



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**Implementación de un sistema de monitoreo y autoinflado de neumáticos del vehículo
Jeep Willys CJ3A**

Socasi Gualotuña, Saúl Alexis y Villacís Marín, Jaime David

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Automotriz

Ing. Quiroz Erazo, Leonidas Antonio Msc.

17 de febrero del 2022

Latacunga



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, **“Implementación de un sistema de monitoreo y autoinflado de neumáticos del vehículo Jeep Willys CJ3A”** fue realizado por los Señores **Socasi Gualotuña Saúl Alexis** y **Villacis Marín Jaime David**, el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos legales teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 17 de febrero del 2022

Ing. Quiroz Erazo, Leonidas Antonio Msc.

C.C.: 050250999-5

Reporte de verificación de contenido



Ing. Quiroz Erazo, Leonidas Antonio Msc.

C.C.: 050250999-5



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Nosotros, **Socasi Gualotuña Saúl Alexis**, con cédula de ciudadanía 172290683-9 y **Villacis Marín Jaime David**, con cédula de ciudadanía 172703657-4, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **Implementación de un sistema de monitoreo y autoinflado de neumáticos del vehículo Jeep Willys CJ3A**, es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 17 de febrero del 2022

Socasi Gualotuña, Saúl Alexis

C.C.: 172290683-9

Villacis Marín, Jaime David

C.C.: 172703657-4



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Nosotros, **Socasi Gualotuña Saúl Alexis**, con cédula de ciudadanía 172290683-9 y **Villacis Marín Jaime David**, con cédula de ciudadanía 172703657-4, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Implementación de un sistema de monitoreo y autoinflado de neumáticos del vehículo Jeep Willys CJ3A** en el Repositorio institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 17 de febrero del 2022

Socasi Gualotuña, Saúl Alexis

C.C.: 172290683-9

Villacis Marín, Jaime David

C.C.: 172703657-4

DEDICATORIA

Dedico la elaboración de este proyecto a Dios por la vida de mis padres y haberme permitido cumplir con mi carrera Universitaria con bases primordiales para mi formación profesional. A mi Madre por ser un apoyo incondicional en mi vida y brindarme siempre su cariño y paciencia. A mi Padre que me ha inculcado valores y hábitos de tal manera que pueda conllevar mi vida para salir adelante.

A mis Hermanas que siempre me han enseñado a superarme académicamente y proponerme metas más allá de lo inalcanzable.

A mi amigo de Universidad que me ha brindado su apoyo en cada paso de mi vida académica universitaria y ha contribuido con su dedicación y conocimientos al desarrollo e implementación de este proyecto que nos permitirá alcanzar titularnos como ingenieros.

Socasi Gualotuña, Saúl Alexis

Dedicatoria

Dedico la elaboración de este proyecto a mis padres que han sido un apoyo primordial a lo largo de mi vida, han sabido transmitir sus conocimientos para no cometer errores y me han dado aliento para seguir durante la etapa universitaria.

A mis hermanos que han contribuido con su experiencia y siempre han velado por mi bienestar y cuidado en todas las etapas de mi vida. A mi familia que han sido incondicionales y han estado presentes en todos los buenos y malos momentos demostrando que los lazos familiares son los más fuertes.

A mi compañero de tesis y gran amigo Saúl, que ha contribuido con su conocimiento y paciencia para la elaboración de este proyecto que nos permitirá alcanzar titularnos como ingenieros.

Villacís Marín, Jaime David

Agradecimientos

Mi agradecimiento a la Universidad de las Fuerzas Armadas Espe. Sede Latacunga. Institución que me brindó la oportunidad para realizar mis estudios de Ingeniería y de la cual siempre he recibido apoyo para cada día obtener nuevos conocimientos.

A mis Padres por ser los primordiales impulsores de mis sueños, gracias a ellos por su paciencia y confianza, por cada segundo creer en mí y en mis perspectivas. Ha pasado mucho desde que nací, desde ese momento e incluso antes que eso, ya estabas buscando las maneras de ofrecerme lo mejor. Has trabajado duro, y sin importar el cansancio, siempre anhelaste lo mejor para mi vida con muchos consejos que han formado bases sólidas en mi vida, muchas gracias padre. Tu amor es infinito y tus esfuerzos impresionantes, junto con mi padre me has brindado cada cosa que he necesitado, por ser mi constante motivación y enseñarme a abrazar el miedo con mis sueños por que las cosas son deseos tan ligeros como promesas, te doy las gracias madre.

A mis hermanas por ser el ejemplo a seguir y el apoyo primordial en el transcurso de mi vida y carrera académica.

A mis familiares y amigos que me han motivado a ser buena persona y me han brindado consejos útiles en el desarrollo de mi vida.

A mi compañero de tesis David, que ha sido de gran apoyo durante el transcurso de toda la carrera de ingeniería y la elaboración de este proyecto.

Socasi Gualotuña, Saúl Alexis

Agradecimiento

Agradezco a Dios que me ha permitido llegar hasta este punto de mi vida en el que cumpliré una más de mis metas con salud y la bendición de tener a mi familia a mi lado.

A mis padres que han logrado guiarme por el buen camino y están siempre pendientes de las decisiones que tomo para aconsejarme y apoyarme.

A mis hermanos que han sabido compartirme sus experiencias para enriquecer mi conocimiento y han estado prestos a ayudar cuando lo he requerido.

A mi familia que ha estado pendiente de mí, con buenos deseos y augurios que me han motivado para seguir estudiando y ser una mejor persona.

A mi compañero de tesis Saúl, que ha sido de gran apoyo durante la elaboración de este proyecto y un gran amigo en la vida universitaria.

Al ingeniero Leonidas Quiroz que ha supervisado este proyecto y que con su dedicación y conocimiento ha hecho posible culminar con éxito este trabajo de titulación.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L por la formación académica, las experiencias enriquecedoras durante esta etapa y a sus docentes por los conocimientos impartidos.

Villacís Marín, Jaime David

Tabla de Contenidos

| | |
|--|-----------|
| Carátula..... | 1 |
| Certificación..... | 2 |
| Reporte de verificación de contenido | 3 |
| Responsabilidad de autoría..... | 4 |
| Autorización de publicación..... | 5 |
| Dedicatoria..... | 6 |
| Dedicatoria..... | 7 |
| Agradecimiento | 8 |
| Agradecimiento | 9 |
| Tabla de Contenidos | 10 |
| Índice de tablas | 19 |
| Índice de figuras..... | 22 |
| Resumen | 27 |
| Abstract..... | 28 |
| Planteamiento del Problema de Investigación | 29 |
| Antecedentes Investigativos | 29 |
| Planteamiento del problema | 31 |
| Descripción resumida del proyecto | 34 |
| Justificación e importancia..... | 35 |
| Objetivos | 37 |

| | |
|---|----|
| <i>Objetivo general</i> | 37 |
| <i>Objetivos específicos</i> | 37 |
| Metas | 38 |
| Hipótesis | 38 |
| Variables de investigación | 39 |
| <i>Variable Independiente</i> | 39 |
| <i>Variable Dependiente</i> | 41 |
| Fundamento Teórico | 42 |
| Vehículo Jeep Willys CJ3A | 42 |
| Aire comprimido | 43 |
| <i>Unidad de alimentación</i> | 43 |
| Sistema de autoinflado de neumáticos | 45 |
| <i>Proceso de operación</i> | 45 |
| Componentes del sistema de autoinflado de neumáticos | 46 |
| <i>Compresor de aire</i> | 46 |
| <i>Depósito de aire comprimido transportable</i> | 46 |
| <i>Válvula cinemática</i> | 48 |
| <i>Válvula distribuidora 2/2</i> | 49 |
| <i>Panel de control</i> | 49 |
| <i>Inversor de tensión</i> | 50 |
| Normativas técnicas | 51 |

| | |
|---|----|
| <i>NTE INEN 2 203:2013</i> | 51 |
| <i>NTE INEN 2 204:2017</i> | 51 |
| Ecuaciones utilizadas | 51 |
| <i>Ecuación general de la energía</i> | 51 |
| <i>Tasa de flujo volumétrico</i> | 52 |
| <i>Volumen de un sólido de revolución</i> | 53 |
| <i>Caudal</i> | 53 |
| <i>Peso específico del aire</i> | 54 |
| Diseño de la propuesta | 55 |
| Sistema Neumático | 55 |
| <i>Diseño neumático</i> | 56 |
| <i>Presión y Caudal</i> | 59 |
| Verificación de Componentes | 60 |
| <i>Válvula de retención antiretorno</i> | 60 |
| <i>Conducto de tubería neumática</i> | 61 |
| <i>Válvula de Giro o Cinemática</i> | 63 |
| <i>Cañería neumática para compresor</i> | 64 |
| <i>Manómetro analógico</i> | 65 |
| <i>Sistema de Abastecimiento</i> | 65 |
| <i>Depósito de aire comprimido</i> | 66 |
| <i>Elementos de conexión neumática</i> | 68 |

| | |
|--|----|
| <i>Conexión neumática</i> | 68 |
| <i>Conexión hexagonal con acoplamiento</i> | 69 |
| <i>Hexágono mediano TC tuerca y arandela</i> | 69 |
| <i>Dimensionamiento del circuito</i> | 70 |
| Diseño mecánico | 71 |
| <i>Componentes</i> | 72 |
| <i>Modelado</i> | 73 |
| Elementos de conexión mecánica..... | 74 |
| <i>Mini tuerca ciega</i> | 74 |
| <i>Tuerca de conexión de red</i> | 75 |
| <i>Soporte multiusos</i> | 76 |
| <i>Tapacubos</i> | 77 |
| Sistema eléctrico | 78 |
| <i>Diseño eléctrico</i> | 78 |
| <i>Diseño de circuito de panel de control</i> | 80 |
| Componentes..... | 80 |
| <i>Panel de control</i> | 81 |
| <i>Interruptor de presión</i> | 82 |
| <i>Inversor de tensión</i> | 83 |
| <i>Sensor de control de presión de neumáticos TPMS</i> | 84 |
| Señales TPMS | 86 |

| | |
|--|----|
| <i>Señales de entrada</i> | 86 |
| <i>Procesamiento de señales</i> | 86 |
| <i>Señal de salida</i> | 87 |
| Adaptación del sistema de monitoreo y autoinflado | 88 |
| Construcción | 88 |
| Adaptación sistema neumático | 88 |
| <i>Válvula de retención antiretorno</i> | 88 |
| <i>Cañería de tubería neumática</i> | 89 |
| <i>Válvula de giro</i> | 90 |
| <i>Ducto neumático para compresor</i> | 91 |
| <i>Manómetro analógico</i> | 92 |
| <i>Bloque compresor</i> | 92 |
| <i>Depósito de aire comprimido</i> | 93 |
| <i>Conexión neumática</i> | 94 |
| Adaptación sistema mecánico | 94 |
| <i>Puntos de apoyo y fijación</i> | 94 |
| <i>Conexión hexagonal con acoplamiento</i> | 96 |
| <i>Hexágono mediano TC tuerca y arandela</i> | 97 |
| <i>Minituerca ciega</i> | 97 |
| <i>Tuerca multiuso TC conexión de red</i> | 98 |
| <i>Arandela</i> | 98 |

| | |
|---|-----|
| <i>Soporte L multiuso</i> | 99 |
| <i>Tapacubos</i> | 100 |
| Adaptación de sistema eléctrico | 100 |
| <i>Presostato</i> | 100 |
| <i>Inversor de tensión</i> | 101 |
| <i>Panel de control</i> | 102 |
| Sensores | 103 |
| <i>Sensores de presión</i> | 103 |
| <i>Módulo de control</i> | 104 |
| <i>Antena para vigilancia</i> | 104 |
| Pruebas de funcionamiento | 104 |
| Pruebas estáticas | 104 |
| <i>Con un neumático a baja presión</i> | 105 |
| <i>Con dos neumáticos a baja presión</i> | 105 |
| <i>Con tres neumáticos a baja presión</i> | 106 |
| <i>Con cuatro neumáticos a baja presión</i> | 107 |
| Pruebas dinámicas | 108 |
| <i>Eje Frontal</i> | 108 |
| <i>Eje posterior</i> | 110 |
| Programas de conducción | 112 |
| Protocolo de conducción UDDS y LA-4 | 112 |

| | |
|---|-----|
| <i>Fase de arranque en frío</i> | 113 |
| <i>Fase estabilizada</i> | 114 |
| <i>Parámetros del protocolo</i> | 114 |
| Ciclo de ensayo FTP-75..... | 116 |
| <i>Fase de transición</i> | 116 |
| <i>Fase estabilizada</i> | 117 |
| <i>Fase en caliente</i> | 117 |
| <i>Parámetros del ciclo</i> | 118 |
| Comprobación de fugas..... | 119 |
| Parámetros de funcionamiento | 120 |
| Normativas..... | 121 |
| <i>Color de seguridad</i> | 121 |
| <i>Color de contraste</i> | 121 |
| <i>Señal de seguridad</i> | 121 |
| <i>Símbolos de seguridad</i> | 122 |
| <i>Luminancia</i> | 122 |
| <i>Marcado del contenido</i> | 122 |
| <i>Marcas adicionales</i> | 122 |
| <i>Responsabilidad de marcado</i> | 122 |
| Análisis de resultados del sistema de control de presión de autoinflado | 123 |
| Análisis de funcionamiento de gestión eléctrica | 123 |

| | |
|---|-----|
| <i>Voltaje de alimentación</i> | 123 |
| <i>Voltaje de masa</i> | 123 |
| <i>Señal de entrada al inversor</i> | 124 |
| <i>Señal de salida del inversor</i> | 124 |
| Análisis de operación del sistema neumático | 127 |
| <i>Carga de aire presurizado</i> | 127 |
| <i>Control de ingreso de aire presurizado</i> | 128 |
| Análisis de pruebas de fugas | 128 |
| <i>Análisis de resultados protocolo de conducción UDDS y LA-4</i> | 128 |
| <i>Análisis de resultados Ciclo de ensayo FTP-75</i> | 129 |
| Análisis de Comportamiento Estático y Dinámico | 131 |
| <i>Comparación de resultados programas de conducción UDDS,</i> <i>LA-4, FTP-75</i> | 131 |
| Marco Administrativo | 132 |
| Factibilidad | 132 |
| <i>Recursos Materiales</i> | 132 |
| <i>Recursos Humanos</i> | 133 |
| <i>Recursos Financieros</i> | 133 |
| <i>Recursos Tecnológicos</i> | 135 |
| Conclusiones | 136 |
| Recomendaciones | 137 |
| Bibliografía | 139 |

Anexos 145

Índice de tablas

| | |
|--|-----------|
| Tabla 1 Operacionalización de la variable independiente..... | 39 |
| Tabla 2 Operacionalización de la variable dependiente | 41 |
| Tabla 3 Componentes de simulación de circuito neumático..... | 58 |
| Tabla 4 Parámetros de cálculo..... | 59 |
| Tabla 5 Selección de válvula de retención o antiretorno | 60 |
| Tabla 6 Selección de cañería de tubería neumática..... | 62 |
| Tabla 7 Selección de válvula cinemática..... | 63 |
| Tabla 8 Selección de ducto reforzado neumático para compresor | 64 |
| Tabla 9 Selección manómetro analógico..... | 65 |
| Tabla 10 Selección sistema de abastecimiento..... | 66 |
| Tabla 11 Selección depósito de aire comprimido | 67 |
| Tabla 12 Selección de conexión neumática | 68 |
| Tabla 13 Selección conexión hexagonal con acoplamiento..... | 69 |
| Tabla 14 Selección hexágono mediano TC tuerca y arandela..... | 70 |
| Tabla 15 Nomenclatura de dimensionamiento | 71 |
| Tabla 16 Características brida eje frontal..... | 72 |
| Tabla 17 Características brida eje posterior | 73 |
| Tabla 18 Selección mini tuerca ciega..... | 74 |
| Tabla 19 Selección de Tuerca de conexión de red..... | 75 |
| Tabla 20 Selección soporte multiusos..... | 76 |

| | |
|---|------------|
| Tabla 21 Selección de tapacubos | 77 |
| Tabla 22 Selección Panel de control..... | 81 |
| Tabla 23 Selección de interruptor de presión | 82 |
| Tabla 24 Selección de inversor de tensión..... | 83 |
| Tabla 25 Características operativas del sensor TPMS..... | 85 |
| Tabla 26 Nomenclatura de componentes de los planos del sensor TPMS..... | 86 |
| Tabla 27 Señales de entrada del sensor TPMS | 86 |
| Tabla 28 Tiempo de llenado a de aire en un neumático con presión menor a la recomendada..... | 105 |
| Tabla 29 Tiempo de llenado a de aire en dos neumáticos con presión menor a la recomendada..... | 106 |
| Tabla 30 Tiempo de llenado a de aire en tres neumáticos con presión menor a la recomendada..... | 106 |
| Tabla 31 Tiempo de llenado a de aire en cuatro neumáticos con presión menor a la recomendada..... | 107 |
| Tabla 32 Comparativa entre suministro de aire de los neumáticos..... | 107 |
| Tabla 33 Pruebas de llenado en eje frontal a 10 km/h..... | 108 |
| Tabla 34 Pruebas de llenado en eje frontal a 20 km/h..... | 109 |
| Tabla 35 Pruebas de llenado en eje frontal a 30 km/h..... | 109 |
| Tabla 36 Pruebas de llenado en eje posterior a 10 km/h..... | 110 |
| Tabla 37 Pruebas de llenado en eje posterior a 20 km/h..... | 110 |
| Tabla 38 Pruebas de llenado en eje posterior a 30 km/h..... | 111 |

| | |
|---|------------|
| Tabla 39 <i>Comparación tiempo de llenado eje frontal</i> | 111 |
| Tabla 40 <i>Comparación tiempo de llenado eje posterior</i> | 112 |
| Tabla 41 <i>Parámetros obtenidos de los protocolos UDDS y LA-4</i> | 114 |
| Tabla 42 <i>Parámetros obtenidos del ciclo FTP-75</i> | 118 |
| Tabla 43 <i>Valores de operación del sensor TPMS</i> | 126 |
| Tabla 44 <i>Comparación de parámetros obtenidos</i> | 131 |
| Tabla 45 <i>Recursos materiales</i> | 132 |
| Tabla 46 <i>Recursos humanos</i> | 133 |
| Tabla 47 <i>Costos recursos materiales</i> | 133 |
| Tabla 48 <i>Costos imprevistos</i> | 134 |
| Tabla 49 <i>Costo neto del proyecto</i> | 134 |
| Tabla 50 <i>Recursos tecnológicos</i> | 135 |

Índice de figuras

| | |
|---|-----------|
| Figura 1 <i>Árbol de problemas</i> | 33 |
| Figura 2 <i>Jeep Willys CJ3A</i> | 42 |
| Figura 3 <i>Proceso de preparación del aire</i> | 43 |
| Figura 4 <i>Filtro de aire</i> | 44 |
| Figura 5 <i>Regulador de presión</i> | 44 |
| Figura 6 <i>Sistema de autoinflado de neumáticos</i> | 45 |
| Figura 7 <i>Compresor</i> | 46 |
| Figura 8 <i>Depósito de aire comprimido transportable</i> | 47 |
| Figura 9 <i>Válvula de Giro</i> | 48 |
| Figura 10 <i>Válvula antiretorno</i> | 48 |
| Figura 11 <i>Válvula distribuidora 2/2</i> | 49 |
| Figura 12 <i>Funcionamiento de manómetro panel de control</i> | 50 |
| Figura 13 <i>Circuito inversor de tensión</i> | 50 |
| Figura 14 <i>Diagrama de Flujo</i> | 56 |
| Figura 15 <i>Diagrama de simulación de circuito neumático</i> | 57 |
| Figura 16 <i>Diagrama de simulación de circuito neumático activado</i> | 59 |
| Figura 17 <i>Válvula de retención antiretorno</i> | 61 |
| Figura 18 <i>Ducto de tubería neumática</i> | 62 |
| Figura 19 <i>Válvula de Giro o Cinemática</i> | 63 |
| Figura 20 <i>Ductos neumáticos para compresor</i> | 64 |

| | |
|--|-----------|
| Figura 21 <i>Manómetro analógico</i> | 65 |
| Figura 22 <i>Sistema de Abastecimiento</i> | 66 |
| Figura 23 <i>Depósito de aire comprimido</i> | 67 |
| Figura 24 <i>Conexión neumática</i> | 68 |
| Figura 25 <i>Conexión hexagonal con acoplamiento</i> | 69 |
| Figura 26 <i>Hexágono mediano TC tuerca y arandela</i> | 70 |
| Figura 27 <i>Dimensionamiento del circuito</i> | 71 |
| Figura 28 <i>Modelado brida eje frontal</i> | 73 |
| Figura 29 <i>Modelado brida eje posterior</i> | 74 |
| Figura 30 <i>Mini tuerca ciega</i> | 75 |
| Figura 31 <i>Tuerca de conexión de red</i> | 76 |
| Figura 32 <i>Soporte multiusos</i> | 77 |
| Figura 33 <i>Tapacubos</i> | 78 |
| Figura 34 <i>Diagrama de Flujo</i> | 79 |
| Figura 35 <i>Circuito electrónico del panel de control con una presión menor a 30 Psi</i> | 80 |
| Figura 36 <i>Panel de control</i> | 81 |
| Figura 37 <i>Interruptor de presión</i> | 82 |
| Figura 38 <i>Inversor de tensión</i> | 84 |
| Figura 39 <i>Plano circuito electrónico sensor TPMS</i> | 85 |
| Figura 40 <i>Diagrama de instalación de calibrador neumático</i> | 88 |
| Figura 41 <i>Adaptación de válvula de retención</i> | 89 |

| | |
|---|------------|
| Figura 42 <i>Adaptación cañería neumática 5/16 in</i> | 90 |
| Figura 43 <i>Adaptación de válvula de giro</i> | 91 |
| Figura 44 <i>Adaptación de ducto neumática para compresor</i> | 91 |
| Figura 45 <i>Adaptación de manómetro</i> | 92 |
| Figura 46 <i>Adaptación bloque compresor</i> | 93 |
| Figura 47 <i>Adaptación de depósito de aire comprimido</i> | 93 |
| Figura 48 <i>Adaptación conexión neumática tipo T</i> | 94 |
| Figura 49 <i>Adaptación brida eje frontal</i> | 95 |
| Figura 50 <i>Adaptación brida eje posterior</i> | 96 |
| Figura 51 <i>Adaptación conexión hexagonal</i> | 96 |
| Figura 52 <i>Adaptación de hexágono TC con tuerca y arandela</i> | 97 |
| Figura 53 <i>Adaptación de minituerca ciega</i> | 97 |
| Figura 54 <i>Adaptación de la tuerca multiuso TC conexión de red</i> | 98 |
| Figura 55 <i>Adaptación de arandela 7/16</i> | 99 |
| Figura 56 <i>Adaptación del soporte en L</i> | 99 |
| Figura 57 <i>Adaptación de tapacubos</i> | 100 |
| Figura 58 <i>Presostato</i> | 101 |
| Figura 59 <i>Inversor de tensión</i> | 102 |
| Figura 60 <i>Panel de Control</i> | 103 |
| Figura 61 <i>Fase 1 Protocolo UDDS y LA-4</i> | 113 |
| Figura 62 <i>Fase 2 Protocolo UDDS y LA-4</i> | 114 |

| | |
|---|------------|
| Figura 63 <i>Fase 1 Ciclo FTP-75</i> | 116 |
| Figura 64 <i>Fase 2 Ciclo FTP-75</i> | 117 |
| Figura 65 <i>Fase 3 Ciclo FTP-75</i> | 118 |
| Figura 66 <i>Comprobación de Fugas</i> | 120 |
| Figura 67 <i>Señal de entrada al inversor</i> | 124 |
| Figura 68 <i>Señal de salida al inversor</i> | 125 |
| Figura 69 <i>Señal analógica sensor TPMS</i> | 126 |
| Figura 70 <i>Valores de operación</i> | 127 |
| Figura 71 <i>Ejecución protocolo de conducción UDDS y LA-4</i> | 129 |
| Figura 72 <i>Ejecución ciclo de ensayo FTP-75</i> | 130 |

Índice de ecuaciones

| | |
|---|-----------|
| Ecuación 1 <i>Ecuación General de la Energía</i> | 51 |
| Ecuación 2 <i>Tasa de flujo volumétrico</i> | 52 |
| Ecuación 3 <i>Volumen de un sólido de revolución</i> | 53 |
| Ecuación 4 <i>Caudal</i> | 53 |

Resumen

El presente proyecto analizó el proceso de compensación de pérdidas de presión de aire producidas por fugas en los neumáticos del vehículo Jeep Willys CJ3A, a través del diseño, construcción e implementación de un sistema de monitoreo y autoinflado de neumáticos; considerando parámetros mecánicos, neumáticos, eléctricos y de simulación. Se realizaron pruebas estáticas y dinámicas para los neumáticos del eje delantero y posterior del vehículo, además se determinó el tiempo de inflado a diferentes regímenes de velocidad, de manera que se pueda interpretar el tiempo de inflado de neumáticos a partir de valores promedios de medición. Se realizaron pruebas considerando parámetros establecidos en los protocolos de conducción UDDS, FTP-75 y LA-4 para determinar el consumo de combustible del vehículo en zonas urbanas. Se determinó que la implementación del sistema de monitoreo y autoinflado de neumáticos reduce el tiempo en relación a la calibración manual de presión, alertando al conductor de manera visual y auditiva el correcto desempeño del sistema o si existe alguna anomalía que provoque la pérdida de presión. Garantizado la estabilidad del vehículo y la capacidad de mantener una presión óptima de inflado con una precisión del 95% demostrando una incidencia positiva de la implementación del sistema en el vehículo Jeep Willys CJ3A.

Palabras clave:

- **AUTOINFLADO - NEUMÁTICOS**
- **MONITOREO - PRESIÓN**
- **PRESIÓN - NEUMÁTICOS**
- **PROTOCOLO UDDS**

Abstract

This project analyzed the compensation process for air pressure losses caused by leaks of the Jeep Willys CJ3A tires, through the design, construction and implementation of a tire monitoring and self-inflation system; considering mechanical, pneumatic, electrical and simulation parameters. Static and dynamic tests were carried out for the tires of the front and rear axle of the vehicle, in addition, the inflation time was prolonged at different speed mechanisms, so that the tire inflation time can be interpreted from average measurement values. Tests were carried out considering parameters established in the UDDS, FTP-75 and LA-4 driving protocols to determine the fuel consumption of the vehicle in urban areas. It was determined that the implementation of the tire monitoring and self-inflation system reduces the time regard to manual pressure calibration, alerting the driver in a visual and auditory way of the correct performance of the system or if there is any anomaly that causes loss of pressure. Guaranteed vehicle stability and the ability to maintain optimal inflation pressure with 95% accuracy, demonstrating a positive impact of the implementation of the system in the Jeep Willys CJ3A vehicle.

Key words:

- **SELF-INFLATE - TIRES**
- **MONITORING - PRESSURE**
- **PRESSURE - TIRES**
- **UDDS PROTOCOL**

Capítulo I

1. Planteamiento del Problema de Investigación

1.1. Antecedentes Investigativos

En la Segunda Guerra Mundial, los norteamericanos considerados principales en cuanto a vehículos de combate, tanques e incluso vehículos aéreos. Se enfrentaron a la necesidad de crear un vehículo terrestre apto para todo terreno, con un motor capaz de remolcar piezas de artillería o cargar remolques con todo tipo de mercancías de guerra, posee tracción en ambos ejes lo que sería de utilidad para el transporte de soldados por el perímetro de batalla, sobre cualquier tipo de superficie. Es así que Estados Unidos comenzó la fabricación del primer automóvil de reconocimiento ligero para toda superficie terrestre y su inclusión en el mundo del 4x4. (Fersainz, 2020).

Los medios de transporte implementados para operaciones militares, representan vehículos de estudio táctico militar que en la mayoría de ocasiones pasan desapercibidos y su uso pasa a un segundo plano por vehículos de alto rango para combate. Esto se representa en que estos vehículos no presentan un diseño óptimo para un combate de manera directa en batalla sino para transportar infantería resguardada para allanamientos y ataques hostiles contrarios. De esta manera los vehículos de transporte militar aportan un gran valor al éxito de batalla ya que son de gran importancia, aunque no porten ningún tipo de armamento a su estructura. (Fuentes, 2018).

Es cierto que existe un incremento tanto en la innovación y tecnología, como en la competitividad entre empresas distribuidoras de automotores, lo que ha ocasionado una producción excesiva de automóviles, así también un gran número de autos que por costos de mantenimiento o reparación han sido abandonados, por esta razón los

proyectos relacionados al control de consumo de combustible y emisiones contaminantes de automóviles son vitales, ya que se busca el mejoramiento y reparación de los mismos, evitando que autos en condiciones de deterioro sigan circulando, generando problemas ambientales y de seguridad vial (Berrio, 2016).

El rendimiento de un vehículo viene representado directamente por los neumáticos que son los únicos componentes que permanecen en constante contacto con la carretera, además son responsables de gran parte de maniobrabilidad en frenados y estabilidad en curvas ya que transforman la fuerza proporcionada por el motor de combustión interna en tracción por lo que se tiene una estrecha relación con la seguridad por lo que se sugiere prestar óptimo cuidado a mantenimiento oportunos y cuidados referentes a sus especificaciones técnicas de fabricante (Lauro, 2015).

En consecuencia, debido a las facultades que tienen los neumáticos durante el manejo, estos tienden a presentar fallos por desgaste como ligeras deformaciones y o la pérdida a la resistencia del movimiento en la dirección de rotación, también llamada resistencia a la rodadura, la que también se ve incrementada por la presión inadecuada del neumático, lo que ocasiona un incremento en el consumo de combustible. Así también entre las consecuencias derivadas de la presión del neumático están, la resistencia del aire, la resistencia a la gravedad e inercia del vehículo son condiciones que contribuyen a mayor consumo de combustible (Rodríguez, 2018).

El Objetivo del sistema de auto inflado de neumáticos es proporcionar un nivel óptimo y preestablecido de presión de aire a partir de un monitoreo a los neumáticos del vehículo ya sea que el vehículo se encuentre estático o en movimiento, debido a que una presión de aire inadecuada en los neumáticos representa un índice de consumo de

combustible elevado, además de una vida útil más corta provocando riesgos en la seguridad de frenado y estabilidad en curvas (Sánchez, 2016).

En la actualidad, los sistemas de monitoreo de presión y recarga automática de neumáticos se han convertido en un eslabón vital para la seguridad activa del vehículo debido a la eficacia en diseño y potencia con la que cuentan los automóviles hoy en día, por esto se hace indispensable implementar sistemas que otorguen una garantía adicional para la seguridad de los ocupantes, evitando la pérdida de estabilidad ocasionada por la pérdida de aire en los neumáticos al mantener un control de la presión de los mismos asegurando las prestaciones de control del vehículo al conducir (Condor, 2005).

1.2. Planteamiento del problema

Mantener la presión adecuada en los neumáticos representa mantener la vida útil de los neumáticos dentro de las expectativas fijadas y establecidas por los fabricantes, de esta manera se mantiene rangos de presión bajo especificaciones, lo que contribuye a un desgaste normal de neumáticos, evitando riesgos, actos inseguros e inversiones prematuras de recambio de este componente. Al corregir niveles de forma automática se hace notable un ahorro de combustible y se reduce la emisión de contaminantes al ambiente, además de la reducción del tiempo que tomaría hacer una revisión de niveles de forma manual y frecuente.

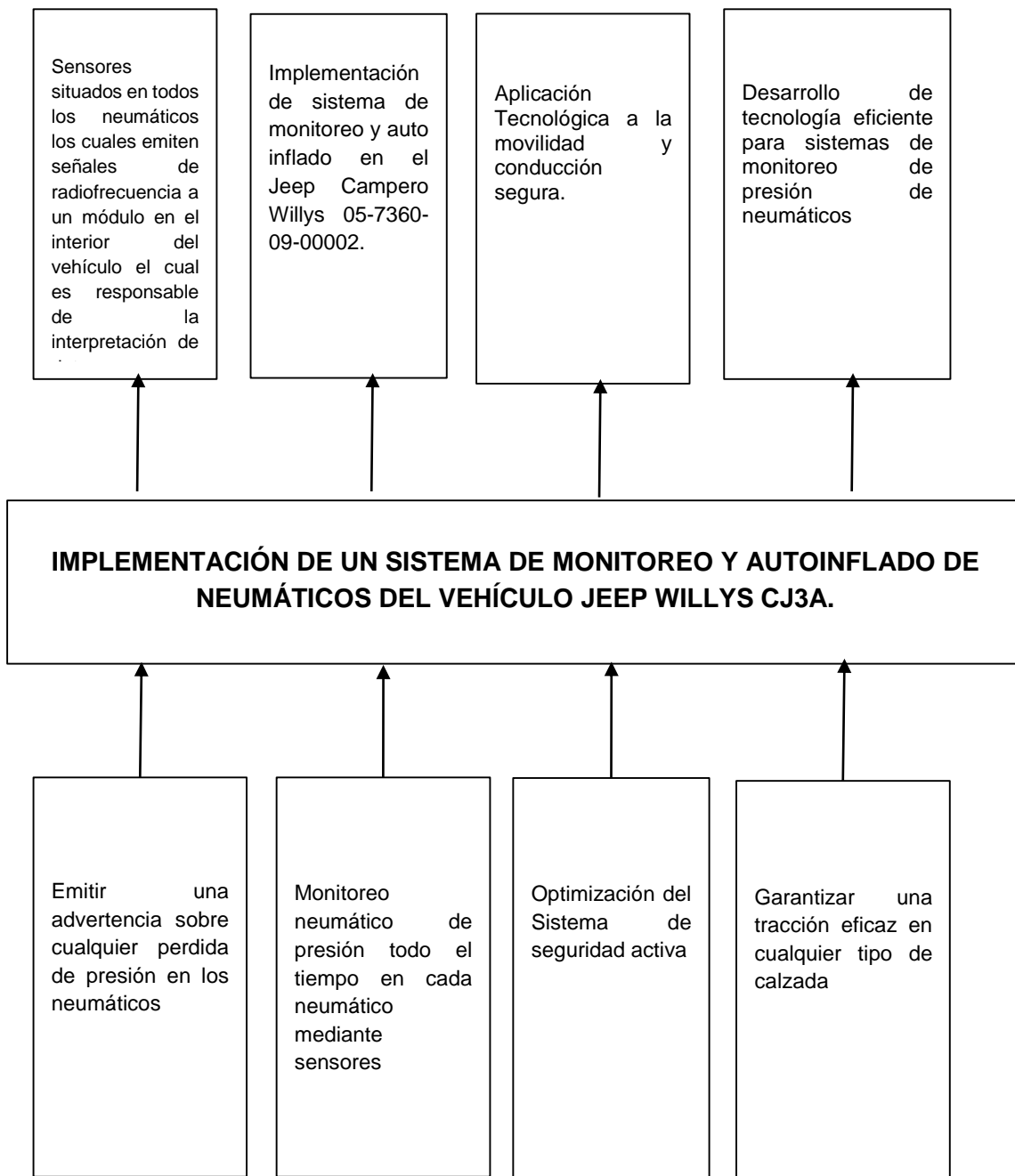
Los elementos y componentes del vehículo que sirven para mantener la estabilidad de un vehículo en marcha y reducir al mínimo el riesgo de accidente, es decir, se trata de elementos eficaces para evitar accidentes parte de la seguridad activa, los neumáticos acordes a las características propias de un automotor garantizan una tracción eficaz en cualquier tipo de calzada. Además, controlar el estado y seguir un

cronograma de mantenimiento programado es muy vital para alcanzar la mejor adherencia al suelo posible.

Los neumáticos son el único punto de contacto entre el vehículo y el camino, por ello resulta indispensable mantenerlos en buen estado y utilizarlos a la presión correcta. Un sistema adicional que mantiene y utiliza los neumáticos en las mejores condiciones es el TPMS, el cual monitorea la presión en todo momento, y alerta si se existe algún problema.

Entonces el problema de investigación es la Implementación de un sistema de monitoreo y autoinflado de neumáticos del vehículo Jeep Willys CJ3A.

Figura 1

Árbol de problemas

Nota. En el gráfico se puntualiza como el monitoreo de presión en los neumáticos incide en la conducción segura del vehículo Jeep Willys CJ3A y como su implementación beneficia la seguridad activa del vehículo.

1.3. Descripción resumida del proyecto

La presente investigación de “Implementación de un sistema de monitoreo y autoinflado de neumáticos del vehículo Jeep Willys CJ3A.” considera lo siguiente:

Se investigó de fuentes bibliográficas información técnica y científica de los sistemas seguridad activa y pasiva en fuentes digitales confiables, libros, manuales, y artículos; así como también, sistemas TPMS con control electrónico, monitorización de presión y autoinflado de neumáticos para vehículos todoterreno cuatro por cuatro.

Se diseñó y construyó un sistema de control electrónico para el monitoreo y autoinflado de neumáticos del vehículo Jeep Willys CJ3A como vehículo de exhibición para la Fuerza Terrestre para presentaciones y demostraciones de vehículos clásicos como medio de transporte para el ejército ecuatoriano.

Se implementó el sistema eléctrico de un sistema de seguridad activa trazada que alerta al conductor sobre un cambio en la presión de los neumáticos en cada rueda, la información se transmite de forma inalámbrica a un módulo de control, lo que genera una alerta visible para el conductor si alguno de los neumáticos pierde presión.

Se implementó el método de medición directo en el vehículo Jeep Willys CJ3A, considerando aspectos estructurales propios del automotor de tal manera que no afecte su aspecto clásico y funcional con la adaptación de una estrategia de monitoreo constante sobre las condiciones de presión en cada una de las ruedas del vehículo, emitiendo una señal luminosa de advertencia al conductor que se encienda en el panel de instrumentos.

Se diseñó e implementó el sistema de autoinflado con regulador externo para medir la presión con una entrada de suministro de aire exterior para introducir en la

cámara de aire comprimido al neumático, que permite variar manualmente desde la rueda o desde los mandos del tablero de control automáticamente, la asignación de presión de los neumáticos se selecciona de acuerdo con las necesidades requeridas por el piloto del Jeep Willys CJ3A para la conducción.

Se realizaron pruebas de funcionamiento de los subsistemas neumáticos, así como de gestión eléctrica durante el funcionamiento estático y dinámico, así también revisiones de seguridad de acuerdo a las normas NTE INEN 439 y NTE INEN 441.

Se determinó la autonomía del Jeep Willys CJ3A considerando al procedimiento del test federal con el programa de conducción con dinamómetro urbano UDDS y ciclo LA-4 y el procedimiento del test federal FTP – 75 para el ciclo de conducción en ciudad, a fin de evaluar el consumo volumétrico de combustible, en diferentes condiciones de presión por rueda, y así delimitar la incidencia y efectos en rendimiento de combustible de la presión de neumáticos.

1.4. Justificación e importancia

Los neumáticos cumplen un rol fundamental en la seguridad de los ocupantes, ya que son los que soportan el peso total del vehículo, transmiten la tracción requerida para su movimiento, permiten un frenado eficaz, absorben impactos de la vía y en general garantizan la maniobrabilidad segura del vehículo, por lo que es importante mantener una presión óptima que no disminuya las funcionalidades del mismo.

Si los neumáticos no están acondicionados con la presión recomendada por el fabricante se ocasionarán deficiencias de funcionamiento y desgaste irregular de los sistemas contiguos a ellos, como son el sistema de suspensión, sistema de freno, sistema de dirección y sistemas electrónicos derivados de estos como son, sistema de

estabilidad, sistema de control de tracción, asistente de dirección, suspensión inteligente y demás sistemas que se encuentran en los vehículos modernos que podrían verse afectados por esta problemática.

Es así que independientemente de las condiciones de rodamiento, la seguridad activa del vehículo depende principalmente de un área de contacto con el suelo que es relativamente pequeña y susceptible al desgaste llamada banda de rodamiento, que permitirá la movilidad y maniobrabilidad del auto en todo momento, por tal motivo es esencial mantener los neumáticos en buen estado y con la presión recomendada por el fabricante.

En adición a los señalamientos antepuestos la presión del neumático incide directamente en el consumo de combustible y desgaste de los mismos puesto que los neumáticos se deforman durante la conducción y la resistencia de estos, al moverse en la dirección de rotación, la resistencia del aire, resistencia a la gravedad e inercia del vehículo son factores que contribuyen a un mayor consumo de combustible y a la vez la baja presión de aire en los neumáticos genera un exceso de calor interno lo que ocasiona un decremento en la durabilidad de los materiales mismos.

Al diseñar un sistema que permita la implementación de sistemas de monitoreo electrónico de presión y de autoinflado de neumático en vehículos particulares se prevé principalmente velar por la seguridad de los ocupantes durante la conducción, prolongar la vida útil de los componentes tanto mecánicos como electrónicos del vehículo, reducir emisiones de contaminación y automatizar el proceso de revisión de presión de neumáticos.

De esta forma se sientan bases para promover la construcción e implementación de los mismos sistemas en diferentes vehículos que se encuentran en la conducción cotidiana.

1.5. Objetivos

1.5.1. *Objetivo general*

- Implementar el sistema de control electrónico de monitoreo y autoinflado de neumáticos del vehículo Jeep Willys CJ3A.

1.5.2. *Objetivos específicos*

- Investigar de fuentes bibliográficas información técnica y científica de los sistemas automotrices, seguridad activa y pasiva del Jeep Campero Willys.
- Fundamentar en fuentes digitales confiables los sistemas TPMS con control electrónico, monitorización de presión y autoinflado de neumáticos para vehículos todoterreno cuatro por cuatro.
- Diseñar tecnología electrónica de un sistema de seguridad activa trazada para alertar al conductor sobre un cambio en la presión de los neumáticos.
- Establecer un método de medición directa de presión de neumáticos por sensor que mida físicamente la presión absoluta del aire dentro de la cavidad del neumático
- Generar una alerta visible y sonora para el conductor si alguno de los neumáticos pierde presión.
- Implementar el método de medición directa en el vehículo Jeep Willys CJ3A. que emita una señal luminosa – sonora de advertencia al conductor que se encienda en el panel de instrumentos.
- Diseñar e implementar un sistema de autoinflado con regulador interno para medir la presión con una entrada de suministro de aire exterior.

- Introducir en la cámara de aire comprimido por compresión al neumático controlado de manera manual o automática según las condiciones y formas de conducción en el Jeep Willys CJ3A.
- Permitir al conductor del automóvil variar tanto manualmente desde la rueda o desde los mandos del tablero de control automáticamente de acuerdo con las necesidades requeridas para la conducción que trabaje como un sistema de autoinflado y desinflado.
- Realizar pruebas de funcionamiento de los subsistemas neumáticos como de gestión electrónica en funcionamiento estático y dinámico.
- Determinar la autonomía del Jeep Willys CJ3A considerando al procedimiento del test federal con el programa de conducción con dinamómetro urbano (UDDS) y ciclo LA-4 y el procedimiento del test federal FTP – 75 para el ciclo de conducción en ciudad

1.6. Metas

- Garantizar la estabilidad del vehículo manteniendo la presión de inflado con una precisión del 95%.
- Optimizar en un 100% la seguridad activa del vehículo Jeep Willys CJ3A.
- Implementar un sistema de control de presión y autoinflado del vehículo Jeep Willys CJ3A con una fiabilidad del 95%.

1.7. Hipótesis

¿El sistema de control electrónico para el monitoreo de presión y autoinflado de los neumáticos permite obtener elevación del sistema de seguridad activa del vehículo Jeep Willys CJ3A de la fuerza terrestre?

1.8. Variables de investigación

1.8.1. Variable Independiente

Monitoreo de autoinflado de neumáticos y ejes

Tabla 1

Operacionalización de la variable independiente

| Concepto | Categoría | Indicadores | Ítem | Técnicas | Instrumentos |
|--|------------------------------|-------------------------|------|------------------------|---|
| Componentes que trabajan de manera conjunta y que permiten el monitoreo y autoinflado del neumático | Sensor TPMS | Tensión | V | Medición Simulación | Ensayo laboratorio Software simulación |
| | | Resistencia | Ohm | Medición Simulación | Ensayo laboratorio Software simulación |
| | | Intensidad de corriente | A | Medición | Ensayo laboratorio |
| | | Tensión | V | Medición Simulación | Ensayo laboratorio Software simulación |
| | | Resistencia | Ohm | Medición Simulación | Ensayo laboratorio Software simulación |
| | | Intensidad de corriente | A | Medición Simulación | Ensayo laboratorio Software simulación |
| | Sensor Piezoresistivo | Tensión | V | Medición Simulación | Ensayo laboratorio Software simulación |
| | | Resistencia | Ohm | Medición Simulación | Ensayo laboratorio Software simulación |
| | | Intensidad de corriente | A | Medición Simulación | Ensayo laboratorio Software simulación |

| Concepto | Categoría | Indicadores | Ítem | Técnicas | Instrumentos |
|----------|----------------------------------|-----------------------------------|------|-----------------------------------|---|
| | | Frecuencia | Hz | Medición | Ensayo laboratorio |
| | Compresor eléctrico | Voltaje de alimentación | Vdc | Medición | Ensayo laboratorio |
| | | Consumo de corriente - intensidad | A | Medición | Ensayo laboratorio |
| | | Presión | Pa | Medición Simulación Cálculo | Software simulación Ecuaciones Ensayo laboratorio |
| | Válvula de giro | Presión | Pa | Medición Simulación Cálculo | Software simulación Ecuaciones Ensayo laboratorio |
| | | Resistencia | Ohm | Medición | Ensayo laboratorio |
| | Válvula electro neumática | Intensidad de corriente | A | Medición | Ensayo laboratorio |
| | | Presión interna | Pa | Medición | Ensayo laboratorio |
| | | Volumen | Lt | Medición Simulación Cálculo | Software simulación Ecuaciones Ensayo laboratorio |
| | Depósito de aire | Presión | MPa | Medición Cálculo | Ensayo laboratorio Ecuaciones |
| | | Presión | MPa | Medición Simulación Cálculo | Software simulación Ecuaciones Ensayo laboratorio |

| Concepto | Categoría | Indicadores | Ítem | Técnicas | Instrumentos |
|----------|--------------------------------------|-------------|------|------------------------|---|
| | Acoples neumáticos | Presión | MPa | Medición Simulación | Software simulación Ensayo laboratorio |
| | Válvula limitadora de presión | Presión | MPa | Medición Simulación | Software simulación Ensayo laboratorio |

Nota. En la tabla se describe la variable independiente, misma que permite conocer la categoría, indicadores, ítem, técnicas e instrumentos para este proyecto de investigación.

1.8.2. Variable Dependiente

Seguridad Activa

Tabla 2

Operacionalización de la variable dependiente

| Concepto | Categoría | Indicadores | Ítem | Técnicas | Instrumentos |
|---|------------|-------------------|----------------|---------------------|----------------------------------|
| | Neumáticos | Presión | Psi MPa | Medición Cálculo | Ecuaciones Ensayo laboratorio |
| Elementos encargados de evitar que se produzcan accidentes | Ejes | Ángulo | ° | Medición | Prueba laboratorio |
| | | Fuerza | N Lbf | Medición | Prueba laboratorio |
| | | Torque | Nm lb-ft | Medición | Prueba laboratorio |
| | | Velocidad Angular | RPM | Medición | Prueba laboratorio |
| | | Dirección | Ángulo de giro | ° | Medición |

Nota. En la tabla se describe la variable dependiente, misma que permite conocer la categoría, indicadores, ítem, técnicas e instrumentos para la realización de este proyecto de investigación.

Capítulo II

2. Fundamento Teórico

2.1. Vehículo Jeep Willys CJ3A

El vehículo Jeep Willys Modelo CJ3A se destacó por su aptitud como un vehículo todo terreno, debido a su gran capacidad de carga el ejército tomó la denominación de modelo haciendo referencia a 0.25 toneladas vehículo 4x4, con el objetivo principal de proporcionar asistencia a bases aéreas por lo que se distribuyó en determinadas unidades sobre todo el territorio. (Martinez, 2015).

Figura 2

Jeep Willys CJ3A



Nota. La figura muestra el vehículo Jeep Willys CJ3A fabricado en Estados Unidos en el año 1949. Tomado de *Jeep Willys CJ3A fabricado en USA en 1949* (p.10), por A. M. Martínez, 2019, Andrés S. D.

El modelo que lo precedió fue el CJ2A fabricado de 1945 a 1949, que suministró la base para el CJ3A, ya que comparten el motor GO DEVIL de semejantes características a las de la versión anterior, un motor de 6 cilindros en línea que posee 2199 c.c. de cilindrada, 60 hp, y 105 lb-ft de torque (Martinez, 2015).

2.2. Aire comprimido

Se comprime impurezas propias del aire y residuos provenientes del compresor además de sustancias presentes en el montaje del circuito neumático. Estas impurezas se acumulan y forman polvo o aceite que genera desgaste en los elementos neumáticos, el tamaño de las impurezas presentes en el aire comprimido equivale a 1 micra (Solé, 2013, p. 131).

Figura 3

Proceso de preparación del aire



Nota. En la figura se identifica el proceso de preparación del aire. Tomado de *Proceso de preparación del aire* (p. 132), por A. C. Solé, 2013, Marcombo.

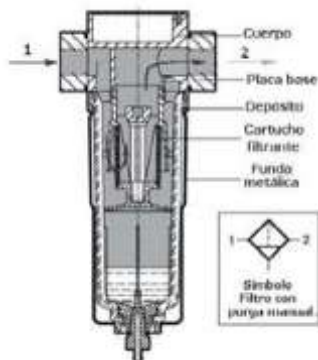
2.2.1. Unidad de alimentación

Según (Solé, 2013, p. 131) la unidad de alimentación está compuesta por un filtro y regulador de presión, el filtro actúa para que las impurezas generadas por el compresor sean contenidas.

Filtro. Libera las impurezas separándolas por la fuerza centrífuga a partir de cartuchos porosos de 5 a 100 micras que debe tener un mantenimiento periódico.

Figura 4

Filtro de aire

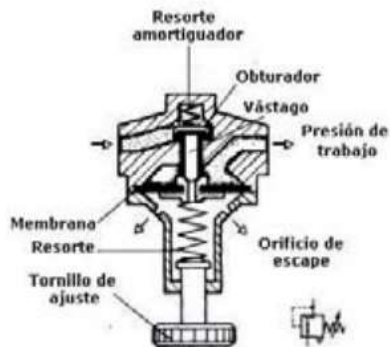


Nota. En la figura se identifica el proceso de reparación del aire. Tomado de *Proceso de preparación del aire* (p. 139), por A. C. Solé, 2013, Marcombo.

Regulador de presión. Mantiene la presión y caudal de aire de forma constante, esta presión se visualiza mediante un manómetro.

Figura 5

Regulador de presión



Nota. En la figura se visualiza el regulador de presión con orificio de escape. Tomado de *Proceso de preparación del aire* (p. 139), por A. C. Solé, 2013, Marcombo.

2.3. Sistema de autoinflado de neumáticos

(Condor, 2005), indica que el sistema de autoinflado de neumáticos tiene como propósito anunciar al conductor sobre la disminución de presión de aire del neumático. Este sistema proporciona el caudal y presión óptimos de funcionamiento durante el movimiento del vehículo (p. 76).

Figura 6

Sistema de autoinflado de neumáticos



Nota. En la figura se identifica el sistema de autoinflado de neumáticos, se visualizan componentes externos. Tomado de *Pruebas de funcionamiento de circuito de control* (p. 101), por Cabrera Luis, 2012, UPS.

2.3.1. Proceso de operación

El proceso inicia al identificar la disminución de presión de aire en las ruedas, el panel de control mediante dos manómetros identifica la anomalía y emite una alarma audiovisual, notificando al conductor. (Condor, 2005) menciona que el panel de control regula el ingreso de aire al identificar la pérdida de presión establecida. El aire ingresa mediante el control del panel hacia los ejes, un manómetro evalúa la presión en el eje frontal y el otro la presión en el eje posterior.

El compresor se enciende con una tensión de 110 V alternos y 550 W de potencia suministrados por un inversor de tensión alimentado desde la batería del vehículo (Campino, 2009, p. 12).

2.4. Componentes del sistema de autoinflado de neumáticos

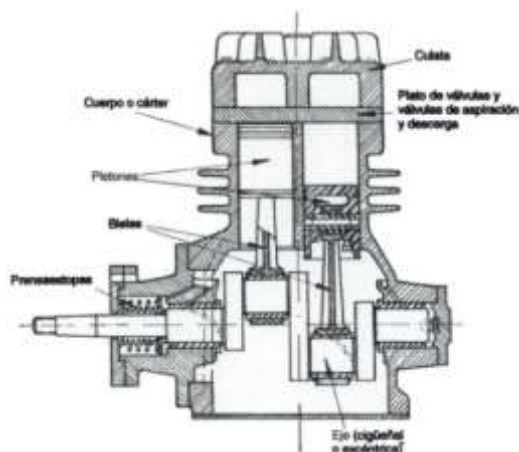
2.4.1. Compresor de aire

Según (Millan, 2004, p. 216) menciona que un compresor neumático tiene como objetivo comprimir y almacenar el aire en un depósito y distribuirlo a diferentes circuitos neumáticos.

Además, menciona que las particularidades técnicas a considerar en los compresores neumáticos son: el caudal entregado y la proporción de compresión.

Figura 7

Compresor



Nota. En la figura se identifica un compresor de dos pistones tipo abierto. Tomado de *Tratado práctico de refrigeración automática* (p. 66), por J. Creus, 2008, Marcombo Boixareu.

2.4.2. Depósito de aire comprimido transportable

(Carnicer, 2004) indica que el depósito se encuentra entre el compresor y el circuito de distribución. Su objetivo principal corresponde a adaptar el volumen de aire

proporcionado por el compresor hacia el circuito neumático, además de disminuir la turbulencia del caudal. Una de las particularidades técnicas a considerar en la selección del dimensionamiento es el caudal del compresor (p.83).

Según (Belflex, 2008) se utiliza el aire presurizado acumulado para reponer el aire de los neumáticos en el momento que el volúmen de trabajo disminuya.

Los elementos con que cuenta el depósito de aire comprimido son los siguientes (Salvador, 1993):

- Válvula de seguridad
- Llave de purga para evacuar fluidos condensados
- Presostato para encender o apagar el motor

Figura 8

Depósito de aire comprimido transportable



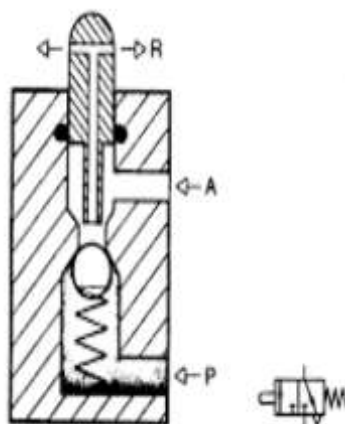
Nota. En la figura se muestra un depósito de aire. Tomado de *Depósitos de aire*, (p. 83), por E. Carnicer, 2004, Paraninfo S.A.

2.4.3. Válvula cinemática

(Condor, 2005) afirma que el sistema se conecta al interior del neumático mediante una red de conductos hacia la válvula cinemática que gira con la rueda; posee un canal de entrada al neumático, esto permite el ingreso de aire presurizado. (p. 91)

Figura 9

Válvula de Giro

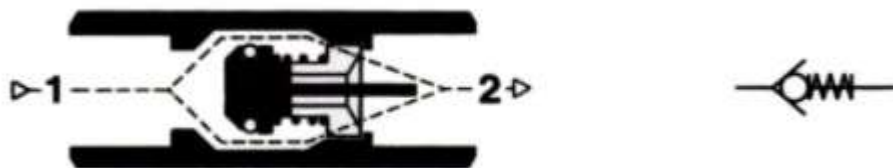


Nota. En la figura se visualiza la válvula distribuidora cinemática y su simbología neumática. Tomado de Válvula antiretorno, (p. 143), por S. Millán, 2004.

Es un accesorio que bloquea la salida de aire proporcionando estanqueidad. Permite el ingreso de aire a la vez que impide que retorne. (Millan S. , 2004, p. 139).

Figura 10

Válvula antiretorno



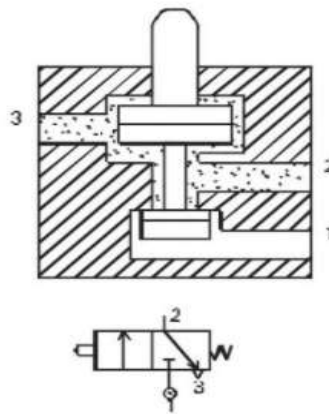
Nota. En la figura se visualiza la válvula antiretorno y su simbología neumática. Tomado de Válvula antiretorno, (p. 139), por S. Millán, 2004.

2.4.4. *Válvula distribuidora 2/2*

Esta válvula se encuentra en el panel de control, según (Cembranos, 2008) la válvula de dos vías y dos posiciones se encuentra normalmente cerrada. Un muelle y rulimán permiten que al aire de alimentación no retorne. Mediante accionamiento manual se permite el ingreso de aire a presión. (p. 124)

Figura 11

Válvula distribuidora 2/2



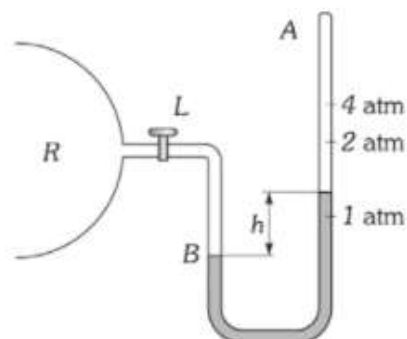
Nota. En la figura se visualiza la válvula de dos vías y dos posiciones y su simbología. Tomado de *Estudio funcional de las válvulas distribuidoras*, (p. 124), por F. Cembranos, 2008, Thomson.

2.4.5. *Panel de control*

Según (Castro A. I., 2013), el panel de control identifica la pérdida de presión en los neumáticos, tiene como función principal emitir una alarma audiovisual y mostrar al conductor la necesidad de activar el sistema. Restablece la presión del neumático, hasta localizar un centro propicio para realizar la reparación. (p. 20)

Figura 12

Funcionamiento de manómetro panel de control



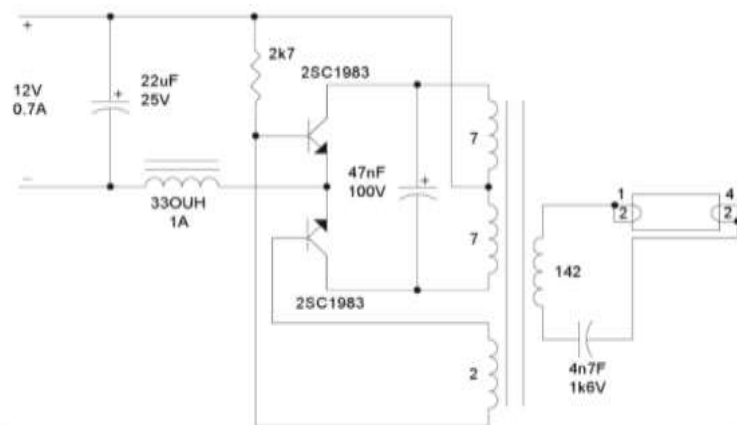
Nota. En la figura se visualiza el manómetro de aire comprimido formado por un tubo en U. Tomado de *Física general* (p. 269), por S. Burbano, 2003, Tebar.

2.4.6. Inversor de tensión

(Juan Vega, 2014) define al inversor de tensión como un dispositivo electrónico con el objetivo de convertir la corriente continua de ingreso en corriente alterna de salida. Esta función permite conseguir la magnitud y frecuencia requeridos para el componente a energizar. (p. 300)

Figura 13

Circuito inversor de tensión



Nota. En la figura se visualiza el circuito del inversor de tensión. Tomado de *Electrónica y servicio*, (p. 33), por F. Orozco, 2012, Staff.

2.5. Normativas técnicas

2.5.1. NTE INEN 2 203:2013

Esta norma establece el método de ensayo para determinar la concentración de las emisiones provenientes de vehículos equipados con motor de encendido por chispa, en condiciones de marcha mínima o "ralentí" y se aplica a los vehículos automotores cuyo combustible es gasolina (INEN, 2013).

2.5.2. NTE INEN 2 204:2017

Mediante esta normativa se determinan los parámetros máximos autorizados para gases tóxicos emanados por motores de combustión interna a gasolina, con un número de ruedas superior a tres. La presente normativa se invalida para vehículos de combustión interna que funcionen mediante combustibles alternos a la gasolina. Esta normativa no se aplica a tipos de motores cuyas aplicaciones sean industriales tales como maquinaria de construcción y maquinaria agrícola, además para motores de aeronaves y náuticos y motores de émbolo libre y motores fijos (INEN, 2017)

2.6. Ecuaciones utilizadas

2.6.1. Ecuación general de la energía

(Mott, 2006) explica que la ecuación general de la energía permite "Identificar las condiciones donde se encuentran en la mayoría de los sistemas que agregan energía al fluido, la retiran de éste, o provocan pérdidas indeseables de ella." (p. 199).

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} + h_A - h_R - h_L = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2g}$$

Ecuación 1

Ecuación General de la Energía

Donde:

P_1 = Presión al inicio (Pa)

γ = Peso específico del fluido $\left(\frac{N}{m^3}\right)$

Z_1 = Altura del depósito a la bomba (m)

V_1 = Velocidad del fluido al inicio $\left(\frac{m}{s}\right)$

g = Gravedad $\left(\frac{m}{s^2}\right)$

h_a = Energía proporcionada por la bomba (m)

h_R = Energía del fluido por medio de un motor (m)

P_2 = Presión al final (Pa)

Z_2 = Altura de la bomba hacia el inyector (m)

V_2 = Velocidad del fluido al final $\left(\frac{m}{s}\right)$

h_L = Pérdida de energía debido a la fricción (m)

2.6.2. Tasa de flujo volumétrico

(Mott, 2006) afirma que con la ecuación de flujo volumétrico es posible “especificar el tamaño deseado de las tuberías o tubos para transportar una tasa de flujo de un fluido, a una velocidad específica.” (p. 154).

$$Q = V * A$$

Ecuación 2

Tasa de flujo volumétrico

Donde:

Q: flujo volumétrico o caudal $\left(\frac{m^3}{s}\right)$

A: área de la sección (m^2)

V: Velocidad promedio del flujo $\left(\frac{m}{s}\right)$

2.6.3. *Volumen de un sólido de revolución*

Según menciona (Purcell, 2007) se establece la integral para el volumen de sólido de revolución al hacer girar, alrededor de una recta $x=b$, la región interior de un círculo $R^2 + r^2 = a^2$, en donde $b>a$ (p. 293).

$$V = \pi \int_a^b (R^2 - r^2) dx$$

Ecuación 3

Volumen de un sólido de revolución

Donde:

V: volumen (m^3)

R: radio mayor (m)

r: radio menor (m)

a, b: límites de integración

2.6.4. *Caudal*

(Mott, 2006) define el caudal como el volumen de fluido que circula en una sección por unidad de tiempo (p. 154).

$$Q = \frac{V}{T}$$

Ecuación 4

Caudal

Donde:

Q: caudal ($\frac{m^3}{s}$)

V: Volumen (m^3)

T: tiempo (s)

2.6.5. *Peso específico del aire*

Según afirma (Mott, 2006) “el peso es la cantidad que define el cuerpo de un fluido, es decir: la fuerza con la que el fluido es atraído hacia la tierra por el trabajo de la gravedad $\gamma = 1,29 \frac{kgf}{m^3}$. Donde γ corresponde al peso específico del aire” (p.4).

Capítulo III

3. Diseño de la propuesta

El presente capítulo comprende el diseño del sistema de monitorización y autoinflado a partir de los subsistemas mecánico, neumático y eléctrico.

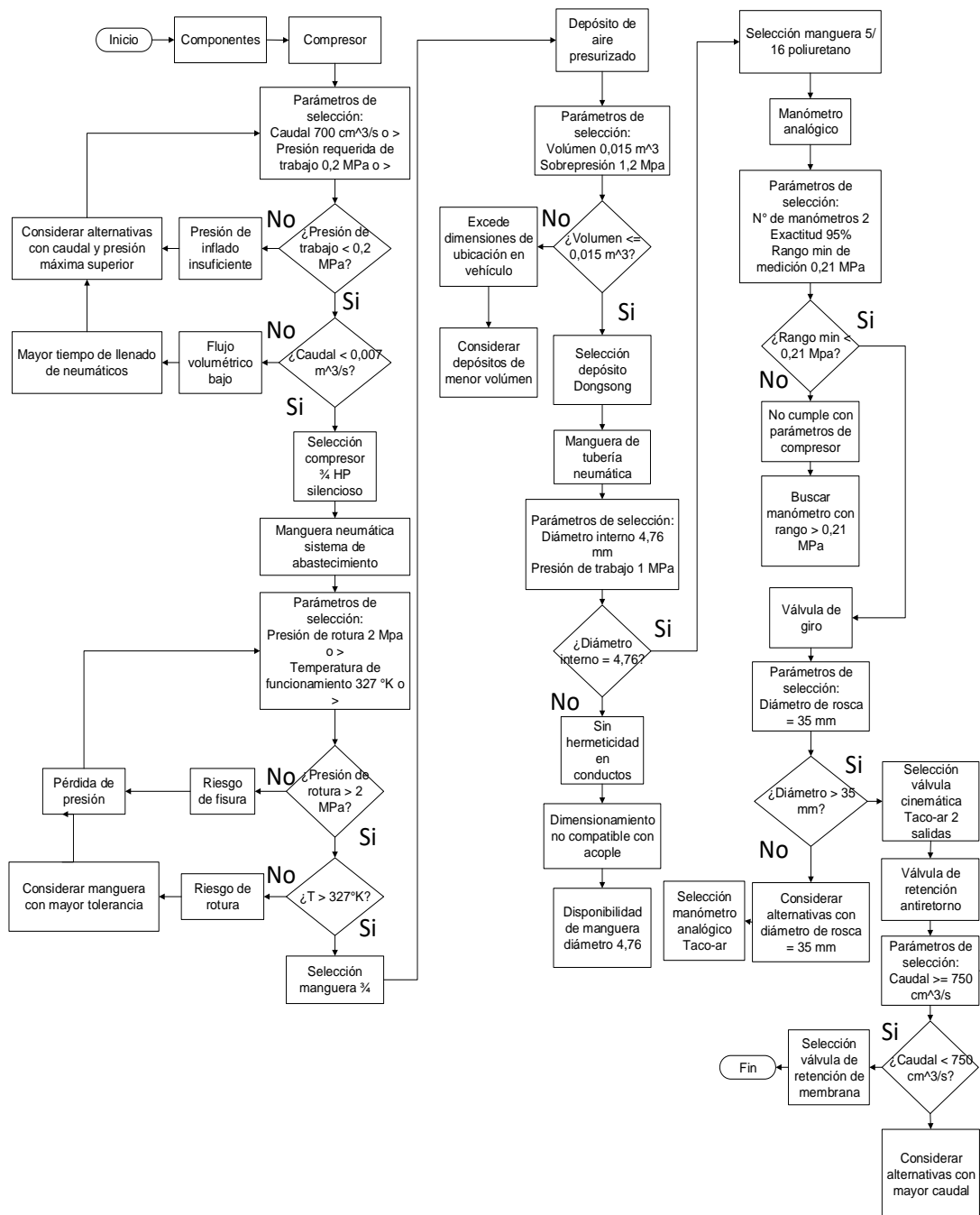
3.1. Sistema Neumático

El sistema neumático para autoinflado está compuesto por un compresor, tubería neumática para sistema de abastecimiento, ductos de tubería neumática, elementos de conexión, válvulas de retención antiretorno, válvulas de giro, manómetro analógico y un depósito de aire comprimido. A partir de estos componentes se incrementa la presión del aire al reducir su volumen, el aire comprimido tiene un recorrido por el circuito de ductos neumáticos y es controlado por válvulas a partir de la presión establecida por el conductor y verificada en los manómetros analógicos para ambos ejes del vehículo.

3.1.1. Diseño neumático

Figura 14

Diagrama de Flujo



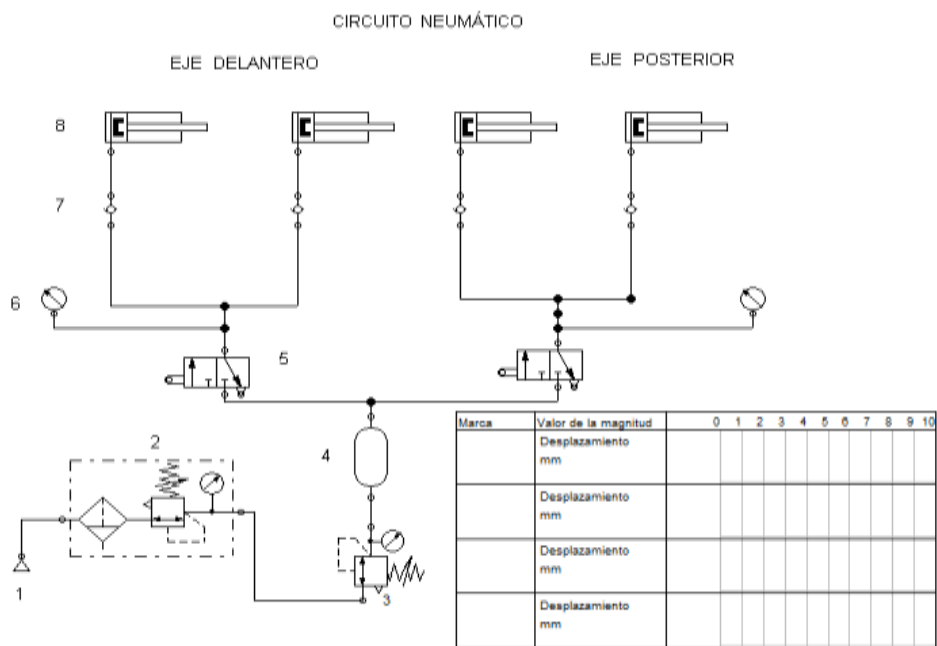
Nota. En la figura se muestra el diagrama de flujo para el diseño de circuito neumático

Se realizó la simulación en un programa asistido por computador en el cual se interpretó los componentes utilizados en la implementación del sistema de autoinflado de neumáticos.

El circuito neumático inicia desde el compresor, el aire comprimido ingresa hacia el depósito, luego pasa por la unidad de mantenimiento al presostato, que interrumpe la entrada y salida de aire comprimido hacia las cañerías del circuito principal. La presión de salida se modifica mediante el regulador de presión e ingresa al panel de control, donde se distribuye para los neumáticos del eje delantero y posterior.

Figura 15

Diagrama de simulación de circuito neumático



Nota. En la figura se muestra la simulación del circuito neumático con sus componentes.

Tabla 3

Componentes de simulación de circuito neumático

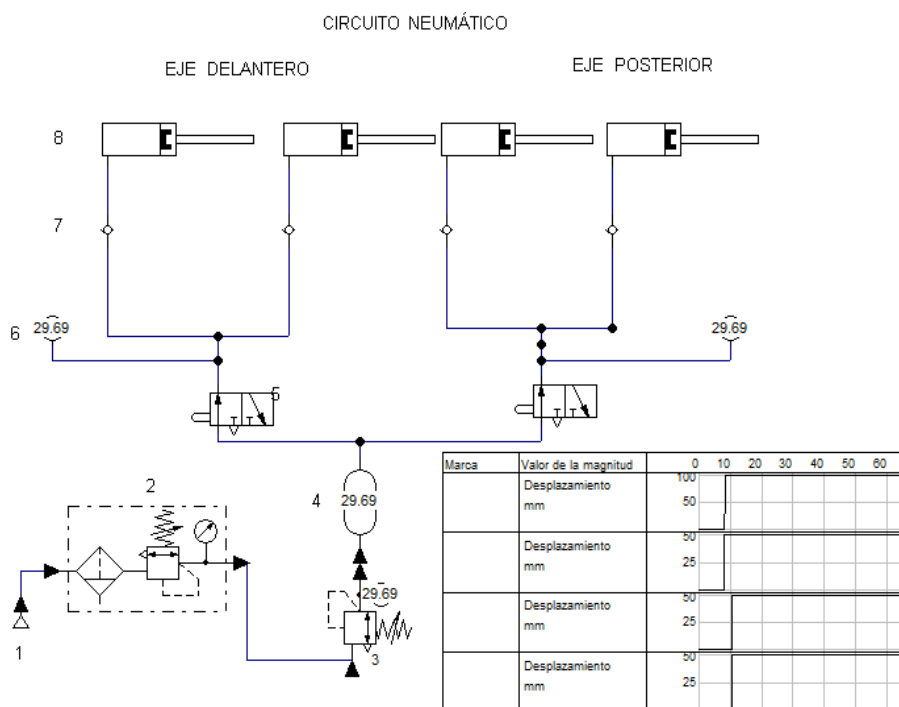
| Distribución de componentes | |
|------------------------------------|---|
| 1 | Fuente de aire presurizado |
| 2 | Unidad de mantenimiento |
| 3 | Regulador de presión |
| 4 | Depósito de aire |
| 5 | Accionamiento eje delantero y posterior |
| 6 | Manómetros |
| 7 | Válvula de retención |
| 8 | Neumáticos |

Nota. En la tabla se visualizan los componentes utilizados en el circuito neumático

El diagrama representa el accionamiento del sistema, que inicia su funcionamiento con el encendido de la fuente de aire presurizado (1) que puede alcanzar los 180 *Psi*, que pasan hacia la unidad de mantenimiento (2), la presión del aire comprimido es ajustada por el regulador a 30 *Psi* antes de pasar al presostato(3) que interrumpe el paso de aire al llegar a 105 *Psi*. La presión de salida establecida llega a los neumáticos (8) por accionamiento manual (5). La presión de los neumáticos (8) se visualiza a través de los manómetros (6), no debe superar los 30 *Psi*, la válvula de retención (7) evita el retorno de aire al sistema.

Figura 16

Diagrama de simulación de circuito neumático activado



Nota. En la figura se muestra la simulación del circuito neumático y la gráfica de desplazamiento en estado activo.

3.1.2. Presión y Caudal

Tabla 4

Parámetros

| Parámetro | Valor | Unidad |
|--|-----------------|-------------------|
| Presión de entrada del compresor | $P_1 = 0.69$ | MPa |
| | $P_1 = 100$ | Psi |
| Presión de salida a los neumáticos | $P_2 = 0.21$ | MPa |
| | $P_2 = 30$ | Psi |
| Diámetro cañería sistema de abastecimiento | $D_1 = 0.2$ | m |
| Diámetro interno cañería neumática | $D_2 = 0.05$ | m |
| Peso específico del aire | $\gamma = 1,29$ | $\frac{kgf}{m^3}$ |

| Parámetro | Valor | Unidad |
|-----------------------------|---|-----------------|
| Caudal | $Q = \sqrt{\frac{(P_2 - P_1)\pi}{8\gamma\left(\frac{1}{D_1^4} - \frac{1}{D_2^4}\right)}}$ | $\frac{m^3}{s}$ |
| Caudal | 0.038 | $\frac{m^3}{s}$ |
| | 38 | $\frac{Lt}{s}$ |
| Ancho neumático | $A_n = 16,5$ | m |
| Límite superior | $b = 7$ | m |
| Límite inferior | $a = 7$ | m |
| Diámetro exterior neumático | $R = 73,5$ | m |
| Diámetro interno neumático | $r = 40,6$ | m |
| Volúmen | $V = \pi \int_a^b (R^2 - r^2) dx$ | m^3 |
| Volúmen | 35 | m^3 |
| Tiempo | $T = \frac{V}{Q}$ | s |
| Tiempo | 54,73 | s |

Nota. En la tabla se interpretan los valores y ecuaciones para el cálculo de caudal, volumen y tiempo.

3.2. Verificación de Componentes

3.2.1. Válvula de retención antiretorno

Los parámetros a tomar en cuenta para la selección corresponden a: diámetro, peso, tolerancia, caudal y presión máxima de trabajo.

Tabla 5

Selección de válvula de retención o antiretorno

| Tipo | Presión máx. de trabajo Mpa/Psi | diámetro mm | Peso kg | Tolerancia Mpa/Psi | Caudal $\frac{m^3}{s} / \frac{lt}{s}$ |
|----------------------------------|------------------------------------|----------------|------------|-----------------------|--|
| Válvula de retención de globo | 0,034/ 5 | 12 | 0,024 | 0,007/ 1 | 0,00075/ 0,75 |
| Válvula de retención de membrana | 1,720/ 250 | 7,94 | 0,05 | 0,021/ 3 | 0,00075/ 0,757 |

| Tipo | Presión máx. de trabajo Mpa/Psi | diámetro mm | Peso kg | Tolerancia Mpa/Psi | Caudal $\frac{m^3}{s}$ / $\frac{lt}{s}$ |
|-------------------------------------|---------------------------------------|----------------|------------|-----------------------|--|
| Válvula de retención de bolas | 1/ 145 | 6 | 0,075 | 0.028/ 4 | 0,00083/ 083 |

Nota. En la tabla se interpreta los parámetros técnicos de diferentes válvulas de retención o antiretorno.

Se seleccionó la válvula de retención de la marca TACO-AR de tipo membrana con tratamiento superficial granallado de 30 mm con longitud y diámetro acorde a la implementación en la válvula del neumático, fabricada en latón CLA ASTN C 36000, ya que impide el retorno del aire desde el neumático debido a que su longitud se acopla a la altura de la brida para la válvula cinemática.

Figura 17

Válvula de retención antiretorno



Nota. En la figura se visualiza la válvula de retención o antiretorno seleccionada.

3.2.2. Conducto de tubería neumática

El conducto neumático debe cumplir con parámetros específicos para el óptimo desempeño del circuito neumático, dichos requerimientos corresponden a: diámetro interno, diámetro externo, presión de trabajo, presión de rotura y temperatura máxima de funcionamiento.

Tabla 6*Selección de conducto de tubería neumática*

| Tipo | Diámetro exterior mm | Diámetro Interior mm | Presión de trabajo Mpa/ Psi | Presión de rotura Mpa/ Psi | Temperatura máxima de funcionamiento °K |
|--------------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------------|----------------------------|---|
| Conducto termo plástica | 15,47 | 9,525 | 2,76/ 400 | 8,27/ 1200 | 333 |
| Conducto caucho Auto TG | 31,75 | 25,4 | 0,55/ 80 | 0,6894/ 100 | 175 |
| Conducto neumática Poliuretano | 7,94 | 4,7625 | 1/ 145 | 2,5/ 363 | 210 |

Nota. En la tabla se observan los parámetros técnicos de funcionamiento de diferentes conductos neumáticos.

Se seleccionó el conducto neumático de poliuretano $\frac{5}{16}$ ya que posee excelente flexibilidad, pequeño radio de curvatura, alta resistencia al impacto, rango óptimo de temperatura y presión de trabajo, la misma que permite la interconexión de los componentes neumáticos desde la fuente generadora de aire presurizado hacia el neumático.

Figura 18*Ducto de tubería neumática*

Nota. En la figura se visualiza el ducto de tubería neumática seleccionada.

3.2.3. *Válvula de Giro o Cinemática*

La válvula de giro o cinemática debe cumplir con parámetros específicos como: longitud, diámetro, salidas de aire, entradas de aire.

Tabla 7

Selección de válvula cinemática

| Tipo | Diámetro mm | Longitud mm | Entradas de aire | Salidas de aire |
|----------------------------|----------------|----------------|---------------------|--------------------|
| Válvula cinemática Rodoar | 10 | 35 | 1 | 3 |
| Válvula cinemática Ronda | 35 | 120 | 1 | 4 |
| Válvula cinemática TACO-AR | 35 | 90 | 1 | 2 |

Nota. En la tabla se observan los parámetros técnicos de diferentes válvulas cinemáticas.

Se seleccionó la válvula cinemática TACO-AR considerando el diámetro, longitud, entradas y salidas de aire, a través de ella se transmite aire presurizado al neumático durante de forma inmediata.

Figura 19

Válvula de Giro o Cinemática



Nota. En la figura se visualiza la válvula de giro o cinemática seleccionada.

3.2.4. Cañería neumática para compresor

La cañería neumática para compresor debe cumplir con parámetros óptimos desempeño, dichos requerimientos corresponden a: diámetro interno, diámetro externo, presión de trabajo, presión de rotura.

Tabla 8

Selección de ducto reforzado neumático para compresor

| Tipo | Diámetro exterior mm | Diámetro Interior mm | Presión de trabajo Mpa/ Psi | Presión de rotura Mpa/ Psi |
|--|----------------------|----------------------|-----------------------------|----------------------------|
| Cañería de goma Campbell Hausfeld | 25 | 19.05 | 1,03/ 150 | 2/ 290 |
| Cañería de caucho negra AIR20 | 36 | 25 | 0,14/ 20 | 1,5/ 218 |
| Cañería negra AIR10 | 40 | 30 | 0,07/ 10 | 1,5/ 218 |

Nota. En la tabla se puede observar los parámetros técnicos de cañerías reforzadas neumáticas para compresor.

Se seleccionó la cañería de goma campbell hausfeld $\frac{3}{4}$, ya que su fabricación interna es de manera continua con trenzado textil sintético intercalado con una presión de trabajo acorde a las prestaciones del compresor.

Figura 20

Ductos neumáticos para compresor



Nota. En la figura se visualiza el ducto neumático para compresor seleccionada.

3.2.5. Manómetro analógico

Para la selección del manómetro analógico se tomó en consideración: diámetro nominal, rango de indicación y exactitud.

Tabla 9

Selección manómetro analógico

| Tipo | Diámetro nominal mm | Rango de indicación Mpa/ Psi | Exactitud Mpa/ Psi |
|--------------------------|------------------------|---------------------------------|-----------------------|
| Versión estándar | 80 | 40/ 5801 | 1,6/ 232 |
| Versión soldada ISO 5171 | 50 | 40/ 5801 | 0,25/ 036 |
| Versión panel | 52 | 1,103/ 160 | 0,1/ 15 |

Nota: En la tabla se detallan características de fabricación de manómetros analógicos.

Se seleccionó el manómetro analógico marca TACO-AR versión panel, ya que permite visualizar la presión suministrada, el rango de indicación se encuentra dentro de los valores de presión proporcionados por el compresor y posee una mayor exactitud.

Figura 21

Manómetro analógico



Nota. En la figura se visualiza el manómetro analógico seleccionado.

3.2.6. Sistema de Abastecimiento

El sistema de abastecimiento debe cumplir con parámetros que corresponden a: presión máxima, velocidad de rotación, caudal y voltaje de alimentación.

Tabla 10*Selección sistema de abastecimiento*

| Tipo | Presión máxima Mpa/Psi | Velocidad de rotación mm | Caudal $\frac{m^3}{s} / \frac{lt}{s}$ | Voltaje de alimentación V |
|------------------|---------------------------|--------------------------------|--|---------------------------------|
| HP60 | 0,8/ 116 | 2000 | 0,002/ 2000 | 110 |
| HP75 | 1/ 145 | 2960 | 0,0025/ 25000 | 110 |
| HP $\frac{3}{4}$ | 0,7/ 101 | 1700 | 0,0007/ 7000 | 110 |

Nota. En la tabla se detallan las características técnicas del sistema de abastecimiento.

Se seleccionó el sistema de abastecimiento de marca DONGSONG tipo HP $\frac{3}{4}$ que proporciona la presión adecuada para el sistema de autoinflado de neumáticos.

Figura 22*Sistema de Abastecimiento*

Nota. En la figura se visualiza el sistema de abastecimiento de aire seleccionado.

3.2.7. Depósito de aire comprimido

Para la selección del depósito de aire comprimido, se debe tomar en cuenta parámetros que corresponden a: volumen, sobrepresión, temperatura máxima de funcionamiento y material.

Tabla 11*Selección depósito de aire comprimido*

| Tipo | Volumen <i>m³ / Lt</i> | Sobrepresión Mpa/ Psi | Material | Temperatura máxima funcionamiento °K |
|--------------|--|----------------------------------|-------------------|---|
| CRB30 | 0,030/ 30 | 3/ 435 | Acero galvanizado | 450 |
| CRB25 | 0,025/ 25 | 1,5/ 217 | Acero galvanizado | 375 |
| CRB15 | 0,015/ 15 | 1,2/ 175 | Acero al carbono | 373 |

Nota. En la tabla se detallan las características técnicas del depósito de aire utilizado en conjunto con el compresor.

Se seleccionó el sistema de aire comprimido tipo CRB15 que presenta un volumen óptimo para el abastecimiento al circuito neumático para autoinflado, ya que presenta una sobrepresión acorde a los parámetros de suministro por parte del sistema de abastecimiento y presenta un tratamiento externo e interno de zincado.

Figura 23*Depósito de aire comprimido*

Nota. En la figura se visualiza el depósito de aire comprimido seleccionado.

3.2.8. Elementos de conexión neumática

En los elementos de conexión están los acoples hexagonales $\frac{5}{16}$ de pulgada, conexiones hexagonales con acoplamiento, uniones en T propias del sistema.

3.2.9. Conexión neumática

Requiere parámetros técnicos como: peso, material y diámetro externo.

Tabla 12

Selección de conexión neumática

| Tipo | Peso Kg | Material | Diámetro externo cm |
|---------------------------------|---------|----------------------|---------------------|
| Conexión neumática T | 0,05 | Aleación de acero | 0,48 |
| Conexión neumática Y | 0,06 | Aleación de Aluminio | 0,5 |
| Conexión neumática recta | 0,065 | Aleación de acero | 0,55 |

Nota. En la tabla se observan características técnicas de diferentes conexiones neumáticas.

Se seleccionó la conexión neumática tipo T por el material de fabricación y el diámetro de acople para la cañería neumática.

Figura 24

Conexión neumática



Nota. En la figura se visualiza la conexión neumática en T seleccionada.

3.2.10. Conexión hexagonal con acoplamiento

Debe cumplir con características óptimas de adaptación como peso, material y diámetro externo.

Tabla 13

Selección conexión hexagonal con acoplamiento

| Tipo | Peso Kg | Material | Diámetro externo mm |
|--------------------|---------|------------------|---------------------|
| Conexión H1 | 0,01 | Acero inoxidable | 16 |
| Conexión H2 | 0,02 | Aluminio | 32 |
| Conexión H3 | 0,035 | Acero inoxidable | 48 |

Nota. En la tabla se observan características técnicas de diferentes conexiones hexagonales.

Se seleccionó la conexión hexagonal con acoplamiento H3, ya que su diámetro interno se acopla al diámetro de la cañería neumática.

Figura 25

Conexión hexagonal con acoplamiento



Nota. En la figura se visualiza la conexión hexagonal con acoplamiento seleccionado.

3.2.11. Hexágono mediano TC tuerca y arandela

Debe cumplir con características óptimas de adaptación como: peso, material y diámetro exterior y largo.

Tabla 14

Selección hexágono mediano TC tuerca y arandela

| Tipo | Peso Kg | Material | Diámetro exterior mm | Largo mm |
|-----------|------------|------------------|-------------------------|-------------|
| TD | 0,03 | Aluminio | 2 | 35 |
| TB | 0,05 | Aluminio | 35 | 35 |
| TC | 0,08 | Acero inoxidable | 48 | 40 |

Nota. En la tabla se observan características técnicas de diferentes hexágonos medianos TC.

Se seleccionó el hexágono mediano TC ya que la longitud es óptima para la conexión hacia el neumático.

Figura 26

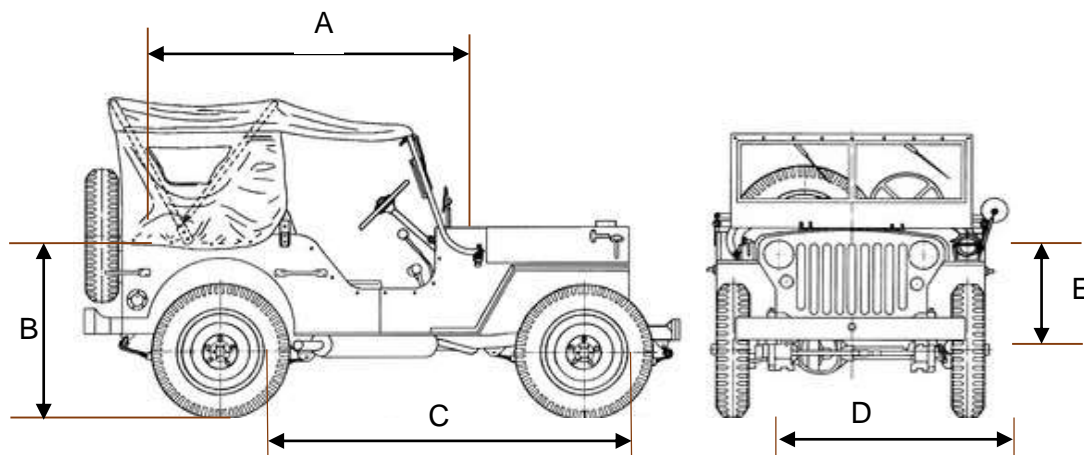
Hexágono mediano TC tuerca y arandela



Nota. En la figura se visualiza el hexágono mediano TC tuerca y arandela seleccionado.

3.2.12. Dimensionamiento del circuito

El dimensionamiento del circuito considera variables específicas del vehículo en la que se considera la longitud necesaria de conductos de aire a utilizarse que corresponde a 8 metros.

Figura 27*Dimensionamiento del circuito*

Nota. En la figura se observa las dimensiones referenciales del vehículo Jeep Willys CJ3A.

Tabla 15*Nomenclatura de dimensionamiento*

| Dimensionamiento | | |
|-------------------------|--|--------|
| A | Distancia entre la carrocería posterior al inicio del capó | 1,66 m |
| B | Distancia del suelo a balde superior | 0,97 m |
| C | Distancia entre ejes | 2,03 m |
| D | Distancia entre centro de neumáticos | 1,22 m |
| E | Distancia entre centro del eje de ruedas al balde superior | 0,35 m |

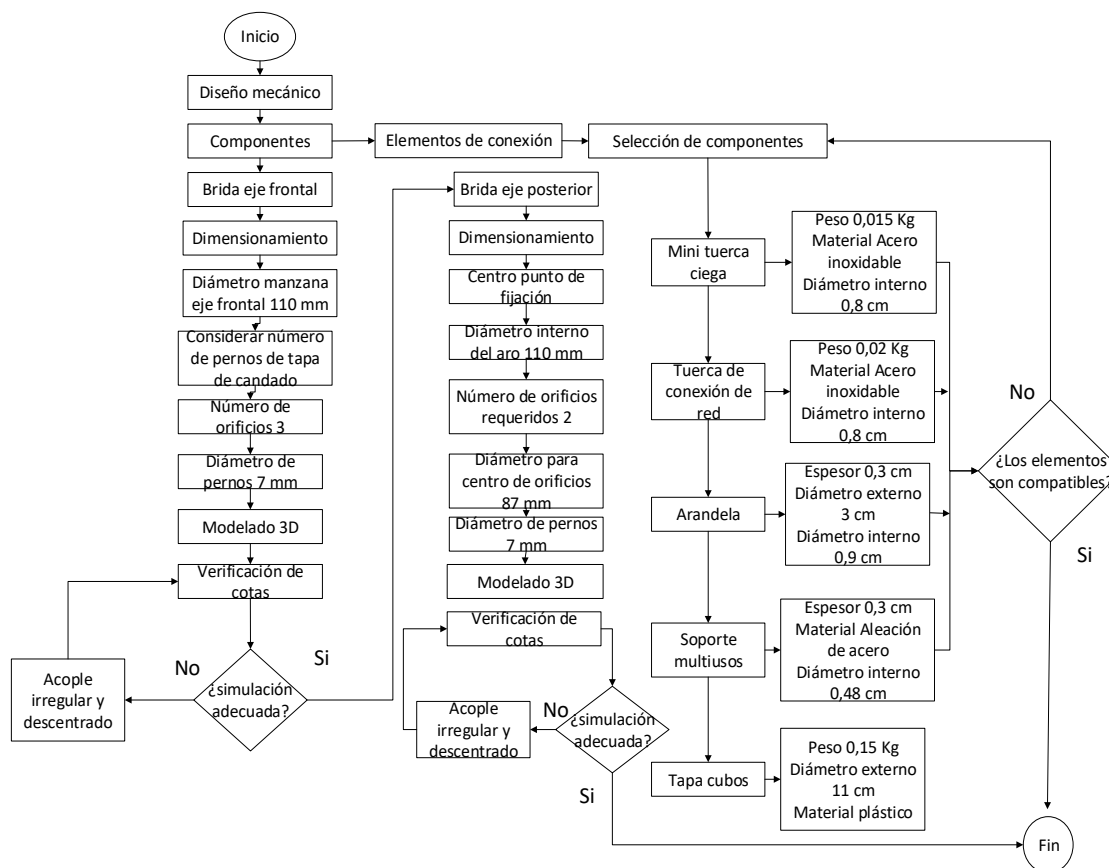
Nota. En la tabla se describe la nomenclatura utilizada para dimensionar el vehículo Jeep Willys CJ3A.

3.3. Diseño mecánico

Se diseñó un sistema de acoples y elementos de conexión, para fijar el sistema neumático y que el aire presurizado ingrese a los neumáticos a una presión establecida por el conductor de forma segura.

Figura 28

Diagrama de Flujo



Nota. En la figura se muestra el diagrama de flujo para el diseño de circuito mecánico

3.3.1. Componentes

Se diseñó una base circular para sujetar la válvula cinemática que permite la distribución de aire hacia el neumático, dadas las características del eje delantero y posterior se diseñó un acople para cada eje.

Tabla 16

Características brida eje frontal

| Brida eje frontal | | | |
|------------------------|---------------------|-------------------|----|
| | Material | Aleación de Acero | - |
| | Diámetro exterior | 110 | mm |
| | Diámetro interior | 35 | mm |
| Características | Número de orificios | 3 | - |

| Brida eje frontal | | |
|----------------------------------|----|----|
| Diámetro de orificios | 7 | mm |
| Diámetro para centro de orificio | 93 | mm |
| Espesor | 3 | mm |

Nota. En la tabla se identifican las características del acople en el eje frontal donde se ubica la válvula de giro o cinemática que permite el ingreso de aire presurizado.

Tabla 17

Características brida eje posterior

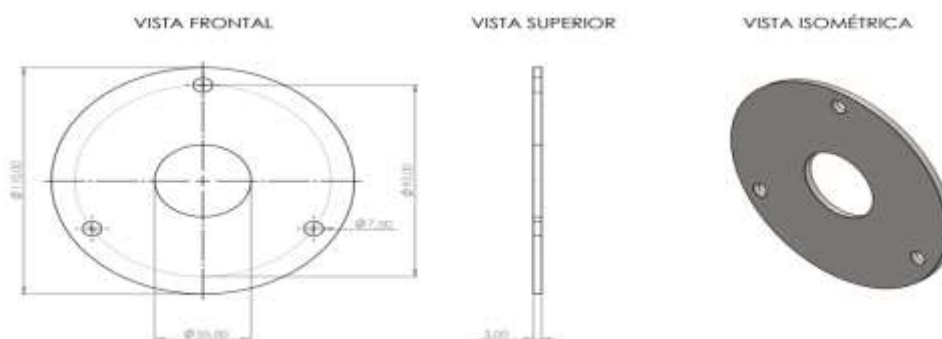
| Brida eje posterior | | | |
|----------------------------|-----------------------------|-------------------|----|
| Características | Material | Aleación de Acero | - |
| | Diámetro exterior | 110 | mm |
| | Diámetro interior | 35 | mm |
| | Número de orificios | 2 | - |
| | Diámetro de orificios | 7 | mm |
| | Diámetro centro de orificio | 87 | mm |
| | Espesor | 3 | mm |

Nota. En la tabla se muestran las características del acople en el eje posterior donde se ubica la válvula de giro o cinemática que permite el ingreso de aire presurizado.

3.3.2. Modelado

Figura 28

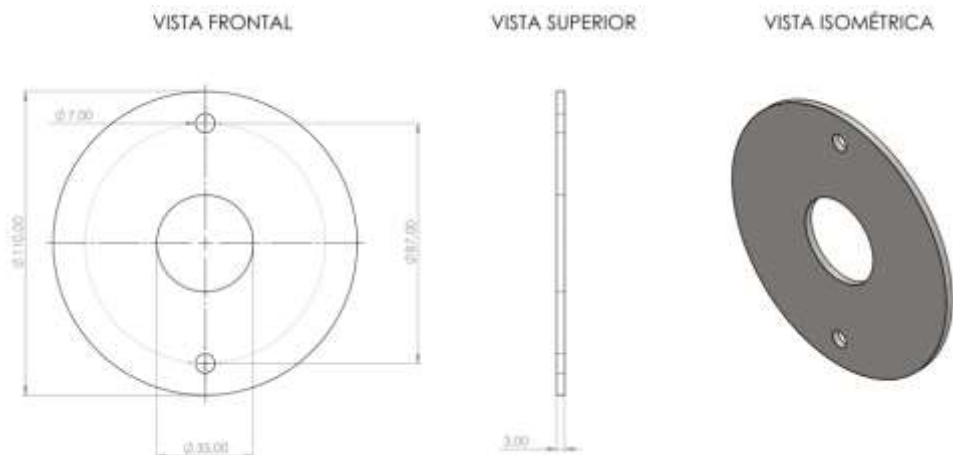
Modelado brida eje frontal



Nota. En el lado izquierdo de la figura se representan las cotas del diseño de la brida para el eje frontal, mientras que en el lado derecho se representa el modelado del mismo en 3D

Figura 29

Modelado brida eje posterior



Nota. En el lado izquierdo de la figura se representan las cotas del diseño de la brida para el eje posterior, mientras que en el lado derecho se representa el modelado del mismo en 3D.

3.4. Elementos de conexión mecánica

En los elementos de conexión se encuentra la minituerca ciega, la tuerca de conexión de red, arandela 7/16, soporte multiusos y el tapacubos.

3.4.1. Mini tuerca ciega

Requiere parámetros óptimos de adaptación como peso, material, diámetro exterior y largo.

Tabla 18

Selección mini tuerca ciega

| Tipo | Peso Kg | Material | Diámetro interno cm |
|------------------|------------|------------------|------------------------|
| Circular | 0,010 | Acero inoxidable | 0,4 |
| Cuadrada | 0,010 | Acero inoxidable | 0,44 |
| Hexagonal | 0,015 | Acero inoxidable | 0,8 |

Nota. En la tabla se observan características técnicas de mini tuercas ciegas.

Se seleccionó la mini tuerca ciega de tipo hexagonal ya que su diámetro interno se acopla al diámetro del ducto neumático.

Figura 30

Mini tuerca ciega



Nota. En la figura se visualiza la mini tuerca ciega seleccionada.

3.4.2. Tuerca de conexión de red

La tuerca de conexión de red debe cumplir parámetros técnicos como: peso, material y diámetro interno.

Tabla 19

Selección de Tuerca de conexión de red

| Tipo | Peso Kg | Material | Diámetro interno cm |
|-----------|------------|------------------|------------------------|
| simple | 0,010 | aluminio | 0,6 |
| simple | 0,015 | aluminio | 0,75 |
| multiusos | 0,02 | Acero inoxidable | 0,8 |

Nota. En la tabla se observan características técnicas de diferentes tuercas de conexión de red.

Se seleccionó la tuerca de conexión de red multiusos, ya que su diámetro interno se acopla al diámetro externo de la cañería neumática.

Figura 31*Tuerca de conexión de red*

Nota. En la figura se visualiza la tuerca de conexión de red seleccionada.

3.4.3. Soporte multiusos

Requiere parámetros específicos como: peso, material, diámetro interior, y espesor

Tabla 20*Selección soporte multiusos*

| Tipo | Peso Kg | Material | Diámetro interno cm | Espesor cm |
|---------------------------|--------------------|-------------------|------------------------------------|-----------------------|
| Soporte vertical | 0,001 | aluminio | 0,35 | 0,3 |
| Soporte horizontal | 0,002 | acero | 0,4 | 0,3 |
| Soporte L | 0,002 | Aleación de Acero | 0,48 | 0,3 |

Nota. En la tabla se observan características técnicas de diferentes soportes multiusos.

Se seleccionó el soporte L multiusos por ser de un material resistente y un diámetro interno acorde al hexágono mediano TC.

Figura 32

Soporte multiusos



Nota. En la figura se visualiza el soporte en L multiusos seleccionado.

3.4.4. Tapacubos

Debe cumplir con parámetros específicos como: material y diámetro externo.

Tabla 21

Selección de tapacubos

| Tipo | Material | Diámetro externo cm |
|--------------------|-----------------|--------------------------------|
| Tapacubos A | Aluminio | 10 |
| Tapacubos F | Fibra de vidrio | 15 |
| Tapacubos P | Plástico | 11 |

Nota. En la tabla se observan características técnicas de diferentes tapacubos.

Se seleccionó el tapacubos tipo P ya que su diámetro externo es igual al diámetro de las bridas de acople y cubre la válvula cinemática.

Figura 33

Tapacubos



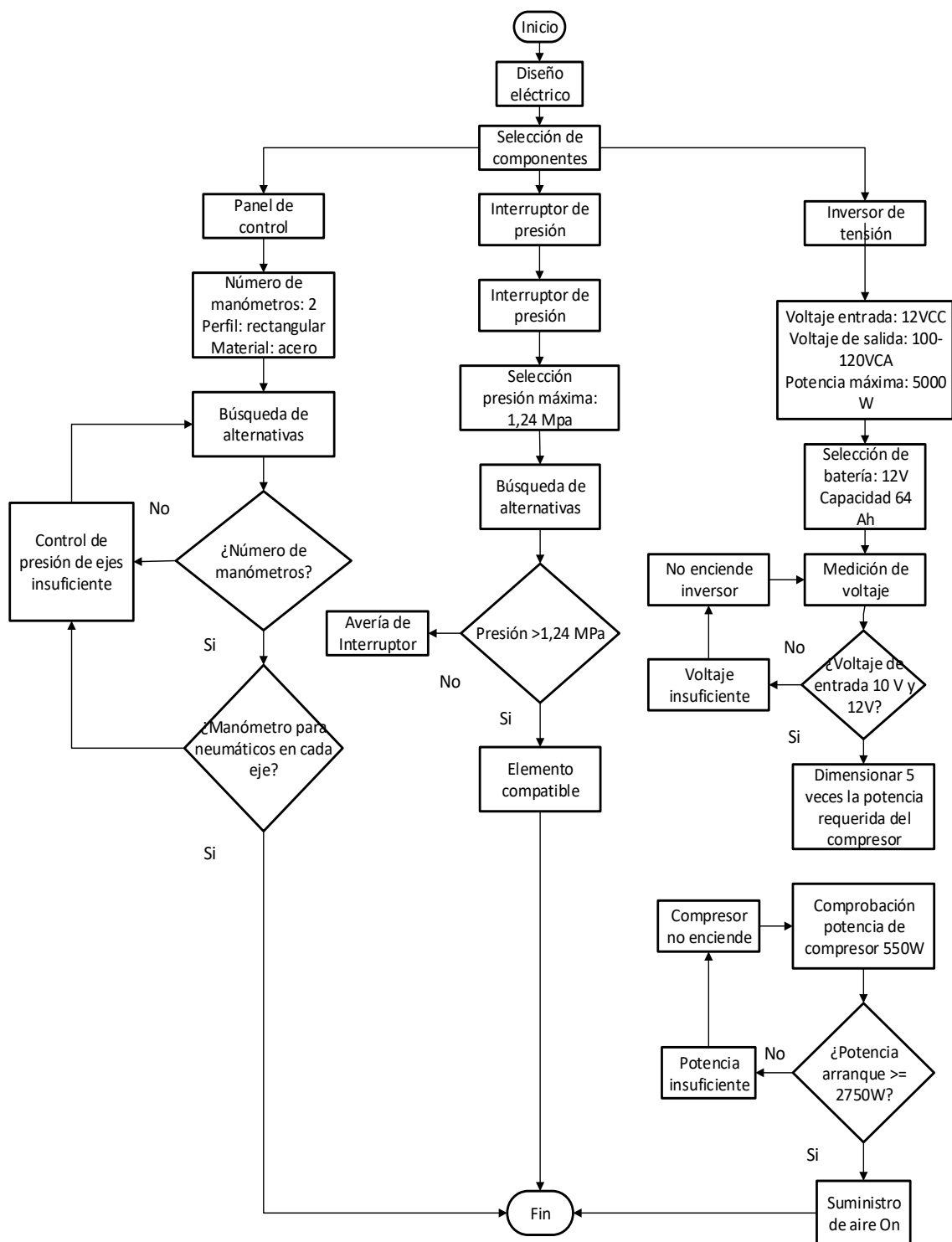
Nota. En la figura se visualiza el tapacubos P seleccionado.

3.5. Sistema eléctrico**3.5.1. Diseño eléctrico**

En el diseño del sistema de control eléctrico se establecen los requerimientos de selección del inversor de tensión, panel de control e interruptor de presión.

Figura 34

Diagrama de Flujo



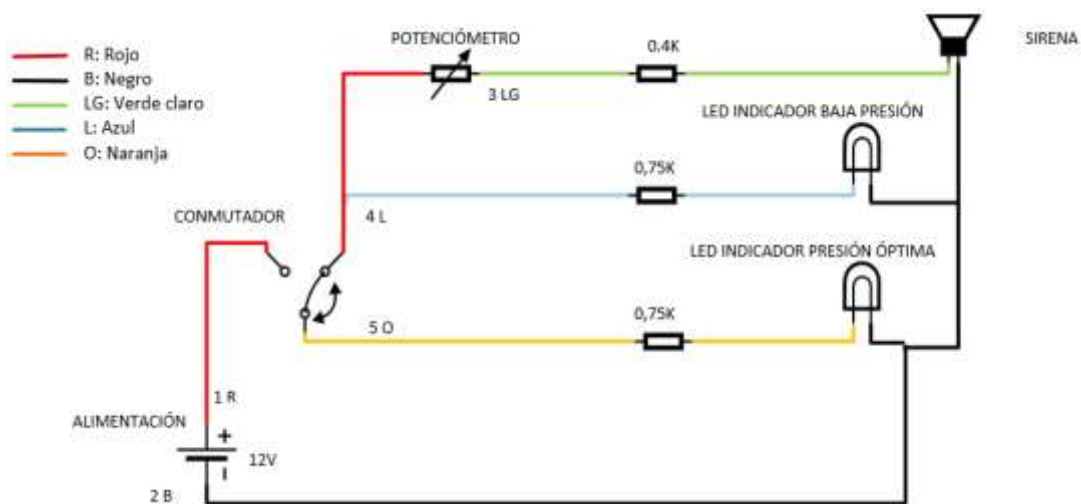
Nota. En la figura se muestra el diagrama de flujo para el diseño de circuito eléctrico

3.5.2. Diseño de circuito de panel de control

Para el diseño del circuito electrónico se toma en cuenta el rango de presión de funcionamiento del sistema, se simula una presión menor a 30 Psi en el manómetro representado por un conmutador, el cual permite el paso de corriente hacia una señal luminosa y sonora, simbolizadas por un diodo led rojo y una sirena respectivamente.

Figura 35

Circuito electrónico del panel de control con una presión menor a 30 Psi



Nota. En la figura se observa la simulación del circuito electrónico del panel de control con una presión menor a 30 Psi que activa una señal luminosa y sonora.

Se simula una presión mayor a 30 Psi en el manómetro representado por un interruptor de dos posiciones, el cual permite el paso de corriente hacia una señal luminosa simbolizadas por un diodo led verde que indica una presión adecuada de funcionamiento.

3.6. Componentes

El sistema eléctrico está compuesto por: panel de control, interruptor de presión, inversor de tensión y batería

3.6.1. Panel de control

El panel de control debe cumplir parámetros específicos como: perfil, número de manómetros y material de fabricación para su adaptación en el tablero del vehículo.

Tabla 22

Selección Panel de control

| Tipo | Manómetros N° | Perfil | Material |
|-------|------------------|-------------|----------|
| H17 | 2 | Cuadrado | Acero |
| H33 | 2 | Cuadrado | Acero |
| H32MX | 2 | Rectangular | Acero |

Nota. En la tabla se observa las características de diferentes paneles de control que permiten la ubicación de manómetros que indican la presión en el eje frontal y posterior.

Se seleccionó el panel de control tipo H32MX de marca TACO-AR de forma rectangular, con dos manómetros analógicos, ya que, al detectar una pérdida de presión en los neumáticos, el panel de control emite una alarma audiovisual, indicando al conductor la necesidad de activar el sistema. Al activar el sistema, se restablecerá la presión del neumático averiado hasta un nivel seguro.

Figura 36

Panel de control



Nota. En la figura se visualiza el panel de control seleccionado.

3.6.2. Interruptor de presión

Para la selección se consideró parámetros característicos como: presión máxima de rotura, rango de presión y amperaje de accionamiento.

Tabla 23

Selección de interruptor de presión

| Tipo | Presión máxima de trabajo MPa | Rango de presión MPa | Amperaje máximo interruptor A |
|-------------------------|-------------------------------|----------------------|-------------------------------|
| 20D Electromecánico | 2 | 0,05 - 1 | 20 |
| Atex Electromecánico | 5 | 0,05 – 0,6 | 20 |
| Baja presión | 1,24 | 0,5 – 0,68 | 20 |

Nota. En la tabla se observan los parámetros de funcionamiento de varios presostatos.

Se seleccionó un interruptor de baja presión de marca MASSUN que presenta una vida mecánica de 1000000 operaciones y posee un interruptor tripolar TPST que se abre cuando la presión aumenta. El Interruptor de presión permite o limita el ingreso de aire desde el bloque compresor, este elemento es ajustable mediante un tornillo que se encarga de variar la presión a suministrarse.

Figura 37

Interruptor de presión



Nota. En la figura se visualiza el interruptor de presión seleccionado.

3.6.3. Inversor de tensión

Para la selección del inversor se tomó en cuenta: voltaje de entrada, voltaje de salida, tolerancia, frecuencia, potencia máxima y temperatura máxima de funcionamiento requeridos por el sistema de abastecimiento.

Tabla 24

Selección de inversor de tensión

| Tipo | Voltaje de entrada Vdc | Voltaje de salida Vac | Tolerancia V | Frecuencia Hz | Potencia W | Temperatura de trabajo °K |
|------------------------|------------------------|-----------------------|--------------|---------------|------------|---------------------------|
| Sirio 2000 | 100 | 230 | ± 5 | 51 | 500 - 1400 | 325 |
| Max 2000W | 500 | 260 | ± 10 | 53 | 100 - 2000 | 340 |
| Onda Pura 4000W | 10 - 15 | 100 - 120 | ± 10 | 60 | 80 - 5000 | 345 |

Nota. En esta tabla se observan los parámetros característicos de funcionamiento de Inversores de tensión.

Se seleccionó el inversor de onda pura 4000W, ya que presenta una potencia 20% superior a la potencia requerida por las cargas de corriente alterna, tomando en consideración los picos de arranque con una potencia de 4 a 5 veces mayor a su consumo nominal.

Figura 38*Inversor de tensión*

Nota. En la figura se visualiza el inversor de tensión seleccionado.

3.6.4. Sensor de control de presión de neumáticos TPMS

Este sensor transmite información de manera directa de la presión de los neumáticos de manera continua, monitoreada mediante el panel de control, que activa una luz y sirena de advertencia, estos sensores se encuentran conectados en la parte interna de la rueda o en la salida de la válvula, de tal manera que indican la magnitud física de presión.

El sensor posee un transmisor de corto alcance que envía la información obtenida al módulo de control, este módulo se encuentra en el panel y está al alcance del conductor o copiloto.

La información receptada de cada rueda es procesada y enviada a la unidad principal de control, a partir de los parámetros de presión previamente establecidos por el conductor, es así que, si existe un rango de presión fuera de lo establecido, el sensor enviará una señal que activará la alarma y la luz indicadora para que el conductor tome acciones necesarias.

Tabla 25

Características operativas del sensor TPMS

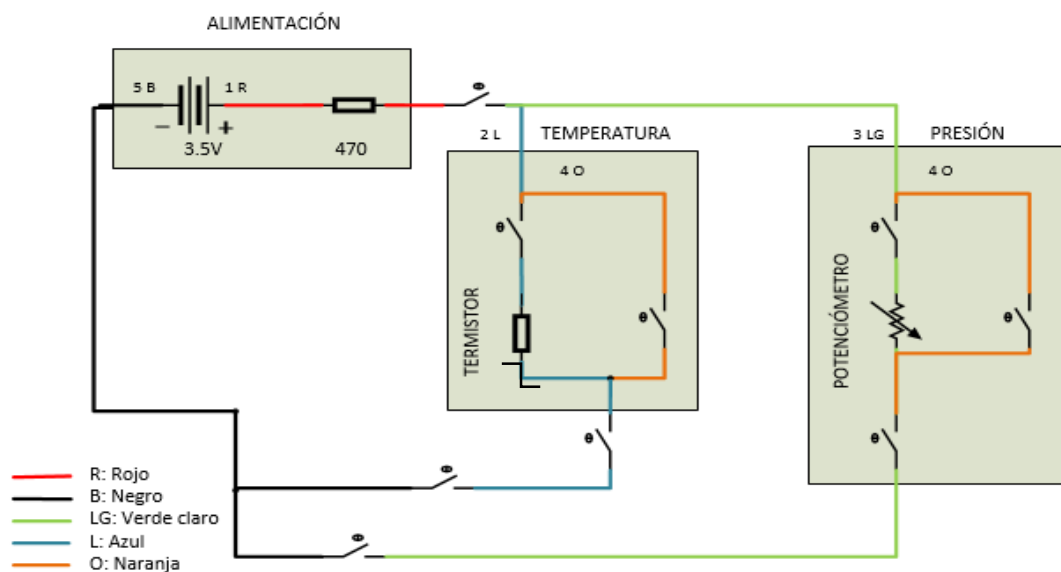
| Sensor TPMS | | | |
|------------------------|----------------------------------|-------------|-----|
| | Presión mínima de funcionamiento | 0,172 | MPa |
| | Señal compleja modulada | 125 | KHz |
| | Voltaje | 2 a 3.6 | V |
| | Amperaje | 15 | mA |
| | Temperatura interna | 233 - 393 | °K |
| Características | Rango de presión | 0,172 – 0,8 | MPa |

Nota. En esta tabla se observan los parámetros de funcionamiento del sensor TPMS.

El sensor consta de una batería interna de 3,5 V, un termistor y un potenciómetro interno, mismos que se encargan de interpretar las magnitudes físicas de presión y temperatura.

Figura 39

Plano circuito electrónico sensor TPMS



Nota. En la figura se observa el circuito electrónico del sensor TPMS representando la variación de temperatura y presión.

Tabla 26

Nomenclatura de componentes de los planos del sensor TPMS

| Sensor TPMS | |
|--------------------|---------------|
| A | Batería |
| B | Resistencia |
| C | interruptor |
| D | Termistor |
| E | Potenciómetro |

Nota. En la tabla se representa la nomenclatura utilizada en la simulación del plano electrónico del sensor TPMS.

3.7. Señales TPMS

3.7.1. Señales de entrada

El sensor TPMS detecta valores de presión y temperatura de los neumáticos en tiempo real, los mismos que pueden variar debido a las condiciones adversas durante la conducción

Tabla 27

Señales de entrada del sensor TPMS

| Señales de entrada del sensor TPMS | | |
|---|---------------------|---------------|
| Parámetro | Denominación | Unidad |
| Temperatura de funcionamiento | 269 a 373 | °K |
| Presión de funcionamiento | 0 a 0,69 | MPa |
| Precisión de la presión | ±0,01 | MPa |

Nota. En la tabla se observan las señales de entrada y rangos de funcionamiento del sensor TPMS.

3.7.2. Procesamiento de señales

El procesamiento de señal se da mediante el sensor TPMS, diseñado a partir de silicio monolítico como un transductor piezoresistivo que identifica la presión a medir a través de una membrana y aceite de silicona no compresible. El chip absorbe energía a

través de un suministro de vidrio aislante y alambres de unión. La salida de la señal de presión se muestra en mV. La señal de presión se compensa con la temperatura y se amplifica a una señal de salida V o mA respectivamente.

3.7.3. Señal de salida

La señal de salida es interpretada por los valores de voltaje, que son directamente proporcionales a la presión efectiva en el neumático, lo que corresponde un voltaje de salida para cada nivel de presión.

Capítulo IV

4. Adaptación del sistema de monitoreo y autoinflado

En este capítulo se describen los procesos de adaptación de componentes, implementación de sistema neumático, verificación de funcionamiento y cumplimiento de normativa correspondiente a los equipos utilizados.

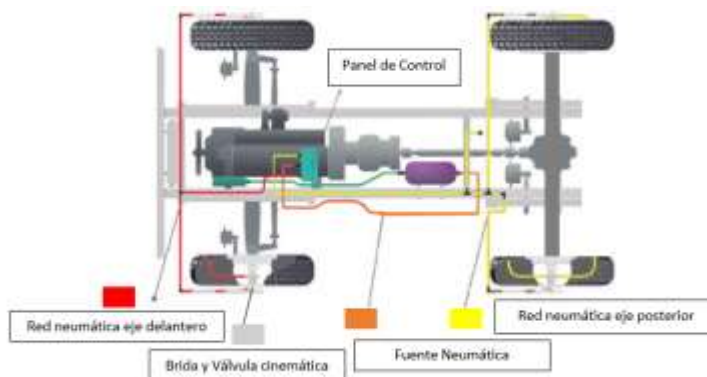
4.1. Construcción

La construcción del sistema de autoinflado se fundamenta de los componentes revisados en el capítulo 3, los cuales serán ensamblados con el fin de llevar el aire presurizado desde el compresor hacia el neumático. Se utilizó acoples y materiales de unión que permiten un sello hermético en los conductos.

4.2. Adaptación sistema neumático

Figura 40

Diagrama de instalación de calibrador neumático



Nota. En la figura se puede observar la distribución de los componentes del sistema de autoinflado de neumáticos.

4.2.1. Válvula de retención antiretorno

La válvula de retención se coloca en la toma de ingreso de aire del neumático mediante el roscado interno propio de dicha válvula, está constituida por una toma o

acople rápido de $\frac{5}{16}$ in, donde ingresa la cañería neumática y se ajusta al roscado exterior de la válvula de retención mediante una tuerca.

Figura 41

Adaptación de válvula de retención



Nota. En la figura se observa la válvula de retención antiretorno adaptada en la toma de aire del neumático.

4.2.2. Cañería de tubería neumática

El circuito neumático está compuesto por conductos de tubería neumática de $\frac{5}{16}$ in, que conducen el aire desde el suministro de aire presurizado hasta los neumáticos. La cañería neumática está recubierta por tubo plástico en la parte exterior para resguardarla de agentes externos.

Los cortes realizados deben mantener un perfil uniforme en el contorno de la cañería para evitar fugas.

Figura 42

Adaptación cañería neumática $\frac{5}{16}$ in



Nota. En la figura se observa los conductos neumáticos de $\frac{5}{16}$ in, utilizados para la interconexión de componentes.

4.2.3. Válvula de giro

La instalación de la válvula de giro se logró a través del roscado exterior, que se encuentra en un extremo y forma parte del cuerpo de la válvula, el ensamble se realiza sobre la brida de acople de los ejes y el ajuste mediante tuerca y arandela, logran una fijación ideal para su funcionamiento mientras el neumático gira. Para la implementación del sistema de autoinflado se utilizaron 4 válvulas de giro ubicadas en el centro del eje de cada neumático con longitud de 8 cm, diámetro de 4 cm y tres tomas rápidas de unión con ajuste mediante roscado externo.

Figura 43*Adaptación de válvula de giro*

Nota. En la figura se representa adaptación de la válvula cinemática sobre la brida de acople ubicada en los ejes.

4.2.4. Ducto neumático para compresor

El bloque compresor envía aire presurizado a través del ducto de $\frac{3}{4}$ in, hacia el depósito de aire, pasa previamente por los elementos de control de presión. Para la conformación de las uniones se utiliza acoples metálicos hembra y macho, que facilitan la conexión entre el roscado de los componentes.

Figura 44*Adaptación de ducto neumática para compresor*

Nota. En la figura se muestra la adaptación del ducto para compresor realizada mediante acoples.

4.2.5. Manómetro analógico

Se colocan tres manómetros análogos. El primero se encuentra a la salida del depósito de aire y tiene un rango que llega hasta los 100 *Psi*, los manómetros restantes se encuentran acoplados al panel de control, tienen un diámetro de 52 *mm* y soportan una presión máxima de 100 *Psi*.

Figura 45

Adaptación de manómetro



Nota. En la figura se visualiza la ubicación de los manómetros utilizados en el panel de control.

4.2.6. Bloque compresor

El bloque compresor se ubica en el lado derecho de la batea de forma que no afecte a los sistemas principales de funcionamiento del vehículo, se fijó mediante 4 orificios realizados con una broca de $\frac{1}{16}$ in, y ajustados con tornillos de cabeza avellanada T 965 acorde a la medida de los orificios y arandelas DIN 125, para evitar transferir la vibración se utilizaron bases de elastómero en los tornillos.

Figura 46*Adaptación bloque compresor*

Nota. En la figura se puede observar el bloque compresor adaptado a la batea.

4.2.7. Depósito de aire comprimido

El depósito de 15 litros requiere un espacio de 500 *mm* de diámetro por 300 *mm* de altura, por lo que la ubicación óptima para la fijación fue el exterior de la batea en la zona inferior, para lo cual se cortaron los tubos estructurales del depósito a una altura de 300 *mm*, también se realizaron orificios pasantes con broca de $\frac{1}{16}$ in, en cada tubo para fijarlo con pernos DIN 933, tuercas DIN934 y arandelas DIN 127 a la estructura del jeep.

Figura 47*Adaptación de depósito de aire comprimido*

Nota. En la figura se puede observar la adaptación que se realizó en el depósito de aire.

4.2.8. Conexión neumática

En el orificio de entrada de la tuerca se conecta la cañería neumática de $\frac{5}{16}$ in, hasta una conexión de tipo T a la que se conectan ambos neumáticos en un mismo eje, desde la misma se incorpora la conexión hacia el panel de control del sistema, donde se encuentra el manómetro del eje posterior. De forma similar se realiza la conexión en el eje frontal, gracias a la unión de aleación de acero en forma de T que envía la presión hacia el manómetro del eje frontal.

Figura 48

Adaptación conexión neumática tipo T



Nota. En el gráfico se puede observar conexión tipo T para los neumáticos en de eje desde el panel de control.

4.3. Adaptación sistema mecánico

4.3.1. Puntos de apoyo y fijación

Para formar la estructura que permite el funcionamiento del sistema, se realizaron adaptaciones en el vehículo, para instalar la brida sobre la que se acopla la válvula cinemática.

Para el diseño de la brida de acople se realizaron orificios de 7 mm , que permiten la fijación mediante pernos y tuercas. Los pernos fueron instalados mediante soldadura eléctrica, utilizando electrodos 6011.

En el eje frontal se fijaron tres tornillos de 60 mm de longitud con rosca métrica DIN912 M6x40, se ubicaron con una separación de 120° entre sí y se soldaron sobre los pernos que ajustan los candados automáticos y permiten el accionamiento de la tracción 4x4. Mientras que en el eje posterior se fijaron dos tornillos con las mismas especificaciones, se colocaron con una separación de 180° sobre el tambor de freno.

Figura 49

Adaptación brida eje frontal



Nota. En la figura se puede visualizar la adaptación que se realizó para la válvula cinemática en el eje frontal.

Figura 50

Adaptación brida eje posterior



Nota. En la figura se puede visualizar la adaptación que se realizó para la válvula cinemática en el eje posterior.

4.3.2. Conexión hexagonal con acoplamiento

A partir de la válvula cinemática se establece una conexión con tuerca hexagonal, que cuenta con un acoplamiento rápido propio de la dimensión del ducto y que se ajusta mediante tuerca al roscado exterior.

Figura 51

Adaptación conexión hexagonal



Nota. En la figura se puede observar la conexión hexagonal para los conductos neumáticos, adaptados en la carrocería.

4.3.3. Hexágono mediano TC tuerca y arandela

La tuerca en hexágono TC con tuerca y arandela, permiten fijar el conducto neumático hacia el soporte en L del guardabarros, unido mediante dos remaches.

Figura 52

Adaptación de hexágono TC con tuerca y arandela



Nota. En la figura se puede observar la adaptación del hexágono mediano TC con tuerca y arandela en la carrocería.

4.3.4. Minituerca ciega

A partir del eje de la válvula de cinemática se fija el tapacubos por medio de la minituerca ciega.

Figura 53

Adaptación de minituerca ciega



Nota. En la figura se puede observar la conexión de la tapa de acabado con minituerca ciega.

4.3.5. Tuerca multiuso TC conexión de red

La tuerca multiuso TC permite la conexión de red del hexágono mediano TC hacia la válvula cinemática.

Figura 54

Adaptación de la tuerca multiuso TC conexión de red



Nota. En la figura se puede observar la conexión de red mediante la tuerca multiuso TC.

4.3.6. Arandela

Se ubica la arandela $\frac{7}{16}$ in, sobre el orificio para el conducto neumático de la carrocería, con el objetivo de evitar el ingreso de suciedad hacia la conexión hexagonal y evitar posibles deterioros sobre la carrocería.

Figura 55*Adaptación de arandela 7/16*

Nota. En la figura se puede observar la ubicación de la arandela $\frac{7}{16}$ in.

4.3.7. Soporte L multiuso

Las uniones neumáticas hacia los guardabarros utilizan soportes en L multiuso, unidos mediante remaches sobre los guardabarros de la carrocería, para los cuatro neumáticos la configuración de conexión es la misma.

Figura 56*Adaptación del soporte en L*

Nota. En la figura se puede observar la adaptación del soporte en L para las tuberías neumáticas sobre la carrocería.

4.3.8. Tapacubos

Está ubicada sobre la válvula de giro para protegerla de los agentes climáticos y también conforma un elemento estético del sistema de autoinflado.

Figura 57

Adaptación de tapacubos



Nota. En la figura se visualiza la ubicación del tapacubos sobre la válvula de giro.

4.4. Adaptación de sistema eléctrico

En el sistema eléctrico se interpretan las señales obtenidas por el sensor para comandar el módulo de control y así identificar las presiones de funcionamiento de cada neumático.

El sistema eléctrico está conformado por la conexión de sensores, módulo de control y antena de vigilancia para informar al conductor de la baja presión de los neumáticos.

4.4.1. Presostato

Se adaptó a la salida del compresor en la parte posterior derecha de la batea del vehículo a una altura de 130 *cm*, tomando como referencia el piso y a 50 *cm* tomando como referencia el eje posterior, se optó por esta ubicación debido a que las conexiones eléctricas y neumáticas se encuentran próximas al bloque compresor.

Figura 58

Presostato



Nota. En el gráfico se puede observar el interruptor de presión o presostato, el cual controla el paso de aire generado por el bloque compresor

4.4.2. Inversor de tensión

Para la adaptación del inversor de tensión se examinó una locación fuera del contacto con agentes ambientales, por lo que se escogió la base de la batea bajo el asiento posterior de pasajeros.

Se realizó la fijación con dos tornillos mediante dos orificios realizados con una broca de $\frac{1}{16}$ in, y ajustados con tornillos de cabeza avellanada T 965, se realizaron dos orificios con una broca de $\frac{1}{8}$ in, detrás del inversor de tensión para conectar los polos positivo y negativo del inversor hacia los bornes de batería, pasando debajo de la carrocería en dirección a la parte frontal del vehículo, donde se encuentra la batería.

Figura 59*Inversor de tensión*

Nota. En el gráfico se puede observar el inversor de tensión, el cual transforma 12 *Vdc* continuos de tensión a 110 *Vac* alternos.

4.4.3. Panel de control

Debido a la información que refleja se posicionó en la parte frontal inferior del tablero del vehículo.

Se realizó la adaptación mediante una chapa metálica, que tiene la forma del contorno del panel y se ajusta mediante dos tornillos tipo T10 de 10 *mm* de largo en los extremos de la placa, montados en el borde inferior del panel de instrumentos del vehículo.

Figura 60*Panel de Control*

Nota. En el gráfico se puede observar el panel de control, que permite visualizar y controlar el ingreso de aire presurizado hacia los ejes.

4.5. Sensores**4.5.1. Sensores de presión**

Este tipo de sensores transmiten información de temperatura y presión a ultra alta frecuencia, estos parámetros se envían a la unidad de control electrónico o al módulo de control, la transmisión de frecuencia ocurre mientras el vehículo se encuentra estático o en movimiento, esta información es transmitida de forma periódica.

Si un sensor esta averiado debido a corrosión, inconsistencias de voltajes o circuitos electrónicos deficientes, se debe optar por tomar valores de voltajes en el circuito y comprobar con los valores de operación indicados por el fabricante, además se debe verificar las conexiones para determinar si el sensor debe ser reemplazado; en caso de ser reemplazado

debe ser extraído, y sustituido por un sensor nuevo, a continuación, se realiza una reprogramación de la unidad de control electrónica que posee un identificador único y

su posición en el automotor. También se debe apagar la luz de advertencia del error generado en el panel de control del tablero.

4.5.2. Módulo de control

La unidad o módulo de control para el monitoreo de presión de los neumáticos evalúa las señales de radiofrecuencia provenientes de las antenas para vigilancia, las clasifica según su prioridad y transfiere los datos correspondientes al tablero de instrumentos, donde se observan los indicadores a través de a interfaz de usuario hacia el conductor.

4.5.3. Antena para vigilancia

El sensor TPMS emite una señal de radiofrecuencia que es recogida por la antena para vigilancia y entregada a la unidad de control la misma que es analizada para alcanzar el valor de presión en la cámara de la rueda, la frecuencia emitida por el sensor necesita de una señal modulada de 125 *kHz*, los parámetros que emiten las antenas para vigilancia son propios de cada neumático y corresponden a temperatura del aire presente en el neumático, diagnóstico de la batería integrada en cada sensor, la transferencia verificada de los datos, información requerida sobre el estado y sincronización de la misma.

4.6. Pruebas de funcionamiento

A continuación, se describen las pruebas de funcionamiento del sistema de autoinflado, con los neumáticos en fase estática y dinámica, determinando así el tiempo de llenado de aire en los neumáticos del eje frontal y posterior.

4.7. Pruebas estáticas

Para las pruebas se dispone de un medidor de presión de aire con el que se determina los diferentes puntos de partida de presión y de tiempo que conlleva en llegar hasta la presión recomendada por el fabricante del neumático de 30 *Psi* mientras el vehículo está detenido.

Las pruebas se realizan cuando existe un neumático con presión menor a la recomendada sucesivamente hasta cuando los cuatro neumáticos tienen presión menor a la recomendada a diferentes regímenes de presión inicial, con varias mediciones para obtener un valor promedio real.

4.7.1. Con un neumático a baja presión

En la tabla se visualiza el tiempo de llenado de aire de un neumático cuando la presión es de **0 MPa**, **0,103 MPa** y **0,155 MPa** que equivalen a **0%**, **50%** y **75 %** de la presión recomendada por el fabricante.

Tabla 28

Tiempo de llenado a de aire en un neumático con presión menor a la recomendada

| PRESIÓN INICIAL | | PRESIÓN FINAL | | TIEMPO | |
|-----------------|--------|---------------|--------|--------|--------|
| Valor | Unidad | Valor | Unidad | Valor | Unidad |
| 0 | MPa | 0,207 | MPa | 55,59 | s |
| | MPa | | MPa | 53,21 | s |
| | MPa | | MPa | 54,29 | s |
| 0,103 | MPa | 0,207 | MPa | 27,80 | s |
| | MPa | | MPa | 28,40 | s |
| | MPa | | MPa | 28,92 | s |
| 0,155 | MPa | 0,207 | MPa | 15,11 | s |
| | MPa | | MPa | 14,50 | s |
| | MPa | | MPa | 14,92 | s |

Nota. La tabla muestra el tiempo que toma el llenado de un neumático a presiones menores a la recomendada.

4.7.2. Con dos neumáticos a baja presión

En la tabla se visualiza el tiempo de llenado de aire de dos neumáticos cuando la presión es de **0 MPa**, **0,103 MPa** y **0,155 MPa** que equivalen a **0%**, **50%** y **75 %** de la presión recomendada por el fabricante.

Tabla 29

Tiempo de llenado a de aire en dos neumáticos con presión menor a la recomendada

| Presión inicial | | Presión final | | Tiempo | |
|-----------------|--------|---------------|--------|--------|--------|
| Valor | Unidad | Valor | Unidad | Valor | Unidad |
| 0 | MPa | 0,207 | MPa | 112,45 | s |
| | MPa | | MPa | 111,72 | s |
| | MPa | | MPa | 113,23 | s |
| 0,103 | MPa | 0,207 | MPa | 57,12 | s |
| | MPa | | MPa | 58,70 | s |
| | MPa | | MPa | 59,90 | s |
| 0,155 | MPa | 0,207 | MPa | 35,43 | s |
| | MPa | | MPa | 33,24 | s |
| | MPa | | MPa | 36,82 | s |

Nota. La tabla muestra el tiempo que toma el llenado de dos neumáticos a presiones menores a la recomendada.

4.7.3. Con tres neumáticos a baja presión

En la tabla se visualiza el tiempo de llenado de aire de tres neumáticos cuando la presión es de **0 MPa**, **0,103 MPa** y **0,155 MPa** que equivalen a **0%**, **50%** y **75 %** de la presión recomendada por el fabricante.

Tabla 30

Tiempo de llenado a de aire en tres neumáticos con presión menor a la recomendada

| Presión inicial | | Presión final | | Tiempo | |
|-----------------|--------|---------------|--------|--------|--------|
| Valor | Unidad | Valor | Unidad | Valor | Unidad |
| 0 | MPa | 0,207 | MPa | 172,23 | s |
| | MPa | | MPa | 168,92 | s |
| | MPa | | MPa | 175,23 | s |
| 0,103 | MPa | 0,207 | MPa | 88,85 | s |
| | MPa | | MPa | 90,23 | s |
| | MPa | | MPa | 87,32 | s |
| 0,155 | MPa | 0,207 | MPa | 44,12 | s |
| | MPa | | MPa | 45,67 | s |
| | MPa | | MPa | 47,33 | s |

Nota. La tabla muestra el tiempo que toma el llenado de dos neumáticos a presiones menores a la recomendada.

4.7.4. Con cuatro neumáticos a baja presión

En la tabla se visualiza el tiempo de llenado de aire de cuatro neumáticos cuando la presión es de **0 MPa**, **0,103 MPa** y **0,155 MPa** que equivalen a **0%**, **50%** y **75 %** de la presión recomendada por el fabricante.

Tabla 31

Tiempo de llenado a de aire en cuatro neumáticos con presión menor a la recomendada

| Presión inicial | | Presión final | | Tiempo | |
|-----------------|--------|---------------|--------|--------|--------|
| Valor | Unidad | Valor | Unidad | Valor | Unidad |
| 0 | MPa | 0,207 | MPa | 233,69 | s |
| | MPa | | MPa | 228,50 | s |
| | MPa | | MPa | 227,32 | s |
| 0,103 | MPa | 0,207 | MPa | 121,18 | s |
| | MPa | | MPa | 124,54 | s |
| | MPa | | MPa | 128,43 | s |
| 0,155 | MPa | 0,207 | MPa | 58,49 | s |
| | MPa | | MPa | 56,44 | s |
| | MPa | | MPa | 58,11 | s |

Nota. La tabla muestra el tiempo que toma el llenado de cuatro neumáticos a presiones menores a la recomendada.

Tabla 32

Comparativa entre suministro de aire de los neumáticos

| Número de neumáticos a baja presión | Presión inicial | | Presión final | | Tiempo | |
|-------------------------------------|-----------------|--------|---------------|--------|----------------|--------|
| | Valor | Unidad | Valor | Unidad | Valor promedio | Unidad |
| Un neumático | 0 | MPa | 0,207 | MPa | 54,36 | s |
| | 0,103 | MPa | | MPa | 28,37 | s |
| | 0,155 | MPa | | MPa | 14,84 | s |
| Dos neumáticos | 0 | MPa | 0,207 | MPa | 112,47 | s |
| | 0,103 | MPa | | MPa | 58,57 | s |
| | 0,155 | MPa | | MPa | 35,16 | s |
| Tres neumáticos | 0 | MPa | 0,207 | MPa | 172,12 | s |
| | 0,103 | MPa | | MPa | 88,80 | s |
| | 0,155 | MPa | | MPa | 45,79 | s |

| | Presión inicial | | Presión final | | Tiempo | |
|-------------------|-----------------|-----|---------------|-----|--------|---|
| | 0 | MPa | | MPa | 229,83 | s |
| Cuatro neumáticos | 0,103 | MPa | 0,207 | MPa | 124,71 | s |
| | 0,155 | MPa | | MPa | 57,68 | s |

Nota. En la tabla se visualiza el tiempo promedio de llenado de aire en las pruebas realizadas

En la tabla comparativa se puede evidenciar que el tiempo promedio requerido para inflar los neumáticos durante las diferentes pruebas es proporcional al número de neumáticos que se inflan al mismo tiempo, es decir el tiempo se duplica o triplica según el caso y al momento en que se inflan los cuatro neumáticos el trabajo que realiza el compresor es mayor por lo que se requiere tiempo adicional para abastecerlos hasta la presión recomendada.

4.8. Pruebas dinámicas

Para las pruebas se dispone de un medidor de presión de aire con el que se determina los diferentes puntos de partida del tiempo que toma en llegar hasta la presión recomendada por el fabricante del neumático que es 30 *Psi* mientras el vehículo se encuentra en movimiento a diferentes regímenes de velocidad.

4.8.1. Eje Frontal

Prueba partiendo desde el 50% de la presión recomendada por el fabricante a una velocidad de $10 \frac{Km}{h}$

Tabla 33

Pruebas de llenado en eje frontal a 10 km/h

| Presión inicial | | Presión final | | Velocidad | | Tiempo | |
|-----------------|--------|---------------|--------|-----------|----------------|--------|--------|
| Valor | Unidad | Valor | Unidad | Valor | Unidad | Valor | Unidad |
| 0,103 | MPa | 0,207 | MPa | 10 | $\frac{Km}{h}$ | 58,65 | s |
| | MPa | | MPa | | $\frac{Km}{h}$ | 59,32 | s |

| Presión inicial | Presión final | Velocidad | Tiempo | |
|-----------------|---------------|----------------|--------|---|
| MPa | MPa | $\frac{Km}{h}$ | 59,80 | s |

Nota. En la tabla se muestra el tiempo de llenado de los neumáticos en el eje frontal a

$$10 \frac{km}{h}$$

Prueba partiendo desde el 50% de la presión recomendada por el fabricante a

una velocidad de $20 \frac{Km}{h}$.

Tabla 34

Pruebas de llenado en eje frontal a $20 \frac{km}{h}$

| Presión inicial | | Presión final | | Velocidad | | Tiempo | |
|-----------------|--------|---------------|--------|-----------|----------------|--------|--------|
| Valor | Unidad | Valor | Unidad | Valor | Unidad | Valor | Unidad |
| | MPa | | MPa | | $\frac{Km}{h}$ | 57,98 | s |
| 0,103 | | 0,207 | | 20 | $\frac{Km}{h}$ | 60,78 | s |
| | MPa | | MPa | | $\frac{Km}{h}$ | 59,20 | s |

Nota. En la tabla se muestra el tiempo de llenado de los neumáticos en el eje frontal a

$$20 \frac{km}{h}$$

Prueba partiendo desde el 50% de la presión recomendada por el fabricante a

una velocidad de $30 \frac{Km}{h}$.

Tabla 35

Pruebas de llenado en eje frontal a $30 \frac{km}{h}$

| Presión inicial | | Presión final | | Velocidad | | Tiempo | |
|-----------------|--------|---------------|--------|-----------|----------------|--------|--------|
| Valor | Unidad | Valor | Unidad | Valor | Unidad | Valor | Unidad |
| | MPa | | MPa | | $\frac{Km}{h}$ | 60,23 | s |
| 0,103 | | 0,207 | | 30 | $\frac{Km}{h}$ | 58,45 | s |

| Presión inicial | Presión final | Velocidad | Tiempo |
|-----------------|---------------|----------------|---------|
| MPa | MPa | $\frac{Km}{h}$ | 60,33 s |

Nota. En la tabla se muestra el tiempo de llenado de los neumáticos en el eje frontal a

$$30 \frac{km}{h}$$

4.8.2. Eje posterior

Prueba partiendo desde el 50% de la presión recomendada por el fabricante a una velocidad de $10 \frac{Km}{h}$.

Tabla 36

Pruebas de llenado en eje posterior a $10 \frac{km}{h}$

| Presión inicial | | Presión final | | Velocidad | | Tiempo | |
|-----------------|--------|---------------|--------|-----------|----------------|--------|--------|
| Valor | Unidad | Valor | Unidad | Valor | Unidad | Valor | Unidad |
| 0,103 | MPa | 0,207 | MPa | 10 | $\frac{Km}{h}$ | 58,60 | s |
| | MPa | | MPa | | $\frac{Km}{h}$ | 57,75 | s |
| | MPa | | MPa | | $\frac{Km}{h}$ | 56,41 | s |

Nota. En la tabla se muestra el tiempo de llenado de los neumáticos en el eje posterior a 10 km/h

Prueba partiendo desde el 50% de la presión recomendada por el fabricante a una velocidad de $20 \frac{Km}{h}$

Tabla 37

Pruebas de llenado en eje posterior a $20 \frac{km}{h}$

| Presión inicial | | Presión final | | Velocidad | | Tiempo | |
|-----------------|--------|---------------|--------|-----------|----------------|--------|--------|
| Valor | Unidad | Valor | Unidad | Valor | Unidad | Valor | Unidad |
| 0,103 | MPa | 0,207 | MPa | 20 | $\frac{Km}{h}$ | 59,54 | s |
| | MPa | | MPa | | $\frac{Km}{h}$ | 58,99 | s |

| Presión inicial | Presión final | Velocidad | Tiempo |
|-----------------|---------------|----------------|---------|
| MPa | MPa | $\frac{Km}{h}$ | 58,82 s |

Nota. En la tabla se muestra el tiempo de llenado de los neumáticos en el eje posterior a

$$20 \frac{km}{h}$$

Prueba partiendo desde el 50% de la presión recomendada por el fabricante a

una velocidad de $30 \frac{Km}{h}$

Tabla 38

Pruebas de llenado en eje posterior a $30 \frac{Km}{h}$

| Presión inicial | | Presión final | | Velocidad | | Tiempo | |
|-----------------|--------|---------------|--------|-----------|----------------|--------|--------|
| Valor | Unidad | Valor | Unidad | Valor | Unidad | Valor | Unidad |
| 0,103 | MPa | 0,207 | MPa | 30 | $\frac{Km}{h}$ | 60,50 | s |
| | MPa | | MPa | | $\frac{Km}{h}$ | 61,84 | s |
| | MPa | | MPa | | $\frac{Km}{h}$ | 59,75 | s |

Nota. En la tabla se muestra el tiempo de llenado de los neumáticos en el eje posterior a

30 km/h

Tabla 39

Comparación tiempo de llenado eje frontal

| Presión inicial | | Presión final | | Velocidad | | Tiempo | |
|-----------------|--------|---------------|--------|----------------|----------------|--------|--------|
| Valor | Unidad | Valor | Unidad | Valor promedio | Unidad | Valor | Unidad |
| | MPa | 0,207 | MPa | 10 | $\frac{Km}{h}$ | 58,26 | s |
| 0,1034 | MPa | 0,207 | MPa | 20 | $\frac{Km}{h}$ | 59,06 | s |
| | MPa | 0,207 | MPa | 30 | $\frac{Km}{h}$ | 59,77 | s |

Nota. En la tabla se muestra el tiempo de llenado promedio de los neumáticos en el eje

delantero a diferente velocidad

Tabla 40

Comparación tiempo de llenado eje posterior

| Presión inicial | | Presión final | | Velocidad | | Tiempo | |
|-----------------|--------|---------------|--------|----------------|----------------|--------|--------|
| Valor | Unidad | Valor | Unidad | Valor promedio | Unidad | Valor | Unidad |
| | MPa | 0,207 | MPa | 10 | $\frac{Km}{h}$ | 57,58 | s |
| 0,1034 | MPa | 0,207 | MPa | 20 | $\frac{Km}{h}$ | 59,12 | s |
| | MPa | 0,207 | MPa | 30 | $\frac{Km}{h}$ | 60,69 | s |

Nota. En la tabla se muestra el tiempo de llenado promedio de los neumáticos en el eje posterior a diferente velocidad

4.9. Programas de conducción

Con el propósito de medir el consumo específico de combustible, se realizan pruebas de laboratorio en base a un programa o ciclo de conducción específico, estas pruebas se realizan con la ayuda de un dinamómetro de bastidor y un analizador de gases que cumplan con especificaciones reguladas por instituciones estatales internacionales según la procedencia del protocolo de conducción, para los fines de este trabajo investigativo se analiza únicamente el consumo de combustible durante los programas de conducción.

4.10. Protocolo de conducción UDDS y LA-4

El UDDS o Urban Dynamometer Driving Schedule de sus siglas en inglés también denominado Ciclo FTP-72 y el ciclo LA-4 o ciclo ADR en Australia, son protocolos estadounidenses de conducción del dinamómetro urbano, que simulan circunstancias de conducción de una ciudad, el propósito de estos protocolos es identificar el consumo de combustible después de un arranque en frío del automóvil.

Este protocolo consta de un recorrido de 12,07 km con detenciones frecuentes.

En el que la velocidad alcanza hasta $91,26 \frac{km}{h}$ y la velocidad media alcanza $31,6 \frac{km}{h}$.

Para la presente investigación se tomará en cuenta una velocidad límite de $40 \frac{km}{h}$ y una velocidad media de $15,05 \frac{km}{h}$ debido a las prestaciones mecánicas del vehículo, que están diseñadas para una conducción con tracción en todas las ruedas sobre caminos de segundo y tercer orden. El protocolo se conforma por dos periodos; el primero de 505 segundos en el que recorren $2,55 km$ a $18,20 \frac{km}{h}$ de velocidad promedio que inicia con un arranque en frío mientras que el segundo se recorre $2,74 km$ y dura 867 segundos.

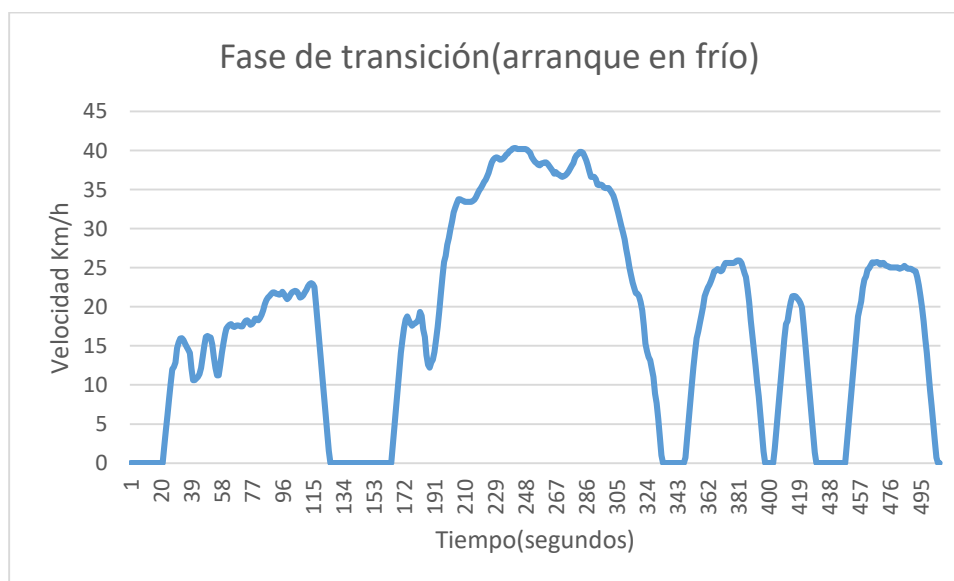
De este protocolo se deriva un ciclo denominado como FTP-75 que incluye una tercera etapa.

4.10.1. Fase de arranque en frío

Período transitorio de arranque en frío que se realiza a temperatura ambiente entre $293^{\circ}K - 303^{\circ}K$ con duración de 0-505 segundos.

Figura 61

Fase 1 Protocolo UDDS y LA-4



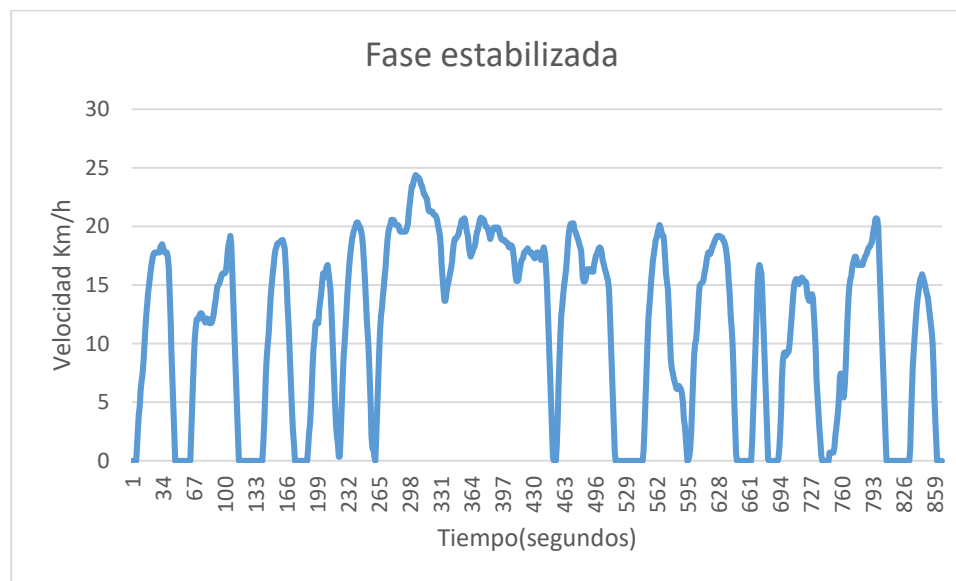
Nota. En la figura se visualiza la fase de transición de arranque en frío durante 505 segundos.

4.10.2. Fase estabilizada

Fase estabilizada de 506-1372 segundos

Figura 62

Fase 2 Protocolo UDDS y LA-4



Nota. En la figura se visualiza la fase estabilizada durante 867 segundos.

4.10.3. Parámetros del protocolo.

Tabla 41

Parámetros obtenidos de los protocolos UDDS y LA-4

| Parámetros del protocolo UDDS - LA-4 | | | | | |
|--------------------------------------|----------------|------------------|---|---------|-----------------|
| Parámetros | Valor | Unidad | Parámetros | Valor | Unidad |
| Tipo de combustible | Gasolina Extra | - | Octanaje | 87 | Octanos |
| Consumo Urbano | 5760 | $\frac{km}{m^3}$ | Temperatura ambiente | 293-303 | °K |
| Presión de neumáticos | 0,207 | MPa | Capacidad Depósito Combustible | 0,039 | m^3 |
| Distancia Total | 5290 | m | Aceleración negativa media | -0,364 | $\frac{m}{s^2}$ |
| Tiempo total | 1372 | s | Desviación estándar de aceleración | 0,567 | $\frac{m}{s^2}$ |

| Parámetros del protocolo UDDS - LA-4 | | | | | |
|--------------------------------------|--------|-----------------|--------------------------------------|-------|-----------------|
| Tiempo de conducción | 1175 | s | Des. Est. De acel. Positiva media | 0,351 | $\frac{m}{s^2}$ |
| Tiempo de conducción acelerado | 512 | s | Aceleración: 75 - 25 Percentil | 0,637 | $\frac{m}{s^2}$ |
| Tiempo de conducción desacelerado | 449 | s | Número de aceleraciones | 44 | - |
| Tiempo de frenado | 214 | s | Aceleraciones por kilómetro | 4 | Km |
| Tiempo de descanso | 197 | s | Número de paradas | 16 | - |
| % de tiempo conducido | 85,641 | % | Paradas por kilómetro | 3,02 | /Km |
| % de cruce | 22,212 | % | Duración media de parada | 12,5 | s |
| % de tiempo acelerado | 37,318 | % | Distancia media entre paradas | 399 | m |
| % de tiempo desacelerando | 32,726 | % | Aceleración positiva relativa | 0,023 | $\frac{m}{s^2}$ |
| % de tiempo de frenado | 15,598 | % | Energía cinética positiva | 1,906 | $\frac{m}{s^2}$ |
| % de tiempo de descanso | 14,359 | % | Velocidad positiva relativa | 0,301 | $\frac{m}{s}$ |
| Velocidad media (viaje) | 18,2 | $\frac{km}{h}$ | Velocidad real relativa | 0,361 | $\frac{m}{s}$ |
| Velocidad de conducción media | 16 | $\frac{km}{h}$ | Velocidad cuadrada relativa | 6 | $\frac{m}{s}$ |
| Desviación estándar de la velocidad | 9,28 | $\frac{km}{h}$ | Velocidad positiva cuadrada relativa | 2,81 | $\frac{m}{s}$ |
| Velocidad: 75 - 25 percentil | 15,5 | $\frac{km}{h}$ | Velocidad real cuadrada relativa | 4 | $\frac{m}{s}$ |
| Velocidad máxima | 40 | $\frac{km}{h}$ | Velocidad cúbica relativa | 96,25 | $\frac{m}{s}$ |
| Aceleración media | 0 | $\frac{m}{s^2}$ | Velocidad positiva cúbica relativa | 44,32 | $\frac{m}{s^2}$ |
| Aceleración positiva media | 0,364 | $\frac{m}{s^2}$ | Velocidad real cúbica relativa | 79 | $\frac{m}{s^2}$ |

Nota. En la tabla se visualiza los parámetros obtenidos durante los protocolos UDDS y LA-4.

4.11. Ciclo de ensayo FTP-75

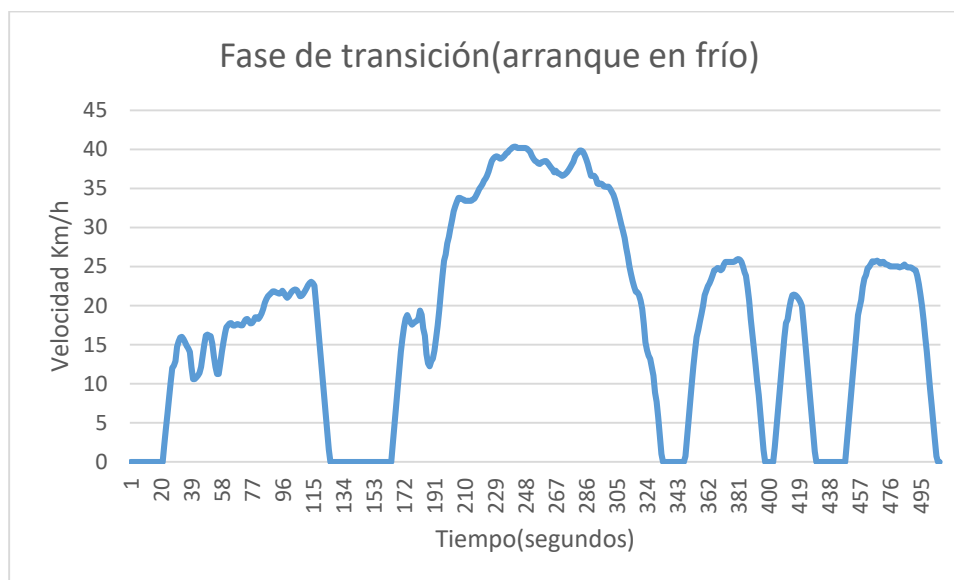
El ciclo de ensayo FTP-75 está conformado por las primeras 2 etapas del ciclo UDDS en el que se adiciona una tercera etapa de 505 segundos en los que se incluye el período de arranque en caliente teniendo una duración de 1877 segundos en el que se recorren 17,8 Km. Este ciclo se utiliza para comprobar el consumo específico de combustible y las emisiones de contaminantes que se envían a la atmosfera en una conducción citadina. La tercera fase empieza después de que se ha detenido el motor por 10 minutos. El ciclo consiste de los siguientes segmentos:

4.11.1. Fase de transición

Período transitorio de arranque en frío que se realiza a temperatura ambiente entre $293^{\circ}K$ – $303^{\circ}K$ con duración de 0-505 segundos

Figura 64

Fase 1 Ciclo FTP-75



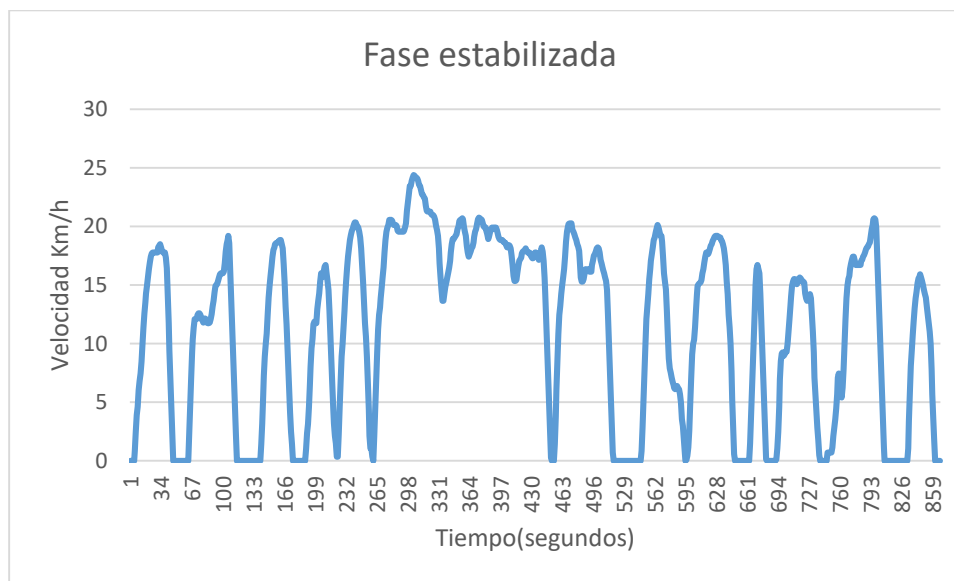
Nota. En la figura se visualiza la fase de transición de arranque en frío durante 505 segundos.

4.11.2. Fase estabilizada

Fase estabilizada con duración de 506-1372 segundos

Figura 64

Fase 2 Ciclo FTP-75



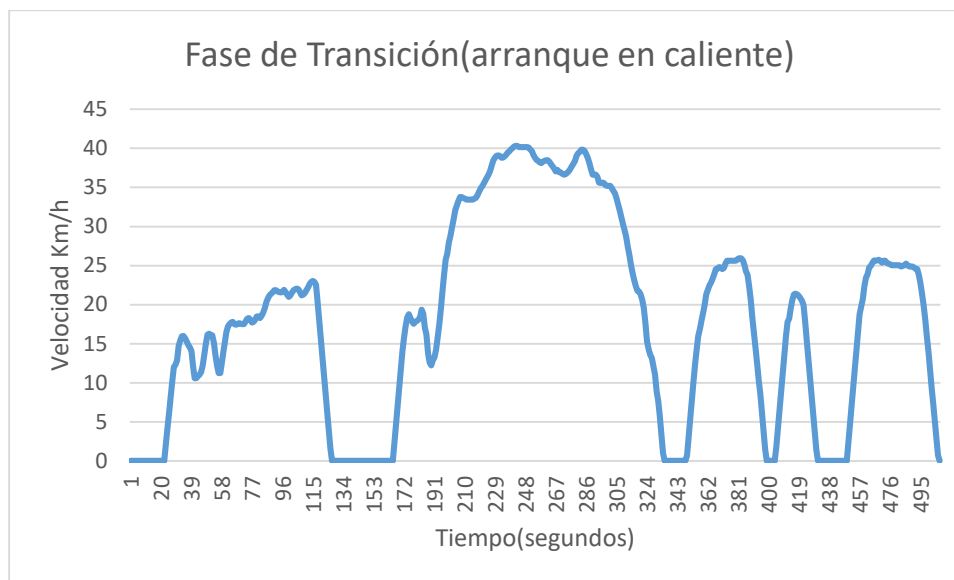
Nota. En la figura se visualiza la fase estabilizada durante 867 segundos.

4.11.3. Fase en caliente

Conformada por una etapa de transición en caliente de mínimo 540 segundos, máximo 660 segundos a la que se le adiciona una etapa estabilizada en caliente de 505 segundos.

Figura 65

Fase 3 Ciclo FTP-75



Nota. En la figura se visualiza la fase de transición de arranque en caliente durante los últimos 505 segundos del ciclo.

4.11.4. Parámetros del ciclo

Tabla 42

Parámetros obtenidos del ciclo FTP-75

| Parámetros del protocolo FTP-75 | | | | | |
|---------------------------------|----------------|------------------|---|---------|-----------------|
| Parámetros | Valor | Unidad | Parámetros | Valor | Unidad |
| Tipo de combustible | Gasolina Extra | - | Octanaje | 87 | Octanos |
| Consumo Urbano | 5760 | $\frac{km}{m^3}$ | Temperatura ambiente | 293-303 | °K |
| Presión de neumáticos | 0,2068 | MPa | Capacidad Depósito Combustible | 0,03975 | m^3 |
| Distancia Total | 7840 | m | Aceleración negativa media | -0,246 | $\frac{m}{s^2}$ |
| Tiempo total | 1877 | s | Desviación estándar de aceleración | 0,471 | $\frac{m}{s^2}$ |

| | | | | | |
|--|--------|-----------------|---|------------|-----------------|
| Tiempo de conducción | 1607 | s | Des. Est. De acel. Positiva media | 0,255 | $\frac{m}{s^2}$ |
| Tiempo de conducción acelerado | 700 | s | Aceleración: 75 - 25 Percentil | 0,176 | $\frac{m}{s^2}$ |
| Tiempo de conducción desacelerado | 614 | s | Número de aceleraciones | 66 | - |
| Tiempo de frenado | 293 | s | Aceleraciones por kilómetro | 6 | Km |
| Tiempo de descanso | 269 | s | Número de paradas | 23 | - |
| % de tiempo conducido | 85,615 | % | Paradas por kilómetro | 3,7 | /Km |
| % de cruceo | 20,497 | % | Duración media de parada | 10,5 | s |
| % de tiempo acelerado | 37,294 | % | Distancia media entre paradas | 448 | m |
| % de tiempo desacelerando | 32,712 | % | Aceleración positiva relativa | 0,016 | $\frac{m}{s^2}$ |
| % de tiempo de frenado | 15,610 | % | Energía cinética positiva | 2,206 | $\frac{m}{s^2}$ |
| % de tiempo de descanso | 14,331 | % | Velocidad positiva relativa | 0,341 | $\frac{m}{s}$ |
| Velocidad media (viaje) | 34 | $\frac{km}{h}$ | Velocidad real relativa | 0,391 | $\frac{m}{s}$ |
| Velocidad de conducción media | 18 | $\frac{km}{h}$ | Velocidad cuadrada relativa | 6 | $\frac{m}{s}$ |
| Desviación estándar de la velocidad | 11,47 | $\frac{km}{h}$ | Velocidad positiva cuadrada relativa | 3,21 | $\frac{m}{s}$ |
| Velocidad: 75 - 25 percentil | 15,5 | $\frac{km}{h}$ | Velocidad real cuadrada relativa | 4,43 | $\frac{m}{s}$ |
| Velocidad máxima | 40 | $\frac{km}{h}$ | Velocidad cúbica relativa | 96,25 | $\frac{m}{s^2}$ |
| Aceleración media | 0 | $\frac{m}{s^2}$ | Velocidad positiva cúbica relativa | 53,23 | $\frac{m}{s^2}$ |
| Aceleración positiva media | 0,246 | $\frac{m}{s^2}$ | Velocidad real cúbica relativa | 100,9 8 | $\frac{m}{s^2}$ |

Nota. En la tabla se visualiza los parámetros obtenidos durante el ciclo FTP-75

4.12. Comprobación de fugas

Para la comprobación de fugas en el sistema de autoinflado se recurre a los siguientes métodos, el primero consiste en verificar de forma auditiva la fuga de aire en

las uniones neumáticas del sistema (depósito, cañerías, válvulas, manómetros), el segundo método consiste en verificar la estanqueidad de las uniones mediante un líquido detergente que permita la identificación de fugas.

Figura 66

Comprobación de Fugas



Nota. En la figura se comprueba que no existen fugas dentro del sistema neumático de autoinflado

4.13. Parámetros de funcionamiento

El sistema eléctrico funciona con una fuente de almacenamiento de energía de 12 V continuos que es la batería del vehículo la misma que alimenta al inversor de tensión de 2000 Watts que proporciona una tensión de salida de 110 V alternos.

Este voltaje se suministra al compresor que se enciende y genera aire presurizado con un caudal de $40 \frac{Lt}{min}$, en el bloque compresor se debe regular la presión que ingresa al depósito mediante el manómetro en el presostato colocando 30 Psi, esta presión se distribuye a través de los conductos neumáticos hasta llegar al panel de control, en el cual establece una presión máxima de entrada de 30 Psi. El panel de control requiere de una alimentación de voltaje de 12 V para activar luz indicadora y la alarma que se encenderán cuando la presión sea menor a la establecida.

4.14. Normativas

Con el propósito de prevenir accidentes y peligros para la integridad física y la salud, la construcción del sistema de autoinflado cumple con normativa técnica ecuatoriana NTE INEN 439 y 441, las que se aplican para la identificación de posibles fuentes de peligro facilitando de esta manera el reconocimiento de ambientes inseguros para resguardar la seguridad (INEN, 2010).

4.14.1. Color de seguridad

Es un color con propiedades colorimétricas específicas, que tiene un aporte particular en cuanto a la seguridad.

Para la selección del color se determinó el color amarillo, el cual tiene un significado de atención, peligro o advertencia que se utiliza para indicaciones de peligros tales como fuego, explosión, shock eléctrico, intoxicación, entre otros (INEN, 2010).

4.14.2. Color de contraste

Para una mejor visualización de la señal de seguridad se utiliza uno de los colores neutrales, blanco o negro como color de contraste, se debe seleccionar estos colores según se indica en la tabla dos de la normativa INEN 439 (INEN, 2010).

Se seleccionó el color negro como color de contraste para el color amarillo que se escogió como color de seguridad para la señal de seguridad.

4.14.3. Señal de seguridad

Transmite un mensaje de seguridad específico y se la obtiene combinando una forma geométrica, un color y un símbolo de seguridad, en el interior puede incluir palabras, números o letras. La señal de seguridad seleccionada tiene una franja triangular negra con un fondo amarillo en el interior.

4.14.4. Símbolos de seguridad

Son símbolos o imágenes gráficas utilizadas en una señal de seguridad. Para la selección de símbolos de seguridad se tomó en cuenta el símbolo de riesgo de explosión y riesgo de shock eléctrico.

4.14.5. Luminancia

Es la relación de la intensidad luminosa vista desde un punto determinado y el área de proyección de la superficie que lo contiene, se determina mediante los puntos x , y y de las áreas de color permitidas y los coeficientes específicos mínimos de intensidad luminosa para materiales retroreflectivos (INEN, 2010).

4.14.6. Marcado del contenido

Se debe colocar una marca en el cilindro con información respecto a la fórmula química del gas que contiene y el nombre dicho gas. Se debe mantener un tamaño de letras y símbolos acorde al tamaño del cilindro y no debe ser menor a 7 *mm* de altura. Se debe utilizar un color que contraste con el color del cilindro para la identificación (INEN, 2010).

4.14.7. Marcas adicionales

Se debe identificar claramente en el cilindro el nombre del fabricante, envasador o distribuidor, también la cantidad envasada, presión máxima de llenado (INEN, 2010).

4.14.8. Responsabilidad de mercado

Comprende al productor, al que envasa o al que distribuye el gas. La señal para identificar el cilindro es perteneciente al elemento equivalente, acorde a las indicaciones establecidas para cada gas (INEN, 2010).

Capítulo V

5. Análisis de resultados del sistema de control de presión de autoinflado

Para el análisis de resultados se verificó el funcionamiento del sistema y se realizó un análisis tanto en el funcionamiento eléctrico como neumático, además se estableció un análisis en base a ensayos sobre el consumo de combustible y su relación con la presión de inflado de los neumáticos.

5.1. Análisis de funcionamiento de gestión eléctrica

Se tomó en cuenta parámetros eléctricos que requieren los componentes que conforman la gestión eléctrica para el funcionamiento del bloque compresor y la generación de aire presurizado.

5.1.1. Voltaje de alimentación

Representa la tensión que suministra la batería del vehículo para que el inversor funcione de manera correcta. El estándar de la batería Bosch S4 de 65 Ah que se utiliza en el sistema de autoinflado corresponde a 12 V nominales.

5.1.2. Voltaje de masa

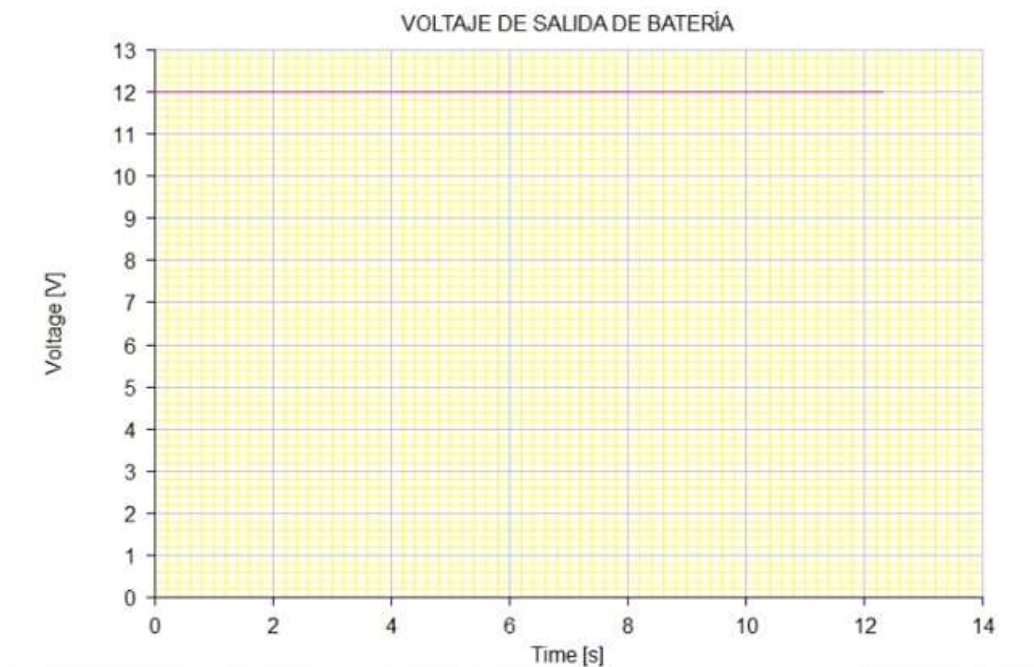
Este valor de tensión se mide entre masa y masa con un valor ideal de 0 V y un valor máximo de 30 mV a 80 mV.

5.1.3. Señal de entrada al inversor

Desde la batería se almacena un flujo continuo de corriente eléctrica de 12 V que se envía al inversor de tensión.

Figura 67

Señal de entrada al inversor



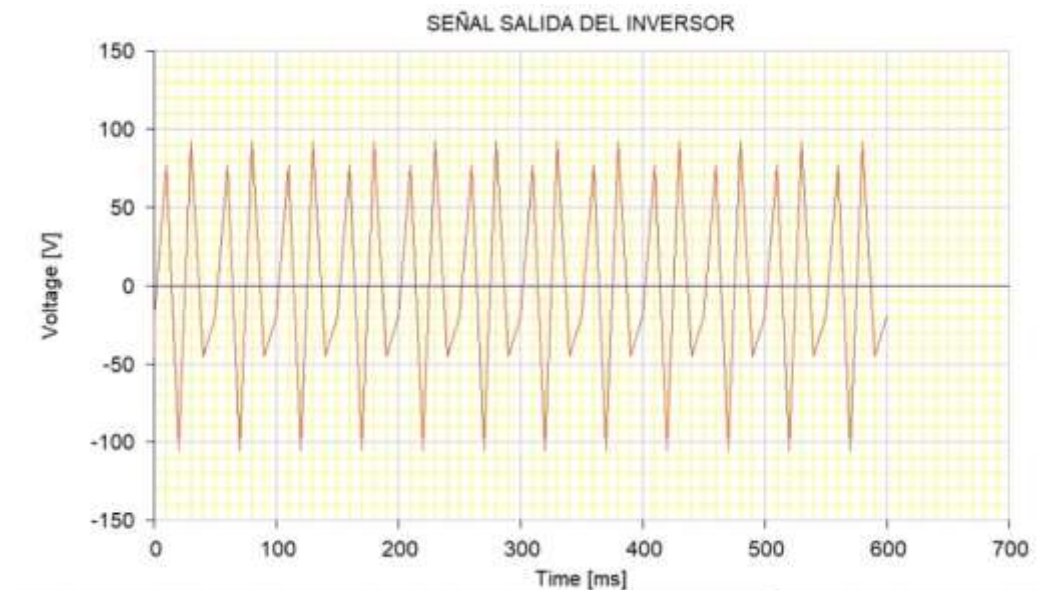
Nota. En la figura se visualiza el voltaje de entrada proporcionado por la batería hacia el inversor de tensión.

5.1.4. Señal de salida del inversor

El inversor de tensión tiene como objetivo convertir el voltaje de entrada desde la batería de 12 Vdc a un voltaje de salida de corriente alterna de 120 Vac a 60 Hz para el funcionamiento del compresor.

Figura 68

Señal de salida al inversor

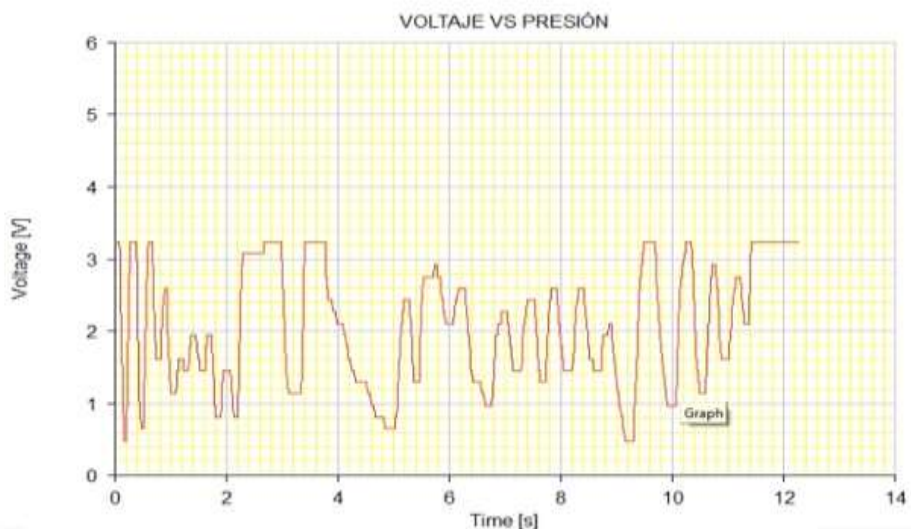


Nota. En la figura se visualiza el voltaje de salida proporcionado por el inversor de tensión.

Se analizó la variación de presión en el sensor TPMS obteniendo variaciones de voltaje en un tiempo de 12 segundos.

Figura 69

Señal analógica sensor TPMS



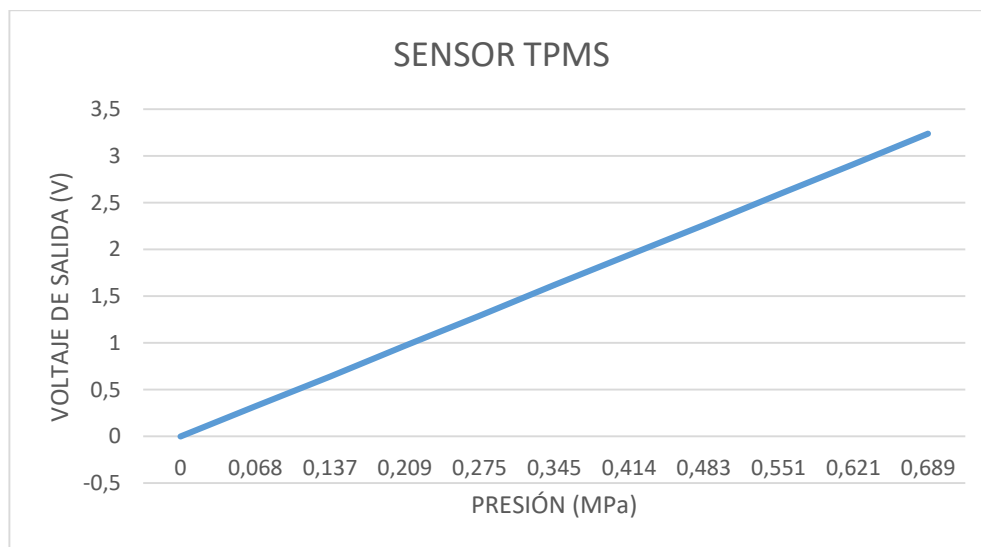
Nota. En la figura se visualiza la señal analógica emitida por el sensor TPMS

Tabla 43

Valores de operación del sensor TPMS

| Sensor TPMS | | | |
|--------------------|--------|------------|--------|
| Presión | | Voltaje | |
| Valor | Unidad | Valor | Unidad |
| 0 | MPa | 0,00003249 | V |
| 0,068 | MPa | 0,32 | V |
| 0,137 | MPa | 0,64 | V |
| 0,209 | MPa | 0,97 | V |
| 0,275 | MPa | 1,29 | V |
| 0,345 | MPa | 1,62 | V |
| 0,414 | MPa | 1,94 | V |
| 0,483 | MPa | 2,26 | V |
| 0,551 | MPa | 2,59 | V |
| 0,621 | MPa | 2,91 | V |
| 0,689 | MPa | 3,24 | V |

Nota. En la tabla se detalla los valores de operación del sensor TPMS con una variación de 0,068 MPa durante su rango de operación.

Figura 70*Valores de operación*

Nota. En la figura se detalla los valores de operación del sensor TPMS con una variación de 0,068 MPa, durante el rango de operación

5.2. Análisis de operación del sistema neumático

El análisis de funcionamiento de subsistemas comprende lo siguiente:

5.2.1. Carga de aire presurizado

Para que exista una carga de aire generado por el bloque compresor se debe suministrar 110 V de corriente alterna, para lo cual se debe encender el vehículo y accionar el inversor de tensión, lo que proporciona una tensión constante en el tiempo que permita la carga de aire en el depósito de aire. Para una carga optima de aire se recomienda alcanzar los 0,2068 MPa en el manómetro del presostato, verificando que la llave de salida hacia el panel de control está abierta.

Una vez alcanzada la presión establecida el bloque compresor detendrá su funcionamiento, una vez que la cantidad de aire acumulada disminuya de la presión establecida se iniciará la carga de aire nuevamente.

5.2.2. Control de ingreso de aire presurizado

La operación del panel de control de aire presurizado hacia los ejes frontal y posterior se realiza mediante dos manómetros, el manómetro izquierdo refleja la presión del eje frontal y el manómetro derecho refleja la presión en el eje posterior. Para cada eje se dispone de una válvula de control manual mediante vástago, ubicado en el centro del panel que al ser extraído o presionado hasta completar el recorrido permite o limita el ingreso de aire hacia los neumáticos respectivamente, a su vez cuando se mantiene el vástago hasta la mitad del recorrido desactiva la visualización de presión en los ejes, así también la alarma sonora y visual en caso de tener una presión menor a la óptima.

5.3. Análisis de pruebas de fugas

Una vez que se ha determinado que no existen fugas tanto en funcionamiento estático como dinámico se debe tomar en cuenta que, si existe una disminución de presión de un neumático, el sistema se activará de forma automática y abastecerá la presión suficiente hasta que se pueda reparar o reemplazar dicho neumático, también se debe realizar una inspección de los conductos neumáticos para asegurar la estanqueidad del sistema.

Para retirar el neumático se debe considerar las conexiones de los conductos neumáticos, que serán manipuladas con precaución para reducir la posibilidad de que se generen fugas.

En el proceso de desmontaje del sistema de la rueda se debe desajustar la brida de acople de la rueda y el conducto de la válvula cinemática hacia la válvula de aire del neumático, sin interferir en otras conexiones que incrementan la posibilidad de causar fugas.

5.3.1. Análisis de resultados protocolo de conducción UDDS y LA-4

En la tabla se visualizan los parámetros de los protocolos de conducción UDDS y LA-4 en la cual se representa una conducción urbana con un recorrido total de 5,29

km en un tiempo de 1372 segundos, además se incluyen parámetros como velocidad máxima de $40 \frac{km}{h}$, aceleración y tiempo de parada obtenidos durante el desarrollo del protocolo, para la realización de los protocolos se abastece el depósito de combustible de $0,03975 m^3$ con combustible extra de 87 octanos, para el análisis de consumo de combustible se realizó una medición de nivel extrayendo la cantidad de fluido restante dentro del depósito una vez culminadas las pruebas, dando como resultado un consumo neto de combustible igual a $0,000917 m^3$.

En la fase de transición con un recorrido de $2,55 km$ se obtuvo un consumo de $0,00044 m^3$, mientras que en la fase estabilizada con un recorrido de $2,74 km$ se obtuvo un consumo de $0,00047 m^3$.

Figura 71

Ejecución protocolo de conducción UDDS y LA-4



Nota. En la figura se visualiza el desarrollo del protocolo de conducción UDDS y LA-4

5.3.2. Análisis de resultados Ciclo de ensayo FTP-75

En la tabla se visualizan los parámetros del ciclo de conducción FTP-75 en el cual se representa una conducción urbana con un recorrido total de $7,84 km$ en un tiempo de 1877 segundos, además se incluyen parámetros como velocidad máxima de $40 km/h$, aceleración y tiempo de parada obtenidos durante el desarrollo del protocolo,

para la realización de los protocolos se abastece el depósito de combustible de $0,03975 m^3$ con combustible extra de 87 octanos, para el análisis de consumo de combustible se realizó una medición de nivel extrayendo la cantidad de fluido restante dentro del depósito una vez culminadas las pruebas, dando como resultado un consumo neto de combustible igual a $0,00136 m^3$.

En la fase de transición con un recorrido de $2,55 km$ se obtuvo un consumo de $0,00044 m^3$, mientras que en la fase estabilizada con un recorrido de $2,74 km$ se obtuvo un consumo de $0,00047 m^3$, antes de iniciar la tercera fase o fase de arranque en caliente se debe apagar el motor durante 10 minutos antes de iniciar el ciclo, este tiempo no se incluye en el tiempo de conducción, en esta fase se obtuvo un consumo de combustible de $0,00036 m^3$.

Figura 72

Ejecución ciclo de ensayo FTP-75



Nota. En la figura se visualiza el desarrollo del ciclo de ensayo FTP-75

5.4. Análisis de Comportamiento Estático y Dinámico

5.4.1. Comparación de resultados programas de conducción UDDS, LA-4, FTP-75

Tabla 44

Comparación de parámetros obtenidos

| Programas de conducción Urbana | | | | |
|-----------------------------------|-------|-------|--------|----------------|
| Parámetro | UDDS | LA-4 | FTP-75 | Unidad |
| Octanaje | 87 | 87 | 87 | Octanos |
| Consumo Total | 0,91 | 0,91 | 1,36 | Lt |
| Distancia recorrida | 5290 | 5290 | 7840 | m |
| Tiempo | 1372 | 1372 | 1877 | s |
| Tiempo de conducción acelerado | 512 | 512 | 700 | s |
| Tiempo de conducción desacelerado | 549 | 549 | 614 | s |
| Tiempo de descanso | 197 | 197 | 269 | s |
| Velocidad de conducción media | 16,21 | 16,21 | 17,56 | $\frac{Km}{h}$ |
| Velocidad máxima | 40 | 40 | 40 | $\frac{Km}{h}$ |

Nota. En la tabla se visualiza los parámetros obtenidos durante las pruebas realizadas

Para los protocolos de conducción se utilizó combustible extra de 87 octanos en todas las etapas de pruebas, se obtuvo un mayor consumo de combustible en la prueba FTP-75 con un volumen de $0,00136 m^3$ a diferencia de las pruebas UDDS y LA-4 con un consumo menor de $0,00091 m^3$, se recorrió una distancia de $7840 m$ en $1877 s$ con una velocidad de conducción media de $16,21 \frac{km}{h}$ en la prueba FTP-75, mientras que en los protocolos UDDS y LA-4 se recorrió una distancia menor de $5290 m$ en $1372 s$ con una velocidad de conducción media de $17,56 \frac{km}{h}$ debido a que la distancia recorrida en la FTP-75 es superior a la de los protocolos UDDS y LA-4 se obtuvo un mayor tiempo de conducción tanto en aceleración como desaceleración y descanso. La velocidad máxima alcanzada en las pruebas fue de $40 \frac{km}{h}$ debido a las prestaciones del vehículo.

Capítulo VI

6. Marco Administrativo

En este capítulo se hace referencia a los recursos utilizados para la creación de este trabajo de investigación, en el que se destacan recursos materiales, humanos, financieros, tecnológicos; así también se puntualizan las conclusiones y recomendaciones a las que se llegó a través de las pruebas realizadas en este proyecto de investigación titulado: Implementación de un sistema de monitoreo y autoinflado de neumáticos del vehículo Jeep Willys CJ3A.

6.1. Factibilidad

En la elaboración de este proyecto de investigación se consideró el uso eficiente al igual que la disponibilidad los recursos a utilizarse, entre los que están recursos humanos, tecnológicos, económicos y materiales que facilitaron llegar a las conclusiones del proyecto.

6.1.1. Recursos Materiales

Los recursos materiales los cuales fueron utilizados para la investigación se detallan en la tabla 45.

Tabla 45

Recursos materiales

| Cantidad | Descripción |
|-----------------|--|
| 1 | Batería 12 V Bosch S4 |
| 1 | Cañería 3/8 con acoples |
| 1 | Cañería 1/4 con acoples |
| 1 | Adaptador 3/8 a 1/4 |
| 1 | Inversor de Tensión 4000 W |
| 2 | Cables de alimentación 12 V |
| 1 | Compresor ¾ HP |
| 1 | Depósito de aire |
| 1 | Sistema de calibración de alimentación de aire |
| 4 | Neumáticos 235/75 R15 |
| 4 | Aros de aleación de magnesio |

| Cantidad | Descripción |
|----------|---------------------------------|
| 1 | Cañería neumática 5/16 pulgadas |

Nota. En la tabla se observa los recursos materiales para la adaptación del sistema de autoinflado de neumáticos.

6.1.2. Recursos Humanos

En la tabla 46 se puntualiza el talento humano que contribuyó ideas para la preparación del proyecto de investigación.

Tabla 46

Recursos humanos

| Orden | Nombre | Función |
|-------|----------------------|--|
| 1 | Socasi Saúl | Investigador |
| 2 | Villacís David | Investigador |
| 3 | | Director del proyecto de investigación |
| 4 | Ing. Leonidas Quiroz | Colaborador científico |

Nota. En la tabla se observa el talento humano que apporto para la realización del proyecto de investigación.

6.1.3. Recursos Financieros

El financiamiento usado por los investigadores para la realización del proyecto de investigación fue de \$1758,00 que se detalla en la tabla 47 y tabla 48.

Tabla 47

Costos recursos materiales

| Orden | Descripción | Costo Unitario | Cantidad | Total |
|-------|-------------------------|----------------|----------|--------|
| 1 | Batería 12 V Bosch S4 | 140,00 | 1 | 140,00 |
| 2 | Cañería 3/8 con acoples | 15/mt | 1 | 15,00 |
| 3 | Cañería 1/4 con acoples | 17/mt | 1 | 17,00 |
| 4 | Adaptador 3/8 a 1/4 | 5,00 | 1 | 5,00 |

| Orden | Descripción | Costo Unitario | Cantidad | Total |
|--------------|--|----------------|----------|----------------|
| 5 | Inversor de Tensión 4000 W | 399,00 | 1 | 399,00 |
| 6 | Cables de alimentación 12 V | 11/mt | 3 | 33,00 |
| 7 | Compresor ¾ HP | 299,00 | 1 | 299,00 |
| 8 | Sistema de calibración de alimentación de aire | 850,00 | 1 | 850,00 |
| Total | | | | 1758,00 |

Nota. En la tabla se describen a detalle los costos de los componentes usados para la realización del proyecto de investigación.

Durante el desarrollo de la investigación se dieron gastos imprevistos que se sumaron a valor total del presupuesto como se muestran en la tabla 48.

Tabla 48

Costos imprevistos

| Orden | Descripción | Costo Unitario | Cantidad | Total |
|--------------|---|----------------|----------|--------------|
| 1 | Combustible para pruebas estáticas, dinámicas y protocolo de conducción | 2,55 | 15 | 38,25 |
| Total | | | | 38,25 |

Nota. En la tabla se visualiza los gastos imprevistos que se adicionaron al presupuesto del proyecto.

Tabla 49

Costo neto del proyecto

| Orden | Detalle | Costo |
|--------------|---------------------------|----------------|
| 1 | Costo recursos materiales | 1758,00 |
| 2 | Costos imprevistos | 38,25 |
| Total | | 1796,25 |

Nota. La tabla refleja el costo total de la implementación del sistema de monitoreo y autoinflado de neumáticos

6.1.4. Recursos Tecnológicos

Los recursos tecnológicos permitieron tabular los datos para analizar los resultados del proyecto realizado que se describen en la Tabla 50.

Tabla 50

Recursos tecnológicos

| Software | Descripción |
|---------------------------------------|---|
| Simulador de circuitos | Software para el desarrollo de circuitos electrónicos |
| Simulador de fluidos | Software para la simulación de circuitos neumáticos |
| Modelado 3D | Software para modelado |
| Simulador de protocolos de conducción | Software que trabaja en conjunto con dinamómetro |
| Paquete de Office | Programa para desarrollar documentos de escritura y cálculo |
| Equipos | Descripción |
| Multímetro | Equipo para verificar continuidad en los circuitos y voltajes. |
| Contador de RPM | Equipo para verificar las revoluciones y temperatura del motor en tiempo real |
| Suelda eléctrica | Equipo utilizado para soldar el depósito de aire |

Nota. En la tabla se detallan los recursos tecnológicos utilizados para el desarrollo del proyecto.

Conclusiones

- Se identificó mediante las pruebas en funcionamiento estático y dinámico del sistema neumático que existe una variación del 1% al 3% en el tiempo de llenado de aire en el eje frontal y posterior al estar en movimiento a una velocidad de $10 \frac{km}{h}$, $20 \frac{km}{h}$, $30 \frac{km}{h}$ en relación al inflado en dos neumáticos con el vehículo detenido.
- Se determinó la autonomía del vehículo Jeep Willys CJ3A a partir del programa de conducción con dinamómetro urbano UDDS y LA-4 con un consumo estimado de $0,000917 m^3$ y con el test federal FTP-75 para el ciclo de conducción en la ciudad con un consumo estimado de $0,00136 m^3$.
- Se verificó que protocolos UDDS y LA-4 presentan las mismas circunstancias de conducción urbana y constan de dos etapas, una de arranque en frío que dura 505 segundos, seguida de la etapa de estabilización que dura 867 segundos. Se identificó que el ciclo de ensayo FTP-75 está conformado por las etapas de los protocolos UDDS y LA-4, y se adiciona una tercera etapa de arranque en caliente con una duración de 505 segundos que inicia 10 minutos después de que se ha culminado la etapa de estabilización.
- Se garantizó la estabilidad del vehículo manteniendo una presión de inflado óptima mediante la verificación de hermeticidad del circuito neumático, evitando pérdida de maniobrabilidad por fugas para un desempeño correcto en el trayecto del vehículo.
- Se optimizó la seguridad activa del vehículo Jeep Willys CJ3A al implementar el sistema de control y monitoreo de presión y autoinflado con una fiabilidad del 95%.

Recomendaciones

- Se sugiere continuar con el estudio de la implementación de sistemas de calibración de presión neumática en vehículos livianos, utilizando información actualizada y nuevos desarrollos tecnológicos, que posibiliten la evolución de la seguridad activa.
- Para realizar las pruebas estáticas y dinámicas se recomienda tomar al menos cuatro mediciones de tiempo en cada ensayo para disminuir el margen de error al proporcionar el promedio de dichas mediciones.
- Se propone ejecutar un mantenimiento regular para detectar fugas presentes en el sistema implementado y disminuir el riesgo de mal funcionamiento.
- Se sugiere la obtención de parámetros de consumo de combustible y emisiones mediante el seguimiento de protocolos europeos y asiáticos en conducción extraurbana.
- Promover la investigación para futuras implementaciones en vehículos livianos para sistemas de control de presión de neumáticos que permitan el ingreso de aire presurizado con una instalación interna imperceptible a la vista.
- Se plantea la adaptación de un compresor mediante polea al motor del vehículo para el sistema de abastecimiento de aire presurizado en el sistema de calibración de presión en los neumáticos.
- Tomar en cuenta el desplazamiento volumétrico de aire por minuto y la presión máxima proporcionada para la selección de un equipo de suministro de aire presurizado.
- Se sugiere tomar en cuenta las prestaciones de baterías de ciclo profundo para el uso de inversores de tensión en vehículos livianos.

- Se recomienda prestar atención a la carcasa del inversor de tensión, verificando que no exceda una temperatura de 333 °K, prestar atención a la ventilación y a los objetos próximos susceptibles al calentamiento.
- Evitar encender el inversor de tensión cuando el vehículo está apagado, ya que puede acortar la vida útil de la batería, también se recomienda apagar el inversor de tensión antes de apagar el vehículo una vez que ha sido utilizado.

Bibliografía

- Audi. (2011). *Control automático de presión de neumáticos diseño y funcionamiento*.
Berlin: ingolstadt.
- Belflex. (2008). *Manual de instrucciones compresores silenciosos*. Barcelona: granollers
08400.
- Berrio, a. V. (2016). *Estudio técnico mecánico para una empresa de restauración y
personalización de automóviles*. Pereira: universidad tecnológica de pereira.
- Boeler, e. (2005). Verificación de los sensores de presión de neumáticos en el mercado
de automoción. *Dialnet*, 60.
- Burbano jaramillo juan carlos., b. B. (2003). *Control de posición y presión para
manipulador neumático a través de pc*. Poroira: scientia et. Technica.
- Bustamante, b. V. (2020). *Estudio del comportamiento de un corrector de camber y
caster usando elementos finitos para su alineación en un vehículo con
suspensión tipo mcpherson*. Ibarra: facultade de ingenierpia y ciencias aplicadas
carrera de ingeniería en mantenimiento automotriz.
- Campino, c. (2009, p.). *Libro técnico manual neumático marangoni*. Berlin: techincal
book.
- Castro, a. I. (2013). *Análisis del sistema de control de presión de neumáticos tpms en la
marca ford*. Cuenca: escuela de ingenieria en mecánica automotriz.
- Castro, a. I. (2013). *Análisis del sistema de control de presión de neumáticos tpms en la
marca ford*. Cuenca: escuela de ingeniería en mecánica automotriz.
- Condor, n. (2005). Diseño y construcción de un sistema detector de presión y recarga
de neumáticos. Latacunga: repositorio de la univerdidad de las fuerzas armadas
espe.

- Dalmau m., j. L. (2014). *Estudio y caracterización de modos normales en un neumático para vehículos de pasajeros*. Buenos aires: anles afa.
- Diaz, r. F. (2017). *Diseño y construcción de un equipo para el inflado de neumáticos de forma automática y análisis de funcionamiento*. Quito: universidad tecnológica equinoccial, carrera de ingeniería automotriz.
- Fersainz, r. (2020). *La increíble historia del jeep willys*. Barcelona: autobild.es.
- Festo. (15 de junio de 2022). *Fluidsim* . Recuperado el 11 de Junio de 2021, de <https://www.festo-didactic.com/es-es/productos/aprendizaje-digital/fluidsim/fluidsim-6.htm?Fbid=zxmuzxmuntq3lje0lje4lju5ms4xmdmznzc>
- Filiales, i. (19 de junio de 2021). *Amazon.es*. Recuperado el 15 de Junio de 2021, de <https://www.amazon.es/manguera-neum%c3%a1tica-pulgadas-compresor-transferencia/dp/b085mg8yc3>
- Fuentes, v. (2018). *Sin cañón, pero decisivos en el camino hacia la victoria*. Madrid: pasiónm.
- Galindo j., n. B. (2005). *Matemáticas geometría analítica 4*. Zapopán: umbral editorial s.a.
- Gámez, a. C. (2020). *Estudio de la seguridad del protocolo tpms vulnerabilities in the tpms protocol*. Madrid: departamento de arquitectura de computadoras y automática.
- García, I. L. (2015). *Estudio de los sistemas de transportes inteligentes. Implantación a escala mundial*. Valladolid: escuela de ingenierías industriales.
- Gargiulo francisco José., t. R. (2014). *Sistemas de monitoreo de presión y temperatura para neumáticos*. Buenos aires: instituto tecnológico de buenos aires ingeniería electrónica.
- Gonzales c., i. C. (2007). Modelación matemática de la superficie de contacto suelo - neumático. *Ciencias técnicas agropecuarias*, 51.

- González cueto omar., h. S. (2012). Modelo en elementos finitos de la interacción neumático - suelo. *Scielo*, 10.
- González, á. M. (2019). *Sensores en los sistemas de seguridad del automóvil*. Valladolid: escuela de ingenierias industriales.
- Guennam, a. E. (2012). *Cálculo de funciones características de nuemáticos basado en métodos numéricos*. Buenos aires: encalada 3003b1644gpk.
- Iglesias, d. F. (2011). *Redes de sensores inalámbricos autoalimentados*. Córdoba: facultad de ciencias fisicomatemáticas e ingenieria.
- Indie project. (14 de mayo de 2020). *Sistemas de control de presión*. Recuperado el 09 de Mayo de 2021, de <https://indiecontent.upct.es/digital-content/indieauthor/7bd5971a23f44d62848c4f68e0f4f9c3/ccf1c0dbdf0b4d4789e7767d785b532d-o/>
- Inen. (2010). *Identificación de cilindros que contienen gases industriales*. Quito: sg02.
- Inen. (2010). *Señales y símbolos de seguridad*. Quito: sg01.
- Juan vega, s. R. (2014). *Fuentes de energia renovables y no renovables*. México d.f.: macrombo s.a.
- Lauro, p. B. (2015). *Estudio de las condiciones que generan desgaste anormal de los neumaticos radiales para vehiculos pesados que impiden su utilizacion como base para reencauche* . Cuenca: universidad politecnica salesiana .
- Marrón, g. (2003). Potencia o tracción. *Portal informativo*, 4.
- Martinez, a. M. (2015). Parque y centro de mantenimiento de vehículos ruedas n°1 torrejón de ardoz. En m. M. Antonio, *parque y centro de mantenimiento de vehículos ruedas n°1 torrejón de ardoz* (págs. 10 - 17). Madrid: pcmvr.
- Mendoza morán ivan oswaldo., o. U. (2013). *Diseño e implementación de un sistema de control electrónico para una máquina balanceadora geodyna 40/40 para*

neumáticos de 12 a 16 pulgadas. Cuenca: universidad politécnica salesiana sede cuenca carrera de ingeniería electrónica.

Moratalaz, e. (2015). *Electromecánica de vehículos. Suspensión y dirección*. Barcelona: editex.

Mott, r. (2006). *Mecánica de fluidos sexta edición*. México d.f.: pearson educación.

Muerza, a. F. (2019). *Como funcionan los sistemas de control de presión de neumáticos*. Barcelona: signus.

New way concepts. (12 de agosto de 2013). *Livewire editions*. Recuperado el 28 de Julio de 2021, de <https://www.new-wave-concepts.com/pr/livewire.html>

Ochoa j., c. L. (2012). *Diseño, construcción e implementación de un sistema electroneumático para el inflado de los neumáticos para la conducción por personas con capacidades diferentes - parapléjicas*. Cuenca: universidad politécnica salesiana.

Penabad, I. R. (20 de julio de 2018). *Conoce llantas todo terreno*. Mexico d.f.: alias editorial.

Perez, j. M. (2016). *Mecánica automotriz*. Madrid: ediciones paraninfo s.a.

Porta, j. E. (2008). *Efectos de la disminución de la presión de inflado de neumáticos de camiones forestales*. Valdivia: universidad austral de chile facultad de ciencias forestales.

Purcell, e. (2007). *Cálculo novena edición*. Mexico d.f.: pearson educacion.

Rodríguez, p. I. (2018). *Planificación del mantenimiento preventivo para*. Trujillo - Perú: universidad nacional de trujillo.

Salvador, a. G. (1993). *Introducción a la neumática*. Barcelona: marcombo s.a.

Sánchez, r. W. (2016). *Sistema de inflado autonomo de neumaticos por medio de control difuso*. Lima, Perú: universidad ricardo palma.

- Soria, j. E. (2017). *Análisis de vulnerabilidades de la unidad de control electrónico (ecu) de un sistema automotriz a través del puerto obd-ii/can bus*. Ciudad de México: escuela superior de ingeniería mecánica y eléctrica.
- Steren. (09 de agosto de 2020). *Inversor de corriente automotriz de 1000 w*. Recuperado el 10 de Junio de 2021, de <https://descargas.steren.com.mx/inv-1000-instr.pdf>
- Tacoar. (03 de junio de 2019). *Catálogo de productos*. Recuperado el 20 de Mayo de 2021, de <https://tacoar.com.br/calibrador-embarcado-de-pneus/>
- Tacoar. (14 de abril de 2019). *Medidor de neumáticos a bordo*. Recuperado el 20 de Mayo de 2021, de <https://tacoar.com.br/calibrador-embarcado-de-pneus/>
- Tecnoveca. (15 de enero de 2016). *Sistema de auto inflado / auto calibración capanema*. Recuperado el 23 de enero de 2022, de <http://www.tecnoveca.com/sistema-auto-inflado.html>
- Urdiales, a. G. (2012). *Estudio del comportamiento, ventajas y desventajas del uso de nitrógeno para el inflado de los neumáticos en los vehículos del turismo de la ciudad de cuenca*. Cuenca: carrera de ingeniería mecánica automotriz.
- Urdialez, a. G. (2012). *Estudio del comportamiento, beneficios, ventajas y desventajas, del uso de nitrógeno, para el inflado de los neumáticos en los vehículos de turismo de la ciudad de cuenca*. Cuenca: carrera de ingeniería mecánica automotriz.
- Valero s., v. E. (2010). Analysis of the influence of tire pressure and weight on the measure of breaking-slide on a brake taster and on flat ground. *Springer*, 116.
- Vargas, m. (2007). *Neumáticos y ruedas tabla de materias*. México d.f.: j.a. Insurgentes 1582.
- Zabler, e. E. (2000). *Los sensores en el automóvil*. Valencia: robert bosch gmbh.

Zhang, j. (2008). *Sistema de control de la presión de los neumáticos basado en la tecnología de redes inalámbricas de sensores*. Tres gargantas, china: ieee.

Anexos