

Universidad Internacional del Ecuador



Facultad De Ingeniería Automotriz

Tema:

“Implementación de brida y acople al Banco de Calibración de Bombas de Inyección a Diésel COM-EMC para prueba de bomba de inyección Tipo A de Hino EB300 para camión.

Trabajo de Titulación Previa a la Obtención del Título de Ingeniera Automotriz

Autor:

Abel Efraín Lucín Figueroa

Director

Ing. Adolfo Peña P., Msc

Guayaquil, Junio 2019

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

CERTIFICADO

Ing. Adolfo Juan Peña Pinargote Msc.

CERTIFICA: Que el trabajo titulado “**Implementación de brida y acople al Banco De Calibración de Bombas de Inyección a Diésel COM-EMC para prueba de bomba de Inyección Tipo A de Hino EB300 para camión.**”, realizado por el estudiante **Abel Efraín Lucín Figueroa**, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple las normas estatutarias establecidas por la Universidad Internacional del Ecuador, en el Reglamento de Estudiantes. Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional. El mencionado trabajo consta de un empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat. Autoriza al señor: **Abel Efraín Lucín Figueroa**, que lo entregue a biblioteca de la Facultad, en su calidad de custodia de recursos y materiales bibliográficos.

Guayaquil, junio 2019

Ing. Adolfo Juan Peña Pinargote Msc.

Director del Proyecto.

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Abel Efraín Lucín Figueroa**

DECLARO QUE:

La investigación de cátedra denominada: **“Implementación de brida y acople al Banco De Calibración De Bombas De Inyección a Diésel COM-EMC para prueba de bomba de inyección Tipo A de Hino EB300 para camión.”**, 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, apoyados en la guía constante de mi docente.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico para la Facultad de Ingeniería Automotriz.

Guayaquil, junio 2019

Abel Efraín Lucín Figueroa
C.I: 0924098485

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN

Yo, Abel Efraín Lucín Figueroa

Autorizo a la Universidad Internacional del Ecuador, la publicación en la biblioteca virtual de la Institución, de la investigación de cátedra: **“Implementación de brida y acople al Banco de Calibración de Bombas de Inyección a Diésel COM-EMC para prueba de bomba de inyección TIPO A de HINO EB300 para camión.”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Guayaquil, junio 2019

Abel Efraín Lucín Figueroa
C.I: 0924098485

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICADO	ii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN	iv
INDICE DE TABLA.....	xi
RESUMEN	xii
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. Introducción	1
1.2. Definición del problema.....	2
1.3. Formulación del problema	3
1.4. Delimitación del contenido de la investigación	3
1.5. Objetivos de la investigación	3
1.5.1. Objetivo general	3
1.5.2. Objetivos específicos	3
1.6. Justificación de la investigación	3
1.6.1. Justificación teórica.....	3
1.6.2. Justificación metodológica.....	4
1.6.3. Delimitación geográfica	4
1.6.4. Delimitación del contenido	4
1.7. Hipótesis	5
1.7.1. Variables de hipótesis	5
1.7.2. Operacionalización de variables	5
CAPÍTULO II	6
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	6
2.1. El motor de combustion interna	6
2.1.1. Bosquejo histórico del motor Diesel	6

2.2.	Principios básicos de inyección de combustible	7
	Situación actual del motor Diesel y el de gasolina	7
2.2.1.	Sistema de alimentación de combustible	7
2.2.2.	Inyección de combustible.....	7
2.2.3.	Inyección mecánica de combustible Diésel	8
2.2.4.	Cámaras de combustión	8
2.2.5.	Sistema de inyección Diésel.....	9
2.2.6.	Bomba de inyección.....	9
2.3.	Tipos de bombas de inyección diesel.....	12
2.3.1.	Bomba de inyección en línea estándar PE	12
2.3.2.	Componentes de la bomba en línea.....	13
2.3.2.1.	Tipos de bomba en línea	14
2.3.3.	Bomba de inyección rotativa de embolo axial.	16
2.3.4.	Bomba de inyección individual PF.	17
2.3.5.	Unidad de bomba-inyector UIS.	18
2.3.6.	Unidad bomba-tubería-inyector UPS.....	18
2.4.	Inyector de combustible.	21
2.4.1.	Funcionamiento del inyector.....	21
2.4.2.	Tipos de Inyectores	22
2.4.2.1.	Inyector mecánico	22
2.4.2.2.	Inyector electrónico.....	22
2.4.3.	Ventajas del sistema de inyección.....	23
2.5.	Bancos de calibración	24
2.5.1.	Datos principales del banco de calibración.....	26
2.5.2.	Características Del Banco De Calibración.....	26
2.5.3.	Funciones Del Banco De Calibración.....	26
2.5.4.	Datos de fabricación que determina el fabricante.....	27

2.5.5.	Características Del Banco De Calibración	27
2.5.6.	Funciones Del Banco De Calibración	28
2.5.7.	Estructura principal del banco de pruebas	29
2.5.7.1.	Cuerpo Principal Del Banco De Pruebas	29
2.5.7.2.	Sistema De Medición De La Inyección	30
2.5.7.3.	Sistemas del banco de calibración.....	30
2.5.7.4.	Sistema De Transmisión	31
2.5.8.	Proceso de trabajo del sistema de alimentación	32
2.5.9.	Funcionamiento del sistema de diésel en el banco de prueba.....	32
	Prueba de aceite.....	32
2.5.10.	Arranque del motor de la bomba del banco para alimentar con diésel el sistema	33
2.5.11.	Control de la temperatura del combustible	33
2.5.12.	Ajuste de la presión del aceite.....	33
2.5.13.	Sistema de Vacío y Presión de Aire	34
2.5.14.	Subsistema hidráulico	34
2.5.15.	Subsistema neumático	34
2.5.15.1.	Regulación de la presión positiva	35
2.5.15.2.	Regulación de la presión negativa.....	35
2.5.16.	Sistema Eléctrico.....	35
2.5.17.	Regulador de velocidad.....	36
2.5.18.	Display del panel digital.....	36
2.5.19.	Información Del Software.....	36
2.5.20.	Manejo del banco de calibración para su funcionamiento	36
2.6.	Software SIEMENS NX 10.0	37
	CAPÍTULO III.....	38
	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN	38

3.1	Pasos previos a la prueba	38
3.1.1	Diseño de partes y piezas	38
3.1.1.1	Diseño de pieza 1: Brida #1	39
3.1.1.2	Diseño de pieza 2: Brida #2	40
3.1.1.3	Diseño de pieza 3: Sujetador de brida.....	46
3.1.1.4	Diseño de pieza 4: Pernos para base sujetadora de bombas de inyección	47
3.2	Elaboración de piezas y partes	47
3.3	Presupuesto de diseño y elaboración de piezas y partes	52
3.4	Comprobación de inyectores para óptimo funcionamiento.	52
3.5	Implementación de bridas y bombas de inyección	54
3.5.1	Herramientas y bridas para el montaje de la bomba	54
3.5.2	Proceso de montaje de bomba de inyección en línea.....	54
3.6	Pasos antes de la pruebas	59
3.6.1	Inicio de la prueba.....	60
3.6.2	Resultados de la investigación	63
CAPÍTULO IV.....		66
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		66
4.1.	Conclusiones	66
4.2.	Recomendaciones.....	67
Bibliografía		68
ANEXOS		71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Banco de pruebas universal.....	1
Figura 2. Ubicación geográfica de la Universidad Internacional Sede Guayaquil.....	4
Figura 3. Alimentación de combustible.....	7
Figura 4. Bomba de Inyección en línea	9
Figura 5. Esquina de principio de Pascal	11
Figura 6. Bomba en línea.....	13
Figura 7. Partes de la bomba en línea.....	14
Figura 8. Partes internas bomba tipo P	15
Figura 9. Esquema de una bomba lineal.....	16
Figura 10. Bomba de inyección rotativa de embolo axial	17
Figura 11. Bomba de inyección individual PF	18
Figura 12. Bomba-Inyección	18
Figura 13. Unidad bomba-tubería-inyector (UPS)	19
Figura 14. Esquema interno de una unidad bomba-tuberia.intector.....	20
Figura 15. Inyector de combustible Diésel.....	21
Figura 16. Inyector de orificios(A) e inyector de espiga (B) (Sanchez, 2009)	22
Figura 17. Inyector electrónico (Inyeccionelectromotores, 2019)	23
Figura 18. Banco de calibración de bombas a diésel com-emc.....	25
Figura 19. SIEMENS NX10.0 brida #1- 2D	39
<i>Figura 20.</i> SIEMENS NX 10.0 – EXTURSION BRIDA #1.....	40
<i>Figura 21.</i> SIEMENS NX 10.0 Brida #2- 2D.....	41
<i>Figura 22.</i> SIEMENS NX 10.0 Brida #2.....	41
Figura 23. Simulacion avanzada en el programa SIEMENS NX 10.0.....	42
Figura 24. Mallado 3D- SIEMENS NX 10.0	43
Figura 25. Aplicación de propiedades fisicas- SIEMENS NX 10.0.....	43
Figura 26. Aplicación de torque para simulación- SIEMENS NX 10.0	44
Figura 27. Simulacion de la primera tension principal- SIEMENS NX 10.0	45
Figura 28. Simulacion de la primera tension principal- SIEMENS NX 10.0	45
Figura 29. Pieza de acole.....	46
Figura 30. Pernos para base de brida.....	47
Figura 31. Colocación de buril	48
Figura 32. Elaboración de brida #1	48

Figura 33. Elaboración de puntas laterales.....	49
Figura 34. Brida#1 finalizada.....	49
Figura 35. Elaboración de brida #2	50
Figura 36. Brida #2 finalizada.....	50
Figura 37. Pernos base de banco de prueba.....	51
Figura 38. Sujetadores de brida	51
Figura 39. Inyector 3.5 pulgadas	52
Figura 40. Comprobación de inyectores.....	52
Figura 41. Montaje los inyectores en el banco de pruebas de bombas COM-EMC	53
Figura 42. Herramientas y Bridas.....	54
Figura 43. A.Pernos corredizos B.Base de bomba	55
Figura 44. A. Colocación de brida 1 B. Ajuste de perno de bomba.....	55
Figura 45. Colocación de segunda brida	56
Figura 46. A. Dado especial B. Brida #2.....	56
Figura 47. Ajuste de mordaza con brida utilizando llave allen.	57
Figura 48. Comprobación de alineación de la bomba de inyección.....	57
Figura 49. Colocación de cañerías	58
Figura 50. Colocación de mangueras de entrada y retorno de combustible.....	58
Figura 51. Proceso de acoplamiento de las bombas en el banco de prueba de bombas diesel.....	59
Figura 52. Banco de datos listo para inicio de prueba.....	60
Figura 53. Tablero digital del banco de prueba.....	60
Figura 54. Tiempo de conteo de inyección en el panel de control de banco de pruebas	61
Figura 55. Resultados de prueba #1	63
Figura 56. Alimentación de combustible por medio de gravedad desde un cilindro	64
Figura 57. Prueba #2	65

INDICE DE TABLA

Tabla 1. Operacionalización de variables	5
Tabla 2. Propiedades acero ASTM.....	38
Tabla 3. Presupuesto de gastos	52

RESUMEN

La Universidad Internacional del Ecuador adquirió un banco de calibración de bombas a diésel COM-EMC cuya potencia es de 15 KW para uso de la Facultad De Ingeniería en Automotriz; con la finalidad de que los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Automotriz cumplan con horas de prácticas en el Taller de la Facultad en mención. Pero se presentó una problemática; el banco de calibración de bombas a Diésel COM-EMC no se encuentra en funcionamiento, por el motivo que requería el diseño, elaboración e implementación de piezas y partes para poder comprobar productos modernos a diésel de alta presión. Piezas tales como la brida y acoples de bombas que sirven para sujetar una bomba de inyección al banco de calibración, permitiendo realizar evaluaciones previas de las condiciones de calidad de un sistema. Es así que, a través de una investigación de campo, tipo aplicada, de diseño observacional, con método de muestreo probabilístico, y enfoque mixto, se implementó la brida y acople al banco de calibración de bombas de inyección a diésel COM-EMC para prueba de bomba marca HINO (Camiones y buses). Los resultados fueron los siguientes: Exceso de combustible, se ajusta perno de tope caudal. Se presenta calibración estándar en los 6 inyectores en pulverización del combustible. Se deberá calibrar 1 de los 6 inyectores. Presión de arranque perfecto: perfecta implementación de brida y acoplamiento al banco de calibración de bombas de inyección a diésel COM-EMC para prueba de bomba de inyección Tipo A de Hino EB300 para camión y la presión estándar es 20 RPM.

Palabras claves: Banco de calibración. Bomba a Diésel. Brida y acople.

ABSTRACT

The International University of Ecuador acquired a calibration bench for diesel pumps COM-EMC whose power is 15 KW for use by the Faculty of Automotive Engineering; with the purpose that the students of the Career of Automotive Engineering fulfill hours of practices in the Workshop of the Faculty in mention. But there was a problem; The COM-EMC Diesel pump calibration bank is not in operation, for the reason that required the design, development and implementation of parts to be able to check modern high-pressure diesel products.

Parts such as the flange and pump couplings that are used to hold an injection pump to the calibration bench, allowing previous evaluations of the quality conditions of a system. Thus, through field research, applied type, observational design, probabilistic sampling method, and mixed approach, the flange was implemented and coupled to the calibration bench of diesel injection pumps COM-EMC for testing of HINO brand pump (Trucks and buses). The results were as follows: Excess fuel, adjusting flow stop bolt. Standard calibration is presented in 5 of the 6 injectors in fuel spray. One of the 6 injectors should be calibrated. Perfect starting pressure: 120 and perfect implementation of flange and coupling to the calibration bench of diesel injection pumps COM-EMC for injection pump test Type A of Hino EB300 for truck and the standard pressure is 20 RPM.

Keywords: Calibration bank. Diesel pump. Flange and coupling.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción

“El considerable desarrollo tecnológico en la actualidad, ha permitido la creación de sistemas de inyección diésel que trabajan de manera más eficiente, lo que genera un avance semejante en el desarrollo de máquinas diseñadas para el diagnóstico de estos sistemas” (Bermeo, 2017). Por dicha razón en el año 2016, la Universidad Internacional del Ecuador adquirió un banco de calibración de bombas a Diésel COM-EMC cuya potencia es de 15 KW para uso de la Facultad De Ingeniería Automotriz; con la finalidad de que los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Automotriz cumplan con horas de prácticas en el Taller de la Facultad en mención.

“El banco COM-EMC se diseñó bajo un nuevo tipo de conversión de frecuencia y de regulación paso a paso de velocidad para probar bombas de inyección de combustible, que es medido y controlado por la computadora en tiempo real” (Bermeo, 2017). Parámetros tales como velocidad de rotación, temperatura, conteos de inyección, presión de aire y ángulo de avance, etc., se muestran en el ordenador. Sirve para probar equipos de motores diésel, automóviles y tractores, así como productos ideales de bombas para reparación. Es decir, es un equipo que permite formalizar evaluaciones previas de las condiciones de calidad de un sistema. (Bermeo, 2017), como se muestra en la figura 1.



Figura 1.Banco de pruebas universal
(Bosh, 2018)

A través de una investigación de campo, con método de muestreo probabilístico, y enfoque cualitativo se busca el diseñar e implementar las piezas al banco de calibración de bombas de inyección a diésel COM-EMC, para bombas lineales Tipo A de Hino EB300, las cuales son el soporte de la mismas para poder realizar las pruebas correspondientes.

1.2. Definición del problema

Por tanto, el presente trabajo de investigación, busca viabilizar el montaje de diferentes juegos de equipamientos o sistemas, posterior a los resultados obtenidos con la implementación de brida y acople para prueba con una bomba de inyección Tipo A de Hino EB300.

Pero se presenta una problemática; el banco de calibración de bombas a diésel COM-EMC no se encuentra en funcionamiento, siendo que requiere la implementación de piezas y partes para poder comprobar productos modernos a diésel de alta presión. Piezas tales como la bridas y acoples de bombas que sirve para sujetar una bomba de inyección al banco de calibración, permitiendo realizar evaluaciones previas de las condiciones de calidad de un sistema. El banco de calibración de bombas a diésel COM-EMC de la Universidad Internacional Del Ecuador, no se encuentra en óptimo funcionamiento y no ha sido utilizado en 2 años.

Este proyecto se basa en EL PLAN DE DESARROLLO 2017-2021 TODA UNA VIDA, Eje 2: ECONOMÍA AL SERVICIO DE LA SOCIEDAD. OBJETIVO 5: IMPULSAR LA PRODUCTIVIDAD Y COMPETITIVIDAD PARA EL CRECIMIENTO ECONÓMICO SOSTENIBLE DE MANERA RETRIBUTIVA Y SOLIDARIA, por el motivo que se está fomentando el desarrollo de capacidades para resolver problemas en un taller y generar soluciones como en el caso de este proyecto donde se describe como se puso en funcionamiento un banco de prueba para bombas lineal y rotativas diésel, donde se diseñaron bridas, acoples y pernos. También se basa en la línea de conocimiento de la UIDE, el cual es denominado Gestión del conocimiento.

1.3. Formulación del problema

¿Es posible el funcionamiento óptimo del Banco de calibración de bombas de inyección a diésel COM-EMC de la Facultad de Ingeniería Automotriz con la implementación de la brida o acople para bomba de inyección Tipo A de Hino EB300 para camión?

1.4. Delimitación del contenido de la investigación

La información detallada en el presente trabajo, se fundamenta en el Manual De Operación Del Banco De Calibración De Bombas A Diésel COM-EMC. Trabajo De Titulación De Ingeniero En Mecánica Automotriz, Autor: Jorge Adrián Bermeo Ayora.

1.5. Objetivos de la investigación

1.5.1. Objetivo general

Implementar brida y acople al banco de calibración de bomba de inyección a diésel COM-EMC para prueba de bomba de inyección TIPO A de HINO EB300 para camión.

1.5.2. Objetivos específicos

1. Diseñar y elaborar piezas para la implementación de brida y acople al banco de calibración de bomba de inyección a diésel COM-EMC para prueba de bomba de inyección TIPO A de HINO EB300 para camión.
2. Determinar pasos a seguir para implementación de brida y acople al banco de calibración COM-EMC.
3. Realizar prueba de acoplamiento de bridas al banco de calibración COM-EMC con bomba de inyección TIPO A de HINO EB300 para camión.

1.6. Justificación de la investigación

1.6.1. Justificación teórica

Búsqueda sistematizada de teoría sobre bombas de inyección a diésel, piezas y partes de acople con el banco de calibración de bombas de inyección a diésel COM-EMC.

1.6.2. Justificación metodológica

Investigación de campo, tipo aplicada, de diseño observacional IN SITU, con método de muestreo probabilístico, y enfoque cualitativo se busca la implementación de brida y acople al banco de calibración de bombas de inyección a diésel COM-EMC para prueba bomba de inyección TIPO A de HINO EB300 para camión.

1.6.3. Delimitación geográfica

El estudio se desarrollará en la ciudad de Guayaquil, en la Facultad de Ingeniería Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador, extensión Guayaquil, como se observa en la figura 2.

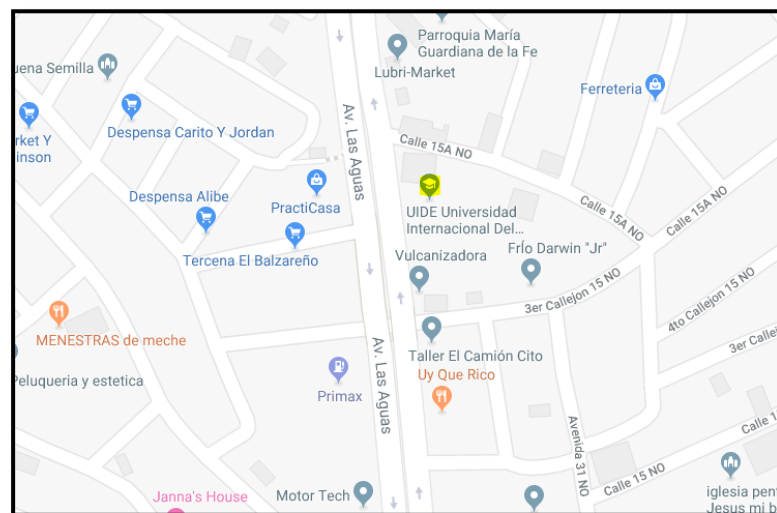


Figura 2. Ubicación geográfica de la Universidad Internacional Sede Guayaquil (Googlemaps,2019)

1.6.4. Delimitación del contenido

La información detallada en el presente trabajo, se fundamenta en el MANUAL DE OPERACIÓN DEL BANCO DE CALIBRACIÓN DE BOMBAS A DIÉSEL COM-EMC. TRABAJO DE TITULACIÓN DE INGENIERO AUTOMOTRIZ, Autor: JORGE ADRIÁN BERMEO AYORA.

1.7. Hipótesis

¿La implementación de la brida y acople permitirá concentricidad y estabilidad de las revoluciones que garantizan una alta repetitividad, especialmente durante el proceso de inyección en la prueba con bomba de inyección TIPO A de HINO EB300 para camión?

1.7.1. Variables de hipótesis

- a) **Variable independiente:** bomba de inyección a diésel de HINO EB300 (Camiones y buses).
- b) **Variable dependiente:** implementación de brida y acople al banco de calibración de bombas de inyección a diésel com-emc.

1.7.2. Operacionalización de variables

Tabla 1. Operacionalización de variables

Variables	Definición de la variables	Indicadores	Técnicas e instrumentos
Variable independiente	Bomba de inyección a diésel.	de Hino (Camiones y buses)	Investigación de campo, aplicando método cualitativo.
Variable dependiente	Implementación de brida de acople al banco de calibración de bombas de inyección a diésel com-emc.	Regulación pasó a paso de velocidad para probar bombas de inyección de combustible, que es medido y controlado por la computadora en tiempo real. Parámetros tales como velocidad de rotación, temperatura, conteos de inyección, presión de aire y ángulo de avance, etc., se muestran en el ordenador.	In situ

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. El motor de combustion interna

“El motor de un auto es un motor de combustión interna y este es una máquina que obtiene energía mecánica desde la energía química que se genera cuando explota el combustible en el interior” (Ingol, 2015).

El principio de funcionamiento de estos motores consiste en transformar la energía generada en la explosión de la mezcla de combustible y aire en el interior del motor en energía mecánica, mediante el conjunto de elementos formados por el pistón, biela y manivela que la transmiten finalmente como movimiento al cigüeñal. (Ingol, 2015)

2.1.1. Bosquejo histórico del motor Diesel

“El motor de encendido por compresión nace el 27 de febrero de 1892 cuando el ingeniero alemán Rudolf Diesel, a quien debe su nombre este motor, presenta en Berlín su patente”.

Diésel llevaba años trabajando en su proyecto de un motor más eficiente que el utilizado hasta la época, la máquina de vapor, cuyo rendimiento energético era aproximadamente del 10%. Su idea era crear un motor basado en el ciclo isotérmico que, de acuerdo a la teoría del físico francés Sadi Carnot, podría operar con una eficiencia en torno al 90%. (Castillejo, 2014)

“Así, Diésel desarrollo su motor inicialmente en papel, basado en el modelo de Carnot. Este nuevo motor sería comparativamente más pequeño y potente. Diésel estaba convencido de la potencia y funcionalidad de su motor”.

“El 23 de febrero de 1893, Diesel recibe el documento oficial de su patente “Nuevo motor térmico racional”. Unos meses más tarde alcanza un convenio con el fabricante de motores MAN (Maschinen fabrik Augsburg-Nürnberg)”

Su proyecto requería alcanzar una presión máxima de compresión de 250 bares, pero por razones mecánicas tuvo que reducirse a 30 bar, lo que naturalmente tendría un efecto perjudicial en la combustión. Su primera idea era utilizar carbón pulverizado como combustible. Ese mismo año comienzan la construcción del motor, finalmente utilizando como combustible el queroseno. (SIERRA, 2017)

2.2. Principios básicos de inyección de combustible

Situación actual del motor Diesel y el de gasolina

En la actualidad existen ya muchos fabricantes que equipan idénticos modelos de gran venta con la opción Diesel o gasolina. Y aunque no en todos, existen algunos que incluso ofertan estos motores de diferentes cilindradas, pero de unas potencias máximas iguales. Tal es el caso, por ejemplo, de TALBOT que en uno de sus modelos ofrece. (Castro, 1987)

2.2.1. Sistema de alimentación de combustible

“Es el encargado de realizar el suministro de combustible Gasolina/ Diésel al motor para su funcionamiento. Se encarga de dosificar la mezcla y procurar la mayor limpieza del combustible que entra al cilindro” (García Orozco, 2019). Tal como se puede observar en la figura 3.

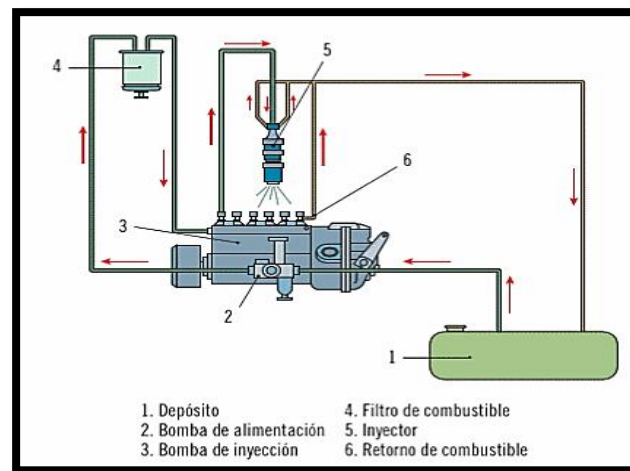


Figura 3. Alimentación de combustible
(Calleja, 2015)

2.2.2. Inyección de combustible.

La inyección de combustible es un sistema de alimentación para los motores de combustión interna alternativo al carburador, un sistema obligatorio en los motores de explosión. Que se utiliza en la mayoría de autos a nivel mundial desde 1990. Debido a la necesidad de reducir las emisiones contaminantes. “El sistema de alimentación de combustible complementa el sistema de encendido del motor en el ciclo Otto, es el encargado de desencadenar la combustión de la mezcla aire/combustible” (García, 2015)

2.2.3. Inyección mecánica de combustible Diésel

El motor diésel al igual que cualquier motor de combustión interna, funciona en un rango de potencia y velocidad de rotación que depende directamente de la entrega de combustible. La potencia generada en el motor depende directamente de la voluntad del conductor. La voluntad está representada en la presión aplicada en el pedal del acelerador y se acomoda a las condiciones del terreno. (García, 2015)

2.2.4. Cámaras de combustión

La mezcla de combustible y aire debería quemar en forma uniforme y progresiva, puesto que una detonación violenta de la mezcla provoca un estado de marcha desigual, el llamado “picado diesel”. Para lograr la combustión correcta, el combustible y el aire deben mezclarse adecuadamente. (Aguilar&Godoy&Gomez, 2001)

En los motores en que ese combustible se inyecta directamente a la cámara de combustión, se obtiene una mezcla más eficaz creando una turbulencia en el aire del interior del cilindro a medida que se comprime. Esto suele hacerse perfilando la cabeza del embolo de forma que obligue al movimiento del aire durante su compresión.

En otros tipos de motor hay unas cámaras de turbulencia o cámaras de pre combustión para mejorarla. Una cámara de turbulencia es una pequeña cámara esférica, situada encima o a un lado de la cámara principal de combustión y conectada con ella por una lumbrera.

Cuando se comprime el aire del cilindro se obliga a que una parte del mismo pase a esa cámara de turbulencia, donde se crea un efecto de torbellino debido a su forma. El combustible es inyectado en esta cámara, donde se produce una combustión preliminar que fuerza a la mezcla a salir hacia la cámara principal, donde se completa su combustión.

La cámara de pre combustión, en la que se inyecta el combustible, está unida a la cámara principal mediante una serie de estrechos pasos; parte de la mezcla de esta primera cámara de inflama y expansiona, forzando a la restante mezcla, no encendida, través de los pasos de conexión, hasta la cámara principal, donde llegan como una fina pulverización que arde de modo uniforme. (Aguilar&Godoy&Gomez, 2001)

2.2.5. Sistema de inyección Diésel

“El proceso de inyectar combustible en el motor diesel puede resumirse en pocas palabras, pero en realidad está rodeado de un gran número de particularidades”. Este sistema debe inyectar con gran exactitud y a grandes presiones (entre 120 y 400 kg/cm²), volúmenes de líquido que pueden ser comparables con el de la cabeza de un alfiler, con un comienzo y tiempo de duración muy exactos, a frecuencias que pueden llegar a más de 2000 ciclos por segundo, y por un período de millones de ciclos sin fallo. (Garcia, 2015)

La inyección se produce en una cámara donde hay combustión simultánea a la inyección, en un ambiente caliente y agresivo. El sistema de inyección tiene como finalidad distribuir el combustible a alta presión en cada cilindro y en las cantidades convenientes y exactas, en intervalos iguales. (Garcia, 2015)

Un sistema de inyección varía de acuerdo a la marca, tipo y aplicación del motor. Esto ha dado como resultado una serie de sistemas o bombas de inyección.

2.2.6. Bomba de inyección.

Es un aparato mecánico de elevada precisión que tiene la función principal en el sistema de inyección Diésel consistente en elevar la presión del combustible a los valores de trabajo del inyector en el momento y con el ritmo y tiempo de duración adecuados y dosificar con exactitud la cantidad de combustible que será inyectado al cilindro de acuerdo a la voluntad del conductor y regular las velocidades del motor, como se puede observar en la figura 4. (Castro, 2019)

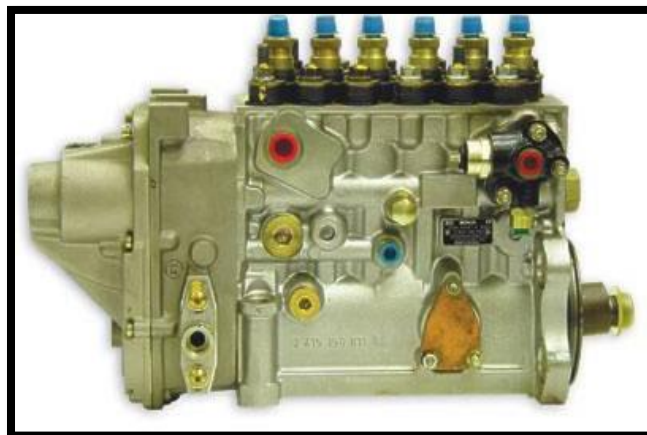


Figura 4. Bomba de Inyección en línea
(Laboratoriormd, 2019)

La bomba de inyección diésel es una pieza de extremada precisión que es clave en el sistema de inyección de un vehículo.

La bomba de inyección diésel es uno de los elementos más importantes del sistema de inyección de un coche y sus principales funciones son la de elevar la presión del combustible para que se adecue al ritmo de trabajo de los inyectores, dosificar la cantidad de combustible que se inyecta a los cilindros y regular tanto las velocidades máximas como las mínimas en el motor. La bomba diésel está sincronizada con el movimiento del motor mediante un acoplamiento flexible y se trata esencialmente de una bomba de pistones situados en línea que se encargan de alimentar a los inyectores con un caudal variable que circula a través de un émbolo por cada uno de los cilindros. (Granell, 2014)

Los émbolos de los cilindros se accionan por la presión del combustible y a través del árbol de levas, que se desplaza con un ángulo de giro exactamente igual al ángulo de cada pistón del motor haciendo que la inyección suceda en el mismo momento tanto en los pistones como en los inyectores. (Granell, 2014)

- **Generalidades del sistema de la bomba de inyección**

Definición de bomba de inyección. Es un dispositivo que eleva la presión del combustible, a un nivel muy elevado, tanto así que pueda entrar a la suficiente presión en la cámara de combustión, como para que la inflamación del combustible sea espontánea debido a la elevada temperatura, que experimentan los motores diésel. También cumplen la finalidad de distribuir a los cilindros del motor la cantidad adecuada de combustible en el momento preciso. (Chávez&Paredes, 2014) (P, 4)

- **Funcionamiento de la bomba de inyección lineal**

Recibe el movimiento desde el motor generalmente a través de un acoplamiento flexible, de forma tal que gira sincronizada a la bomba de inyección lineal.

Tiene la desventaja con respecto a otros tipos de bombas que es más pesada, voluminosa y que no puede girar a altas revoluciones, no obstante, es la más utilizada en los motores diésel de equipos pesados y camiones de carga cuyos motores no son muy rápidos, por su robustez, vida útil y estabilidad. (Lopez, 2019)

- **Principios fundamentales de los fluidos**

Principio de Pascal: En un fluido incompresible, se transmiten a todos los puntos del fluido las mismas variaciones de presión, así como a las superficies en contacto con este. Si dos cilindros de diferente diámetro se encuentran conectados por una cañería y existe fluido incompresible en ambos la presión en los dos cilindros y en la cañería será la misma es decir la presión en el cilindro S1 siempre será igual a la presión generada en el cilindro S2. Podemos lograr obtener en la F2 una fuerza mayor que F1, modificando el área de los pistones. La Mecánica de Fluidos estudia las leyes del movimiento de los fluidos y sus procesos de interacción con los cuerpos sólidos, como se ve la figura 5.

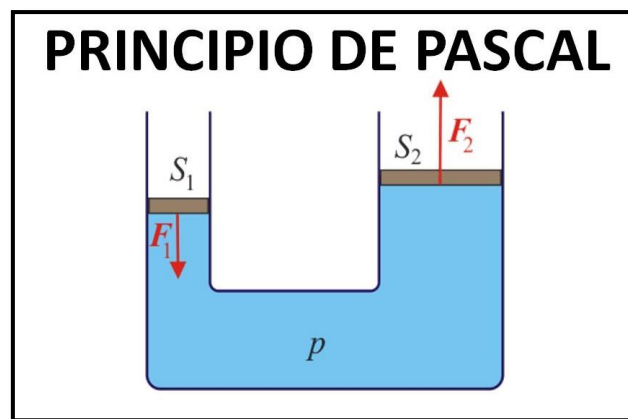


Figura 5. Esquina de principio de Pascal
(i.yting, 2019)

La Mecánica de Fluidos como hoy la conocemos es una mezcla de teoría y experimento que proviene por un lado de los trabajos iniciales de los ingenieros hidráulicos, de carácter fundamentalmente empírico, y por el otro del trabajo de básicamente matemáticos, que abordaban el problema desde un enfoque analítico. (Domingo, 2011) (P, 9). Al integrar en una única disciplina las experiencias de ambos colectivos, se evita la falta de generalidad derivada de un enfoque estrictamente empírico, válido únicamente para cada caso concreto, y al mismo tiempo se permite que los desarrollos analíticos matemáticos aprovechen adecuadamente la información experimental y eviten basarse en simplificaciones artificiales alejadas de la realidad. “Dentro de los fluidos, la principal diferencia entre líquidos y gases estriba en las distintas compresibilidades de los mismos”

Gases. Los gases presentan una gran compresibilidad, que influye sobre las características del flujo, ya que tanto el volumen como la densidad varían con facilidad. En el caso de los gases el movimiento térmico vence a las fuerzas atractivas y, por tanto tienden a ocupar todo el volumen del recipiente que los contiene. (Domingo, 2011)

$$F_1 = F_2 * \left(\frac{A_1}{A_2}\right)$$

Ec1. Ecuación de pascal

2.3. Tipos de bombas de inyección diesel

2.3.1. Bomba de inyección en línea estándar PE

Un taladro de aspiración determina el comienzo de suministro, este se cierra por la arista superior del émbolo. El caudal de inyección se determina utilizando una arista de mando dispuesta de forma inclinada en el embolo, que deja libre la abertura de aspiración. (Castillejo, 2014)

Las bombas de inyección en línea, se componen de una carcasa principal que contiene las unidades de bombeo del tipo émbolo cilindro alineadas una a continuación de otra en un número igual al número de cilindros del motor. Adosada a la parte posterior se monta la unidad de control llamado también “governor” y adosado a la parte delantera se monta el mecanismo de control del tiempo. (Martinez, 2014)

Mientras la generación de altas presiones usando unidades de bombeo de émbolo-cilindro es similar tanto para las bombas mecánicas como para las bombas electrónicas, sin embargo estas últimas carecen del gobernador y del dispositivo de avance ya que las funciones que estos realizan son reemplazadas por medios electromecánicos y electrónicos, tal como se puede observar en la figura 6. (Martinez, 2014)



Figura 6. Bomba en línea
(Sanchez, 2009)

2.3.2. Componentes de la bomba en línea

- **Unidad de bomba**

Está constituida por un mecanismo de compresión y de suministro, un mecanismo de control del volumen de inyección, así como un árbol de levas para accionar estos mecanismos. La función de la unidad de bomba es suministrar combustible comprimido a cada cilindro de acuerdo con el orden de inyección.

- **Regulador**

Unido al mecanismo de control del volumen de inyección de la unidad de bomba, el regulador tiene como función controlar automáticamente el volumen de inyección de combustible para adaptarlo a los cambios de carga del motor, variando entonces el régimen del motor según las necesidades del conductor.

- **Variador automático de avance**

La función del variador automático de avance es controlar el calado de la inyección del combustible de acuerdo con el régimen del motor, para que el motor funcione en las mejores condiciones de combustión. El variador automático de avance está montado entre el árbol de levas de la unidad de bomba y el eje propulsor o el engranaje propulsor, desde el lado del motor.

- **Bomba de alimentación**

La bomba de alimentación está montada en la unidad de bomba y es accionada por el árbol de levas. La función de la bomba de alimentación es suministrar combustible desde el depósito de combustible a la bomba de inyección.

- **Acoplamiento**

Para accionar la bomba de inyección de combustible, el acoplamiento desempeña la función de conectar el árbol de levas (o variador automático de avance) de la bomba de inyección al eje del motor.

2.3.2.1. Tipos de bomba en línea

- Bomba tipo A

La caja de la bomba está hecha de aluminio fundido y soporta a la vez que protege la parte interior de la bomba.

El árbol de levas está soportado por dos cojinetes de rodillos y es accionado por el motor para hacer funcionar la bomba de alimentación y los émbolos buzos. El elemento de bomba que es la parte más importante está constituido por un émbolo buzo y cilindro, y cada cilindro del motor incorpora un elemento de bomba. La cremallera de regulación está conectada al varillaje del regulador y está engranada con cada piñón de control que hace girar el émbolo para regular la cantidad de combustible suministrada; y, cuando incorpora un émbolo especial, también puede controlar el calado de la inyección.

La válvula de entrega por respiración impide el retorno del combustible en el tubo de alta presión o tubo de impulsión y además impide el eventual goteo desde el inyector después de la inyección, tal como se observa en la figura 7.

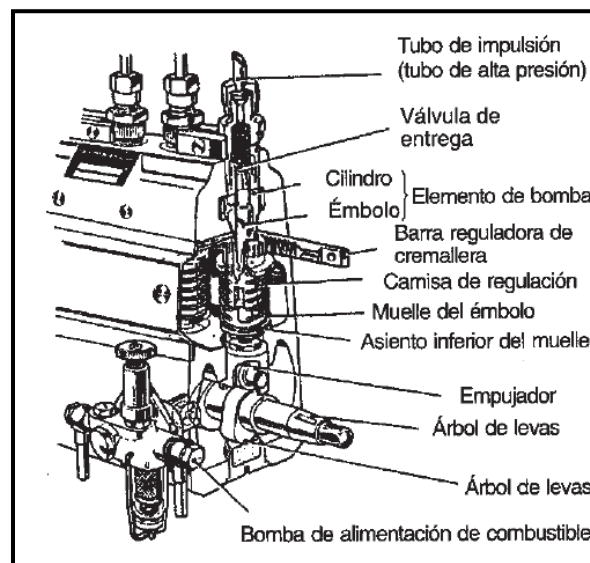


Figura 7.Partes de la bomba en línea (Denso)

- Bomba tipo P

La figura 8 muestra cortes transversales de la bomba de tipo P y de la bomba de tipo A. En el caso de la bomba de tipo P, el elemento de bomba, la válvula de impulsión, y el porta válvula de la válvula de impulsión están instalados en el porta-elemento. El porta-elemento está fijado con pernos y tuercas en el cuerpo de bomba. Así entonces, el elemento de bomba utiliza un sistema de fijación suspendida y el porta-elemento soporta la fuerza de fijación del porta válvula de la válvula de impulsión.

A diferencia entonces de la bomba tipo A, la fuerza no es aplicada directamente al cuerpo de bomba. El anillo anti-erosión que está fijado en la parte exterior del cilindro de bomba captura el retorno de combustible procedente de la lumbrera de alimentación, que es producido por el elemento de bomba durante el suministro de combustible. Esto previene la erosión del cuerpo de bomba. (En el caso de la bomba tipo A, esta función es desempeñada por el tornillo adaptador localizado en la placa de tapa del cuerpo de bomba.), como se observa en la figura 8.

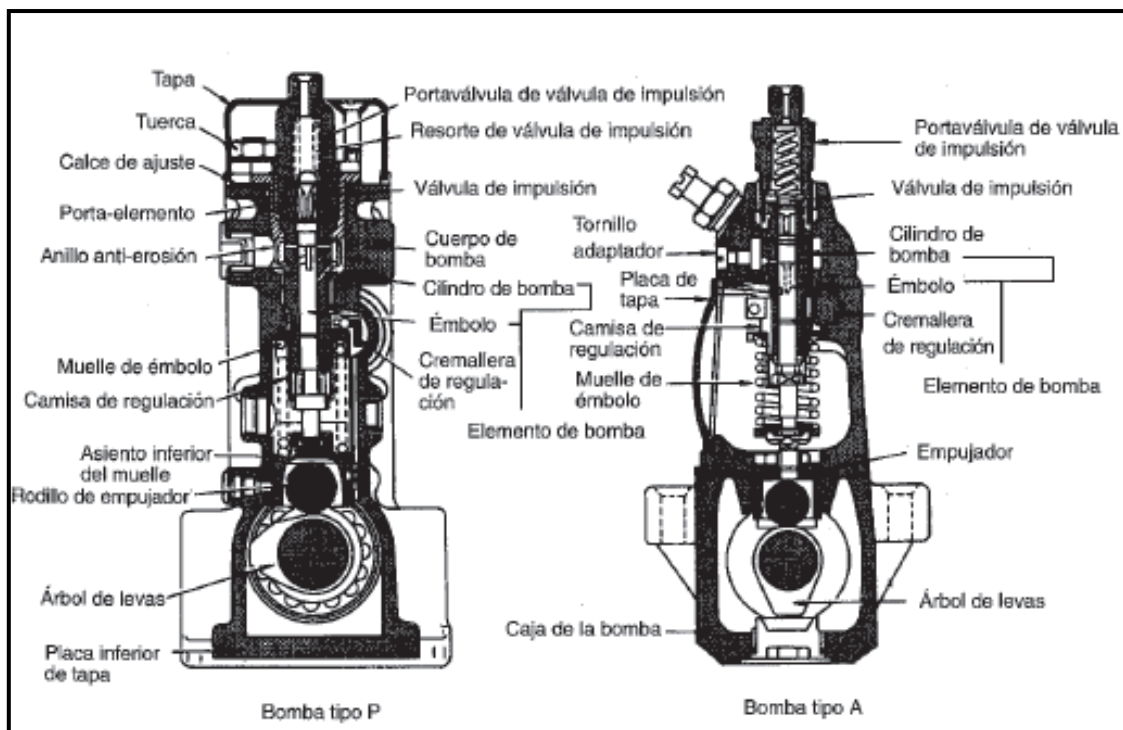


Figura 8. Partes internas bomba tipo P (Denso)

- Bomba tipo NB

Las características de la bomba tipo NB son las siguientes:

- Sus dimensiones básicas son muy semejantes a las de la bomba tipo A y entonces ambos conjuntos de bomba son intercambiables.
- Gracias a su construcción completamente sellada, tiene excelentes cualidades de estanqueidad al agua y al polvo.
- Utiliza una barra reguladora de cremallera de perfil en ángulo de alas iguales, tal como la bomba tipo P.
- Su caja de bomba, árbol de levas y cojinetes han sido reforzados y pueden soportar altas presiones.
- Su capacidad de servicio es excelente ya que sus componentes funcionales como el elemento de bomba y los empujadores pueden ser reemplazados por la parte superior de la bomba, sin tener que sacar el árbol de levas, como se observa en la figura 9.

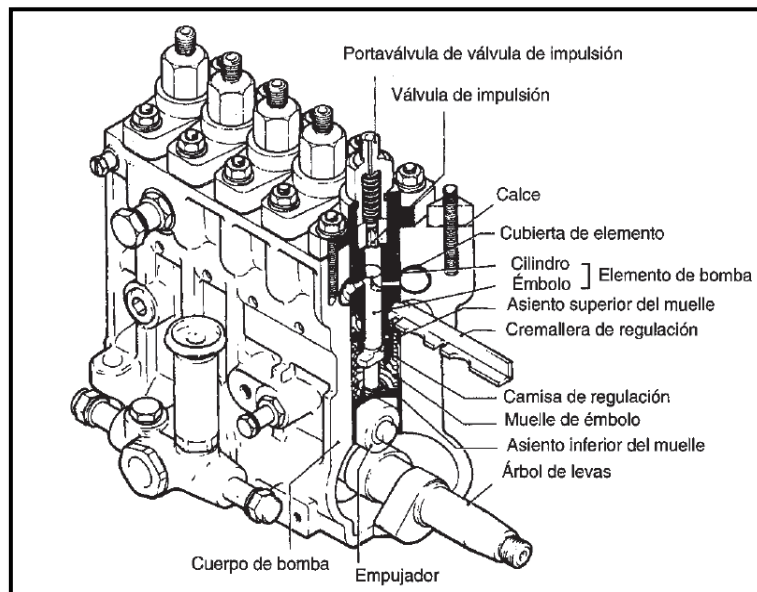


Figura 9. Esquema de una bomba lineal (Denso)

2.3.3. Bomba de inyección rotativa de émbolo axial.

El funcionamiento de esta bomba consiste en una bomba de aletas que aspira el combustible del depósito y lo introduce en el interior de la cámara de bomba. El émbolo

realiza tantas carreras como cilindros del motor a de abastecer La bomba rotativa convencional dispone de una corredera de regulación que determina la carrera útil y dosifica el caudal de inyección.

El comienzo de suministro está regulado a través de un anillo de rodillos. El caudal de inyección es dosificado por una electroválvula, las señales que ordenan el control y la regulación son procesadas por ECU (unidad de control de bomba y unidad de control de motor). Dentro del grupo de bombas de inyección rotativas existen tres tipos, como en la figura 10. (ECURED, 2019)

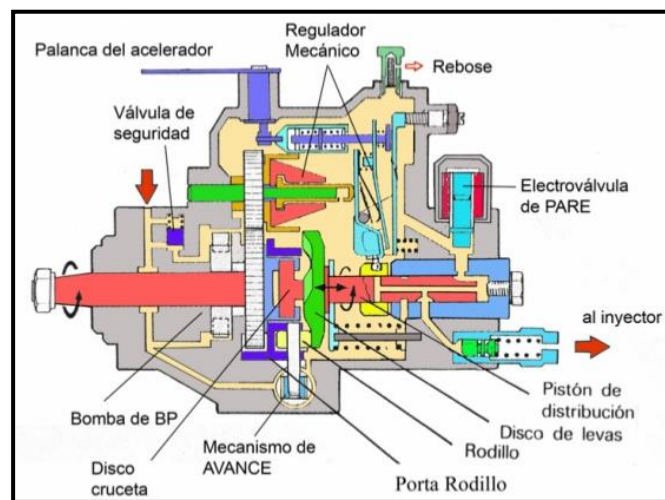


Figura 10. Bomba de inyección rotativa de embolo axial (Sedicol, 2019)

2.3.4. Bomba de inyección individual PF.

Este tipo de bombas no dispone de árbol de levas propio, sin embargo, su funcionamiento es equiparable al de la bomba de inyección lineal PE. Las levas encargadas del accionamiento se encuentran sobre el árbol de levas correspondiente al control de válvulas del motor, por ese motivo no es posible la variación del avance mediante un giro del árbol de levas, como se observa figura 11. (Bomba inyectora, 2012)



Figura 11. Bomba de inyección individual PF
(Blogdeautomoviles, 2019)

2.3.5. Unidad de bomba-inyector UIS.

“En este tipo de bombas por cada cilindro del motor se monta una unidad en la culata que es accionada directamente por un empujador o indirectamente por un balancín”. Dispone de una presión de inyección superior a la proporcionada por las bombas de inyección en línea y rotativas, esto es debido a que no dispone de tuberías de alta presión. Debido a la elevada presión de inyección se consigue una importante reducción de emisiones contaminantes, tal como se observa en la figura 12. (Bomba inyectora, 2012)



Figura 12. Bomba-Inyección
(Br.bosch-automotive, 2019)

2.3.6. Unidad bomba-tubería-inyector UPS.

Este sistema de inyección trabaja según el procedimiento que la unidad bomba-inyector. Este sistema, contrariamente a la unidad bomba-inyector, el inyector y la bomba están unidos mediante una tubería corta de inyección. El inyector UPS dispone de una inyección por cada cilindro del motor. La regulación electrónica del comienzo de

inyección y duración de inyección proporciona al motor una reducción de las emisiones contaminantes, como se puede observar en la figura 13.



Figura 13. Unidad bomba-tubería-inyector (UPI)
(Autoavance, 2019)

Estructura

Las tuberías de alta presión (6) sumamente cortas, de longitud igual para todas las bombas, deben soportar permanentemente la presión máxima de la bomba y las oscilaciones de presión, en parte de alta frecuencia, que se producen durante las pausas de inyección. Por este motivo, las tuberías son de tubos de acero sin costuras, altamente resistentes. Normalmente presentan un diámetro exterior de 6 mm y un diámetro interior de 1,8 mm”

Unidad de bomba

La bomba es accionada directamente por una leva de inyección situada en el árbol de levas del motor (4). La comunicación con el embolo de bomba se establece a través del muelle de reposición (8) y el impulsor de rodillo (9). La bomba está fijada con una brida del cuerpo de bomba en el bloque motor, como se ve en la figura 14. (Aficionadosalamecanica, 2014)

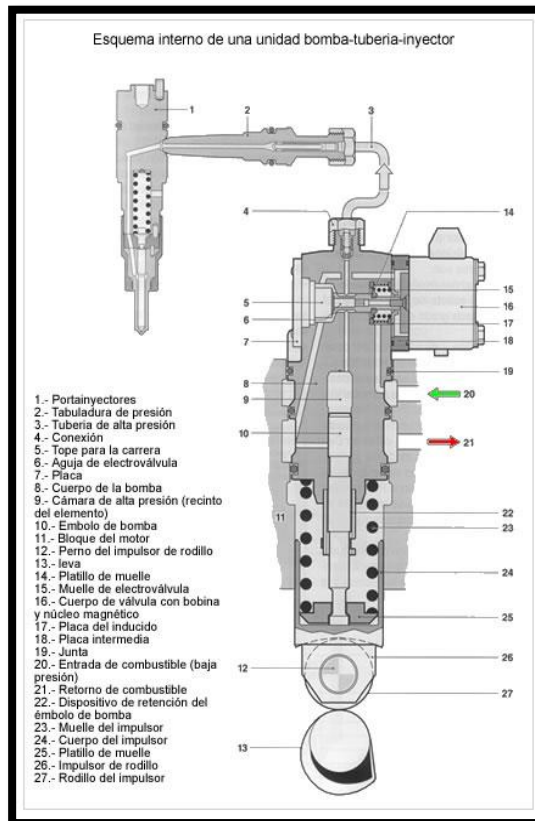


Figura 14. Esquema interno de una unidad bomba-tubería-inyector (Aficionadosalamecanica, 2019)

Ventajas del sistema de inyección

“A diferencia del sistema de carburación, los inyectores regulan mejor el flujo de combustible haciendo que la entrada de aire coincida con el flujo de gasolina antes de entrar al motor” (Alvarado, 2016).

Otra diferencia con el sistema de carburado, que básicamente introduce en los cilindros a chorro, es decir, no cubre toda la superficie por igual. La inyección permite cubrir todas las zonas de la cámara interna, donde van alojados los cilindros, consiguiendo así una explosión armónica. (Alvarado, 2016)

“Desde finales de los 80’s empezaron a fabricarse los primeros autos con sistema inyectado que hacen que el rendimiento del combustible sea mucho mejor, explica Claudio Rivero, mecánico de Euro Works Motors” (Alvarado, 2016).

Los gases que expulsan los motores de inyección son menos contaminantes. Al suministrarse la gasolina en proporciones adecuadas, los gases son más refinados y

controlados. De ahí viene la típica expresión de “va rico en gasolina”. Si el lector tiene la oportunidad de ver un coche de carburación, los olores del escape a veces van algo cargados y es exactamente ese el principio por el que se rige dicho comentario. Por último, pero no menos importante, los motores de inyección logran incrementar antes la temperatura del motor gracias al correcto suministro de combustible. Los motores de carburación al distribuir desde el momento de arranque, grandes cantidades de gasolina, no consiguen un arranque rápido, pues no cubren bien todas las superficies desde el principio y, además, el ralentí es muy inestable. (Alvarado, 2016)

2.4. Inyector de combustible.

Es el dispositivo encargado de producir el aerosol de combustible dentro de la cámara de combustión, es un conjunto de piezas dentro de un cuerpo de acero que atraviesa en cuerpo metálico de motor y penetra hasta el interior de la cámara de combustión. Por el extremo externo se acopla el conducto de alta presión procedente de la bomba de inyección, como se observa en la figura 15. (Ecured, 2018)

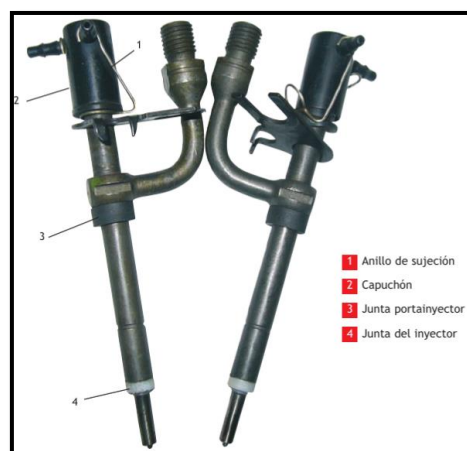


Figura 15. Inyector de combustible Diésel
(Sanchez, 2009)

2.4.1. Funcionamiento del inyector

El combustible procedente de la bomba de inyección se alimenta a una entrada del inyector, este combustible, a través de conductos perforados en el cuerpo del inyector se conduce hasta una aguja en la parte inferior que obstruye el orificio de salida al ser empujada a través de una varilla por un resorte. De esta manera el paso del combustible a la cámara de combustión está bloqueado.

Cuando la presión en el conducto de entrada crece lo suficiente por el empuje de la bomba de inyección, la presión puede vencer la fuerza del resorte y levantar la aguja, de esta forma se abre el pequeño conducto de acceso a la cámara, y el combustible sale muy pulverizado por el extremo inferior. (Ecured, 2018)

2.4.2. Tipos de Inyectores

2.4.2.1. Inyector mecánico

El inyector es el elemento de unión entre la bomba de inyección y el motor. Son gobernados por la presión del combustible que se forma durante la carrera útil de la bomba de inyección. (Sanchez, 2009)

El inyector, compuesto por cuerpo y aguja, es el elemento que suministra el combustible una vez que la presión de combustible es mayor que la fuerza contraria del muelle de presión del porta inyector. Con esto se consigue que queden abiertos el orificio o los orificios de inyección, y el combustible sea inyectado en la cámara de combustión. Los tipos de inyectores son varios, adaptándose cada uno de ellos al proceso de combustión y a las características especiales de cada motor. Pero se distinguen dos tipos principales, como se observa en la figura 16:

- Inyectores de orificios. Para motores de inyección directa.
- Inyectores de espiga o tetón. Para motores de inyección indirecta. D.



Figura 16. Inyector de orificios(A) e inyector de espiga (B)
(Sanchez, 2009)

2.4.2.2. Inyector electrónico

Son los más habituales en motores de gasolina. La señal para energizarlo, es enviada por la ECM/ECU en base al cálculo de tiempo de inyección determinado por varios sensores.

El combustible presurizado pasa por el filtro y va dentro del inyector, cuando la ECM/ECU le envía la señal al inyector (pulso eléctrico durante milisegundos) energiza la bobina y hace que el vástago eleve la aguja dejando pasar el combustible presurizado al múltiple de admisión o cámara de combustión, como se observa en la figura 17. (Inyeccionelectromotores, 2019)

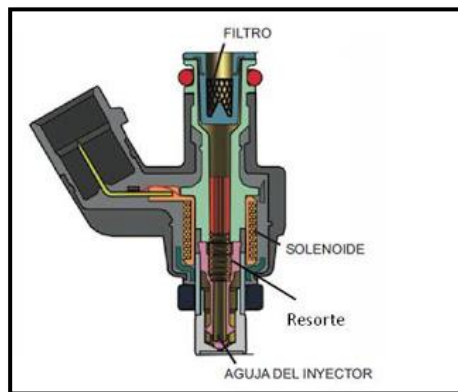


Figura 17. Inyector electrónico
(Inyeccionelectromotores, 2019)

Esta cantidad de combustible es pulverizada logrando una mezcla homogénea con el aire. Una vez que se desenergiza el inyector, retorna a su posición normal (cerrado, lo cual obstruye el paso de combustible) mediante el resorte.

2.4.3. Ventajas del sistema de inyección

- ✓ Menor contaminación
- ✓ Mayor economía
- ✓ Mejor rendimiento del motor
- ✓ Mejor aprovechamiento del combustible

A diferencia del sistema de carburación, los inyectores regulan mejor el flujo de combustible haciendo que la entrada de aire coincida con el flujo de gasolina antes de entrar al motor (Alvarado, 2016).

Otra diferencia con el sistema de carburado, que básicamente introduce en los cilindros a chorro, es decir, no cubre toda la superficie por igual. La inyección permite cubrir todas las zonas de la cámara interna, donde van alojados los cilindros, consiguiendo así una explosión armónica. (Alvarado, 2016)

Desde finales de los 80's empezaron a fabricarse los primeros autos con sistema inyectado que hacen que el rendimiento del combustible sea mucho mejor, explica Claudio Rivero, mecánico de Euro Works Motors.

Los gases que expulsan los motores de inyección son menos contaminantes. Al suministrarse la gasolina en proporciones adecuadas, los gases son más refinados y controlados. De ahí viene la típica expresión de “va rico en gasolina”. Si el lector tiene la oportunidad de ver un coche de carburación, los olores del escape a veces van algo cargados y es exactamente ese el principio por el que se rige dicho comentario. Por último, pero no menos importante, los motores de inyección logran incrementar antes la temperatura del motor gracias al correcto suministro de combustible. Los motores de carburación al distribuir desde el momento de arranque, grandes cantidades de gasolina, no consiguen un arranque rápido, pues no cubren bien todas las superficies desde el principio y, además, el ralentí es muy inestable. (Alvarado, 2016)

2.5. Bancos de calibración

El banco de calibración está diseñado para un amplio rango de aplicaciones, por ejemplo, permite la calibración de bombas inyectoras diésel lineales y rotativas con control mecánico o electrónico, los bancos poseen una serie de probetas graduadas, los cuales ofrecen una lectura del caudal entregado por la bomba en los distintos ensayos, además provee manómetros y varios acoples para diferentes tipos de bombas. (Bermeo, 2017)

Calibración es el conjunto de operaciones que establecen, en condiciones especificadas, la relación entre los valores de una magnitud indicados por un instrumento de medida o un sistema de medida, o los valores representados por una medida materializada o por un material de referencia, y los valores correspondientes de esa magnitud realizados por patrones. En resumen, consiste en comprobar las desviaciones de indicación de instrumentos y equipos de medida por comparación con patrones con trazabilidad nacional o internacional. Mediante los resultados de calibración se puede determinar las correcciones a aplicar en las indicaciones de los instrumentos. (Guía de alpetrología, 2015)

Los bancos de calibración han sido utilizados para bombas con control mecánico y se han acondicionado para bombas con control electrónico incorporando dispositivos electrónicos, que simulan las distintas señales de los sensores del motor, necesarias para el control y funcionamiento en el banco de pruebas, como se observa en la figura 18. (Bermeo, 2017)



Figura 18. Banco de calibración de bombas a diésel com-emc
(Lucin,2019)

Estos bancos siguen las especificaciones de los fabricantes de automóviles las leyes sobre emisión de gases de escape. Incluso se garantiza la prueba de futuros componentes de los sistemas de inyección diésel, debido al desarrollo continuo de los accesorios opcionales (Brish, 2018).

A diferencia del sistema de carburación, los inyectores regulan mejor el flujo de combustible haciendo que la entrada de aire coincida con el flujo de gasolina antes de entrar al motor (Alvarado, 2016).

Ciertas exigencias sirven para:

1. La reducción de vapores y humo del aceite contribuyen al cuidado con el medio ambiente y la facilidad en la operación.
2. Las características excelentes de uniformidad en el funcionamiento y la estabilidad del número de rotaciones garantizan la elevada precisión de repetitividad, principalmente durante el proceso de inyección:
 - ✓ Accionamiento directo
 - ✓ Gran masa de inercia del volante
 - ✓ Regulación de la rotación con un tiempo muy corto de la regulación de la
 - ✓ Velocidad
 - ✓ Regulación de la posición

3. Accionamiento libre de mantenimiento con alto grado de rendimiento.
4. El contrapeso para regulación de la altura del instrumento de prueba simplifica bastante el trabajo.
5. Mayor vida útil de los tubos de presión, ya que raramente es necesario doblarlos (el instrumento de prueba puede ser regulado en cada uno de los tres niveles).

2.5.1. Datos principales del banco de calibración

El banco COM-EMC se diseñó bajo un nuevo tipo de conversión de frecuencia y de regulación paso a paso de velocidad para las probar bombas de inyección de combustible, que es medido y controlado por la computadora en tiempo real.

Parámetros tales como velocidad de rotación, temperatura, conteos de inyección, presión de aire y ángulo de avance, etc., se muestran en el ordenador. Sirve para probar equipos de motores diésel, automóviles y tractores, así como productos ideales de bombas para reparación.

Existen varios tipos de bancos de pruebas cuyas potencias dependen del uso, como los siguientes: 5.5KW, 7.5KW, 11KW, 15KW etc., de acuerdo a su poder. En este caso es de 15 KW (Bermeo, 2017).

2.5.2. Características Del Banco De Calibración

La velocidad de rotación, el conteo, la temperatura, la presión de aire y el ángulo de avance se miden y controlan mediante computadoras en tiempo real y luego se muestran con un LCD de 15". Tener las funciones de protección contra sobretensión, sobrecarga y cortocircuito, etc. (Bermeo, 2017)

2.5.3. Funciones Del Banco De Calibración

Las funciones que el banco COM – EMC posee, están determinadas en base a los diferentes tipos de bombas diésel existentes, a continuación, se indica las facilidades del banco (Bermeo, 2017).

- ✓ Medida de la entrega a varias velocidades de rotación.
- ✓ Comprobación de la sincronización de inyección estática de cada línea.
- ✓ Comprobación de los reguladores de velocidad mecánicos.

- ✓ Comprobación de la válvula magnética eléctrica de las bombas
- ✓ distribuidoras.
- ✓ Comprobación de los reguladores de velocidad neumáticos.
- ✓ Comprobación de los compensadores de presión (con LDA).
- ✓ Medición del flujo de reflujo de las bombas distribuidoras.
- ✓ Medición de la presión interna del cuerpo de la bomba del distribuidor.
- ✓ Comprobación de los reguladores de capacidad de vacío.
- ✓ Comprobación del sellado del cuerpo de la bomba de inyección en línea.
- ✓ Medición del ángulo de avance.

2.5.4. Datos de fabricación que determina el fabricante

1. Posición de funcionamiento: lado arbitrario desde los dos lados de trabajo del soporte de prueba.
2. Graduados: 45ML, 150ML.
3. El volumen del depósito de aceite: 60L.
4. Temperatura de aceite constante controlada automáticamente: 40 ± 2 ° C.
5. Pruebe la unidad de filtración de aceite: 5u
6. Alimentación DC: 12 / 24V.
7. Muestra la temperatura del aceite de ensayo con indicador de 3 dígitos.
8. Presión de alimentación: baja presión 0-0.4MPa, alta presión 0-4MPa.
9. Visualizar la presión de aire y el vacío con un indicador de 4 dígitos
10. Rango de preselección de velocidad: 0-4000 rpm pre ajuste arbitrario.
11. Altura de la distancia central (desde la cama de montaje hasta el centro desacoplamiento de la transmisión): 125 mm.
12. Potencia de salida: 5.5KW, 7.5KW, 11KW y 15KW.
13. Alimentación eléctrica trifásica: 220V / 60Hz.
14. Tamaño total: 2150x1100x1650 (mm).
15. Peso neto: 1300KG.

2.5.5. Características Del Banco De Calibración

La velocidad de rotación, el conteo, la temperatura, la presión de aire y el ángulo de avance se miden y controlan mediante computadoras en tiempo real y luego se muestran

con un LCD de 15". Tener las funciones de protección contra sobretensión, sobrecarga y cortocircuito, etc. (Bermeo, 2017)

Entre las principales características se indican:

- ✓ Ruido muy bajo.
- ✓ Fuente de aire incorporada.
- ✓ Todos los datos pueden convertirse en informes.
- ✓ Cambio de frecuencia cambiando la velocidad de rotación de forma
- ✓ continua, alto par de salida, baja caída de la velocidad de rotación.
- ✓ Posición de funcionamiento: lado arbitrario de los dos lados de trabajo del soporte de prueba.
- ✓ Alta precisión, alta eficiencia, ahorro de energía.
- ✓ Visualización de la función de nivel de aceite y alarma.
- ✓ Generación y visualización automática de la curva de velocidad.
- ✓ Control de temperatura constante.
- ✓ 10 tipos de presintonía de velocidad de rotación.

2.5.6. Funciones Del Banco De Calibración

“Las funciones que el banco COM – EMC posee, están determinadas en base a los diferentes tipos de bombas diésel existentes, a continuación, se indica las facilidades del banco” (Bermeo, 2017).

- ✓ Medida de la entrega a varias velocidades de rotación.
- ✓ Comprobación de la sincronización de inyección estática de cada línea.
- ✓ Comprobación de los reguladores de velocidad mecánicos.
- ✓ Comprobación de la válvula magnética eléctrica de las bombas
- ✓ distribuidoras.
- ✓ Comprobación de los reguladores de velocidad neumáticos.
- ✓ Comprobación de los compensadores de presión (con LDA).
- ✓ Medición del flujo de reflujo de las bombas distribuidoras.
- ✓ Medición de la presión interna del cuerpo de la bomba del distribuidor.

- ✓ Comprobación de los reguladores de capacidad de vacío.
- ✓ Comprobación del sellado del cuerpo de la bomba de inyección en línea.

2.5.7. Estructura principal del banco de pruebas

Se detallan las partes estructurales del banco de calibración.

2.5.7.1. Cuerpo Principal Del Banco De Pruebas

Es una estructura hecha de barras rectangulares de acero. El motor impulsa directamente la bomba a probar a través de un acoplamiento flexible. En la parte superior del banco de pruebas se fija el indicador de control mediante el monitor.

Los siguientes elementos son los que forman parte del banco de calibración COM – EMC

1. Inyector estándar
2. Taza de aceite de la colección
3. Caja de aceite de la colección
4. Cilindro graduado
5. Acoplamiento flexible
6. Disco Graduado
7. Motor eléctrico principal
8. Soporte para motor eléctrico principal
9. Inversor
10. Carcasa superior de la máquina
11. Mesa de trabajo
12. Dispositivo de elevación y caída
13. Monitor
14. El panel frontal
15. La puerta hidráulica
16. Radiador
17. Tanque de aceite
18. Tablero de conmutación

2.5.7.2. Sistema De Medición De La Inyección

Se utiliza para medir la entrega de cada cilindro de la bomba diésel a probar. El brazo giratorio soporta el cuerpo de la caja. El brazo giratorio junto con el cuerpo de la caja se puede girar 180 °. Puede levantar o soltar la caja de recogida atornillando el perno hacia arriba para adaptar diferentes tipos de bombas. (Bermeo, 2017)

La placa para bloquear el aceite se puede mover hacia delante y hacia atrás al ser accionada por un acero electromagnético que arranca o detiene el suministro de aceite. Los cilindros graduados se insertan en ambos lados de los clips. Los grandes en un lado y los pequeños en el otro, los clips pueden ser volcados por el volante. Se muestran los elementos. (Bermeo, 2017)

1. Brazo giratorio
2. Caja cuerpo
3. Clips para cilindros graduados
4. Cilindro graduado
5. Placa para bloquear aceite
6. Acero electromagnético
7. Tornillo pasador roscado con tuerca
8. Pilar
9. Inyectores estándar

2.5.7.3. Sistemas del banco de calibración

Dentro del manejo de los sistemas, el banco de calibración COM-EMC se divide cinco sistemas principales. Estos sistemas son:

- ✓ a) Sistema de transmisión
- ✓ b) Sistema de alimentación del combustible
- ✓ c) Sistema de vacío y presión de aire
- ✓ d) Sistema eléctrico
- ✓ e) Sistema de información

2.5.7.4. Sistema De Transmisión

En este sistema hay inversor, motor, volante (disco graduado) y acoplamiento flexible y así sucesivamente. El inversor controla el motor en marcha, el motor acciona directamente el volante y prueba la bomba a través del acoplamiento flexible. Mediante el acero magnético incrustado en el volante, el sensor puede captar la señal de la velocidad de rotación, luego enviar la señal al indicador de velocidad giratoria y al indicador de recuento de carrera para que se visualice en la pantalla.

- **Función del inversor**

El inversor sirve para proteger al banco cuando la energía de la fuente está apagada, el inversor continuará funcionando cerca de 5ms. Si el tiempo de fallo de alimentación es superior a 5ms, el inversor cortará automáticamente la salida del inversor para mostrar un fallo de alimentación.

Cuando la corriente máxima sobrepasa el valor prescrito, el motor de corriente alterna, cortará la señal de base para proteger el transistor grande de energía. Si el voltaje de entrada cae, el circuito de control tendrá un fenómeno anormal. Por ejemplo: Sobrecalentamiento del motor AC, paro en las revoluciones, etc., por lo tanto, cuando la tensión de entrada está por debajo del valor prescrito, el circuito de protección cortará la salida del inversor para proteger el inversor. La corriente y el tiempo determinan la propiedad especial del motor. Cuando la corriente fluye a través del motor AC y si el tiempo es mucho más largo, el inversor realizará la protección de sobrecarga.

Sistema De Alimentación Del Combustible

Elementos por los que está constituido el sistema de Alimentación Del Combustible:

- 1 Tanque de aceite de prueba
- 2-Motor de la bomba de alimentación
- 3-Válvula de sobre flujo
- 4-Manómetro de alta presión
- 5-Probador de bomba
- 6 - Inyector estándar
- 7-Caja de aceite de recogida

- 8 - Sensor para temperatura
- 9-Medidor de baja presión
- 10-Válvula de presión de ajuste
- 11-Filtro
- 12 Bombas de paletas
- 13-Radiador

2.5.8. Proceso de trabajo del sistema de alimentación

El proceso de circulación del sistema diésel comienza en el tanque de diésel que posee el banco, luego el combustible (diésel) pasa por el radiador con la finalidad de que se enfríe o caliente según la temperatura de trabajo. La bomba de alimentación es la encargada de absorber el combustible, el mismo que pasa por el filtro de retención de partículas. (Bermeo, 2017)

Luego el combustible se dirige hacia la válvula de control de presión. En este punto el combustible puede tomar dos rumbos, el de seguir hacia la unión para el medidor de baja presión, o a su vez hacia la válvula de sobrecarga. En el caso que se posea el sistema de riel común (CRDI), el flujo del sistema irá hacia el medidor de alta presión. (Bermeo, 2017)

En este punto el combustible es enviado por medio de mangueras hacia la bomba a probar, para poder comenzar con las pruebas de calibración. En este momento el combustible se dirige por medio de las cañerías que salen de la bomba a probar hacia los inyectores y aquí los mismos presurizan el diésel a la probeta de medición. Finalmente, el combustible de las probetas se lo vuelve a verter en el tanque de combustible. (Bermeo, 2017)

2.5.9. Funcionamiento del sistema de diésel en el banco de prueba

Prueba de aceite

“Verter el diésel en el tanque cuya capacidad es hasta 50 litros. El nivel del diésel debe ser menor de 30-40 mm en la parte superior del tanque. El nivel es visible por el tubo indicador” (Bermeo, 2017).

2.5.10. Arranque del motor de la bomba del banco para alimentar con diésel el sistema

Después de conectar la bomba ensayada al puesto de prueba o de bloquear la unión del aceite de alimentación. Arrancar el motor de la bomba. En la primera hora de arranque, debe prestar atención al sentido de rotación del motor de la bomba; La rotación debe estar en la misma dirección que el indicador por la flecha en el cuerpo de la bomba de alimentación. (Bermeo, 2017)

Si no está en el mismo, debe cambiar la posición de la alimentación eléctrica de dos fases en el tablero de terminales.

2.5.11. Control de la temperatura del combustible

Para controlar la temperatura se debe presionar el botón de inicio, en este momento la luz de advertencia se encenderá para indicar que el sistema de control está empezando a funcionar. En este momento se debe ajustar el termorregulador a la temperatura de 40 ° C o según la bomba a probar.

“El termo regulador mostrará el valor real de la temperatura del diésel. Una vez que se ha alcanzado el valor de temperatura pre ajustado, la temperatura se controlará automáticamente” (Bermeo, 2017).

2.5.12. Ajuste de la presión del aceite

La válvula de ajuste de presión se puede ajustar no sólo la baja presión, pero también la alta presión. Cuando la barra de la válvula se desplaza hacia la izquierda, el resorte de ajuste se comprime, por lo que la presión se eleva, su rango va de 0 a 0.4MPa.

Cuando la barra de la válvula se desplaza hacia la derecha, el punzón de la válvula pasará gradualmente a la posición A, el área de flujo de aceite se reducirá gradualmente y la alta presión se elevará. Cuando el área de flujo de aceite se reduce a cero, la presión alta estará en su máximo. La presión máxima se ha ajustado a 4MPa en la fabricación, así que la variación de la alta presión es 0 a 4MPa. Cuando la rueda de mano se mueve en el sentido de las agujas del reloj, la presión baja se ajusta, y su rango es de 0 a 0.4MPa, cuando la rueda de mano se mueve en sentido contrario a las agujas del reloj, la alta presión es ajustada y su rango es de 0 a 4MPa.

2.5.13. Sistema de Vacío y Presión de Aire

Este sistema está compuesto por dos subsistemas, que son:

- a) Subsistema hidráulico y
- b) subsistema neumático.

2.5.14. Subsistema hidráulico

El subsistema incluye el ajuste de la válvula de presión, dos posiciones de cinco canales de la válvula, válvula de control de flujo, etc. El sistema hidráulico está compuesto por las siguientes partes:

- ✓ Orificio para DC. Salida de la fuente
- ✓ Válvula de presión de ajuste de suministro de aceite
- ✓ Interruptor de selección de presión negativa/positiva
- ✓ Válvula de ajuste de presión negativa
- ✓ Conmutador de alimentación 12 / 24V DC.
- ✓ Conector de fusible de salida de alimentación DC.
- ✓ Interruptor de presión de aire
- ✓ Válvula de ajuste de presión positiva
- ✓ Salida de la fuente de gas
- ✓ Socket de ángulo de avance

2.5.15. Subsistema neumático

Partes de este subsistema:

- ✓ Bomba de aire
- ✓ Filtro de desvío de agua
- ✓ Reservorio de almacenamiento de gas
- ✓ Válvula de seguridad
- ✓ Válvula de ajuste para presión
- ✓ Válvula de ajuste para vacío
- ✓ Válvula
- ✓ Sensor de presión de aire

- ✓ Medidor de presión de aire
- ✓ Válvula de dos posiciones de cinco canales

2.5.15.1. Regulación de la presión positiva

En primer lugar, conecte la bomba con la fuente de aire con tubos blandos de PVC, empuje el interruptor de presión de aire 3 a la posición "+", luego doble las tuberías de PVC para sellar el aire, gire el interruptor de alimentación de la fuente de aire, mirar la presión de exhibición, cuando la presión está hasta el pino regular del valor la pipa del PVC, el rango de presión positiva ajustable es de 0 a 0.3MPa.

2.5.15.2. Regulación de la presión negativa

En primer lugar, conecte la bomba con la fuente de aire con tubos blandos de PVC, tire del interruptor de presión de aire a la posición 3, luego doblar la rodilla del tubo de PVC para sellar la salida, girar el interruptor de la fuente de aire. La presión se mostrará en la pantalla. Cuando la presión esta regular al valor del tubo de PVC, el rango de presión ajustable es de 0 a 0.03MPa negativo. Apague la fuente de aire después de usarla. El tiempo de trabajo del compresor no puede ser superior a 40 minutos.

2.5.16. Sistema Eléctrico

Descripción de las partes en la cual se maneja o depende la información del sistema eléctrico.

- ✓ Manómetro de alta presión: 0-4MPa
- ✓ Medidor de presión de aire: -0,1-0,5 MPa
- ✓ Manómetro interno para las bombas de VE: 0-1.6MPa
- ✓ Medidor de presión baja: 0-0.4MPa
- ✓ Caudal metro
- ✓ Unión de retorno para el soporte de prueba
- ✓ Unión para el medidor de flujo
- ✓ Unión para manómetro 0-1,6MPa
- ✓ Unión para la bomba VE
- ✓ Unión de suministro para puestos de prueba
- ✓ Unión de recorrido del estante

2.5.17. Regulador de velocidad

Existe un panel regulador de velocidad electromecánico derecha / izquierda, el cual sirve para variar la velocidad del motor que va a acoplarse a la bomba a probar. Este puede ir desde 0 a 4000 revoluciones por minuto.

2.5.18. Display del panel digital

En el panel digital se tiene 4 funciones para poder controlar el banco. Sólo puede utilizar el modelo de ordenador o el modelo digital. Una vez que elija el modelo de computadora, no conecte el puerto en la parte posterior de la computadora en la segunda línea.

- ✓ Panel de control 1
- ✓ Panel modelo digital
- ✓ Panel de control 2
- ✓ Monitor

2.5.19. Información Del Software

Para poder obtener información del sistema lo primero que se debe realizar es encender el interruptor principal de la puerta eléctrica y colocar en la posición "panel de control1". Luego se enciende el ordenador y entrará en la página del menú principal del sistema. Hay tres tipos de modos de funcionamiento: ratón, teclado y modo de operación de la pantalla táctil.

2.5.20. Manejo del banco de calibración para su funcionamiento

- ✓ Selección De Velocidad De Rotación
- ✓ Velocidad De Rotación Predeterminada
- ✓ Arranque / Parada Del Motor Principal
- ✓ Velocidad De Ajuste Manual / Automática En Funcionamiento
- ✓ Preselección Del Número De Activaciones O Conteos (Strokes)
- ✓ De Los Inyectores
- ✓ Cuenta De Inicio / Parada
- ✓ Arranque / Parada De La Bomba De Alimentación De
- ✓ Combustible Del Banco

- ✓ Control De Temperatura Preestablecida
- ✓ Ángulo De Avance
- ✓ Guardar Parámetros
- ✓ Opción De Información
- ✓ Apagar El Banco De Calibración

2.6. Software SIEMENS NX 10.0

Modelador NX. Software NX cuenta con el respaldo del liderazgo de Siemens PLM Software en el suministro de redes globales de innovación, que permiten que su empresa pueda tomar decisiones unificadas basadas en la información en todas las fases del ciclo de vida del producto.

Es un programa que con funciones integradas como CAD/CAM/CAE con decisiones más inteligentes, mejores productos. NX ofrece capacidades clave para el desarrollo de productos rápido, eficiente y flexible:

- ✓ Soluciones avanzadas para el diseño conceptual, modelado 3D y documentación.
- ✓ Simulación para aplicaciones estructurales, de movimiento, de flujo y aplicaciones multifísicas.
- ✓ Solución integrada que te ayuda a desarrollar nuevos productos innovadores.
- ✓ Soluciones para modelar geometría compleja y grandes ensamblajes, mejorando el rendimiento y la capacidad.
- ✓ Una alta gama de postprocesadores para la interfaz con la máquina.

CAPÍTULO III

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

3.1 Pasos previos a la prueba

3.1.1 Diseño de partes y piezas

Las piezas y partes que hacen falta para la implementación de brida y acople al banco de calibración de bomba de inyección a diésel COM-EMC para prueba de bomba de inyección TIPO A de HINO EB300 para camión se diseñan en SIEMENS, un software de diseño asistido por computadora utilizado para dibujo 2D y modelado 3D, las cuales están fabricadas en acero ASTM 36, por motivo que estas piezas están regidas a esfuerzos grandes, las características de este material se lo observa en la tabla 2.

Tabla 2. Propiedades acero ASTM

Clasificación de los aceros, según		Limite elástico		Tensión de rotura	
		Ksi	MPa	Ksi	MPa
ASTM					
ASTM A36		36	250	58-80	400-550
ASTM A53	GRADO B	35	240	>60	>415
ASTM A106	GRADO B	35	240	>60	>415
ASTM A131	GR.A,B,CS,D,DS,E	34	235	58-71	400-490
ASTM A139	GRADO B	35	240	>60	>415
ASTM A181	GRADO Y35	35	240	>60	>415
ASTM A500	GRADO A	33	228	>45	>310
	GRADO B	42	290	>58	>400

3.1.1.1 Diseño de pieza 1: Brida #1

Esta brida para bombas lineales TIPO A de HINO EB300 posee las siguientes medidas, como se observa en la figura 19. Para mayor información revisar Anexo 1.

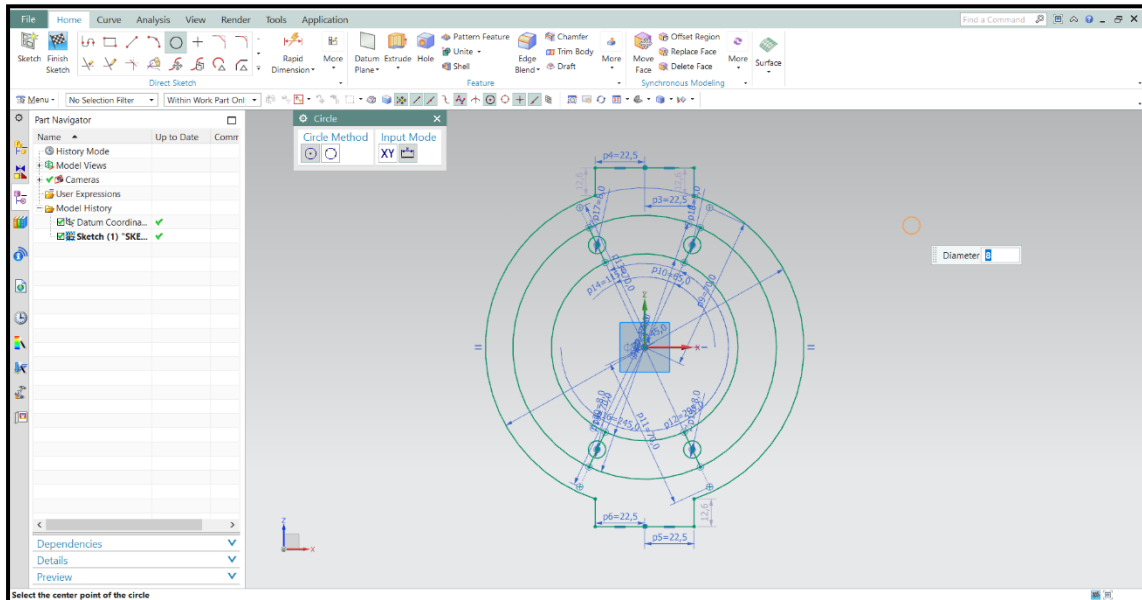


Figura 19. SIEMENS NX10.0 brida #1- 2D
(Lucín, 2019)

Diámetro externo: 145 mm

Diámetro interno: 120 mm

Diámetro interno #2: 84 mm

Longitud de orejas laterales: 47mm

Altura de orejas laterales: 12mm

Diámetro de huecos para pernos: 8mm

Distancia de hueco ahueco para pernos: 50mm

Espesor de la brida: 14 mm

Relieve de la brida: 4mm

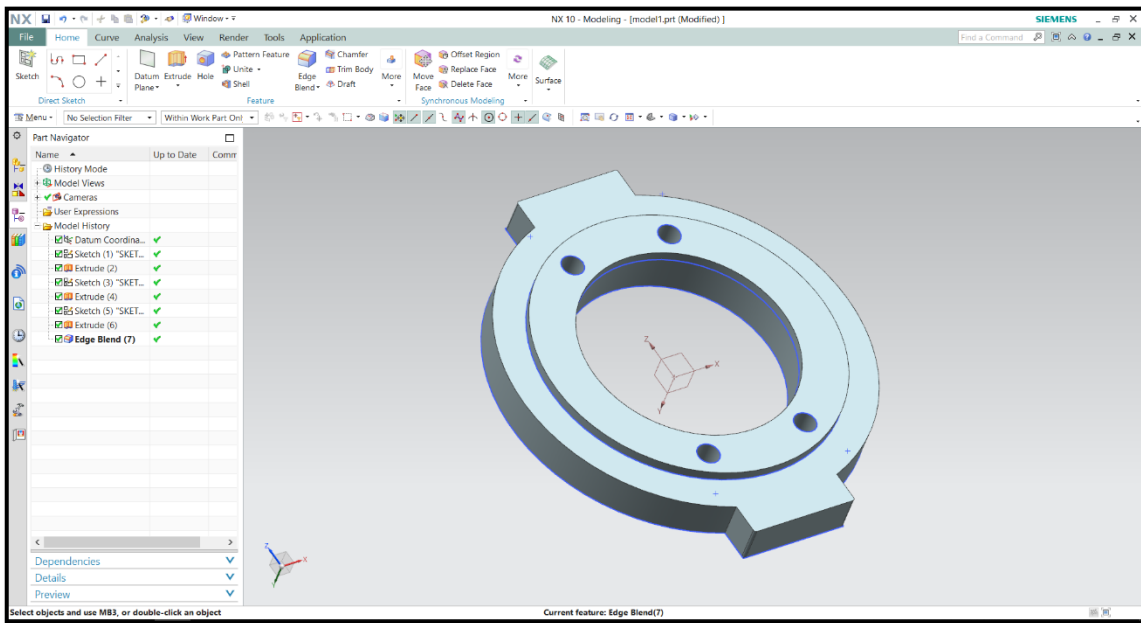


Figura 20. SIEMENS NX 10.0 – EXTURSION BRIDA #1
(Lucín, 2019)

3.1.1.2 Diseño de pieza 2: Brida #2

En la figura 21 esta brida # 2 para bombas lineales TIPO A de HINO EB300 posee las siguientes medidas en vista en planta y posterior: Para mayor información revisar Anexo 2.

Diámetro externo: 76mm.

Diámetro interno: 57mm

Diámetro interno #2: 50 mm

Diámetro interno #3: 34mm

Longitud de orejas en diámetro interno: 17mm

Ancho de oreja en el diámetro interno: 9mm

Longitud de oreja para cuña en el diámetro interno #3: 2 mm

Ancho de oreja para cuña en el diámetro interno #3: 5mm

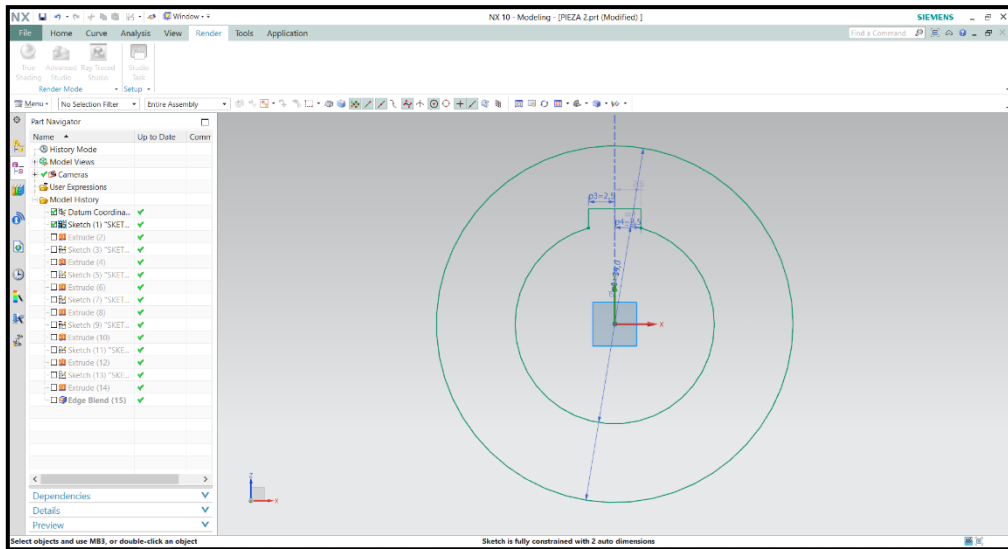


Figura 21. SIEMENS NX 10.0 Brida #2- 2D
(Lucín, 2019)

Esta brida # 2, como se observa en la figura 22 para bombas lineales, TIPO A de HINO EB300 posee las siguientes medidas en vista alzada:

Espesor del primer anillo: 11mm

Espesor de segundo anillo: 19 mm

Espesor del tercer anillo: 9mm

Espesor del cuarto anillo: 11mm

Espesor de la oreja: 11mm

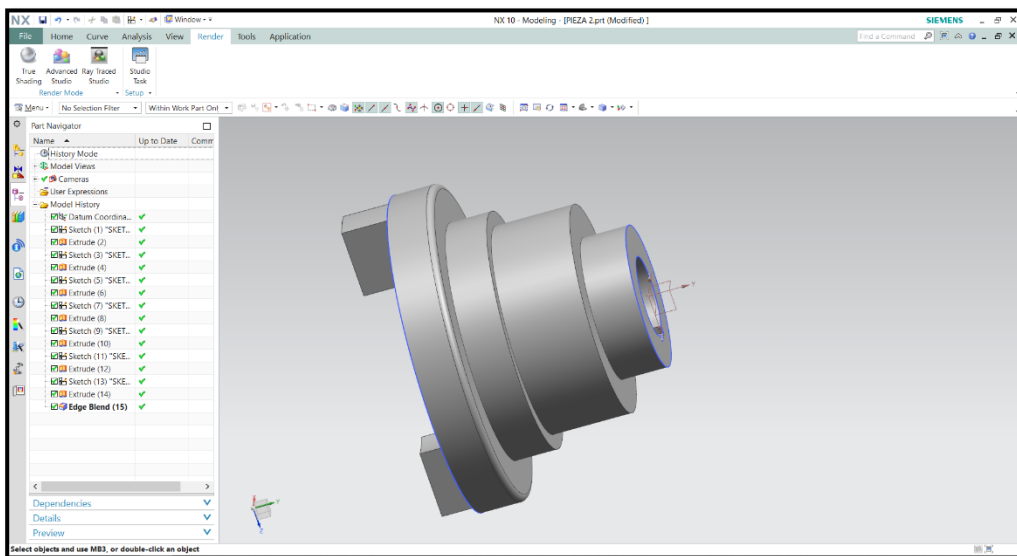


Figura 22. SIEMENS NX 10.0 Brida #2
(Lucín, 2019)

Esta brida # 2 para bombas lineales, TIPO A de HINO EB300 posee las siguientes medidas en vista inferior: Para mayor información revisar anexos 3.

Longitud de orejas en el diámetro interno: 17mm

Ancho de oreja en el diámetro interno: 9mm

Profundidad del diámetro interno #3: 34mm

- Simulación de esfuerzos

Toda pieza diseñada, debe ser puesta a prueba por simuladores donde se analice los esfuerzos para los cuales están diseñadas previamente para su fabricación, por el motivo que se quiere saber si el diseño propuesto alcanza el objetivo deseado; Para ello se usó el programa SIEMENS NX 10.0, para diseñar y simular los esfuerzos que posteriormente se analizan detenidamente.

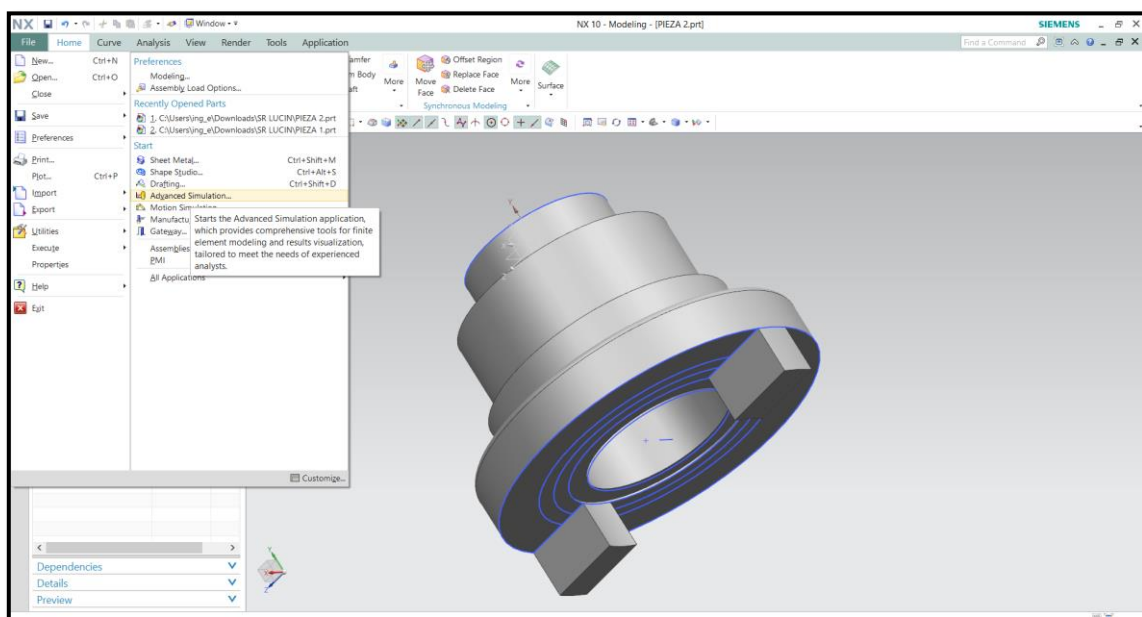


Figura 23. Simulación avanzada en el programa SIEMENS NX 10.0
(Lucín, 2019)

Como se muestra en la figura 23, se procede a usar el programa SIEMENS NX 10.0, para ejecutar la simulación, donde se debe dar clic en la barra de tarea del programa en la opción “HOME” y luego proceder a darle clic en la opción “advanced simulation”.

Luego de esto se procede a aplicarle el mallado en 3D, como se muestra en la figura 24, para poder realizar las pruebas respectivas en el objeto diseñado.

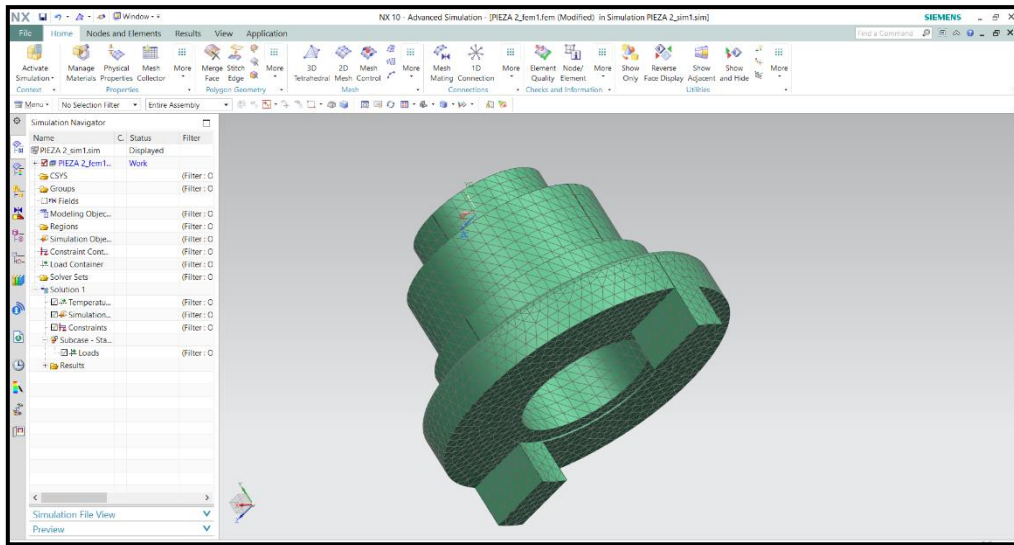


Figura 24. Mallado 3D- SIEMENS NX 10.0
(Lucín, 2019)

Luego de aplicar el mallado 3D, se procede a aplicarle las propiedades físicas tales como el material con el cual será fabricado, este paso es importante, porque se define la resistencia que utiliza la pieza y por ende es un requisito fundamental para poder ejecutar las pruebas de esfuerzo que se realizarán posteriormente, como se observa en la figura 25.

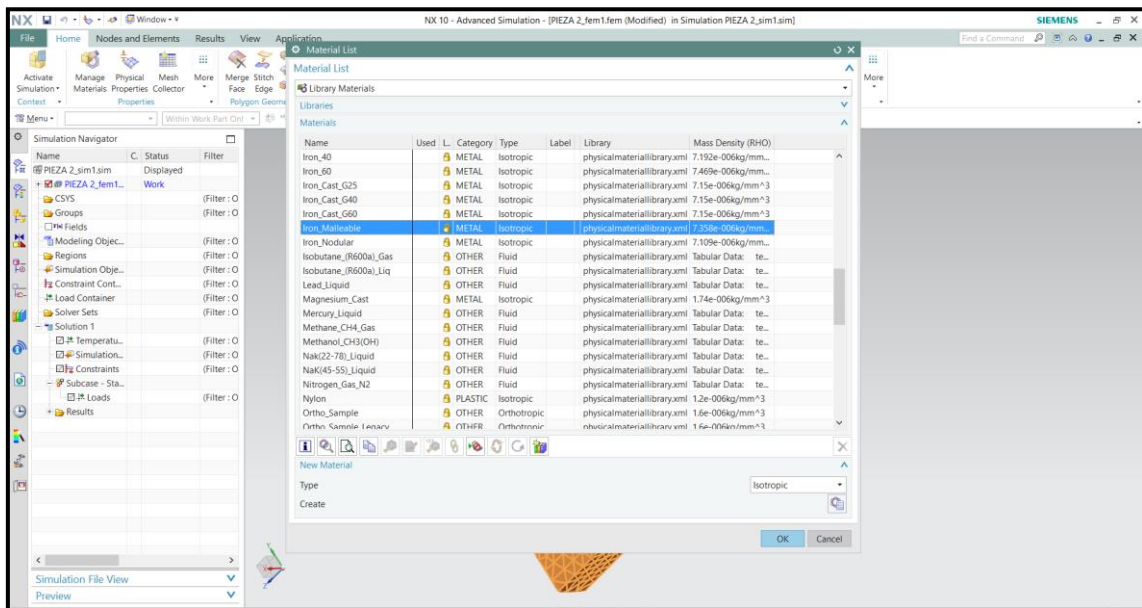


Figura 25. Aplicación de propiedades físicas- SIEMENS NX 10.0
(Lucín, 2019)

Luego de aplicar las propiedades, se procede a aplicar las fuerzas para realizar la simulación, en la barra de tarea del programa se selecciona “load type”, y por consiguiente se despliega una ventana para seleccionar las fuerzas para aplicar, una de las fuerzas que sufre esta pieza al estar montada es la torsión, para ello se necesita un torque, el cual se selecciona, generando una ventana donde se coloca el valor del torque aplicado el cual es de 20 Nm y a su vez se selecciona el objeto, tal como se muestra en la figura 26.

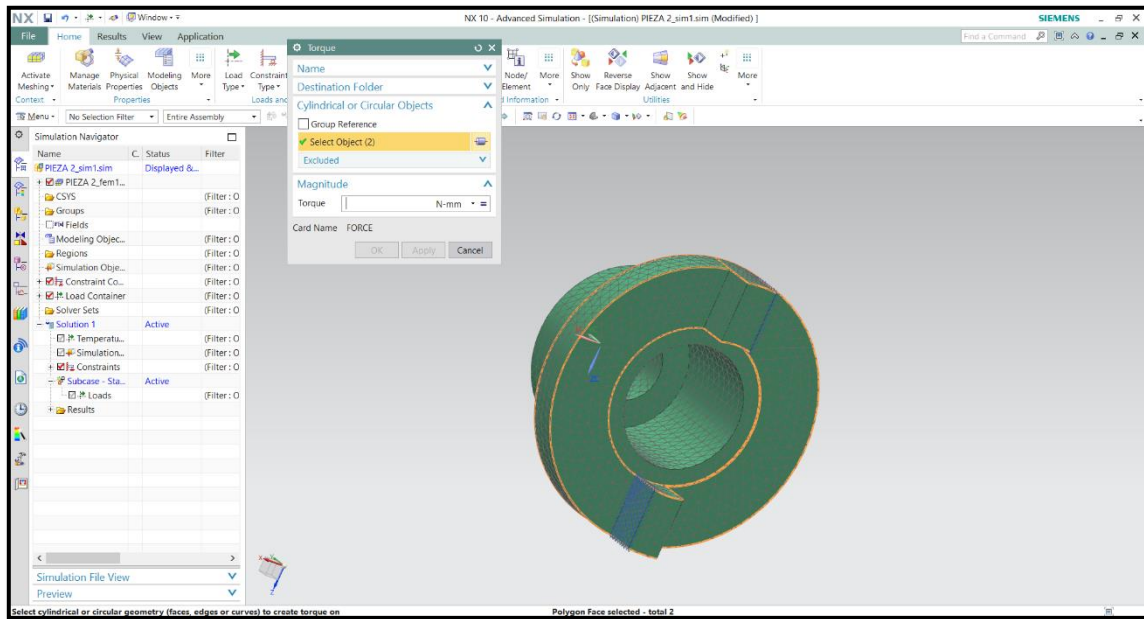


Figura 26. Aplicación de torque para simulación- SIEMENS NX 10.0 (Lucín, 2019)

Luego de aplicar el torque, se procede a ejecutar el programa para simular los esfuerzos que está sometido la pieza, para verificar si el diseño propuesto cumple con las solicitaciones deseadas en el banco de prueba de bomba diésel, donde se muestra una tensión aplicada en la pieza y como resultado se observa las zonas que están siendo afectadas, expresándolo en una escala de MPa, la cual varía de un esfuerzo nulo a uno que llega a un valor de 8180 Pa, tal y como se puede observar en la figura 27.

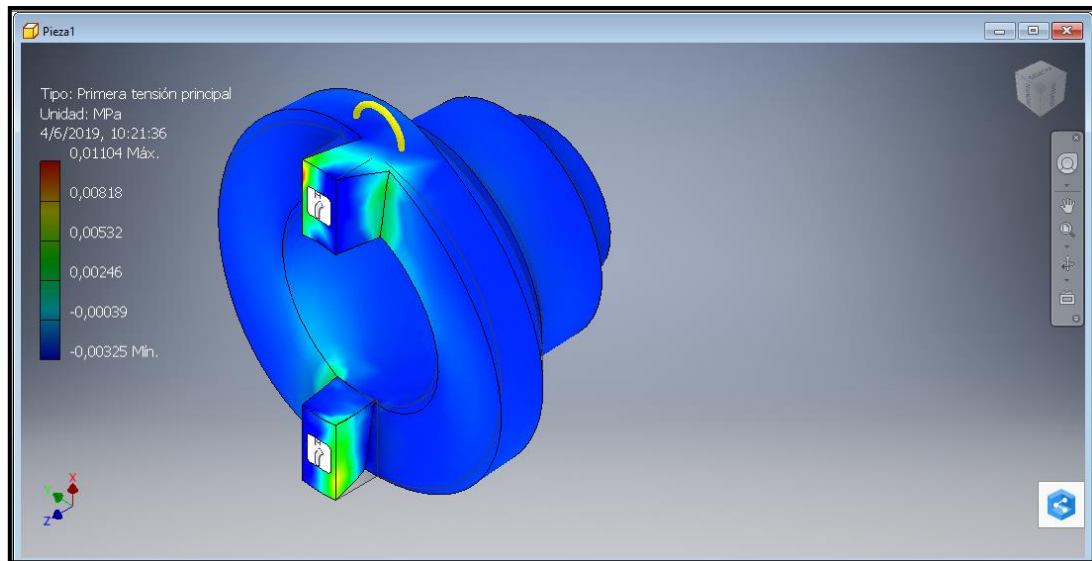


Figura 27. Simulación de la primera tensión principal- SIEMENS NX 10.0 (Lucín, 2019)

Además de esta prueba también se analiza el desplazamiento medido en mm, que, al momento de ejercer fuerzas sobre la pieza, esta tiende a deformarse, por ende, se debe mostrar sus desplazamientos con respecto a la fuerza aplica, y en la figura 28 se observa como sufre en varias zonas, pero el valor que arroja el simulador es de una millonésima parte, lo que quiere decir que sus deformaciones tienen hacer nula.

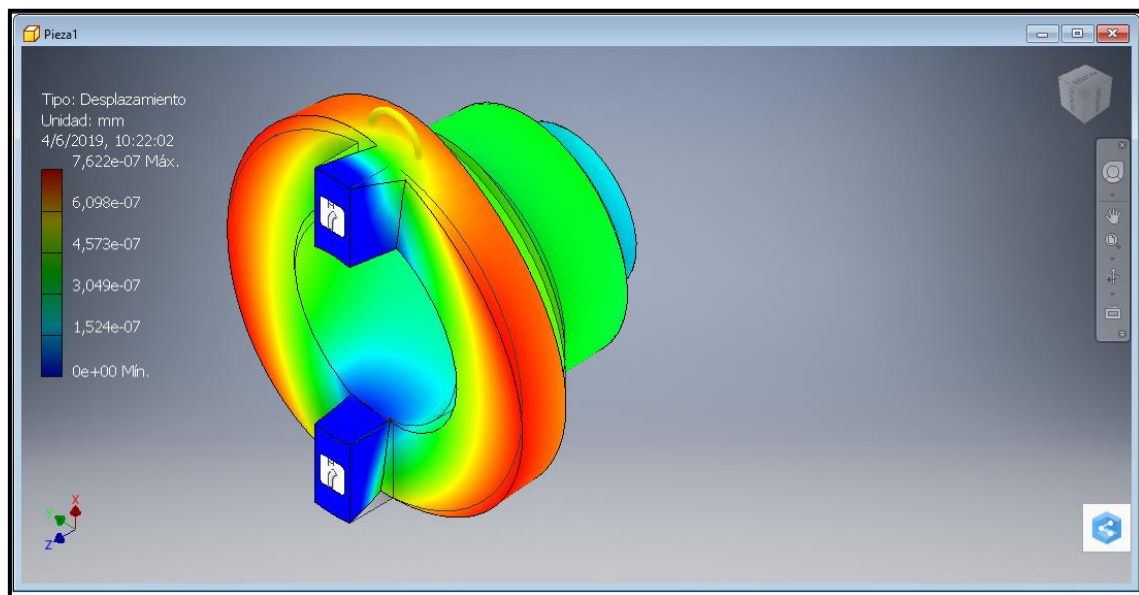


Figura 28. Simulación de la primera tensión principal- SIEMENS NX 10.0 (Lucín, 2019)

3.1.1.3 Diseño de pieza 3: Sujetador de brida

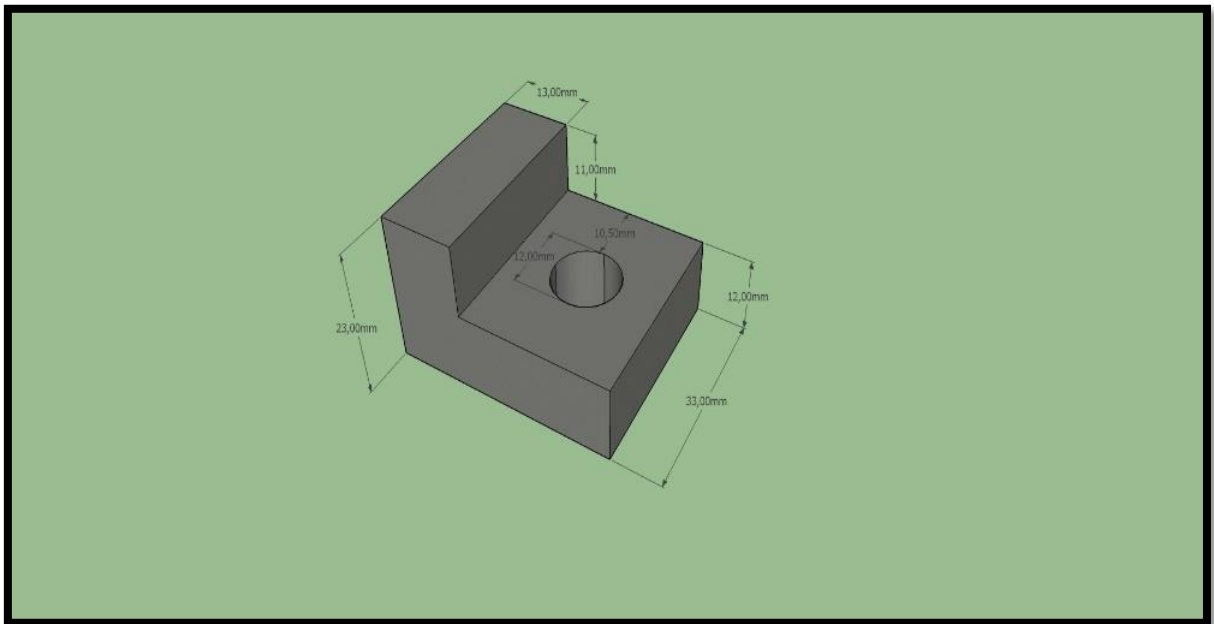


Figura 29. Pieza de acole
(Lucín, 2019)

Este sujetador de brida para bombas lineales, TIPO A de HINO EB300 posee las siguientes medidas en vista alzada como se observa en la figura 29

Ancho: 33mm

Largo: 33mm

Diámetro del hueco: 12mm

Distancia del hueco: 10.50 mm

Espesor total: 23mm

Espesor del primer corte: 12mm

Espesor sobrante: 11mm

Ancho del primer corte: 20 mm

Ancho del sobrante: 11mm

3.1.1.4 Diseño de pieza 4: Pernos para base sujetadora de bombas de inyección

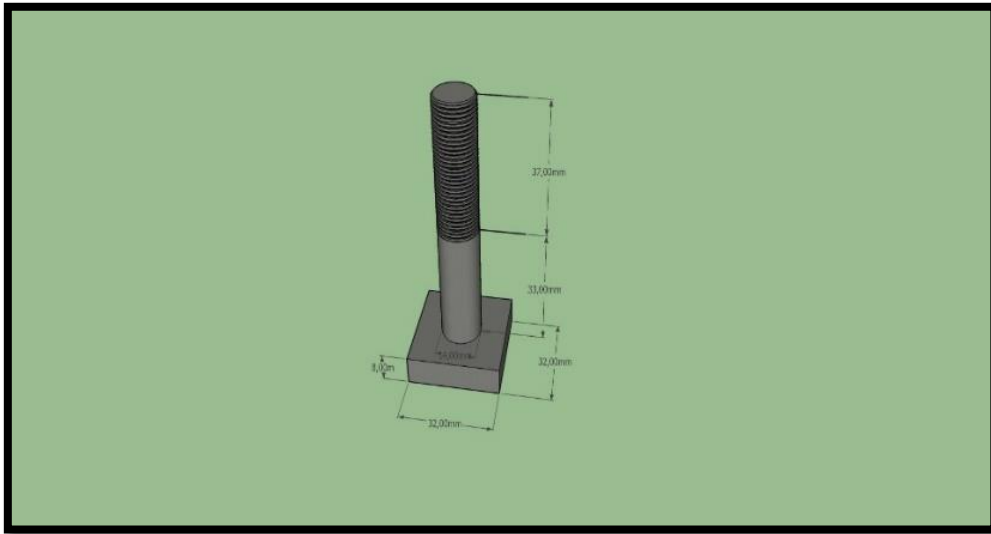


Figura 30. Pernos para base de brida
(Lucín, 2019)

Estos pernos para la base sujetador de las bombas lineales, TIPO A de HINO EB300 poseen las siguientes medidas en vista alzada como se muestra en la figura 30:

Diámetros de cabeza:

Largo: 32mm

Ancho: 32mm

Espesor: 8mm

Diámetro del perno: 14mm

Altura sin hilo: 33mm

Altura con hilo: 37 mm

Altura total: 70 mm

3.2 Elaboración de piezas y partes

Paso 1

Se coloca la herramienta de devaste acodada (buril) en la torre porta herramienta, la que se encargara de dar forma al acero ASTM 36 para obtener la brida requerida que se utilizará en el banco de pruebas de bombas de inyección siguiendo el diseño de medidas elaborado en SIEMENS que se encuentra en anexos, tal como se muestra en la figura 31.



Figura 31. Colocación de buril
(Lucín, 2019)

Paso 2

Se coloca un pedazo plancha cortada redonda de 200 mm de diámetro de acero ASTM 36 en el plato de mordaza del torno con un espesor de 14 mm y se procede en dar el diámetro central de la brida según las especificaciones del diseño elaborado en SIEMENS, con 120 mm como se observa en la figura 32.



Figura 32. Elaboración de brida #1
(Lucín, 2019)

Paso 3

Con una máquina de corte se procede hacer las orejas laterales, moldeándolas teniendo las medidas del diseño elaborado en SIEMENS con una altura de 12mm y longitud de 47mm como muestra en la figura 33.



Figura 33. Elaboración de puntas laterales
(Lucín, 2019)

Paso 4

Siguiendo las medidas del diseño elaborado en SIEMENS de la primera brida con el torno damos forma y ubicamos los huecos donde entraran los pernos que sujetan a la bomba de inyección en el banco de calibración a 50 mm de distancia y se procede a taladrar como se observa en la figura 34.



Figura 34. Brida#1 finalizada
(Lucín, 2019)

Paso 5

Cogemos un pedazo de pieza cilíndrica de acero ASTM 36 con diámetro de 79 mm y longitud de 63 mm en el plato de mordaza del torno para moldear la brida #2, desbastando hasta tener un diámetro de 76 mm según las especificaciones del diseño elaborado en SIEMENS como se muestra en la figura 35

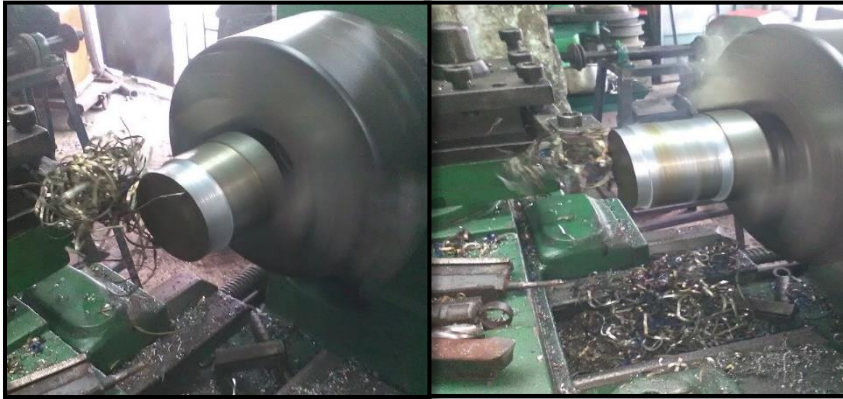


Figura 35. Elaboración de brida #2
(Lucín, 2019)

Paso 6

Una vez ya moldeado siguiendo el diseño de medidas en SIEMENS obtenemos nuestra brida #2 como se muestra en la figura 36.



Figura 36. Brida #2 finalizada
(Lucín, 2019)

Paso 7

La elaboración de los 3 pernos base del banco de calibración se lo hizo mediante tres pernos de 3" hilos milimétricos, que se le suelda en la cabeza un pedazo de hierro fundido gris con diámetro de 32 mm y espesor de 8 mm, siendo mucho más fácil para su elaboración como se muestra en la figura 37.



Figura 37. Pernos base de banco de prueba
(Lucín, 2019)

Paso # 8

La elaboración de los sujetadores de brida de acero ASTM 36 se hace mediante retazos de 35 mm de diámetro, usando las herramientas de cortes hasta moldear y pulir según las medidas del diseño elaborado en SIEMENS como se muestra en la figura 38.



Figura 38. Sujetadores de brida
(Lucín, 2019)

3.3 Presupuesto de diseño y elaboración de piezas y partes

Tabla 3. Presupuesto de gastos

Presupuesto de gastos	
Detalle	Precio
Diseño	\$ 500,00
Elaboración de piezas	\$ 600,00
Total	\$ 1.100,00

(Lucín, 2019)

3.4 Comprobación de inyectores para óptimo funcionamiento.



Figura 39. Inyector 3.5 pulgadas
(Lucín, 2019)

Se buscó comprobar que la tobera de los inyectores no se encuentre pegadas montándolos en el calibrador de inyectores por lo cual se procedió a revisar 6 inyectores, Se logró evaluar como se muestra en la figura 40.



Figura 40. Comprobación de inyectores
(Lucín, 2019)

La presión de apertura: se observó que los inyectores marcaban entre 200 a 195 bares en el manómetro, encontrándose más arriba de lo normal, sabiendo que este tipo de inyector debería pulverizar entre 180 bar aproximado según el fabricante, lo cual se diagnostica que la aguja de la toberas están pegadas u obstruidas y es necesario una limpieza en las toberas, como se observa en la figura 39.

En la prueba de estanqueidad: no se presentó ningún problema alguno sin goteo de combustible en los 6 inyectores.

En la prueba de fuga de retorno: se da las presiones de 10 bares observando el descenso de la aguja del barómetro, durante 6 segundos con resultados positivos para esta prueba. En la última prueba de forma de pulverización se observó que los inyectores al pulverizar el cono de apertura se encontraba irregular para lo que se debería pulverizar.

En conclusión se desarma los seis inyectores para poder ser limpiados y calibrados, dejando todos los seis inyectores a 180 bar para su buen funcionamiento, ya que se montara en el banco de pruebas de bombas COM-EMC de inyección para una prueba piloto de implementación de las bridas y acople fabricadas. Se monta los inyectores calibrados en el banco de pruebas, para colocar a cada inyector su cañería de alta presión, tal como se ve en la figura 41.



Figura 41.Montaje los inyectores en el banco de pruebas de bombas COM-EMC (Lucín, 2019)

3.5 Implementación de bridas y bombas de inyección

3.5.1 Herramientas y bridas para el montaje de la bomba

Para el montaje de una bomba de inyección en un banco de prueba se necesita un sin número de herramientas para poder llevar a cabo dicha operación las cuales serán detalladas a continuación, tal como se muestra en la figura 42:

- Llave de boca y corona 9/16"
- Llave de boca y corona 13 mm
- Llave de boca y corona 17 mm
- Llave de boca y corona 19 mm
- Llave de boca y corona 22 mm
- Llave allen # 10
- Dado especial para brida
- Palanca que gira el tambor del banco de pruebas
- Acoples y pernos para sujetar la bomba de inyección al banco de calibración



Figura 42.Herramientas y Bridas
(Lucín, 2019)

3.5.2 Proceso de montaje de bomba de inyección en línea.

Paso 1:

Se coloca un perno corredizo en la base del banco que sujeta a la bomba de inyección (A), sin ajustar, hasta que la bomba ya este fijo para su respectiva calibración, luego de

esto se procede al ajuste del perno (B), con una llave de corona o boca de 22 mm, tal como se puede observar en la figura 43.

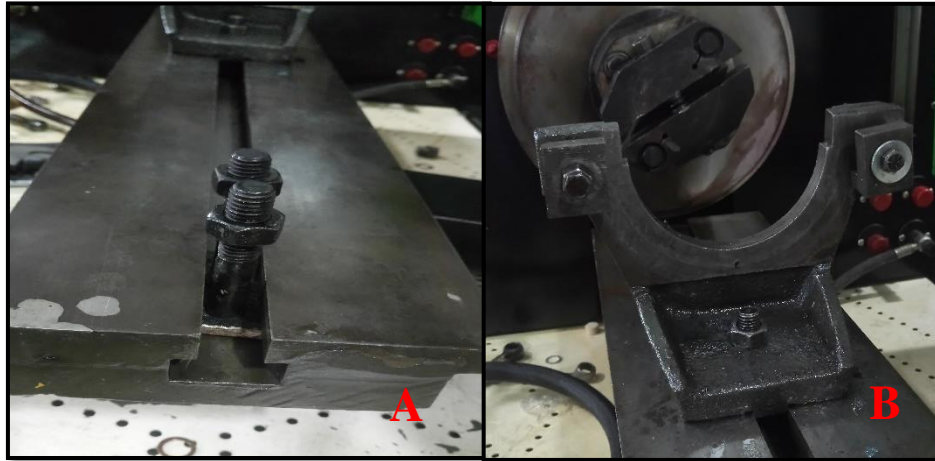


Figura 43.A.Pernos corredizos B.Base de bomba
(Lucín, 2019)

Paso 2:

Se coloca la brida y los sujetadores a la base que coge a la bomba de inyección (A), ajustando los laterales usando las llaves de boca corona 9/16" en ambos lados (B) y se procede a colocar la bomba de inyección, fijando los cuatros pernos de la brida con la llave de boca corona 9/16" como se observa en la figura 44.

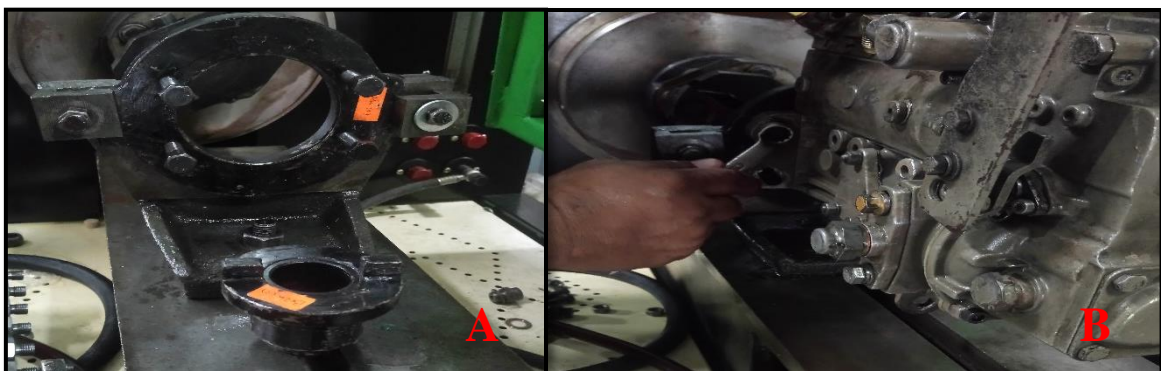


Figura 44.A. Colocación de brida 1 B. Ajuste de perno de bomba
(Lucín, 2019)

Paso 3:

Una vez ajustado los pernos de la brida a la base del banco de calibración, se procede a colocar la segunda brida en el eje cónico, tomando en cuenta que lleva una cuña como se observa en la figura 45.

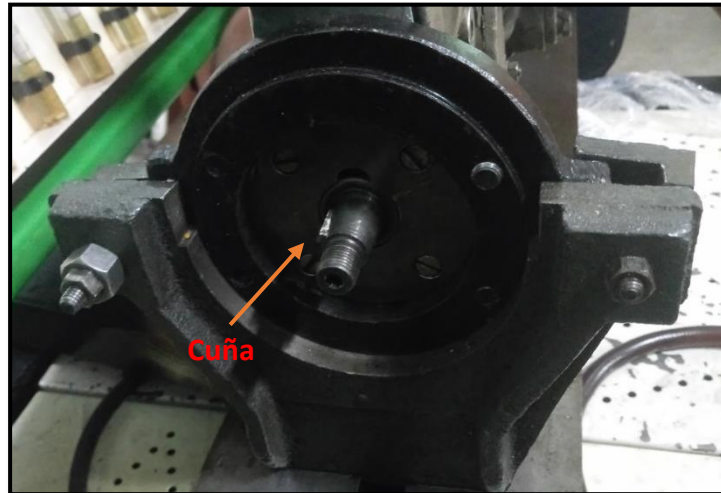


Figura 45. Colocación de segunda brida
(Lucín, 2019)

Paso 4:

Se coloca la brida # 2 al eje con su cuña (B) y se procede a ajustar con un dado especial usando una llave de boca o corona 13 mm (A) como se observa en la figura 46.

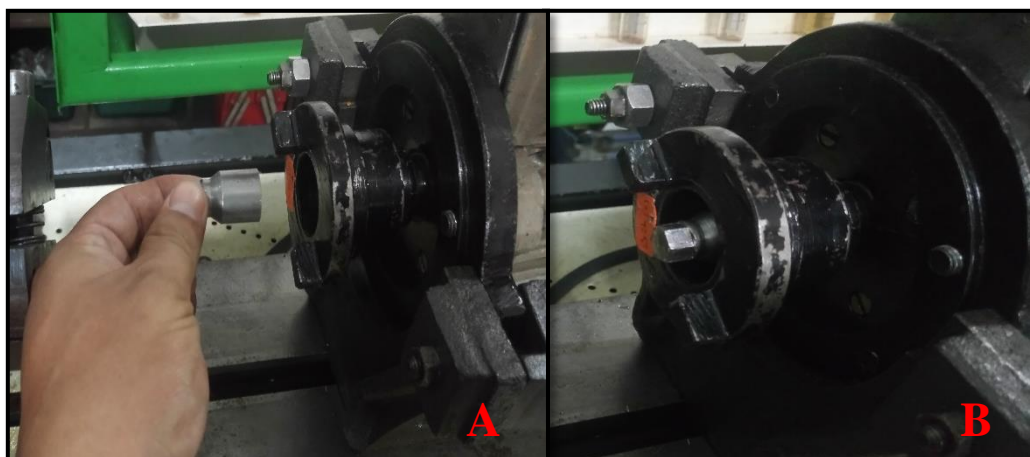


Figura 46. A. Dado especial B. Brida #2
(Lucín, 2019)

Paso 5:

Se recorre la base con la bomba hacia la mordaza del banco de pruebas, acoplándola y ajustando usando una llave allen # 10, una vez ya ajustada la bomba con la mordaza, se ajusta el perno de la base que sostiene la bomba de inyección con una llave de boca o corona 22 mm como se muestra en la figura 47.

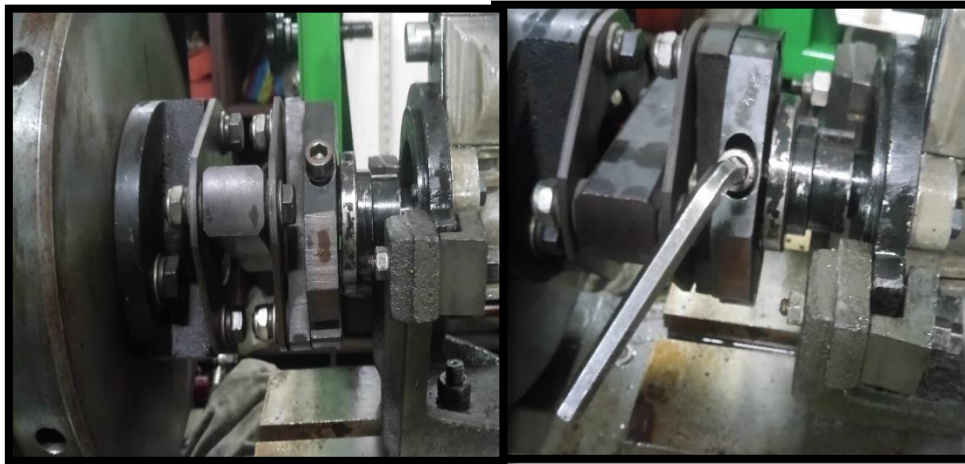


Figura 47. Ajuste de mordaza con brida utilizando llave allen.
(Lucín, 2019)

Paso 6:

Luego de acoplar la bomba de inyección al banco, se gira el tambor con una pequeña palanca para comprobar que la bomba de inyección al banco de comprobación se encuentra bien alineado, para poder realizar las pruebas correspondientes como se observa en la figura 48.

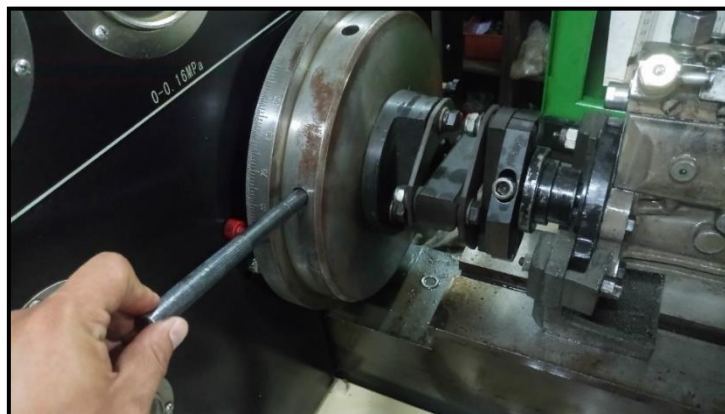


Figura 48. Comprobación de alineación de la bomba de inyección
(Lucín, 2019)

Paso 7:

Se monta la bomba de inyección Tipo A de Hino EB300, fijándola al banco de pruebas. Se colocan 6 cañerías de alta presión a la salida de combustible de la bomba de inyección con una llave de boca 19 mm tratando que quede bien hermético para evitar fugas de combustible al momento de iniciar la prueba, como se puede observar en la figura 49.



Figura 49. Colocación de cañerías
(Lucín, 2019)

Paso 8:

Se coloca las mangueras del banco de calibración a la bomba de inyección, las cuales son entrada de combustible y retorno como se observa en la figura 50, para que se pueda realizar las pruebas correspondientes.



Figura 50. Colocación de mangueras de entrada y retorno de combustible
(Lucín, 2019)

3.6 Pasos antes de la pruebas

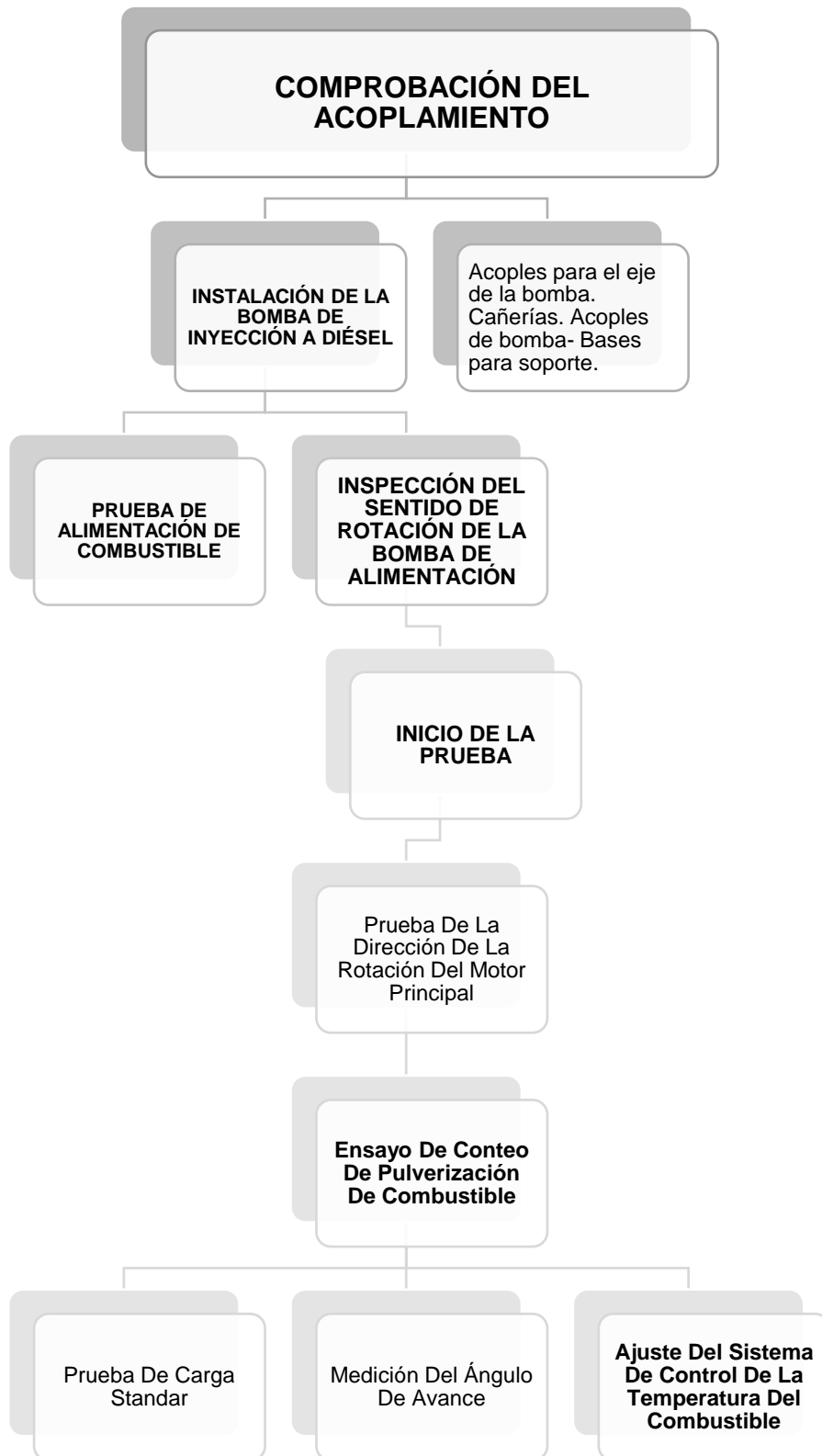


Figura 51. Proceso de acoplamiento de las bombas en el banco de prueba de bombas diesel

3.6.1 Inicio de la prueba

Antes de encender la máquina se deberá chequear pernos, acoples, bomba y combustible, como se observa en la figura 52.



Figura 52. Banco de datos listo para inicio de prueba
(Lucin, 2019)

En modo digital elija cualquiera de los diez tipos de rotación de velocidad, la velocidad preestablecida anterior se muestra en la ventana de velocidad y, a continuación, haga clic en el botón <FWD> o <REV>, (“Fordward” o “Reverse”) En modo manual hacer clic en el botón <L> o <R>, (“Left” o “Right”), arrancara el motor principal dependiendo del giro del potenciómetro de velocidad, tal como se ve en la figura 53.

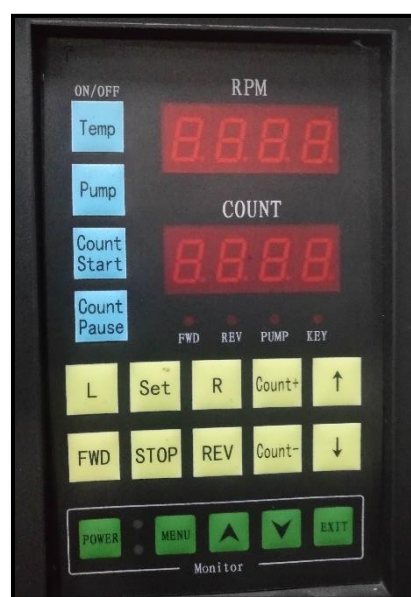


Figura 53. Tablero digital del banco de prueba
(Lucin, 2019)

“Si lo gira en el sentido de las agujas del reloj, el valor de velocidad aumentará gradualmente o el valor de velocidad disminuirá gradualmente”.

Prueba de la dirección de la rotación del motor principal, se debe ajustar la velocidad de rotación a 200 RPM, hacer clic en el botón <FWD>, vea la dirección de rotación, haga clic en el botón <STOP> y luego en el botón <REV> y vea la dirección de rotación. Si la dirección cambia, la dirección de rotación es correcta, como se observa en la figura 54. (Bermeo, 2017)



Figura 54. Tiempo de conteo de inyección en el panel de control de banco de pruebas (Lucin, 2019)

Ensayo de conteo de pulverización de combustible, ajustar la velocidad a 800 RPM, en este momento ajustar el recuento de pulverización de combustible a 100 (según la tabla del fabricante). Haga clic en el botón <Inicio> en la imagen principal, el sistema comienza a contar desde 0 y el botón <Inicio> se activa. Al mismo tiempo, el combustible rociado en cada cilindro cae en los cilindros correspondientes. Al hacer clic en el botón <Pausa>, el sistema deja de contar y la placa de combustible de bloque empieza a bloquear el mismo. Volver a pulsar el botón <Inicio>. (Bermeo, 2017)

Cuando el recuento es de hasta el valor de ajuste 200, el sistema detiene automáticamente el recuento y corta la medición de combustible. Mientras tanto, el volumen de diésel en el cilindro es el volumen de entrega de cada cilindro a la velocidad de rotación en la definición de los tiempos de rociado. (Bermeo, 2017)

Ajuste del sistema de control de la temperatura del combustible, el combustible diésel debe ser vertido en el tanque de combustible antes de usar el sistema. Se debe ajustar la temperatura a 36 ° C, luego arrancar el motor de la bomba de alimentación e iniciar el sistema de control de temperatura. (Bermeo, 2017)

Si la temperatura es inferior al valor ajustado, el calentador comienza a calentar el diésel, que puede ser mostrado por el aumento continuo de la temperatura. Después de un período de tiempo, la temperatura se colocará al valor establecido, el calentador deja de calentar y el ventilador comienza a funcionar. (Bermeo, 2017)

Medición del ángulo de avance, para empezar a realizar el ajuste se debe tomar parte del dispositivo de avance de la bomba de inyección. A continuación, conectar el dispositivo de avance y la bomba de inyección utilizando la placa de conexión "I", la placa de conexión "II" y las llaves semicirculares adecuadas. (Bermeo, 2017)

Después de conectar bien, conecte al acoplamiento flexible del soporte del banco. Se debe fijar el sensor de ángulos de medición de avance al acero magnético (volante). Acerque la cara del sensor al acero magnético que fue colocado en la placa de conexión "I". (Bermeo, 2017)

La distancia entre el sensor y el imán de acero debe ser de 4 mm a 5 mm. Luego fijar el acero magnético al lado de la mesa de trabajo del soporte de prueba por adsorción magnética. Conectar el enchufe del sensor al enchufe que se colocó en el panel de control de la máquina. (Bermeo, 2017)

Mientras el sensor está orientado hacia el acero magnético, la luz del sensor debe estar encendida. Arranque el motor principal y eleve la velocidad lentamente. Cuando la velocidad sea igual a 500 ± 50 rpm, haga clic en el botón <AngleReset> para cancelar el valor de salida y comience a medir el valor del ángulo de avance actual. “Al subir la

velocidad de nuevo se obtendrá los valores de ángulo de avance a diferentes velocidades” (Bermeo, 2017).

3.6.2 Resultados de la investigación

La prueba in situ se realizó en el Taller Automotriz de la Facultad De Ingeniería Automotriz de la Universidad Internacional Del Ecuador. Prueba de funcionamiento de Banco de calibración COM-EMC con bomba de inyección TIPO A de HINO EB300 para camión.

- **Resultado de prueba #1**



Figura 55.Resultados de prueba #1
(Lucín, 2019)

1. Falla de bomba de presión del Banco de prueba COM-EMC, la cual genera el flujo de combustible hacia la bomba de inyección. Se lleva a cabo una técnica empírica de alimentación de combustible por medio de gravedad desde un cilindro, ya que al encender y hacer la prueba no ingresaba combustible del banco a la bomba de inyección, tal como se puede observar en la Figura 56.



Figura 56. Alimentación de combustible por medio de gravedad desde un cilindro (Lucín, 2019)

2. Se presenta en las probetas del banco de pruebas, un llenado disparejo de los 6 inyectores, a los 1000 rpm, afirmando la calibración de la bomba de inyección.

3. Se deberá calibrar la entrega de combustible a cada inyector, en la bomba de inyección, en la corona dentada que va conectado con la cremallera donde regula el paso y corte de combustible altas y bajas para obtener entrega de combustible parejo.

4. Perfecta Implementación de brida y acoplamiento al BANCO DE CALIBRACION DE BOMBAS DE INYECCIÓN A DIÉSEL COM-EMC para prueba de bomba de inyección TIPO A de HINO EB300 para camión.

- **Resultado de prueba #2**

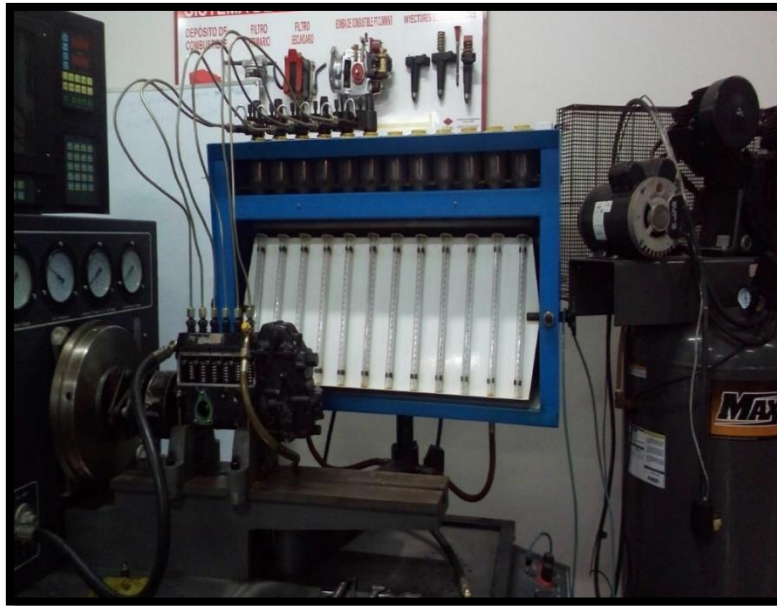


Figura 57.Prueba #2
(Abel Lucín, 2019)

1. Exceso de combustible, se ajusta perno de tope del caudal de la bomba de inyección
2. Se presenta calibración estándar en los 6 inyectores en pulverización del combustible.
3. Se deberá calibrar bomba de inyeccion.
4. Perfecta Implementación de brida y acoplamiento al banco de calibración de bombas de inyección a diésel COM-EMC para prueba de bomba de inyección TIPO A de HINO EB300 para camión, como se observa en la figura 57.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

1. Se diseñó los componentes necesarios para el acoplamiento de bomba de inyección TIPO A de HINO EB300 camión como bridas y acoples en SIEMENS en acero ASTM 35, la cuales hacían falta para montar al banco de calibración de bomba de inyección a diésel COM-EMC.
2. Se realizó la implementación de las bridas en el banco de calibración de la bomba de inyección TIPO A de HINO EB300, en el taller de la universidad Internacional del Ecuador- Guayaquil, donde se necesitaron de brida, acople y pernos que tuvieron que ser diseñados, y posteriormente colocadas como también la instalación de las respectivas mangueras de combustible del banco de pruebas.
3. Se realizó pruebas piloto de funcionamiento al banco de calibración de bomba de inyección, dando como resultado que las piezas elaboradas están en óptimo funcionamiento para cualquier prueba en el taller.

4.2. Recomendaciones

1. Se recomienda una capacitación o leer el manual de uso antes de usar el banco de calibración, la manipulación y operación del banco debe ser llevada a cabo bajo las normas que se encuentran en las guías de prácticas, Tomando en cuenta la simbología ilustrada en el banco para evitar posibles accidentes.
2. Se recomienda frecuentemente realizar mantenimientos al sistema de combustible. El diésel de prueba debe ser reemplazado después de haber probado 500 bombas o trabajado 800 horas.
3. Las pruebas que se realizaron en el banco de calibración fueron eficientes, demostrando la viabilidad y funcionabilidad al 100% de las bridas fabricadas y recordar cumplir con los parámetros establecidos para obtener una vida útil prolongada del banco.

Bibliografía

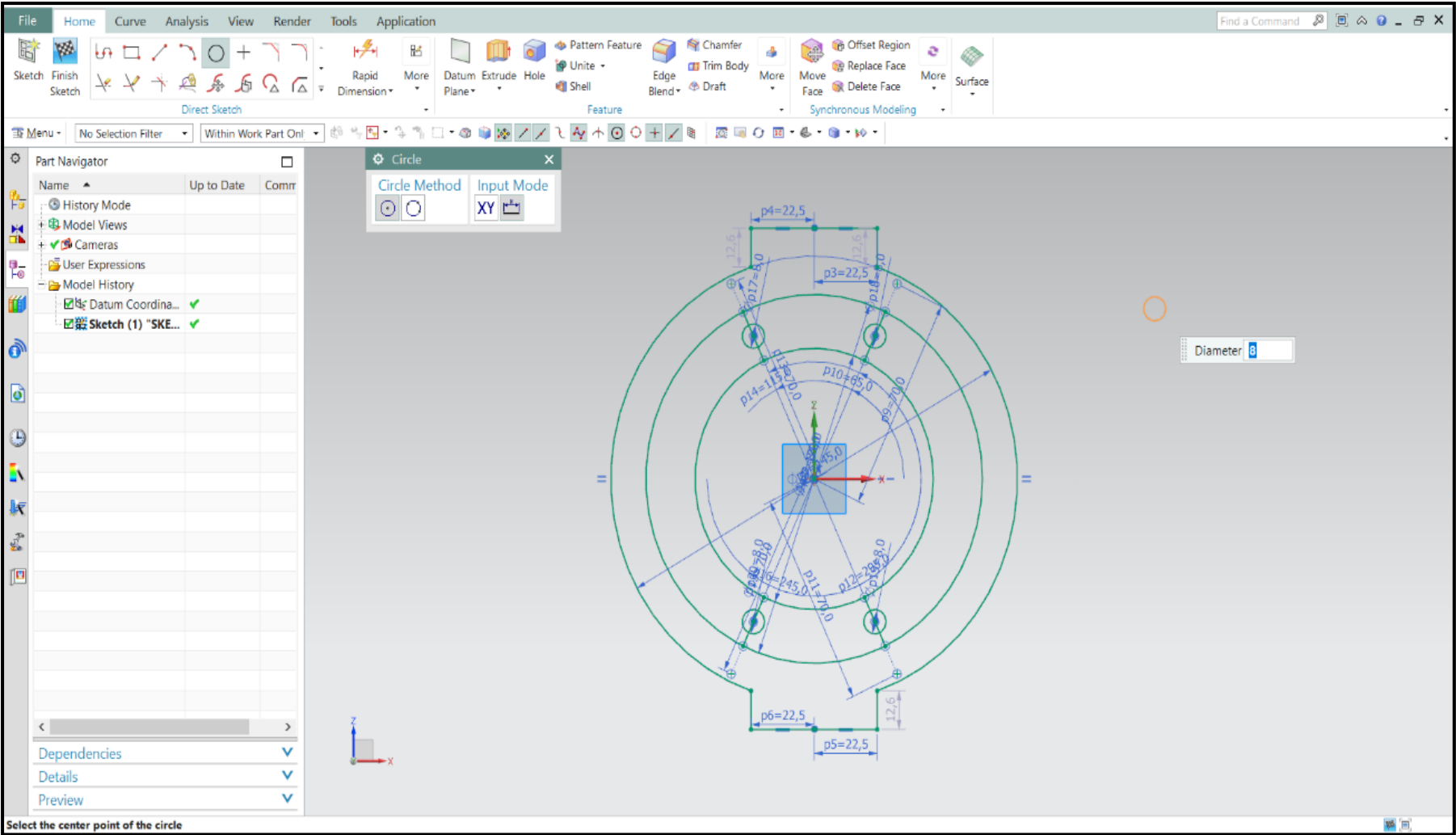
- Aguilar&Godoy&Gomez. (2001). *Cámaras de combustión y sistemas de distribución de la carga*. Universidad Nacional del Nordeste .
- alpetrologia. (2015). *www.alpetrologia.com*. Recuperado el 05 de febrero de 2019, de <http://www.alpetrologia.com/consultas-frecuentes/>
- Alvarado. (27 de Julio de 2016). *www.nitro.pe*. Obtenido de nitro.pe: <https://www.nitro.pe/mecanico-nitro/ventajas-de-los-sistemas-de-inyeccion.html>
- Alvarado. (27 de Julio de 2016). *www.nitro.pe*. Obtenido de nitro.pe.
- Autoavance. (2019). Obtenido de <https://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/130-bombas-de-inyeccion-diesel-uis-y-ups/>
- Bermeo. (2017). *Diseño de un manual de operación del banco de calibración de bombas a diésel COM-EMC*. TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ, UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ, FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ, GUAYAQUIL,.
- Blogdeautomoviles. (2019). Obtenido de <http://blogdeautomoviles.com/bombas-de-inyeccion-individuales/>
- Bomba inyectora. (2012). *Bombainyectora.es*. Recuperado el 05 de febrero de 2019, de http://www.bombainyectora.es/tipos_de_bombas.html
- Bosh. (2018). *EPS 815 – El banco de prueba de componentes versátil y de alto desempeño*. Obtenido de http://www.carlosandretich.com.ar/diagnostics/2-eps_815_banco_prueba.pdf
- Br.bosch-automotive. (2019). Obtenido de http://br.bosch-automotive.com/es/internet/parts/parts_and_accessories_2/motor_and_systems/diesel/unit_injector_system/unit_injector_system_diesel_motorsys_parts.html
- Brish. (2018). *EPS 815 – El banco de prueba de componentes versátil y de alto desempeño*. BOSH.
- Calleja, D. G. (2015). *Mantenimiento de sistemas auxiliares del motor de ciclo diésel*. Paraninfo.

- Castillejo. (2014). *Sistemas de Inyección en Motores Diesel*. Sevilla: Dr. D. Tomás Sánchez Lencero.
- Castro. (1987). *EL MOTOR DIESEL EN EL AUTOMÓVIL*. Barcelona, España: ediciones CEAC. Obtenido de IBN 84-329-1026-0
- Castro. (2019). *BOMBA DE INYECCION*. Obtenido de ecured.cu/Bomba_de_inyecci%C3%B3n
- Chávez&Paredes. (2014). “IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO DE UNA BOMBA DE INYECCIÓN LINEAL PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”. RIOBAMBA. Recuperado el 20 de febrero de 2019
- Crouse, W. H. (s.f.). *Mecanica del automovii*. Marcombo.
- Denso. (s.f.). *Manual de servicio - Bomba en linea*.
- Directindustry. (2019). Obtenido de <http://www.directindustry.es/prod/nanyang-nantai-experimental-equipment-co-ltd/product-87717-922981.html>
- Domingo. (2011). *Apunte de mecanica de fluidos*.
- Ecured. (2018). www.ecured.cu. Recuperado el 05 de febrero de 2019, de https://www.ecured.cu/Inyector_de_Combustible
- ECURED. (2019). www.ecured.cu. Obtenido de https://www.ecured.cu/Bomba_de_inyecci%C3%B3n
- García. (2015). *Prueba de ruta*. Recuperado el 2019 de febrero de 2019
- García Orozco. (2019). www.pruebaderuta.com. Recuperado el 04 de febrero de 2019, de [pruebaderuta.com](http://www.pruebaderuta.com): <https://www.pruebaderuta.com/alimentacion-de-combustible.php>
- Gil, H. (2002). *Sistemas de inyección diesel*. Grupo Planeta.
- Granell. (2014). *¿Qué es la bomba de inyección diesel y cómo funciona el sistema?*
- Guía de alpetrologia. (2015). Alpetrologia.com. Recuperado el 05 de febrero de 2019
- Ibañes, S. P. (2012). *Mantenimiento de sistemas auxiliares del motor de ciclo Diésel*. IC Editorial.
- Imperial, J. M. (1996). *Bombas de inyección diesel*. Grupo Planeta (GBS).
- Ingol. (29 de mayo de 2015). doi:Copyright 2017 @ NeoAuto
- Inyeccionelectromotores*. (2019). Obtenido de <https://inyeccionelectronicamotores.blogspot.com/2016/08/inyectores-de-gasolina.html>
- Jiménez, P. B. (2012). *Técnicas básicas de mecánica de vehículos*. Ic Editorial.

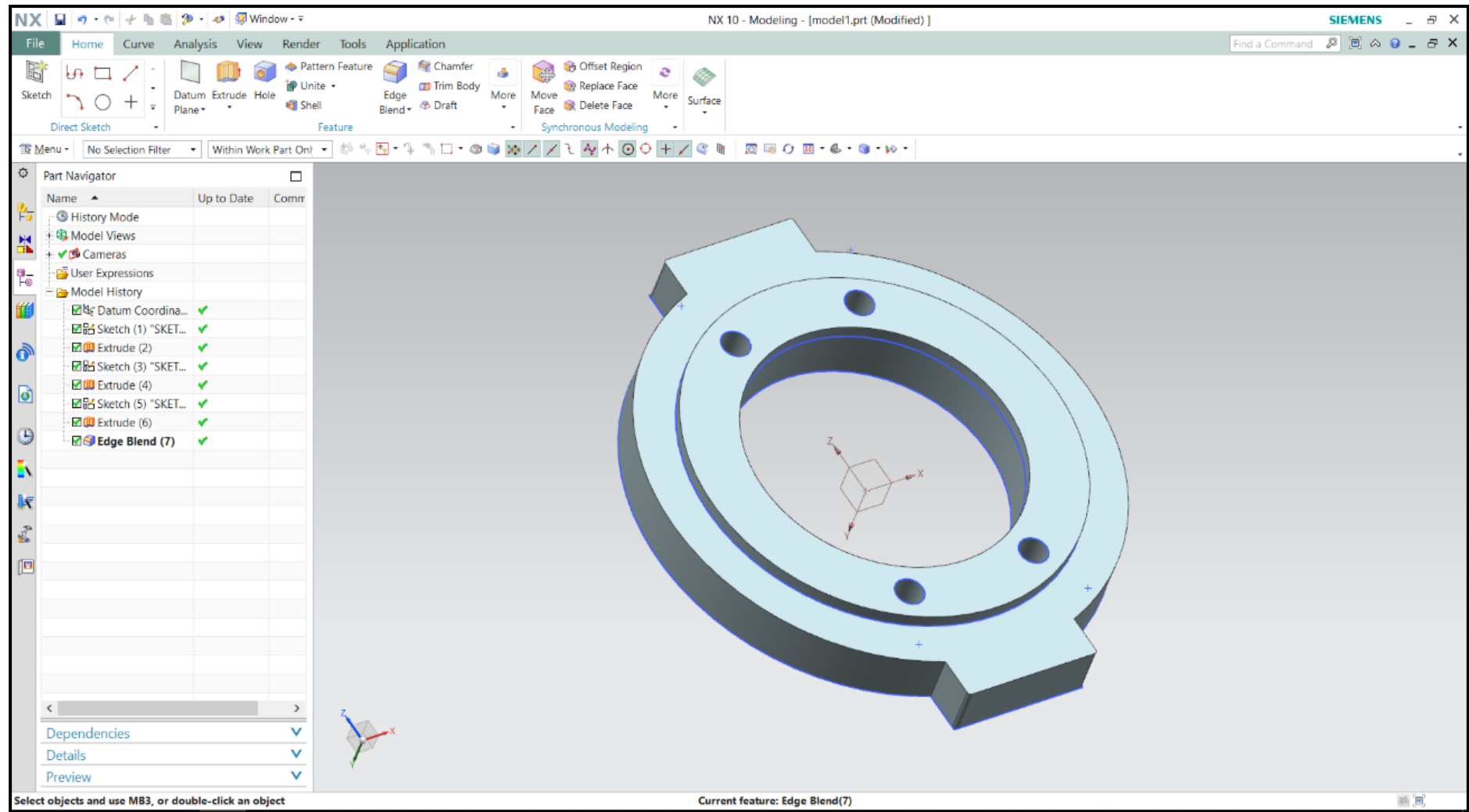
- José Pardiñas, R. F. (2018). *Sistemas auxiliares del motor*. Editex.
- Laboratoriormd. (2019). Obtenido de <http://www.laboratoriormd.com/pages/servicios/reparacion-de-bombas-de-inyeccion-diesel.php>
- Lopez. (2019). *BOMBAS DE INYECCION A DIESEL*. Obtenido de ecured.cu/Bomba_de_inyecci%C3%B3n
- Martinez. (2014). *Bomba de inyección en línea estándar PE*. Recuperado el 04 de febrero de 2019, de <http://www.fullmecanica.com/definiciones/b/1109-bombas-de-inyeccion-en-linea-tipo-pe-estandar>
- Padilla, B. J. (2012). *Técnicas básicas de mecánica de vehículos*. Ic Editorial.
- Sanchez, E. (2009). *Sistema auxiliares del motor*. Macmillan Iberia.
- SCHUCH, F. W. (1999). *Manual de la tecnica del automovil*. Reverte.
- Scundino, E. (2009). *Motores*. Macmillan Iberia.
- Sedicol. (2019). Obtenido de <http://sedicol.blogspot.com/p/bomba-inyectora-diesel-tipo-ve-y-vp44.html>
- SIERRA. (2017). *Análisis de adaptación de un motor Diésel Mercedes Benz OM 447 LA que utiliza Gas de Síntesis*. Cd. Mx: Dr. Javier Eduardo Aguillón Martínez. Recuperado el 20 de febrero de 2019, de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/13627/3/Tesis%20VSR.pdf>
- Yerera&Becerra&Dilorenzo&Holzman. (2017). *SISTEMAS DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA*. Proyecto de motores, Universidad Nacional de La Plata Facultad de Ingeniería.

ANEXOS

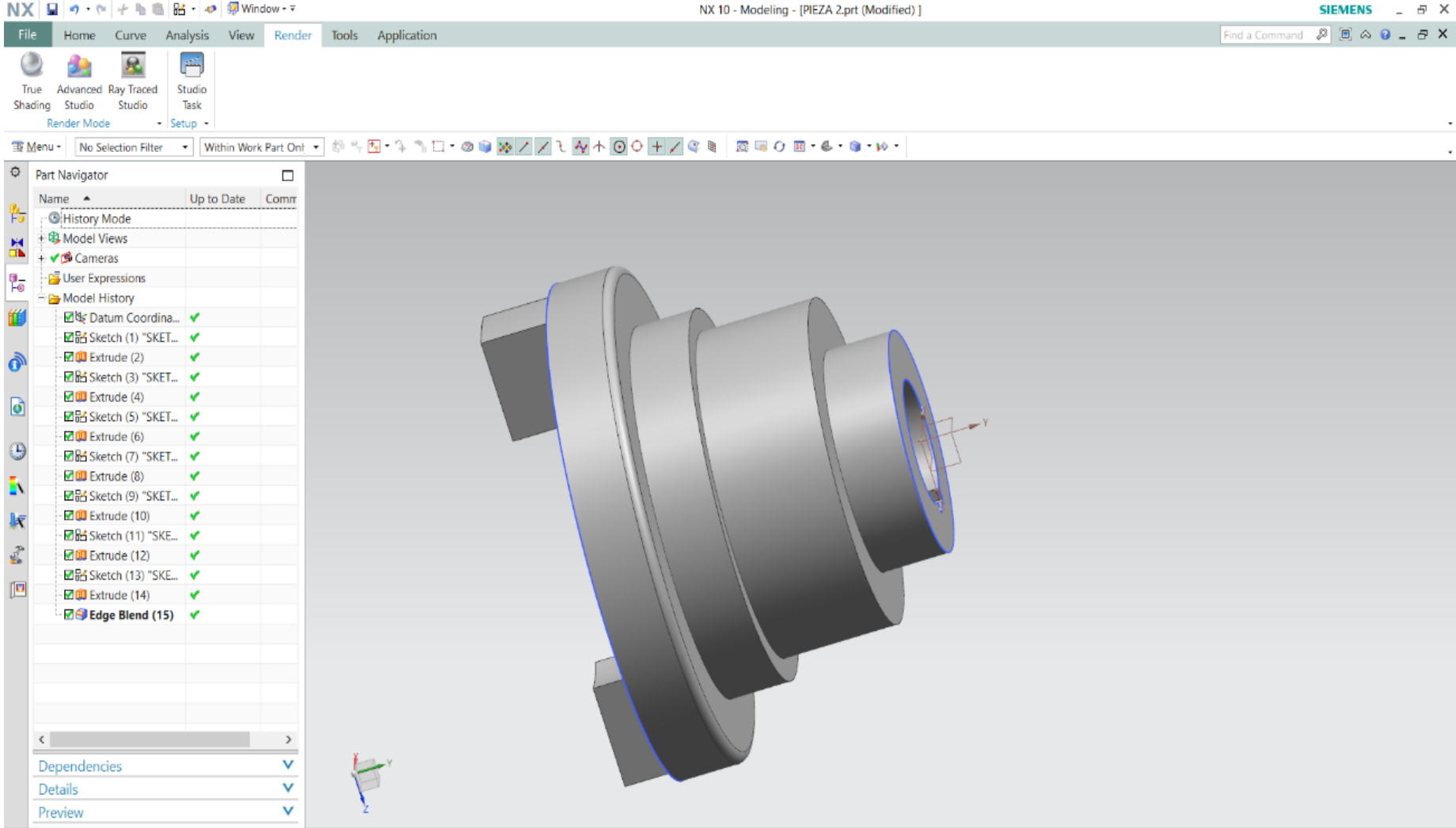
ANEXO 1



ANEXO 2



ANEXO 3



ANEXO4

