta cada inyector en su diagnóstico respectivo.

REVISIÓN TEÓRICA.

Una de las piezas más importantes en el sistema de inyección de combustible es el inyector. Este es el encargado de hacer que el

combustible sea introducido en el múltiple (colector) de admisión o dentro del cilindro según sea el caso. En los motores diésel que llevaban inyección mecánica por bomba inyectora en línea, la apertura del inyector era comandada por una leva y el cierre se hacía mediante un resorte, la carrera de inyección era regulada por una cremallera que se mueve según la posición del regulador de caudal, que depende del acelerador y del régimen del motor.

En la actualidad se ha reemplazado el sistema de leva - cremallera y se ha optado por un sistema electrónico para poder abrir más o menos tiempo y con más o menos presión el inyector y así regular la cantidad de combustible que ingresará en el cilindro.

En lugar de ellos se utiliza un solenoide que al hacerle pasar una determinada cantidad de corriente durante un tiempo controlado generará un campo magnético el cual moverá la aguja del inyector. Para regular la cantidad de corriente que se manda al solenoide distintos sensores toman parámetros que son procesados en una central computarizada y ésta es la que calcula la cantidad de corriente eléctrica enviada para poder mantener una relación estequiométrica entre el aire/combustible (aproximada de 14,7 a 1 en motores de gasolina).

MATERIALES.

- Inyectores E.U.I. y M.U.I. Caterpillar serie 3500.
- Comprobador de inyectores.
- Cambox.
- Módulo E.U.I.
- Llaves.
- Palanca de fuerza.
- Acoples.
- Destornillador plano grande.

- Martillo.
- Franela limpia.
- Pie de rey.
- Formato de tabla de datos impresa.
- Equipo de seguridad.

PROCEDIMIENTO.

🚧 INYECTOR ELECTRÓNICO E.U.I., CATERPILLAR SERIE 3500.

- Colocar el inyector E.U.I., Caterpillar serie 3500 en el Cambox y montarlo a la base – yunque del comprobador realizando la sujeción requerida.

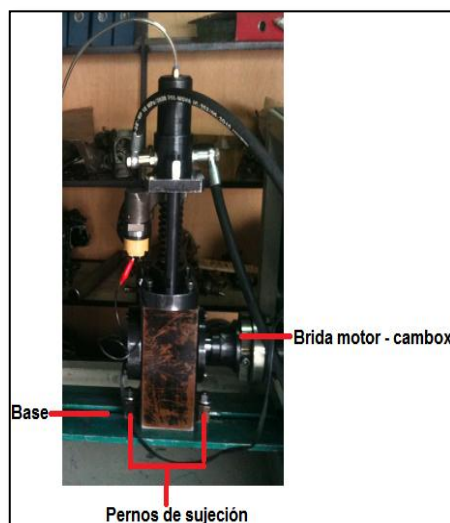


Figura 4. 70: Montaje del cambox en el comprobador de inyectores.
Fuente: Grupo de investigación.

- Conectar las mangueras de alimentación y retorno del comprobador hacia el acople del inyector ubicado en el Cambox, y la manguera que va desde la punta del inyector hacia la probeta.

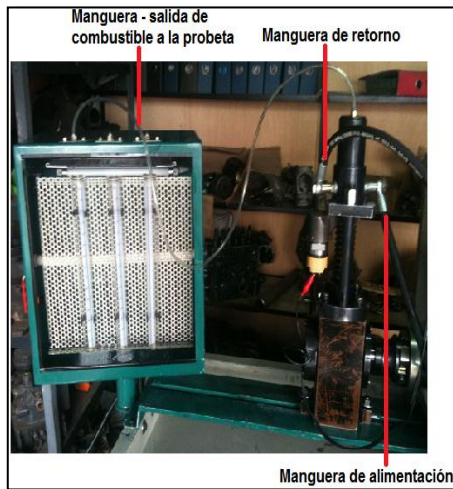


Figura 4. 71: Conexión de mangueras de alimentación y retorno.
Fuente: Grupo de investigación.

- Alimentar el comprobador de inyectores a la red trifásica.
- Encender el variador de frecuencia de 1 HP correspondiente a la bomba de transferencia y regular la presión en la válvula reguladora de presión a 60 psi.
- A continuación encendemos el módulo E.U.I., el cual nos va a servir para seleccionar el ancho de pulso y el número de inyecciones.
- Seleccionamos ancho de pulso 1500 us.



Figura 4. 72: Ingreso del ancho de pulso 1.5 ms.
Fuente: Grupo de investigación.

- Seleccionamos el número de inyecciones 100.

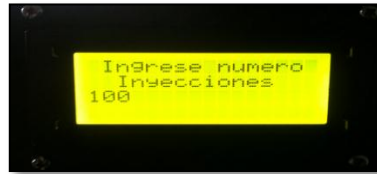


Figura 4. 73: Ingreso del número de inyecciones 100.
Fuente: Grupo de investigación.

- Seleccionamos en el otro LCD que pertenece al convertor donde seleccionaremos un 40% el cual nos dará 115 voltios para que se active la válvula solenoide del inyector.

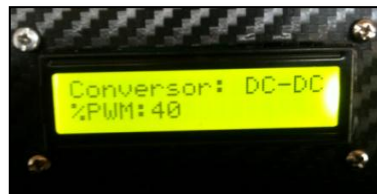


Figura 4. 74: Ingreso del porcentaje del convertor en 40%.
Fuente: Grupo de investigación.

➤ **PRUEBA DE ARRANQUE.**

- Seleccionamos las revoluciones del eje de levas en 150 RPM para la prueba de arranque o de baja presión.
- Tomamos nota del caudal llenado en las probetas a estas revoluciones.



Figura 4. 75: Ingreso 150 RPM en el variador de 10 HP.
Fuente: Grupo de investigación.

➤ **PRUEBA DE RALENTÍ.**

- Seleccionamos las revoluciones del eje de levas en 300 RPM para la prueba a media presión.
- Tomamos nota del caudal llenado en las probetas a estas revoluciones.



Figura 4. 76: Ingreso 300 RPM en el variador de 10 HP.
Fuente: Grupo de investigación.

➤ **PRUEBA DE MEDIA CARGA.**

- Seleccionamos las revoluciones del eje de levas en 600 RPM para la prueba de alta presión.
- Tomamos nota del caudal llenado en las probetas a estas revoluciones.



Figura 4. 77: Ingreso 600 RPM en el variador de 10 HP.
Fuente: Grupo de investigación.

🚧 INYECTOR MECÁNICO M.U.I., CATERPILLAR SERIE 3500.

- Colocar el inyector M.U.I., Caterpillar serie 3500 en el Cambox y montarlo a la base – yunque del comprobador realizando la sujeción requerida.

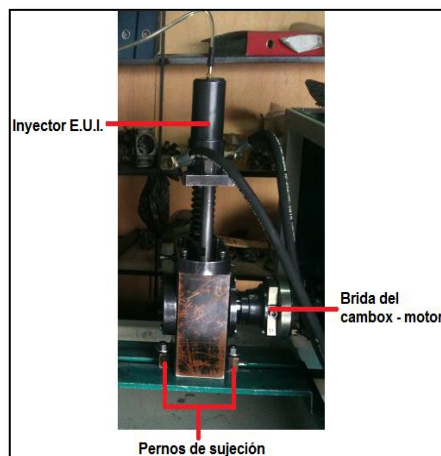


Figura 4. 78: Montaje del inyector E.U.I., y el cambox en el comprobador.
Fuente: Grupo de investigación.

- Conectar las mangueras de alimentación y retorno del comprobador hacia el acople del inyector ubicado en el Cambox, y la manguera que va desde la punta del inyector hacia la probeta.

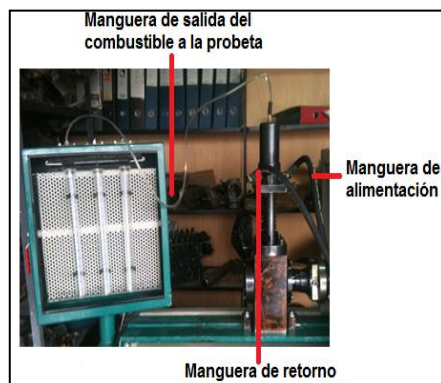


Figura 4. 79: Conexión de mangueras de alimentación y retorno.
Fuente: Grupo de investigación.

- Alimentar el comprobador de inyectores a la red trifásica.
- Encender el variador de frecuencia de 1 HP correspondiente a la bomba de transferencia y regular en la válvula reguladora de presión a 60 psi.
- A continuación encendemos el módulo E.U.I., el cual nos va a servir para seleccionar el número de inyecciones.
- Seleccionamos el número de inyecciones 100 para todas las pruebas.

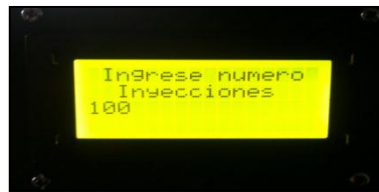


Figura 4. 80: Ingreso del número de inyecciones 100.
Fuente: Grupo de investigación.

✚ PRUEBA 1.

➤ PRUEBA DE ARRANQUE.

- Seleccionamos las revoluciones del eje de levas en 150 RPM.



Figura 4. 81: Regulamos 150 PRM, en el variador de 10 HP.
Fuente: Grupo de investigación.

- Movemos la cremallera en 1 cm a la izquierda y en 100 inyecciones, presionamos ok y empieza la prueba.

- Tomamos nota del caudal llenado en las probetas a estas revoluciones.

➤ **PRUEBA DE RALENTÍ.**

- Seleccionamos las revoluciones del eje de levas en 300 RPM para la prueba a media presión.



Figura 4. 82: Regulamos 300 PRM, en el variador de 10 HP.
Fuente: Grupo de investigación.

- Movemos la cremallera en 1 cm a la izquierda y en 100 inyecciones, presionamos ok y empieza la prueba.
- Tomamos nota del caudal llenado en las probetas a estas revoluciones.

➤ **PRUEBA A MEDIA PRESIÓN.**

- Seleccionamos las revoluciones del eje de levas en 600 RPM.



Figura 4. 83: Regulamos 600 PRM, en el variador de 10 HP.
Fuente: Grupo de investigación.

- Movemos la cremallera en 1 cm a la izquierda y en 100 inyecciones, presionamos ok y empieza la prueba.
- Tomamos nota del caudal llenado en las probetas a estas revoluciones.

✚ PRUEBA 2.

➤ PRUEBA DE ARRANQUE.

- Seleccionamos las revoluciones del eje de levas en 150 RPM.



Figura 4. 84: Regulamos 150 PRM, en el variador de 10 HP.
Fuente: Grupo de investigación.

- Movemos la cremallera en 2.5 cm a la izquierda y en 100 inyecciones, presionamos ok y empieza la prueba.
- Tomamos nota del caudal llenado en las probetas a estas revoluciones.

➤ PRUEBA DE RALENTÍ.

- Seleccionamos las revoluciones del eje de levas en 300 RPM para la prueba a media presión.



Figura 4. 85: Regulamos 300 PRM, en el variador de 10 HP.
Fuente: Grupo de investigación.

- Movemos la cremallera en 2.5 cm a la izquierda y en 100 inyecciones, presionamos ok y empieza la prueba.
- Tomamos nota del caudal llenado en las probetas a estas revoluciones.

➤ **PRUEBA A MEDIA CARGA.**

- Seleccionamos las revoluciones del eje de levas en 600 RPM.
- Movemos la cremallera en 2.5 cm a la izquierda y en 100 inyecciones, presionamos ok y empieza la prueba.



Figura 4. 86: Regulamos 600 PRM, en el variador de 10 HP.
Fuente: Grupo de investigación.

- Tomamos nota del caudal llenado en las probetas a estas revoluciones.

ANÁLISIS DE RESULTADOS.

- Tomar en cuenta una tolerancia de ± 2 en todas las medidas llenadas en las probetas.
- Para la prueba sacamos datos de referencia de inyectores nuevos como indica en la tabla No: 4.1 para el inyector M.U.I., y tabla No: 4.2 para el inyector E.U.I., y a partir de ellos comparamos con los usados.
- Presentamos la tabla de datos obtenidas en las pruebas realizadas a los inyectores y que nos dieron como resultado:

Tabla 4. 3. Tabla de datos de la práctica realizada al inyector M.U.I. Caterpillar serie 3500.

RS ROTH EQUIPOS PETROLEROS						
COMPROBACIÓN DE INYECTORES EN EL BANCO						
TIPO DE INYECTOR: Mecánico				SERIE: 3516		
Nota	Inyector usado					
Inspección Visual	Fracturado	Rosca Dañada	Atomización	Deformado	Erosionado	Cauchos
	No	No	No	No	No	Malos
	Pruebas	RPM	Número de Inyección	Presión (psi)	Avance Cremallera (mm)	Caudal (ml)
Prueba 2	Arranque	150	100	60	2.5	20
	Ralentí	300	100	60	2.5	29
	Media	600	100	60	2.5	25

Fuente: Grupo de investigación.

Tabla 4. 4. Tabla de datos de la práctica realizada al inyector E.U.I. Caterpillar serie 3500.

RS ROTH EQUIPOS PETROLEROS						
COMPROBACIÓN DE INYECTORES EN EL BANCO						
TIPO DE INYECTOR: Electrónico			SERIE: 3516			
Nota	Inyector usado					
Inspección Visual	Fracturado	Rosca Dañada	Atomización	Deformado	Erosionado	Cauchos
	No	No	No	No	No	Buenos
	Pruebas	RPM	Número de Inyección	Presión (psi)	Tiempo (ms)	Caudal (ml)
Prueba 1	Arranque	150	100	60	1.5	5
	Ralentí	300	100	60	1.5	70
	Media	600	100	60	1.5	90

Fuente: Grupo de investigación.

- Los inyectores Caterpillar serie 3500 M.U.I. y E.U.I, se encuentran en mal estado ya que el caudal llenado no se aproxima a los valores tomados de referencia de los inyectores nuevos.
- El inyector presenta un desgaste en la parte interna específicamente en el elemento o plunyer el cual a través de su desgaste proporciona menos potencia para la inyección que se da internamente en el inyector, todo esto ocasiona que el caudal llenado en la probeta no se aproxime a los datos del inyector nuevo.
- Los cauchos se encontraron en mal estado lo cual se procedió a cambiarlos completamente nuevos.
- La válvula solenoide de los dos tipos de inyectores se encuentran en buen estado de funcionamiento pueden seguir trabajando.
- No presenta fallas en deformación, erosión, atomización, tampoco fracturas y rosca dañada, todo se encontró en buen estado.

CONCLUSIONES.

- La mala calidad del diesel que usan los motores ocasiona que se acumulen dentro de ellos carbonilla o lacas lo cual provoca que se afecte en la medida de entrega en la probeta.
- Si los cauchos de los inyectores se encuentran en mal estado cambiar inmediatamente ya que las pruebas no se podrán realizar.
- Cuando el sistema de alimentación de combustible este prendido y no se encuentre trabajando, debemos aliviar a través de la válvula de alivio o apagarlo.
- Los inyectores analizados se encuentran en mal estado lo cual es recomendable desarmarlo y sustituir el plunyer o elemento de alta presión.
- El diagnóstico realizado a los inyectores en el comprobador funciono al 99% dejando un trabajo muy satisfactorio.

RECOMENDACIONES.

- Montar el inyector en el Cambox de manera adecuada y hacer una buena sujeción.
- Verificar que no exista fugas en el sistema de alimentación y retorno de combustible.
- Apagar el módulo E.U.I., después de cada prueba realizada.
- Utilizar normas de seguridad adecuadas.

BIBLIOGRAFÍA.

http://es.wikipedia.org/wiki/Inyecci%C3%B3n_electr%C3%B3nica

4.10.4 REPARACIÓN DE LOS INYECTORES E.U.I. Y M.U.I. SERIE 3500 CATERPILLAR.



*UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
ESPE EXTENSION LATACUNGA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
GUÍA DE LABORATORIO*



TEMA.

Reparación de los inyectores E.U.I. y M.U.I., Caterpillar serie 3500.

OBJETIVOS.

- Analizar y comprender el funcionamiento interno del inyector E.U.I. y M.U.I. Caterpillar serie 3500.
- Visualizar y sustituir las partes defectuosas del inyector E.U.I. y M.U.I. Caterpillar serie 3500., de acuerdo al daño que se encuentre en ellos.
- Desarmar y armar el inyector en orden y de acuerdo al torque especificado.

REVISIÓN TEÓRICA.

Desarmado, limpieza y armado de los inyectores.

Todos los inyectores pueden desarmarse ya que el porta inyector y el cuerpo del inyector van unidos a rosca. Con este fin el inyector está provisto, en los lugares adecuados, de caras planas o hexágonos para las correspondientes llaves. La mayoría de los inyectores tienen componentes parecidos, siendo los más importantes el cuerpo del

inyector, el porta inyector, la tobera, la válvula de aguja y el muelle de presión.

Es esencial limpiar escrupulosamente el inyector antes de desarmarlo. Para ello lo mejor es utilizar un recipiente limpio con petróleo y una brocha de cerdas duras. Cualquier mota de polvo o partícula de suciedad que penetre en el inyector puede ocasionar un grave desgaste del mismo.

Entre las piezas del cuerpo del inyector suelen ir montadas arandelas de estanqueidad de cobre; estas arandelas compresibles han de renovarse cada vez que se desarme el inyector. Para desarmar y armar el inyector lo mejor es sujetarlo firmemente en un útil especial o en una morza de banco, teniendo la precaución en este último caso de no apretar el tornillo excesivamente.

MATERIALES.

- Inyectores de prueba E.U.I. y M.U.I. Caterpillar serie 3500.
- Destornillador plano.
- Llaves mixtas.
- Llave de pico.
- Torcómetro.
- Entenalla.
- Multímetro.
- Pinzas.
- Lija de agua.

PROCEDIMIENTO.

Guía para la verificación de problemas en el inyector:

Tabla 4. 5. Verificación de problemas en el inyector.

DIAGNÓSTICO	CAUSA	SÍNTOMA
Bobina no se activa.	Bobina en circuito abierto o con baja resistencia.	Motor no desarrolla, sin potencia, ruido diferente.
Fuga excesiva por el orificio de descarga.	Válvula solenoide en mal estado, no sella adecuadamente o agarrotada.	Motor con dificultad para encender o no enciende debido a la pérdida de la presión de combustible.
Entrega fuera de parámetros establecidos.	Elementos desgastados, con rangos de calibración fuera de especificación.	Motor no desarrolla, sin potencia y más consumo de combustible.

Fuente: Grupo de investigación.

✚ DESARMADO DEL INYECTOR CATERPILLAR SERIE 3500 M.U.I.

- Sujetar el inyector verticalmente en la entenalla para lograr una mejor posición para el desarmado.

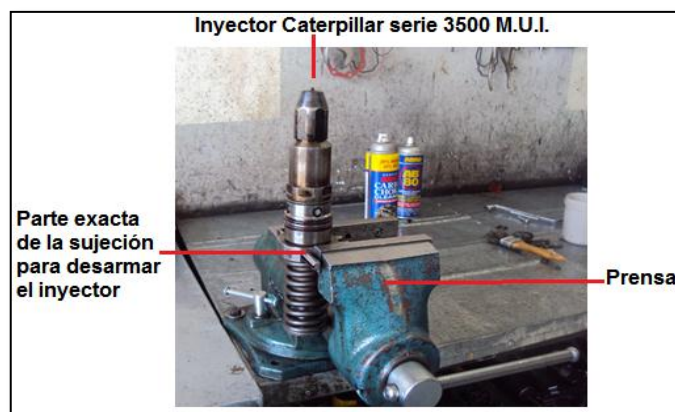


Figura 4. 87: Sujeción del inyector en la entenalla.
Fuente: Grupo de investigación.

- Con la llave de pico cerramos a nivel de la tuerca porta - tobera y aflojamos al lado izquierdo.

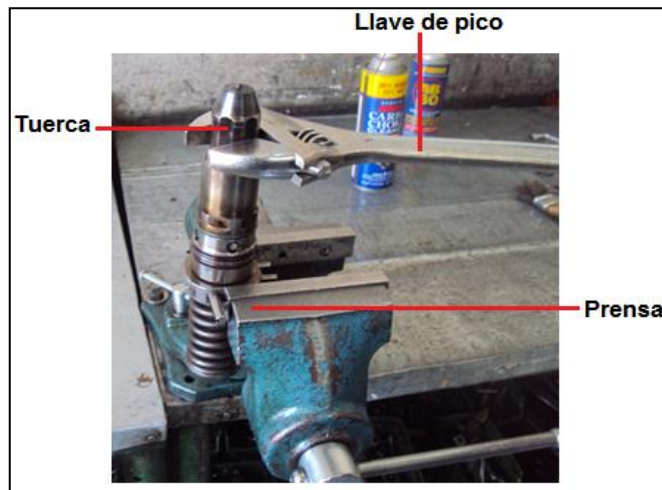


Figura 4. 88: Uso de la llave de pico para aflojar la tapa porta-tobera.
Fuente: Grupo de investigación.

- Sacamos la tuerca porta-tobera, y procedemos a visualizar si existe fallas en la rosca y posteriormente en la tobera.



Figura 4. 89: Visualización de la rosca de la tapa porta-tobera.
Fuente: Grupo de investigación.

- Sacamos la tobera de la tapa, continuamente visualizamos si existe fallas en ella.



Figura 4. 90: Visualización de fallas en la tobera.
Fuente: Grupo de investigación.

- Con la llave de pico procedemos a sacar la segunda tuerca que pertenece al cuerpo de alta presión, donde de igual manera para aflojar giramos hacia la izquierda.

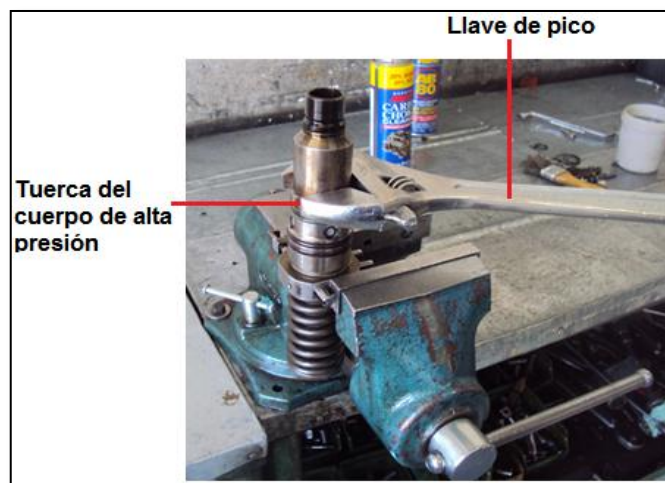


Figura 4. 91: Desarmado del cuerpo de alta presión inyector M.U.I.
Fuente: Grupo de investigación.

- Sacada la segunda tuerca encontramos la porta-elemento y el elemento de alta presión, de igual manera visualizamos que no exista ningún daño.

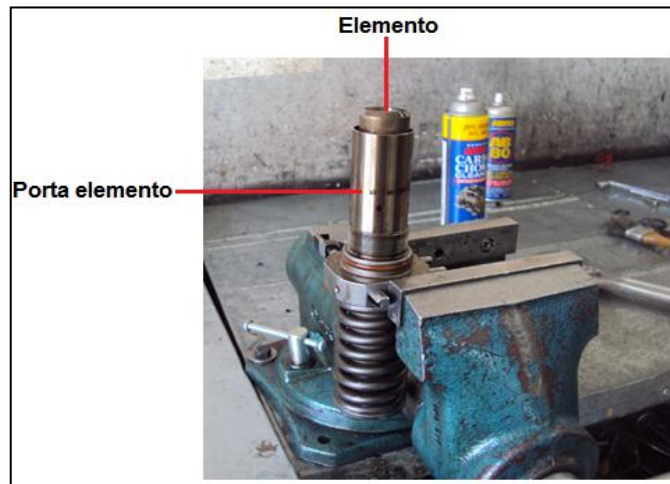


Figura 4. 92: Elemento de alta presión del inyector M.U.I.
Fuente: Grupo de investigación.

- Desarmamos completamente el conjunto de alta presión.



Figura 4. 93: Desarmado del elemento de alta presión del inyector M.U.I.
Fuente: Grupo de investigación.

- Una vez desarmada la parte de arriba solo nos queda la parte de accionamiento mecánico a través del muelle, la cremallera se mueve haciendo girar al elemento el cual da la alta presión.

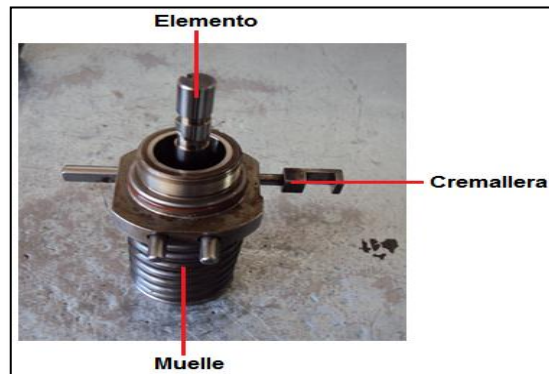


Figura 4. 94: Porta elemento del inyector M.U.I.
Fuente: Grupo de investigación.

- Con un alambre o cable delgado presionamos en la chaveta que tiene justo en la mitad del muelle, y luego jalamos y absolutamente todo quedara desarmado.

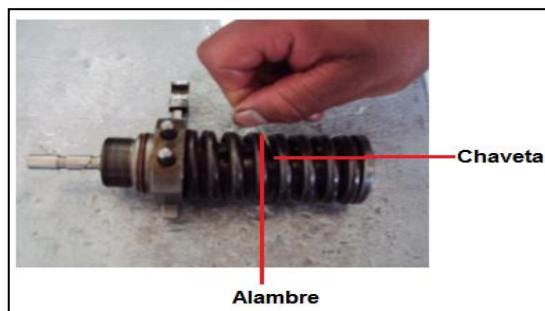


Figura 4. 95: Desarmado del resorte y el elemento del inyector M.U.I.
Fuente: Grupo de investigación.

- Una vez desarmado todo ponemos en orden y limpiamos y luego si visualizamos bien que no padezca de fallas.

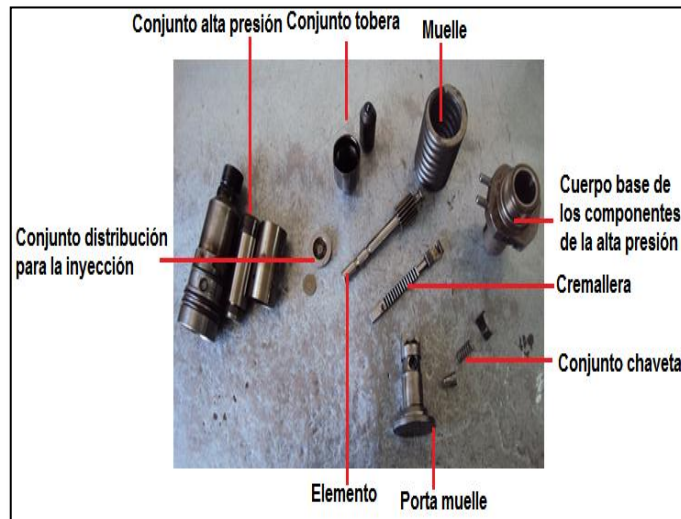


Figura 4. 96: Visualización de fallas de todos los componentes M.U.I.
Fuente: Grupo de investigación.

DESARMADO DEL INYECTOR CATERPILLAR SERIE 3500 E.U.I.

- Colocamos verticalmente el inyector Caterpillar serie 3500 E.U.I., para un mejor sujeción en la prensa y un mejor agarre de las herramientas.



Figura 4. 97: Sujeción del inyector E.U.I. en la entenalla.
Fuente: Grupo de investigación.

- Sacada la tuerca del cuerpo del inyector, podemos ver la tobera y el conjunto de alta presión.

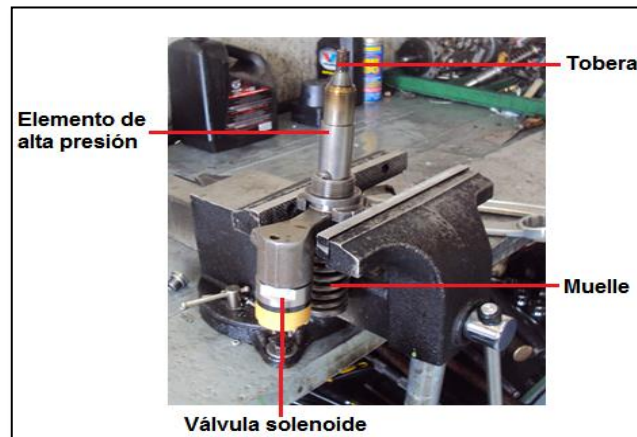


Figura 4. 98: Conjunto de alta presión del inyector E.U.I.
Fuente: Grupo de investigación.

- Cuerpo del inyector, verificamos que no exista deformación u otros daños.

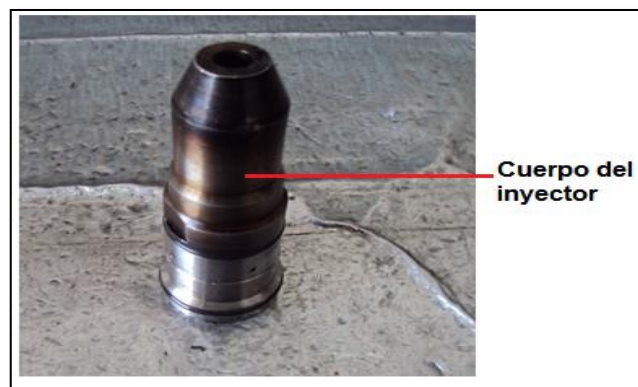


Figura 4. 99: Cuerpo del inyector E.U.I.
Fuente: Grupo de investigación.

- Seguimos desarmando el conjunto de alta presión, podemos ver el resorte y el barril donde se presuriza el combustible.

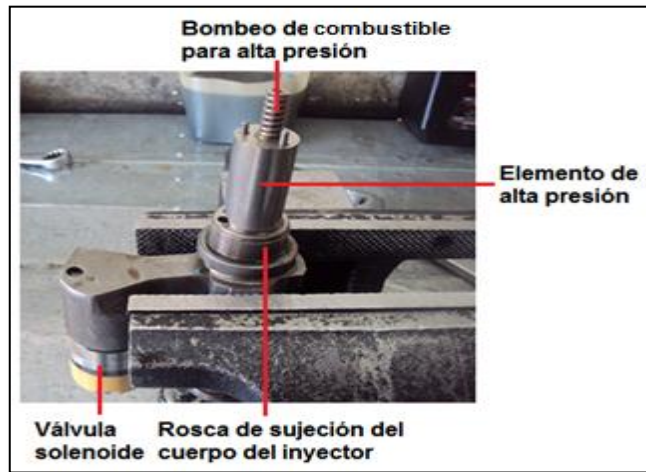


Figura 4. 100: Conjunto de alta presión del inyector E.U.I.
Fuente: Grupo de investigación.

- Una vez desarmado completamente todo, miramos los barriles de alta presión, la tobera, el cuerpo del inyector, y vemos si existe falla o desgaste en cada componente.

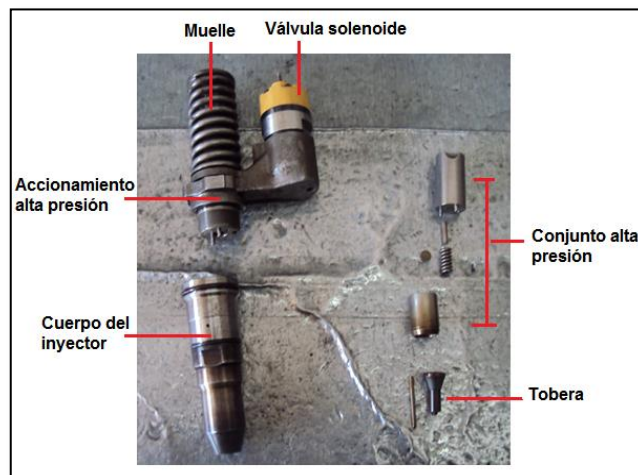


Figura 4. 101: Fallas en los barriles de alta presión del inyector E.U.I.
Fuente: Grupo de investigación.

- En la posición vertical, sacamos la válvula solenoide para verificar su estado. Si los valores de voltaje de funcionamiento no nos da, inmediatamente se la reemplaza.

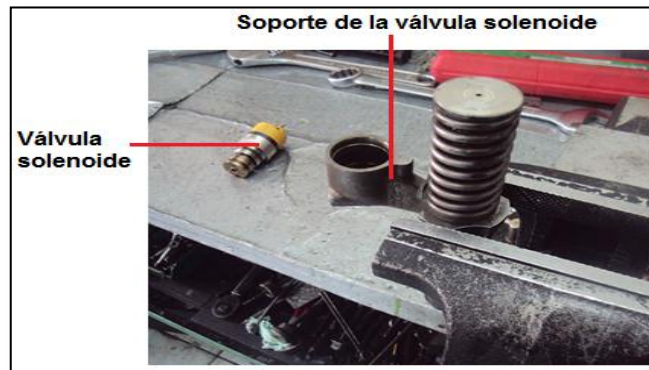


Figura 4. 102: Válvula solenoide del inyector E.U.I.
Fuente: Grupo de investigación.

🔧 ARMADO DEL INYECTOR M.U.I., CATERPILLAR SERIE 3500.

- El inyector mecánico se encuentra totalmente desarmado como podemos visualizar en la figura a continuación procedemos a armarlo en orden de acuerdo a la numeración señalada.



Figura 4. 103: Componentes del inyector M.U.I.
Fuente: Grupo de investigación.

- Empezamos armando la tobera 1 la cual la vamos a introducir en la portatobera 2 tomando en cuenta que la punta sobresalga hacia fuera.



Figura 4. 104: Tobera del inyector M.U.I.
Fuente: Grupo de investigación.

- Una vez ya armada la tobera 2 procedemos a enroscar la tapa porta tobera 1 en la rosca del cuerpo del inyector 3.



Figura 4. 105: Cuerpo del inyector M.U.I.
Fuente: Grupo de investigación.

- Ingresamos los dos componentes de la distribución del combustible 6 y 7 dentro de la porta tobera 1.

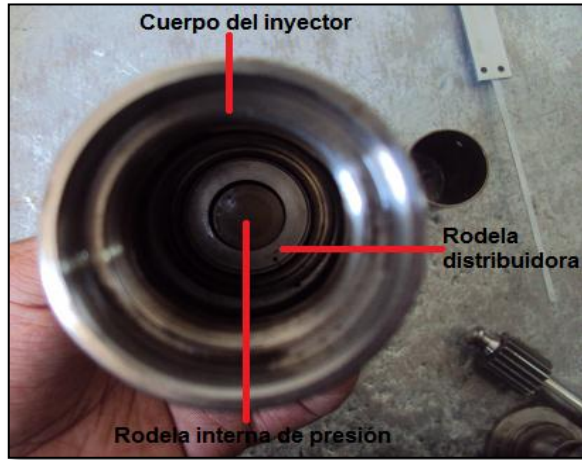


Figura 4. 106: Distribución de combustible del inyector M.U.I.
Fuente: Grupo de investigación.

- Colocamos el elemento 10 dentro del cilindro intensificador 4 correspondiente al conjunto de alta presión. El momento de introducir no debe existir juego, la medida es exacta, además para armar este conjunto utilizar diesel limpio.

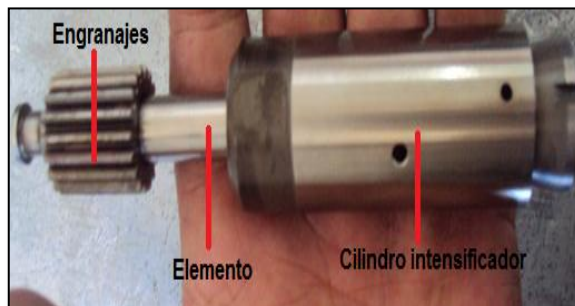


Figura 4. 107: Eje elemento y cilindro intensificador del inyector M.U.I.
Fuente: Grupo de investigación.

- En el cuerpo del resorte 12, ponemos la chavera 9 la cual nos sirve para asegurar que no se desarme el sistema de accionamiento del inyector.

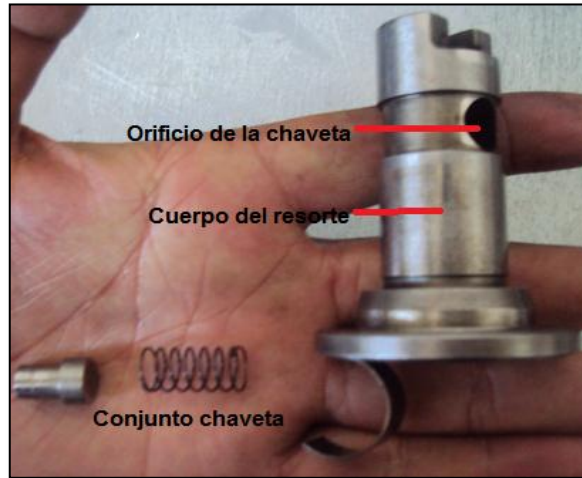


Figura 4. 108: Componentes de la chaveta del inyector E.U.I.
Fuente: Grupo de investigación.

- Montamos el resorte y la guía dentro del orificio de la chaveta y ponemos el seguro.



Figura 4. 109: Chaveta de seguridad del inyector M.U.I.
Fuente: Grupo de investigación.

- Colocamos el elemento 10 y la cremallera 11 en el cuerpo de alta presión 8. Tomar en cuenta que en la cremallera existe un punto el cual debe estar sincronizado con el plunyer elemento.

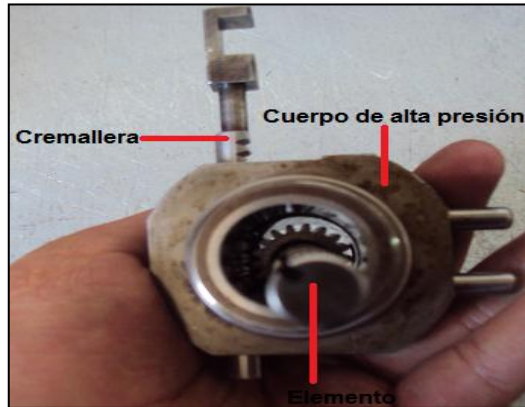


Figura 4. 110: Elemento y cremallera del inyector M.U.I.
Fuente: Grupo de investigación.

- Montamos el resorte 13 en el cuerpo de accionamiento 8, tomando en cuenta presionar la chaveta para que ingrese.

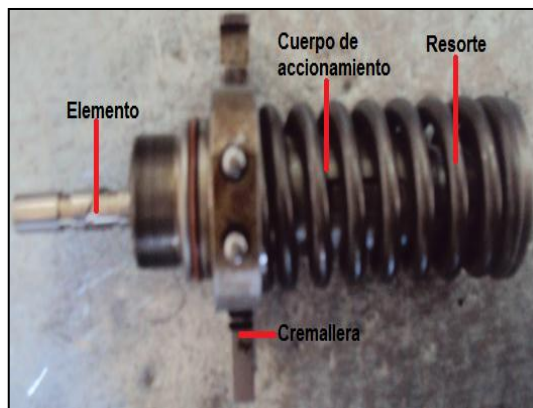


Figura 4. 111: Elementos del sistema de alta presión del inyector M.U.I.
Fuente: Grupo de investigación.

- El cilindro intensificador (o porta elemento) 4 lo introducimos sobre el elemento 10, y colocamos el caucho en la parte inferior el cual nos servirá para evitar fugas de presión de combustible.



Figura 4. 112: Cilindro intensificador del inyector M.U.I.
Fuente: Grupo de investigación.

- Ubicamos el cuerpo del inyector inferior 3, y el cuerpo de accionamiento superior, los colocamos juntos.

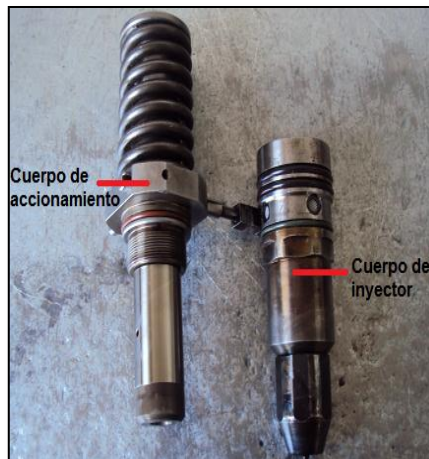


Figura 4. 113: Cuerpo de accionamiento del inyector M.U.I.
Fuente: Grupo de investigación.

- Enroscamos el cuerpo del inyector en el cuerpo de accionamiento para unificarlo y terminar de armarlo, continuamente colocamos los dos cauchos de presión.

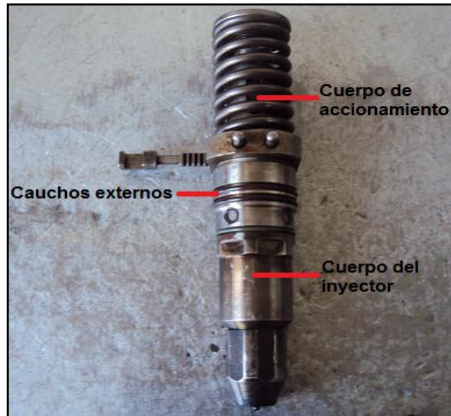


Figura 4. 114: Cuerpo de accionamiento y cauchos del inyector M.U.I.
Fuente: Grupo de investigación.

ARMADO DEL INYECTOR E.U.I., CATERPILLAR SERIE 3500.

- Tenemos al inyector totalmente desarmado, ahora vamos a proceder a armarlo correctamente.

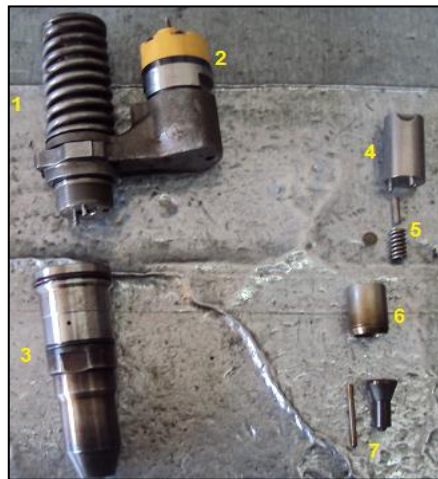


Figura 4. 115: Partes del inyector E.U.I.
Fuente: Grupo de investigación.

- Colocamos la tobera en la porta tobera.



Figura 4. 116: Conjunto tobera del inyector E.U.I.
Fuente: Grupo de investigación.

- Armamos la tobera.



Figura 4. 117: Tobera del inyector E.U.I.
Fuente: Grupo de investigación.

- Ubicamos en orden los componentes de la alta presión.



Figura 4. 118: Componentes del inyector E.U.I.
Fuente: Grupo de investigación.

- Armamos desde la parte de accionamiento superior donde vamos a montar el cilindro intensificador, el resorte, la guía y la rodela de presión.

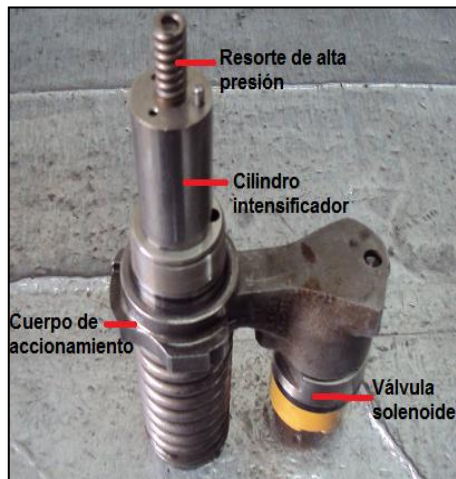


Figura 4. 119: Válvula solenoide, cuerpo de accionamiento del inyector E.U.I.
Fuente: Grupo de investigación.

- Montamos el cilindro disipador sobre el cilindro intensificador.



Figura 4. 120: Cilindro disipador e intensificador del inyector E.U.I.
Fuente: Grupo de investigación.

- Montamos el conjunto tobera en el cilindro disipador.



Figura 4. 121: Cilindro disipador y tobera del inyector E.U.I.
Fuente: Grupo de investigación.

- Enroscamos el cuerpo del inyector sobre el conjunto de alta presión del inyector.



Figura 4. 122: Unión del cuerpo del inyector y la alta presión E.U.I.
Fuente: Grupo de investigación.

- Enroscamos y procedemos a ajustar para terminar de armar el inyector.



Figura 4. 123: Ajuste de la tuerca del cuerpo inyector E.U.I.
Fuente: Grupo de investigación.

ANÁLISIS DE RESULTADOS.

COMPROBACIÓN DEL SOLENOIDE DEL INYECTOR.

Con la ayuda de un multímetro podemos medir la resistencia de la bobina, este debe tener un valor de 1.0Ω a 1.3Ω . Un valor inferior a 1.0Ω (cortocircuito), o circuito abierto (resistencia infinita) indican el mal estado de la bobina.

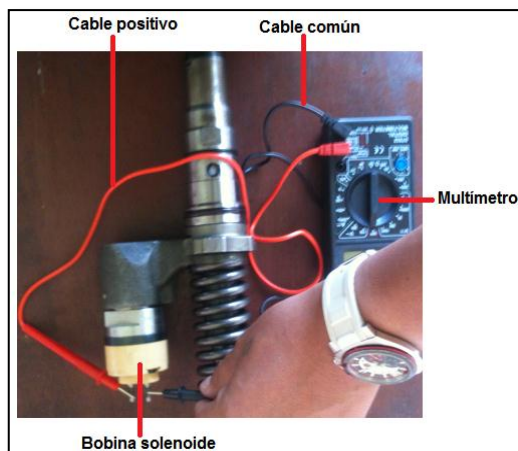


Figura 4. 124: Comprobación de la bobina del inyector E.U.I.
Fuente: Grupo de investigación.

✚ COMPROBACIÓN DEL PLUNGER Y PISTÓN INTENSIFICADOR.

• PLUNGER.

Un plunger o elemento en buen estado debe tener la misma coloración oscura y uniforme, si presenta picaduras y otro color (brillo) son síntomas de desgaste y se deben sustituir en conjunto con el barril y el resorte.



Figura 4. 125: Plunyer del inyector M.U.I.
Fuente: Grupo de investigación.

• PISTÓN INTENSIFICADOR.

El pistón intensificador puede presentar una superficie irregular (ceja), que ocasiona que el aceite se pase hacia el grupo tobera (sistema de combustible) y contamine el diesel, además ocasiona que el o-ring en el interior del cilindro no haga cierre hermético debido a la presencia de esta ceja.



Figura 4. 126: Cilindro intensificador M.U.I.
Fuente: Grupo de investigación.

- **COMPROBACIÓN GRUPO TOBERA.**

Si al desmontar la válvula de aguja de la tobera se observa que presenta un color azul significa que está sobrecalentada. Se debe sustituirla.

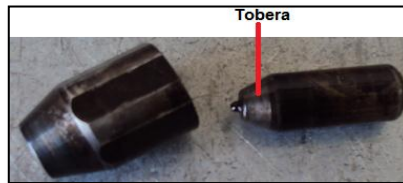


Figura 4. 127: Tobera del inyector M.U.I.
Fuente: Grupo de investigación.



Figura 4. 128: Tobera del inyector E.U.I.
Fuente: Grupo de investigación.

- **CAUCHOS INTERIORES Y EXTERIORES.**

Cuando el o-ring del interior del cilindro está deteriorado y con picaduras, también origina que el aceite se pase al sistema de combustible.

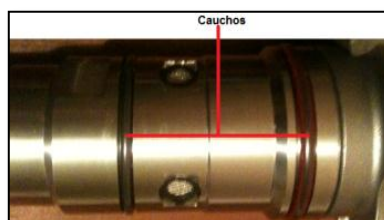


Figura 4. 129: Cauchos de los inyectores.
Fuente: Grupo de investigación.

CUESTIONARIO.

¿Cuál es el valor adecuado para verificar el correcto estado de la bobina del inyector?

¿Qué sucede cuando los o-rings están desgastados?

CONCLUSIONES.

- Usar o-rings nuevos en cada reparación de un inyector.
- Al juntar dos superficies planas, se logra un contacto adecuado para evitar la fuga de combustible a pesar de las elevadas presiones que soportan.
- Para usar repuestos de sustitución a los inyectores debemos tomar en cuenta el código marcado en cada uno de ellos y la serie marcada en la cabeza del solenoide.
- Cuando la válvula solenoide está en mal estado, no se realiza ninguna reparación, se debe adquirir una nueva.

RECOMENDACIONES.

- Sustituir el juego completo de o-rings internos y externos del inyector.
- Realizar las operaciones de reparación con mucha limpieza y orden.
- Disponer de todos los equipos necesarios para el diagnóstico de los inyectores.
- Utilizar las normas de seguridad respectivas.

BIBLIOGRAFÍA.

http://www.inetplus.com.ar/mp/mantenimiento_de_los_inyectores.htm

CAPÍTULO V

MARCO ADMINISTRATIVO

5. MARCO ADMINISTRATIVO.

5.1 RECURSOS.

Con el objetivo de desarrollar este proyecto de forma planificada, se plantea el siguiente capítulo, con el cual se analizará la optimización de los recursos: humanos, tecnológicos y materiales que son aspectos fundamentales para la puesta en marcha e incidencia del proyecto.

5.1.1 RECURSOS HUMANOS.

Para el desarrollo del proyecto de grado titulado “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN COMPROBADOR DE INYECTORES DE GRUPOS ELECTRÓGENOS DE MOTOR SERIE 3500 CATERPILLAR.”, lo más relevante fue establecer procesos investigativos y creaciones realizadas por el señor: Álvaro Gonzalo Guzmán Flores, quien desempeña el papel de investigador, creador y diseñador del proyecto.

Es importante señalar que se contó con el asesoramiento del Ing. Luis Mena designado como Director y del Ing. Juan Rocha en calidad de Codirector, quienes promovieron la investigación científica y la puesta en marcha del proyecto, así como también a los diferentes ingenieros que me han colaborado directa o indirectamente con el desarrollo del mismo.

5.1.2 RECURSOS TECNOLÓGICOS.

Para lograr cumplir con las metas planteadas, se hizo imprescindible la utilización de recursos tecnológicos como: scanner, osciloscopio, multímetro, cámara de fotos, computadoras, internet, libros, etc. los que facilitaron la tarea de investigación y desarrollo del proyecto.

5.1.3 RECURSOS MATERIALES.

Son todos los elementos físicos que fueron necesarios para la materialización del proyecto y estos son: motor eléctrico, variadores de frecuencia, cables, bomba hidráulica, tanque de aceite, mangueras hidráulicas, filtros, válvula limitadora de presión, manómetros, porta inyectores, sensor óptico, lcds, entre los más representativos.

5.2 ANÁLISIS DE COSTOS DEL PROYECTO.

En la construcción tomamos en cuenta el costo total del mismo, el cual está conformado de estructura mecánica, sistema electrónico, sistema hidráulico, sistema eléctrico, etc. De acuerdo a este resultado se determinará, si es rentable o no la ejecución del proyecto.

5.2.1 COSTO DEL DISEÑO ELECTRÓNICO.

El costo de la fabricación de las tarjetas para el comprobador de inyectores E.U.I., es de \$1175.5 dólares americanos, en el cual utilizamos diferentes materiales, programas de simulación y programación, grabadores arduino etc. Todo esto hizo posible que se llegara a concluir el diseño, a continuación observaremos en la tabla 5.1., el costo de cada parte del módulo electrónico:

Tabla 5. 1. Valor total de la parte electrónica.

Designación	Costo (USD)
Placa de control	\$87.29
Placa de potencia	\$40.61
Sensor óptico	\$24.4
Servomotor	\$69.87
Placa Sensor óptico	\$27.39
Tutoría	\$600.00
Uso de equipos y otros	\$200.00
TOTAL (+ IVA)	\$1175.5

Fuente: El autor.

5.2.2 COSTO DEL DISEÑO MECÁNICO.

El costo del diseño mecánico es de \$1300.00 usd, el cual fue invertido en materiales para la estructura, en programas para el diseño de los planos y análisis estructurales, a continuación podemos visualizar el costo más detallado en la tabla 5.2:

Tabla 5. 2. Costo del diseño mecánico.

Componentes	Cantidad	Costo (USD)
TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO $1\frac{1}{2}$	2	\$116.72
PLANCHAS DE TOOL	2	\$116.00
SOPORTE PARA LA BOMBA HIDRÁULICA	1	\$40.00
MATRIMONIO	1	\$40.00
ÁNGULO DE 1X1/8	2	\$116.72
BRIDA PARA EL CAMBOX	1	\$80.00
PROBETAS	3	\$60.00
ALQUILER EQUIPOS	5	\$730.46
	TOTAL	\$1300.00

Fuente: El autor.

5.2.3 COSTO DISEÑO HIDRÁULICO.

El costo del diseño hidráulico fue invertido en mangueras hidráulicas, acoples, filtros, válvulas, manómetros, los cuales fueron adquiridos de acuerdo a sus cálculos y selecciones adecuadas. A continuación podemos visualizar en la tabla 5.3, el costo más detallado.

Tabla 5. 3. Costo diseño hidráulico.

COMPONENTES	CANTIDAD	VALOR(USD)
UNIÓN 1/8	1	\$18.52
NEPLO JIG-NPT 9/16X1/2	1	\$15.73
NEPLO JIG-NOT 9/16X1/4	1	\$3.52
MANGUERA H. 2550 PSI 3/8	1	\$42.59
MANG P/ACEITE, GASOLINA 3/8	1	\$12.09
MANG P/ACEITE, GASOLINA ¼	1	\$10.23
FERRULA PRENSABLE 3/8	1	\$9.36
ESPIGA HEMBRA JIC 3/8	1	\$5.39
ESPIGA HEMBRA JIC ½	1	\$3.22
ESPIGA MACHO 1/2ESPIGA NPS	1	\$1.10
ESPIGA MACHO NPT ¼	1	\$7.54
FERRULA PRENSABLE ¼	1	\$4.00
ESPIGA MEGAFIT 1/8	1	\$3.45
NEPLO ¼	1	\$3.20
SUELDA DE ESTAÑO	1	\$3.20
FILTRO	1	\$29.53
VÁLVULA DE ALIVIO RV3	1	\$134.00
MANÓMETRO CL-20	1	\$84.00
VISOR SNA127BNT12	1	\$22.00
BASE DE FILTRO	1	\$35.00
NEPLO 5406	2	\$4.00
NEPLO 184304	1	\$5.00
FILTRO STNA46052	1	\$25.00
L075B	1	\$25.00
	TOTAL(+IVA)	\$611.45

Fuente: El autor.

5.2.4 COSTO DISEÑO ELÉCTRICO.

El costo del diseño eléctrico fue invertido en variadores de frecuencia, motores eléctricos, un tablero de control, usamos los más comerciales y detallamos de mejor manera en la tabla 5.4.

Tabla 5. 4. Costo diseño eléctrico.

COMPONENTES	CANTIDAD	VALOR(USD)
VARIADOR DE FREC. 1HP	1	\$350.00
MOTOR 1HP TRIFÁSICO	1	\$150.00
MOTOR 4.8HP TRIFÁSICO	1	\$250.00
PROGRAMACIÓN/INSTALACIÓN	1	\$575.45
TABLERO METÁLICO	1	\$95.00
BREKER 3P 10AMP, 20AMP	2	\$48.72
BREKER 3P 40AMP	1	\$45.00
SELECTORES 2P	2	\$51.28
RELÉS ENCAPSULADOS	2	\$44.50
BASES SOCKETS	2	\$39.00
INDICADORES DE LED	2	\$33.92
LUCES PILOTO VERDE	2	\$38.24
CABLEADO	1	\$12.05
	TOTAL	\$1723.16

Fuente: El autor.

5.3 COSTO NETO DEL BANCO DE PRUEBAS.

Una vez determinados todos los costos del comprobador de inyectores, se procede a sumar y obtener el valor neto del proyecto. Cabe recalcar, que no se ha tomado en cuenta el valor de las licencias de los programas y utilitarios informáticos, pero si aumentamos el valor de mano de obra y viáticos, visualizar más especificado en la tabla 5.5.

Tabla 5. 5. Costo neto del banco de pruebas.

COSTO	CANTIDAD	VALOR(USD)
Diseño estructura metálica	1	\$1300.00
Diseño electrónico	2	\$1175.50
Diseño hidráulico	1	\$611.45
Diseño eléctrico	1	\$1723.16
Acabados	1	\$81.76
Mano de obra y viáticos	1	\$1000
	Total	\$5891.87

Fuente: El autor.

5.4 ANÁLISIS DEL COSTO VERSUS EL BENEFICIO.

Al efectuar un balance entre el gasto económico junto con los logros obtenidos, se observa que el proyecto titulado “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN COMPROBADOR DE INYECTORES DE GRUPOS ELECTRÓGENOS DE MOTOR SERIE 3500 CATERPILLAR.”, ha cumplido con las expectativas pues se constituye en un aporte para la comunidad y colectividad como proyecto aplicable para la COMPAÑÍA DE ALQUILER Y SUMINISTRO PETROLERO RS ROTH S.A.

Como resultado tenemos un comprobador de inyectores de similares prestaciones y características que un banco de inyectores marca Bosch, construido aplicando tecnología intelectual Ecuatoriana, y con un costo realmente bajo, tomando en cuenta que en el mercado cuesta alrededor de 20000 dólares.

5.5 CRONOGRAMA.

El cronograma de actividades muestra en detalle la duración de cada etapa de trabajo, para el desarrollo del proyecto de tesis y podemos visualizarlo en el anexo D.

CONCLUSIONES.

- La implementación del comprobador de inyectores E.U.I. y M.U.I., para la Compañía de Alquiler y Suministro Petrolero Rs Roth S.A., se considera un aporte trascendental para la colectividad, ya que se da solución a la necesidad de contar con un equipo de pruebas adecuado para esta clase de inyectores y de bajo costo, siendo un proyecto aplicable para un taller de mantenimiento y reparación diesel.
- La investigación y el asesoramiento de varias empresas expertas en el área de sistemas diesel como GALARDIESEL, RS ROTH S.A., fueron primordial en la construcción de este proyecto de tesis, ya que la información proporcionada fue de gran ayuda.
- El comprobador de inyectores es un 99% conveniente debido a las facilidades de manejo que el comprobador presenta y sobre todo a su bajo costo económico que es de 5000 dólares americanos comparado con los equipos convencionales alemanes o bancos chinos los que están entre 25000 y 120000 dólares americanos.
- Una vez realizadas las pruebas a los inyectores nuevos los caudales medidos en las probetas son 100% eficientes, respecto a las características y parámetros de operación del inyector, garantizando una excelente eficiencia y trabajo.
- La selección y el diseño de la parte mecánica fue indispensable para poder lograr obtener un comprobador con suficiente peso y robusto, es decir muy estable cuando empieza a trabajar.
- Analizamos que el cambox es un dispositivo mecánico de simple manejo para probar inyectores bomba (CATERPILLAR), el cual simula que se encuentra el inyector trabajando en los cabezotes del motor, con la ventaja que se lo puede montar en cualquier banco clásico y de cualquier fabricante.

- Gracias al uso de los convertidores DC-DC en la placa de potencia del módulo electrónico, pudimos transformar corriente continua de una tensión a otra, pudiendo obtener el voltaje de 115 voltios para la activación de la bobina del inyector electrónico E.U.I., y así poder cerrarla para que se produzca la alta presión dentro del inyector y pueda pulverizar en el cilindro.
- Para la programación usamos el hardware arduino siendo una plataforma basada en una pequeña placa con entradas y salidas (E/S), analógicas y digitales, favoreciéndonos para poder usar el Microcontrolador Atmega 8 un chip sencillo y de bajo costo que nos permitió desarrollar nuestro diseño en las placas de control y de potencia correspondientes al módulo electrónico.
- El uso de los variadores de frecuencia nos ayudó a obtener un sistema para el control de la velocidad rotacional de los motores eléctricos trifásicos utilizados en nuestro comprobador, por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor hace posible que el operario pueda aumentar o disminuir las revoluciones que serán necesarias variar en las pruebas de arranque, ralentí, y media carga.

RECOMENDACIONES.

- Motivar e incentivar la realización de estos proyectos, que fortalecen el aprendizaje y la enseñanza de nuestra carrera Ingeniería Automotriz.
- Para todas las pruebas realizadas tomar en cuenta que la diferencia de nivel de cada medida depositada en las probetas debe estar en un rango de 10% de nivel para que el inyector se encuentre en buen estado, comparando con los valores de los inyectores nuevos.
- Cuando el sistema hidráulico no trabaja, aliviar la presión a través de las válvulas de alivio al tanque, para evitar el consumo innecesario de potencia.
- Verificar el nivel de fluido de calibración para evitar daños al sistema hidráulico.
- Verificar el indicador de saturación del filtro de retorno, para determinar el estado del combustible.
- No encender el equipo de diagnóstico, sin antes ajustar el cambox a la base-yunque del comprobador.
- Verificar que se encuentre bien acoplado el cambox con el eje del motor eléctrico por medio del matrimonio.
- Después de cada prueba apagar el módulo E.U.I., para evitar que se recaliente.
- Utilizar las normas de seguridad respectivas para salvaguardar la integridad del operador y del equipo de diagnóstico.
- Para programar las revoluciones necesarias en los variadores de frecuencia, tenemos que apagar el variador, seleccionamos los datos de las revoluciones y presionamos doble enter para que se pueda grabar en el driver de la memoria del variador.

BIBLIOGRAFÍA.

- Farrango, R. (2005). *Circuitos Neumáticos Eléctricos e Hidráulicos*. España: Marcombo.
- Mott, R. (2006). *Diseño de Elementos de Máquinas* (4ta ed.). México: Pearson Education.
- Roldan, J. (1998). *Neumática Hidráulica y Electricidad Aplicada* (6ta ed.). Madrid, España: Paraninfo.
- Villalba, C. (2011). *Metodología de la Investigación Científica*. Ecuador: Sureditores.

NETGRAFÍA.

- <https://safety.cat.com/cda/layout?x=7&f=383986>
- <http://facilitadorfp.wordpress.com/2012/11/01/el-rincon-del-mecanico-cat/>
- <http://es.scribd.com/doc/40222361/Caterpillar-3500>
- <http://www.hidraulicaprado.com/pdf/hidraulica.pdf>
- <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-seleccion-y-aplicacion-de-motores-electricos-articulo-tecnico-espanol.pdf>
- <http://www.ineleq.com/pdf/Isis/Variadores%20de%20Frecuencia/Manual%20de%20Variador%20IG5A.pdf>
- <http://www.jaltest.com/es/herramientas-de-diagnosisis/banco-de-pruebas-electronico/>
- <http://www.injectronix.com/es/product.php?pid=53>
- <http://www.arduino.cc/es/>

ANEXO A
MANUAL DE MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN DEL
COMPROBADOR DE INYECTORES E.U.I. Y M.U.I.
CATERPILLAR SERIE 3500.



NOTA IMPORTANTE:

LEA DETENIDAMENTE LAS INSTRUCCIONES DE USO CORRESPONDIENTES, ANTES DE MANIPULAR Y/O HACER FUNCIONAR LA MÁQUINA, PARA EVITAR POSIBLES ACCIDENTES. EN CASO DE DUDA O AVERÍA CONSULTE A SU FABRICANTE.

- **DATOS DEL FABRICANTE Y SERVICIO TÉCNICO.**

Tabla No. 1: Datos del fabricante.

FABRICANTE	Álvaro Guzmán
DIRECCIÓN	Imbabura-Ibarra
PAÍS	Ecuador
TELÉFONO	0985743199
E-MAIL	alvarogonzaloguzman1988@yahoo.es

Fuente: Grupo de investigación.

- **IDENTIFICACIÓN DE LA MÁQUINA.**

Tabla No. 2: Identificación de la máquina.

MÁQUINA	Comprobador de inyectores
FABRICANTE	Álvaro Guzmán
AÑO DE CONSTRUCCIÓN	2013
SUMINISTRO ELÉCTRICO	110-220V, 3 fases 50-60 Hz.
CAPACIDAD DEL TANQUE	48 Litros

PESO	350 Kg
LIQUIDO DE CALIBRACIÓN	Viscor ISO 4113 – diesel
PRESIÓN DEL SISTEMA	60 – 70 psi
NÚMERO INYECCIONES	1 – 3000 en medición continua
ANCHO DE PULSO	0 – 3 milisegundos
PANTALLAS	Lcds sencillas

Fuente: Grupo de investigación.

• **USO Y DESCRIPCIÓN PARA REALIZAR EL MANTENIMIENTO.**

La persona encargada de realizar el mantenimiento del comprobador de inyectores, debe disponer de un juego de llaves para poder acceder a los compartimentos internos.

La finalidad del mantenimiento es asegurar el correcto estado y funcionamiento de la máquina, y la persona encargada debe efectuar reparaciones y manipulaciones en las zonas hidráulicas, mecánicas y eléctricas. El mantenimiento del comprobador de inyectores se realizará en función de su uso.

• **REPOSICIÓN DEL FILTRO DE ASPIRACIÓN DE COMBUSTIBLE.**

Para reponer el filtro de aspiración realizamos los siguientes pasos:

- 1.- El comprobador debe estar apagado.
- 2.- Con una llave de diez milímetros aflojamos los cuatro pernos de la tapa frontal del comprobador y la sacamos.
- 3.- Ubicamos el tanque de combustible y procedemos a sacar los cuatro pernos de la tapa superior del tanque con una llave de nueve milímetros.

4.- En la parte interior del tanque de combustible se encuentra el filtro de aspiración de 25 um, el cual tiene una rosca de plástico y para sacarlo procedemos a girar hacia la izquierda.

5.- Una vez sacado procedemos a cambiarlo y realizamos inversamente todos los pasos descritos.

- **REPOSICIÓN DEL FILTRO DE RETORNO DE COMBUSTIBLE.**

Para reponer el filtro de retorno realizamos los siguientes pasos:

El filtro tiene un manómetro de identificación del estado en que se encuentra, normalmente cuando el indicador se encuentra en rojo debemos de cambiarlo inmediatamente.

1.- Con una llave de diez milímetros aflojamos los cuatro pernos de la tapa frontal del comprobador y la sacamos.

2.- Identificamos el filtro de retorno de combustible y con una cadena para aflojar filtros o manualmente podemos aflojar girando hacia la izquierda.

3.- Una vez sacado el filtro procedemos a cambiarlo y realizamos inversamente todos los pasos descritos.

- **INSPECCIÓN.**

Se recomienda una inspección diaria de todo el comprobador para encontrar piezas dañadas o fallas leves. El comprobador debe ser monitoreado durante la operación para identificar anomalías.

- **LIMPIEZA.**

Se tiene que mantener todos los componentes del comprobador completamente limpios y libres de polvo, limalla u otros que afecten la

limpieza del combustible. Se recomienda realizar la limpieza antes de usar el comprobador y después de haberlo usado.

- **AJUSTES.**

Analizar todos los tornillos de la estructura que llegaran a aflojarse debido a las vibraciones, de ser necesario realizar un apriete severo.

- **ENCENDIDO DEL COMPROBADOR DE INYECTORES.**

- 1.- Usar equipo de protección, gafas y guantes.
- 2.- Verificar que el comprobador de inyectores se encuentre libre de suciedad para evitar daños en el sistema de alimentación de combustible.
- 3.- Verificar que los componentes y sistemas estén en posición óptima para que entren en funcionamiento.
- 4.- Conectamos la red trifásica por medio del conector.



Figura 1: Conexión a la red trifásica.

Fuente: Grupo de investigación.

- 5.- Montamos el cambox al comprobador de inyectores con cualquiera de los inyectores E.U.I. o M.U.I., Caterpillar serie 3500., y lo sujetamos

fuertemente en la base; tomar en cuenta el armado del cambox en el capítulo cuatro.

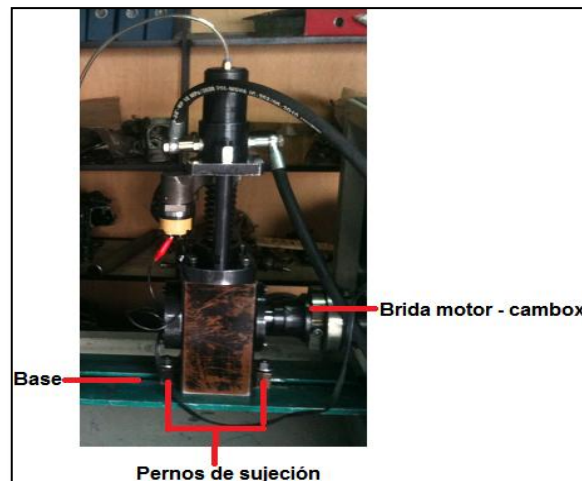


Figura 2: Montaje y sujeción del cambox.

Fuente: Grupo de investigación.

6.- Conectamos las mangueras de alimentación y retorno de combustibles al inyector y la manguera de salida de combustible desde el inyector a la probeta.

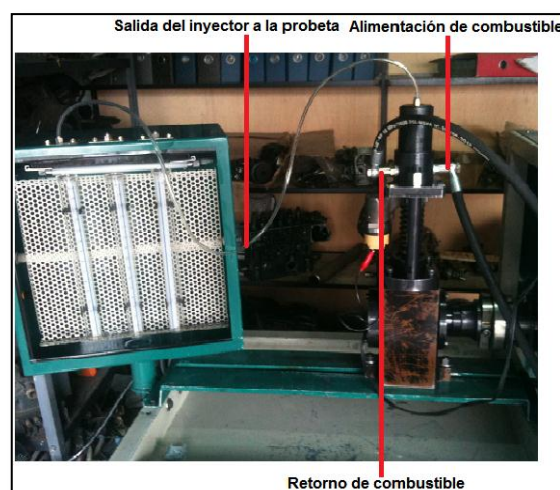


Figura 3: Conexión de mangueras al cambox.

Fuente: Grupo de investigación.

7.- Activamos el breker del motor eléctrico de 10 HP, especificado en la figura: 4, para encenderlo y dar movimiento al eje de leva, y continuamente en el variador vamos a elegir las revoluciones que nosotros queramos dependiendo de la prueba.

8.- Activamos el segundo breker que pertenece al motor de 1 HP, este se encenderá y dará el giro a la bomba de transferencia, además en el variador de frecuencia de 1 HP de igual manera daremos las revoluciones que nosotros queramos normalmente 200 rpm.

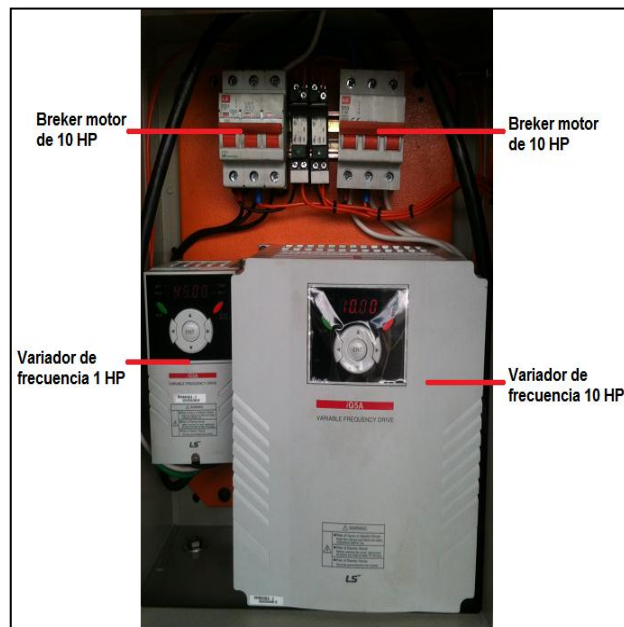


Figura 4: Switchs de encendido del comprobador.

Fuente: Grupo de investigación.

- **ENCENDIDO DEL MÓDULO E.U.I. CATERPILLAR SERIE 3500.**

1. Conectamos la fuente de 110 V a la red, el cable de salida de pulsos eléctricos lo conectamos a la bobina solenoide del inyector, la salida del servomotor, y la señal del sensor.

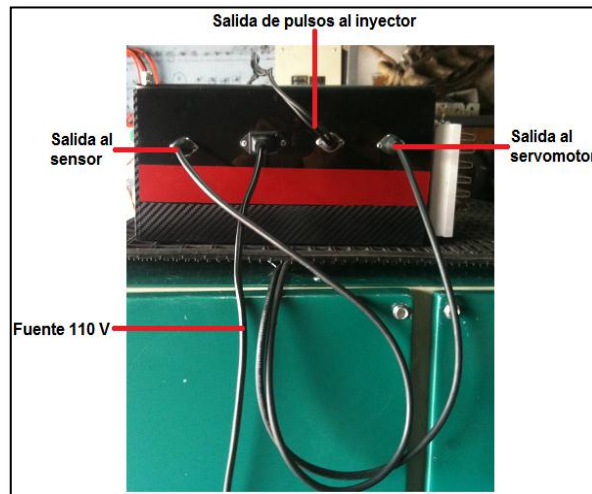


Figura 5: Conexión de cables al módulo E.U.I.

Fuente: Grupo de investigación.

2. Una vez realizada la conexión procedemos a encender el switch principal el cual dará la activación, luego encendemos el switch de control y el switch de la fuente.

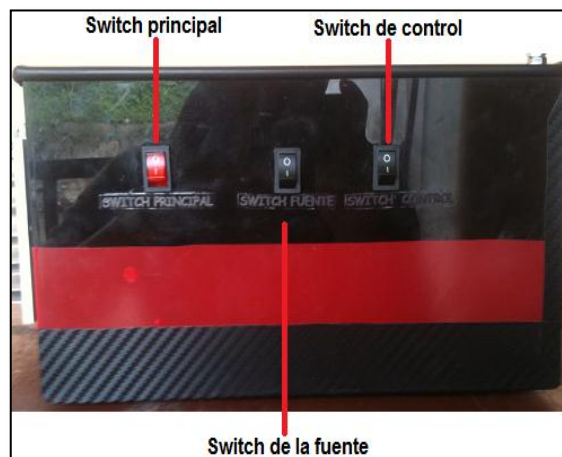


Figura 6: Encendido del módulo E.U.I.

Fuente: Grupo de investigación.

3. Activados los switches se encuentra encendido el módulo E.U.I., a continuación podemos regular el LCD de control con las teclas que se

encuentran a la derecha, la cual podemos subir o bajar el valor necesario con las teclas en cruz, junto a ellas tenemos la tecla OK la cual es como un enter, y el reset nos ayudara a iniciar nuevamente el programa.

En el LCD del conversor manejamos el valor necesario con las teclas amarillas, la primera corresponde al inicio del programa al 50%, la segunda nos ayuda a subir el porcentaje, la tercera a bajar el porcentaje, y la cuarta corresponde al reset.

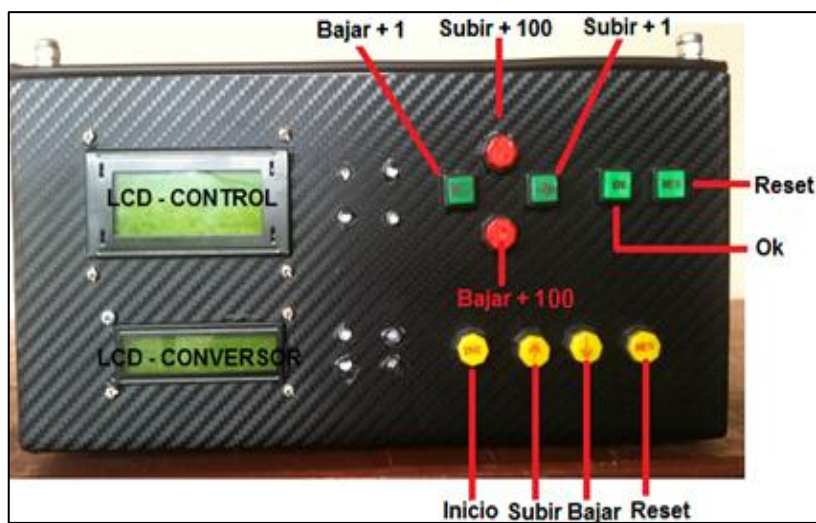


Figura 7: Módulo E.U.I., identificación.

Fuente: Grupo de investigación.

Para una mejor guía del manejo del módulo podemos guiarnos a través del siguiente diagrama de flujo:

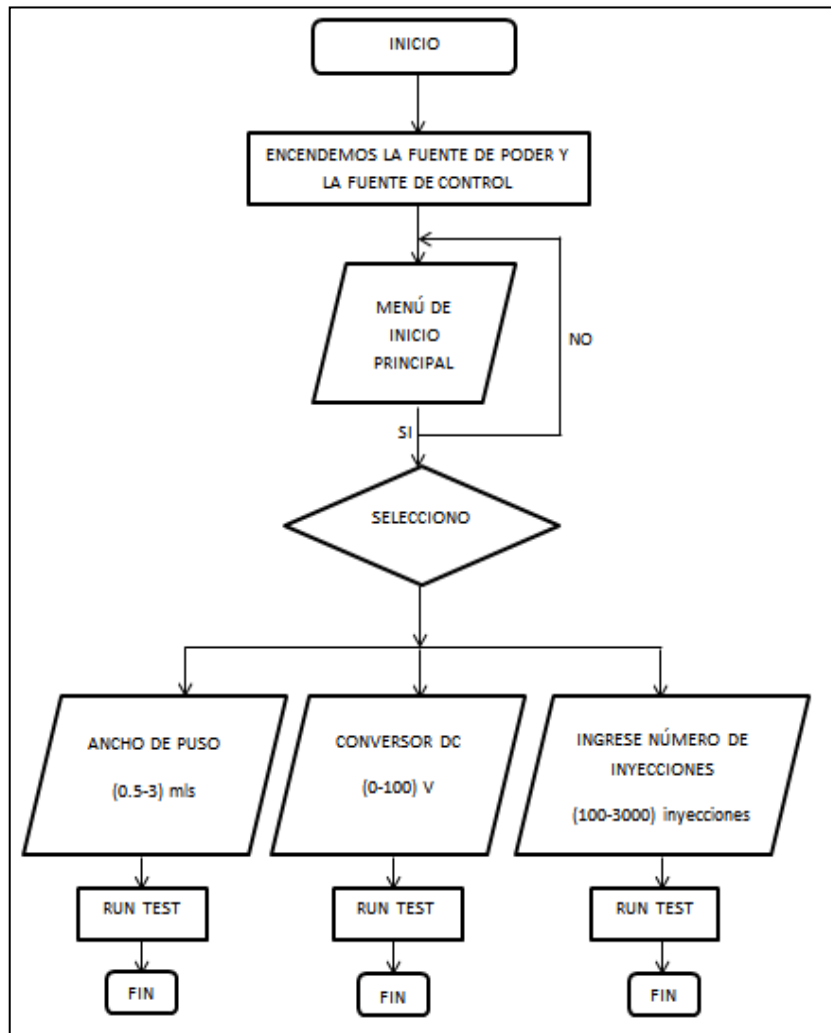


Figura 8: Diagrama de flujo del módulo E.U.I.

Fuente: Grupo de investigación.

- **VARIADOR DE FRECUENCIA.**

1. Una vez encendidos los breker del tablero eléctrico se activan los variadores de frecuencia, los cuales vamos a regular las revoluciones necesarias manejando los botones descritos en la siguiente figura.

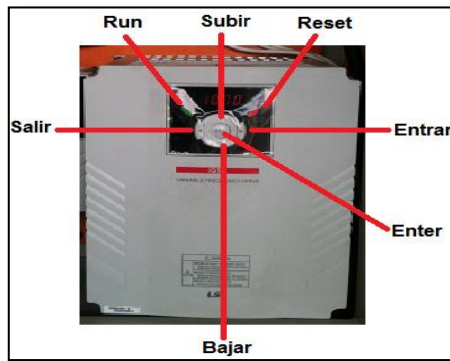


Figura 9: Identificación del variador de frecuencia.

Fuente: Grupo de investigación.

Una vez realizado los pasos anteriores debemos tomar en cuenta las normas de seguridad necesarias para poder trabajar dentro de la compañía.

- **SEÑALES DE SEGURIDAD.**

La normalización de señales y colores de seguridad sirve para evitar, en la medida de lo posible, el uso de palabras en la señalización de seguridad. A continuación detallaremos las principales señales de seguridad:



Riesgo eléctrico

- **SEÑALES DE OBLIGATORIEDAD.**

Obligatorio llevar todos los equipos de protección que detallaremos a continuación:



Protección obligatoria de la vista



Protección obligatoria de la cabeza.



Protección obligatoria de las manos.



Protección obligatoria de los pies.

ANEXO B
PLANOS DE LA ESTRUCTURA DEL COMPROBADOR DE
INYECTORES E.U.I. Y M.U.I. CATERPILLAR SERIE 3500
REALIZADOS EN EL PROGRAMA SOLID WORKS.

ANEXO C
PROGRAMACIÓN EN ARDUINO

PROGRAMACIÓN CON EL SOFTWARE LIBRE “ARDUINO”.

Los programas hechos con Arduino se dividen en tres partes principales: estructura, valores (variables y constantes), y funciones. El Lenguaje de programación Arduino se basa en C/C++.

A continuación vamos a comenzar a detallar cada parte de la programación del circuito de conmutación sincronizado para los inyectores Caterpillar, partiremos por la inclusión de las librerías necesarias para visualización y manejo de la parte mecánica que es la aleta comandada por el servomecanismo implementado en las probetas:

```
#include <LiquidCrystal.h>
#include <Servo.h>
```

Estas dos líneas de código serán necesarias para poder adicionar al sistema una pantalla LCD de 16 columnas por 4 filas, y el control del servomotor.

A continuación de la librería del servo se crea un objeto de tipo myservo, que servirá de acá en adelante para el movimiento entre 0 y 180 grados a la bandeja implementada de la parte física del sistema como se indica a continuación:

```
Servo myservo;
```

Se procede a llamar a un método o conocido comúnmente como función, para el previo seteo de los pines para el manejo del LCD que se adiciona en hardware con arduino, veamos a continuación:

```
LiquidCrystal lcd (13, 12, 11, 10, 9, 8);
```

Continuamos nuevamente con la pre configuración de los pines declarándolos con diferentes nombres a los que vienen por defecto en la IDE de arduino veamos a continuación:

```
#define    up    A1
#define    down  A3
#define    left  A2
#define    right A4
#define    ok    A5

#define    iny1  4
#define    ledA  5
#define    ledB  6
#define    ledC  7
```

Como se ve anteriormente se tienen detallados los botones que posteriormente realizan las operaciones de seteo y manipulación de los datos en el manejo de las funciones del sistema electrónico, seguido por la salida que controla el inyector, unos led's de apoyo para visualización de las funciones del sistema y como se implementó posteriormente la etapa del servomecanismo el pin 6 o más conocido por código con el nombre de ledB, se utilizara para ese fin de control del servomotor.

Como en esta forma de programación que es indirecta ya que no se acceden de forma directa a preguntar el estado de los botones sino solo a través de banderas o variables de tipo booleana, cada botón tiene su correspondiente bandera de verificación para el software detallando a continuación estas líneas de código:

```
boolean    fup;
boolean    fdown;
```

```
boolean    fleft;  
boolean    fright;  
boolean    fok;  
boolean    fAP=0;
```

Para finalizar con la parte de las variables globales creamos las siguientes que se utilizan en el transcurso de la programación:

```
int    x,cont;  
int    limite = 30000;  
int    inyecciones;  
int    AnchoPulso=500;
```

Comenzamos con otro sector del código que es la función void Setup, en donde se aclaran o se definen de forma definitiva que funciones realizarán los pines del arduino, ciertas inicializaciones de las librerías y en fin todas las configuraciones de los módulos internos del controlador para el posterior funcionamiento del banco de inyectores:

```
void setup()  
{
```

```
    Serial.begin(9600);  
    lcd.begin(16, 4);  
    pinMode(up,INPUT);  
    pinMode(down,INPUT);  
    pinMode(left,INPUT);  
    pinMode(right,INPUT);  
    pinMode(ok,INPUT);  
    pinMode(2,INPUT);
```

Habilito comunicación serial para poder depurar código con la pc.

Configuro el tipo de LCD a manejar 16X4.

Configuración de las entradas de cada pin para los botones e interrupción externa para la

```
digitalWrite(up,HIGH);
digitalWrite(down,HIGH);
digitalWrite(left,HIGH);
digitalWrite(right,HIGH);
digitalWrite(ok,HIGH);
digitalWrite(2,HIGH);
```

Activo las resistencias de pull-up internas para las entradas.

```
pinMode(iny1,OUTPUT);
pinMode(ledA,OUTPUT);
pinMode(ledB,OUTPUT);
pinMode(ledC,OUTPUT);
```

Configuración de salidas para el inyector, servomotor y led's de apoyo.

```
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Cargando ");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Aplicacion ");
lcd.setCursor(-4,2);
lcd.print("Inyectores ");
lcd.setCursor(-4,3);
lcd.print("Caterpillar ");
```

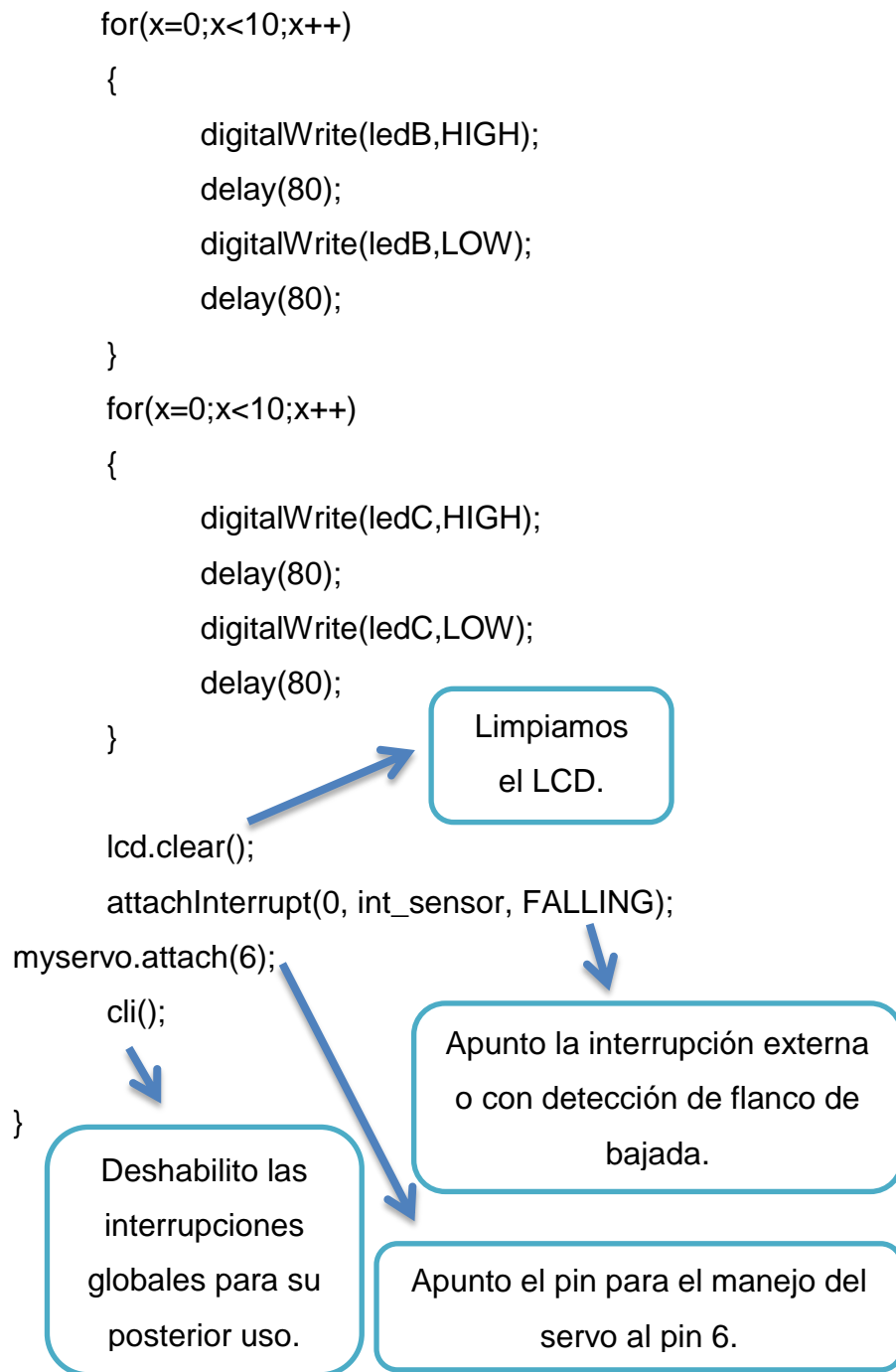
Impresión en la LCD del mensaje de inicio en el sistema.

```
delay(2000);
```

Retardo de 2 segundos para inicializar el sistema

```
for(x=0;x<10;x++)
{
digitalWrite(ledA,HIGH);
delay(80);
digitalWrite(ledA,LOW);
delay(80);
}
```

A continuación se usan "fors" para un juego de luces que realiza la espera y fin de la carga del sistema para proceder a su uso.



Se logró detallar anterior mente cada sector de funcionamiento y configuración del método de inicialización del micro controlador con arduino.

Comenzamos con el funcionamiento en sí de la programación del controlador de inyectores Caterpillar, con el lazo principal o mejor conocido como void Loop, que es la función o método donde siempre se ejecutan las acciones que maneja en sí al sistema completo, se va a desglosar por sectores cada parte de los códigos para ir explicando de mejor manera toda la programación.

Dentro del lazo:

```
void loop()  
{  
}
```

Se ve inicialmente un while finito que sirve para configurar el ancho del pulso que se va a manejar a través de la interrupción externa dada por la leva y así sincronizar la activación del inyector para que pueda presurizar en la cámara y llegar a hacer la inyección final en el sistema a continuación viene el código:

```
while(fAP==0)  
{  
  lcd.setCursor(0,0);  
  lcd.print("Ancho de pulso: ");  
  lcd.setCursor(0,1);  
  lcd.print(AnchoPulso);  
  lcd.setCursor(12,1);  
  lcd.print("us.");  
  fup =digitalRead(up);  
  fdown =digitalRead(down);  
  fleft =digitalRead(left);  
  fright =digitalRead(right);  
  fok =digitalRead(ok);
```



```
if(fup==0)
{
  while(fup==0){fup =digitalRead(up);}
  AnchoPulso++;
  if(AnchoPulso>=3000){AnchoPulso=3000;}
}
```

```
if(fdown==0)
{
  while(fdown==0){fdown =digitalRead(down);}
  AnchoPulso--;
  if(AnchoPulso<1){AnchoPulso=0;}
}
```

```
if(fright==0)
{
  while(fright==0){fright =digitalRead(right);}
  AnchoPulso=AnchoPulso+100;
  if(AnchoPulso>=3000){AnchoPulso=3000;}
}
```

```
if(fleft==0)
{
  while(fleft==0){fleft =digitalRead(left);}
  AnchoPulso=AnchoPulso-100;
  if(AnchoPulso<1){AnchoPulso=0;}
}
```

```
if(fok==0)
{
  while(fok==0){fok =digitalRead(ok);}
}
```

```
    lcd.clear();  
    delay(100);  
    cli();  
    fAP=1;  
}  
delay(100);  
}
```

Esta función inicialmente se activa con la bandera explicada al inicio del código fAP y sirve para mantener dentro de la misma la ejecución de las funciones que realiza dicha función.

Primero se inicia con la impresión del texto para ayudar al usuario a configurar que cantidad de ancho de pulso desea utilizar para la activación del inyector en el banco se define desde un mínimo igual a 500 micro segundos hasta un máximo de 3000 micro segundos que es igual a 3 milisegundos, se procede a realizar una lectura de cada pin para saber cuál de ellos fue utilizado y así poder hacer los incrementos o decrementos del valor que será utilizado para la apertura del inyector.

Realizada previamente la lectura de los pines o botones, se compara con sentencias de pregunta como son los if, que nos ayudan a verificar que ocurrió en cada acción que realiza esta función general, así pudiendo incrementar o decrementar con los botones UP y DOWN respectivamente en unidades a la variable AnchoPulso para su posterior uso con la interrupción, de igual manera se puede hacerlo con los botones RIGHT y LEFT para incrementar o decrementar de 100 en 100 la variable Ancho de Pulso.

Por último se tiene la Comparación del botón OK, para saber si queremos acabar esta configuración inicial que se le da al sistema.

En el momento que se aplasto la letra OK, se entra a esa comparación asociada y se limpia la LCD, se mantienen deshabilitadas las interrupciones y por último se limpia la bandera de la función while ósea fAP=1, para salir de esta etapa de seteo.

Como nota importante se tienen programados para cada comparación de botón un anti rebote por software que simplemente se queda haciendo un test al pin para saber si se mantiene presionado o no y así poder realizar o no la acción definida para cada botón.

Continuamos con el resto del código en el programa o laso principal que se detalla a continuación:

```
lcd.setCursor(0,0);  
  lcd.print(" Ingrese número ");  
  lcd.setCursor(0,1);  
  lcd.print(" Inyecciones  ");  
  
  lcd.setCursor(-4,2);  
  lcd.print(inyecciones);  
  lcd.print("  ");  
  
  fup  =digitalRead(up);  
  fdown =digitalRead(down);  
  fleft =digitalRead(left);  
  fright =digitalRead(right);  
  fok  =digitalRead(ok);  
  
  if(fup==0)  
  {
```

```
while(fup==0){delay(100);fup=digitalRead(up);}
inyecciones++;
if(inyecciones >= limite)
{
    inyecciones=30000;
}
}

if(fdown==0)
{
    while(fdown==0){delay(100);fdown=digitalRead(down);}
    inyecciones--;
    if(inyecciones < 1)
    {
        inyecciones=0;
    }
}

if(fright==0)
{
    while(fright==0){delay(100);fright=digitalRead(right);}
    inyecciones=inyecciones+100;
    if(inyecciones >= limite)
    {
        inyecciones=30000;
    }
}

if(fleft==0)
{
    while(fleft==0){delay(100);fleft=digitalRead(left);}
}
```

```
inyecciones=inyecciones-100;
if(inyecciones < 1)
{
  inyecciones=0;
}
}
```

```
if(fok==0)
{
  myservo.write(10);
  lcd.clear();
  delay(100);
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Sist.Funcionando");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("Num-INY: ");
  lcd.print(cont);
  sei();
  while(cont < inyecciones)
  {
    lcd.setCursor(10,1);
    lcd.print(cont);
  }
  cont=0;
  myservo.write(170);
  inyecciones=0;
  delay(2000);
  lcd.setCursor(-4,2);
  lcd.print("Finalizo ");

  lcd.setCursor(-4,3);
```

```
    lcd.print("      ");  
    cont=0;  
    delay(2000);  
    //cli();  
    lcd.clear();  
  
    asm volatile(" jmp 0 ");  
}
```

En esta sección se ve que se hace una impresión en la LCD para configurar la cantidad de inyecciones en el sistema y poder encender al sistema en sí.

De igual manera se preguntan los estados de los botones para saber si se incrementará o no la cantidad de inyecciones en el sistema o no.

Con los botones UP, DOWN, LEFT y RIGHT se procede a subir o bajar la cantidad de inyecciones de uno en uno o de 100 en 100 respectivamente.

Cuando se presiona el botón OK, el programa ingresa a su función correspondiente y realiza la activación de las interrupciones externas con la función sei(), dando inicio a la cuenta de pulsos según el sensor para sincronizar el sistema con el movimiento del eje que maneja la leva del inyector, cada cuenta se realiza en una función independiente al programa principal ya que es un evento externo tan rápido que el sistema sigue en sus funciones atendiendo a esta función normalmente conocida como vector interrupción externa en donde se hace el incremento de una variable contador y activando al inyector por el periodo de tiempo anteriormente configurado en el sistema.

Como adicional después de la activación de las interrupciones se mueve el mecanismo del servo para dejar entrar el líquido a las probetas para hacer la lectura posterior de las inyecciones durante el número de inyecciones en el sistema anteriormente configuradas.

Al finalizar la función while interna que permite esperar e imprimir el número de inyecciones, se mueve el servo motor para no dejar el ingreso del líquido hacia las probetas ya que la prueba finalizo en ese instante y se lanza un mensaje a continuación para saber con la LCD que finalizo la prueba, se encera el contador de las inyecciones que maneja la interrupción de deshabilitan las interrupciones y finalmente con la siguiente función se resetea internamente el programa para que se lo pueda volver a reutilizar y así poder realizar nuevas pruebas:

```
asm volatile(" jmp 0 ");
```

Por ultimo detallamos la función que se maneja con la interrupción externa al sistema:

```
void int_sensor()
{
    cli();
    cont++;
    digitalWrite(iny1,HIGH);
    delayMicroseconds(AnchoPulso);
    digitalWrite(iny1,LOW);
    sei();
}
```

Terminado la parte de la programación vamos a explicar el diseño del hardware para su control.

**ANEXO D
CRONOGRAMA**

ANEXO E
ARTÍCULO CIENTÍFICO

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN COMPROBADOR DE INYECTORES DE GRUPOS ELECTRÓGENOS DE MOTOR SERIE 3500 CATERPILLAR

Álvaro Guzmán¹ Luis Mena² Juan Rocha³

¹²³Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE
Latacunga, Márquez de Maenza S/N Latacunga, Ecuador

Email: alvarogonzaloguzman1988@yahoo.es, lamena@espe.edu.ec, jhonroch23@yahoo.es

RESUMEN.

El presente artículo muestra el diseño y construcción de un comprobador de inyectores de grupos electrógenos de motor serie 3500 Caterpillar.

Se describen los parámetros a tomar en consideración para su diseño, los componentes a usar durante la construcción del comprobador.

ABSTRACT.

This article sample design and construction of an injector tester motor generator sets Caterpillar 3500 series.

Parameters to consider for your design, the components to be used during construction of the tester are described.

I. INTRODUCCIÓN.

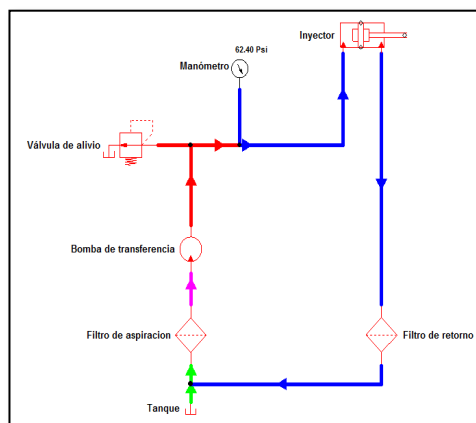
En nuestro ámbito de estudio se encuentra muy limitada la información sobre el diseño y construcción de comprobadores de inyectores E.U.I y M.U.I de motor serie 3500 CATERPILLAR, lo que nos lleva a desarrollar este proyecto tomando en consideración todos los factores que influyen en su funcionamiento de acuerdo al campo sobre el cual se va a desempeñar y obviamente estando en capacidad de desarrollarlo.

Prácticamente, este proyecto no existe en nuestro país, es por eso que la Compañía de Alquiler y Suministro Petrolero RS ROTH, necesita de este equipo, con el objetivo principal de facilitar el diagnóstico de los

inyectores E.U.I y M.U.I en la misma empresa.

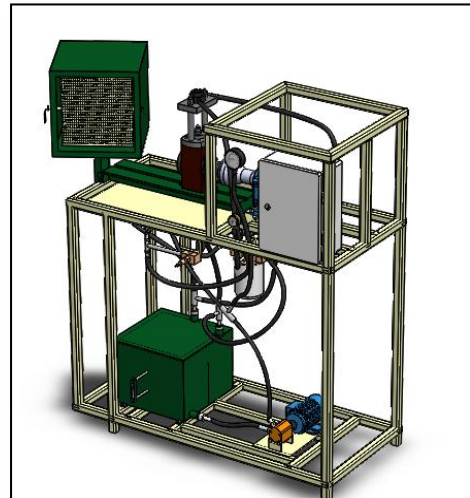
II. DISEÑO HIDRÁULICO.

El diseño lo realizamos con la ayuda de Automación Studio 5.2. Usaremos un tanque de 48 litros, una bomba de transferencia de 21 lt/min, un filtro de aspiración de 25 μ m, un filtro de retorno de 125 μ m, una válvula reguladora de presión de 50-300 psi, mangueras hidráulicas de 300 psi.



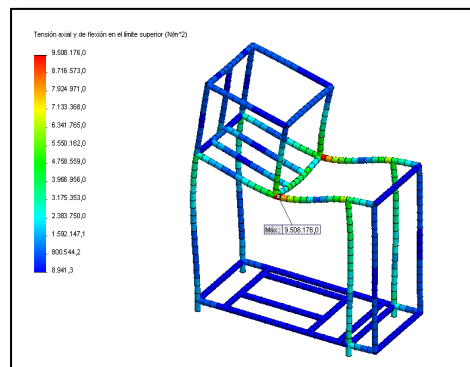
II. DISEÑO MECÁNICO.

Para el diseño mecánico de la estructura del banco de pruebas E.U.I. y M.U.I., se utilizó el programa de diseño SolidWorks, el cual permite el desarrollo de diseños y nos permite realizar cálculos rápidos y exactos.



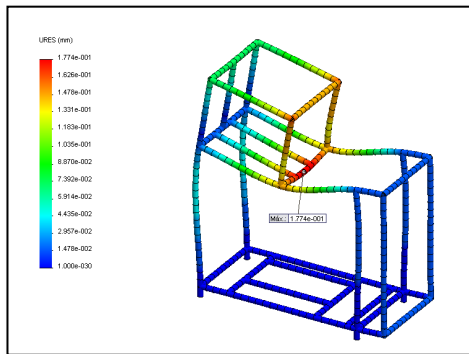
a. ESFUERZOS.

El acero ASTM A36 tiene un límite elástico de 250 MPa. El análisis realizado por el método de elementos finitos en el programa SOLIDWORKS 2013, para este análisis utilizamos un tipo de malla de viga y un número total de nodos de 584, además un número total de elementos de 478, este análisis nos dio como resultado un esfuerzo máximo de 9 MPa, lo que quiere decir que la estructura puede soportar más de 27 veces el esfuerzo.



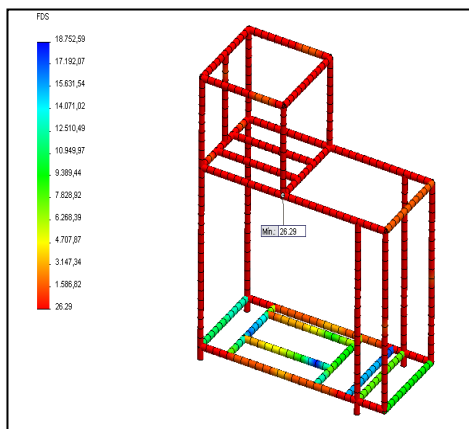
b. DESPLAZAMIENTOS.

La estructura tiene un desplazamiento máximo de $1.77e-001$ mm, lo cual nos indica que tiene un desplazamiento ideal ya que se encuentra bajo el rango máximo que es $2e-011$.



c. FACTOR DE SEGURIDAD.

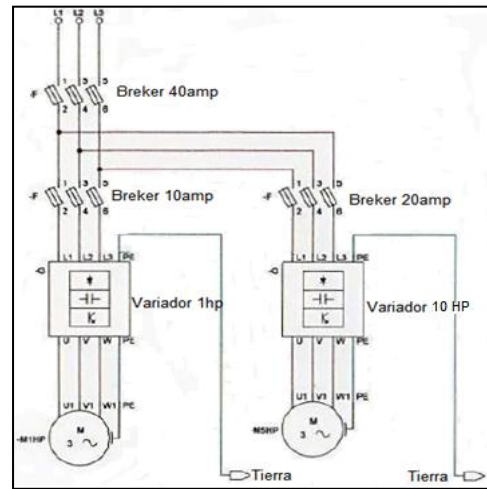
El factor de seguridad de la estructura mínimo es de 26, lo que es muy factible y eficiente. Podemos interpretarlo asimilando que la estructura soportara 26 veces el peso montado en ella.



III. DISEÑO ELÉCTRICO.

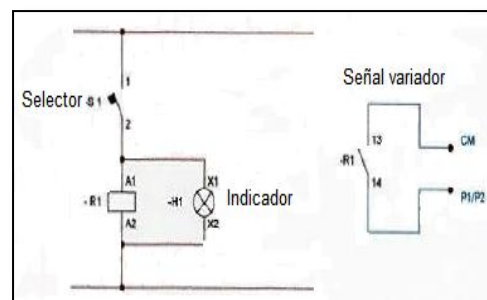
a. CIRCUITO DE FUERZA.

El circuito de fuerza se compone de fusibles, contactos de la línea y elementos calentadores de las protecciones térmicas. Por el circuito de fuerza la energía eléctrica de la corriente trifásica va al devanado del estator gobernado.



b. CIRCUITO DE CONTROL.

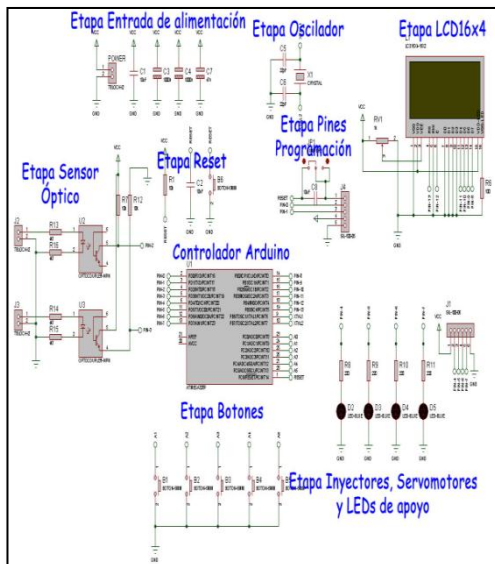
El circuito de mando del arrancador se compone de un cuadro de dos botones: (arranque) y (stop), que conecta la bobina del interruptor magnético el bloque de contacto y los contactos de la protección térmica, el circuito de mando sirve para gobernar el variador.



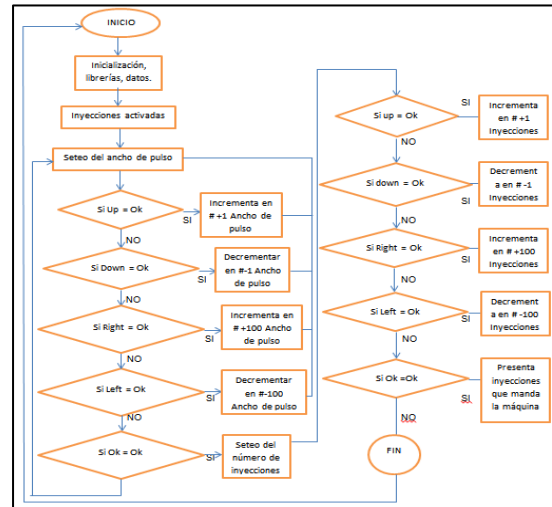
IV. DISEÑO ELECTRÓNICO.

Se implementaron 8 partes bien definidas que son:

- *Entrada de alimentación.*
- *Oscilador 16MHz.*
- *Botón de reseteo.*
- *Visualizador LCD de 16x4 presenta información.*
- *Zócalo de programación.*
- *Entrada para Sensor óptico.*
- *Botonera.*
- *Salidas para inyector, servomotor y led's de apoyo.*



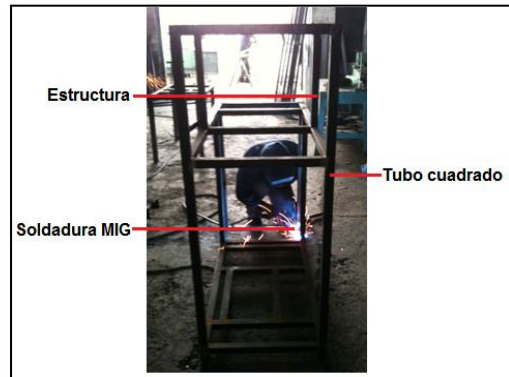
A continuación vamos a revisar el diagrama de flujos lógico correspondiente a la forma de trabajo del módulo electrónico.



V. CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL COMPROBADOR DE INYECTORES.

a. ESTRUCTURA METÁLICA.

Para la construcción de la estructura, se utilizó tubo estructural cuadrado cuyas medidas son de 40x40 mm y espesor 1.5 mm de acero ASTM 569.

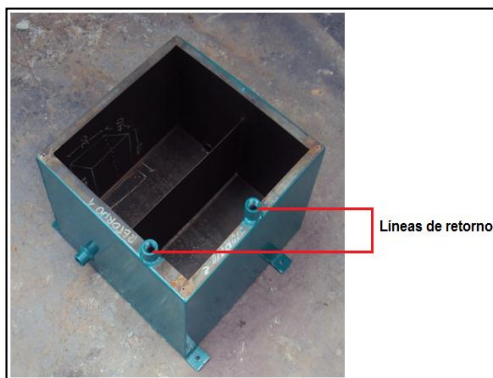


A continuación vamos a revisar el diagrama de flujos lógico correspondiente a la forma de trabajo del módulo electrónico.



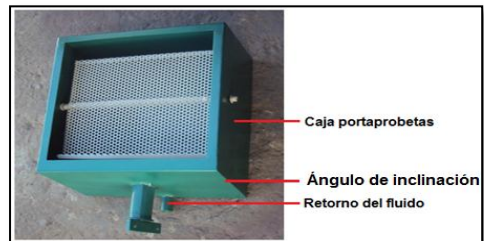
b. CONSTRUCCIÓN DEL DEPÓSITO DE COMBUSTIBLE.

La forma del tanque es rectangular con las siguientes dimensiones: base 0.40 cm, altura 0.40 cm y profundidad 30 cm, fabricado en acero ASTM A36.

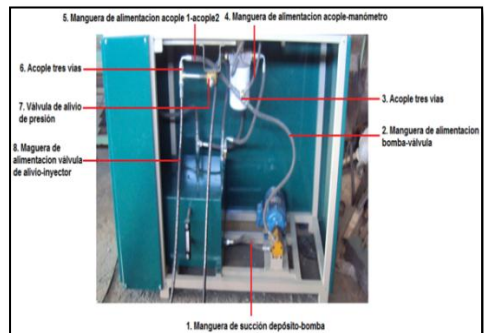


c. CONSTRUCCIÓN DEL PORTAPROBETA.

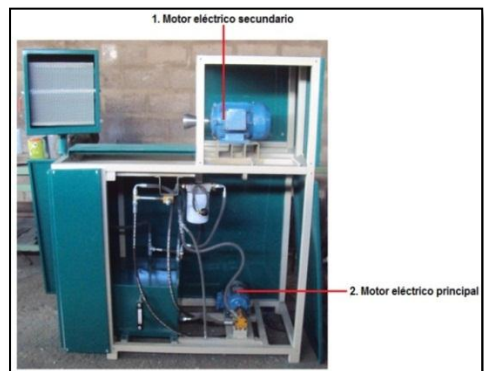
Su estructura fue diseñada para tres probetas, tiene un ángulo de inclinación de 60 grados para que pueda recogerse adecuadamente el fluido y retorne al tanque.



d. MONTAJE DEL SISTEMA HIDRÁULICO.



e. MONTAJE DEL SISTEMA ELÉCTRICO.



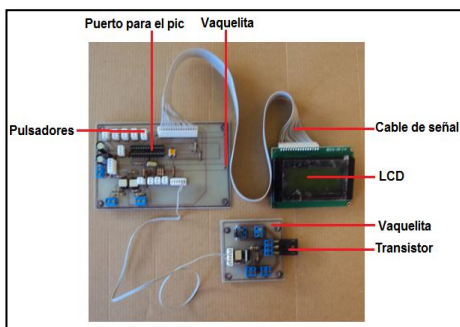


f. MONTAJE DEL SISTEMA ELECTRÓNICO.

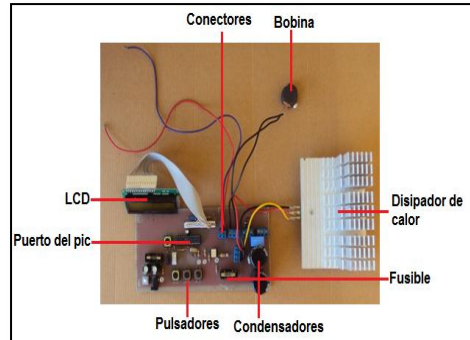
El montaje del sistema electrónico lo realizamos en una caja de acrílico, el motivo fue aislar rotundamente todas las placas de la parte metálica para evitar cortocircuitos.



g. PLACAS DE POTENCIA.

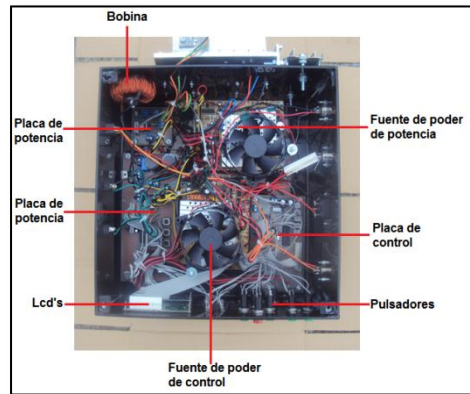


h. PLACAS DE CONTROL.



i. MONTAJE DE LAS FUENTES DE PODER Y PLACAS.

Vista superior de la parte interna de la caja de acrílico, donde observamos, dos fuentes de poder, una placa de control, una placa de potencia, una bobina, cables, pulsadores, ventiladores, los cuales vamos a detallar en la figura.



VI. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.

- Vamos a realizar tres pruebas importantes en el caso del inyector electrónico E.U.I.:

La prueba de arranque, se la realiza a 150 rpm, 1.5 ms, 40% (115v), y 100 inyecciones.

La prueba de ralentí, se la realiza a 300 rpm, 1.5 ms, 40% (115v), y 100 inyecciones.

La prueba de media carga, se la realiza a 450 rpm, 1.5 ms, 40% (115v), y 100 inyecciones.

- Vamos a realizar tres pruebas importantes en el caso del inyector mecánico M.U.I.:

La prueba de arranque, se la realiza a 150 rpm, 2.5 cm avance de cremallera, y 100 inyecciones.

La prueba de ralentí, se la realiza a 300 rpm, 2.5 cm avance de cremallera, y 100 inyecciones.

La prueba de media carga, se la realiza a 450 rpm, 2.5 cm avance de cremallera, y 100 inyecciones.

VII. DATOS INICIALES DEL CAUDAL MEDIDO A LOS INYECTORES NUEVOS E.U.I. y M.U.I., CATERPILLAR SERIE 3500.

Realizadas las pruebas a los inyectores nuevos, con los resultados del caudal medido tomaremos de referencia para comparar a los inyectores usados y verificar su estado.

RS ROTH EQUIPOS PETROLEROS						
COMPROBACIÓN DE INYECTORES EN EL BANCO						
TIPO DE INYECTOR: Mecánico M.U.I. SERIE: 3516						
Nota	Inyector Nuevo					
	Pruebas	RP M	Número de Inyección	Presión (psi)	Avance Cremallera (mm)	Caudal (ml)
Prueba 1	Arranque	150	100	60	2.5	30
	Ralentí	300	100	60	2.5	53
	Media	450	100	60	2.5	50

RS ROTH EQUIPOS PETROLEROS						
COMPROBACIÓN DE INYECTORES EN EL BANCO						
TIPO DE INYECTOR: Electrónico E.U.I. SERIE: 3516						
Nota	Inyector Nuevo					
	Pruebas	RP M	Número de Inyección	Presión (psi)	Tiempo (ms)	Caudal (ml)
Prueba 1	Arranque	150	100	60	1.5	20
	Ralentí	300	100	60	1.5	40
	Media	450	100	60	1.5	35

VIII. CONCLUSIONES.

- La implementación del comprobador de inyectores E.U.I. y M.U.I., para la Compañía de Alquiler y Suministro Petrolero Rs Roth S.A., se considera un aporte trascendental para la colectividad, ya que se da solución a la necesidad de contar con un equipo de pruebas adecuado para esta clase de inyectores y de bajo costo, siendo un proyecto aplicable para un taller de mantenimiento y reparación diesel.
- La investigación y el asesoramiento de varias empresas expertas en el área de sistemas diesel como GALARDIESEL, RS ROTH S.A., fueron primordial en la construcción de este proyecto de tesis, ya que la información proporcionada fue de gran ayuda.
- El comprobador de inyectores es un 99% conveniente debido a las facilidades de manejo que el comprobador presenta y sobre todo a su bajo costo económico que es de 5000 dólares americanos comparado con los equipos convencionales alemanes o bancos chinos los que están entre 25000 y 120000 dólares americanos.
- Una vez realizadas las pruebas a los inyectores nuevos los caudales medidos en las probetas son 100% eficientes, respecto a las características y parámetros de operación del inyector, garantizando una excelente eficiencia y trabajo.
- La selección y el diseño de la parte mecánica fue indispensable para poder lograr obtener un comprobador con suficiente peso y robusto, es decir muy estable cuando empieza a trabajar.
- Analizamos que el cambox es un dispositivo mecánico de simple manejo para probar inyectores bomba (CATERPILLAR), el cual simula que se encuentra el inyector trabajando en los cabezotes del motor, con la ventaja que se lo puede montar en cualquier banco clásico y de cualquier fabricante.
- Gracias al uso de los convertidores DC-DC en la placa de potencia del módulo

electrónico, pudimos transformar corriente continua de una tensión a otra, pudiendo obtener el voltaje de 115 voltios para la activación de la bobina del inyector electrónico E.U.I., y así poder cerrarla para que se produzca la alta presión dentro del inyector y pueda pulverizar en el cilindro.

- Para la programación usamos el hardware arduino siendo una plataforma basada en una pequeña placa con entradas y salidas (E/S), analógicas y digitales, favoreciéndonos para poder usar el Microcontrolador Atmega 8 un chip sencillo y de bajo costo que nos permitió desarrollar nuestro diseño en las placas de control y de potencia correspondientes al módulo electrónico.
- El uso de los variadores de frecuencia nos ayudó a obtener un sistema para el control de la velocidad rotacional de los motores eléctricos trifásicos utilizados en nuestro comprobador, por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor hace posible que el operario

pueda aumentar o disminuir las revoluciones que serán necesarias variar en las pruebas de arranque, ralentí, y media carga.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Farrango, R. (2005). Circuitos Neumáticos Eléctricos e Hidráulicos. España: Marcombo.
- Mott, R. (2006). Diseño de Elementos de Máquinas (4ta ed.). México: Pearson Education.
- Roldan, J. (1998). Neumática Hidráulica y Electricidad Aplicada (6ta ed.). Madrid, España: Paraninfo.
- Villalba, C. (2011). Metodología de la Investigación Científica. Ecuador: Sureditores.

BIBLIOGRAFÍA



Álvaro Guzmán, nació en Ibarra, Ecuador. Es Ingeniero Automotriz, presta sus servicios profesionales como jefe en mantenimiento de maquinaria pesada.



Luis Mena, nació en Ambato, Ecuador. Es Ingeniero Automotriz, sus estudios universitarios los realizó en la EX-URSS Universidad "Amistad de Los Pueblos" de MOSCÚ, Facultad de Termodinámica y Motores Térmicos, Docente tiempo completo en la Escuela Politécnica del Ejército desde 1989, Imparte servicios de asesoramiento capacitación en

Diseño Construcción y Mantenimiento en Motores de Combustión Interna Diesel-Gasolina.



Juan Carlos Rocha, nació en Quito, Ecuador, Es ingeniero Automotriz, dispone estudios de Posgrado en Sistemas Automotrices, Autotrónica, Docencia Universitaria, Docente Tiempo Parcial en la Escuela Politécnica del Ejército desde 2008. Dedicado a servicios de asesoramiento y capacitación en el campo automotriz.

REGISTRO DE LA PUBLICACIÓN

FECHA RECEPCIÓN:	21-02-2014
FECHA ACEPTACIÓN:	24-02-2014
REVISADO POR:	Ing. Luis Mena Ing. Juan Rocha

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
EXTENSIÓN LATACUNGA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por el señor Álvaro
Gonzalo Guzmán Flores bajo mi supervisión

.....
ING. LUIS MENA
DIRECTOR DEL PROYECTO

.....
ING. JUAN ROCHA
CODIRECTOR DEL PROYECTO

.....
ING. JUAN CASTRO
DIRECTOR DE LA CARRERA

.....
DR. FREDDY JARAMILLO CHECA
SECRETARIO ACADÉMICO