



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO
DIDÁCTICO DE FRENOS DE AIRE PARA LA ESCUELA
DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”**

**ALVAREZ SEGOVIA HUGO ALFONSO
GUAGCHA ANILEMA LUIS CARLOS**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

RIOBAMBA – ECUADOR

2013

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2011-07-27

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

HUGO ALFONSO ALVAREZ SEGOVIA

Titulada:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO DEL SISTEMA
DE FRENOS DE AIRE PARA EL LABORATORIO DE LA ESCUELA DE
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Ing. Geovanny Novillo A.
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Elvis Arguello
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Ramiro Cepeda
ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2011-07-27

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

LUIS CARLOS GUAGCHA ANILEMA

Titulada:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO DEL SISTEMA
DE FRENOS DE AIRE PARA EL LABORATORIO DE LA ESCUELA DE
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Ing. Geovanny Novillo A.
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Elvis Arguello
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Ramiro Cepeda
ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: HUGO ALFONSO ALVAREZ SEGOVIA

TÍTULO DE LA TESIS: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO DEL SISTEMA DE FRENOS DE AIRE PARA EL LABORATORIO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”

Fecha de Exanimación: 2013-04-18

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Santillán PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Elvis Arguello DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Ramiro Cepeda ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Marco Santillán
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: LUIS CARLOS GUAGCHA ANILEMA

TÍTULO DE LA TESIS: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO DEL SISTEMA DE FRENOS DE AIRE PARA EL LABORATORIO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”

Fecha de Exanimación: 2013-04-18

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Santillán PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Elvis Arguello DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Ramiro Cepeda ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Marco Santillán
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos - prácticos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual e industrial le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Hugo Alfonso Alvarez Segovia

Luis Carlos Guagcha Anilema

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a Dios y a mi Virgen Dolorosa que me permitieron culminar, a mis padres por apoyarme en todas y cada una de las necesidades durante esta experiencia, quienes con su apoyo y sacrificio han sabido darme a entender el verdadero significado de las cosas. Quiero también agradecer a mis hermanas quienes han sabido compartir conmigo una vida, y por último dedicar este trabajo a las personas que estuvieron detrás de mí todo el tiempo apoyándome y alegrándose junto a mí en cada uno de mis triunfos. Un sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y al Colegio Carlos Cisneros por permitirme la formación como persona y profesional.

Hugo Alvarez Segovia

Quiero dedicar este trabajo a mis padres José Augusto y María Juana por haberme enseñado grandes valores y que el verdadero esfuerzo trae buenas recompensas, a mi hermano Paulo, a mis hermanas Teresa y Martha por confiar siempre en mí, brindándome su apoyo incondicional.

A mi esposa Sandrita y a mis dos hijas Liceth y Aylén, quienes fueron un pilar importante en estos años durante la universidad y siempre me supieron ayudar cuando más lo necesite, por último quiero dedicárselo a Dios por darme la oportunidad de vivir y demostrarle al mundo lo útil que puedo llegar a ser.

Luis Guagcha Anilema

AGRADECIMIENTO

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a la Facultad de Mecánica, y a todo su plantel docente de la Carrera de Ingeniería Automotriz por brindarnos los conocimientos necesarios para acceder a una formación académica y ser personas útiles a la sociedad.

De igual manera agradecerle al Ing. Elvis Arguello, Director de tesis y al Ing. Ramiro Cepeda, Asesor de tesis, por la valiosa colaboración de sus conocimientos en la ejecución de este tema de tesis.

Hugo Alvarez Segovia

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a la Facultad de Mecánica, y a todo su plantel docente de la Carrera de Ingeniería Automotriz por brindarnos los conocimientos necesarios para acceder a una formación académica y ser personas útiles a la sociedad.

De igual manera agradecerle al Ing. Elvis Arguello, Director de tesis y al Ing. Ramiro Cepeda, Asesor de tesis, por la valiosa colaboración de sus conocimientos en la ejecución de este tema de tesis.

Luis Guagcha Anilema

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	
1.1 Justificación.....	1
1.1.1 <i>Justificación técnica</i>	1
1.1.2 <i>Justificación social-económica</i>	2
1.2 Objetivos.....	2
1.2.1 <i>Objetivo general</i>	2
1.2.2 <i>Objetivos específicos</i>	2
2. FUNDAMENTO TEÓRICO	
2.1 Principio del sistema de frenos.....	3
2.1.1 <i>Principio del sistema de frenos de aire</i>	3
2.1.1.1 <i>Funcionamiento de los frenos de aire</i>	5
2.1.2 <i>Reseña histórica del sistema de frenos de aire</i>	5
2.1.3 <i>Componentes del sistema de frenos de aire</i>	7
2.2 Conceptos Básicos.....	9
2.2.1 <i>Conceptos de funcionamiento de los componentes</i>	9
2.2.1.1 <i>Compresor de aire</i>	9
2.2.1.2 <i>Regulador de presión</i>	13
2.2.1.3 <i>Filtro de aire</i>	14
2.2.1.4 <i>Depósito de aire</i>	15
2.2.1.5 <i>Válvula de drenaje</i>	15
2.2.1.6 <i>Válvula de retención</i>	17
2.2.1.7 <i>Válvula de protección de presión</i>	17
2.2.1.8 <i>Válvula relé</i>	18
2.2.1.9 <i>Válvula de seguridad</i>	19
2.2.1.10 <i>Interruptor de luz de freno</i>	19
2.2.1.11 <i>Secador de aire</i>	19
2.2.1.12 <i>Evaporador de alcohol</i>	22
2.2.1.13 <i>Válvula de parqueo</i>	22
2.2.1.14 <i>Pulmón posterior de doble acción</i>	23
2.2.1.15 <i>Manómetro de presión</i>	24
2.2.1.16 <i>Indicador de presión baja</i>	25
2.2.1.17 <i>Válvula principal de pedal</i>	26
2.2.1.18 <i>Válvula de liberación rápida</i>	27
2.2.1.19 <i>Pulmón delantero</i>	27
2.2.1.20 <i>Tensor de ajuste</i>	27
2.2.1.21 <i>Cañerías</i>	28
2.2.1.22 <i>Ejes de levas del freno</i>	30
2.2.1.23 <i>Rodillos</i>	31
2.2.1.24 <i>Muelles de recuperación</i>	31
2.2.1.25 <i>Elemento frenante</i>	32
2.2.1.26 <i>Plato de freno</i>	33
2.2.1.27 <i>Tambor de freno</i>	34
3. DISPOSICIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE FRENOS DE AIRE	
3.1 Requerimientos del sistema del motor.....	35

3.2	Características del sistema.....	35
3.2.1	<i>Compresor.....</i>	35
3.2.2	<i>Pulmón posterior.....</i>	37
3.2.3	<i>Pulmón delantero.....</i>	38
3.2.4	<i>Motor eléctrico.....</i>	38
3.2.5	<i>Tensor de ajuste.....</i>	39
3.2.6	<i>Válvula de pedal.....</i>	40
3.2.7	<i>Valvular relé posterior de freno.....</i>	41
3.2.8	<i>Válvula de bloqueo.....</i>	41
3.2.9	<i>Válvula de alivio inmediato.....</i>	42
3.2.10	<i>Válvula de interruptor de freno.....</i>	42
3.2.11	<i>Regulador de presión.....</i>	42
3.2.12	<i>Manómetro de presión.....</i>	43
3.2.13	<i>Cañerías plásticas de alta presión.....</i>	44
3.2.14	<i>Acoples rápidos.....</i>	45
3.3	Fase mecánica.....	45
3.3.1	<i>Motor-compresor de aire.....</i>	46
3.3.2	<i>Pedal-pulmón-zapatillas de freno.....</i>	46
3.4	Parte eléctrica.....	46
3.4.1	<i>Botón pulsador.....</i>	46
3.4.2	<i>Contactador.....</i>	47
3.4.3	<i>Pulsador de emergencia.....</i>	49
3.3.4	<i>Conductores.....</i>	49
3.3.4.1	<i>Conductor flexible.....</i>	49
3.3.4.2	<i>Conductor concéntrico.....</i>	50
4.	DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL SISTEMA DE FRENOS DE AIRE	
4.1	Diseño del bastidor para el montaje del sistema de frenos de aire.....	51
4.1.1	<i>Información del modelo.....</i>	51
4.1.2	<i>Determinación de las medidas de los componentes que el bastidor del banco...</i>	52
4.1.2.1	<i>Medidas de la estructura.....</i>	52
4.1.2.2	<i>Tablero Frontal.....</i>	52
4.1.3	<i>Cálculo de la potencia del motor.....</i>	52
4.1.3.1	<i>Momento de inercia.....</i>	52
4.1.3.2	<i>Aceleración angular.....</i>	53
4.1.3.3	<i>Torque.....</i>	53
4.1.3.4	<i>Potencia.....</i>	53
4.1.4	<i>Selección de la banda.....</i>	54
4.1.4.1	<i>Cálculo de la relación de transmisión.....</i>	54
4.1.4.2	<i>Cálculo de la potencia de diseño.....</i>	55
4.1.4.3	<i>Escoger la sección de correa más adecuada.....</i>	55
4.1.4.4	<i>Identificar la correa y la polea a utilizar.....</i>	55
4.1.4.5	<i>Determinar la distancia entre ejes.....</i>	55
4.1.4.6	<i>Determinar la longitud de la banda.....</i>	56
4.1.4.7	<i>Determinar el arco de contacto menor.....</i>	56
4.1.4.8	<i>Determinar la potencia que transmite una correa P1 y el factor de corrección C2.....</i>	56
4.1.4.9	<i>Cálculo de la cantidad de correas necesarias.....</i>	57
4.1.4.10	<i>Velocidad de la banda.....</i>	57
4.1.4.11	<i>Verificación de los ciclos de flexión por segundo.....</i>	57
4.1.4.12	<i>Cálculo de las tensiones.....</i>	57
4.2	Construcción.....	58
4.2.1	<i>Elementos para la construcción del banco.....</i>	58

4.2.2	<i>Ensamblaje total</i>	59
5.	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA	
5.1	Pruebas de presión de aire en el sistema.....	68
5.2	Plan de mantenimiento del equipo.....	68
5.2.1	<i>Factores neumáticos</i>	68
5.2.1.1	<i>Cañerías</i>	68
5.2.1.2	<i>Válvulas</i>	68
5.2.1.3	<i>Compresor</i>	69
5.2.2	<i>Factor mecánico</i>	69
5.2.2.1	<i>Pulmones</i>	69
5.2.2.2	<i>Muelle de retorno</i>	69
5.2.2.3	<i>Diafragma</i>	69
5.2.2.4	<i>Tensor de ajuste</i>	69
5.2.2.5	<i>Rodamientos</i>	70
5.2.2.6	<i>Bandas</i>	70
5.3	Manual de funcionamiento del equipo.....	70
5.3.1	<i>Descripción general del banco de frenos de aire</i>	70
5.3.2	<i>Información de seguridad</i>	70
5.3.3	<i>Advertencia</i>	70
5.3.4	<i>Descripción general de los paneles</i>	71
5.3.4.1	<i>Panel frontal</i>	71
5.3.4.2	<i>Panel posterior</i>	72
5.3.4.3	<i>Función general de los elementos del banco</i>	72
5.3.5	<i>Instrucciones de uso</i>	75
5.3.5.1	<i>Abastecimiento de energía eléctrica</i>	75
5.3.5.2	<i>Abastecimiento de aire comprimido</i>	75
5.3.5.3	<i>Regulación de presión del sistema</i>	75
5.3.5.4	<i>Para hacer funcionar el equipo</i>	75
5.4	Guías de prácticas a implementarse con el equipo.....	76
6.	ANÁLISIS DE COSTOS	
6.1	Costos de los elementos que interviene en el banco.....	90
7	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
7.1	Conclusiones.....	93
7.2	Recomendaciones.....	93

BIBLIOGRAFÍA
ANEXOS
PLANOS

LISTA DE TABLAS

		Pág.
1	Propiedades físicas del aire.....	5
2	Acoples más usados.....	29
3	Datos técnicos del compresor.....	37
4	Recorrido máximo permitido.....	38
5	Fuerza con un diafragma de 24 pulgadas.....	38
6	Datos técnicos del motor eléctrico.....	39
7	Datos técnicos del tensor de ajuste.....	40
8	Datos técnicos del regulador de presión.....	43
9	Datos técnicos del manómetro.....	44
10	Datos técnicos de la cañería.....	44
11	Datos técnicos de los acoples rápidos.....	45
12	Datos técnicos del contactor.....	48
13	Datos técnicos del pulsador de emergencia.....	49
14	Costos de materiales.....	90
15	Mano de obra.....	91
16	Equipos y herramientas.....	91
17	Transporte.....	92
18	Costo Indirecto.....	92
19	Costo total.....	92

LISTA DE FIGURAS

		Pág.
1	Principio del sistema de frenos de aire.....	3
2	Componentes del aire.....	4
3	Evolución del sistema de frenos de aire.....	6
4	Componentes del sistema de frenos de aire.....	8
5	Compresor de aire bendix.....	9
6	Elementos del compresor de aire.....	10
7	Lubricación del compresor.....	11
8	Enfriamiento del compresor.....	11
9	Entrada y compresión de aire.....	12
10	Carga del compresor.....	12
11	Descarga del compresor.....	13
12	Regulador de presión.....	14
13	Filtro de aire.....	14
14	Depósito de aire.....	15
15	Válvula de drenaje.....	16
16	Válvula de drenaje manual.....	16
17	Válvula de retención.....	17
18	Posiciones de la válvula de retención.....	17
19	Válvula de protección de presión.....	18
20	Válvula relé.....	18
21	Válvula de seguridad.....	19
22	Interruptor de la luz de freno.....	19
23	Secador de aire.....	20
24	Secador de aire AD-IS.....	21
25	Secador de aire de purga extendida.....	21
26	Secador de aire AD-SP.....	22
27	Válvula de parqueo de botón.....	22
28	Válvula de parqueo de palanca.....	23
29	Válvula integral de retención doble.....	23
30	Pulmón posterior de doble acción.....	24
31	Manómetro de presión.....	25
32	Indicador de baja presión.....	26
33	Válvula principal de pedal.....	26
34	Válvula de liberación rápida.....	27
35	Pulmón delantero.....	27
36	Tensor de ajuste.....	28
37	Cañería.....	29
38	Eje de levas de freno.....	30
39	Levas de freno.....	31
40	Rodillos.....	31
41	Muelles de recuperación.....	32
42	Elemento frenante.....	32
43	Zapatas sin rozamiento.....	33
44	Zapatas con rozamiento.....	33
45	Plato de freno.....	34
46	Tambor de freno.....	34
47	Accionamiento del compresor.....	35
48	Compresor de desplazamiento positivo.....	36
49	Funcionamiento del compresor de desplazamiento positivo.....	36
50	Partes del pulmón posterior.....	37
51	Pulmón de simple efecto.....	38

52	Partes del motor eléctrico.....	39
53	Tensor de ajuste manual.....	40
54	Válvula de pedal bendix E-6.....	41
55	Válvula relé bendix R-6.....	41
56	Válvula de bloqueo.....	41
57	Válvula bendix de escape rápido QR-1.....	42
58	Interruptor de luz bendix SL-5.....	42
59	Regulador de presión.....	43
60	Manómetro de presión.....	43
61	Cañerías de alta presión.....	44
62	Acoples rápidos.....	45
63	Fase mecánica pedal, pulmón, zapata.....	46
64	Botón pulsador.....	47
65	Contactador.....	48
66	Pulsador de emergencia.....	49
67	Conductor flexible.....	50
68	Conductor concéntrico.....	50
69	Modelación.....	51
70	Panel frontal.....	52
71	Poleas y banda.....	54
72	Tensiones.....	58
73	Eje de Ford 750.....	60
74	Corte del eje.....	60
75	Rectángulo de perfil L.....	60
76	Eje soldado.....	61
77	Medición.....	61
78	Trazado.....	61
79	Corte.....	62
80	Eje sobre la base.....	62
81	Colocación de los pulmones en las bases.....	63
82	Corte del perfil L para el panel frontal.....	63
83	Doble del perfil L.....	64
84	Perfil doblado.....	64
85	Panel frontal soldado.....	65
86	Conjunto de rodadura.....	65
87	Panel frontal de plancha de tol.....	66
88	Colocación de bandas.....	66
89	Banco pintado.....	67
90	Tambores pintados.....	67
91	Panel frontal.....	71
92	Panel posterior.....	72

LISTA DE ABREVIACIONES

PMS	Punto muerto superior
PMI	Punto muerto inferior
AD	Air dryer (secador de aire)
AD-2, AD-4, AD-9	Secador de aire de diferente capacidad según el número
AD-IP	Secador de Aire de Purga Integral
AD-IS	Secador de aire de Sistema Integral
AD-SP	Secador de aire con sistema de Purga
SC-PR	Válvula Reductora de Presión con cierre por Solenoide

LISTA DE ANEXOS

- A** Tablas para la selección de la banda
- B** Diagrama neumático
- C** Simulación neumática en festofluidsims
- D** Diagrama eléctrico
- E** Análisis estructural en SAP

RESUMEN

Se construyó un Banco Didáctico de Frenos de Aire para el Laboratorio de la Escuela de Ingeniería Automotriz, con la finalidad de contribuir al mejoramiento de la capacitación técnica de los estudiantes.

El Banco Didáctico de Frenos de Aire está en una estructura diseñada para las respectivas prácticas, los elementos principales están distribuidos de una forma visible y fácil de identificar, siendo estos: pulmones de simple y doble acción, válvula de pedal, válvula relé, válvula de escape rápido, válvula de regulación de presión, válvula de bloqueo, válvula de purga, válvula de seguridad, manómetros de presión, compresor y líneas de cañería; además cuenta con dos motores eléctricos trifásicos para mover a los tambores de freno mediante bandas, simulando el giro de los neumáticos del vehículo, para la parte eléctrica el Banco Didáctico cuenta con un botón de emergencia que suspende el abastecimiento de la energía a los motores trifásicos.

El principio de funcionamiento neumático del Banco Didáctico comienza cuando el compresor es accionado, comprimiendo y almacenando el aire en el tanque, luego podemos encender los motores eléctricos, para observar cómo se desarrolla la prueba de frenado una vez que accionamos la válvula de pedal.

Se puede realizar prácticas de: conexión neumática, despiece del pulmón delantero y posterior, despiece del conjunto de rodadura y regulación de frenos, esto permitirá que el estudiante experimente de tal forma que mejore su formación profesional. El cumplir con el plan de mantenimiento del Banco Didáctico y utilizarlo para los fines creados prolongará su vida útil.

ABSTRACT

A Didactic Bank of Air Brakes was built to the Laboratory for the Automotive Engineering School, in order to contribute to the improvement of student's technical training.

The Didactic Bank of Air Brakes is in a structure designed for the respective practices, the main elements are distributed in a visible and easy way of identifying, these are: single and double lung action, pedal valve, rele valve, quick exhaust valve, pressure regulating valve, stopping valve, vent valve, safety valve, pressure gauge, compressor and pipe lines, also it has two three – phased electrical engines to move the brake drums by means of bands, simulating the rotation of the vehicle's electrical Didactic Bank has an emergency button that suspends power supply to the three – phased engines.

The operating principle tire of the Didactic Bank begins when the compressor is driven comprising and storing air in the tank, then the electric motors can be turned on, the observe the braking test once the pedal valve is activated.

Practices can be carried out: pneumatic connection, lung exploded front and rear, cutting the roller assembly and brake control, this will allow the student to experience to improve professional training. Performing with the maintenance plan, it will prolong its life.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo desde su creación ha tenido como misión formar profesionales competitivos con amplio conocimiento científico y tecnológico en sus diferentes carreras para contribuir al desarrollo sustentable de nuestro país.

La Escuela de Ingeniería Automotriz fue creada en el año 2003, con lo cual la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo oferta a la sociedad ecuatoriana una carrera que resuelva los problemas técnicos - científicos del parque automotor, así como también al cuidado y conservación del ambiente.

La industria automotriz ha tenido un crecimiento y adelanto considerable en todos sus campos, adoptando sistemas para mejorar su funcionamiento, es así que se adoptó el sistema de frenos de aire en los vehículos de carga y transporte público con gran rendimiento, mejorando así la seguridad de sus ocupantes, por lo tanto es necesario formar profesionales teóricos - prácticos capacitados en laboratorios equipados con sistemas de frenos de aire que simulen el funcionamiento real en un vehículo.

El presente proyecto didáctico sobre el sistema de frenos de aire permite realizar prácticas y demostraciones, simulando al equipo existente que se encuentra en el vehículo.

1.1 Justificación

1.1.1 Justificación *técnica*. El campo automotriz en su constante avance tecnológico cuenta con sistemas de frenos de aire que claramente mejoran el proceso de frenado, por lo tanto se vuelve necesario contar con personas cada vez más capacitadas para poder dar soluciones adecuadas a las averías que se presentan en los vehículos. Con la utilización de los frenos de aire en los vehículos que hoy en día circulan, a más de lograr una mejor parada, es notable la disminución de la contaminación por parte de los agentes nocivos que se utilizan en los comunes frenos hidráulicos o de líquido.

Con este proyecto se pretende mejorar la comprensión de los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Automotriz en dicho tema, por medio de la implementación de un banco didáctico del sistema de frenos de aire con funcionamiento real, en los talleres de la escuela antes mencionada, ya que el método de enseñanza sería teórico– práctico.

1.1.2 *Justificación social – económica.* Con el Diseño y Construcción de un Banco Didáctico del Sistema de Frenos de Aire para la escuela de Ingeniería Automotriz se obtendrá una mejor capacitación de los estudiantes con lo cual se busca disminuir falencias en la formación académica.

Al mejorar el aprendizaje de los estudiantes se cumplirá con la misión de forjar profesionales de elevado nivel académico-científico en Ingeniería Automotriz y se entregará a la sociedad, profesionales con una actualizada y sólida capacitación.

1.2 **Objetivos**

1.2.1 *Objetivo general.* Diseñar y Construir un banco didáctico del sistema de frenos de aire.

1.2.2 *Objetivos específicos:*

Investigar el funcionamiento del sistema de frenos de aire y cada unos de los componentes que intervienen en el mismo.

Diseñar y Construir un banco didáctico del sistema de frenos de aire, para que los estudiantes tengan una formación con conocimientos teóricos – prácticos.

Elaborar guías de prácticas para que los estudiantes de la escuela de Ingeniería Automotriz se familiaricen con los elementos que intervienen en el sistema de frenos de aire mediante su manipulación en el banco didáctico.

CAPÍTULO II

2 FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1 Principio del sistema de frenos

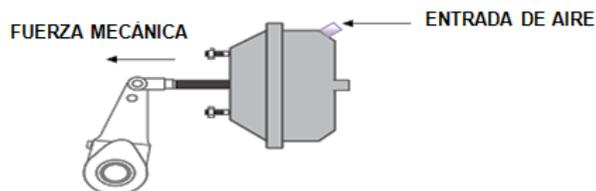
Uno de los elementos más importantes para el funcionamiento de un vehículo son los frenos, pues disminuye la velocidad o detiene el automóvil según las necesidades del conductor. De la eficiencia y correcto funcionamiento de este sistema depende la seguridad de los ocupantes o pasajeros del vehículo. Este sistema basa su funcionamiento en la pérdida de energía por la fricción de sus elementos frenantes como son el tambor y las zapatas. (CHANGO, 2008 págs. 5-7)

Como principio general, el frenado es una fuerza contraria a la trayectoria del vehículo, por esta razón el correcto funcionamiento de todos sus componentes nos da como resultado una mayor seguridad a la hora de conducir un automotor.

La fuerza de frenado está basada en la tercera ley de Newton que nos dice, “todo cuerpo que se somete a una acción tiene una fuerza contraria denominada reacción”, en nuestro caso la acción es el rozamiento de los elementos frenantes, y la reacción es la detención parcial o total del vehículo por la fuerza que aplique el conductor sobre el pedal de acuerdo a las necesidades en el momento del manejo. (VALLEJO, 2011 pág. 185)

2.1.1 *Principio del sistema de frenos de aire.* Este sistema emplea aire comprimido para su funcionamiento, lo cual se consigue gracias a un compresor, que tiene por función reducirlo de tamaño haciendo que ocupe en espacio mucho menor al que se encuentra en la atmósfera, al mismo tiempo que incrementa su presión.

Figura 1. Principio del sistema de frenos de aire

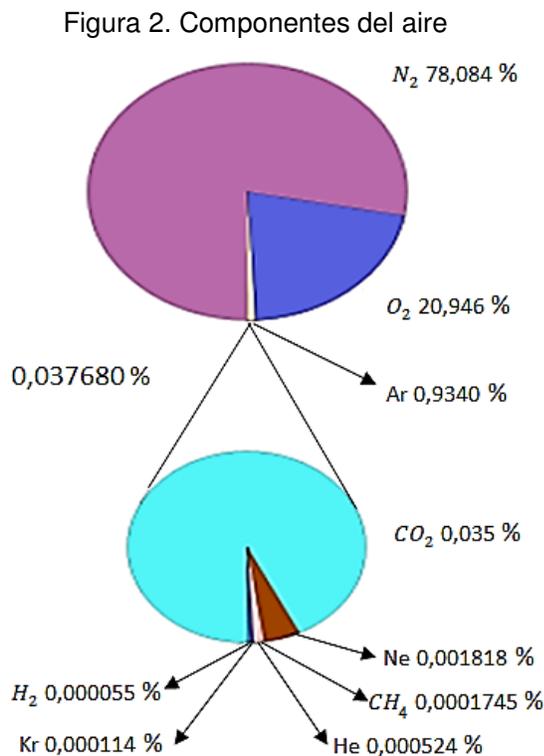


Fuente: BENDIX, Manual de frenos de aire, p. 55

Una vez comprimido el aire y sometido a presión es almacenado en un tanque cuyos valores de operación deben estar en los rangos máximos y mínimos de 10 y 6 bares respectivamente, luego con la ayuda de válvulas y cañerías es guiado hasta su punto de trabajo para que se produzca la acción del frenado.

Las características principales de este elemento es su facilidad de obtención, transportación por las cañerías y el incremento de presión, alcanzando fuerzas superiores a las de un ser humano; en lo referente a los frenos de aire podemos decir que se elimina la contaminación ya que este elemento luego de realizar su trabajo, regresa a la atmósfera con las mismas características y en condiciones iguales a las que ingreso.

El aire es la mezcla de gases que constituye la atmósfera terrestre, que permanecen alrededor del planeta Tierra por acción de la fuerza de gravedad. Está compuesto en proporciones ligeramente variables por nitrógeno (78%), oxígeno (21%), vapor de agua (0.7%), ozono, dióxido de carbono, hidrógeno y gases nobles como kriptón y argón; es decir, 1% de otras sustancias. (WIKIPEDIA, 2010)



Fuente:
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Proporci%C3%B3n_de_gases_de_la_atm%C3%B3sfera.svg

Tabla 1. Propiedades físicas del aire

Temperatura [°C]	Densidad [Kg/m ³]	Viscosidad absoluta [Pa s]	Viscosidad cinemática [m ² /s]	Constante particular [J/Kg K]	Calor específico a presión constante [J/Kg K]	Calor específico a volumen constante [J/Kg K]	Constante de la adiabática
0	1,29	1,71x10 ⁻⁵	1,33x10 ⁻⁵	287	1000	716	1,40
50	1,09	1,95x10 ⁻⁵	1,79x10 ⁻⁵	287	-	-	-
100	0,946	2,17x10 ⁻⁵	2,30x10 ⁻⁵	287	1010	723	1,40
150	0,835	2,38x10 ⁻⁵	2,85x10 ⁻⁵	287	-	-	-
200	0,746	2,57x10 ⁻⁵	3,45x10 ⁻⁵	287	1020	737	1,39
250	0,675	2,75x10 ⁻⁵	4,08x10 ⁻⁵	287	-	-	-
300	0,616	2,93x10 ⁻⁵	4,75x10 ⁻⁵	287	1040	758	1,38
400	0,525	3,25x10 ⁻⁵	6,20x10 ⁻⁵	287	1070	781	1,37
500	0,457	3,55x10 ⁻⁵	7,77x10 ⁻⁵	287	1090	805	1,36

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Aire>

2.1.1.1 Funcionamiento de los frenos de aire. Su funcionamiento comienza cuando el conductor presiona el pedal de freno, la válvula deja pasar el aire comprimido del depósito hacia las cámaras de freno de las campanas (pulmones), las cuales mediante levas de accionamiento (martillo) desplazan las zapatas y forros contra el interior del tambor. Al soltar el pedal, la válvula corta el paso del aire a presión permitiendo que a la vez salga el aire acumulado en las cañerías y cámaras de freno.

Los frenos de aire en realidad son tres tipos de sistemas diferentes:

- *Freno de servicio:* Aplica y libera los frenos cuando el conductor usa el pedal de freno durante el manejo normal.
- *Freno de estacionamiento:* Aplica y libera los frenos de estacionamiento (parqueo) cuando el conductor lo requiera mediante la acción de la válvula de estacionamiento.
- *Freno de emergencia:* Usa parte de los frenos de servicio y de los de estacionamiento para detener el vehículo en el caso de que ocurra alguna falla en el sistema.

2.1.2 Reseña histórica del sistema de frenos de aire. El sistema de frenos de aire fue creado por George Westinghouse (fundador de la Compañía Westinghouse Air Brake - WABCO) en Nueva York en 1869, originalmente fue para vehículos ferroviarios buscando mejorar su capacidad de respuesta de frenado, la seguridad y evitar los accidentes de tren con demasiada frecuencia. Tras una serie de mejoras y desarrollos del modelo original y una vez que su eficacia a sido probada, los sistemas de frenos de aire también comenzó a aplicarse en los vehículos de carretera.

Figura 3. Evolución del sistema de frenos de aire



Fuente:<http://translate.google.com.ec/translate?hl=es&langpair=en|es&u=http://www.europeanbrakingystems.co.uk/history&ei=X6geUcnrKlio8QTu84DABg>

La primera forma del freno de aire consistía en una bomba de aire, un depósito principal, una válvula, una cañería distribuida por todo el tren y un cilindro de freno en cada vagón; pero su deficiencia fue el tiempo de respuesta en el frenado para los vagones posteriores, frenando con mayor rapidez los delanteros, provocando daños y choques entre vagones, a más de que al ser una sola cañería la que distribuía el aire, un simple fallo en cualquier parte del sistema podía hacer que este falle totalmente.

En 1872, creó el freno automático de aire con la invención de la válvula de triple acción rápida y equipó a cada vagón con su propio depósito de aire. La presión del aire se mantenía en los depósitos auxiliares y en la tubería repartida a lo largo del tren cuando los frenos no se aplicaban.

Para aplicar los frenos a todos los vagones al mismo tiempo, se liberaba la presión de la cañería del tren, haciendo que la válvula de triple acción rápida en cada vagón aplique los frenos.

Para liberar los frenos en cada vagón, la presión se incrementaba en la cañería del tren hasta que un exceso de presión por encima de la presión de cada cilindro auxiliar, haga que la válvula de triple acción rápida cierre la entrada al cilindro del freno y abra la entrada para el depósito auxiliar.

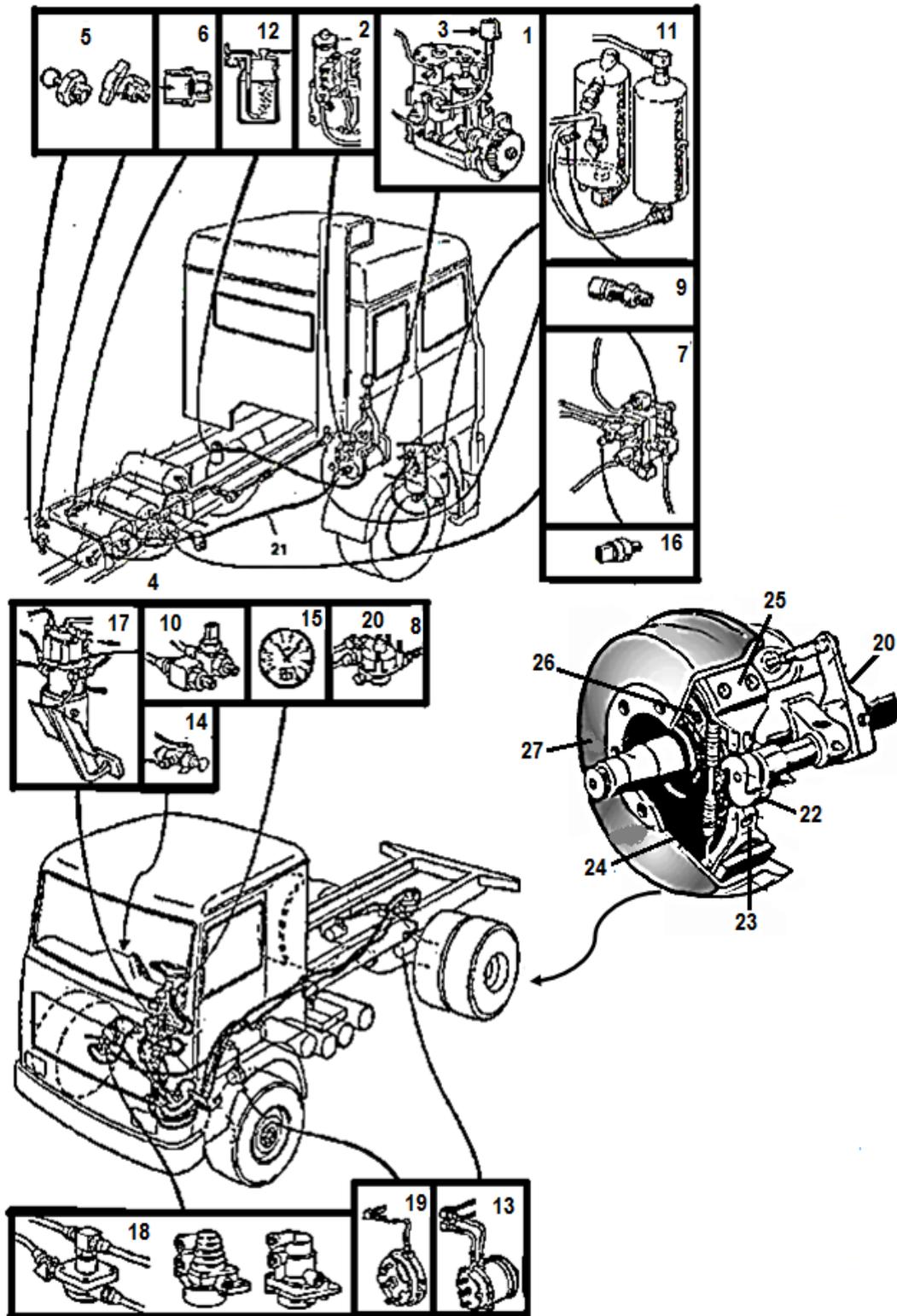
En 1922 la compañía llamada Knorr-Bremse, inició el desarrollo de sistemas de frenos neumáticos para vehículos comerciales de carretera, además fue la primera empresa europea que desarrolló un nuevo sistema neumático que aplicaba los frenos de forma simultánea a las cuatro ruedas de un camión, así como su remolque. En 1949,

acelerada por la Segunda Guerra Mundial, el freno de aire se convirtió en estándar en todos los camiones pesados, tractores-remolques, autobuses y camiones de bomberos. En 1960, los ajustadores automáticos de holgura, secadores de aire, válvulas de doble freno y la primera generación de sistemas de antibloqueo de frenos se estaban desarrollando.

2.1.3 *Componentes del sistema de frenos de aire.* Los componentes de un sistema de aire son:

- 1 Compresor de aire
- 2 Regulador de presión
- 3 Filtro de aire
- 4 Depósitos de aire
- 5 Válvula de drenaje
- 6 Válvula de retención
- 7 Válvula de protección de presión
- 8 Válvula relé
- 9 Válvula de seguridad
- 10 Interruptor de la luz de freno
- 11 Secador de aire
- 12 Evaporador de alcohol
- 13 Pulmón posterior de doble acción
- 14 Válvula de parqueo
- 15 Manómetro
- 16 Indicador de presión baja
- 17 Válvula principal de pedal
- 18 Válvula de liberación rápida
- 19 Pulmón delantero
- 20 Tensor de ajuste
- 21 Cañerías
- 22 Eje de levas del freno
- 23 Rodillos
- 24 Muelles de recuperación
- 25 Elemento frenante
- 26 Plato de freno
- 27 Tambor de freno

Figura 4. Componentes del sistema de frenos de aire



Fuente: CHANGO, CARLOS. Diseño e instalación de un sistema de entrenamiento en el sistema de frenos neumáticos. ESPEL. Latacunga. TESIS, 2008. p. 7

2.2 Conceptos básicos

2.2.1 Conceptos de funcionamiento de los componentes

2.2.1.1 Compresor de aire. La función del compresor de aire es proveer y mantener aire bajo presión para operar los dispositivos en el freno de aire y sus mandos auxiliares, uno de los compresores más utilizados es de tipo recíprocante de una sola etapa, tiene dos cilindros con una velocidad de desplazamiento de 13,2 pies cúbicos por minuto a 1250 RPM. (BENDIX Commercial Vehicle Systems, 2004 págs. 1-7)

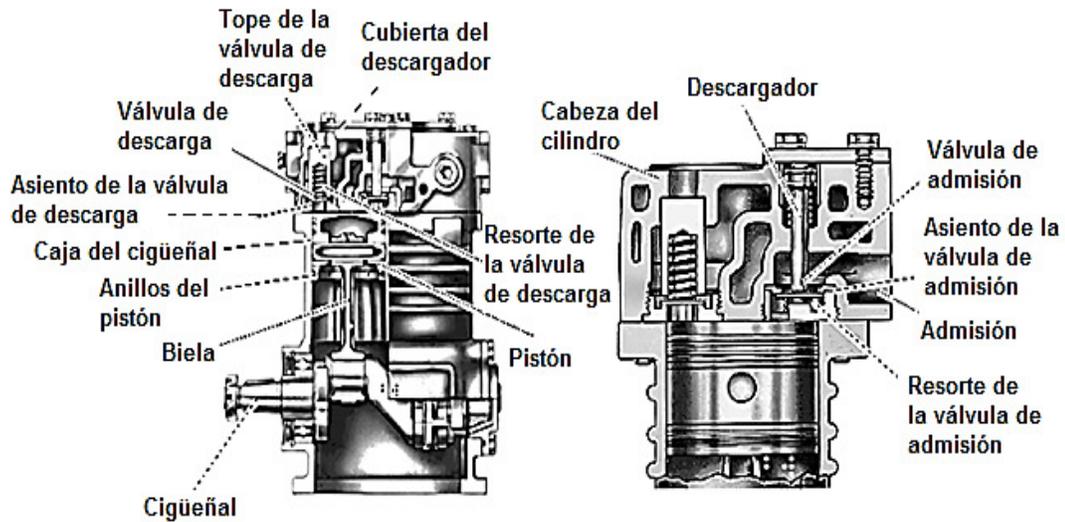
Figura 5. Compresor de aire bendix



Fuente: BENDIX, Manual de frenos de aire, p. 1

El compresor es accionado por el motor del vehículo y está operando continuamente mientras el motor esté funcionando, está acoplado por medio de engranajes o de una banda en v, desde un piñón perteneciente a la cadena cinemática de la distribución y actúa sobre el piñón del compresor, el mismo se encuentra solidario del cigüeñal, de modo que los pistones se mueven alternativamente arrastrados desde el piñón cuando los pistones se desplazan desde su PMS a su PMI, hacen que se abran las válvulas de admisión, las cuales toman el aire que se halla en contacto con el filtro de aire cuando el pistón sube, comprime el aire que existe en su interior hasta una presión suficiente que pueda abrir la válvula de salida desde donde el aire se dirige, por medio del conducto de salida hacia el depósito que almacena el aire comprimido.

Figura 6. Elementos del compresor de aire



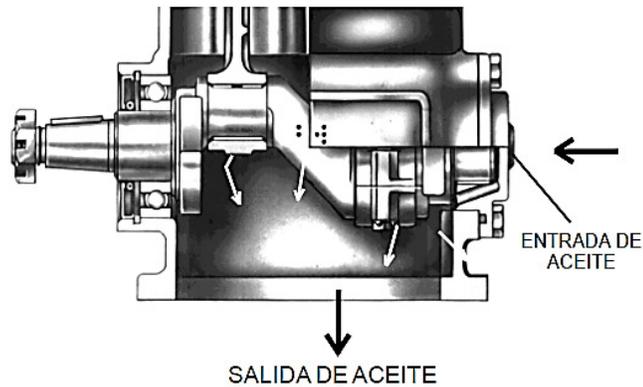
Fuente: BENDIX TU-FLO 550, Manual del compresor de aire, p. 1

La compresión del aire presente es controlada por el mecanismo de descarga del compresor y del gobernador, que generalmente está montado en el compresor, mantiene la presión de aire del sistema a un nivel de presión máximo y mínimo (10 y 8 bares) respectivamente.

A medida que el aire atmosférico es comprimido, todo el vapor de agua originalmente en el aire es llevado a lo largo del sistema de frenos de aire, como también una pequeña cantidad de aceite lubricante en forma de vapor. Si el secador de aire no se usa para quitar estos contaminantes antes de entrar al sistema de aire, la mayoría de los contaminantes, pero no todos, se condensan en los tanques. La cantidad de contaminantes que llegan al sistema de aire, depende de varios factores, incluyendo la instalación, mantenimiento y dispositivos de manejo de los contaminantes en el sistema.

- *Lubricación.* El motor del vehículo provee un suministro continuo de aceite al compresor, el mismo que es dirigido desde el motor hasta la entrada de aceite del compresor. Un conducto para el aceite en el cigüeñal del compresor permite que este lubrique los bujes de las bielas en el cigüeñal; en cambio, los bujes de los pasadores de la biela y los rodamientos de bolas del cigüeñal son lubricados por salpicadura. Una tubería de retorno de aceite conectada desde el drenaje del compresor a la caja del cigüeñal del motor del vehículo, permite el retorno del aceite.

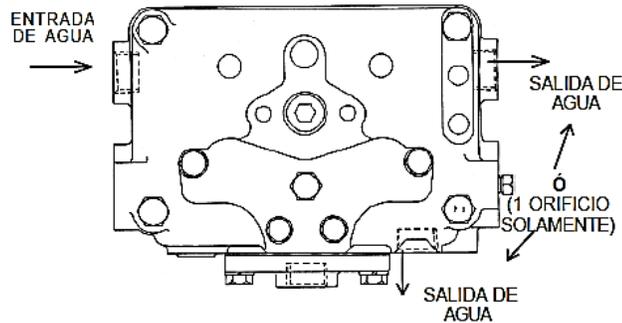
Figura 7. Lubricación del compresor



Fuente: BENDIX TU-FLO 550, Manual del compresor de aire, p. 5

- *Enfriamiento.* El aire que fluye a través del compartimento del motor por la acción del ventilador, y el movimiento del vehículo ayuda al enfriamiento del compresor. El refrigerante que fluye desde el sistema de enfriamiento del motor a través de las tuberías de conexión, entra a la cabeza del compresor y pasa a través de los conductos internos en la cabeza del cilindro y es regresado al motor. El enfriamiento apropiado es importante para mantener la temperatura del aire de descarga por debajo de la máxima recomendada de 400 grados Fahrenheit.

Figura 8. Enfriamiento del compresor

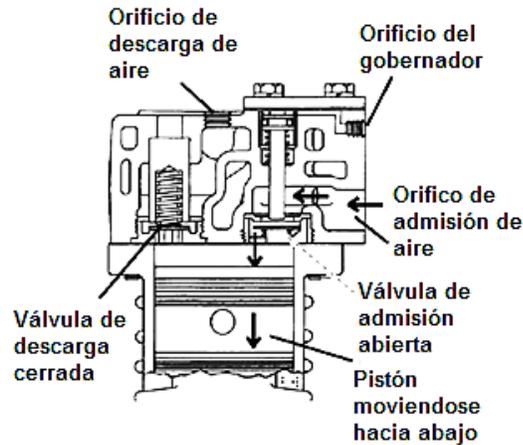


Fuente: BENDIX TU-FLO 550, Manual del compresor de aire, p. 5

- *Tubería de descarga.* La tubería de descarga permite que la mezcla de aire, vapor de aceite y vapor de agua, se enfríe entre el compresor y el secador de aire o el tanque. Cuando la temperatura del aire comprimido que entra al secador de aire está dentro del límite normal, el secador de aire puede sacar más aceite del sistema de carga; si la temperatura del aire comprimido está sobre el límite normal, el aceite en forma de vapor de aceite puede pasar a través del secador de aire y así entrar al sistema.

- *Entrada y compresión de aire (Cargado).* La entrada y compresión de aire ocurre durante la carrera de descenso del pistón, se crea un ligero vacío entre la tapa del pistón y la cabeza del cilindro, haciendo que la válvula de admisión se mueva de su asiento y se abra. El aire atmosférico es llevado a través del filtro de aire y la válvula de admisión abierta dentro del cilindro.

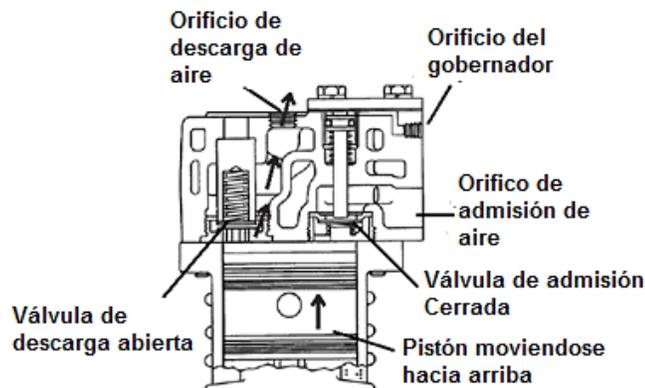
Figura 9. Entrada y compresión de aire



Fuente: BENDIX TU-FLO 550, Manual del compresor de aire, p. 3

A medida que el pistón empieza su carrera de ascenso, el aire que fue llevado dentro del cilindro en la carrera de descenso es comprimido, la presión de aire sobre la válvula de admisión más la fuerza del resorte de entrada regresa la válvula de admisión a su asiento y la cierra. El pistón continúa la carrera de ascenso y el aire comprimido empuja la válvula de descarga fuera de su asiento y el aire fluye por la válvula de descarga abierta, a la tubería de descarga y a los tanques.

Figura 10. Carga del compresor

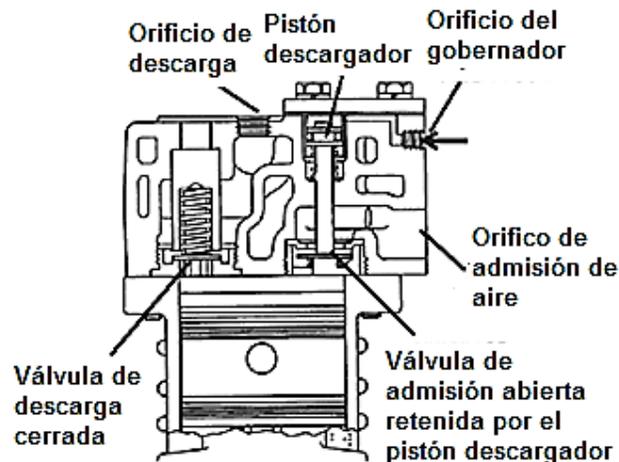


Fuente: BENDIX TU-FLO 550, Manual del compresor de aire, p. 3

Cuando el pistón alcanza la parte superior de su recorrido y empieza a bajar, el resorte de la válvula de descarga y la presión de aire en la tubería de descarga, regresa la válvula de descarga a su asiento. Esto previene que el aire comprimido en la tubería de descarga regrese a la cámara del cilindro, a medida que el ciclo de entrada y compresión se repite.

- *Sin compresión de aire (Descargado).* Cuando la presión de aire en el tanque alcanza el punto de corte del gobernador, este permite que el aire pase desde el tanque a través del gobernador y entre en la cavidad sobre los pistones de descarga. Los pistones de descarga bajan manteniendo las válvulas de admisión fuera de sus asientos.

Figura 11. Descarga del compresor



Fuente: BENDIX TU-FLO 550, Manual del compresor de aire, p. 3

Con las válvulas de admisión separadas de sus asientos por los pistones de descarga, el aire es bombeado hacia atrás y hacia adelante entre los dos cilindros; las válvulas de descarga permanecen cerradas. Cuando la presión de aire del tanque baja al punto de corte mínimo del gobernador, este se cierra y deja escapar el aire de la parte superior de los pistones de descarga, los resortes de descarga impulsan los pistones hacia arriba y las válvulas de admisión regresan a sus asientos, entonces la compresión es reanudada.

2.2.1.2 Regulador de presión. La misión de este elemento es la de regular la carga del compresor registrando la presión en el depósito de aire, cuando alcanza la presión operativa (8 y 10 bares), el mecanismo de descarga del compresor recibe una señal

neumática del regulador de presión que hace que se detenga la carga. Cuando la presión de funcionamiento disminuye en alrededor de 1 bar desaparece la señal del regulador de presión y el compresor reinicia la carga.

Figura 12. Regulador de presión



D-2

Fuente: BENDIX BRAKES, Manual para frenos de aire, p. 4

2.2.1.3 Filtro de aire. Tiene la función de extraer del aire comprimido circulante, todas las impurezas y el agua condensada, tratando de conseguir un mayor grado de pureza en el aire comprimido, para lo cual se crea la necesidad de realizar un filtraje que garantice su utilización.

El más frecuente mantenimiento es durante la operación en ambientes polvorientos o sucios.

Figura 13. Filtro de aire



FILTRO DE ESPONJA DE POLIURETANO



FILTRO DE AIRE DE ELEMENTO SECO-PAPEL PLEGADO

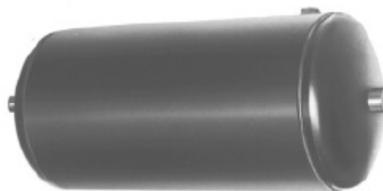
Fuente: BENDIX TU-FLO 550, Manual del compresor de aire, p. 6

El filtro de esponja de poliuretano cada mes, 150 horas de operación o 5.000 millas, lo que primero ocurra; debe ser limpiado o reemplazado. Si el elemento se limpia, debe ser lavado en un solvente comercial o un detergente y una solución de agua. El elemento debe ser saturado en aceite para motor limpio, luego escurrido para que se seque antes de reubicar el filtro.

El elemento seco o filtro de papel plegado debe ser reemplazado cada dos meses, 800 horas de operación o 20.000 millas, lo que primero ocurra, verificando que el filtro esté en su posición correcta.

2.2.1.4 Depósitos de aire. Los depósitos de aire comprimido son en realidad un conjunto de cuatro depósitos, ellos son: el depósito húmedo, que actúa como el depósito de regulación de los demás, ya que está en contacto con ellos, y un conjunto de tres depósitos más que sirven para cada uno de los frenos de cada eje y para el freno de Estacionamiento. (BENDIX Commercial Vehicle Systems, 2004 págs. 10-15, 17, 18, 20, 21, 23,26,)

Figura 14. Depósito de aire



Fuente: BENDIX, Manual de frenos de aire, p. 11

El aire comprimido llega primero al depósito húmedo, al mismo tiempo que distribuye el aire al resto de depósitos, los cuales son exclusivos para los frenos delanteros, posterior y freno de estacionamiento.

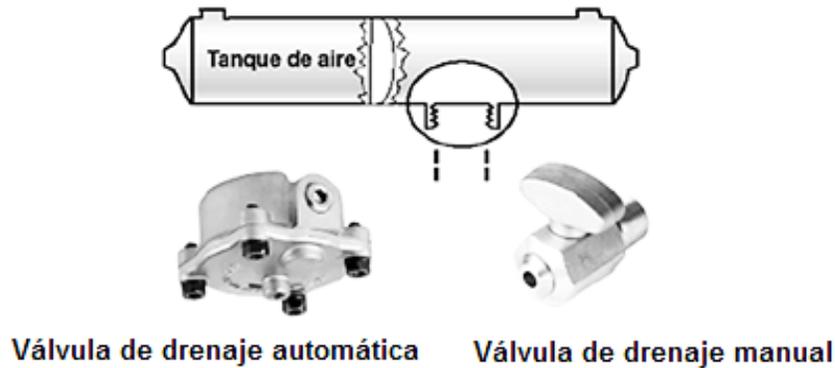
La fabricación del depósito húmedo generalmente suele ser de acero con la finalidad de conseguir una mayor resistencia, ya que la presión de aire que debe almacenar en algunos momentos requiere de una mayor fuerza de llenado que en el resto de depósitos, el número o disposición de los depósitos de aire comprimido está en base al diseño de cada fabricante así como también del tipo de vehículo.

Para la construcción de los depósitos de aire comprimido se utiliza la plancha de acero que tiene un grosor de entre 2,5 y 3,5 mm, la forma final se la conoce como abovedada buscando así dar la mayor resistencia a las presiones requeridas, además la capacidad de almacenamiento varían según el tamaño del vehículo pero se construye depósitos de entre 8 hasta 40 litros o más.

2.2.1.5 Válvula de drenaje. El aire comprimido siempre contiene algo de agua y de aceite del compresor, esto es muy perjudicial para el sistema de frenos de aire, ya que

el excesivo frío hace que el agua se congele provocando fallas en el sistema. El agua y el aceite tienden a acumularse en el fondo del depósito de aire y por eso es importante drenarlo completamente usando la válvula de drenaje que se encuentra en la parte inferior de cada tanque.

Figura 15. Válvula de drenaje

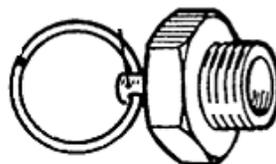


Fuente: BENDIX, Manual de frenos de aire, p. 11

Hay dos tipos de válvulas de drenaje, la válvula manual que trabaja haciéndola girar un cuarto de vuelta o halando un cable, esto se lo realiza de forma pausada para conseguir mejores resultados, se recomienda drenar manualmente los tanques al finalizar el día de conducción; la válvula automática trabaja expulsando el agua y el aceite de forma automática ya que cuentan con dispositivos de calentamiento eléctrico que previenen la congelación del drenaje automático en clima frío.

La válvula de drenaje mostrada en la figura es la más característica, se halla estratégicamente colocada en la parte más baja del depósito, para que el agua tienda a acumularse en la parte superior de ella; basta con tirar del anillo para vencer la presión en el muelle interno y desplazar el vástago, para dejar libre la expulsión del agua que se encuentre en el interior del depósito, en cuanto se suelta el anillo la válvula pasa a cerrarse herméticamente.

Figura 16. Válvula de drenaje manual

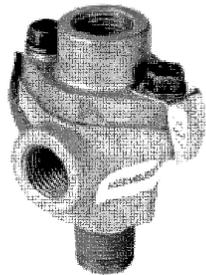


Fuente: CHANGO, CARLOS. Diseño e instalación de un sistema de entrenamiento en el sistema de frenos neumáticos. ESPEL. Latacunga. TESIS, 2008. p. 25

En este tipo de válvulas de drenaje, también tenemos las de tipo automáticas, en las que la expulsión del agua se la realiza cuando ésta rebasa un cierto nivel, de forma que ya no es necesaria la intervención periódica del conductor o del encargado del mantenimiento.

2.2.1.6 *Válvula de retención.* Esta válvula permite el paso del aire comprimido en una sola dirección, se recomienda por regla general que vayan instaladas en forma horizontal.

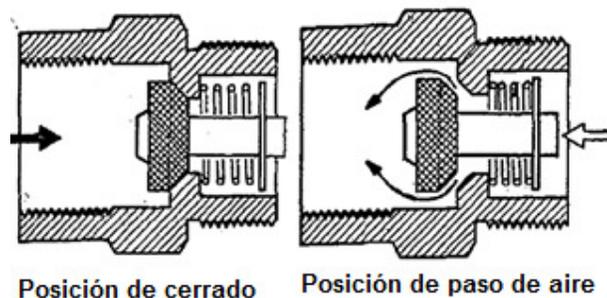
Figura 17. Válvula de retención



Fuente: BENDIX, Manual de frenos de aire, p. 14

Cuando la válvula recibe el aire comprimido a presión en el sentido de circulación de carga hacia el depósito, la misma presión hace que se abra la válvula de retención, al contrario, cuando la presión es superior a la presión que viene del compresor, se cierra, imposibilitando el paso de aire comprimido, uno de los ejemplos más habituales es el utilizado en el inflado de los neumáticos.

Figura 18. Posiciones de la válvula de retención



Posición de cerrado

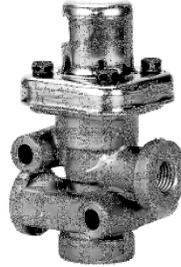
Posición de paso de aire

Fuente: CHANGO, CARLOS. Diseño e instalación de un sistema de entrenamiento en el sistema de frenos neumáticos. ESPEL. Latacunga. TESIS, 2008. p. 15,16

2.2.1.7 *Válvula de protección de presión.* Es una válvula de control sensible a la presión normalmente cerrada, esta válvula puede ser usada en muchas aplicaciones

diferentes, pero su utilización típica es para proteger la presión de un tanque, aislándolo del otro, cerrando el paso de aire automáticamente a una presión preajustada. La válvula es también comúnmente usada para retardar el llenado de los tanques auxiliares, hasta que se logre la presión preajustada en el depósito.

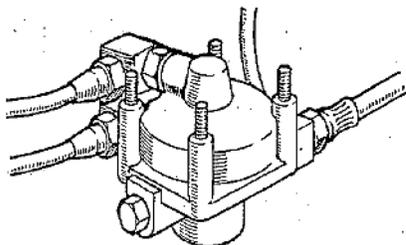
Figura 19. Válvula de protección de presión



Fuente: BENDIX, Manual de frenos de aire, p. 14

2.2.1.8 Válvula relé. Ya que los frenos en el eje posterior se encuentran a mayor distancia de los depósitos de aire comprimido, tendrían un cierto retraso con relación a los frenos del eje delantero, lo cual no brindaría una armonización perfecta en el frenado. Con el fin de mejorar este problema, se ha incrementado en el circuito una válvula relé, con el fin de igualar el abastecimiento de aire comprimido a los frenos delanteros y posteriores, de manera que ejerza entre los dos, una acción igual y al mismo tiempo.

Figura 20. Válvula relé



Fuente: CHANGO, CARLOS. Diseño e instalación de un sistema de entrenamiento en el sistema de frenos neumáticos. ESPEL. Latacunga. TESIS, 2008. p. 30

Para su funcionamiento, la válvula relé recibe aire desde dos conductos diferentes, el primero es un conducto grueso procedente directamente del depósito de alimentación de aire para el eje posterior, tiene una alimentación permanente y directa del depósito; el segundo conducto es más delgado viene directamente desde el pedal de freno, su función es transportar una pequeña cantidad de aire al pisar el pedal la misma que

abre el paso principal y se consigue que los frenos posteriores reciban el aire comprimido al mismo tiempo que los delanteros.

2.2.1.9 Válvula de seguridad. Se usan en el sistema de frenos de aire, para proteger al sistema contra la excesiva acumulación de presión, además tienen un sonido de alerta. Las válvulas de seguridad se las puede conseguir de la forma ajustable y no ajustable, en varios ajustes de presión y para varios tamaños de acoples, la presión máxima en el sistema de servicio es de 10 bares.

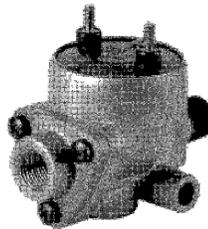
Figura 21. Válvula de seguridad



Fuente: BENDIX, Manual de frenos de aire, p. 10

2.2.1.10 Interruptor de la luz de freno. Es necesario que los conductores que viajan detrás del vehículo sepan el momento en que se apliquen los frenos, el sistema de frenos de aire hace esto mediante un interruptor eléctrico que funciona con presión de aire y que hace que las luces de freno se enciendan cuando se pisa el pedal del freno.

Figura 22. Interruptor de la luz de freno



Fuente: BENDIX, Manual de frenos de aire, p. 14

2.2.1.11 Secador de aire. El secador de aire es un sistema de filtración en línea, que elimina el vapor de agua y gotas de aceite del aire comprimido que es enviado por el compresor; esto da como resultado que el sistema tenga un aire limpio y seco, ayudando así a prevenir que la línea de aire y componentes se congelen en tiempo de invierno.

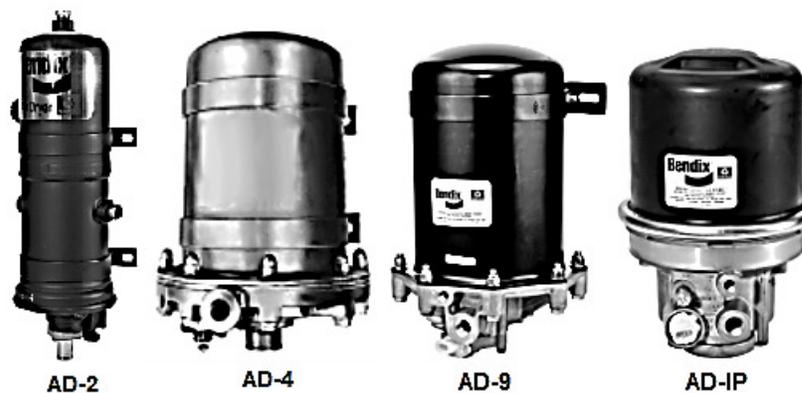
El secador de aire está colocado entre el compresor y el depósito, separa el agua y la suciedad del aire al hacer que éste pase por un recipiente que contiene un agente secador, en su mayoría estos secadores utilizan un cartucho reemplazable, el mismo que contiene el agente secante y un separador de aceite. El aire entonces se mueve a través del material secante, el cual elimina la mayoría de vapor de agua.

Cuando la presión de aire en el tanque de suministro alcanza el nivel requerido, el gobernador hace parar la carga del compresor y permite empezar el ciclo de purga del secador de aire. Durante el ciclo de purga, el material secante es regenerado por inversión del proceso de saturación.

Una pequeña cantidad de aire seco pasa a través del material secante y el agua que ha sido acumulada, como también las gotas de aceite acumuladas por el separador de aceite, son purgadas a través de la base del secador; por esta razón, es normal ver una pequeña cantidad de aceite alrededor de la válvula de purga.

- *Secadores de aire AD-2, AD-4, AD-9 y AD-IP.* Son diseñados con un almacenamiento interno (volumen de purga) de aire seco para el ciclo de purga.

Figura 23. Secador de aire



Fuente: BENDIX, Manual de frenos de aire, p. 12

- *Secador de AIRE AD-IS.* Es un módulo secador de aire con purga integral, en el que incluye un cartucho secante giratorio, el gobernador, el tanque y componentes de la válvula de carga, estos han sido diseñados como un sistema integrado de aire de suministro.

Figura 24. Secador de aire AD-IS



Módulo del secador de aire AD-IS

Fuente: BENDIX, Manual de frenos de aire, p. 12

- *Secador de aire de purga extendida.* Es diseñado con un almacenamiento de cantidad de aire extra interno que es usado para auxiliar al ciclo de purga, un ejemplo es el secador de aire AD-IP versión Drop-in, diseñados especialmente para sistemas de aire que requieren que la presión de aire permanezca en la línea de descarga durante el ciclo completo de descarga del compresor.

Figura 25. Secador de aire de purga extendida



Fuente: BENDIX, Manual de frenos de aire, p. 12

- *Secador de aire AD-SP.* Usa una pequeña cantidad de aire del depósito y del eje delantero para ejecutar la función de purga, debido a esta diferencia, este secador es más pequeño y más liviano que los secadores de aire que tienen su volumen de purga dentro del cartucho secador. Una válvula de protección de retención simple SC-PR es usada en conjunto con el secador de aire para proteger la presión de aire en el tanque de servicio del eje delantero, puesto que únicamente permitirá que el

suministro de aire sea usado para ayudar a la purga del secador de aire AD-SP, si la presión está sobre un cierto nivel pre ajustado.

Figura 26. Secador de aire AD-SP



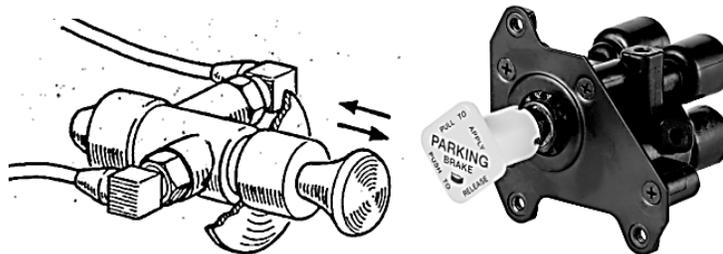
Fuente: BENDIX, Manual de frenos de aire, p. 13

2.2.1.12 Evaporador de alcohol. Algunos sistemas de frenos de aire lo tienen para introducir alcohol en el sistema, esto ayuda a reducir el riesgo de hielo durante el tiempo frío, ya que el hielo en el sistema puede hacer que este deje de funcionar.

Se verifica el nivel de alcohol y se lo llena si es necesario, en el tiempo frío se lo debe revisar todos los días; aun así es necesario vaciar diariamente el depósito de aire para eliminar el agua y el aceite.

2.2.1.13 Válvula de parqueo. Es una válvula con una retención doble integral, operable manualmente que va montada en el tablero de instrumentos la misma que provee un control en la cabina para liberar o aplicar los frenos de estacionamiento del bus o camión.

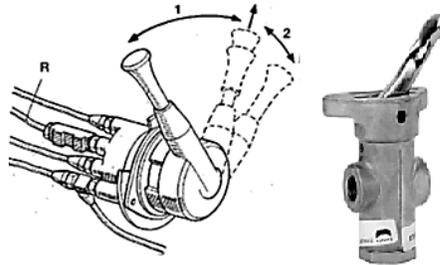
Figura 27. Válvula de parqueo de boton



Fuente: BENDIX, Manual de frenos de aire, p. 28

Empujando o halando el botón respectivamente; en los carros más viejos es posible que los frenos de estacionamiento se controlen por una palanca.

Figura 28. Válvula de parqueo de palanca



Fuente: BENDIX, Manual de frenos de aire, p. 26

La válvula integral de retención doble, permite a la válvula de bloqueo recibir suministro de presión de aire desde los tanques del eje de atrás o del frente; o de ambos, la válvula es sensible a la presión y automáticamente se mueve de la ubicación de aplicado a la de escape, aplicando así los frenos de estacionamiento si la presión total de sistema cae por debajo de los 20 a 30 psi.

Figura 29. Válvula integral de retención doble



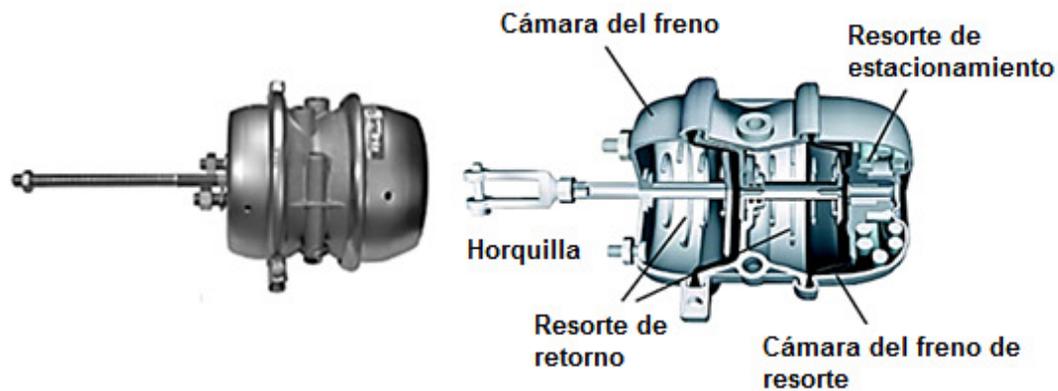
Fuente: BENDIX, Manual de frenos de aire, p. 14

La misión de la válvula de estacionamiento es de evitar mandar aire comprimido a la cámara del resorte de los frenos de estacionamiento cuando éstos estén aplicados, ni incluso cuando el sistema se esté cargando de aire comprimido.

2.2.1.14 Pulmón posterior de doble acción. El pulmón es conocido también como freno de resorte o actuador, su función es la de convertir la presión de aire en una

fuerza mecánica mediante una varilla de empuje, que actúa accionando los distintos componentes del freno.

Figura 30. Pulmón posterior de doble acción



Fuente: BENDIX, Manual de frenos de aire, p. 17

El proceso de funcionamiento comienza cuando el aire a presión ingresa al actuador y presuriza una cámara que contiene un diafragma generalmente de caucho o a su vez de hule, el aire empuja al diafragma, al resorte y a la varilla de accionamiento.

Este tipo de pulmones se los ubica en el eje posterior del vehículo y está destinado a actuar como freno de servicio y también de estacionamiento, el freno de servicio requiere presión de aire para aplicar los frenos, mientras que el freno de estacionamiento o emergencia, usa la presión de aire para liberar los frenos.

Cuando la presión de aire desciende hasta un valor de entre 20 y 15 psi (normalmente entre 20 y 30 psi), la señal sonora conocida como zumbador se activa, al mismo tiempo se enciende la luz indicadora de baja presión de aire con lo cual el conductor debe detener la marcha del vehículo.

2.2.1.15 Manómetro de presión. Todos los vehículos equipados con frenos de aire tienen un medidor de presión conectado al tanque de aire, estos medidores señalan cuánta presión existe en los tanques de aire, si el vehículo tiene un sistema dual de frenos de aire, tendrá un medidor para cada mitad del sistema (o un único medidor con dos agujas).

También por lo general, estos aparatos se refieren siempre a la situación de presión en el circuito de los frenos delanteros y posteriores, de modo que son, un conjunto de

dos manómetros independientes que, sin embargo, trabajan de modo que controla dos circuitos independientes.

Figura 31. Manómetro de presión



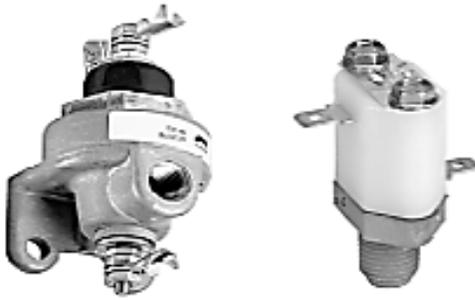
Fuente: <http://www.ferrovicmar.com/imagen/KRIPXE/manometros.jpg>

Estos manómetros de presión constan de dos agujas. La aguja blanca se refiere siempre, al circuito de los frenos delanteros e indica la presión en bares (o, lo que, es lo mismo, unidades de 100 kPa), en las mismas condiciones trabaja la aguja roja, pero controlando la presión reinante en la instalación de las ruedas posteriores; pequeñas variaciones en la presión de uno u otro circuito son normales y no necesariamente significan la presencia de avería, los manómetros disponen también de una luz testigo de advertencia (T) que se ilumina cuando el circuito está trabajando a baja presión. Este puede ir acompañado también de un zumbador, cuyo sonido ayuda a percibir lo que ocurre de una forma más rápida.

2.2.1.16 Indicador de presión baja. El indicador de presión baja es un interruptor electroneumático operado por presión, que está diseñado para completar un circuito eléctrico y activar la luz de advertencia y un zumbador, avisando de esa manera al conductor que la presión en el sistema de freno está por debajo del nivel mínimo para la operación normal.

El indicador de presión baja está disponible en varios ajustes de presión, este no es ajustable, y es utilizado generalmente en conjunto con una lámpara de advertencia montada en el tablero de instrumentos y un zumbador.

Figura 32. Indicador de baja presión



Fuente: BENDIX, Manual de frenos de aire, p. 11

2.2.1.17 Válvula principal de pedal. El freno es accionado al presionar el pedal, también llamado válvula de freno o válvula de pedal, al pisar el pedal con mayor fuerza se aplica más presión de aire; si se suelta el pedal se disminuye la presión y se sueltan los frenos. Cuando sucede esto, parte del aire comprimido del sistema se libera, razón por la cual la presión del aire comprimido del sistema disminuye, teniendo que reponer dicha perdida el compresor; al presionar y soltar el pedal innecesariamente puede escapar aire con mayor rapidez con la que el compresor pueda reponerlo.

Figura 33. Válvula principal de pedal

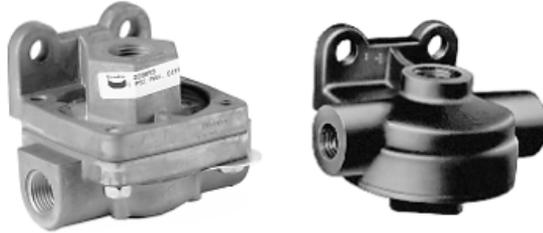


Fuente: BENDIX, Manual de frenos de aire, p. 15

Como elemento principal tenemos el pedal, con el cual el conductor realiza el accionamiento de los frenos, este tiene en su interior un conjunto de válvulas que constan de un circuito doble, el mismo que suministra el paso de aire simultáneamente a los circuitos neumáticos de las ruedas delanteras y posteriores. En otras palabras, se trata de una válvula de paso de doble circuito que debe cerrar herméticamente el paso de aire cuando está inactiva y abrirlo cuando sea requerido.

2.2.1.18 Válvula de liberación rápida. La válvula de liberación rápida va colocada cerca de los cilindros de mando delanteros, en una posición aproximadamente equidistante, y tiene por misión facilitar de la manera más rápida posible la eliminación de la presión del sistema cuando el pedal del freno es liberado, permitiendo así que el conductor pueda realizar frenadas con mayor rapidez y en intervalos de tiempo más cortos.

Figura 34. Válvula de liberación rápida



Fuente: BENDIX, Manual de frenos de aire, p. 21

Esta válvula va colocada a pesar de que el pedal de freno tiene un dispositivo de eliminación de aire a través de su válvula de escape, pero esta puede resultar algo lenta, de modo que los frenos se demoran demasiado tiempo en desactivarse, lo que causa molestias al conductor.

2.2.1.19 Pulmón delantero. Son conocidos también simplemente como Cámaras del freno, son identificados por números, los cuales especifican el área efectiva del diafragma: así por ejemplo una cámara del freno "tipo 30" tiene 30 pulgadas cuadradas de área efectiva. Su función es similar a la del pulmón posterior, pero es más pequeño ya que no posee cámara para el freno de estacionamiento.

Figura 35. Pulmón delantero



Cámara del freno Diafragma

Fuente: BENDIX, Manual de frenos de aire, p. 17

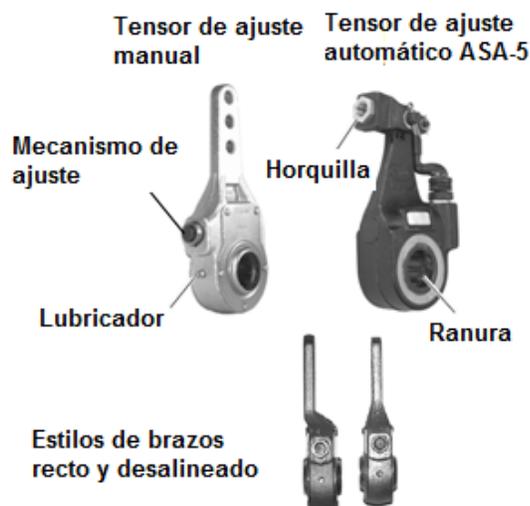
2.2.1.20 Tensor de ajuste. El tensor de ajuste es el eslabón entre la cámara de freno y el eje de levas del freno, su brazo es ajustado a la varilla de empuje con una horquilla y su lengüeta es instalada en la base del eje de levas del freno. Transforma y

multiplica la fuerza desarrollada por la cámara en un par de torsión, el cual aplica los frenos por medio del eje de levas del freno.

Para compensar el desgaste gradual de las zapatas, los tensores de ajuste son equipados con un mecanismo, el cual provee un medio de ajuste para el desgaste de las zapatas. Los modelos de tensores de ajuste son designados por un número, el cual representa su límite máximo de par de torsión, por ejemplo, una unidad tipo 20 es limitado a un par de torsión máximo de 20.000 libras por pulgada, también están disponibles en varias configuraciones, longitudes y tipos de lengüeta.

Todo tensor de ajuste opera como una unidad, rotando como una palanca con el eje de levas del freno cuando los frenos son aplicados o liberados, la acción del frenado más eficiente es obtenida cuando el recorrido del brazo del tensor de ajuste es aproximadamente 90 grados y dentro de los límites recomendados de la cámara.

Figura 36. Tensor de ajuste



Fuente: BENDIX, Manual de frenos de aire, p. 18

Los tensores de ajuste automáticos hacen la misma función que los de ajuste manual, excepto que automáticamente se ajustan debido al desgaste de las zapatas, éstos no requieren un ajuste manual periódico, sin embargo la unidad puede ajustarse manualmente, Los tensores de ajuste tienen una conexión para grasa o una conexión para un lubricador.

2.2.1.21 Cañerías. La función de las cañerías es de transportar el aire comprimido a todos y cada uno de los elementos del sistema de frenos de aire, hasta lograr el

accionamiento mecánico del elemento frenante contra el tambor, esto lo realiza mediante los distintos elementos que ya mencionamos con anterioridad. (CASTRO, 1994 pág. 48)

Las cañerías están diseñadas con el fin de manejar distintos tipos o niveles de presión de aire comprimido, podemos mencionar entonces que, las cañerías de baja presión de aire oscilan en un rango de entre 7 a 10 bares, mientras que las cañerías de alta presión oscilan entre un rango de 14 a 20 bares.

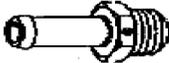
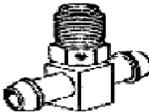
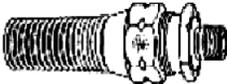
Figura 37. Cañería



Fuente:http://img.alibaba.com/photo/599976324/nylon_brake_pipe_air_hose_spring_c_oil_hose.jpg

- *Tipos de acoples más usados*

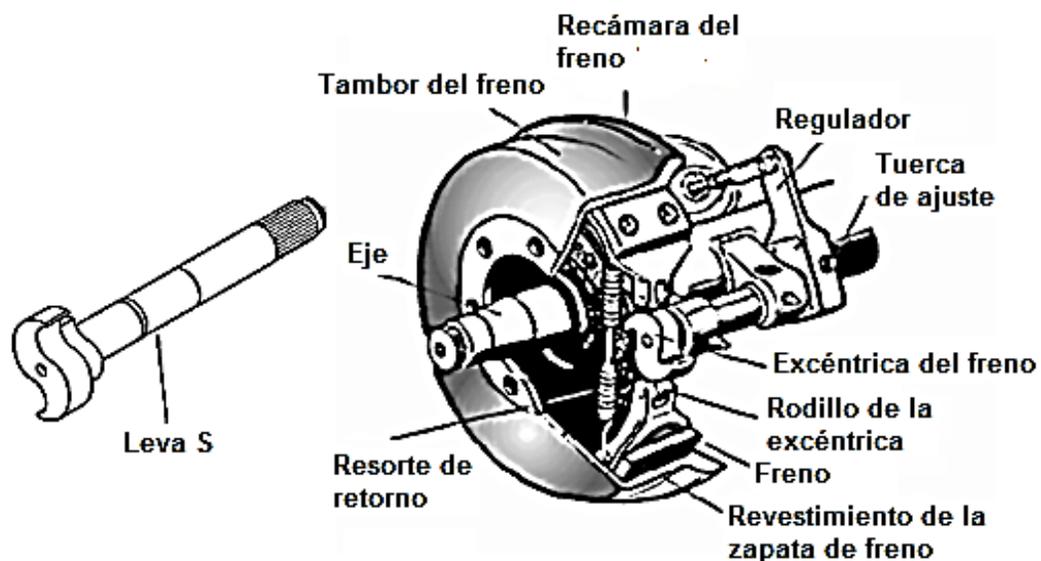
Tabla 2. Acoples más usados

Conector de hilo recto masculino	
Cañería masculina de 90° codo rígido	
Pieza giratoria masculina invertida de 90° codo	
Pieza giratoria en T masculina invertida	
Cañería masculina corta	
Conector masculino con guardia primaveral	

Fuente: HERNANDEZ, FREDY. Diseño y adaptación al banco de pruebas de frenos neumáticos, el freno de remolque. ESPEL. Latacunga. TESIS, 2001. p. 42

2.2.1.22 Eje de levas del freno. Los frenos de base funcionan en cada una de las ruedas, siendo el tipo más común el freno de tambor con excéntrica en “S”, que funciona cuando el conductor presiona el pedal de mando del freno, luego el aire a presión ingresa a cada una de las cámaras del freno (pulmones), el aire comprimido empuja la barrilla de accionamiento hacia afuera de la cámara, que hace mover el tensor de ajuste, es aquí donde entra a funcionar la excéntrica en “S” (llamada así por su forma en “S”), haciendo que se separen las zapatas una de la otra y las presiona contra la cara interior del tambor de freno. (BENDIX Commercial Vehicle Systems, 2004 pág. 19)

Figura 38. Eje de levas del freno



Fuente: BENDIX, Manual de frenos de aire, p. 19

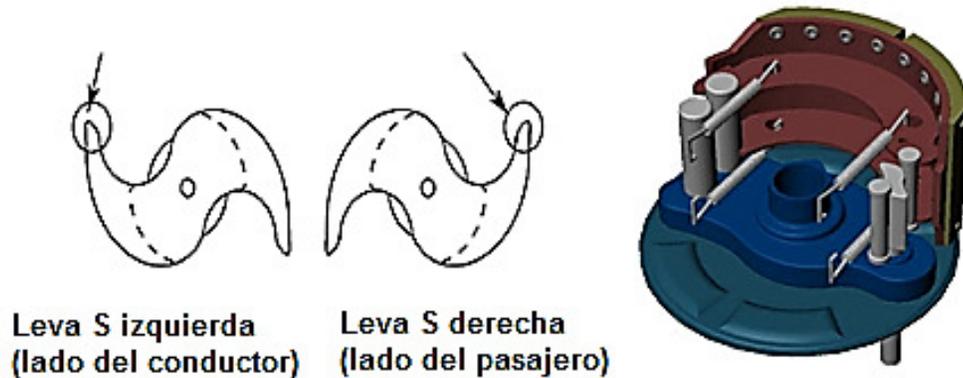
Cuando el conductor suelta el pedal de freno, la excéntrica en “S” retorna a su posición original y un muelle de recuperación (resorte) aleja las zapatas de freno del tambor, lo cual permite que las ruedas vuelvan a girar libremente; el juego axial de la leva S no deberá exceder a 1/16 de pulgada (1.59 mm), y el juego radial es de 0.060 pulgadas.

Es muy importante instalar las levas S adecuadamente, para que los rodillos enganchen correctamente y puedan realizar su trabajo de abrir a las zapatas.

La orientación de la leva S nos da la punta de la leva; si la punta en el lado izquierdo de la cabeza de la leva S apunta hacia arriba, es una leva S izquierda (lado del

conductor); si la punta en el lado derecho de la cabeza de la leva S apunta hacia arriba, es una leva S derecha (lado del pasajero).

Figura 39. Levas de freno



Fuente: http://www.unioviedo.es/DCIF/IMecanica/Frenos/images/TIPOS_11.gif

2.2.1.23 Rodillos. Los rodillos tienen por función la expansión de las zapatas cuando la leva gira en la acción de frenado, están fabricados de hierro por ser este un material maleable, extremadamente duro y pesado, es por esto que resiste la fricción y las elevadas temperaturas.

Las podemos encontrar en medidas estándar o sobredimensionadas según la necesidad del caso.

Figura 40. Rodillos



Fuente: <http://recalfreno.com/es/productos/5>

2.2.1.24 Muelles de recuperación. Los muelles de recuperación, tienen por función, retraer la zapata a su posición inicial luego de la acción de frenado, están fabricados de acero de alto carbono, permitiéndonos éste, realizar los tratamientos térmicos de

temple y revenido, consiguiendo con esto características altas de resistencia, alargamiento y límite elástico.

Figura 41. Muelles de recuperación

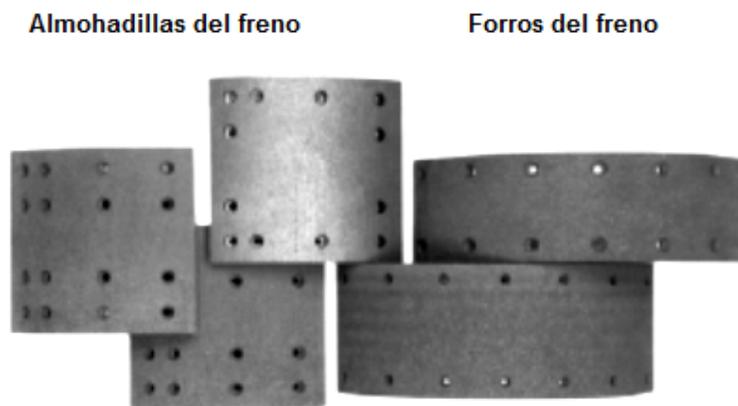


Fuente: http://i01.i.aliimg.com/img/pb/198/984/369/369984198_880.jpg

2.2.1.25 Elemento frenante. Las zapatas de freno están formadas por dos chapas de acero soldadas en forma de media luna y recubiertas en su zona exterior por los forros de freno, que son los encargados de efectuar el frenado por fricción con el tambor.

Los forros de freno se unen a la zapata metálica por medio de remaches embutidos en el material hasta los 3/4 de espesor del forro para que no rocen con el tambor, o son pegados con colas de contacto; el pegado favorece la amortiguación de vibraciones y, como consecuencia, disminuyen los ruidos que éstas ocasionan durante el frenado.

Figura 42. Elemento frenante



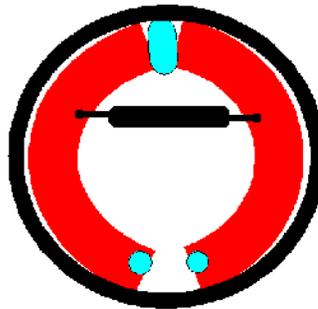
Fuente: BENDIX, Manual de frenos de aire, p. 20

El elemento frenante es comúnmente un polímero termoestable de tipo fenólico, relleno con fibras de refuerzo, y en algunos casos polvos metálicos y negro de humo para incrementar la conductividad de calor.

Los frenos de zapata son muy utilizados en la maquinaria en general, y especialmente para los frenos de los vehículos, los mismos que funcionan haciendo rozar el elemento frenante con un tambor metálico, generalmente de hierro fundido.

El mecanismo como está representado en la figura no está ejerciendo ninguna fuerza de frenado sobre el tambor que gira libremente ya que las zapatas están separadas del mismo, atraídas por el muelle, debido a la posición de la leva del freno. (Sabelotodo.org, 2012)

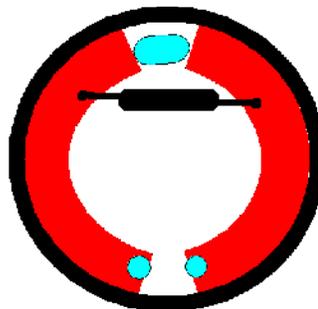
Figura 43. Zapatas sin rozamiento



Fuente: <http://www.sabelotodo.org/automovil/frenos.html>

Haciendo girar la leva del freno 90 grados, accionada por un cilindro neumático utilizando aire comprimido; se separan las zapatas venciendo la fuerza del muelle, las mismas que aprietan con fuerza al tambor en movimiento, realizando así el frenado.

Figura 44. Zapatas con rozamiento



Fuente: <http://www.sabelotodo.org/automovil/frenos.html>

2.2.1.26 Plato de freno. El plato de freno está constituido por un plato porta frenos de chapa embutida y troquelada, sobre el que se montan las zapatas y demás elementos de fijación y regulación. Las zapatas se unen por un extremo a la leva del freno, y por el otro a un soporte fijo, se unen al plato por un sistema elástico de pasador y muelle que permite un desplazamiento de aproximación al tambor, y las mantiene fijas en su

desplazamiento axial. El muelle que une las dos zapatas permite el retroceso de las mismas a su posición de reposo cuando cesa la fuerza de desplazamiento efectuada por la acción de frenado.

Figura 45. Plato de freno



Fuente: <http://img42.imageshack.us/img42/3638/p6030008.jpg>

2.2.1.27 Tambor de freno. El tambor de freno es el elemento que constituye la parte giratoria del freno, y recibe la casi totalidad del calor desarrollado en el frenado, están fabricados de fundición gris perlítica con grafito esferoidal, material que se ha impuesto por su elevada resistencia al desgaste y menor costo de fabricación; a más de absorber bien el calor producido por la fricción en el momento del frenado.

El tambor es torneado interior y exteriormente para obtener el equilibrado dinámico del mismo, con un mecanizado fino en la zona de fricción para facilitar el acoplamiento con los forros de la zapata sin que se produzcan agarrotamientos, en la zona central lleva practicados unos agujeros donde se acoplan los espárragos de sujeción a la rueda, y otros orificios que sirven para el centrado de la rueda.

Figura 46. Tambor de freno



Fuente: <http://image.made-in-china.com/2f0j00gKUEhuadsRke/Brake-Drum-3922x.jpg>

CAPÍTULO III

3. DISPOSICIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE FRENOS DE AIRE

3.1 Requerimientos del sistema del motor

El accionamiento se efectúa por correas trapezoidales o engranajes, la refrigeración se efectúa por la corriente de aire causada por el movimiento del vehículo y por el ventilador; pero existen versiones dotadas de culatas refrigeradas por el líquido refrigerante del motor, y la lubricación se efectúa por la circulación bajo presión del sistema de lubricación del motor.

El motor de combustión interna a partir del combustible utilizado crea la potencia para dar el movimiento deseado al vehículo, y de la misma forma al compresor de los frenos de aire, el mismo que consume aproximadamente un 20% de la potencia total del motor de combustión interna del vehículo en presurizar el aire, que servirá para obtener la fuerza de frenado y así detener parcial o totalmente al vehículo.

Figura 47. Accionamiento del compresor



Fuente:http://industriautomotrizdevenezuela.com/blog/wpcontent/uploads/2009/10/Dodge-Cummins-ISB-6BT-5_9L-Diesel.jpg

3.2 Características del sistema

3.2.1 Compresor. En nuestro banco didáctico hemos utilizado un compresor de desplazamiento positivo (alternativo) directo, por representar un ahorro significativo en

espacio, costos y tiempo, ya que en este compresor están incluidas ciertas válvulas y elementos que necesitamos para el funcionamiento de los frenos de aire, como son:

- Válvula de seguridad
- Regulador de presión
- Válvula de drenaje
- Depósito de aire
- Manómetro
- Lubricación
- Refrigeración

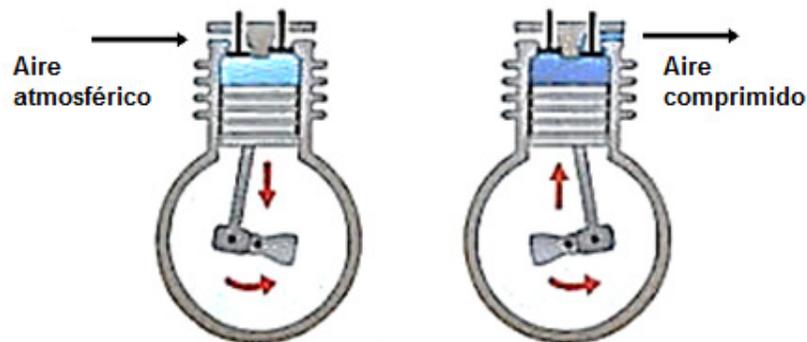
Figura 48. Compresor de desplazamiento positivo



Fuente: <http://www.ec.all.biz/img/ec/catalog/3093.jpeg>

Este compresor funciona bajo el principio adiabático, mediante el cual se introduce el aire en el cilindro por las válvulas de entrada, se retiene y comprime el aire en el cilindro y sale por las válvulas de descarga hacia el depósito de almacenamiento. (BLOGSPOT, 2007)

Figura 49. Funcionamiento del compresor de desplazamiento positivo



Fuente: http://2.bp.blogspot.com/_hdXSqw1O6RU/R9LtNITHkvl/AAAAAAAAAI4/dh5O0UYus2E/s320/Tipos+de+compresores.JPG

Tabla 3. Datos técnicos del compresor

DATOS TÉCNICOS	
Código:	CB-250
Capacidad del tanque:	25 litros
Potencia del motor:	2HP / 1.5Kw
CFM:	8.2CFM 233L/m
Presión máxima:	12Bar / 115PSI
RPM:	3400
Voltaje:	110v

Fuente: Autores

3.2.2 Pulmón posterior. El pulmón posterior, consiste en una cámara de freno convencional y un mecanismo de freno para el estacionamiento o para emergencia que se usa en aquellos vehículos equipados con frenos básicos de leva. La parte de servicio para la cámara del freno de resorte es idéntico a una cámara de freno y funciona de la misma manera.

La parte trasera del freno de resorte, alberga a un resorte poderoso y un diafragma, que bajo condiciones normales, se mantiene en posición desenganchada (resorte comprimido) por la presión del aire. Si se expulsa el aire de la cavidad del resorte, el resorte se extiende, forzando al diafragma, placa de empuje y varilla hacia adelante, y aplica los frenos del vehículo. Se proporciona un desenganche mecánico atornillado en la parte trasera de la cámara para agarrar el resorte y soltar los frenos, si fuera necesario.

Figura 50. Partes del pulmón posterior



Fuente: BENDIX, Manual de frenos de aire, p. 17

Tabla 4. Recorrido máximo permitido

DATOS TÉCNICOS		
Recorrido máximo permitido en la cámara de freno, con frenos de leva		
Tamaño de la cámara, área efectiva	Recorrido máximo permitido	
Pulgadas cuadradas	Pulgadas	Milímetros
12	1 1/2	38
16	1 3/4	44
20	1 3/4	44
24	1 3/4	44
24 (recorrido largo)	2	51
30	2	51

Fuente: HERNANDEZ, FREDY. Diseño y adaptación al banco de pruebas de frenos neumáticos, el freno de remolque. ESPEL. Latacunga. TESIS, 2001. Anexo.

3.2.3 Pulmón delantero. El pulmón delantero consiste en una cámara de freno convencional, similar al del pulmón posterior, con la diferencia que no cuenta con la cámara de bloqueo o freno de resorte.

Figura 51. Pulmón de simple efecto



Fuente: Autores

Tabla 5. Fuerza con un diafragma de 24 pulgadas.

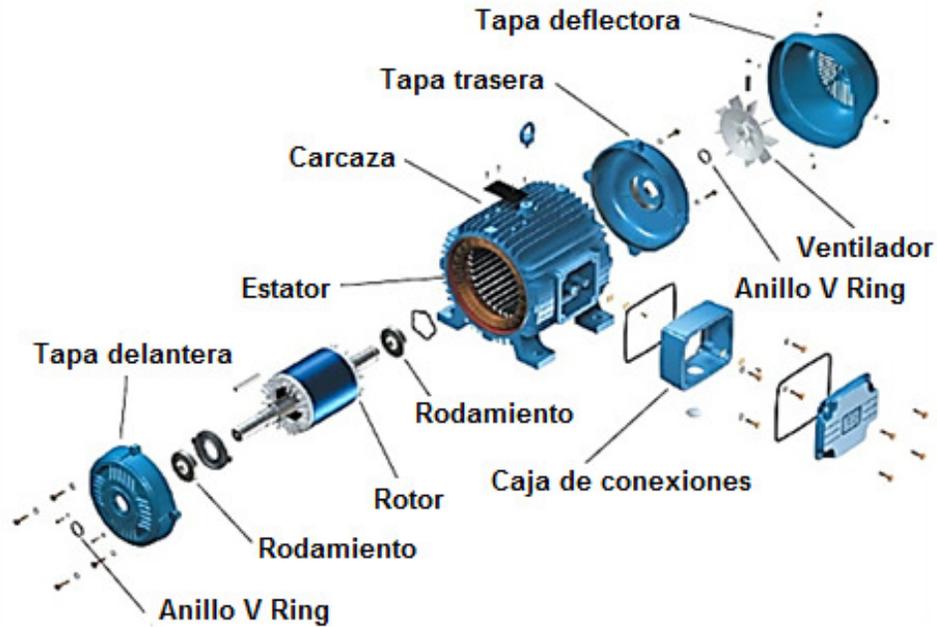
DATOS TÉCNICOS								
Cámara de freno teniendo un área efectiva de diafragma de 24 pulgadas								
Presión de aire (PSI)	5	10	20	30	40	60	80	100
Fuerza resultante(PSI)	120	240	480	720	960	1440	1920	2400

Fuente: BENDIX, Manual de frenos de aire, p. 54

3.2.4 Motor eléctrico. Es una máquina eléctrica rotativa, capaz de convertir la energía eléctrica trifásica suministrada en energía mecánica. Los motores eléctricos trifásicos, se fabrican en las más diversas potencias, desde una fracción de caballo hasta varios miles de caballos de fuerza (HP), se los construye para prácticamente

todas las tensiones y frecuencias (50 y 60 Hz), normalizadas y muy a menudo están equipados para trabajar a dos tensiones nominales distintas, se emplean para accionar máquinas-herramienta, bombas, montacargas, ventiladores, grúas, maquinaria elevada, sopladores, etc.

Figura 52. Partes del motor eléctrico



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/7197995/Catalogo-WEG>

Tabla 6. Datos técnicos del motor eléctrico

DATOS TÉCNICOS
HP = 2
V = 110/220
DUTY = CONTINUO
FR = F56H
HZ = 60
RPM = 1750
AMB = 40° C

Fuente: Autores

3.2.5 Tensor de ajuste. El tensor de ajuste es el enlace entre el actuador y el eje de levas del freno de aire básico, transforma y multiplica la fuerza desarrollada por la

cámara, la cual aplica los frenos a través del eje de levas de los frenos. Está dotado con un mecanismo de ajuste, proporcionando así una forma de ajuste para el desgaste de los forros de los frenos. Los modelos de tensor de ajuste, están determinados con el número que representa la cantidad máxima de torque (una unidad del tipo 20 está capacitada para un máximo de 20000 libras/pulgada de torque), también se los puede conseguir en diferentes configuraciones de brazo, longitudes y tipos de lengüeta.

Figura 53. Tensor de ajuste manual



Fuente: <http://recalfreno.com/es/productos/5>

Tabla 7. Datos técnicos del tensor de ajuste

DATOS TÉCNICOS	
DESCRIPCIÓN	NÚMERO DE DIENTES
1 1/2"	10
1 1/2"	28
1 5/8"	37

Fuente: <http://recalfreno.com/es/productos/5>

3.2.6 Válvula de pedal. Es una válvula de circuito dual que están montadas en el suelo y utiliza dos circuitos separados de suministro y de entrega, el primero está actuado mecánicamente mediante la acción del pedal y del pistón, el segundo opera normalmente como una válvula de relé, con aire de control entregado desde el primer circuito.

En el modo de emergencia, cuando el primer circuito esta averiado, la válvula de entrada secundaria es abierta mecánicamente mediante un empujón a través de la fuerza mecánica que viene del pie del conductor desde el pedal.

Figura 54. Válvula de pedal Bendix E-6



Fuente: http://www.electrofrenorr.com/?_escaped_fragment=__bendix

3.2.7 *Válvula relé posterior de freno.* Es una válvula relé que se usa principalmente en aquellos vehículos de larga distancia entre las ruedas, para aplicar y soltar los frenos en el eje posterior. Operan con aire, y son válvulas de control graduado de alta capacidad y de rápida respuesta; cuando reciben una señal de presión desde la válvula de pedal, gradúan, mantienen o dejan escapar la presión del aire desde las cámaras a las que están conectadas, están generalmente montadas cerca de las cámaras a las que sirven.

Figura 55. Válvula relé Bendix R-6



Fuente BENDIX, Manual de frenos de aire, p. 23

3.2.8 *Válvula de bloqueo.* Es una válvula de control operada a mano que se usa extensamente en los sistemas de frenos de aire para controlar varios componentes del sistema; es una válvula de control no modulada controlada por palanca

Figura 56. Válvula de bloqueo



Fuente: http://recalfreno.com/assets/public/images/catalog/prod_99_big.jpg?134133465

3.2.9 *Válvula de alivio inmediato.* La función de una válvula de alivio inmediato es la de dejar salir aire rápidamente desde el dispositivo controlado a través de la válvula de escape rápido, la cual está colocada normalmente junto al dispositivo controlado, lo que es preferible a que el aire expulsado regrese y salga a través de las válvulas de control, generalmente, las válvulas de escape rápido están diseñadas para funcionar dentro de una presión de control de 1 PSI.

Figura 57. Válvula Bendix de escape rápido QR-1



Fuente: BENDIX, Manual de frenos de aire, p. 21

3.2.10 *Válvula interruptor de freno.* Son interruptores electro neumáticos sensibles a la presión y están instalados en el sistema de servicio, operan las lámparas indicadoras del freno, completando un circuito eléctrico e iluminando las lámparas indicadoras cada vez que se aplican los frenos, si la presión en la línea de suministro es reducida por cualquier razón a 60 PSI se encenderán las lámparas como una señal de emergencia.

Figura 58. Interruptor de luz Bendix SL-5



Interruptor SL-5

Fuente: BENDIX, Manual de frenos de aire, p. 26

3.2.11 *Regulador de presión.* Este regulador de presión proporciona aire limpio y seco que previene de daños irreparables a las herramientas neumáticas, causados por la humedad (óxido o moho), son de instalación sencilla. (TUALICATE, 2007)

Figura 59. Regulador de presión



Fuente: <http://tualicate.es/81-126-large/regulador-de-presion-con-filtro-de-humedad.jpg>

Tabla 8. Datos técnicos del regulador de presión

DATOS TÉCNICOS	
Conectores	6 mm (1/4 ")
Depósito de acumulación de agua	150ml
Presión de trabajo	10 bares / 154 PSI

Fuente: Autores

3.2.12 Manómetro de presión. Los manómetros de presión sirven para determinar la presión absoluta, el vacío o la presión diferencial de los tanques, pistolas o equipos completos. Aseguran una alta precisión y fiabilidad. Duraderos y resistentes por sus materiales de fabricación. No necesitan ningún tipo de mantenimiento. (ALLBIZ, 2010)

Figura 60. Manómetro de presión



Fuente: <http://www.ferrovicmar.com/imagen/KRIPXE/manometros.jpg>

Tabla 9. Datos técnicos del manómetro

Rango de funcionamiento	Diámetro del reloj
0 a 3 bar	Ø 40 mm
0 a 6 bar	Ø 50 mm
0 a 8 bar	Ø 40 mm
0 a 12 bar	Ø 40 mm
0 a 12 bar	Ø 50 mm

Fuente: <http://www.ferrovicmar.com/herramientas-electricas.asp?producto=manometro>

3.2.13 Cañería plástica de alta presión. Las cañerías plásticas trasladan de una manera fácil y rápida el aire a presión por todo el sistema, la ventaja que estas cañerías presentan ante las cañerías rígidas, es el fácil cambio y reemplazo además de la facilidad de acomodarse en cualquier sitio.

Figura 61. Cañerías de alta presión



Fuente: <http://recalfreno.com/es/productos/7>

Tabla 10. Datos técnicos de la cañería

DIÁMETRO	PSI	COLOR	DIÁMETRO	PSI	COLOR
1/8"	435	NEGRO	5/8"	391	NEGRO
5/32"	430	NEGRO	M4	449	NEGRO
3/16"	478	NEGRO	M6	464	NEGRO
1/4"	391	NEGRO	M10	406	NEGRO
5/16" O M8		VERDE	M12	460	NARANJA
3/8"	406	AZUL	M15	290	NEGRO
1/2"	435	NEGRO			

Fuente: <http://recalfreno.com/es/productos/7>

3.2.14 Acoples rápidos. Los acoples rápidos son utilizados para una fácil instalación y un desacople sin contratiempos, poseen un pegamento en su rosca para evitar la fuga de aire en el sistema, cuenta con un seguro para evitar que la manguera se suelte durante el funcionamiento, además los encontramos en varios tipos tanto como los acoples normales rígidos.

Figura 62. Acoples rápidos



Fuente: <http://recalfreno.com/es/productos/8>

Tabla 11. Datos técnicos de los acoples rápidos

DIÁMETRO DE MANGUERA	ROSCA MACHO	DIÁMETRO DE MANGUERA	ROSCA MACHO
M4	1/8"	3/16"	1/4"
M6	1/8"	1/4"	1/8"
M6	1/4"	1/4"	1/4"
M8	1/8"	1/4"	1/8"
M8	1/4"	3/8"	1/8"
M10	1/4"	3/8"	1/4"
M10	3/8"	3/8"	3/8"
M12	1/4"	3/8"	1/2"
M12	3/8"	1/2"	1/4"
M15	1/2"	1/2"	3/8"
1/8"	1/8"	1/2"	1/2"
5/32"	1/8"	5/8"	3/8"
3/16"	1/8"	5/8"	1/2"

Fuente: <http://recalfreno.com/es/productos/8>

3.3. Fase mecánica

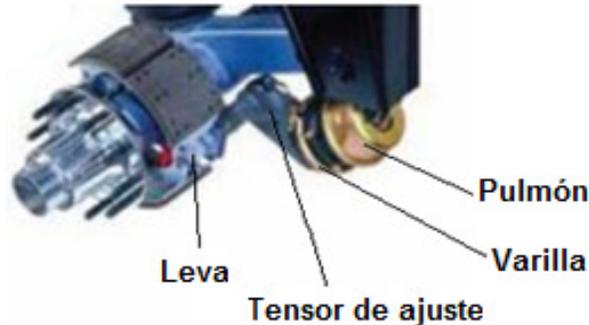
En nuestro banco didáctico de frenos de aire, tenemos dos fases mecánicas, las mismas que son:

3.3.1 *Motor-Compresor de aire.* Comprende el movimiento que da el cigüeñal del motor de combustión interna hacia la polea del compresor por medio de una banda o piñones para comprimir el aire.

Para nuestro banco didáctico se empleo un compresor de desplazamiento positivo (alternativo) directo, por representar un ahorro significativo en espacio, costos y tiempo, ya que en este compresor están incluidas ciertas válvulas y elementos que necesitamos para el funcionamiento de los frenos de aire, a la vez que nos entrega el aire comprimido que necesitamos para hacer funcionar a los frenos de aire.

3.3.2 *Pedal-pulmón-zapatras de freno.* Esta fase da inicio en el momento en que la válvula de pedal es accionada, dejando pasar el aire a presión desde el depósito de almacenamiento hacia los pulmones (delantero y posterior), los mismos que por medio de su diafragma, empuja a la varilla de accionamiento que está conectada al tensor de ajuste, que este a su vez gira a la leva en forma de S, permitiendo que se abran las zapatas y se realice la acción de frenado.

Figura 63. Fase mecánica pedal, pulmón, zapata



Fuente: http://confiabilidad.net/assets/uploads/art/ultrasonido/activos_18.JPG

3.4 **Parte eléctrica**

En el banco didáctico de frenos de aire utilizamos los siguientes elementos eléctricos:

3.4.1 *Botón pulsador 22mm.* Es un dispositivo electrónico, funciona por lo general como un interruptor eléctrico, es decir en su interior tiene dos contactos, uno, si es un dispositivo NA (normalmente abierto) o NC (normalmente cerrado), con lo que al pulsarlo se activará la función inversa de la que en ese momento este realizando. (MARTIN, 2009 págs. 50, 87, 98-105.)

Las ventajas que este pulsador ofrece son:

- Gran facilidad de montaje y alambrado.
- Confiabilidad de operación.
- Gran resistencia mecánica.
- Excelente apariencia.
- No requiere mantenimiento.

Figura 64. Botón pulsador



Fuente: <http://www.directindustry.es/prod/rockwell-automation/botones-pulsadores-7901-591012.html>

3.4.2 Contactor GMC-22. Un contactor es un componente electromecánico que tiene por objetivo establecer o interrumpir el paso de corriente, ya sea en el circuito de potencia o en el circuito de mando, tan pronto se de tensión a la bobina (en el caso de ser contactores instantáneos). Un contactor es un dispositivo con capacidad de cortar la corriente eléctrica de un receptor o instalación, con la posibilidad de ser accionado a distancia, que tiene dos posiciones de funcionamiento: una estable o de reposo, cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando, y otra inestable, cuando actúa dicha acción. Este tipo de funcionamiento se llama de "todo o nada". En los esquemas eléctricos, su simbología se establece con las letras PB seguidas de un número de orden.

Los contactores presentan ventajas en cuanto a los siguientes aspectos, por los que se recomienda su utilización: automatización en el arranque y paro de motores, posibilidad de controlar completamente una máquina, desde varios puntos de maniobra o estaciones, se pueden maniobrar circuitos sometidos a corrientes muy

altas, mediante corrientes muy pequeñas, seguridad para personal técnico, dado que las maniobras se realizan desde lugares alejados del motor u otro tipo de carga, y las corrientes y tensiones que se manipulan con los aparatos de mando son o pueden ser pequeños, control y automatización de equipos y un ahorro de tiempo a la hora de realizar algunas maniobras.

A estas características hay que añadir que el contactor:

- Es muy robusto y fiable, ya que no incluye mecanismos delicados.
- Se adapta con rapidez y facilidad a la tensión de alimentación del circuito de control (cambio de bobina).
- Facilita la distribución de los puestos de paro de emergencia y de los puestos esclavos, impidiendo que la máquina se ponga en marcha sin que se hayan tomado todas las precauciones necesarias.
- Protege el receptor contra las caídas de tensión importantes (apertura instantánea por debajo de una tensión mínima).
- Funciona tanto en servicio intermitente como en continuo.

Figura 65. Contactor



Fuente: <http://www.kentstore.com/lgcontactors.aspx>

Tabla 12. Datos técnicos del contactor

SERIE	FUERZA	POTENCIA	VOLTAJE
GMC18	5.0 HP	4.5 KW	220-110
GMC22	7.5 HP	5.5 KW	220-110
GMC32	10 HP	7.5 KW	220-110

Fuente: Autores

3.4.3 Pulsador 40m. Al igual que el botón pulsador, es un dispositivo electrónico utilizado como emergencia, permitiéndonos cortar el paso de energía eléctrica hacia los motores en caso de alguna situación de peligro.

Figura 66. Pulsador de emergencia



Fuente: <http://www.solostocks.com.mx/venta-productos/equipo-electrico-suministros/interruptores/boton-hongo-22mm-159859>

Tabla 13. Datos técnicos del pulsador de emergencia

ESPECIFICACIONES	
TIPO	XB2-BS542
DIÁMETRO	40 MM
VOLTAJE OPERACIONAL MAX	380 AC / 220 DC
TEMPERATURA OPERACIONAL °C	-25 a +70
HUMEDAD OPERACIONAL	Del 45% al 90%
RESISTENCIA DE CONTACTO	50mΩ
DURABILIDAD MECÁNICA	1000000 (pulsaciones)

Fuente: http://adajusa.es/product.php?id_product=504

3.4.4 Conductor

3.4.4.1 Conductor flexible. Es un elemento cuya resistencia al paso de la electricidad es muy baja, es decir brindan facilidad al paso de los electrones por él, siendo los mejores los metales como el cobre, oro, hierro, plata y aluminio.

Están recubiertos por un material aislante que tiene la función de evitar el contacto entre las diferentes partes conductoras y proteger a las personas frente a las tensiones eléctricas.

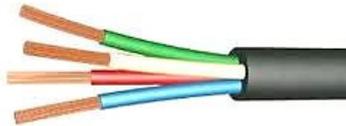
Figura 67. Conductor flexible



Fuente: http://farm9.staticflickr.com/8471/8444811073_48c5c8b023_b.jpg

3.4.4.2 Conductor concéntrico. Son usados en servicio extra pesado para equipos y herramientas portátiles, su construcción es de dos, tres, cuatro conductores de cobre, está aislado en PVC retardante a la llama, es resistente a al abrasión, el calor y la humedad, además está aislado entre conductores, su principal característica es la temperatura de operación ya sea en lugares secos, húmedos y mojados 60°C, 70°C y 105°C respectivamente, también está la tensión de operación que se encuentra en 600V.

Figura 68. Conductor concéntrico



Fuente: http://www.robalinorosero.com/media/catalog/product/cache/1/small_image/170x170/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/s/u/sucre4x10_1_1_1.jpg

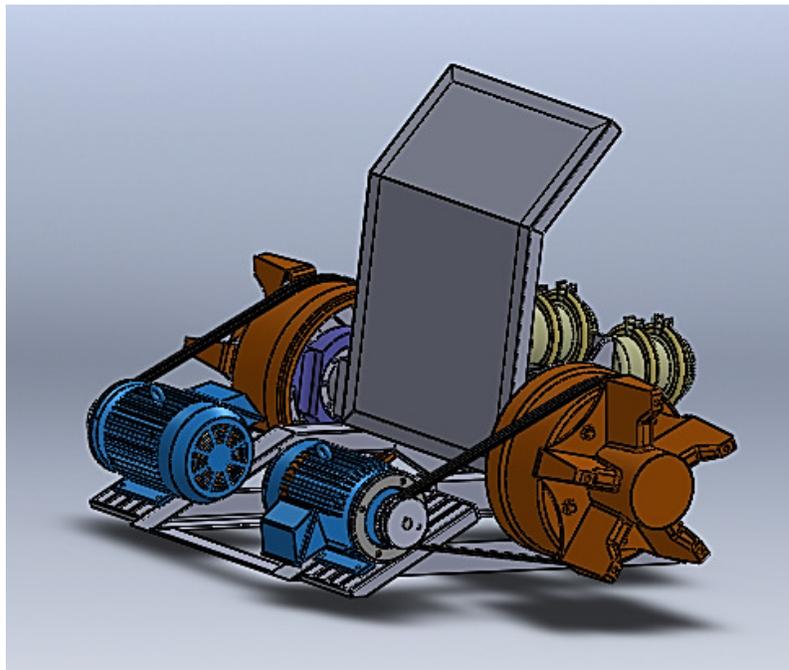
CAPÍTULO IV

4 DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL SISTEMA DE FRENOS DE AIRE

4.1 Diseño del bastidor para el montaje del sistema de frenos de aire

4.1.1 Información de modelo. Nos basamos en esta forma ya que en el banco de frenos de aire va existir movimiento de los tambores, también existen elementos que necesitan ser observados por lo que contamos con un panel frontal para facilitar la visión de estos elementos, en la parte posterior se puede ver el accionamiento de las cámaras de freno (pulmones).

Figura 69. Modelación



Fuente: Autores

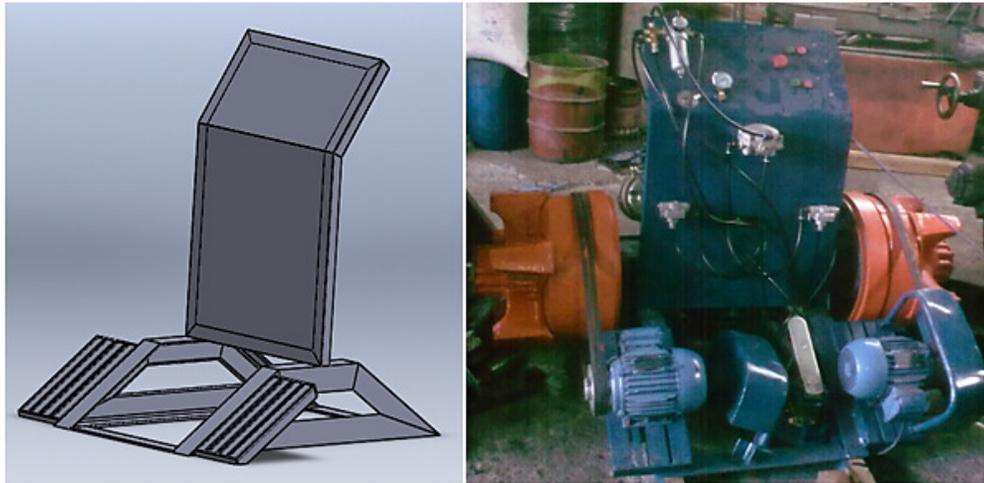
Como se observa en la figura anterior, está la estructura con los respectivos apoyos que han sido destinados para los componentes del sistema de frenos de aire ya que cada elemento tiene un lugar determinado en el banco como se explicará en el presente capítulo.

4.1.2 *Determinación de las medidas de los componentes que conforman el bastidor del banco.*

4.1.2.1 *Medidas de la estructura.* Las medidas se realizaron tomando en cuenta la facilidad de operación del banco, la visión de sus elementos, facilidad de conexión, y dar un adecuado mantenimiento.

4.1.2.2 *Tablero frontal.* Lo encontramos en la parte delantera de la estructura y está diseñada principalmente para observar los botones de mando, válvulas de frenos, reguladores de presión, manómetros, válvula de pie, etc.

Figura 70. Panel Frontal



Fuente: Autores

4.1.3 *Cálculo de la potencia del motor.* Para la selección del motor calculamos el momento de inercia, torque y por último la potencia. (VALVIAS, 2010)

4.1.3.1 *Momento de inercia (I)*

$$I = \frac{1}{2}MR^2 \quad (1)$$

$$I = \frac{1}{2}(44,8 \text{ Kg}) \cdot (236 \text{ mm})^2 = 1247590 \text{ Kgmm}^2 = 1,247590 \text{ Kgm}^2$$

Dónde:

M= masa del tambor

R= radio del tambor

4.1.3.2 Aceleración angular (α)

$$\alpha = \frac{\omega_f - \omega_0}{t} \quad (2)$$

$$\alpha = \frac{46,5 \frac{\text{rad}}{\text{s}}}{2\text{s}} = 23,25 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$

Donde:

α = aceleración angular

ω_f = velocidad angular final

ω_0 = velocidad angular inicial

t = tiempo que toma para que se estabilice el motor, generalmente de 1 a 2 s

4.1.3.3 Torque (τ)

$$\tau = I \cdot \alpha \quad (3)$$

$$\tau = 1,24 \text{Kg} \cdot \text{m}^2 \cdot 23,25 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2} = 29 \text{Nm}$$

Donde:

τ = torque

I = momento de inercia

α = aceleración angular

4.1.3.4 Potencia (P)

$$P = \tau \cdot \omega_f \quad (4)$$

$$P = 29 \text{Nm} \cdot 46,5 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = 1348,8 \text{ watts} = 1,8 \text{Hp}$$

Donde:

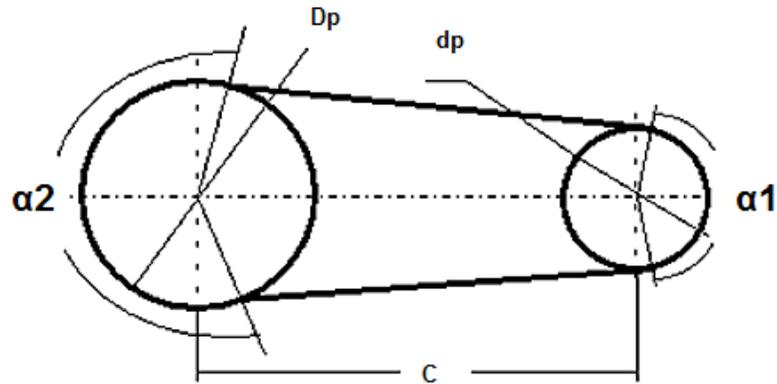
P = potencia

τ = Torque

ω_f = velocidad final o número de revoluciones en rad/s.

4.1.4 Selección de la banda. Para la selección de la banda seguimos los siguientes pasos. (Universidad Católica, 2004)

Figura 71. Poleas y banda



Fuente: Autores

Donde:

D_p = Diámetro primitivo polea conducida

d_p = Diámetro primitivo polea conductora

ω_1 = velocidad angular de la polea conductora

ω_2 = velocidad angular de la polea conducida

C = distancia entre centros

α_1 = ángulo de contacto de la polea conductora

α_2 = ángulo de contacto de la polea conducida

Datos:

$D_p = 472 \text{ mm} = 18,58 \text{ in}$

$N_1 = \omega_1 = 1750 \text{ rpm} = 183,26 \text{ rad/s}$

$N_2 = \omega_2 = 444 \text{ rpm} = 46,5 \text{ rad/s}$

4.1.4.1 Cálculo de la relación de transmisión.

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} \quad (5)$$

$$i = \frac{1750 \text{ rpm}}{444 \text{ rpm}} = 3,94$$

Se recomienda para un funcionamiento adecuado que i sea entre 1 a 6.

4.1.4.2 *Cálculo de la potencia de diseño (P_D).* Para conocer el valor de C1 podemos buscarlo en el anexo A en la tabla A.

$$P_D = P * C1 \quad (6)$$

$$P_D = P * C1 = 1,8 \text{ Hp} * 1 = 1,8 \text{ Hp}$$

Donde:

P = potencia calculada

C1 = factor de corrección

4.1.4.3 *Escoger la sección de correa más adecuada.* Si observamos la figura A del anexo A podremos encontrar la sección de correa que necesitamos.

$P_D = 1,8 \text{ Hp}$ (Potencia de diseño)

$\omega_1 = 1750 \text{ rpm}$ (Rpm polea conductora)

Escogemos la correa de sección A

4.1.4.4 *Identificar la correa y la polea a utilizar.* En la tabla B del anexo A encontramos los diámetros primitivos mínimos de la polea conductora y luego buscamos las poleas existentes en el mercado.

$$D_p = i * d_p \quad (7)$$

$$d_p = \frac{D_p}{i} = \frac{472 \text{ mm}}{3,94} = 119,8 \text{ mm} = 4,71 \text{ in}$$

Según tabla la polea comercial es de 5 in.

Según tabla el diámetro mínimo para esta polea debe ser de 63mm o 2,48 in.

4.1.4.5 *Determinar la distancia entre ejes (C).*

$$D_p \leq C \leq 3(d_p + D_p) \quad (8)$$

$$18,58 \text{ in} \leq C \leq 3(5 \text{ in} + 18,58 \text{ in})$$

$$18,58 \text{ in} \leq C \leq 23,58 \text{ in}$$

4.1.4.6 *Determinar la longitud de la banda (Ln).* Para escoger la longitud de la banda realizamos el cálculo y luego observamos la tabla C del anexo A.

$$L_n = (2C) + 1,57(D_p + d_p) + \frac{(D_p - d_p)^2}{4C} \quad (9)$$

$$L_n = 2(23,58 \text{ in}) + 1,57(18,58 \text{ in} + 5 \text{ in}) + \frac{(18,58 \text{ in} - 5 \text{ in})^2}{4(23,58) \text{ in}} = 86,13 \text{ in}$$

Escogemos la banda A 85

Longitud catálogo L=85

Signo (+) cuando $L < L_n$

Signo (-) cuando $L > L_n$

$$C_c = C \pm \left| \frac{L - L_n}{2} \right| \quad (10)$$

$$C_c = 23,58 \text{ in} + \left| \frac{85 \text{ in} - 86,13}{2} \right|$$

$C_c = 24,14 \text{ in}$ (Distancia entre centros corregida)

4.1.4.7 *Determinar el arco de contacto menor.*

$$\alpha_1 = 2 * \cos^{-1} \left(\frac{D_p - d_p}{2 * C_c} \right) = 180 - 57 * \left(\frac{D_p - d_p}{C_c} \right) > 120 \quad (11)$$

$$\alpha_1 = 2 * \cos^{-1} \left(\frac{18,58 \text{ in} - 5 \text{ in}}{2 * 24,14 \text{ in}} \right) \quad \alpha_1 = 180 - 57 * \left(\frac{18,58 \text{ in} - 5 \text{ in}}{24,14 \text{ in}} \right) > 120$$

$$\alpha_1 = 2,57$$

$$\alpha_1 = 147,93^\circ > 120^\circ$$

4.1.4.8 *Determinar la potencia que transmite una correa P1 y el factor de corrección C2.* Estos valores podemos encontrarlos en la Tabla D en el anexo A según los valores de rpm del motor, relación de transmisión y diámetro de la polea conductora.

P1=4,25

C2=1,05

4.1.4.9 Cálculo de la cantidad de correas necesarias (Z). Para obtener el número de correas o bandas necesarias utilizamos la fórmula y luego observamos la tabla E del anexo A.

$$\frac{D_p - d_p}{c} \quad (12)$$

$$\frac{D_p - d_p}{c} = \frac{18,58 \text{ in} - 5 \text{ in}}{24,14 \text{ in}} = 0,56$$

Arco de contacto = 145°

Factor de corrección C3=0,91

$$Z = \frac{P_D}{C_2 * C_3 * P_1} \quad (13)$$

$$Z = \frac{1,8}{1,05 * 0,91 * 4,25} = 0,44 \approx 1$$

4.1.4.10 Velocidad de la banda.

$$VD_p = ND_p * rD_p \quad (14)$$

$$VD_p = 46,5 \frac{\text{rad}}{\text{s}} * 0,235 \text{ m} = 10,92 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$Vd_p = Nd_p * rd_p \quad (15)$$

$$Vd_p = 183,23 \frac{\text{rad}}{\text{s}} * 0,0635 \text{ m} = 11,63 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Vmax=25 a 30 $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ Correa de perfil normal

4.1.4.11 Verificación de los ciclos de flexión por segundo (if).

$$i_f = 1000 * n_p * \frac{v}{Ln} \quad (16)$$

$$i_f = 1000 * 2 * \frac{11,63}{2187,7} = 10,63 \text{ s}^{-1}$$

$i_f = 30 \text{ s}^{-1}$ Para correas de perfil normal

4.1.4.12 Cálculo de las tensiones. La relación de tensiones para bandas trapezoidales está dada por medio de la siguiente ecuación:

$$\frac{T_1}{T_2} = e^{\frac{f \cdot \alpha}{\sin(\gamma/2)}} \quad (17)$$

También se puede expresar la potencia en función de las tensiones y la ecuación es la siguiente:

$$P = (T_1 - T_2) \cdot V \quad (18)$$

Despejando T1 e igualando estas dos ecuaciones tenemos:

$$T_2 e^{\frac{f \cdot \alpha}{\sin(\gamma/2)}} = \frac{P}{V} + T_2 \quad (19)$$

$$T_2 = 504,21 \text{ N}$$

$$T_1 = 620,18 \text{ N}$$

Donde:

T2= tensión 2

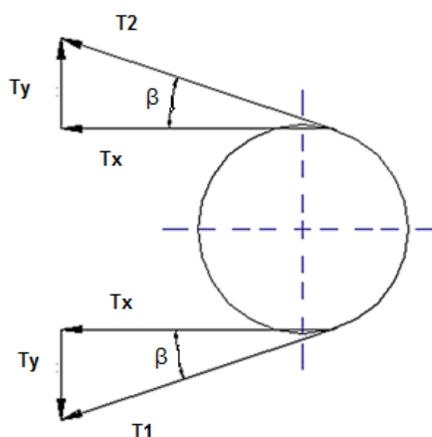
f= coeficiente de rozamiento (0,3 para bandas)

α 1= ángulo de contacto de la polea motriz en radianes (0,64)

γ = ángulo de garganta de la correa en grados (40)

Ahora calculamos las tensiones en los ejes xy.

Figura 72. Tensiones



Fuente: Autores

$$T_x = (T_1 + T_2) \cos(\beta) \quad (20)$$

$$T_x = (620,18 + 504,21) \cos(32,06) = 899,13 \text{ N}$$

$$T_y = (T_1 - T_2) \cos(\beta) \quad (21)$$

$$T_y = (620,18 - 504,21) \cos(32,06) = 69,63 \text{ N}$$

Por último calculamos la tensión resultante que nos dará la fuerza

$$F=(T_x^2+T_y^2)^{0,5} \quad (22)$$

$$F=(69,63^2+899,13^2)^{0,5}=901,82 \text{ N}$$

4.2 Construcción

4.2.1 Elementos para la construcción del banco. Los elementos que ocupamos para la construcción del banco didáctico fueron: elementos industriales, elementos propios del sistema de frenos de aire y elementos eléctricos.

Elementos industriales:

- Perfil L de $1\frac{1}{2} \times 1\frac{1}{8}$ in
- Platina
- Lámina de tol de 800x600x1,5 milímetros
- Pintura látex color azul oscuro
- Pintura látex color anaranjado

Elementos del sistema de frenos

- Pulmón de doble accionamiento(pulmón posterior)
- Pulmón de accionamiento simple(pulmón delantero)
- Válvulas: de bloqueo, de escape rápido, relé, de pedal
- Acoples rápidos
- Cañerías flexibles
- Regulador de presión
- Compresor de aire
- Tapones

Elementos electrónicos

- Motores Weg trifásicos tipo jaula de ardilla
- Botones pulsadores
- Botón de emergencia
- Conductor flexible y concéntrico
- Contactores

4.2.2 Ensamblaje total. Como primer punto trasladamos la carcasa del eje de un Ford 750 hacia el taller donde trabajamos para la construcción de nuestro banco de frenos de aire.

Figura 73. Eje de Ford 750



Fuente: Autores

Procedemos luego a cortar eliminando toda la parte central o llamada carcasa de la corona para utilizar únicamente la protección de los ejes conocidos como puentes para reducir considerablemente el espacio y el peso del banco didáctico.

Figura 74. Corte del eje



Fuente: Autores

Cortamos cuatro pedazos del perfil L y mediante soldadura unimos los extremos formando un rectángulo para obtener un soporte rígido.

Figura 75. Rectángulo de perfil L



Fuente: Autores

Ahora que ya tenemos este soporte lo unimos a los dos extremos del puente consiguiendo mediante soldadura hacer un solo eje rígido nuevamente.

Figura 76. Eje soldado



Fuente: Autores

Después para hacer las bases de nuestro soporte medimos, trazamos y cortamos nuevamente el perfil L, formando soportes conocidos con el nombre de forma de A para lo cual, después para unir realizamos unos chaflanes y procedemos a soldar.

Figura 77. Medición



Fuente: Autores

Figura 78. Trazado



Fuente: Autores

Figura 79. Corte



Fuente: Autores

Realizamos dos veces el procedimiento ya que necesitamos dos bases una a cada lado, luego colocamos el soporte rígido sobre las bases obteniendo una estructura más sólida y estable, fijamos estas dos estructuras mediante cordones de soldadura.

Figura 80. Eje sobre la base



Fuente: Autores

Colocamos las bases de los pulmones y fijamos mediante los pernos, introducimos la leva tipo "S" con un poco de grasa y con los respectivos retenes a cada lado.

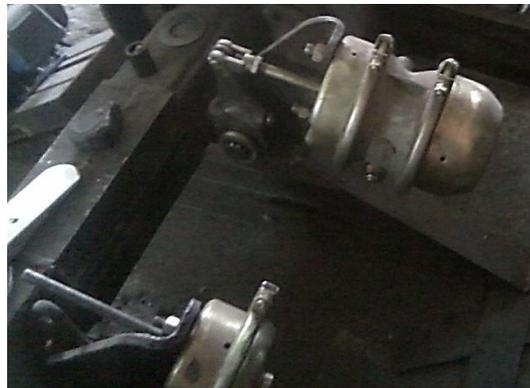
Nos enfocamos ahora en colocar a cada lado un par de zapatas de freno para lo cual, primero colocamos la zapata superior y hacemos que el pin que sirve de eje ingrese a través del orificio en la zapata, colocamos los seguros con las respectivas arandelas a ambos lados, repetimos el proceso en la zapata inferior.

Ahora toca colocar el muelle de retorno que servirá de unión a ambas zapatas y además servirá para que en el momento que se accionen las mismas retorne a su lugar de inicio, una vez terminado de colocar el muelle de retorno, procedemos a colocar los rodillos entre la zapata y el eje de leva tipo "S", para hacerlo nos ayudamos de una varilla para realizar palanca y poder introducir ambos rodillos, repetimos el proceso en ambos lados del eje.

Después colocamos los tensores de ajuste, luego los aseguramos con arandelas y sus seguros respectivamente.

A continuación colocamos los pulmones en sus bases y los fijamos mediante pernos y tuercas, ajustamos y unimos al tensor de ajuste mediante la varilla de accionamiento que se encuentra en cada pulmón de freno.

Figura 81. Colocación de los pulmones en las bases



Fuente: Autores

Procedemos con el corte del perfil L para realizar la base del panel frontal que servirá para colocar las distintas válvulas y elementos para hacer funcionar el banco didáctico.

Figura 82. Corte del perfil L para el panel frontal



Fuente: Autores

También realizamos un doblado para obtener una inclinación en la parte superior y podamos observar de mejor manera los elementos de nuestro banco didáctico.

Figura 83. Doble del perfil L



Fuente: Autores

Figura 84. Perfil L doblado



Fuente: Autores

Entonces luego realizamos nuevamente el proceso de soldadura obteniendo unir dicha base con el eje rígido y nos queda de la siguiente manera, obteniendo así ya la estructura para el panel donde irán colocadas las válvulas y los botones de mando.

Figura 85. Panel frontal soldado



Fuente: Autores

Pasamos entonces al armado del conjunto de rodadura, primero engrasamos los dos rodamientos, colocamos el rodamiento más grande hasta su respectivo tope en el eje, mientras tanto en el centro del tambor colocamos las pistas y llenamos con abundante grasa, colocamos el retenedor para que no exista fuga de la misma por último colocamos el tambor en cada lado del eje rígido, acto seguido introducimos el rodamiento más pequeño y luego la arandela de regulación, después el seguro de la arandela y para terminar colocamos la arandela de ajuste y apretamos muy bien.

Colocamos ahora la tapa de protección del conjunto de rodadura y la aseguramos mediante cuatro pernos.

Figura 86. Conjunto de rodadura



Fuente: Autores

Obtenemos la estructura, ahora cortamos la lámina de tol a la misma medida que la estructura del panel frontal consiguiendo colocarla mediante pernos y así tenemos listo el panel frontal donde podremos colocar los distintos elementos.

Figura 87. Panel frontal de plancha de tol

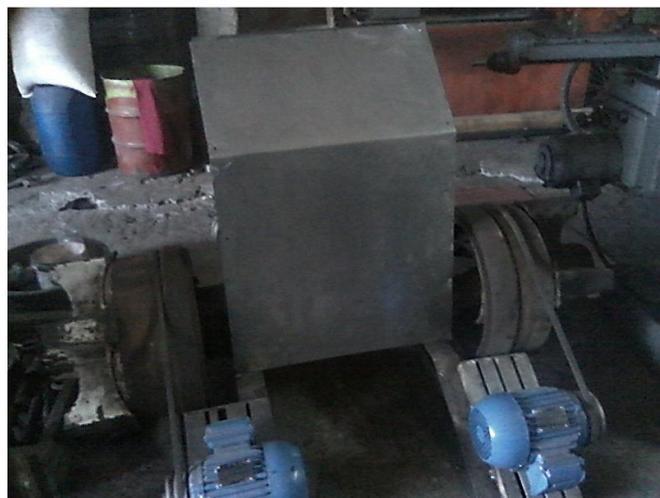


Fuente: Autores

Para la construcción de las bases de los motores eléctricos utilizamos el perfil L y la platina unidos mediante soldadura, colocamos cada motor mediante cuatro pernos y tuercas consiguiendo que pueda desplazarse a lo largo de las bases para su regulación.

En la plancha de tol realizamos orificios para colocar los distintos elementos del banco, también colocamos las bandas desde la polea del motor eléctrico hacia el tambor.

Figura 88. Colocación de Bandas



Fuente: Autores

Ponemos la válvula de pedal en la base de nuestra estructura, así como también acoplamos el compresor y lo sujetamos mediante soldadura.

Luego pintamos todo el banco didáctico así como también los tambores de frenos.

Figura 89. Banco pintado.



Fuente: Autores

Figura 90. Tambores pintados



Fuente: Autores

CAPÍTULO V

5. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA

5.1 Pruebas de presión de aire en el sistema

La prueba es sencilla, debemos primero hacer una inspección visual de los valores que marcan los manómetros una vez encendido el equipo, tanto el manómetro que marca la presión del compresor, como la presión que indica el manómetro del sistema; si por algún motivo uno o ambos manómetros no marcan debemos pasar a una inspección auditiva tratando de identificar alguna fuga de aire existente.

5.2 Plan de mantenimiento del equipo

El sistema de frenos de aire es el sistema de seguridad más importante del vehículo, sin embargo se debe tener en cuenta que antes de intentar trabajar en el mantenimiento del equipo, se debe tener precauciones ya que la compresión y almacenado de aire puede ser comparado a la energía de un resorte, que cuando se libera puede presentar un peligro si no se está al tanto de ello.

El mantenimiento del sistema se puede dividir en dos áreas importantes: factores neumáticos y factores mecánicos, además se debe tener en cuenta una inspección rápida a la hora de que el equipo sea encendido. (BENDIX Commercial Vehicle Systems, 2004 págs. 16-18)

5.2.1 Factores neumáticos. Un sistema de frenos ideal puede definirse como uno en el cual la presión de frenado alcanza cada actuador al mismo tiempo y al mismo nivel de presión; debemos emplear un mantenimiento en:

5.2.1.1 Cañerías. Realizar una inspección visual y auditiva en las cañerías de alta presión del sistema para notar que no existan fugas ni roturas, cuando sea necesario reemplazar una cañería, se lo debe hacer por una que sea del mismo diámetro.

5.2.1.2 Válvulas. Escuchar que no exista fugas de aire por las válvulas, cuando sea necesario reemplazar la válvula hacerlo por una de la misma marca o modelo, si se

cambia por una de otra marca asegurarse de que esta válvula es de por lo menos de la misma actuación.

5.2.1.3 Compresor. Comprobar el nivel de aceite del compresor, siempre se debe verificar que la válvula de seguridad no se encuentre trabada, notar que en el instante que se enciende el compresor comience a marcar los manómetros, revisar que la válvula de purga del tanque del compresor está bien apretada y no debemos olvidar que al culminar el trabajo se debe abrir la válvula de purga.

5.2.2 Factor mecánico. Como factores mecánicos podemos citar:

5.2.2.1 Pulmones (Cámaras). Los pulmones convierten la presión del aire en fuerza mecánica por lo cual, un factor que influye en la fuerza de la cámara es la longitud de la barrilla de empuje de la cámara, por lo tanto esta longitud de la varilla de empuje debe fijarse siempre de tal manera que con los frenos ajustados apropiadamente, el ángulo entre el ajustador de juego y la varilla de empuje de la cámara sea mayor de 90° cuando se apliquen los frenos.

5.2.2.2 Muelle de retorno (Resorte). Si es necesario cambiar los muelles de retorno de los pulmones, dicho resorte deberá cambiarse con un resorte que tenga una carga apropiada, el método de cambio se encuentra en la guía de laboratorio N° 3.

En un vehículo cuando se realiza este trabajo se debe considerar que el resorte de retorno de la cámara afecta la fuerza neta reducida por la cámara, y es especialmente importante en las aplicaciones de servicio bajo, por esta razón siempre se debe cambiar el resorte en las dos cámaras del eje.

5.2.2.3 Diafragma. La vida del diafragma de la cámara varía según el tipo de servicio y el ambiente en el que está el diafragma, en los vehículos generalmente la experiencia dicta la frecuencia con la que se deberá recambiar, teniendo en cuenta que siempre se debe cambiar todos los diafragmas de las cámaras del vehículo.

5.2.2.4 Tensor de ajuste. Probablemente el factor más importante para obtener un resultado mecánico máximo es el ajuste apropiado de los frenos, el ajuste se debe al desgaste de los forros de zapata. El procedimiento de ajuste y regulación de los frenos lo encontramos en la guía de práctica N° 5.

5.2.2.5 Rodamientos. El mantenimiento de los rodamientos se lo debe hacer con grasa y se recomienda cambiarla en cada práctica pues al momento de contacto se contamina con suciedades.

5.2.2.6 Bandas. Para el mantenimiento y cambio de las bandas se tiene que tener en cuenta que:

- No presenten fisuras ni cortaduras
- El espesor sea el suficiente
- Este bien centrada

5.3 Manual de funcionamiento del equipo

5.3.1 Descripción general del banco de frenos de aire. Utilice el equipo para llevar a cabo un aprendizaje rápido y seguro tal como: reconocimiento de los componentes de un sistema de frenos de aire, toma de presión en el sistema, etc. Se puede hacer funcionar el sistema parcial o total y además cuenta con un botón de desconexión eléctrica para todo el equipo por seguridad.

5.3.2 Información de seguridad

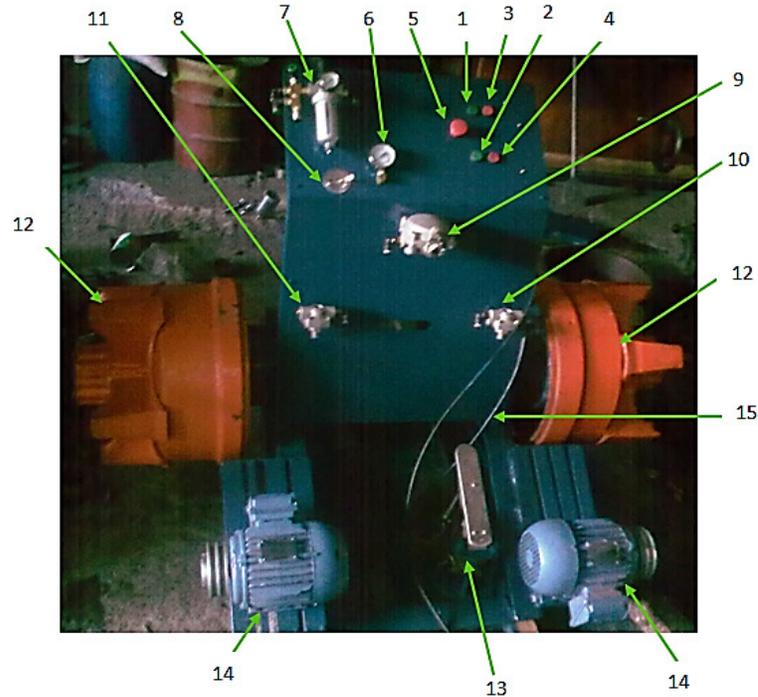
- El voltaje a utilizar para el compresor es de 110 Voltios.
- El voltaje a utilizar para el sistema eléctrico es de 220 Voltios.
- No use el equipo en la intemperie.
- No utilice el equipo con ropa demasiada holgada o utilizando cadenas, adornos o similares.
- Proteja los conductores de alimentación para que no caminen sobre él y dañen el material de aislamiento.
- No permita que el estudiante manipule el equipo solo por primera vez
- Asegúrese de realizar el mantenimiento programado.
- Desconecte el equipo totalmente para hacer limpieza o mantenimiento.
- No coloque objetos sobre el equipo.
- No retire los protectores del equipo.
- Jamás se apoye al equipo cuando esté funcionando o apagado.

5.3.3 Advertencia. Este equipo solo debe ser usado por el estudiante bajo la supervisión del docente o por una persona responsable del mismo.

5.3.4 Descripción general de los paneles

5.3.4.1 Panel frontal

Figura 91. Panel Frontal

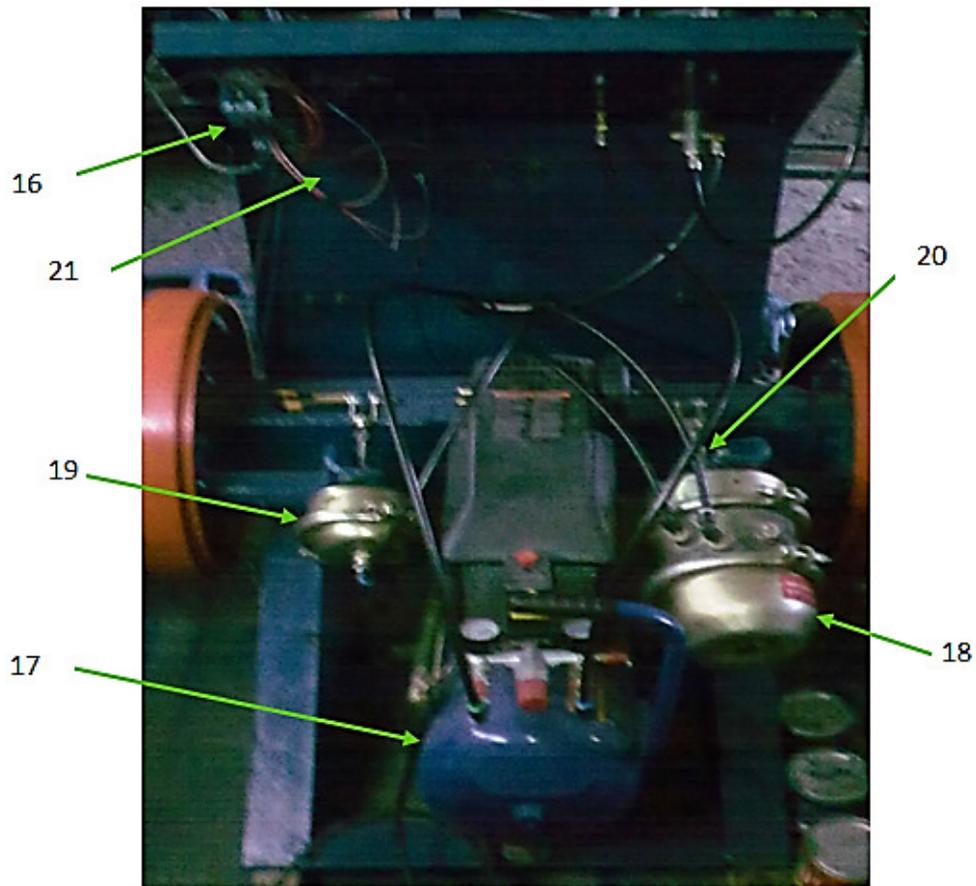


Fuente: Autores

1. Botón de encendido del motor WEG lado izquierdo(verde)
2. Botón de encendido del motor WEG lado derecho (verde)
3. Botón de apagado del motor WEG lado izquierdo(rojo)
4. Botón de apagado del motor WEG lado derecho (rojo)
5. Botón de desconexión total del sistema eléctrico
6. Manómetro de presión de 16 bar
7. Regulador de presión y filtro
8. Válvula de bloqueo
9. Válvula relé R6
10. Válvulas de escape rápido para pulmón de cámara simple(lado derecho)
11. Válvulas de escape rápido para pulmón de doble acción (lado izquierdo)
12. Tambores de freno
13. Válvula de pedal
14. Motores WEG
15. Cañerías flexibles

5.3.4.2 Panel posterior.

Figura 92. Panel posterior



Fuente: Autores

- 16. Contactores
- 17. Compresor de aire BP
- 18. Pulmón de doble acción
- 19. Pulmón delantero
- 20. Tensores de ajuste
- 21. Conductores eléctricos

5.3.4.3 Función general de los elementos del banco

1. Botón de encendido del motor WEG lado izquierdo (verde). Sirve para encender y hace girar la polea del motor WEG el cual arrastra al tabor del lado izquierdo por medio de la banda.

2. Botón de encendido del motor WEG lado derecho (verde). Sirve para encender y hace girar la polea del motor WEG el cual arrastra al tabor del lado derecho por medio de la banda.
3. Botón de apagado del motor WEG lado izquierdo (rojo). Sirve para apagar y detener al motor WEG del lado izquierdo.
4. Botón de apagado del motor WEG lado derecho (rojo). Sirve para apagar y detener al motor WEG del lado derecho.
5. Botón de desconexión total del sistema eléctrico. Sirve para suspender la energía eléctrica de todo el sistema de los motores WEG a excepción de la alimentación del compresor de aire. Para desconectar el sistema presione el botón, para volver a abastecer de energía eléctrica al sistema gire al lado derecho.
6. Manómetro de presión de 16 bares. Sirve para observar la presión del aire que tiene el depósito del compresor y la cual disponemos para nuestras prácticas.
7. Regulador de presión y filtro. Sirve para evitar que ingrese líquido en el aire e impurezas, también podemos regular la presión con la cual vamos a operar el sistema.
8. Válvula de bloqueo. Cuando movemos la palanca al lado izquierdo bloqueamos el tambor y cuando movemos al lado derecho desbloqueamos el tambor.
9. Válvula relé R6. Esta válvula sirve para el pulmón de doble acción, ayuda al abastecimiento rápido de aire para la cámara de servicio para no tener demora en el frenado.
10. Válvulas de escape rápido para pulmón de cámara simple (lado derecho). Sirve para que el aire que ingresa a la cámara de simple efecto escape una vez que ha concluido su tarea.
11. Válvulas de escape rápido para pulmón de doble acción (lado izquierdo). La válvula de escape rápido trabaja en conjunto con la válvula de bloqueo, la cual cuando desbloqueamos el aire que se encuentra en la cámara de seguridad del pulmón de doble acción escapa a la atmósfera por medio de esta válvula.

12. Tambores de freno. Estos elementos giran conjuntamente con los motores WEG por medio de dos bandas.
13. Válvula de pedal. Al presionar con el pie la válvula de pedal ambos pulmones entran en funcionamiento y se frenan los dos tambores, al soltar la válvula de pedal los pulmones regresan a su posición de inicio liberando los dos tambores.

Además cuenta con un pulsador electrónico o interruptor para cortar la corriente eléctrica hacia los motores trifásicos tipo jaula de ardilla evitando así que se esfuerce en si giro.
14. Motores WEG tipo jaula de ardilla. Los motores WEG brindan la fuerza necesaria para dar el movimiento a los tambores respectivos, ya sea en los dos a la vez o independientemente.
15. Cañerías flexibles. Sirven para trasladar el aire a presión con toda seguridad a los diferentes elementos del banco, en cada elemento podemos encontrar acoples rápidos para una fácil conexión de todo el sistema.
16. Contactores. Tiene por objetivo establecer o interrumpir el paso de corriente, tan pronto se de tensión a la bobina.
17. Compresor de aire BP. Comprime el aire y lo almacena en un depósito listo para usar.
18. Pulmón de doble acción. Este pulmón tiene dos funciones: una para el servicio de frenado convencional y el otro para el freno de estacionamiento, frena y bloquea el tambor del lado izquierdo.
19. Pulmón delantero. Este pulmón tiene solo el servicio de frenado convencional y frena el tambor del lado derecho.
20. Tensores de ajuste. El tensor de ajuste sirve para transformar y multiplicar la fuerza desarrollada por los pulmones, en este elemento también encontramos la regulación de los frenos.
21. Conductores eléctricos. Sirve para trasladar la corriente eléctrica a los distintos elementos en el circuito.

5.3.5 *Instrucciones de uso*

5.3.5.1 *Abastecimiento de energía eléctrica.* Conecte la respectiva alimentación tanto para el compresor de aire (110 Voltios) como para el sistema eléctrico de los motores WEG (220 Voltios), haga girar el botón de seguridad para que exista energía para el sistema.

5.3.5.2 *Abastecimiento de aire comprimido.* Revise siempre el nivel del aceite y que la válvula de drenaje se encuentre bien cerrada, revise también que la válvula de seguridad no esté trabada, luego ponga en funcionamiento el compresor de aire y espere a que el manómetro marco por lo menos 6 bares.

5.3.5.3 *Regulación de presión del sistema.* El equipo cuenta con un regulador de presión para el sistema, se puede ir variando la presión al girar la perrilla que se encuentra en la cabeza del regulador de presión, lo realizamos levantando la perilla y girando hacia la derecha o izquierda, luego aplastamos la perrilla para que no se mueva y mantengamos dicha presión.

5.3.5.4 *Para hacer funcionar el equipo.* Si queremos solo ver cómo funciona los motores WEG haciendo girar los tambores presionamos los botones verdes del panel frontal y para apagar los motores WEG presionamos los botones de color rojo.

Encendemos el compresor, movemos la válvula de bloqueo para que se libere el tambor del lado izquierdo, para hacer la práctica de frenado debemos tener en cuenta si el aire se encuentra cargado y el manómetro marca al menos 6 bares.

Encendemos los motores ya sea uno o ambos oprimiendo los pulsadores verdes, pisamos la válvula de pedal y los motores se desconectan automáticamente ya que ha iniciado el frenado de los tambores, esto lo hace ya que cuenta con un interruptor eléctrico en la válvula de pedal.

Si existe algún desperfecto en lo referente a corriente eléctrica podemos pulsar el botón de emergencia y luego girarlo para que nuevamente exista energía eléctrica en el banco didáctico.

5.4 Guías de práctica de laboratorio a implementarse con el equipo

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

*FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ
GUÍA DE LABORATORIO PARA FRENOS DE AIRE*

PROFESOR: _____ ASIGNATURA: _____

NOMBRE: _____ CÓDIGO: _____

FECHA: _____ GUÍA N°: _____ 1 _____

TEMA:

Reconocimiento de los elementos del sistema de frenos de aire

OBJETIVOS:

- Identificar los componentes del sistema de frenos de aire
- Conocer el funcionamiento que cumple cada elemento dentro del sistema

HERRAMIENTAS Y EQUIPOS:

- Equipo de frenos de aire

ESQUEMA:

1. Compresor 	2. Regulador de presión 	3. Pulmón delantero 	4. Pulmón posterior 	5. Válvula de seguridad 	
6. Válvula De escape rápido 	7. Válvula de drenaje 	8. Válvula relé 	9. Válvula de pedal 	10. Válvula de bloqueo 	11. Tensor de ajuste 

REVISIÓN TEÓRICA:

1. COMPRESOR DE AIRE.- Es la fuente de energía para el sistema de frenos de aire, en el vehículo es impulsado por el motor por medio de poleas o engranajes. En nuestro banco didáctico tenemos un compresor de aire de desplazamiento positivo que cumple la misma función que es la de comprimir el aire que luego va a los tanques de almacenamiento.
2. REGULADOR DE PRESIÓN.- Su función es la de mantener la presión del aire del depósito entre una presión determinada máxima y mínima que conecta y desconecta el compresor, se lo puede regular según sea la necesidad requerida.
3. PULMÓN DELANTERO.- Convierte la energía del aire comprimido en fuerza mecánica y movimiento mediante la varilla de empuje.
4. PULMÓN POSTERIOR.- Consiste en una cámara de freno convencional y un mecanismo de freno para el estacionamiento (bloqueo), en una primera parte se encuentra un freno convencional con un resorte idéntico al pulmón delantero y en la segunda parte esta un poderoso resorte que es para el freno de estacionamiento.
5. VÁLVULA DE SEGURIDAD.- Su función es la de proteger el sistema de frenos de aire contra una acumulación excesiva de presión del aire, se encuentra en el tanque de almacenamiento.
6. VÁLVULA DE ESCAPE RÁPIDO.- La función es la dejar salir aire rápidamente desde el pulmón luego de acabar su trabajo de frenado.
7. VÁLVULA DE DRENAJE.- Está instalado en el tanque de almacenamiento y permite drenar los contaminantes que se hallen en el depósito para que salga a la atmósfera.
8. VÁLVULA RELÉ.- Se utiliza para aplicar y soltar los frenos de servicio del eje posterior, es una válvula de control graduado de alta capacidad y de rápida respuesta.

9. VÁLVULA DE PEDAL.- Permite o no el paso del aire hacia los pulmones.
10. VÁLVULA DE BLOQUEO.- Permite el paso o no del aire hacia el pulmón posterior para que se realice el bloqueo o desbloqueo.
11. TENSOR DE AJUSTE.- Es el enlace entre el pulmón y el eje de leva, transforma y multiplica la fuerza desarrollada por el pulmón, se puede regular los frenos mediante este tensor de ajuste.

PROCEDIMIENTO:

Indicar cada elemento por medio de la lectura de la teoría para una mejor comprensión, se puede obtener una ampliación teórica de cada componente en el capítulo 2 y 3.

TEST DE CONOCIMIENTOS:

¿Cuál es la diferencia entre el pulmón posterior y el pulmón delantero?

¿Por qué es importante drenar el depósito de aire?

¿Qué funciones cumple el tensor de ajuste dentro del sistema?

¿Qué sucedería si la válvula de seguridad se obstruye?

¿Por qué se utiliza la válvula relé solamente para accionar los pulmones posteriores?

CONCLUSIONES:

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

**FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ
GUÍA DE LABORATORIO PARA FRENOS DE AIRE**

PROFESOR: _____ ASIGNATURA: _____

NOMBRE: _____ CÓDIGO: _____

FECHA: _____ GUÍA N°: _____ 2 _____

TEMA:

Conexión del sistema de frenos de aire

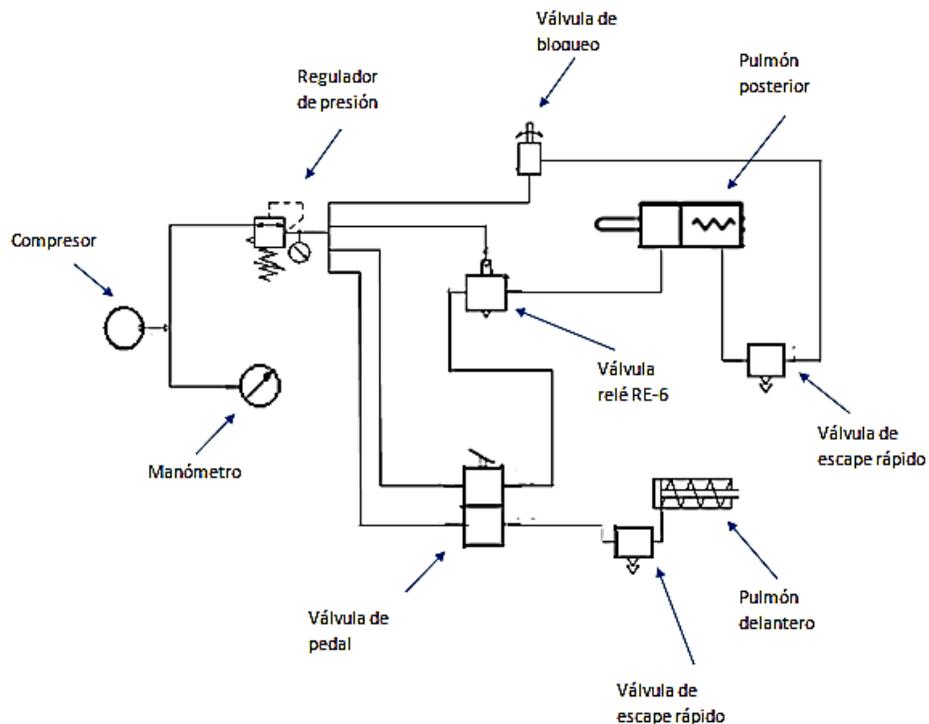
OBJETIVOS:

- Conocer la forma en que está acoplado el sistema de frenos de aire
- Observar el funcionamiento correcto del sistema.

HERRAMIENTAS Y EQUIPOS:

- Equipo de frenos de aire
- Cañerías de alta presión

ESQUEMA:



PROCEDIMIENTO:

1. En el compresor observamos que existe dos salidas, una de ellas está conectada hacia el manómetro que se encuentra en el panel frontal que muestra la presión del compresor, en la otra salida esta un punto donde debemos conectar la manguera que conducirá el aire hacia la entrada del regulador de presión.
2. En el regulador de presión existe una sola entrada (mirando de frente la entrada está al lado derecho) y cuatro salidas (lado izquierdo).
3. Una vez conectada la entrada en el regulador de presión, tomamos dos mangueras y conectamos desde dos salidas del regulador de presión hacia las dos entradas de la válvula de pedal que se encuentra en la parte inferior.
4. De allí conectamos, de una de las salidas de la válvula de pedal hacia una entrada de la válvula de escape rápido para luego conectar, de la salida de la válvula de escape rápido hacia el pulmón delantero (pulmón pequeño).
5. De la salida que quedo libre en la válvula de pedal conectamos la manguera y la colocamos en la entrada de la válvula relé RE-6, observamos entonces que queda libre una entrada en la parte superior de dicha válvula, esta entrada es para una manguera que conectamos desde una salida de el regulador de presión.
6. Luego conectamos con otra manguera desde la salida de la válvula relé RE-6 hacia la entrada del pulmón de doble accionamiento con la notación "S".
7. Con la última salida del regulador de presión mediante una manguera la unimos a la entrada de la válvula de bloqueo y luego de la salida de esta válvula, conectamos a la entrada de la válvula de escape rápido.
8. Ahora, de la salida de la válvula de escape rápido con una manguera conectamos hacia el pulmón posterior en la entrada que se encuentra denotada como "E".
9. Ponemos en funcionamiento el equipo y observamos.

10. Las entradas se denotan generalmente con la denominación IN, las salidas con OUT y la expulsión de aire con HEX.

TEST DE CONOCIMIENTOS:

¿Qué sucede si una manguera se encuentra con fisuras?

¿Qué pasa si accionamos la válvula de pedal sin haber antes desactivado la válvula de bloqueo del sistema?

¿Cómo sabemos si en el sistema se encuentra una fuga de aire?

CONCLUSIONES:

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

**FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ
GUÍA DE LABORATORIO PARA FRENOS DE AIRE**

PROFESOR: _____ **ASIGNATURA:** _____

NOMBRE: _____ **CÓDIGO:** _____

FECHA: _____ **GUÍA N°:** _____ **3** _____

TEMA:

Despiece del pulmón posterior de un sistema de frenos de aire

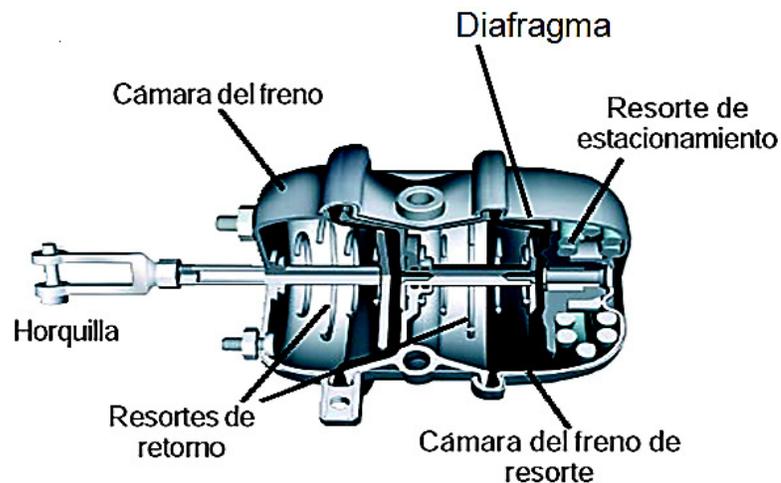
OBJETIVOS:

- Identificar los componentes que posee la cámara de freno del sistema de frenos de aire
- Aprender el correcto despiece de la cámara de freno del sistema de frenos de aire

HERRAMIENTAS Y EQUIPOS:

- Equipo de frenos de aire
- Llaves
- Prensa hidráulica
- Destornillador
- Pinza

GRÁFICO:



PROCEDIMIENTO:

1. En primer lugar debemos verificar que el equipo no tenga aire en el sistema, en caso de existir debemos aflojar la válvula de drenaje y dejar que todo el aire escape, entonces ajustamos la válvula nuevamente y desconectamos las mangueras.
2. Luego realizamos el desmontaje del pulmón posterior; para lo cual con una pinza sacamos el seguro que se encuentra en el pasador de la horquilla la cual sostiene a la varilla de accionamiento con el tensor de ajuste.
3. Sacamos el pasador tipo bulón.
4. Colocamos el perno desbloqueador en la parte posterior del pulmón, asegurándonos que haya sido colocado correctamente en la muesca en forma de cruz, damos giro a la tuerca y comprimimos de esa manera al resorte de bloqueo.
5. Con la ayuda de dos llaves $1\frac{1}{8}$ aflojamos las tuercas y pernos que sostiene al pulmón posterior con el bastidor.
6. Colocamos en la prensa hidráulica el pulmón y comenzamos a bajar el gato hidráulico hasta estar seguros de que ha hecho contacto con la tapa posterior del mismo.
7. Después con una llave 5/8" y una llave 11/16" procedemos a aflojar y retirar las abrazaderas de la cámara.
8. Con mucho cuidado aflojamos la tuerca del perno desbloqueador y comenzamos a levantar el gato de la prensa hidráulica hasta el momento que este suelto completamente.
9. Luego retiramos los muelles, y observamos el estado de los diafragmas.
10. Por último sustituimos los diafragmas de ser necesarios y comenzamos el armado.

TEST DE CONOCIMIENTOS:

¿Qué es el pulmón?

¿Cuántas cámaras tienen el pulmón posterior?

¿Cuáles son los elementos que constituyen el pulmón?

¿Cuál es el elemento por el que debemos dar mantenimiento al pulmón?

CONCLUSIONES:

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

**FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ
GUÍA DE LABORATORIO PARA FRENOS DE AIRE**

PROFESOR: _____ **ASIGNATURA:** _____

NOMBRE: _____ **CÓDIGO:** _____

FECHA: _____ **GUÍA Nº:** _____ **4** _____

TEMA:

Despiece del conjunto de rodadura

OBJETIVOS:

- Conocer todos los elementos de un conjunto de rodadura que posee el sistema de frenos de aire.
- Aprender el correcto despiece de este sistema.
- Saber cuál es la regulación para este sistema.

HERRAMIENTAS Y EQUIPOS:

- Llaves
- Equipo de frenos de aire
- Cuchilla
- Cincel
- Martillo
- Grasa
- Palanca

GRÁFICO:



PROCEDIMIENTO:

1. Como primer paso debemos cerciorarnos de que la alimentación eléctrica hacia los motores está suspendida.
2. Con la ayuda de una llave 9/16 aflojamos los pernos de la caja de protección de la banda trapezoidal.
3. Retirar los pernos y la caja de protección.
4. Luego con dos llave 5/8 aflojamos los pernos y las tuercas de la base del motor eléctrico pero no retiramos los pernos.
5. Ahora con la ayuda de una palanca hacemos que el motor eléctrico recorra lo suficiente para que la banda se destiempale y poder retirar las dos bandas.
6. Con una llave 3/4 aflojamos los cuatro pernos que sostienen la tapa circular lateral de la araña que está sujeta al tambor de freno.
7. Retirar uno a uno los pernos con cuidado de no derramar la grasa que se encuentra dentro.
8. Tomamos el cincel y el martillo para dar unos ligeros golpes logrando así aflojar la contratuerca de seguridad y por último retiramos dicha tuerca.
9. Procedemos luego con ayuda de la cuchilla a sacar la arandela de trabado que sostiene a la tuerca de regulación.
10. Nuevamente con el cincel y el martillo aflojamos en esta ocasión la tuerca de regulación.
11. Luego con un ligero movimiento de vaivén en el tambor hacemos que resbale un poco para conseguir que el rodamiento se deslice y poder extraerlo sin dejar caer el tambor.
12. Con mucho cuidado retiramos el tambor y lo colocamos en un lugar donde no sea un peligro.

13. Podemos observar el estado de los rodamientos, la pista de rodamiento y el retén.
14. No debemos olvidar que antes de empezar con el armado debemos engrasar muy bien el rodamiento.
15. Para el armado seguimos todos los pasos desde el último hasta el primero.
16. La regulación se la consigue ajustando toda la tuerca de regulación y luego regresamos un octavo de vuelta la tuerca.

TEST DE CONOCIMIENTOS:

¿Cuáles son los elementos que componen el conjunto de rodadura?

¿Cuáles son los elementos que sujeta el conjunto de rodadura?

¿Qué sucede si ajustamos de manera inapropiada las tuercas?

CONCLUSIONES:

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

**FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ
GUÍA DE LABORATORIO PARA FRENOS DE AIRE**

PROFESOR: _____ **ASIGNATURA:** _____

NOMBRE: _____ **CÓDIGO:** _____

FECHA: _____ **GUÍA Nº:** _____ **5** _____

TEMA:

Regulación de frenos

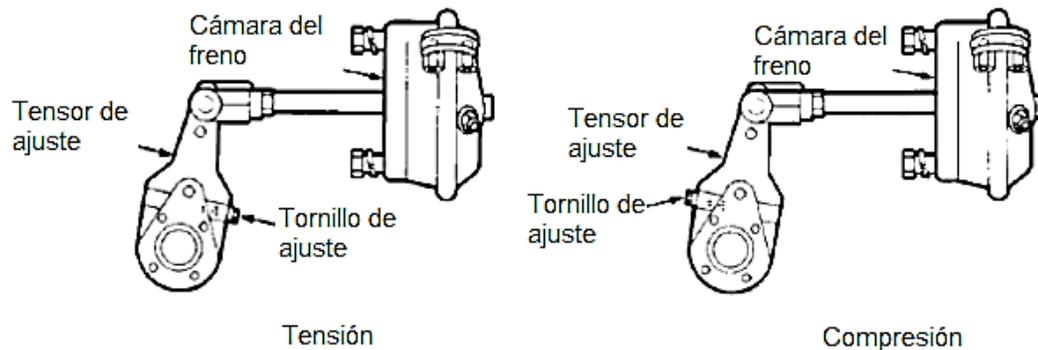
OBJETIVOS:

- Aprender la forma de regular las zapatas en un sistema de frenos de aire.

HERRAMIENTAS Y EQUIPOS:

- Banco didáctico de frenos de aire
- Llave 9/16 mixta

GRÁFICO:



PROCEDIMIENTO

1. Como primer paso procedemos a ubicar visualmente el perno de regulación que se encuentra en la parte inferior del tensor de ajuste.
2. Con la ayuda de una llave 9/16 procedemos a colocar la llave en la cabeza del perno.

3. Para comenzar la regulación debemos presionar ligueramente un seguro que se encuentra tapando la cabeza del perno.
4. Una vez presionado el seguro giramos a uno de los lados ya sea izquierda o derecha para verificar si se está frenando o no el tambor.
5. Luego de saber a qué lado girar para ajustar el tambor contra las zapatas, ajustamos totalmente hasta que ya no gire el tambor, entonces retrocedemos media vuelta el perno.
6. Retiramos la llave y procedemos a encender el motor eléctrico para luego accionar la válvula de pedal y observamos lo que sucede.

TEST DE CONOCIMIENTOS

¿Por qué realizamos la regulación de los frenos?

¿Para regular los frenos que necesitamos del sistema?

¿Qué elementos entran en funcionamiento al momento de regular los frenos?

CONCLUSIONES:

CAPÍTULO VI

6. ANÁLISIS DE COSTOS

En este capítulo analizaremos los costos que se requiere para la construcción del banco de frenos de aire, sin olvidar que los costos varían según el mercado.

6.1 Costos de los elementos que intervienen en el banco

Los costos de los elementos para los frenos de aire varían según:

- La marca de los elementos
- La marca del vehículo que los utiliza

En nuestro banco didáctico utilizamos elementos de marca Bendix que se encuentran en el mercado con facilidad y a precios moderables.

- Costo directo

Tabla 14. Costos de Materiales

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO (USD)
1	Pulmón posterior	U	1	90	90
2	Pulmón delantero	U	1	40	40
3	Válvulas de escape rápido	U	2	28	56
4	Válvula relé	U	1	45	45
5	Válvula de pedal	U	1	80	80
6	Regulador de presión	U	1	25	25
7	Válvula de bloqueo	U	1	15	15
8	Acoples rápidos	U	15	2,5	37,5
9	Acoples de bronce	U	10	1,5	15
10	Tapones	U	10	1,3	13
11	Compresor	U	1	150	150
12	Manguera alta presión	m	15	1,5	22,50

13	Contactores	U	2	25	50
14	Pulsadores 22mm	U	4	3	12
15	Botón de emergencia 40mm	U	1	5	5
16	Motores trifásicos	U	2	194	388
17	Conductor flexible	m	10	0,3	3
18	Conductor concéntrico	m	10	0,8	8
19	Terminales	U	100	0,01	1
20	Perfil L	m	10	5,5	55
21	Platina	m	7	4	28
22	Lámina de tol	m	3	8	24
23	Discos de corte	U	7	3	21
24	Electrodos	Lb	6	2	12
25	Diferencial de Ford 750	U	1	400	400
Total USD:					1558,5

Fuente: Autores

Tabla 15. Mano de obra

DESCRIPCIÓN	HORAS/HOMBRE	COSTO HORARIO (USD)	COSTO (USD)
Cortador	12	3	36
Soldador	32	5	160
Doblador	3	2	6
Pintor	8	4	32
Tornero	14	6	84
Eléctrico	8	5	40
Mecánico	16	5	80
Total USD:			438

Fuente: Autores

Tabla 16. Equipos y herramientas

DESCRIPCIÓN	HORAS/EQUIPO	COSTO HORARIO (USD)	COSTO (USD)
Amoladora	8	2	16

Esmeril	4	1	4
Soldadora	26	3	78
Taladro	3	2	6
Torno	8	4	32
Compresor	15	2	30
Llaves y dados	96	1	96
Total USD:			262

Fuente: Autores

Tabla 17. Transporte

DESCRIPCIÓN	KILÓMETROS RECORRIDOS	COSTO KILÓMETRO (USD)	COSTO (USD)
Transporte	1865	0,25	466,25
Total USD:			466,25

Fuente: Autores

- Costo Indirecto

Tabla 18. Costo Indirecto

DESCRIPCIÓN	KILÓMETROS RECORRIDOS
Costo ingenieril	320
Imprevistos	150
Utilidad	0
Total USD:	470

Fuente: Autores

Tabla 19. Costo Total

DESCRIPCIÓN	COSTO TOTAL
Costos directos	2724,75
Costos indirectos	470
Utilidad	0
Total USD:	3194,75

Fuente: Autores

CAPÍTULO VII

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

Se investigó el funcionamiento del sistema de frenos de aire, al igual que el de cada uno de sus componentes, para seleccionar los elementos adecuados con el fin de que el banco didáctico funcione correctamente.

Se diseñó y construyó el banco didáctico del sistema de frenos de aire para que los estudiantes realicen las prácticas pertinentes y puedan así adquirir conocimientos teóricos y prácticos sobre este tema.

Se elaboró guías de prácticas con el fin de que con su realización, los estudiantes de la escuela de Ingeniería Automotriz se familiaricen con los elementos que intervienen en el sistema de frenos de aire mediante su manipulación en el banco didáctico.

7.2 Recomendaciones

Ubicar el banco didáctico en un lugar con buena visibilidad y espacio suficiente para que los estudiantes puedan desenvolverse correctamente en la realización de las prácticas.

Leer detenidamente el manual del usuario antes de trabajar con el banco didáctico para evitar daños por la mala utilización del mismo.

Evitar colocar herramientas sobre el banco didáctico, ya que en su funcionamiento estas pueden salir despedidas provocando accidentes.

Procurar no utilizar la ropa de trabajo demasiado floja, debido a que el banco didáctico cuenta con elementos móviles que pueden engancharse al momento que este entre en funcionamiento.

Revisar que la fuente de corriente donde se va a conectar el banco didáctico tenga el voltaje adecuado para que este funcione correctamente.

Observar que el nivel de presión del aire sea el correcto una vez conectado el banco didáctico y que el sistema no esté bloqueado para proceder al encendido de los motores eléctricos y no causar daños en los mismos.

Desalojar el aire a presión del sistema luego de concluir la práctica, aflojando la válvula de drenaje ubicada en el tanque de almacenamiento, una vez desalojado el aire, vuelva a ajustar la válvula de drenaje.

BIBLIOGRAFÍA

ALLBIZ. 2010. [En línea] 2010. [Citado el: 05 de Julio de 2012.] <http://3630.es.all.biz/manmetro-g16622>.

BENDIX Commercial Vehicle Systems. 2004. *Manual de frenos de aire Bendix*. Estados Unidos : s.n., 2004.

—. **2004.** *Manual para frenos de aire*. Estados Unidos : s.n., 2004.

BLOGSPOT. 2007. [En línea] 2007. [Citado el: 24 de Junio de 2012.] <http://instrumentacionindustrial2007ii.blogspot.com/2008/03/compresores-neumaticos.html>.

CASTRO, Miguel. 1994. *Los frenos y la Suspensión*. Barcelona : Ceac, 1994.

CHANGO, Carlos. 2008. *Diseño e instalación de un sistema de entrenamiento en el sistema de frenos neumáticos*. TESIS. Latacunga : ESPEL, 2008.

MARTIN, Ricardo. 2009. *Manual de electricidad*. Madrid : Cultural S.A, 2009.

Sabelotodo.org. 2012. <http://www.sabelotodo.org/automovil/frenos.html>. [En línea] 2012. [Citado el: 10 de Junio de 2012.]

TUALICATE. 2007. [En línea] 2007. [Citado el: 05 de Julio de 2012.] <http://tualicate.es/herramientas-neumaticas/81-regulador-de-presion-con-filtro-de-humedad.html>.

Universidad Católica. 2004. [En línea] 2004. [Citado el: 15 de Septiembre de 2012.] <http://www2.ing.puc.cl/~icm2312/apuntes/correas/index.html>.

VALLEJO, Patricio y ZAMBRANO Jorge. 2011. *Física Vectorial I*. Chile : Rodin, 2011.

VALVIAS. 2010. [En línea] 2010. [Citado el: 13 de Septiembre de 2012.] <http://www.valvias.com/prontuario-momento-de-inercia.php>.

WIKIPEDIA.org. 2010. [En línea] 2010. [Citado el: 03 de Junio de 2012.] <http://es.wikipedia.org/wiki/Aire>.