



Universidad
Nacional
de Loja

1859

Universidad Nacional de Loja

Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos

Naturales no Renovables

Carrera de Ingeniería en Mecánica Automotriz

**Diseño y construcción de un banco didáctico del sistema de frenos
neumáticos**

Trabajo de Titulación previo a
la obtención del Título de
Ingeniero Mecánico Automotriz.

AUTOR:

Cristian Anibal Quituzaca Pineda

DIRECTOR:

Ing. Rubén Darío Carrión Jaura, Mg. Sc.

LOJA - ECUADOR

2023

Certificación

Loja, 18 de mayo del 2023

Ing. Rubén Darío Carrión Jaura, Mg. Sc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Diseño y construcción de un banco didáctico del sistema de frenos neumáticos**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Mecánico Automotriz**, de la autoría del estudiante **Cristian Anibal Quituzaca Pineda**, con **cédula de identidad Nro. 1105776304**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.

Ing. Rubén Darío Carrión Jaura, Mg. Sc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

Yo **Cristian Anibal Quituizaca Pineda**, declaro ser autor del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizó a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi Trabajo de Titulación en el Repositorio Institucional - Biblioteca Virtual.

Firma:

Cédula de Identidad: 1105776304

Fecha: 04 de julio del 2023

Correo electrónico: cristian.qituizaca@unl.edu.ec

Teléfono: 07-2102043 / 0963327225

Carta de autorización por parte del autor para la consulta, reproducción parcial o total, y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Titulación.

Yo, **Cristian Anibal Quituizaca Pineda**, declaro ser autor del Trabajo de Titulación denominado: **Diseño y construcción de un banco didáctico del sistema de frenos neumáticos**, como requisito para optar por el título de **Ingeniero Mecánico Automotriz**; autorizó al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del trabajo de titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los cuatro días del mes de julio del dos mil veintitrés.

Firma

Autor: Cristian Anibal Quituizaca Pineda

Cédula: 1105776304

Dirección: Loja-Ecuador (Barrio: La Pradera. Calles: Ciprés & Acacias)

Correo electrónico: cristian.qituizaca@unl.edu.ec

Teléfono: 07-2102043 / 0963327225

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director del Trabajo Titulación: Ing. Rubén Darío Carrión Jaura, Mg. Sc.

Dedicatoria

Este Trabajo de Titulación está dedicado a mi padre Anibal Quituizaca y a mi madre Carmen Pineda, gracias por darme su apoyo incondicional, paciencia y su respaldo en cada momento ya que sin ustedes no hubiese sido posible culminar con esta etapa, gracias a mi familia por ser un pilar fundamental en mi formación y crecimiento personal. Gracias por su apoyo, amor, paciencia y por estar siempre a mi lado en todo momento.

Cristian Anibal Quituizaca Pineda

Agradecimiento

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a la Universidad Nacional de Loja, por contribuir a la formación profesional con excelencia académica, a todos los docentes de la carrera de Ingeniería en Mecánica Automotriz por haber impartido sus conocimientos en las aulas de clase y todas aquellas personas que contribuyeron de alguna manera en la realización de este Trabajo de Titulación.

En primer lugar, quiero agradecer a mi director de Trabajo de Titulación el Ing. Rubén Darío Carrión Jaura, por su paciencia, dedicación y orientación durante todo el proceso. Gracias por su apoyo incondicional, su conocimiento y experiencia, y por ser un guía constante en el desarrollo de mi investigación.

También quiero agradecer a mis familiares y amigos por su apoyo emocional y motivación constante. Gracias por estar ahí en los momentos difíciles y por alentarme a seguir adelante en todo momento.

Una vez más, gracias a todos los que hicieron posible la realización de este Trabajo de Titulación. Sus aportes han sido invaluable y han hecho que esta investigación sea un éxito.

Cristian Anibal Quituzaca Pineda

Índice de contenidos

| | |
|--|------------|
| Portada | i |
| Certificación | ii |
| Autoría | iii |
| Carta de autorización | iv |
| Dedicatoria | v |
| Agradecimiento | vi |
| Índice de contenidos | vii |
| Índice de tablas: | x |
| Índice de figuras: | xi |
| Índice de anexos: | xiv |
| 1. Título | 1 |
| 2. Resumen | 2 |
| 2.1 Abstract..... | 3 |
| 3. Introducción | 4 |
| 4. Marco teórico | 5 |
| 4.1 Revisión de la literatura | 5 |
| 4.2 Primeros sistemas de frenos..... | 5 |
| 4.3 Sistema de frenos hidráulico..... | 5 |
| 4.4 Sistema de frenos neumáticos | 6 |
| 4.4.1 Partes del sistema de frenos neumático | 7 |
| 4.4.1.1 Compresor de aire. | 8 |
| 4.4.1.2 Regulador de presión. | 9 |
| 4.4.1.3 Depósitos de aire..... | 9 |
| 4.4.1.4 Válvula de pedal. | 10 |
| 4.4.1.5 Pulmón delantero. | 11 |
| 4.4.1.6 Pulmón posterior..... | 12 |
| 4.4.1.7 Válvula relé..... | 12 |
| 4.4.1.8 Válvula de control por palanca. | 13 |
| 4.4.1.9 Válvula de escape rápido. | 13 |
| 4.4.1.10 Freno de tambor. | 14 |
| 4.4.1.11 Freno de disco..... | 15 |
| 4.4.1.12 Tensor de ajuste. | 15 |
| 4.4.1.13 Manómetro de presión. | 16 |

| | |
|--|-----------|
| 4.4.1.14 Faro luz de freno..... | 17 |
| 4.4.1.15 Cañerías y neplos..... | 17 |
| 4.5 Nuevas tecnologías de los sistemas de frenos actuales..... | 18 |
| 4.6 Sistema de frenos ABS..... | 18 |
| 4.6.1 Funcionamiento del sistema de frenos ABS..... | 19 |
| 4.7 Sistema de frenos EBS..... | 19 |
| 4.7.1 Funcionamiento del sistema EBS..... | 20 |
| 4.8 Sistema de frenos ADB..... | 21 |
| 4.8.1 Funcionamiento del freno de disco neumático..... | 21 |
| 4.9 Sistema de frenos GCBS..... | 22 |
| 4.10 La neumática..... | 23 |
| 4.11 Símbolos de los componentes del sistema de frenos neumáticos..... | 23 |
| 4.12 Cálculos del sistema de frenos neumático..... | 24 |
| 4.12.1 Fuerza neumática..... | 26 |
| 4.12.2 Momento producido en la leva de accionamiento..... | 27 |
| 4.12.3 Fuerza transmitida por la leva hacia las zapatas..... | 28 |
| 4.12.4 Fuerza normal a las zapatas..... | 29 |
| 4.12.5 Fuerza de fricción..... | 30 |
| 4.12.6 Presión en las zapatas..... | 31 |
| 4.12.7 Momentos producidos por F_f y por F_N | 33 |
| 4.12.8 Cálculo del consumo de aire..... | 35 |
| 4.12.9 Pérdida de carga en la tubería del aire comprimido..... | 38 |
| 5. Metodología..... | 41 |
| 5.1 Ergonomía..... | 41 |
| 5.2 Diseño del banco de trabajo..... | 41 |
| 5.3 Importancia de los parámetros de diseño..... | 46 |
| 5.4 Matriz QFD..... | 46 |
| 5.5 Elección del material..... | 49 |
| 5.6 Materiales para el tubo estructural..... | 50 |
| 5.7 Materiales para la plancha estructural..... | 51 |
| 5.8 Modelado de la estructura del banco didáctico..... | 52 |
| 5.9 Simulación para el análisis de la estructura..... | 54 |
| 5.9.1 Análisis de tensión..... | 54 |
| 5.9.2 Restricciones..... | 54 |

| | |
|---|-----------|
| 5.9.3 Cargas en la estructura | 54 |
| 5.9.3.1 Cargas movibles..... | 54 |
| 5.9.3.2 Cargas uniformemente distribuidas. | 55 |
| 5.9.4 Análisis de estructura..... | 56 |
| 5.10. Resultados finales del estudio..... | 58 |
| 5.10.1 Optimización del perfil de estructura..... | 59 |
| 5.11 Construcción del banco didáctico | 61 |
| 5.11.1 Cortes de bases y uniones de la estructura..... | 61 |
| 5.11.2 Pulimento y limpieza de partículas | 62 |
| 5.11.3 Montaje de la plancha metálica..... | 63 |
| 5.11.4 Pintado del banco experimental | 63 |
| 5.11.5 Reacondicionamiento de componentes del banco estructural. | 64 |
| 5.11.6 Montaje de componentes del banco estructural | 65 |
| 5.11.7 Diseño de vinilo adhesivo..... | 65 |
| 5.11.8 Ubicación del vinilo..... | 66 |
| 6. Resultados..... | 67 |
| 6.1 Resultados de los cálculos del banco del sistema de frenos neumáticos | 67 |
| 6.2 Disposición final del banco de frenos neumáticos..... | 68 |
| 6.3 Validación mediante puesta en funcionamiento | 68 |
| 6.4 Técnica del muestreo | 70 |
| 6.5 Validación estudiantil del banco didáctico de frenos neumático..... | 72 |
| 6.6 Resultados del uso del banco didáctico | 74 |
| 6.7 Resultados de guías prácticas..... | 76 |
| 6.8 Costos..... | 79 |
| 7. Discusión | 80 |
| 8. Conclusiones | 81 |
| 9. Recomendaciones | 83 |
| 10. Bibliografía | 84 |
| 11. Anexos | 87 |

Índice de tablas:

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Simbología de componentes neumáticos | 23 |
| Tabla 2. Código de clasificación de los materiales de fricción..... | 30 |
| Tabla 3. Ciclos de trabajo durante un minuto | 37 |
| Tabla 4. Dimensiones del banco | 46 |
| Tabla 5. Características de materiales para estructura | 50 |
| Tabla 6. Características de plancha metálica para estructura..... | 51 |
| Tabla 7. Análisis de estructura de tubo cuadrado de 25x25x2 mm | 57 |
| Tabla 8. Tabulación de datos del perfil de estructura | 58 |
| Tabla 9. Análisis de estructura de tubo cuadrado de 25x25x2 mm | 60 |
| Tabla 10. Preguntas enfocadas en el uso del banco didáctico..... | 73 |
| Tabla 11. Preguntas enfocadas a las guías prácticas | 74 |
| Tabla 12. Costos generales del banco de frenos neumáticos | 79 |

Índice de figuras:

| | |
|---|----|
| Figura 1. Sistema de frenos hidráulico | 6 |
| Figura 2. Esquema del sistema de frenos neumáticos..... | 7 |
| Figura 3. Compresor de aire..... | 8 |
| Figura 4. Regulador de presión..... | 9 |
| Figura 5. Depósitos de aire | 10 |
| Figura 6. Válvula de pedal..... | 11 |
| Figura 7. Pulmón delantero..... | 11 |
| Figura 8. Pulmón posterior | 12 |
| Figura 9. Válvula relé | 13 |
| Figura 10. Válvula de control | 13 |
| Figura 11. Válvula de escape rápido..... | 14 |
| Figura 12. Partes del tambor de freno..... | 14 |
| Figura 13. Partes del disco de freno..... | 15 |
| Figura 14. Tensor de ajuste..... | 16 |
| Figura 15. Manómetro de presión..... | 16 |
| Figura 16. Faro luz de freno..... | 17 |
| Figura 17. Cañerías..... | 17 |
| Figura 18. Sistemas de frenos neumáticos..... | 18 |
| Figura 19. Sistema de regulación de presión para camión equipado con ABS | 19 |
| Figura 20. Sistema de frenos EBS electrónico..... | 20 |
| Figura 21. Sistema ADB (Freno de disco neumático)..... | 21 |
| Figura 22. Sistema de freno digital GBSC..... | 22 |
| Figura 23. Decibeles en el funcionamiento del sistema de frenos neumáticos..... | 25 |
| Figura 24. Decibeles al pisar el pedal de freno del sistema de frenos neumáticos | 25 |
| Figura 25. Presión de funcionamiento del sistema | 26 |
| Figura 26. Medida del diafragma..... | 26 |
| Figura 27. Distancia entre el eje y el punto de accionamiento | 27 |
| Figura 28. Medida de la leva “s” | 28 |
| Figura 29. Distribución de fuerzas sobre las zapata | 29 |
| Figura 30. Medidas de la distancia y ancho de la zapata | 31 |
| Figura 31. Medidas del diámetro donde se acoplan los remaches..... | 32 |
| Figura 32. Medida de la distancia de la zapata | 33 |
| Figura 33. Fuerzas de frenado en las zapatas..... | 34 |

| | |
|---|----|
| Figura 34. Medidas del cilindro pistón y vástago del pulmón de frenos | 35 |
| Figura 35. Carrera del vástago del cilindro..... | 36 |
| Figura 36. Medidas del diámetro interno y externo de la cañería..... | 39 |
| Figura 37. Nomograma que relaciona el diámetro de la tubería, el caudal, la longitud de la tubería y la pérdida de presión en la tubería | 40 |
| Figura 38. Posiciones de pie con el alcance sagital en dimensiones mm. | 42 |
| Figura 39. Posición de pie con el alcance sagital y frontal del brazo | 43 |
| Figura 40. Alcance de mesa de trabajo | 43 |
| Figura 41. Profundidad de alcance de brazo | 44 |
| Figura 42. Alcance de brazo y distancia de rodilla..... | 44 |
| Figura 43. Alcance horizontal de la posición de trabajo..... | 45 |
| Figura 44. Alcance máximo vertical altura de brazo | 45 |
| Figura 45. Partes de una matriz QFD en forma de casa..... | 47 |
| Figura 46. Matriz QFD de la estructura del banco didáctico | 48 |
| Figura 47. Modelo jerárquico de la toma de decisiones de la estructura | 49 |
| Figura 48. Comportamientos de material de la estructura | 51 |
| Figura 49. Comportamientos de la plancha estructural | 52 |
| Figura 50. Diseño y estructura del banco didáctico | 53 |
| Figura 51. Cargas movibles en la estructura de banco | 55 |
| Figura 52. Valores de los elementos más pesados del sistema de frenos neumáticos. .. | 56 |
| Figura 53. Perfil de estructura 25x25x2 mm | 59 |
| Figura 54. Construcción del banco didáctico..... | 61 |
| Figura 55. Cortes de tubos a 45° | 61 |
| Figura 56. Pulimento de partículas | 62 |
| Figura 57. Ensamble de los componentes del banco de frenos..... | 62 |
| Figura 58. Fijación de planchas metálicas | 63 |
| Figura 59. a) Fondeado b) Pintado..... | 64 |
| Figura 60. Reacondicionamiento de los elementos mecánicos..... | 64 |
| Figura 61. a) Cañerías de aire b) Ensamble de los componentes mecánicos..... | 65 |
| Figura 62. Diseño del vinilo adhesivo para el banco didáctico de frenos neumáticos .. | 65 |
| Figura 63. Colocación del vinilo en el plano de trabajo | 66 |
| Figura 64. Ensamble de los elementos del sistema de frenos neumáticos..... | 66 |
| Figura 65. Medidas de los elementos del sistema de frenos neumáticos..... | 67 |
| Figura 66. Vista completa del banco didáctico de frenos neumáticos | 68 |

| | |
|--|----|
| Figura 67. Funcionamiento de los sistemas del banco de frenos neumático | 69 |
| Figura 68. Accionamiento de las pastillas de freno de disco..... | 69 |
| Figura 69. Accionamiento de las zapatas del freno de tambor | 70 |
| Figura 70. Ejecución de prácticas por parte de los estudiantes..... | 72 |
| Figura 71. Resultados de la encuesta sobre el uso del banco de frenos neumáticos (Parte I) | 75 |
| Figura 72. Resultados de la encuesta sobre el uso del banco de frenos neumáticos (Parte II)..... | 75 |
| Figura 73. Resultados de la encuesta ejecutada de la práctica 1 | 76 |
| Figura 74. Resultados de la encuesta ejecutada de la práctica 2..... | 77 |
| Figura 75. Resultados de la encuesta ejecutada de la práctica 3..... | 77 |
| Figura 76. Resultados de la encuesta ejecutada de la práctica 4..... | 78 |
| Figura 77. Resultados totales de todas las prácticas ejecutadas..... | 79 |

Índice de anexos:

| | |
|---|-----|
| Anexo 1. Plano de construcción del banco de frenos neumático. | 87 |
| Anexo 2. Materiales para el tubo estructural 1. | 88 |
| Anexo 3. Materiales para el tubo estructural 2. | 89 |
| Anexo 4. Manual de usuario y mantenimiento. | 90 |
| Anexo 5. Práctica 1. | 110 |
| Anexo 6. Práctica 2. | 116 |
| Anexo 7. Práctica 3. | 122 |
| Anexo 8. Práctica 4. | 131 |
| Anexo 9. Certificación de traducción del resumen. | 139 |

1. Título

Diseño y construcción de un banco didáctico del sistema de frenos neumáticos.

2. Resumen

El presente trabajo de titulación muestra el diseño, construcción, cálculos y puesta en marcha de un banco didáctico de frenos neumáticos, el cual indica el funcionamiento y caracterización de los elementos que llevan los vehículos pesados, sean estos buses o camiones, mismo que beneficiará a los estudiantes de la carrera de ingeniería automotriz en su formación profesional.

Para comprender el funcionamiento del sistema de frenos neumáticos, se han consultado diversas fuentes bibliográficas, como libros y artículos. Estas fuentes brindan información detallada sobre la implementación del sistema, los componentes que lo integran, su simbología y los cálculos necesarios para su correcto funcionamiento, para esto se tomó los datos reales del banco de pruebas como medidas de los elementos, la presión de trabajo, los diámetros del pistón y el vástago, la longitud de la tubería, entre otros aspectos relevantes.

Al diseñar el banco de pruebas, se consideraron las medidas antropométricas correspondientes al percentil (P5) femenino, basándose en parámetros ergonómicos. Para seleccionar el material de construcción más adecuado, se utilizó el método de análisis jerárquico, que permitió elegir entre cuatro opciones y determinar el que ofrecía mejores prestaciones para su construcción. En cuanto al proceso de construcción del banco didáctico, se utilizaron los planos de construcción de la estructura, los cuales indican las medidas de cada tubo para luego comenzar a cortarlos y darle forma al diseño, proceder a ensamblar las planchas y posteriormente instalar los elementos del sistema de frenos neumáticos.

El manual del usuario tiene por objetivo dar un correcto uso y mantenimiento, indicando los fallos que se puedan suscitar y averías que se pueden producir en el banco de pruebas, así como solventarlas. De igual forma se indican los posibles factores de riesgos que se pueden encontrar al momento de tener en funcionamiento el sistema de frenos neumáticos, así como los riesgos asociados y la implementación de medidas preventivas para evitar accidentes.

La elaboración de guías prácticas para el banco de pruebas permite a los estudiantes entender de una mejor manera el funcionamiento del sistema. Para poder validarlas se ha procedido a elaborar encuestas, mediante las cuales los estudiantes marcan la opción más favorable para cada pregunta y práctica, luego se realiza un estudio de los resultados a través del uso de estadística descriptiva como son tablas y figuras.

***Palabras clave:** Banco de pruebas, sistemas de frenos, frenos neumáticos, diseño y manual de usuario.*

2.1 Abstract

This current degree work shows the design, construction, and start-up of a didactic pneumatic brake bench, which indicates the operation and characterization of the elements carried by heavy vehicles whether they are buses or trucks, which will benefit students of the Automotive Engineering career in their professional training.

In order to understand the operation of the pneumatic brake system, various bibliographical sources, such as books and articles, have been consulted. These sources provide detailed information on the implementation of the system, the components that make it up, its symbols and the calculations necessary for its correct operation, for this the real data of the test bench was taken as measurements of the elements, the work pressure, the diameters of the piston and rod, the length of the pipe, among other relevant aspects.

Within the design of the test bench, the anthropometric measurements referring to the female percentile (P5) have been considered, all based on ergonomic parameters. For the choice of the construction materials, the hierarchical analysis method was used, in which four materials were carefully chosen, consequently, the one with the best performance for its construction was selected. Regarding the construction process of the didactic bench, the construction plans of the structure were used, which indicate the measurements of each tube to then begin to cut them and shape the design, proceed to assemble the plates and later install the elements of the bench. air brake system.

The user's manual is designed to indicate possible failures since its objective is to provide correct use and maintenance, indicating the failures and breakdowns that may occur on the test bench and how to solve them. Likewise, the possible risk factors were analyzed, such as associated risks and the implementation of preventive measures to avoid accidents.

The Development of practical guides for the test bench allows students to understand the system's operation properly. To validate these, surveys have been developed in which students mark the most favorable option for each question and practice, then a study of the results is carried out through the use of descriptive statistics such as tables and figures.

Keywords: *Test bench, brake systems, pneumatic brakes, design and user manual.*

3. Introducción

La carrera de ingeniería en mecánica automotriz de la Universidad Nacional de Loja inició su primer periodo académico en mayo de 2017 bajo el régimen especial mayo-septiembre con el pènsum 2009. Durante su vigencia, se ofertaron dos promociones de estudiantes, sin embargo, en el año 2018, la carrera se cerró debido a que el programa de estudios llegó a su tiempo de vigencia.

Posteriormente, se vuelve a abrir en el año 2020 como la carrera de ingeniería automotriz con régimen 2019, se reestructura y actualiza el pènsum académico de estudio en la modalidad presencial. Durante la ejecución de esta malla, la falta de bancos didácticos provoca que no se llegue a formar completamente un profesional idóneo, capaz de comprender e intervenir a cabalidad en el funcionamiento de los diferentes sistemas del vehículo.

La carrera de ingeniería automotriz con régimen 2019 incluye en su malla académica asignaturas tales como: diseño mecánico, sistemas de transmisión y frenado, y gestión del mantenimiento, así como un itinerario con asignaturas de hidráulica y neumática, maquinaria pesada, y diagnóstico y corrección de fallos, todas ellas poseen con un componente práctico. Es por esto que resulta fundamental contar con bancos didácticos que permitan el desarrollo de estos mecanismos y una formación adecuada para los estudiantes.

Es importante destacar que el uso de bancos didácticos en el proceso de enseñanza y aprendizaje mejora significativamente la experiencia del estudiante, permitiéndole captar con mayor eficacia su interés, habilidades, destrezas y conocimientos. De esta manera, se logra formar profesionales altamente competentes, capaces de aplicar sus conocimientos y experiencia en el entorno profesional y enfrentar de manera efectiva los desafíos que se presenten.

El objetivo principal de este proyecto consiste en diseñar y construir un banco didáctico donde se encuentre el sistema de frenos neumáticos, con el fin de brindar una herramienta de aprendizaje útil para los estudiantes de la carrera de ingeniería automotriz de la Universidad Nacional de Loja.

4. Marco teórico

4.1 Revisión de la literatura

Dentro de este apartado de sistemas de frenos se da a conocer cuáles fueron los primeros avances en el desarrollo de este mecanismo que es indispensable para asegurar la vida de las personas. Primeramente, se creó el sistema de frenos hidráulicos seguido de los frenos de aire o neumáticos, posteriormente a través de los años se han adquirido nuevas tecnologías, las más utilizadas a escala global son, sistemas de frenos antibloqueo (ABS), sistema de frenos electrónicos (EBS), sistema de frenos de disco de aire (ADB) y la última tecnología lanzada recientemente en los camiones y autobuses es el sistema de freno digital (GCBS).

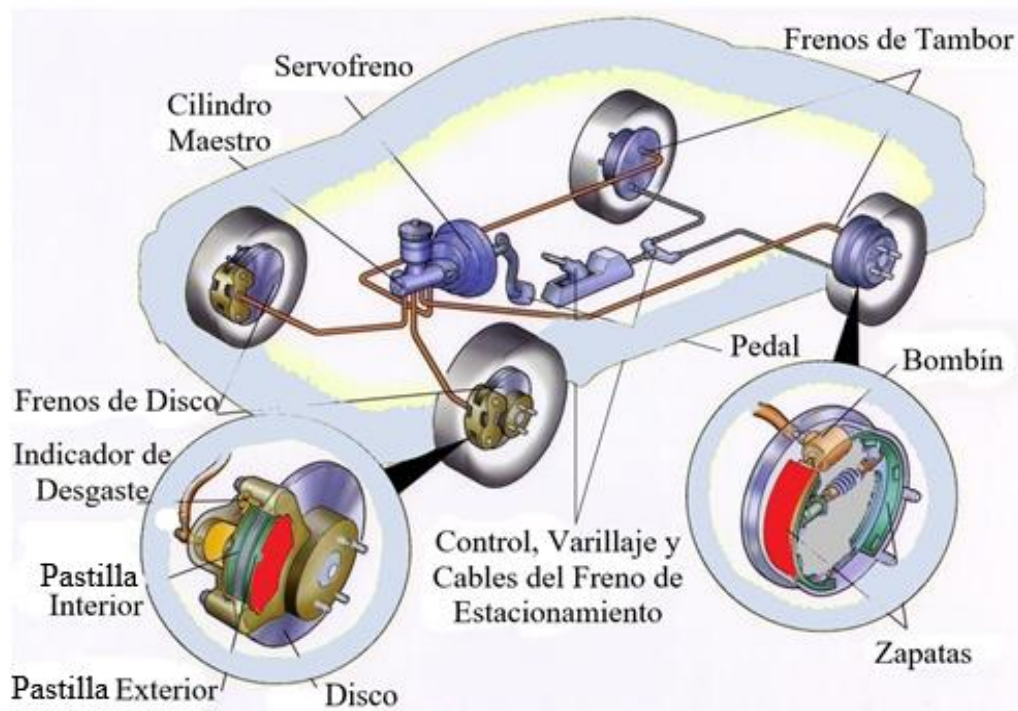
4.2 Primeros sistemas de frenos

Desde los inicios de la creación de los vehículos, se ha dado cada vez mayor importancia a los sistemas de frenos cuyo propósito es retener o impedir el movimiento. Para conseguirlo, se han creado materiales más resistentes mecánicamente y térmicamente que soporten las elevadas presiones que ejercen las mordazas sobre los discos o zapatas sobre el tambor, aumentando la fricción y fuerza de frenado, con el tiempo se ha incorporado el sistema de gestión electrónica permitiendo que los sistemas sean más seguros y precisos. Entre estos tenemos a los sistemas de frenos hidráulicos y el sistema de frenos neumático o frenos de aire

4.3 Sistema de frenos hidráulico

Este primer sistema funciona mediante presión hidráulica, para lo cual hace uso de un cilindro maestro que en su interior posee un cilindro y un pistón, el pistón es activado mediante el pedal de freno y al desplazarse dentro del cilindro produce una presión que se transmite hacia la mordaza en la rueda delantera y el bombín en la posterior. La mordaza internamente posee un cilindro que empuja las pastillas contra el disco de freno, por otra parte, el bombín empuja las zapatas contra el tambor, ambos efectos permiten detener las ruedas sin importar la velocidad del vehículo a la cual se encuentra, este sistema se encuentra actualmente en uso en la mayoría de vehículos livianos. En la Figura 1, se muestran las partes del sistema de frenos hidráulicos.

Figura 1.
Sistema de frenos hidráulico



Nota: Obtenido de *Diagnóstico Avanzado de Fallas Automotrices* (p.128), por T. Denton, 2018.

Cabe decir que mientras más se pisa el pedal de freno, mucha más presión hay en los frenos. Un punto importante es que este sistema de frenado dirige el líquido de frenos hacia las ruedas a través de válvulas proporcionales, las cuales distribuyen la presión a cada rueda de acuerdo al frenado (Montero, 2012, p.10).

4.4 Sistema de frenos neumáticos

También conocido como frenos de aire, se utiliza en camiones y autobuses. Este sistema de freno neumático se maneja para vehículos con un peso de aproximadamente 7,5 toneladas o más, utilizan aire a presión que suele proceder del propio aire atmosférico, con una presión de trabajo generado mediante un elemento insertado en el sistema llamado compresor neumático (Meganeboy, 2014).

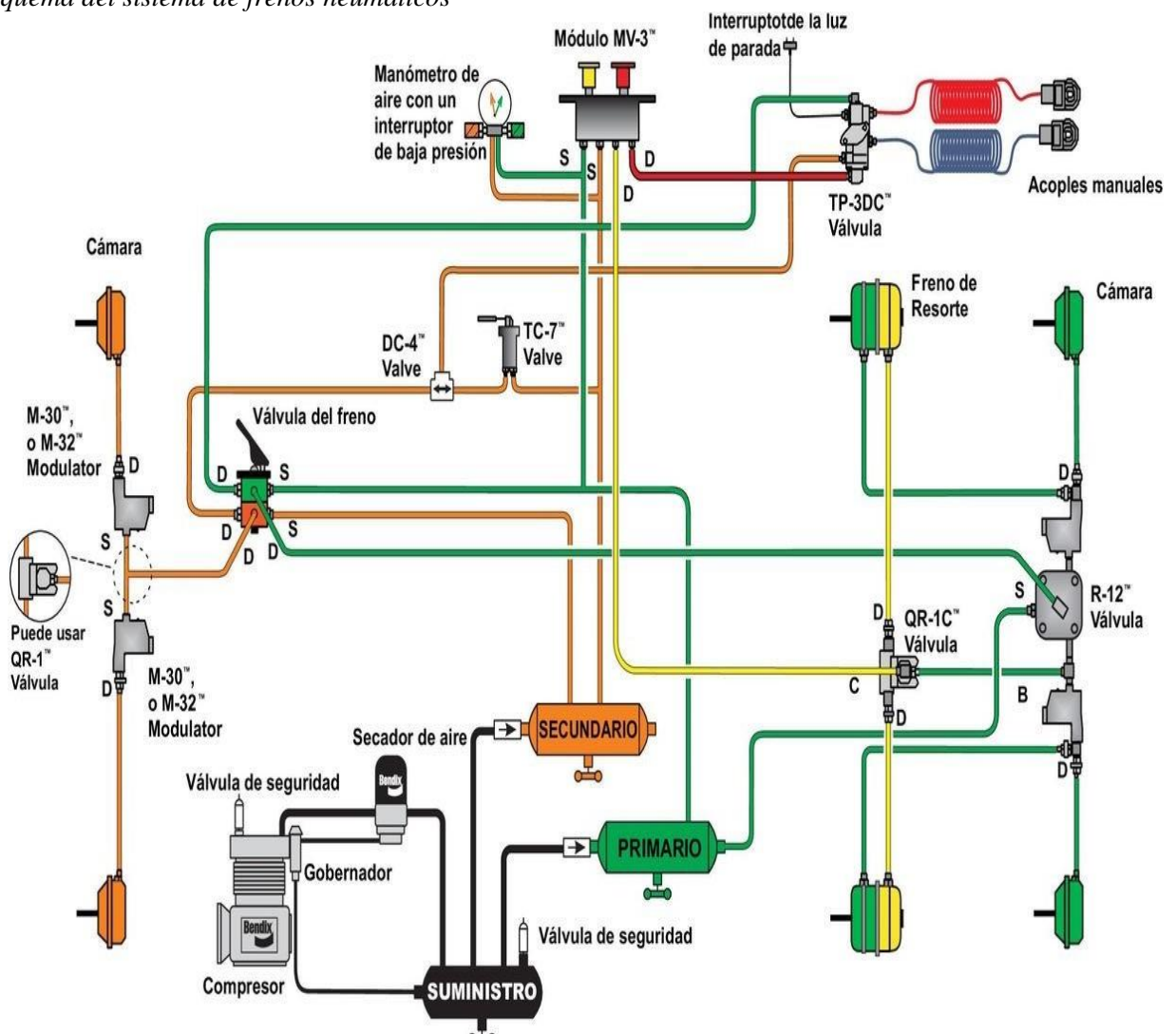
Los sistemas neumáticos se utilizan en la mayoría de los vehículos industriales como pesados, debido a su fiabilidad en el funcionamiento, permite realizar al conductor un menor esfuerzo para la activación de frenado, facilitando el manejo y mejorando la satisfacción y confort.

4.4.1 Partes del sistema de frenos neumático

El funcionamiento del sistema de frenos de aire utiliza un compresor para tomar el aire de la atmósfera y someterlo a presión, este envía el aire hacia una unidad de mantenimiento donde se elimina la suciedad y humedad que contiene el aire y posteriormente pasa a un depósito donde se almacena. El sistema también posee una serie de válvulas, entre ellas la del pedal de freno, las cuales controlan el flujo de aire que va desde el depósito a través de las cañerías hacia los pulmones neumáticos, luego la varilla de empuje mueve el tensor de ajuste activando el freno de disco como de tambor. En la Figura 2, se muestran el esquema de las partes del sistema de frenos de aire.

Figura 2.

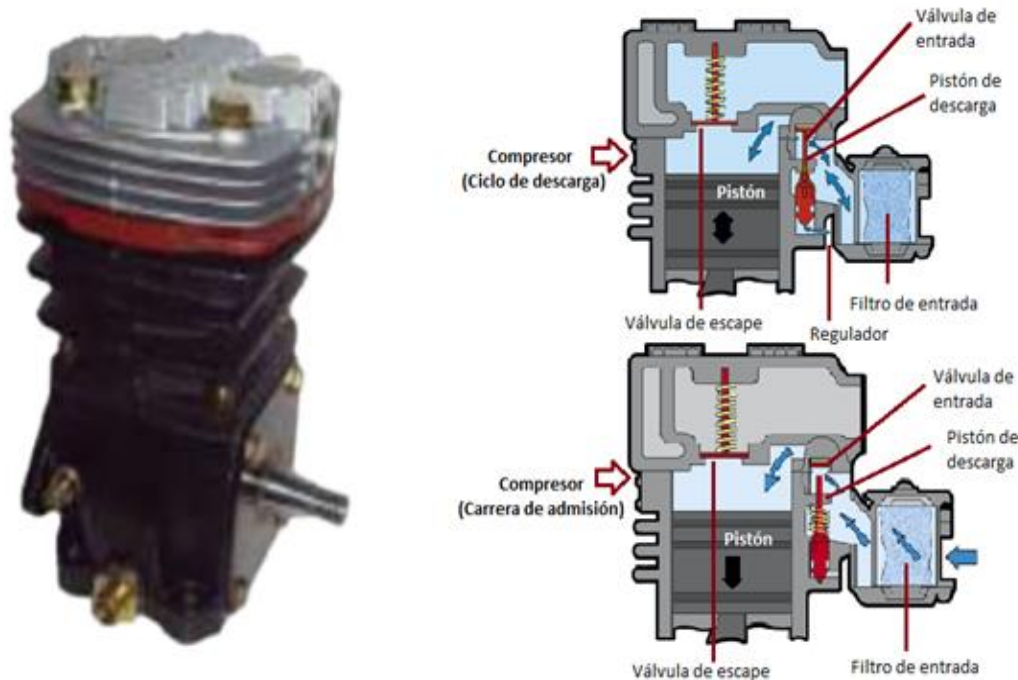
Esquema del sistema de frenos neumáticos



Nota. Obtenido de *Manual de frenos de aire* (p.2), por Bendix, 2015.

4.4.1.1 Compresor de aire. Es responsable de la producción de aire comprimido, este componente realiza conversión de la energía para luego distribuirla en el sistema. El compresor es impulsado por el motor del vehículo mediante una polea, este aspira aire, lo comprime y lo envía a uno o dos depósitos, donde se almacena bajo presión y luego se envía a las válvulas y pulmones, en la Figura 3, se muestra el compresor y sus partes (Periche, 2008, p.8).

Figura 3.
Compresor de aire



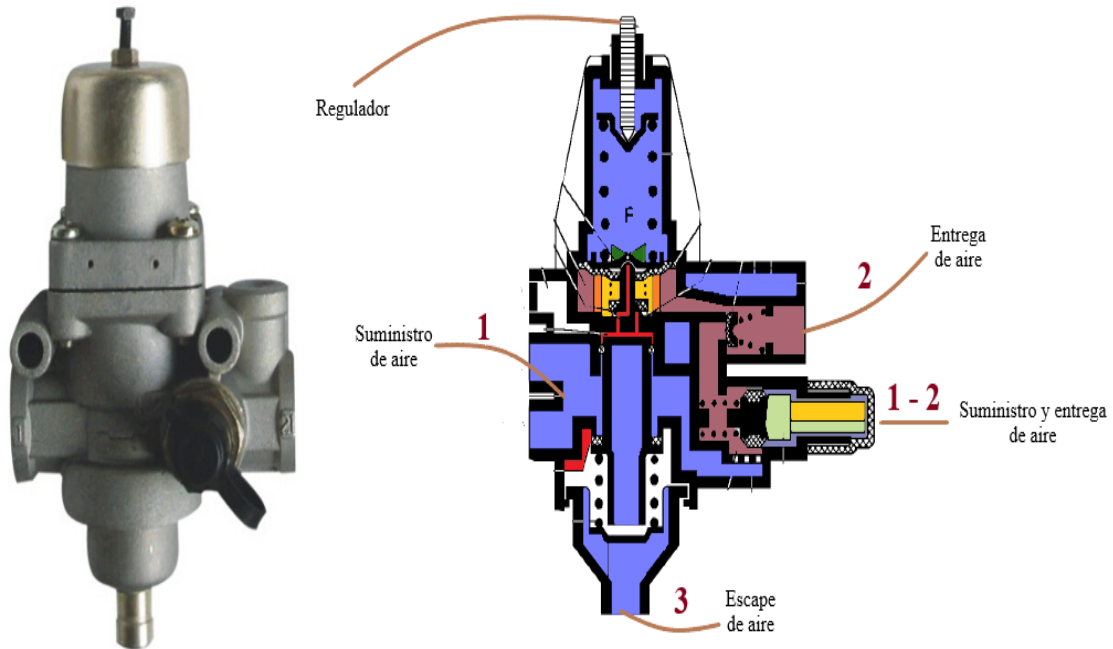
Nota: Obtenido de *Manuel des freins à air comprimé* (p.13), por Manitoba, 2017.

El funcionamiento del compresor es continuo siempre que el motor esté trabajando y el movimiento alternativo de los pistones en el cilindro comprime el aire. Cuando se baja el pistón, el aire ingresa al cilindro a través de la válvula de entrada del compresor. A medida que el pistón comienza a subir, la presión de aire se acumula en el cilindro, lo que obliga a cerrar la válvula de entrada (Sánchez, 2013, p.14).

Cuando el compresor de aire está en funcionamiento, suministra aire al sistema a la presión de funcionamiento de 8 bares. Cuando el compresor alcanza esta presión, el mecanismo de descarga del compresor recibe una señal de aire comprimido del regulador de presión, que interrumpe el proceso de carga. Tan pronto como la presión del sistema desciende a aproximadamente 1,0 bar, la señal de aire comprimido del regulador de presión se corta y el compresor de aire se recarga (Rodas, 2018, p.36).

4.4.1.2 Regulador de presión. Es un dispositivo de control de flujo diseñado para mantener una presión constante, independientemente de los cambios en la presión de entrada o los requisitos de flujo. La estructura y los mecanismos internos que componen el regulador controla automáticamente las fluctuaciones de presión. En la Figura 4, se indica tanto el regulador como también las partes que dispone (Brunswick, 2018, p.8).

Figura 4.
Regulador de presión



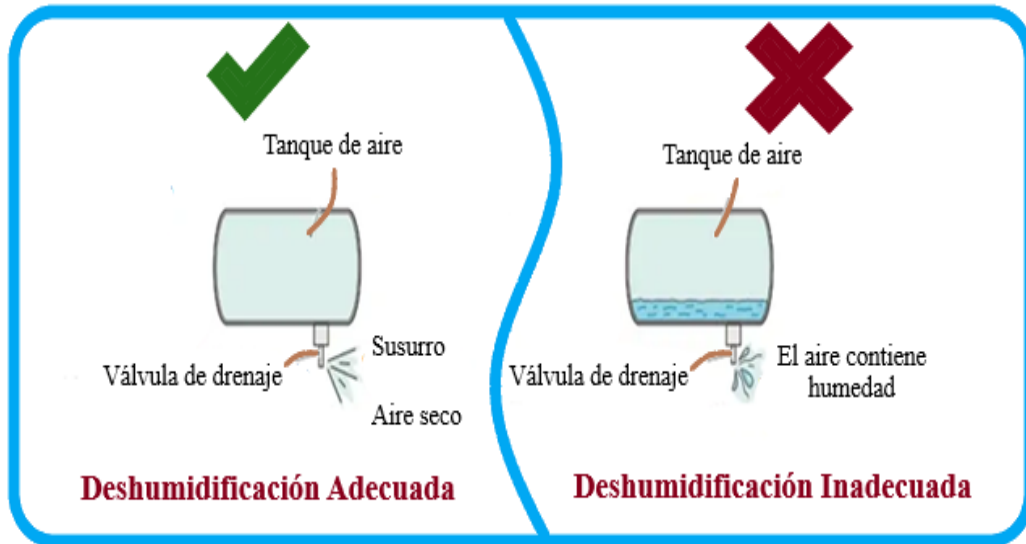
Nota: Obtenido de *Pneumatic Brake Equipment For Trailer Vehicles* (p.124), por Wabco, 2021.

El regulador incorpora un resorte de ajuste de presión para controlar presiones mínimas y máximas, este regulador trabaja con el depósito de aire, la presión de inicio es de alrededor de 100 - 105 psi, la fuerza generada por el resorte del regulador controla la presión del aire que ingresa produciendo un movimiento descendente entre el conjunto de pistón y válvula del compresor de aire (León, 2006, p.9).

4.4.1.3 Depósitos de aire. Su trabajo es regular el funcionamiento del compresor y almacenar el aire en su interior de sus contenedores, estabilizando la red de aire comprimido y al mismo tiempo evitar las vibraciones del compresor, ayudando a almacenar el aire, el cual es recogido en grandes cantidades. Este sistema se debe instalar en un lugar seco, se recomienda que se conecte en sistemas de ventilación adecuados, cabe mencionar que los depósitos reservan suficiente aire para frenar cuando el compresor está inactivo (Brunswick, 2018, p.16).

Al entrar en contacto una cierta cantidad de aire húmedo con el aceite, este se almacena en el fondo del depósito, es importante vaciar el depósito para que la suciedad del interior pueda fluir sin obstáculos y funcionar correctamente, en la Figura 5, se muestra la manera adecuada como inadecuada de deshumidificar los depósitos de aire.

Figura 5.
Depósitos de aire

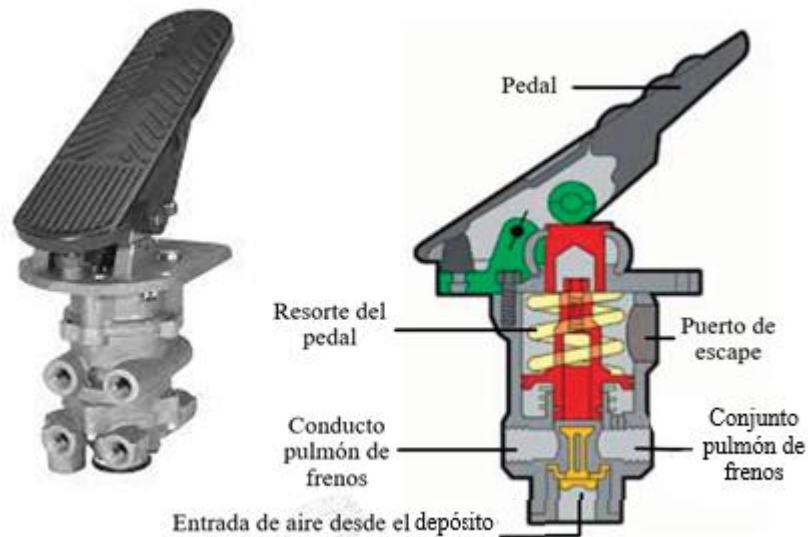


Nota: Estado de *Manual del Conductor Comercial CDL-10S* (p.2), por Brake Parst, 2015.

Existen dos tipos de válvulas de alivio ubicadas en los depósitos de almacenamiento de aire, la válvula manual y la válvula automática. En el depósito de aire con válvula manual se opera girando su manija o también accionando de un cable, mientras que en el depósito de aire con válvula automática acopla un calentador eléctrico que evita que la descarga automática se congele en clima frío, por lo que funciona drenando automáticamente el agua y el aceite (Montero, 2012).

4.4.1.4 Válvula de pedal. Su función principal es regular la presión del sistema de frenado normal a través de dos circuitos independientes (primario y secundario). La válvula de pedal hace que el conductor del vehículo aplique gradualmente una respuesta a las demandas de los frenos mientras conduce, en la Figura 6, se indica la válvula de pedal como también las partes que la componen (Sánchez, 2013, p.18).

Figura 6.
Válvula de pedal

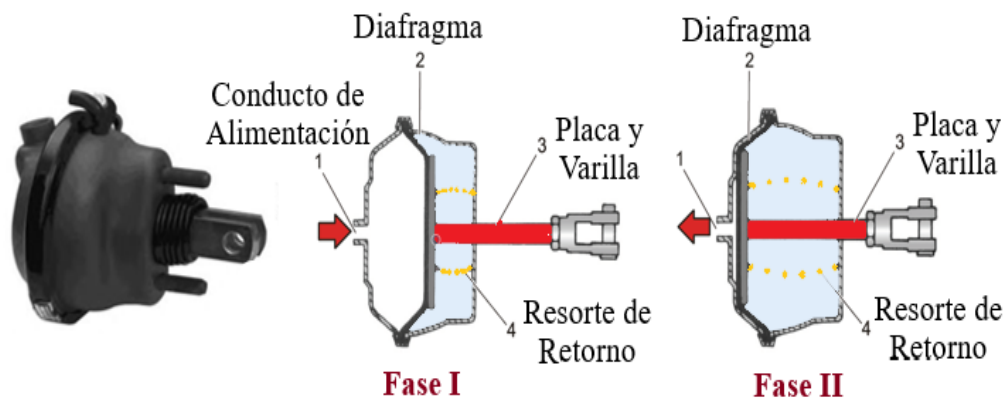


Nota: Obtenido de *Manuel des freins à air comprimé* (p.16), por Manitoba, 2017.

Se compone de un resorte de pedal el cual regula el actuador y la presión de salida de la tubería. Cabe mencionar que cuando el conductor aplica los frenos mientras pisa parcialmente el pedal, se mantiene automáticamente el nivel de presión creado sin que el conductor tenga que ajustar la presión del pie en el pedal (Rodas, 2018, p.46).

4.4.1.5 Pulmón delantero. Su función es accionar las zapatas de freno del vehículo a través del tensor de ajuste o rache. La presión de aire que ingresa a la cámara del freno empuja el diafragma, mediante el pistón y la varilla, empujándose hacia adelante. El movimiento alternativo de la varilla de empuje proporciona el movimiento de las zapatas de freno contra el tambor. Cuanto mayor sea la presión sobre el diafragma del pulmón mayor será la fuerza sobre los frenos y cuanto menos presión se ejerce menor fuerza sobre los frenos habrá, en la Figura 7, se muestra tanto el pulmón delantero como sus partes (Montero, 2012, p.32).

Figura 7.
Pulmón delantero



Nota: Obtenido de *Entrenamiento Camión VM Frenos* (p.34), por Volvo, 2019.

En este elemento se tienen dos fases:

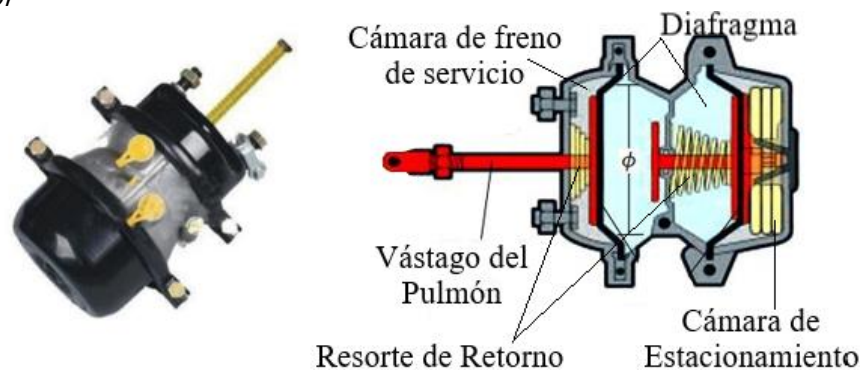
- **Fase I:** Se activa el freno de servicio, entra aire en la cámara, empuja el diafragma y luego el resorte activa las zapatas para luego frenar el vehículo.
- **Fase II:** Cuando el freno está desactivado, el aire comprimido se libera y las zapatas se sueltan liberando el frenado del vehículo.

4.4.1.6 Pulmón posterior. Para el accionamiento de este elemento, el pulmón debe almacenar aire directamente con presión, produciendo el desplazamiento de los pistones internos, para luego accionar el mecanismo de varillaje actuando sobre los elementos de fricción del freno.

Este pulmón de doble acción cuenta con un diafragma múltiple, se utilizan típicamente en los ejes posteriores para activar los frenos de servicio y estacionamiento. Las cámaras de aire de servicio y la de liberación de aire, contiene un resorte de compresión muy potente que aplica y libera el aire para facilitar el frenado, en la Figura 8, se muestra el pulmón posterior y las partes del pulmón posterior (Sánchez, 2013, p.35).

Figura 8.

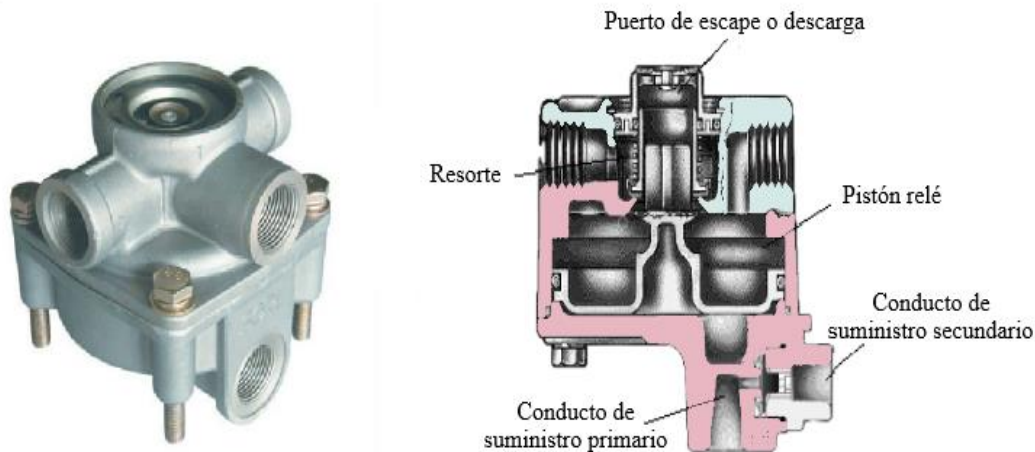
Pulmón posterior



Nota: Obtenido de *Manuel des freins à air comprimé* (p.33), por Manitoba, 2017.

4.4.1.7 Válvula relé. Mediante su funcionamiento, la válvula relé recibe aire de dos conductos diferentes. El primero es un conducto grueso que corre directamente desde el depósito de suministro de aire del eje posterior y se alimenta de forma continua y directa desde el depósito. El segundo conducto estrecho proviene directamente del pedal del freno, su función es llevar una pequeña cantidad de aire cuando se pisa el pedal. Esto abre el paso principal y el freno posterior recibe aire comprimido a medida que avanza el pedal y a su vez presuriza y despresuriza rápidamente el aire del pulmón del freno, en la Figura 9, se indica la válvula y sus partes (Sánchez, 2013, p.30).

Figura 9.
Válvula relé



Nota: Obtenido de *Heavy Duty Truck Systems* (p.1117), por S. Bennett, 2020.

4.4.1.8 Válvula de control por palanca. También llamada como válvula de bloqueo, es una válvula de doble acción operada manualmente, esta se ubica en el tablero de instrumentos de la cabina, su función es liberar o bloquear el aire hacia los frenos posteriores mediante un control por palanca similar al freno de mano, en la Figura 10, se muestra la válvula (Montero, 2012, p.14).

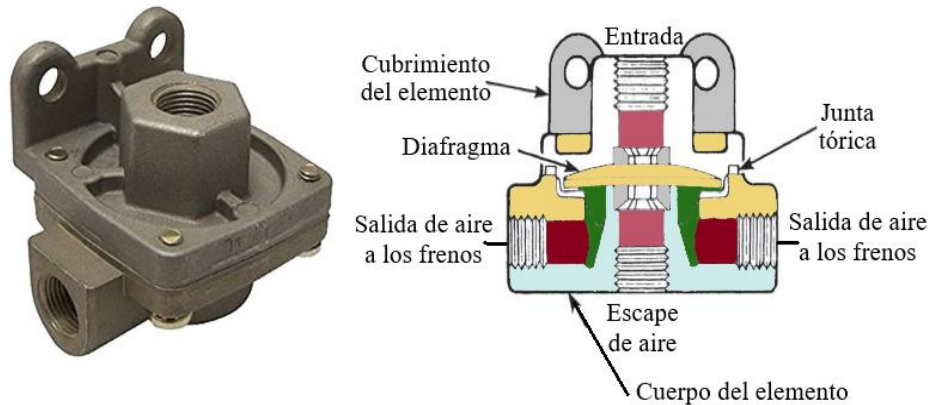
Figura 10.
Válvula de control



Nota: Obtenido de *Válvula de estacionamiento* (p.2), por Sudiparts, 2017.

4.4.1.9 Válvula de escape rápido. Esta válvula permite que el aire fluya directamente a los pulmones de las ruedas de freno posteriores, debido al peso del vehículo la repartición de aire comprimido entre los ejes será diferente. Cabe decir que la válvula, mediante sus mecanismos internos, se encarga de controlar la fuerza de frenado como también del depósito de aire del freno posterior, en la siguiente Figura 11, se muestra la válvula y sus partes.

Figura 11.
Válvula de escape rápido

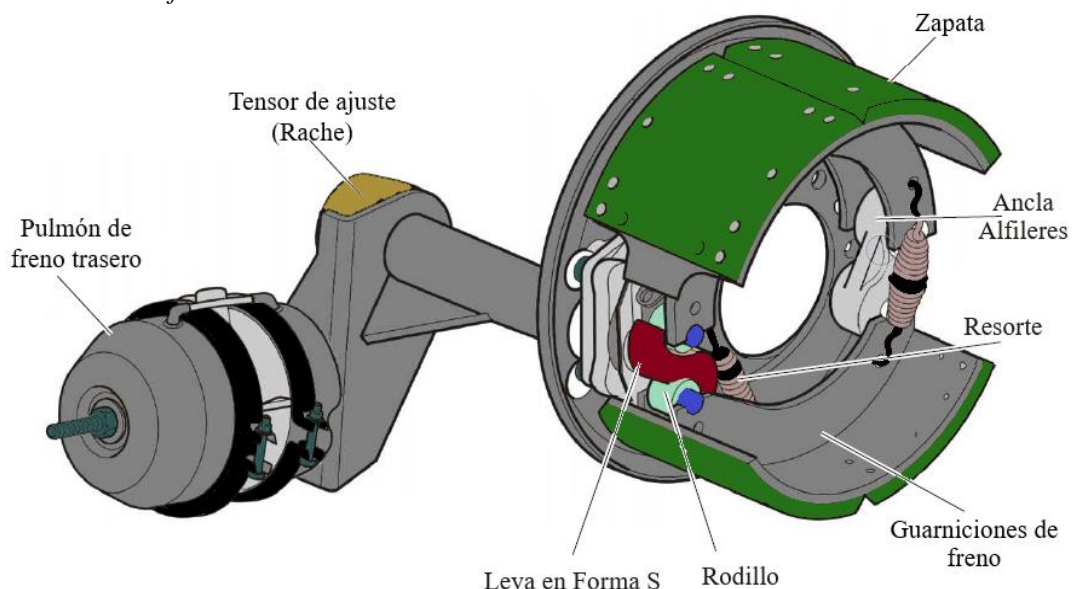


Nota: Obtenido de *Heavy Duty Truck Systems* (p.1084), por S. Bennett, 2020.

4.4.1.10 Freno de tambor. Está compuesto de guarniciones de freno (forros), palanca de freno automática, zapatas, rodillos, ancla de alfileres, leva en forma de S y un retorno del resorte (Montero, 2012, p.19).

Al aplicar el freno, el pulmón de doble acción transmite la fuerza del aire comprimido a las zapatas mediante el tensor de ajuste, la leva S y los rodillos producen el frenado. Las zapatas aprietan las guarniciones del freno contra el tambor para que el frenado de las zapatas se encaje al plato de la torsión por el ancla fija, trabajando la leva en forma de S. Al tener liberado el freno mediante la acción del pie, la leva S vuelve a su posición inicial como también sus zapatas, debido a la acción de retorno del resorte, en la Figura 12, se observan las partes del freno de tambor neumático.

Figura 12.
Partes del tambor de freno



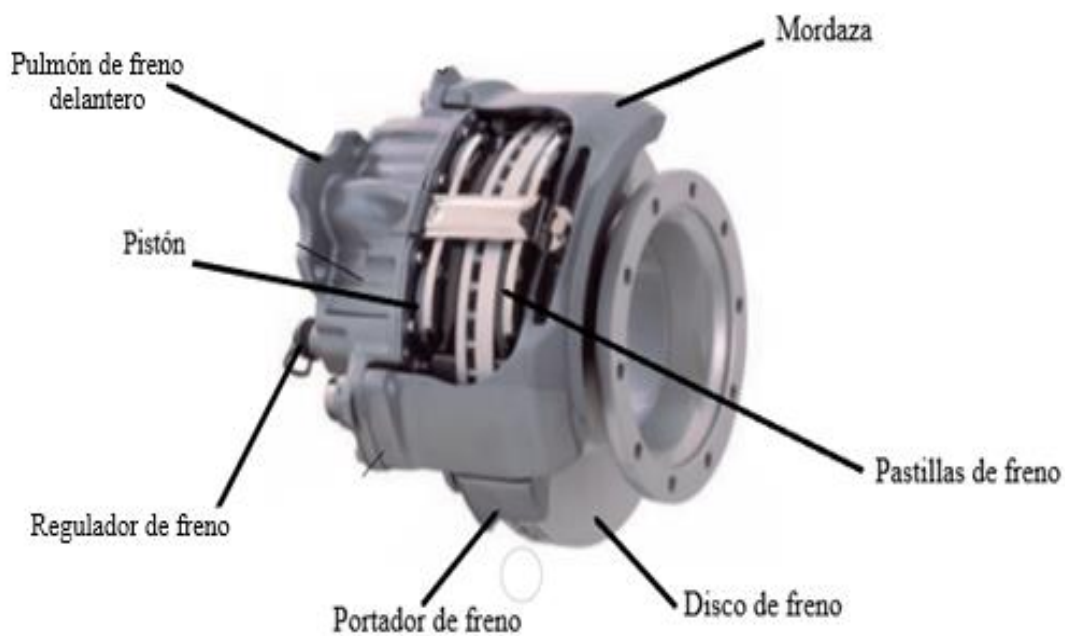
Nota: Obtenido de *Entrenamiento Camión VM Frenos* (p.52), por Volvo, 2019.

4.4.1.11 Freno de disco. Se compone de: pulmón de simple acción, calibrador, portador, regulador, mordaza, pistones y disco del freno. El calibrador resbala sobre los alfileres de la guía, que se encuentran en el portador produciendo la movilidad, la fuerza se transmite por la superficie del contacto del freno (Sánchez, 2013, p.12).

Para su accionamiento, se oprime el pedal haciendo que el aire se comprima y mueva el pistón para luego dar movimiento a las pastillas de los frenos, las cuales están sujetas dentro de la parte interna de las guías de la mordaza, en la Figura 13, se observa las partes del freno de disco neumático.

Figura 13.

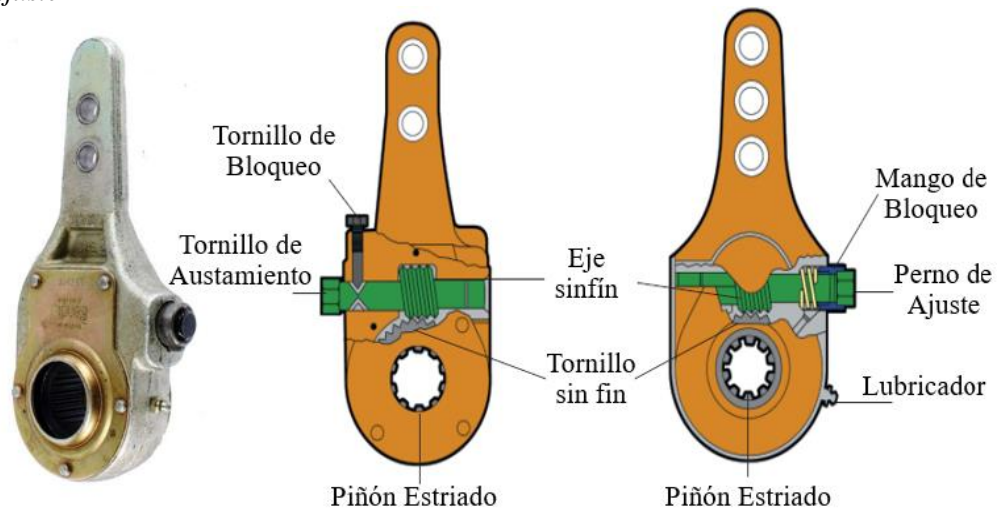
Partes del disco de freno



Nota: Obtenido de *Entrenamiento Camión VM Frenos* (p.46), por Volvo, 2019.

4.4.1.12 Tensor de ajuste. También llamado rache, posee en su parte interna un piñón estriado y un tornillo sin fin, el cual es instalado en la base del eje de levas del freno, su brazo es ajustado a la varilla de empuje con una horquilla para su ajuste. Transforma y multiplica la fuerza desarrollada por la cámara de presión en un par de torsión, para luego ser aplicada a los frenos por medio del eje de levas del freno. Este tensor evita el desgaste gradual de las zapatas, ya que cuentan con un mecanismo el cual se ajusta al desgaste de las zapatas, en la Figura 14, se puede ver las partes del tensor de ajuste (Montero, 2012, p.39).

Figura 14.
Tensor de ajuste



Nota: Obtenido de *Manuel des freins à air comprimé* (p.17), por Manitoba, 2017.

4.4.1.13 Manómetro de presión. Los vehículos equipados con frenos de aire tienen un medidor de presión conectado a los depósitos de aire, estos indican la presión. Este manómetro de presión debe estar ubicado en los frenos delanteros y en el de los frenos posteriores, controlando dos circuitos de manera independiente. Se componen de una aguja color rojo, esta indica la presión que hay en el sistema en bares o en PSI. Cabe decir, que si hay variaciones leves de presión de un circuito a otro estas son normales y no hay presencia de averías, en la Figura 15, se observa el manómetro de presión.

Figura 15.
Manómetro de presión



Nota: Fotografía tomada por el autor.

4.4.1.14 Faro luz de freno. Este faro de freno que acopla el sistema de frenos de aire, funciona pisando el pedal de presión de aire, provocando que las luces de freno se activan durante el frenado del vehículo, una vez que se deja de ejercer presión sobre el pedal las luces se apagan, en la Figura 16, se muestra el indicador de luz de freno.

Figura 16.
Faro luz de freno



Nota: Fotografía tomada por el autor.

4.4.1.15 Cañerías y neplós. Los neplós son dispositivos que van enroscados en los elementos como válvulas, depósitos y pulmones, para luego ser conectados con la cañería neumática. Las cañerías son las encargadas de transportar el aire comprimido a cada uno de los elementos del sistema de frenos neumáticos hasta lograr el accionamiento mecánico en las zapatas contra el tambor o pastilla y disco, en la Figura 17, se puede ver las cañerías.

Figura 17.
Cañerías



Nota: Fotografía tomada por el autor.

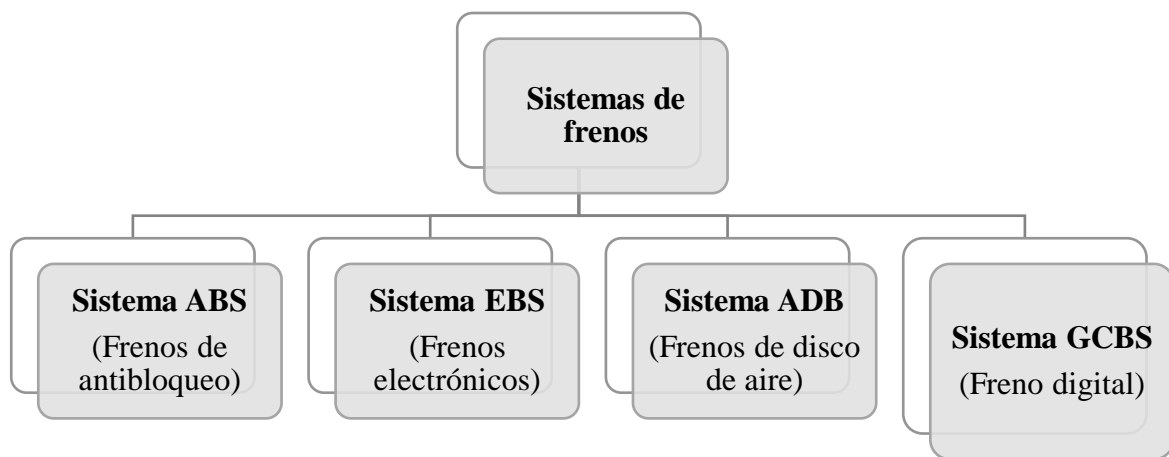
4.5 Nuevas tecnologías de los sistemas de frenos actuales

Las nuevas tecnologías de los sistemas de frenos que se presentan a continuación han dado una nueva integración al sistema de frenado como son el sistema ABS (antibloqueo de frenos), sistema EBS (frenos electrónicos), sistema ADB (frenos de disco de aire) y por último el sistema GCBS (sistema de freno digital) este sistema lanzado recientemente presenta las nuevas expectativas futuras para la tecnología de camiones autónomos (Schueller, 2021).

En la Figura 18, se muestran los sistemas de frenos que se encuentran actualmente en vehículos, como también el nuevo sistema GCBS.

Figura 18.

Sistemas de frenos neumáticos



Nota: Elaborado por el autor.

4.6 Sistema de frenos ABS

El sistema de frenos antibloqueo (ABS), adapta la presión de frenado a las condiciones de transferencia de carga del vehículo que se producen durante la conducción, atendiendo las condiciones de adherencia entre la calzada y la rueda, para obtener la eficacia máxima al frenar.

Este sistema ABS incorpora un sensor inductivo ubicado en la rueda que registra la velocidad de rotación y las revoluciones, para luego transferir toda la información hacia la unidad de control electrónico (ECU) siendo utilizada para ayudar a la gestión del frenado, en la Figura 19, se indican los componentes del sistema (Denton, 2018, p.159).

Figura 19.

Sistema de regulación de presión para camión equipado con ABS



Nota: Obtenido de *Volvo Dynamic Steering* (p.2), por L. Thomsen, 2017.

4.6.1 Funcionamiento del sistema de frenos ABS

El sistema ABS supervisa las velocidades de las ruedas del vehículo mediante sensores y ruedas fónicas, situadas en los semiárboles o bujes de las ruedas. Cuando se realiza una frenada, el módulo ABS compara las diferentes velocidades periféricas de las ruedas con la velocidad de referencia. Si una o varias de estas velocidades periféricas difiere a la velocidad de referencia calculada, significa que el derrape en las ruedas afectadas es de tal magnitud que deja de quedar garantizada la maniobrabilidad del vehículo.

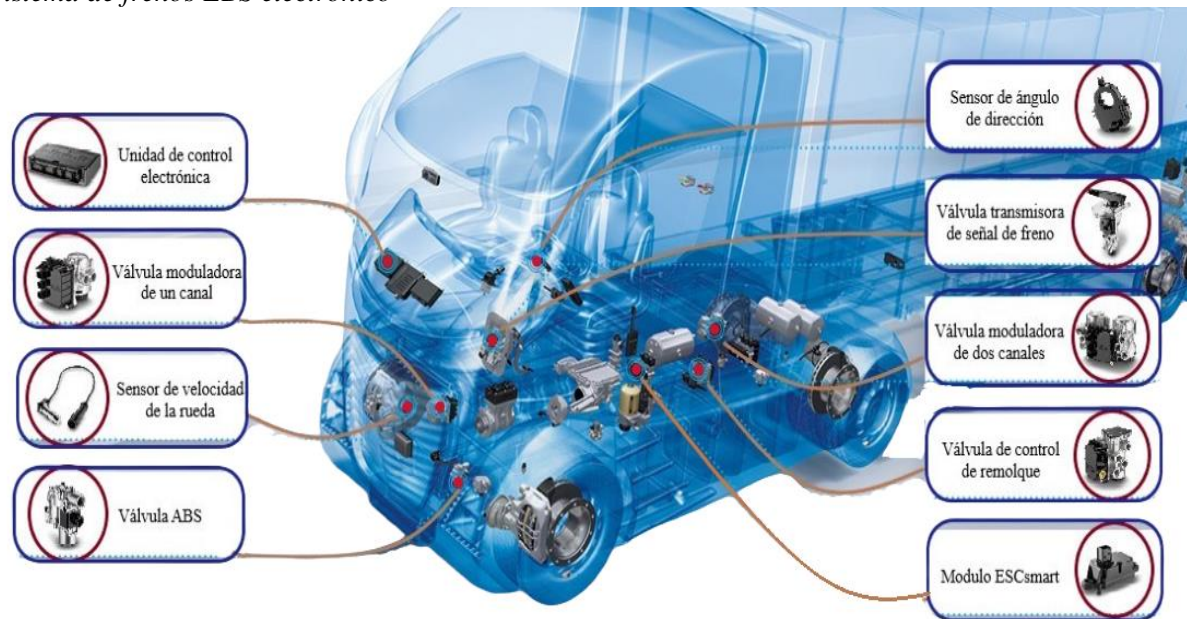
La unidad de control electrónica (ECU) es la encargada de recibir y procesar las señales de cada sensor de velocidad inductivo de cada rueda, los cuales operan para el frenado de las ruedas. La ECU calcula la velocidad de referencia en la cual se encuentra a partir de todas las velocidades recibidas por los sensores de velocidad.

4.7 Sistema de frenos EBS

Los sistemas de frenos EBS para camiones tienen dos tipos de sensores que ayudan con los trabajos de mantenimiento, especialmente con la seguridad del vehículo. Estos son sensores de desgaste y sensores de velocidad. Los sensores de desgaste proporcionan información sobre la vida útil de las pastillas de freno, que es fundamental para la seguridad del vehículo. El sensor de velocidad se utiliza para proporcionar información sobre la velocidad de las ruedas en el sistema EBS (WABCO, 2020).

Este sistema evita que las ruedas se bloqueen, pierdan el agarre y pongan en peligro el vehículo, la carga y otros vehículos en la carretera. En la Figura 20, se muestran los componentes del sistema de frenos EBS (Knorr-Bremse, 2018).

Figura 20.
Sistema de frenos EBS electrónico



Nota: Obtenido de *Frenos de aire de los sistemas de control de vehículos de WABCO* (p.11), por K. Bremse, 2020.

4.7.1 Funcionamiento del sistema EBS

Este sistema de frenado emplea señales electrónicas, las cuales son controladas por la ECU, para luego transmitir la información a los diversos componentes en cualquier momento y circunstancia de frenado.

Así mismo, este sistema de frenos (EBS), incorpora varios servicios para el funcionamiento de cada componente, como es el regulador de la fuerza de frenado, el cual frena el vehículo con la misma fuerza que se pisa el pedal, de modo que el nivel de presión de los frenos pueda funcionar a la tasa de desaceleración deseada por el conductor.

El distribuidor de la fuerza de frenado, depende de las métricas y medidas del vehículo, el retardo de frenado se detecta mediante los cambios de velocidad de las ruedas registrados por el sensor de velocidad. La evaluación de la señal del sensor proporciona información precisa sobre el deslizamiento de cada eje como también la fuerza de frenado.

La asistencia al frenado ayuda al conductor cuando el pedal del freno está completamente aplicado y transmite toda la presión al cilindro de freno, independientemente de si el pedal está pisado por completo o no, el asistente de frenado no deja de frenar hasta que el conductor suelta el pedal del freno.

4.8 Sistema de frenos ADB

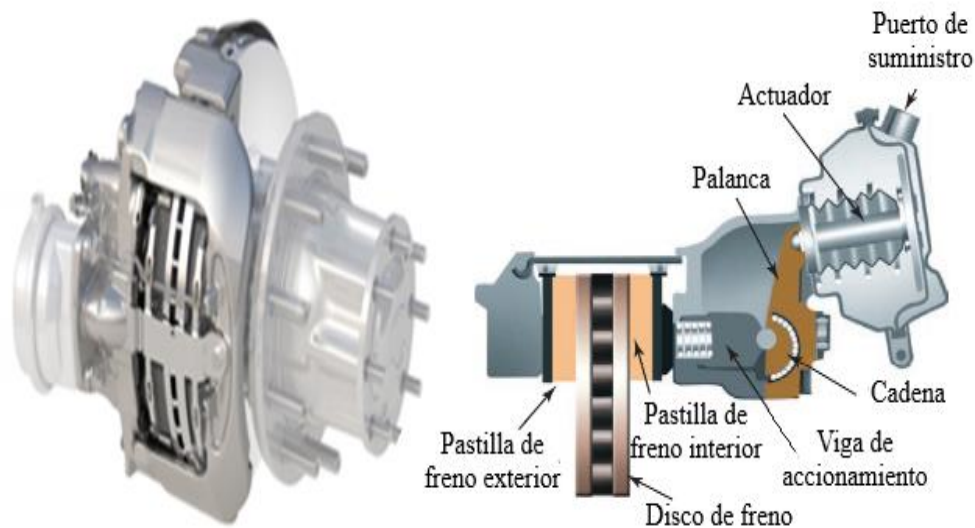
El sistema de frenos ADB, utiliza presión del aire para que el freno funcione cuando se pisa el pedal, el aire se almacena en varios depósitos de presión mediante la presurización del compresor.

4.8.1 Funcionamiento del freno de disco neumático

Al entrar en trabajo este sistema de frenado, la presión de aire que ingresa al pedal de freno activa la mordaza hacia el disco y, por lo tanto, las pastillas que están sujetas con la mordaza empiezan a moverse, para luego aplastar una de las caras laterales del disco debido a la fricción, ya que al producirse esta fricción se produce el rozamiento en el disco disminuyendo así la velocidad de las ruedas. Al momento de ejercer suficiente presión y pisar el pedal de freno durante cierto tiempo, el vehículo se detiene, al no presionar el pedal de freno, los pistones del caliper o la mordaza regresan a la posición de inicio, de forma que las pastillas se abren dejando de friccionar el disco. Este sistema ADB acopla un mejor rendimiento, seguridad y facilidad de mantenimiento que los frenos de tambor, en la Figura 21 se muestran las partes del freno ADB (Schueller, 2021).

Figura 21.

Sistema ADB (Freno de disco neumático)



Nota: Obtenido de *Heavy Duty Truck Systems* (p.1104), por S. Bennett, 2020.

4.9 Sistema de frenos GCBS

El nuevo sistema de control de freno escalable o GSBC, también llamado por sus siglas en inglés (Smart City Brake Support (SCBS)), es un sistema de control de frenos digitalizado, el cual está diseñado para cumplir con una variedad de exigencias a los sistemas automáticos de vehículos, este sistema GSBC se lo puede implementar en camiones equipados con sistemas de frenos antibloqueo (ABS) o con sistemas de frenos electrónicos (EBS).

La misión de esta nueva tecnología de frenos GCBS es proporcionar una alta resistencia a la decoloración del disco, evitando el color rojizo a las altas velocidades en las que se encuentre el vehículo. El sistema incorpora un sensor de asistencia en caso de choque, brindando un frenado más eficaz y una estabilidad mucho más cómoda durante la conducción. En la Figura 22, se muestran los componentes del sistema GSBC (Bufe, 2018).

Figura 22.
Sistema de freno digital GBSC



Nota: Obtenido de WABCO Vehicle Control Systems Air (p.2), por K. Bremse, 2021.

4.10 La neumática

Esta tecnología se encuentra siendo utilizada desde 1869 en vehículos pesados, bien sean camiones o autobuses. Pertenece a una rama de la ingeniería que se enfoca en el estudio y aplicación de la utilización del aire comprimido como fuente de energía para el control de procesos industriales, automatización de maquinarias y herramientas, así como en la fabricación de dispositivos y sistemas que utilizan aire comprimido para su funcionamiento.

La neumática se utiliza en elementos como compresores, cilindros, válvulas, reguladores de presión y otros componentes para generar, controlar y transmitir energía a través del aire comprimido. Los sistemas neumáticos son ampliamente utilizados en la industria, ya que ofrecen una serie de ventajas, como su capacidad de generar una gran cantidad de fuerza y velocidad de forma rápida y precisa, su bajo costo y su facilidad de mantenimiento.


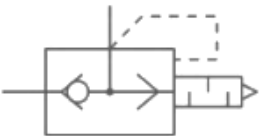


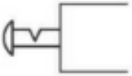
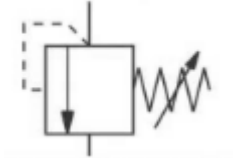
4.11 Símbolos de los componentes del sistema de frenos neumáticos


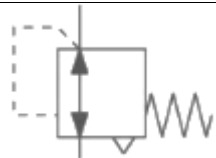
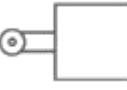

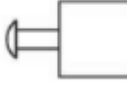

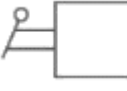
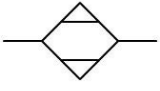
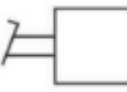
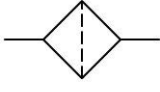


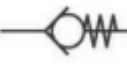
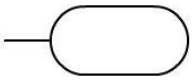
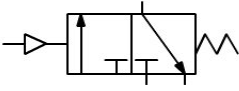
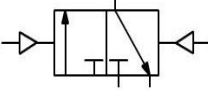
En este apartado se indica los principios del sistema de frenos neumáticos como es la simbología de los componentes neumáticos, ya que hay una cierta variación según las marcas del fabricante en específico como Mercedes Benz, Volvo e Hino. En la Tabla 1, se presenta la simbología de los componentes neumáticos principales vinculados con el banco didáctico.

Las normas establecidas para la simbología son: ISO 1219-1, ISO 1219-2, como también la UNE 101149:1986, mismas que se encargan de representar los símbolos que se deben utilizar en los esquemas neumáticos e hidráulicos.

Tabla 1.

Simbología de componentes neumáticos

| Símbolo | Descripción | Símbolo | Descripción |
|---|--------------------------|--|--------------------------------|
|  | Válvula selectora |  | Válvula de escape rápido |
|  | Cilindro de doble efecto |  | Válvula estranguladora |
|  | Pulsador de retención |  | Válvula de secuencia ajustable |

| | | | |
|---|--|--|----------------------------------|
|  | Accionamiento por muelle o resorte |  | Válvula reguladora de presión |
|  | Accionamiento por rodillo (interruptor de posición) |  | Ventosa |
|  | Accionamiento por pulsador |  | Fuente |
|  | Accionamiento por palanca |  | Secador |
|  | Accionamiento por pedal |  | Filtro |
|  | Válvula antirretorno |  | Manómetro |
|  | Válvula antirretorno con retención |  | Depósitos de almacenamiento |
|  | Válvula 3/2 con activación por presión y retorno mecánico por muelle |  | Válvula 3/2 pilotada por presión |

Nota: Obtenido de *Automatismos neumáticos e hidráulicos* (p.15 - 26), Cerdá, L, 2018.

4.12 Cálculos del sistema de frenos neumático

Para los cálculos a realizar se han tomado los datos reales del mismo sistema, estos nos sirven para poder determinar los esfuerzos como también el consumo de aire en el sistema de frenos neumáticos.

Según lo establecido en el Decreto 2393, el límite máximo permisible para una carga laboral de 8 horas es de 85 decibeles (IEES, 2015, p.29). Mediante el uso de un sonómetro descargado como una aplicación en un teléfono celular, se determinó el tiempo que el compresor tarda en cargar a la presión de funcionamiento en el banco de pruebas del sistema de frenos neumáticos, el cual fue de 3 minutos.

A continuación, se muestra la Figura 23, que ilustra el nivel de ruido durante la carga del sistema de frenos neumáticos para su funcionamiento, el cual oscila entre los 62 y los 65,5 decibeles.

Figura 23.

Decibeles en el funcionamiento del sistema de frenos neumáticos

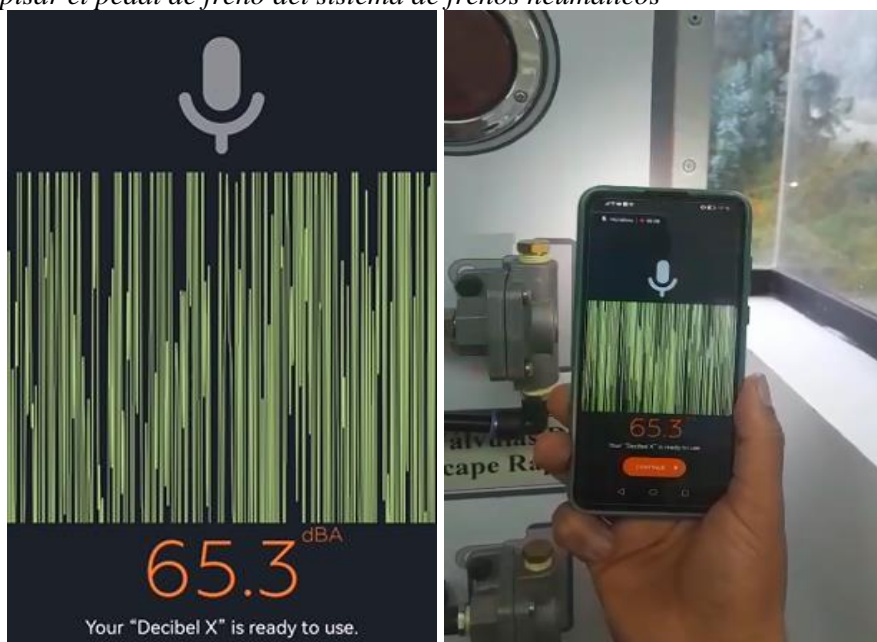


Nota: Fotografías tomadas por el autor.

Se realizó una prueba accionando el pedal de freno, mostrando un nivel de ruido de 65,3 decibeles. En la Figura 24, se puede observar la gráfica correspondiente al nivel de decibeles al presionar el pedal de frenos.

Figura 24.

Decibeles al pisar el pedal de freno del sistema de frenos neumáticos



Nota: Fotografías tomadas por el autor.

Según los resultados obtenidos en el banco de pruebas, se determinó que el nivel de ruido promedio emitido es de 65,5 decibeles. Además, teniendo en cuenta el tiempo necesario para llevar a cabo las prácticas, que es inferior a 2 horas, se concluye que se encuentra por debajo del límite permisible establecido. Por lo tanto, no es necesario utilizar equipo de protección auditiva.

Para tener la presión de funcionamiento se debe esperar que el compresor cargue a 120 Psi u 8 bares, para esto se debe revisar el manómetro de presión el cual se ubica después del regulador de presión, en él se debe revisar que la pluma llegue al valor establecido, en la Figura 25, se muestra el manómetro de presión marcando el valor de presión de funcionamiento.

Figura 25.

Presión de funcionamiento del sistema



Nota: Fotografías tomadas por el autor.

4.12.1 Fuerza neumática

Para calcular la fuerza neumática se tiene la presión de trabajo de 8 bares y el área del diafragma del pulmón de 180 mm, como se muestra en la Figura 26, medida por un calibrador.

Figura 26.

Medida del diafragma



Nota: Fotografía tomada por el autor.

La fuerza expresada en bares se la transforma a pascuales como también el diámetro del pulmón de mm a m, a continuación, se muestra la ecuación 1:

$$F_{Neu} = P \cdot A \quad \text{Ec. (1)}$$

Siendo:

P = es la presión del aire.

A = área del diafragma.

Transformando:

$$8 \text{ bar} \times \frac{100000 \text{ Pa}}{1 \text{ Bar}} = 800000 \text{ Pa} \rightarrow 8 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$180 \text{ mm} \times \frac{1 \text{ mm}}{1000 \text{ m}} = 0.18 \text{ m}$$

Teniendo:

$$F_{Neu} = (8 \times 10^5 \text{ Pa}) \times \left(\frac{\pi}{4} \times 0.18^2 \right) \text{ m}^2$$

$$F_{Neu} = 20357.5 \text{ N}$$

$$(20357.5 \text{ N}) \times \left(\frac{1 \text{ kgf}}{9.81 \text{ N}} \right) = 2075.2 \text{ kgf}$$

4.12.2 Momento producido en la leva de accionamiento

El momento producido por la leva “s”, se da a partir de la distancia entre el eje y el punto de accionamiento, siendo de 12 mm, como se muestra en la Figura 27.

Figura 27.

Distancia entre el eje y el punto de accionamiento



Nota: Fotografías tomadas por el autor.

Para el respectivo cálculo se utiliza la ecuación 2, como se muestra a continuación:

$$M = F_{Neu} \times LS \quad \text{Ec. (2)}$$

Siendo:

LS = distancia entre el eje y el punto de accionamiento.

F_{Neu} = fuerza neumática.

Transformando:

$$11.45 \text{ mm} \times \frac{1 \text{ mm}}{1000 \text{ m}} = 0.01145 \text{ m}$$

Teniendo:

$$M = (20357.5 \text{ N}) \times (0.01145 \text{ m})$$

$$M = 233.09 \text{ Nm}$$

$$(233.09 \text{ Nm}) \times \left(\frac{1 \text{ kgf}}{9.81 \text{ N}} \right) = 23.76 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

4.12.3 Fuerza transmitida por la leva hacia las zapatas

Esta fuerza de momento se transmite por medio de la leva “s” que acciona las zapatas transmitiendo dos fuerzas iguales en la Figura 28, se muestra la medida de la leva “s”.

Figura 28.

Medida de la leva “s”



Nota: Fotografías tomadas por el autor.

Teniendo en cuenta la distancia total de la leva “s” de 83.26 mm, se procede a dividir sobre 2, para tener la mitad de la distancia de la leva siendo 41.63 mm, siendo este valor el que se utilizará para determinar la fuerza transmitida hacia las zapatas.

Transformando:

$$41.63 \text{ mm} \times \frac{1 \text{ mm}}{1000 \text{ m}} = 0.04163 \text{ m}$$

A continuación, se muestra la ecuación 3:

$$F = \frac{M}{2 \times d} \quad \text{Ec. (3)}$$

Siendo:

$M = \text{momento.}$

$d = \text{distancia de la leva.}$

Teniendo:

$$F = \frac{23.76 \text{ kgf} \cdot \text{m}}{(2) \times (0.04163\text{m})}$$

$$F = 285.37 \text{ kgf}$$

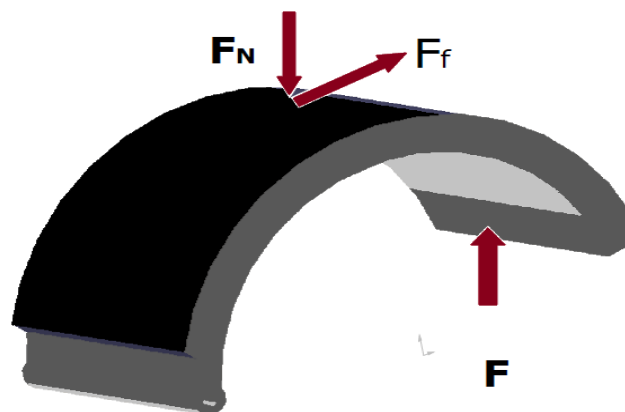
$$(285.37 \text{ kgf}) \times \left(\frac{9.81 \text{ N}}{1 \text{ kgf}}\right) = 2799.48 \text{ N}$$

4.12.4 Fuerza normal a las zapatas

Para este cálculo se considera la distribución de presión uniforme sobre el área del forro de las zapatas, en la Figura 29, se indica la fuerza normal como de fricción que se debe tomar en las zapatas para los respectivos cálculos a realizar.

Figura 29.

Distribución de fuerzas sobre las zapata



Nota: Fotografía elaborada por el autor.

A continuación, se muestra la ecuación 4:

$$F \cdot b = F_N \times \frac{b}{2}$$

$$F_N = 2 \times F \quad \text{Ec. (4)}$$

Siendo:

F = fuerza transmitida por la leva hacia las zapatas

Teniendo:

$$F_N = (2) \times (285.37 \text{ kgf})$$

$$F_N = 570.74 \text{ kgf}$$

4.12.5 Fuerza de fricción

Para cada zapata se produce una fuerza de frenado llamada fricción, ya que es necesaria para aplicar el frenado debido al roce que se produce entre la zapata y el tambor.

Mediante la norma NTE INEN 2185:2012, se establece los requisitos que debe cumplir y los ensayos a los cuales debe someterse el material de fricción empleado en los sistemas de frenos de los vehículos automotores. De acuerdo al coeficiente de fricción (μ), basándose en la letra del código establecido como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2.

Código de clasificación de los materiales de fricción

| Letra del código | Coefficiente de fricción |
|------------------|--------------------------|
| C | $\mu \leq 0,15$ |
| D | $0,15 < \mu \leq 0,25$ |
| E | $0,25 < \mu \leq 0,35$ |
| F | $0,35 < \mu \leq 0,45$ |
| G | $0,45 < \mu \leq 0,55$ |
| H | $\mu > 0,55$ |
| Z | Sin clasificación |

Nota: Obtenido de *Material de fricción para el sistema de frenos de automotores. Requisitos e inspección.* (p.2), NTE INEN 2185:2012.

Para elegir el coeficiente de fricción se tendrá en cuenta la designación del material de fricción mediante los caracteres establecidos en la Tabla 2, anteriormente nombrados. Este coeficiente de fricción puede cambiar en función de las condiciones de uso como: presión, temperatura, velocidad, es por esto que se ha seleccionado las clasificaciones EF teniendo un coeficiente de fricción normal de 0,25 a 0,35 y coeficiente de fricción en caliente de 0,35 a 0,45, es por esto que el valor debe efectuar entre un rango medio, ya que al tener un coeficiente bajo se tiene un rendimiento deficiente, mientras que un coeficiente muy alto puede causar problemas como el bloqueo de rueda y ruidos excesivos. Es por esto que se ha considerado un

coeficiente de fricción de las zapatas de clasificación semi metálico, de $\mu=0.35$ mismo que ofrece un mejor rendimiento y eficiencia.

A continuación, se indica la ecuación 5:

$$F_f = \mu \times F_N \quad \text{Ec. (5)}$$

Siendo:

μ = coeficiente de fricción.

F_N = fuerza normal.

Teniendo:

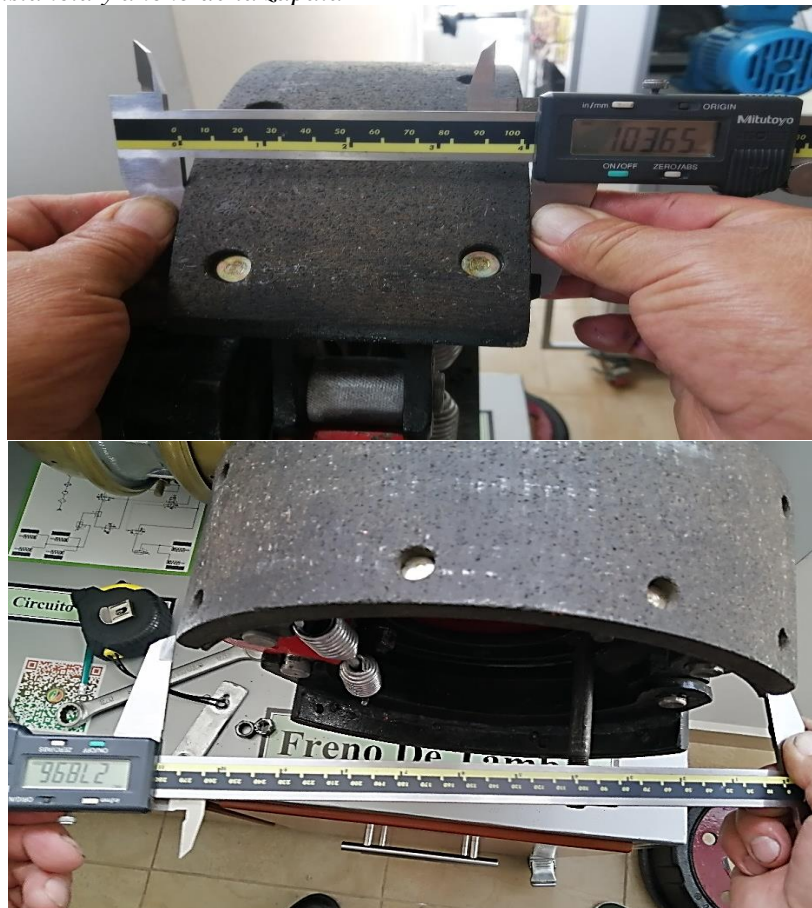
$$F_f = (0.35) \times (570.74 \text{ kgf}) \rightarrow F_f = 199.76 \text{ kgf}$$

4.12.6 Presión en las zapatas

Para poder obtener este cálculo se debe medir la distancia “L” y el ancho “b” de la zapata con un calibrador, como se muestra en la Figura 30.

Figura 30.

Medidas de la distancia y ancho de la zapata



Nota: Fotografías tomadas por el autor.

Además, se procedió a medir el diámetro donde se acoplan los remaches en la zapata, y se contó la cantidad total de remaches presentes en la zapata, que son 8. En la Figura 31, se muestra la zapata donde se midió el diámetro del remache con un calibrador.

Figura 31.

Medidas del diámetro donde se acoplan los remaches



Nota: Fotografías tomadas por el autor.

Transformando:

$$103.65 \text{ mm} \times \frac{1 \text{ mm}}{1000 \text{ m}} = 0.10365 \text{ m}$$

$$278.96 \text{ mm} \times \frac{1 \text{ mm}}{1000 \text{ m}} = 0.27896 \text{ m}$$

$$12.65 \text{ mm} \times \frac{1 \text{ mm}}{1000 \text{ m}} = 0.01265 \text{ m}$$

Luego de tener todos los datos se utiliza la ecuación 6:

$$A_{zapata} = L \times b - \left(\pi \frac{d^2}{4} \right) \times (\text{Nro. de orificios}) \quad \text{Ec. (6)}$$

Teniendo:

$$A_{zapata} = (0.27896 \text{ m}) \times (0.10365 \text{ m}) - \left(\pi \frac{0.01265^2}{4} \right) \times (8)$$

$$A_{zapata} = 0.02790 \text{ m}^2 = 279 \text{ cm}^2$$

De la misma manera se utilizará la ecuación 7:

$$P_{zapata} = \frac{F_N}{A_{zapata}} \quad \text{Ec. (7)}$$

$$P_{zapata} = \frac{(570.74 \text{ kgf}) \times (9.81 \text{ N})}{0.02790 \text{ m}^2}$$

$$P_{zapata} = 200679.55 \text{ Pa}$$

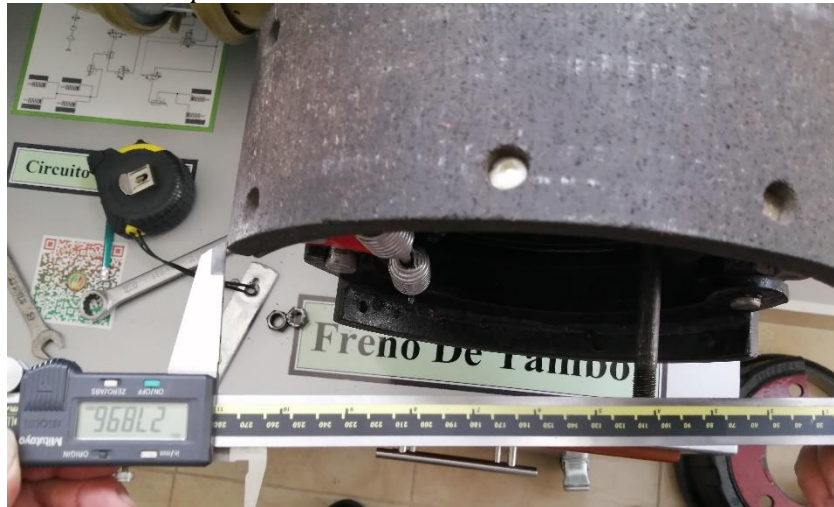
$$200679.55 \text{ Pa} \times \left(\frac{1 \text{ Pa}}{100000 \text{ bar}} \right) = 2.01 \text{ Bar}$$

4.12.7 Momentos producidos por F_f y por F_N

El momento producido por la fuerza de fricción se representa como F_f . En la Figura 32, se muestra la distancia de la zapata medida con un calibrador.

Figura 32.

Medida de la distancia de la zapata



Nota: Fotografía tomada por el autor.

Luego de tener la respectiva medida de la zapata que es de 278.96 mm, se procede a dividir este valor sobre 2, siendo este la mitad de la distancia de la zapata de 139.48 mm, para poder determinar el momento.

Transformando:

$$139.48 \text{ mm} \times \frac{1 \text{ mm}}{1000 \text{ m}} = 0.13948 \text{ m}$$

Para esto se utiliza la ecuación 8, como se indica a continuación:

$$M_f = F_f \times l \quad \text{Ec. (8)}$$

Teniendo:

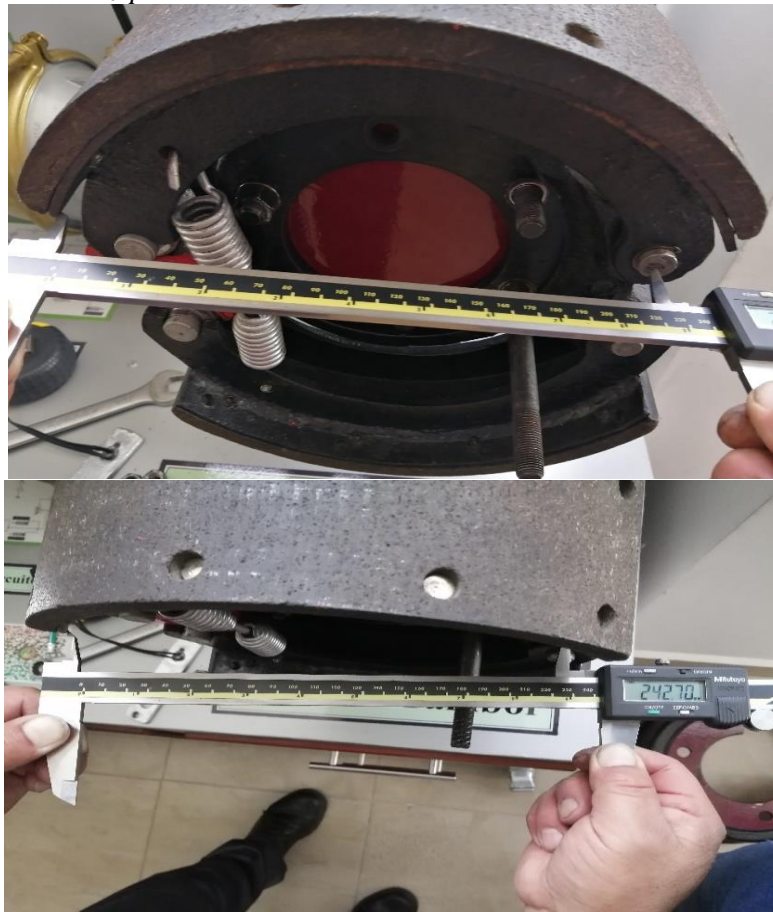
$$M_f = (199.76 \text{ kgf}) \times (0.13948 \text{ m})$$

$$M_f = 27.86 \text{ Nm}$$

$$(27.86 \text{ Nm}) \times \left(\frac{1 \text{ kg}}{9.81 \text{ N}} \right) = 21.96 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

En la Figura 33, se muestran las medidas del área y distancia de las zapatas tomadas con el calibrador en el banco. Siendo la distancia total de 242.70 mm, para luego dividir este valor sobre 2 y tener la medida $l = 121.35 \text{ mm}$, a mitad de la distancia de la zapata tomada desde el centro de los balancines hasta llegar al punto donde se encuentra con el forro de las zapatas.

Figura 33.
Fuerzas de frenado en las zapatas



Nota: Fotografías tomadas por el autor.

El momento producido por la fuerza normal se representa como F_N , como se indica en la ecuación 9:

$$M_N = F_N \cdot l \quad \text{Ec. (9)}$$

Siendo:

$l =$ distancia de la mitad de la zapata

Transformando:

$$121.35 \text{ mm} \times \frac{1 \text{ mm}}{1000 \text{ m}} = 0.12135 \text{ m}$$

Teniendo:

$$M_N = (570.74 \text{ kgf}) \times (0.12135 \text{ m})$$

$$M_N = 69.26 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

$$(69.26 \text{ Kg} \cdot \text{m}) \times \left(\frac{9.81 \text{ N}}{1 \text{ kg}} \right) = 679.44 \text{ N} \cdot \text{m}$$

4.12.8 Cálculo del consumo de aire

El consumo de aire del pulmón se da a partir de la presión de trabajo en el sistema de 8 bares, el diámetro interior del cilindro pistón de 120 mm y el vástago es de 15.5 mm, en la Figura 34, se muestran los diámetros medidos con un calibrador.

Figura 34.

Medidas del cilindro pistón y vástago del pulmón de frenos



Nota: Fotografías tomadas por el autor.

La carrera de 100 mm que es lo que realiza el vástago del pulmón en ascender y descender, en la Figura 35, se muestra la distancia de recorrido medida con un flexómetro.

Figura 35.
Carrera del vástago del cilindro



Nota: Fotografía tomada por el autor.

Para calcular el consumo, primero se realiza el cálculo del volumen del pulmón para esto se tiene la siguiente ecuación 10:

$$V = \frac{\pi \times (2 \times D^2 - d^2) \times C}{4} \quad \text{Ec. (10)}$$

Siendo:

$V =$ volumen del aire por ciclo de trabajo (m^3)

$D =$ diámetro interior del cilindro (m)

$d =$ diámetro del vástago (m)

$C =$ carrera (m)

Transformando:

$$120 \text{ mm} \times \frac{1 \text{ mm}}{1000 \text{ m}} = 0.12 \text{ m}$$

$$15.5 \text{ mm} \times \frac{1 \text{ mm}}{1000 \text{ m}} = 0.0155 \text{ m}$$

$$100 \text{ mm} \times \frac{1 \text{ mm}}{1000 \text{ m}} = 0.1 \text{ m}$$

Teniendo:

$$V = \frac{\pi \times (2 \times (0.12\text{m})^2 - (0.0155\text{m})^2) \times 0.1\text{m}}{4}$$

$$V = 2.24 \times 10^{-3} \frac{m^3}{\text{ciclo}}$$

Para determinar la cantidad de ciclos de trabajo producidos en un minuto, se realizó observaciones en 5 vehículos de la ciudad de Loja, donde se contó la cantidad de veces que el conductor pisó el pedal de freno durante un minuto, en la Tabla 3, se muestra la marca, año, tiempo y los ciclos de trabajo.

Tabla 3.

Ciclos de trabajo durante un minuto

| Marca | Año | Tiempo | Ciclos de trabajo |
|------------------------|------|--------|-------------------|
| Volquete Ford 700 | 1979 | 1 min | 10 |
| Camión Hino | 2012 | 1 min | 9 |
| Volquete Mercedes Benz | 1995 | 1 min | 10 |
| Camión Mercedes Benz | 1992 | 1 min | 10 |
| Volquete Ford 600 | 1987 | 1 min | 10 |

Nota: Datos obtenidos mediante observaciones en 5 vehículos. Fuente: Elaborado por el autor.

Con los resultados obtenidos se tiene en algunos casos que la cantidad de pisadas del pedal de freno son de 9 y 10 veces en los vehículos, lo que ha dado como resultado seleccionar para realizar este cálculo el valor de 10 veces, ya que el 80% lleva este rango determinado en el periodo de tiempo establecido.

Es importante destacar que el valor obtenido anteriormente es el resultado de una prueba y no es muy representativo. Si se aplicara en otros puntos de la ciudad, como la zona céntrica, el resultado sería diferente debido a factores como la congestión vehicular, la semaforización, entre otros. En la zona donde se tome estas pruebas en el tiempo estimado de 1 minuto la cantidad de ciclos o pisadas que ejerza el conductor en el pedal de freno será diferente.

En la ecuación 11, se indica el consumo de maniobra:

$$Q_{Maniobra} = n \cdot V \quad \text{Ec. (11)}$$

Siendo:

$$n = \text{número de ciclos por minuto} \left(\frac{\text{ciclos}}{\text{min}} \right)$$

$$V = \text{volumen} (m^3)$$

Teniendo:

$$Q_{Man} = 10 \left(\frac{\text{ciclos}}{\text{min}} \right) \times \left(2.24 \times 10^{-3} \frac{m^3}{\text{ciclo}} \right) = 0.0224 \frac{m^3}{\text{min}}$$

Para obtener el consumo de aire atmosférico de manera precisa, se ha realizado una investigación documental del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), la cual se encarga de monitorear y calcular la presión atmosférica y otros parámetros meteorológicos en el Ecuador. En este contexto la presión atmosférica estimada en la ciudad de Loja, es de 1017 hPa.

Para facilitar el cálculo del consumo de aire atmosférico, se convierte la presión atmosférica de hPa a bares. De acuerdo con esta conversión, el valor obtenido sería de 1.017 bares. Utilizando este dato, se realizarán los cálculos necesarios para determinar el consumo de aire.

$$P_{Man} = P_{Atm} + P_{Trabajo} \quad \text{Ec. (12)}$$

Transformando:

$$1,017 \text{ bar} \times \frac{100000 \text{ Pa}}{1 \text{ bar}} = 101700 \text{ Pa} \rightarrow 1,017 \times 10^5 \text{ Pa}$$

Teniendo:

$$P_{Maniobra} = (1,017 \times 10^5 \text{ Pa}) + (8 \times 10^5 \text{ Pa}) = 9,017 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

El caudal o consumo de aire se expresa en metros cúbicos por minuto como también puede ser representado en litros por segundo, para esto se utilizará la siguiente ecuación 13:

$$Q_{atmosférico} = \frac{P_{Man} \cdot Q_{Man}}{P_{atm}} \quad \text{Ec. (13)}$$

Teniendo:

$$Q_{atmosférico} = \frac{(9,017 \times 10^5 \text{ Pa}) \times (0.0224 \frac{\text{m}^3}{\text{min}})}{1,017 \times 10^5 \text{ Pa}}$$

$$Q_{atmosférico} = 0.1986 \frac{\text{m}^3}{\text{min}} \rightarrow 3.31 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

4.12.9 Pérdida de carga en la tubería del aire comprimido

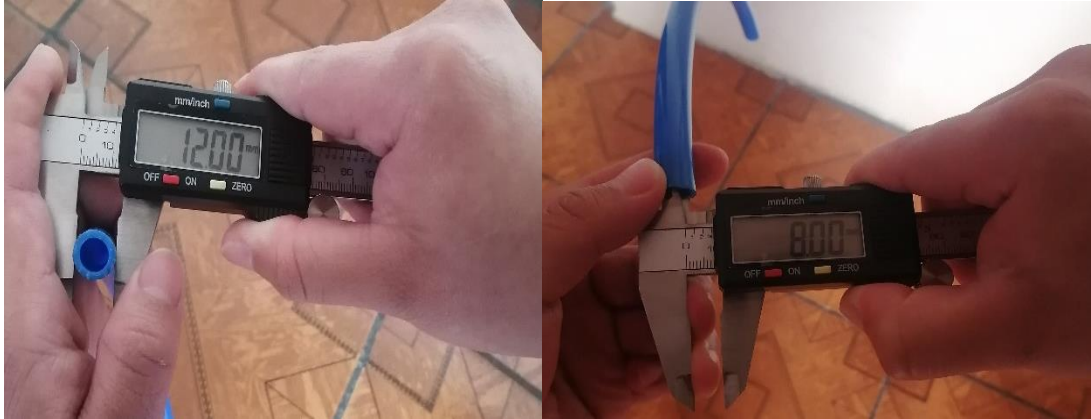
Para este cálculo se tiene los siguientes datos:

- **Caudal o consumo de aire:** $3.31 \frac{\text{l}}{\text{s}}$
- **Diámetro interno de la cañería:** 8 mm
- **Longitud de la tubería:** 15 metros
- **Presión de trabajo:** 8 bares

En la Figura 36, se muestra el diámetro interior como exterior de la cañería para este cálculo a realizar se tomará el diámetro interior.

Figura 36.

Medidas del diámetro interno y externo de la cañería.



Nota: Fotografías tomadas por el autor.

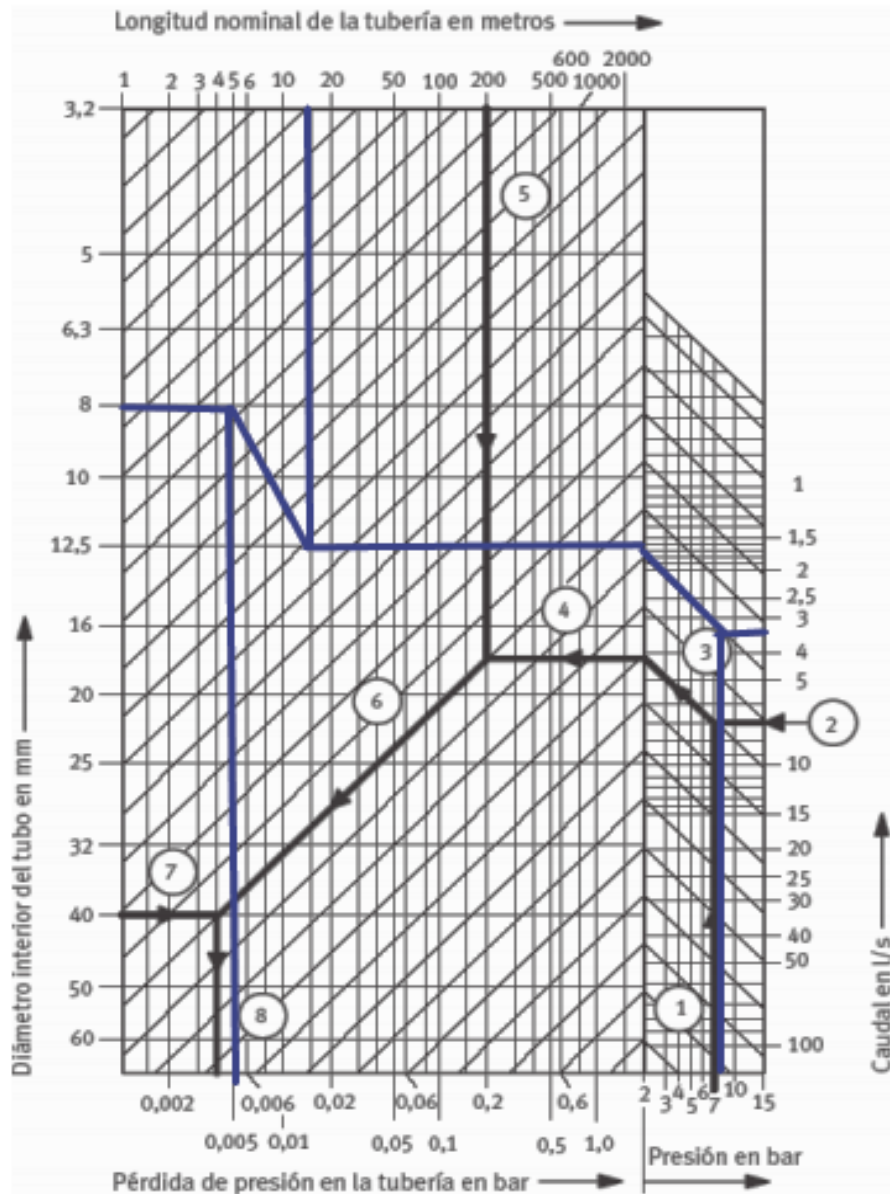
Para manejar el nomograma se debe tomar en cuenta lo siguiente (Marisa, 2017, p.7):

- En el nomograma se realiza una vertical por la presión de trabajo en la tubería en la que se quieren calcular las pérdidas de carga hasta cortar la línea horizontal trazada en el punto 2.
- Se traza una horizontal por el valor del caudal obtenido en condiciones normales que pasa por la tubería hasta cortar la recta que viene desde el punto 1.
- Desde la intersección de los puntos 1 y 2 se traza una paralela a las líneas oblicuas hasta cortar la línea principal vertical que separa las dos partes del nomograma.
- Con el punto recién obtenido, se traza una horizontal hasta que corte la línea vertical trazada en el punto 5.
- Se traza una línea vertical por el valor de la longitud de la tubería hasta cortar la horizontal que viene desde el punto 4.
- Desde la intersección del punto 4 y 5 se traza una paralela a las líneas oblicuas hasta cortar la línea horizontal trazada en el punto 7 que considera el diámetro del tubo. Hay que tomar en cuenta que la línea oblicua desde la recta del punto 6 se puede utilizar de forma ascendente o descendente para lograr cortar con la línea horizontal del punto 7.
- Desde la intersección de las rectas de los puntos 6 y 7 se traza una línea vertical hasta la escala logarítmica de la parte inferior que indica las pérdidas de carga de la tubería.

En la Figura 37, se muestra el nomograma con todos los datos obtenidos anteriormente en el sistema de frenos neumáticos.

Figura 37.

Nomograma que relaciona el diámetro de la tubería, el caudal, la longitud de la tubería y la pérdida de presión en la tubería



Nota: Obtenido de *Redes de distribución de aire comprimido y dimensionamiento del compresor* (p.5), por M. Gómez, 2017.

Luego de trazar las todas líneas en el nomograma con todos los datos otorgados como: la presión de trabajo de 8 bares, el diámetro interno de la cañería de 8mm medido por el calibrador, la longitud de la cañería que en este caso se midió todas las distancia de las cañerías que conectan cada componente del sistema en el banco de pruebas da como resultado 15 m y el consumo de aire de $3,31 \frac{l}{s}$, se tiene como resultados que la perdida de presión en la cañería del sistema de frenos neumáticos durante su funcionamiento es de 0,005 bares.

5. Metodología

5.1 Ergonomía

Los datos antropométricos son medidas del cuerpo humano, por tal razón, son fundamentales para definir los límites geométricos en el diseño de la estructura. Algunos datos tomados en cuenta son: peso, altura, distancia de brazos, altura de piernas, entre otros. Estas medidas corporales para el diseño se registran a partir de personas adultas que van desde los 18 y 65 años.

Los rangos de medidas pueden dividirse en percentiles como: P5, P50 y P95 masculino como femenino, que especifican las medidas del cuerpo. Por ejemplo, para los hombres se expresa de la siguiente forma: el P5 hace referencia al 5% de la población considerando la distribución normal en el que la altura de los hombres se encuentra desde los 165 cm hacia abajo, para el P50 se considera el 50% de la población acorde a la campana de Gauss en el cual la altura de la población se encuentra desde los 175 cm hacia abajo, mientras que el P95 considera más de 185,5 cm de altura. De igual forma, existen percentiles femeninos, los cuales poseen dimensiones menores respecto a los hombres (Jaen, 2015, p.4).

Generalmente, se suele utilizar el P95 masculino y el P5 femenino para dimensionar correctamente un puesto de trabajo, una máquina, un equipo y que pueda ser usado por la mayor parte de la población. Para ello se considera el P5 femenino para determinar los alcances y el P95 masculino para determinar las holguras.

5.2 Diseño del banco de trabajo

La ergonomía del banco de trabajo influye en la salud, seguridad y eficiencia al momento de desarrollar una actividad experimental, ya que un diseño adecuado conlleva a que el usuario pueda conservar una postura corporal correcta y agradable durante sus labores, por el contrario, una postura laboral incómoda puede ocasionar múltiples problemas físicos, desarrollar enfermedades y afectar al rendimiento de los trabajadores. Por lo cual, resulta necesario considerar varios puntos críticos para el diseño del banco, en cuanto a la altura de la superficie de trabajo, la dimensión del área de trabajo y su altura máxima del banco.

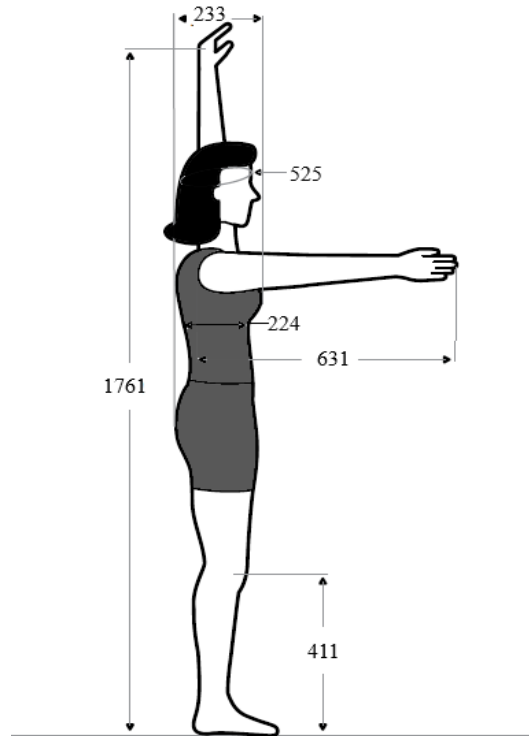
Para realizar cualquier actividad práctica en el banco, la posición de trabajo será de pie, lo que involucra estar de frente y mantenerse próximo a los componentes del banco, como también, mover los pies para orientarse libremente.

La altura de superficie de trabajo se establece considerando los percentiles de la población latinoamericana desde los 18 hasta los 65 años, involucrando a la mayor parte de la población activa. Dentro de estas medidas antropométricas se ha tomado como base el P5

femenino, el cual se usa para dimensionar los alcances del puesto de trabajo, este percentil establece una altura de 1761 mm, que corresponde a la altura máxima del banco, sin embargo, debido a la robustez de los componentes del sistema de frenos se considera la adición de una mesa, por lo que es necesario considerar el alcance frontal. En la Figura 38, se muestran las medidas antropométricas del P5 femenino en unidades milimétricas, en ella se indica: la estatura, altura de codo, altura de rodilla, etc., (Ávila, 2015, p.95).

Figura 38.

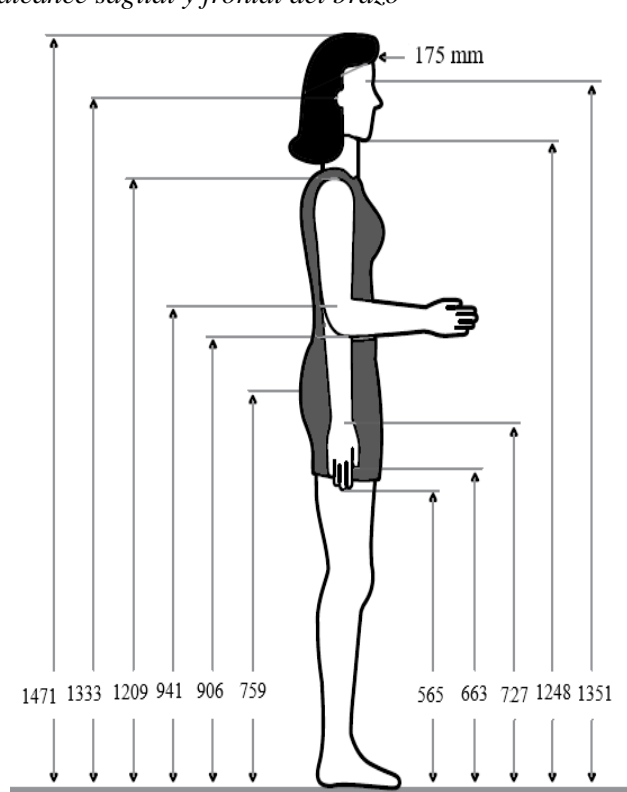
Posiciones de pie con el alcance sagital en dimensiones mm.



Nota: Obtenido de *Dimensiones antropométricas de población latinoamericana*. (p, 95), por Ávila, R. Prado, L., y González, E, 2007, Universidad de Guadalajara.

Para establecer la profundidad del panel didáctico del banco, se considera el alcance del brazo en posición frontal siendo de 631 mm con respecto al plano sagital, además con un ángulo de inclinación del brazo a 50 grados con respecto a la horizontal, permitirá obtener una profundidad de 560 mm, este espacio es suficiente para ubicar los componentes más robustos del banco. Además, facilita la manipulación y adquisición de medidas de cualquier componente mecánico. En la Figura 39, se muestra la altura desde el hombro hasta el piso con un P5 femenino, el cual es de, 1209 mm.

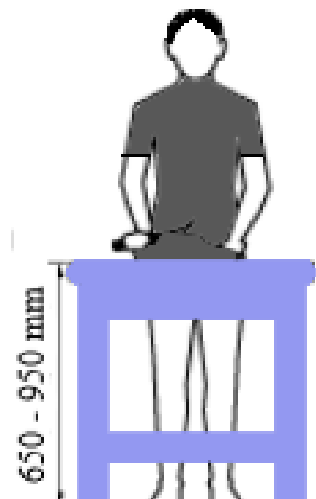
Figura 39.
 Posiciones de pie con el alcance sagital y frontal del brazo



Nota: Obtenido de Dimensiones antropométricas de población latinoamericana. (p, 95), por Ávila, R. Prado, L., y González, E, 2007, Universidad de Guadalajara.

Para la altura del plano se consideró la fuerza de trabajo de acuerdo a la robustez de los elementos, para esto se tomó en cuenta la altura del codo, la cual debe estar por debajo de los 200 a 400 mm, en la Figura 40, se indica la altura para la mesa del banco de trabajo que se debe tener en cuenta para su trabajo.

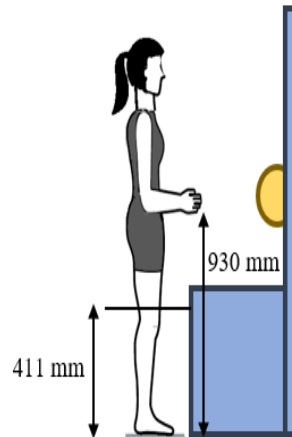
Figura 40.
 Alcance de mesa de trabajo



Nota: Fotografía elaborada por el autor.

Debido a la robustez que presentan los elementos y para facilitar su revisión, se provee al banco de una mesa cuya altura máxima se establece en torno a los 250 mm por debajo del codo con un percentil P5 femenino, al tratarse del desarmado como revisión de elementos, se requiere realizar fuerza como también se debe tener en cuenta la altura de la rodilla, además es imprescindible al momento de manipular el banco evitando así golpes, en la Figura 41, se indica la altura de codo flexionado como de la rodilla que posee el P5 femenino.

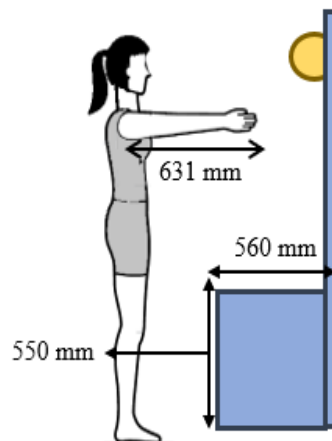
Figura 41.
Profundidad de alcance de brazo



Nota: Fotografía elaborada por el autor.

Para determinar el valor correspondiente a la altura del plano de trabajo, se realizó la resta de 900 mm menos 250 mm, dando un resultado de 550 mm, siendo este valor la medida fundamental para realizar un montaje y desmontaje adecuado, garantizando así no chocar con algún filo del soporte de la mesa, mientras que el ancho de mesa se lo dio a base de las medidas de los componentes más robustos del sistema de frenos neumáticos como son el freno de disco y de tambor, en la Figura 42, se muestra la altura y el ancho de la mesa de trabajo.

Figura 42.
Alcance de brazo y distancia de rodilla

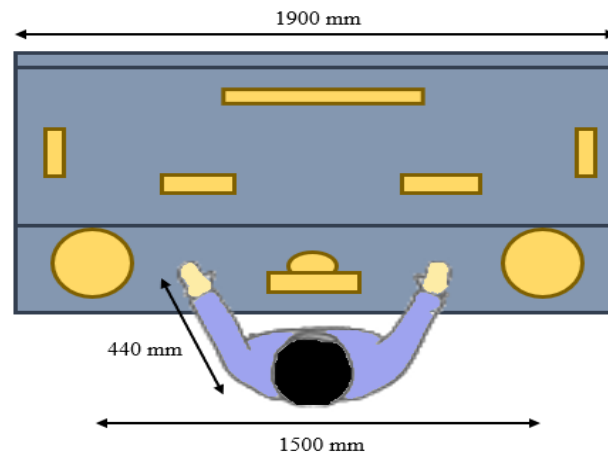


Nota: Fotografía elaborada por el autor.

El tamaño y volumen de los elementos ensamblados en el sistema neumático, requieren un espacio de 1900 mm, si bien el alcance de una persona en plano horizontal ronda los 1500 mm a 1600 mm, se considera que una persona puede desplazarse de derecha a izquierda para manipular algún componente de la maqueta sin ningún problema, en la Figura 43, se indica el alcance horizontal de la posición de trabajo en el banco.

Figura 43.

Alcance horizontal de la posición de trabajo

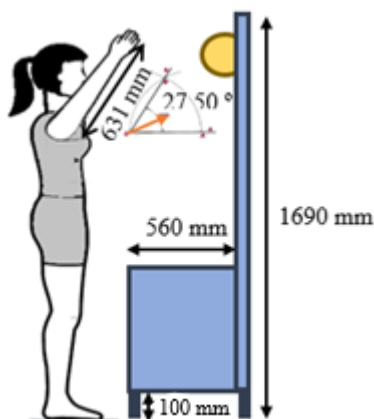


Nota: Fotografía elaborada por el autor.

Por último, para establecer la altura máxima del banco se utilizó el percentil P5, siendo de 1690 mm, se ha tomado en cuenta la altura de los pies basándose en la norma UNE-EN ISO 7250-1:2010, la cual ha determinado como máximo la distancia de 10 cm, facilitando al usuario una movilidad de trabajo más cómoda de cualquier punto a otro, sin impedir la manipulación de cualquier componente. Mientras que el alcance frontal, se dio a través de la inclinación de ángulo del brazo, usando el teorema de pitágoras, como se muestra en la ecuación 14, en la Figura 44, se muestran dichos parámetros otorgados.

Figura 44.

Alcance máximo vertical altura de brazo



$$\cos \theta = \frac{\text{Cateto opuesto}}{\text{Hipotenusa}} \quad \text{Ec. (14)}$$

$$\cos \theta = \frac{560 \text{ mm}}{631 \text{ mm}}$$

$$\cos \theta = 0.887$$

$$\theta = \cos^{-1} 0.9998$$

$$\theta = 27.50$$

Nota: Fotografía elaborada por el autor.

El diseño del banco de trabajo se lo realiza basándose en las medidas obtenidas a partir de las consideraciones de ergonomía del percentil (P5), en la Tabla 4, se tiene las dimensiones del banco de trabajo.

Tabla 4.
Dimensiones del banco

| Dimensiones del banco | |
|------------------------------|---------|
| Altura | 1690 mm |
| Largo | 1900 mm |
| Altura soporte mesa | 650 mm |
| Ancho soporte mesa | 560 mm |
| Altura de pie | 100 mm |

Nota: Dimensiones de los planos de trabajo para la construcción del banco de pruebas. Fuente: Elaborado por el autor.

Para poder acceder a los planos de trabajo se los puede apreciar en el anexo 1, en él se indica el diseño de estructura con todas sus dimensiones.

5.3 Importancia de los parámetros de diseño

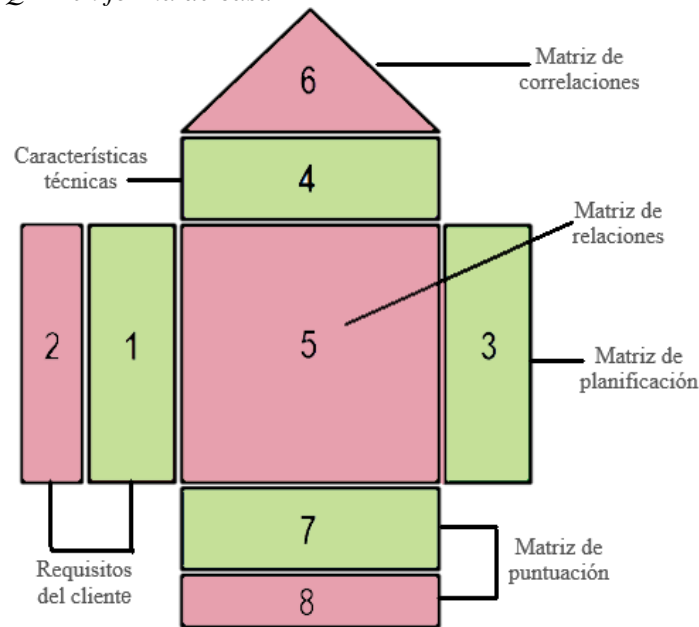
A la hora de diseñar un banco resulta indispensable establecer qué criterios tendrán más peso sobre otros, para ello se utilizará dos tipos de análisis, uno de ellos corresponde al despliegue de la función de calidad (QFD) con el cual se establecerá las demandas de mayor relevancia que los usuarios buscan al momento de realizar una práctica sobre un banco didáctico. El segundo análisis corresponde a la selección de los materiales, para lo cual se utilizará un análisis jerárquico, mismo que permitirá obtener las mejores características técnicas sobre otros elementos (Jiménez. P, 2020, p.5).

5.4 Matriz QFD

Esta matriz nos muestra los requerimientos que debe poseer la estructura del banco en torno a las necesidades del consumidor, aquí se establecen los parámetros o matrices de diseño que deben poseer, entre estos parámetros tenemos que debe ser ergonómico, liviano, de buen acabado, económico, seguro y sobre todo que el banco sea didáctico en relación con las prácticas que se puedan realizar, en la siguiente Figura 45, se muestra la matriz QFD en forma casa, la cual indica los diferentes puntos de la estructura.

Figura 45.

Partes de una matriz QFD en forma de casa



Nota: Fotografía elaborada por el autor.

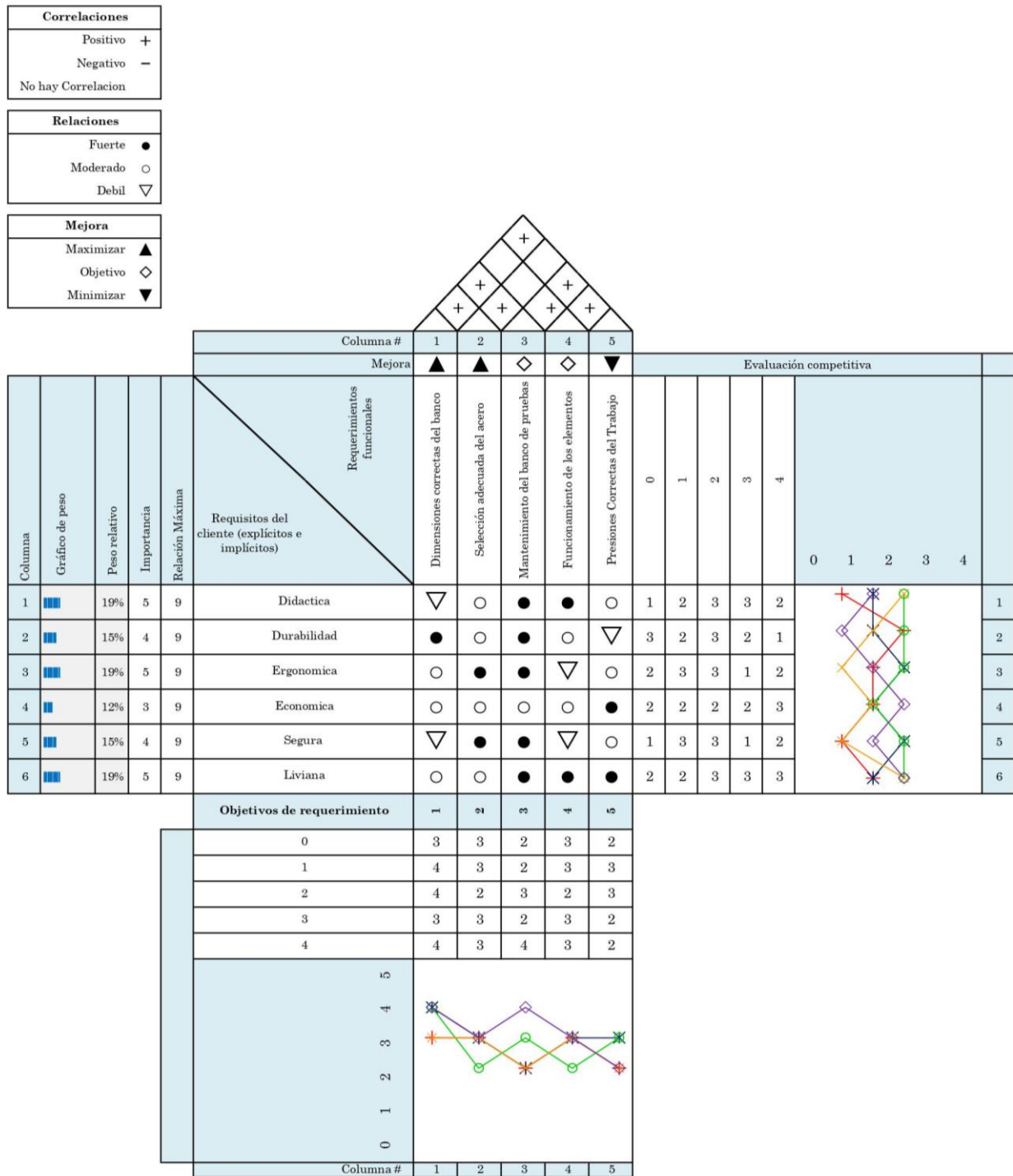
La matriz QFD se compone de 8 fases y cada una consiste:

- **Primera fase:** Organiza las necesidades o requerimientos y establece el factor de importancia de cada una de estas necesidades, otorgando a cada uno el valor de 0 al 5.
- **Segunda fase:** Consiste en posicionar la competencia en cada requisito del cliente, aquí se necesita tener el nivel de cumplimiento requerido dando un valor de 0 que es muy malo hasta 5 como excelente.
- **Tercera fase:** Se deben definir los parámetros de diseño o requerimientos técnicos con la finalidad de satisfacer los requerimientos del cliente especificados.
- **Cuarta fase:** Los parámetros de diseño o requerimientos técnicos se deben definir a cada símbolo con un valor determinado como: relación fuerte (●) equivale al número 9; relación moderada (○) equivale al número 3; relación débil o baja (▼) equivale al número 1 y cuando no existe relación se deja el espacio vacío y equivale al número 0.
- **Quinta fase:** Los parámetros de diseño se deben relacionar de acuerdo a su símbolo, el signo más (+) significa una correlación positiva y el signo menos (−) indica una correlación negativa.
- **Sexta fase:** Se debe evaluar el desempeño de los productos competidores en cada parámetro de diseño de forma similar a la evaluación competitiva.

- **Séptima y octava fase:** Se analiza la puntuación obtenida, la cual consiste en obtener una evaluación de la importancia técnica, que es una combinación de la relación de los requerimientos técnicos y el factor de importancia de los requerimientos del cliente.

En la Figura 46, se indica los requerimientos para la estructura del banco didáctico.

Figura 46.
Matriz QFD de la estructura del banco didáctico



Nota: Fotografía elaborada por el autor.

5.5 Elección del material

Para elegir el mejor material que se utilizará en la construcción del banco didáctico, nos valdremos del software Expert Choice 11, este software ayuda a tomar una mejor decisión valiéndose de un análisis multicriterio.

Para la técnica del Proceso de Análisis Jerárquico (PAJ) se establecen tres etapas, el superior que lleva consigo el objetivo de la decisión, el segundo nivel contiene los criterios y el último lleva las alternativas.

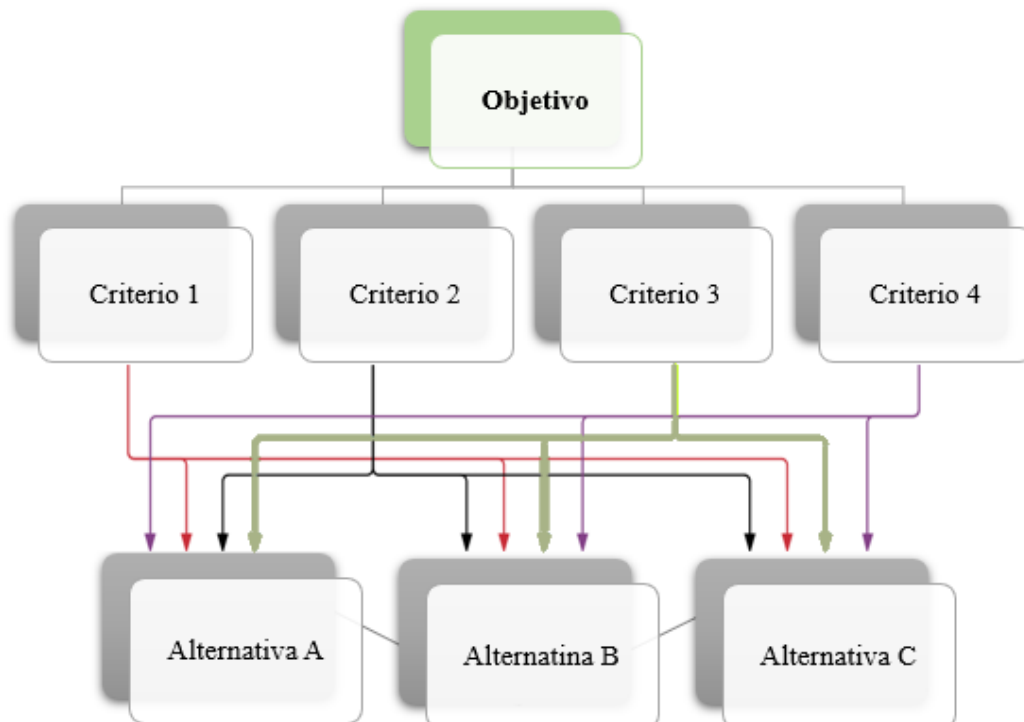
Cabe decir que el PAJ permite evaluar la consistencia de los juicios mediante el cálculo de la razón de consistencia, para considerarse como aceptable debe ser igual o estar por debajo del valor 0.1.

El Proceso de Análisis Jerárquico está diseñado para resolver problemas complejos de criterios múltiples, esto requiere de toma de decisiones conforme a las evaluaciones de cada uno de los criterios, especificando la preferencia con respecto a cada una de las alternativas de decisión y para cada criterio, dando como resultado una jerarquización de mayor preferencia de acuerdo a cada una de las alternativas de decisión dadas.

En la Figura 47, se muestra un modelo jerárquico, el cual indica los criterios y alternativas que se toman para la selección del material.

Figura 47.

Modelo jerárquico de la toma de decisiones de la estructura



Nota: Elaborado por el autor.

5.6 Materiales para el tubo estructural

Los materiales seleccionados fueron los de mayor disponibilidad que se encuentran en el mercado para la construcción de la estructura, lo que garantiza un tiempo de entrega corto y sus costos sean accesibles, en la Tabla 5, que se muestra a continuación, se indica las características principales de los tubos seleccionados mediante la información que proporciona el software CES EduPack, tomando como referencia las normas de calidad de construcción, ya que los fabricantes de los perfiles estructurales omiten la ficha técnica con las características específicas del material.

Tabla 5.

Características de materiales para estructura

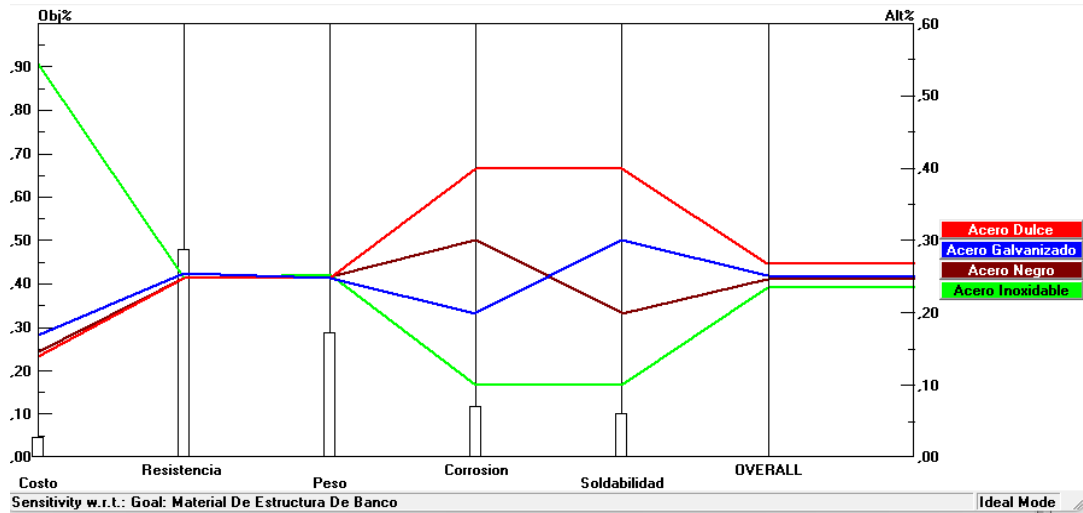
| Material | Precio | Módulo de corte | Densidad | Resistencia a la corrosión | Soldabilidad |
|--------------------------|---------------|------------------------|-------------------------|-----------------------------------|---------------------|
| Unidades | USD/kg | GPa | kg/m^3 | Escala 1-4 | Escala 1-4 |
| Acero galvanizado | 0,92 | 74-81 | $7,8-7,9 \times 10^3$ | 2 | 3 |
| Acero al carbono | 0,75 | 79-84 | $7,8-7,9 \times 10^3$ | 4 | 4 |
| Acero inoxidable | 2,93 | 79-84 | $7,85-8,06 \times 10^3$ | 1 | 1 |
| Acero negro | 0,78 | 79-84 | $7,8-7,9 \times 10^3$ | 3 | 2 |

Nota: Se seleccionaron 4 tubos de acero, de los cuales se escoge el que mejor prestación tenga para su construcción. Fuente: Elaborado por el autor.

Para elegir el material correcto de la estructura se seleccionaron varios criterios, los cuales son: costo, peso, propiedades y resistencia a la corrosión. Luego se realizó la valoración de los datos de cada material mediante software Expert Choice, la Figura 48, muestra los resultados obtenidos en el programa. Se puede observar que la mejor opción con respecto de los demás materiales analizados es el acero dulce, presenta mejores prestaciones ante la corrosión y soldabilidad.

Figura 48.

Comportamientos de material de la estructura



Nota: Fotografía elaborada por el autor.

5.7 Materiales para la plancha estructural

Para la selección de la plancha o chapa metálica, donde serán acoplados los elementos del sistema de frenos neumáticos, deberá cumplir con ciertas características como ser resistente a los golpes y fácil de manipular, para realizar cualquier trabajo como cortes o agujeros para montar ciertos elementos como válvulas, depósitos de aire, cañerías, etc. Cabe mencionar, que el material utilizado es una plancha de acero galvanizado, este cumple con una serie de parámetros para su manejo, en la Tabla 6, se muestran los materiales de plancha que se pueden utilizar.

Tabla 6.

Características de plancha metálica para estructura

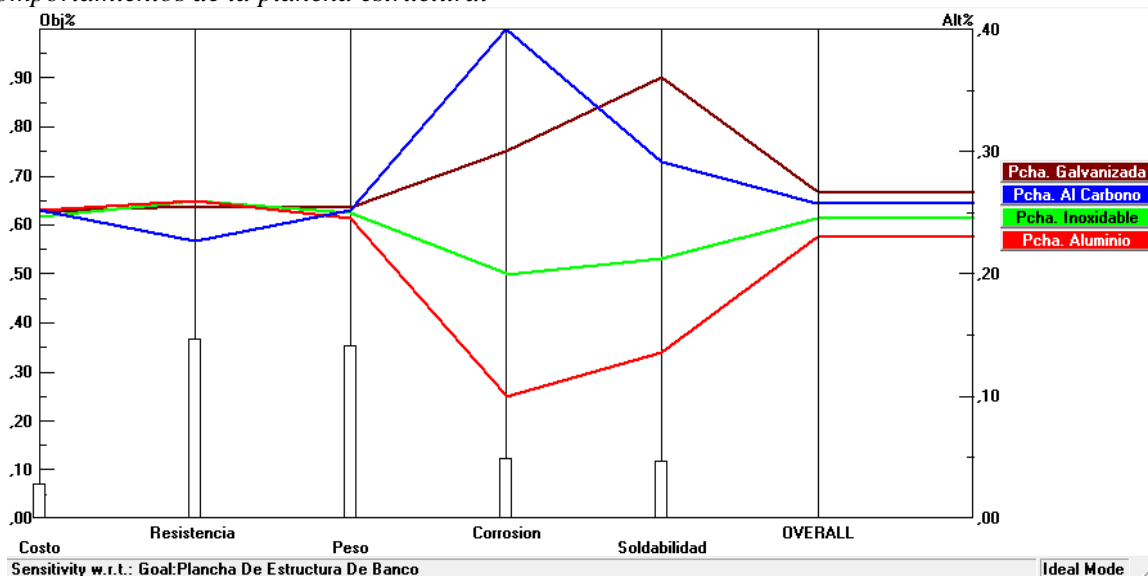
| Material | Precio | Módulo de corte | Densidad | Resistencia a la corrosión | Soldabilidad |
|---|--------|-----------------|--------------------|----------------------------|--------------|
| Unidades | USD/kg | GPa | kg/m^3 | Escala 1-4 | Escala 1-4 |
| Chapa/ plancha de acero al carbono | 2,68 | 75-85 | $7,9 \times 10^3$ | 4 | 3 |
| Chapa/ Plancha de aluminio | 2,68 | 74 | $7,7 \times 10^3$ | 1 | 2 |
| Chapa/ plancha de acero inoxidable | 2,62 | 74 | $7,85 \times 10^3$ | 2 | 1 |

| | | | | | |
|--|------|----|--------------------|---|---|
| Chapa/ plancha de acero galvanizado | 2,65 | 75 | 7.95×10^3 | 3 | 4 |
|--|------|----|--------------------|---|---|

Nota: Para la selección de plancha se seleccionaron 4 de las cuales se escoge la que mejores prestaciones presente. Fuente: Elaborado por el autor.

En la Figura 49, se indica los materiales de plancha que se encuentran en el mercado ecuatoriano, siendo estos: plancha de acero al carbono, plancha de aluminio, plancha de acero inoxidable y por último la plancha galvanizada. Luego de tener completado los parámetros de cada plancha de acero en el programa Expert Choice 11, se ha determinado que la mejor plancha para la estructura del banco es una de acero galvanizado, la cual presenta buena resistencia mecánica y es aceptable para la soldabilidad.

Figura 49.
Comportamientos de la plancha estructural



Nota: Fotografía elaborada por el autor.

5.8 Modelado de la estructura del banco didáctico

Para el diseño del banco del sistema de frenos neumáticos se debe tener en cuenta múltiples aspectos para asegurar su eficacia y seguridad. Además de las dimensiones y la funcionalidad, es fundamental considerar la estética y la ergonomía para garantizar una experiencia de uso cómodo. También se deben tener en cuenta las cargas concentradas que actúan sobre la estructura del banco para asegurar una buena resistencia y estabilidad durante la operación para desarrollar las prácticas.

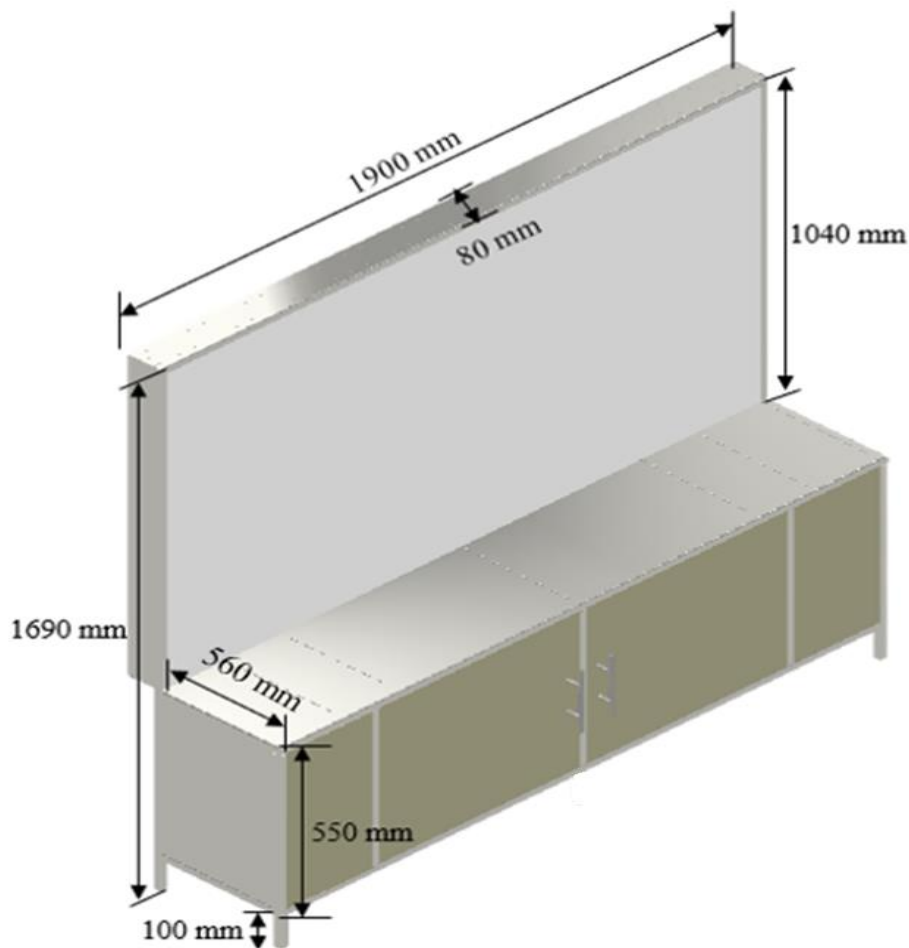
Al momento de realizar el modelado del banco didáctico y sus planos de construcción, se empleó el programa Autodesk Inventor, dicho software de CAD ofrece una serie de parámetros como el diseño mecánico en 2D y 3D, como también herramientas de simulación las cuales nos permiten ver el comportamiento de la estructura.

El modelado y diseño del banco didáctico se realizó mediante el uso del software CAD Autodesk Inventor, el cual ofrece una amplia variedad de herramientas y parámetros para el diseño mecánico en 2D y 3D. También proporciona una serie de herramientas de simulación que nos permiten analizar y evaluar el comportamiento de la estructura ante diferentes cargas y condiciones de uso.

En la Figura 50, se puede observar el modelo tridimensional de la estructura del banco didáctico de frenos neumáticos, el cual fue diseñado teniendo en cuenta los parámetros identificados en la Tabla 3, previamente analizados. Este modelo proporciona información detallada sobre las dimensiones y características de la estructura.

Figura 50.

Diseño y estructura del banco didáctico



Nota: Fotografía elaborada por el autor.

5.9 Simulación para el análisis de la estructura

El análisis de estructura conlleva una serie de parámetros, entre estos tenemos:

5.9.1 Análisis de tensión

Mediante el software Autodesk Inventor, se realizó un análisis de esfuerzo y deformación de la estructura del banco didáctico de frenos neumáticos. Este análisis permitió aplicar restricciones y cargas a la estructura para evaluar su resistencia y comportamiento ante diferentes situaciones. Asimismo, se seleccionó el material más adecuado y se evaluaron los resultados obtenidos para verificar si la estructura cumple con los requerimientos necesarios.

5.9.2 Restricciones

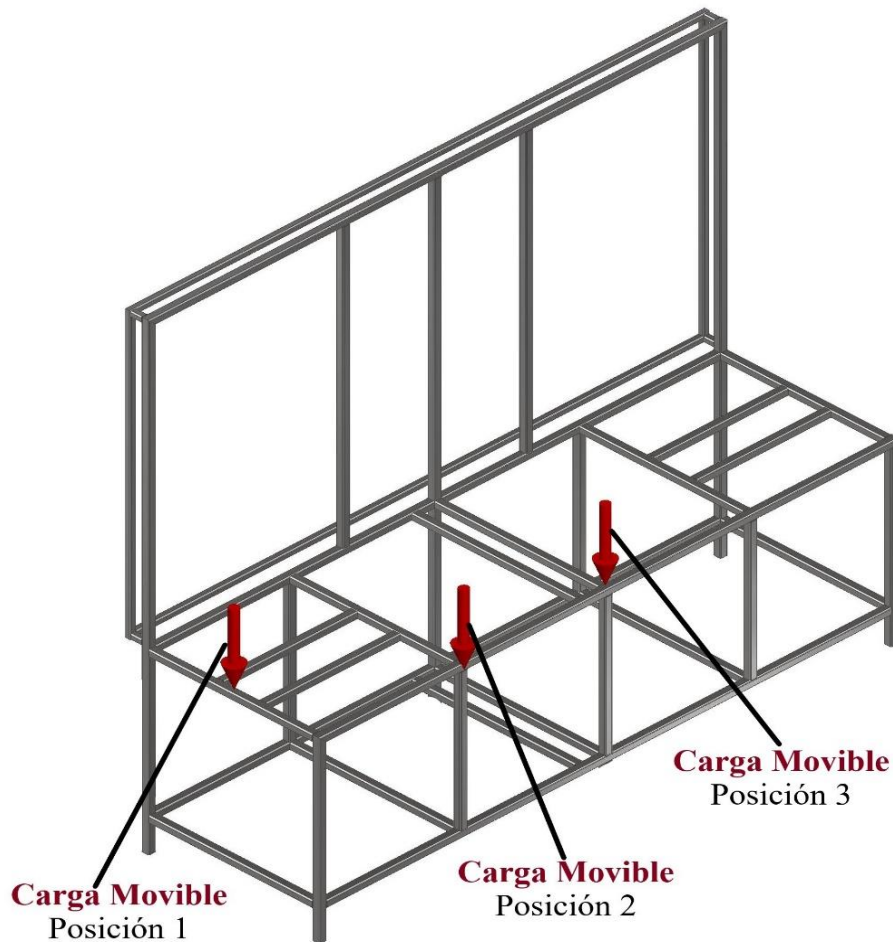
Los cuatro apoyos en la estructura del banco de frenos se consideran fijos debido a la incorporación de ruedas con freno que evitan el desplazamiento de la estructura. Estas restricciones en el diseño estructural garantizan una buena estabilidad y seguridad del banco durante el uso en las prácticas.

5.9.3 Cargas en la estructura

Para la estructura se tomó en cuenta diferentes cargas como se muestran en los siguientes apartados:

5.9.3.1 Cargas móviles. La Figura 51, muestra el diseño estructural del banco de pruebas, señalando que las flechas de color rojo son las cargas móviles que corresponden a una persona subida en el banco, para esto se han tomado 3 posiciones de las cuales se hace una simulación en el programa y poder ver cuál es la posición que mayor deformación presenta, para esto se agregó el peso de una persona de 55 kg y luego transformarla a una carga de 539 Newtons.

Figura 51.
Cargas móviles en la estructura de banco



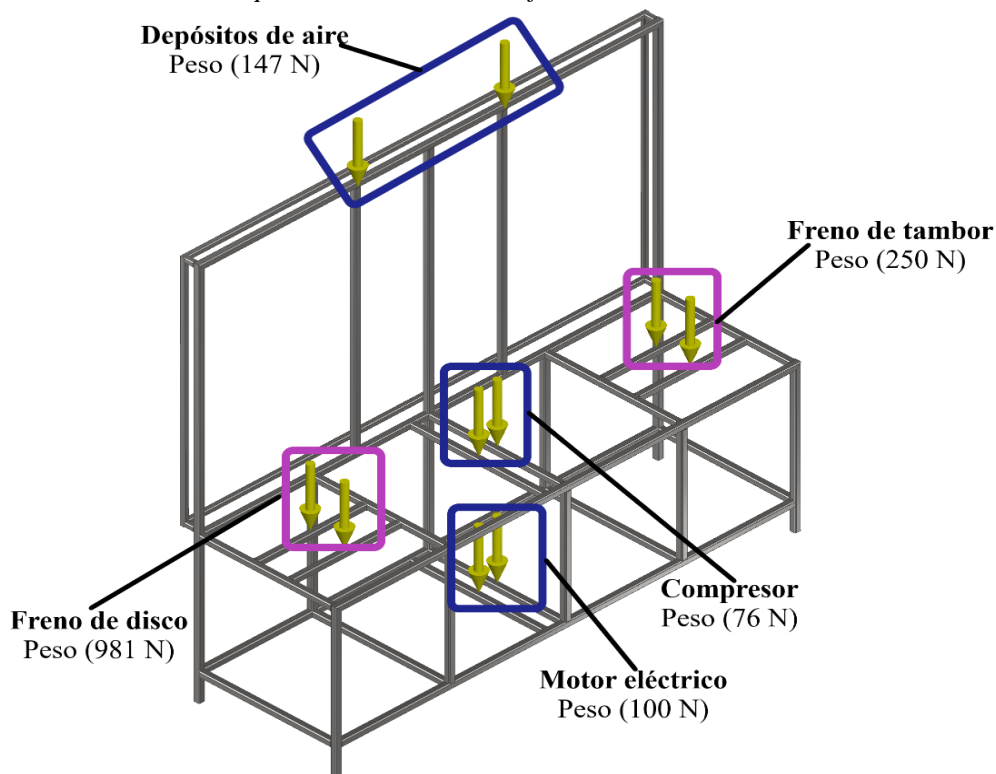
Nota: Fotografía elaborada por el autor.

5.9.3.2 Cargas uniformemente distribuidas. En la Figura 52, que se presenta a continuación, se puede observar que, para el análisis estructural del banco de pruebas, se han considerado los pesos de los elementos más pesados, los cuales se pueden dividir la carga o peso en 2 o 4 partes, tales como el motor eléctrico y compresor. Estos pesos se obtuvieron mediante los códigos que se encuentran en una parte superior o lateral del elemento. Una vez obtenidos estos datos, se consultaron las especificaciones técnicas correspondientes.

Para los elementos como los depósitos de aire, freno de disco y freno de tambor, se utilizó una balanza para determinar su peso. Luego, se procedió a agregar las cargas uniformemente distribuidas en la estructura y se realizó la simulación correspondiente en el programa.

Figura 52.

Valores de los elementos más pesados del sistema de frenos neumáticos.



Nota: Fotografía elaborada por el autor.

5.9.4 Análisis de estructura

Para el análisis de estructura las propiedades mecánicas y peso dependen del tipo de acero y perfil tubular, para esto se utilizó la norma ASTM A36, que es comúnmente utilizado en la fabricación de estructuras, para esto se tiene:

- El límite elástico de un tubo estructural es la carga máxima que el material puede soportar antes de comenzar a deformarse de manera permanente. El límite elástico del acero al carbono varía dependiendo del grado y el tratamiento térmico, pero puede oscilar entre 250 MPa.
- El acero al carbono de un tubo cuadrado estructural de 25x25mm con un espesor de 2 mm, tiene un peso de 1,36 kg/m lo que significa que el peso en la estructura del banco no será muy elevado, tampoco muy rígido y robusto.

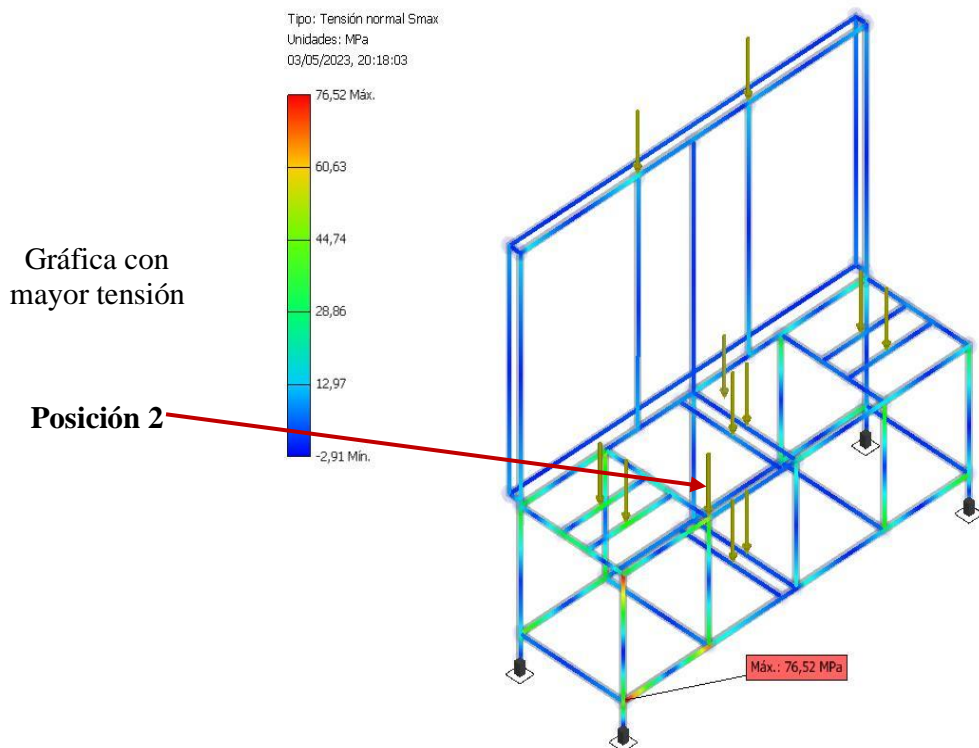
De acuerdo al coeficiente de seguridad descrito por Robert Mott, para las estructuras de acero comprenden un valor de 2.5, 4 o más alto para el diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo carga dinámica, con incertidumbre sobre las cargas, las propiedades del material, el análisis de tensiones o el entorno (Mott. R, 2017, p.189).

En la Tabla 7, se muestra las dimensiones de un perfil de estructura de 25x25x2 mm que podría llevar la estructura donde se encuentran ubicados los pesos de los elementos, como el de la persona ubicada en cargas uniformemente distribuidas como movibles, mediante el análisis estático de estructura realizado en el programa Inventor el cual determina el peso de la estructura, tensión máxima y desplazamiento mostrando si la estructura es adecuada para su construcción. Para poder determinar el coeficiente de seguridad en las estructuras se debe tener el valor del límite elástico del material del acero al carbono que es de 250 MPa y luego dividirlo para el valor de la tensión máxima obtenida.

Tabla 7.
Análisis de estructura de tubo cuadrado de 25x25x2 mm

| Material | Análisis | Posición 1 | Posición 2 | Posición 3 |
|----------|---------------------------|------------|------------|------------|
| | Desplazamiento | 1,58 mm | 1,60 mm | 2,05 mm |
| | Coefficiente de seguridad | 3,95 | 3,26 | 3,66 |
| | Tensión | 63,26 MPa | 76,51 MPa | 68,26 MPa |

Tubo cuadrado ASTM de 25x25x2 mm



| | |
|-----------------------|----------|
| Peso | 44,61 kg |
| Coste del tubo | \$ 93.00 |

Nota: El análisis de simulación indica cual es la mayor tensión de soporte, coeficiente de seguridad, desplazamiento y peso, en la estructura con las dimensiones del tubo. Fuente: Elaborado por el autor.

Para determinar el costo de los tubos estructurales para la construcción del banco de frenos neumáticos, se procedió a consultar en el mercado del sector de construcción del Ecuador para obtener el precio promedio de cada tubo según sus dimensiones y espesor. Posteriormente, se midió la cantidad de tubos requeridos para la estructura y se calculó el costo total de los mismos. Esto permitió establecer un presupuesto adecuado para la adquisición de los materiales necesarios para la construcción del banco de frenos neumáticos.

Se llevaron a cabo dos simulaciones adicionales con diferentes medidas del perfil estructural cuadrado, las cuales se detallan en los anexos 2 y 3. En cada simulación se muestra el valor del desplazamiento, el coeficiente de seguridad, la tensión, peso y costo del tubo utilizado en la estructura. Estos resultados fueron obtenidos con el objetivo de evaluar diferentes opciones de perfil estructural y determinar el que mejor se adapta a las necesidades de la estructura en términos de resistencia, estabilidad y coste.

5.10. Resultados finales del estudio

En la Tabla 8, se presenta un resumen de los datos obtenidos en el análisis estructural, en el cual se considera la posición más crítica de cada perfil seleccionado para la estructura. Es decir, se presenta la información correspondiente a la peor posición encontrada en cada caso, con el fin de facilitar la comparación y selección del perfil más adecuado para la construcción de la estructura.

Tabla 8.
Tabulación de datos del perfil de estructura

| Perfil de estructura | Desplazamiento máximo | Coefficiente de seguridad | Tensión normal máxima | Peso | Coste |
|--|------------------------------|----------------------------------|------------------------------|-------------|--------------|
| Tubo cuadrado de 25x25x2 mm (Posición 2) | 1,60 mm | 3,26 | 76,51 MPa | 44,61 kg | \$ 93.00 |
| Tubo cuadrado de 30x30x2 mm (Posición 3) | 1,08 mm | 5,69 | 43,93 MPa | 53,06 kg | \$ 113.50 |
| Tubo cuadrado de 40x40x2 mm (Posición 2) | 0,41 mm | 9,41 | 26,56 MPa | 69,68 kg | \$ 139.50 |

Nota: La tabulación de datos indica la mejor selección de tubo debido a su tensión máxima, coeficiente de seguridad, peso y coste. Fuente: Elaborado por el autor.

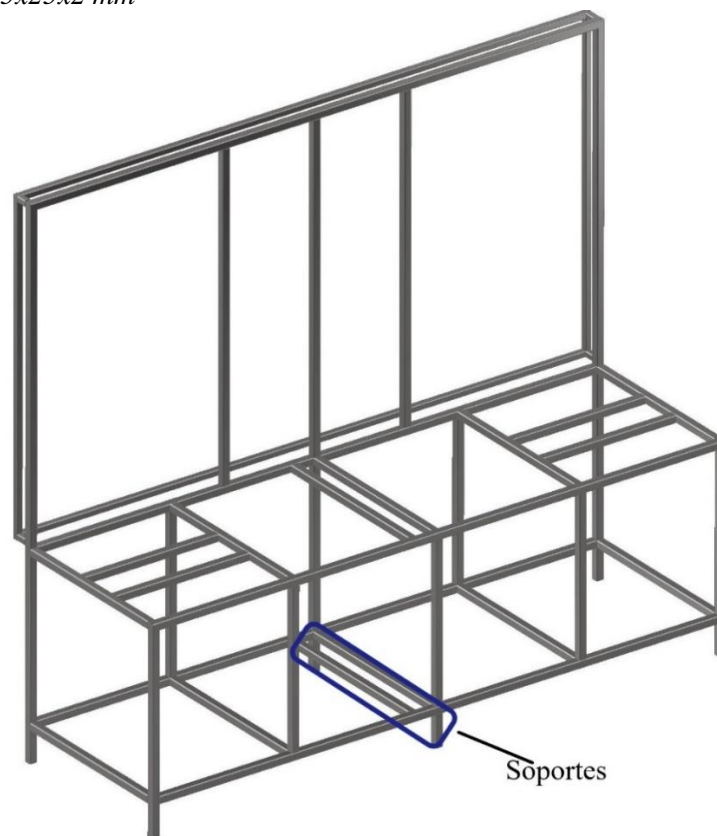
Después de analizar todos los datos obtenidos, se tomó la decisión de utilizar en la construcción del banco de frenos neumáticos el perfil cuadrado de 25x25 con un espesor de 2 mm. Esta elección se basó en su menor peso en comparación con las otras estructuras analizadas, así como en su costo más accesible para la construcción.

5.10.1 Optimización del perfil de estructura

Con el objetivo de optimizar el perfil de estructura de 25x25x2 mm, se ha decidido añadir dos soportes de base en la parte central. Esto permitirá reducir la tensión en la estructura, aumentar el coeficiente de seguridad y tener un menor desplazamiento. La Figura 53, muestra la incorporación de estos soportes en el diseño final de la estructura.

Figura 53.

Perfil de estructura 25x25x2 mm



Nota: Fotografía elaborada por el autor.

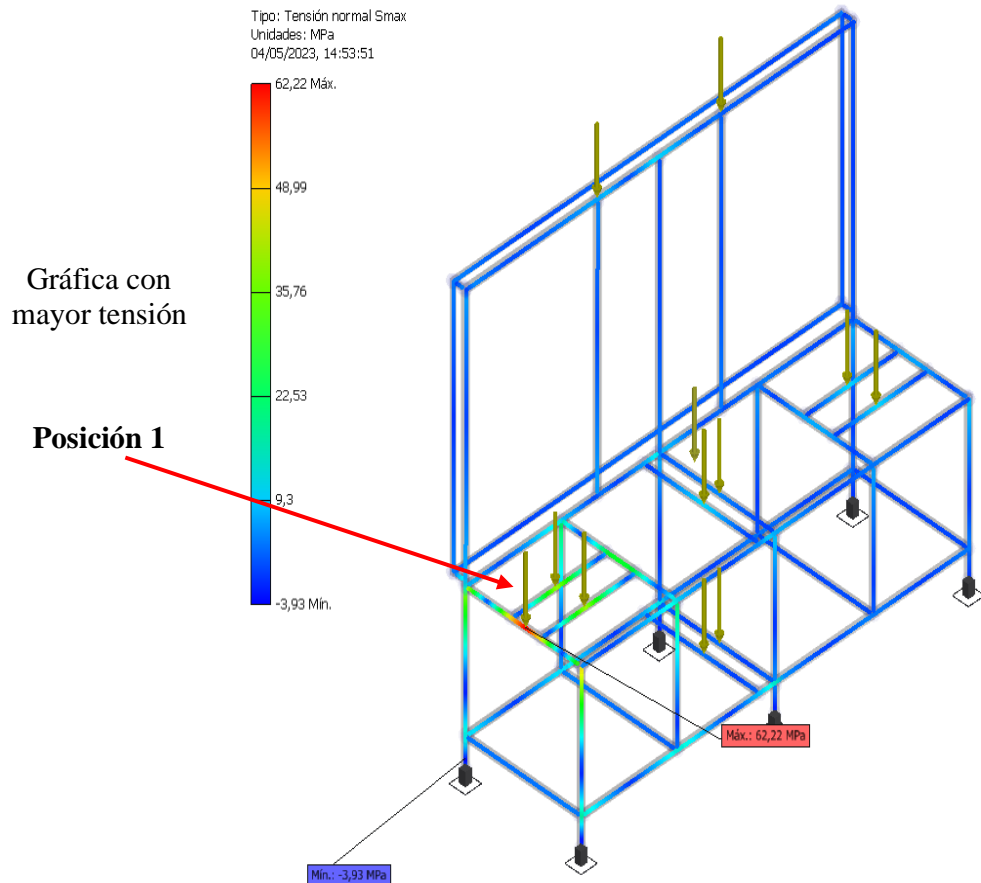
La Tabla 9, muestra las dimensiones del perfil de estructura de 25x25x2 mm que se ha seleccionado para la construcción del banco de frenos neumáticos. Se han incorporado dos soportes de base en la parte central de la estructura, lo que ha permitido obtener una menor tensión y un coeficiente de seguridad. Además, se ha observado una variación considerable en el desplazamiento en comparación con las simulaciones anteriores.

Tabla 9.

Análisis de estructura del tubo cuadrado de 25x25x2 mm

| Material | Análisis | Posición 1 | Posición 2 | Posición 3 |
|----------|---------------------------|------------|------------|------------|
| | Desplazamiento | 1,55 mm | 1,10 mm | 0,87 mm |
| | Coefficiente de seguridad | 4,01 | 5,24 | 6,43 |
| | Tensión | 62,21 MPa | 47,65 MPa | 38,83 MPa |

Tubo cuadrado ASTM de 25x25x2 mm



| | |
|-----------------------|----------|
| Peso | 44,88 kg |
| Coste del tubo | \$ 93.00 |

Nota: Selección del tubo cuadrado para la construcción del banco de frenos neumáticos. Fuente: Elaborado por el autor.

La incorporación de los dos soportes de base en la estructura ha permitido una optimización del perfil de estructura de 25x25x2 mm. En cuanto a la tensión, se ha obtenido una reducción significativa en todas las posiciones, en comparación con las simulaciones anteriores, lo que indica una mejora en la resistencia de la estructura. Con respecto al peso de la estructura, se ha observado una leve variación en comparación con la simulación anterior.

5.11 Construcción del banco didáctico

5.11.1 Cortes de bases y uniones de la estructura

Para elaborar el banco didáctico, es importante contar con todos los equipos y herramientas necesarios para cada actividad definida. Entre las herramientas principales requeridas para la elaboración de la estructura se encuentran el amolador, sierras manuales, discos de corte, limas, escuadras magnéticas, flexómetro, electrodos 6013 AGA y soldadora eléctrica.

Para comenzar la construcción de la estructura del banco didáctico, es necesario utilizar las herramientas adecuadas y los planos computacionales. Para ensamblar las bases de la estructura del tubo seleccionado de 25x25x2 mm, se utilizaron escuadras magnéticas que permiten fijar los tubos metálicos antes de proceder a su soldadura., tal como se indica en la Figura 54.

Figura 54.

Construcción del banco didáctico



Nota: Fotografía tomada por el autor.

Para asegurar buena rigidez en la estructura, los cortes del tubo se hicieron a 45 grados en la Figura 55, se muestra el corte realizado.

Figura 55.

Cortes de tubos a 45°



Nota: Fotografía tomada por el autor.

5.11.2 Pulimento y limpieza de partículas

En los distintos puntos de soldadura por efecto del arco eléctrico se asientan puntos de suelda en zonas cercanas al cordón de unión, esto requiere ser limpiado para mejorar la estética del material, en la Figura 56, se muestra el pulido de la estructura.

Figura 56.

Pulimento de partículas



Nota: Fotografía tomada por el autor.

5.11.3 Montaje de elementos mecánicos y eléctricos

Una vez terminada la estructura se procedió a tomar las respectivas medidas para colocar los elementos más pesados del sistema de frenos neumáticos en su lugar como es el freno de tambor, freno de disco, compresor y motor eléctrico, en la Figura 57, se muestra la ubicación de cada uno de estos componentes.

Figura 57.

Ensamble de los componentes del banco de frenos



Nota: Fotografía tomada por el autor.

5.11.3 Montaje de la plancha metálica

Una vez construida la estructura metálica y terminado de ubicar los elementos del sistema, se realizó las respectivas medidas de corte y dobleces en la plancha para luego ensamblarlas en la estructura, considerando que algunas partes del sistema soporta pesos elevados, se incorporó planchas metálicas con un espesor de 2 mm la cual se encuentra ubicada en la mesa de trabajo y en la base del motor eléctrico, mientras que para los diferentes lados de la estructura se ha procedido a cubrir con planchas metálicas con espesor de 1.25 mm. Así mismo se realizó el montaje de las ruedas para facilitar su movimiento y transporte, en la Figura 58, se muestra el montaje de planchas y ruedas en la estructura.

Figura 58.

Fijación de planchas metálicas



Nota: Fotografías tomadas por el autor.

5.11.4 Pintado del banco experimental

Antes de proceder a pintar la estructura, se llevó a cabo una limpieza exhaustiva del banco de pruebas con el fin de eliminar cualquier punto de oxidación y asegurar una buena adherencia de la pintura al material de acero.

Para prevenir la oxidación y prolongar la vida útil del material estructural, se llevó a cabo un proceso de pintura que también tuvo como objetivo mejorar su aspecto estético. En primer lugar, se aplicó una capa de pintura de fondo gris sobre la estructura, lo que permitió una mejor durabilidad de la pintura. Posteriormente, se procedió a pintar con una capa de color plata para lograr un acabado óptimo. En la Figura 59, se pueden observar algunos de los procesos llevados a cabo durante el pintado de la estructura.

Figura 59.

a) *Fondeado* b) *Pintado*



a

b

Nota: Fotografías tomadas por el autor.

5.11.5 Reacondicionamiento de componentes del banco estructural.

Se procedió a lijar y pulir los elementos, tales como el disco de frenos, depósitos de aire y las bases de los frenos de disco y tambor, con el objetivo de mejorar su estética y durabilidad. Posteriormente, se llevó a cabo el proceso de pintado, tal como se muestra en la Figura 60.

Figura 60.

Reacondicionamiento de los elementos mecánicos



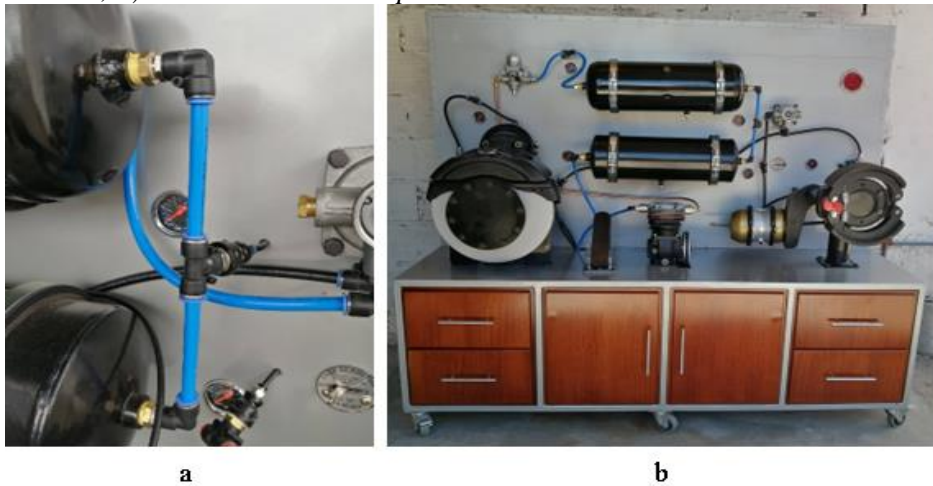
Nota: Fotografías tomadas por el autor.

5.11.6 Montaje de componentes del banco estructural

Después de finalizar la construcción y el acondicionamiento del banco con los elementos mecánicos adquiridos, se llevó a cabo el ensamblaje de los mismos y luego se procedió a la conexión de las cañerías de presión del sistema de frenos. En la Figura 61, se puede observar el ensamblaje de los componentes y la conexión de las cañerías de aire.

Figura 61.

a) Cañerías de aire; b) Ensamble de los componentes mecánicos



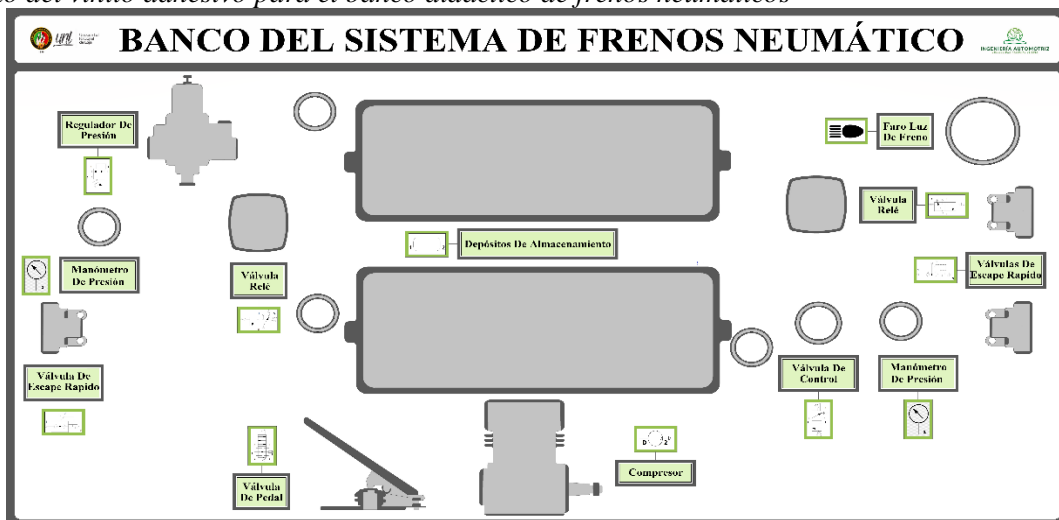
Nota: Fotografías tomadas por el autor.

5.11.7 Diseño de vinilo adhesivo

El diseño del vinilo para el banco didáctico se realizó tomando todas las medidas del plano de trabajo y utilizando el software Inventor para agregar las dimensiones y dar color a las figuras, letras y logotipos. En la Figura 62, se puede observar el resultado final del diseño del vinilo.

Figura 62.

Diseño del vinilo adhesivo para el banco didáctico de frenos neumáticos



Nota: Fotografía tomada por el autor.

5.11.8 Ubicación del vinilo

Una vez impreso el vinilo, se procedió a limpiar minuciosamente la superficie antes de su colocación. En la Figura 63, se muestra cómo se realizó el proceso de colocación del vinilo. De esta manera, se logró una caracterización visual del banco que facilita su diagnóstico y la identificación de cada uno de sus elementos mecánicos.

Figura 63.

Colocación del vinilo en el plano de trabajo

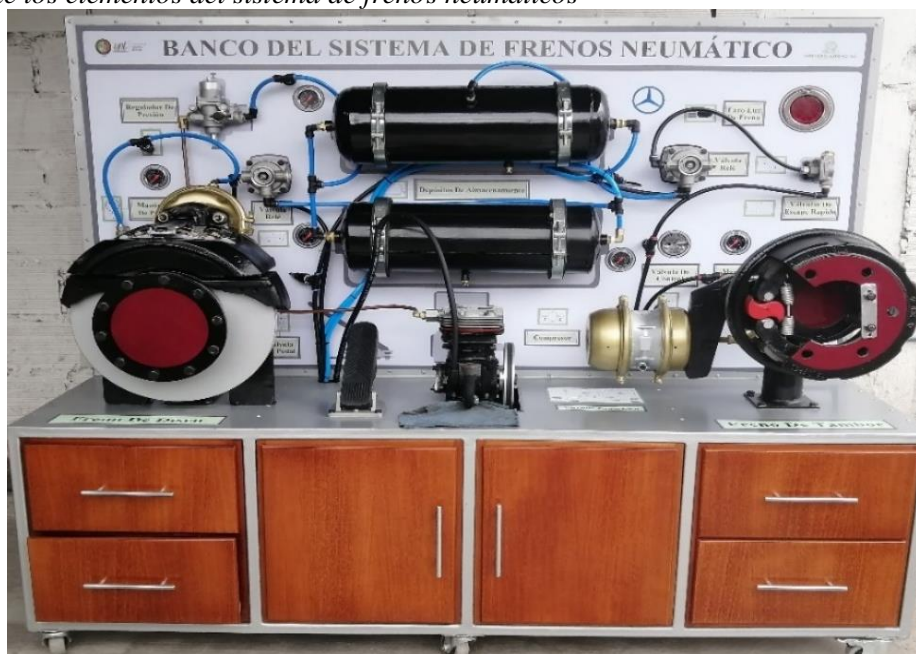


Nota: Fotografía tomada por el autor.

Después de haber colocado el vinilo, se procede con el ensamblaje de todos los componentes del sistema de frenos neumáticos, como se muestra en la Figura 64.

Figura 64.

Ensamble de los elementos del sistema de frenos neumáticos



Nota: Fotografía tomada por el autor.

6. Resultados

6.1 Resultados de los cálculos del banco del sistema de frenos neumáticos

Los cálculos realizados se los ha tomado mediante los datos reales en el banco de pruebas del sistema de frenos neumáticos como: la presión de trabajo de 8 bares mediante el manómetro de presión, el área del diafragma de 180 mm medida por un calibrador, nos sirven para determinar los esfuerzos del frenado que hay en el sistema mediante fórmulas. Estos mismos datos permiten ver el consumo de aire que hay en el sistema siendo de los diámetros del pistón de 120 mm y vástago 15.5 mm tomados por calibrador, la carrera del vástago de 100 mm, longitud de la tubería de 15 m distancia tomada por las conexiones de los elementos del banco de pruebas medidos por un flexómetro, y diámetro de la cañería interno de 8 mm medido por medio del calibrador, mientras que los ciclos de trabajo que se dan en un minuto que en este caso se contó la cantidad de veces que el conductor pisó el pedal de freno, se los ha realizado mediante pruebas en 5 vehículos resultando un total de 10 ciclos de trabajo en ese periodo de tiempo dado de un minuto como también se ha tomado la presión atmosférica de la ciudad de Loja siendo esta de 1 bar para los respectivos cálculos, y también determinar el rango del valor del coeficiente de fricción de la zapata y tambor teniendo en cuenta varios puntos a considerar se ha determinado que el valor de coeficiente de fricción es de 0,35. Con todos estos resultados se ha determinado un consumo de aire durante el funcionamiento de $3,31 \frac{l}{s}$. Así mismo, estos datos mencionados anteriormente sirven para calcular pérdida de presión en el sistema de frenos neumáticos realizada en el nomograma, considerando varios criterios para el manejo de la tabla se ha determinado una pérdida de aire durante su funcionamiento de 0.005 bares, en la Figura 65, se muestran las medidas tomadas con el calibrador de algunos componentes del sistema de frenos neumáticos.

Figura 65.

Medidas de los elementos del sistema de frenos neumáticos



Nota: Fotografías tomadas por el autor.

6.2 Disposición final del banco de frenos neumáticos

En la Figura 66, se observa el banco de frenos neumáticos, en la parte superior marcado como zona “A”, se encuentra el panel de trabajo, el cual consta con todos los elementos como: válvulas, compresor, depósitos de aire, mangueras de presión, neplós y soportes que sostienen tanto el freno de disco y freno de tambor neumático.

En la parte inferior “B” del banco didáctico se encuentra ubicado el motor eléctrico, el cual es de suma importancia para accionar el compresor, además este compartimiento acopla cajones los cuales sirven para guardar cualquier instrumento de medida, sean estos manómetros de presión, herramientas como juego de llaves, desarmadores, alicates, Entre otros, así mismo, disponer de repuestos como válvulas, pulmones desarmados, neplós, mangueras, etc., ya que pueden ser de utilidad para el desarrollo de las prácticas.

Figura 66.

Vista completa del banco didáctico de frenos neumáticos



Nota: Fotografía tomada por el autor.

6.3 Validación mediante puesta en funcionamiento

Con todos los elementos ensamblados en el banco didáctico de frenos neumáticos y dispuestos correctamente, se procede al conexionado del sistema mediante sus mangueras y neplós para luego proceder a cargar el sistema a través del compresor, hasta llegar a una presión óptima de trabajo que es de 8 bar, esta presión es controlada a través de una válvula reguladora

y manómetros de presión instalados. En la Figura 67, se puede observar que, al accionar la válvula de pedal, el faro de luz se enciende indicando que el sistema está efectuando el frenado y accionando los frenos.

Figura 67.

Funcionamiento de los sistemas del banco de frenos neumático



Nota: Fotografía tomada por el autor.

De igual forma, en la Figura 68, se puede ver la activación o desplazamiento de las pastillas que se encuentran en la mordaza por el accionamiento del pedal de freno. Como también se puede ver cómo están ubicadas las pastillas antes de hacer su trabajo en la mordaza.

Al estar accionado el freno de disco, los pistones salen y la pastilla interna como externa se desplazan y se detiene el disco produciendo el frenado en el sistema.

Figura 68.

Accionamiento de las pastillas de freno de disco



Con Accionamiento

Nota: Fotografía tomada por el autor.

Así mismo en la parte interna del freno de tambor se dispone de una leva “s” la cual cambia de posición al momento de accionar el pedal de freno, en la Figura 69, se puede observar la posición en la que se encuentra al estar accionada. Cuando se acciona la leva “s” se mueve las zapatas produciendo el frenado con el tambor.

Figura 69.

Accionamiento de las zapatas del freno de tambor



Con Accionamiento

Nota: Fotografía tomada por el autor.

6.4 Técnica del muestreo

Se implementará la técnica del tamaño de muestra para evaluar el banco de pruebas de sistemas de frenos neumáticos en la Universidad Nacional de Loja. Con el fin de garantizar la representatividad de la muestra, se considerará la asignatura de sistemas de transmisión y frenado, que consta de la unidad de sistemas de frenos y, específicamente, del subcontenido de frenos neumáticos. Para determinar el tamaño de la muestra, se tomará en cuenta la población total de estudiantes que pueden acceder al banco de pruebas en cada ciclo. Dado que la capacidad máxima de alumnos por aula es de 30 estudiantes, se establecerá un número representativo a incluir en la muestra.

Existen otras asignaturas como la de maquinaria pesada, la cual queda excluida de la población ya que los contenidos mínimos no se encuentran enfocados a la práctica de mantenimiento y desmontaje de los elementos, sino más bien a la administración, a la electrohidráulica las cuales no se pueden estudiar en el banco de pruebas, así como, otras asignaturas que simplemente analizaran los componentes mecánicos pero no prácticas como tal, además las prácticas están enfocadas únicamente para la asignatura de sistemas de transmisión y frenado.

Antes de utilizar la ecuación la cual determinara la cantidad de estudiantes a encuestar se tiene que tomar en cuenta los siguientes pasos (González EG & Panteleeva OV, 2016, p.14):

- Un porcentaje de confianza con el que se desea generalizar los datos de la muestra a la población. Éste lo representaremos por $1 - \alpha$ y está en estrecha relación con los intervalos de confianza. En el tamaño de la muestra se utiliza para calcular $Z_{1-\alpha}$. En general, se considera $Z_{1-\alpha} = 1,96$.
- Un porcentaje de error permitido para aceptar la generalización. Lo representaremos por ε y está estrechamente relacionado con las pruebas de hipótesis. Suele tomar valores entre 0 y 0.10, mientras más pequeño el tamaño de muestra, aumenta el porcentaje de error.
- Nivel de variabilidad, la probabilidad con la que se presentan los fenómenos de estudio, los valores serán denotados por p y $q = 1 - p$, en donde p es el porcentaje de confiabilidad. Cuando no se tienen antecedentes sobre la investigación (no hay otras o no se pudo aplicar una prueba previa), entonces el valor de variable se considera máximo, este valor resulta cuando $p = q = 0,5 = \sigma$.

Cuando se conoce el tamaño de la población, el tamaño de la muestra para estimar la media se calcula con la ecuación 15, como se muestra a continuación:

$$n = \frac{Np(1-p)Z_{1-\alpha}^2}{(N-1)\varepsilon^2 + p(1-p)Z_{1-\alpha}^2} \quad \text{Ec. (15)}$$

Donde n es el tamaño de la muestra; N es el tamaño de la población; $Z_{1-\alpha}$ es el valor de tablas de la distribución normal estándar para una probabilidad central de $1 - \alpha$; p es la variabilidad positiva (González EG, Panteleeva OV, 2016, p.15).

Para la ecuación, se tiene la población ya definida de 30 estudiantes, aquí se utiliza un nivel de confianza del 5%, un error del 5%, así como una variabilidad máxima del 0,5 ya que no se tiene información previa, se reemplazará los datos teniendo lo siguiente:

Teniendo:

$$n = \frac{30(0.5)(0.5)(1.96)^2}{(30-1)0.05^2 + (0.5)(0.5)(1.96)^2}$$

$$n = 27.89$$

Teniendo como resultado un valor de 27.89 personas a encuestar lo que resulta no muy beneficioso, para esto se tomara una muestra más pequeña.

Para lo cual se utiliza para la disminución del tamaño de la muestra cuando N es pequeña. Si el tamaño de la población no es muy grande, se tendrá un porcentaje considerable de N . Para calcular el tamaño nuevo de la muestra se utilizará la ecuación 16.

$$n = \frac{n^*N}{n^* + N} \quad \text{Ec. (16)}$$

Donde, n es el tamaño nuevo de la muestra, N es el tamaño de la población; n^* es el tamaño previo de la muestra.

Teniendo:

$$n = \frac{27.89 (30)}{27.89 + 30}$$
$$n = 14.45$$

Teniendo un resultado de 14.45, siendo más beneficio encuestar a 15 estudiantes de la carrera de ingeniería automotriz, se asegurará que los encuestados tengan conocimientos relevantes sobre el tema de los sistemas de frenos neumáticos, mejorando así la confianza y el error.

6.5 Validación estudiantil del banco didáctico de frenos neumático

Para poder determinar la facilidad de uso, operatividad y seguridad del banco, así como, establecer la coherencia y claridad de los objetivos como procedimientos planteados en las guías prácticas; se procedió a realizar encuestas a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Automotriz de los ciclos académicos comprendidos entre primero a quinto ciclo que actualmente se ofertan. Se encuestó un total de 15 estudiantes, los mismos que formaron (grupos de 3) personas, para el desarrollo de las 4 prácticas, en la Figura 70, se puede observar algunos alumnos desarrollando las prácticas.

Figura 70.

Ejecución de prácticas por parte de los estudiantes



Nota: Fotografía tomada por el autor.

Las encuestas que se realizaron se dividen en dos partes, en la primera parte se abarca la evaluación del banco de frenos neumático, la cual se estructura en diferentes secciones como: ergonomía, seguridad, equipamiento, disposición de elementos, entre otros más. Para esta encuesta se realizó 10 preguntas, las mismas que se encuentran en la Tabla 10, mismas que poseen Entre 3 y 5 respuestas de opción múltiple, la puntuación va desde los niveles (1 muy deficiente, 2 regular, 3 bueno, 4 muy bueno y 5 excelente) o también las opciones de (si, no y en parte).

Tabla 10.

Preguntas enfocadas en el uso del banco didáctico

| Nro. | Pregunta |
|-------------|--|
| 1 | ¿El banco de pruebas cuenta con toda su simbología? |
| 2 | ¿El banco de pruebas es ergonómico? |
| 3 | ¿El banco de pruebas es seguro? |
| 4 | ¿El sistema que hay en el banco de pruebas cuenta con todos los elementos necesarios para el funcionamiento? |
| 5 | ¿Cómo califica el equipamiento que posee el banco? |
| 6 | ¿Considera usted que el banco de pruebas es importante para mejorar nuestros conocimientos? |
| 7 | ¿Cuál es la percepción del aporte que genera el banco a la información? |
| 8 | ¿Se debe incorporar algún tipo de limpieza en el banco de pruebas? |
| 9 | ¿Cree usted que se sería importante disponer de un manual de usuario y mantenimiento? |
| 10 | ¿Cómo calificaría su experiencia tras usar el banco de pruebas? |

Nota: Preguntas enfocadas al uso del banco didáctico de frenos neumáticos, para a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Automotriz. Fuente: Elaborado por el autor.

La segunda parte de las encuestas está orientada a la evaluación de las guías prácticas, en la que se determina el nivel de dificultad como su entendimiento. Para esto se desarrollaron 10 preguntas, las cuales se encuentran en la Tabla 11. Esta encuesta presenta de 3 a 5 alternativas de respuesta, tal como se indicó en el párrafo anterior.

Tabla 11.*Preguntas enfocadas a las guías prácticas*

| Nro. | Pregunta |
|-------------|---|
| 1 | ¿La práctica cumple con los objetivos planteados? |
| 2 | ¿El tema de práctica es el adecuado para su ejecución? |
| 3 | ¿El tiempo para la realización de práctica es el adecuado? |
| 4 | ¿Los materiales indicados en la práctica son suficientes? |
| 5 | ¿Las actividades propuestas son eficientes? |
| 6 | ¿Las preguntas de control son pertinentes? |
| 7 | ¿Se cuenta con todos los elementos necesarios para realizar pruebas en el banco? |
| 8 | ¿El marco teórico propuesto sirve de ayuda para el desarrollo de la práctica? |
| 9 | ¿Como califica el grado de dificultad de la guía práctica? |
| 10 | ¿Considera usted que las guías prácticas llevan un buen índice para su ejecución? |

Nota: Preguntas enfocadas a las guías prácticas del banco didáctico de frenos neumáticos, para los estudiantes de la carrera de Ingeniería Automotriz. Fuente: Elaborado por el autor.

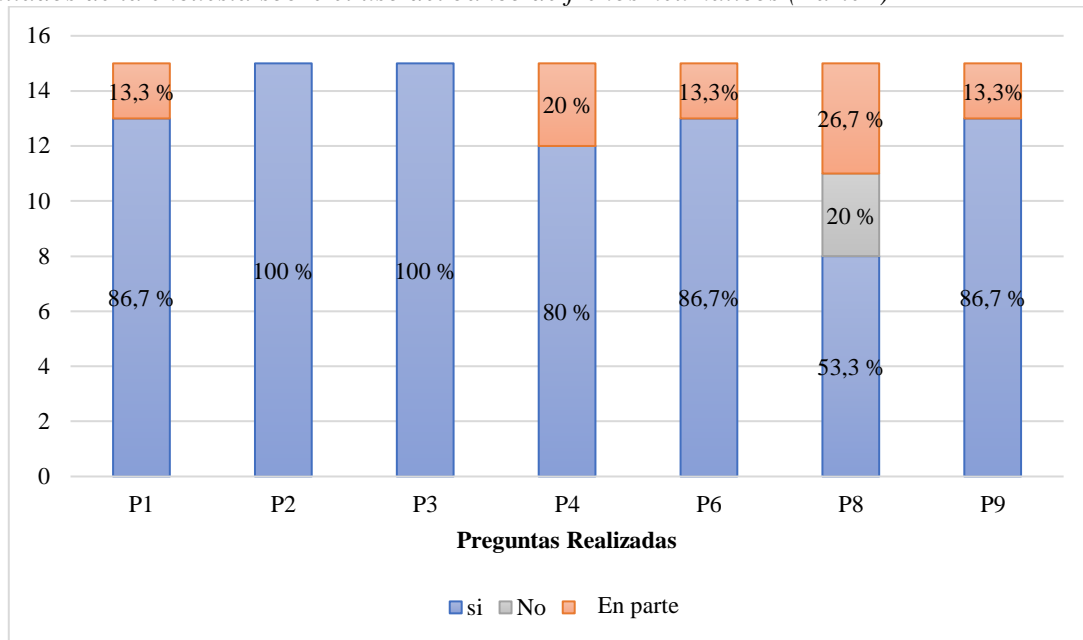
6.6 Resultados del uso del banco didáctico

Antes de comenzar con la encuesta, a los estudiantes se les otorgó el manual de uso y mantenimiento en la cual se encuentran descritas las medidas preventivas a tomar antes de manejar el banco de pruebas, así como también las fallas en los componentes y las soluciones a tomar ante posibles averías.

Los resultados con respecto a la encuesta realizada sobre el banco de frenos neumático se indican en la Figura 71. Aproximadamente cerca del 80% de los encuestados calificaron la pregunta 1 sobre la simbología en el banco como muy buena, en la pregunta 2 y 3 el 100% de los encuestados indican que el banco es excelente tanto en seguridad como en el aspecto ergonómico. Las preguntas 6 y 9 destacan con más del 80%, indicando que el banco es sumamente relevante para mejorar el proceso de enseñanza aprendizaje y a la vez incorporar un manual de usuario como mantenimiento en el banco permitirá su manejo adecuado, al igual que su conservación. Por último, en la pregunta 8 los encuestados calificaron con un 53,3% como excelente, el 26,7% en parte y el 20% de manera regular el incorporar una limpieza en el banco.

Figura 71.

Resultados de la encuesta sobre el uso del banco de frenos neumáticos (Parte I)

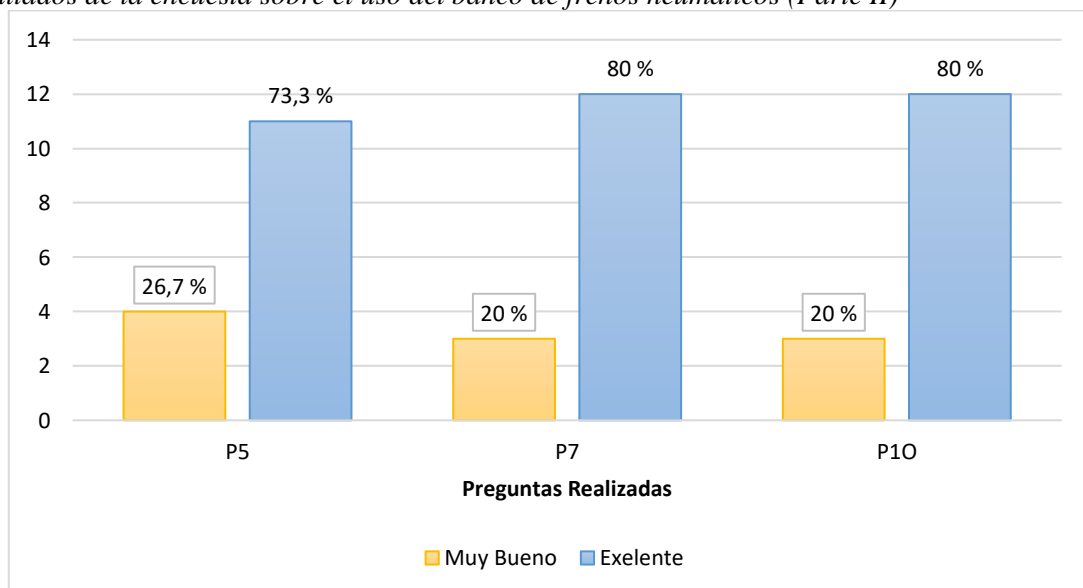


Nota: Fotografía elaborada por el autor.

Para la segunda parte de esta misma encuesta se tiene una escala del 1 a 5 definidos en diferentes rangos, como se indicó en la sección anterior. Los resultados obtenidos en la Figura 72, muestra que el equipamiento, el aporte a la información y la experiencia adquirida en el banco de prueba, son calificados con más del 70% dando una valoración de excelente, por lo que se puede dar por cumplido los objetivos planteados.

Figura 72.

Resultados de la encuesta sobre el uso del banco de frenos neumáticos (Parte II)



Nota: Fotografía elaborada por el autor.

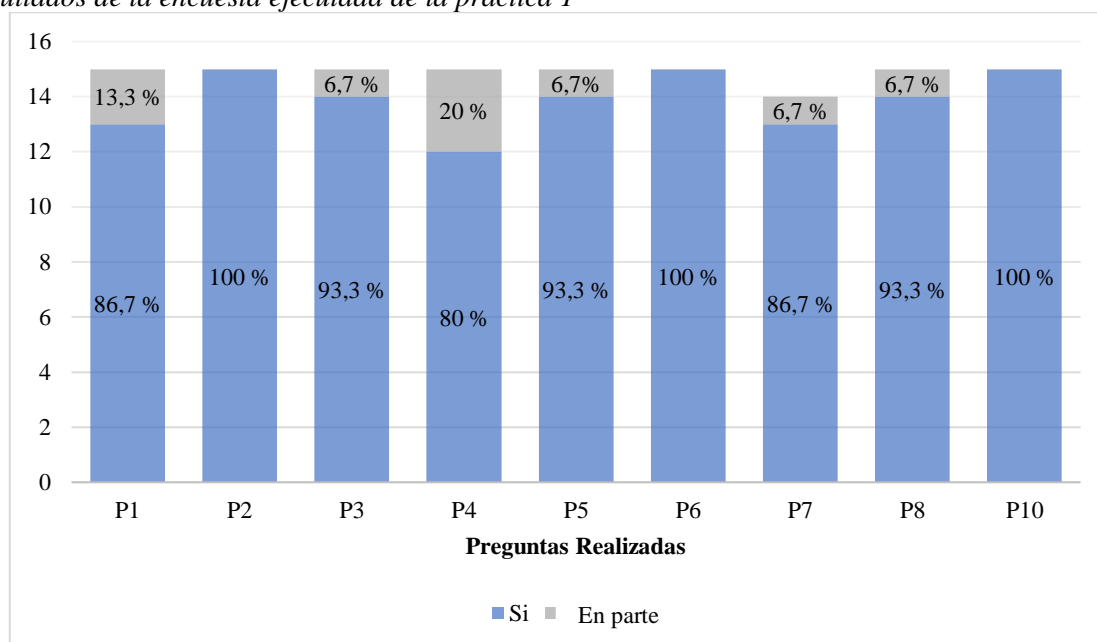
6.7 Resultados de guías prácticas

A continuación, se muestran los resultados de cada una de las prácticas realizadas de forma individual.

En la Figura 73, se indican los resultados obtenidos por la Práctica 1, se tiene que en la mayoría de las preguntas arrojan un resultado de más del 80% de aceptación por los encuestados, dando un claro indicador de que la práctica está desarrollada correctamente, la pregunta 4 sobre los materiales indicados para la realización de la guía práctica señala que un 20% se encuentra “en parte”, para esto se mejoraron los objetivos teniendo mejor propuesta la práctica.

Figura 73.

Resultados de la encuesta ejecutada de la práctica 1

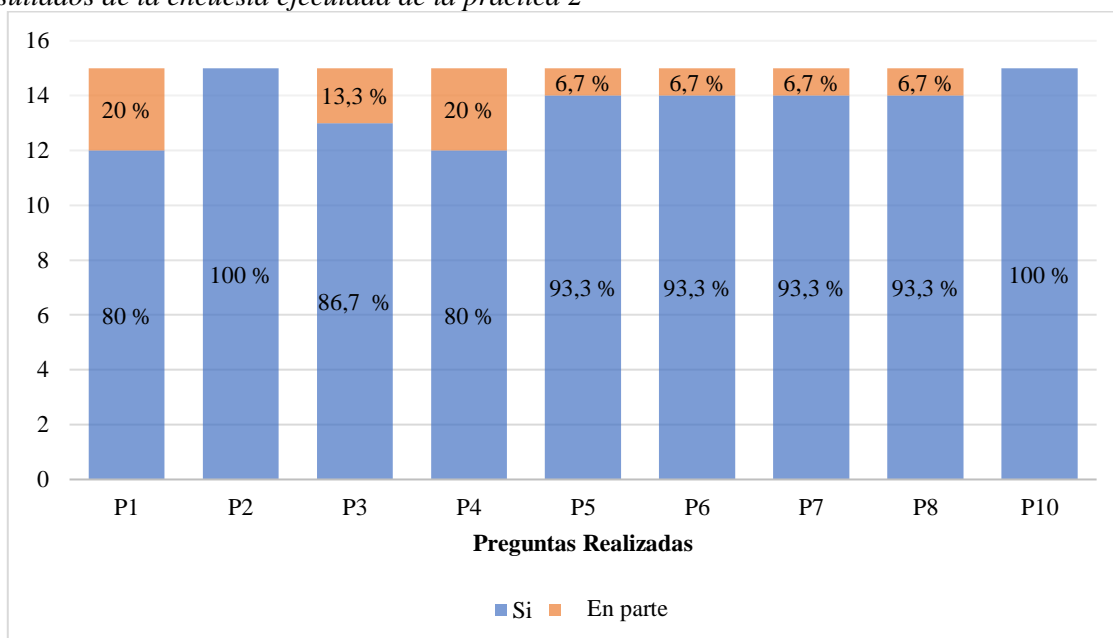


Nota: Fotografía elaborada por el autor.

En la Práctica 2, se obtuvo como resultado que todas las preguntas han sido calificadas de una forma positiva, por lo que la práctica cumple con todos los requerimientos, sin embargo, en la pregunta 1 y 4 existe un 20% de insatisfacción, por lo cual los encuestados indican un “en parte”, señalando que los objetivos y los materiales no son suficientes o que existe desconocimiento del tema, para esto se ha dado una introducción de cómo se debe desarrollar la práctica, en la Figura 74, se muestran los resultados de la encuesta.

Figura 74.

Resultados de la encuesta ejecutada de la práctica 2

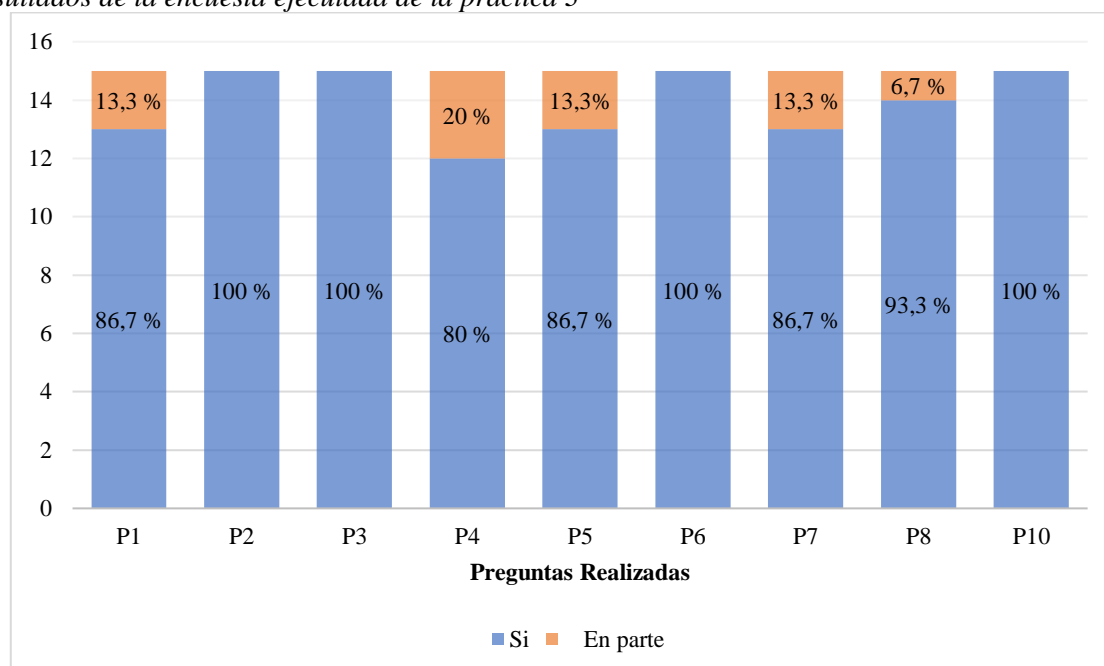


Nota: Fotografía elaborada por el autor.

La Práctica 3, tuvo una gran aceptación por parte de los alumnos, en la Figura 75, se puede observar que todas las preguntas han sido calificadas favorablemente con más del 80% de satisfacción por parte de los encuestados, sin embargo, resalta a la vista la pregunta 4, que hace referencia a los materiales necesarios para la ejecución de práctica y la que ha obtenido la valoración más baja con un 20 % de insatisfacción.

Figura 75.

Resultados de la encuesta ejecutada de la práctica 3

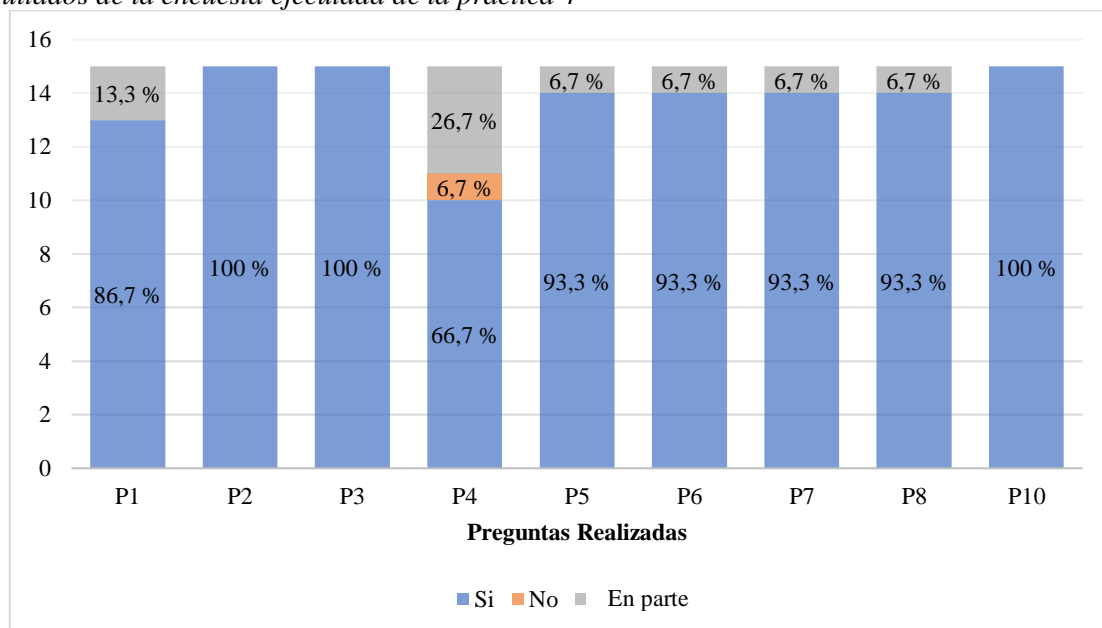


Nota: Fotografía elaborada por el autor.

Finalmente, se puede apreciar los resultados de la encuesta realizada sobre la práctica Nro. 4 en la Figura 76, lo primero que destaca a diferencia de las preguntas prácticas anteriores, es que no se obtienen en todas las preguntas más de 80 % de satisfacción, siendo la pregunta 4, calificada de forma más desfavorable con 33.4 % de insatisfacción, esto principalmente debido a que los materiales de la guía práctica no son suficientes, ya que al tener incorporado el pulmón de doble acción en el banco de pruebas se dificulta el entendimiento del elemento, es sumamente peligroso si no se cuenta con todas las medidas preventivas, es por esta razón que se incorporó otro pulmón el mismo que se encuentra desarmado y sirve de ayuda a los estudiantes y además permite apreciar cómo está compuesto internamente.

Figura 76.

Resultados de la encuesta ejecutada de la práctica 4

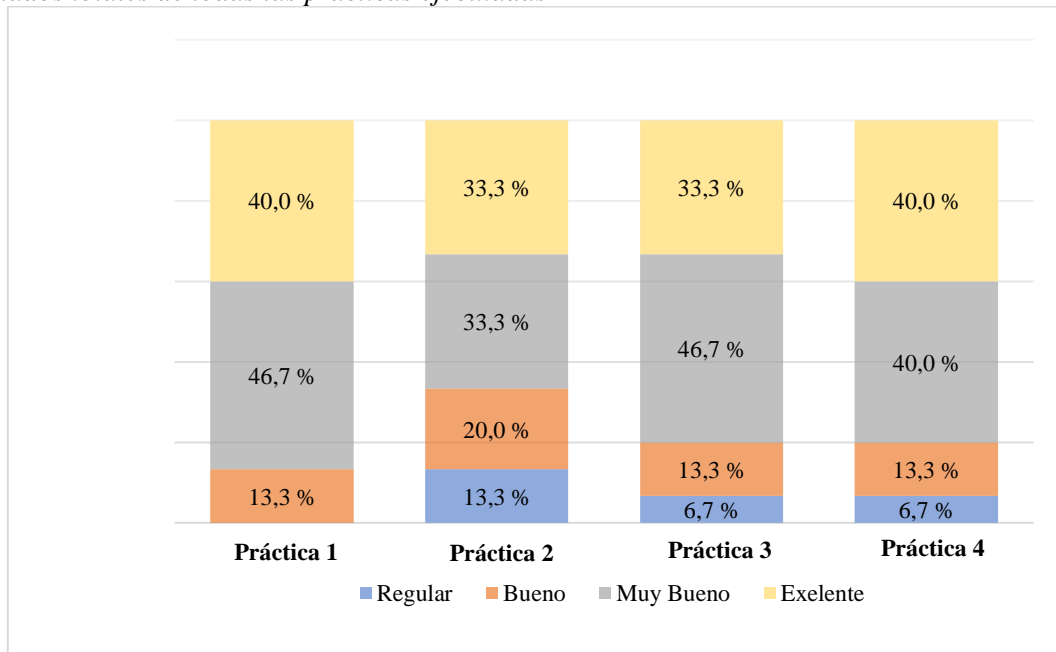


Nota: Fotografía elaborada por el autor.

En la Figura 77, se muestran los resultados totales de la pregunta 9, esta abarca todas las prácticas realizadas, aquí se indica que la Práctica 2 fue la más difícil, con un 13,3% de regularidad, por tal motivo los estudiantes aún no conocen el programa Festo Neumático, que se plantea usar para la simulación del circuito de frenos, este bajo porcentaje se debe a que la asignatura de hidráulica y neumática todavía no la han visto, por lo tanto, se procedió a dar una breve introducción de cómo se encuentra realizada y los elementos que se utilizó para hacer el funcionamiento del circuito neumático.

Figura 77.

Resultados totales de todas las prácticas ejecutadas



Nota: Fotografía elaborada por el autor.

6.8 Costos

En la Tabla 12, se puede apreciar una breve generalización de costos tanto de materiales, mano de obra para la construcción del banco neumático, además se ha colocado el precio de los elementos más relevantes que lo conforman.

Tabla 12.

Costos generales del banco de frenos neumáticos

| Componentes | Costos |
|---|----------------|
| Tubo estructural cuadrado de 25x25x2 mm de acero al carbono y planchas | \$ 330 |
| Pintura automotriz | \$ 50 |
| Mano de obra (pintura, soldadura) | \$ 600 |
| Panel didáctico (vinilo) | \$65 |
| Elementos de sistema de frenos (válvulas, compresor, depósitos de almacenamiento, freno de tambor, freno de disco, motor eléctrico, faro, etc.) | \$ 2050 |
| Torno | \$ 350 |
| Mueble de madera | \$ 170 |
| Neplos | \$ 212 |
| Tornillos y pernos | \$ 42 |
| Discos de corte, suelda y lija, remaches, poleas, bandas y garruchas. | \$ 215 |
| Total | \$ 4084 |

Nota: Costos de los elementos, estructura y mano de obra del sistema de frenos neumáticos. Fuente: Elaborado por el autor.

7. Discusión

Los sistemas de frenos neumáticos en camiones y buses utilizan una serie de elementos como válvulas, compresor, frenos de disco y tambor neumático, dificulta la interacción didáctica por el estudiante, ya que tiene espacios incómodos y no permite acceder a visualizar los elementos y además acopla elementos pesados y peligrosos. Es por esta razón, que el banco didáctico de frenos neumático, cuenta con una implementación de los componentes más importantes para el funcionamiento del sistema, esto ayuda a que los estudiantes puedan ver cuáles son los elementos principales para accionar el sistema como también poder manipularlo. Como también se tiene agregado en el panel de trabajo el vinilo, este nos ayuda a mejorar el aspecto visual del banco de pruebas, dando un mejor entendimiento al sistema, incluye los nombres, simbología y el circuito eléctrico de los elementos.

Al tener incorporado guías prácticas en el banco didáctico de frenos neumáticos, se mejora notablemente los conocimientos prácticos y teóricos de los estudiantes, ya que se debe tener en cuenta los pasos a seguir para completar la actividad, las precauciones para su funcionamiento, como también las ecuaciones para el desarrollo analítico, además el formato con el que se trabajó para las prácticas cumple con todos los parámetros necesarios por el Consejo de Educación Superior (CES), el cual evalúa los pasos a seguir para completar la actividad como son herramientas, equipos, bancos didácticos, guías prácticas, etc.

Además, para que los estudiantes accedan a las guías prácticas se ha dispuesto de un código QR el cual al ser escaneado mediante los celulares pueden acceder a dicha información para su realización, al tener este código ayuda al desarrollo sostenible del medio ambiente reciclando hojas sin producir contaminación a la zona que nos rodea, cabe destacar que los bancos de diagnóstico que ofrecen para la venta en los mercados la mayoría no cuentan con dicho código QR, ni guías prácticas que faciliten la comprensión experimental y analítica del sistema.

En el mercado existen maquetas que se enfocan al sistema automotriz, pero para las del sistema de frenos neumáticos no se incorpora el freno de disco y tambor neumático, mismas que son importantes para ver como es el funcionamiento de frenado en el sistema, al ser de origen europeo o asiático estas maquetas no cumplen con todos los caracteres ergonómicos y menos el de nuestra región. Es por esta razón que el diseño del banco de frenos neumático se utilizó las medidas antropométricas de la población latinoamericana enfocadas en las edades de 18 a 65 años para que los estudiantes al momento de manipular no tengan algún impedimento en mover algún elemento.

8. Conclusiones

Las nuevas tecnologías en los sistemas de frenos neumáticos han permitido la innovación de elementos controlados electrónicamente, que ofrecen tiempos de reacción en milisegundos y envían señales precisas al compresor, válvulas y frenos de disco y tambor para un funcionamiento óptimo. La fiabilidad del frenado del sistema aporta tanto a la estabilidad del vehículo como al control y la comodidad de conducción, y lo que es aún más importante, a la seguridad y el confort de quienes lo utilizan.

Luego de analizar una variedad de fuentes bibliográficas, libros y artículos científicos, se han identificado los principios fundamentales que rigen el sistema de frenado neumático. Gracias a este enfoque, se identificaron los elementos más importantes para la instalación y funcionamiento del sistema.

Los cálculos realizados en el banco del sistema de frenos neumáticos se los ha determinado mediante los datos reales del mismo, determinando los esfuerzos que realiza. La presión de trabajo en el sistema junto con los diámetros medidos tanto del diafragma, pistón, vástago y cañería mediante fórmulas otorgadas permiten determinar el consumo de aire, así mismo estos datos nos sirven para poder determinar la pérdida de aire mediante un nomograma obteniendo resultados precisos y relevantes.

Para la elección de materiales de la estructura y recubrimiento se procedió a utilizar el método de Proceso Analítico Jerárquico (PAJ), tomando en cuenta los requerimientos planteados. Gracias a este proceso, se logró identificar las mejores alternativas para los materiales de construcción, siendo el acero al carbono la mejor opción para la estructura y la plancha galvanizada para el recubrimiento de la misma.

Se logró diseñar y construir con éxito el banco didáctico de frenos neumáticos, seleccionando el tubo estructural con dimensiones de 25x25 con un espesor de 2 mm, ya que ofrece un menor peso y coste para su construcción, teniendo en cuenta los percentiles P5 y P95, que corresponden a los percentiles antropométricos determinando las dimensiones de la estructura. Asimismo, se logró ubicar los elementos del sistema de manera más accesible y didáctica posible, como también el diseño del vinilo, garantizando así un mejor entendimiento y funcionalidad del sistema.

Se ha elaborado un manual exhaustivo de usuario y mantenimiento para el banco de los frenos neumáticos, que incluye tanto las instrucciones de uso adecuado del sistema como también las medidas preventivas necesarias para evitar riesgos. Este manual sirve como herramienta que garantiza el uso seguro y eficiente del banco de frenos neumáticos, y está diseñado para brindar orientación clara y detallada a los usuarios.

Se elaboraron 4 guías prácticas destinadas a su aplicación en el laboratorio de sistemas automotrices, sobre el sistema de frenos neumáticos. Estas guías comprenden un diagrama detallado del sistema de frenado neumático, el circuito neumático en el programa Festo, cálculos relacionados con el sistema y el desarmado del pulmón de doble acción, así como una serie de actividades e instrucciones encaminadas al correcto desarrollo por parte de los estudiantes.

Después de encuestar a los 15 estudiantes de primero a quinto ciclo de la carrera de ingeniería automotriz sobre las cuatro guías prácticas, se obtuvieron los siguientes resultados: para la práctica 1, más del 80% de los encuestados la calificaron como excelente; en cuanto a la práctica 2, un 13,3% de los encuestados señaló tener dificultades para comprenderla debido al desconocimiento del programa de Festo Neumático; en la práctica 3, más del 80% de los encuestados la calificaron como muy buena; y en la práctica 4, la mayoría de las preguntas obtuvieron un 80% de aprobación y la pregunta sobre materiales recibió una calificación del 60%, calificada como buena. Con estos resultados, se han realizado las correcciones necesarias para mejorar la comprensión de las guías prácticas.

Tras realizar una encuesta dirigida a los estudiantes sobre el uso del banco de pruebas de frenos neumáticos, se obtuvieron los siguientes resultados. En las preguntas 2 y 3, se registró un 100% de satisfacción, calificando la ergonomía y seguridad del banco didáctico de frenos neumáticos como excelente. Además, más del 80% de los participantes indicaron que las preguntas 1, 4, 6, 7, 9 y 10 son muy buenas en cuanto a su simbología, funcionamiento, conocimiento, aporte, manual de usuario y mantenimiento, y experiencia. En cuanto a la pregunta 5 y 8, se destacó que el equipamiento y la limpieza en el banco son muy buenos. A partir de estos resultados obtenidos, se puede concluir que el uso del banco de pruebas es totalmente adecuado para los usuarios, garantizando una experiencia de aprendizaje efectiva en el laboratorio de sistemas automotrices.

9. Recomendaciones

Para asegurar el correcto funcionamiento del banco del sistema de frenos neumáticos, es recomendable verificar regularmente el nivel de aceite del compresor. Si el nivel de aceite no se revisa a tiempo, puede generar fallos en el sistema. Para realizar esta tarea, es necesario utilizar un aceite con viscosidad intermedia, como el SAE 5W40 o el 15W40 para motor diésel.

Es recomendable sustituir cualquier componente que presenta fallos por uno nuevo de la marca Mercedes Benz, para una mejor operación del sistema. De esta manera, se asegurará un correcto funcionamiento del sistema y una mayor durabilidad de los equipos.

Se recomienda realizar una limpieza regular utilizando una franela seca para eliminar cualquier partícula de polvo presente en la superficie, manteniendo así en óptimas condiciones el banco de pruebas. De esta manera, se garantizará un rendimiento adecuado y una vida útil prolongada del equipo.

Para futuros trabajos en el sistema de frenado neumático, se recomienda considerar la utilización de nuevas tecnologías de frenado, tales como las marcas IVECO y WABCO. Estas marcas ofrecen elementos dirigidos hacia la parte electrónica tanto en válvulas como frenos, lo cual permitirá afianzar los conocimientos teóricos y prácticos de los estudiantes en este campo automotriz.

Se puede considerar la incorporación de nuevas guías prácticas, así como la realización de modificaciones y cambios necesarios de las ya realizadas para adaptarse a futuras actividades. De esta forma, se podrá mejorar el conocimiento y destrezas de los estudiantes, y garantizar una formación completa y actualizada en el área correspondiente.

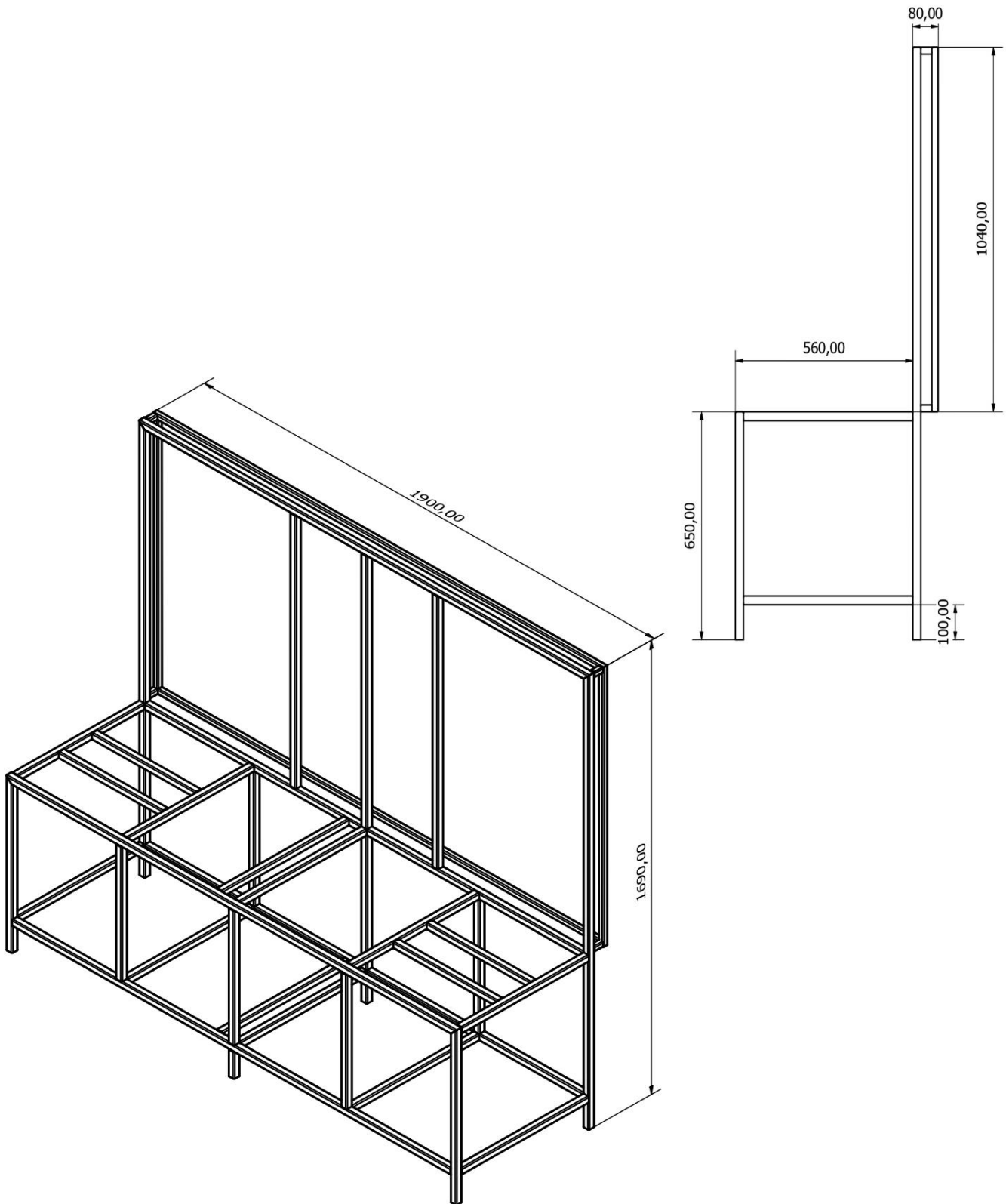
10. Bibliografía

- Avila, R. (2015). *Dimensiones antropométricas de la población latinoamericana*. Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/14486/2018sergioboh%C3%B3rquez4.pdf?sequence=6>
- Bendix. (2015). *Manual de frenos de aire*. Obtenido de https://drive.google.com/file/d/0B_vOBUOWJUUGUEt6dURxWVNvdE0/view?resourcekey=0-H4tCLrgkFEFadXXIim9IXA
- Brunswick. (2018). Manuel des freins à air comprimé. *Soyez prudent.*, 81. Obtenido de www.gnb.ca/sécuritépublique
- Bufe, A. (21 de Agosto de 2018). *Knorr-Bremse*. Obtenido de https://www.knorr-bremsecvs.com/tr/_meta/pressreleases/press_detail_19520.jsp
- Deierlein, B. (1 de Marzo de 2020). *Waste 360*. Obtenido de Frenos del futuro: <https://www.waste360.com/business/seek-flexible-collaborative-partner-cng-works-you>
- Denton, T. (2016). *Diagnóstico Avanzado de Fallas Automotrices*. Mexico: Alfaomega Grupo Editor, S.A. De C.V.
- Denton, T. (2018). *Automobile Electrical and Electronic Systems*. New York: Angewandte Chemie International E.
- Denton, T. (2018). *Automobile Mechanical and Electrical Systems* (Segunda ed.). New York: Routledge.
- González, E. G., & Panteleeva, O. V. (s/f). *Estadística inferencial 1: Para ingeniería y ciencias*. Mexico: Grupo Editorial Patria.
- Filiu, L. M. (2018). *Automatismos Neumaticos e Hidraulicos*. Paraninfo.
- IEES, (2015). Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo.
- Jaen. (2015). ERGONOMIA DE LA OFICINA. 7. Obtenido de https://www.ujae.es/servicios/utecnica/sites/servicio_utecnica/files/uploads/prevenccion/ergonomia%20de%20la%20oficina.pdf

- Periche, C. J. (2008). Diseño e instalación de un sistema de entrenamiento. 165. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/2880/T-ESPEL-0534.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Press, W. (1 de Abril de 2017). Obtenido de <https://sunset122.wordpress.com/2017/04/17/la-importancia-de-los-materiales-didacticos-dentro-del-aula/>
- Rodas, J. (2018). Obtenido de <https://www.joserodas.com.ec/JRNoticias1.html>
- Sánchez, L. M. (2013). Diseño y construcción de un módulo didáctico de entrenamiento para frenos de aire de camiones.
- Schueller, E. (05 de Enero de 2021). *FleetOwner*. Obtenido de Preparándose para la próxima generación de tecnología de seguridad y sistemas de conducción avanzados: <https://www.fleetowner.com/technology/article/21151086/bendix-and-knorrbrmese-preparing-for-the-next-generation-of-commercial-truck-safety-technology-and-advanced-driver-systems>
- Soto, R. (2006). *Biblioteca.usac*. Obtenido de Frenos ABS: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0509_M.pdf
- VILORIA, J. R. (2012). *TECNOLOGÍA Y CIRCUITOS DE APLICACIÓN DE NEUMÁTICA, HIDRÁULICA Y ELECTRICIDAD*. PARANINFO S.A.
- Wabco. (2018). *Truck Solutions*. Obtenido de <https://www.wabco-auto.com/es-ES/Our-Solutions/Truck-solutions/Truck-Safety/Brake-Control-Solutions/Electronic-Braking-System>
- Wabco. (2020). Sistema Electrónico De Frenado EBS. 44. Obtenido de https://www.canalneumatico.com/es/el-sistema-de-freno-electr%C3%B3nico-ebs-de-continental-celebra-30-a%C3%B1os_1695

11. Anexos

Anexo 1. Plano de construcción del banco de frenos neumático.

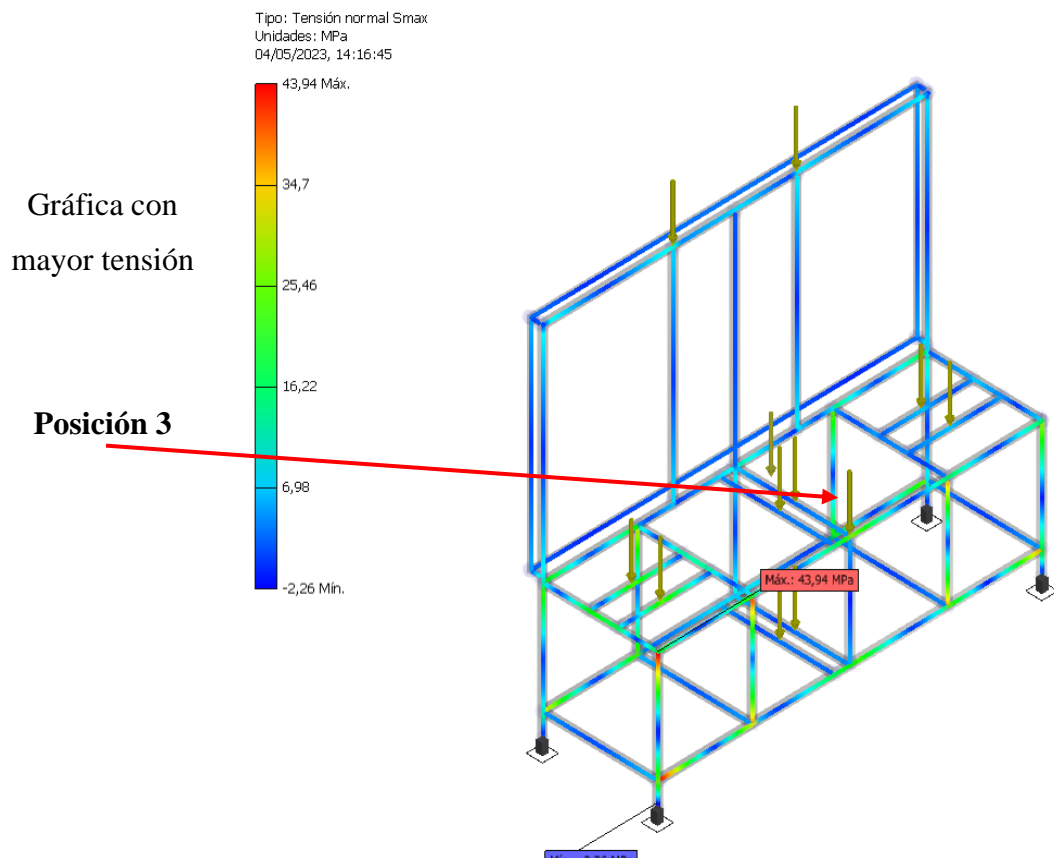


Anexo 2. Materiales para el tubo estructural 1.

Análisis de estructura de tubo cuadrado de 30x30x2 mm

| Material | Análisis | Posición 1 | Posición 2 | Posición 3 |
|----------|---------------------------|------------|------------|------------|
| | Desplazamiento | 0,84 mm | 0,67 mm | 1,08 mm |
| | Coefficiente de seguridad | 6,09 | 6,52 | 5,69 |
| | Tensión | 41,04 MPa | 38,33 MPa | 43,93 MPa |

Tubo cuadrado ASTM de 30x30x2 mm



Peso 53,06 kg

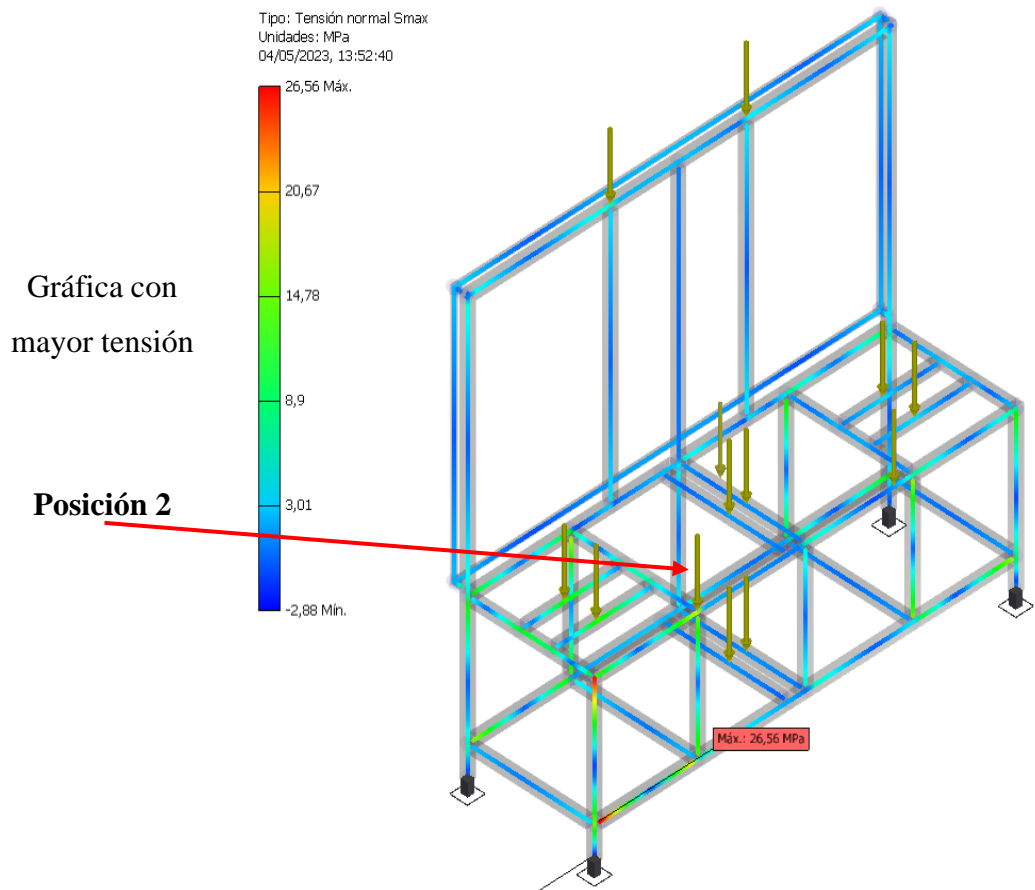
Coste del tubo \$ 113.50

Anexo 3. Materiales para el tubo estructural 2.

Análisis de estructura de tubo cuadrado de 40x40x2 mm

| Material | Análisis | Posición 1 | Posición 2 | Posición 3 |
|----------|-------------------------|------------|------------|------------|
| | Desplazamiento | 0,39 mm | 0,41 mm | 0,45 mm |
| | Coficiente de seguridad | 11,39 | 9,41 | 10,57 |
| | Tensión | 21,93 MPa | 26,56 MPa | 23,64 MPa |

Tubo cuadrado ASTM de 40x40x2 mm



Peso 69,68 kg

Coste del tubo \$ 139.50

Anexo 4. Manual de usuario y mantenimiento.

Este manual contiene la información necesaria para que los usuarios hagan uso y mantenimiento correcto del banco didáctico de frenos neumáticos, como también se incorpora las instrucciones de seguridad como medidas preventivas para evitar riesgos.

Seguridad

Simbología y definición

En la siguiente Tabla 1, se indica cada uno de los símbolos que posee el banco para el uso correcto, también se proporciona una breve definición de cada uno de ellos, para esto se ha validado las señales de seguridad mediante la Norma INEN-ISO 3864-1:

Tabla 1.
Señales de seguridad

| Significado de seguridad | Simbología | Definición |
|---------------------------------------|---|--|
| Señal de peligro indeterminado |  | Notificación al usuario de la presencia de riesgo o peligro en la zona. |
| Riesgo eléctrico |  | Zona donde componentes funcionan con electricidad, incrementado la posibilidad de que circule corriente eléctrica por el cuerpo humano por contacto directo e indirecto. |
| Peligro alta tensión |  | Señal de advertencia o de atención al usuario. |
| Prohibido el uso de joyería |  | Prohibición de alguna actividad susceptible a provocar un accidente. Ejemplo: reloj, anillos, entre otros. |
| Prohibido tocar |  | Prohibición de alguna actividad susceptible a provocar un accidente. |

| | | |
|---|---|---|
| Uso obligatorio del traje de seguridad |  | Obligación específica, con la finalidad de proteger al usuario con algún equipo de protección individual. |
| Uso obligatorio de guantes |  | Obligación específica, con la finalidad de proteger al usuario con algún equipo de protección individual. |
| Uso obligatorio de calzado |  | Obligación específica, con la finalidad de proteger al usuario con algún equipo de protección individual. |

Nota: Se indican las señales de seguridad preventivas como su definición para la manipulación del banco. Fuente: Elaborado por el autor.

Instrucciones de seguridad

- Uso obligatorio de equipo de protección personal (EPP) como son: guantes, calzado de seguridad, mandil u overol, protección ocular.
- Mantenerse alejado de componentes en movimiento, como el compresor, ya que al entrar en trabajo existe el riesgo de que se atrape alguna extremidad del cuerpo Entre la polea y la banda, produciendo su posible amputación o corte, también evitar tocar la parte más alta del compresor debido a que culata maneja temperaturas altas provocando quemaduras en las manos o brazos.
- Durante la manipulación del sistema se debe ajustar de manera correcta las mangueras, evitando riesgos físicos originados como producto de la presión.
- Asegúrese que el motor eléctrico posea una conexión a tierra, evitando un corto circuito en el sistema eléctrico o posibilite la electrocución a personas que estén cerca del banco de pruebas.

Mal uso razonable

Funcionamiento del sistema:

No jugar con el sistema de control esto provoca daños y quedaría inservible en caso de emergencia, en la Figura 1, se puede observar la válvula de control que no debe estar manipulando.

Figura 1.
Válvula de control



Nota: La válvula de control o de bloqueo que no se debe de manipular en el banco. Obtenido de Válvula de Control Tipo TW1, por Kysor, Fuente: <https://perfectfit.com.mx/ophir2/product?product-id=KP-14651R>

No desconectar el enchufe por medio del alambre, esto provocaría que se tensen los alambres internos provocando un mal funcionamiento o cortocircuito, en la Figura 2, se indica la manera correcta de desenchufar.

Figura 2.
Conexión para el enchufe



Nota: La manera correcta de conectar el enchufe hacia la fuente de corriente. Fuente: Fotografía elaborada por el autor.

Evitar conectar el motor eléctrico al tomacorriente donde están muchos equipos conectados, esto puede provocar una sobrecarga en él, tomacorriente lo cual puede derivar en un incendio, en la Figura 3, se muestra una forma incorrecta de conectar muchos enchufes a una toma de corriente.

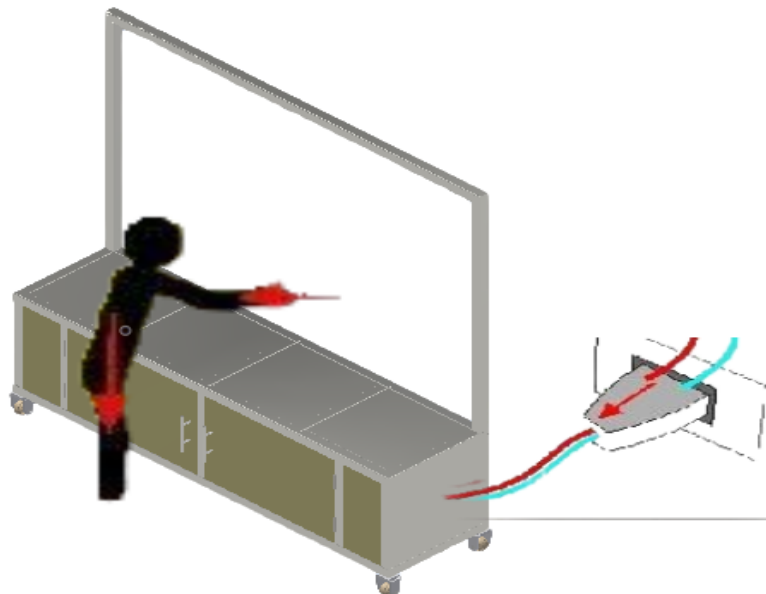
Figura 3.
Varias conexiones para la toma de corriente



Nota: Se puede apreciar la manera incorrecta de conectar cables, para esto se debe utilizar solo el enchufe necesario y los demás deben estar desconectados evitando un corto circuito. Fuente: Fotografía elaborada por el autor.

Proporcionar una conexión de tierra para evitar contactos eléctricos indirectos, ya que la estructura donde se encuentra el motor es metálica, en la Figura 4, se muestra lo que no se debe hacer sin tener todas las medidas preventivas para la manipulación.

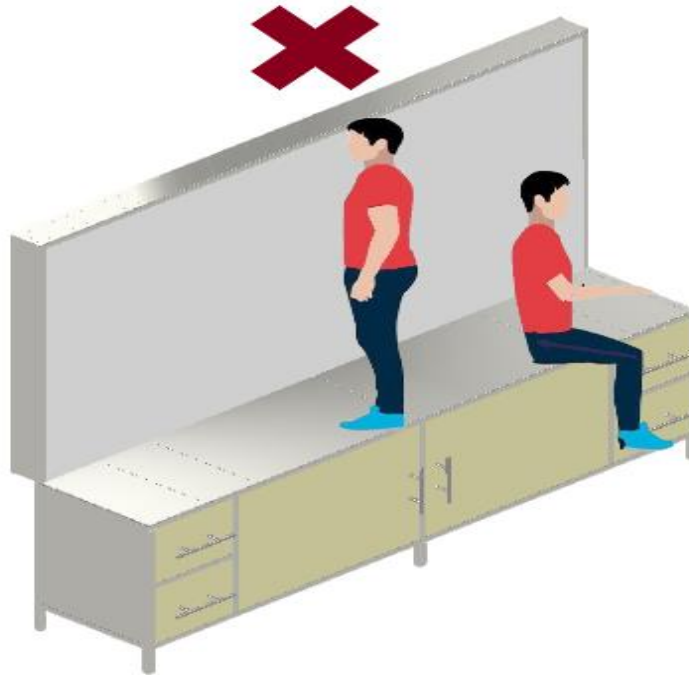
Figura 4.
Conexión a tierra de los contactos eléctricos



Nota: La manera incorrecta de conexión a tierra de los contactos eléctricos en el banco de pruebas. Fuente: Autor.

Evitar sentarse o pararse sobre el banco, ya que podría colapsar por el exceso de peso, en la Figura 5, se muestra lo que no se debe hacer en el banco de pruebas.

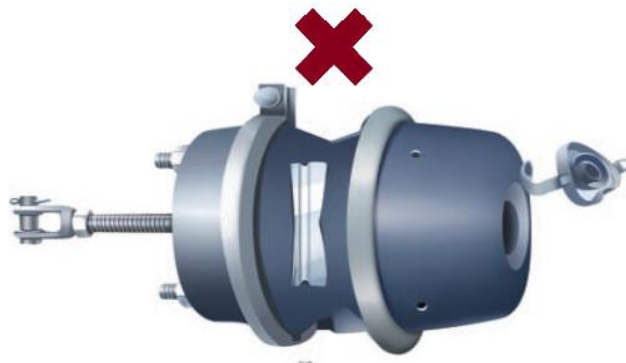
Figura 5.
Evitar subirse o sentarse en el banco



Nota: Los estudiantes no deben subirse o sentarse en el banco, el sobrepeso en el banco de pruebas podría deformarse. Fuente: Fotografía elaborada por el autor.

Evitar abrir el pulmón posterior, el cual se encuentra en el freno de tambor, al no tomar todas las medidas preventivas podría causar un accidente grave a los usuarios, en la Figura 6, que se muestra continuación se indica el pulmón posterior.

Figura 6.
Evitar desarmar el pulmón sin tener todas las medidas preventivas

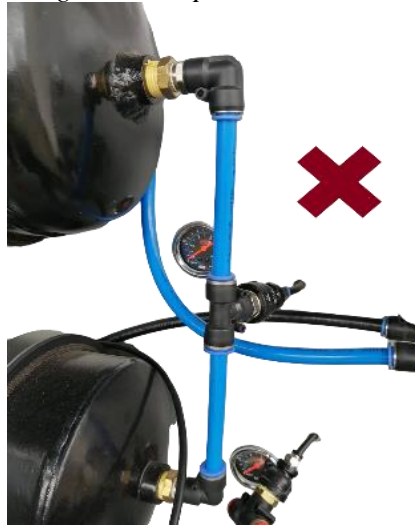


Nota: El pulmón posterior o de doble acción, que no se debe manipular, peor aún desarmar, ya que el riesgo de tener un accidente es muy grave. Fuente: Fotografía elaborada por el autor.

Evitar desconexiones de las mangueras del circuito neumático, al no estar bien conectadas existe el riesgo de que la manguera se suelte y golpee a los usuarios, en la Figura 7, que se indica las mangueras que no deben quedar flojas.

Figura 7.

Evitar manipular constantemente las mangueras o neoplos



Nota: Las mangueras del sistema de frenos deben estar bien conectadas, evitando que la manguera pueda golpear con algún usuario al estar manipulando el banco. Fuente: Fotografía elaborada por el autor.

Evitar usar el banco de pruebas con las manos húmedas, esto podría provocar contactos eléctricos directos, en la Figura 8 que se muestra se indica que para cualquier manipulación eléctrica no se debe tener mojadas las manos.

Figura 8.

Evitar tener mojadas las manos



Nota: Si al manipular el motor eléctrico con las manos mojadas provoca un corto circuito. Fuente: Fotografía elaborada por el autor.

Revisar que el interruptor de emergencia no se encuentre activado, el sistema seguirá trabajando y algunos elementos tendrán una sobrecarga de presión, en la Figura 9, que se muestra a continuación se indica el botón que no está presionado.

Figura 9.

No jugar con el interruptor



Nota: El interruptor de corriente luego de estar cargado el sistema se debe pulsar el botón ya que si se lo deja habrá una sobrecarga en el sistema de frenos provocando el daño de algún elemento. Obtenido de Interruptor botonera industrial 500V 30A, por DISMEC, Fuente: <https://www.dismec.ec/product/interruptor-botonera-industrial-500v-30a-3p/>

Riesgos, factores de riesgo y medidas preventivas

En la siguiente Tabla 2, se explica el riesgo, factor de riesgo y medidas preventivas que se debe tomar en cuenta al momento de trabajar en un banco de pruebas.

Tabla 2.

Riesgos, factores de riesgo y medidas preventivas.

| SEGURIDAD DEL TRABAJO | | |
|---|--|---|
| Riesgo | Factor de riesgo | Medidas de prevención |
| - Caídas al mismo nivel | - Deficiente orden y limpieza | - Mantener las zonas de circulación despejadas y libres de cualquier objeto. |
| - Caída de objetos en manipulación | - Manipulación de componentes mecánicos por actividad propia. - Actividades de ensamblaje del componente. | - Usar equipos de protección personal, como por ejemplo guantes de mejor agarre y calzado con punta de acero. - Realizar las actividades de ensamblaje con dos o más personas. |
| - Golpes, cortés por objetos o herramientas | - Desarmado de mecanismos automotrices donde se usan herramientas que pueden provocar cortes. | - Usar equipos de protección personal. - Realizar las actividades con dos o más personas. |
| - Atrapamiento por o entre objetos | - Realización de actividades de mantenimientos cerca del sistema de compresión con el motor encendido. | - Realizar el mantenimiento con el sistema apagado. - No usar ningún artículo de joyería. |
| - Contactos térmicos por calor | - Realizar actividades en el compresor encendido o luego de haber culminado su trabajo. | - No manipular el compresor en estado activo o luego de realizar un trabajo. - Usar equipos de protección personal para su manipulación. |
| - Exposición a ruido: riesgo de hipoacusia | - Mantenerse cerca de componentes con capacidades elevadas de ruido. | - Mantener cierta distancia y usar equipos de protección personal como orejeras para disminuir el riesgo de hipoacusia. |
| - Carga física: esfuerzo | - Montaje y desmontaje con altura considerable de componentes pesados. | - Realizar actividades de montaje o desmontaje con dos o más personas. |

Nota: Factores de riesgo y medidas preventivas que se deben tener en cuenta al momento de trabajar en un banco de pruebas. Fuente: Elaborado por el autor.

Dispositivos de seguridad presentes en el banco

Palanca de control o bloqueo

En la Figura 10, se muestra la válvula de bloqueo del sistema de aire, al mover la palanca hace que el sistema de freno llegue a estar inmovilizado evitando la salida de aire en el sistema.

Figura 10.

Válvula de control



Nota: Obtenido de *Válvula de Control Tipo TW1*, por Kysor, Fuente: <https://perfectfit.com.mx/ophir2/product?product-id=KP-14651R>

Interruptor de encendido y apagado

Para el conexionado del motor eléctrico se necesita de un interruptor el cual actúa de dos pulsaciones de on/off, este permite el ingreso o no de corriente cuando el sistema se encuentre en trabajo, en la Figura 11, se muestra el interruptor.

Figura 11.

Interruptor de encendido y apagado



Nota: Obtenido de *Interruptor botonera industrial 500V 30A*, por DISMEC, Fuente: <https://www.dismec.ec/product/interruptor-botonera-industrial-500v-30a-3p/>

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

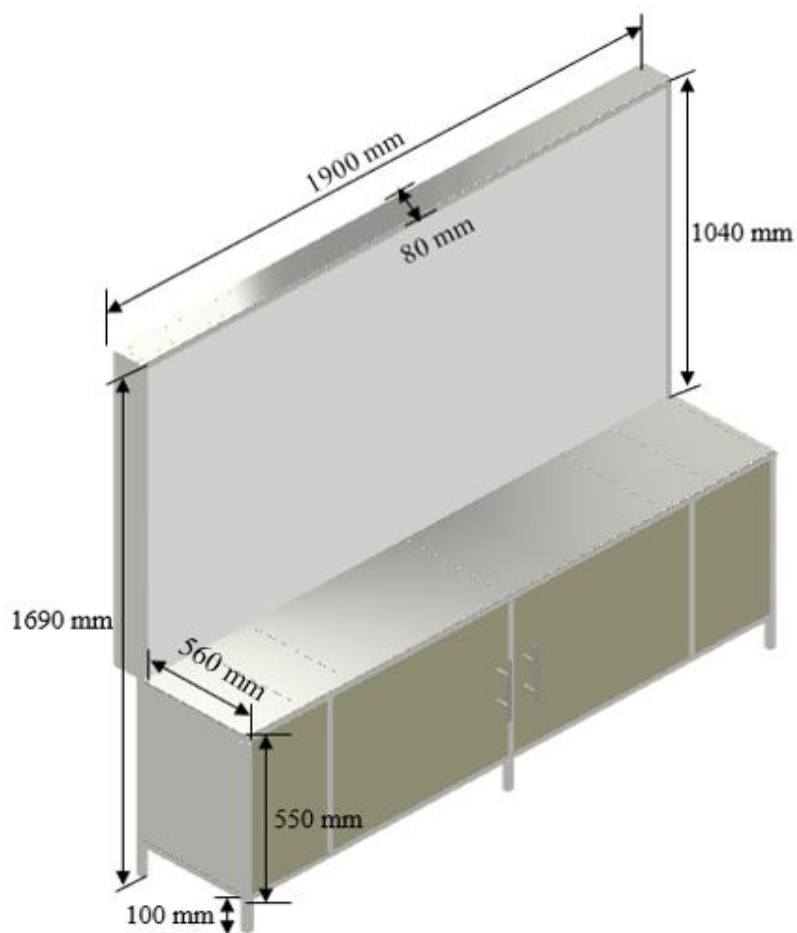
Dimensiones del banco

Dentro de las específicas técnicas se indican tres apartados a considerar como se muestra en la Tabla 3, los cuales son: dimensiones, distribución y elementos que conforman el banco estos son requisitos invaluable a la hora de trabajar en un banco.

Tabla 3.

Dimensiones del banco didáctico

Plano Tridimensional



| | | |
|------------------------------------|---------|----|
| Largo | 1900,00 | mm |
| Altura | 1690,00 | mm |
| Ancho | 680,00 | mm |
| Altura del plano de trabajo | 650,00 | mm |

Nota: Dimensiones del banco didáctico de pruebas. Fuente: Elaborado por el autor.

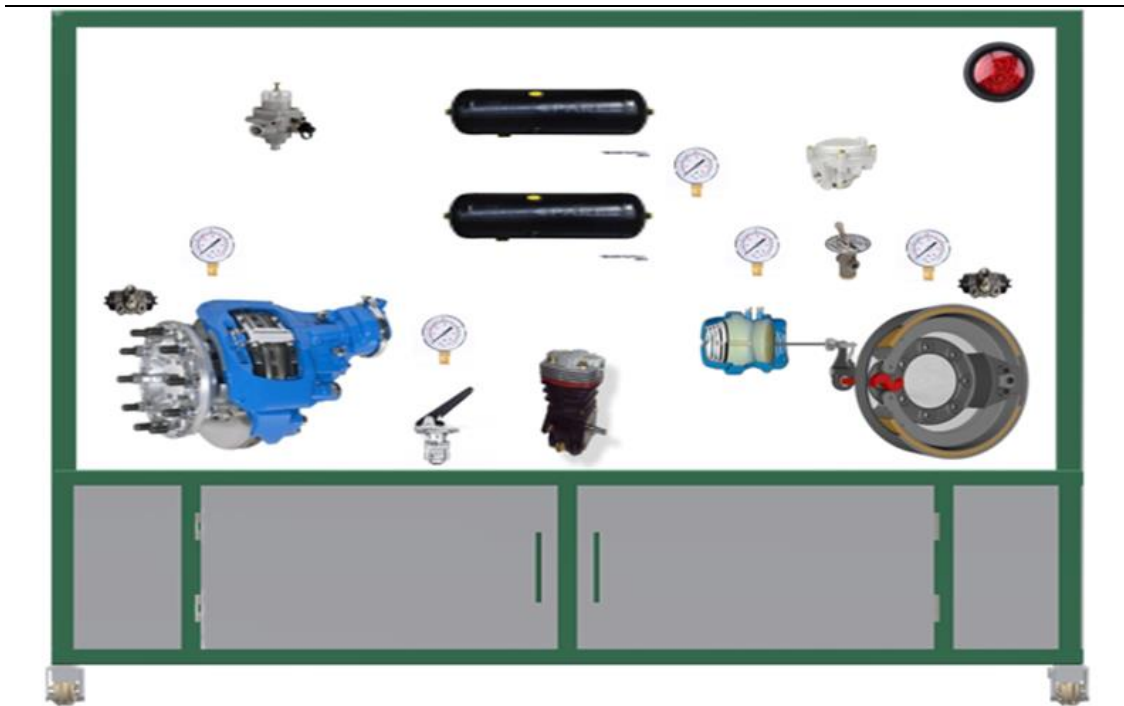
Distribución del banco

Para la presenta distribución de elementos se muestra en la Tabla 4, indicando como la distribución de los elementos del banco de pruebas.

Tabla 4.

Elementos ensamblados en la estructura del banco didáctico

Elementos en la estructura del banco didáctico



| Elementos | Cantidad |
|-------------------------------|-----------------|
| Compresor | 1 |
| Regulador de presión | 1 |
| Depósitos de almacenamiento | 2 |
| Válvula de pedal | 1 |
| Válvula relé | 2 |
| Válvula de escape rápido | 3 |
| Válvula de control o bloqueo | 1 |
| Manómetros de presión de aire | 6 |

Nota: Distribución de los elementos que conforman la estructura del banco de didáctico de pruebas como válvulas, manómetros y etc. Fuente: Elaborado por el autor.

Elementos que conforman el banco

Mecánicos:

Freno de disco: Este elemento, al entrar en fricción por las superficies de contacto mediante aire comprimido, convierte la presión de aire en fuerza de frenado. Ya que, al pisar el pedal del freno, el aire del sistema del freno del vehículo entra al pulmón de freno a través del conducto de suministro, haciendo presión al diafragma.

Freno de tambor: Este sistema al entrar aire al pulmón hace que el tensor de ajuste mueva la leva “s”, haciendo que las zapatas se encojan y se abran producto de la fricción de frenado, esté frenado garantiza una gran efectividad y seguridad en el vehículo.

Válvulas: Las válvulas suministran aire en ciertos porcentajes para luego pasar a los pulmones y frenos.

Depósitos de almacenamiento: Estos depósitos tienen la función de almacenar aire para luego repartir a las distintas válvulas y luego dirigirlas hacia los pulmones de cada freno y producir el frenado.

Compresor: Al entrar en trabajo el compresor aspira aire desde la atmósfera, para luego llevarlo a las reservas del sistema, cabe decir que este compresor lleva dos etapas, la de admisión como compresión, este compresor es impulsado por un motor mediante poleas.

Pulmones de freno: Al ingresar aire hacia la cámara, el diafragma se mueve llegando a producir el efecto de frenado.

Manómetro: Este elemento sirve para ver la cantidad de presión en el sistema.

Eléctricos:

Motor eléctrico: Este dispositivo sirve para transformar la energía eléctrica a mecánica, haciendo que el compresor trabaje de forma correcta.

Interruptor: Este interruptor sirve para bloquear el sistema de paso de corriente hacia el motor eléctrico.

Faro: Mediante su luz led indica cuando el pedal de freno se encuentra pisado.

Uniones:

Neplos: Estos dispositivos sirven para conectar las mangueras, para este sistema se incorporan ciertos tipos los cuales son rectos, codos, y en forma de T.

Mangueras: Las mangueras suministran aire hacia los distintos elementos del sistema.

Cañerías: Las mangueras cañerías suministran aire, pero son acopladas en los compresores por las distintas temperaturas.

Instalación y puesta en servicio

Transporte

Los espacios accesibles para su movilización se encuentran ubicados a la altura del plano de trabajo, se dispone de 6 ruedas que facilitan su transporte. En caso de elevar a una cierta altura el banco experimental, los puntos específicos son los que se encuentran alrededor de las ruedas.

Requisitos ambientales

Se requiere de un espacio seco, limpio y libre circulación de aire, para que el compresor proporcione buena funcionalidad de trabajo.

Operación

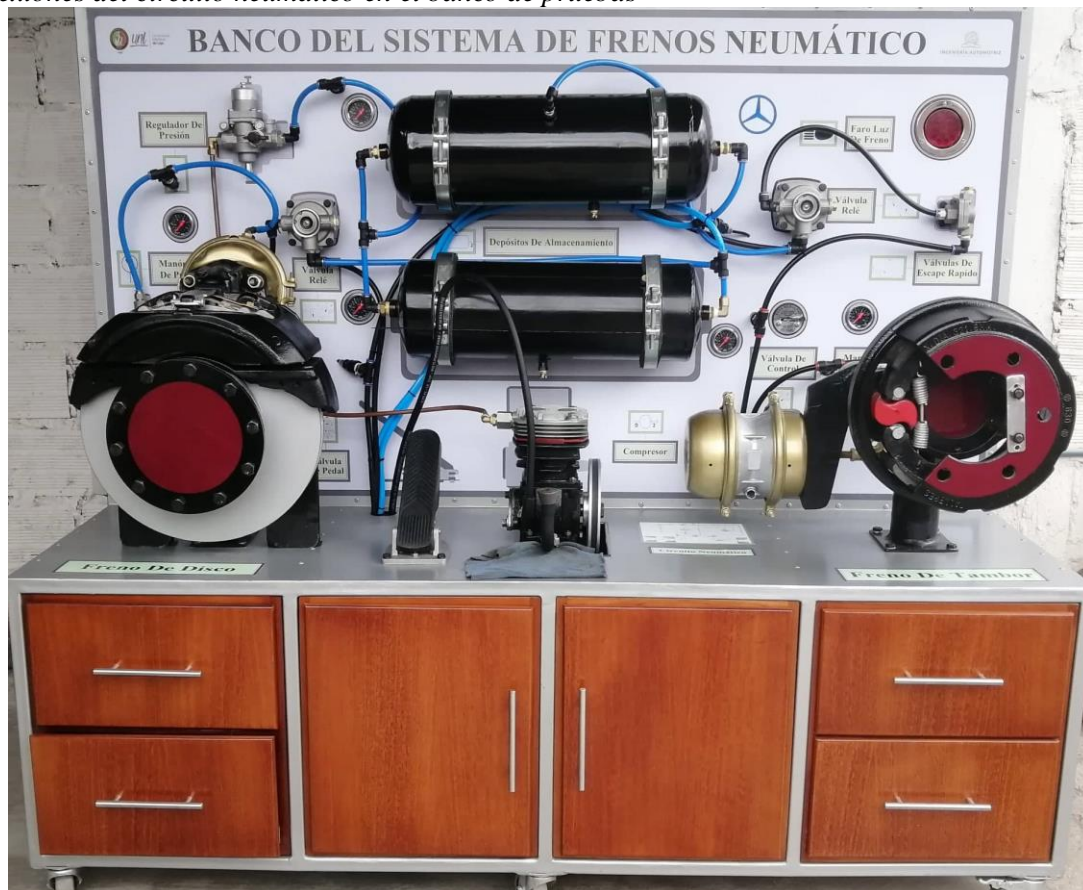
Circuitos presentes en el banco de frenos neumático

- *Circuito neumático*

En la Figura 12, se muestra el conexionado del sistema de frenos neumáticos en el banco didáctico.

Figura 12.

Conexiones del circuito neumático en el banco de pruebas



Nota: Se muestra el sistema de frenos neumáticos con todos sus elementos ensamblados y conexiones de manguera. Fuente: Fotografía tomada por el autor.

Para el funcionamiento del sistema se hace uso de un motor eléctrico el cual transforma la energía eléctrica en energía mecánica, esta energía es suministrada por medio de poleas las cuales están conectadas por el motor eléctrico y compresor, al comenzar el trabajo del compresor hace que mediante un ducto ingrese aire desde la atmósfera para luego ser entregada hacia el gobernador de presión el cual hace que el aire ingresado por el compresor no regrese hacia el compresor, esta válvula regula la presión para luego suministrar aire hacia los depósitos de aire, después de esto pasa hacia la válvula de pedal la cual se encarga de producir el frenado, esta válvula entrega aire a la válvula relé y la válvula repartidora o de escape rápido, en el sistema tenemos 2 de estas válvulas una para el freno de disco y otra para el freno de tambor, al ingresar aire a la válvula relé esta conecta con el ducto del pulmón posterior, al momento de pisar el pedal se produce el proceso de frenado tanto en la parte delantero como posterior, luego se conecta con otro ducto de suministro de la misma válvula relé la cual entrega aire hacia la válvula repartidora trasera, para luego entregar aire a la válvula control o bloqueo la cual hace mover la palanca de la válvula de bloqueo produciendo la inmovilización del sistema.

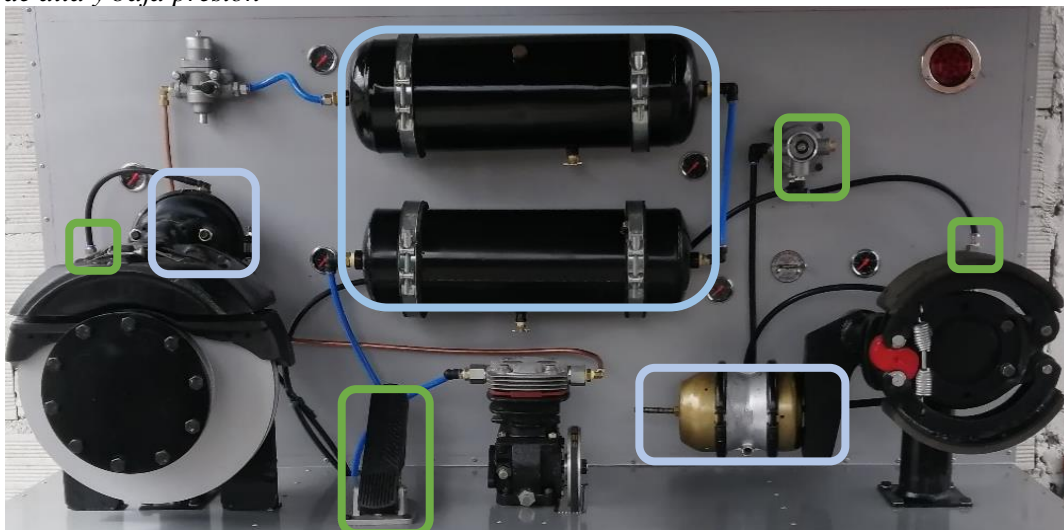
Conexión general del banco

- ***Circuito de alta y baja presión***

Los circuitos que manejan alta presión son los depósitos y pulmones de aire, mientras que los circuitos de baja presión son las diferentes válvulas las cuales reparten aire, para luego ingresar hacia el freno de disco delantero y producir el frenado, en la Figura 13, se puede apreciar cómo están marcados los circuitos de presión.

Figura 13.

Circuitos de alta y baja presión

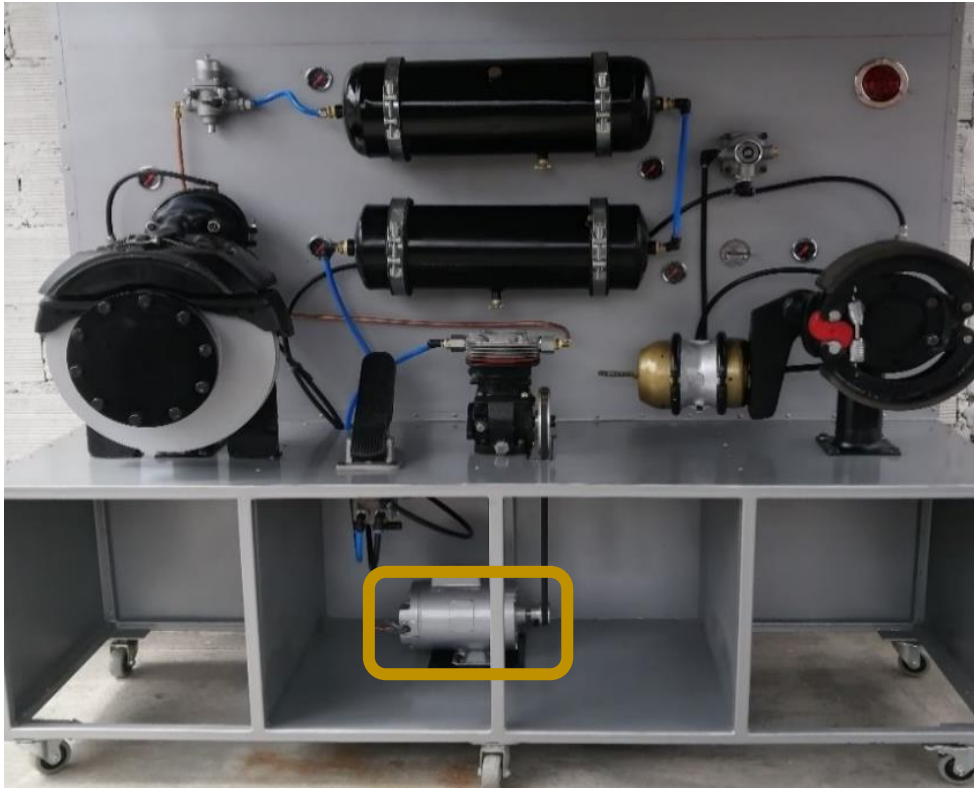


Nota: Se puede apreciar que los cuadros marcados con color verde reparten baja presión, mientras que los de color celeste marcan alta presión. Fuente: Fotografía tomada por el autor.

- **Circuito eléctrico**

El motor eléctrico al comenzar su trabajo hace que el compresor aspire aire y luego este llegue a los diferentes elementos, en la Figura 14, se muestra que el cuadro de color amarillo marca el motor eléctrico.

Figura 14.
Motor eléctrico








Nota: Como se puede ver el motor eléctrico que se utiliza es de 220 V posee 3 HP, para poder accionar el compresor. Fuente: Fotografía tomada por el autor.

Presiones en el sistema de frenos neumáticos

Para poder determinar las presiones de trabajo en el banco se debe tener en cuenta que el sistema cargue a una presión de 120 PSI u 8 bares.

En la Tabla 5, se indican las presiones de trabajo que debe tener el sistema al momento de pisar el pedal de freno, utilizando el manómetro el cual indica la presión que hay en cada elemento.

Tabla 5.
Presiones del banco del sistema de frenos neumáticos

| Imagen | Presiones |
|---|--|
|  | <p align="center">Manómetro 1</p> <p>La presión del funcionamiento del sistema es de 120 PSI, que es igual a 8 bares.</p> |
|  | <p align="center">Manómetro 12</p> <p>La presión al pisar el pedal y luego distribuir a los sistemas de frenos de disco y de tambor es de 100 PSI.</p> |
|  | <p align="center">Manómetro 3</p> <p>Presión del sistema de freno de disco 80 PSI</p> |
|  | <p align="center">Manómetro 4</p> <p>La presión que hay al activar el freno de servicio en el sistema de tambor es de 70 PSI</p> |
|  | <p align="center">Manómetro 5</p> <p>Esta última presión indica la presión que debe tener el sistema al momento de bloquear el freno de tambor, que son 120 PSI</p> |

Nota: Se puede apreciar las distintas presiones de trabajo en cada componente del sistema de frenos neumáticos, mediante el manómetro. Fuente: Elaborado por el autor.

Prácticas que se pueden realizar

A través del banco didáctico de frenos neumáticos se puede realizar las siguientes guías didácticas, para acceder a dichas prácticas se debe escanear el código QR presente en la mesa del banco, en la Figura 15, se puede apreciar el código QR para poder acceder a guías prácticas del banco de frenos neumáticos.

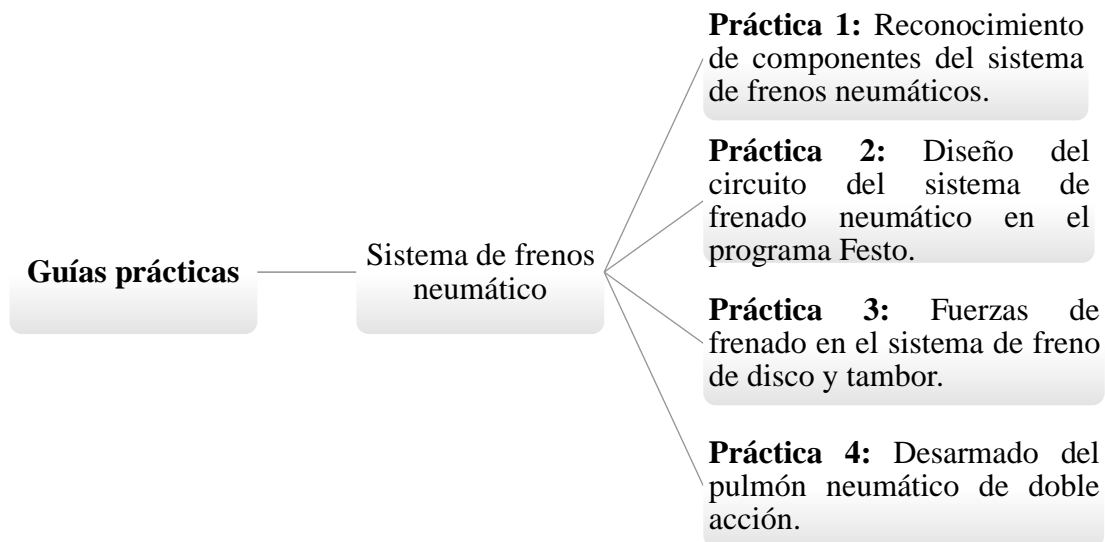
Figura 15.

Código QR de las prácticas



Nota: Se puede apreciar el código QR, el mismo que sirve para que los estudiantes puedan acceder a las cuatro prácticas elaboradas. Fuente: Fotografía elaborada por el autor.

Diagrama de prácticas



Nota: En este cuadro sinóptico se puede apreciar el tema de cada práctica para su respectiva realización. Fuente: Elaborado por el autor.

Mantenimiento

Limpieza

La estructura del banco experimental está compuesta por una capa de pintura, lo cual hace que se reduzca la oxidación del mismo, además lleva una capa de aditivo que hace fácil su limpieza y resistente al manchado.

Para la limpieza del banco de pruebas se hace uso de una franela un poco húmeda, no se recomienda el uso de aditivos de limpieza, provocaría que la pintura se estropeará.

Comprobaciones

Las comprobaciones de presión se las realiza mediante el manómetro, estos dispositivos nos permiten ver si hay caída de presión en algún elemento del sistema para luego proceder a su respectiva verificación y poder ver si el elemento se encuentra con algún problema.

Reducción de vida y consumo

Sistema de freno: Las pastillas o zapatas cuando están desgastadas se las debe sustituir por nuevas cuando los forros alcanzan un espesor de 5 mm, hay que tomar en cuenta para poder cambiar pastillas se recomienda comprar las de la marca Mercedes Actros y en el caso de las zapatas en un taller de remachado, en la Figura 16, se puede apreciar las pastillas y zapatas del sistema de frenos neumáticos.

Figura 16.

Zapatas y pastillas del freno neumático



Nota: Obtenido de Frenos neumáticos (p.18), por R. José Luis, 2017.

Motor eléctrico: La falta de una conexión a tierra o una tensión no apropiada podría provocar el deterioro del aislamiento de las bobinas del motor, además las escobillas deben ser cambiadas cada cierto tiempo por nuevas, en la Figura 17, se muestran las escobillas del motor eléctrico.

Figura 17.
Escobillas del motor eléctrico.



Nota: Obtenido de *Escobillas para motores eléctricos*, por CarboSystem, Fuente: <https://carbosystem.com/escobillas-para-motores-electricos/>.

Válvula relé: Si el diafragma se encuentra deteriorado o roto, esto provoca que las presiones no sean correctas para el trabajo, si algún otro elemento de válvula se encuentra en deterioro se recomienda cambiar por la marca Mercedes Benz, en la Figura 18, se puede apreciar los elementos internos de la válvula relé.

Figura 18.
Elementos internos de la válvula relé.



Nota: Obtenido de *Kit Rep Valvula Relay Tipo Knorr QN*, por Pellacani, Fuente: <https://www.pellacaniweb.com.ar/freno/kit-rep-valvula-relay-tipo-knorr-qn.html>.

Pistón del compresor: Si el pistón se encuentra deteriorado producto del roce de los anillos, provoca que el compresor no trabaje de manera correcta, en caso de reemplazar se debe comprar el kit nuevo de la marca Mercedes Benz, en la Figura 19, se muestra el pistón.

Figura 19.
Elementos internos del compresor



Nota: Obtenido de *Compresor de Aire*, por GP Bikes, Fuente: <https://www.gpbikes.com/wiseco-high-performance-piston-fits-polaris-19>.

Averías

En la siguiente Tabla 6, se indican las averías, causas y soluciones que hay en los elementos del sistema de frenos neumáticos.

Tabla 6.
Averías en el sistema de frenos neumáticos

| Avería | Causa | Solución |
|-----------------------------|--|--|
| Válvulas | Las válvulas de presión se encuentran defectuosas por deterioro de diafragmas o ingreso de aceite. | Se recomienda comprar el kit de reparación o en caso de no contar con los elementos de reparación, sustituir la válvula por una nueva. |
| Pistón del compresor | Su fallo se debe a la falta de lubricación en el compresor. | Se recomienda poner un aceite de motor marca Mobil. |
| Cañerías | Las cañerías se encuentran mal ensambladas debido a la mala conexión, ya sea por torcedura o la rosca esté dañada. | Se debe sustituir por una nueva. |
| Mangueras | Esto se debe a que la manguera de presión presenta cortes o dobleces. | Reemplazar por una nueva manguera de presión. |
| Neplos | Muchas de las veces los neplos se encuentran con la rosca dañada o al momento de ensamblar la manguera no conecta y se suelta. | Se debe cambiar los neplos por nuevos |

Nota: Se puede apreciar las distintas averías que hay en los elementos del sistema de frenos neumáticos, para cada inconveniente se tiene una causa y una solución. Fuente: Elaborado por el autor.

Anexo 5. Práctica 1.

| | |
|---|--------------------------------------|
| ASIGNATURA | |
| CÓDIGO DE LA ASIGNATURA | E5, C5, A1 |
| LUGAR DE EJECUCIÓN | Laboratorio De Sistemas Automotrices |
| FECHA DE EJECUCIÓN | |
| FECHA DE ENTREGA | |
| TIEMPO PLANIFICADO EN EL SÍLABO: | 2 horas |
| TIEMPO DE PRÁCTICA POR GRUPO DE ESTUDIANTES: | 2 horas |
| NÚMERO DE ESTUDIANTES POR GRUPO: | Grupos de 3 personas |
| DOCENTE DE LA ASIGNATURA | |
| RESPONSABLE DE LABORATORIO | Ing. Elmer Arias |

1.-Tema:

- **Reconocimiento de componentes del sistema de frenos neumáticos.**

2.-Objetivos:

- Conocer los distintos elementos que conforman el sistema de frenos neumáticos.

3.- Resultados de aprendizaje

- Desarrollo de cálculos básicos relacionados con el diseño de los sistemas de traslación en el vehículo, aplicando leyes y principios adecuados para establecer una solución eficaz al momento de la sustitución y adaptación de elementos con creatividad e innovación.

4.- Materiales y reactivos.

- Guía práctica.

5.- Equipos y herramientas

| Equipos de Protección | Herramientas y equipos |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none">● Mandil.● Guantes.● Franela. | <ul style="list-style-type: none">● Juego de llaves.● Juego de dados. |

6.- Instrucciones:

Las siguientes instrucciones están contempladas en el normativo para uso del laboratorio de mecánica automotriz.

- Colocar las mochilas en los casilleros
- Prohibido consumo de alimentos
- Prohibido equipo de diversión, celulares, etc.
- Prohibido jugar
- Prohibido mover o intercambiar los equipos de los bancos de trabajo.
- Prohibido sacar los equipos del laboratorio sin autorización.
- Ubicar los equipos y accesorios en el lugar dispuesto por el responsable del laboratorio, luego de terminar las prácticas.
- Uso adecuado de equipos.
- Uso obligatorio del mandil u overol.
- Utilizar equipos de protección personal para evitar accidentes.
- Al finalizar la práctica, limpiar y ordenar la zona de trabajo.

7.- Marco teórico:

A desarrollar por el estudiante. Utilice sus propias fuentes de consulta que sean confiables, tales como: libros, tesis, artículos, revistas; utilice gráficos o esquemas.

- ¿Qué es el sistema de frenos neumáticos?
- Elementos que conforman el sistema de frenos neumáticos y su definición.
- Mecanismos del sistema de frenos de disco neumáticos.
- Mecanismos del sistema de frenos de tambor neumáticos.

8.- Actividades a desarrollar

Actividad 1.- Identificación de componentes del circuito de frenos neumáticos.

- En la Figura 1, se muestran todos los elementos que conforman el circuito de frenado, compare los que se encuentran descritos en el gráfico con los que se encuentran en el banco. Identifique los elementos que se encuentran presentes como ausentes en el banco de pruebas, y luego coloque la información en la sección de resultados de la actividad 1.

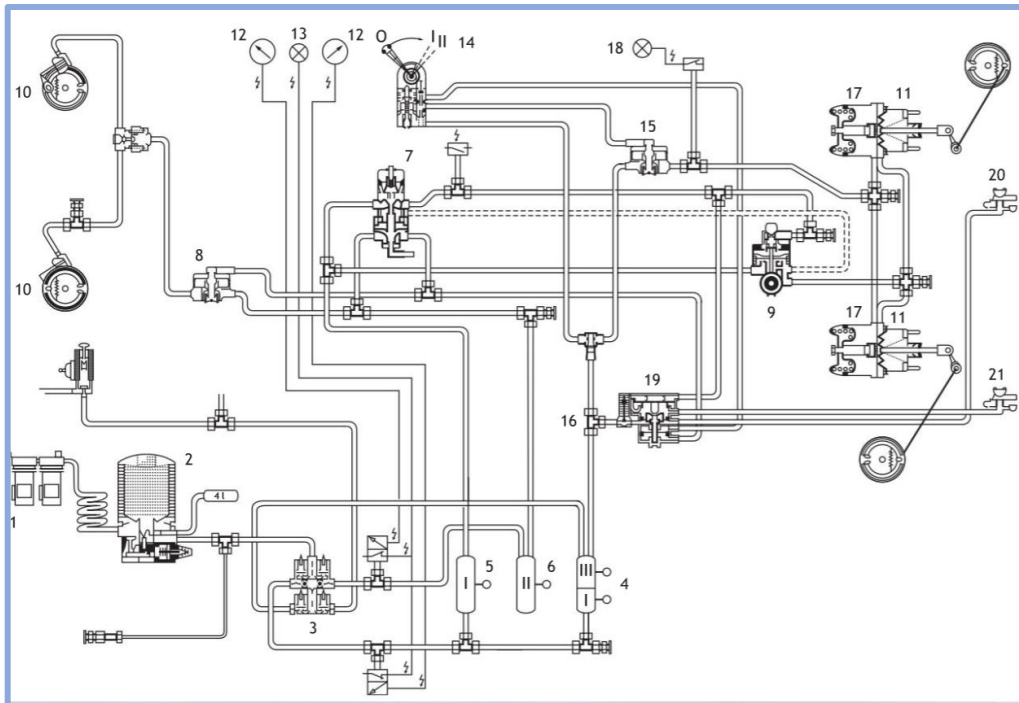


Figura 1. Esquema del sistema de frenos neumáticos.

| | | | | | |
|---|--|----|--|----|---|
| 1 | Compresor | 8 | Válvula relé | 15 | Válvula relé de freno de estacionamiento |
| 2 | Filtro desecador con válvula reguladora de presión | 9 | Válvula relé compensadora de la carga | 16 | Válvula de seguridad |
| 3 | Válvula de protección de cuatro circuitos | 10 | Cilindros de freno de servicio del eje delantero | 17 | Cilindro de freno de estacionamiento |
| 4 | Calderín del freno de estacionamiento | 11 | Cilindros de freno de servicio del eje trasero | 18 | Testigo luminoso de baja presión del circuito de freno de estacionamiento |
| 5 | Calderín de los frenos traseros | 12 | Manómetros de presión de frenos delanteros y traseros | 19 | Válvula de control del remolque |
| 6 | Calderín de los frenos delanteros | 13 | Testigo luminoso de falta de presión en circuito de frenos de servicio | 20 | Cabezal de acoplamiento rojo |
| 7 | Válvula dúplex del pedal de freno | 14 | Válvula de freno de estacionamiento | 21 | Cabezal de acoplamiento amarillo |

9.- Resultados obtenidos

Actividad 1. Componentes del sistema de frenos neumáticos.

1. Indique con la imagen presente en la Figura 1 anteriormente, los componentes que visualizó en el sistema de frenos neumáticos.
2. En la Tabla 1, que se presenta a continuación, indique los elementos que se encuentran presentes y cuáles no dispone el banco de pruebas, con color verde los elementos presentes y color rojo los elementos no presentes. Además de una explicación de la falta de componentes en este sistema.

Tabla 1.

Identificación de componentes del sistema de frenos neumáticos

| Elementos del Banco de Frenos Neumáticos | |
|--|--------------|
| Presentes | No presentes |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

3. Coloqué en la siguiente Tabla 2, el nombre, imagen y definición de cada válvula que encontró en el sistema.

Tabla 2.

Componentes del sistema de frenos neumáticos

| Nombre | Imagen | Definición |
|--------|--------|------------|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

4. Con respecto al esquema que se mostró anteriormente en la Figura 1, a qué tipo de freno se asemeja o existe a diferencia del que existe en la maqueta.

10.- Discusión

A desarrollar por el estudiante. Discuta sobre los resultados obtenidos y actividades desarrolladas, enfatice lo alcanzado en la práctica, así como las deficiencias encontradas.

11.- Conclusiones

A desarrollar por el estudiante en función de los objetivos propuestos.

12.- Recomendaciones

Citar las recomendaciones pertinentes que haya detectado durante la ejecución de la práctica

13.- Preguntas y ejercicios de control

A desarrollar por el estudiante.

1. ¿Indique cuáles son los elementos internos del compresor neumático?
2. ¿Indique en qué se diferencia el pulmón delantero y el pulmón posterior?
3. ¿Cuál es el trabajo del regulador de presión en el sistema?
4. ¿Cada cuánto tiempo es necesario drenar los depósitos de almacenamiento?
5. ¿Si el compresor se encontrará con aceite, cuáles son los problemas en el sistema?
6. ¿Qué sucede si la válvula de control o bloqueo se daña?

14.- Bibliografía (Añada la que crea conveniente a las ya citadas siguiendo el formato expuesto. Tomar en cuenta que la bibliografía que cita debe ser de una fuente confiable, de preferencia utilice libros, artículos, revistas, tesis, Entre otras se dota de algunos ejemplos en este apartado)

- Rovira, A; Domínguez, M. Motores de combustión interna. 1st. ed. Ed. UNED. Madrid, España, 2016. DOMÍNGUEZ, ESTEBAN; CIRCUITOS DE FLUIDOS, SUSPENSIÓN Y DIRECCIÓN; Editorial MacMillan.
- Eduardo, Águeda, C; Tomás; Gómez, M, José, M; Navarro. Sistemas de transmisión y frenado. 2 st. Ed. UNED. Madrid, España, 2020. Editorial Paraninfo.

15.- Porcentaje de participación de los miembros del grupo

(Sírvanse ponderar la participación de todos los integrantes del grupo)

| Nombres y Apellidos | Porcentaje de participación |
|---------------------|-----------------------------|
| | |
| | |
| | |

16.- Anexos (Añada la información complementaria que crea conveniente)

Anexo 6. Práctica 2.

| | |
|---|--------------------------------------|
| ASIGNATURA | |
| CÓDIGO DE LA ASIGNATURA | E5, C5, A1 |
| LUGAR DE EJECUCIÓN | Laboratorio De Sistemas Automotrices |
| FECHA DE EJECUCIÓN | |
| FECHA DE ENTREGA | |
| TIEMPO PLANIFICADO EN EL SÍLABO: | 2 horas |
| TIEMPO DE PRÁCTICA POR GRUPO DE ESTUDIANTES: | 2 horas |
| NÚMERO DE ESTUDIANTES POR GRUPO: | Grupos de 3 personas |
| DOCENTE DE LA ASIGNATURA | |
| RESPONSABLE DE LABORATORIO | Ing. Elmer Arias |

1.-Tema:

- **Diseño del circuito del sistema de frenado neumático en el programa Festo.**

2.-Objetivos:

- Realizar el circuito del sistema de frenado neumático en el programa Festo.

3.- Resultados de aprendizaje

- Desarrollo de cálculos básicos relacionados con el diseño de los sistemas de traslación en el vehículo, aplicando leyes y principios adecuados para establecer una solución eficaz al momento de la sustitución y adaptación de elementos con creatividad e innovación.

4.- Materiales y reactivos.

- Guía práctica

5.- Equipos y herramientas

| Equipos de Protección | Herramientas y equipos |
|------------------------------|--|
| | <ul style="list-style-type: none">● Laptop● Programa FluidSIM Neumática |

6.- Instrucciones:

Las siguientes instrucciones están contempladas en el normativo para uso del laboratorio de mecánica automotriz.

- Colocar las mochilas en los casilleros
- Prohibido consumo de alimentos
- Prohibido equipo de diversión, celulares, etc.
- Prohibido jugar
- Prohibido mover o intercambiar los equipos de los bancos de trabajo.
- Prohibido sacar los equipos del laboratorio sin autorización.
- Ubicar los equipos y accesorios en el lugar dispuesto por el responsable del laboratorio, luego de terminar las prácticas.
- Uso adecuado de equipos.
- Uso obligatorio del mandil u overol.
- Utilizar equipos de protección personal para evitar accidentes.
- Al finalizar la práctica, limpiar y ordenar la zona de trabajo.

7.- Marco teórico:

A desarrollar por el estudiante. Utilice sus propias fuentes de consulta que sean confiables, tales como: libros, tesis, artículos, revistas; utilice gráficos o esquemas.

- ¿Qué es el programa Festo Neumático?
- ¿Cómo se encuentra conformado el programa de Festo neumático?
- ¿Cuáles son los elementos que se pueden emplear en el circuito neumático?

8.- Actividades a desarrollar

- En la Figura 1, se muestra el sistema de frenos neumáticos, visualízalo y luego, en la actividad 1, realice el circuito en el programa Festo tal cual se muestra y luego simula su funcionamiento.

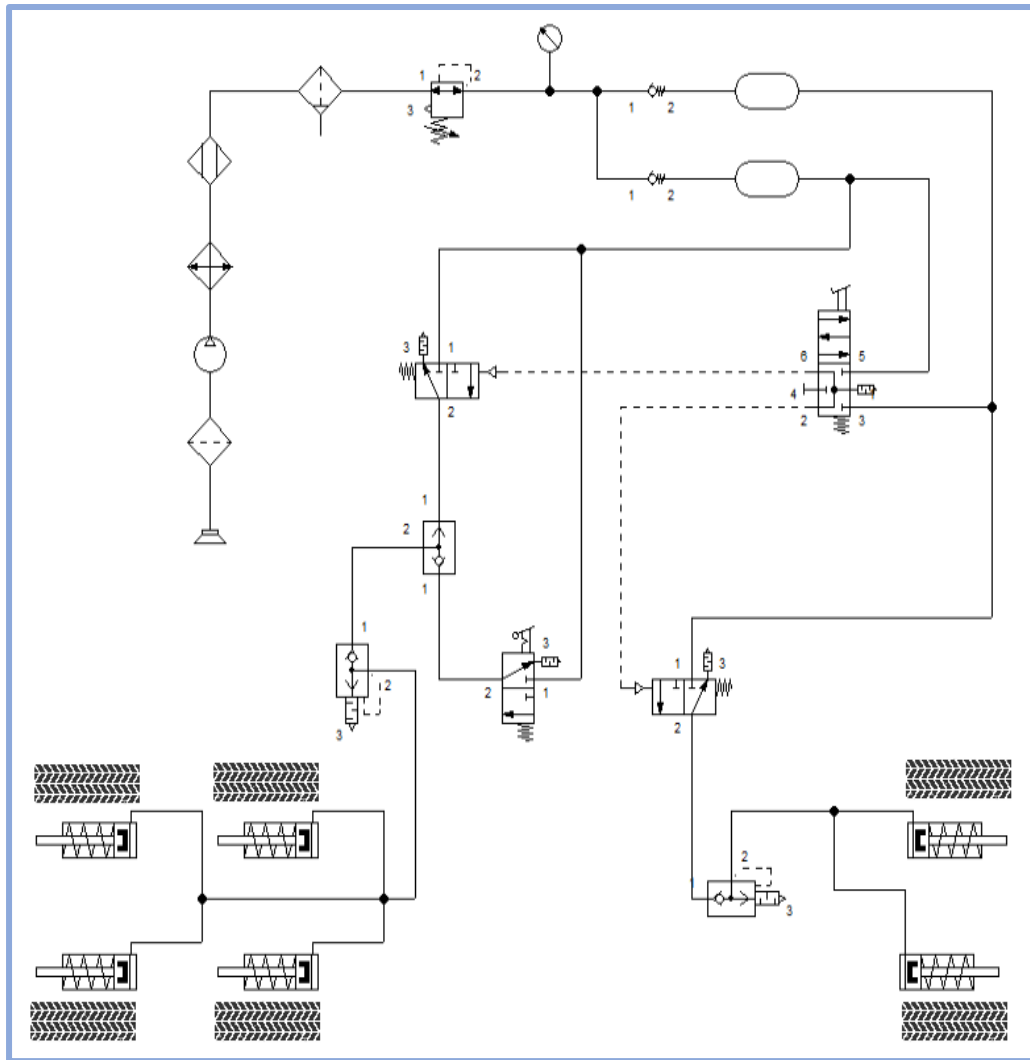


Figura 1. Esquema del sistema de frenos neumáticos.

9.- Resultados obtenidos

Actividad 1.- Construcción del circuito neumático en el programa Festo.

1. Construya el siguiente circuito, en el programa Festo con todos los componentes que visualizo en el banco de pruebas.



Cabe mencionar que este accionamiento se caracteriza principalmente por un compresor el cual envía aire hacia los depósitos de almacenamiento que llegan de distintas válvulas presurizando el aire. A partir de estos almacenamientos se envía aire hacia la válvula de pedal empleada para el accionamiento de frenado de la parte delantera y posterior. Por medio de una válvula relé y una válvula de escape rápido situados antes del pulmón de simple acción, permiten el paso del aire a alta presión, produciendo el frenado, mientras que en la parte trasera se suministra aire desde la válvula de pedal llegando a pasar aire a la válvula relé y luego pasando hacia la válvula de escape rápido provocando el accionamiento del pulmón de doble acción. Al pisar la válvula de pedal los dos sistemas producen el mismo efecto de frenado, no obstante, al mover la palanca del pedal se acciona el pulmón de frenado posterior haciendo que el sistema se quede en parqueo o estacionamiento immobilizando el vehículo.

Se han utilizado dos válvulas unidireccionales con el propósito de reemplazar a la válvula de 4 vías, quien proporciona una alimentación independiente a los depósitos. Además, se ha realizado una modificación al freno de estacionamiento para que en lugar que salga el aire, este

ingrese a los cilindros de doble acción que posee los frenos de tambor, ya que el software FluidSIM no posee para una correcta simulación del circuito de estacionamiento.

2. Coloque en la siguiente tabla el nombre, símbolo y definición de cada elemento que utilizó en el programa de Festo Neumático.

Tabla 2.

Componentes del sistema de Freno neumático

| Nombre | Símbolo | Definición |
|--------|---------|------------|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

10.- Discusión

A desarrollar por el estudiante. Discuta sobre los resultados obtenidos y actividades desarrolladas, enfatice lo alcanzado en la práctica, así como las deficiencias encontradas.

11.- Conclusiones

A desarrollar por el estudiante en función de los objetivos propuestos.

12.- Recomendaciones

Citar las recomendaciones pertinentes que haya detectado durante la ejecución de la práctica

13.- Preguntas y ejercicios de control

A desarrollar por el estudiante.

1. ¿Cuál es el tiempo aproximado en el que el circuito del programa debe cargar para su funcionamiento?
2. ¿Cuál es la presión límite de trabajo en el sistema?
3. ¿Por qué se colocó un pilotaje en los conductos de control?
4. ¿Cuántas válvulas se encuentran abiertas y cerradas en el sistema?
5. ¿Cuál es la diferencia entre el filtro secador y el filtro enfriador?
6. ¿Por qué es necesario colocar un filtro de purga antes del regulador de presión?
7. ¿En el circuito se hizo la utilización de 2 válvulas de retención con el fin de sustituir una válvula, describa cuál es esta?

14.- Bibliografía (Añada la que crea conveniente a las ya citadas siguiendo el formato expuesto. Tomar en cuenta que la bibliografía que cita debe ser de una fuente confiable, de preferencia utilice libros, artículos, revistas, tesis, Entre otras se dota de algunos ejemplos en este apartado)

- Esteban, J; Domínguez, S. Hulan, Ferrer, R. Sistemas de transmisión y frenado. 1st. Ed. UNED. Madrid, España, 2018.; Editorial Editex, S.A.

15.- Porcentaje de participación de los miembros del grupo

(Sírvanse ponderar la participación de todos los integrantes del grupo)

| Nombres y Apellidos | Porcentaje de participación |
|---------------------|-----------------------------|
| | |
| | |
| | |

16.- Anexos (Añada la información complementaria que crea conveniente)

Anexo 7. Práctica 3.

| | |
|---|--------------------------------------|
| ASIGNATURA | |
| CÓDIGO DE LA ASIGNATURA | E5, C5, A1 |
| LUGAR DE EJECUCIÓN | Laboratorio De Sistemas Automotrices |
| FECHA DE EJECUCIÓN | |
| FECHA DE ENTREGA | |
| TIEMPO PLANIFICADO EN EL SÍLABO: | 2 horas |
| TIEMPO DE PRÁCTICA POR GRUPO DE ESTUDIANTES: | 2 horas |
| NÚMERO DE ESTUDIANTES POR GRUPO: | Grupos de 3 personas |
| DOCENTE DE LA ASIGNATURA | |
| RESPONSABLE DE LABORATORIO | Ing. Elmer Arias |

1.-Tema:

- **Fuerzas de frenado en el sistema de freno de disco y tambor neumático.**

2.-Objetivos:

- Identificar los mecanismos de fuerza de frenado en el sistema neumático.

3.- Resultados de aprendizaje

- Desarrollo de cálculos básicos relacionados con el diseño de los sistemas de traslación en el vehículo, aplicando leyes y principios adecuados para establecer una solución eficaz al momento de la sustitución y adaptación de elementos con creatividad e innovación.

4.- Materiales y reactivos.

- Guía práctica

5.- Equipos y herramientas

| Equipos de protección | Herramientas y equipos |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none">● Mandil● Guantes● Franela | <ul style="list-style-type: none">● Laptop● Calculadora● Hojas, esferos, lápices y etc. |

6.- Instrucciones:

Las siguientes instrucciones están contempladas en el normativo para uso del laboratorio de mecánica automotriz.

- Colocar las mochilas en los casilleros
- Prohibido consumo de alimentos
- Prohibido equipo de diversión, celulares, etc.
- Prohibido jugar
- Prohibido mover o intercambiar los equipos de los bancos de trabajo.
- Prohibido sacar los equipos del laboratorio sin autorización.
- Ubicar los equipos y accesorios en el lugar dispuesto por el responsable del laboratorio, luego de terminar las prácticas.
- Uso adecuado de equipos.
- Uso obligatorio del mandil u overol.
- Utilizar equipos de protección personal para evitar accidentes.
- Al finalizar la práctica, limpiar y ordenar la zona de trabajo.

7.- Marco teórico:

A desarrollar por el estudiante. Utilice sus propias fuentes de consulta que sean confiables, tales como: libros, tesis, artículos, revistas; utilice gráficos o esquemas.

- ¿Qué es el sistema de freno de disco neumático?
- Elementos que conforman el sistema de freno de disco neumático y su definición.
- ¿Qué es el sistema de freno de tambor neumático?
- Elementos que conforman el sistema de freno de tambor neumático y su definición.

8.- Actividades a desarrollar

Notaciones

| | |
|-------|--|
| T_f | Torque de la fuerza de frenado [daN*cm] |
| F_n | Fuerza neumática de la varilla del cilindro de frenado [daN] |
| r_1 | Distancia de palanca 1 del pedal del Freno [cm] |
| r_2 | Distancia de palanca 2 del pedal del Freno [cm] |
| A_d | Área del diafragma [cm ²] |

| | |
|----------|--|
| P | Presión neumática [daN/cm ² o bar] |
| F_{RD} | Fuerza de frenado de las ruedas delanteras [daN] |
| F_{RT} | Fuerza de frenado de las ruedas traseras [daN] |

Fórmulas:

Presión del circuito

Por lo general, la instalación de frenos se da por una fuerza de presión neumática ($F_{neumática}$) está aumentada por efecto de la varilla de freno generando así la presión.

La presión está dada por la siguiente ecuación 1.

$$P = \frac{F}{A} [lb/plg^2] \quad \text{Ec 1.}$$

A continuación, se muestra la fuerza del cilindro en la ecuación 2.

$$F_n = P \cdot A_d [lb] \quad \text{Ec 2.}$$

El cálculo del torque en el freno se da por la siguiente ecuación 3.

$$T_f = F_n \cdot r_t [lb * pie] \quad \text{Ec 3.}$$

En los frenos de ruedas delanteras se tiene la fuerza de frenado con la siguiente ecuación 4.

$$F_D = P \cdot A_D [lb] \quad \text{Ec 4.}$$

Del mismo modo se aplica la misma fórmula para la fuerza de frenado en la parte posterior, como se muestra en la ecuación 5.

$$F_T = P \cdot A_T [lb] \quad \text{Ec5.}$$

Actividad 1. Cálculo de fuerzas de frenado en el disco.

- En la Figura 1, se muestra el mecanismo del sistema de Freno de disco delantero, visualice en el sistema del banco de pruebas y luego en la sección de resultados en la actividad 1, coloque los componentes que lleva el sistema y realice los cálculos respectivos.

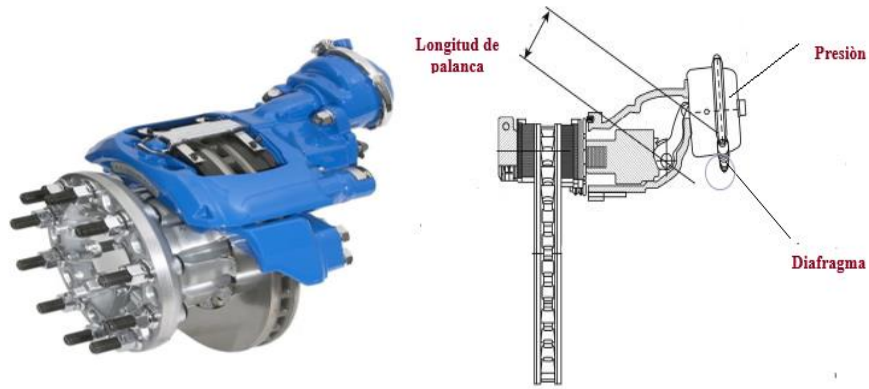


Figura 1.- Sistema de freno de disco neumático.

Actividad 2. Cálculo de fuerzas de frenado en el tambor.

- En la Figura 2, se muestran el mecanismo, el sistema de freno de tambor, visualice en el sistema del banco de pruebas y luego en la sección de resultados en la actividad 2, coloque los componentes que lleva el sistema y realice los cálculos respectivos.

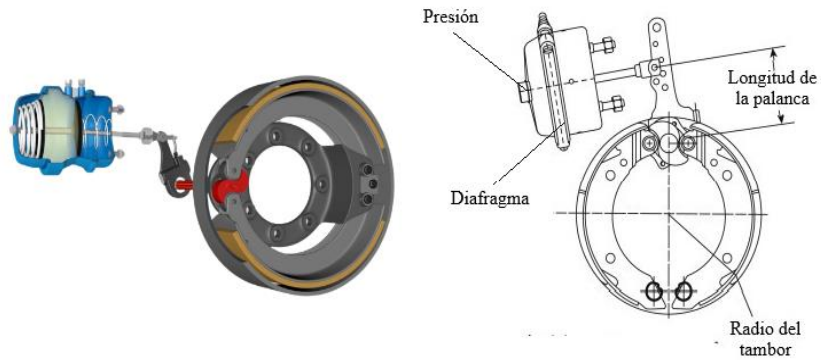


Figura 2.- Sistema de freno de tambor neumático.

9.- Resultados obtenidos

Actividad 1.- Identificación de los componentes del sistema de frenos de disco neumáticos.

1. En la Tabla 1, indique los elementos externos que encontró en el freno de disco.

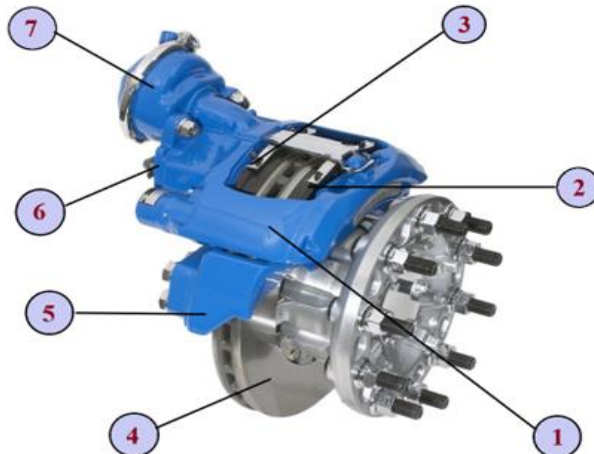


Tabla 1.

Elementos externos del sistema de freno neumático.

| Nombre del componente | Identificación |
|-----------------------|----------------|
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

2. Indique en la siguiente tabla 2, los nombres de los componentes internos del sistema de freno neumático.

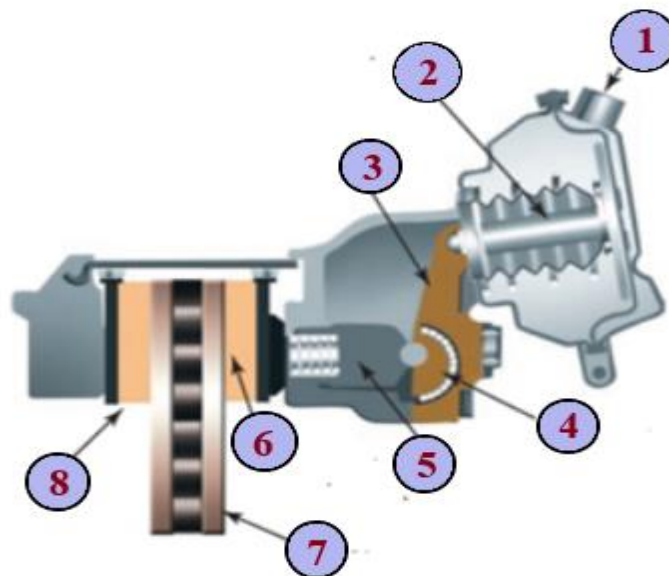
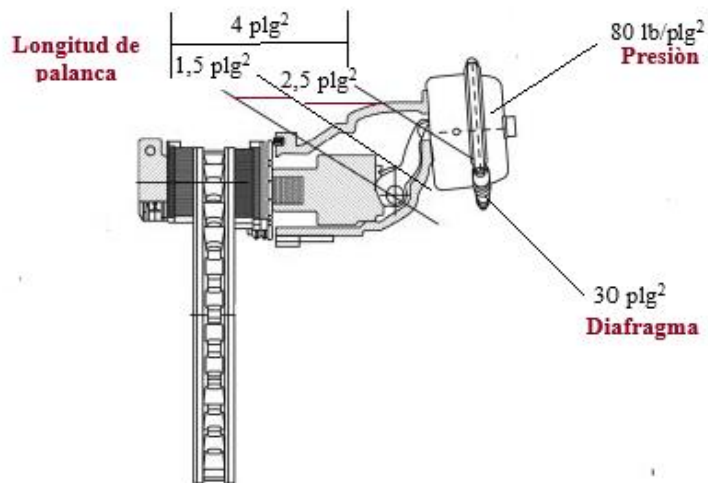


Tabla 2.

Elementos internos del sistema de frenos neumáticos.

| Nombre del componente | Identificación |
|-----------------------|----------------|
| | |
| | |
| | |

3. Calcule la fuerza de frenado que hay en el sistema ideal mediante el siguiente ejercicio.
- En el siguiente gráfico se tiene la longitud de la palanca con una distancia 1 de (2,5 plg²) y la distancia 2 de (1,5 plg²) dando un total de distancia de 4 plg² y el área de la cámara o diafragma de 30 plg², calcule la fuerza de frenado si se tiene una presión de trabajo de 80 lb/plg².



Actividad 2.- Identificación de los componentes del sistema de freno de tambor neumático.

1. En la Tabla 3, indique los elementos que encontró en el freno de tambor.

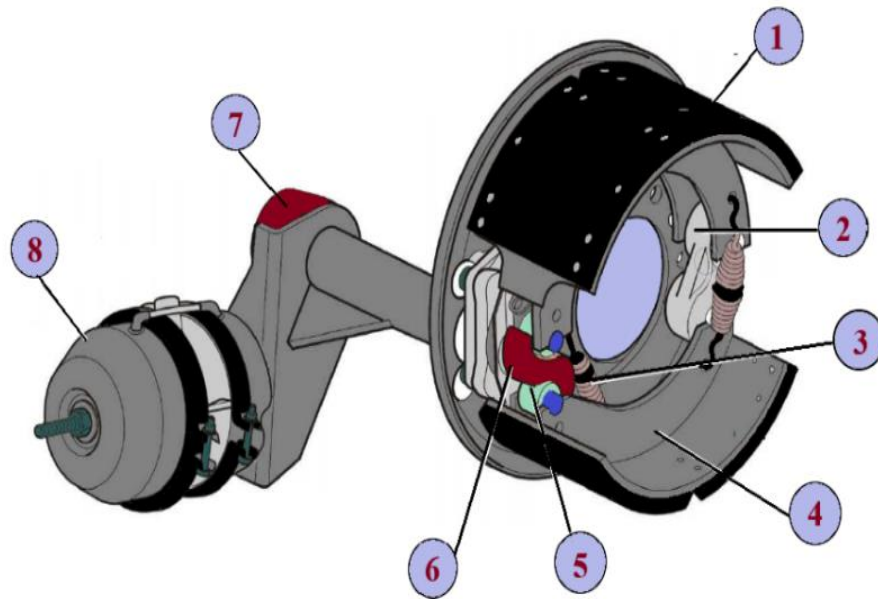


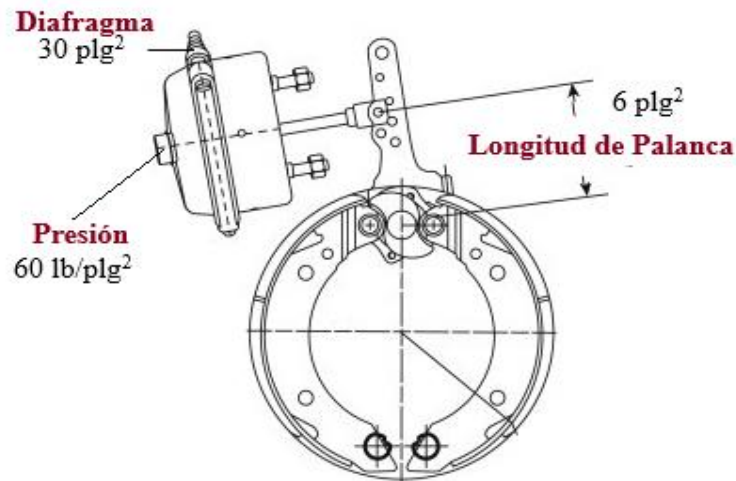
Tabla 3.

Elementos externos del sistema de frenos neumáticos.

| Nombre del componente | Identificación |
|-----------------------|----------------|
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

2. Calcule la fuerza de frenado que hay en el sistema mediante el siguiente ejercicio.

- En el siguiente gráfico, se tiene la longitud de palanca con una distancia total de 6 plg² y el área de la cámara o diafragma de 30 plg², calcule la fuerza de frenado si se tiene una presión de trabajo de 60 lb/plg² y el torque de fuerza de frenado.



10.- Discusión

A desarrollar por el estudiante. Discuta sobre los resultados obtenidos y actividades desarrolladas, enfatice lo alcanzado en la práctica, así como las deficiencias encontradas.

11.- Conclusiones

A desarrollar por el estudiante en función de los objetivos propuestos.

12.- Recomendaciones

Citar las recomendaciones pertinentes que haya detectado durante la ejecución de la práctica

13.- Preguntas y ejercicios de control

A desarrollar por el estudiante.

1. ¿Cada cuánto tiempo se debe hacer cambio de pastillas en el sistema de frenado?
2. ¿Qué sucede si el disco de freno se deforma producto del excesivo frenado?
3. ¿Cuál es el límite de desgaste en el freno de disco para la operación de trabajo?
4. ¿Cada qué tiempo es necesario hacer mantenimiento a este sistema de frenos neumáticos?
5. ¿Cada cuánto tiempo se debe hacer cambio de zapatas en el sistema de frenado de tambor?

14.- Bibliografía (Añada la que crea conveniente a las ya citadas siguiendo el formato expuesto. Tomar en cuenta que la bibliografía que cita debe ser de una fuente confiable, de preferencia utilice libros, artículos, revistas, tesis, Entre otras se dota de algunos ejemplos en este apartado)

- Esteban, J; Domínguez, S. Hulan, Ferrer, R. Sistemas de transmisión y frenado. 1st. Ed. UNED. Madrid, España, 2018.; Editorial Editex, S.A.

15.- Porcentaje de participación de los miembros del grupo

(Sírvanse ponderar la participación de todos los integrantes del grupo)

| Nombres y Apellidos | Porcentaje de participación |
|---------------------|-----------------------------|
| | |
| | |
| | |

16.- Anexos (Añada la información complementaria que crea conveniente)

Anexo 8. Práctica 4.

Práctica 4

| | |
|---|--------------------------------------|
| ASIGNATURA | |
| CÓDIGO DE LA ASIGNATURA | E5, C5, A1 |
| LUGAR DE EJECUCIÓN | Laboratorio De Sistemas Automotrices |
| FECHA DE EJECUCIÓN | |
| FECHA DE ENTREGA | |
| TIEMPO PLANIFICADO EN EL SÍLABO: | 2 horas |
| TIEMPO DE PRÁCTICA POR GRUPO DE ESTUDIANTES: | 2 horas |
| NÚMERO DE ESTUDIANTES POR GRUPO: | Grupos de 3 personas |
| DOCENTE DE LA ASIGNATURA | |
| RESPONSABLE DE LABORATORIO | Ing. Elmer Arias |

1.-Tema:

- **Desarmado del pulmón neumático de doble acción.**

2.-Objetivos:

- Identificar los distintos componentes internos que conforman el pulmón de doble acción

3.- Resultados de aprendizaje

- Desarrollo de cálculos básicos relacionados con el diseño de los sistemas de traslación en el vehículo, aplicando leyes y principios adecuados para establecer una solución eficaz al momento de la sustitución y adaptación de elementos con creatividad e innovación.

4.- Materiales y reactivos.

- Guía práctica

5.- Equipos y herramientas

| Equipos de Protección | Herramientas y equipos |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none">● Mandil● Guantes | <ul style="list-style-type: none">● Juego de llaves de corona, boca o mixto.● Franela● Prensa |

6.- Instrucciones:

Las siguientes instrucciones están contempladas en el normativo para uso del laboratorio de mecánica automotriz.

- Colocar las mochilas en los casilleros
- Prohibido consumo de alimentos
- Prohibido equipo de diversión, celulares, etc.
- Prohibido jugar
- Prohibido mover o intercambiar los equipos de los bancos de trabajo.
- Prohibido sacar los equipos del laboratorio sin autorización.
- Ubicar los equipos y accesorios en el lugar dispuesto por el responsable del laboratorio, luego de terminar las prácticas.
- Uso adecuado de equipos.
- Uso obligatorio del mandil u overol.
- Utilizar equipos de protección personal para evitar accidentes.
- Al finalizar la práctica, limpiar y ordenar la zona de trabajo.

7.- Marco teórico:

A desarrollar por el estudiante. Utilice sus propias fuentes de consulta que sean confiables, tales como: libros, tesis, artículos, revistas; utilice gráficos o esquemas.

- ¿Qué es el pulmón de doble acción?
- Partes externas e internas del pulmón de doble acción.

8.- Actividades a desarrollar

- En la Figura 1, se muestra el mecanismo interno del pulmón de freno de doble acción, compare con respecto al pulmón del banco de pruebas y luego coloque los nombres de los componentes en la actividad 1.










Figura 1.- Pulmón posterior de doble acción.

- En la siguiente Tabla 1, se muestra el desarmado paso a paso del mecanismo externo e interno del pulmón de freno de doble acción y luego complete la actividad 2.

Tabla 1.

Pasos del desarmado.

| Pasos para el desarmado del pulmón de doble acción | |
|---|---|
| Presentación | Descripción |
|  | <p style="text-align: center;">Paso 1</p> <p>Se procede a realizar la respectiva inspección de cómo se encuentra el pulmón de freno.</p> |
|  | <p style="text-align: center;">Paso 2</p> <p>En la parte superior se ve un ducto el cual conecta con sujetador tipo “T”, a este se lo debe poner en la parte que se muestra en la figura.</p> |
|  | <p style="text-align: center;">Paso 3</p> <p>Para poder sujetar el resorte se debe apretar con una llave el sujetador hasta que llegue a una altura bastante mayor, a si el sujetador estará recogido y se procederá al desarmado.</p> |
|  | <p style="text-align: center;">Paso 4</p> <p>Colocar el pulmón de freno de doble acción en una prensa, la cual nos permitirá manipular correctamente el trabajo.</p> |

| | |
|---|--|
|  | <p style="text-align: center;">Paso 5</p> <p>Se deberán quitar las tuercas de las abrazaderas que sujetan las cámaras mediante llaves.</p> |
|  | <p style="text-align: center;">Paso 6</p> <p>Es importante que al momento de quitar las abrazaderas de las cámaras se debe tener recogido el pulmón mediante cuerdas, evitando así posibles accidentes. En esta imagen se puede observar el diafragma de la cámara.</p> |
|  | <p style="text-align: center;">Paso 7</p> <p>En esta gráfica se observa el resorte que conecta con la cámara de estacionamiento.</p> |
|  | <p style="text-align: center;">Paso 8</p> <p>Se observa el pistón recogido con el sujetador, aquí se puede ver qué tan presionado se encuentra el freno de estacionamiento.</p> |

| | |
|--|---|
|  | <p style="text-align: center;">Paso 9</p> <p>En estas imágenes se puede observar cómo se encuentra conformado la parte de freno de servicio en su parte interna</p> |
|  | <p style="text-align: center;">Paso 10</p> <p>Para el armado del pulmón se debe hacer presión en cada cámara mediante las manos, facilitando así acoplar las abrazaderas para luego apretarlas con las llaves y quedar bien sujetas las dos cámaras.</p> |

9.- Resultados obtenidos

Actividad 1.- Comparación de componentes externos del freno posterior.

- Indique en la Tabla 1, los componentes externos del pulmón de doble acción.

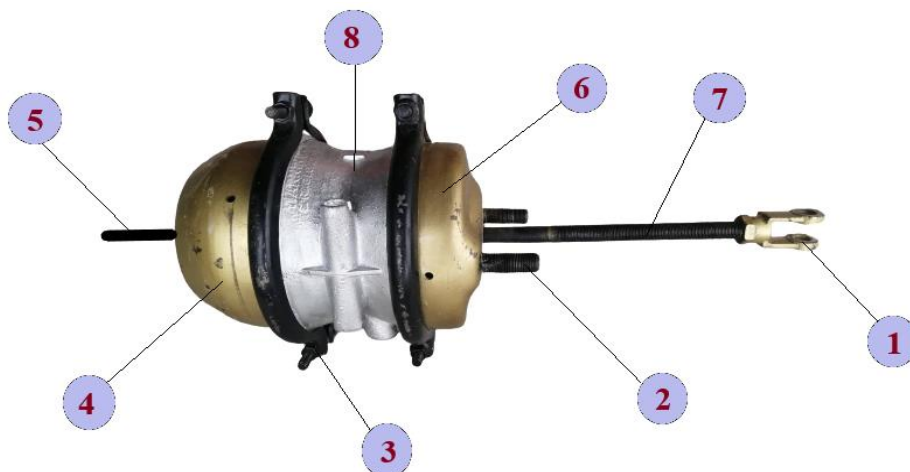


Tabla 1.

Elementos externos del pulmón de doble acción.

| Nombre del componente | Identificación |
|-----------------------|----------------|
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

Actividad 2.- Comparación de componentes internos del freno posterior.

1. Indique en la tabla 2, los componentes internos del pulmón de doble acción.

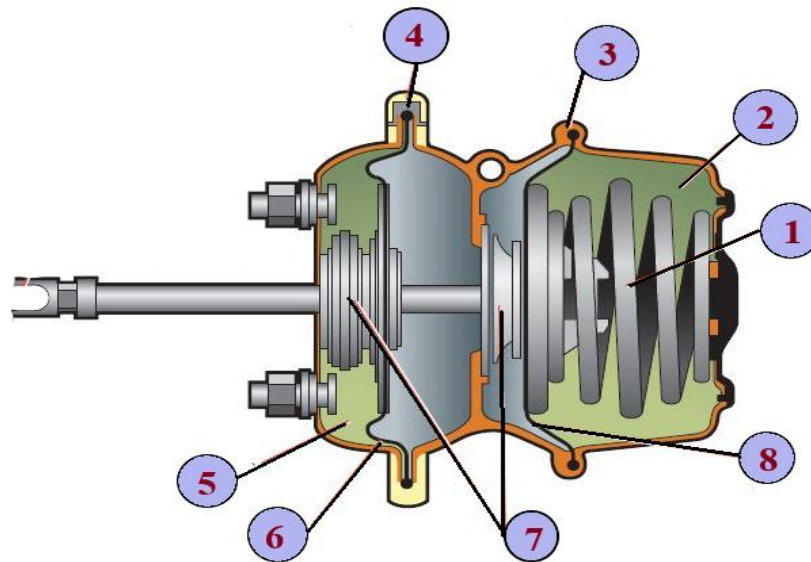
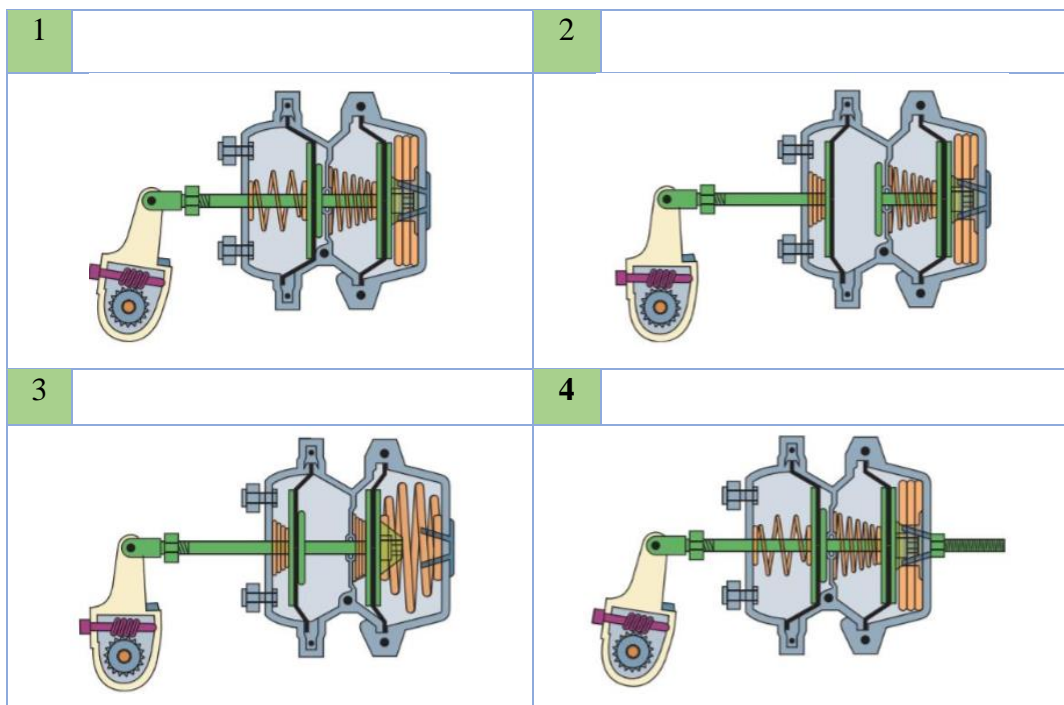


Tabla 2.

Elementos internos del pulmón de doble acción.

| Nombre del componente | Identificación |
|-----------------------|----------------|
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

2. En las siguientes gráficas indique si el freno de estacionamiento se encuentra accionado o no, también si se encuentra accionado el freno de servicio y por último ver si el freno de estacionamiento se encuentra bloqueado.



10.- Discusión

A desarrollar por el estudiante. Discuta sobre los resultados obtenidos y actividades desarrolladas, enfatice lo alcanzado en la práctica, así como las deficiencias encontradas.

11.- Conclusiones

A desarrollar por el estudiante en función de los objetivos propuestos.

12.- Recomendaciones

Citar las recomendaciones pertinentes que haya detectado durante la ejecución de la práctica

13.- Preguntas y ejercicios de control

A desarrollar por el estudiante.

- ¿Por qué es necesario bloquear la cámara del freno de estacionamiento en el sistema?
- ¿Qué sucede si al abrir el pulmón no se pone el perno de bloqueo?
- ¿Los diafragmas de las cámaras de qué material son?
- ¿Qué sucede si el diafragma del freno de servicio se rompe?
- ¿Qué es lo que ocurre en caso de una rotura en los diafragmas?

14.- Bibliografía (Añada la que crea conveniente a las ya citadas siguiendo el formato expuesto. Tomar en cuenta que la bibliografía que cita debe ser de una fuente confiable, de preferencia utilice libros, artículos, revistas, tesis, Entre otras se dota de algunos ejemplos en este apartado)

- José, M; Navarro. Sistemas de transmisión y frenado. 1st. ed. Ed. UNED. Madrid, España, 2019. Editorial Paraninfo.
- Eduardo, Águeda, C; Tomás; Gómez, M, José, M; Navarro. Sistemas de transmisión y frenado. 2st. Ed. UNED. Madrid, España, 2020. Editorial Paraninfo.

15.- Porcentaje de participación de los miembros del grupo

(Sírvanse ponderar la participación de todos los integrantes del grupo)

| Nombres y Apellidos | Porcentaje de participación |
|---------------------|-----------------------------|
| | |
| | |
| | |

16.- Anexos (Añada la información complementaria que crea conveniente)

Anexo 9. Certificación de traducción del resumen.

Loja 25 de mayo de 2023

Yo Ivan Patricio Labanda Cabrera, con cedula de identidad 1105601544, docente de inglés con certificación internacional de suficiencia en inglés B2 FCE, CERTIFICO:

Que como profesional en dominio del idioma inglés, puedo certificar que la traducción del resumen del trabajo de titulación denominado **“Diseño y construcción de un banco didáctico del sistema de frenos neumáticos”**, a cargo del estudiante **Cristian Anibal Quituzaca Pineda** con cedula de identidad Nro. 1105776304, cumple con una traducción correcta y precisa.

Lo certifica.



Lic. Ivan Patricio Labanda Cabrera
C.I 1105601544