



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA E
INDUSTRIAS**

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS
DIDÁCTICO DE UN SISTEMA DE FRENO HIDRÁULICO CON
CONTROL ELECTRÓNICO PARA EL ESTACIONAMIENTO DE
UN VEHÍCULO LIVIANO**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO AUTOMOTRIZ**

LUIS IGNACIO LEÓN ARBOLEDA

DIRECTOR: ING. ALEX GUZMÁN

Quito, junio 2016

© Universidad Tecnológica Equinoccial. 2016
Reservados todos los derechos de reproducción

FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

PROYECTO DE TITULACIÓN

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1720202082
APELLIDO Y NOMBRES:	LEON ARBOLEDA LUIS IGNACIO
DIRECCIÓN:	RIO NUEVO S22-77 Y PORTOVELO
EMAIL:	leonluis_05@yahoo.com
TELÉFONO FIJO:	022635544
TELÉFONO MOVIL:	0995629786

DATOS DE LA OBRA	
TITULO:	Diseño y construcción de un banco de pruebas didáctico de un sistema de freno hidráulico con control electrónico para el estacionamiento de un vehículo liviano
AUTOR O AUTORES:	Luis León Arboleda
FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	21/06/2016
DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	Ing. Alex Guzmán
PROGRAMA	PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO <input type="checkbox"/>
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Automotriz
RESUMEN:	<p>El proyecto inició con el diseño del circuito hidráulico utilizando el programa denominado Fluid SIM, en este programa se puede realizar el diagrama real del circuito hidráulico y también su prueba de funcionamiento.</p> <p>Posteriormente realicé el diseño de la estructura metálica del banco de pruebas didáctico utilizando el programa Solid Works con este programa se pudo realizar el diseño de los componentes de apoyo para el circuito hidráulico, se diseñó la base</p>

de apoyo del sistema de freno de disco, la base de la bomba hidráulica de piñones, las placas horizontales y verticales para ubicar el circuito hidráulico y también se diseñó el depósito de aceite hidráulico, tomando en cuenta como factor principal la realización de cálculos de momento flector y fuerza cortante del bastidor donde se instaló la central hidráulica y el sistema de freno de disco.

Ya diseñados todos los componentes se procedió a hacer un diseño del ensamble definitivo de la estructura metálica y bases de apoyo.

Se realizó la selección de componentes hidráulicos existentes en el medio, para adaptarlos al circuito hidráulico del banco de pruebas.

Posteriormente diseñé el circuito eléctrico y electrónico para el control del banco de pruebas didáctico con el programa Eagle.

Ya con los diseños de la estructura metálica del circuito hidráulico y del dispositivo de control se realizó el ensamble del sistema hidráulico con las respectivas conexiones para su control.

Las pruebas de funcionamiento del banco de pruebas didáctico se realizó de acuerdo a la activación y el correcto funcionamiento del sistema de control y la verificación de activación de la mordaza de freno al presionar el pulsador de encendido y mostrarse en la pantalla LCD, la activación de la bobina A.

Al momento de presionar el pulsador de apagado verificar que se muestre en la pantalla LCD el indicador de apagado bobina B en ese momento se

	<p>despresurizará el circuito hidráulico y dejará de frenar el sistema liberando la presión de frenado entre el disco y las patillas de freno.</p>
<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>Banco de pruebas de freno de disco Central hidráulica Sistema de freno de parqueo Electroválvula</p>
<p>ABSTRACT:</p>	<p>The project began with the design of the hydraulic circuit using the program called Fluid Sim in this program can perform the actual diagram of the hydraulic circuit and its test run.</p> <p>Subsequently by the design of the metal structure of bench didactic tests using the SolidWorks program, this program could make the design of the supporting components for the hydraulic circuit, the base system support disc brake was designed, the base of the hydraulic pump gears, the horizontal and vertical plates to locate the hydraulic circuit and the hydraulic oil tank is also designed.</p> <p>The components are designed to make a design preceded the final assembly of the metal structure and support bases.</p> <p>The selection of existing hydraulic components in the medium is performed, to suit the hydraulic circuit test.</p> <p>Then design the electrical and electronic circuit for controlling the bench of educational test.</p> <p>The metal structure to be designed, the hydraulic circuit and the control device assembly hydraulic system with the respective connections for control it was performed.</p> <p>Performance tests bench of educational</p>

	<p>testing was performed according to the activation and proper operation of the control system and verification that the brake caliper is activated by pressing the starter button and displayed on the LCD screen activation coil a, and when you press the button off check is displayed on the LCD indicator off coil B at the time the hydraulic circuit depressurized and stop slow the system releasing the braking pressure between the disc and the brake pads.</p>
<p>KEYWORDS</p>	<p>Test bench disc brake Hydraulic central Parking brake system Solenoid</p>

Se autoriza la publicación de este Proyecto de Titulación en el Repositorio Digital de la Institución.



f: _____

LEON ARBOLEDA LUIS IGNACIO

CI: 1720202082

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **LEON ARBOLEDA LUIS IGNACIO**, CI 1720202082 autor del proyecto titulado: **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DIDÁCTICO DE UN SISTEMA DE FRENO HIDRÁULICO CON CONTROL ELECTRÓNICO PARA EL ESTACIONAMIENTO DE UN VEHÍCULO LIVIANO** previo a la obtención del título de **INGENIERO AUTOMOTRIZ** en la Universidad Tecnológica Equinoccial.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las Instituciones de Educación Superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Autorizo a la BIBLIOTECA de la Universidad Tecnológica Equinoccial a tener una copia del referido trabajo de graduación con el propósito de generar un Repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Quito, 21 DE JUNIO DEL 2016



f: _____

LEON ARBOLEDA LUIS IGNACIO

1720202082

DECLARACIÓN

Yo **LUIS IGNACIO LEÓN ARBOLEDA**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Tecnológica Equinoccial puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.



LUIS IGNACIO LEÓN ARBOLEDA

C.I. 1720202082

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo que lleva por título “**Diseño y construcción de un banco de pruebas didáctico de un sistema de freno hidráulico con control electrónico para el estacionamiento de un vehículo liviano**”, que, para aspirar al título de **Ingeniero Automotriz** fue desarrollado por **Luis Ignacio León Arboleda**, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería e Industrias, y cumple con las condiciones requeridas por el reglamento de Trabajos de Titulación artículos 19, 27 y 28.



ING. ALEX GUZMÁN

DIRECTOR DEL TRABAJO

C.I.1716331291

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación lo dedico a las personas más importantes de mi vida, mi madre Magdalena el ser humano más importante de mi vida, no me alcanzaría la vida entera para agradecerle por todo lo que ha hecho por mí.

Mi madre es la persona en quien incondicionalmente he podido contar cada momento, por eso le dedico este logro tan importante, lo dedico también a mi hermana Tania mi compañera en la vida quien siempre ha estado a mi lado y nunca ha dejado de apoyarme en los momentos que más lo he necesitado, mi hermana siempre ha sido ejemplo en mi vida.

Este trabajo de titulación lo dedico a mi padre quien siempre ha sido mi motivación y la persona que hizo realidad mi sueño de trabajar en lo que me apasiona gracias padre por su apoyo incondicional.

Lo dedico a mi amor Paulina, su paciencia y apoyo durante todo este tiempo ha sido demasiado importante para hacer realizables mis sueños, gracias mi amor por tantos momentos de felicidad que das a mi vida.

Este trabajo de titulación lo dedico a mi hermano David, gracias a su valioso apoyo he llegado a la culminación de mi trabajo de titulación, lo dedico también a mi sobrina Betsabe Victoria, la bebe más hermosa que con su llegada trajo muchísima felicidad a nuestro hogar.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Tecnológica Equinoccial, a mis profesores por todo el conocimiento impartido durante mi estudio universitario.

Agradezco al Ingeniero Alex Guzmán director de mi trabajo de titulación por todo el conocimiento que me ha impartido en su cátedra dictada, pero sobre todo por haber aceptado dirigir mi trabajo de titulación y su paciencia para culminarlo con éxito.

Agradezco al Ingeniero Milton Revelo y al Ingeniero Juan Carlos Lucero asesores de este trabajo de titulación.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	PÁGINA
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO	3
2.1. SISTEMAS DE FRENOS.....	3
2.1.1. FRENOS DE DISCO	3
2.1.2. FRENOS DE TAMBOR	4
2.2. TIPOS DE CILINDROS DE FRENO	4
2.2.1. CILINDRO DE FRENO SISTEMA DE FRENO DE DISCO	5
2.2.2. CILINDRO DE FRENO SISTEMA DE FRENO DE TAMBOR	5
2.3. PRINCIPIOS DE LA FÍSICA EN LOS QUE BASA EL SISTEMA DE FRENOS.....	6
2.3.1. LEY DE PASCAL	6
2.3.2. FRICCIÓN	7
2.4. PRESIÓN	8
2.5. CAUDAL	8
2.6. ACEITE HIDRÁULICO.....	9
2.7. CAÑERÍAS	9
2.8. VISCOSIDAD.....	10
2.9. FUNCIONAMIENTO DEL FRENO DE ESTACIONAMIENTO DE MANO.....	10
2.10. FRENO DE ESTACIONAMIENTO ELECTRÓNICO EPB.....	11
2.10.1. FUNCIONAMIENTO DEL EPB.....	12
2.10.2. COMPONENTES DEL SISTEMA EPB.....	13
2.11. TIPOS DE BOMBAS HIDRÁULICAS.....	14

2.11.1. BOMBA DE PALETAS	15
2.11.2. BOMBA DE ENGRANAJES	15
2.11.3. BOMBAS DE HUSILLOS O HELICOIDAL	16
2.11.4. BOMBA DE EMBOLO	16
2.12. VÁLVULAS DIRECCIONALES	17
2.12.1. TIPOS DE VÁLVULAS DIRECCIONALES	17
2.12.2. NOMENCLATURA DE ELECTROVÁLVULA	18
2.13. MOMENTO FLECTOR	19
2.14. ESFUERZO CORTANTE	20
3. METODOLOGÍA.....	21
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
4.1. ALCANCE	23
4.2. PLANIFICACIÓN DEL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN	23
4.3. DISEÑO DEL CIRCUITO HIDRÁULICO.....	24
4.4. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA METÁLICA	25
4.4.1. COMPONENTES DEL BASTIDOR	26
4.4.2. DISEÑO INICIAL DEL BASTIDOR.....	26
4.4.2.1. Peso de componentes central hidráulica y del sistema de frenos.....	27
4.4.2.2. Peso de la estructura del depósito y del fluido hidráulico.....	28
4.4.2.3. Carga distributiva	29
4.4.2.4. Sumatoria de fuerzas para la viga 1	30
4.4.2.5. Fuerza cortante tramo A- C viga 1	30
4.4.2.6. Momento flector viga 1	32
4.4.2.7. Momento de inercia sección tubo cuadrado.....	33
4.4.2.8. Cálculo de esfuerzo de la viga 1	34
4.4.2.9. Factor de seguridad sección de tubo cuadrado	34
4.4.2.10. Sumatoria de fuerzas viga 2.....	35
4.4.2.11. Fuerza cortante y momento flector viga 2	37

4.4.2.12. Momento de inercia viga 2	40
4.4.2.13. Factor de seguridad sección de tubo cuadrado	41
4.4.3. ACOPLAMIENTO DE TODOS LOS TRAVESAÑOS DE LA ESTRUCTURA METÁLICA	42
4.4.4. DISEÑO DEL PROCESO DE SOLDADURA.....	42
4.5. DISEÑO DE PLACA DE APOYO PARA LA BOMBA HIDRÁULICA ..	43
4.5.1. DISEÑO DE PERFORACIONES PARA LA SUJECIÓN DE LA BOMBA HIDRÁULICA.....	44
4.5.2. DISEÑO FINAL DE LA BASE DE LA BOMBA 3D	44
4.6. DISEÑO DEL DEPÓSITO DE ACEITE PARA EL CIRCUITO HIDRÁULICO	45
4.6.1. CÁLCULO LADO OBLICUO TRAPECIO RECTÁNGULO.....	46
4.6.3. COMPONENTES DEL DEPÓSITO	47
4.7. ENSAMBLE DE LAS PLACAS EN LA ESTRUCTURA METÁLICA.....	48
4.8. DISEÑO DE BASE DE APOYO SISTEMA DE FRENO DE DISCO ..	48
4.8.1. Momento de inercia.....	50
4.8.2. Cálculo de esfuerzo	51
4.8.3. Factor de seguridad	51
4.9. ENSAMBLE DE LA BASE PARA SISTEMA DE FRENO Y ESTRUCTURA METÁLICA	52
4.10. DISEÑO DEL ENSAMBLE COMPLETO DEL BANCO DE PRUEBAS	52
4.11. DISEÑO DE LA PLACA DE CONTROL	53
4.12. CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURA METÁLICA	55
4.13. CONSTRUCCIÓN DEL DEPÓSITO DE ACEITE	55
4.14. BASE PARA CIRCUITO HIDRÁULICO	56
4.15. CONSTRUCCIÓN DE LA BASE PARA LA BOMBA DE ACEITE.....	57
4.15.1. PROCESO DE SOLDADURA ESTRUCTURA METÁLICA	57
4.15.2. PINTADO DE ESTRUCTURA METÁLICA	58
4.16. SELECCIÓN DE COMPONENTES	58

4.16.1. SELECCIÓN DE COMPONENTES PARA CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO HIDRÁULICO	59
4.16.1.1. Bomba hidráulica de engranajes.....	59
4.16.1.2. Dimensiones de la bomba hidráulica de engranajes.....	60
4.16.1.3. Selección de electroválvula.....	60
4.16.1.4. Motor eléctrico.....	62
4.16.1.5. Selección de válvula reguladora de presión.....	64
4.16.1.6. Selección de acoplamiento elástico para motor eléctrico....	65
4.17. CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO HIDRÁULICO	65
4.17.2. ENSAMBAJE DE CAÑERÍAS HIDRÁULICAS	66
4.17.3. SELECCIÓN DE CAÑERÍAS HIDRÁULICAS	67
4.17.4. ENSAMBLAJE DE BOMBA EN EL APOYO DE LA ESTRUCTURA.....	67
4.17.5. ENSAMBLAJE DEL CIRCUITO HIDRÁULICO	68
4.17.6. INSTALACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO ELECTROVÁLVULA	68
4.18. COMPONENTES DEL SISTEMA DE FRENO DE DISCO	69
4.18.1 PASTILLA DE FRENO HYUNDAI ACCENT 1.6L	69
4.18.2. DISCO DE FRENO HYUNDAI ACCENT 1.6L.....	70
4.18.3. GOMETRÍA DEL DISCO DE FRENO HYUNDAI ACCENT	70
4.18.4. PISTÓN DE FRENO DE MORDAZA HYUNDAI ACCENT	71
4.18.5. ENSAMBLAJE DEL SISTEMA DE FRENO DE DISCO	72
4.18.6. FIJACIÓN DEL DISCO DE FRENO	72
4.18.7. FIJACIÓN DE LA MORDAZA DE FRENO	73
4.19. ENSAMBLAJE DEL SISTEMA ELÉCTRICO	73
4.19.1. ARRANCADOR DEL MOTOR ELÉCTRICO	74
4.19.2. ACTIVACIÓN DE LA ELECTROVÁLVULA	74
4.19.3. SISTEMA DE CONTROL	75
4.20. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	76
4.20.1. PRUEBAS DE ESTANQUEIDAD	77
4.20.2. PRUEBA DE CONECCIONES ELECTRICAS.....	78
4.20.3. PRUEBAS DEL SISTEMA DE CONTROL	78

4.20.4. PRUEBA DEL MENSAJE DE BIENVENIDA	78
4.20.5. PRUEBA DEL MENSAJE DE ACTIVACIÓN	79
4.20.6. PRUEBA DEL MENSAJE DE DESACTIVACIÓN.....	80
4.20.7. PRUEBA DEL SISTEMA HIDRÁULICO	80
4.20.7.1 Sistema presurizado	80
4.20.7.2. Sistema despresurizado.....	81
4.20.8. PRUEBA DE ALABEO DEL DISCO DE FRENO.....	81
4.20.9. PRUEBA DE FUGA EN LA MORDAZA DE FRENO	82
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	84
5.1. CONCLUSIONES	84
5.2. RECOMENDACIONES.....	85
GLOSARIO.....	87
BIBLIOGRAFÍA.....	88
ANEXOS.....	90

ÍNDICE DE TABLAS

	PÁGINA
Tabla 1. Códigos de fricción	8
Tabla 2. El sistema EPB posee los siguientes componentes	14
Tabla 3. Cronograma de actividades	24
Tabla 4. Componentes del circuito hidráulico	25
Tabla 5. Componentes del bastidor	26
Tabla 6. Componentes del depósito	47
Tabla 7. Componentes de la base de apoyo para la mangueta	49
Tabla 8. Especificaciones técnicas de electroválvulas	61
Tabla 9. Valores de resistencia y dureza de los discos de freno	70
Tabla 10. Especificaciones del pistón de freno	71
Tabla 11. Conexión motor eléctrico	74

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1. Componentes del sistema de freno de disco	3
Figura 2. Componentes sistema de freno de tambor	4
Figura 3. Componentes del cilindro de freno para frenos de disco	5
Figura 4. Despiece cilindro de freno de tambor.....	6
Figura 5. Aplicación e F1 y F2 en las áreas 1 y 2	7
Figura 6. Partes de la cañería hidráulica.....	10
Figura 7. Despiece de un sistema de freno de mano.....	11
Figura 8. Sistema auto hold	12
Figura 9. Control eléctrico del sistema EPB.....	13
Figura 10. Componentes del sistema EPB	14
Figura 11. Componentes de una bomba de paletas	15
Figura 12. Bomba hidráulica de engranajes.....	15
Figura 13. Bomba de husillos o helicoidal.....	16
Figura 14. Componentes de una bomba hidráulica de émbolos	16
Figura 15. Disposición de válvulas direccionales	19
Figura 16. Momento flector	20
Figura 17. Diseño circuito hidráulico para el banco de pruebas didáctico...	25
Figura 18. Diseño del bastidor	27
Figura 19. Diagrama de la viga aplicando el peso del tanque.....	29
Figura 20. Fuerza de corte tramo A - C.....	31
Figura 21. Viga 1, sentido momento flector.....	31
Figura 22. Fuerza cortante viga 1	32
Figura 23. Diagrama de momento flector viga 1	33
Figura 24. Aplicación de fuerzas viga 2	35
Figura 25. Aplicación pesos motor eléctrico y depósito con fluido	36
Figura 26. Sentido de giro para sumatoria de fuerzas	37
Figura 27. Aplicación puntual del peso del motor.....	38
Figura 28. Distancias existentes entre los pesos Pm y Pdf.....	39
Figura 29. Diagrama de la fuerza cortante viga 2	40

Figura 30. Momento de flector viga 2.....	40
Figura 31. Diseño estructural del bastidor.....	42
Figura 32. Proceso de soldadura	43
Figura 33. Placa de apoyo para la bomba hidráulica	44
Figura 34. Perforaciones para sujeción de la bomba hidráulica.....	44
Figura 35. Diseño final de la base de la bomba en 3D.....	45
Figura 36. Diseño del depósito de aceite para en circuito hidráulico	45
Figura 37. Diseño del contorno del depósito en 3D	46
Figura 38. Depósito en forma de trapecio rectángulo	47
Figura 39. Ensamblaje de las placas de la estructura metálica.....	48
Figura 40. Método de ensamble es por cordón de soldadura	49
Figura 41. Placa de apoyo para el sistema de freno	49
Figura 42. Ensamble de base sistema de freno y estructura metálica por cordón de soldadura por arco eléctrico	52
Figura 43. Ensamblaje completo del banco de pruebas didáctico	53
Figura 44. Circuito impreso, circuito diseñado en EAGLE 7.4.0.....	53
Figura 45. Diagrama Arduino y LCD	54
Figura 46. Circuito electrónico, diagrama diseñado en Proteus 8.1 SP1	54
Figura 47. Construcción de la estructura metálica	55
Figura 48. Depósito de aceite en construcción	56
Figura 49. Base para el circuito hidráulico	56
Figura 50. Base de la bomba hidráulica.....	57
Figura 51. Proceso de soldadura para la estructura metálica	58
Figura 52. Pintado de estructura metálica.....	58
Figura 53. Bomba hidráulica de engranajes.....	60
Figura 54. Electroválvula 4V 3P.....	61
Figura 55. Acotamiento electroválvula 4V 3P.....	62
Figura 56. Acoplamiento motor bomba	62
Figura 57. Motor eléctrico	64
Figura 58. Válvula reguladora de 2 vías.....	65
Figura 59. Acoplamiento elástico para motor eléctrico.....	65
Figura 60. Componentes del circuito hidráulico	66

Figura 61. Ensamblaje de cañería	67
Figura 62. Selección de cañerías para alimentación y retorno.....	67
Figura 63. Placa de apoyo de la bomba hidráulica	68
Figura 64. Ensamblaje del circuito hidráulico	68
Figura 65. Electroválvula del sistema hidráulico	69
Figura 66. Dimensiones pastillas de freno	70
Figura 67. Dimensiones disco de freno.....	71
Figura 68. Pistón de freno Hyundai Accent.....	71
Figura 69. Acoplamiento de la mangueta en la base de la estructura.....	72
Figura 70. Sujeción de la mangueta en la estructura	72
Figura 71. Fijación del disco de freno	73
Figura 72. Fijación de la mordaza de freno	73
Figura 73. Especificaciones del motor eléctrico	74
Figura 74. Arrancador del motor eléctrico	74
Figura 75. Activación de la electroválvula	75
Figura 76. Banco de pruebas didáctico sistema de freno hidráulico con control electrónico para el estacionamiento de un vehículo liviano.....	77
Figura 77. Arrancador del motor eléctrico	78
Figura 78. Mensaje de bienvenida	79
Figura 79. Encendido, activación de la bobina A	79
Figura 80. Apagado, activación de la bobina B.....	80
Figura 81. Manómetro presurizado	81
Figura 82. Manómetro despresurizado	81
Figura 83. Prueba con reloj palpador	82
Figura 84. Verificación de fugas en la mordaza de freno	82
Figura 85. Verificación de frenado por medio de un torquímetro	83

ÍNDICE DE ANEXOS

	PÁGINA
Anexo 1. Tipos de electroválvulas direccionales.....	90
Anexo 2. Especificaciones de la bomba hidráulica	91
Anexo 3. Impresión de baquelita del circuito de control	92
Anexo 4. Programación arduino.....	90
Anexo 5. Manual de uso del banco de pruebas	915
Anexo 6. Vistas del ensamblaje bastidor	98
Anexo 7. Despiece ensamblaje bastidor	99
Anexo 8. Isometría ensamblaje bastidor	100
Anexo 9. Vistas ensamblaje depósito	101
Anexo 10. Despiece ensamblaje depósito	102
Anexo 11. Isometría ensamblaje depósito	103
Anexo 12. Vistas ensamblaje torre.....	104
Anexo 13. Despiece ensamblaje torre	105
Anexo 14. Isometría ensamblaje torre.....	106
Anexo 15. Vistas de la base de la bomba	107
Anexo 16. Isometría de la base bomba.....	108

RESUMEN

El proyecto inició con el diseño del circuito hidráulico utilizando el programa denominado Fluid Sim, en este programa se pudo realizar el diagrama real del circuito hidráulico y también su prueba de funcionamiento.

Posteriormente se realizó el diseño de la estructura metálica del banco de pruebas didáctico utilizando el programa Solid Works con este programa se pudo realizar el diseño de los componentes de apoyo para el circuito hidráulico, se diseñó la base de apoyo del sistema de freno de disco, la base de la bomba hidráulica de piñones, las placas horizontales y verticales para ubicar el circuito hidráulico y también se diseñó el depósito de aceite hidráulico, tomando en cuenta como factor principal la realización de cálculos de momento flector y fuerza cortante del bastidor donde se instaló la central hidráulica y el sistema de freno de disco.

Ya diseñados todos los componentes se procedió a hacer un diseño del ensamble definitivo de la estructura metálica y bases de apoyo.

Se realizó la selección de componentes hidráulicos existentes en el medio, para adaptarlos al circuito hidráulico del banco de pruebas.

Posteriormente se diseñó el circuito eléctrico y electrónico para el control del banco de pruebas didáctico con el programa Eagle.

En el circuito hidráulico se utilizó una electroválvula 4/3 con centro de circulación la cual permitió despresurizar el sistema y a su vez la regulación de presión se realizó de manera manual con la válvula reguladora de presión que frena el sistema con un rango de 10 Psi a 1000 Psi.

Las pruebas de funcionamiento del banco de pruebas didáctico se realizó de acuerdo a la activación y el correcto funcionamiento del sistema de control y la verificación de activación de la mordaza de freno al presionar el pulsador de encendido y mostrarse en la pantalla LCD, la activación de la bobina A.

Al momento de presionar el pulsador de apagado se verificó en la pantalla LCD el indicador de apagado bobina B en ese momento se despresurizó el circuito hidráulico y dejará de frenar el sistema liberando la presión de frenado entre el disco y las patillas de freno.

ABSTRACT

The project began with the design of the hydraulic circuit using the program called Fluid SIM in this program can perform the actual diagram of the hydraulic circuit and its test run.

Subsequently by the design of the metal structure of didactic bench tests using the Solid Works program, this program could make the design of the supporting components for the hydraulic circuit, the base system support disc brake was designed, the base of the hydraulic pump gears, the horizontal and vertical plates to locate the hydraulic circuit and the hydraulic oil tank is also designed.

The components are designed to make a design preceded the final assembly of the metal structure and support bases.

The selection of existing hydraulic components in the medium is performed, to suit the hydraulic circuit test.

Then design the electrical and electronic circuit for controlling the bench of educational test.

The metal structure to be designed, the hydraulic circuit and the control device assembly hydraulic system with the respective connections for control it was performed.

Performance tests bench of educational testing was performed according to the activation and proper operation of the control system and verification that the brake caliper is activated by pressing the starter button and displayed on the LCD screen activation coil a, and when you press the button off check is displayed on the LCD indicator off coil B at the time the hydraulic circuit depressurized and stop slow the system releasing the braking pressure between the disc and the brake pads.

1. INTRODUCCIÓN

El diseño y construcción de un banco de pruebas didáctico de un sistema de freno hidráulico con control electrónico para el estacionamiento de un vehículo liviano, tiene como finalidad el demostrar una forma de detener un vehículo, únicamente presionando un pulsador. El freno de estacionamiento desde décadas ha sido fabricado sin variación alguna en todos los vehículos de serie, el freno de estacionamiento común utiliza una palanca la cual de manera mecánica genera una tensión de un cable o a su vez pueden ser dos cables de acuerdo el diseño del vehículo, para realizar un movimiento o apertura de zapatas con la finalidad de generar un bloqueo por fricción entre las zapatas y el tambor de freno, este sistema de freno de estacionamiento es el común en todos los vehículos, pero a su vez no es cien por ciento seguro ya que por el tiempo de utilización puede perder las propiedades el cable tensor y por ende podría existir una falla en el sistema, que se puede presentar de la siguiente manera: falta de eficacia del freno de parqueo el cual lo podemos resumir en que el vehículo se puede deslizar mientras mayor sea la pendiente de la superficie.

La idea de construir un banco de pruebas didáctico de un sistema de freno de parqueo hidráulico es que basándome en el principio de Pascal, que indica que “La presión ejercida sobre un fluido poco compresible y en equilibrio dentro de un recipiente de paredes indeformables se transmite con igual intensidad en todas las direcciones y en todos los puntos del fluido” garantizará un mejor frenado de las ruedas posteriores del vehículo ya que la presión de frenado será exactamente igual en las dos ruedas, lo innovador en la construcción de este banco será que para experimentar el frenado de las ruedas sin necesidad de cables y palanca mecánica que ocupa espacio en la consola central del vehículo, que puede ser utilizado para otros usos o sistemas. Con la construcción de un banco de pruebas didáctico de un sistema de freno hidráulico con control electrónico para el estacionamiento de un vehículo liviano se podrá obtener un beneficio en la seguridad del sistema de parqueo automotriz, cabe recalcar que la tecnología sigue

evolucionando constantemente y por tal motivo se plantea mejorar el sistema de freno de parqueo existente. En el banco de pruebas se puede analizar cada uno de los componentes de la central hidráulica ya que esta es la fuente de activación del sistema de freno de disco, el desarrollo de este trabajo de titulación es para determinar la factibilidad de un sistema innovador en sistemas de freno de parqueo, pero cabe recalcar que un banco de pruebas didáctico está constituido con componentes que existen en el medio, si este mismo sistema se desea equipar en un vehículo sería de construir componentes específicos para el vehículo y por ende se reduciría las dimensiones del sistema ya que en el banco de pruebas existe un sobredimensionamiento en los componentes del sistema de freno de parqueo en relación a los vehículos existentes, con el diseño y construcción de un banco de pruebas didáctico de un sistema de freno hidráulico con control electrónico para el estacionamiento de un vehículo liviano, se podrá frenar un sistema de freno de disco únicamente presionando un pulsador el cual cuenta con un panel de control.

El objetivo general del proyecto de titulación es diseñar y construir un banco de pruebas didáctico de un sistema de freno hidráulico con control electrónico para el estacionamiento de un vehículo liviano, para cumplir el objetivo general planteo los siguientes objetivos específicos: Diseñar y seleccionar componentes para el banco de pruebas didáctico de un sistema de freno hidráulico con control electrónico para el estacionamiento de un vehículo liviano, construir y montar componentes para el banco de pruebas didáctico de un sistema de freno hidráulico con control electrónico para el estacionamiento de un vehículo liviano, Realizar pruebas y análisis de resultados obtenidos en el banco de pruebas didáctico de un sistema de freno hidráulico con control electrónico para el estacionamiento de un vehículo liviano.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. SISTEMAS DE FRENOS

El sistema de frenos tiene como finalidad detener el vehículo cuando el mismo se desplaza a cierta velocidad y aceleración, existen dos tipos de sistemas que son los siguientes:

2.1.1. FRENOS DE DISCO

El sistema de freno de disco está compuesto por un disco de freno, mordaza, pastillas de freno, cilindro, pistón.

El principio de funcionamiento del sistema de frenos de disco es de la siguiente manera si se presiona el pedal de freno el vástago del cilindro primario se desplaza y permite que exista un movimiento del embolo de bomba o cilindro primario y de esta forma se genera presión del líquido o conductor de presión, por medio de una cañería se genera presión del fluido hacia el embolo de la mordaza de freno con la finalidad de presionar las pastillas con el disco de freno, en ese momento existe fricción entre las dos superficies y permite detener al disco, se indica los componentes del sistema de disco en la figura 1 (Thomson, 2004).

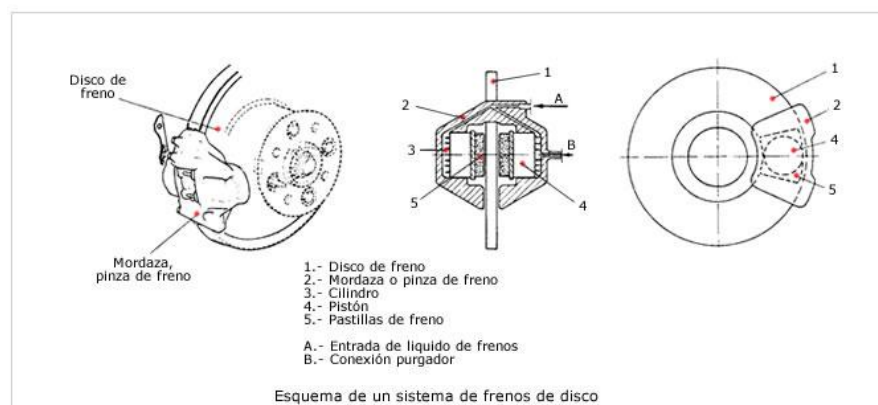


Figura 1. Componentes del sistema de freno de disco (Astudillo, 2010)

2.1.2. FRENOS DE TAMBOR

El sistema de freno de tambor está constituido por: zapatas, plato de freno, tambor o campana, cilindro secundario de freno, muelles y seguros.

El principio de funcionamiento del sistema de freno de tambor es cuando se presiona el pedal de freno, se genera presión de fluido por parte de la bomba de freno o cilindro primario, por medio de las cañerías de freno se transmite la presión del fluido y permite que se desplace el cilindro secundario de la rueda en ese momento experimentan la zapatas un movimiento de apertura en relación con el tambor lo que provoca que haya fricción entre las zapatas y el tambor de esa forma se detiene la rueda y por ende el vehículo, se indica los componentes del sistema de frenos de tambor en la figura 2 (Thomson, 2004).

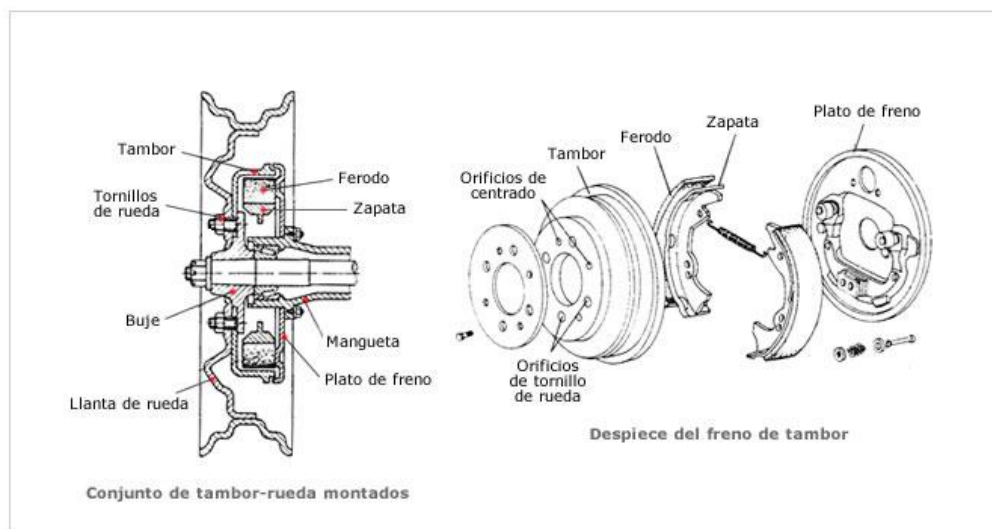


Figura 2. Componentes sistema de freno de tambor
(Astudillo, 2010)

2.2. TIPOS DE CILINDROS DE FRENO

Existen dos tipos de cilindros de freno que pueden ser para sistemas de frenos de disco o sistema de frenos de tambor sus características son evidentes a simple vista.

2.2.1. CILINDRO DE FRENO PARA SISTEMA DE FRENO DE DISCO

Posee un anillo obturador elástico que cuando se frena la presión del fluido actúa sobre los labios del anillo haciendo desplazar al pistón de freno, en ese momento se produce una deformación lateral de la superficie del anillo, en el momento que se deja de presionar el pedal de freno, el anillo obturador vuelve a su posición normal y por ende retrocede el líquido por el conducto, de esa forma trabaja el embolo del sistema de freno de disco, cabe recalcar que posee una regulación automática entre las pastillas y el disco de freno, en la figura 3 se indica los componentes del cilindro de freno para frenos de disco (Thomson, 2004).

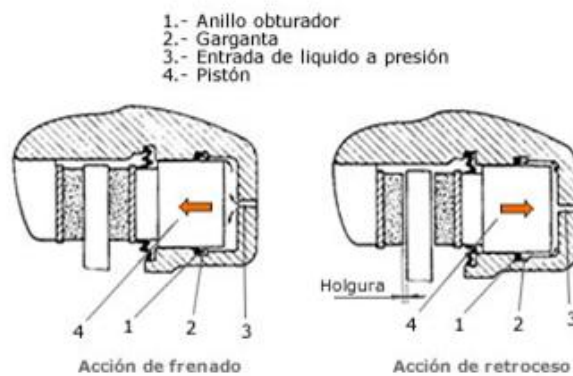


Figura 3. Componentes del cilindro de freno para frenos de disco (Thomson, 2004)

2.2.2. CILINDRO DE FRENO PARA SISTEMA DE FRENO DE TAMBOR

A los cilindros de freno de tambor se los emplea para el desplazamiento lateral de las zapatas de freno.

El cilindro de freno para un sistema de freno de tambor, posee un cilindro y en su interior van alojados dos émbolos que hace contacto la superficie de caucho con las paredes del cilindro, en la parte central lleva un muelle que sirve para mantener a los émbolos en posición normal aunque no tengan presión, cabe recalcar que los cilindros de freno poseen un guardapolvo a

cada lado para protección, en la figura 4 se indica un despiece del cilindro de freno de tambor (Thomson, 2004).

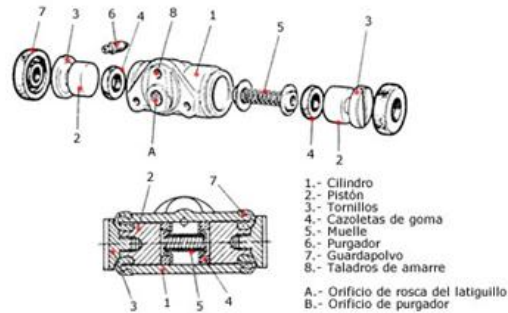


Figura 4. Despiece cilindro de freno de tambor (Thomson, 2004)

2.3. PRINCIPIOS DE LA FÍSICA EN LOS QUE SE BASA EL SISTEMA DE FRENOS

- La Ley de Pascal
- La Fricción

2.3.1. LEY DE PASCAL

Cuando se aplica presión a un líquido o fluido almacenado en un recipiente cerrado la fuerza se transmite igual y sin disminución en todas direcciones. Se expresa matemáticamente de la siguiente forma:

$$F = P \times A \quad [1]$$

Donde:

F: Fuerza (lb) o (N)

P: Presión (lb/pulg²) o (kg/cm²)

A: Área (pulg²) o (cm²)

El sistema de frenos experimenta un desplazamiento aproximado de 5 ml de fluido de frenos desde el cilindro primario hasta el interior del sistema

hidráulico para que ocurra la presión, y por ende el frenado, en la figura 5 se indica la aplicación de F1 y F2 en las áreas 1 y 2 (Mott, 2009).

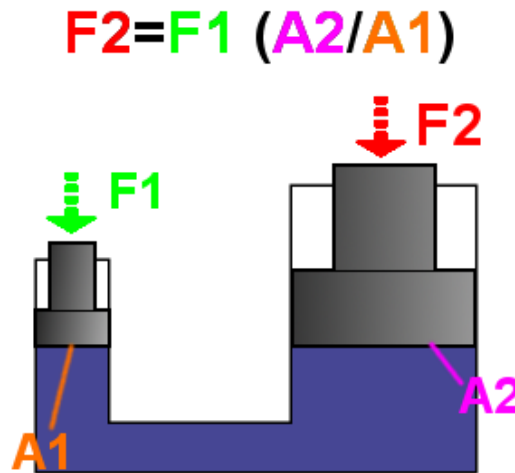


Figura 5. Aplicación e F1 y F2 en las áreas 1 y 2 (Mott, 2009)

2.3.2 FRICCIÓN

La ley de conservación de la energía establece que “la energía no se crea ni se destruye, sólo se transforma”. La energía cinética y la calorífica son dos tipos de energía, la primera es aquella energía que tienen los cuerpos al estar en movimiento y la segunda es la energía que absorben o liberan los cuerpos en forma de calor.

Los vehículos cuando se desplazan tienen energía cinética o de movimiento y la transformación de la energía es cuando el auto se detiene, la fricción produce calor y por ende se obtiene energía calorífica.

La fricción es la oposición al movimiento entre dos cuerpos que entran en contacto. La fricción de un material se determina por su coeficiente de fricción, designado por la letra griega μ (niu), donde $\mu = 0$ significa que no hay fricción entre las superficies en contacto y $\mu = 1$ significa que hay una fricción máxima entre las superficies de contacto. La codificación en cuanto a los coeficientes de fricción ha sido establecida por la SAE (Society of Automotive Engineers), según lo indica la tabla 1 (Thomson, 2004).

Tabla 1. Códigos de fricción

CODIFICACIÓN	COEFICIENTE DE FRICCIÓN
Código C	0.00 - 0.15
Código D	0.15 - 0.25
Código E	0.25 - 0.35
Código F	0.35 - 0.45
Código G	0.45 - 0.55
Código H	0.55 y mayor
Código Z	Sin calificación

(Thomson, 2004)

La fricción es directamente proporcional al peso, esto significa que conforme el cuerpo aumenta en peso también aumenta la fricción al ponerse en contacto con otro cuerpo. La fricción depende del material de fricción, temperatura y acabado de la superficie del tambor o disco de freno.

2.4. PRESIÓN

Existe presión si se aplica una fuerza sobre una superficie basándose en la fórmula (Mott, 2009).

$$P = \frac{F}{A} \quad [2]$$

Donde:

P: Presión

A: Área

F: Fuerza

2.5. CAUDAL

El caudal está definido por la cantidad de fluido que circula por un área de acuerdo a una unidad de tiempo (Mott, 2009).

$$Q = \frac{\text{Vol}}{t} \quad [3]$$

Donde:

Q: Caudal

Vol: Volumen

t: Tiempo

2.6. ACEITE HIDRÁULICO

El aceite hidráulico es utilizado para algunas aplicaciones, puede ser para sistemas de dirección hidráulica, centrales hidráulicas, transmisiones automáticas etc.

Los aceites hidráulicos deben cumplir características tales como:

- Gran resistencia a la oxidación.
- Bajo punto de congelación.
- Alto índice de estabilidad de viscosidad.
- Estabilidad térmica (Mott, 2009).

2.7. CAÑERÍAS

Las cañerías se encargan de conducir el fluido del circuito hidráulico desde la bomba hasta el cilindro de freno.

Las cañerías son diseñadas con factores de seguridad para que soporten altas presiones, en promedio pueden ser 100 bares o 1450 PSI, otros factores que deben soportar las cañerías hidráulicas son agentes abrasivos del entorno y agresiones del medio ambiente.

Las partes de la cañería hidráulica son las siguientes, (3) capa inferior es un tubo flexible resistente al líquido de frenos el material de construcción es un polímero de combinación entre propileno etileno dieno, (EPDM), en la parte intermedia (2) esta soporta buena resistencia a la presión interna del fluido la presión puede ser superior a 100 bar por lo general el factor de seguridad es

cinco veces mayor a la capa exterior (1) está compuesto por una funda de material plástico o también puede tener acero inoxidable, la función de este recubrimiento es proveer de una resistencia contra choque, y factores ambientales. El posicionamiento de cada ítem se puede verificar en la figura 6.

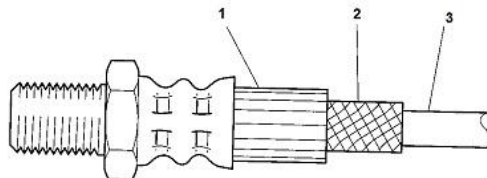


Figura 6. Partes de la cañería hidráulica
(Mott, 2009)

2.8. VISCOSIDAD

La viscosidad es una forma de analizar la oposición al movimiento que tiene un fluido, la viscosidad depende de la temperatura del fluido, si el fluido está a elevada temperatura el fluido reducirá su viscosidad y si el fluido está a baja temperatura aumentara su viscosidad.

2.9. FUNCIONAMIENTO DEL FRENO DE ESTACIONAMIENTO DE MANO

Al jalar la palanca de mando se genera tensión al cable de freno de mano el cual tiene conexión con la zapata que es encargada de mantener contacto con la superficie del tambor de freno y de esa forma se puede frenar el auto, existen algunos elemento adicionales en el sistema como lo es el botón de enclavamiento que es el encargado de la seguridad del frenado ya que traba la palanca del freno de mano con la finalidad que el cable no pierda tensión, en la figura 7 se puede apreciar el despiece de un sistema de freno de mano. Existen tres ubicaciones para la activación del freno de parqueo mecánico pueden ubicarse en la parte superior de la pedalera, costado derecho del tablero y en la consola central.

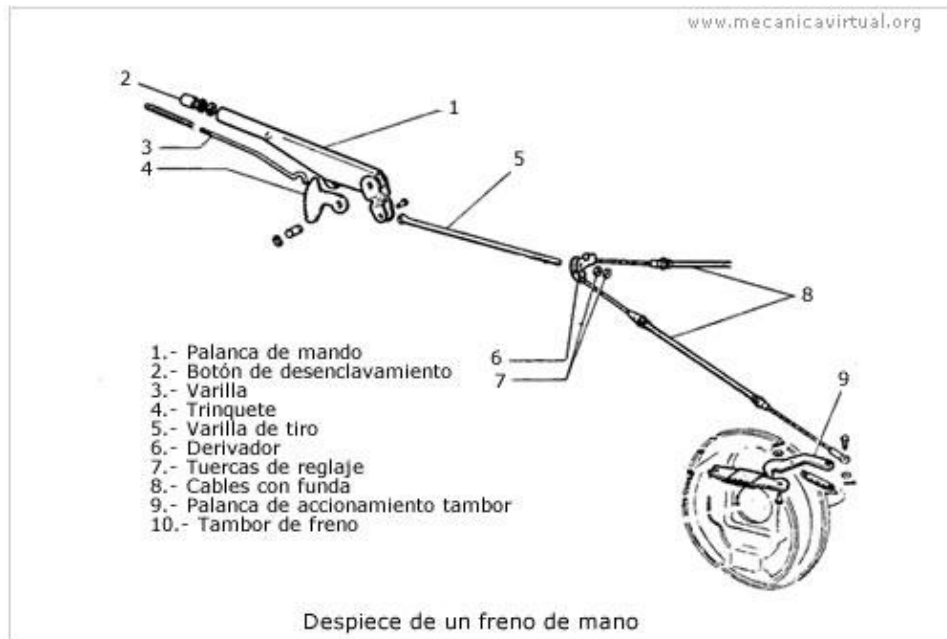


Figura 7. Despiece de un sistema de freno de mano
 (Mecánica virtual, 2004)

2.10. FRENO DE ESTACIONAMIENTO ELECTRÓNICO EPB

La ingeniería automotriz sigue desarrollando avances tecnológicos en sistemas automotrices y uno de estos es el sistema EPB (Electronic Parking Brake) que es el sistema de parqueo electrónico, este sistema permite activar un freno de parqueo solo presionando un botón.

El sistema de parqueo convencional se ha mantenido por su seguridad y bajos costos, mientras tanto el sistema EPB posee un sistema electrónico de altísima confiabilidad pero sus costos de producción son de alto costo para un freno de parqueo, por tal motivo únicamente está instalada en vehículos de alta gama de segmento selectivo.

El sistema EPB posee un sistema denominado “retención del vehículo en pendiente auto hold este sistema permite que el vehículo no resbale en la pendiente sosteniéndolo con las mordazas eléctricas que permite que el vehículo no se desplace en la pendiente, el funcionamiento de este sistema realiza un desplazamiento del embolo para presionar las pastillas con el disco de freno y evitar un desplazamiento, en la figura 8 se puede apreciar el sistema auto hold.



Figura 8. Sistema auto hold
(FMCSA, 2016)

Este sistema al igual que el sistema de freno de parqueo convencional está equipado únicamente en las ruedas posteriores.

El EPB es un sistema que trabaja con la red CAN del vehículo y que se integra con el control de estabilidad para proveer de funciones dinámicas de estabilidad para frenados de emergencia.

El sistema EPB única y exclusivamente puede ser instalado en vehículos automáticos ya que trabaja con sensores enlazados con la caja de cambios para retención en pendientes, no existe vehículos de transmisión manual equipados con este sistema (Thomson, 2004).

2.10.1. FUNCIONAMIENTO DEL EPB

Para que el freno de parqueo sea activado se necesita que la unidad de control envíe corriente a los motores eléctricos que están instalados en las mordazas posteriores del vehículo.

El giro del tornillo permite que una tuerca de presión empuje el pistón que oprime a las pastillas de freno con el disco, en la figura 9 se puede apreciar el control eléctrico del sistema EPB (FMCSA, 2016).

El sistema EPB trabaja con el sistema de conexión multiplexado (red CAN), por tal motivo para su mantenimiento es necesario ingresar con un scanner automotriz para el desplazamiento del cilindro eléctrico en modo apertura o cierre del cilindro para el procedimiento de desmontaje de pastillas de freno.

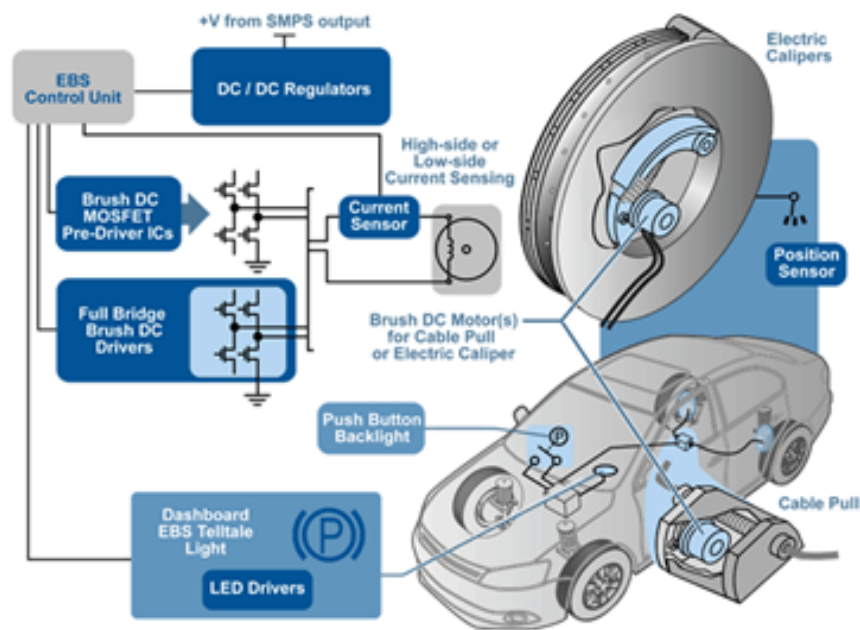


Figura 9. Control eléctrico del sistema EPB
(FMCSA, 2016)

Al momento de que la corriente que alimenta a los motores eléctricos es mayor al valor determinado por la unidad de control e interrumpe la corriente al motor eléctrico de esa forma se desactiva el frenado desenroscando el tornillo y el pistón vuelve a su posición original liberando el contacto entre el disco de freno y las pastillas (FMCSA, 2016).

2.10.2. COMPONENTES DEL SISTEMA EPB

En la figura 10, se indica los componentes del sistema EPB, adicional se puede apreciar el sentido de giro del motor eléctrico que está equipado en la mordaza de freno del sistema EPB.

Los componentes de la figura son los equipados en la rueda, es importante tomar en cuenta que existen otros componentes necesarios para la activación que es el módulo de control, pulsador, la red CAN, y el indicador del tablero.

El sistema EPB trabaja con los sistemas de seguridad activa del vehículo como son el sistema de frenos ABS, sistema EBD ya estos sistemas trabajan en conjunto para proveer de seguridad y confort al operador del

vehículo. El EPB, posee relación directa con el funcionamiento de la caja automática entrelazado con el sistema auto hold que es una retención en pendientes para el vehículo.

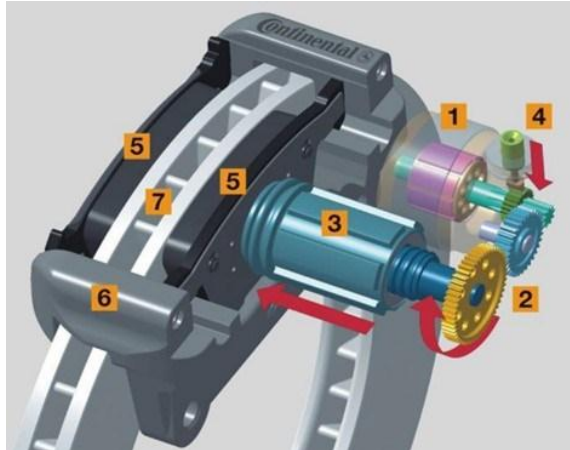


Figura 10. Componentes del sistema EPB (FMCSA, 2016)

En la tabla 2 se indica una lista de componentes del sistema EPB, el motor eléctrico es el que genera desplazamiento de las pastillas de freno para comprimir el cilindro, el engranaje de transmisión es el encargado de desplazar el embolo de acuerdo a la orden del control electrónico.

Tabla 2. El sistema EPB posee los siguientes componentes

1	Motor eléctrico
2	Engranaje transmisión
3	Embolo
4	Aparcamiento de retención de freno
5	Pastillas de freno
6	Anclaje de freno
7	Disco de freno.

2.11. TIPOS DE BOMBAS HIDRÁULICAS

Las bombas hidráulicas son las encargadas de generar presión de fluido hidráulico. Existen varios tipos de bombas hidráulicas las más utilizadas son las bombas de paletas y las bombas de engranajes, su reducido tamaño es el motivo para su amplia utilización.

2.11.1. BOMBA DE PALETAS

El tipo de bomba por paletas está constituida por unas paletas que giran en una cavidad excéntrica logrando que, entre dos paletas cambie la dimensión interior aumentando la presión de aceite, en la figura 11 se puede apreciar los componentes de una bomba de paletas.

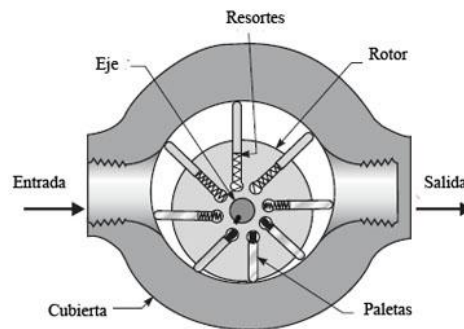


Figura 11. Componentes de una bomba de paletas (Hydrosila, 2012)

2.11.2. BOMBA DE ENGRANAJES

Este tipo de bomba trabaja con engranajes que al girar por efecto de un motor eléctrico aspira fluido por un lado y envía con presión al otro extremo, este tipo de bombas son las más utilizadas por su reducido tamaño en la figura 12 se indica los componentes de una bomba hidráulica de engranajes (Hydrosila, 2012).

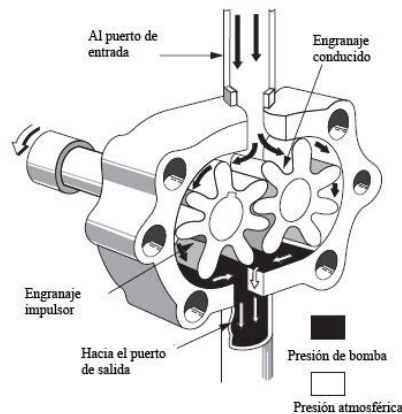


Figura 12. Bomba hidráulica de engranajes (Hydrosila, 2012)

2.11.3. BOMBAS DE HUSILLOS O HELICOIDAL

Este tipo de bomba es muy similar su trabajo a la bomba de engranajes, es una bomba más silenciosa y de caudal más continuo, en la figura 13 se puede apreciar una bomba de husillos o helicoidal.

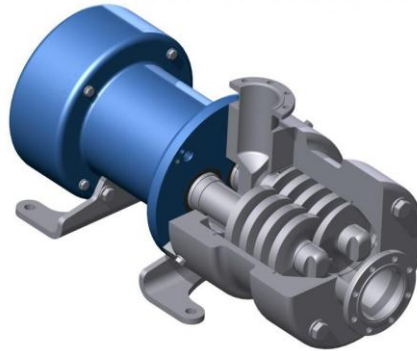


Figura 13. Bomba de husillos o helicoidal.
(Channel hydraulics, 2015)

2.11.4. BOMBA DE EMBOLO

El tipo de bombas de émbolos tienen émbolos axiales o émbolos radiales variando el caudal de acuerdo a la variación de la carrera de los émbolos, en la figura 14 se puede ver los componentes de una bomba hidráulica de émbolos (Hydrosila, 2012).

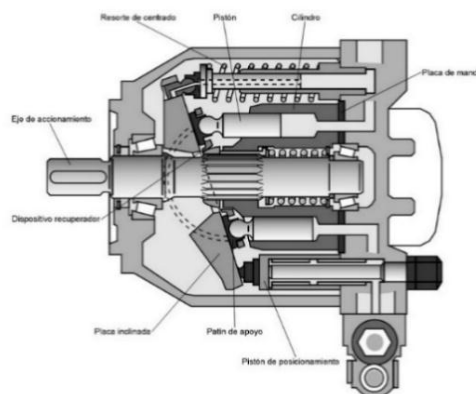


Figura 14. Componentes de una bomba hidráulica de émbolos
(Channel hydraulics, 2015)

2.12. VÁLVULAS DIRECCIONALES

Las válvulas son las encargadas de direccionar el caudal del fluido dependiendo la dirección que se requiera permitiendo o bloqueando el caudal de fluido.

El número de vías es el indicativo de las conexiones que tiene una válvula y el número de posiciones es el número de maniobras que una válvula puede realizar.

Existen diferentes tipos de válvulas de control de dirección tales como:

2.12.1. TIPOS DE VÁLVULAS DIRECCIONALES

A continuación se indica los tipos de válvulas direccionales más utilizadas, indicando la diferencia que existe dependiendo su número de vías y posiciones y el posicionamiento de su centro.

Válvula de dirección: 2/2. Este tipo de válvula en la una posición une las dos válvulas y en la otra posición separa las dos válvulas.

Válvula de dirección 3/2. Denominada de tres vías dos posiciones, en una de ellas está equipado el actuador puede ser un cilindro de simple efecto. Dos vías van al tanque permitiendo que en una posición el fluido vaya a actuador presión o exista un retorno del actuador hacia el tanque.

Válvula de dirección 4/2. Este tipo de válvula es de cuatro vías dos posiciones, esta válvula tiene dos vías al actuador, en una posición provocará el funcionamiento de la actuador en sentido opuesto pudiendo ser un cilindro de doble efecto permitiendo que en una posición el pistón salga y en la otra posición entre el pistón en el cilindro.

Válvula de dirección 4/3. Esta es una válvula de cuatro vías tres posiciones, y se denomina sus vías de la siguiente manera presión (P), tanque (T) y A es un vía que va al actuador al igual que B, puede ser un cilindro o a su vez una bomba hidráulica. La diferencia se indica en que tiene tres posiciones mostrándose iguales los circuitos que están internos de

las posiciones laterales las que se puede encontrar en las válvulas 4/2 cabe recalcar que la posición central puede tener un circuito de diferentes formas.

Válvula de dirección 4/3 con centro abierto. Este tipo de válvula indica que sus cuatro vías tiene una unión internamente.

Válvula de dirección 4/3 con centro cerrado. Este tipo de válvula indica que sus cuatro vías tiene un bloqueo interno y el fluido no podrá ir en ninguna dirección.

Válvula de dirección: 4/3 con centro tándem. Este tipo de válvula tiene bloqueadas las dos vías que van al actuador y las dos vías que van al tanque y a la presión están conectadas haciendo que el actuador se quede bloqueado y la presión irá al tanque o a su vez puede ir a otra válvula y en ese momento ese actuador estará sin movimiento.

Válvula de dirección 4/3 centro abierto negativo. Este tipo de válvula tiene bloqueada la presión y el actuador vías que son de presión hacia el tanque tiene con retorno (Hydrosila, 2012).

Existen diferentes tipos de circuitos para las válvulas 4/3 dependiendo lo que se necesite pueden ser de la siguiente manera considerando que P es presión, T es depósito, A y B son salidas.

- P A y B pueden estar abiertos entre si y T puede estar cerrado.
- B P y T pueden estar abierto y A cerrado.
- A y P pueden estar abiertos y B y pueden estar cerrados.
- A y T pueden ser abiertos y P y B pueden estar cerrados.

2.12.2. NOMENCLATURA DE ELECTROVÁLVULA

La nomenclatura de las electroválvulas utiliza la siguiente codificación.

D G 03 - 2 C - 115VAC - 72 - DN

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

1 Directional control valve

- 2 Manifold or subplate mount
- 3 Nominal valve size: NG 6, CETOP 3 and ISO 4401-03
- 4 Type of spool (center condition)

En la figura 15 se indica las diferentes vías y posiciones que disponen las válvulas direccionales más utilizadas.

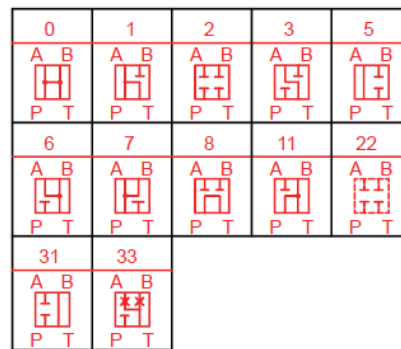


Figura 15. Disposición de válvulas direccionales (Channel hydraulics, 2015)

- 5 Spring arrangement
- 6 Solenoid voltage
- 7 Design number
- 8 Electrical options

2.13. MOMENTO FLECTOR

El momento flector es el momento de flexión, el momento flector trata de analizar una fuerza resultante de tensiones aplicadas sobre una sección transversal que puede ser una viga.

Momento flector se experimenta cuando se aplica sobre el elemento que en caso puntual podría ser una viga un torque o también fuerzas distribuidas o puntuales (Shigley, 2008).

En la figura 16 se puede ver la aplicación de una fuerza puntual sobre una viga de longitud l , esta viga posee dos puntos de apoyo en sus dos extremos.

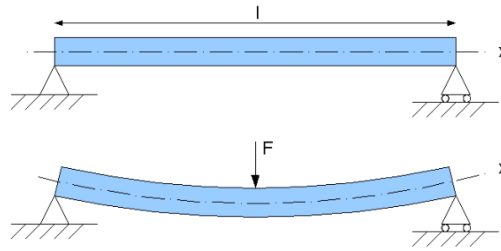


Figura 16. Momento flector
(Shigley, 2008)

2.14. ESFUERZO CORTANTE

Esfuerzo cortante se le denomina al esfuerzo interno o resultante de tensión que se puede aplicar en forma paralela sobre una sección transversal, este esfuerzo se lo llama también esfuerzo de cizalla (Shigley, 2008).

3. METODOLOGÍA

Los objetivos del proyecto se basaron en conseguir el funcionamiento adecuado del banco de pruebas didáctico de un sistema de frenos hidráulico con control electrónico para el estacionamiento de un vehículo liviano, para cumplir los objetivos planteados se desarrolló diagramas del circuito hidráulico para analizar la construcción de la central hidráulica más idónea en el proyecto de trabar las pastillas con el disco de freno utilizando únicamente un pulsador para activar el frenado del sistema de freno de parqueo.

En la organización de actividades es necesario realizar un cronograma poniendo hincapié en el diseño del sistema hidráulico realizando todos los circuitos necesarios con la finalidad de definir y seleccionar la mejor opción. Para la realización de los circuitos se utilizó el programa Fluid Sim, este es un programa el cual permite desarrollar circuitos hidráulicos y analizar su factibilidad. Desarrollando el diseño del banco de pruebas didáctico y teniendo una idea de cómo sería el circuito hidráulico, se utilizó el programa Solid Works con la finalidad de diseñar las partes y apoyos donde se fijaría el circuito hidráulico y el sistema de freno, y para el diseño del sistema de control se utilizó el programa Proteus, en este programa se puede realizar conexiones del circuito electrónico y el Arduino con la pantalla LCD.

Para el diseño del circuito hidráulico se utilizó el programa Fluid SIM, en este programa se puede realizar un diagrama con la selección de componentes reales y realizar las pruebas de funcionamiento de un circuito hidráulico, se analiza si en el circuito consigue activar los actuadores deseados y de la manera requerida.

Para el diseño de la estructura metálica del circuito hidráulico del banco de pruebas didáctico del sistema de frenos hidráulico con control electrónico en un vehículo liviano se utilizó el programa Solid Works, este programa permitió diseñar la estructura y realizar las pruebas estructurales necesarias. Para la selección de componente se realizó una consulta técnica de los componentes existentes en el mercado y más utilizados en sistemas

hidráulicos por ejemplo electroválvulas y sistemas de frenos de vehículos comerciales, con la finalidad de seleccionar los componentes que se implementaron en el banco de pruebas didáctico.

De acuerdo a lo diseñado en Solid Works largueros, travesaños y las placas metálicas, se realizó los cálculos del peso de cada uno de los componentes de la central hidráulica aplicados al bastidor para la verificación del factor de seguridad del tubo cuadrado, posteriormente a lo que fue el diseño realice la adquisición de los materiales para la estructura metálica y procedí al corte de los mismos para posteriormente realizar su ensamblaje con un proceso de soldadura Smaw.

En la construcción del circuito hidráulico se tomó en cuenta los diagramas diseñados en Fluid Sim y con los componentes necesarios para la central hidráulica, se inició el armado los de componentes y adecuación de ellos al sistema en una placa metálica de acero al carbono A36.

Teniendo la estructura metálica y los componentes hidráulicos se procedió a acoplar los componentes hidráulicos entre sí para proceder a la activación del sistema de freno de parqueo por medio de presión de fluido hidráulico.

Ya con el sistema hidráulico instalado para la activación del banco de pruebas didáctico, se instaló la alimentación eléctrica teniendo en cuenta que el control será proveniente de una placa de Arduino direccionado a la electroválvula y mostrando el funcionamiento de cada acción de la electroválvula direccional.

Se realizaron pruebas de estanqueidad con verificación de pérdida de fluido hidráulico o entrada de aire al sistema, pruebas de activación de la electroválvula verificando el correcto funcionamiento del sistema de control y pruebas de variación de presión por medio de la válvula reguladora de presión que de manera manual permite realizar la calibración de presión.

Se analizaron los resultados obtenidos en cada una de las pruebas realizadas en el banco de pruebas didáctico de un sistema de frenos hidráulico con control electrónico para el estacionamiento de un vehículo liviano, y se verificó el alcance a los objetivos establecidos en el proyecto.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ALCANCE

De acuerdo a los objetivos del proyecto que está planteado en conseguir el funcionamiento adecuado del banco de pruebas didáctico de un sistema de frenos hidráulico con control electrónico para el estacionamiento de un vehículo liviano, todos los objetivos fueron alcanzables y realizados ya que el banco de pruebas funciona de manera adecuada y es un gran instrumento para realizar pruebas didácticas del funcionamiento de un circuito hidráulico, y adicional a eso se puede realizar el mantenimiento de un sistema de frenos de disco ventilado, tomando en cuenta que el punto más importante e interesante en el proyecto fue el que el sistema de frenos se activa presionando únicamente un pulsador del sistema de control.

4.2. PLANIFICACIÓN DEL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

La construcción del proyecto se basó en primera instancia en la recopilación de información, para que con esa información poder realizar el diseño de la estructura del banco de pruebas y a su vez el diseño del circuito hidráulico, desde el mes tres comienza la etapa de construcción de la estructura y del sistema hidráulico cabe recalcar que el sistema de control se realizó al final de la etapa de construcción.

En el desarrollo del sistema de control se aplicó electricidad y electrónica de la siguiente manera, el sistema eléctrico se instaló para la alimentación de la electroválvula y del motor eléctrico y para la señal de activación y los mensajes de control de la electroválvula se utilizó el Arduino con la baquelita del circuito de activación.

Las pruebas de funcionamiento se realizaron en el mes cinco y análisis de resultado y entrega del banco de pruebas en el mes seis, en la tabla 3 se puede revisar el desarrollo del proyecto.

Tabla 3. Cronograma de actividades

Actividades	MESES					
	1	2	3	4	5	6
Revisión bibliográfica.	X					
Diseño del circuito hidráulico y estructura. Selección de componentes del banco pruebas.		X				
Construcción de la estructura metálica y sistema de freno.			X			
Construcción sistema hidráulico.				X		
Pruebas de funcionamiento.					X	
Análisis de resultados.						X
Entrega de trabajo.						X

4.3. DISEÑO DEL CIRCUITO HIDRÁULICO

Se inició realizando un diagrama del circuito hidráulico adecuado para equipar en un sistema de freno de disco para un vehículo Hyundai Accent, el diseño se realizó en el programa Fluid SIM el cual permite experimentar la viabilidad de un circuito hidráulico ya que en este caso permite elegir la electroválvula más idónea para el banco de pruebas didáctico de un sistema de freno hidráulico con control electrónico para el estacionamiento de un vehículo liviano, en la figura se puede apreciar una captura de pantalla de la ubicación de los componentes hidráulicos.

El diseño del circuito final parte de un motor eléctrico de corriente alterna 110V que es el encargado de generar el movimiento a la bomba para la producción de la presión de fluido, de la bomba sigue una cañería a la válvula reguladora de presión para de ahí seguir con una línea a P de la electroválvula que es la encargada de pasar la presión al actuador al momento que la bobina A de la electroválvula sea activada con 110 V, para despresurizar al actuador es necesario que sea activada la bobina B de la electroválvula y de esa forma se producirá un retorno al tanque, hay que considerar que B está cerrado, en la figura 17 se demuestra el diseño del circuito hidráulico para el banco de pruebas didáctico.

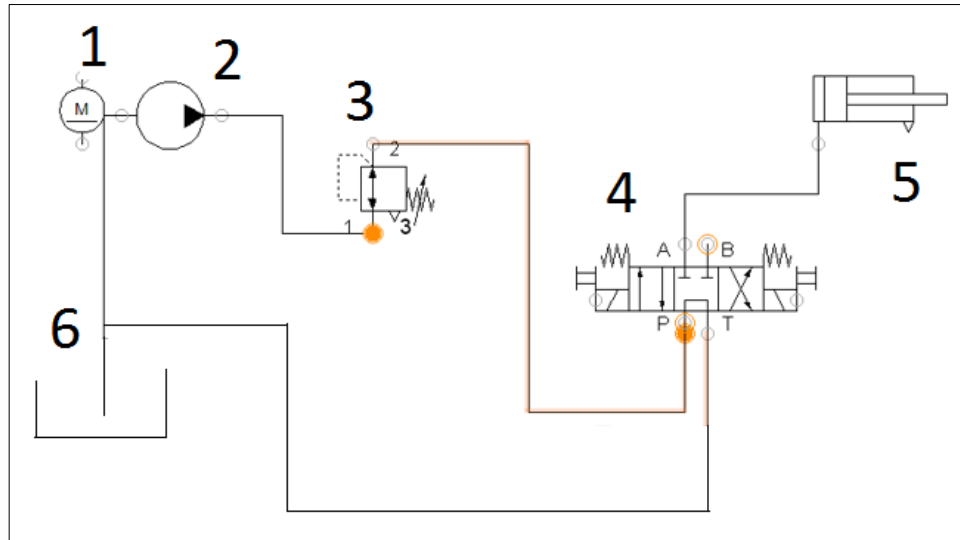


Figura 17. Diseño del circuito hidráulico para el banco de pruebas didáctico

En la tabla 4 se detallan los componentes del circuito hidráulico para el banco de pruebas didáctico, el circuito hidráulico será el encargado de la activación de la mordaza de freno.

Sus componentes son seis y están instalados de la siguiente manera motor eléctrico genera movimiento a la bomba hidráulica, la bomba genera presión del fluido hidráulico para ser distribuido por la electroválvula y hay considerar que el circuito debe poseer una válvula reguladora de presión, que permitirá un retorno de fluido al depósito de aceite hidráulico.

Tabla 4. Componentes del circuito hidráulico

NÚMERO	COMPONENTE
1	Motor eléctrico
2	Bomba hidráulica
3	Válvula reguladora de presión
4	Válvula direccional
5	Pistón de mordaza
6	Deposito

4.4. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA METÁLICA

El diseño de la estructura metálica se realizó en el programa Solid Works, primeramente inicié construyendo los largueros y travesaños, se diseñó de

acuerdo a la utilización de tubo cuadrado de 5mm x 5mm de acero de construcción al carbono ASTM A-36, los componentes que comprende el bastidor se indican en la tabla.

4.4.1. COMPONENTES DEL BASTIDOR

El bastidor estructura metálica está compuesto por dos largueros inferiores, dos travesaños inferiores, cuatro soportes verticales, dos largueros superiores, dos travesaños superiores, una plancha horizontal y una plancha vertical, el método de ensamble para esta estructura metálica es el proceso de soldadura por arco eléctrico con electrodo 60-11, en la tabla 5 esta detallado los componentes que serán ensamblados por el proceso de soldadura por arco eléctrico.

En la selección de componentes del bastidor se desarrolló cálculos para análisis de la estructura verificando si soportaría el peso de los componentes hidráulicos.

Las medidas específicas del bastidor se detallan su acotamiento en anexos de este trabajo de titulación.

Tabla 5. Componentes del bastidor

NÚMERO DE ELEMENTO	NÚMERO DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Larguero inferior	ASTM A - 36	2
2	Travesaño inferior	ASTM A - 36	2
3	Soporte vertical	ASTM A - 36	4
4	Larguero superior	ASTM A - 36	2
5	Travesaño superior	ASTM A - 36	2
6	Plancha horizontal	ASTM A - 36	1
7	Plancha vertical	ASTM A - 36	1

4.4.2. DISEÑO INICIAL DEL BASTIDOR

En la construcción del bastidor se realizaron únicamente dos figuras, que en este caso serían un travesaño y un larguero y para su ensamblaje únicamente fue necesario copiar tres figuras de las mismas dimensiones y

ensamblar la estructura o bastidor, en la siguiente figura 18 se demuestra el proceso inicial de diseño del bastidor.

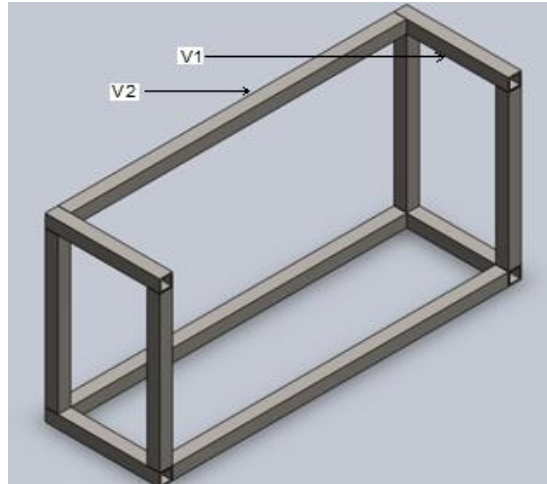


Figura 18. Diseño del bastidor

4.4.2.1. Peso de componentes de la central hidráulica y del sistema de frenos

Con la ecuación 4 se calcula el peso de cada uno de los componentes del banco de pruebas didáctico.

$$P = m \times g \quad [4]$$

Donde:

P: Peso

m: Masa

g: Gravedad

$$P = m \times g$$

Masa motor eléctrico = 22.3Kg

$$\text{Peso motor (Pm)} = 22.3\text{Kg} \times 9.8 \frac{m}{s^2}$$

$$\text{Peso motor (Pm)} = 218.54 \text{ N}$$

Masa bomba hidráulica 3.6Kg

$$\text{Peso bomba hidráulica (Pbh)} = 3.6\text{Kg} \times 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\text{Peso bomba hidráulica (Pbh)} = 35.28 \text{ N}$$

Masa depósito: 6.30Kg

$$\text{Peso depósito (Pd)} = 6.30\text{Kg} \times 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\text{Peso depósito (Pb)} = 61.74 \text{ N}$$

Peso sistema de frenos: 18.0 Kg

$$\text{Peso sistema frenos (Psf)} = 18.0 \text{ Kg} \times 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\text{Peso sistema de frenos (Psf)} = 176.4 \text{ N}$$

Volumen fluido: $0.0114 \text{ m}^3 = 11.4\text{L}$

T = 12°C – 15.6°C aceite hidráulico

$$d: \text{densidad de aceite hidráulico} = 0.89 \frac{\text{Kg}}{\text{L}}$$

4.4.2.2. Peso de la estructura del depósito y del fluido hidráulico

Con la ecuación 5 se calcula la masa del fluido hidráulico del banco de pruebas didáctico.

$$m = d \times V \quad [5]$$

Donde:

m: Masa

d: Densidad

V: Volumen

$$m = d \times V$$

$$m = 0.89 \frac{\text{Kg}}{\text{L}} \times 11.4 \text{ L}$$

$$m = 10.14 \text{ Kg}$$

Utilizando la ecuación 4 se calcula el peso del fluido hidráulico del banco de pruebas didáctico.

$$P = m \times g$$

Donde:

m: Masa

g: Gravedad

Pdf: Peso depósito y fluido

$$P = m \times g$$

$$P = 10.14 \times 9.8 \frac{m}{s^2}$$

$$P \text{ df} = 99.37 \text{ N} + 61.74 \text{ N}$$

$$P \text{ df} = 161.11 \text{ N}$$

En la figura 19 se puede ver la aplicación del peso del tanque hacia la viga en los extremos se puede apreciar la reacción 1 y la reacción 2, considerando la distancia entre A y C que es de 0.225m y la distancia total de la viga 1 es de 0.45m.

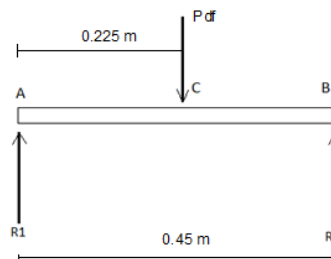


Figura 19. Diagrama de la viga aplicando el peso del tanque

4.4.2.3. Carga distributiva

En la ecuación 6 se puede analizar la carga distributiva de la viga 1, de acuerdo al peso del depósito de aceite hidráulico.

$$P1 = W L \quad [6]$$

Donde:

P1: Peso aceite

L: Longitud del tubo de sección cuadrada

W: Carga distributiva

$$P1 = W L$$

$$W = \frac{P_{\text{aceite}}}{0.45m}$$

$$W = 47.58 \frac{N}{m}$$

4.4.2.4. Sumatoria de fuerzas para la viga 1

En la ecuación 7 se analiza la sumatoria de fuerzas de la viga 1, esta ecuación debe estar igualada a cero y se reemplazara con las reacciones y los pesos aplicados.

Las reacciones analizadas son R1 y R2, cabe recalcar estas reacciones son datos para analizar la carga distributiva en la viga 1.

$$\sum Fy = 0 \quad [7]$$

$$R1 - P + R2 = 0$$

Donde:

R1: Reacción 1

P: Peso

R2: Reacción 2

W: Carga distributiva

$$R1 - P + R2 = 0$$

$$R1 = \frac{P}{2} = \frac{161.11 N}{2} = 80.55 N$$

$$R2 = - \frac{P}{2} = - 80.55$$

$$W = \frac{P}{L} = \frac{P}{0.450m}$$

4.4.2.5. Fuerza cortante tramo A- C viga 1

En la figura 20 se puede apreciar la reacción R1 en el tramo A - C de la viga 1, la sumatoria de momentos permite analizar la fuerza cortante, cabe recalcar que en este tramo la sumatoria de fuerzas esta direccionado en sentido anti horario.

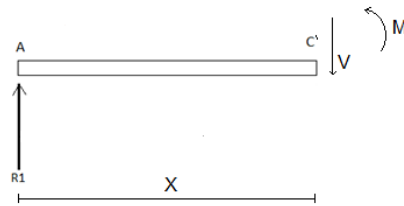


Figura 20. Fuerza de corte tramo A - C

En la figura 21 de la viga se puede apreciar el sentido de la sumatoria de fuerzas de momento flector considerando la reacción 1 y reacción 2, para la sumatoria de fuerzas.

En la figura se puede apreciar las distancias existentes del tramo A B de acuerdo al Pdf (peso del depósito y fluido hidráulico).

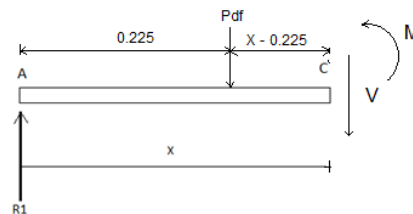


Figura 21. Viga 1, sentido momento flector

Con la ecuación 7 se analiza la sumatoria de fuerzas de la viga 1, esta ecuación debe estar igualada a cero y se indica la reacción 1 y la fuerza cortante de la viga.

$$\sum F_y = 0$$

$$R1 - V = 0$$

Donde:

R1: Reacción 1

V: Fuerza cortante

$$R1 - V = 0$$

$$V = R1$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R1 - P - V = 0$$

$$V = -161.11 \text{ N} + 80.55 \text{ N}$$

$$V = -80.55 \text{ N}$$

En la figura 22 se puede apreciar el comportamiento de la fuerza cortante en la viga 1 la fuerza cortante se desplaza de un valor positivo a un valor negativo, de acuerdo al resultado de sus reacciones.

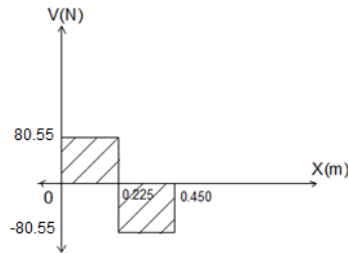


Figura 22. Fuerza cortante viga 1

4.4.2.6. Momento flector viga 1

En la ecuación 8 se analiza el momento flector de la viga 1, esta ecuación se basa en sumatoria de momentos y reacciones en C.

$$\sum MC = 0 \quad [8]$$

$$R1x + M = 0$$

Donde:

R1: Reacción 1

M: Momento flector

$$-R1x + M = 0$$

$$M = R1x \text{ [Nm]}$$

Con la ecuación 8 se analiza el momento flector de la viga 1, esta ecuación se basa en sumatoria de momentos y reacciones en B.

$$\sum MB = 0$$

$$-xR1 + 0.225 \times P + M = 0$$

$$M = R1 \times 0.225 \text{ [Nm]}$$

$$M = 80.55 \text{ N} - 36.249$$

$$M = 44.30 \text{ Nm}$$

En la figura 23 se verifica el comportamiento del momento flector de la viga 1, con el valor 44.3 Nm.



Figura 23. Diagrama de momento flector viga 1

4.4.2.7. Momento de inercia sección tubo cuadrado de 50 mm x 50 mm

En la ecuación 9 se analiza el momento de inercia del tubo cuadrado del bastidor

Considerando las dimensiones del tubo cuadrado que tiene la siguiente medida 0.05m x 0.05m.

$$I = \frac{1}{2} (a) (b)^3 - \frac{1}{12} (c) (d)^3 \quad [9]$$

Donde:

I: Momento de inercia de sección cuadrada

a: Ancho externo del tubo

b: Alto externo del tubo

c: Ancho interno del tubo

d: Alto interno del tubo

$$I = \frac{1}{2} (a) (b)^3 - \frac{1}{12} (c) (d)^3$$

$$I = \frac{1}{2} (0.05\text{m}) (0.05\text{m})^3 - \frac{1}{12} (0.047\text{m}) (0.047\text{m})^3$$

$$I = 0.00000315 - 0.00000406$$

$$I = 0.00000091 \text{ m}^4$$

$$C = \frac{25}{2}$$

$$C = 12.5 \text{ mm}$$

4.4.2.8. Cálculo de esfuerzo de la viga 1

En la ecuación 10 se analiza el esfuerzo de la viga 1, para su cálculo se analiza el momento máximo de la viga.

$$\sigma \text{ max} = \frac{M \text{ max}}{\frac{I}{C}} \quad [10]$$

Donde:

M: Momento flector máximo

Sy: Resistencia a la cedencia del acero A36

σ max: Esfuerzo máximo

$$\sigma \text{ max} = \frac{M \text{ max}}{\frac{I}{C}} = \frac{0.00000091}{\frac{0.0125}{0.0000728 \text{ m}^3}}$$

$$\sigma \text{ max} = \frac{44.30 \text{ Nm}}{0.0000728 \text{ m}^3}$$

$$\sigma \text{ max} = 608516.48 \text{ Pa}$$

4.4.2.9. Factor de seguridad sección de tubo cuadrado

En la ecuación 11 se determina el factor de seguridad de la viga 1 del bastidor.

$$n = \frac{S_y}{\sigma} \quad [11]$$

Donde:

M: Momento flector máximo

I: Momento de inercia

σ : Esfuerzo máximo

n: Factor de seguridad

$$n = \frac{S_y}{\sigma}$$

$$n = \frac{250 \text{ MPa}}{608516.48 \text{ Pa}}$$

$$n = \frac{250000000 \text{ Pa}}{608516.48 \text{ Pa}}$$

$$n = 410.83$$

El travesaño donde va apoyado el depósito de aceite hidráulico no tiene riesgo de falla ya que posee un alto factor de seguridad considerando que un factor de seguridad debe ser mayor o igual a 1.

4.4.2.10. Sumatoria de fuerzas viga 2

En la figura 24 se puede apreciar la distribución de los pesos en la viga 2, que es donde apoya el motor eléctrico.

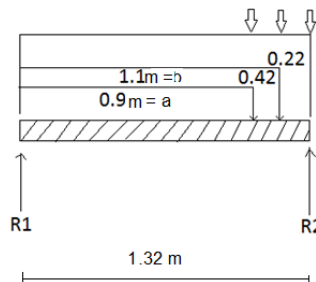


Figura 24. Aplicación de fuerzas viga 2

En la figura 25 se demuestra la aplicación de dos diferentes pesos, el peso del motor y el peso del depósito y fluido considerando que el peso del motor está a 0.9m de la reacción R1 y se demuestra desde el punto A hasta el punto B, el peso del depósito y el fluido está a 1.1m a partir de la reacción 1 y se demuestra desde el punto A hasta el punto B.

La distancia total entre las dos reacciones R1 y R2 es de 1.32m que es a longitud de la viga 2.

Sobre la viga 2 están apoyados los componentes de mayor peso del banco de pruebas didáctico que en este caso es el motor eléctrico y el depósito de fluido hidráulico las distancias existentes entre los tramos A B C y D de acuerdo a estos tramos.

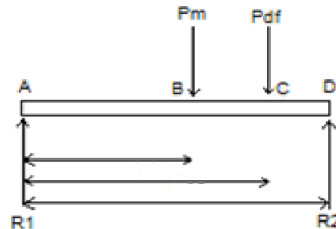


Figura 25. Aplicación de pesos puntuales del motor eléctrico y del depósito con fluido

Con la ecuación 8 se analiza el momento flector de la viga 2, esta ecuación se basa en sumatoria de momentos y reacciones en A.

$$\sum MA = 0$$

$$-a P_m - b P_d + L R_2 = 0$$

Donde:

P_m : Peso motor

P_d : Longitud total del tubo

P_{df} : Peso depósito + aceite

R_2 : Reacción 2

$$-a P_m - b P_{df} + L R_2 = 0$$

$$-0.9 (218.54 \text{ N}) - (1.1\text{m}) (161.11\text{N}) = 0$$

$$-196.68\text{Nm} - (177.22 \text{ Nm}) + 1.32\text{m} (R_2) = 0$$

$$373.9\text{Nm} = 1.32 (R_2)$$

$$R_2 = \frac{373.9\text{Nm}}{1.32}$$

$$R_2 = 283.25\text{N}$$

$$R_1 - 218.54 \text{ N} - 161.11\text{N} + 283.25 \text{ N}$$

$$R_1 = 96\text{N}$$

4.4.2.11. Fuerza cortante y momento flector viga 2

En la figura 26 se puede apreciar la reacción R1 en el tramo A - C de la viga 2, la sumatoria de momentos para analizar la fuerza cortante es sentido anti horario.

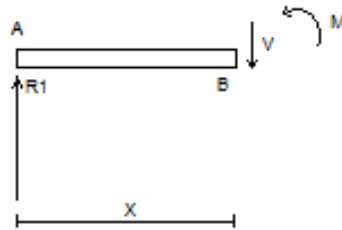


Figura 26. Sentido de giro para sumatoria de fuerzas

Con la ecuación 7 se analiza la sumatoria de fuerzas de la viga 2, esta ecuación debe estar igualada a cero y se indicará la reacción 1 y la fuerza cortante de la viga, tramo A - B

$$\sum F_y = 0$$

$$R1 - V = 0$$

Donde:

R1: Reacción 1

V: Fuerza cortante

$$R1 - V = 0 \text{ [N]}$$

$$V = R1 = 96\text{N}$$

$$\sum M_B = 0$$

$$-x R1 + M = 0$$

$$M = R1x = 96x \text{ [Nm]}$$

$$V = R1 = 96\text{N}$$

$$0 \leq X \leq 0.9\text{m}$$

En la figura 27 se puede ver la aplicación del peso puntual del motor eléctrico Tramo B - C, considerando que la distancia de A hasta B es 0.9m y

por ese motivo la distancia de B hasta C es de $X - 0.9\text{m}$, el sentido de análisis de fuerzas es anti horario.

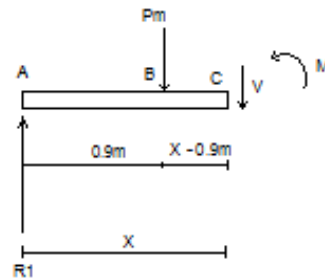


Figura 27. Aplicación puntual del peso del motor

Con la ecuación 7 se analiza la sumatoria de fuerzas de la viga 2.

$$\sum F_y = 0$$

$$96 \text{ N} - 218.54 \text{ N} - V = 0$$

$$V = -122.54 \text{ N}$$

$$\sum M_c = 0$$

$$-96x + (x-0.9) 218.54 + M = 0$$

$$M = 96x - (x-0.9) 218.54$$

$$M = 96x - 218.54x + 0.9(218.54)$$

$$M = -122.54x + 196.68 \text{ Nm}$$

$$0.9 \leq X \leq 1.1 \text{ m}$$

Con la ecuación 7 se analiza la sumatoria de fuerzas de la viga 2 en el Tramo C - D considerando la fuerza cortante y el momento flector de la viga 2.

$$\sum F_y = 0$$

$$96 - 218.54 - 161.11 - V = 0$$

$$V = -283.65 \text{ N}$$

$$\sum M_D = 0$$

$$-96x + (x-0.9)218.54 + (x - 1.1) 161.11 + M = 0$$

$$M = 96x - (x-0.9)218.54 - (x-1.1)161.11$$

$$M = 96x - 218.54x + 0.9(218.54) - 161.11x + 1.1(161.11)$$

$$M = 96x - 218.54x + 0.9(218.54) - 161.11x + 1.1(161.11)$$

$$M = 1.1 \leq x \leq 1.32$$

En la figura 28 se puede apreciar las distancias existentes entre el peso del motor eléctrico y el peso del depósito y fluido en relación a los puntos A, B, C y D de acuerdo a las reacciones R1 y R2, el sentido de giro para la sumatoria de fuerzas es anti horario.

Para determinar la ubicación de los pesos del motor y del depósito, se planteó las siguientes posiciones $(x - 0.9)$ m y $(x - 1.1)$ m.

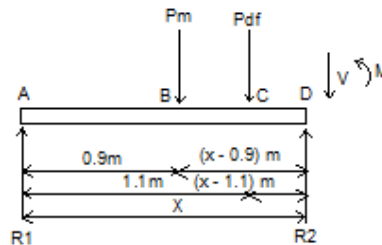


Figura 28. Distancias existentes entre los pesos Pm y Pdf

Con la ecuación 7 se analiza la sumatoria de fuerzas de la viga 2, considerando el peso del motor Pm, el peso el depósito y el aceite hidráulico de acuerdo a una reacción 2.

Despejando la ecuación de sumatoria de fuerzas en el eje y, se obtiene la la fuerza cortante de la viga 2.

$$\sum F_y = 0$$

$$R1 - P_m - P_d - V = 0 \text{ [N]}$$

Donde:

R1: Reacción 1

Pm: Peso motor

Pdf: Peso deposito + aceite

V: Fuerza cortante

$$R1 - P_m - P_d - V = 0$$

$$96\text{N} - 161.11 - 218.54\text{N} - V = 0$$

$$-283.63 - V = 0$$

$$V = -283.63 \text{ N}$$

En la figura 29 se puede apreciar el comportamiento de la viga de acuerdo a la aplicación de los pesos del circuito hidráulico.

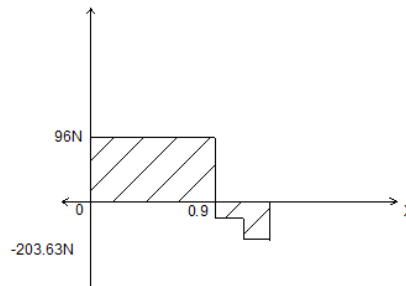


Figura 29. Diagrama de la fuerza cortante viga 2

En la figura 30 se puede apreciar el comportamiento del momento flector en la viga 2, su momento flector máximo es 86.4 Nm.

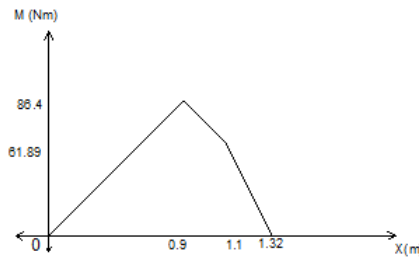


Figura 30. Momento de flector viga 2

4.4.2.12. Momento de inercia viga 2

Con la ecuación 9 se analiza el momento de inercia del tubo cuadrado del bastidor.

$$I = \frac{1}{2} (a) (b)^3 - \frac{1}{12} (c) (d)^3$$

$$I = \frac{1}{2} (0.05\text{m}) (0.05\text{m})^3 - \frac{1}{12} (0.047\text{m}) (0.047\text{m})^3$$

$$I = 0.00000315 - 0.00000406$$

$$I = 0.00000091 \text{ m}^4$$

$$C = \frac{25}{2}$$

$$C = 12.5 \text{ mm}$$

4.4.2.13. Factor de seguridad sección de tubo cuadrado

Con la ecuación 10 se calcula el esfuerzo máximo generado por las cargas aplicadas.

$$\sigma \text{ max} = \frac{M \text{ max}}{\frac{I}{C}}$$

Donde:

M: Momento flector máximo

I: Momento de inercia

σ : Esfuerzo máximo

$$\sigma \text{ max} = \frac{M \text{ max}}{\frac{I}{C}}$$

$$\sigma \text{ max} = \frac{86.4 \text{ [Nm]}}{0.0000728 \text{ m}^3}$$

$$\sigma \text{ max} = 7115.38$$

$$\sigma \text{ max} = \frac{250000000}{7115.38}$$

$$\sigma \text{ max} = 1186813.19 \text{ Pa}$$

El factor de seguridad del elemento se calcula utilizando la ecuación 11.

$$n = \frac{S_y}{\sigma}$$

Donde:

n: Factor de seguridad

S_y: Resistencia a la cedencia del acero A36

σ : Esfuerzo máximo

$$n = \frac{S_y}{\sigma}$$

$$n = \frac{250 \text{ MPa}}{1186813.19 \text{ Pa}}$$

$$n = \frac{250000000 \text{ Pa}}{1186813.19 \text{ Pa}}$$

$$n = 210.64$$

Factor de seguridad es mayor a uno por ende la sección de tubo cuadrado de la viga 2 soportará sin problema las cargas instaladas puedo decir que el material de construcción del banco de pruebas es sobredimensionado.

4.4.3. ACOPLAMIENTO DE TODOS LOS TRAVESAÑOS DE LA ESTRUCTURA METÁLICA

En la estructura metálica se concluyó como un banco rectangular que apoyado en el piso generará una eficiente estabilidad a los componentes hidráulicos en la siguiente figura 31 se demuestra el diseño estructural del bastidor.

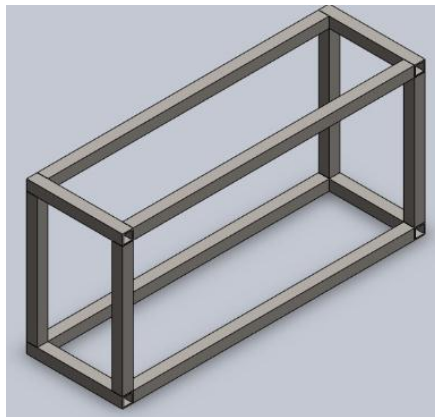


Figura 31. Diseño estructural del bastidor

4.4.4. DISEÑO DEL PROCESO DE SOLDADURA

Solid Works es un programa que permite realizar selección de material, selección de soldadura, en este caso de la estructura para conseguir un

correcto ensamble se diseñó las zonas de soldadura y dimensiones de cordón soldadura.

Para el ensamble de la estructura se utiliza soldadura por arco eléctrico, específicamente cordón de soldadura, para unir los largueros y travesaños, para unir las placas metálicas, para unir la base de la bomba hidráulica de engranajes, o para unir la base del sistema de frenos, el diseño de zonas de soldadura se puede apreciar en la siguiente figura 32.

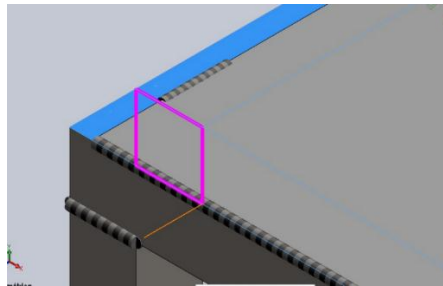


Figura 32. Proceso de soldadura

4.5. DISEÑO DE PLACA DE APOYO PARA LA BOMBA HIDRÁULICA

En el diseño del apoyo de la bomba hidráulica se trabajó con acero de construcción ASTM A-36, el diseño se realizó en el programa SolidWorks, tomando como referencia las medidas y peso de la bomba por tal motivo se diseñó con las siguientes dimensiones alto 125 mm ancho 96mm y espesor de 6 mm.

Para considerar las perforaciones necesarias para el acoplamiento de la bomba verifique de acuerdo los orificios de apoyo de la bomba de engranajes, se realizó cuatro perforaciones para pernos M8.

La perforación central para el acoplamiento del eje se realizó de acuerdo al diámetro del acoplamiento elástico que es de 36mm de diámetro en la parte central superior de la placa, en la figura 33 se demuestra el proceso inicial de diseño de la base para a bomba hidráulica.

El acotamiento del apoyo para la bomba hidráulica se puede observar en los planos de anexos del trabajo de titulación.

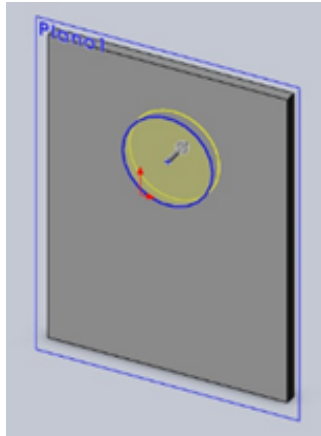


Figura 33. Placa de apoyo para la bomba hidráulica

4.5.1. DISEÑO DE PERFORACIONES PARA LA SUJECIÓN DE LA BOMBA HIDRÁULICA

En el diseño de la base para la bomba primero se realizó el orificio central para el eje de la bomba, posteriormente se realizó las perforaciones en los extremos para el acoplamiento de la bomba como se puede observar en la figura 34. Las medidas específicas se detallan en los acotamientos de los planos ubicados en anexos.

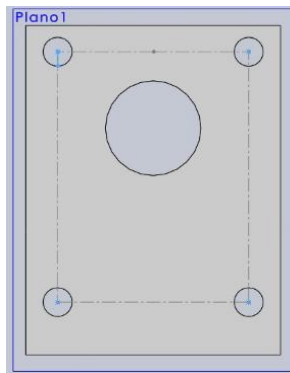


Figura 34. Perforaciones para sujeción de la bomba hidráulica

4.5.2. DISEÑO FINAL DE LA BASE DE LA BOMBA 3D

En el plano 3D se puede apreciar la base terminada, lista para ser construida en material real que en este caso sería acero de construcción ASTM A-36, en la siguiente figura 35 se puede observar el diseño final de la base para la bomba hidráulica.

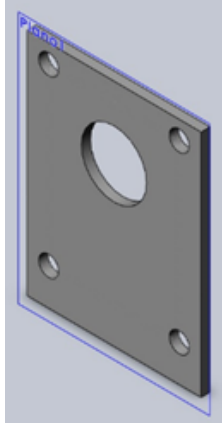


Figura 35. Diseño final de la base de la bomba en 3D

4.6. DISEÑO DEL DEPÓSITO DE ACEITE PARA EL CIRCUITO HIDRÁULICO

Para el diseño del depósito se planificó con materiales ya existentes y adáptalos en un diseño de depósito de aceite, la forma del depósito es un trapecio rectángulo, el trapecio rectángulo posee en un lado un ángulo recto que tiene 90° y en el otro lado es vertical, la situación más importante para la construcción del depósito es que deben estar instalados neplos de acero para las conexiones de las cañerías de alimentación de aceite a la bomba y retorno al depósito los neplos necesarios son dos neplos de $1/2$ para el retorno y un neplo de $3/4$ para la alimentación de aceite a la bomba de engranajes, ver figura 36.

El acotamiento del depósito de aceite hidráulico esta en anexos de este trabajo de titulación.

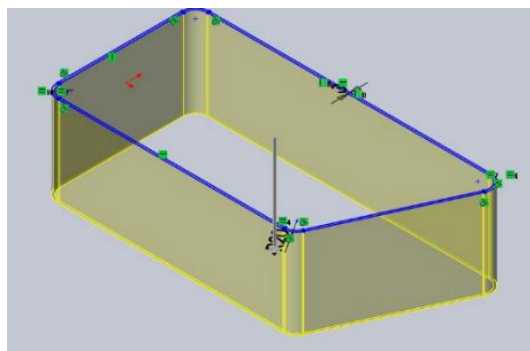


Figura 36. Diseño del depósito de aceite para en circuito hidráulico

4.6.1. CÁLCULO LADO OBLICUO TRAPECIO RECTÁNGULO

La ecuación 12 permite analizar el lado oblicuo del trapezio rectángulo, este cálculo se realiza de acuerdo al diseño del depósito de aceite hidráulico para el banco de pruebas didáctico.

$$n = B - b \quad [12]$$

Donde:

l: Lado oblicuo

B: Largo

b: Ancho

$$l = \sqrt{h^2} + \sqrt{n^2}$$

$$n = 46 - 36$$

$$n = 10$$

$$l = \sqrt{13^2} + \sqrt{10^2}$$

$$l = \sqrt{269}$$

$$l = 16.40 \text{ cm}$$

El diseño del depósito es con las siguientes medidas 447mm largo 1; 327mm largo 2; 197mm profundidad 1; 187mm profundidad 2.

Diseño realizado en SolidWorks con acero de construcción ASTM A-36, ver figura 37.

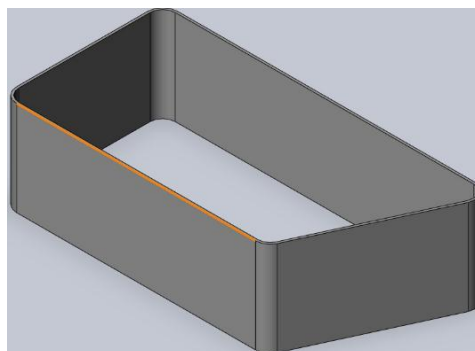


Figura 37. Diseño del contorno del depósito en 3D

4.6.3. COMPONENTES DEL DEPÓSITO

El depósito está constituido por diez diferentes componentes acoplados entre sí, cabe recalcar que el diseño del depósito posee neplios superiores y neplios inferiores, los neplios superiores son para el retorno del fluido o llenado del tanque y el neplio inferior es para la alimentación de la bomba o vaciado del depósito, en la siguiente figura 38 se puede apreciar el depósito de aceite hidráulico.

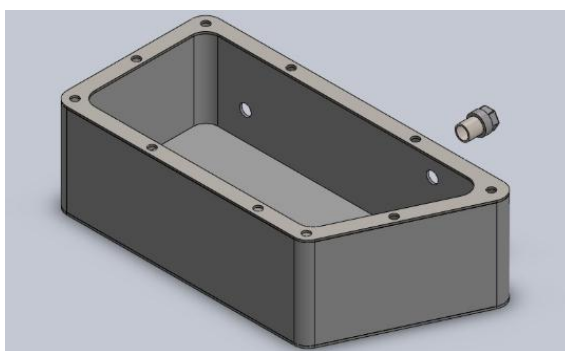


Figura 38. Depósito en forma de trapecio rectángulo

En la tabla 6 se detalla los componentes del depósito de aceite, los planos con las medidas exactas del depósito están incluidos en los anexos del trabajo de titulación.

En la tabla adicional al depósito se detalla los componentes de acoplamiento de las cañerías del circuito hidráulico.

Tabla 6. Componentes del depósito

N° DE ELEMENTO	N° DE PIEZA	CANTIDAD
1	Base	1
2	Depósito	1
3	Borde	1
4	Tuerca pequeña	2
5	Rodela pequeña	2
6	Perno pequeño	2
7	Perno grande	1
8	Rodela grande	1
9	Tuerca grande	1
10	Tapa	1

4.7. ENSAMBLE DE LAS PLACAS EN LA ESTRUCTURA METÁLICA

Las placas metálicas es la superficie donde se apoyará la central hidráulica, cabe recalcar que son dos placas separadas ya que la placa horizontal es la superficie donde apoyaría la mayor cantidad de peso porque en esa placa se instalará el motor eléctrico, y los componentes de la central hidráulica, en la otra placa que está ubicada de forma vertical estará apoyado el sistema de control todo lo que refiere a la parte eléctrica y electrónica del banco de pruebas, en la figura 39 se puede apreciar la placas metálicas sobre la estructura metálica.

En esta figura adicional ya se puede apreciar el apoyo para el sistema de frenos que está compuesto por dos partes, la base en forma de u y la placa superior.

Todos los acotamientos del diseño del bastidor y de los componentes de la estructura metálica se pueden verificar en los anexos del trabajo de titulación.

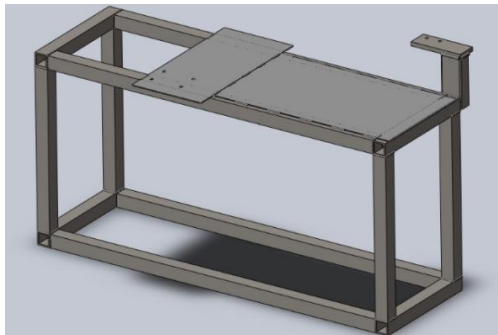


Figura 39. Ensamblaje de las placas de la estructura metálica

4.8. DISEÑO DE LA BASE DE APOYO PARA EL SISTEMA DE FRENO DE DISCO

El diseño del apoyo del sistema de freno de disco comprende en dos partes en la parte superior se realizó dos perforaciones para la mangueta y la parte inferior es la base vertical de apoyo a la estructura metálica el método de

ensamble es por cordón de soldadura por arco eléctrico como se observa en la figura 40.

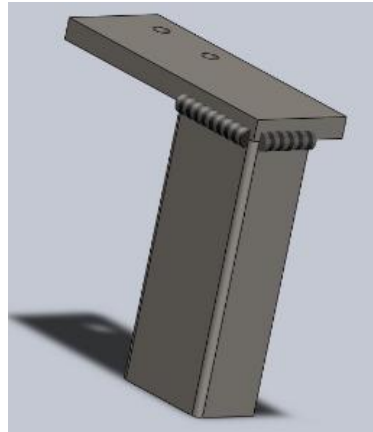


Figura 40. Método de ensamble es por cordón de soldadura

Los componentes del apoyo para el sistema de freno se indica en la tabla 7, las medidas exactas del apoyo está en los planos del proyecto de titulación.

Tabla 7. Componentes de la base de apoyo para la mangueta

N° DE ELEMENTO	N° DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Perfil	Perfil A-36	1
2	Plancha base	Lamina ASTM A-36	1

4.8.1. APOYO DEL SISTEMA DE FRENOS

La longitud de la placa de apoyo es de 0.3m se considera desde el punto A hasta el punto B, con punto de apoyo reacción R1, ver figura 41.

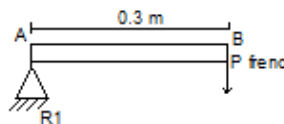


Figura 41. Placa de apoyo para el sistema de freno

Con la ecuación 7 se analizará la sumatoria de fuerzas de la placa del apoyo del sistema de freno de disco considerando la reacción 1 y el peso del sistema de freno.

$$\sum F_y = 0$$

$$R1 - P \text{ freno} = 0$$

Donde:

R1: Reacción 1

P: Peso del Sistema de freno

$$R1 - P \text{ freno} = 0$$

$$R1 = P \text{ freno} = 176.4 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$V = R1 = 176.4 \text{ N}$$

$$\sum M_B = 0$$

$$-XR1 + M = 0$$

Donde:

R1: Reacción 1

M: Momento flector

$$-XR1 + M = 0$$

$$M = XR1$$

$$M = 176.4 X$$

$$0 \leq X \leq 0.3 \text{ m}$$

$$176.4 (0.2) = 52.92 \text{ Nm}$$

4.8.1.1. Momento de inercia

Con la ecuación 13 se analiza el momento de inercia de la placa de apoyo para la mangueta del sistema de frenos.

$$I = \frac{1}{12} ab^3 \quad [13]$$

$$I = \frac{1}{12} (0.075)0.2^3$$

$$C = 0.0375 \text{ m}$$

$$I = 0.00005\text{m}^4$$

4.8.1.2. Cálculo de esfuerzo

Con la ecuación 10 se calcula el esfuerzo máximo generado por las cargas aplicadas del sistema de frenos.

$$\sigma \text{ max} = \frac{M \text{ max}}{\frac{I}{a}}$$

$$\sigma \text{ max} = \frac{M \text{ max}}{\frac{I}{a}}$$

$$\sigma \text{ max} = \frac{52.92}{\frac{0.00005\text{m}^4}{0.0375\text{m}^4}}$$

$$\sigma \text{ max} = 39690 \text{ Pa}$$

4.8.1.3. Factor de seguridad

El factor de seguridad de la placa metálica se calcula utilizando la ecuación 11.

$$n = \frac{S_y}{\sigma}$$

Donde:

N: Factor de seguridad

Sy: Resistencia a la cedencia del acero A36

σ : Momento máximo

$$n = \frac{S_y}{\sigma}$$

$$n = \frac{250000000 \text{ Pa}}{39690 \text{ Pa}}$$

$$n = 6298.82$$

Factor de seguridad superior a 1 esto quiere decir que esta placa soportara un peso mayor al del sistema de freno de disco, por ende paso la condición de factor de seguridad.

4.9. ENSAMBLE DE LA BASE PARA SISTEMA DE FRENO Y ESTRUCTURA METÁLICA

El diseño del ensamble del apoyo del sistema de frenos con la estructura metálica se realizó por cordón de soldadura, como se puede apreciar en la siguiente figura el perfil con un proceso de soldadura por arco eléctrico es unido a la estructura metálica, como se puede ver en la figura 42.

Las cotas de estos componentes está incluido en los anexos del trabajo de titulación.

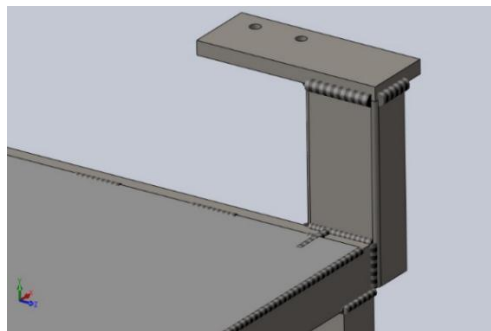


Figura 42. Ensamble base para el sistema de freno y estructura metálica por cordón de soldadura por arco eléctrico

4.10. DISEÑO DEL ENSAMBLE COMPLETO DEL BANCO DE PRUEBAS

Se realizó el ensamblaje completo del banco pruebas didáctico, para este procedimiento se realizó la unión de todos los componentes diseñados tales como depósito de aceite, base de la bomba de aceite, pase del sistema de freno de disco, placa horizontal, placa vertical, todos estos componentes fueron ensamblados sobre la estructura metálica como se puede apreciar en la figura 43.

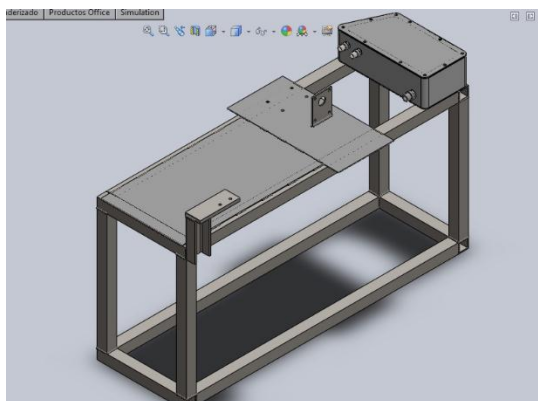


Figura 43. Ensamblaje completo del banco de pruebas didáctico

4.11. DISEÑO DE LA PLACA DE CONTROL

El diseño del circuito electrónico se realizó en el programa Proteus 8.1 SP1, este programa me permitió ubicar y verificar la factibilidad de la posición y cantidad de resistencias y diodos de la placa que trabajaría con el micro controlador del Arduino como se puede observar en la figura 44.

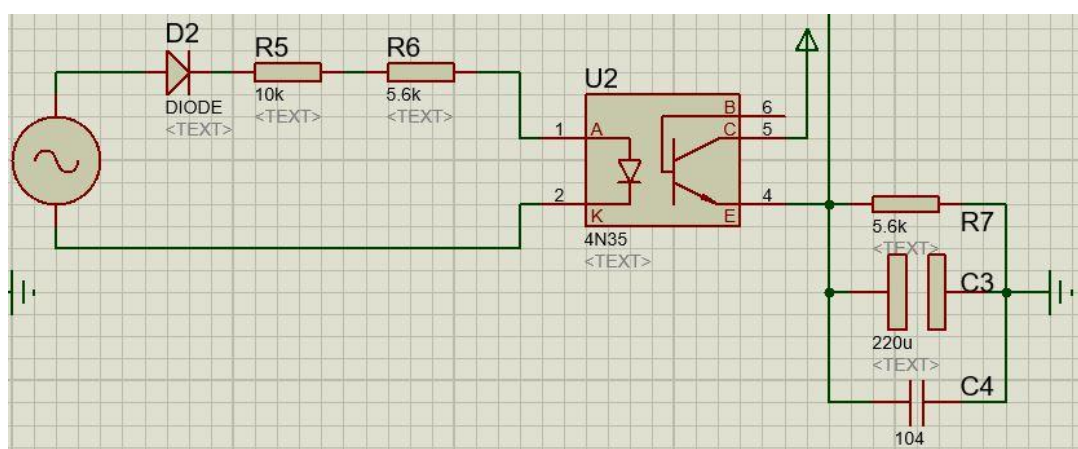


Figura 44. Circuito impreso, circuito diseñado en EAGLE 7.4.0

El diagrama electrónico se realizó en el programa Proteus 8.1 SP1, este diagrama indica la conexión entre la pantalla LCD y el Arduino que es el micro controlador que me permite la programación del control para la activación de la electroválvula, ver figura 45.

La velocidad de respuesta del sistema de control es de 2 segundos por la cantidad de resistencias instaladas, encargadas de la protección del circuito.

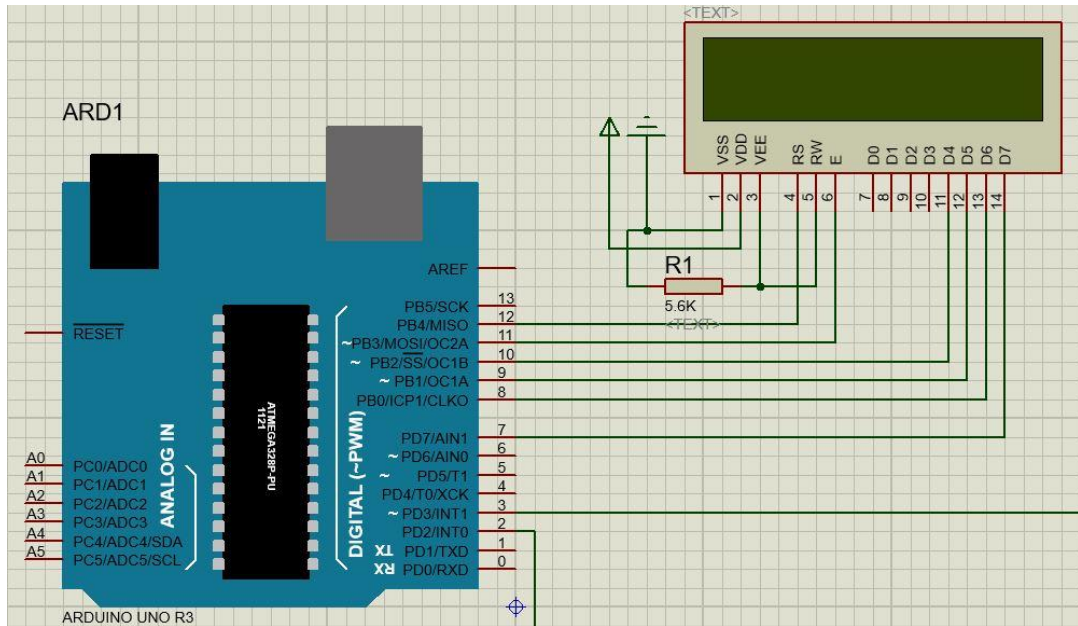


Figura 45. Diagrama Arduino y LCD

Diseño del circuito de control completo, en este circuito se puede apreciar la conexión entre el circuito que va conectado en paralelo a los pulsadores, de este circuito se parte la conexión al Arduino que de acuerdo a la programación presentará los mensajes en la pantalla LCD, ver figura 46. Los mensajes requeridos en la pantalla LCD se presentan de la siguiente manera: Control electroválvula, Encendido bobina A, Apagado bobina B.

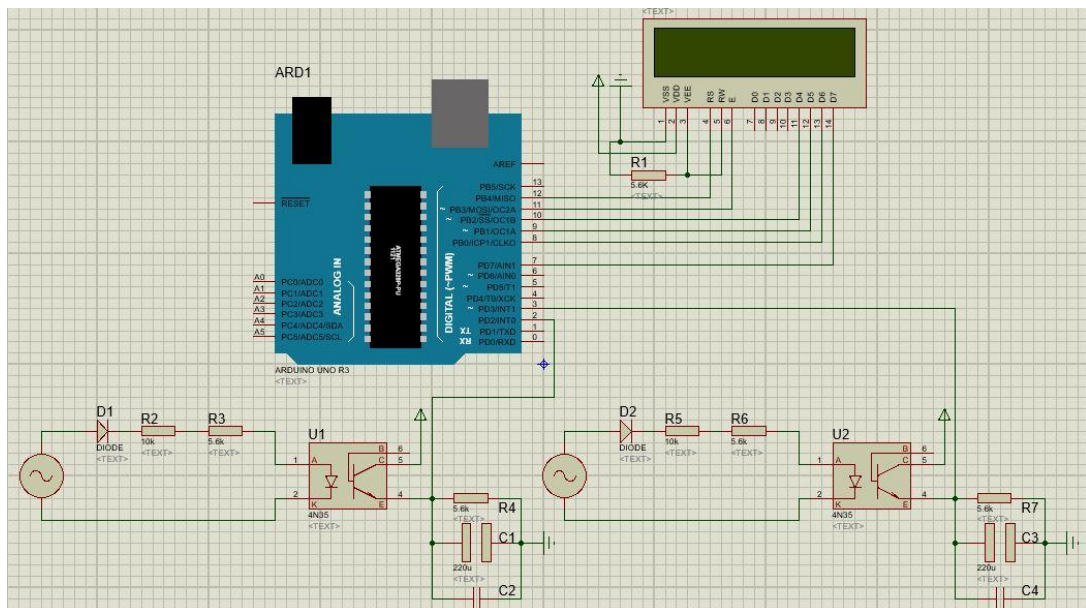


Figura 46. Circuito electrónico, diagrama diseñado en Proteus 8.1 SP1

4.12. CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURA METÁLICA

Para la construcción de la estructura metálica se inició realizando el corte del material de acuerdo con las medidas del diseño realizado en SOLIDWORKS, después se prosiguió a ubicar los componentes para la estructura que en este caso fueron los largueros y travesaño, el proceso que se realizó para ensamblaje de la estructura fue por procedimiento de soldadura por arco eléctrico utilizando un electrodo 60-11, cabe recalcar que las medidas fueron pensadas y analizadas de acuerdo al peso y las dimensiones de los componentes del circuito hidráulico. En la figura 47 se puede apreciar el bastidor del banco de pruebas didáctico.

Como se indicó anteriormente previo a la construcción del bastidor se realizaron cálculos estructurales con la finalidad de establecer los componentes idóneos para que resista el bastidor ya que sobre este bastidor se aplica el peso de los componentes de la central hidráulica y del sistema de frenos de disco.

La construcción se desarrolló de manera progresiva como se indica en la metodología de este trabajo de titulación.



Figura 47. Construcción de la estructura metálica

4.13. CONSTRUCCIÓN DEL DEPÓSITO DE ACEITE

El depósito de aceite se construyó de forma trapezoidal para ser específico un trapecio rectángulo, es necesario considerar que el depósito se construyó por el motivo que tenía que poseer conexiones a neoplos de $\frac{3}{4}$ y $\frac{1}{2}$ para que

sean conectadas las cañerías del circuito hidráulico específicamente cañerías de alimentación y de retorno.

El depósito de aceite para el circuito hidráulico fue construido en acero de ASTM A-36 por el motivo que las tomas o conexiones para las cañerías necesitaban neoplos de $\frac{3}{4}$ y $\frac{1}{2}$ y en el medio la única manera de obtenerlo era construyendo el depósito, ver figura 48.

La construcción del depósito de aceite se realizó de acuerdo al acotamiento diseñado, se puede observar los planos en anexos de este trabajo de titulación



Figura 48. Depósito de aceite en construcción

4.14. BASE PARA CIRCUITO HIDRÁULICO

La base para la central hidraulica fue cortada tomando como referencia las dimensiones del diseño, para el corte de la base fue necesario realizar un rayado previo al corte.

La base fue cortada con una amoladora de 500w y un disco de corte de 115mm, ver superficie de apoyo del circuito hidráulico, ver figura 49.

El acotamiento de las placas metalicas se detalla en anexos.



Figura 49. Base para el circuito hidráulico

4.15. CONSTRUCCIÓN DE LA BASE PARA LA BOMBA DE ACEITE

Se realizó el corte de la placa metálica de acero de construcción ASTM A-36 de acuerdo a las dimensiones diseñadas en Solid Works, las medidas para realizar el corte fueron 125mm de alto, 96mm de ancho y 6 mm de espesor, el proceso de corte se realizó con arco de sierra para luego proceder a realizar las perforaciones necesarias para el acoplamiento con la bomba de engranajes, las perforaciones se realizaron de M8.

La base de la bomba se acopló a la estructura mediante un proceso de soldadura por arco utilizando electrodo 60-11, ver figura 50.



Figura 50. Base de la bomba hidráulica

4.15.1. PROCESO DE SOLDADURA DE LA ESTRUCTURA METÁLICA

Para soldar la estructura metálica se utilizó suelda eléctrica con un electrodo para acero al carbono AWS 60-11 el cual es un electrodo que permite con facilidad el soldado ya que se puede soldar en todas las posiciones (vertical, horizontal, plana y techo), ver figura 51.

El proceso de soldadura inicio con la estructura del bastidor siguiendo con el ensamble de las placas metálicas de apoyo y se terminó con el proceso de soldadura del apoyo de la bomba hidráulica y la base para el sistema de frenos.



Figura 51. Proceso de soldadura para la estructura metálica

4.15.2. PINTADO DE ESTRUCTURA METÁLICA

Limpieza de la superficie de la estructura, la limpieza se comenzó con una lija gruesa de acero para remoción de óxido en el material, luego de remover el óxido se procedió a limpiar con disolvente la superficie.

Con la superficie totalmente limpia de óxido y grasa, se procedió a pintar con anticorrosivo para proteger la chapa metálica de la estructura y como paso final se dio un acabado con pintura poliuretano azul, ver figura 52.



Figura 52. Pintado de estructura metálica

4.16. SELECCIÓN DE COMPONENTES

En la selección de componentes para el banco de pruebas didáctico de un sistema de frenos hidráulico con control electrónico para el estacionamiento de un vehículo liviano decidí utilizar componentes que existen en el medio y adaptarlos para el banco de pruebas.

Para la estructura metálica se utilizó tubo cuadrado de 50mm x 50mm de acero de construcción A36.

4.16.1. SELECCIÓN DE COMPONENTES PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO HIDRÁULICO

Desarrollando el bosquejo del circuito hidráulico el paso siguiente para poner en marcha el proyecto es de gran importancia la selección de los componentes idóneos para un correcto funcionamiento del circuito hidráulico y la activación

En la selección de los componentes hidráulicos me basé en componentes que existen en el medio como una bomba hidráulica de engranajes que produce una presión de 3000 PSI y 6 cm³ x revolución, una válvula reguladora de presión variable, una electroválvula 4/3 en posición central con circulación y un actuador que en este caso sería el pistón de la mordaza del sistema de freno de disco.

4.16.1.1. Bomba hidráulica de engranajes

La bomba que elegí es una bomba hidráulica de engranajes marca Hydrosila código GP6K-RT, procedencia de fabricación Ucrania.

Esta bomba hidráulica de engranajes produce 2610 PSI de presión y a su vez 6 cm³ x revolución.

La bomba hidráulica de engranajes GP6K-RT tiene como numero de revoluciones máximas 2700 RPM y sentido de rotación horario con desempeño de trabajo en temperaturas normales, cabe recalcar que la presión máxima intermitente es de 180 BAR y la presión máxima continua es de 140 BAR.

Bomba 2030.52 Psi
6 cm³ por revolución

$$C * RPM = CT \quad [14]$$

Donde:

C: cm³ por RPM

RPM: Número de revoluciones por minuto

CT: Caudal total

C * RPM = CT

$$6\text{cm}^3 \times 1730 \text{ rpm} = \frac{10380 \text{ cm}^3}{1000} = 10.38\text{L}$$

$$\frac{10.38}{3.75\text{L}} = 2.76 \text{ GPM}$$

4.16.1.2. Dimensiones de la bomba hidráulica de engranajes

Las dimensiones de la bomba hidráulica se detallan en la figura.

En el siguiente acotamiento se puede verificar las dimensiones exactas de la bomba hidráulica de engranajes, se aprecia en la parte central del primer acotamiento los engranajes de la bomba hidráulica, ver figura 53.

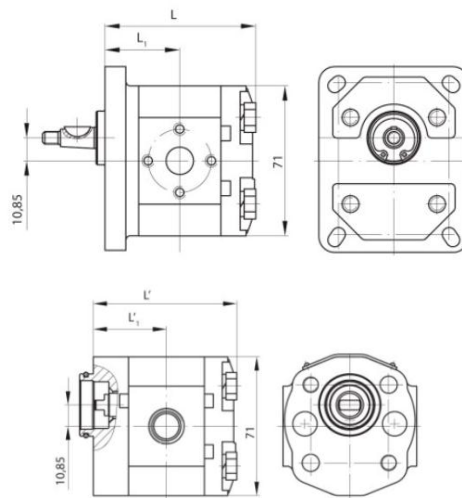


Figura 53. Bomba hidráulica de engranajes
(Hydrosila, 2012)

4.16.1.3. Selección de electroválvula

Seleccione una electroválvula 4/3 cuatro vías tres posiciones en posición central con circulación.

Elegí la electroválvula 4/3 en su funcionamiento cabe recalcar que la presión de B recircula al tanque para evitar sobrecalentamiento hidráulico y accionar el actuador por ende poder frenar.

P es la entrada de presión hacia a electroválvula al momento que se activa el bobinado a mientras tanto B siempre está cerrado al momento que se activa el bobinado b se produce un retorno de aceite al depósito por la vía R y B sigue cerrado, ver figura 54 simbología de electroválvula 4 vías 3 posiciones.

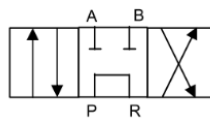


Figura 54. Electroválvula 4V 3P

En la tabla 8 se puede verificar las especificaciones de la electroválvula de 4 vías 3 posiciones, de acuerdo a las especificaciones se realizó su elección ya que es una electroválvula con central de circulación y funcionamiento con fluido hidráulico ISO VG 32.

Tabla 8. Especificaciones técnicas de electroválvulas

Caudal máximo de	25 GPM (95 LPM)
Presión máxima de trabajo	4500 PSI (360Bar)
máxima admisible a	2.285 PSI (160Bar)
Rango de temperatura ambiente	5° ~ 122 ° F (-15 ° C ~ 70 ° C)
Temperatura del fluido hidráulico	5° ~ 158 ° F (-15 ° C ~ 70 ° C)
Rango de viscosidad de	15 ~ 400 mm ² / S
Aceite hidráulico	ISO VG 32,46,68
Limpieza de fluido	NAS Clase 9 máx.
Grado de protección según DIN 40050 IEP	IP65

(Hydrosila, 2012)

La electroválvula elegida siendo una electroválvula 4/3 en posición central con circulación específicamente es DG03-8C-110V/60HZ al momento que se habla de una electroválvula DG3 se asume que se basa en una norma para utilizar caudales de 0.1 a 10 gal/min ya que en el cálculo de cubicaje

de la bomba obtuve como resultado 2.76 gal/min, por ende está en el rango para ser utilizada una electroválvula DG3.

En la ecuación 14 se obtendrá la cantidad de galones por minuto que generara la bomba hidráulica utilizada en el banco de pruebas didáctico.

Al momento de hablar de 110V es el voltaje de alimentación para las bobinas de la electroválvula, estas bobinas para su activación trabaja a 110V de corriente alterna con una frecuencia de 60hz, ver figura 55.

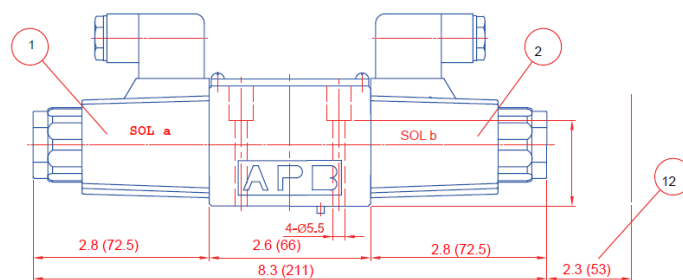


Figura 55. Acotamiento electroválvula 4V 3P (Hydrosila, 2012)

4.16.1.4. Motor eléctrico

Seleccione un motor eléctrico marca WEG, de procedencia Brasil, este motor será el encargado de generar el movimiento a la bomba hidráulica del circuito como se puede ver en la siguiente figura 56.

Potencia del motor eléctrico 1.5 HP

Alimentación 110V

Revoluciones 1730 RPM

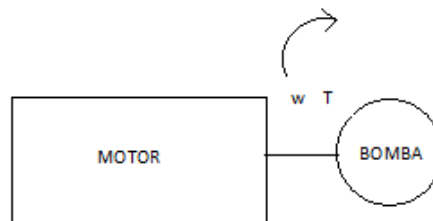


Figura 56. Acoplamiento motor bomba

$$n1 = \frac{\text{revoluciones maximas}}{\text{revoluciones minimas}}$$

$$n1 = \frac{2700 \text{ rpm}}{1.6 \text{ rpm}}$$

$n_1 = 1730 \text{ rpm}$

En la ecuación 15 se obtendrá el torque máximo obtenido del motor eléctrico en el eje de conexión a la bomba de engranajes.

$$P = T w = T 2 \pi f \quad [15]$$

Donde:

P: Potencia del motor

T: Torque

W: Velocidad angular

f: frecuencia

$$P = T w = T 2 \pi f$$

$$P = 1.5 \text{ Hp} \text{ o } 1.103 \text{ kW}$$

$$T = \frac{P}{2\pi f} = \frac{1.103 \text{ Kw}}{\frac{2\pi \cdot 1730 \text{ rev} \cdot 1 \text{ min}}{1 \text{ rev} \cdot \text{min}60 \text{ seg}}} = 0.00624 \text{ KNm}$$

$$T = 6.24 \text{ N}$$

$$\tau = \frac{16 T}{\pi d^3}$$

$$\tau = \frac{16 (6.24) \text{ Nm}}{\pi (0.015 \text{ m})^3}$$

$$\tau = 9421089.87 \text{ Pa} = 9.42 \text{ MPa}$$

$S_y = 703 \text{ MPa}$ Acero de transmisión

$$n = \frac{703 \text{ MPa}}{9.42 \text{ MPa}} = 74.62$$

El motor eléctrico seleccionado de 1.5 Hp se asume que es el adecuado para generar el movimiento a la bomba hidráulica de engranajes por las siguientes razones, trabaja a un rango menor al rango máximo de la bomba hidráulica, ya que este proyecto es una banco de pruebas didáctico para la activación de un sistema de freno, no hace falta hacer trabajar a la bomba en condiciones máximas que en este caso sería 2700 Rpm.

Se realizó el análisis del eje conductor de movimiento, motor - bomba, el eje tiene un alto factor de seguridad 74.62, motivo por el cual no sufrirá fatiga de material durante su funcionamiento, cabe recalcar para que un factor de seguridad sea aceptable debe ser igual o mayor que 1.

A continuación se puede ver la figura 57 con las especificaciones del motor, y la recomendación para instalación sentido horario.



Figura 57. Motor eléctrico

4.16.1.5. Selección de válvula reguladora de presión

Una válvula tiene como finalidad permitir el paso de un fluido en un solo sentido, una válvula reguladora como su nombre lo indica es capaz de regular la presión del sistema hidráulico, las válvulas reguladoras permiten hacer una variación de la productividad de una bomba de manera que no haya exceso ni falta de presión.

Las válvulas reguladoras pueden haber de dos tipos:

Válvulas de regulación manual, están son accionadas o reguladas por palancas o tornillos.

Válvulas de regulación neumática este tipo de válvulas cuenta con un cilindro que se acciona de manera controlada con aire comprimido.

En el circuito hidráulico del banco de pruebas se utilizó una válvula que regulara de manera manual la presión del circuito por medio de un hexágono y una tuerca, la regulación ubicada en la válvula reguladora de presión es de 50 Psi para el sistema de freno del banco de pruebas ver simbología de la válvula reguladora de presión en la figura 58.

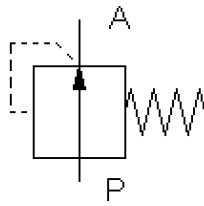


Figura 58. Válvula reguladora de 2 vías

4.16.1.6. Selección de acoplamiento elástico para motor eléctrico

El motor eléctrico de corriente alterna se encarga de proveer de movimiento a la bomba hidráulica, hay que considerar que entre el motor eléctrico y la bomba se instaló un acople elástico para evitar vibración por tal motivo aunque los cálculos de factor de seguridad resultaron que el eje es altamente confiable decidí instalar este acople para evitar excesiva vibración del eje.

El acoplamiento está formado por dos cubos y un elemento elástico, los cubos son simétricos en acero sinterizado, prisionero y chavetero standard, el acoplamiento elástico para el motor eléctrico se puede apreciar en la figura 59.



Figura 59. Acoplamiento elástico para motor eléctrico

4.17. CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO HIDRÁULICO

De acuerdo al circuito hidráulico realizado en el programa Fluid SIM y los componentes seleccionados, inicie el ensamble y conexión del circuito hidráulico.

4.17.1. COMPONENTES DE CIRCUITO HIDRÁULICO

Los componentes del circuito hidráulico han sido seleccionados de acuerdo al diseño del circuito hidráulico planificado en Fluid SIM.

1. Deposito
2. Motor eléctrico
3. Bomba hidráulica
4. Válvula reguladora de presión
5. Válvula direccional
6. Actuador

Lo componentes hidráulicos seleccionados se pueden apreciar en la figura 60.

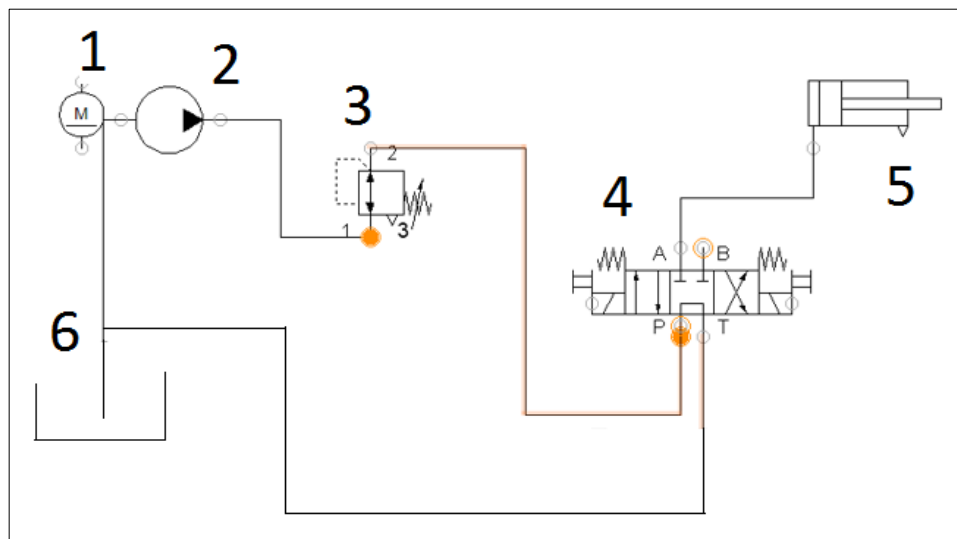


Figura 60. Componentes del circuito hidráulico

4.17.2. ENSAMBAJE DE CAÑERÍAS HIDRÁULICAS

En el ensamble de las cañerías se analizó el servicio que realizaría la cañería, se soldó un neplo de $\frac{3}{4}$ en la parte inferior como se puede apreciar en la figura 61. Al igual que el neplo de $\frac{3}{4}$ se soldó dos neplos de $\frac{1}{2}$ en el depósito para las para el acoplamiento de las cañerías de retorno.



Figura 61. Ensamblaje de cañería

4.17.3. SELECCIÓN DE CAÑERÍAS HIDRÁULICAS

Utilice un neplo de $\frac{3}{4}$ NPT este tipo de rosca permite mantener una efectiva estanqueidad en las conexiones hidráulicas, al instalar el neplo se colocó teflón para evitar fugas en la conexión, la conexión de $\frac{3}{4}$ es para el acople desde el retorno de la válvula reguladora de presión hacia el depósito de $\frac{1}{2}$, esta cañería es de $\frac{3}{8}$ capacidad de 330 BAR o 4785 PSI, se utilizó esta cañería para obtener un retorno más eficiente por parte de la válvula reguladora de presión.

Desde la bomba hasta la válvula regulador de presión se instaló una cañería de 500mm de largo con acoples de $\frac{1}{2}$, cañería soporta una presión máxima de 180BAR o 2610 PSI en la siguiente figura se puede apreciar la cañería mencionada, ver figura 62.



Figura 62. Selección de cañerías para alimentación y retorno

4.17.4. ENSAMBLAJE DE BOMBA EN EL APOYO DE LA ESTRUCTURA

Luego de realizar las perforaciones para la sujeción con la bomba, se instaló la bomba hidráulica con cuatro pernos 13mm, la perforación central sirvió para colocar el eje de la bomba hidráulica como se puede verificar en la siguiente figura 63.



Figura 63. Placa de apoyo de la bomba hidráulica

4.17.5. ENSAMBLAJE DEL CIRCUITO HIDRÁULICO

Después de haber realizado el diseño del circuito hidráulico y la selección de componentes procedí al montaje de los componentes hidráulicos como la bomba hidráulica, la electroválvula direccional 4/3, la válvula reguladora de presión y sus respectivas cañerías de retorno al tanque y de alimentación al actuador, en la siguiente figura 64 se puede verificar el ensamblaje del circuito hidráulico.



Figura 64. Ensamblaje del circuito hidráulico

4.17.6. INSTALACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO ELECTROVÁLVULA

La electroválvula tiene alimentación de corriente alterna de 110 V, se realizó una instalación al conector que va la fuente de poder que en este caso es el tomacorriente de 110 V, para la activación de la electroválvula es necesario

el sistema de control. En la figura 65 se puede verificar la ubicación de la electroválvula.

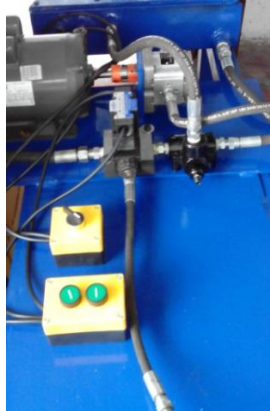


Figura 65. Electroválvula del sistema hidráulico

4.18. COMPONENTES DEL SISTEMA DE FRENO DE DISCO

Los componentes para el ensamblaje del sistema de frenos del banco de pruebas didáctico son los siguientes:

- Pastillas de freno
- Disco de freno
- Mordaza de freno
- Cañería de alimentación

4.18.1 PASTILLA DE FRENO HYUNDAI ACCENT 1.6L

Las pastillas de freno son el material de fricción que entra en contacto con el disco de freno, posee un elevado coeficiente de fricción para que en contacto con el disco disminuya la velocidad de giro generado por la rueda ya puede ser un momento de inercia o por tracción.

Las pastillas de freno deben tener una buena resistencia al cizallamiento y al choque básicamente a un esfuerzo que tiene dirección tangencial, si se habla de este esfuerzo tangencial es el que generaría un posible desprendimiento de la pastilla por tal motivo debe tener altos estándares de calidad, se puede observar el acotamiento de las pastillas de freno para el

Hyundai Accent, que es el sistema de frenos seleccionado para el banco de pruebas didáctico ver la figura 66.

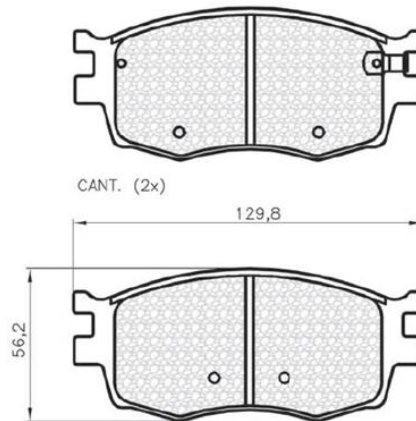


Figura 66. Dimensiones pastillas de freno

4.18.2. DISCO DE FRENO HYUNDAI ACCENT 1.6L

Composición del disco de freno es fundición gris nodular de grafito laminar en promedio posee un 92% de hierro, adicional posee otros componentes adicionales como son el silicio y o el manganeso.

Los valores de resistencia y dureza para los discos fabricados en fundición se indican en la tabla 9.

Tabla 9. Valores de resistencia y dureza de los discos de freno Hyundai Accent

Resistencia a la tracción	Dureza
240 N/mm	170 - 250HB

4.18.3. GEMETRÍA DEL DISCO DE FRENO HYUNDAI ACCENT

Se caracteriza la geometría de los disco de freno por una superficie plana circular, cabe recalcar que el disco de freno del Hyundai Accent posee ventilación en el banco de pruebas la ventilación irrelevante ya que el banco de pruebas que se está construyendo es de estacionamiento, a continuación se podrá observar las medidas del disco de freno en la figura 67.

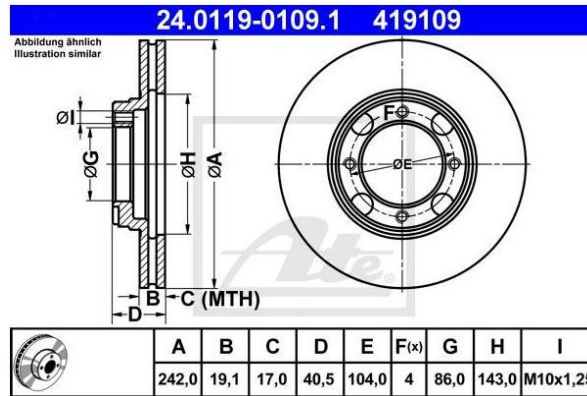


Figura 67. Dimensiones disco de freno

4.18.4. PISTÓN DE FRENO DE MORDAZA HYUNDAI ACCENT

El pistón de freno es encargado de desplazar las pastillas para que entren en contacto con el disco de freno y se pueda detener el vehículo, el pistón de freno para hacer contacto con el cilindro de la mordaza necesita un elastómero para hermetizar e circuito y mantener la presión del fluido, pistón pose 51mm de altura y 44mm de diámetro, en la figura se puede apreciar el pistón de la mordaza de un sistema de freno de disco, ver figura 68.



Figura 68. Pistón de freno Hyundai Accent

Las especificaciones del cilindro de freno del Hyundai Accent se detallan en la tabla 10.

Tabla 10. Especificaciones del pistón de freno

Código	HO209K
Grupo	Partes para caliper
Familia	Pistón para caliper
Marca	HYUNDAI
Submarca	ACCENT
Modelo	2003 - 2006
Medida	51.00 mm h. 44.00 mm

4.18.5. ENSAMBLAJE DEL SISTEMA DE FRENO DE DISCO

Primeramente en la torre de apoyo para el sistema de freno de disco se instaló la mangueta, previo a la instalación de la mangueta se colocó con una prensa de 50 TON el rodamiento en la mangueta, posteriormente sobre la mangueta y rodamiento se instaló la manzana, a continuación se demuestra en la figura 69.



Figura 69. Acoplamiento de la mangueta en la base de la estructura

La fijación de la mangueta se realizó con dos pernos hexagonales M10 de coloración negra con 640 Nmm^2 de limite elástico y paso corriente cincado, las características de estos pernos son que es de uso de media resistencia, por lo general son utilizados en metalmecánica y en partes y piezas automotrices, a continuación se demuestra en la figura 70.



Figura 70. Sujeción de la mangueta en la estructura

4.18.6. FIJACIÓN DEL DISCO DE FRENO

Se realizó la fijación del disco de freno acoplándolo con la manzana, este disco de freno se lo sujeto con cuatro tuercas hexagonales acopladas en los espárragos de la manzana como se puede apreciar en la figura 71.



Figura 71. Fijación del disco de freno

4.18.7. FIJACIÓN DE LA MORDAZA DE FRENO

Primeramente se instaló el apoyo de la mordaza que esta sujetado con dos pernos de M12 acoplados a la mangueta, para posteriormente instalar la mordaza donde está ubicado el cilindro de freno, para su fijación se utiliza dos pernos de M8, ver figura 72.



Figura 72. Fijación de la mordaza de freno

4.19. ENSAMBLAJE DEL SISTEMA ELÉCTRICO

La conexión del motor eléctrico para que trabaje en bajo voltaje y sentido horario, su instalación fue de la siguiente manera L1 cables: naranja, azul y negro, L2 cables: rojo, amarillo, blanco. La forma de conexión viene indicado en la etiqueta del motor eléctrico ver tabla 11.

Tabla 11. Conexión motor eléctrico

L1		L2	
T3	NARANJA	T8	ROJO
T1	AZUL	T4	AMARILLO
T5	NEGRO	T2	BLANCO

El manual de instalación indica en una etiqueta en el mismo motor marcando que si se necesita que el motor gire en sentido opuesto tendré que variar la posición de T5 y T8, la bomba de hidráulica de engranajes trabaja en sentido horario por tal motivo que la conexión se realizó T5 en L1 y T8 en L2 como se indica en la siguiente figura 73.

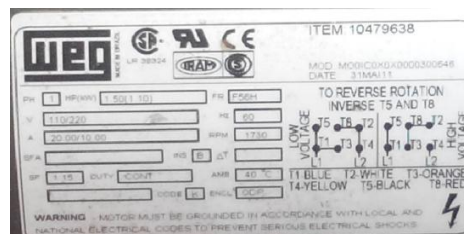


Figura 73. Especificaciones del motor eléctrico

4.19.1. ARRANCADOR DEL MOTOR ELÉCTRICO

El arrancador del motor eléctrico es un switch el cual permite el encendido y apagado del motor únicamente girando el switch, ver figura 74.



Figura 74. Arrancador del motor eléctrico

4.19.2. ACTIVACIÓN DE LA ELECTROVÁLVULA

Para la activación de la electroválvula se realizó un circuito en paralelo con una placa de Arduino, la activación se produce al momento de presionar el

pulsador de encendido en ese momento se activa la bobina a de la electroválvula, al activarse realiza el trabajo de permitir el paso de fluido que este caso es aceite hidráulico hacia el actuador, el actuador en el banco de pruebas didáctico es el cilindro de freno que está ubicado en la mordaza de freno, al permitir el paso de presión al cilindro se produce el frenado.

Cuando se presiona el pulsador de apagado se energiza la bobina b, en ese momento la electroválvula permite el retorno de presión de fluido hacia el depósito.

Los pulsadores de encendido y apagado se indica en la figura 75.



Figura 75. Activación de la electroválvula

4.19.3. SISTEMA DE CONTROL

El voltaje AC a ser verificado, pasa por un diodo rectificador y dos resistencias, los mismos que disminuyen la corriente a 7mA (110V/15600K), luego existe una pequeña caída de voltaje en el LED del opto acoplador, el mismo que activa y desactiva su transistor interno a una frecuencia de 60HZ, que es la frecuencia de la corriente Alterna.

Posteriormente en la salida de este acoplador, se encuentra conectado VCC al Colector y una resistencia más dos condensadores al Emisor. Los condensadores permiten que la resistencia del emisor solo se descargue cuando no exista presencia de voltaje en el emisor y esta salida es la que se conecta a la entrada del micro controlador, para verificar el estado de los pulsadores AC.

Los valores de las resistencias en el lado AC tienen que ser iguales o superiores a los valores que permitan tener una corriente máxima de 40 mA,

en la ecuación 16 se analizara el valor de la resistencia de acuerdo al voltaje de corriente continua y la intensidad.

$$V = I \times R \quad [16]$$

Donde:

V: Voltaje

I: Intensidad

R: Resistencia

$$V = I \times R$$

$$R = \frac{110}{0.04}$$

$$R = 2700\Omega$$

Los valores en el lado del optoacoplador deben que tener un valor que permitan mantener el voltaje de 5V constantes sin observar la frecuencia de descarga de 60 HZ, y la descarga solo se permitirá cuando el LED del aptoacoplador no se encienda por más de 2 segundos, debido a la desconexión de la corriente alterna que alimenta al LED.

4.20. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Para el funcionamiento del banco de pruebas didáctico de un sistema de freno hidráulico con control electrónico para el estacionamiento de un vehículo liviano es necesario realizar el siguiente proceso:

Conectar a una fuente de poder de 110v de corriente alterna el banco de pruebas.

Activar el arrancador del motor eléctrico para encender el motor y la bomba hidráulica comience el trabajo de generar presión en el circuito hidráulico.

Verificar en la pantalla LCD el mensaje de bienvenida que indica control de electroválvula.

Al presionar el pulsador de encendido la electroválvula es energizada y la bobina A, permite el paso de presión de fluido al pistón de freno para poder frenar el sistema y mantenerlo frenado como un sistema de parqueo convencional, el manómetro en ese momento marca presión de fluido hidráulico el cual puede tener una extensa variación ya que depende de la presión que se regule desde la válvula reguladora de presión, esta posee una regulación manual desde un rango de 0 a 1000 PSI, pero en la prueba de funcionamiento se puede trabajar con un rango en promedio entre 20 a 120 PSI.

Al presionar el pulsador de apagado la electroválvula energiza a la bobina B, en ese momento se despresuriza el sistema bajando la presión del manómetro a cero, cabe recalcar que cuando se despresuriza el sistema la presión de fluido hidráulico retorna al depósito, la electroválvula utilizada es 4/3 cuatro vías tres posiciones en posición central con circulación la vía 2 por estar cerrada permite el retorno al tanque, en ese momento el sistema se despresuriza y el sistema se queda libre sin frenado, el banco de pruebas didáctico de un sistema de freno hidráulico con control electrónico para el estacionamiento de un vehículo liviano se puede apreciar en la figura 76.

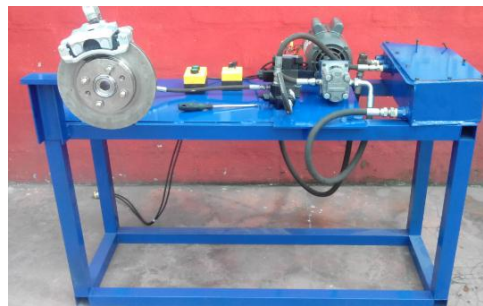


Figura 76. Banco de pruebas didáctico de un sistema de freno hidráulico con control electrónico para el estacionamiento de un vehículo liviano.

4.20.1. PRUEBAS DE ESTANQUEIDAD

La prueba de estanqueidad se verifica de manera visual, apreciando que no existan fugas de fluido entre las juntas y conexiones del sistema hidráulico, en el banco de pruebas didáctico de un sistema de freno hidráulico con

control electrónico para el estacionamiento de un vehículo liviano se apreció que no posee ninguna fuga ya que los acoples que se utilizaron para las conexiones hidráulicas fueron acoples NPT, estos acoples tiene rosca cónica la cual permite una eficiente hermeticidad en sus uniones ya que es diseñado para conexiones de circuitos hidráulicos.

4.20.2. PRUEBA DE CONECCIONES ELECTRICAS

En la prueba de la instalación eléctrica se verifico que el arrancador o switch de encendido del motor eléctrico, su activación y desactivación se realizó por medio del arrancador se instaló este arrancador con la finalidad de manipular el encendido del motor de una manera segura, el motor eléctrico tiene una alimentación de corriente alterna 110V, la imagen del arrancador se puede verificar en la figura 77.



Figura 77. Arrancador del motor eléctrico

4.20.3. PRUEBAS DEL SISTEMA DE CONTROL

En el sistema de control se verifico el mensaje de bienvenida, la activación, la desactivación de la electroválvula, esta es la parte esencial del proyecto ya que la electroválvula depende su activación y desactivación, por medio del sistema de control.

4.20.4. PRUEBA DEL MENSAJE DE BIENVENIDA

En primera instancia se realizó la verificación visual que el mensaje de bienvenida se active al momento de encender el banco de pruebas, el

mensaje de bienvenida es CONTROL DE ELECTROVALVULA, este mensaje se proyecta en la pantalla de LCD cuando no existe ninguna activación ni desactivación de la electroválvula, el mensaje de bienvenida se puede apreciar en la figura 78.

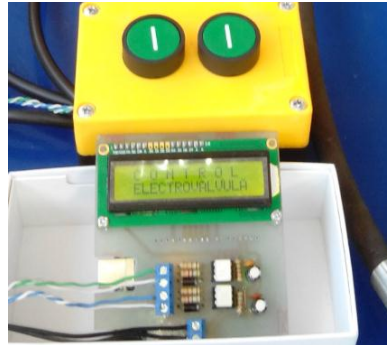


Figura 78. Mensaje de bienvenida

4.20.5. PRUEBA DEL MENSAJE DE ACTIVACIÓN

En la prueba de activación de la electroválvula, sin arrancar el motor eléctrico encargado del movimiento de la bomba hidráulica, únicamente colocados los conectores del banco de pruebas a la fuente de energía e 110 v de corriente alterna, al presionar el pulsador de encendido por dos segundos la pantalla LCD de control indica el mensaje ENCENDIDO BOBINA – A y en ese momento por medio auditivo se escucha la activación de la electroválvula, el mensaje de la pantalla se puede verificar en la figura 79.



Figura 79. Encendido, activación de la bobina A

4.20.6. PRUEBA DEL MENSAJE DE DESACTIVACIÓN

Al momento de presionar el pulsador de desactivación en la pantalla lcd se indicó el mensaje APAGADO BOBINA – B, y por medio auditivo se pudo escuchar el funcionamiento de la electroválvula, el pulsador de lado izquierdo es el de apagado o despresurización como se puede indicar en la figura 80.



Figura 80. Apagado, activación de la bobina B

4.20.7. PRUEBA DEL SISTEMA HIDRÁULICO

En la prueba del sistema hidráulico se verifico la activación del actuador que en este caso es el pistón de freno, encargado de presionar las pastillas de freno con el disco de freno y generar una presión de frenado para mantener el frenado el sistema.

4.20.7.1 Sistema presurizado

Para presurizar el circuito hidráulico, es necesario la activación por medio del sistema de control, al presionar el pulsador de encendido se direcciona presión de fluido hidráulico a la mordaza de freno y por tal motivo se experimenta una presurización del sistema ya que la presión se puede variar por medio de la válvula reguladora de presión se tiene un rango del manómetro entre 0 a 1000 PSI, cabe recalcar que la presión de

funcionamiento del banco de pruebas varia entra 50 a 100 PSI, como se observa en la figura 81.



Figura 81. Manómetro presurizado

4.20.7.2. Sistema despresurizado

Para que el circuito hidráulico sea despresurizado es necesario presionar el pulsador de apagado y de esa forma la electroválvula se encarga de realizar retorno de fluido hidráulico al depósito, en el momento que se presenta el retorno de fluido hidráulico al depósito el manómetro baja a cero como se puede observar en la figura 82.



Figura 82. Manómetro despresurizado

4.20.8. PRUEBA DE ALABEO DEL DISCO DE FRENO

Para la comprobación del disco de freno se verifica el alabeo de sus caras, para lo cual se colocó sobre las caras del disco el palpador de un reloj

comparador y se hace girar manualmente el disco de freno, observando las desviaciones de la aguja.

Un resultado de alabeo superior a 0.1 mm en cualquiera de las caras del disco, se requerirá la rectificación del disco de freno considerando la tolerancia especificada en el disco de freno, ver figura 83.



Figura 83. Prueba con reloj palpador

4.20.9. PRUEBA DE FUGA EN LA MORDAZA DE FRENO

Se comprobó que no existan fugas sumergiendo la mordaza de freno en un recipiente con agua y aplicando aire por el orificio de entrada de líquido al cilindro de freno a una presión inferior a 2 bares, teniendo el émbolo bloqueado con un taco de madera para impedir que se salga de su alojamiento. La subida continua de las burbujas a la superficie indica que existen fugas, en cuyo caso es necesario desmontar nuevamente el émbolo y sustituir éste o el anillo de estanqueidad, ver figura 84.



Figura 84. Verificación de fugas en la mordaza de freno

4.20.10. PRUEBA DE EFECTIVIDAD DE FRENADO MEDIANTE UN TORQUÍMETRO

Esta prueba se realiza mediante la aplicación de torque al sistema de freno provocando que gire el disco de freno con el sistema presurizado, se realiza verificación de la presión indicada en el manómetro y se determina si el valor indicado es real de acuerdo a la aplicación de movimiento regulado en el torquímetro. En el manómetro indicador de presión de freno existe un rango de presión de 0 Psi a 1000 Psi de acuerdo a la regulación de la válvula reguladora de presión. La magnitud de medición del torquímetro fue lbf/ft^2 en relación a la presión de frenado producida por el circuito hidráulico en Psi, ver figura 85.



Figura 85. Verificación de frenado por medio de un torquímetro

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

De acuerdo al diseño y construcción del banco de pruebas didáctico de un sistema de freno hidráulico con control electrónico para el estacionamiento de un vehículo liviano obtuve las siguientes conclusiones.

- El diseño del banco de pruebas didáctico se dividió en tres fases, la primera el diseño del circuito hidráulico, en el cual se analizó el factor de seguridad del eje entre el motor eléctrico y la bomba hidráulica como resultado se obtuvo que el eje posee un factor de seguridad de 74.62 este valor es superior al permisible por ese motivo se decidió utilizar un motor eléctrico de 1.5 Hp y 1730 RPM para que genere movimiento a una bomba hidráulica que trabaja a un rango menor a sus revoluciones máximas.
- En el diseño estructural del bastidor se analizó el material de construcción de acuerdo a cálculos de momento flector, fuerza cortante y factor de seguridad, para que el bastidor posea con factor de seguridad superior al peso del circuito hidráulico.
- En el diseño del circuito de control el programa Proteus, permitió realizar simulaciones para llegar a la manera más rápida de activación y desactivación de la electroválvula y que sean indicados en la pantalla LCD los mensajes de funcionamiento, el tiempo de reacción es de 2 segundos.
- En la construcción del banco de pruebas didáctico, el ensamble del bastidor, placas de apoyo y el tanque, se utilizó un proceso de soldadura por arco eléctrico con electrodo 60-11 el cual se utiliza para acero de construcción A36 con resistencia de fluencia al corte de 250 MPa.
- En la construcción del circuito hidráulico se utilizó una electroválvula 4/3 con centro de circulación la cual permite despresurizar el sistema y a su

vez la regulación de presión se realiza de manera manual con la válvula reguladora que frena el sistema a partir de 10 PSI.

- En el del banco de pruebas didáctico de un sistema de freno hidráulico con control electrónico para el estacionamiento de un vehículo liviano, se puede realizar pruebas referentes a hidráulica ya que el sistema que activa a la mordaza de freno es una central hidráulica, adicional se puede realizar pruebas eléctricas del circuito de control y también de manera didáctica un análisis sistema de freno de disco, todos los componentes del banco de pruebas son desmontables a su vez se puede analizar el armado desarmado de una central hidráulica y variando la ubicación del manómetro se podrá verificar la ley de Pascal que en un circuito hidráulico se experimenta la misma presión en todo el sistema.

5.2. RECOMENDACIONES

- Es recomendable utilizar EPP equipos de protección personal para en los procesos de construcción del proyecto, en la construcción del banco de pruebas se utilizó un procedimiento de soldadura en el cual fue de gran importancia utilizar el equipo de protección que en este caso sería mascarilla, guantes y mandil de soldadura y en el procedimiento de pintado es necesario utilizar mascarilla y gafas de protección.
- Cuando se desea utilizar un motor eléctrico para generar movimiento a una bomba hidráulica, recomiendo que se instale un acople elástico para evitar fatiga de material del eje, aunque exista un adecuado factor de seguridad del mismo.
- Se recomienda que el sistema este despresurizado para proceder al desmontaje de los componentes del circuito hidráulico.
- Es recomendable utilizar un regulador de voltaje en el sistema de control de la electroválvula, para evitar daños por variación de voltaje del conector de fuente de poder al equipo.

- Verificar que no existan fugas de fluido hidráulico en el circuito para evitar fallas en sistema, que puede ser baja eficacia del freno de parque por aire en el sistema.
- Se recomienda cambiar el aceite hidráulico cada 100 horas de trabajo.
- No desconectar de la fuente de poder con el banco de pruebas didáctico encendido.

GLOSARIO

ASTM: Association for Testing Materials - Asociación para el Ensayo de Materiales.

Despresurizar: Liberar presión de un sistema hidráulico.

Estanqueidad: Hermeticidad en un sistema hidráulico.

Arduino: Consiste en una placa de circuito impreso con un micro controlador, usualmente y puertos digitales y analógicos de entrada y salida.

EPB: Electronic parking brake, freno de estacionamiento electrónico.

Electroválvula: válvula direccional con activación eléctrica.

SAE: Society of Automotive Engineers, asociación de ingenieros automotrices.

Directional control valve: Válvula de control direccional.

Nominal valve size: Tamaño nominal de la válvula.

Solenoid voltaje: Voltaje del solenoide

Electrical options: Opciones eléctricas

Valvula 3/4: válvula direccional de tres vías cuatro posiciones.

Valvula 4/3: válvula direccional de cuatro vías dos posiciones.

PSI: Unidad de medida de presión, libra sobre pulgada al cuadrado.

BAR: Unidad d medida de presión.

BIBLIOGRAFÍA

- Shigley, J. (2008). *Diseño en Ingeniería Mecánica*, (8a ed.). México: Mc Graw Hill.
- Mott, R. (2009). *Resistencia de los Materiales*, México: Pearson Education.
- Norton, R. (2013). *Diseño de Maquinas: Diseo*.
- Oliver X. & Agelet C. (2000). *Mecánica de Medios Continuos*, España: Isbn
- Astudillo, M. (2010). *Tecnología del Automóvil*. España: Paraninfos.
- Thomson, A. (2004). *Técnicas del Automóvil*. España: Paraninfos.
- Askeland, D. (2004). *Ciencia e Ingeniería de los Materiales*, (4a ed.). México: Cengage Learning.
- Berna, X. (2000). *Tecnología Mecánica*. España: Universidad Politécnica de Catalunya.
- Jeffus, I. (2009). *Soldadura - Principios y Aplicaciones*, (1a ed.). Argentina: Parainfo.
- Kalpakjian, S. (2002). *Manufactura Ingeniería y Tecnología*, México: Prentice- Hall inc.
- Niemann, G. (1997). *Elementos de Máquinas*, (2a ed.). Barcelona: Labor S.A.
- Norton, R. (2011). *Diseño de Máquinas Enfoque Integrado*, (4a ed.). México: Pearson.
- Arias, P. (2007). *Sistemas de Accionamiento Hidráulico*, Cuba: Icinaz Minaz.
- Quijorna, A. (2007). *Elementos de Máquinas*, Castilla: Universidad de Castilla.
- Sampieri, R. (2010). *Metodología de la investigación*, (5a ed.). México: Mc Graw Hill.
- Hydrosila. (14 de julio del 2014). www.hydrosila.com. Obtenido de: www.hydrosila.com:
<http://www.hydrosila.com/en/products/hydro-controllers/monoblock/>
- FMCSA. (1 enero del 2016). www.fmcsa.dot.gov. Obtenido de: www.fmcsa.dot.gov
<https://www.fmcsa.dot.gov/regulations/title49/section/393.40>

Astudillo Tecnología del automóvil. (2010). biblioteca.unach.edu.ec.
Obtenido de:

http://biblioteca.unach.edu.ec/opac_css/index.php?lvl=notice_display&id=8909#.V1bdFnkU9Ms

Mecánica virtual. (24 agosto 2004). www.mecanicavirtual.com.ar. Obtenido de: www.mecanicavirtual.com.ar

<http://www.mecanicavirtual.com.ar/search/label/Libros%20y%20Manuales>

ANEXOS

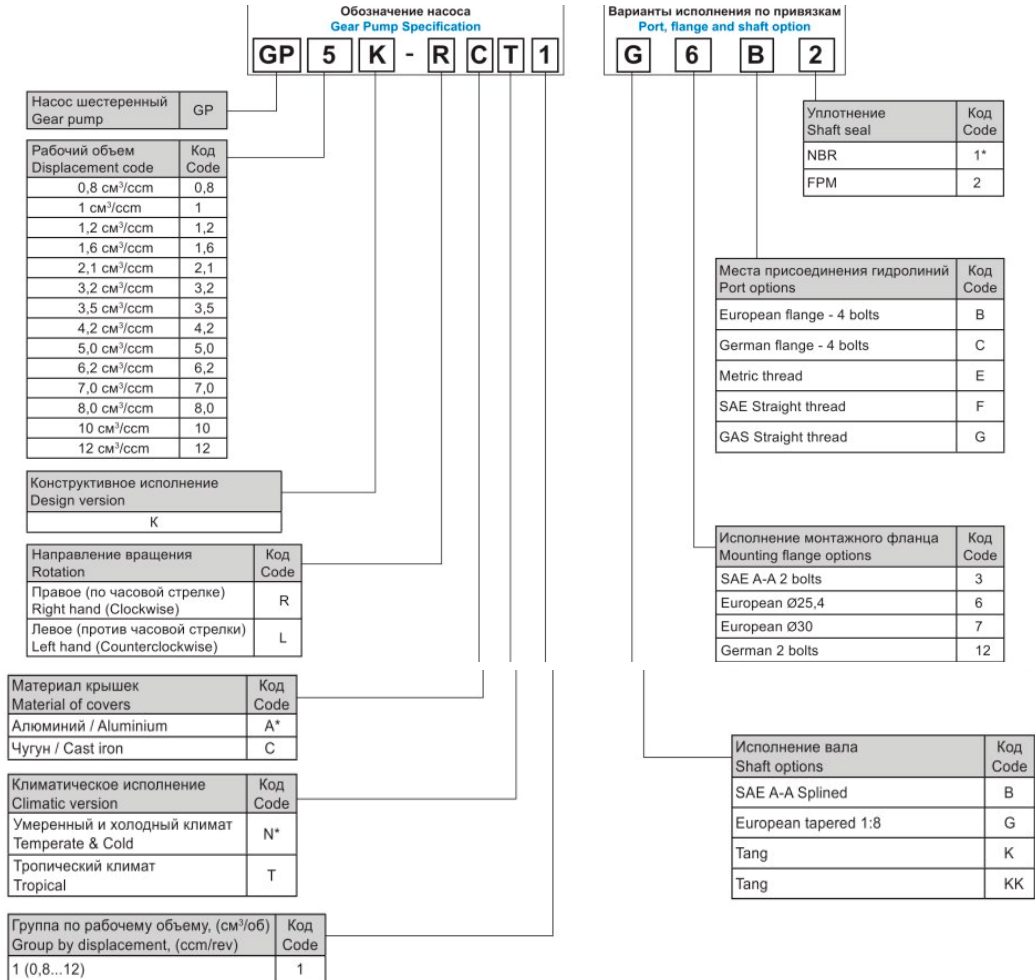
ANEXO 1

TIPOS DE ELECTROVÁLVULAS DIRECCIONALES

Position type at neutral	Double solenoid valves, spring centered -C-	Single solenoid valves, solenoid at port A end -B-	Single solenoid valves, solenoid at port B end -BL-
0(H)	DG05-0C 	DG05-0B 	DG05-0BL
1(F)	DG05-1C 	DG05-1B 	DG05-1BL
2(E)	DG05-2C 	DG05-2B 	DG05-2BL
	/		DG05-2F
3(L)	DG05-3C 	DG05-3B 	DG05-3BL
5	DG05-5C 	DG05-5B 	DG05-5BL
6(J)	DG05-6C 	DG05-6B 	DG05-6BL
7(M)	DG05-7C 	DG05-7B 	DG05-7BL
8(G)	DG05-8C 	DG05-8B 	DG05-8BL
11(P)	DG05-11C 	DG05-11B 	DG05-11BL

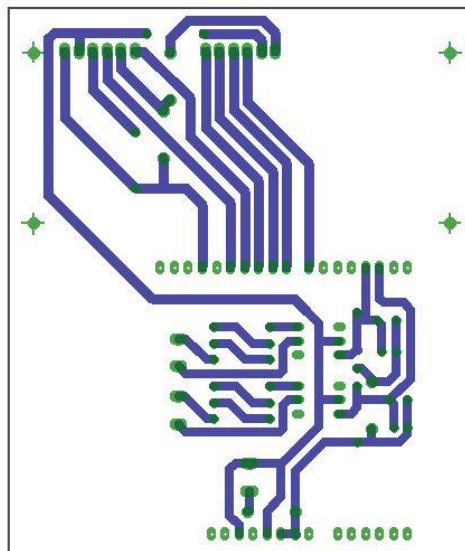
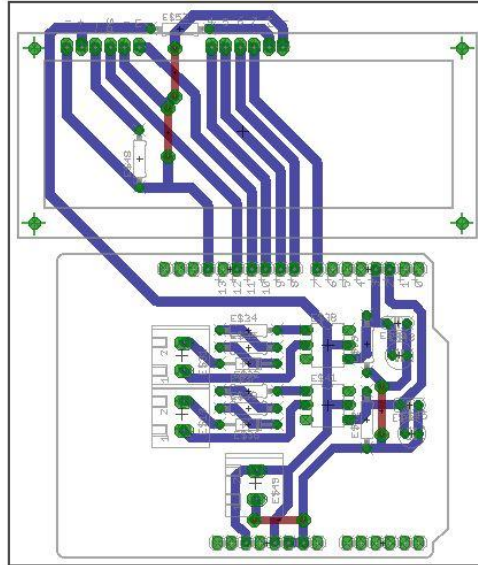
ANEXO 2

ESPECIFICACIONES DE LA BOMBA HIDRÁULICA



ANEXO 3

IMPRESIÓN DE BAQUELITA DEL CIRCUITO DE CONTROL



ANEXO 4

PROGRAMACIÓN ARDUINO

```
#include <LiquidCrystal.h>//INCLUYO LIBRERIA DEL LCD
LiquidCrystal lcd(12, 11, 10, 9, 8, 7);// DETERMINO PINES DEL LCD A
UTILIZAR
//DECLARO VARIABLES
const int ButtonEncendido = 2;
const int ButtonApagado = 3;
int EstadoEncendido = 0;
int EstadoApagado=0;
//INICIALIZO VARIABLES
void setup()
{
  pinMode(ButtonEncendido, INPUT);
  pinMode(ButtonApagado, INPUT);
  lcd.begin(16, 2);

  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0); lcd.print(" C O N T R O L ");
  lcd.setCursor(0, 1); lcd.print(" ELECTROVALVULA ");
  delay(1000);
//LAZO PRINCIPAL DEL PROGRAMA
void loop() {

  EstadoEncendido = digitalRead(ButtonEncendido);//VERIFICO EL
ESTADO DEL PIN DE ENTRADA
  EstadoApagado = digitalRead(ButtonApagado);//VERIFICO EL ESTADO
DEL PIN DE ENTRADA
```

```
if (EstadoEncendido == LOW) { //DETERMININO SI EL ESTADO ES BAJO  
PARA PRESENTAR UN MENSAJE EN EL LCD
```

```
    lcd.clear();  
    lcd.setCursor(0, 0); lcd.print(" ENCENDIDO ");  
    lcd.setCursor(0, 1); lcd.print(" BOBINA - A ");  
}
```

```
if (EstadoApagado == LOW) {  
    lcd.clear();  
    lcd.setCursor(0, 0); lcd.print("APAGADO ");  
    lcd.setCursor(0, 1); lcd.print(" BOBINA - B ");  
}  
}
```

ANEXO 5

MANUAL DE USO DEL BANCO DE PRUEBAS DIDÁCTICO DE UN SISTEMA DE FRENO HIDRÁULICO CON CONTROL ELECTRÓNICO PARA EL ESTACIONAMIENTO DE UN VEHÍCULO LIVIANO.



PASO 1

Colocar el conector del banco de pruebas a una fuente de 110V de corriente alterna y 20 Amperios.

PASO 2

Encender el arrancador o switch del motor eléctrico, al encender el motor se pondrá en marcha y producirá movimiento a la bomba para que exista presión de fluido hidráulico.

La perilla del arrancador se activara girándola a la derecha.



PASO 3

Verificación del mensaje de bienvenida del sistema de control en la pantalla LCD se debe mostrar control electroválvula.



PASO 4

En este paso presionando el pulsador derecho por 2 segundos hasta que se marque en la pantalla de control el mensaje encendido bobina A, en ese

momento el la válvula direccional envía presión de fluido a la mordaza y se activa el freno de parqueo.



PASO 5

Este paso es la desactivación del freno de parqueo, al presionar el pulsador izquierdo se libera la presión del actuador y deja de frenar el sistema en la pantalla LCD se mostrara el mensaje apagado bobina B.

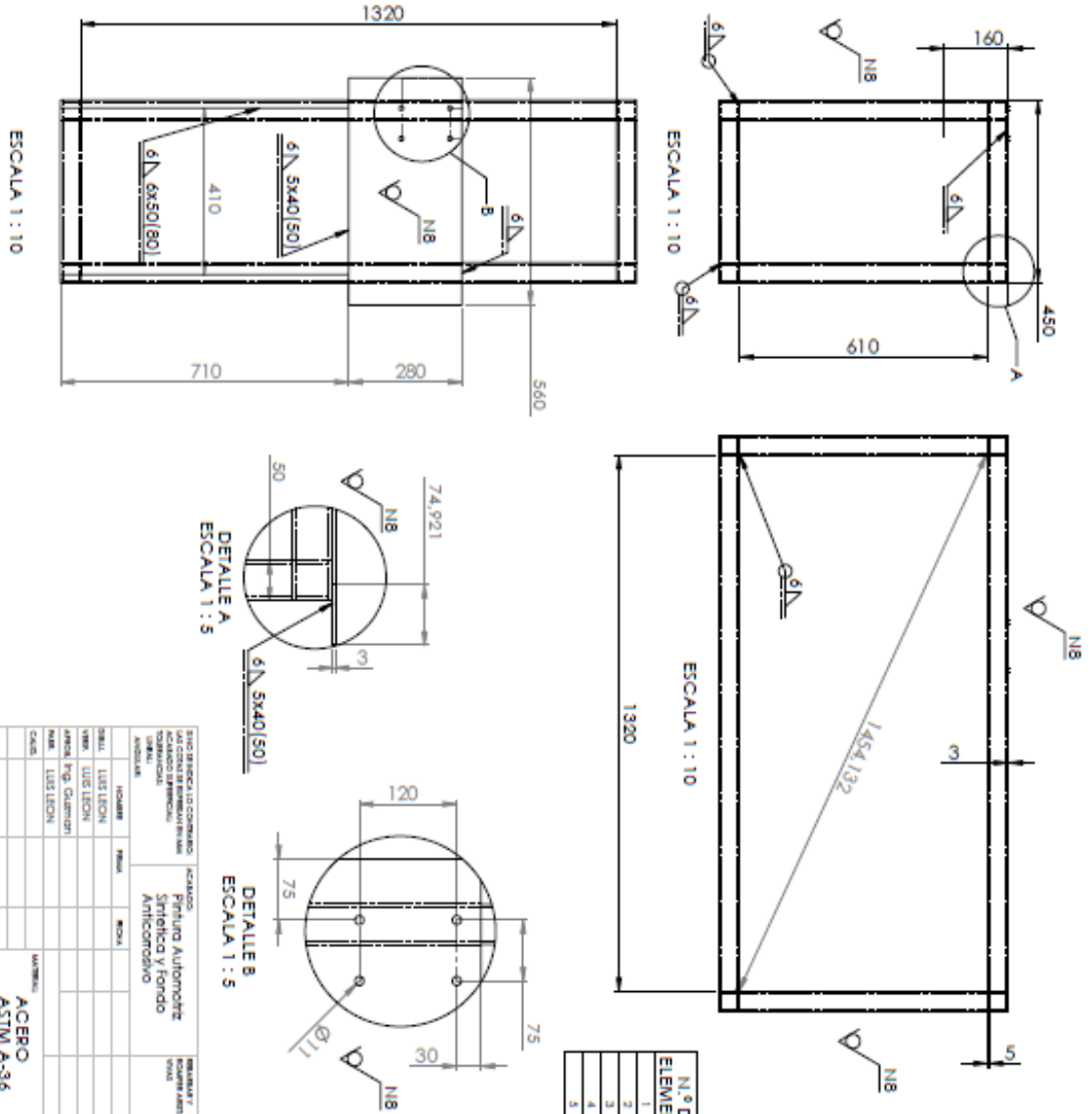


PASO 6

En este paso es el apagado del banco de pruebas didáctico, se debe girar el arrancador a lado izquierdo y de esa forma se apagara el motor eléctrico.

ANEXO 6

VISTAS DEL ENSAMBLAJE BASTIDOR

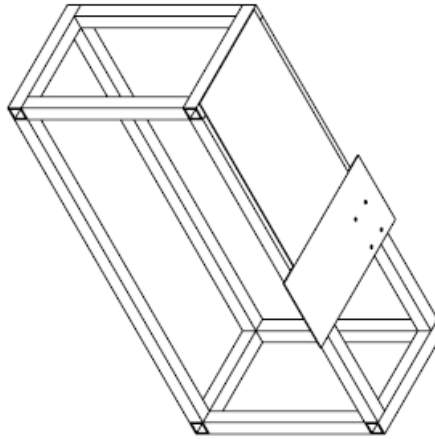


N° DE ELEMENTO	TAMAÑO DE SOLDADURA	SÍMBOLO	LONGITUD DE SOLDADURA	CANTIDAD
1	6	N	1720(180)3003	2
2	6	N	56(40)120(1200)	1
3	6	N	56(40)120(1200)	3
4	6	N	200	15
5	6	N	410	1

MATERIAL		ACABADO		REVISIÓN		UNIVERSIDAD	
LIBRE LISTA DE MATERIALES	LIBRE LISTA DE MATERIALES	LIBRE LISTA DE MATERIALES	LIBRE LISTA DE MATERIALES	LIBRE LISTA DE MATERIALES	LIBRE LISTA DE MATERIALES	LIBRE LISTA DE MATERIALES	LIBRE LISTA DE MATERIALES
ACERO	ACERO	ACERO	ACERO	ACERO	ACERO	ACERO	ACERO
ASTM A-96	ASTM A-96	ASTM A-96	ASTM A-96	ASTM A-96	ASTM A-96	ASTM A-96	ASTM A-96
ENSAMBLAJE	ENSAMBLAJE	ENSAMBLAJE	ENSAMBLAJE	ENSAMBLAJE	ENSAMBLAJE	ENSAMBLAJE	ENSAMBLAJE
ENSAMBLAJE - BASTIDOR	ENSAMBLAJE - BASTIDOR	ENSAMBLAJE - BASTIDOR	ENSAMBLAJE - BASTIDOR	ENSAMBLAJE - BASTIDOR	ENSAMBLAJE - BASTIDOR	ENSAMBLAJE - BASTIDOR	ENSAMBLAJE - BASTIDOR
A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3

ANEXO 8

ISOMETRIA ENSAMBLAJE BASTIDOR

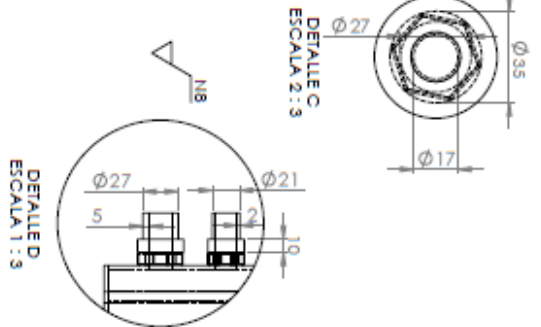
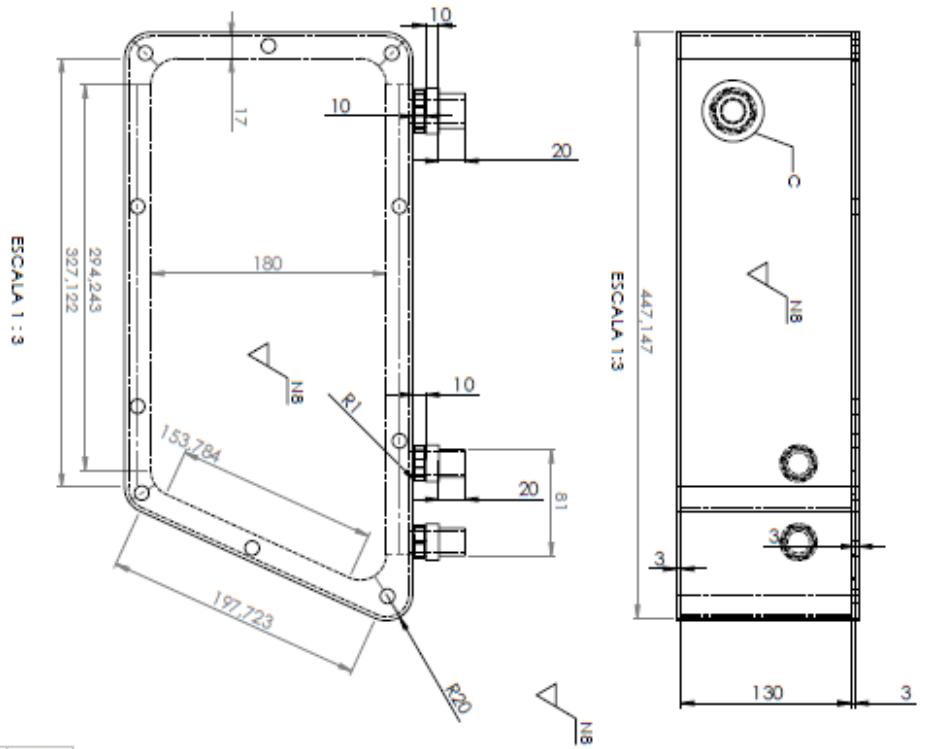


ESCALA 1 : 10

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL		ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ		INSTITUTO TECNOLÓGICO DE QUETZaltenango		CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ		ANEXO 8	
CATEDRÁTICO		CATEDRÁTICO		CATEDRÁTICO		CATEDRÁTICO		CATEDRÁTICO	
NOMBRE		NOMBRE		NOMBRE		NOMBRE		NOMBRE	
		Sintética y Fondo Anticorrosivo				Universidad Tecnológica Equinoccial		Isometría ensamble - Bastidor	
MATERIAL		ACERO		NORMA		Ensamble - Bastidor		A3	
ESTÁNDAR		ASTM A-36		ESCALA		1:10			
FECHA				FECHA					
DISEÑO				DISEÑO					
VERIFICADO				VERIFICADO					
APROBADO				APROBADO					
REVISADO				REVISADO					
DISEÑADO				DISEÑADO					
CALCULADO				CALCULADO					

ANEXO 9

VISTAS ENSAMBLAJE DEPÓSITO

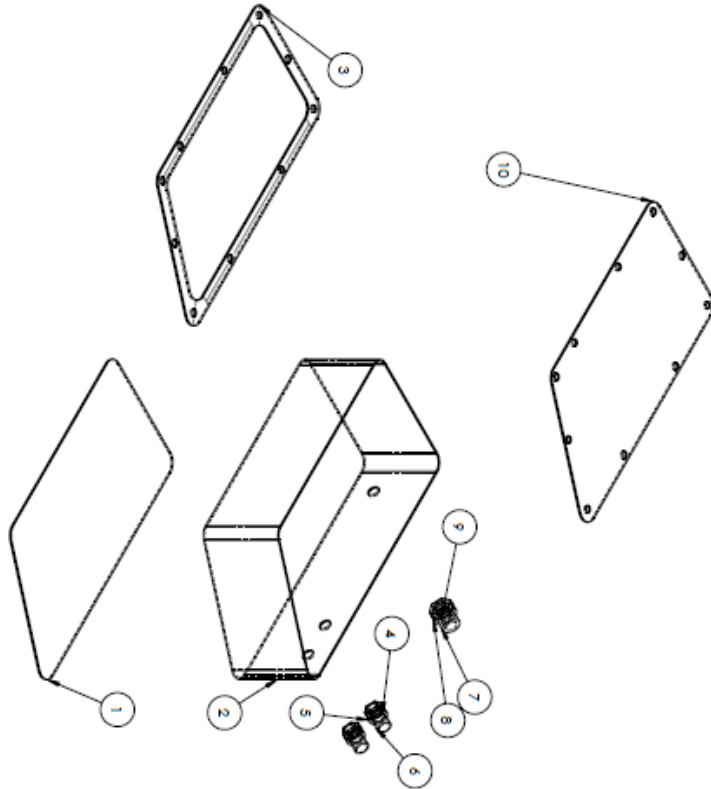


N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	BORNE	1
2	depósito	1
3	BORNE	1
4	TUERCA PEQUEÑA	2
5	RODELA PEQUEÑAS	2
6	PERNO PEQUEÑO	2
7	PERNO GRANDE	1
8	RODELA GRANDE	1
9	TUERCA GRANDE	1
10	TAPA	1

SIN OBERFLUCIO CONTINUO LAS CANTIDADES EN PARÉNTESIS SON NOMINALES TOLERANCIAS DECIMALES UNIDADES DE CADA UNIDAD			ACABADO Pintura Automática Simétrica y Fondo Anticorrosivo	MATERIALES ACERO ASTM A-36	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL Vistas ensamblaje - depósito	ANEXO 9
TALL LIBERLEON	DISEÑO LIBERLEON	REVISIÓN REVISIÓN	ESCALA ESCALA 1:3	MATERIAL ACERO ASTM A-36	TÍTULO Vistas ensamblaje - depósito	A3
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL			ESCALA ESCALA 1:3	MATERIAL ACERO ASTM A-36	TÍTULO Vistas ensamblaje - depósito	A3

ANEXO 10

DESPIECE ENSAMBLAJE DEPÓSITO

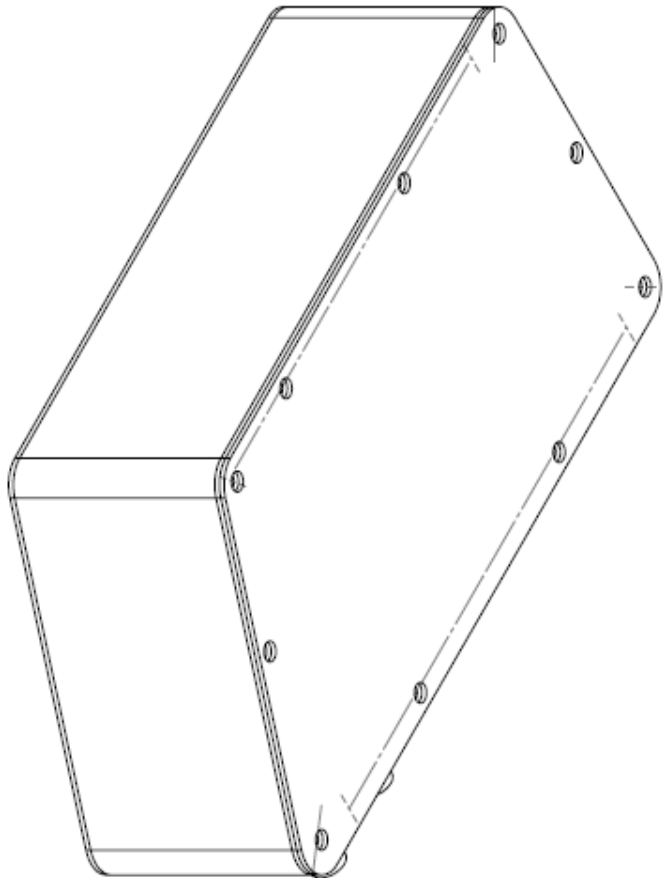


N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	bolsa	1
2	deposito	1
3	borde	1
4	TUERCA PEQUEÑA	2
5	RODELA PEQUEÑAS	2
6	PERNO PEQUEÑO	2
7	PERNO GRANDE	1
8	RODELA GRANDE	1
9	TUERCA GRANDE	1
10	TAPA	1

DEPTO DE CIENCIAS BÁSICAS LABORATORIO DE FÍSICA TUBERÍA DE FLUIDOS ASIGNATURA:				ICARANCO PÉRIODO AUTÓNOMO 2019-2020 ANTONIO		INGENIERÍA DE SISTEMAS EQUIPO		ALIENJO 10	
NOMBRE:				UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL				DESPIECE ENSAMBLAJE - DEPÓSITO	
GRUPO:				DESPIECE ENSAMBLAJE - DEPÓSITO				A3	
MATERIAL:				ACERO				ASTM A-36	
ESCALA:				REALIDAD				ESCALA 1:1	

ANEXO 11

ISOMETRÍA ENSAMBLAJE DEPÓSITO

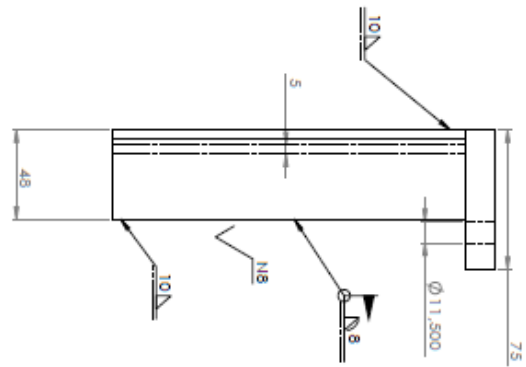
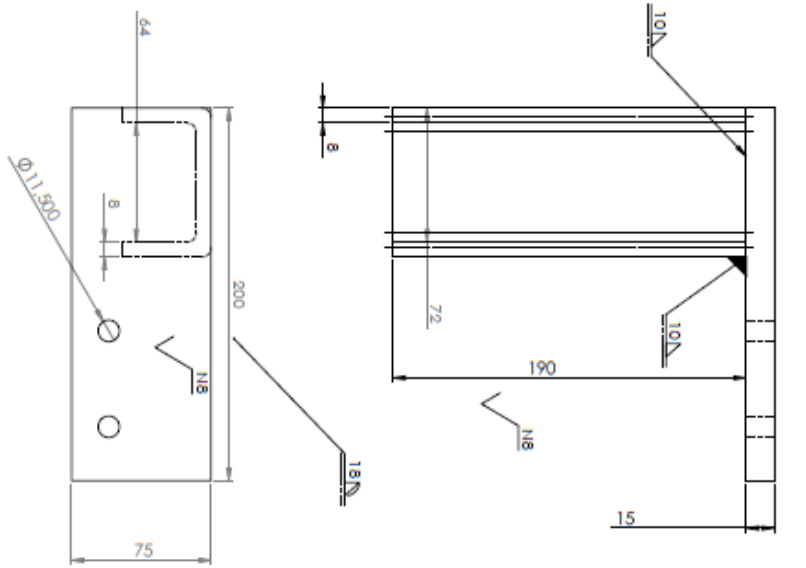


ESCALA 1 : 2

DISEÑO MECÁNICO Y CONSTRUCCIÓN UNO CON UNO EN UNO EN UNO TECNOLÓGICA		ICAJALCO Prfuna Automotriz Sintética y Fondo Anticorrosivo		INGENIERÍA T. INGENIERÍA ASISTENTE CIVIL		INGENIERÍA ASISTENTE ANEXO 11	
TÍTULO ISOMETRÍA	LOCALIDAD ICAJALCO	REGIÓN MICHOACÁN	MATERIAL ACERO ASTM A-36	FECHA 1981	NOMBRE DEL ENSAMBLAJE - depósito	ESCALA ESCALA 1:2	A3
MATERIAL ACERO ASTM A-36	FECHA 1981	TÍTULO Isometría ensamblaje - depósito		NOMBRE DEL ENSAMBLAJE - depósito		ESCALA ESCALA 1:2	A3

ANEXO 12

VISTAS ENSAMBLAJE TORRE

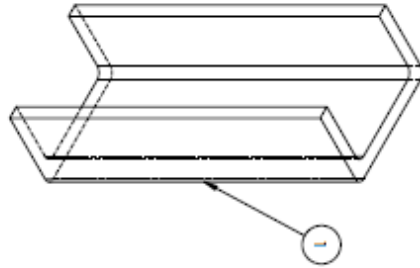
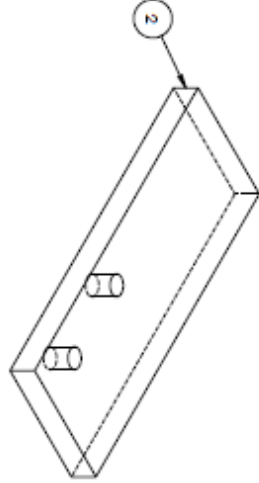


N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CAANTIDAD
1	perfil correa	PERFIL O CANAL A-36	1
2	plancha de base	Tratamiento térmico	1

SINO SE ESPECIFICA LO CONTRARIO, LAS COORDENADAS SE ENTENDERÁN EN MILÍMETROS		ICARSAO		INSTRUMENTACIÓN		ANEXO 12	
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL		Pantalla Automotriz Sintética y Fondo Anticorrosivo		Módulo de Análisis de Datos		Módulo de Análisis de Datos	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
01	LISTA LECHE						
02	LISTA LECHE						
03	LISTA LECHE						
04	LISTA LECHE						
05	LISTA LECHE						
06	LISTA LECHE						
07	LISTA LECHE						
08	LISTA LECHE						
09	LISTA LECHE						
10	LISTA LECHE						
11	LISTA LECHE						
12	LISTA LECHE						
13	LISTA LECHE						
14	LISTA LECHE						
15	LISTA LECHE						
16	LISTA LECHE						
17	LISTA LECHE						
18	LISTA LECHE						
19	LISTA LECHE						
20	LISTA LECHE						
21	LISTA LECHE						
22	LISTA LECHE						
23	LISTA LECHE						
24	LISTA LECHE						
25	LISTA LECHE						
26	LISTA LECHE						
27	LISTA LECHE						
28	LISTA LECHE						
29	LISTA LECHE						
30	LISTA LECHE						
31	LISTA LECHE						
32	LISTA LECHE						
33	LISTA LECHE						
34	LISTA LECHE						
35	LISTA LECHE						
36	LISTA LECHE						
37	LISTA LECHE						
38	LISTA LECHE						
39	LISTA LECHE						
40	LISTA LECHE						
41	LISTA LECHE						
42	LISTA LECHE						
43	LISTA LECHE						
44	LISTA LECHE						
45	LISTA LECHE						
46	LISTA LECHE						
47	LISTA LECHE						
48	LISTA LECHE						
49	LISTA LECHE						
50	LISTA LECHE						
51	LISTA LECHE						
52	LISTA LECHE						
53	LISTA LECHE						
54	LISTA LECHE						
55	LISTA LECHE						
56	LISTA LECHE						
57	LISTA LECHE						
58	LISTA LECHE						
59	LISTA LECHE						
60	LISTA LECHE						
61	LISTA LECHE						
62	LISTA LECHE						
63	LISTA LECHE						
64	LISTA LECHE						
65	LISTA LECHE						
66	LISTA LECHE						
67	LISTA LECHE						
68	LISTA LECHE						
69	LISTA LECHE						
70	LISTA LECHE						
71	LISTA LECHE						
72	LISTA LECHE						
73	LISTA LECHE						
74	LISTA LECHE						
75	LISTA LECHE						
76	LISTA LECHE						
77	LISTA LECHE						
78	LISTA LECHE						
79	LISTA LECHE						
80	LISTA LECHE						
81	LISTA LECHE						
82	LISTA LECHE						
83	LISTA LECHE						
84	LISTA LECHE						
85	LISTA LECHE						
86	LISTA LECHE						
87	LISTA LECHE						
88	LISTA LECHE						
89	LISTA LECHE						
90	LISTA LECHE						
91	LISTA LECHE						
92	LISTA LECHE						
93	LISTA LECHE						
94	LISTA LECHE						
95	LISTA LECHE						
96	LISTA LECHE						
97	LISTA LECHE						
98	LISTA LECHE						
99	LISTA LECHE						
100	LISTA LECHE						

ANEXO 13

DESPIECE ENSAMBLAJE TORRE

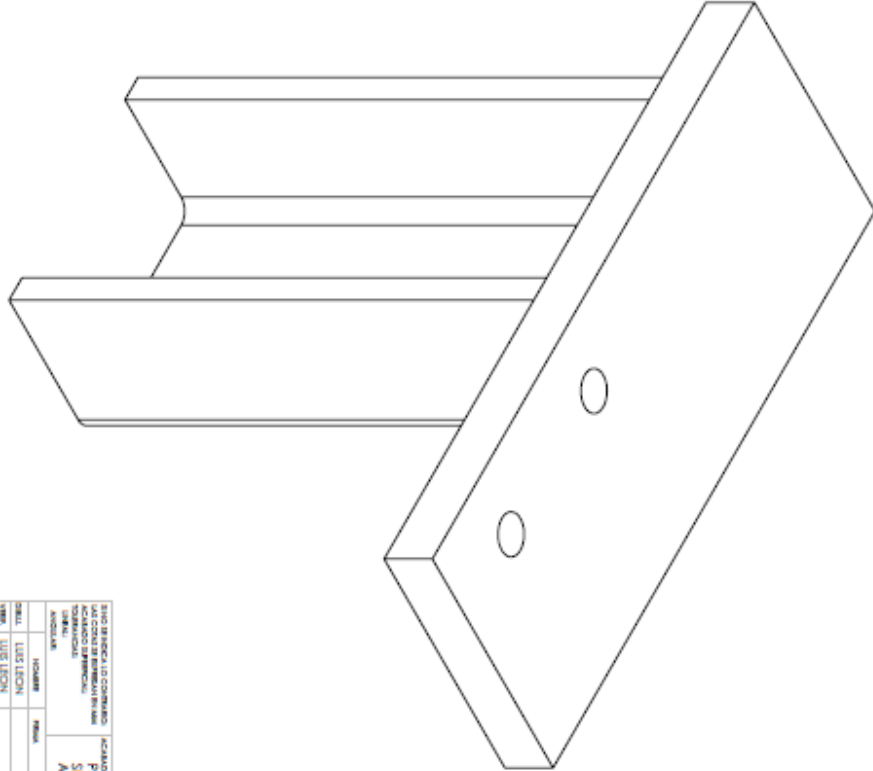


N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	perfil corte	ASTM A-36	1
2	plancha de base	ASTM A-36	1

PLANO DE PROYECTO		PROYECTO		INSTITUCIÓN		ANEXO	
PROYECTO	PROYECTO	PROYECTO	PROYECTO	PROYECTO	PROYECTO	PROYECTO	PROYECTO
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL
DESPIECE ENSAMBLAJE TORRE	DESPIECE ENSAMBLAJE TORRE	DESPIECE ENSAMBLAJE TORRE	DESPIECE ENSAMBLAJE TORRE	DESPIECE ENSAMBLAJE TORRE	DESPIECE ENSAMBLAJE TORRE	DESPIECE ENSAMBLAJE TORRE	DESPIECE ENSAMBLAJE TORRE
ACERO ASTM A-36	ACERO ASTM A-36	ACERO ASTM A-36	ACERO ASTM A-36	ACERO ASTM A-36	ACERO ASTM A-36	ACERO ASTM A-36	ACERO ASTM A-36

ANEXO 14

ISOMETRIA ENSAMBLAJE TORRE

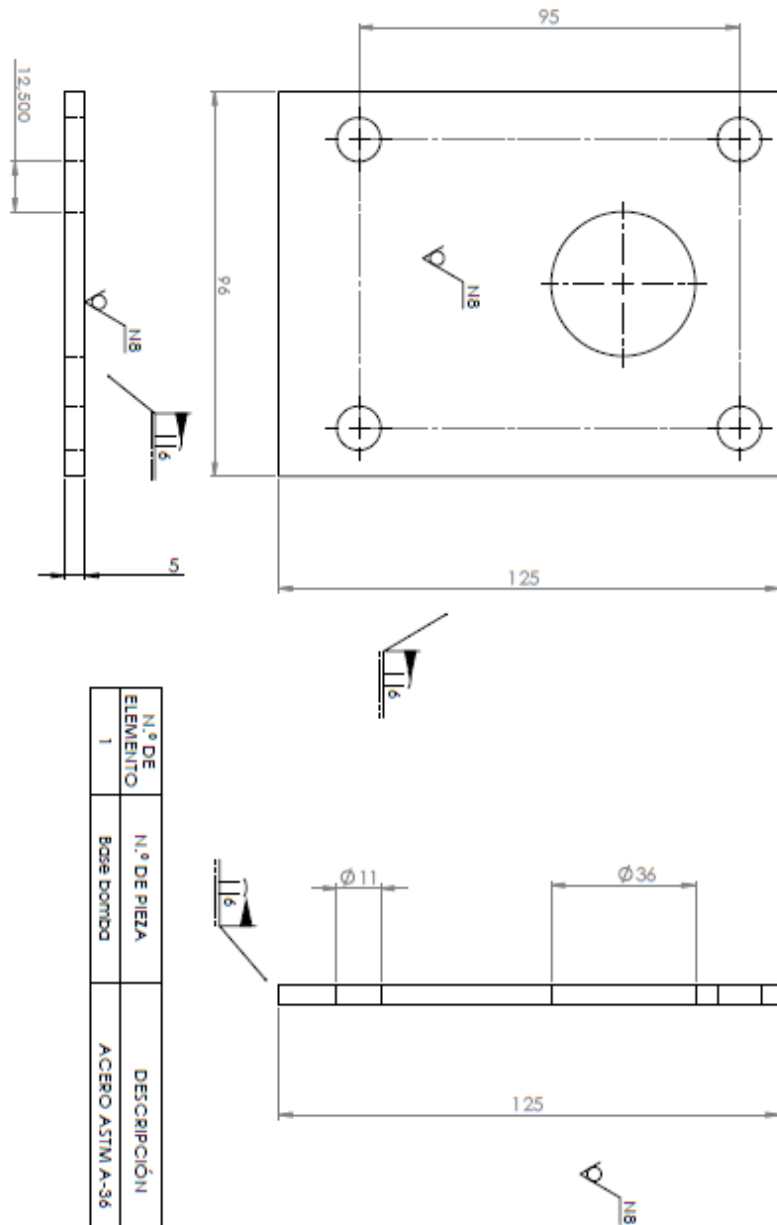


ESCALA 1 : 1

DISEÑO DE MECANISMO DISEÑO DE ENSAMBLAJE DISEÑO DE DISEÑO DE DISEÑO DE		ICAJALCO Purlina Automotriz Sintética y Fondo Anticorrosivo	MATERIAL ACERO ASTM A-36	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE TAMPICO INGENIERÍA AUTOMOTRIZ	ANEXO 14
DISEÑO DE DISEÑO DE DISEÑO DE DISEÑO DE DISEÑO DE	DISEÑO DE DISEÑO DE DISEÑO DE DISEÑO DE DISEÑO DE	DISEÑO DE DISEÑO DE DISEÑO DE DISEÑO DE DISEÑO DE	DISEÑO DE DISEÑO DE DISEÑO DE DISEÑO DE DISEÑO DE	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE TAMPICO INGENIERÍA AUTOMOTRIZ	ANEXO 14
Isometría ensamblaje - torre				UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE TAMPICO INGENIERÍA AUTOMOTRIZ	ANEXO 14
Ensamblaje - torre				UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE TAMPICO INGENIERÍA AUTOMOTRIZ	ANEXO 14
A3				UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE TAMPICO INGENIERÍA AUTOMOTRIZ	ANEXO 14

ANEXO 15

VISTAS DE LA BASE DE LA BOMBA

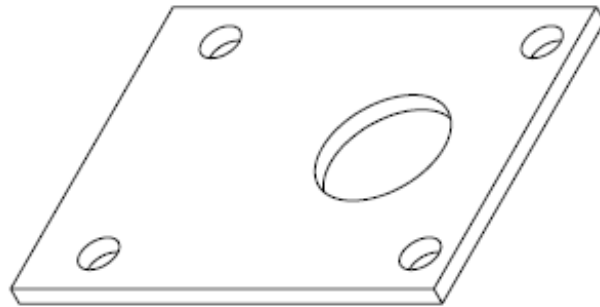


N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Base Bomba	ACERO ASTM A-36	1

UNIV. TECNOL. DEL COMERCIO ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE INGENIERÍA		FACULTAD Prefectura Autónoma Sufiñica y Fondo Anticondroso		NOMBRE Y CARGO ANEXO 15	
DISEÑO LUIS LEÓN	CALIFICACIÓN LUIS LEÓN	REVISIÓN LUIS LEÓN	MATERIAL ACERO ASTM A-36	TÍTULO Vistas de la base - Bomba	
CADENAS				N.º DE DISEÑO Base de la Bomba	A3
FECHA				ESCALA 1:1	HOJA 1 DE 1

ANEXO 16

ISOMETRÍA DE LA BASE BOMBA



TÍTULO DE PROYECTO UNIDAD DE SERVICIOS TECNOLÓGICOS CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN MATERIALES ACERDO SERRAVALLO CARRILLO ANGELES		NOMBRE DEL PROYECTO Prueba Automotriz Sintética y fondo Anticorrosivo		MATERIAL ACERO ASTM A-36		NOMBRE DEL INSTITUTO Universidad Tecnológica Equinoccial		ANEXO 16	
MATERIAL ACERO ASTM A-36	MATERIAL ACERO ASTM A-36	MATERIAL ACERO ASTM A-36	MATERIAL ACERO ASTM A-36	MATERIAL ACERO ASTM A-36	MATERIAL ACERO ASTM A-36	MATERIAL ACERO ASTM A-36	MATERIAL ACERO ASTM A-36	MATERIAL ACERO ASTM A-36	MATERIAL ACERO ASTM A-36
DESCRIPCIÓN DEL OBJETO Isometría de la base - bomba						ESCALA A3			