

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

Facultad de Ingeniería Automotriz

TESIS DE GRADO PARA LA OBTENCION DEL TITULO DE
INGENIERO EN MECANICA AUTOMOTRIZ

“Diseño y construcción de un banco de pruebas de cajas de dirección hidráulicas”

Diego Francisco Redín Quito

Director: Ing. Miguel Granja

2013

Quito, Ecuador

CERTIFICACIÓN Y ACUERDO DE CONFIDENCIALIDAD

Yo, Diego Francisco Redín Quito, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.

Firma del graduado

Diego Francisco Redín Quito

CI: 172002473-4

CERTIFICACIÓN Y ACUERDO DE CONFIDENCIALIDAD

Yo Miguel Granja, certifico que conozco al autor del presente trabajo siendo el responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.

Firma del Director Técnico de Trabajo de Grado

Ing. Miguel Granja

Director

DEDICATORIA

Con mucho amor dedico:

A mis padres, hermanos y amigos cercanos

El presente trabajo representa el sacrificio, esfuerzo y ayuda desinteresada hacia mi, por parte de mis seres más queridos y amados, apoyándome incondicionalmente en cada decisión que he tomado, siempre enfocándome en ser cada día, mejor persona, siguiendo los principios y valores que mis padres me han enseñado, para de esta manera ser un hombre de bien y digno de representar a mi familia y Patria, honrándoles con amor y gratitud toda la vida.

AGRADECIMIENTO

A Dios, que siempre esta a mi lado, a la Universidad Internacional del Ecuador, noble institución que me abrió las puertas para seguir mis estudios y me brindó la oportunidad de alcanzar y llegar a otro nivel, a mis maestros quienes inculcaron en mi valores, conocimientos que servirán en mi vida profesional.

Al Ingeniero Miguel Granja quien me ayudó en el desarrollo de este proyecto, a todos mis amigos y compañeros de Ingeniería Mecánica Automotriz, quienes fueron mi segunda familia y estuvieron junto a mi en todo momento y a todas las personas que hicieron posible que culmine mis estudios con éxito.

Gracias a todos por ser parte de mi vida y compartir junto a mí, momentos inolvidables en todos estos años de carrera universitaria.

Muchas Gracias de todo corazón.

ÍNDICE GENERAL

Página:

Planteamiento del problema.....	1
Formulación del problema.....	1
Sistematización del problema.....	2
Objetivos de la investigación.....	3
Objetivo general.....	3
Objetivos específicos.....	3
Justificación y delimitación de la investigación.....	3
Justificación practica.....	3
Justificación geográfica.....	4

<u>CAPÍTULO 1</u>	5
1. Definiciones.....	5
1.1 Banco de pruebas.....	5
1.2 Dirección.....	6
1.3 Hidráulica.....	8
1.3.1 Principios físicos en la hidráulica.....	10
1.3.1.1 Principio de Pascal.....	10
1.3.1.2 Principio de Bernoulli.....	12
1.4 Dirección hidráulica	14
1.5 Presión.....	14
1.6 Bomba hidráulica.....	15
1.7 Poleas.....	16
1.8 Cañerías.....	17
1.9 Manómetros.....	19

<u>CAPÍTULO 2</u>	20
2. Sistema de Dirección	20
2.1 Geometría de dirección	20
2.2 Mecanismos de mando de la dirección	23
2.3 Partes del sistema de dirección	27
2.3.1 Volante.....	27
2.3.1.1 Volante ajustable	28
2.3.1.2 Bloqueo del volante.....	28
2.3.2 Columna de dirección	29
2.3.3 Caja de engranajes.....	30
2.3.4 Varillajes de mando de dirección	30
2.3.5 Eje delantero (Geometría)	31
2.3.6 Pivotes.....	32
2.3.7 Manguetas	32
2.3.8 Rotulas	32
2.4 Servodirección	34

<u>CAPÍTULO 3</u>	35
3. Análisis de los sistemas de dirección más usados en los automóviles.....	35
3.1 Caja mecánica de cremallera.....	35
3.1.1 Pates del sistema.....	36
3.1.2 Funcionamiento.....	37
3.2 Caja hidráulica de cremallera.....	39
3.2.1 Partes.....	41
3.2.2 Funcionamiento.....	41
3.2.3 Funcionamiento según posición del volante.....	43
3.2.4 Fases de funcionamiento del regulador.....	45
3.2.5 Ventajas de los sistemas de direcciones asistidas.....	46
3.2.6 Diagnostico de averías del sistema de dirección.....	47
3.2.7 Averías en el sistema de dirección hidráulica.....	54
3.2.8 Verificación y control de las direcciones asistidas.....	57
3.2.8.1 Bomba de asistencia y regulador.....	58
3.2.8.2 Válvula rotativa de control y gato hidráulico.....	59
3.2.8.3 Alineación de ruedas.....	60

CAPÍTULO 4.....62

4. Diseño y construcción del banco de pruebas de cajas de dirección
hidráulica.....62

4.1 Estructura de soporte.....62

4.1.1 Material.....63

4.1.1.1 Tabla de características de los materiales a ser
considerados.....63

4.1.1.2 Análisis de los materiales.....64

4.1.1.3 Cálculos del acero.....66

4.1.2 Diseño y medidas de la estructura.....72

4.1.3 Gráficos del diseño de la estructura.....73

4.1.4 Pintura76

4.2 Manómetros, reductores de paso e indicadores de temperatura.....77

4.2.1 Manómetro de presión.....78

4.2.2 Reductores de flujo.....79

4.2.3 Indicadores de temperatura.....80

4.3 Acoples y Mangueras.....81

4.3.1 Tipos de acoples.....82

4.3.2 Tipos de mangueras.....83

4.3.3 Tablas de pérdidas por fricción en mangueras y
codos..... 85

4.3.3.1 Tabla de perdidas hidráulicas en mangueras...85

4.3.3.2 Tabla mangueras hidráulicas medidas.....86

4.3.3.3	Tabla coeficiente de pérdidas por la forma de codos.....	87
4.3.3.4	Tabla de longitud y factor de fricción en codos..	88
4.3.3.5	Tabla de diámetros y factor de fricción.....	89
4.3.3.6	Características de las mangueras en utilizarse.	89
4.3.4	Cálculos hidráulicos.....	90
4.3.4.1	Calculo de la presión y fuerza de la bomba de dirección hidráulica.....	91
4.3.4.2	Calculo del caudal por cantidad de líquido hidráulico.....	91
4.3.4.3	Calculo del volumen entregado por manguera.....	92
4.4	Bomba de dirección hidráulica.....	92
4.4.1	Relaciones de transmisión de la caja de dirección hidráulica.....	93
4.4.2	Calculo de relación de transmisión.....	95
4.4.3	Calculo del diámetro de la polea de la bomba de dirección hidráulica.....	96
4.5	Ensamblaje de todos los componentes del banco de pruebas.....	97
4.5.1	Construcción de la estructura principal del banco de pruebas.....	97
4.5.2	Ubicación y ensamblaje del depósito de líquido hidráulico.....	101

4.5.3	Ubicación y ensamblaje de la bomba de dirección hidráulica.....	103
4.5.4	Ubicación y ensamblaje del motor eléctrico.....	104
4.5.5	Ubicación y ensamblaje de los manómetros de presión e indicadores de temperatura de aceite hidráulico.....	106
4.5.6	Ubicación y ensamblaje de los soportes regulables para las cajas de dirección hidráulica a probarse.....	108
4.5.7	Ubicación y ensamblaje del canal recolector de aceite del tablero.....	111
4.5.8	Pintura definitiva de la estructura del banco de pruebas	115
4.5.9	Ubicación y ensamblaje de los reductores de flujo.....	116
4.5.10	Ubicación y ensamblaje del interruptor principal del banco de pruebas.....	118
4.5.11	Ubicación y ensamblaje de mangueras y trompos de temperatura - presión.....	120
4.5.12	Ubicación y ensamblaje de las poleas.....	122
4.5.13	Ubicación e instalación de todo el sistema eléctrico del banco de pruebas de cajas de dirección hidráulica.....	123
4.5.14	Ubicación de señaléticas en todo el banco de pruebas de cajas de dirección hidráulicas.....	128

<u>CAPÍTULO 5</u>	132
5. Simulación de fallas y pruebas de funcionamiento del banco de pruebas de cajas de dirección hidráulicas.....	132
5.1 Prueba de encendido y apagado del banco de pruebas.....	133
5.2 Prueba de funcionamiento de la bomba de dirección hidráulica.....	135
5.3 Prueba de funcionamiento de los manómetros e indicadores	137
5.4 Simulación de fallas en un sistema de dirección hidráulica.....	141
5.4.1 Simulación de obstrucción en la línea de retorno del sistema hidráulico.....	142
5.4.2 Simulación de obstrucción en la línea de alimentación del sistema hidráulico.....	148
5.4.3 Simulación de intercambio de mangueras entre las líneas de alimentación y retorno hacia la caja de dirección hidráulica.....	151
Anexo 1.....	155
Manual de operación y mantenimiento del banco de pruebas de cajas de dirección hidráulicas.....	155
Conclusiones.....	165
Recomendaciones.....	167
Bibliografía.....	169
Glosario.....	170

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura; 1.1 Esquema caja de dirección hidráulica.....	6
Figura; 1.2 Manómetro de presión de aceite.....	15
Figura; 1.3 Tornillo de Arquímedes.....	16
Figura; 1.4 Polea de uso industrial.....	17
Figura; 1.5 Manguera de caucho.....	18
Figura; 2.1 Tornillo sinfín.....	25
Figura; 2.2 Volante.....	27
Figura; 2.3 Conjunto de suspensión delantera.....	33
Figura; 3.1 Esquema caja mecánica de cremallera.....	35
Figura; 3.2 Esquema caja hidráulica de cremallera.....	40
Figura; 3.3 Caja de dirección hidráulica.....	57
Figura; 3.4 Alineación de ruedas.....	61

Figura; 4.1 Estructura guía para el banco de pruebas.....	72
Figura; 4.2 Pilares de la estructura.....	73
Figura; 4.3 Templador de los pilares.....	74
Figura; 4.4 bases de la estructura.....	74
Figura; 4.5 Mesa de trabajo.....	74
Figura; 4.6 Ensamblaje de la estructura.....	75
Figura; 4.7 Estructura armada vista # 1.....	75
Figura; 4.8 Estructura armada vista # 2.....	75
Figura; 4.9 Vista frontal y lateral de la estructura.....	76
Figura; 4.10 Pintura esmalte.....	77
Figura; 4.11 Manómetro presión de aceite.....	79
Figura; 4.12 Reductores de flujo.....	80
Figura; 4.13 Indicador de temperatura de aceite.....	81
Figura; 4.14 Acoples de cobre.....	83
Figura; 4.15 Mangueras de caucho.....	84
Figura; 4.16 Bomba de dirección hidráulica.....	93
Figura; 4.17 Poleas.....	94

Figura; 4.18 Pilares de la estructura.....	97
Figura; 4.19 Suelda de pilares y templador de la estructura.....	98
Figura; 4.20 Bases de la estructura.....	98
Figura; 4.21 Ensamble de la mesa de trabajo.....	99
Figura; 4.22 Suelda de los pilares a las bases de la estructura.....	99
Figura; 4.23 Cordón de suelda en uniones.....	100
Figura; 4.24 Estructura armada y soldada.....	100
Figura; 4.25 Pintura con anticorrosivo a la estructura.....	101
Figura; 4.26 Deposito de líquido hidráulico.....	101
Figura; 4.27 Ubicación del depósito de líquido hidráulico.....	102
Figura; 4.28 Ubicación de la bomba de dirección hidráulica.....	103
Figura; 4.29 Ubicación de motor eléctrico.....	105
Figura; 4.30 Marcas de ubicación para los manómetros e indicadores.....	106
Figura; 4.31 Perforaciones para la ubicación de los manómetros e indicadores.....	107
Figura; 4.32 Manómetros e indicadores instalados.....	107
Figura; 4.33 Marcas de corte para la ubicación de soportes regulables.....	108
Figura; 4.34 Perforaciones para los soportes regulables.....	109

Figura; 4.35 Soportes de caja de dirección hidráulica.....	109
Figura; 4.36 Instalación de los soportes de caja de dirección hidráulica.....	110
Figura; 4.37 Caja de dirección hidráulica montada en el banco de pruebas.....	111
Figura; 4.38 Canal recolector de aceite.....	112
Figura; 4.39 Desfogue del canal recolector.....	113
Figura; 4.40 Ubicación del depósito recuperador de aceite.....	113
Figura; 4.41 Deposito recolector de aceite listo.....	114
Figura; 4.42 Pintura de la estructura del banco de pruebas.....	115
Figura; 4.43 Reductor de flujo.....	116
Figura; 4.44 Perforaciones de fijación para los reductores de flujo.....	117
Figura; 4.45 Reductor de flujo instalado.....	117
Figura; 4.46 Reductores de flujo instalados.....	118
Figura; 4.47 Interruptor de encendido y apagado del banco de pruebas.....	119
Figura; 4.48 Ubicación del interruptor.....	119
Figura; 4.49 Ubicación de trompos de temperatura y presión.....	120
Figura; 4.50 Trompo de presión de aceite.....	121
Figura; 4.51 Conexión de mangueras.....	121

Figura; 4.52 Ubicación de poleas y banda	122
Figura; 4.53 Ubicación de poleas y banda (Invertidas).....	123
Figura; 4.54 Conexión eléctrica al interruptor.....	124
Figura; 4.55 Transformador de corriente AC – DC.....	124
Figura; 4.56 Conexión de positivo y negativo de los manómetros, indicadores...	125
Figura; 4.57 Conexión del cable de señal de los manómetros e indicadores.....	126
Figura;4.58 Conexión del cable de señal a los trompos.....	127
Figura; 4.59 Conexión del transformador de corriente.....	127
Figura; 4.60 Instalación de señaléticas del banco de pruebas.....	129
Figura; 4.61 Ubicación de la bandeja porta herramientas.....	130
Figura; 4.62 Volante de accionamiento de cajas de dirección hidráulica.....	130
Figura; 5.1 Encendido y apagado del transformador de corriente.....	133
Figura; 5.2 Manómetros e indicadores encendidos y apagados.....	134
Figura; 5.3 Posiciones del interruptor.....	134
Figura; 5.4 Motor eléctrico apagado y en marcha.....	135
Figura; 5.5 Pernos prisioneros de las poleas.....	136

Figura; 5.6 Poleas y banda asegurada.....	136
Figura; 5.7 Manómetro de presión de aceite línea # 1 funcionamiento normal (130 PSI).....	138
Figura; 5.8 Manómetro de presión de aceite línea # 1 movimiento forzado (150 – 170).....	139
Figura; 5.9 Manómetro de presión de aceite línea # 2 (Retorno).....	139
Figura 5.10 Temperatura de aceite línea # 1 (0 – 40 C°).....	140
Figura; 5.11 Temperatura de aceite línea # 2 (0 – 40 C°).....	140
Figura; 5.12 Reductor de flujo roto.....	142
Figura; 5.13 Reductor de flujo metálico.....	143
Figura; 5.14 Reductores de flujo instalados.....	144
Figura; 5.15 Reductor de flujo línea de alimentación (100%) Línea de retorno (20%).....	145
Figura; 5.16 Manguera línea de alimentación inflada.....	145
Figura; 5.17 Menor recorrido de la cremallera de dirección.....	146
Figura; 5.18 Valores de temperatura de aceite.....	146
Figura; 5.19 Valores de presión de aceite.....	147

Figura; 5.20 Reductores de flujo línea de alimentación (20%)	
Línea de retorno (100%).....	148
Figura; 5.21 Valores de presión de aceite línea # 1 y 2.....	149
Figura; 5.22 valores de temperatura línea # 1 y 2.....	150
Figura; 5.23 Intercambio de líneas (alimentación por retorno).....	151
Figura; 5.24 Valores de presión de aceite línea # 1 y 2.....	152
Figura; 5.25 Reductores de flujo, alimenta ion y retorno (20%)	
Reductores de flujo, alimentación y retorno (100%).....	153
Figura; 5.26 Valores de temperatura línea # 1 y 2.....	153

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1 Tabla de características de los materiales a ser considerados.....	63
Tabla 4.2 Tabla composición química del acero máximo porcentaje.....	68
Tabla 4.3 Tabla de perdidas hidráulicas en mangueras.....	85
Tabla 4.4 Tabla mangueras hidráulicas medidas.....	86
Tabla 4.5 Tabla de coeficiente de pérdidas por la forma de codos.....	87
Tabla 4.6 Tabla de longitud y factor de fricción en codos.....	88
Tabla 4.7 Tabla de diámetros y factor de fricción.....	89

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRÁFICO DE TESIS

FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

ESCUELA DE MECÁNICA AUTOMOTRIZ

TÍTULO: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE CAJAS DE DIRECCIÓN HIDRÁULICAS

AUTOR: Diego Francisco Redin Quito

DIRECTOR: Ing. Miguel Granja

ENTIDAD QUE AUSPICIO LA TESIS:

FINANCIAMIENTO: SI: NO: X PREGRADO: POSGRADO:

FECHA DE ENTREGA DE TESIS:

Día: **Mes:** **Año:**

GRADO ACADÉMICO OBTENIDO:

No. Págs. 197 **No. Ref. Bibliográfica.** 7 **No. Anexos.** 2 **No. Figuras.** 107

RESUMEN:

La presente tesis está orientada y desarrollada a partir de una gran necesidad que surgió en un taller automotriz, donde se presentaron varios inconvenientes al momento de reparar, probar e instalar cajas de dirección hidráulicas, teniendo

problemas frecuentes tales como fugas de líquido hidráulico, pérdidas de presión en el sistema, mal funcionamiento de la cremallera, obstrucción de líquido hidráulico, estos problemas generaban pérdida de dinero, pérdida de materiales, y la más importante pérdida de tiempo, ya que al presentarse estos problemas la única forma de probar y encontrar la falla era armando y desarmando del vehículo, a partir de estos problemas surge la necesidad de diseñar y construir un banco de pruebas de cajas de dirección hidráulicas, para de esta manera poder minimizar los costos, y el tiempo de trabajo al momento de dar mantenimiento, reparar o probar estas cajas.

El trabajo que a continuación se desarrolla contiene información completa de los inicios de los sistemas de dirección, la evolución que han desarrollado, ventajas y desventajas de cada uno de los tipos de sistemas de dirección, llegando así a conocer como llego la creación del sistema de cajas de dirección hidráulicas y de esta manera profundizar en el contenido de información de este sistema, para poder diseñar y construir el banco de pruebas de cajas de dirección hidráulicas, el cual va poder simular un sistema completo de dirección para de esta manera poder probar y encontrar la o las fallas que presenten las cajas de dirección hidráulicas que requieran mantenimiento, reparación o prueba.

Además el trabajo que se presenta a continuación, contendrá el paso a paso del diseño y construcción del banco de pruebas de cajas de dirección hidráulicas, además de la información e instalación de todos los componentes que se emplearan en el proyecto como, manómetros, acoples, mangueras, etc.

El siguiente trabajo presentara información de pruebas realizadas con el banco de

pruebas, para de esta manera generar un banco de datos, que ayudaran a las futuras pruebas que realice el banco de pruebas.

El presente trabajo contiene varios temas que conforman todo el conjunto del sistema de dirección, cajas de dirección, partes, funcionamientos, fallas, reparaciones y principios básicos que permitirán comprender el desarrollo de mi tesis, se van a desarrollar uno a uno, para que de esta manera sea más fácil comprender y entender la construcción del banco de pruebas de cajas de dirección hidráulicas, es necesario conocer todos los componentes que interactúan junto con la caja de dirección hidráulica en un sistema de dirección para poder calcular todos los esfuerzos, fuerzas, y presiones que vamos a requerir implementar en el diseño del banco de pruebas, comenzare con el tema más importante del sistema de dirección hidráulico

PALABRAS CLAVES: Hidráulica, Dirección, Bomba de dirección hidráulica, Caja de dirección hidráulica.

MATERIA PRINCIPAL: Hidráulica.

MATERIA SECUNDARIA: Física Aplicada.

TRADUCCIÓN AL INGLES

TITLE: DESIGN AND CONSTRUCTION OF A TESTING BENCH OF HYDRAULIC STEERING SYSTEMS

ABSTRACT: This thesis is focused and developed from which arose a great need in an auto shop, where there were several drawbacks to the time of repair, test and install hydraulic steering systems, having frequent problems such as hydraulic fluid leaks, losses pressure in the system, malfunctioning of the rack, hydraulic fluid blockage these problems generated money loss, loss of material, and more importantly loss of time, because these problems by presenting the only way to try and find the fault was arming and disarming the vehicle from these problems there is a need to design and build a testing bench of hydraulic steering systems, and in this way to minimize costs and work time to time to maintain, repair or try these systems.

The work then develops contains full information on the beginnings of steering systems, the evolution they have developed, advantages and disadvantages of each of the types of steering systems, thus reaching as I get to know the system creation hydraulic steering systems and thus deepen the information content of this system, in order to design and build the testing bench rig hydraulic steering systems, which will be able to simulate a complete system to address this way to try and find faults or having the hydraulic steering systems that require

maintenance, repair or testing.

Besides the work presented below contain step by step design and construction of the testing bench stand hydraulic steering systems, plus information and installation of all the components that were used in the project as, gauges, fittings, hoses, etc.

The following information present work tests on the test bench, to thereby generate a database that future tests will help you make the test.

This paper contains several issues that make the whole steering system, steering systems, parties, performances, failures, repairs and basic principles that provide a better understanding of my thesis will be developed one by one, so that the thus easier to understand and understand construction tested hydraulic steering systems, you must know all the components that interact with the steering box in a steering system to calculate all efforts, forces, and pressures that we will need to implement in the design of the testing bench, I'll start with the most important issue of the hydraulic steering system

SÍNTESIS

La presente tesis está orientada y desarrollada a partir de una gran necesidad que surgió en un taller automotriz, donde se presentaron varios inconvenientes al momento de reparar, probar e instalar cajas de dirección hidráulicas, teniendo problemas frecuentes tales como fugas de líquido hidráulico, pérdidas de presión en el sistema, mal funcionamiento de la cremallera, obstrucción de líquido hidráulico, estos problemas generaban pérdida de dinero, pérdida de materiales, y la más importante pérdida de tiempo, ya que al presentarse estos problemas la única forma de probar y encontrar la falla era armando y desarmando del vehículo, a partir de estos problemas surge la necesidad de diseñar y construir un banco de pruebas de cajas de dirección hidráulicas, para de esta manera poder minimizar los costos, y el tiempo de trabajo al momento de dar mantenimiento, reparar o probar estas cajas.

El trabajo que a continuación se desarrolla contiene información completa de los inicios de los sistemas de dirección, la evolución que han desarrollado, ventajas y desventajas de cada uno de los tipos de sistemas de dirección, llegando así a conocer como llego la creación del sistema de cajas de dirección hidráulicas y de esta manera profundizar en el contenido de información de este sistema, para poder diseñar y construir el banco de pruebas de cajas de dirección hidráulicas, el cual va poder simular un sistema completo de dirección para de esta manera poder probar y encontrar la o las fallas que presenten las cajas de dirección hidráulicas que requieran mantenimiento, reparación o prueba.

Además el trabajo que se presenta a continuación, contendrá el paso a paso del diseño y construcción del banco de pruebas de cajas de dirección hidráulicas, además de la información e instalación de todos los componentes que se emplearan en el proyecto como, manómetros, acoples, mangueras, etc.

El siguiente trabajo presentará información de pruebas realizadas con el banco de pruebas, para de esta manera generar un banco de datos, que ayudarán a las futuras pruebas que realice el banco de pruebas.

El presente trabajo contiene varios temas que conforman todo el conjunto del sistema de dirección, cajas de dirección, partes, funcionamientos, fallas, reparaciones y principios básicos que permitirán comprender el desarrollo de mi tesis, se van a desarrollar uno a uno, para que de esta manera sea más fácil comprender y entender la construcción del banco de pruebas de cajas de dirección hidráulicas, es necesario conocer todos los componentes que interactúan junto con la caja de dirección hidráulica en un sistema de dirección para poder calcular todos los esfuerzos, fuerzas, y presiones que vamos a requerir implementar en el diseño del banco de pruebas, comenzaré con el tema más importante del sistema de dirección hidráulico.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El principal motivo que me lleva a diseñar y construir un banco de pruebas de cajas de direcciones hidráulicas, es la necesidad de probar las cajas de dirección antes y después de efectuarles mantenimiento o una reparación, para poder detectar la o las fallas antes de desarmarlas y de esta manera optimizar tiempo y dinero, además de evitar el doble trabajo, ya que en el tiempo que llevo en el área de mantenimiento de un taller me ha pasado varias veces que después de una reparación y la respectiva instalación, se presentan anomalías en dichas cajas, donde la única forma de encontrar y reparar la falla es volviendo a desarmar.

Me interesa conocer cuáles son los problemas más frecuentes que se les presenta en las cajas de dirección hidráulicas, para de esta manera diseñar el banco de pruebas donde podamos simular todas las posibles causas para ocasionar una anomalía y de esta manera detectar las fallas, y proceder a dar solución.

FORMULACION DEL PROBLEMA

¿Cuál es la forma más eficiente de encontrar anomalías, reparar y probar cajas de dirección hidráulicas?

SISTEMATIZACION DEL PROBLEMA

- ¿Cómo probar cajas de dirección hidráulicas?
- ¿Cómo encontrar las fallas de una caja de dirección hidráulica?
- ¿Por qué hacer mantenimiento a una caja de dirección hidráulica?
- ¿Cuándo una caja de dirección hidráulica no sirve?
- ¿Cuál es la forma más sencilla de saber que una caja de dirección hidráulica está empezando a fallar?
- ¿Cuáles son los componentes a los que se da mantenimiento de una caja de dirección hidráulica?
- ¿Qué factores externos al sistema de dirección, afectan al correcto funcionamiento de las cajas de dirección hidráulica?
- ¿Existe alguna maquina o herramienta para probar las cajas de dirección hidráulicas?
- ¿Cuánto tiempo se demora la reparación y mantenimiento de una caja de dirección hidráulica?

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

Objetivo General

- Diseñar y construir un banco de pruebas para cajas de dirección hidráulicas

Objetivos Específicos

- a) Disminuir el tiempo en la reparación y mantenimiento de cajas de dirección hidráulicas
- b) Garantizar un diagnóstico acertado con el uso del banco de pruebas de direcciones hidráulicas

JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

a) Justificación Práctica

Esta investigación y posterior desarrollo del banco de pruebas de direcciones hidráulicas, está incentivada por la ayuda a la resolución de problemas e identificación de fallas, además de poder realizar pruebas antes y después de un mantenimiento o reparación para de esta manera garantizar el correcto funcionamiento de las cajas de dirección hidráulicas, con esto mejoramos notablemente el procedimiento de reparación o mantenimiento ya que con el banco de pruebas se va poder crear varias situaciones que ocasionen fallas, como falta de presión, exceso de presión, fugas, desgaste de materiales etc.

b) Justificación Geográfica

La creación de este proyecto de diseño y construcción de un banco de pruebas de direcciones hidráulicas, se llevará a cabo en la ciudad de Quito en la zona norte creando así mucha expectativa en los talleres automotrices del norte de Quito, ya que al estar en la zona donde se llevara a cabo este proyecto resultarán beneficiados ya que al tener un banco de pruebas de direcciones hidráulicas cerca, podrán optimizar su tiempo de trabajo al poder detectar exactamente la falla que sus cajas de dirección presenten.

CAPITULO 1

DEFINICIONES

El presente capítulo está enfocado a desarrollar uno por uno los conceptos y definiciones básicas que se necesita conocer, para poder entender el desarrollo de la presente tesis.

1.1 BANCO DE PRUEBAS

Cuando hablamos de bancos de pruebas nos referimos al conjunto de elementos utilizados para probar un objeto. El concepto se basa en la analogía con un banco de pruebas físico, utilizado para verificar el funcionamiento de un dispositivo. En particular se usa la analogía con un banco de pruebas electrónico.

En un banco de pruebas físico colocaremos lo que queremos probar, usualmente denominado dispositivo bajo prueba.

1.2 DIRECCIÓN

Todo vehículo automóvil está dotado de una serie de mecanismos para que, a voluntad del conductor, pueda girar a derecha e izquierda. Para conseguir estos movimientos está el sistema de dirección, que se compone de un volante actuado por el principio del par de fuerzas, de un varillaje y de los soportes para las ruedas delanteras. En la actualidad muchos automóviles disponen del sistema de dirección manual, aunque cada vez más, incluso en vehículos de tipo pequeño, se adapta la dirección con un sistema hidráulico, el reduce el esfuerzo para el conductor.

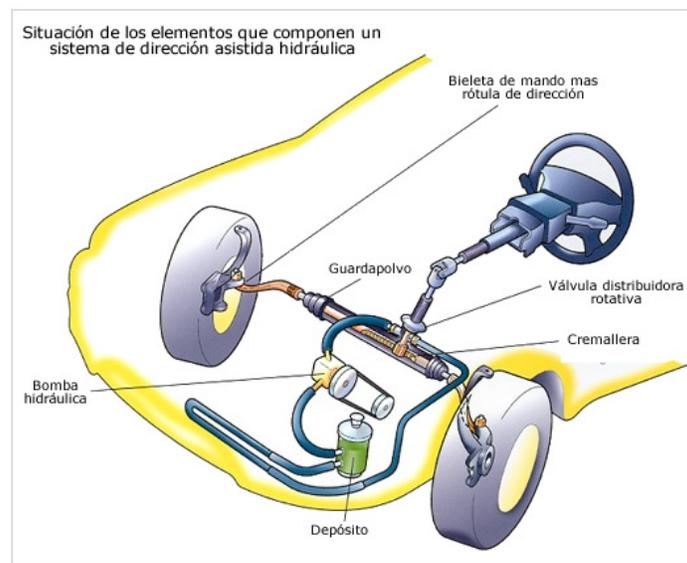


Figura 1.1 Esquema Caja de dirección hidráulica¹

¹-Multiservicios Automotriz 3H (2 de Enero de 2012).

<http://multiservicioautomotriz3h.blogspot.com/2011/06/como-funciona-la-direccion-hidraulica.html>

-LÓPEZ VICENTE, José Manuel, Manual práctico del Automóvil Dirección, Frenos y Carrocería, Edición 1997, España, Editorial CULTURAL S.A, 2007. Páginas 729-743

Todo tipo de mecanismo de dirección debe poseer las cualidades de precisión y que sea fácil de manejar, así como que las ruedas retornen a su posición central una vez que se haya completado la curva.

Otra de las cualidades de la dirección es que no debe transmitir al volante las irregularidades que el firme presenta.

Para poder dirigir las ruedas, la dirección dispone de un sistema de desmultiplicación, ya que si las ruedas estuvieran conectadas directamente, no habría posibilidad de girarlas, por el enorme esfuerzo que esto implicaría.

El soporte del eje de la dirección sirve al mismo tiempo para adaptar todo el sistema de mando de luces, intermitentes y limpiaparabrisas delantero, así como el pito.

Algunos modelos disponen de un sistema en que la columna de la dirección es ajustable, tanto en altura (distancia entre el volante y el cuadro de instrumentos), por ser telescópica, como en inclinación (ángulo formado por el volante con la horizontal). Esto tiene la ventaja de que es adaptable a todo tipo de fisonomías de conductores y al modo en que prefieren situarse.

En el tren delantero que va sujeto al bastidor del coche, cada una de las ruedas va montada en los extremos orientables de las ruedas va montada en los extremos orientables sobre un eje denominado "mangueta".

1.3LA HIDRAULICA

En su afección más general, la hidráulica es la parte de la mecánica que estudia el equilibrio y el movimiento de los fluidos. El conjunto de leyes que rige el estado de equilibrio de los fluidos se denomina hidrostática y la que trata los fenómenos debidos al movimiento de los mismos se llama hidrodinámica, es esencial saber reconocer las diferencias de cada una, para no cometer errores con las aplicaciones de las mismas.²

Basados en el principio de la hidráulica, funcionan los sistemas de frenado de los automóviles, amortiguadores, y unos de los más importantes, y motivo de la investigación para el desarrollo del banco de pruebas de cajas de dirección hidráulica, el sistema de dirección asistida hidráulicamente.

Se conoce que los líquidos son incomprensibles, y se adaptan a la forma del recipiente que los contiene.

La existencia de una cierta presión en el seno de un líquido puede ser comprobada mediante un manómetro elemental, formado por un recipiente de paredes metálicas, cuya tapa ha sido sustituida por una membrana elástica, que ocupa una posición plana al aire libre, pero al aplicar una presión sobre la membrana podemos decir, que la presión aumenta con la profundidad de la misma, dato muy importante para el desarrollo de una parte del proyecto que voy a llevar a cabo.

²LÓPEZ VICENTE, José Manuel, Manual practico del Automóvil Dirección, Frenos y Carrocería, Edición 1997, España, Editorial CULTURAL S.A, 2007. Paginas 729-743

El principio fundamental de la hidrostática dice: Entre dos puntos de un fluido incomprensible, separados por una cierta distancia vertical, existe una diferencia de presión igual al peso de un cilindro de fluido que tenga por base la unidad de superficie y por altura la distancia vertical entre ambos puntos. Este principio se traduce en la siguiente expresión matemática:

$$P - P_0 = \rho \cdot g \cdot z$$

De esta expresión se deduce que si P_0 aumenta o disminuye, la presión P en cualquier punto del fluido aumentará o disminuirá exactamente en el mismo valor.

De aquí conocemos el principio de Pascal que se anuncia de la siguiente forma: La presión aplicada en un punto cualquiera de un fluido, se transmite con la misma intensidad a todos los puntos del mismo. En este principio o ley se basan la prensa hidráulica, el sistema de frenos, los gatos hidráulicos, etc.

1.3.1 PRINCIPIOS FÍSICOS EN LA HIDRÁULICA

1.3.1.1 Principio de pascal³

En física, el principio de Pascal o ley de Pascal, es una ley enunciada por el físico y matemático francés Blaise Pascal (1623–1662) que se resume en la frase: la presión ejercida por un fluido incompresible 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.

El principio de Pascal puede comprobarse utilizando una esfera hueca, perforada en diferentes lugares y provista de un émbolo. Al llenar la esfera con agua y ejercer presión sobre ella mediante el émbolo, se observa que el agua sale por todos los agujeros con la misma velocidad y por lo tanto con la misma presión.

También podemos ver aplicaciones del principio de Pascal en las prensas hidráulicas, en los elevadores hidráulicos y en los frenos hidráulicos.

El principio de Pascal puede ser interpretado como una consecuencia de la ecuación fundamental de la hidrostática y del carácter altamente incompresible de los líquidos. En esta clase de fluidos la densidad es prácticamente constante, de modo que de acuerdo con la ecuación:

$$p = p_0 + \rho gh$$

³Wikipedia, Principio de Pascal, http://es.wikipedia.org/wiki/Principio_de_Pascal

Dónde:

P , presión total a la profundidad.

P_0 , presión sobre la superficie libre del fluido.

ρ , densidad del fluido.

g , aceleración de la gravedad.

h , altura, medida en metros.

La presión se define como la fuerza ejercida sobre unidad de área $p = F/A$. De este modo obtenemos la ecuación: $F_1/A_1 = F_2/A_2$, entendiéndose a F_1 como la fuerza en el primer pistón y A_1 como el área de este último. Realizando despejes sobre esta ecuación básica podemos obtener los resultados deseados en la resolución de un problema de física de este orden.

Si se aumenta la presión sobre la superficie libre, por ejemplo, la presión total en el fondo ha de aumentar en la misma medida, ya que el término pgh no varía al no hacerlo la presión total. Si el fluido no fuera incompresible, su densidad respondería a los cambios de presión y el principio de Pascal no podría cumplirse. Por otra parte, si las paredes del recipiente no fuesen indeformables, las variaciones en la presión en el seno del líquido no podrían transmitirse siguiendo este principio

1.3.1.2 Principio de Bernoulli

El principio de Bernoulli, también denominado ecuación de Bernoulli o Trinomio de Bernoulli, describe el comportamiento de un fluido moviéndose a lo largo de una línea de corriente, expresa que en un fluido ideal (sin viscosidad ni rozamiento) en régimen de circulación por un conducto cerrado, la energía que posee el fluido permanece constante a lo largo de su recorrido. La energía de un fluido en cualquier momento consta de tres componentes:

1. Cinética: es la energía debida a la velocidad que posea el fluido.
2. Potencial gravitacional: es la energía debido a la altitud que un fluido posea.
3. Energía de flujo: es la energía que un fluido contiene debido a la presión que posee.

La siguiente ecuación conocida como "Ecuación de Bernoulli" (Trinomio de Bernoulli) consta de estos mismos términos.

$$\frac{V^2 \rho}{2} + P + \rho g z = \text{constante}$$

Dónde:

- V = velocidad del fluido en la sección considerada.
- ρ = densidad del fluido.
- P = presión a lo largo de la línea de corriente.
- g = aceleración gravitatoria
- z = altura en la dirección de la gravedad desde una cota de referencia.

Para aplicar la ecuación se deben realizar los siguientes supuestos:

- Viscosidad (fricción interna) = 0 Es decir, se considera que la línea de corriente sobre la cual se aplica se encuentra en una zona 'no viscosa' del fluido.
- Caudal constante
- Flujo incompresible, donde ρ es constante.
- La ecuación se aplica a lo largo de una línea de corriente o en un flujo irrotacional

1.4 DIRECCIÓN HIDRÁULICA

Se puede definir a la dirección hidráulica, como el conjunto y movimiento de volante de la dirección el cual acciona un piñón, que a su vez lo recibe de un depósito el líquido hidráulico, el que se mantiene almacenado a una presión determinada, que proporciona una bomba y se conserva dentro de unos límites por una válvula de descarga.

Cuando el conductor gira un poco el volante de la dirección en uno u otro sentido para iniciar un viraje, el distribuidor pone en comunicación el depósito de presión con la cara correspondiente del pistón, al que ahora empuja la fuerza hidráulica. Por esta causa, la cremallera unida a él es movida por el volante de la dirección y por la presión hidráulica. En cuanto el conductor inicia el giro del volante en sentido contrario, el distribuidor corta la comunicación del depósito de líquido. Si el vehículo marcha en línea recta, el distribuidor no da paso al líquido a presión para ninguna de las caras del pistón, por lo que la dirección resulta estable.

1.5 PRESIÓN

Significa la acción de apretar o comprimir. La presión en Física es una magnitud que mide la fuerza que se aplica en una superficie. Es la fuerza que se ejerce en forma perpendicular por unidad de área, donde la unidad de medición es el Pascal (Pa).

Existe también para la realización de problemas la presión relativa, que es cuando la consideramos suponiendo que sobre la superficie no se ejerce ninguna presión atmosférica, que es la fuerza de atracción que ejerce la atmósfera sobre los cuerpos que contiene.

Esta presión se debe al peso de la atmósfera, que normalmente es de 101.000 pascales.

Existen instrumentos para poder medir la presión, como los manómetros.



Figura 1.2 Manómetro de presión de aceite⁴

1.6 BOMBAS HIDRÁULICAS

Las bombas hidráulicas son máquinas receptoras cuya misión es incrementar la energía de los líquidos, transformando la energía mecánica que reciben del motor de arrastre en energía hidráulica. La energía hidráulica, como es conocido, es la suma de tres clases de energía: de posición, de velocidad y de presión; por lo tanto una bomba hidráulica es capaz de aumentar uno o más de dichos tipos de energía. El incremento de la energía de posición, con interés práctico, sólo lo efectúa un ingenio ideado por

Publicalpha. (22 de Marzo de 2012)
<http://publicalpha.com/la-baja-presion-de-aceite-en-un-motor-%C2%BF-es-mala/>

Arquímedes, denominado "Tornillo de Arquímedes", que todavía se utiliza hoy en día, en los sistemas de dirección de vehículos.

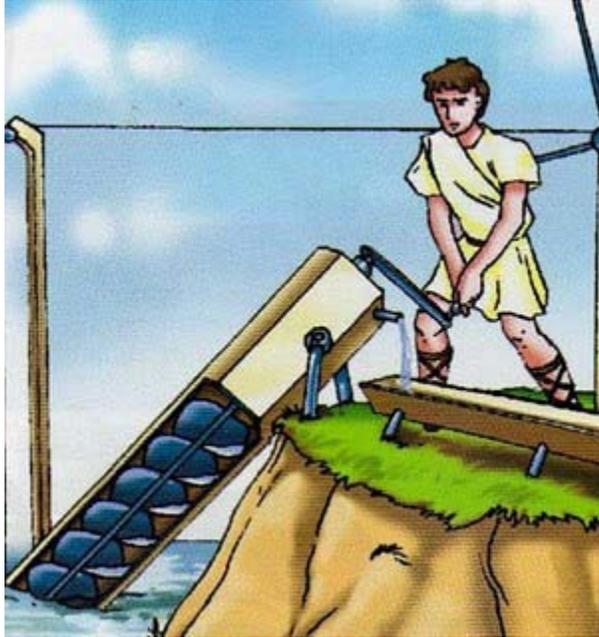


Figura 1.3 Tornillo de Arquímedes ⁵

1.7 POLEA

Una polea es una máquina simple formada por una rueda móvil alrededor de un eje y acanalada en su circunferencia. Por ese canal o garganta pasa una banda, en el caso de los automóviles, en cuyos extremos actúan la potencia y la resistencia.

La polea, de este modo, permite transmitir una fuerza y ayuda a mover o transmitir movimiento a otro componente.

Depart Tecnología del IES Pedro de Valdivia. (25 de Marzo de 2012).
<http://www.tecnologia-informatica.es/tecnologia/la-casita-de-chocolate.php>

Las poleas también pueden actuar de modo independiente (polea simple) o en conjunto con otras poleas (polea combinada o polea compuesta), las dos muy usadas en el automóvil, como templadores de bandas y como transmisoras del movimiento del motor, existiendo variación de tamaños para obtener las multiplicaciones o desmultiplicaciones deseadas, La configuración más habitual de la polea compuesta se conoce como polipasto.



Figura 1.4 Poleas de uso industrial⁶

1.8 CAÑERÍA

La tubería o cañería es un conducto que cumple la función de transportar agua u otros fluidos, (en nuestro caso aceite hidráulico). Se las suele elaborar con materiales muy diversos, como aluminio, caucho, bronce, cobre, en el vehículo podemos encontrar cañerías de cobre como en el sistema de frenos, y las más utilizadas de caucho, ya que tienen la propiedad de absorber vibraciones, ser flexible, y soportar altas presiones.

⁶Gates. (4 de Febrero de 2012)
<http://www.gates.com.mx/seccion04.asp?subseccion=22>



Figura 1.5 Manguera de caucho⁷

⁷Direct Industry. (24 de Marzo de 2012).
<http://www.directindustry.es/fabricante-industrial/tubo-caucho-75419.html>

1.9 MANOMETROS

Conocemos como manómetro al Instrumento medidor e indicador de la presión de un fluido; se emplea en el sector automovilístico para medir la presión del aire en los neumáticos, del aceite en el circuito de lubricación, del aire o del líquido en los circuitos neumáticos o hidráulicos, de la gasolina en algunos circuitos de alimentación y la presión de alimentación en los colectores de admisión.

Este instrumento consiste esencialmente en un reloj (por lo general) unido al fluido; la presión dentro del recipiente empuja un pistón, una membrana o cualquier parte móvil contrarrestando la fuerza elástica de un resorte. De este modo, a cada valor de la presión existente en el interior del reloj corresponde una posición de la parte móvil; haciendocorresponder dichos desplazamientos con los de una aguja sobre una escala, se puede conocer en cada momento la presión existente en el interior del fluido.

CAPÍTULO 2

SISTEMA DE DIRECCIÓN

2.1 GEOMETRÍA DE DIRECCIÓN⁸

El conjunto de mecanismos que integran el sistema de dirección de un automóvil, tiene la misión de orientar sus ruedas delanteras para hacerle seguir la trayectoria deseada por el conductor. A estas ruedas se las llama directrices y son gobernadas por un volante situado en la parte izquierda del vehículo.

El sistema de dirección debe reunir las cualidades de ser preciso, de fácil manejo y no transmitir al conductor las irregularidades de la carretera en forma de vibraciones. Para que el conductor no tenga que ejercer un excesivo esfuerzo en el volante para conseguir la orientación de las ruedas, se utiliza generalmente un mecanismo desmultiplicador en la transmisión del movimiento desde el volante a las ruedas. En otras ocasiones, se ayuda al sistema de dirección con un dispositivo de asistencia, (los sistemas hidráulicos son los más usados en la actualidad)

⁸LÓPEZ VICENTE, José Manuel, Manual práctico del Automóvil Dirección, Frenos y Carrocería, Edición 1997, España, Editorial CULTURAL S.A, 2007. Páginas 729-743

El movimiento de giro en el volante, es transformado en la caja de dirección, mediante los brazos de acoplamiento, los que trasmite a los brazos de mando, que producirán la orientación a las ruedas.

De la correcta geometría de un sistema de dirección, depende fundamentalmente que el vehículo se mantenga en carretera sobre la trayectoria deseada, resultando su marcha estable, tanto en línea recta como en curvas, cualquiera que sea el estado de la carretera e independientemente de la influencia del viento y la velocidad del vehículo.

La constitución del tren delantero juega también un importante papel en el mantenimiento estable del vehículo sobre la carretera, es por ello, que existe una ligación entre los componentes de este sistema en el tren delantero y los propios de la dirección.

La característica de los componentes que comandan la orientación de las ruedas, debe responder a la necesidad de eliminar, o por lo menos reducir al mínimo el frotamiento de las ruedas sobre el piso, que se produce cuando la trayectoria seguida por ellas no coincide con la impuesta por el sistema de dirección. Para que se verifique esta condición fundamental, es necesario que las cuatro ruedas del vehículo se orienten en curva de manera que describan circunferencias de radios con el mismo centro.

Como las trayectorias a recorrer por las ruedas directrices son distintas en una curva (la rueda exterior recorre un camino más largo), la orientación dada a cada una, ha de ser diferente (la exterior debe abrirse más) y, para que ambas sigan la

trayectoria deseada, debe cumplirse la condición de que en cualquier momento de su trayectoria curva, las cuatro ruedas de un vehículo tengan una orientación tal, que sus radios coincidan en un mismo centro, llamado centro instantáneo de rotación, que deberá estar situado en la prolongación del eje de las ruedas traseras, como muestra la figura dado que estas no son orientables.

En la práctica se alteran ligeramente las dimensiones y ángulos formados por los brazos de acoplamiento (determinados mediante gráficos), para conseguir trayectorias lo más exactas posible. La elasticidad de los neumáticos corrige automáticamente las pequeñas variaciones de trayectoria.

Las ruedas traseras siguen la trayectoria curva, gracias al diferencial, que permite dar a la exterior mayor número de vueltas que la interior; pero como estas ruedas no son orientables y para seguir su trayectoria debe abrirse más la exterior, resulta de ello un cierto resbalamiento en curva, imposible de corregir, que origina una ligera pérdida de adherencia, más notoria si el piso está mojado, caso en el que puede producirse el derrape en curvas cerradas tomadas a gran velocidad.

2.2 MECANISMO DE MANDO DE LA DIRECCIÓN⁹

Para transformar el giro del volante de la dirección en movimiento de un lado a otro del brazo de mando, se emplea el mecanismo contenido en la caja de la dirección, que al mismo tiempo efectúa una reducción del giro recibido, pues resulta evidente que el esfuerzo a desarrollar por el conductor para orientar las ruedas debe ser reducido, con lo cual, se obtiene una maniobra suave.

El esfuerzo necesario para orientar las ruedas, depende fundamentalmente de la resistencia opuesta por ellas en el frotamiento del neumático sobre el suelo, el cual, es en función del peso que carga sobre la rueda, que difiere de unos vehículos a otros, por cuya causa, a cada modelo deberá hacerse corresponder un mecanismo desmultiplicador adecuado, que permita una fácil maniobrabilidad con un pequeño esfuerzo del conductor sobre el volante de dirección. No obstante, es conveniente que la desmultiplicación sea lo menor posible para obtener una respuesta inmediata de las ruedas a los movimientos del volante, para que la dirección resulte "rápida". En este sentido, lo ideal sería una transmisión directa, en la que a pequeños movimientos del volante, corresponderían importantes orientaciones de las ruedas. Sin embargo, ello conlleva el inconveniente de que las desviaciones sufridas por las ruedas en la marcha del vehículo, al paso por las desigualdades del terreno, serían acusadas fuertemente en el volante de la dirección, con la incomodidad que representa en la conducción.

⁹LÓPEZ VICENTE, José Manuel, Manual práctico del Automóvil Dirección, Frenos y Carrocería, Edición 1997, España, Editorial CULTURAL S.A, 2007. Páginas 729-743

La solución consiste, por tanto en crear una desmultiplicación conveniente para reducir el esfuerzo necesario para orientar las ruedas, sin llegar a perder en exceso la precisión necesaria, que se logra con una transmisión más directa. En este sentido se ha comprobado en la práctica que las desmultiplicaciones más convenientes están comprendidas entre valores 12:1 y 24:1, tomando como relación de desmultiplicación la que existe entre los ángulos de giro del volante de la dirección y de los obtenidos en la orientación de las ruedas. Si en una vuelta completa del volante (360°) se obtiene una orientación de 20° en las ruedas, se dice que la desmultiplicación es de $360/20$, o lo que es igual, 18:1.

Por cuanto se refiere al mecanismo desmultiplicador, existen varios tipos, pero en general, salvo los de cremallera, consisten en un tornillo que engrana constantemente con una rueda dentada. El tornillo se une al volante de la dirección mediante la columna de la dirección y la rueda lo hace al brazo de mando. De esta manera, por cada vuelta del volante de la dirección, la rueda gira en cierto ángulo, mayor o menor según la reducción efectuada, por lo que en dicho brazo se obtiene una mayor potencia para orientar las ruedas que la aplicada al volante de la dirección.

El sistema de tornillo sinfín, el que se une por medio de estrías a la columna de la dirección. Dicho sinfín va alojado en la caja, en la que se apoya por medio de los cojinetes de bolas. Uno de los extremos del sinfín recibe a la tapadera, roscada a la caja.

El otro extremo de éste sobresale por un orificio en la parte opuesta de la carcasa, donde se acopla el retén, que impide la salida de aceite contenido en el interior de la caja de dirección que baña al mecanismo.



Figura 2.1 Tornillo sinfín.¹⁰

Engranando con el sinfín en el interior de la caja de la dirección, se encuentra el sector, que se apoya en el casquillo de bronce que por su extremo recibe al brazo de mando en un estriado cónico, al que se acopla y mantiene por medio de la tuerca roscada al mismo eje del sector. Rodeando a este mismo eje y alojado en la carcasa, para permitir, mediante el tornillo con excéntrica, acercar más o menos al sinfín, con el fin de efectuar el ajuste de ambos a medida que vaya produciéndose desgaste. El tornillo de reglaje se fija por medio de la tuerca para impedir que varíe el reglaje una vez efectuado.

¹⁰Wikipedia. (29 de Marzo de 2012). http://es.wikipedia.org/wiki/Tornillo_sin_fin

Los mecanismos de tornillos sinfín pueden adoptar otras formas, entre las cuales podemos destacar:

- Tornillo oblicuo y rodillo.- donde el sinfín presenta una reducción de diámetro hacia el centro para lograr una perfecta adaptación del rodillo, que aquí sustituye al sector dentado. La principal ventaja de este sistema consiste en una gran reducción del desgaste que se produce en el funcionamiento, dado que el rodillo rueda sobre el sinfín.
- Tornillo y tuerca.- donde al sinfín se acopla una tuerca, que se desplazará a lo largo de él con el giro. Mediante una horquilla articulada a la tuerca se transmite el movimiento al brazo de mando.
- Tuerca con circulación de bolas.- donde se dispone una hilera de bolas en el acoplamiento de la tuerca al sinfín, para mejorar el deslizamiento entre ambos. La tuerca a su vez, lleva dispuesto un dentado sobre el que engrana el sector del brazo de mando, al que transmite el movimiento.

Cualquiera de estas disposiciones son utilizadas actualmente, dependiendo de los modelos de vehículos y esfuerzos a transmitir.

2.3 PARTES DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN

El sistema de dirección de un vehículo contiene partes muy importantes para el correcto funcionamiento de dirigir las llantas, todas las partes funcionan o actúan de manera conjunta, el mal funcionamiento de cualquiera de las partes ocasionara molestias en la conducción y una dirección inadecuada del vehículo.

Entre las partes más comunes e indispensables de los sistemas de dirección tenemos:

2.3.1 VOLANTE

El volante es uno de los elementos de control importantes de un vehículo, ya que es el elemento que está siempre en contacto con el conductor ya que es el elemento principal en empezar la transmisión de movimiento en todo el sistema de dirección. Es también importante en términos de seguridad de conducción y en caso de colisión. Para garantizar la seguridad, el volante debe ceder a la presión que el conductor ejercerá en caso de una colisión grave.



Figura 2.2 Volante.¹¹

¹¹Manejar un auto. (26 de Abril de 2012). <http://manejarunauto.wordpress.com/2010/12/24/tecnicas-para-girar-el-volante/>

Si el vehículo está equipado con bolsas de aire para el conductor, ésta estará montada en el cubo del volante. El volante también alberga el pito, que a menudo se acciona mediante pulsadores situados en los radios del volante o algunas veces presionando el centro del volante.

2.3.1.1 VOLANTE AJUSTABLE

Puede ser de serie u opcional. El volante puede ajustarse horizontal o verticalmente, o en ambas direcciones. Esta función permite a cada conductor ajustar la posición de conducción óptima.

2.3.1.2 BLOQUEO DEL VOLANTE

Casi todos los automóviles están equipados con un dispositivo de bloqueo del volante conectado al interruptor de encendido. Esto impide conducir el vehículo, incluso si se ha puesto en marcha sin la llave. El dispositivo de bloqueo se activa o desactiva al sacar o insertar la llave en el interruptor de encendido.

2.3.2 COLUMNA DE DIRECCIÓN

Se puede denominar columna de dirección al eje de la dirección.

En los extremos de la misma van colocados el volante en uno de ellos y en el otro la caja de dirección.

Las columnas de dirección, alojan otros elementos que ayudan a la dirección del vehículo, como los elementos de cambio de dirección (intermitentes), sistema de limpiaparabrisas y cambio de luces.

Antiguamente estos ejes se hacían rígidos, con lo que en caso de accidente podían provocar la muerte del conductor al clavarse en el pecho del mismo. Al evolucionar la técnica, y con ella las normas de seguridad, los automóviles han sido dotados de elementos que mejoran precisamente la seguridad.

En el caso del eje de dirección, uno de los sistemas es hacer que este sea telescópico. En caso de impacto, al abalanzarse el conductor, el impacto hace que la columna se retraiga amortiguando el golpe. El sistema telescópico cuenta con dos tubos entre los cuales hay unas bolas. Cuando se produce el impacto, las bolas abren un surco en los tubos a fin de que se produzca el movimiento, absorbiendo el golpe.

Otro de los sistemas es el de las juntas de cardan, que consiste en dos o más juntas haciendo la barra articulada. En caso de impacto, estas ceden evitando en consecuencia lesiones gravísimas.

Para adaptarse a la morfología de cada individuo, las columnas de dirección pueden, en algunos modelos, variar su inclinación entre 6 y 12 grados hacia arriba y entre 6 y 18 grados hacia abajo, incluso en funcionamiento.

Otros llevan también el volante telescópico, que puede alargarse o acortarse. Otra innovación es que tanto el volante como la columna de dirección, pueden desplazarse hacia la derecha cuando el conductor entra y sale.

El volante dispone de unos mecanismos de enclavamiento que lo bloquean en la posición requerida. La columna de dirección, en este caso dispone de un sistema de seguridad que tiene un enclavamiento con la palanca de dirección de la caja de cambios, bloqueándola hasta que la columna de dirección este en su posición de marcha. El enclavamiento impide que la columna se mueva accidentalmente durante la marcha.

2.3.3 CAJA DE ENGRANAJES

Una caja de engranajes utiliza un beneficio mecánico para aumentar la fuerza de torsión de salida y reducir la RPM. El eje del motor se sustenta dentro de la caja de engranajes y a través de una serie de engranajes internos que proporcionan la fuerza de torsión y la conversión de la velocidad. El diseño básico es una caja de engranajes con ruedas de engranajes en metal, plástico y combinaciones de los dos materiales.

2.3.4 VARILLAJE DE MANDO DE LA DIRECCIÓN

Los sistemas de varillaje de la dirección son múltiples y variados. Ahora, todos ellos realizan los mismos trabajos, es decir, transmiten el movimiento del brazo de la dirección a las palancas de accionamiento del pivote y, en consecuencia, provocan el giro de la mangueta, y por lo tanto, el de la rueda.

Podemos encontrar dos sistemas de varillaje de control de dirección, en que por medio de la palanca de mando hace girar en un sentido u otro las barras de acoplamiento. Estas barras disponen de unos manguitos de reglaje a fin de ajustar la convergencia o divergencia de las ruedas.

Al girar los manguitos de ajuste, se alargan o se acortan las barras de acoplamiento. De esta forma se hace oscilar la rueda delantera de un lado a otro.

El sistema de funcionamiento es el siguiente: la caja de dirección mueve de una forma transversal a la biela de mando o palanca de dirección, que actúa sobre todo el sistema de acoplamiento, apoyada por la palanca de guía, y esta, a su vez, ayudada por el soporte de guía. Al actuar, mueve los brazos y barras de acoplamiento haciendo girar las ruedas.

2.3.5 EJE DELANTERO (GEOMETRÍA)

La disposición del tren delantero de un vehículo, en cuanto a su geometría se refiere, a que debe asegurar el contacto permanente de las ruedas con el suelo y ofrecer un comportamiento direccional correcto, proporcionando una buena estabilidad y haciendo que el vehículo siga la dirección deseada por el conductor, mientras demuestra una buena adherencia.

La geometría del tren delantero comprende varios ángulos y parámetros, llamados cotas de la dirección, cuyos valores contribuyen a obtener los resultados mencionados, que se logran con una determinada posición de las ruedas sobre el suelo. Además de estos ángulos característicos, el automóvil debe satisfacer determinadas condiciones de simetría de los ejes, tanto delantero, como trasero.

2.3.6 PIVOTES

Parte indispensable del sistema de dirección ya que es el encargado de unir al eje delantero y encargado de hacer girar sobre su eje, y orientar las manguetas hacia el lugar deseado, este movimiento es de izquierda a derecha según el requerimiento del conductor o deformidades del piso.

2.3.7 MANGUETAS

Pieza o parte metálica ubicada en el conjunto delantero de la suspensión que permite el giro de las ruedas, además de ser parte fundamental para la fijación de la rueda, además de dar la inclinación a las mismas, sea cual sea el tipo de alineación a usarcé. Está anclada al chasis mediante articulaciones para permitir el movimiento y, por el otro extremo, al buje y la rueda.

2.3.8 ROTULAS

Es un elemento propio e indispensable de las suspensiones y del sistema de palancas de la dirección que consiste en una articulación con 3 tipos de movimientos. Permite rotaciones de los brazos unidos a la misma, alrededor de 3 ejes perpendiculares entre sí. Podemos encontrar que, dos de las rotaciones tienen un ángulo limitado, mientras que la tercera posee un ángulo de 360°. Se utiliza en los reenvíos de la barra estabilizadora, en tirantes y en otros puntos.

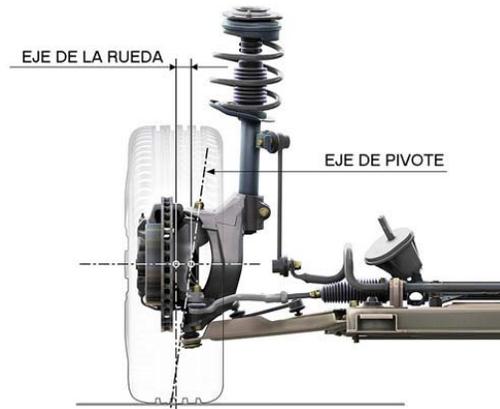


Figura 2.3 Conjunto de suspensión delantero.¹²

La rótula consta de una semiesfera con un vástago cónico roscado por un extremo: la forma de este vástago es semejante a la de un hongo. La parte esférica está encerrada en un casquillo, también esférico, y es lubricada por una capa fina de material auto lubricante o más conocido en nuestro medio como grasa. Generalmente, la parte cónica se introduce en un agujero del brazo de las suspensiones, mientras que el casquillo que protege la parte esférica está sujeto con tornillos en un asiento que lleva la mangueta.

Una rótula especial es el tipo Uniball, empleado principalmente en los coches de competición por los grandes ángulos de giro que permite.

¹²Km 77. (17 de julio de 2012). <http://blogs.km77.com/lahuella/13/el-alineado-del-focus-rs/>

2.4 SERVODIRECCIÓN¹³

La servodirección es un dispositivo de ayuda a la conducción que aplica energía eléctrica o hidráulica, este sistema ayuda al conductor al giro del volante. Ayuda inestimable para hacer maniobras, este equipo también permite al fabricante adoptar reglajes que proporcionen mayor estabilidad al vehículo, pues, aunque la dirección tenga un peso mayor, la servodirección se encarga de hacer el trabajo. La aparición de la servodirección eléctrica ha permitido que, mediante un botón, el conductor pueda elegir un grado de suavidad en el volante distinto, para circular en ciudad o para hacerlo en carretera.

¹³J. M, Alonso Pérez, Técnicas del Automóvil, Tomo 6, Madrid, Editorial PARANINFO, 2007.

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS DE DIRECCIÓN MÁS USADOS EN LOS AUTOMÓVILES

3.1 CAJA MECÁNICA DE CREMALLERA

Este sistema, dispone de toda una serie de palancas de mando y articulaciones para el gobierno de las ruedas, con los inconvenientes de acoplamiento y adaptación que ello representa. Buscando una mayor sencillez en la transmisión del movimiento, se idearon las direcciones de cremallera, con las que se logra una gran simplicidad del mecanismo, por cuya causa, son las más utilizadas en la actualidad

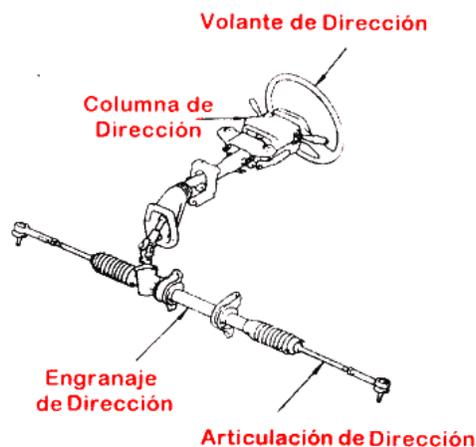


Figura 3.1 Esquema Caja mecánica de cremallera.¹⁴

¹⁴Foroes. (9 de Agosto de 2012).
<http://vwsrt.foroes.net/t2016-direccion-tipos-y-sistemas-de-seguridad>

3.1.1 PARTES DEL SISTEMA

Consisten en una barra, sobre la que está labrada una cremallera, en la que engrana el piñón que la desplaza lateralmente, que recibe movimiento de la columna de la dirección.

Además consta de las siguientes partes:

- Uniones de rótulas Internas y Externas
- Guardapolvos
- Tornillo de Tope de Ajuste
- Resorte de Tope de Ajuste
- Rodela de Tope de Ajuste
- Rodela de caucho(retenedor)
- Tornillo sin Fin
- Carcasa
- Buje de soporte de cremallera o bush

Además de llevar retenedores y empaques varios para mejorar su funcionamiento.

3.1.2 FUNCIONAMIENTO¹⁵

En este sistema de dirección del tipo de cremallera, las partes están constituidas con una barra, donde está labrada la cremallera en la que engrana el piñón, que se aloja en la carcasa de dirección, apoyado en los cojinetes. El piñón se mantienen en posición por la tuerca y la arandela; su reglaje se efectúa quitando o poniendo arandelas hasta que el clip se aloje en su lugar.

La cremallera se apoya en la carcasa y recibe por sus dos extremos los soportes de articulación, roscados a ella y que se fijan con las contratuercas. Aplicado contra la barra cremallera hay un pulsador de rectificación automática de la holgura que pueda existir entre la cremallera y el piñón. Este dispositivo queda fijado por la contratuerca.

Constituida así la dirección, al girar el volante en uno u otro sentido, también lo hace la columna de la dirección unida al piñón, que gira con ella. El giro del piñón produce el movimiento de la barra cremallera hacia uno u otro lado y, mediante los soportes de articulación unidos por una bieletas a los brazos de acoplamiento de las ruedas, se consigue la orientación de éstas.

La unión se efectúa, medio de una rótula que permite los movimientos verticales de la rueda, a cuyo brazo de acoplamiento se une, la biela de unión que resulta partida y unida por la tuerca, que permite el reglaje de la convergencia de las ruedas.

¹⁵J. M, Alonso Pérez, Técnicas del Automóvil, Tomo 6, Madrid, Editorial PARANINFO, 2007.

La columna de la dirección, tanto en este modelo como en otros, suele ir partida y unidas sus mitades por una junta cardánica, que permite desplazar el volante de la dirección a la posición más adecuada de manejo para el conductor. Modernamente, se montan en la columna dispositivos que permiten ceder al volante (como la junta cardan) en caso de choque frontal del vehículo, en los cuales existe el peligro de incrustarse en el pecho del conductor.

La carcasa o carter de cremallera se fija al bastidor mediante dos soportes en ambos extremos, de los cuales salen los brazos de acoplamiento o bieletas de dirección, que en su unión a la cremallera están protegidos por el capuchón de goma, que preserva de suciedad esta unión. El brazo de acoplamiento dispone de una rótula en su unión al brazo de mangueta y otra axial en la unión a la cremallera, donde termina en rosca a la que se acopla el manguito quien, a su vez, realiza la fijación de la bieleta de dirección, que termina en la esfera, que acopla en el casquillo semiesférico, aplicado contra ella por la presión del muelle.

Esta disposición de los brazos de acoplamiento permite un movimiento relativo de los mismos con respecto a la cremallera, con el fin de poder seguir las oscilaciones del sistema de suspensión, sin transmitir reacciones al volante de la dirección.

La longitud de las bieletas de dirección es ajustable para permitir el reglaje de convergencia.

La columna de dirección en este caso va partida, por las cuestiones de seguridad ya sabidas y al objeto de llevar el volante a la posición idónea de conducción. El

enlace de ambos tramos se realiza con la junta universal y la unión al eje del piñón de mando se efectúa por interposición de la junta elástica

El ataque del piñón sobre la cremallera se logra bajo la presión ejercida por el muelle sobre el pulsador, al que aplica contra la barra cremallera, de la parte opuesta al engrane del piñón, mientras que el posicionamiento de éste se establece con la interposición de las arandelas de ajuste.

En algunos modelos se dispone una columna de dirección con eje retráctil que consistente en dos ejes embutidos uno en otro, de manera que en caso de colisión del vehículo, pueda acortarse la longitud total por introducción de una parte del eje sobre la otra, lo que representa una seguridad para el conductor.

Una variante de los modelos de dirección de cremallera es aquella en la que ésta se labra sobre un extremo de la barra, acoplándose al otro extremo los brazos de mando de ambas ruedas, por medio de rótulas.

Al explicar de esta manera el funcionamiento es muy difícil de entender pero al verlo en un grafico se podrá entender de mejor de manera y la sencillez de este sistema,

3.2 CAJA HIDRÁULICA DE CREMALLERA

Debido al empleo de neumáticos de baja presión y gran superficie de contacto con el suelo, la maniobra en el volante de dirección para orientar las ruedas se hace difícil, sobre todo con el vehículo parado. Como no interesa sobrepasar un cierto límite de desmultiplicación, porque se pierde excesivamente la sensibilidad de la dirección, en algunos vehículos se recurre a los sistemas de asistencia que puede ser asistida hidráulicamente, que proporcionan una gran ayuda al conductor en la

realización de las maniobras y, al mismo tiempo, permiten una menor desmultiplicación.

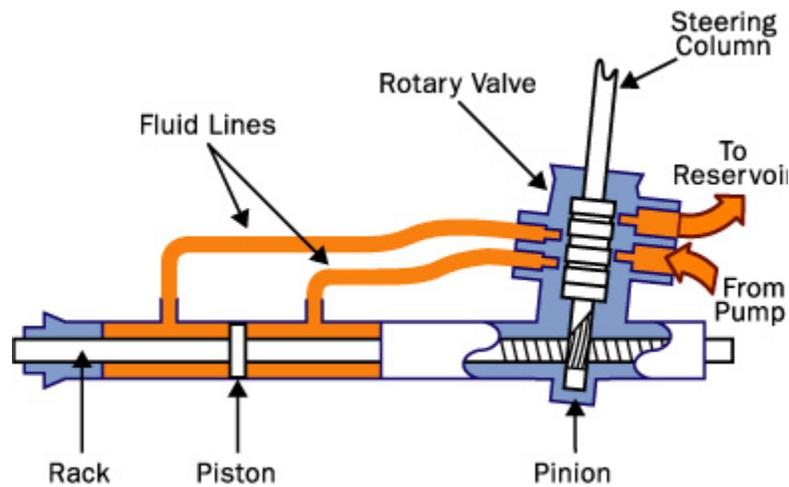


Figura 3.2 Esquema Caja hidráulica de cremallera.¹⁶

Como medios de asistencia pueden emplearse el vacío de la admisión, la fuerza hidráulica, el aire comprimido, etc. El más usado en la actualidad en los vehículos de turismo es el mando hidráulico, este es el sistema que vamos a profundizar en nuestro estudio ya que el banco de pruebas que se va a realizar va ser justamente ara poder probar, reparar, y dar mantenimiento a estas cajas de dirección.

¹⁶Taringa. (7 de Abril de 2012). <http://www.taringa.net/posts/hazlo-tu-mismo/11656418/como-arregalr-la-cremallera-de-un-auto-o-caja-de-velocidad.html>

3.2.1 PARTES

Dentro de las partes esenciales de este sistema de dirección tenemos:

- Bomba hidráulica.- accionada por el motor, en la que se incluyen el depósito de aceite y el regulador.
- Válvula rotativa.- solidaria por un lado con el piñón de cremallera y por el otro con el volante, por intermedio de la columna de dirección.
- Gato de doble efecto.- constituido por un cilindro (en el que se desplaza un pistón) fijado por el cuerpo a la caja de dirección, mientras que el vástago del pistón se une a uno de los extremos de la cremallera.
- Conjunto de tubos.- que enlazan hidráulicamente los distintos elementos.

3.2.2 FUNCIONAMIENTO¹⁷

Se puede describir el funcionamiento de este sistema con el accionar del volante por parte del conductor el cual acciona un piñón, que a su vez lo recibe de un depósito, en el que se mantiene almacenado a una presión determinada, que proporciona una bomba y se conserva dentro de unos límites por una válvula de descarga.

Cuando el conductor gira un poco el volante de la dirección en uno u otro sentido para iniciar un viraje, el distribuidor pone en comunicación el depósito de presión con la cara correspondiente del pistón, al que ahora empuja la fuerza hidráulica.

Por esta causa, la cremallera unida a él es movida por el volante de la dirección y

¹⁷ MARTINEZ, Hermógenes, Manual del Automóvil Reparación y mantenimiento Suspensión, Dirección, Frenos, Neumáticos y Airbag, 1º Edición, España, Editorial CULTURAL S.A, 1999

por la presión hidráulica. En cuanto el conductor inicia el giro del volante en sentido contrario, el distribuidor corta la comunicación del depósito de líquido. Si el vehículo marcha en línea recta, el distribuidor no da paso al líquido a presión para ninguna de las caras del pistón, por lo que la dirección resulta estable.

De esta manera se consigue una importante ayuda al esfuerzo realizado por el conductor al efectuar las maniobras y, aunque falle este sistema de ayuda, el vehículo no se queda sin dirección, puesto que el sistema de cremallera sigue funcionando siempre.

Este tipo de asistencia hidráulica es utilizado actualmente casi en exclusiva para los vehículos de turismo, tanto en direcciones de cremallera, como de tornillo sinfín.

Además este tipo de dirección, usa el aceite el cual es recogido del depósito y enviado por la bomba (del tipo de paletas con doble entrada y salida) al distribuidor, a través de un regulador, que establece la presión adecuada de mando. Desde el propio distribuidor o válvula rotativa, puede retornar el aceite al depósito, al igual que desde el regulador. Este regulador está emplazado en la misma bomba.

Desde la válvula rotativa, el aceite puede llegar por los conductos al gato, en uno u otro sentido, según sea el giro dado al volante. El conducto desemboca en el cilindro sobre la cara izquierda del pistón, mientras que el otro lo hace sobre la cara derecha, gracias a la disposición del cilindro con doble pared.

La válvula rotativa es quien gobierna el sistema de asistencia y está constituida por un cuerpo en el que se alojan la barra de torsión, el distribuidor y la caja rotatoria. El volante de dirección acciona simultáneamente la caja rotatoria y la

barra de torsión, la cual, está unida por su extremo opuesto al piñón de cremallera, solidario a su vez del distribuidor.

3.2.3 FUNCIONAMIENTO SEGÚN POSICIÓN DEL VOLANTE¹⁸

El funcionamiento del sistema de dirección hidráulica se produce de la siguiente manera:

- Posición de línea recta: en esta posición no se aplica esfuerzo alguno sobre el volante, por lo que la barra de torsión se mantiene en posición neutra. En estas condiciones, el aceite que proviene de la bomba por el canal alimenta el gato por los dos lados y regresa al depósito por el canal.
- Posición de rueda girada: cuando el conductor inicia el giro en el volante de la dirección, el esfuerzo aplicado para vencer la resistencia opuesta por las ruedas a orientarse, deforma la barra de torsión, desplazando así la caja rotatoria con respecto al distribuidor. Con ello se consigue cortar la alimentación de un lado del gato y cerrar el regreso en el otro lado. El gato alimentado asimétricamente, se desplaza y acciona la cremallera. El desplazamiento de ésta implica el del piñón, lo que tienen por efecto la reducción del ángulo de distribución, por cuya causa, será preciso aplicar una rotación suplementaria al volante para que siga realizándose el giro.

¹⁸MARTINEZ, Hermógenes, Manual del Automóvil Reparación y mantenimiento Suspensión, Dirección, Frenos, Neumáticos y Airbag, 1º Edición, España, Editorial CULTURAL S.A, 1999

Es de notar, que la barra de torsión une la caja y el distribuidor rotatorio por medio de estrías, lo que limita la posibilidad de desplazamiento de estas dos piezas. De otra parte, en caso de no asistencia (motor parado o avería), son estas estrías las que aseguran la unión mecánica entre el volante y el piñón de cremallera.

El regulador de caudal y presión utilizado en este tipo de dirección asistida, que está emplazado en la propia bomba, y conectado al circuito.

Está constituido por un cuerpo cilíndrico, en el que se aloja un émbolo, aplicado contra su asiento por la acción del muelle. En su interior va dispuesta la válvula de descarga de presión, constituida por la bola y el muelle.

La presión de envío de la bomba llega por el conducto, quedando aplicada a ambas caras del pistón, que se comunican por el conducto, como puede verse con más detalle en el esquema. Esta presión puede alcanzar la salida para alimentación de la válvula rotativa de activación del sistema de asistencia, o descargarse al depósito por el conducto, según las fases de funcionamiento.

3.2.4 FASES DE FUNCIONAMIENTO DEL REGULADOR

El regulador adopta el funcionamiento de la dirección en tres diferentes fases:

- Maniobras de aparcamiento:

En estas condiciones de funcionamiento, el motor gira lentamente, por lo cual, el caudal de aceite y, por consiguiente, la velocidad y presión proporcionadas por la bomba no son elevadas. La diferencia de presiones es muy reducida, verificándose que con la acción del muelle del pistón es mayor, por cuya causa, el pistón se mantiene en la posición representada y la presión existente a la salida de la bomba está aplicada totalmente a la válvula rotativa y al gato.

- Funcionamiento en línea recta (a cualquier régimen de motor):

Dado que el motor del vehículo gira ahora más rápido, el régimen de rotación de la bomba de asistencia es superior al indicado en el caso anterior, con lo que tanto la presión, como la velocidad aumentan. A medida que crece este aumento, la diferencia entre las presiones se hace mayor.

En estas condiciones se cumple que la presión más la fuerza del muelle del pistón, es menor que la presión enviada por la bomba, con lo cual, el pistón se desplazará hacia la izquierda, destapando el conducto de retorno al depósito, lo que implica una caída de la presión de envío de la bomba y, por tanto, de la que alimenta a la válvula rotativa seguidamente al gato de asistencia.

Como consecuencia de todo ello, queda reducida la asistencia de la dirección en estas condiciones de funcionamiento del vehículo.

- Maniobras en tope (caso de una rueda contra la vereda, cremallera a tope de recorrido):

En este caso la cremallera, así como el gato, quedan bloqueados, por lo cual, ya no es posible el paso de aceite hacia la válvula rotativa y el gato, comportándose el sistema como si la salida del regulador hacia la válvula estuviese bloqueada, en cuyo caso, ya no existe el caudal (deja de circular el aceite) y la presión aplicada a la válvula de bola producirá la apertura de la misma, descargándose por ella el exceso de presión.

3.2.5 VENTAJAS DE LOS SISTEMA DE DIRECCIÓN ASISTIDAS¹⁹

Las direcciones asistidas cualquiera sea su tipo, presentan sobre las convencionales las siguientes ventajas:

- Proporcionan una ayuda al conductor, disminuyendo el esfuerzo a realizar por el mismo para lograr la orientación de las ruedas.
- Permiten adoptar relaciones de desmultiplicación más directas, en beneficio de una mayor sensibilidad en la conducción.
- Pueden ser acopladas a cualquier tipo de vehículos.
- En caso de reventón de una rueda, limitan el tiro lateral que se produce, manteniendo al vehículo en línea recta con gran facilidad.

¹⁹MARTINEZ, Hermógenes, Manual del Automóvil Reparación y mantenimiento Suspensión, Dirección, Frenos, Neumáticos y Airbag, 1° Edición, España, Editorial CULTURAL S.A, 1999

3.2.6 DIAGNÓSTICO DE AVERÍAS DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN²⁰

Siendo este sistema de vital importancia para la marcha y control del vehículo, es necesario que todos los elementos que lo componen estén en las debidas condiciones para procurar la mayor seguridad de marcha. Los defectos en estos mecanismos se manifiestan por un irregular desgaste de los neumáticos, dureza de la dirección, vibraciones, trepidaciones, etc., que hacen necesaria la puesta a punto del mismo. Mediante una prueba realizada en carretera y la observación del desgaste de los neumáticos, se ponen de manifiesto unos síntomas que determinan las comprobaciones que es necesario realizar y las averías que deben repararse, aunque es muy conveniente efectuar una revisión completa del sistema cuando se observen defectos en su funcionamiento.

Los esfuerzos a los que están sometidos los componentes del sistema de dirección no son excesivamente grandes y, como las piezas están calculadas para soportar esfuerzos muchísimos mayores, para que trabajen con un gran margen de seguridad, no es fácil la rotura de ninguna de ellas; por tanto, las únicas averías que pueden presentarse, son las producidas por deformaciones debidas a golpes o las holguras debidas a desgaste. Así como también en el interior de la caja de la dirección (mecanismo desmultiplicador). Estas holguras hacen que las ruedas queden un poco independientes del mando de la dirección, dando a cabo una vibración insistente que se manifiesta a determinadas velocidades en el volante de la dirección y es producido por el "abaniqueo" de las ruedas.

²⁰MARTINEZ, Hermógenes, Manual del Automóvil Reparación y mantenimiento Suspensión, Dirección, Frenos, Neumáticos y Airbag, 1º Edición, España, Editorial CULTURAL S.A, 1999

El diagnóstico de averías se efectúa realizando las oportunas pruebas del vehículo en carretera. No obstante, antes de ello deberán comprobarse los neumáticos, pues es sabido que ejercen una gran influencia sobre el sistema de dirección y muchas causas de anomalías son debidas a ellos; por esta razón, deberá verificarse que sean las medidas y tipo adecuado y estén inflados a la presión que corresponda. Un defecto de inflado produce alteración de las cotas de la dirección, con los inconvenientes que ello representa. Para comprobarlo basta hacer pasar una rueda del vehículo por encima de una hoja de papel fino colocado en piso horizontal y liso. Si la rueda está inflada a su presión debida y las cotas de la dirección son correctas, la hoja de papel no se moverá; en caso contrario, el papel saldrá hacia un lado cuando pase la rueda por encima y, además se arrugará, lo que indica un frotamiento del neumático con el suelo, que es debido a la alteración de las cotas de la dirección, o presión de inflado defectuosa.

Seguidamente se procederá a realizar la prueba del vehículo en carretera, para lo cual, se alcanzará una velocidad de 60 km/h y se observará si se producen vibraciones, así como el grado de dureza y la rumorosidad de la dirección en las curvas, y si al tomarlas se producen chillidos de los neumáticos. Soltando las manos del volante se observará si vuelve a su posición de línea recta al terminar la curva y si en recta no se desvía hacia ninguno de los lados de la carretera y resulta estable la dirección. A continuación se aumentará la velocidad progresivamente, observando atentamente si aparecen vibraciones y si éstas cesan al aumentar aún más la velocidad.

Por los síntomas observados durante la prueba, pueden deducirse las posibles averías y, en consecuencia, las reparaciones a realizar. Los síntomas encontrados pueden ser:

- **Vibraciones en las ruedas anteriores, que pueden ser debidas a las siguientes causas:**

a) Ruedas desequilibradas, en cuyo caso será necesario proceder a su equilibrado.

b) Huelgo en los cojinetes del cubo de rueda, lo que deberá comprobarse levantándolas del suelo e intentando moverlas, tirando y empujando de puntos diametralmente opuestos.

c) Huelgo excesivo en las palancas, articulaciones, rótulas, etc., del tren delantero, lo que deberá comprobarse efectuando una revisión del sistema, como más adelante se detallará.

d) Holgura excesiva en el mecanismo desmultiplicador, lo que se comprobará haciendo girar el volante en uno y otro sentido, hasta obtener el inicio de orientación de las ruedas con el vehículo parado. Un movimiento del volante de más de 10°, sin que se produzca orientación de las ruedas, supone una holgura excesiva. Se corrige efectuando el correspondiente reglaje del mecanismo

e) Tornillos de sujeción de la caja de dirección flojos, lo que se corrige dándoles el correspondiente par de apriete.

f) Mala regulación de las cotas de reglaje de la dirección, en cuyo caso, es necesario proceder a la operación de alineado de trenes, que se realiza en máquinas especiales.

- **Rumorosidad al accionar el volante de la dirección, que puede ser debida a una de las siguientes causas:**

a) Falta de engrase de la caja de la dirección, lo que deberá comprobarse retirando el tapón de llenado correspondiente y reponiendo el aceite que fuera necesario hasta completar el nivel adecuado.

b) Falta de engrase en cojinetes del pivote o en rótulas, lo que se corrige efectuando el correspondiente engrase o sustitución de rótulas.

c) Cojinetes, rótulas, o brazos de suspensión parcialmente agarrotados por falta de engrase, en cuyo caso es necesario su desmontaje y limpieza antes de proceder al nuevo engrase.

d) Articulaciones elásticas en mal estado, lo que puede comprobarse intentando desplazarlas de su posición para ver si existen holguras o se producen ruidos.

e) Ballestas o muelles de suspensión rotos, en cuyo caso es necesaria la sustitución.

- **Dureza de la dirección, que se pone de manifiesto en marcha lenta o maniobras, cuyas causas pueden ser las siguientes:**

a) Falta de engrase en la caja de la dirección, que se corrige aportando la cantidad de aceite necesaria.

b) Mala regulación del acoplamiento entre el sinfín y el sector o el piñón y la cremallera, lo que se corrige efectuando el correspondiente reglaje.

c) Deformaciones de los brazos de suspensión debidas a golpes, en cuyo caso es necesario cambiar las piezas defectuosas.

d) Incorrecta alineación de la dirección, que puede corregirse mediante la operación de alineado. Generalmente el defecto será debido a un avance excesivo.

e) Ballestas o muelles rotos o cedidos, lo que altera las cotas de la dirección y, por tanto, se hace necesaria la sustitución. En el caso de barras de torsión, deberá efectuarse el reglaje de alturas.

- **Holgura en el volante de la dirección, que puede ser debida a:**

a) Rótulas desgastadas o flojas, lo que deberá ser constatado intentando forzarlas de su posición.

b) Fijaciones de la caja de dirección defectuosas, lo que deberá ser corregido apretándolas convenientemente.

c) Conjunto desmultiplicador desgastado, en cuyo caso se hará necesaria la sustitución.

- **Chillido de los neumáticos de las curvas, que puede ser debido a:**

a) Defecto en alguna de las cotas de reglaje de la dirección, lo que deberá comprobarse mediante la operación de alineado.

b) Deformaciones en los brazos de suspensión, que provocan anomalías en las cotas de la dirección. Los brazos defectuosos deben ser sustituidos.

- **El vehículo no sigue la trayectoria recta, ni se endereza al salir de las curvas, dando como resultado un andar vagabundo, lo que puede ser debido a:**

a) Falta de avance o inclinación de rueda, que deberá comprobarse y corregir en caso necesario en el alineador de dirección.

b) Holgura en los cojinetes de las ruedas anteriores, lo que debe ser constatado de la manera ya reseñada.

c) Palancas de accionamiento o caja de dirección flojas en sus uniones, lo que deberá ser comprobado en la forma consabida.

d) Holgura excesiva entre el sinfín y el sector, o bien entre el piñón y la cremallera, en cuyo caso deberá efectuarse el correspondiente reglaje.

- **Al soltar el volante de la dirección, el vehículo se va hacia un lado de la carretera, lo que puede ser debido a las siguientes causas:**

a) Mala regulación de la convergencia, que deberá comprobarse en el alineador de dirección.

b) Avance o inclinación de rueda desiguales en las ruedas delanteras, en cuyo caso es necesaria la operación de alineado.

c) Amortiguador en mal estado, implica la sustitución del mismo.

d) Ballestas de suspensión deformados por golpes, que implica el cambio de los mismos.

e) Brazos de suspensión deformados por golpes, que implica el cambio de los mismos.

f) Presión de inflado desigual en las ruedas de un mismo eje, que se corrige dando la correspondiente presión.

De los síntomas encontrados en la prueba del vehículo en carretera, pueden sacarse unas conclusiones para determinar la clase de avería que los provoca. Si a esto se une el diagnóstico debido al desgaste de los neumáticos, se tendrá una idea bastante clara del defecto que aqueja al sistema de dirección, o la falta de alineación del eje trasero, si de él se tratase. No obstante, siempre que se observe un irregular desgaste de neumáticos, hay que efectuar la operación de alineado de la dirección.

3.2.7 AVERÍAS EN SISTEMAS DE DIRECCIÓN HIDRAULICA²¹

En estos sistemas podemos encontrar las siguientes anomalías o fallas:

- **Rumorosidad anormal: en este aspecto es preciso resaltar que la bomba no es totalmente silenciosa, produciendo algún ruido cuando el vehículo está estacionado con el motor en marcha, especialmente con las ruedas giradas a tope. Una rumorosidad excesiva puede ser debida a las siguientes causas:**

a) Nivel de líquido bajo en el depósito, lo que se corrige reponiendo el necesario.

b) Correa de accionamiento de la bomba destensada, en cuyo caso deberá procederse al tensado de la misma

c) Polea de la bomba floja en sus fijaciones o dañada, lo que implica el reapretado de la misma o la sustitución según el caso.

d) Válvula de regulación del flujo defectuosa, que deberá ser comprobada, como más adelante detallaremos.

e) Cojinetes de polea de bomba desgastados, lo que se comprueba verificando su holgura y sustituyéndolos en caso necesario.

²¹MARTINEZ, Hermógenes, Manual del Automóvil Reparación y mantenimiento Suspensión, Dirección, Frenos, Neumáticos y Airbag, 1º Edición, España, Editorial CULTURAL S.A, 1999

- **Dirección dura en maniobras, que puede ser debido a:**
 - a) Correa de bomba destensada, que deberá ser tensada.
 - b) Manguitos o tuberías obstruidos, que deben ser limpiados o sustituidos.
 - c) Nivel de líquido bajo, que deberá reponerse.
 - d) Presencia de aire en el sistema hidráulico, que deberá ser purgado.
 - e) Presión de líquido baja, que deberá ser comprobada.

- **Dirección desequilibrada, con tiro lateral del vehículo hacia uno de los lados, que puede ser debido a las siguientes causas:**
 - a) Desgaste irregular de neumáticos o presión incorrecta, que se corrige con la sustitución de los mismos o la puesta a presión.
 - b) Geometría de la dirección incorrecta, que deberá verificarse con la operación de alineado.
 - c) Tubería de líquido dañada u obstruida, que debe ser limpiada.

- **Fugas de líquido, que pueden ser debidas a las causas siguientes:**

- a) Retén defectuoso en la válvula de control, que deberá ser sustituido.
- b) Conexiones de tubos defectuosas, que deberán apretarse o sustituir.
- c) Retén de pistón defectuoso, que deberá cambiarse.
- d) Rotura de carcasa, en cuyo caso deberá desmontarse la dirección para efectuar la reparación correspondiente.

- **Falta de asistencia, que puede ser debida a las siguientes causas:**

- a) Falta de aceite en el sistema, que deberá reponerse.
- b) Falta de presión en la bomba, que deberá ser verificada.
- c) Comunicación entre ambos lados del émbolo de asistencia, que se constatará y reparará.
- d) Obstrucciones o roturas de conducciones, que deberán ser limpiadas o sustituidas.

3.2.8 VERIFICACIÓN Y CONTROL DE LAS DIRECCIONES ASISTIDAS²²

La verificación de una dirección asistida deberá comenzar con la comprobación de la presión de aceite, para lo cual, se dispone un manómetro a la salida de la bomba, conectado en paralelo con el circuito de aceite que desde la bomba alimenta a la válvula de control. Seguidamente se comprueban los valores de presión obtenidos para posiciones de las ruedas orientadas en línea recta y giradas a tope.

En el primer caso, la presión de envío deberá estar comprendida entre 5 y 7 bares, cualquiera que sea el régimen de giro del motor. Si la presión obtenida en ralentí es superior a la estipulada, indica un defecto de la válvula de control; por el contrario, si la presión es baja en exceso, aún con aceleración del motor, el defecto está en el regulador.



Figura 3.3 Caja de dirección hidráulica. ²³

Con las ruedas orientadas a tope en cualquiera de los sentidos, la presión deberá estar comprendida entre 50 y 65 bares, no debiendo existir una diferencia superior a 5 bares de un sentido de orientación a otro. Una presión baja en exceso, con

²²MARTINEZ, Hermógenes, Manual del Automóvil Reparación y mantenimiento Suspensión, Dirección, Frenos, Neumáticos y Airbag, 1º Edición, España, Editorial CULTURAL S.A, 1999

²³ Direcciones Hidráulicas A.J.(10 de Abril de 2012).
<http://www.direccioneshidraulicasaj.com/direcciones.html>

oscilaciones de la aguja del manómetro, indica que el regulador es defectuoso, mientras que esto último sin oscilaciones de la aguja, indica fuga interna en el gato hidráulico o válvula de mando defectuosa. Las diferencias de presión en los dos sentidos de orientación ponen de manifiesto que la válvula de mando de control se encuentra en mal estado.

Detectado mediante estas pruebas cuál es el elemento defectuoso, se procederá al desmontaje del mismo para su verificación individual y a la reparación pertinente. En este sentido, detallare las verificaciones de los siguientes elementos.

3.2.8.1 BOMBA DE ASISTENCIA Y REGULADOR

Para realizar la comprobación de una bomba de asistencia, se procederá a la limpieza exterior de la misma, desmontaje y posterior limpieza de sus componentes. Con ellos desmontados, se comprobará que la carcasa no presente deformaciones ni grietas o golpes y que la superficie interna de alojamiento del anillo, así como las de éste no presenten ralladuras ni desgaste excesivo.

El rotor deberá encontrarse en perfectas condiciones, acoplado correctamente en el anillo. Las paletas no deberán presentar roturas, deformaciones, ni síntomas de un desgaste excesivo.

El conjunto ensamblado debe girar libremente por medio de su eje de mando, sin agarrotamientos ni puntos duros. En caso contrario, deberán sustituirse el rotor y el anillo externo.

También se comprobará que el eje no esté deformado y, en todos los casos de intervención, se sustituirán los retenes.

Formando parte de la bomba, generalmente, se encuentra el regulador, cuyo émbolo deberá encontrarse en perfectas condiciones, sin que presente ralladuras, desgaste excesivo, ni síntomas de gripado.

Con posterioridad al ensamblado de componentes y montaje de la bomba sobre el vehículo, se comprobará al llenar el depósito acoplado a ella, que no existen fugas de líquido, estando el motor en marcha. También en estas condiciones y teniendo pinzada la salida de presión, se comprobará que ésta alcanza un valor superior a 80 bares.

Esta prueba tendrá una duración inferior a 15 segundos, para evitar que el aceite alcance temperaturas elevadas. Si la presión alcanzada fuese baja en exceso, deberá procederse al regulador o a la sustitución del conjunto rotor y anillo.

3.2.8.2 VÁLVULA ROTATIVA DE CONTROL Y GATO HIDRÁULICO

La válvula de control está instalada en el propio eje de mando del piñón y el gato hidráulico se sitúa en la propia cremallera. El resto de piezas es común a las de una dirección convencional de este tipo, por lo que las comprobaciones a realizar son similares.

En cuanto al gato hidráulico se refiere, deberá comprobarse la estanqueidad del mismo, para lo cual, estando el conjunto ensamblado, se soplará con aire a presión sucesivamente por cada uno de los conductos de aceite, observando si hay fugas por el otro, o por las estanqueidades laterales.

Si existen fugas deberán sustituirse los conjuntos de retenes y anillos del lado correspondiente, aunque es buena norma sustituirlos siempre que se interviene este mecanismo.

En la válvula de control se comprobará que sus componentes no presentan deformaciones ni ralladuras que pudieran ser objeto de fugas. Si en las pruebas de presión realizadas con anterioridad al desmontaje se hubiese puesto de manifiesto un defecto de este mecanismo, deberá sustituirse, salvo en el caso en que durante el desmontaje se observase que la fuga es producida por alguna suciedad.

3.2.8.3 ALINEACIÓN DE RUEDAS

Cuando se detecte un comportamiento anormal de la dirección de un vehículo en carretera (vibraciones, inestabilidad, etc.), o el desgaste irregular de los neumáticos, debe procederse a la operación de alineado de la dirección con las adecuadas. La variación de las mismas se realiza quitando o poniendo arandelas en diversos puntos, o mediante tirantes regulables, en el caso de suspensiones independientes y por medio de cuñas en los casos de eje rígido.

Antes de proceder a esta comprobación, es necesario conocer los valores de las distintas cotas de la dirección dados por el fabricante, que no deberán cambiarse. También es preciso revisar las dimensiones, presión de inflado y grado de desgaste de los neumáticos, estado de las articulaciones.

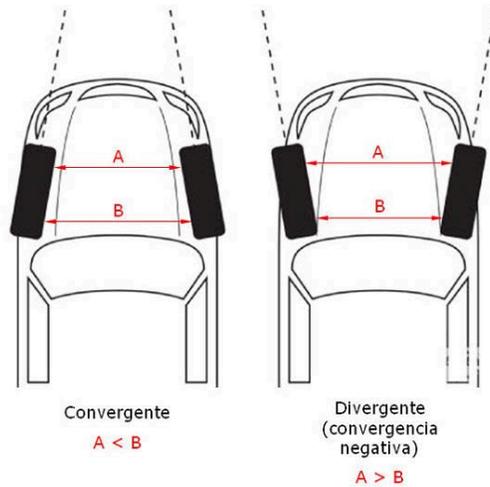


Figura 3.4 Alineación de ruedas.²⁴

Las operaciones de reglaje deben efectuarse en las condiciones de carga dadas por el fabricante.

Es buena norma, cuando no se dispone de datos de ninguna clase fijarse en el desgaste de los neumáticos antes de proceder al reglaje y dar a la rueda cuyo neumático esté desgastado irregularmente, los valores de las cotas que se obtengan al medir la otra rueda, pues de esta manera se tendrán los mismos valores en las dos, con lo que la dirección quedará en mejores condiciones.

Por último, antes de variar una cota de la dirección, deberá comprobarse que los muelles, ballestas o barras de torsión del sistema de suspensión y los brazos oscilantes, no estén deformados ni cedidos; por cuya causa, podrían variar las cotas. También debe tenerse en cuenta que al variar una cota pueden sufrir alteración las demás de la misma rueda, por lo que la operación debe realizarse por tanteos.

²⁴ Taller virtual. (10 de Abril de 2012). <http://www.tallervirtual.com/2012/06/07/es-hora-de-realizar-una-alineacion-de-nuestro-coche-parte-ii/>

CAPÍTULO 4

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS DE CAJAS DE DIRECCIÓN HIDRÁULICAS

Este capítulo es uno de los más importantes de la presente tesis, ya que se detallara todos los componentes que se usara en el banco de pruebas que se va a construir, indicando el tipo de material, medidas, y todas las características generales, en especial de los componentes principales del mismo, cada componente será fotografiado y adjuntado para tener una noción más clara de los componentes a usarcé y del proceso de construcción del banco de pruebas

4.1 ESTRUCTURA DE SOPORTE

En la construcción del banco de pruebas empezaremos con el diseño de la estructura, parte fundamental del banco de pruebas ya que será la encargada de portar los componentes más importantes y fijos del mismo, tales como el motor eléctrico, manómetros, indicadores, bases de poleas, mangueras, reservorios.

4.1.1 MATERIAL

Para escoger el material con el que será construido el banco de pruebas de cajas de dirección hidráulica, se partirá de un análisis de materiales, donde se analizará cuál de las siguientes opciones será la que mejor resultado obtenga, una vez que se haya escogido el material se procederá a realizar un análisis, partiendo del peso que va a soportar la estructura donde se calculará la tensión que soportará, la deformación bajo carga axial, y la tensión por esfuerzo de corte vertical.

4.1.1.1 Tabla De Características De Los Materiales A Ser Considerado

MATERIAL	RESISTENCIA A LA TENSIÓN (MPa)	RESISTENCIA DE FLUENCIA (MPa)	DUCTILIDAD (% de elongación en 2 pulgadas)	COSTO (Dólares) 1 metro 10x10
Aluminio 1060	69	28	43	150\$
Acero A500	310	269	25	60\$
Titanio Ti-35 ^a	241	172	24	600\$
Bronce C54400	469	393	20	220\$
Hierro A48-94 ^a	138	/	<1	100\$

Tabla 4.1 Tabla De Características De Los Materiales A Ser Considerado

La madera y el plástico no han sido tomados en cuenta para la selección del material de la estructura del banco de pruebas, ya que el motor eléctrico del banco de pruebas genera calor, y al ser materiales con alta combustibilidad presentaría un peligro eminente para el usuario.

Con esta tabla se hará la selección del material analizando uno a uno y así escoger la mejor opción para el banco de pruebas de caja de dirección hidráulica.

4.1.1.2 Análisis de los materiales

HIERRO

El hierro es totalmente descartado para ser tomado en cuenta como material para la estructura del banco de pruebas de cajas de dirección hidráulicas, ya que tiene una ductilidad muy baja es un material muy duro, pesado y difícil de darle la forma que el banco de pruebas requiere.

TITANIO

El titanio es un material que presenta muy buenas características para ser tomado en cuenta como material para la estructura del banco de pruebas, pero es descartado ya que su costo es muy alto, además de requerir soldas especiales para su unión por lo que el costo de la estructura del banco de pruebas de cajas de dirección hidráulicas se elevaría considerablemente.

ALUMINIO

El aluminio es un material que queda descartado para ser tomado en cuenta como material para la estructura del banco de pruebas, ya que tiene valores muy bajos de resistencia a la tensión y resistencia a la fluencia, esto ocasionaría que la estructura quede muy débil y frágil, además de tener un valor de ductilidad alto para el propósito que se lo necesita.

BRONCE

El bronce es muy material que presenta muy buenas características para ser tomado en cuenta como material para la estructura del banco de pruebas, pero es descartado ya que su costo es muy alto, además de requerir sueldas especiales para su unión por lo que el costo de la estructura del banco de pruebas de cajas de dirección hidráulicas se elevaría considerablemente.

ACERO

El acero es el material que cumple con todas las necesidades requeridas para la estructura del banco de pruebas de cajas de dirección hidráulicas, es un material que su ductilidad nos permitirá dar las formas requeridas, es un material resistente, de bajo peso y su costo es muy bajo, además de que puede ser soldado con sueldas de tipo MIG, la cual es una suelda muy resistente y de bajo costo, es por ello que la estructura del banco de pruebas de cajas de dirección hidráulicas será construido con acero estructural cuadrado.

Una vez que se ha escogido al acero como material para la estructura del banco de pruebas de cajas de dirección hidráulicas, es posible realizar los siguientes cálculos:

4.1.1.3 Cálculos del Acero

DATOS DEL MATERIAL:

Material: Acero Cedula 40

Norma: ASTM (American Standars and Testing Materials) A 53 GR B

Recubrimiento: Negro

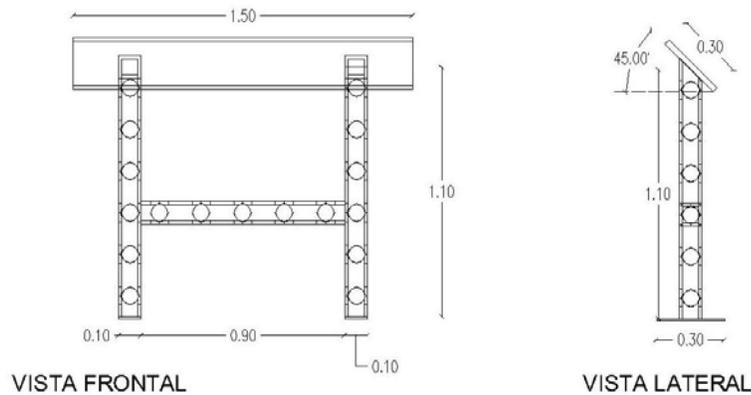
RESISTENCIA MECÁNICA

Resistencia a la tracción: 60000 psi

Límite de elasticidad: 35000 psi

Alargamiento: 0,5 %

DIMENSIONES ESTRUCTURA



Espesor de las vigas y templador de vigas = 3mm

Espesor de la mesa de trabajo = 5mm

DATOS DE LA ESTRUCTURA

ESPESOR: 3 mm

PRESION / PRUEBA: 1,05 kg/cm²

PESO TOTAL: 35,8 Kg

Peso del motor eléctrico = 25 Kg

Peso de la bomba hidráulica = 3Kg

Peso del depósito líquido hidráulico = 0.400 Kg

Peso de la caja de dirección hidráulica = 5 Kg

Peso del recipiente recuperador de líquido hidráulico = 0.400 Kg

Peso de mangueras = 2 Kg

NOMINAL: 3 mm

EXTERIOR: 5 mm

COMPOSICIÓN QUÍMICA

MAXIMO PORCENTAJE

CARBÓN	0.3
MANGANESO	1.2
FOSFORO	0.05
AZUFRE	0.06

4.2 Tabla composición química del acero máximo porcentaje

CÁLCULOS DE ESFUERZOS

TENSIÓN SOPORTADA

ESTRUCTURA 5mm de espesor y 1, 5 metros de largo (mesa de trabajo)

$$\sigma = F/A$$

$$A = 1,5 \times 0,3 = 0,45 \text{ mts cuadrados}$$

$$\sigma = 35,8 \text{ kgf}/0,45 = 79, 55 \text{ Kg/m}^2$$

ESTRUCTURA 3mm de espesor, 1,10metros de largo (columnas)

$$\sigma = FA$$

$$A = 1,10 \times 0,10 = 0,11 \text{ metros cuadrados}$$

$$\sigma = 35,8 \text{ Kgf} / 0,11 = 325 \text{ Kg/m}^2$$

ESTRUCTURA 3 mm de espesor, 0, 90 metros de largo

$$\sigma = F/A$$

$$A = 0,90 \times 0,10 = 0,09 \text{ metros cuadrados}$$

$$\sigma = 35,8 \text{ Kgf} / 0,09 = 397,77 \text{ Kg/m}^2$$

DEFORMACIÓN BAJO CARGA AXIAL

$$L = 5 \text{ mm}$$

$$\delta = \sigma \times L / E$$

E= Modulo de elasticidad

$$E = 207 \times 10^9 \text{ Nm}^2$$

$$\delta = 79,55 \text{ Kg/ m}^2 \times 1,5 \text{ m} \times 207 \times 10^9 \text{ Nm}^2$$

$$\delta = 3,221775 \times 10^{13} \text{ PAS}$$

TENSIÓN POR ESFUERZOS

Perfil= 5mm

$$\tau_{\max} = T \times C / J$$

$$\tau_{\max} = 0.005 \text{ m}$$

$$c = |x|$$

$$c = 0.0025 \text{ m}$$

$$T = F \times D^2$$

$$T = 648 \text{ kg} \cdot 0.0025 \text{ m} = 0,09625 \text{ kg.m} \cdot 9.8 \text{ N/kg} = 0,9442125 \text{ Nm}$$

$$J = \pi \cdot 32 \cdot 1.226 \times 10^{-6}$$

$$J = 1.2042 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$\tau_{\max} = T \cdot x / J$$

$$\tau_{\max} = 0,9442125 \text{ Nm} \cdot 0.0025 \text{ m} / 1.2042 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$\tau_{\max} = 284,2386 \text{ PAS}$$

TENSIÓN POR ESFUERZO DE CORTE VERTICAL

$$Q = A_p \cdot y \cdot A_p = \pi D^2 t$$

$$t = r_1 - r_2$$

$$t = 2 \text{ mm}$$

$$A_p = \pi D^2 t \quad Y \quad y = D/4 \quad t = 0.002 \text{ mm}$$

Sin duda alguna el acero es el material más conveniente para la fabricación de la estructura del banco de pruebas de cajas de dirección hidráulicas ya que cumple con las necesidades requeridas, como se puede apreciar en los cálculos anteriormente realizados, además de contar con un coeficiente de seguridad muy alto el cual nos garantizara seguridad al momento de aplicar los pesos requeridos por el banco de pruebas de cajas de dirección hidráulicas.

La construcción de la estructura del banco de pruebas será realizada en tubo cuadrado estructural de 10cm de ancho por 10cm de alto ya que los tubos estructurales soldados ofrecen grandes ventajas sobre los clásicos perfiles estructurales ofreciendo grandes ventajas como:

- Por su forma cerrada y bajo peso presentan una ventaja muy bien aprovechada para la construcción de la estructura del banco de pruebas ya que reducirá el peso notablemente, lo cual nos permitirá trasladar el banco de pruebas de un lado a otro sin ninguna dificultad, además de brindar seguridad para los apoyos requeridos del banco.
- Facilidad de montaje, permitiendo la realización de uniones simples por soldadura.
- Superficies exteriores reducidas, sin ángulos vivos ni rebabas, permitiendo un fácil mantenimiento y protección contra corrosión.

Se usara un tubo cuadrado completo de 3m para la construcción de los componentes principales de la estructura, aprovechando totalmente la longitud para reducir costos, además al tubo cuadrado se le realizara cortes circulares simultáneos en sus 4 caras con el objetivo de reducir el peso de la estructura y además de cuidar la estética del mismo.

4.1.2 DISEÑO Y MEDIDAS DE LA ESTRUCTURA

La estructura será construida en forma de "T" como se puede ver en la imagen



Figura 4.1 Estructura guía para el banco de pruebas.²⁵

Para obtener un apoyo muy seguro hacia el suelo brindando seguridad de trabajo, evitando pandeos y posibles vibraciones por falta de apoyo además de soportar el peso de los componentes del banco de pruebas.

La estructura tendrá un ancho total en la parte superior de 1.50 metros, y un ancho entre bases de 0.90 metros, para de esta manera lograr simetría y nivelar pesos para evitar virajes no deseados de la estructura, las bases de la estructura así como la mesa de trabajo serán de plancha de acero de 5mm de espesor, donde la mesa de trabajo tendrá un ancho de 1.50 metros por un alto de 0.30 metros y será instalada con una inclinación de 45°, dando una amplia superficie de trabajo y además poder montar la caja de dirección hidráulica a evaluarse, las bases de la estructura serán de 0.10 metros de ancho por 0.30 metros de alto, la altura total de

²⁵Redín, D. (1 de Mayo de 2012).

<http://www.google.com.ec/imgres?q=dise%C3%B1os+de+estructuras+metalicas+stands&um=1&hl=es&sa=N&biw=1058&bih=464&tbn=isch&tbnid=mLAGgiEyTSHzIM:&imgrefurl=>

la estructura será de 1,10 metros, donde se apoyara la mesa de trabajo antes mencionada para obtener comodidad de trabajo ya que al momento de usar el banco de pruebas va a existir la necesidad de cambiar acoples, mangueras, poleas, bandas, etc. Todo esto ocurrirá según el requerimiento de la caja de dirección a evaluarse y a las pruebas que se vayan a realizar.

4.1.3 GRÁFICOS DEL DISEÑO DE LA ESTRUCTURA

Pilares de la estructura (Tubo cuadrado 10cm x 10cm) longitud 1.10m

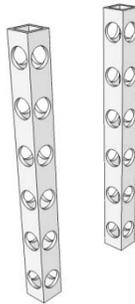


Figura 4.2 Pilares de la estructura.²⁶

²⁶Redín, Diego (2012). AutoCAD

Templador de los pilares (Tubo cuadrado 10cm x 10cm) longitud 0.90m

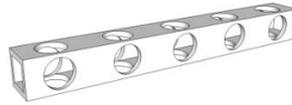


Figura 4.3 Templador de los pilares

Bases de la estructura (Plancha de acero 5mm espesor) 0.10m x 0.30m

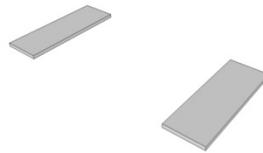


Figura 4.4 Bases de la estructura

Mesa de trabajo (Plancha de acero de 5mm de espesor) 1.50m x 0.30m

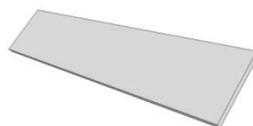


Figura 4.5 Mesa de trabajo

Armado de las piezas

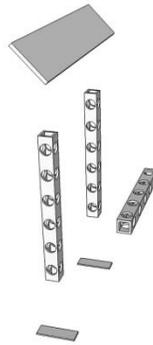


Figura 4.6 Ensamblaje de la estructura.²⁷

Estructura Armada Vista # 1



Figura 4.7 Estructura Armada Vista #1

Estructura Armada Vista # 2

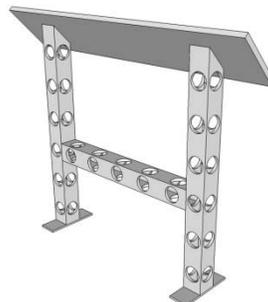


Figura 4.8 Estructura Armada Vista #2

²⁷Redín, Diego (2012). AutoCAD

Vista Frontal y Lateral

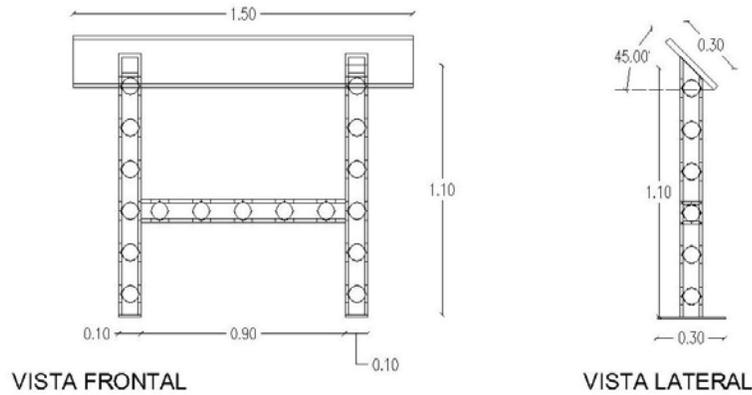


Figura 4.9 Vista frontal y lateral de la estructura.²⁸

4.1.4 PINTURA

La pintura de la estructura será realizada con esmalte de color azul ya que es resistente a la corrosión, el esmalte resiste al ataque de los agentes atmosféricos, es insensible a una continua o intermitente exposición al agua o en el caso del banco de pruebas al aceite.

Nos garantiza facilidad de limpieza además de que el esmalte evita o disminuye la conducción de la electricidad, por lo que nos dará seguridad al momento de realizar conexiones eléctricas.

²⁸Redín, Diego (2012). AutoCAD



Figura 4.10 Pintura esmalte.²⁹

4.2 MANÓMETROS, REDUCTORES DE PASO E INDICADORES DE TEMPERATURA

En la construcción del banco de pruebas de cajas de direcciones hidráulicas es indispensable la utilización de manómetros de presión, reductores de flujo e indicadores de temperatura los cuales nos ayudaran a detectar fallas, y también garantizar el correcto funcionamiento de las cajas de dirección, verificando que las presiones temperaturas y flujos se encuentren dentro de los parámetros normales de funcionamiento.

La instalación de estos manómetros e indicadores será en los conductos de entrada y salida del aceite hacia la caja de dirección hidráulica, para obtener valores de entrada y salida lo que nos ayudara a determinar el lugar de la falla es decir si el problema se encuentra en el sistema de alimentación (bomba hidráulica), en la caja de dirección hidráulica, o en el sistema de retorno del aceite

²⁹Redín, Diego (2012).

hacia la bomba, con esto determinaremos las posibles causas para ocasionar fallas en el correcto funcionamiento de la caja de dirección hidráulica como el exceso de presión, falta de presión, fugas, etc.

Además de instalar manómetros de presión en el ducto de abastecimiento de presión por parte de la bomba hidráulica.

4.2.1 MANÓMETRO DE PRESIÓN

El banco de pruebas contendrá 2 manómetros de presión de aceite, los cuales tendrán escala de 0 a 180PSI, la escala ha sido escogida por la necesidad de medir excesos de presión en el sistema las cuales pueden llegar hasta 170 PSI en sistemas obstruidos, además de saber que la presión normal de funcionamiento es de 90 a 130 PSI según las condiciones de manejo.

Los manómetros de presión estarán instalados en el ducto de alimentación ubicado después de la bomba hidráulica, y en el ducto de retorno después de la caja de dirección hidráulica, para controlar y verificar que la presión se mantenga dentro de los valores correctos de funcionamiento.



Figura 4.11 Manómetro de presión de aceite.³⁰

4.2.2 REDUCTORES DE FLUJO

El banco de pruebas contará con 2 reductores de flujo o también llamados reguladores o reductores, los que usaremos en el banco de pruebas serán básicamente llaves de paso, donde vamos a poder dar un 100% de caudal, 50% de caudal, y restringir el paso totalmente del aceite para con esto simular posibles fallas, como la obstrucción en mangueras, tubos doblados, suciedad en sistema, etc.

Los reductores de flujo o también conocidos como reguladores o reductores estarán instalados junto a los manómetros de presión, para de esta manera poder tomar lectura de la presión del sistema en las diferentes posiciones de la llave y verificando constantemente la estanqueidad del sistema.

³⁰Redín, Diego (2012).

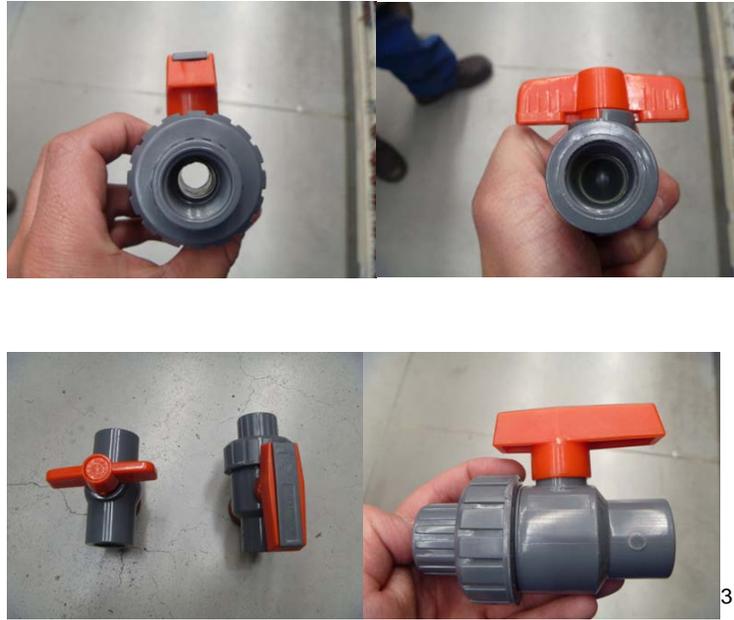


Figura 4.12 Reductores de flujo.

4.2.3 INDICADORES DE TEMPERATURA

Para el banco de pruebas usaremos 2 indicadores de temperatura los cuales tendrán una escala de 0 a 150 °C, la escala fue escogida ya que conocemos que la temperatura normal de trabajo del aceite hidráulico en las cajas de dirección hidráulicas oscila entre 20°C a 40°C según las condiciones de manejo, y condiciones de flujo.

Dichos indicadores estarán instalados en el recipiente de aceite hidráulico, en el ducto de alimentación hacia la caja de dirección hidráulica, en el ducto de retorno del aceite hacia la bomba hidráulica, y en la caja de dirección hidráulica, para poder evaluar la temperatura del aceite hidráulico en todos los puntos que existe o

³¹Redín, Diego (2012).

se genera trabajo, lo que nos ayudara a evaluar posibles fallas como la falta de aceite hidráulico en el sistema lo que generara mas fallas como las ralladuras de los cilindros, etc.



32

Figura 4.13 Indicador de temperatura de aceite.

4.3 ACOPLES Y MANGUERAS

El banco de pruebas de cajas de dirección hidráulicas contara con acoples de cobre, y mangueras de alta presión los acoples de cobre estarán ubicados junto a las mangueras de alta presión que estarán dirigidas hacia la caja de dirección hidráulica y hacia a la bomba de dirección hidráulica, siendo el objetivo principal de estos acoples y mangueras el fácil montaje y desmontaje de las cajas de dirección a probarse en el banco, también usaremos las acoples para la instalación de los manómetros e indicadores antes mencionados ya que la mayoría estarán ubicados en mangueras de alta presión y es indispensable el uso

³²Redín, Diego (2012).

de acoples ya que sin ellos sería prácticamente imposible el montaje de todos los manómetros e indicadores.

Cabe recalcar que el banco de pruebas contara con mangueras que tendrán diferentes medidas tanto de largo como de diámetro para de esta manera probar todo tipo de caja de dirección hidráulica sin importar marca del vehículo ni año de fabricación.

Se analizara tablas de perdidas, tanto en mangueras como en codos, además se calculara la presión y fuerza de la bomba de dirección hidráulica partiendo de los datos de fabricante, y el volumen total entregado por las mangueras que usara el banco de pruebas de cajas de dirección hidráulicas.

4.3.1 TIPOS DE ACOPLES

En la construcción del banco de pruebas usaremos acoples de cobre de los siguientes tipos:

- Acoples Rectos
- Acoples en forma “T”

Con ellos lograremos un armado seguro del sistema a probarse evitando fugas y por ende mediciones erróneas.



Figura 4.14 Acoples de cobre.³³

4.3.2 TIPOS DE MANGUERAS

El banco de pruebas contara con mangueras de alta presión, de tal manera que soporten un máximo de 300 PSI las cuales en su totalidad serán de caucho, ya que permitirán flexibilidad al momento de montarlas en la caja de dirección hidráulica, facilitando el trabajo al operador y además de permitir tolerancia al momento de doblar ligeramente para la correcta ubicación de las mismas en el banco.

Se usara mangueras de los siguientes diámetros:

³³Redín, Diego (2012).

- Manguera de diámetro 5/8 Pulg
- Manguera de diámetro 3/8 Pulg

Cabe recalcar que el banco de pruebas de cajas de dirección hidráulicas contara con mangueras de mayor diámetro como repuestos, para si el caso amerita según la caja de dirección hidráulica a probarse lo requiriera.



Figura 4.15 Mangueras de caucho.³⁴

4.3.3 TABLAS DE PÉRDIDAS POR FRICCIÓN EN MANGUERAS Y CODOS

³⁴Redín, Diego (2012).

4.3.3.1 Tabla De Pérdidas Hidráulicas En Mangueras

Escape (m ³ /h)	Diametro Interno (en pulgadas)								
	1/2"	5/8"	3/4"	1"	1.1/4"	1.1/2"	2"	2.1/2"	3"
Pérdida de la presión en PSI 20m de manguera									
0.1	0.26								
0.3	1.98	0.66	0.28						
0.6	5.09	1.69	0.71						
1.1	18.2	6.08	2.53	0.62	0.21	0.09			
2.3	65.3	21.8	9.06	2.22	0.75	0.31	0.08		
3.4		46.6	19.4	4.76	1.61	0.66	0.16	0.05	
4.5		79.4	33.0	8.14	2.72	1.12	0.28	0.09	
5.7			50.2	12.3	4.16	1.71	0.42	0.14	
6.8			70.9	17.4	5.88	2.41	0.59	0.20	0.09
7.9			93.2	22.8	7.74	3.17	0.77	0.26	0.11
9.1				29.3	9.91	4.07	1.00	0.33	0.14

Tabla 4.3 Tabla de perdidas hidráulicas en mangueras

4.3.3.2 Tabla Mangueras Hidráulicas Medidas

Diámetro interior		Diámetro exterior	Diámetro trenzado metálico	Presión en bar	
mm	Pulgadas	mm		Presión de trabajo	Presión de rotura
6.35	1/4	15.9 +- 0.5	11.1 +- 0.4	210	825
9.52	3/8	19.8 +- 0.5	15.1 +- 0.4	170	675
12.7	1/2	23 +- 0.5	18.03 +- 0.4	150	600
15.9	5/8	26.2+- 0.5	21.4 +- 0.4	110	450
19.5	3/4	30.2 +- 0.5	25.4 +- 0.4	90	375

Tabla 4.4 Tabla mangueras hidráulicas medidas

4.3.3.3 Tabla Coeficiente De Pérdidas Por La Forma De Codos

FORMA DEL CODO	COEFICIENTE	IMAGEN
Codo a 90°	$K= 30/r$	
Codo a 90° radio largo	$K= 20/r$	
Codo a 45°	$K= 16/r$	
Codo roscado a 90°	$K= 50/r$	
Codo roscado a 45°	$K= 26/r$	
Vuelta de retorno	$K= 50/r$	

Tabla 4.5 Tabla de coeficiente de pérdidas por la forma de codos

4.3.3.4 Tabla De Longitud Y Factor De Fricción En Codos

TIPO	LONGITUD EQUIVALENTE EN
	DIÁMETROS DE TUBERÍAS Le/D
Codo estándar a 90°	30
Codo a 90° radio largo	20
Codo roscado a 90°	50
Codo estándar a 45°	16
Codo roscado a 45°	26
Vuelta cerrada en retorno	50
Te estándar con flujo directo	20
Te estándar con flujo en el ramal	60

Tabla 4.6 Tabla de longitud y factor de fricción en codos

4.3.3.5 Tabla De Diámetros Y Factor De Fricción

TAMAÑO NOMINAL DE LA TUBERÍA (PULG)	FACTOR DE FRICCIÓN Ft
3/8	0.029
1/2	0.027
3/4	0.025
1	0.023
1-1/4	0.022
1-1/2	0.021
2	0.019

Tabla 4.7 Tabla de diámetros y factor de fricción

4.3.3.6 CARACTERÍSTICAS DE LAS MANGUERAS A UTILIZARSE

Las mangueras que serán utilizadas en el banco de pruebas de cajas de dirección hidráulicas es una manguera multipropósito flexible, la cual presenta las siguientes características:

- Material: caucho y lona
- Diámetro: 3/8" – 5/8
- Numero de trenzas: 2
- Presión: 150 a 300 P.S.I.
- Temperatura max: 90°C

La manguera fue escogida ya que cumple con los valores de presión y temperatura que el sistema hidráulico del banco de pruebas genera siendo una manguera que brindara seguridad al usuario ya que puede soportar valores muchos más altos, con ello evitaremos que se revienten las manguera por exceso de presión.

4.3.4 CÁLCULOS HIDRÁULICOS

Para empezar a realizar los cálculos hay que conocer los siguientes datos, los cuales han sido proporcionados por los fabricantes de los mismos:

- Caudal que genera la bomba hidráulica = 15 litros/min
- Presión que genera la bomba hidráulica = 100 PSI
- Longitud de la manguera alimentación = 1.5 metros
- Longitud de la manguera de retorno = 1.5 metros
- Medida de las mangueras de alimentación y retorno = 3/8
- Longitud de la manguera de abastecimiento del reservorio hidráulico = 1 metro
- Medida de la manguera de abastecimiento de reservorio hidráulico = 5/8
- Capacidad de líquido hidráulico en reservorio = 500 ml
- Capacidad de líquido hidráulico en caja de dirección y mangueras = 150 ml

4.3.4.1 Calculo de la presión y fuerza de la bomba de dirección hidráulica

PRESION Y FUERZA DE LA BOMBA

$$P = F/A$$

$$P = 100 \text{ lbf/plug}^2$$

$$F1 = P * A = 100 * 0,375 = 37,5 \text{ lbf}$$

$$F2 = P * A = 100 * 0,625 = 62,5 \text{ lbf}$$

4.3.4.2 Calculo del caudal por cantidad de líquido hidráulico

CUADAL

$$Q = V/T$$

$$T = V/Q$$

Reservorio liquido hidráulico

$$V1 = 500 \text{ ml} = 0,5 \text{ litros}$$

$$T1 = 0,5 / 15$$

$$T1 = 0,033 \text{ min.}$$

Sistema hidráulico (Con caja de dirección conectada)

$$V2 = 150 \text{ ml} = 0,15$$

$$T2 = 0,15 / 15 = 0,01 \text{ min.}$$

4.3.4.3 Calculo del volumen entregado por manguera

VOLUMEN TOTAL ENTREGADO POR MANGUERA

$$V = Q \times T$$

$$V = A \times L$$

$$A1 = \pi r^2$$

$$A1 = \pi 0,1875^2$$

$$A1 = 0,11 \text{ plg}^2 = 0,71 \text{ m}^2$$

$$L1 = 1,5 \text{ m.}$$

$$V1 = 0,71 \times 1,5 = 1,068 \text{ m}^3$$

$$A2 = \pi 0,3125^2$$

$$A2 = 0,30 \text{ plg}^2 = 1,97 \text{ m}^2$$

$$L2 = 1,5 \text{ m.}$$

$$V2 = 1,97 \times 1,5 = 2,96 \text{ m}^3$$

4.4 BOMBA DE DIRECCIÓN HIDRÁULICA

La Bomba De Dirección Hidráulica Que Usaremos En Nuestro Banco De Pruebas Será una bomba de paletas, con deposito de aceite hidráulico adicional, el cual tendrá una capacidad de 0.5 litro, la cual podrá entregar un caudal máximo de 15 litros por minuto a 1000 RPM, según especificaciones del fabricante de la bomba hidráulica.



Figura 4.16 Bomba de dirección hidráulica.³⁵

4.4.1 Relaciones De Transmisión De La Bomba De Dirección Hidráulica

El cálculo del diámetro de la polea que accionara la bomba de dirección hidráulica deberá ser diseñado de tal forma que la bomba gire a una velocidad:

- Simulando ralentí 1600 RPM,

Es indispensable respetar las revoluciones antes mencionadas para garantizar el correcto funcionamiento de la bomba y por ende de todo el sistema de dirección hidráulica.

³⁵Redín, Diego (2012).

El diámetro de la polea dependerá del tipo de motor, marca y revoluciones mínimas a las que funcione el motor de combustión interna, en nuestro caso como simularemos el movimiento del motor a combustión con un motor eléctrico, las poleas se diseñaran según las revoluciones del motor eléctrico, el motor que usaremos para la construcción del banco de pruebas entregara 3525 RPM constantes de tal forma que para conseguir las revoluciones anteriormente mencionadas necesitaremos realizar cálculos de desmultiplicación de revoluciones para obtener las revoluciones deseadas.



Figura 4.17 Poleas.³⁶

³⁶Redín, Diego (2012).

4.4.2 CALCULO DE RELACIÓN DE TRANSMISIÓN

El motor eléctrico que se está usando en el banco de pruebas de cajas de dirección hidráulica gira a 3525 RPM, por lo que tenemos que diseñar una relación de transmisión hacia la polea de la bomba de dirección hidráulica, de tal manera que esta gire a 1600 RPM, estas revoluciones son las deseadas ya que el sistema de dirección hidráulica entra en pleno funcionamiento en maniobras de parqueo o cuando el vehículo se encuentra a baja velocidad trabajando en el rango de las 1000RPM a 2000RPM, conociendo estos valores se realiza los siguiente cálculos:

DATOS:

RPM motor eléctrico = 3525 (n_2)

Diámetro de la polea del motor eléctrico = 5.6cm

RPM deseadas a la bomba de dirección hidráulica = 1600 (n_1)

Diámetro de la polea de la bomba de dirección hidráulica = ¿?

RELACIÓN DE TRANSMISIÓN

$$i = \frac{n_2}{n_1}$$

$$n_1$$

$$i = \frac{1600 \text{ RPM}}{3525 \text{ RPM}}$$

$$3525 \text{ RPM}$$

$$i = 0.45$$

Conociendo este valor de la relación de transmisión que encontramos, el cual es un desmultiplicado podemos encontrar el diámetro de la polea de la bomba de dirección hidráulica

4.4.3 CALCULO DEL DIÁMETRO DE LA POLEA DE LA BOMBA DE DIRECCIÓN HIDRÁULICA

$$i = \frac{d_1}{d_2}$$

$$d_2 =$$

$$0.45 = \frac{5.6}{d_2}$$

$$d_2 =$$

$$d_2 = \frac{5.6}{0.45}$$

$$0.45$$

$$d_2 = 12.4 \text{ cm}$$

La púa de la bomba de dirección hidráulica tiene que ser fabricada de 12.4cm de diámetro, para de esta manera obtener las revoluciones deseadas (1600RPM).

4.5 ENSAMBLAJE DE TODOS LOS COMPONENTES DEL BANCO DE PRUEBAS

4.5.1 Construcción de la estructura principal del banco de pruebas

Para la construcción de la estructura primero se procedió a cortar el tubo cuadrado según las medidas requeridas en el diseño, los segmentos de tubo que serán usados para los pilares de la estructura serán en un extremo totalmente planos y en el otro extremo tendrán un corte con una inclinación de 45° , el templador de las bases de la estructura será plano en sus dos extremos.

Una vez q las partes se encuentran identificadas y cortadas a las medidas requeridas, se continúa con la perforación de circunferencias simultáneas de 8mm de diámetro en las 4 caras del tubo como se puede ver en las siguientes figuras:



Figura 4.18 Pilares de la estructura.³⁷

³⁷Redín, Diego (2012).

Una vez que los dos pilares y el templador listos se procedea armar la estructura como se puede ver en las siguientes imágenes:



Figura 4.19 Suelda de pilares y templador de la estructura

Al tener los pilares y a su templador fijados con puntos de suelda (provisional), se procedea cortar la plancha de acero, con las medidas requeridas y diseñadas para las bases de la estructura, y para la mesa de trabajo,



Figura 4.20 Bases de la estructura.³⁸

Una vez que las planchas de acero están cortadas a medida se procedea al montaje y fijación provisional de la plancha superior, con el objetivo de marcar la ubicación exacta, respetando el diseño y logrando simetría

³⁸Redín, Diego (2012).



Figura 4.21 Ensamble de la mesa de trabajo

El mismo procedimiento se lo realiza con las bases de la estructura.



Figura 4.22 Suelda de los pilares a las bases de la estructura.³⁹

Una vez que están todas las partes marcadas y fijadas con puntos de suelda provisionales, se procedea la verificación de medidas, comprobando que estén exactamente igual al diseño presentado.

Al estar totalmente seguros de la ubicación de cada una de las partes de la estructura se procede a soldar con la suelda especial MIG, formando un cordón de suelda en todas las uniones de las partes, para de esta forma lograr una correcta y resistente fijación de las mismas.

³⁹Redín, Diego (2012).



Figura 4.23 Cordón de suelda en uniones

Al finalizar con los cordones de suelda la estructura del banco de pruebas estará totalmente lista, consiguiendo como resultado el siguiente trabajo:



Figura 4.24 Estructura armada y soldada⁴⁰

Al momento de seguir ensamblando los componentes del banco de pruebas, nos va a tocar realizar perforaciones para fijación de los componentes adicionales, por lo que la estructura no será sometida al proceso de pintura definitivo aun, pero si aplicaremos una capa de anticorrosivo para evitar que la estructura se oxide.

⁴⁰Redín, Diego (2012).



Figura 4.25 Pintura con anticorrosivo a la estructura

4.5.2 Ubicación Y Ensamblaje Del Depósito De Líquido Hidráulico.

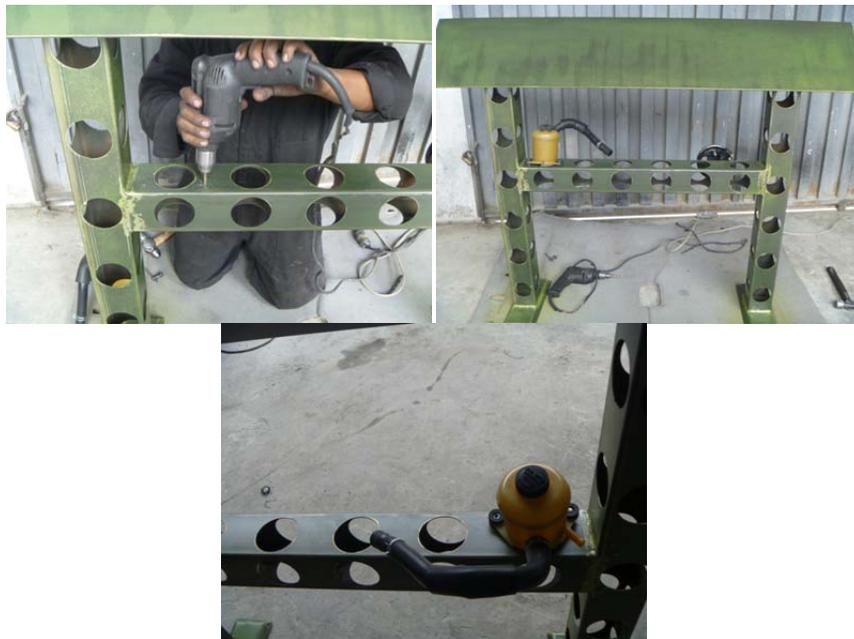
Como se menciona anteriormente, usaremos un depósito de líquido hidráulico que tendrá capacidad de 0.5 litros, el cual estará constituido con una entrada y una salida de fluido, (alimentación y retorno), además de una tapa por la cual será introducido el líquido hidráulico al recipiente y por ende a todo el sistema.



Figura 4.26 Depósito de líquido hidráulico.⁴¹

⁴¹⁴¹Redín, Diego (2012).

El recipiente será instalado sobre el templador de los pilares de la estructura, totalmente pegado al lado izquierdo, con el fin de que se encuentre lo más cerca al reductor de flujo, ya que la parte izquierda del tablero será destinada para los manómetros y los reductores de flujo. Para fijar el recipiente a la estructura, es necesario realizar dos perforaciones a medida de la base del mismo, el cual será fijado con 2 pernos y tuercas comunes, como se puede ver en las siguientes imágenes:



o de liquido hidráulico. ⁴²

⁴²Redín, Diego (2012).

4.5.3 UBICACIÓN Y ENSAMBLAJE DE LA BOMBA DE DIRECCIÓN HIDRÁULICA

La bomba de dirección hidráulica será ubicada y ensamblada solidaria al templador de los pilares de la estructura, en la cara posterior, totalmente pegada al lado derecho, con el objetivo de que todas las mangueras, ya sean de alimentación o de retorno pasen por la parte posterior de la estructura, evitando que estas molesten al operador del bando de pruebas en su uso.

Para instalar la bomba de dirección hidráulica hay realizar perforaciones en el templador de la estructura a medida de la misma, con el adicional de que tendrá una regulación que servirá para templar o destemplar la banda q la accionara.



Figura 4.28 Ubicación de la bomba de dirección hidráulica. ⁴³

Como podemos ver en las imágenes la entrada y salida del líquido hidráulico de la bomba de dirección hidráulica, estarán orientadas hacia arriba de tal manera que sea más fácil el montaje y desmontaje de las mangueras hacia la caja de dirección a probarse.

⁴³Redín, Diego (2012).

4.5.4 UBICACIÓN Y ENSAMBLAJE DEL MOTOR ELÉCTRICO.

El motor eléctrico, al ser el componente más pesado y el que generara leves vibraciones será ubicado sobre el templador de los pilares, en la parte central para lograr una distribución adecuada del peso del banco de pruebas.

Para fijar el motor a la estructura necesitaremos dos platinas a medida de los orificios de fijación del motor eléctrico, las cuales estarán ubicadas en la parte inferior de la cara superior del templador de los pilares, y serán ajustadas con pernos y tuercas de seguridad para evitar que se aflojen por las vibraciones generadas en el funcionamiento del motor.

En las siguientes imágenes se puede observar como van ubicadas las platinas y como quedara el motor fijado con la estructura.



Figura 4.29 Ubicación del motor eléctrico. ⁴⁴

⁴⁴⁴⁴Redín, Diego (2012).

4.5.5 UBICACIÓN Y ENSAMBLAJE DE LOS MANÓMETROS DE PRESIÓN E INDICADORES DE TEMPERATURA DE ACEITE HIDRÁULICO.

La ubicación de estos manómetros e indicadores (4) será en la parte izquierda del tablero, dos en la parte superior y 2 en la parte inferior, para la ubicación de los manómetros e indicadores se realiza cuadrículas las cuales nos servirán para encontrar los centros de perforación, de tal forma que queden ubicados simétricamente como se observa en la siguiente imagen:



Figura 4.30 Marcas de ubicación para los manómetros e indicadores.⁴⁵

Una vez que tengamos los centros de perforación identificados, se proceda medir el diámetro de los manómetros e indicadores (53mm), esta medida la trasladamos con un compas al tablero, para tener una línea guía la cual nos indicara donde hacer el corte ya que por el espesor del tablero el corte tendrá que ser realizado con plasma, una vez que hayamos realizado los cortes circulares tendremos el tablero de la siguiente manera:

⁴⁵Redín, Diego (2012).



Figura 4.31 Perforaciones para la ubicación de los manómetros e indicadores.⁴⁶

Es importante limar los filos de los cortes para evitar lastimarnos y permitir que los manómetros e indicadores calcen de una manera adecuada este trabajo es indispensable ya que el corte con plasma siempre genere rebabas.

Al tener limados los filos de los cortes verificamos que los manómetros e indicadores calcen perfectamente cómo se puede ver en la siguiente imagen:



Figura 4.32 Manómetros e indicadores instalados

⁴⁶Redín, Diego (2012).

4.5.6 UBICACIÓN Y ENSAMBLAJE DE LOS SOPORTES REGULABLES PARA LAS CAJAS DE DIRECCIÓN HIDRÁULICA A PROBARSE.

Es indispensable tener los soportes de la caja de dirección hidráulica regulables (ancho), ya que la distancia entre soportes depende de la marca del auto, modelo, y diseño del fabricante, con las regulaciones será posible montar cualquier caja de dirección ya que podremos regular los soportes a medida de las mismas.

Las regulaciones irán en el tablero del banco de pruebas, por lo tanto empezaremos ubicando y escuadrando medidas, basándonos en una caja de dirección de Mazda 626, ya que es la que disponemos al momento, las regulaciones quedaran de tal manera que obtengamos simetría y una buena distribución del peso sobre el tablero:



Figura 4.33 Marcas de corte para la ubicación de soportes regulables.⁴⁷

Al tener ubicado y señalado donde irán las regulaciones, se procede al corte con plasma, obteniendo el siguiente resultado:

⁴⁷Redín, Diego (2012).



Figura 4.34 Perforaciones para los soportes regulables.⁴⁸

Al tener los cortes listos y limados, es necesario la fabricación en torno de los soportes, los cuales fueron diseñados basándose en las medidas de la caja de dirección que dispones al momento, los soportes tendrán forma de “ U “ muy parecidos a las abrazaderas de barras estabilizadoras, estos serán fabricados en duralon negro, obteniendo como resultado el siguiente trabajo:



Figura 4.35 Soportes de caja de dirección hidráulica.

⁴⁸Redín, Diego (2012).

Al tener fabricados y listos los soportes, es posible continuar con el montaje en el tablero, para ello es necesario usar pernos, tuercas, y rodela anchas a medida.

El montaje se lo realizara de tal manera que los soportes queden ubicados como se observa en las siguientes imágenes:



Figura 4.36 Instalación de los soportes de caja de dirección hidráulica.⁴⁹

Al concluir con estos trabajos, los soportes quedaran listos para que puedan ser regulados según la caja de dirección hidráulica que vaya a ser montada.

Con esto listo ya será posible montar la caja de dirección sobre los soportes regulables del banco de pruebas, cuando una caja de dirección hidráulica este ubicada y lista para ser probada o evaluada en el banco lucirá de la siguiente manera:

⁴⁹Redín, Diego (2012).

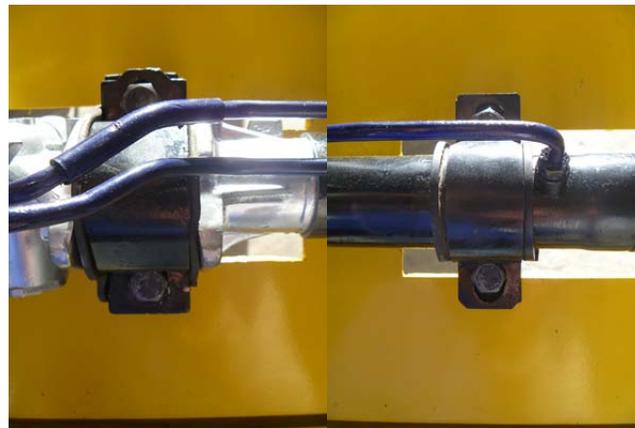


Figura 4.37 Caja de dirección hidráulica montada en el banco de pruebas.⁵⁰

4.5.7 UBICACIÓN Y ENSAMBLAJE DEL CANAL RECOLECTOR DE ACEITE DEL TABLERO.

Este componente es indispensable para el banco de pruebas, ya que al momento de montar la caja de dirección hidráulica, conectar las mangueras, y presentarse fugas en las pruebas que se les realizara a las mismas, el aceite chorreara sobre el tablero, por lo que es indispensable montar el canal recolector para evitar que el aceite caiga al suelo y ocasione molestias al operador, además de esta función el

⁵⁰Redín, Diego (2012).

canal recolector servirá para guiar el aceite a un deposito que se encontrara solidario al pilar derecho de la estructura el cual nos permitirá reutilizar el aceite hidráulico para pruebas posteriores.

El canal recolector será fabricado partiendo de un tubo de 1 pulgada de diámetro, al cual le realizaremos un corte de 1cm para formar el canal, al tener el corte listo el tubo será soldado con suelda MIG en la parte inferior del tablero como se puede ver en las siguientes imágenes:



Figura 4.38 Canal recolector de aceite.⁵¹

Es importante mencionar que en la parte derecha del canal, realizaremos un orificio para soldar un tubo pequeño, con el objetivo de que el aceite recogido en el canal caiga al depósito recuperador.

⁵¹Redín, Diego (2012).

A continuación una imagen del tubo soldado al canal:



Figura 4.39 Desfogue del canal recolector.

El depósito recuperador será instalado en el pilar derecho de la estructura, para lo que necesitaremos realizar una perforación en el mismo, de tal manera que podamos fijar el depósito de una manera segura con un perno y tuerca, además se necesitara un soporte, el cual será fabricado con una platina de 2mm de espesor, la cual nos permitirá dar la forma requerida para su fijación:

Obteniendo como resultado el siguiente trabajo:



Figura 4.40 Ubicación del deposito recuperador de aceite.⁵²

⁵²Redín, Diego (2012).

El depósito recuperador será conectado mediante una manguera transparente al tubo del canal, además contara con una llave de paso la cual se encontrara en uno de los ductos del recipiente la misma que servirá para poder liberar todo el liquido recuperado.

Al tener el depósito recolector listo lucirá de la siguiente manera:



Figura 4.41 Deposito recolector de aceite listo.⁵³

⁵³Redín, Diego (2012).

4.5.8 PINTURA DEFINITIVA DE LA ESTRUCTURA DEL BANCO DE PRUEBAS.

La estructura del banco de pruebas será pintada con esmalte amarillo en su totalidad, el color amarillo fue escogido, con el objetivo de que se pueda diferenciar y notar con claridad el aceite hidráulico que por lo general es de color rojo.

Con esto será mucho más fácil para el operador visualizar y localizar por donde existe fuga de aceite hidráulico.

La estructura después de ser pintada se vera de la siguiente manera:



Figura 4.42 Pintura de la estructura del banco de pruebas.⁵⁴

⁵⁴Redín, Diego (2012).

4.5.9 UBICACIÓN Y ENSAMBLAJE DE LOS REDUCTORES DE FLUJO.

Los reductores de flujo se encontrara ubicados en la parte derecha del tablero de trabajo, para lo que usaremos 4 abrazaderas en forma de “U” (2 por reductor), como se puede ver en la siguiente imagen,



Figura 4.43 Reductor de flujo.⁵⁵

Es importante mencionar que para proceder a la instalación de estos reductores de flujo, estos ya deben encontrarse con sus respectivos acoples de bronce, los cuales nos servirán para ubicar la manguera de caucho más fácilmente.

La ubicación en el tablero será uno en la parte superior y otro en la parte inferior, para proceder a fijarlos en el tablero marcaremos los puntos de perforación, los cuales serán ubicados de tal forma que el espacio quede compartido para ambos reductores,

⁵⁵Redín, Diego (2012).



Figura 4.44 Perforaciones de fijación para los reductores de flujo.

Al tener las perforaciones listas, el reductor está listo para ser instalado, obteniendo el siguiente resultado:



Figura 4.45 Reductor de flujo instalado.

Al tener los reductores fijados al tablero, se verán de la siguiente manera:



Figura 4.46 Reductores de flujo instalados.⁵⁶

4.5.10 UBICACIÓN Y ENSAMBLAJE DEL INTERRUPTOR PRINCIPAL DEL BANCO DE PRUEBAS.

Para el encendido y apagado del banco de pruebas en general, usaremos un interruptor de dos posiciones que sea capaz de soportar hasta 25 amperios, y pueda ser conectado a 110v, este interruptor fue escogido de tal forma que el motor eléctrico que se usara en el banco de pruebas no tenga ningún inconveniente al momento de ser activado o desactivado mediante dicho interruptor.

El interruptor que se usara en el banco de pruebas será como el que se puede ver en las siguientes imágenes:

⁵⁶Redín, Diego (2012).



Figura 4.47 Interruptor de encendido y apagado del banco de pruebas.⁵⁷

Este interruptor se encontrara en el pilar izquierdo de la estructura en la parte superior, con el fin de que se encuentre lo más cerca posible a los manómetros e indicadores y no extender demasiado las conexiones eléctricas.

Para su instalación será necesario realizar dos perforaciones al pilar, buscando que quede centrado y proceder a fijarlo con pernos y tuercas obteniendo el siguiente resultado:



Figura 4.48 Ubicación del interruptor.⁵⁸

⁵⁷Redín, Diego (2012).

4.5.11 UBICACIÓN Y ENSAMBLAJE DE MANGUERAS Y TROMPOS DE TEMPERATURA – PRESIÓN.

Para la instalación de las mangueras es necesario primero, ubicar los trompos de temperatura y presión de aceite, estos serán ubicados en las líneas de alimentación y de retorno de la bomba de líquido hidráulico, así como también cada línea contara con un reductor de flujo, es indispensable tener ubicado donde ira cada uno de ellos ya que las mangueras serán cortadas a medida.

Los trompos tanto de temperatura como de presión, se encontraran ubicados en el interior de los pilares de la estructura, de tal forma que estéticamente el banco de pruebas se vea bien y sean fáciles de ensamblar y conectar así como también poder cambiarlos rápidamente cuando se lo requiera.

Para poder instalar los trompos vamos a necesitar acoples de cobre en forma de “T”, al tener los trompos ubicados se los podrá ver de la siguiente manera:

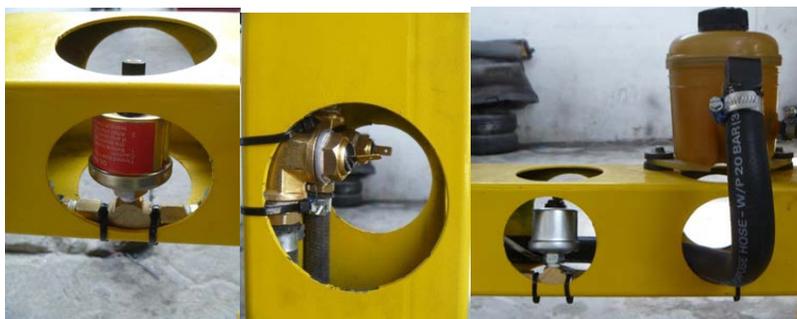


Figura 4.49 Ubicación de trompos de temperatura y presión.⁵⁹

⁵⁸Redín, Diego (2012).

⁵⁹Redín, Diego (2012).



Figura 4.50 Trompo de presión de aceite.

Con los trompos listos y ubicados de los manómetros e indicadores, es posible conectar todas las mangueras del sistema hidráulico del banco de pruebas, cortándolas a medida y asegurándolas con abrazaderas, como se puede ver en las siguientes imágenes:



Figura 4.51 Conexión de mangueras.⁶⁰

⁶⁰Redín, Diego (2012).

Con todas las mangueras aseguradas e instaladas el sistema se encontrara completamente cerrado, de tal forma que si es accionado con líquido hidráulico no habrá fugas por ninguna unión, acople, o trompo.

4.5.12 UBICACIÓN Y ENSAMBLAJE DE LAS POLEAS

Es importante recordar que el motor eléctrico que estamos usando para accionar a la bomba de dirección hidráulica del banco de pruebas, genera 3525 RPM constantes, por lo que es necesario usar poleas de diferente diámetro para conseguir las revoluciones recomendadas de funcionamiento que se las menciono anteriormente, (1600 RPM).



Figura 4.52 Ubicación de poleas y banda.⁶¹

⁶¹Redín, Diego (2012).



Figura 4.53 Ubicación de poleas y banda (Invertido)

Las poleas serán aseguradas por medio de un perno prisionero, además de contar con un canal el cual ara de guía.

Al tener las poleas aseguradas, es posible montar la banda que transmitirá el movimiento, con esto listo el operador podrá generar las revoluciones requeridas según la prueba que vaya a realizar.

4.5.13 UBICACIÓN E INSTALACIÓN DE TODO EL SISTEMA ELÉCTRICO DEL BANCO DE PRUEBAS DE CAJAS DE DIRECCIÓN HIDRÁULICAS.

Al tener todos los componentes ubicados, asegurados e instalados en la estructura, es posible continuar con las instalaciones eléctricas, todos los componentes eléctricos serán activados y desactivados mediante el interruptor antes mencionado,



Figura 4.54 Conexión eléctrica al interruptor.⁶²

Cabe mencionar que los manómetros e indicadores que estamos usando en el banco de pruebas de cajas de dirección hidráulica, funcionan con 12 voltios, para lo que necesitaremos un transformador de corriente que sea capaz de convertir la corriente alterna (110v) a corriente continua (12v), el transformador que usaremos será uno muy usado para artículos del hogar, el cual cumple con nuestras necesidades:



Figura 4.55 Transformador de corriente AC – DC.⁶³

El transformador será ubicado y asegurado en el pilar izquierdo de la estructura para tener facilidad de conectar los manómetros e indicadores y evitar usar largas

⁶²Redín, Diego (2012).

⁶³Redín, Diego (2012).

extensiones de cable, los manómetros (2) y los indicadores (2) primero serán conectados en serie, los cables de positivo y negativo como se puede ver en las siguientes imágenes:



Figura 4.56 Conexión de positivo y negativo de los manómetros e indicadores.

Al tener los cables del positivo y negativo conectados en serie por los 2 manómetros y los 2 indicadores, es posible continuar con la conexión del positivo de los focos de iluminación de los manómetros e indicadores como también el cable de señal de los manómetros e indicadores, obteniendo el siguiente resultado:

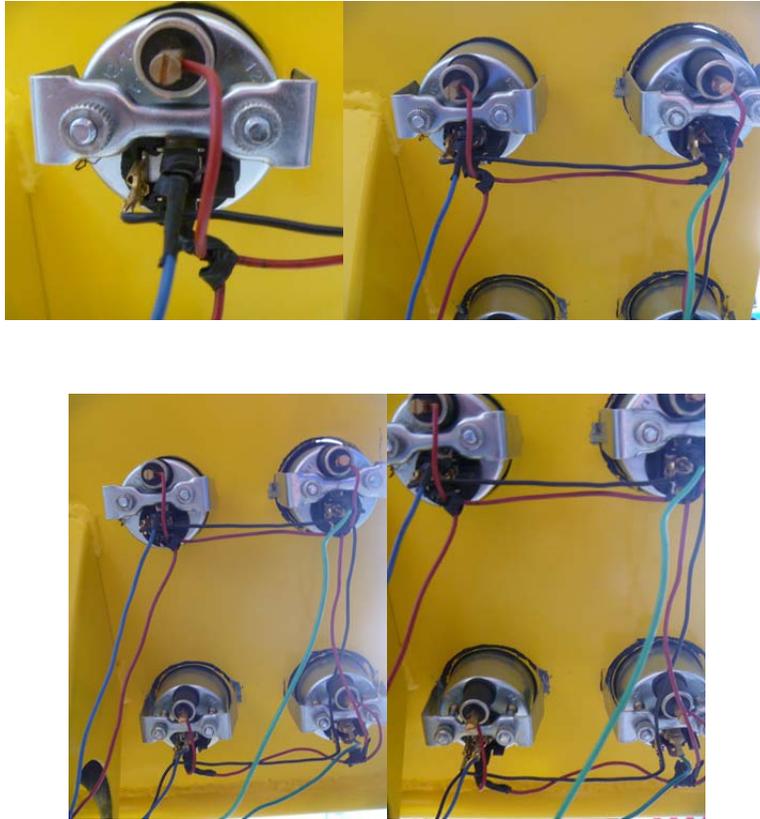


Figura 4.57 Conexión del cable de señal de los manómetros e indicadores.⁶⁴

Con las conexiones en los manómetros e indicadores listas, el siguiente paso es conectar los cables de señal a los trompos tanto de temperatura como de presión de aceite, es importante revisar que los cables de señal sean conectados a los trompos adecuados, los cables serán pasados por el interior de la estructura y serán conectados con terminales redondos y planos como se observa a continuación:

⁶⁴Redín, Diego (2012).



Figura 4.58 Conexión del cable de señal a los trompos.⁶⁵

Con las conexiones de los manómetros e indicadores listas, es posible continuar la conexión hacia el transformador, al cual ingresarán 110V y entregará 12V, con este valor de voltaje el funcionamiento y lectura de los manómetros e indicadores será correcto.



Figura 4.59 Conexión del transformador de corriente.

Con el transformador ubicado y conectado correctamente, el cable de alimentación será conectado al interruptor de encendido, de tal manera que al momento de activar el interruptor, los manómetros e indicadores empiecen a funcionar conjuntamente que el motor eléctrico.

⁶⁵Redín, Diego (2012).

4.5.14 UBICACIÓN DE SEÑALÉTICAS EN TODO EL BANCO DE PRUEBAS DE CAJAS DE DIRECCIÓN HIDRÁULICA.

El banco de pruebas contara con señaléticas en cada uno de sus componentes, de tal manera que cualquier persona que vaya a poner a funcionar el banco de pruebas, sepa entender, diferenciar, y ubicar cada uno de los componentes que conforman el mismo.

Así también con la ubicación de las señaléticas, será muy fácil y rápido para el operador leer e identificar los valores de los manómetros e indicadores, con lo que se podrá dar un diagnostico acertado del estado de la caja de dirección hidráulica a evaluarse.

Una vez que las señaléticas hayan sido ubicadas en el banco de pruebas de cajas de dirección hidráulicas, lucirá de la siguiente manera:



Figura 4.60 Instalación de señaléticas del banco de pruebas.⁶⁶

Es importante mencionar que el banco de pruebas de cajas de dirección hidráulicas, contara también con 2 accesorios muy importantes que facilitaran al operador el uso del mismo, estos accesorios son una bandeja imantada para

⁶⁶Redín, Diego (2012).

depositar herramienta y partes, la cual se encontrara en el pilar derecho (viendo desde el frente) a la altura de la bomba de dirección:



Figura 4.61 Ubicación de la bandeja porta herramientas.⁶⁷

Y también contara con un volante, el cual tendrá un perno prisionero para poder fijarlo en cualquier caja de dirección hidráulica y así accionar la caja de dirección hidráulica que este siendo probada en el banco.



Figura 4.62 Volante de accionamiento de cajas de dirección hidráulicas.

Con los accesorios en su lugar y las señaléticas ubicadas en todo el banco de pruebas, la construcción del mismo queda concluida en su totalidad, para empezar las pruebas de funcionamiento es **IMPORTANTE** llenar el depósito del aceite

⁶⁷Redín, Diego (2012).

hidráulico, con el objetivo de que cuando el banco de pruebas se ponga en funcionamiento todos sus componentes no trabajen en seco.

CAPITULO 5

SIMULACION DE FALLAS Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS DE CAJAS DE DIRECCION HIDRAULICAS

El presente capítulo está totalmente enfocado a analizar cada una de las pruebas de funcionamiento que se le realice al banco de pruebas de cajas de dirección hidráulicas, donde comprobaremos que los parámetros y valores de funcionamiento normales indicados anteriormente en la teoría se cumplan, además de analizar si estos valores cambian al momento de modificar las revoluciones de la bomba de dirección hidráulica, o varían según las fallas de funcionamiento que simulemos con el banco de pruebas.

Todas estas pruebas nos servirán también para comprobar, que el banco de pruebas de cajas de dirección hidráulicas funcione correctamente, sin ningún tipo de anomalía, y si las hay tomar las correcciones oportunas para asegurar su correcto funcionamiento.

5.1 PRUEBA DE ENCENDIDO Y APAGADO DEL BANCO DE PRUEBAS

Esta prueba es muy importante para asegurar que todas las conexiones eléctricas estén funcionando correctamente.

Además garantiza seguridad al operador de que si existe alguna anomalía en el banco de pruebas o existiese una fuga de aceite de altas proporciones en la caja de dirección se pueda parar el funcionamiento del banco de una manera rápida y segura.

Para realizar la prueba de encendido y apagado se procede primero a conectar el enchufe principal de la maquina a 110V, asegurándonos que el interruptor de encendido del motor eléctrico se encuentre en la posición de APAGADO, con el enchufe principal conectado será posible probar el transformador de corriente verificando si se enciende y apaga según la posición del interruptor:



Figura 5.1 Encendido y apagado del transformador de corriente.⁶⁸

⁶⁸Redín, Diego (2012).



Figura 5.2 Manómetros e indicadores encendidos y apagados.⁶⁹

Como se puede ver en las imágenes, el transformador está funcionando correctamente ya que enciende y apaga normalmente los manómetros e indicadores, que están conectados al mismo.

La siguiente prueba de encendido y apagado se le va a realizar al motor eléctrico, el cual es el encargado de accionar la bomba de aceite hidráulico, esta prueba la realizaremos sin la banda que conecta al motor eléctrico con la bomba de aceite hidráulico, ya que lo que buscamos con esta prueba es verificar que el motor se encienda y apague según la posición del interruptor:



Figura 5.3 Posiciones del interruptor.

⁶⁹Redín, Diego (2012).



Figura 5.4 Motor apagado y en marcha.⁷⁰

Como se puede ver en las imágenes, el interruptor de encendido y apagado del motor eléctrico está funcionando correctamente, con lo que queda totalmente probado y garantizado el correcto funcionamiento de las conexiones eléctricas, como de las posiciones de encendido y pagado del banco de pruebas de cajas de dirección hidráulicas.

5.2 PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA DE DIRECCIÓN HIDRÁULICA.

Para realizar esta prueba de funcionamiento es importante verificar que el sentido del giro de motor eléctrico se encuentre en sentido horario, ya que la bomba funciona y genera presión en este movimiento según las especificaciones del fabricante, además de tener montada, asegurada, y conectada una caja de dirección hidráulica que vaya a ser probada en el banco, para de esta

⁷⁰Redín, Diego (2012).

maneracerrar el circuito hidráulico y evitar tener fugas, para poder empezar con esta prueba las poleas tanto del motor eléctrico como de la bomba de dirección serán ubicadas y aseguradas por medio de pernos prisioneros para así proceder a colocar la banda:



Figura 5.5 Pernos prisioneros de las poleas.⁷¹



Figura 5.6 Poleas y banda aseguradas.

Una vez que las poleas, la banda y la caja de dirección a probarse se encuentren correctamente ubicadas, hay que encender el motor eléctrico y verificamos los siguientes puntos:

⁷¹Redín, Diego (2012).

- Que la bomba de dirección hidráulica absorba el aceite que se encuentra en el depósito de líquido hidráulico.
- Que la bomba de dirección hidráulica no emita ruidos o sonidos extraños.
- Que la banda no patine
- Que no exista fugas de aceite hidráulico por las conexiones de la bomba.

Si todos estos puntos están bien, la bomba de dirección hidráulica esta funcionando de manera normal y correcta, con lo que finalizaríamos la prueba de la bomba de dirección hidráulica.

5.3 PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DE LOS MANÓMETROS E INDICADORES.

Al tener el banco de pruebas encendido, simulando una condición normal de funcionamiento del sistema hidráulico, verificamos que los manómetros e indicadores se encuentren marcando valores similares o iguales a los mencionados anteriormente en la teoría que son:

- Temperatura normal de funcionamiento 20 – 40 C°
- Presión en la línea de alimentación de la bomba de dirección 90 – 130 PSI
- Presión en la línea de alimentación de la bomba de dirección, forzando el movimiento hacia un lado de la caja de dirección 150 – 170 PSI
- Presión en la línea de retorno, forzando el movimiento hacia un lado de la caja de dirección 0 – 10 PSI

- Presión en la línea de retorno 0 – 10 PSI

Conociendo estos valores que corresponden a una situación normal de funcionamiento tanto en relanti como en plena carga, sin ningún tipo de obstrucción o fugas verificamos los valores de los manómetros obteniendo el siguiente resultado:

Presión en el manómetro de la línea de alimentación de la bomba de dirección hidráulica:



Figura 5.7 Manómetro de presión de aceite Línea 1 funcionamiento normal (130 PSI).⁷²

Presión en el manómetro de la línea de alimentación de la bomba de dirección hidráulica, forzando el movimiento a un lado:

⁷²Redín, Diego (2012).



Figura 5.8 Manómetro de presión de aceite Línea 1 movimiento forzado

(150-170) PSI.⁷³

Presión en el manómetro de la línea de retorno de líquido hidráulico:



Figura 5.9 Manómetro de presión de aceite Línea 2 (Retorno)

⁷³Redín, Diego (2012).

Temperatura en el indicador de la línea de alimentación de la bomba de dirección hidráulica:



Figura 5.10 Temperatura de aceite Línea 1 (0 – 40C°).⁷⁴

Temperatura en el indicador de la línea de retorno de líquido hidráulico:



Figura 5.11 Temperatura de aceite Línea 2 (0 – 40C°).

⁷⁴Redín, Diego (2012).

Como se puede observar en las imágenes los valores que marcan los manómetros e indicadores son similares a los que se indicaron anteriormente en la teoría, demostrando que la construcción y diseño del banco de pruebas se encuentra en correctas condiciones, al estar seguros de que el banco de pruebas de cajas de dirección hidráulicas se encuentra funcionando bien, es posible continuar con pruebas de simulación de fallas que se pueden presentar en un sistema de dirección hidráulica.

5.4 SIMULACIÓN DE FALLAS EN UN SISTEMA DE DIRECCIÓN HIDRÁULICA.

Para garantizar el correcto funcionamiento de una caja de dirección hidráulica es necesario someterlas a diferentes pruebas en el banco, simulando fallas que se pueden presentar en el sistema de dirección de un vehículo, con esto las cajas de dirección hidráulica que sean reparadas, reconstruidas o realizadas mantenimiento serán sometidas a estas pruebas en el banco, para estar 100% seguros de que al momento de montarlas en el vehículo no se van a presentar anomalías en su funcionamiento, a continuación cada una de las fallas serán analizadas:

5.4.1 SIMULACIÓN DE OBSTRUCCIÓN EN LA LÍNEA DE RETORNO DEL SISTEMA HIDRÁULICO.

Esta prueba consiste en obstruir totalmente el paso con el reductor de flujo, para analizar los siguientes puntos:

- Si los valores de presión en cada una de las líneas cambian.
- Si la temperatura del aceite hidráulico en ambas líneas aumenta.
- Si el funcionamiento de la caja de dirección presenta anomalías.

Al momento de obstruir el paso en su totalidad en la línea de retorno se presento un problema con el reductor de paso, este se rompió en la mitad ocasionando una fuga de aceite hidráulico muy grande, como se puede ver en las siguientes imágenes:



Figura 5.12 Reductor de flujo ROTO.⁷⁵

⁷⁵Redín, Diego (2012).

Como se observa en las imágenes el reductor de flujo se rompe en la parte superior en la mitad, donde se observa un tipo de unión, y al analizar el reductor de flujo se puede ver una especie de unión en el sector de ruptura por lo que se concluye que al ser el reductor de flujo de plástico, tiende a ser vulnerable a las altas presiones que se pueden presentar en un sistema de dirección hidráulica obstruido, tomando como corrección cambiar los reductores de flujo de plástico por reductores de flujo de acero como los que se muestra a continuación:



Figura 5.13 Reductor de flujo Metálico.⁷⁶

⁷⁶Redín, Diego (2012).

El proceso de instalación es exactamente igual que con los reductores de flujo de plástico, tanto los acoples, los soportes, y las mangueras serán los mismos, obteniendo el siguiente resultado:



Figura 5.14 Reductores de flujo instalados.⁷⁷

Con el problema resuelto de los reductores de flujo, se continúa con la simulación de una obstrucción en la línea de retorno del sistema hidráulico, ubicando los reductores de flujo en las siguientes posiciones:

⁷⁷Redín, Diego (2012).



Figura 5.15 Reductor de flujo de la línea de alimentación (100%)

Reductor de flujo de la línea de retorno (20%).⁷⁸

Al tener los reductores de flujo en estas posiciones estamos dando 100% de flujo en la línea de alimentación y 20% de flujo en la línea de retorno, obteniendo los siguientes resultados:

- Accionamiento dificultoso y sensación de dureza al accionar la caja de dirección hidráulica.
- Línea de alimentación notablemente inflada.



Figura 5.16 Manguera línea de alimentación inflada.

⁷⁸Redín, Diego (2012).

- Ningún sonido extraño en la bomba de dirección hidráulica.
- Menor recorrido de la cremallera de la caja de dirección hidráulica.



Figura 5.17 Menor recorrido de la cremallera de dirección. ⁷⁹

- Valores de presión y temperatura:



Figura 5.18 Valores de temperatura de aceite.

La temperatura del aceite hidráulico se mantiene dentro del rango normal de funcionamiento 20 – 40 C°

⁷⁹Redín, Diego (2012).



Figura 5.19 Valores de presión de aceite.⁸⁰

Los valores de presión en las líneas de alimentación y retorno del sistema hidráulico, se mantienen dentro del rango normal de funcionamiento, por lo que es posible asegurar que al tener la línea de alimentación obstruida los valores de presión y temperatura se mantienen dentro del rango normal de funcionamiento, con la diferencia que presentan dificultades por falta de flujo como la dureza y el menor recorrido de la cremallera de la caja de dirección hidráulica.

⁸⁰Redín, Diego (2012).

5.4.2 SIMULACIÓN DE OBSTRUCCIÓN EN LA LÍNEA DE ALIMENTACIÓN DEL SISTEMA HIDRÁULICO.

Esta prueba consiste en obstruir parcialmente el paso de la línea de alimentación con el reductor de flujo, para analizar los siguientes puntos:

- Si los valores de presión en cada una de las líneas cambian.
- Si la temperatura del aceite hidráulico en ambas líneas aumenta.
- Si el funcionamiento de la caja de dirección presenta anomalías.

Los reductores de flujo quedaran de la siguiente manera:

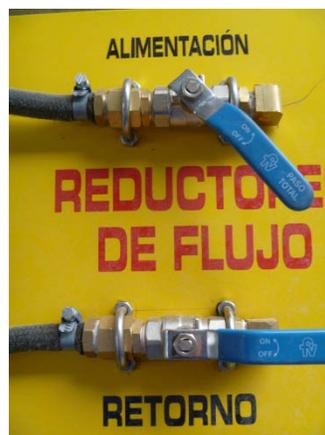


Figura 5.20 Reductor de flujo línea de alimentacion (20%)

Reductor de flujo línea de retorno (100%).⁸¹

⁸¹Redín, Diego (2012).

Al tener los reductores de flujo en estas posiciones estamos dando 20% de flujo en la línea de alimentación y 100% de flujo en la línea de retorno, obteniendo los siguientes resultados:

- Accionamiento dificultoso y sensación de dureza al accionar la caja de dirección hidráulica.
- Línea de alimentación notablemente inflada, en el tramo entre la bomba de dirección hidráulica y el reductor de flujo.
- Ningún sonido extraño en la bomba de dirección hidráulica.
- Recorrido total de la cremallera de la caja de dirección hidráulica.
- Valores de presión y temperatura :



Figura 5.21 Valores de presión de aceite Línea 1 y 2.⁸²

Los valores de presión en las líneas de alimentación y retorno del sistema hidráulico, se mantienen dentro del rango normal de funcionamiento.

⁸²Redín, Diego (2012).



Figura 5.22 Valores de temperatura Línea 1 y 2.⁸³

La temperatura del aceite hidráulico se mantiene dentro del rango normal de funcionamiento 20 – 40 C°, por lo que es posible asegurar que al tener la línea de retorno obstruida los valores de presión y temperatura se mantienen dentro del rango normal de funcionamiento, con la diferencia que presentan dificultades por la falta de retorno del flujo hidráulico, como la dureza al momento de accionar la caja de dirección hidráulica, y con un recorrido total de la cremallera de la caja de dirección hidráulica.

⁸³Redín, Diego (2012).

5.4.3 SIMULACIÓN DE INTERCAMBIO DE MANGUERAS ENTRE LAS LÍNEAS DE ALIMENTACIÓN Y RETORNO HACIA LA CAJA DE DIRECCIÓN HIDRÁULICA.

Esta prueba consiste en intercambiar las mangueras entre las líneas de alimentación y retorno a propósito, con el fin de analizar los siguientes puntos:

- Si el funcionamiento de la caja de dirección hidráulica es normal
- Si la bomba de dirección hidráulica emite algún ruido extraño.
- Si el depósito de líquido hidráulico presenta exceso de nivel.

Para empezar con esta simulación es muy importante asegurarse que las abrazaderas estén correctamente aseguradas para evitar fugas y poder obtener resultados correctos.



Figura 5.23 Intercambio de líneas (Alimentación por retorno).⁸⁴

⁸⁴Redín, Diego (2012).

Al tener las mangueras intercambiadas y aseguradas, ponemos en marcha el banco de pruebas y apreciamos los siguientes puntos:

- La caja de dirección hidráulica no acciona hacia ningún lado, da la sensación de hacer tope en algo, además de un sonido fuerte y leve vibración.
- La bomba de dirección hidráulica no tiene ningún sonido extraño.
- El nivel del depósito de líquido hidráulico se mantiene normal.
- Valores de presión y temperatura:



Figura 5.24 Valores de presión de aceite Línea 1 y 2.⁸⁵

Los valores de presión se mantienen dentro del rango normal de funcionamiento, sin importar en que posición se encuentren los reductores de flujo, el accionamiento de la caja de dirección hidráulica se mantiene nulo, sin accionar a ningún lado.

⁸⁵Redín, Diego (2012).



Figura 5.25 Reductores de flujo alimentación y retorno (20%)

Reductores de flujo alimentación y retorno (100%)

En esta prueba los reductores de flujo tanto de la línea de alimentación como de la línea de retorno se mantuvieron con un 100% de flujo, y un 20 % de flujo sin presentar ninguna variación.



Figura 5.26 Valores de temperatura Línea 1 y 2.⁸⁶

⁸⁶Redín, Diego (2012).

La temperatura del aceite hidráulico se mantiene dentro de los rangos de funcionamiento normal, 20 – 40 C°.

Con esta simulación, podemos sacar de conclusión que al momento de instalar en el vehículo una caja de dirección hidráulica, reparada o realizada mantenimiento no acciona a ningún lado, es muy posible y probable que sea por una mala conexión de mangueras, mas no por una falla de la caja de dirección hidráulica, por lo que si se presenta este tipo de falla, es recomendable revisar primero si las mangueras se encuentran bien ubicadas antes de desmontar nuevamente la caja de dirección hidráulica.

ANEXO 1

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

DEL BANCO DE PRUEBAS DE CAJAS DE DIRECCIÓN HIDRÁULICAS

PRESENTACIÓN:

El banco de pruebas de cajas de dirección hidráulicas que se presenta a continuación, ha sido fabricado para la prueba, reparación y mantenimiento de cajas de dirección hidráulicas, además de ser capaz de simular posibles fallas que se pueden presentar en un vehículo.

El banco de pruebas consta de un motor eléctrico, el que será encargado de simular las revoluciones que genera el motor de combustión interna, con esto se lograra accionar la bomba de dirección hidráulica por medio de poleas y una banda, y por ende generar presión en el sistema hidráulico.

Los valores de presión y temperatura del aceite hidráulico serán controlados, a través de indicadores, ubicados en la parte izquierda del banco de pruebas de cajas de dirección hidráulicas.

Es absolutamente necesario que el USUARIO se remita a lo especificado en las páginas siguientes para todas las condiciones, las circunstancias y las normas que regulan el funcionamiento de la máquina.

PRECAUCIONES:

El diseño y fabricación de este equipo es tal que no presenta condiciones inseguras en su operación mientras sea operado por personal entrenado y que sigan las recomendaciones siguientes.

Caso contrario se pueden presentar acciones inseguras e incapacitantes para el personal.

Se recomienda seguir las siguientes normas:

- No utilizar cadenas u objetos colgantes que puedan enredarse en las poleas
- Mantenga la caja de control de encendido eléctrico siempre cerrada, ábrala únicamente cuando sea necesario cambiar los fusibles.



- Si no está operando la máquina, mantenga el interruptor en posición off.

SEÑALIZACIÓN DE PELIGRO Y ADVERTENCIA:

Donde se encuentra la señalización:



Tener cuidado extremo ya que es una zona donde puede ocurrir, el atrapamiento de manos, dedos, o prendas y ocasionar lesiones graves.

REQUERIMIENTOS BÁSICOS:

Energía Eléctrica

Conexión.....2 x 110 Voltios

Dimensiones de espacio físico para instalación

Alto.....2 m

Ancho.....3 m

Largo.....1 m

INSTALACIÓN

Montaje:

El banco de pruebas de cajas de dirección hidráulica, posee 2 bases de soporte, en la parte inferior, los cuales se recomienda ser ubicados en una parte totalmente plana para evitar el desplazamiento vertical y horizontal del banco de pruebas, lo que provocara un uso inadecuado, además de incomodidad para el usuario.

Los principales pasos a seguir para el montaje son:

- Ensamblaje y fijación de las bases.
- Conexión de la energía eléctrica.

DESCRIPCIÓN GRAFICA DEL BANCO DE PRUEBAS DE CAJAS DE DIRECCIÓN HIDRÁULICA.



1. Reservorio de líquido hidráulico
2. Motor eléctrico
3. Bomba de dirección hidráulica
4. Recuperador aceite hidráulico
5. Soporte del volante de accionamiento
6. Reductores de flujo
7. Caja de dirección hidráulica (soportes)
8. Volante de accionamiento
9. Mesa de trabajo
10. Interruptor de encendido y apagado del banco de pruebas
11. Indicadores de presión y temperatura del líquido hidráulico
12. Conexión eléctrica 110v

PUESTA A PUNTO Y FUNCIONAMIENTO

Para empezar a utilizar el banco de pruebas de cajas de dirección hidráulicas es necesario:

- Energizar la máquina.
- Colocar el interruptor en la posición ON.
- Verificar el encendido de los indicadores de presión y temperatura
- Verificar que las poleas y la banda se encuentren correctamente ajustados
- Verificar el nivel de líquido hidráulico
- Comprobar que todas las uniones de las mangueras se encuentren correctamente ajustadas
- Verificar que la caja de dirección a probarse este correctamente fijada en el banco de pruebas
- Poner en marcha el banco de pruebas y verificar que no existan fugas de aceite hidráulico, de existir las analizarlas, detalladamente
- Probar que la caja de dirección accione de izquierda a derecha sin ningún tipo de dificultad
- Realizar pruebas de funcionamiento, con los reductores de paso de líquido hidráulico
- Para apagar la máquina coloque el interruptor en la posición OFF, con lo cual se cortará la corriente al motor eléctrico, y posteriormente desconectar el banco de pruebas de la energía.
- Desmontar la caja de dirección hidráulica

AJUSTES IMPORTANTES DEL BANCO DE PRUEBAS DE CAJAS DE DIRECCIÓN HIDRAULICA

Regulación de la Tensión de la banda:

La tensión de la banda es muy importante para empezar a utilizar el banco de pruebas, ya que al no tener una correcta tensión el funcionamiento del banco de pruebas será defectuoso, lo que nos podría ocasionar diagnósticos errados.

La tensión de la banda se la realizara con el motor eléctrico, ya que este al contar con bases regulables nos permite ajustar o aflojar la tensión de la banda, para esto será necesario aflojar los pernos de las bases regulables y tensionar a criterio del usuario, sin exagerar el ajuste ya que esto ocasionara un esfuerzo adicional para la bomba de dirección hidráulica como del motor eléctrico.

Reemplazo de los fusibles del interruptor de encendido

El reemplazo de los fusibles se realiza de manera rápida y sencilla de acuerdo a los siguientes pasos:

- Colocar el interruptor en la posición OFF.
- Desconecte el equipo de la fuente de energía.
- Retirar el frontal del interruptor de encendido y desconectar los cables de corriente.
- Retirar los pernos de seguridad de las fusibles.
- Desmontar los fusibles que requieran cambio.

- Montar los fusibles nuevos
- Asegurar todos los pernos y cables desmontados
- Colocar la tapa del interruptor de encendido

REPUESTOS ACONSEJADOS

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
3	Fusibles de 20 A
1	Banda dentada 4PK
10	Abrazaderas pequeñas

POSIBLES PROBLEMAS

PROBLEMA	SUGERENCIA
El banco de pruebas no enciende	<ol style="list-style-type: none">1. Revisar conexión eléctrica2. Revisar fusibles del interruptor de encendido3. Verificar voltaje de alimentación
Los indicadores de presión y temperatura no funcionan	<ol style="list-style-type: none">1. Comprobar posición de encendido2. Verificar conexiones eléctricas
Chillido o sonido extraño de la banda	<ol style="list-style-type: none">1. Revisar ajuste de la banda2. Comprobar estado de la banda3. Aplicar lubricante
Sonido extraño en la bomba de dirección hidráulica	<ol style="list-style-type: none">1. Comprobar nivel del líquido hidráulico2. Verificar el estado del líquido hidráulico
Vibración excesiva del banco de pruebas	<ol style="list-style-type: none">1. Revisar superficie2. Revisar ajuste de poleas3. Revisar ajuste del motor eléctrico

PLAN DE MANTENIMIENTO

COMPONENTE	Número de pruebas				
Limpieza de la estructura	5	10	15	20	25
Vaciado del recipiente recuperador de líquido hidráulico	5	10	15	20	25
Revisión fusibles	5	10	15	20	25
Cambio de banda	5	10	15	20	25
Ajuste de todos los componentes	5	10	15	20	25

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES:

- Este proyecto permite en su totalidad, hacer pruebas de funcionamiento a cajas de dirección hidráulica, siendo muy útil para cajas de dirección hidráulica reparadas, reconstruidas, o simplemente dadas mantenimiento, permitiendo realizar simulaciones de funcionamiento y de posibles fallas que se pueden presentar en las mismas, para así asegurar que la caja de dirección hidráulica se encuentra en perfectas condiciones sin necesidad de probarla, instalándola en el vehículo.
- Con el interés de hacer un banco de pruebas de cajas de dirección hidráulica, fácil de manipular y operar, me motive a recolectar una amplia información sobre todo el sistema de dirección y en especial de cajas de dirección hidráulica, siendo esta información muy valiosa, ya que sirvió para construir el banco de pruebas, de tal forma que sea fácil, rápido, y preciso de utilizar, además de aportar con motivación a los demás estudiantes, mecánicos, y técnicos, a informarse mas sobre este amplio y desconocido tema y así lograr que les surja la necesidad de utilizar el banco de pruebas ya construido.

- En el desarrollo de este proyecto se optimizo y simplifico toda la información recaudada en libros y medios digitales, sirviendo este trabajo de tesis como fuente de información clara y precisa sobre el sistema de dirección con cajas de dirección hidráulica, para ser utilizado como fuente de información para futuros proyectos comprendidos del mismo tema.
- Se consiguió una construcción de un modelo de banco de pruebas de cajas de dirección hidráulica, obteniendo resultados positivos después de efectuarle varias pruebas de funcionamiento, por lo que se encuentra apto para su utilización.

RECOMENDACIONES:

- Se recomienda la lectura del presente trabajo de tesis, antes de utilizar el banco de pruebas, ya que la bomba de dirección hidráulica genera altas presiones y un mal uso del mismo puede dañar componentes de la caja de dirección hidráulica y así también ocasionar daños al operador.
- Se recomienda también tener en cuenta normas de seguridad básicas, para poder operar el banco de pruebas de cajas de dirección hidráulica, ya que al momento de poner en marcha el banco de pruebas puede existir riesgo de atrapamiento de manos, sino se toma las respectivas precauciones, además de recomendar el uso de gafas, guantes, y mandil, ya que el banco de pruebas trabaja con aceite hidráulico, el mismo que puede ocasionar daños y molestias al operador si llega a existir una fuga del mismo.
- Evitar dejar en banco de pruebas de cajas de dirección hidráulica, a la intemperie ya que sus componentes son sensibles a la oxidación, de preferencia mantenerlo en una zona bajo sombra y temperatura ambiente normal.
- Para realizar mantenimiento al banco de pruebas o realizar un cambio de relación de poleas, se recomienda desconectar totalmente el banco de pruebas.

- Se recomienda usar solo aceite hidráulico, no es factible el uso de ningún otro lubricante ya que afectaría y dañaría los componentes del banco de pruebas y por ende la caja de dirección hidráulica que este siendo probada.
- Antes de poner en marcha en banco de pruebas de cajas de dirección hidráulica, es **IMPORTANTE** revisar que los pernos prisioneros de las poleas se encuentre correctamente ubicados y ajustados, para evitar que las poleas salgan disparadas y ocasionar daños al operador o a terceros.
- Evitar que el banco de pruebas de cajas de dirección hidráulica sea operado o usado por personas no capacitadas o entendidas en el tema o en el área automotriz.

BIBLIOGRAFÍA

- J. M, Alonso Pérez, Técnicas del Automóvil, Tomo 6, Madrid, Editorial PARANINFO, 2007.
- MARTINEZ, Hermógenes, Manual del Automóvil Reparación y mantenimiento Suspensión, Dirección, Frenos, Neumáticos y Airbag, 1º Edición, España, Editorial CULTURAL S.A, 1999
- LÓPEZ VICENTE, José Manuel, Manual practico del Automóvil Dirección, Frenos y Carrocería, Edición 1997, España, Editorial CULTURAL S.A, 2007.
- Aficionados a la mecánica. (2011)
www.aficionadosalamecanica.net
- Wikipedia. (2011)
es.wikipedia.org
- Robert L. Mott, P.E, Diseño de elementos de máquinas, Cuarta Edición, Editorial Pearson Education, 2009
- Giles, Evett, Liu, Mecánica de los fluidos e hidráulica, Tercera edición, México, Editorial Continental S.A.

GLOSARIO

ABSOLUTO: una medida que tiene como su punto cero de referencia.

BOMBA: Dispositivo que se encarga de transformar el movimiento mecánico en energía hidráulico.

CAUDAL: cantidad de fluido que atraviesa por una sección en una unidad de tiempo.

CIRCUITO: conjunto de componentes que se encuentran conectados para realizar una función específica dentro de un sistema.

DEPOSITO: recipiente para almacenamiento de líquido en un sistema.

FLUIDO: liquido o gas que se lo utiliza como medio de transmisión de energía en un sistema hidráulico.

LÍNEA: tubo, cañería, o manguera que actúa como conductor de un fluido hidráulico.

LÍNEA DE PRESIÓN: línea que lleva el fluido de la toma de presión de la bomba a la cámara presurizada del actuador.

LÍNEA DE RETORNO: línea que lleva el fluido de descarga del actuador hacia el recipiente.

MOTOR: dispositivo que proporciona movimiento rotatorio.

SUMIDERO: deposito o tanque.

VISCOSIDAD: es la resistencia de un fluido a fluir.