



Análisis cinemático del sistema de frenos y dirección del vehículo Jeep Willys CJ3A

Loayza Encalada, Bolívar Enrique y Vidal Rivera, David Christian

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. Zambrano León, Víctor Danilo Mgtr.

4 de febrero de 2022

Latacunga



CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “**Análisis cinemático del sistema de frenos y dirección del vehículo Jeep Willys CJ3A.**” fue realizado por los señores **Loayza Encalada Bolívar Enrique y Vidal Rivera David Christian** 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, 4 de febrero de 2022



Firmado electrónicamente por:
**VICTOR DANILO
ZAMBRANO LEON**

.....
Ing. Zambrano León, Víctor Danilo Mgtr.

C. C.: 020174070-1

Reporte de verificación de contenido

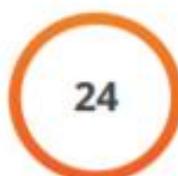


TESIS LOAYZA-VIDAL FRENOS DIRECCION WILLYS.pdf

Scanned on: 2:33 February 10, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	351
Words with Minor Changes	0
Paraphrased Words	344
Ommited Words	3327



Firmado electrónicamente por:
VICTOR DANILO
ZAMBRANO LEON

.....
Ing. Zambrano León, Víctor Danilo Mgtr.

C. C.: 020174070-1



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Nosotros, **Loayza Encalada, Bolívar Enrique**, con cédula de ciudadanía **070615202-2** y **Vidal Rivera David Christian**, con cédula de ciudadanía **040176307-3** declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación **ANÁLISIS CINEMÁTICO DEL SISTEMA DE FRENOS Y DIRECCIÓN DEL VEHÍCULO JEEP WILLYS CJ3A** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo los requisitos teóricos, científicos, metodológicos y legales establecidos en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE respetando los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Latacunga, 4 de febrero de 2022

Firma manuscrita en tinta azul de Bolívar Enrique Loayza Encalada.

Loayza Encalada, Bolívar Enrique

C.C.: 0706152022

Firma manuscrita en tinta azul de David Christian Vidal Rivera.

Vidal Rivera, David Christian

C.C.: 0401763073



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Nosotros, **Loayza Encalada, Bolívar Enrique**, y **Vidal Rivera, David Christian**, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación **ANÁLISIS CINEMÁTICO DEL SISTEMA DE FRENOS Y DIRECCIÓN DEL VEHÍCULO JEEP WILLYS CJ3A** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 4 de febrero de 2022

Una firma manuscrita en tinta azul que parece leer "Bolívar Enrique Loayza Encalada".

Loayza Encalada, Bolívar Enrique

C.C.: 0706152022

Una firma manuscrita en tinta azul que parece leer "David Christian Vidal Rivera".

Vidal Rivera, David Christian

C.C.: 0401763073

Dedicatoria

Dedico el proyecto primeramente a Dios que es quien ha guiado e iluminado mi camino para alcanzar cada uno de mis sueños y metas, a mi familia que son el pilar fundamental que siempre me apoyan en todo lo que me propongo. Y a mí ángel en el cielo que nunca me desampara.

Bolívar

Dedicatoria

Dedico la presente tesis en primer lugar a Dios por haberme permitido tener la fortaleza para afrontar todas las adversidades que se me han presentado a lo largo de mi vida permitiendo cosechar este triunfo profesional, a mi familia, a mis docentes y a todas las personas que han depositado su confianza en mi persona.

David.

Agradecimiento

Agradezco a Dios por brindarme la sabiduría y perseverancia para superar las dificultades que se han ido presentando.

A mis padres por ser el sustento económico y emocional, que me han ayudado a irme formando profesionalmente y como buen ser humano.

A mis familiares y amigos que me han motivado a seguir adelante y cumplir con mis metas.

A mis compañeros y amigos Richard Vega, David Vidal, Jefferson Martínez, Daniel Guamán, por haber compartido grandes experiencias dentro y fuera de la universidad.

A José Navas y Anita Pazmiño, por haberme acogido en su hogar durante toda mi estancia universitaria.

A mis docentes y excelentes personas los Ingenieros Danilo Zambrano y Leonidas Quiroz por todo su contingente brindado en la consecución de este proyecto.

Bolívar

Agradecimiento

Agradezco a Dios por todas las bendiciones que ha derramado en mi camino siendo esta la más significativa en mi vida

A mi madre por haber tenido la fortaleza para enseñarme que la única forma de conseguir las cosas es con responsabilidad y empeño.

A mi hermano por haber sido el ejemplo más claro de integridad y por todo el apoyo que me ha brindado y que me brinda incondicionalmente.

A mi tía Mariana por haber sido la segunda madre que siempre ha estado pendiente de mí y de mi bienestar.

A mi familia que nunca dejo de creer en mí, y especialmente a dos ángeles que desde el cielo me están cuidando mi tío Luis y mi abuelita Laura.

A mis compañeros y amigos Bolívar Loayza y Richard Vega que han sido artífices en el desarrollo de mi carrera.

A los ingenieros Danilo Zambrano y Leonidas Quiroz por su valioso conocimiento guiando el presente proyecto.

David

Tabla de contenidos

Carátula.....	1
Certificación.....	2
Reporte de verificación de contenido	3
Responsabilidad de auditoría.....	4
Autorización de publicación.....	5
Dedicatoria.....	6
Dedicatoria.....	7
Agradecimiento	8
Agradecimiento	9
Índice de contenido.....	10
Índice de tablas	14
Índice de figuras.....	15
Índice de ecuaciones	18
Resumen	20
Abstract.....	21
Marco metodológico de la investigación.....	22
Antecedentes investigativos.....	22
Planteamiento del problema.....	24
Descripción resumida del proyecto.....	26
Justificación e importancia	27
Objetivos	29
<i>Objetivo general</i>	29
<i>Objetivos específicos</i>	29
<i>Metas</i>	29
Hipótesis.....	30
Variables de investigación	30
<i>Variable independiente</i>	30
<i>Variable dependiente:</i>	30
Operacionalización de variables.....	31

<i>Variable independiente</i>	31
<i>Variable dependiente</i>	32
Marco teórico	33
Vehículo Jeep Willys CJ-3A	33
<i>Características generales</i>	33
<i>Datos técnicos del vehículo</i>	34
Sistemas automotrices	35
Sistema de frenos	35
<i>Definición</i>	35
<i>Tipología</i>	35
<i>Sistema de frenos de disco</i>	36
<i>Sistema de frenos de tambor</i>	36
<i>Componentes del sistema de frenos</i>	36
<i>Freno de tambor</i>	39
Sistema de dirección	42
<i>Definición</i>	42
<i>Tipología</i>	46
<i>Sistema de dirección mecánica</i>	47
<i>Componentes</i>	47
<i>Volante</i>	47
<i>Columna de dirección</i>	48
<i>Caja de dirección</i>	48
<i>Brazo de mando</i>	49
<i>Condición de Ackerman</i>	50
Fuerza en los neumáticos	51
<i>Fuerzas laterales</i>	51
<i>Ángulo de deriva</i>	51
<i>Rigidez de deriva</i>	51
Modelo simplificado para la evaluación del comportamiento direccional	52
Respuesta direccional. Vehículos neutros, subviradores y sobreviradores	53
Software de CAD	55

<i>Características y uso</i>	55
Normativas aplicadas.	55
<i>Reglamento técnico ecuatoriano RTE INEN 031</i>	55
<i>Reglamento N 13-H. Disposiciones uniformes sobre la homologación de los vehículos de turismo en lo relativo al frenado</i>	55
<i>Reglamento técnico ecuatoriano RTE INEN 2 349:2003</i>	56
Reglamento técnico ecuatoriano RTE INEN 034:2010.....	57
Cálculos y modelados de los sistemas de frenos y dirección.	58
Consideraciones iniciales	58
Capacidad de frenado.....	59
<i>Dinámica de los vehículos</i>	59
Ensamblaje en CAD del sistema de frenos del vehículo Jeep Willys CJ3A.....	72
Cálculos en la dirección	73
<i>Ángulo Ackerman</i>	73
<i>Fuerzas laterales</i>	73
Análisis de la respuesta direccional.....	78
Modelado en CAD del sistema de dirección del vehículo Jeep Willys CJ3A.	79
Ensamblaje en CAD del sistema de dirección del vehículo Jeep Willys CJ3A	82
Simulación, pruebas y análisis de los sistemas de frenos y dirección.	83
Simulación del sistema de frenos.....	83
Simulación del sistema de dirección.....	87
Pruebas en el sistema de frenos.....	89
<i>Prueba de fuerza de frenado</i>	89
<i>Prueba de distancia de frenado</i>	90
Eficacia de frenado de acuerdo a la normativa RTE INEN 034 y 13-H.....	91
Pruebas en el sistema de dirección.....	93
<i>Proceso de alineación</i>	93
Prueba de ruta.....	99
Factibilidad del proyecto	104
Recursos humanos.....	104
Recursos materiales	105

Recursos tecnológicos:	106
Presupuesto	106
Recursos financieros	106
Cronograma	109
Conclusiones	110
Recomendaciones	112
Bibliografía	113
Anexos	118

Índice de tablas

Tabla 1. <i>Operacionalización de variables independientes</i>	31
Tabla 2. <i>Operacionalización de las variables dependientes</i>	32
Tabla 3. <i>Eficiencia de frenado</i>	56
Tabla 4. <i>Datos del vehículo</i>	58
Tabla 5. <i>Fuerzas de rodadura</i>	63
Tabla 6. <i>Elementos del sistema de frenos del vehículo Jeep Willys CJ-3A</i>	70
Tabla 7. <i>Elementos del sistema de dirección del Jeep Willys CJ-5A</i>	79
Tabla 8. <i>Distancia de frenado</i>	91
Tabla 9. <i>Parametros establecidos</i>	92
Tabla 10. <i>Resultados del sistema de frenos</i>	102
Tabla 11. <i>Resultados de los cálculos del sistema de dirección</i>	103
Tabla 12. <i>Recursos humanos</i>	104
Tabla 13. <i>Recursos materiales</i>	105
Tabla 14. <i>Recursos tecnológicos</i>	106
Tabla 15. <i>Materiales y equipos utilizados en el desarrollo del proyecto</i>	107
Tabla 16. <i>Costo de pruebas realizadas</i>	108
Tabla 17. <i>Gastos imprevistos</i>	108
Tabla 18. <i>Análisis de costos</i>	109

Índice de figuras

Figura 1 <i>Esquema de planteamiento de los problemas</i>	25
Figura 2 <i>Evolución del Jeep Willys</i>	33
Figura 3. <i>Depósito de líquido de freno</i>	37
Figura 4 <i>Bomba de freno</i>	37
Figura 5 <i>Cañería de freno</i>	38
Figura 6. <i>Líquido de freno</i>	39
Figura 7. <i>Freno de tambor</i>	39
Figura 8. <i>Tambor de freno</i>	40
Figura 9. <i>Plato del tambor de freno</i>	41
Figura 10. <i>Zapatas</i>	41
Figura 11. <i>Bombín de freno o cilindro de rueda.</i>	42
Figura 12. <i>Sistema de dirección</i>	43
Figura 13 <i>Geometría de la dirección</i>	45
Figura 14. <i>Sistema de dirección</i>	46
Figura 15. <i>Sistema de dirección mecánica</i>	47
Figura 16. <i>Volante</i>	48
Figura 17. <i>Columna de dirección</i>	48
Figura 18. <i>Caja de dirección.</i>	49
Figura 19. <i>Brazo de mando</i>	50
Figura 20. <i>Condición de Ackerman</i>	51
Figura 21. <i>Comportamiento direccional.</i>	52
Figura 22. <i>Fuerzas que actúan en el movimiento de un vehículo</i>	59
Figura 23 <i>Dinámica de frenado</i>	64
Figura 24. <i>Centro de gravedad del vehículo.</i>	65

Figura 25 <i>Ensamblaje del tambor de frenos</i>	72
Figura 26 <i>Ensamblaje del sistema de dirección</i>	82
Figura 27. <i>Análisis de tensión de tambor</i>	84
Figura 28 <i>Análisis de desplazamiento de tambor</i>	85
Figura 29 <i>Análisis de deformación de tambor</i>	86
Figura 30. <i>Análisis del factor de seguridad de tambor</i>	86
Figura 31. <i>Análisis de tensiones en el sistema de dirección</i>	87
Figura 32. <i>Análisis de desplazamiento en el sistema de dirección</i>	88
Figura 33. <i>Análisis de deformación en el sistema de dirección</i>	88
Figura 34. <i>Análisis en el factor de seguridad en el sistema de dirección</i>	89
Figura 35. <i>Fuerza de frenado medida en computadora</i>	90
Figura 36. <i>Medición de la distancia de parada</i>	91
Figura 37. <i>Estado de la amortiguación</i>	93
Figura 38. <i>Sujeción de elementos de alineación</i>	94
Figura 39. <i>Nivelado de los elementos de alineación</i>	94
Figura 40. <i>Datos iniciales de alineación del vehículo</i>	94
Figura 41. <i>Corrección en los ángulos de alineación</i>	95
Figura 42. <i>Neumático en la máquina de balanceo</i>	95
Figura 43. <i>Puesta en marcha de la máquina de balanceo</i>	96
Figura 44. <i>Obtención de datos de la máquina de balanceo</i>	96
Figura 45. <i>Corrección en el balanceo del neumático</i>	96
Figura 46. <i>Prueba de balanceo</i>	97
Figura 47. <i>Reporte de alineación</i>	98
Figura 48. <i>Ruta inicial ESPE-L al refugio Cotopaxi</i>	99
Figura 49. <i>Conducción en prueba de ruta</i>	100
Figura 50. <i>Refugio de montaña Cotopaxi cara sur</i>	100

Figura 51. <i>Ruta de retorno</i>	101
Figura 52. <i>Cronograma de actividades</i>	109

Índice de ecuaciones

Ecuación 1. <i>Aceleración del vehículo</i>	59
Ecuación 2 <i>Coeficiente de masas giratorias</i>	60
Ecuación 3 <i>Radio dinámico de las ruedas</i>	60
Ecuación 4 <i>Fuerza tangencial de tracción</i>	61
Ecuación 5 <i>Relación de transmisión</i>	61
Ecuación 6 <i>Fuerza de resistencia al camino</i>	62
Ecuación 7 <i>Fuerza de resistencia a la rodadura</i>	63
Ecuación 8 <i>Fuerza debido a la pendiente</i>	64
Ecuación 9 <i>Fuerza de frenado con motor desembragado</i>	65
Ecuación 10 <i>Peso transferido</i>	66
Ecuación 11 <i>Fuerza de frenado máximo</i>	66
Ecuación 12 <i>Carga dinámica real eje delantera</i>	67
Ecuación 13 <i>Carga dinámica real eje trasero</i>	67
Ecuación 14 <i>Fuerza de frenado eje delantero</i>	67
Ecuación 15 <i>Fuerza de frenado eje trasero</i>	67
Ecuación 16 <i>Fuerza de frenado ruedas delanteras</i>	68
Ecuación 17 <i>Fuerza de frenado ruedas trasero</i>	68
Ecuación 18 <i>Eficiencia de frenado</i>	68
Ecuación 19 <i>Condición Ackerman</i>	73
Ecuación 20 <i>Fuerza lateral</i>	74
Ecuación 21 <i>Fuerza lateral eje delantero</i>	75
Ecuación 22 <i>Fuerza lateral eje trasero</i>	75
Ecuación 23 <i>Rigidez de deriva eje delantero</i>	76
Ecuación 24 <i>Rigidez de deriva eje trasero</i>	76

Ecuación 25 <i>Ángulo de guiado</i>	77
Ecuación 26 <i>Coeficiente de viraje</i>	77
Ecuación 27 <i>Velocidad crítica</i>	78

Resumen

El presente proyecto desarrolló la optimización de los sistemas de dirección y sistema de frenos del vehículo Jeep Willys CJ-3A para la optimización de su rendimiento, tomando en cuenta las normativas existentes para dichos sistemas. Se sustituyó y mejoro elementos de dichos sistemas, tales como; en el sistema de frenos se rectificaron los tambores, se cambió la bomba principal del sistema, los bombines de los cuatro tambores, se completó elementos que estaban faltando, se cambió todo el circuito de cañerías, se implementó un sistema de freno de mano, se cambió todas las zapatas. En el sistema de dirección se cambiaron cauchos que estaban en mal estado, dentro de la caja de la dirección se cambiaron rodamientos, se rellenó de material el tornillo sin fin debido a su desgaste, se completó el nivel de grasa dentro de la caja de dirección, se realizó el cambio de rines y neumáticos, para que el sistema de dirección tenga un óptimo rendimiento se realizaron cambios en el sistema de suspensión, se procedió a cambiar los amortiguadores de los cuatro neumáticos. Se realizaron cálculos a diferentes condiciones de funcionamiento. Se realizó el modelado de los elementos de los sistemas mediante el software de simulación CAD, en el cual se realizó pruebas estáticas de los sistemas, aplicando las fuerzas previamente calculadas. Se realizó pruebas de alineación, balanceo, pruebas de frenado y para comprobar el funcionamiento conjunto del sistema de realizo pruebas de rutas

Palabras clave:

- **OPTIMIZACIÓN**
- **NORMATIVAS**
- **FUNCIONAMIENTO**

Abstract

The present project developed the optimization of the steering systems and the braking system of the Jeep Willys CJ-3A vehicle for the optimization of its performance, taking into account the existing regulations for said systems. Elements of said systems were replaced and improved, such as; in the brake system, the drums were rectified, the main pump of the system was changed, the bowlers of the four drums, elements that were missing were completed, the entire piping circuit was changed, a handbrake system was implemented, changed all the shoes. Tires that were in poor condition were changed in the steering system, bearings were changed inside the steering box, the worm screw was filled with material due to its wear, the level of grease inside the steering box was completed , the change of wheels and tires was made, so that the steering system has optimal performance, changes were made in the suspension system, the shock absorbers of the four tires were changed. Calculations were made at different operating conditions. The modeling of the elements of the systems was carried out using CAD simulation software, in which static tests of the systems were carried out, applying the previously calculated forces. Alignment, balance, braking tests were carried out and to check the joint operation of the system, I carried out route tests.

Keywords:•

- **OPTIMIZATION**
- **REGULATIONS**
- **FUNCTIONING**

Capítulo I

1. Marco metodológico de la investigación

1.1. Antecedentes investigativos

Como menciona (Raffino, 2021): la cinemática es el encargado de realizar el estudio de movimiento, en función de la trayectoria y el tiempo, desprecia las fuerzas de origen que generan el movimiento. En cambio, la dinámica es la encargada de realizar el estudio que hay entre las fuerzas que se ejercen a un cuerpo y los motivos por los cuales se producen el movimiento en dicho cuerpo. El estudio o análisis de dichas ciencias son las que permiten que se realice una mejor selección en los materiales al momento de implementar a un automóvil.

Según (Zavala, 2012): para que un vehículo tenga un mejor manejo los sistemas automotrices deben de estar actuando de una manera coordinada, para así poder obtener el mejor desempeño del vehículo, si cualquiera de los sistemas falla es posible que el vehículo no funcione, ya que todos cumplen una función importante.

De acuerdo a (Palomino, 2020): el vehículo depende de algunos sistemas para su óptimo funcionamiento, aunque unos cumplen funciones más importantes que otros, por lo general todos los sistemas realizan su función al mismo tiempo, en el caso que algún sistema no esté funcionando de manera correcta se recomienda realizar el cambio inmediato del mismo.

Como indica (Cedeño Marín & Vargas Romero, 2019) cuando se tiene un vehículo 4x4 o todo terreno, este debe contar con un diseño más reforzado y fiable,

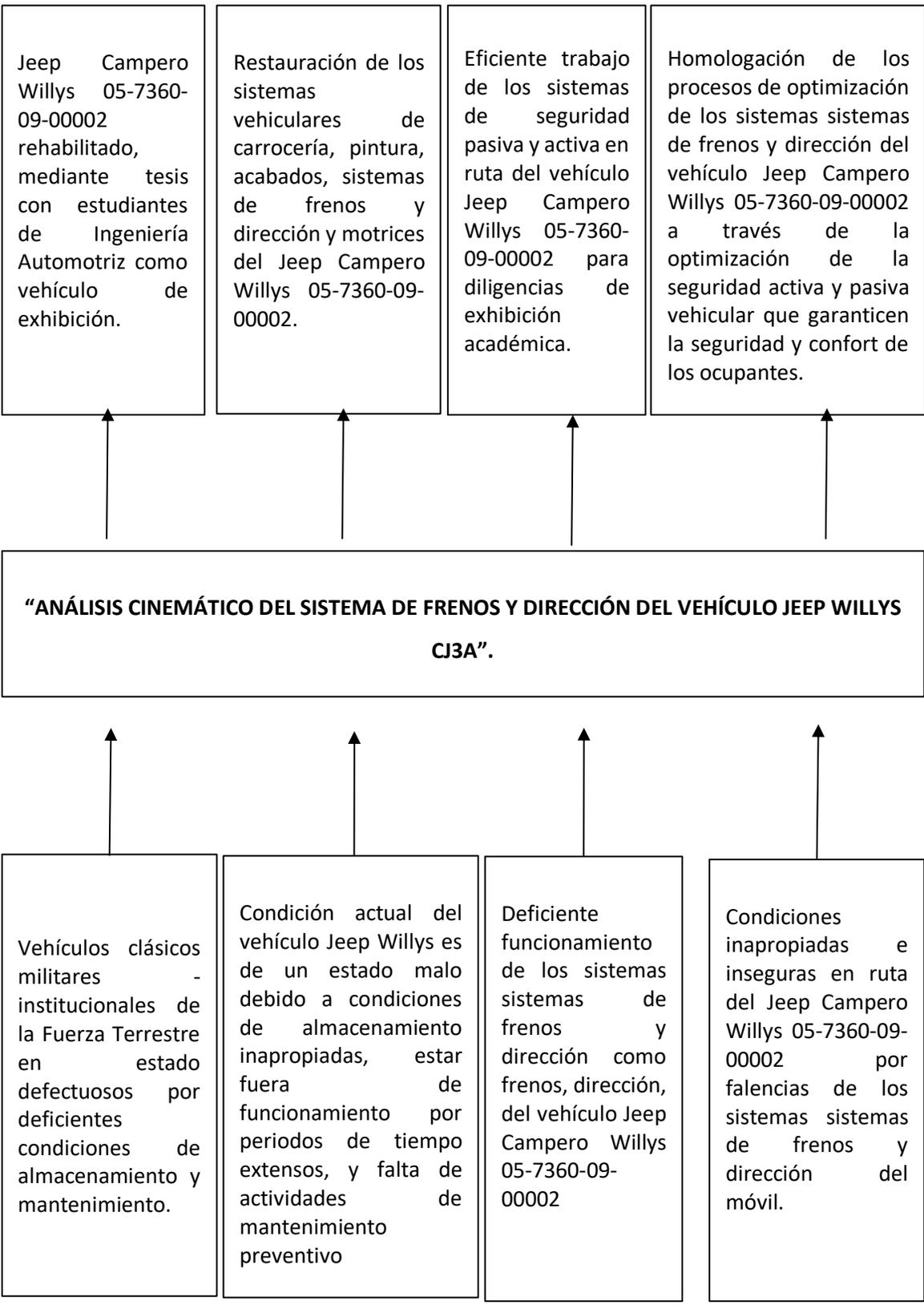
capaz de resistir esfuerzos más elevados debido a las diferentes condiciones irregulares que demande el camino, para así poder tener una mejor conducción más segura y cómoda. En cambio, los vehículos los cuales son diseñados para carga, se enfocan más en resistir mayores esfuerzos debido a las cargas, estos vehículos no son para llegar a altas velocidades.

Como indica (Cedeño Marín & Vargas Romero, 2019) para realizar una buena selección en los sistemas de frenos y dirección, se deben determinar que estos estén diseñados para soportar los diferentes esfuerzos a los que va a ser sometidos, muchas de las veces estos esfuerzos van a ser combinados, esto por lo general ocurre en los vehículos todo terreno. Para realizar el análisis de estos sistemas se debe tener en cuenta las condiciones más duras a las cuales va a ser sometido el vehículo, ya que, si los sistemas soportan dichas exigencias, no habrá ningún inconveniente por las demás.

1.2. Planteamiento del problema

Los altos costos de restauración y recuperación de un automóvil clásico se convierte en la principal problemática, pues se requiere de recursos tanto tecnológicos como económicos para alcanzar un estándar mínimo que mantenga los aspectos de diseño y manufactura originales de los sistemas vehiculares, así es fundamental, considerar aspectos técnicos de ejecución de los procesos en cada una de sus intervenciones considerando que se pueden generar en escenarios contenidamente temerarias, de acuerdo al estado de conservación. La restauración y el mantenimiento de un automotor con carácter de histórico podría trasladarse a escenarios y modelos de negocios prometedores en la industria automotriz, más aun considerando que el parque automotor tanto público como privado del país cuenta con grandes volúmenes de vehículos que están en esta línea de históricos – clásicos, en la que podrían participar campos de la ciencia del automóvil como la manufactura en las áreas de la energía, mecánica y seguridad; a fin de obtener resultados como recién resurgido de fabricación, fijando procedimientos de homologación para recorrer en territorio ecuatoriano en cumplimiento de normativas y leyes vigentes.

Figura 1
Esquema de planteamiento de los problemas



Los sistemas de dirección y frenos del vehículo Jeep Willys CJ3A no garantizan la seguridad activa y pasiva del automotor, al ser un vehículo militar requiere de mayores prestaciones en las condiciones más difíciles para ello el presente trabajo de investigación permitirá analizar las fuerzas que intervienen en la cinemática y dinámica de estos sistemas para su posterior restauración aplicando las mejoras posibles para optimizar el rendimiento con el fin de satisfacer la necesidad de un vehículo de estas características.

La evolución de la industria automotriz y la necesidad de un vehículo de transporte militar todoterreno para el uso de la Fuerza Terrestre, obliga a restablecer y mejorar la operatividad de los sistemas automotrices del Jeep Willys CJ3A, por medio de software que permitirá simular las diversas cargas a las que está sometido un vehículo de transporte militar, permitiéndonos determinar la configuración óptima de los sistemas frenos y dirección y una confiabilidad alta de los mismos.

Entonces el problema a investigar es el “Análisis de la cinemática de los sistemas de dirección y freno del vehículo JEEP WILLYS CJ3A por software especializado de simulación automotriz”.

1.3. Descripción resumida del proyecto

La presente investigación del “Análisis cinemático del sistema de frenos y dirección del vehículo JEEP WILLYS CJ3A”. considera lo siguiente:

Se fundamentará científicamente a través de fuentes bibliográficas confiables mediante bases de datos digitales, libros, manuales, y artículos referentes al diseño y requerimientos de los sistemas frenos y dirección de los vehículos todoterreno para uso

militar, referente a los componentes de los sistemas de dirección y frenos relacionados con la seguridad activa y pasiva del JEEP CAMPERO WILLYS.

Se optimizará los sistemas de frenos y dirección, de tal manera que garanticen el confort del todoterreno en diferentes condiciones de funcionamiento dotando de un vehículo de exhibición para presentaciones y demostraciones de vehículos clásicos militares como medio de transporte para el ejército ecuatoriano.

Se utilizará el diseño de ingeniería mediante computador para modelar en 2D y 3D de los sistemas de frenos y dirección de tal manera de analizar la cinemática y dinámica del vehículo Jeep Campero Willys 05-7360-09-00002 para la optimización.

Se estimará las cargas y esfuerzos de los sistemas de frenos de acuerdo al reglamento ECE 13-H y al reglamento RTE INEN 034 en diferentes condiciones, se determinará la eficacia de frenado mínima, se estudiará la normativa INEN 031:2008 que establece los requisitos técnicos que debe cumplir el líquido de frenos hidráulicos.

Se realizará un análisis gráfico asistido por computador de la dinámica y estática de los componentes de los sistemas de dirección y frenos según las condiciones de trabajo a las que estará sometido el vehículo Jeep Willys CJ3A de acuerdo a leyes de la ingeniería para el estudio desde el punto de vista matemático – gráfico de la optimización de los sistemas de freno y dirección.

1.4. Justificación e importancia

Los sistemas de dirección y frenos de un vehículo son un conjunto de elementos de funcionamiento complejo, se requiere de un estudio ingenieril avanzado desde el punto de vista de diseño de elementos especialmente por la cantidad de esfuerzos a los que están sometidos y las cargas que soportan en diversos puntos, por la naturaleza

misma del trabajo al que está sometido un vehículo militar. Para permitirnos el estudio de estos componentes es importante utilizar técnicas de análisis por medio de software especializado de simulación automotriz.

Para la optimización de los sistemas de dirección y frenos del vehículo y su instalación en el chasis y carrocería, se debe tener conocimiento fundamental de las capacidades, medidas y posicionamiento de los elementos de todos los sistemas que conjugan para el funcionamiento del vehículo.

La Ingeniería Automotriz requiere del análisis de los elementos de máquinas por medio de la ingeniería computacional para la observación del comportamiento, funcionalidad y optimización previo a la construcción e instalación de los elementos. Para esto debemos tener en cuenta los diferentes parámetros cinemáticos y dinámicos a los que están sometidos los elementos, así como también parámetros físicos como resistencia y fatiga; todos estos apartados se analizarán para el desarrollo del presente proyecto de investigación.

Desde el punto de vista de la academia, el presente proyecto de titulación permitirá a los estudiantes de Ingeniería Automotriz a conjugar en la práctica todos los conocimientos técnicos impartidos a lo largo de la carrera, resultando en una sólida formación de los profesionales.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

- Analizar la cinemática del sistema de frenos y dirección del vehículo JEEP WILLYS CJ3A, en diferentes condiciones de funcionamiento.

1.5.2. Objetivos específicos

- Fundamentar científicamente el diseño y requerimientos de los sistemas de dirección y frenos de los vehículos todoterreno para uso militar
- Investigar características de diseño y manufactura de los componentes de los sistemas de dirección y frenos del JEEP CAMPERO WILLYS.
- Optimizar los sistemas vehiculares de frenos y dirección del vehículo Jeep Willys CJ3A de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE para el laboratorio de Mecánica de Patio, mediante análisis estático y dinámico utilizando software CAD.
- Determinar los requisitos que debe cumplir el líquido de frenos utilizado en vehículos automotores, de acuerdo al ensayo RTE INEN 031; de los sistemas de dirección de acuerdo a NTE INEN 2 349:2003, mediante simulaciones de esfuerzos máximos generados a través de un software CAD.
- Establecer y aplicar los requisitos mínimos de seguridad en el vehículo Jeep Willys CJ3A de acuerdo a la normativa INEN 034:2010.

1.5.3. Metas

- Analizar por software de ingeniería aplicada los sistemas de dirección y frenos sometidos a diferentes escenarios de carga para un óptimo rendimiento del vehículo Jeep Willys CJ3A mediante un estudio gráfico por simulación.
- Optimizar los sistemas de dirección y frenos del vehículo Jeep Willys CJ3A.

1.6. Hipótesis

El análisis cinemático del sistema de frenos y dirección del vehículo Jeep Willys CJ3A, permitirá conocer la eficiencia de los mismos a diferentes condiciones de funcionamiento.

1.7. Variables de investigación

1.7.1. *Variable independiente:*

Optimización de los sistemas de dirección y frenos Jeep Willys CJ3A

1.7.2. *Variable dependiente:*

Comportamiento cinemático y dinámico de los sistemas de dirección y frenos.

1.8. Operacionalización de variables

1.8.1. Variable independiente

Tabla 1.

Operacionalización de variables independientes

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Son todos los sistemas que trabajan de manera conjunta en el vehículo y que permiten que sea más fácil su manejo	Sistema de Frenos	Presión	PSI KPa	Medición Cálculo Simulación	Ecuaciones Software simulación Prueba de laboratorio
	Sistema de Dirección	Ángulo	°	Medición Cálculo Simulación	Ecuaciones Software simulación Prueba de laboratorio
		Fuerza	N lbf	Simulación	Ecuaciones Software simulación Prueba de laboratorio
		Torque	Nm lb -ft	Simulación	Ecuaciones Software simulación Prueba de laboratorio
		Velocidad Angular	RPM	Simulación	Ecuaciones Software simulación Prueba de laboratorio

1.8.2. Variable dependiente.

Tabla 2.

Operacionalización de las variables dependientes

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Procesos de comprobación del funcionamiento de los sistemas de frenos y dirección.	Cinemática y dinámica del sistema de freno:	Distancia de frenado (pruebas realizadas en el sistema de frenos Esfuerzo permisible	m	Medición Cálculo	Prueba en ruta
		Presión nominal	Pa	Medición Simulación Cálculo	Software simulación Ecuaciones Ensayo laboratorio
		Eficiencia del frenado		Medición Simulación Calculo	Software simulación Ecuaciones Ensayo laboratorio
		Fuerza Lateral	N	Medición Simulación Calculo	Software simulación Ecuaciones Ensayo laboratorio
		Velocidad Crítica	m/s	Medición Simulación Calculo	Software simulación Ecuaciones Ensayo laboratorio
	Cinemática y dinámica del sistema de dirección	Rigidez a la deriva	N	Medición Simulación Calculo	Software simulación Ecuaciones Ensayo laboratorio
		Ángulo Ackerman	°	Medición Simulación Calculo	Software simulación Ecuaciones Ensayo laboratorio

Capítulo II

2. Marco teórico

2.1. Vehículo Jeep Willys CJ-3A

2.1.1. Características generales

El vehículo Jeep Willys CJ-3A es uno de los automóviles más utilizados para la reconstrucción de vehículos clásicos. Su lanzamiento fue a finales de 1948, el modelo CJ-3A es muy parecido al anterior modelo, con cambios mínimos y refinados al CJ-2A, los cambios fueron: una sola pieza del parabrisas, con tomas de aire en la parte baja, contaba con dos limpia parabrisas instalado en la parte baja, una mayor resistencia en la transmisión, de igual manera en la caja de transferencia y en su eje posterior. (Jeep, 2020)

Figura 2

Evolución del Jeep Willys



Nota. La figura muestra un Jeep Willys CJ3A. Tomado de (Jeep, 2020)

2.1.2. Datos técnicos del vehículo

Ficha técnica: Jeep Willys cj3a

Motor: I-head-go devil" 2199cc

Cilindros: 6

Diámetro x carrera: 79 x 111

Potencia: 54cv a 4000 rpm.

Compresión: 6.48 :1

Alimentación: carburador wo 539s

Combustible: 57l.

Cambio: 3 velocidades, warner t84 + reductoras

Sistema eléctrico: batería 12v.

Frenos: mecánicos a tambor.

Suspensión: muelles semi-elípticos y amortiguadores hidráulicos

Neumáticos: 6" x 16"

Velocidad máxima: 105 km/h.

(Sa, s.f.)

En el vehículo Jeep CJ-3A el sistema de frenos es de tambor en la parte delantera y posterior, con reparto de la presión de frenado por una sola bomba maestra y los cuatro bombines en cada uno de los tambores.

El sistema de dirección a su vez es mecánico, de tipo eje rígido donde por medio de un tornillo sinfín y una caja de dirección se transforma el movimiento giratorio del volante en lineal hacia la caja de dirección, empujando una serie de varillas que transmiten el movimiento hacia las ruedas.

2.2. Sistemas automotrices

Los sistemas automotrices son aquellos que conforman parte de un vehículo resultando más fácil su conducción. Todos estos trabajan de una manera sincronizada para poder obtener un mejor rendimiento del automotor. Si algún componente llega a fallar puede incluso dejar inmóvil al vehículo, todo depende de la gravedad del daño. (Zavala, 2012)

Los sistemas de frenos y dirección son parte de los sistemas vehiculares los cuales se encargan del control de la trayectoria del vehículo y de la seguridad en la conducción del mismo.

2.3. Sistema de frenos

El sistema de frenos es un sistema de seguridad que tiene el vehículo por medio del cual a través de un esfuerzo físico ejercido por el conductor al accionar el pedal de freno se genera una oposición al movimiento del vehículo permitiendo detenerlo.

2.3.1. Definición

El sistema de frenos actúa por medio de la presión ejercida por el conductor al pedal de freno, misma que es multiplicada por la bomba de freno permitiendo elevar la presión de trabajo del líquido hidráulico que se distribuye a lo largo de todo el sistema de frenos hasta llegar a los actuadores que permitirán transformar la energía mecánica del movimiento en calor, por medio de la fricción que se genera entre el material rugoso de las pastillas o zapatas y el contacto con los discos o tambores. (Alex de la Cruz, 2014)

2.3.2. Tipología

Para efectos de este proyecto de investigación se resumirá la tipología del sistema de freno en dos:

- Sistema de frenos de disco.

- Sistema de frenos de tambor.

2.3.3. Sistema de frenos de disco.

Los frenos de disco son lo más utilizados debido a la eficacia en el frenado. Tal como su nombre lo indica, trabajan con un disco. Su funcionamiento se basa en la fricción que ocurre entre las pastillas y el disco. El líquido de frenos ejerce presión sobre los pistones, encargados de mover las pinzas que sostienen las pastillas. Las pastillas ejercen roce sobre ambas caras del disco generando fricción, lo que permitirá detener el auto. Los frenos de disco, por lo general, se usan en las llantas del tren delantero, sin embargo, también se pueden usar en las cuatro llantas del vehículo; esto dependerá del fabricante y del vehículo. (Menna, 2020)

2.3.4. Sistema de frenos de tambor.

También conocidos como frenos de campana. Están compuestos por un cilindro que da vuelta con la rueda que le corresponde. Una vez que se acciona el pedal de freno, las pastillas hacen presión sobre el tambor que se encuentra conectado al eje que permite girar las ruedas. Cuando es presionado el tambor, la llanta desacelera y se puede detener el auto. (Menna, 2020)

2.3.5. Componentes del sistema de frenos

2.3.5.1. Depósito del líquido de freno

La función del depósito de líquido de freno es suministrar y retener el líquido de frenos, con el fin de alimentar a la bomba principal. Por lo general este componente lo podemos encontrar sobre la bomba principal, de esta forma el líquido cae gracias a la gravedad, llegando así a la bomba. (Caranqui, 2016)

Figura 3.*Depósito de líquido de freno*

Nota. La figura muestra el depósito de líquido de freno. Tomado de (Menna, 2020)

2.3.5.2. Bomba maestra de frenos

Es el elemento que permite multiplicar la presión con la que ingresa el líquido hidráulico, a la salida tendremos mayor presión en las cañerías que van a los componentes que empujan a los elementos de fricción, la bomba consiste en un pistón que es empujado dentro de un cilindro donde está el líquido hidráulico, el pistón comprime el fluido y lo empuja hacia las cañerías, por último, también está provista de un elemento que permite el regreso del émbolo a su posición inicial. (Caranqui, 2016)

Figura 4*Bomba de freno*

Nota. En la figura se observa la bomba de freno, diseñado en un software CAD. Tomado de (Carpio, 2018)

2.3.5.3. Cañerías

Son las canalizaciones rígidas y flexibles generalmente de aluminio o acero inoxidable, las cañerías son las encargadas de conducir el líquido de frenos desde la bomba hasta llegar a los actuadores. Generalmente tienen un recubrimiento de cobre galvanizado para evitar que se oxiden y evitar deformaciones. (Cáceres Gavilánez & Ruiz Solórzano, 2015)

Figura 5

Cañería de freno



Nota. En la figura se observa la cañería de freno flexible. Tomada del taller J.G Automotriz.

2.3.5.4. Líquido de freno

El líquido de freno es un fluido incompresible que traslada la presión que ejerce la bomba hacia el tambor (o pinza), de tal manera que la zapata ejerce un rozamiento hacia el tambor generando fricción que se transforma en energía del coche, generando así una disminución de velocidad en el vehículo (Gómez, 2020)

Figura 6.
Líquido de freno

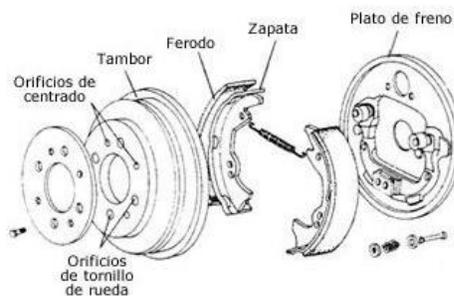


Nota. En la figura se observa el líquido de freno Mobil DOT3. Recopilado de (Gómez, 2020)

2.3.6. Freno de tambor

Este tipo de sistema de frenos está constituido por una parte móvil que es el tambor y una parte fija que es el plato del tambor donde se alojan los demás componentes que permiten el frenado, tales como: zapatas, bombines, muelles y articulaciones. (Ferrer, 2021)

Figura 7.
Freno de tambor



Nota. En la figura se observan el sistema del freno de tambor. Recopilado de (Ferrer, 2021)

2.3.6.1. Tambor

El tambor es la pieza giratoria del freno y debe estar equilibrado, en su parte interior está mecanizado de tal manera que es fino en su interior para facilitar la fricción con la zapata evitando ruidos y agarrotamientos, el tambor generalmente es el elemento que recibe la mayor parte del calor generado por la fricción. (Vaca Solis, 2014)

Figura 8.

Tambor de freno



Nota. En la figura se observa un tambor de freno.

2.3.6.2. Plato

El plato de freno es el elemento donde se fijan los bombines, zapatas y elementos de regulación. Las zapatas por un lado se conectan al bombín y por el otro a un soporte u otro bombín, por medio de muelles se mantienen en el plato, cuando el bombín acciona las zapatas, estas vuelven a su posición inicial por acción del muelle. (Vaca Solis, 2014)

Figura 9.

Plato del tambor de freno.



Nota. En la figura se observa un tambor de freno. Tomado de (Vaca Solis, 2014)

2.3.6.3. Zapatas

Las zapatas están conformadas por dos chapas en forma de un semicírculo, con un recubrimiento en el exterior de asbesto. También se las conoce como forros, zapatas, bandas. (Orozco, 2015)

Figura 10.

Zapatas



Nota. En la figura se observan las zapatas de freno del Jeep Willys CJ3-A.

2.3.6.4. Bombín o cilindro de rueda.

Dichos elementos son lo que se encargan de ejercer el movimiento lateral de las zapatas, para generar el rozamiento con el tambor. Para así poder cumplir con el propósito que es el frenado en el tiempo requerido (Orozco, 2015)

Figura 11.

Bombín de freno o cilindro de rueda.



Nota. En la figura se observa un tambor de freno. Tomado de (Aparicio, 2020)

2.4. Sistema de dirección

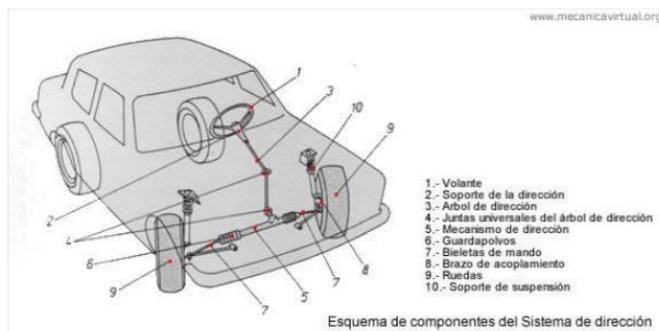
El sistema de dirección está conformado por una serie de elementos, que funcionan de manera conjunta para permitir que la persona que opera el vehículo dictamine la trayectoria que tiene que seguir el vehículo.

2.4.1. Definición

El sistema de dirección es el que permite determinar el funcionamiento y el control del movimiento del automóvil. Este mecanismo sirve para poder romper la resistencia que hace la calzada con los neumáticos al momento de girar, esto se debe realizar con el menor esfuerzo del conductor al momento de girar el volante.

Este sistema tiene la función de dirigir las ruedas de enfrente para que el automóvil tenga la dirección esperada por el conductor. (Cristian Alvarez, 2015)

Figura 12.
Sistema de dirección



Nota. En la figura se observan los sistemas de dirección de un automóvil. Tomado de (JIMÉNEZ, 2018)

2.4.1.2. Características de un sistema de dirección

El sistema de la dirección es uno de los elementos principales en el funcionamiento del vehículo, este funciona a la par con el sistema de frenos, ya que ambos dependen de la utilización del conductor y de su seguridad que le brinden; las condiciones que deben cumplir estos son que brinden una necesaria comodidad y que sea segura para su conducción. (Caranqui, 2016)

Las cualidades que depende el vehículo son:

Seguridad: para una mayor seguridad en el sistema, depende de manera directa los materiales utilizados y de la forma de conducción del conductor.

Suavidad: para un manejo suave y como depende del montaje y ubicación precisa, del mismo modo de un engrasado perfecto.

Cuando un vehículo se torna duro el momento de conducir hace que esto sea un poco fastidioso para el conductor, los factores que pueden influir en este mal funcionamiento son un neumático en mal estado, ponchado, una mala elección en neumáticos, por mucha carga efectuado en el eje delantero o por alguna mal deformación en el chasis o eje.

Precisión: para una mejor conducción, el movimiento en la dirección no debe ser ni muy suave ni muy dura. Los factores que pueden influir para que una dirección se considere dura puede ser por un mal reglaje o una mínima desmultiplicación, esto hace que la dirección se torne imprecisa y peligrosa. Por el otro lado, si la dirección es demasiado suave, puede ser por una muy grande desmultiplicación esto causa que el conductor no se sienta seguro ni tenga el control completo con la trayectoria que este teniendo.

Las causas que pueden ocasionar una mala precisión en el sistema de dirección son:

- Demasiado juego en los elementos que conforman la dirección.
- Por un movimiento en falso de los neumáticos, esto implica que no debe sobrasar de 2 a 3 mm las cotas de reglaje establecidas.
- Por un desigual consumo en las ruedas, esto hace que toque de modificar nuevamente las cotas de reglaje.
- La falta de balanceo en los neumáticos, por este motivo se crea una serie de movimientos alrededor del eje, que este a su vez hace que se transmita a la dirección, causando así movimientos vibraciones en el volante.
- Otro factor puede ser por una mala elección en la presión en el neumático, que uno sea mayor al otro, esto hace que el automóvil tienda a desviarse en otra dirección.

Irreversibilidad: este sistema consiste en que las oscilaciones que son generadas por las irregularidades del terreno no deben ser repercutidas hacia el volante, ya que se tornaría incomodo e incluso peligroso. Esto se logra gracias a los filetes con su adecuada inclinación, que debe ser muy pequeña.

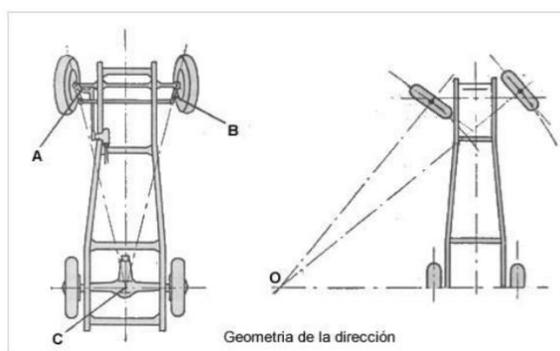
Las diferentes trayectorias por recorrerse con las ruedas direccionales son diferentes en una curva, hace que la rueda interior tenga un ángulo menor por su menor recorrido en

comparación con la rueda exterior, hace que la orientación también cambie, la rueda exterior debería tener una mayor abertura, para que ambas ruedas sigan el camino adecuado, esto debe cumplirse en todo tipo de vehículo, en cualquier situación de su orientación.

Para conseguir esto el vehículo dispone de dos barras o brazos de acoplamiento, derecho e izquierdo, que orientan a las ruedas, de tal forma que, cuando se encuentre en un movimiento recto, corten sus prolongaciones en la mitad del puente posterior o lo más cerca posible.

Figura 13

Geometría de la dirección



Nota. En la figura se observan la geometría de dirección en los vehículos. Tomado de (Palomino, 2020)

Este método no es totalmente certero, porque suele ocurrir un cierto error en el trazado de las ruedas, porque estas disponen de una manera reseñada. El momento de la práctica estos tiende a alterarse levemente los ángulos conformados por los brazos de acoplamiento y sus dimensiones, para así poder conseguir un movimiento lo más cercano posible. Gracias a la elasticidad que existe en los neumáticos, hace que se corrija automáticamente las pequeñas imperfecciones en la ruta.

Las ruedas del eje posterior siguen el recorrido de la curva, esto se da gracias a que cuenta con un diferencial, en el caso de los vehículos con tracción posterior, que

ayudan a que la rueda que va por fuera de la curva gire más que la rueda que va por el interior, muchas veces cuando no se cumplen con esta condición es cuando ocurren los resbalamientos o derrapes en la curva, que suele ser muy difícil corregir, esto también ocurre por la falta de adherencia, otra de las causas es cuando la calzada se encuentra mojada. (Alex de la Cruz, 2014)

2.4.2. Tipología

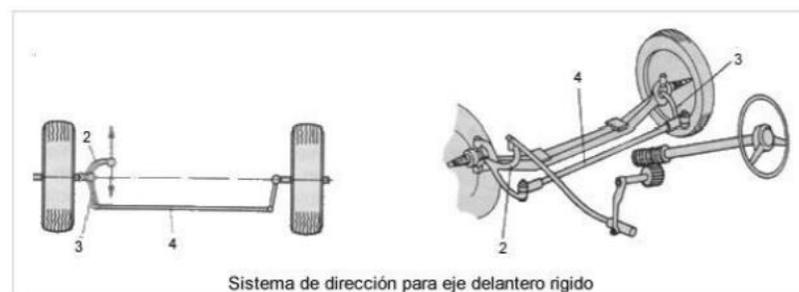
Hace referencia a las diferentes disposiciones que hay en los mecanismos que conforman el sistema de dirección, tomando así los dos más comunes que hay: dirección en el tren delantero rígido y sistema de dirección para suspensión independiente de tren delantero. Cada uno de estos cuenta con una disposición en sus mecanismos distintos. (Carpio, 2018)

2.4.2.2. El sistema de dirección para eje delantero rígido

Este es el sistema que cuenta el vehículo Jeep Willys CJ-3A, es un sistema sencillo y antiguo que consta de una sola barra de acoplamiento (4) que va sujeta a los brazos en la rueda (3) y una palanca directriz o de mando (2). (Vaca Solis, 2014)

Figura 14.

Sistema de dirección



Nota. En la figura se observan los sistemas de dirección para eje delantero rígido.

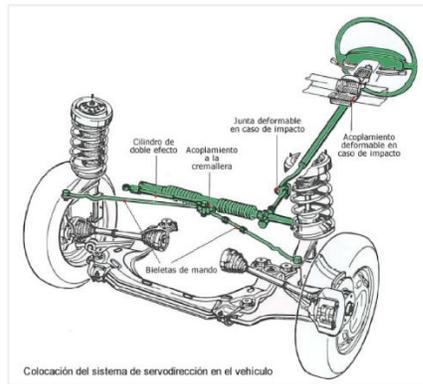
Recuperado de (Orozco, 2018)

2.4.3. Sistema de dirección mecánica

El mecanismo de la dirección mecánica consiste en orientar las ruedas para que estas dirijan la dirección del vehículo. La trayectoria en el automóvil se genera hacia cualquier sentido ya sea derecha o izquierda gracias a la dirección. Sin este mecanismo el vehículo solo tiende a moverse en línea recta. (Orozco, Prueba de ruta, 2018)

Figura 15.

Sistema de dirección mecánica.



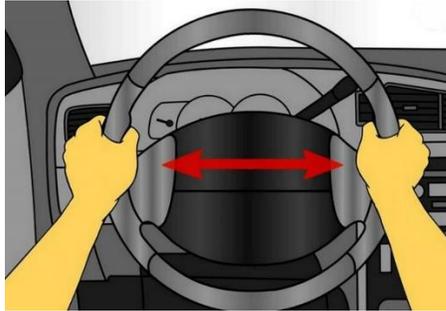
Nota. En la figura se muestra como está conformado el sistema de dirección mecánica, Tomado de (CDRwebAdmin, 2017)

2.4.4. Componentes

2.4.5. Volante

El volante es el elemento por el cual el conductor tiene contacto para así poder dirigir el movimiento del vehículo a través de las ruedas. Tiene una forma muy peculiar y ergonómica, para así facilitar el manejo del vehículo. La función principal del volante es reducir lo máximo posible el esfuerzo que realiza el chofer para así poder dar dirección a las ruedas. (Orozco, Prueba de ruta, 2018)

Figura 16.
Volante

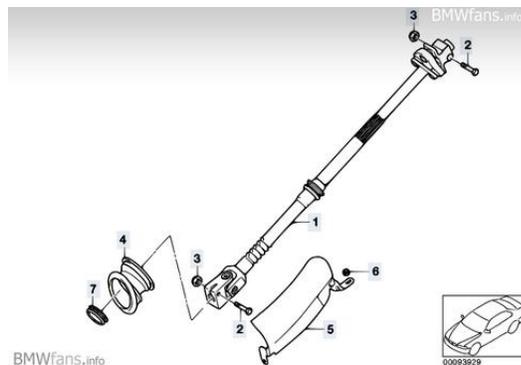


Nota. En la figura se muestra de un vehículo. Tomado de (Aparicio, 2020)

2.4.6. Columna de dirección

La función principal de la columna de la dirección es la de transmitir el movimiento generado por el volante y enviarla a la caja de la dirección. En la mayoría de automóviles vienen con un diseño retirable, que cuentan con dos tres piezas. (este no es el caso del vehículo Jeep Willys) con el fin de evitar lesiones al conductor en caso de algún siniestro. (Orozco, Prueba de ruta, 2018)

Figura 17.
Columna de dirección



Nota. En la figura se muestra la columna de dirección de eje rígido. Tomado de (ANONIMO, 2015)

2.4.7. Caja de dirección

En el caso de la caja de dirección es quien recibe el movimiento transmitido por el volante y la caña de la dirección, la función de éste es transformar el movimiento

giratorio en un movimiento rectilíneo que permita mover de derecha a izquierda al vehículo. (Orozco, Prueba de ruta, 2018)

Figura 18.

Caja de dirección.

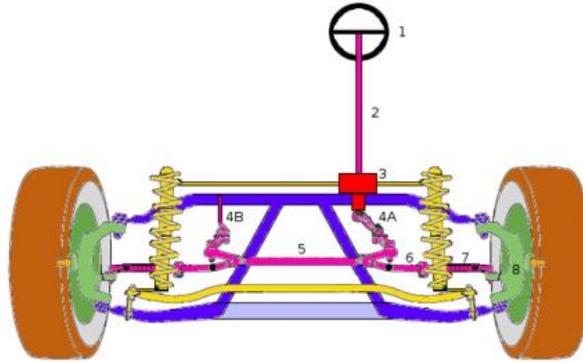


Nota. En la figura se observa una caja de dirección de un vehículo con dirección mecánica. Tomado de (Raffino, 2021)

2.4.8. Brazo de mando

La ubicación del brazo de mando es la parte final de la caja de dirección, es quien orienta el movimiento causado por los anteriores elementos ya mencionados. El movimiento que realiza es a través de un brazo de mando que se encuentra junto a la palanca de ataque y otras barras que se acoplan con la dirección. También existen otros sistemas con mecanismo que se encuentra directamente unido con el brazo de las ruedas, por lo general se visualiza este sistema en los de cremallera. (Orozco, Prueba de ruta, 2018)

Figura 19.
Brazo de mando



Nota. Esquema de un sistema de dirección tipo Ackerman. (1: Volante; 2: Columna de dirección; 3: Engranaje de la dirección; 4A: Brazo de mando; 4B: Brazo tensor; 5: Tirante central; 6: Tirante interno; 7: Mangueta de ajuste; 8: Brazos de los tirantes). Tomado de (tutorica, 2017)

2.4.9. Condición de Ackerman

Los automóviles de pasajeros tienen una geometría en la dirección entre la dirección paralela y la dirección Ackerman. Cuando se usa la dirección Ackerman en los automóviles de pasajeros, u otro tipo de automóvil sometido a aceleración lateral baja, lo más probable es que giren las ruedas libremente ya estas son direccionadas para poder tomar una curva en común.

Para ello utilizaremos la siguiente fórmula:

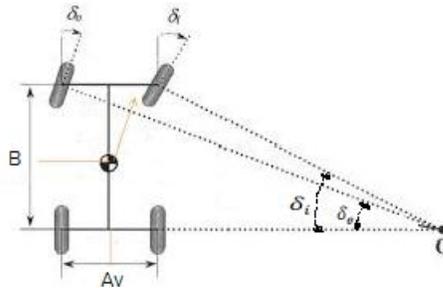
$$\cot \delta_e - \cot \delta_i = \frac{A_v}{B}$$

Donde:

A_v : ancho de vía trasero

B : batalla o ancho entre ejes

Figura 20.
Condición de Ackerman.



Nota. En la figura se muestra los ángulos de giro

2.5. Fuerza en los neumáticos

2.5.1. Fuerzas laterales

Las fuerzas laterales se dan en el centro del área que hace contacto la carretera con el neumático, viéndolo desde el plano horizontal cuando se crea el contacto a la carretera y perpendicular a la dirección, se va a crear una fuerza transversal.

2.5.2. Ángulo de deriva

El neumático cuando gira se encuentra sometido a una fuerza lateral, tiende la dirección a moverse hacia un costado. Este ángulo que se forma entre la dirección y el eje longitudinal de la rueda se lo llama ángulo de deriva.

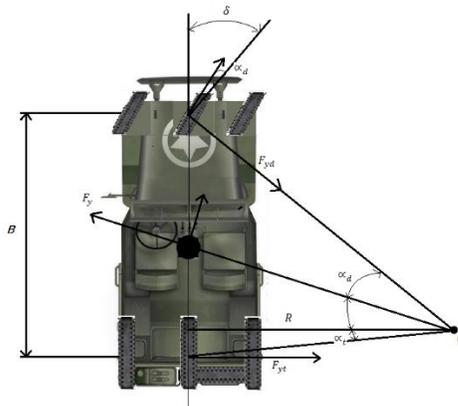
2.5.3. Rigidez de deriva

Es un atributo sumamente necesario en el proceder del automóvil en cuestión del manejo en las curvas y la estabilidad en la calzada, viéndolo de la manera gráfica es la inclinación donde inicia la curva "momento – ángulo de declive ". Dicha rigidez de deriva difiere de varias situaciones, las más sobresalientes son las dimensiones de la rueda, las varias capas que utiliza, el ángulo del labrado, ancho del neumático y el modelo de la banda del neumático.

2.6. Modelo simplificado para la evaluación del comportamiento direccional

El análisis del funcionamiento del comportamiento direccional de un automóvil se puede complicar de una manera gradual, a todo esto, infieren varias situaciones tanto del automóvil como las partes principales que conforman el funcionamiento de la dirección de un automóvil tales como: los ángulos formados por los neumáticos que dan la dirección cuando el chofer lo ejecuta girando el volante, y también los ángulos de deriva en las ruedas. Los ángulos de deriva toman valores diferentes de cero, siempre y cuando el automóvil tenga una fuerza actuando sobre él que sean correspondiente a la fuerza de contacto que se efectúa entre la rueda y el suelo.

Figura 21.
Comportamiento direccional.



Nota. En la figura de muestra la dirección de las fuerzas

$$F_y = m \cdot \alpha_y = \frac{P}{g} \cdot \frac{V^2}{R}$$

Donde:

$m = masa$

$\alpha_y = aceleracion$

$P = peso$

$g = \text{gravedad}$

$V = \text{velocidad}$

$R = \text{radio}$

$$F_{yd} = md \cdot \frac{V^2}{R}$$

$$F_{yt} = mt \cdot \frac{V^2}{R}$$

Donde:

$F_{yd} = \text{fuerza lateral eje delantero}$

$F_{yt} = \text{fuerza lateral eje trasero}$

2.7. Respuesta direccional. Vehículos neutros, subviradores y sobreviradores

Para conocer si un vehículo es considerado direccionalmente como neutro, subvirador o sobrevirador, va a depender del valor que adquiera K_v .

Vehículo neutro: $K_v = 0$

Vehículo de subvirador: $K_v > 0$

Vehículos sobrevirador: $K_v < 0$

Relacionando los ángulos de deriva y el coeficiente de viraje se obtiene lo siguiente:

$$\alpha_d - \alpha_t = K_v \cdot \frac{V^2}{g \cdot R}$$

Tomando en cuenta el signo que obtenga K_v de la diferencia de $\alpha_d - \alpha_t$, se determina que:

Vehículo neutro: $\alpha_d = \alpha_t$

Vehículo de subvirador: $\alpha_d > \alpha_t$

Vehículos sobrevirador: $\alpha_d < \alpha_t$

Se toma en cuenta estos valores de circulación, de radio y velocidad en una curva, el automóvil neutro demostrara una deriva similar a los neumáticos delanteros como a los traseros. En los automóviles sobreviradores el ángulo de deriva es más elevado en el eje posterior, por ende, tiende a apearse más a la curva. En un automóvil subvirador el ángulo de deriva será superior en el tren posterior, porque tiende a ser más abierto que en un vehículo neutro.

Vehículo neutro:

$$\delta = \frac{B}{R}$$

En un automóvil subvirador tiene el ángulo de guiado, por ende, el timón o volante deberá ser más grande con la velocidad. Esto quiere decir que a mayor velocidad que se pasa toca de girar más el volante del automóvil, ya que el tren posterior tiende a irse hacia afuera de la curva.

Vehículo subvirador:

$$\delta = \frac{B}{R} + K_v \cdot \frac{V^2}{g \cdot R}$$

En un automóvil sobrevirador, tiende a desplazarse hacia afuera de la curva, debido a la tendencia que se tiene en el tren posterior, este tipo de automóviles tienden a realizar un menor giro al volante aumentarse la velocidad. Este tipo de vehículos cuando llegan a una velocidad determinada, denominada velocidad critica.

$$\delta = \frac{B}{R} - |K_v| \cdot \frac{V^2}{g \cdot R}$$

$$V_{cri} = \sqrt{\frac{g \cdot B}{|K_v|}}$$

2.8. Software de CAD

2.8.1. Características y uso.

Según (JIMÉNEZ, 2018) El software de diseño mecánico es una herramienta de diseño de modelado sólido paramétrica y basada en operaciones que aprovecha la facilidad de aprendizaje de la interfaz gráfica de usuario de Windows™. Puede crear modelos sólidos en 3D totalmente asociativos con o sin restricciones mientras utiliza al mismo tiempo las relaciones automáticas o definidas por el usuario para capturar la intención del diseño.

2.9. Normativas aplicadas.

2.9.1. Reglamento técnico ecuatoriano RTE INEN 031

El reglamento técnico establece que el líquido debe tener un punto de ebullición mínimo detallado en la normativa NTE INEN 442:1896.

En el inciso 5.1.1.8.1 se establece que los Líquidos tipo A (DOT3) y Tipo B (DOT4) tienen puntos de ebullición mínimos de 205°C y 232°C, respectivamente.

2.9.2. Reglamento N 13-H. Disposiciones uniformes sobre la homologación de los vehículos de turismo en lo relativo al frenado.

Para efectos del estudio del presente proyecto de titulación se ha considerado el reglamento técnico RTE INEN 034 "Elementos mínimos de seguridad en vehículos automotores" que en el inciso 4.3.2 indica que "Los frenos de los vehículos deben cumplir con lo establecido en la reglamentación técnica N° 13-H de la Organización de Naciones Unidas.

2.9.2.1. Eficacia de los sistemas de frenado.

Los frenos de servicio se ensayarán de acuerdo a los parámetros indicados a continuación.

Tabla 3.*Eficiencia de los sistemas de frenado*

A. Ensayo del tipo motor desembragado	v $s \leq$ $d_m \geq$	60km/h $0.1 v + 0.0060v^2$ $6.43 m/s^2$
B. Ensayo del tipo motor embragado	v $s \leq$ $d_m \geq$	80% $v_{max} \leq 105\text{km/h}$ $0.1 v + 0.0067 v^2$ $5.76 m/s^2$
	f	6,5 – 50 daN

Donde:

$v = \text{velocidad de ensayo en } \frac{km}{h}$

$s = \text{distancia de frenado en metros}$

$d_m = \text{desaceleración media estabilizada en } \frac{m}{s^2}$

$f = \text{fuerza ejercida sobre el pedal del freno}$

$v_{max} = \text{velocidad máxima del vehículo en } \frac{km}{h}$

La eficacia en caliente no será inferior al 75 % de lo exigido, ni inferior al 60 % de la cifra registrada en el ensayo del tipo 0 con el motor desembragado.

2.9.3. Reglamento técnico ecuatoriano RTE INEN 2 349:2003

En el inciso 3.1.4 establece que se realiza en el banco de prueba para deriva dinámica, en el que consiste en deslizar el vehículo por una placa que cuenta con sensores para demostrar el deslizamiento lateral de las ruedas de dirección del vehículo, y determinará el estado del sistema integral de dirección.

En el inciso 5.3.2.2 establece que se realiza una inspección visual de acuerdo al tipo de vehículo y su configuración original, en los vehículos de más de tres ruedas revisar el juego de volante y determinar en qué rango se encuentra:

- 1° - 45°
- 46° - 59°
- 60° en adelante.

2.9.4. Reglamento técnico ecuatoriano RTE INEN 034:2010

En el inciso 4.7 establece que “los vehículos automotores deben contar con un sistema de dirección asistida, prohibiéndose modificar el sistema original diseñado por el fabricante.”

Capítulo III

3. Cálculos y modelados de los sistemas de frenos y dirección.

3.1. Consideraciones iniciales

Tabla 4.

Datos del vehículo.

Los datos del vehículo son los siguientes:

N°	PARÁMETROS	SÍMBOLO	UNIDAD	VALOR
2	Masa del vehículo sin carga (masa neta)	M_o	kg	673
3	Masa del vehículo con pasajeros (2 personas)	M_o	kg	813
4	Velocidad máxima del vehículo	V	km/h	105
5	Coefficiente de adherencia	φ		0.8
6	Coefficiente de rozamiento o fricción	f		0.04
7	Distribución de la masa (peso) entreejes	P_d — P_r	%	60/40
8	Ancho de vía trasero	A_v	m	1.36
9	Batalla	B	m	2.02
10	Ángulo de guiado derecho	δ_e	°	36.87

3.2. Capacidad de frenado.

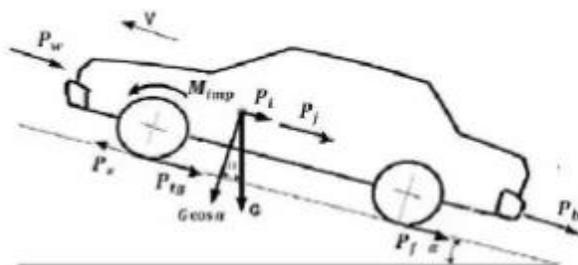
Para la realización del cálculo de este proyecto de investigación se ha considerado los siguientes parámetros:

3.2.1. Dinámica de los vehículos

Las fuerzas que actúan en un vehículo son las que se muestran en la Figura 22. Y se pueden expresar a través de la ecuación diferencial

Figura 22.

Fuerzas que actúan en el movimiento de un vehículo.



Nota. En la figura se detallan las fuerzas que intervienen en el movimiento de un vehículo. Tomado de (Riofrio, 2009)

$$\frac{dv}{dt} = \frac{g}{\delta gir * G} * (P_{tg} - P_{\psi} - P_W - P_{bt}) = g * \left(\frac{P_{tg} - \Sigma P_r}{\delta gir * G} \right)$$

Ecuación 1.

Aceleración del vehículo

Donde:

$$\frac{dv}{dt} = \text{Aceleración del vehículo} \left[\frac{m}{s^2} \right]$$

$$g = \text{Aceleración de la gravedad, } g = 9,8 \frac{m}{s^2}$$

$$G = \text{Peso del vehículo} = m * g$$

$$G = 674 \text{ kg} * 9,8 \frac{m}{s^2} = 6700.23 \text{ N}$$

δgir = Coeficiente de masas giratorias

Este coeficiente toma en cuenta todas las piezas que están en movimiento en el vehículo

$$\delta gir = 1 + \frac{g}{G * r_r^2} * (I_m + i_{tr}^2 + n_{tr} + \Sigma I_x * i_x^2 * n_x + I_r + I_d)$$

Ecuación 2

Donde:

$$r_r = \text{Radio dinámico de las ruedas [m].}$$

Este radio se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$r_r = 0.0254 (0.5 * D) + \gamma * H$$

Ecuación 3

Donde:

$$D = \text{Diámetro interno del neumático o rin, [pulg], 15 pulg, 0.381m}$$

$$H = \text{Perfil del neumático [m] = 0.1765m}$$

$$\gamma = \text{Coeficiente de deformación de la altura del neumático, 0.95}$$

Sustituyendo:

$$r_r = 0.0254 (0.5 * 0.381) + 0.95 * 0.175$$

$$r_r = 0.171m$$

$$I_m = \text{Momento de inercia del motor [kg * m^2]}$$

$$i_{tr} = \text{Relación de transmisión de la caja .}$$

$$n_{tr} = \text{Rendimiento mecánico de la transmisión [0.88 ... 0.93], 0.9}$$

$$I_x = \text{Momento de inercia de las piezas de la transmisión [kg * m^2]}$$

$$i_x = \text{Relación de transmisión de la transmisión.}$$

$$n_x = \text{Rendimiento mecánico de la transmisión}$$

$I_r =$ Momento de inercia de las ruedas traseras [$kg * m^2$]

$I_d =$ Momento de inercia de las ruedas delanteras [$kg * m^2$]

Para vehículos livianos se determina

$$\delta gir = 1.04 + 0.05 * i_{cv}^2$$

$$i_{cv} = 0.77: 1 \text{ Relación de las engranajes}$$

Sustituyendo

$$\delta gir = 1.04 + 0.05 * 0.77^2 = 1.42$$

Fuerza tangencial de tracción (P_{tg})

Es la fuerza que provee el motor para que el vehículo se desplace y es igual en magnitud, pero en sentido contrario a la fuerza de reacción del camino respecto del vehículo.

$$P_{tg} = \frac{M_{imp}}{r_r} = \frac{M_e * i_{tr} * n_{tr}}{r_r} = -P_x$$

Ecuación 4

Donde:

M_{imp} = Momento de impulsión aplicado a las ruedas

M_e = Momento efectivo que entrega el motor al régimen de giro de funcionamiento, 180Nm

i_{tr} = Relación de transmisión total del motor hasta las ruedas.

Esta relación de transmisión se calcula por la ecuación:

$$itr = icv * itp$$

Ecuación 5

Donde:

icv = Relación de transmisión en la caja de cambios, 0.77

itp = Relación de transmisión en el diferencial, 3.5

Sustituyendo

$$itr = 0.77 * 3.5 = 2.7$$

Sustituyendo

$$P_{tg} = \frac{M_{imp}}{r_r} = \frac{180 * 2.7 * 0.9}{0.124} = 3527.41 \text{ N}$$

Fuerza de resistencia al camino P_ψ

Esta fuerza de resistencia al camino está dada por dos componentes; la fuerza de resistencia al rodamiento P_f y la fuerza de resistencia a la pendiente P_i

Donde

$$P_\psi = G * (f * \cos \alpha + \sin \alpha) = \psi * G$$

Ecuación 6

Donde

$$\psi = 0.04 * \cos(20) + \sin(20) = 0.379$$

Sustituyendo

$$P_\psi = 0.379 * 683 * 9.81 = 2539.38 \text{ N}$$

Sustituyendo

$$\frac{dv}{dt} = \frac{9.81}{1.06 * 18531} * (P_{tg} - P_\psi - P_w - P_{bt}) = g * \left(\frac{P_{tg} - \sum P_r}{\delta gir * G} \right)$$

Fuerza de resistencia a la rodadura (P_f).

Esta resistencia representa lo que le cuesta a una rueda rodar sobre el suelo. La resistencia a la rodadura depende del peso total del vehículo y de la presión de inflado de las llantas, así como de su coeficiente de resistencia a la rodadura que es un valor que depende del material y de los factores ambientales.

Su valor se calcula por la expresión:

$$Pf = G * \cos(\alpha) * f$$

Ecuación 7

Donde:

f = Coeficiente de resistencia a la rodadura, 0.04 para camino de tierra

Este coeficiente depende del tipo de terreno por el que circula el vehículo, así como también de las características del neumático

α = ángulo delantero de trafabilidad, 20° para automóviles de trafabilidad común, de acuerdo a la siguiente tabla Chudakov, D.A (pag.239)

Tabla 5.

Fuerzas de rodadura

	α
En los automóviles de turismo de trafabilidad común	20-30
En los camiones de trafabilidad común	40-50
$Pf = 6700.23 * \cos(20^\circ) * 0.04$ $Pf = 109.34N$	

Fuerza debido a la pendiente (Pi).

La resistencia de una pendiente depende del perfil de la calzada y de la masa del vehículo. El vehículo precisa disponer de una mayor fuerza de propulsión para vencer la resistencia ofrecida por la pendiente. Esta fuerza puede ser positiva si ayuda al

movimiento del vehículo (cuando va en bajada de una pendiente) o negativa, si se convierte en una resistencia al movimiento (cuando va en subida de una pendiente).

Se determina por la expresión:

$$P_i = G * \sin(\alpha)$$

Ecuación 8

Sustituyendo:

$$P_i = 6700.23 * \sin(20^\circ)$$

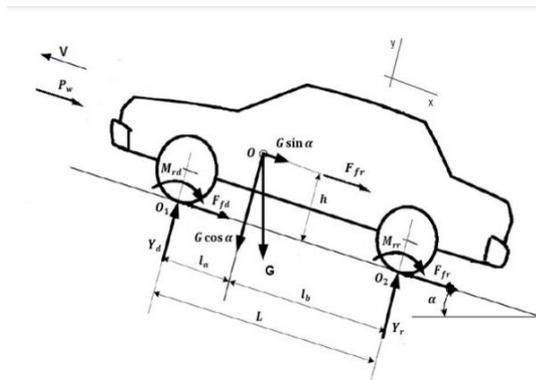
Dinámica de frenado

Para evaluar las características del frenado se utilizan los siguientes parámetros.

- Valor máximo de desaceleración.
- Recorrido mínimo de frenado.
- Tiempo mínimo de frenado.

Figura 23

Dinámica de frenado



Nota. En la figura se muestran las fuerzas que actúan sobre los dos ejes vehículo en el momento del frenado. Tomado de (Vaca Solis, 2014)

Frenado con el motor desembragado.

Este modo de frenado se presenta cuando se desacopla la caja de cambios del motor y por lo tanto este no ejerce influencia con el frenado.

En este caso la fuerza de frenado se determina por:

$$F_{fr} = \frac{\sum M_{rfr}}{r_r}$$

Ecuación 9

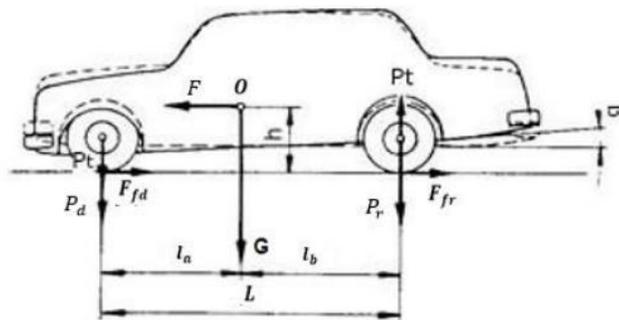
Donde:

$\sum M_{rfr}$ = Suma de momentos de rozamiento en todos los frenos de las cuatro ruedas

La fuerza F_{fr} se calcula tomando en cuenta el centro de gravedad del vehículo.

Figura 24.

Centro de gravedad del vehículo.



Nota. En la figura se muestran los parámetros para el cálculo del centro de gravedad del vehículo. Tomado de (Santiago Cartagena, 2005)

Peso Transferido.

En el momento del frenado generalmente el peso transferido al eje delantero suele ser aproximadamente entre el 20% y el 25% del peso total del vehículo, calculándose con la ecuación.

$$P_t = 0.23 * G$$

Ecuación 10

Fuerza de frenado máxima.

$$F_{fmax} = \varphi * G$$

Ecuación 11

$$F_{fmax} = 0.8 * 6700.23$$

$$F_{fmax} = 5360.184N$$

Donde:

φ = Coeficiente de adherencia de los órganos motrices con el camino.

Este coeficiente puede tomar diferentes valores en dependencia del tipo de órgano motriz (neumáticos, cadenas). (Alex de la Cruz, 2014)

Para neumáticos se utiliza el valor de 0.8 en vehículos livianos.

Peso transferido al eje delantero.

$$P_t = 0.23 * 6700.23$$

$$P_t = 1541.05$$

Carga dinámica real sobre cada eje.

El reparto de cargas sobre los ejes del vehículo, según la posición del grupo moto propulsor, suele estar comprendido entre los siguientes valores.

Motor delantero y propulsión trasera: el 50% para cada eje.

Para el eje delantero.

$$P_{Rdel} = G * 0.5 + P_t$$

Ecuación 12

$$P_{Rdel} = 6700.23 * 0.5 + 1541.05$$

$$P_{Rdel} = 4891.16N$$

Para el eje trasero.

$$P_{Rtras} = G * 0.5 - P_t$$

Ecuación 13

$$P_{Rtras} = 6700.23 * 0.5 - 1541.05$$

$$P_{Rtras} = 1809.65 N$$

Fuerza de frenado en cada eje.

Para el eje delantero.

$$F_{frd} = P_{Rdel} * \varphi$$

Ecuación 14

$$F_{frd} = 4891.16 * 0.8 = 3912.92 N$$

Para el eje trasero.

$$F_{frt} = P_{Rtras} * \varphi$$

Ecuación 15

$$F_{frt} = 1809.65 * 0.8 = 1447.72 N$$

Fuerza de frenado en cada rueda delantera y trasera.

En cada rueda se ejerce la mitad de la fuerza de frenado de cada eje.

Para las ruedas delanteras:

$$F_{(frd)rueda} = \frac{F_{frd}}{2}$$

Ecuación 16

$$F_{(frd)rueda} = \frac{3912.92}{2} = 1956.46 \text{ N}$$

Para las ruedas traseras

$$F_{(frt)rueda} = \frac{F_{frt}}{2}$$

Ecuación 17

$$F_{(frt)rueda} = \frac{1447.72}{2} = 723.86 \text{ N}$$

Eficiencia de frenado

La eficacia en el frenado de un vehículo se mide en porcentaje, en función del peso que ejercen las ruedas y la fuerza de frenado que es aplicado a cada eje (Ocaña, 2012)

$$Eficacia \text{ de frenado} = \frac{\Sigma F \text{ frenos}}{\text{Peso}} \cdot 100 (\%)$$

Ecuación 18

Para el eje delantero

$$E = \frac{3912.92}{4890.58} * 100$$

$$E = 80.00\%$$

Para el eje posterior

$$E = \frac{1447.72}{1809.65} * 100$$

$$E = 80.00\%$$

Lo que realmente da a conocer la eficacia de frenado de un automóvil es el grado de deceleración que se produce en el vehículo al frenar. Una eficacia de un 100%

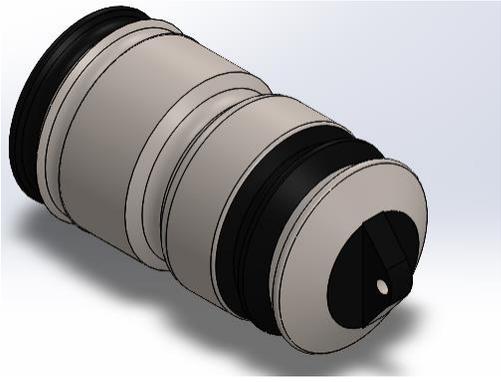
representa una desaceleración aproximada de 1g, es decir, unos 10 m /s. (Ocaña, 2012)

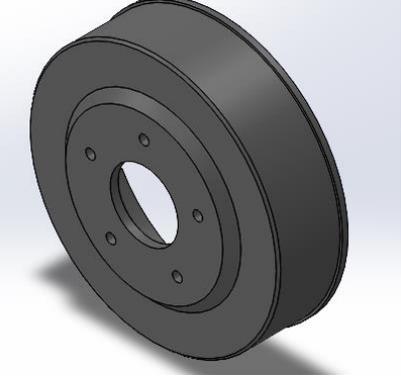
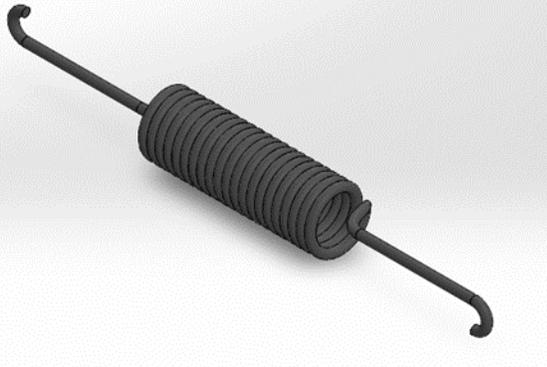
3.3. Modelado en CAD del sistema de frenos del vehículo Jeep Willys CJ3A

Mediante el software de simulación CAD se realizó los elementos que conforman el sistema de freno que utiliza el vehículo Jeep Willys

Tabla 6.

Elementos del sistema de frenos del vehículo Jeep Willys CJ-3A

NOMBRE	ELEMENTO	MATERIAL
Zapata		Aleación de aluminio 2024 T6 con grafito y metales en polvo
Cilindro de rueda		Hierro Nodular

NOMBRE	ELEMENTO	MATERIAL
Tambor		Hierro fundido
Muelle recuperador		Acero medio carbón
Elemento de ajuste automático		Hierro nodular

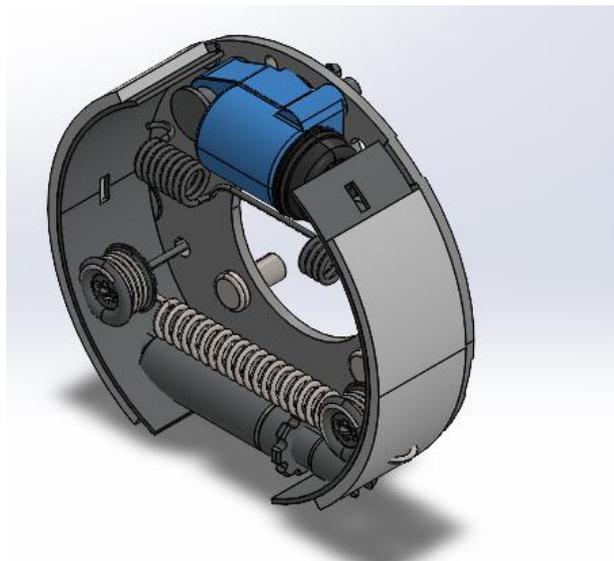
NOMBRE	ELEMENTO	MATERIAL
Plato de freno		Hierro fundido

3.4. Ensamblaje en CAD del sistema de frenos del vehículo Jeep Willys CJ3A

En la figura se muestra el ensamble completo del sistema de frenos realizado en el software de diseño, dando los materiales adecuados a cada elemento

Figura 25

Ensamblaje del tambor de frenos



Nota. En la figura se observa el ensamble completo del tambor de frenos.

3.5. Cálculos en la dirección

3.5.1. Ángulo Ackerman

Una vez obtenidos los datos iniciales que son $Av=136\text{cm}$ y la batalla $B=202\text{cm}$, se mide el ángulo de giro en el neumático izquierdo, mediante el cálculo podemos obtener el valor del ángulo de guiado derecho $\delta_e = 36.87^\circ$

$$\text{Cot}\delta_e - \text{Cot}\delta_i = \frac{Av}{B}$$

Ecuación 19

Condición Ackerman

Donde:

δ_e = Ángulo de Guiado Derecho

δ_i = Ángulo de Guiado Izquierdo

Av = Ancho de vía trasero

B = Batalla

$$\text{Cot}\delta_i = \text{Cot}36.87^\circ - \frac{136\text{cm}}{202\text{cm}}$$

$$\text{Cot}\delta_i = 87.77311899$$

$$\delta_i = 25.72^\circ$$

3.5.2. Fuerzas laterales

La fuerza lateral total, se la calcula imponiendo una aceleración de 2G's. que es la aceleración tomada para el cálculo.

Datos:

Masa=673Kg

hs=50cm

$$F_y = m \cdot a_y$$

Ecuación 20**Fuerza lateral**

Donde:

F_y = fuerza lateral

m = masa

a_y = aceleración

$$F_y = 673kg(2 * 9.81)$$

$$F_y = 13204.26N$$

Para que un automóvil tome una curva, es necesario que haya una fuerza que sea igual a su módulo y dirección, pero esta debe ser en sentido opuesto, por esto se calcula las fuerzas laterales que se generan en cada eje.

En el cálculo del eje delantero, se toma como dato la velocidad límite de vuelco, para este análisis se toma el valor crítico que se obtiene mediante el cálculo que es 8.167 m/s

$$V = \sqrt{9.81 * 5 * \left(\frac{1.36}{0.5}\right)^2}$$

$$V = 8.167 \frac{m}{s}$$

Para calcular la fuerza que ejercen los ejes delanteros y traseros para los parámetros previamente establecidos se utiliza la siguiente ecuación

$$F_{yd} = md \cdot \frac{v^2}{R}$$

Ecuación 21

Fuerza lateral eje delantero

$$F_{yt} = mt \cdot \frac{v^2}{R}$$

Ecuación 22

Fuerza lateral eje trasero

Donde:

F_{yd} = fuerza lateral delantera

F_{yt} = fuerza lateral trasera

md = masa delantera

mt = masa trasera

v = velocidad

R = radio

Para calcular la masa delantera y trasera del vehículo se utiliza la siguiente fórmula.

$$md_s = \frac{673 * 0.93}{2.02m}$$

$$md_s = 309.85 \text{ kg}$$

$$mt_s = 363.15 \text{ kg}$$

Se calcula las fuerzas laterales tanto en el eje delantero como trasero.

$$F_{yd} = 309.85 \text{ kg} \left(\frac{\left(8.167 \frac{m}{s} \right)^2}{5m} \right)$$

$$F_{yd} = 4133.39 \text{ N}$$

$$F_{yd} = 929.22 \text{ lbf} \quad \alpha d = 2.4^\circ$$

$$F_{yt} = mt \cdot \frac{v^2}{R}$$

$$F_{yt} = 363.15 \text{kg} \left(\frac{\left(8.167 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{5\text{m}} \right)$$

$$F_{yt} = 4844.41 \text{N}$$

$$F_{yt} = 1089.07 \text{ lbf} \quad \alpha t = 2.9^\circ$$

Para calcular la rigidez a la deriva eje delantero y trasero se utilizan las siguientes fórmulas.

$$\alpha d = \frac{F_{yd}}{K_{ad}} = \frac{v^2}{g \cdot R} \cdot \frac{P d}{K_{ad}}$$

$$K_{ad} = \frac{F_{yd}}{\alpha d}$$

Ecuación 23

Rigidez de deriva eje delantero

$$K_{at} = \frac{F_{yt}}{\alpha t}$$

Ecuación 24

Rigidez de deriva eje trasero

Donde:

K_{ad} = rigidez de deriva en eje delantero

K_{at} = rigidez de deriva en el eje trasero

αd = ángulo determinado por la fuerza de eje delantero

αt = ángulo determinado por la fuerza de eje delantero

$$K_{ad} = \frac{4133.39}{2.4}$$

$$K_{ad} = 1722.26N$$

$$\alpha t = \frac{F_{yt}}{K_{at}} = \frac{v^2}{g \cdot R} \cdot \frac{P_t}{K_{at}}$$

$$K_{at} = \frac{F_{yt}}{\alpha t}$$

$$K_{at} = \frac{4844.41}{2.9}$$

$$K_{at} = 1670.49N$$

Para determinar el ángulo de guiado se utiliza la siguiente fórmula.

$$\delta = \frac{B}{R} + \left(\frac{P_d}{K_{ad}} - \frac{P_t}{K_{at}} \right) \cdot \frac{V^2}{g \cdot R}$$

Ecuación 25

Ángulo de guiado

Donde:

δ = ángulo de guiado

P_d = peso delantero

P_t = peso trasero

$$\delta = \frac{2.02m}{5m} + \left(\frac{3036.53}{1722.26} - \frac{3558.87}{1670.49} \right) \cdot \frac{8.167^2}{9.81 * 5}$$

$$\delta = -0.095$$

Para determinar el coeficiente de viraje se utiliza la siguiente fórmula.

$$K_v = \left(\frac{P_d}{K_{ad}} - \frac{P_t}{K_{at}} \right)$$

Ecuación 26

Coeficiente de viraje

Donde:

K_v = coeficiente de viraje

$$K_v = \frac{3036.53}{1722.26} - \frac{3558.87}{1670.49}$$

$$K_v = -0.37$$

3.6. Análisis de la respuesta direccional

Mediante el análisis se determina que es un automóvil sobrevirador, porque cumple la condición de $K_v < 0$.

Esto se da porque el automóvil tiene una batalla corta, esta es la condición que tienen los sobreviradores, bajo esta condición se debe tomar en cuenta cuando se llega a cierta velocidad la dirección tiende a ser nula, esto es por el movimiento del eje trasero, por lo que se suele realizar un contravolante.

Para determinar la velocidad crítica se utiliza la siguiente fórmula:

$$V_{cri} = \sqrt{\frac{g \cdot B}{|K_v|}}$$

Ecuación 27

Velocidad crítica

Donde:

V_{cri} = velocidad crítica

$$V_{cri} = \sqrt{\frac{9.8 \cdot 2.02}{0.37}}$$

$$V_{cri} = 11.38 \frac{m}{s}$$

$$V_{cri} = 39.6 \frac{km}{h}$$

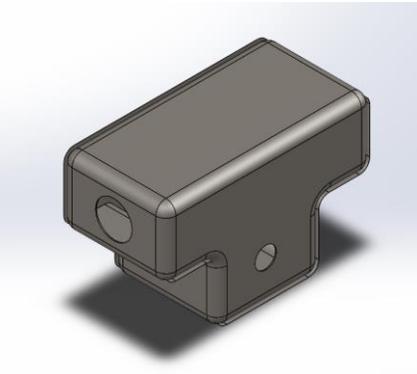
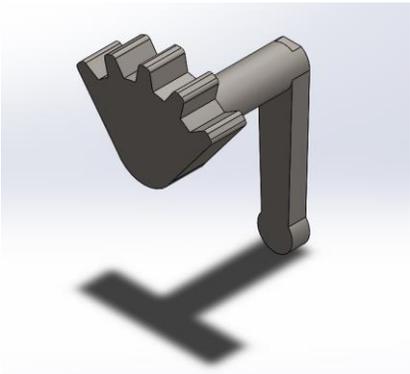
3.7. Modelado en CAD del sistema de dirección del vehículo Jeep Willys CJ3A

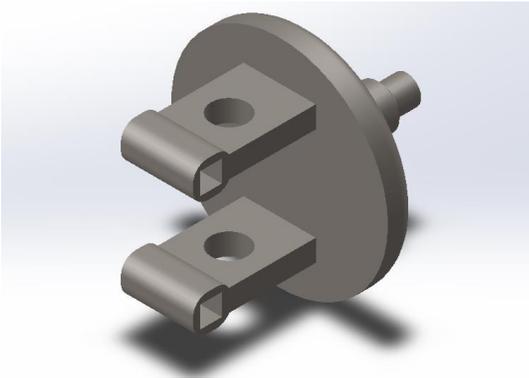
Mediante el software de simulación CAD se realizó los elementos que conforman el sistema de dirección que utiliza el vehículo Jeep Willys

Tabla 7.

Elementos del sistema de dirección del Jeep Willys CJ-5A

NOMBRE	ELEMENTO	MATERIAL
Volante		Alma de acero revestido de caucho
Caña de la dirección		Acero ASTM- A36

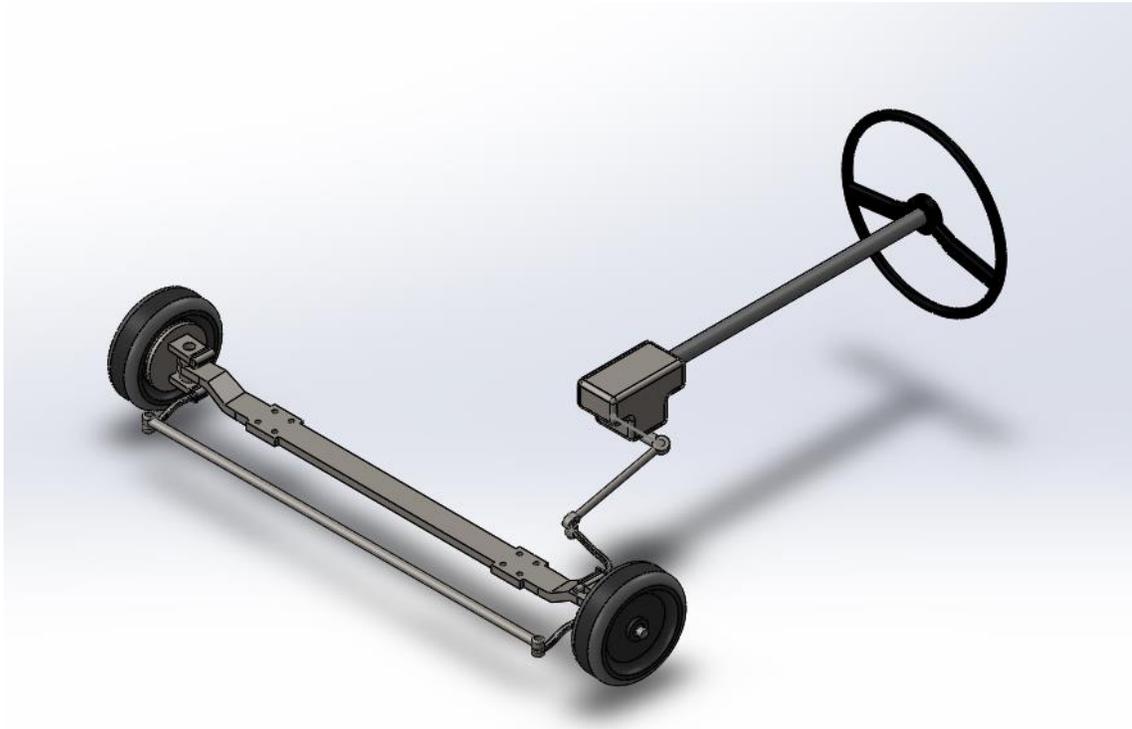
NOMBRE	ELEMENTO	MATERIAL
Caja de dirección		Acero ASTM A - 36
Brazo de mando		Acero F - 1120
Barra de acoplamiento		Acero ASTM- A36

NOMBRE	ELEMENTO	MATERIAL
Barra de acoplamiento		Acero ASTM- A36
Barra de acoplamiento		Acero F - 1120
Caja de reenvío		Acero ASTM- A36

3.8. Ensamblaje en CAD del sistema de dirección del vehículo Jeep Willys CJ3A

Figura 26

Ensamblaje del sistema de dirección.



Nota. En la figura se muestra el ensamblaje completo del sistema de dirección realizado en el software de diseño dando los materiales adecuados a cada elemento.

Capítulo IV

4. Simulación, pruebas y análisis de los sistemas de frenos y dirección.

Se realizaron las pruebas de ruta con el vehículo a diferentes condiciones y estilos de conducción para comprobar el rendimiento de los sistemas de dirección y frenos, así también, se realizaron las simulaciones para comprobar que el diseño de los sistemas soporte las cargas previamente calculadas.

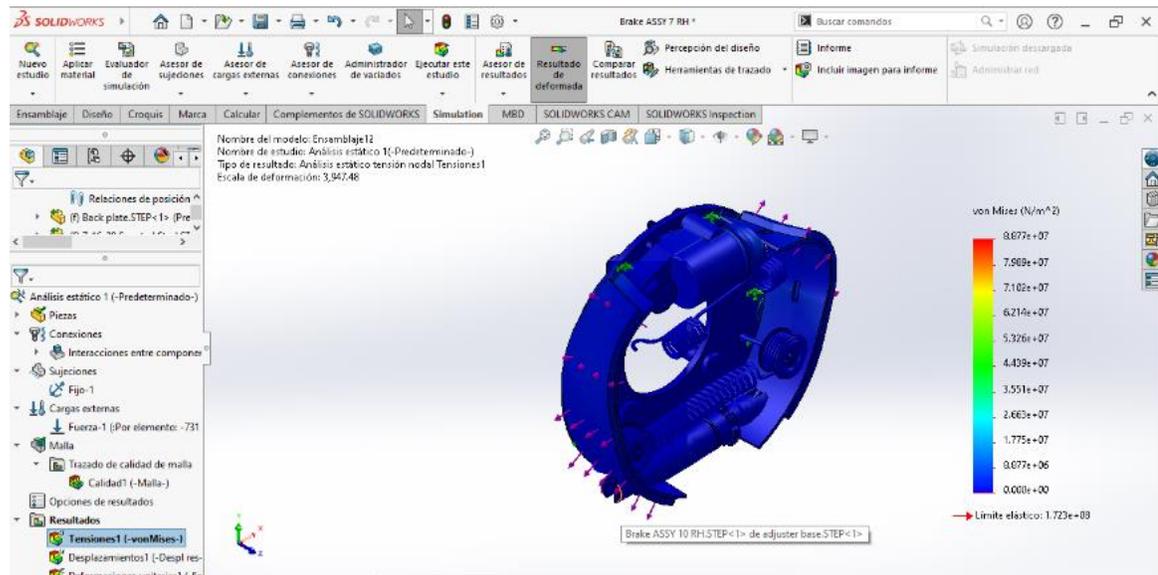
4.1. Simulación del sistema de frenos

Utilizando el análisis estático proporcionado por el software de simulación CAD, se determina si el comportamiento mecánico realizado en el sistema de frenos es apropiado bajo las condiciones extremas de funcionamiento previamente calculadas, de acuerdo a los materiales indicados en las tablas 5 y 6.

Donde se pudo determinar las tensiones generadas, el desplazamiento, la deformación y el factor de seguridad.

Para la simulación se toma como parte fija al plato de freno y se aplica una fuerza generada en el bombín de frenos es de 1956.46 N

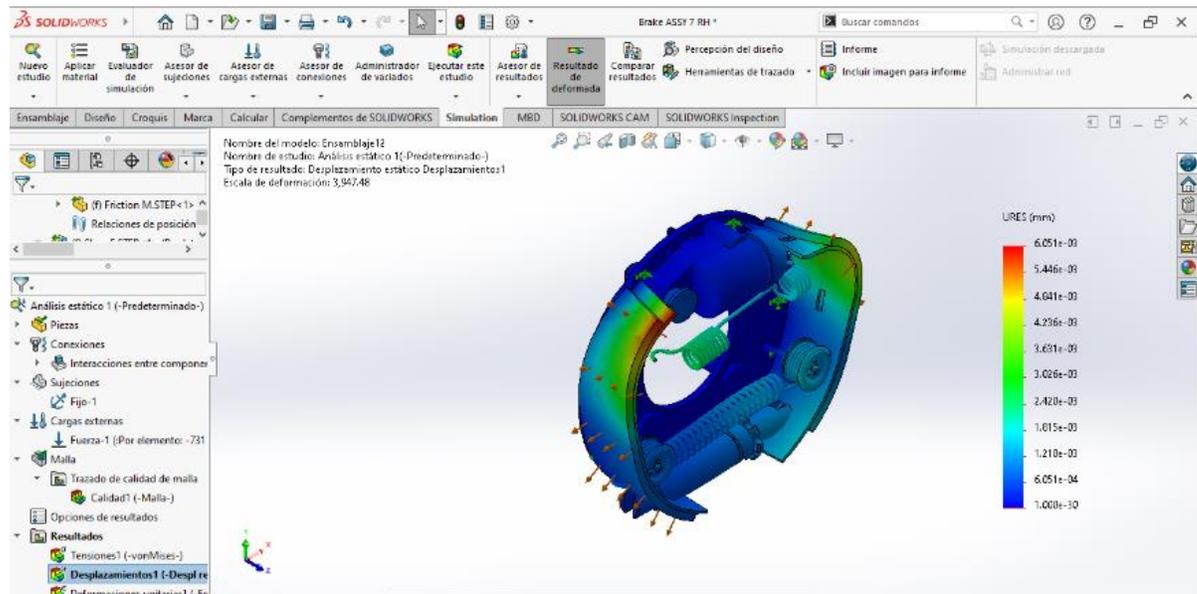
Figura 27.
Análisis de tensión de tambor



Nota. La figura muestra las tensiones generadas en el tambor

En el análisis de deformación se obtiene un límite elástico de $1.723 \times 10^8 \text{ Pa}$ para el material con menor resistencia y la escala de deformación máxima es de 3.947×10^2 cumpliendo con los parámetros de diseño.

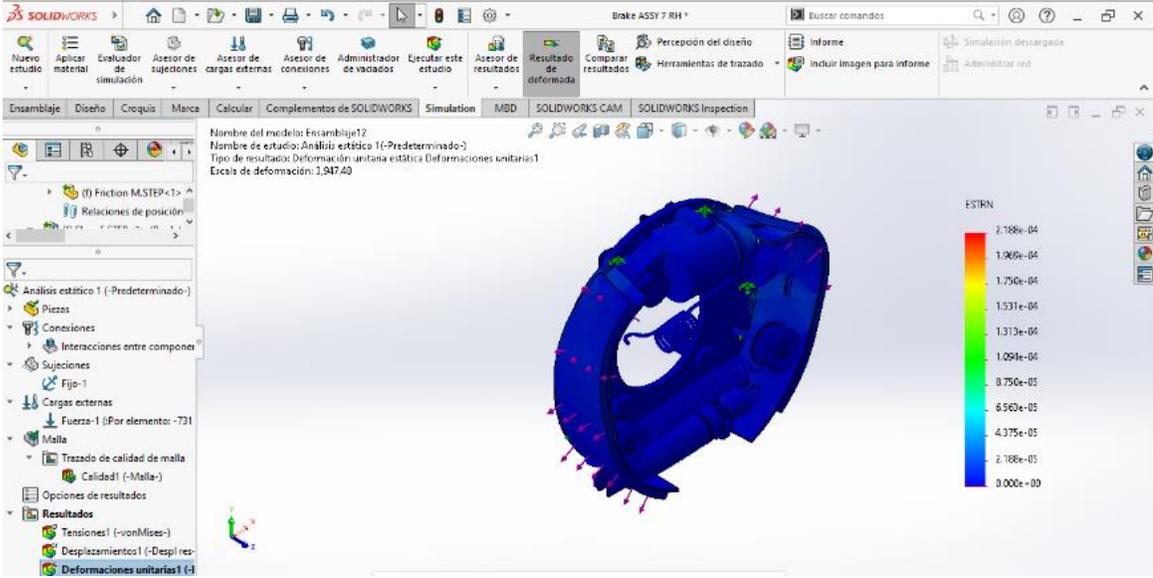
Figura 28
Análisis de desplazamiento de tambor



Nota. La figura muestra los elementos que se desplazan en el tambor

En la figura 28 se determina los valores de desplazamiento de los elementos del sistema de freno, siendo el desplazamiento más alto de 5.44×10^{-3} en las zapatas en el punto de accionamiento del cilindro de rueda donde se aplicó la fuerza máxima de frenado de 5360.184N calculada en el capítulo anterior.

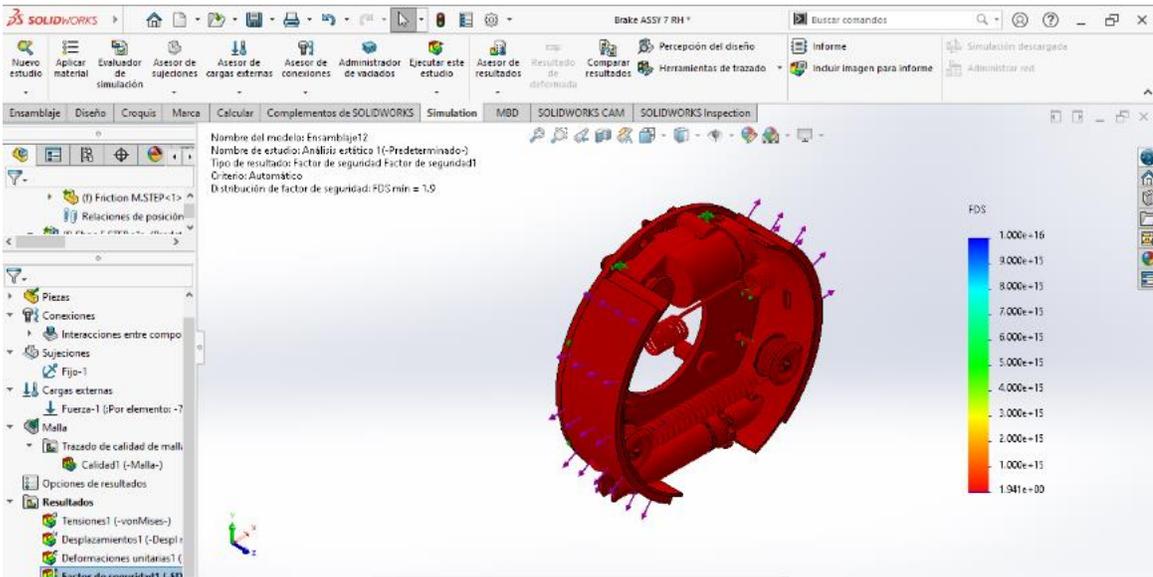
Figura 29
Análisis de deformación de tambor



Nota. La figura muestra la deformación que se da en el sistema de frenos

En la figura 29 se observa el análisis de deformación unitaria en el sistema de frenos de tambor, se determina que no existe deformación, la misma debe ocurrir en el muelle por la tensión a la que está sometida

Figura 30.
Análisis del factor de seguridad de tambor



Nota. La figura muestra los valores del factor de seguridad

En la figura 30 observamos el valor del factor de seguridad que es 1.9, esto nos indica que el sistema de frenos actúa de una manera adecuada a las exigencias extremas de funcionamiento las cuales fueron calculadas.

4.2. Simulación del sistema de dirección.

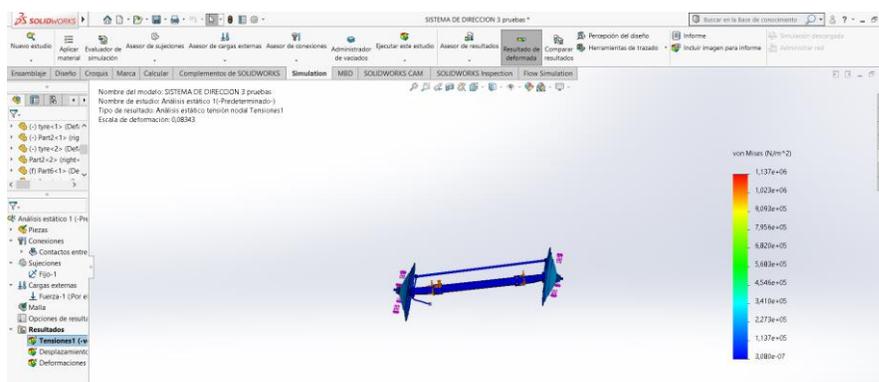
Para la simulación del sistema de dirección se utiliza un software de diseño capaz de determinar análisis estáticos para determinar los comportamientos mecánicos que vaya a realizar dicho sistema. Para esto se va a utilizar condiciones extremas de funcionamiento que se calcularon previamente.

Se insertó los materiales a los elementos que conforman el sistema.

Se determinará tensiones generadas, desplazamientos, deformaciones y el factor de seguridad.

Para dicha simulación se fijó el parante delantero del chasis y se aplicó una fuerza de 4133.39 N en los neumáticos

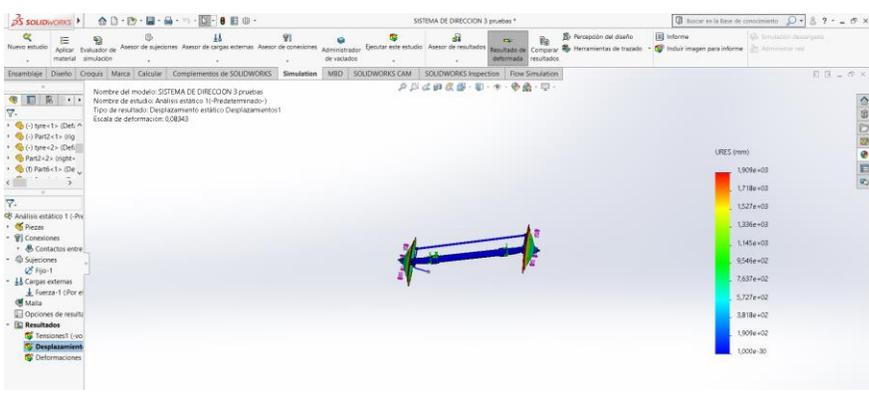
Figura 31.
Análisis de tensiones en el sistema de dirección



Nota. En la figura se muestra las tensiones generadas en el sistema de dirección

En el análisis de deformación se obtiene un límite elástico de $1.137 \times 10^5 Pa$ para el material con mayor resistencia y el material ASTM – A36 tiene una resistencia de $5.50 \times 10^6 Pa$, lo cual cumple con los parámetros de diseño

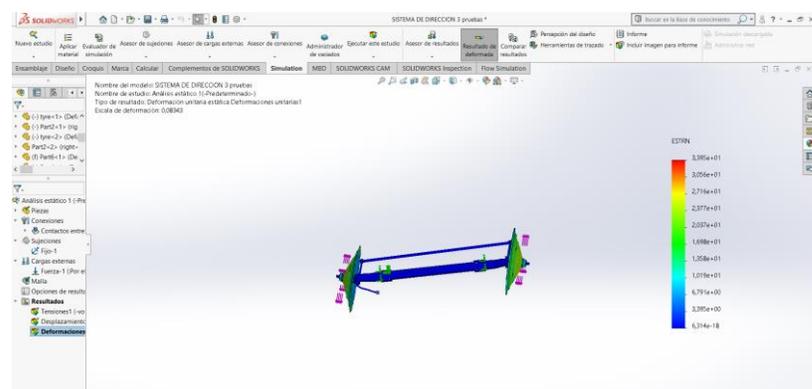
Figura 32.
Análisis de desplazamiento en el sistema de dirección



Nota. En la figura se muestra los desplazamientos que se generan en el sistema de dirección

En la figura 32 se observa los desplazamientos que existen en los elementos del sistema de dirección, el cual da un valor máximo de $3.818 \times 10^2 mm$ en el sistema y el material soporta una elongación superior a esta.

Figura 33.
Análisis de deformación en el sistema de dirección

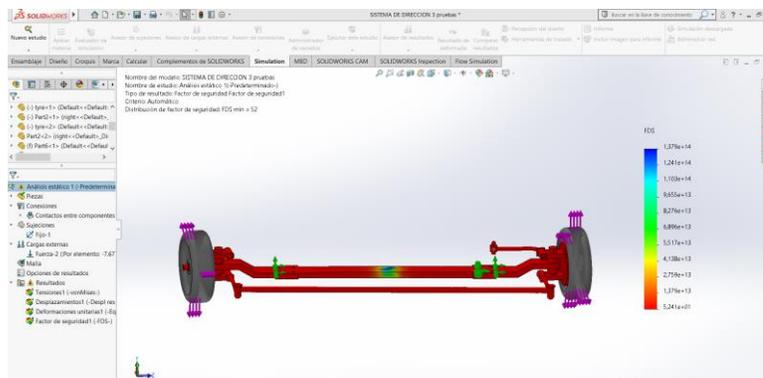


Nota. En la figura se muestra la deformación causada por la fuerza aplicada en los neumáticos

En la figura 33 se observa las deformaciones en el sistema, la menor es de $6.314 * 10^{-18}$ ESTRN la cual es un valor mínimo que no interfiere con el funcionamiento óptimo del sistema

Figura 34.

Análisis en el factor de seguridad en el sistema de dirección



Nota. En la figura se muestra el valor del factor de seguridad

En la figura 34 se obtiene el valor de factor de seguridad que es de 52, lo cual es muy favorable, ya que el sistema puede llegar a soportar exigencias todavía más fuertes a la que han sido calculadas.

4.3. Pruebas en el sistema de frenos

Para realizarlas pruebas del sistema de frenos se efectuó una inspección del mismo, donde se observó que no existan fugas en el sistema hidráulico, también se comprobó el accionamiento del pedal de freno, de tal manera que, una vez accionado regrese a su posición inicial automática y rápidamente.

4.3.1. Prueba de fuerza de frenado.

Se realizaron pruebas de eficiencia de frenado y distancia de frenado en un banco de rodillos HPA obteniendo los siguientes resultados.

Figura 35.

Fuerza de frenado medida en computadora.



Nota. La figura muestra la fuerza requerida para frenar el vehículo a una velocidad de 15 km/h.

Se llevó el vehículo a una velocidad de 15 km/h para aplicar una fuerza en el pedal de freno hasta que se detenga.

Esta fuerza es inferior a la calculada en la Ecuación 23 de 1956.46 N lo que significa que el cilindro de rueda soporta la carga en la prueba estática.

4.3.2. Prueba de distancia de frenado.

Se realizaron diferentes pruebas de distancia de frenado a diferentes velocidades para comprobar la eficacia del sistema de frenado como se menciona en la normativa 13-H y RTE INEN 034.

Se realizó la prueba de distancia de frenado en una superficie de asfalto y plana de acuerdo a lo que especifica el reglamento N° 13-H. Disposiciones uniformes sobre la homologación de los vehículos de turismo en lo relativo al frenado para que el coeficiente de las masas giratorias y la fuerza de resistencia de rodadura sean los valores máximos y el peso transferido al eje delantero sea el mínimo.

Figura 36.*Medición de la distancia de parada.*

Nota. En la figura se observa la medición de la distancia de frenado con una velocidad de 10 km/h.

A continuación, se detallan los valores de la distancia de frenado obtenidos en el vehículo Jeep Willys CJ-3A.

Tabla 8.*Distancia de frenado*

Velocidad (km/h)	Distancia de frenado (m)
5	0.15
10	0.55
20	3.20
40	9.15
50	16.80
60	23.50

4.4. Eficacia de frenado de acuerdo a la normativa RTE INEN 034 y 13-H.

4.4.1.1. Eficacia de los sistemas de frenado.

Tabla 9.*Parámetros establecidos*

Los frenos de servicio se ensayarán de acuerdo a los parámetros indicados en el capítulo 2 de acuerdo a los siguientes parámetros

C. Ensayo del tipo motor desembragado	v $s \leq$ $d_m \geq$	60km/h $0.1 * 60 + 0.0060 * 60^2 = 30.12m$ 6.43 m/s^2
D. Ensayo del tipo motor embragado	v $s \leq$ $d_m \geq$	85km/h $0.1 v + 0.0067 v^2 = 55.67 m$ 5.76 m/s^2
	f	25 daN

La eficacia en caliente no será inferior al 75 % de lo exigido, de acuerdo a lo calculado en el capítulo 4 la eficacia es del 80% y se cumple con el ensayo especificado en la normativa 13-H.

4.5. Pruebas en el sistema de dirección

Las pruebas que se hicieron en el vehículo Jeep Willys son las de alineación, balanceo y pruebas de rutas, para así poder comprobar su funcionamiento óptimo.

4.5.1. Proceso de alineación

Previo al proceso de alineación, el vehículo fue sometido a una calibración en la suspensión, como lo indica la norma NTE INEN 2 349:2003 que consta de revisión de los muelles de suspensión, verificando que estaban en buen estado y en el cambio de los 4 amortiguadores.

Figura 37.

Estado de la amortiguación



Nota. En la figura se muestra el sistema de suspensión en el vehículo

Para el proceso de alineación se ubicó el vehículo en la alineadora 3D, se busca los datos del vehículo en el software de la alineadora, para así determinar los parámetros a los que debe estar el vehículo. Luego de esto se procede a ubicar los elementos que se utiliza para la alineación.

se comienza la alineación y se determina los valores en los que se encuentra el vehículo, posterior a esto se procede a corregir dichos valores hasta que se encuentren dentro del rango de funcionamiento dispuesto por el software.

Figura 38.*Sujeción de elementos de alineación*

Nota. En la figura se muestra los elementos que se utilizan para la alineación

Figura 39.*Nivelado de los elementos de alineación*

Nota. En la figura se muestra como quedan nivelado los elementos de la alineación

Figura 40.*Datos iniciales de alineación del vehículo*

Nota. En la figura se muestra los datos de alienación del vehículo antes de corrección

Figura 41.

Corrección en los ángulos de alineación



Nota. En la figura se muestra como se hace la corrección para cumplir los valores que están previamente establecidos

4.5.1.1. Proceso de balanceo

Para el proceso de balanceo se procede a sacar los neumáticos del vehículo e ir ubicándolos uno por uno en la máquina de balanceo para ir comprobando su funcionamiento, hasta llegar a los valores establecidos de funcionamiento.

Figura 42.

Neumático en la máquina de balanceo



Nota. En la figura se muestra cómo se ubica el neumático en la máquina de balanceo

Figura 43.

Puesta en marcha de la máquina de balanceo



Nota. En la figura se muestra como se procede a poner en marcha la máquina de balanceo

Figura 44.

Obtención de datos de la máquina de balanceo



Nota. En la figura se muestra los valores arrojados a la máquina de balanceo

Figura 45.

Corrección en el balanceo del neumático



Nota. En la figura se muestra cómo se ubica pesas para que quede un correcto balanceo en el neumático

En los neumáticos, para que se encuentren bien balanceados, la maquina nos debe indicar en su pantalla, como lo vemos en la figura.

Figura 46.

Prueba de balanceo.



Nota. En la figura se muestra que el neumático se encuentra correctamente balanceado

Prueba de alineación

Para una correcta alineación del vehículo, este debe estar dentro del rango de valores establecidos por el software.

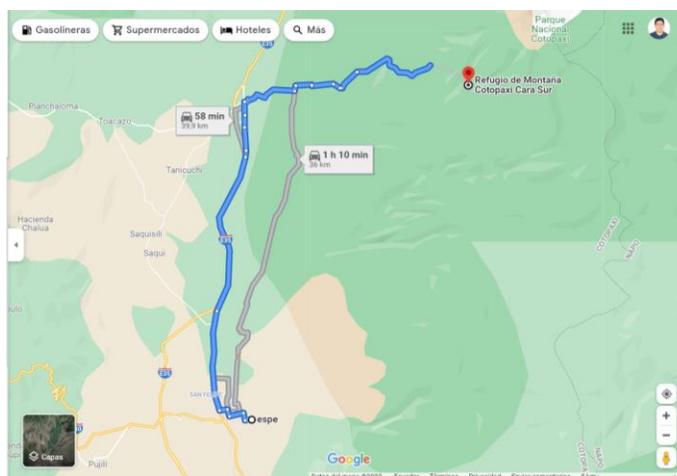
En la figura observamos los valores iniciales del vehículo, luego se procedió a realizar el ajuste, quedando satisfactoriamente dentro del rango de valores.

4.6. Prueba de ruta.

Para comprobar el funcionamiento dinámico del sistema de dirección y frenos se procedió a realizar unas pruebas de ruta con el vehículo, realizando un recorrido desde la universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga hasta el refugio de montaña Cotopaxi cara sur. La ida se realizó por un camino de primer orden como es la vía panamericana, al regreso se retornó por una vía de segundo orden que es la ruta por Mulaló.

Figura 48.

Ruta inicial ESPE-L al refugio Cotopaxi



Nota. La imagen muestra la ruta inicial comprendida desde la universidad ESPE-L hasta el refugio Cotopaxi.

Figura 49.

Conducción en prueba de ruta.



Nota. En la figura se muestra el recorrido que hace el vehículo por la vía panamericana

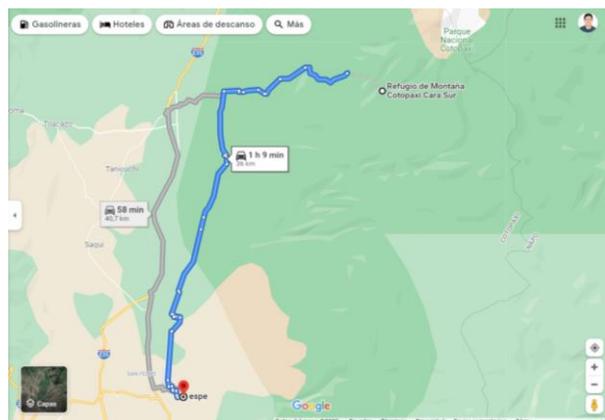
Figura 50.

Refugio de montaña Cotopaxi cara sur



Nota. En la figura se muestra el vehículo que ha llegado a su destino en el refugio de montaña

Figura 51.
Ruta de retorno



Nota. En la figura se muestra la ruta de retorno del refugio a la ESPE-L por la ruta de Mulaló.

4.7. Análisis de resultados del sistema de frenos

Tabla 10.

Resultados del sistema de frenos

PARÁMETRO	SIMBOLO	MAGNITUD	UNIDAD
Radio dinámico de las ruedas	r_r	0.171	m
Coefficiente de masas giratorias	δ_{gir}	1.42	
Relación de transmisión en la caja de cambios	icv	0.77	
Relación de transmisión en el diferencial	itp	3.5	
Relación de transmisión total del motor	itr	2.7	
Fuerza tangencial de tracción	P_{tg}	3527.41	N
Fuerza de resistencia al camino	P_{ψ}	2539.38	N
Dureza de resistencia a la rodadura	P_f	109.34	N
Fuerza debido a la pendiente	P_i	2291.61	N
Peso transferido eje delantero	P_t	1541.05	N
Carga dinámica eje delantero	P_{Rdel}	4891.16	N
Carga dinámica eje trasero	P_{Rtras}	1809.65	N
Fuerza de frenado eje delantero	$F_{f rd}$	3912.92	N
Fuerza de frenado eje trasero	$F_{f rt}$	1447.72	N
Fuerza de frenado en cada rueda delanteras	$F_{(f rd)rueda}$	1956.46	N

PARÁMETRO	SIMBOLO	MAGNITUD	UNIDAD
Fuerza de frenado en cada rueda delanteras	$F_{(f_{rt})rueda}$	723.86	N
Eficiencia de frenado	E	80	%

4.8. Análisis de resultados del sistema de dirección

En la tabla se muestran los resultados calculados en el vehículo Jeep Willys

Tabla 11.

Resultados de los cálculos del sistema de dirección

PARÁMETRO	SIMBOLO	MAGNITUD	UNIDAD
Ángulo de Guiado Derecho	δ_i	25.72°	
Ángulo de Guiado Izquierdo	δ_e	36.87°	
Fuerza Lateral Total	F_y	13204.26	N
Fuerza Lateral Eje Delantero	F_{yd}	4133.39	N
Fuerza Lateral Eje Trasero	F_{yt}	4844.41	N
Rigidez a la Deriva Eje Delantero	$K_{\alpha d}$	1722.26	N
Rigidez a la Deriva Eje Trasero	$K_{\alpha t}$	1670.49	N
Ángulo de Guiado	δ	-0.095	
Coefficiente de Viraje	K_v	-0.37	
Velocidad Crítica	V_{cri}	11.38	m/s

Capítulo V

5. Marco administrativo

El presente proyecto de investigación se ha realizado contemplando los aspectos técnicos y administrativos para poder determinar la viabilidad y permitir la ejecución del mismo.

5.1. Factibilidad del proyecto

Se ha determinado la factibilidad del proyecto considerando los siguientes recursos: Humanos, tecnológicos y financieros, previo a la ejecución del proyecto se ha analizado cada uno de estos permitiendo conocer el alcance y determinando la viabilidad del proyecto de investigación.

5.2. Recursos humanos.

El factor humano siendo el más importante en la investigación ha permitido que tanto los investigadores como el director con su conocimiento lleven a la correcta consecución del proyecto cumpliendo con los objetivos propuestos en la investigación.

Tabla 12.
Recursos humanos

N°	Nombre	Función
1	Bolívar Enrique Loayza Encalada	Investigador
2	David Christian Vidal Rivera	Investigador
3	Víctor Danilo Zambrano León	Director del trabajo de titulación.

5.3. Recursos materiales

Los materiales utilizados se los detalla a continuación, con estos se realizó los trabajos en el vehículo, concluyendo todas sus fases.

Tabla 13.
Recursos materiales

N°	Material
1	Amortiguadores
2	Rines
3	Neumáticos
4	Zapatas de freno
5	Cilindro master del freno
6	Cañerías
7	Cilindro de rueda
8	Herramientas automotrices
9	Gasolina Extra

5.4. Recursos tecnológicos:

Para el desarrollo del proyecto se realizaron diferentes tipos de pruebas, alineación, balanceo, pruebas de rutas, las mismas se las detallan a continuación.

Tabla 14.
Recursos tecnológicos

N °	Descripción
1	Vehículo Jeep
2	Alineadora 3d
3	Balanceadora
4	Rectificadora de tambores
5	Computador
6	Internet
N °	Descripción
7	Bibliotecas virtuales
8	Software CAD

Nota. Detalle de los recursos tecnológicos utilizados en la elaboración del proyecto.

5.5. Presupuesto

El presupuesto utilizado por los integrantes para el desarrollo del proyecto de titulación es de \$1.800

5.6. Recursos financieros

Los recursos utilizados para la elaboración del proyecto se los detalla a continuación

Tabla 15.
Materiales y equipos utilizados en el desarrollo del proyecto

Orden	Detalle	Cantidad	Valor Unitario (USD)	Valor Total (USD)
1	Rectificación del sistema de frenos	1	255.01	255.01
2	Amortiguadores	1	110	110
3	Aros y neumáticos	1	1120	1120
4	Adaptación del freno de mano	1	1.5	68.50
5	Cañerías del sistema de frenos	1	21	60
TOTAL		-----	1553.51	1553.51

Nota. Detalle de los recursos materiales utilizados en el desarrollo del proyecto de investigación

Tabla 16.
Costo de pruebas realizadas

Orden	Detalle	Cantidad	Valor Unitario (USD)	Valor Total (USD)
1	Pruebas alineación	1	15	15
2	Prueba de balanceo	1	10	10
3	Pruebas de ruta	2	20	40
4	Transporte	1	50	50
5	TOTAL	-----	-----	115

Nota. Se detalla de los costos de las pruebas realizadas durante la investigación

Tabla 17.
Gastos imprevistos

Orden	Detalle	Cantidad	Valor Unitario (USD)	Valor Total (USD)
1	Gastos extras	1	300	300
	TOTAL			300

Nota. Gastos adicionales para imprevistos que se desarrollan durante el proyecto.

Tabla 18.
Análisis de costos

Orden	Detalle	Costo (USD)
1	Materiales y equipos	1553.51
2	Pruebas	115
3	Imprevistos	300
TOTAL		1958.51

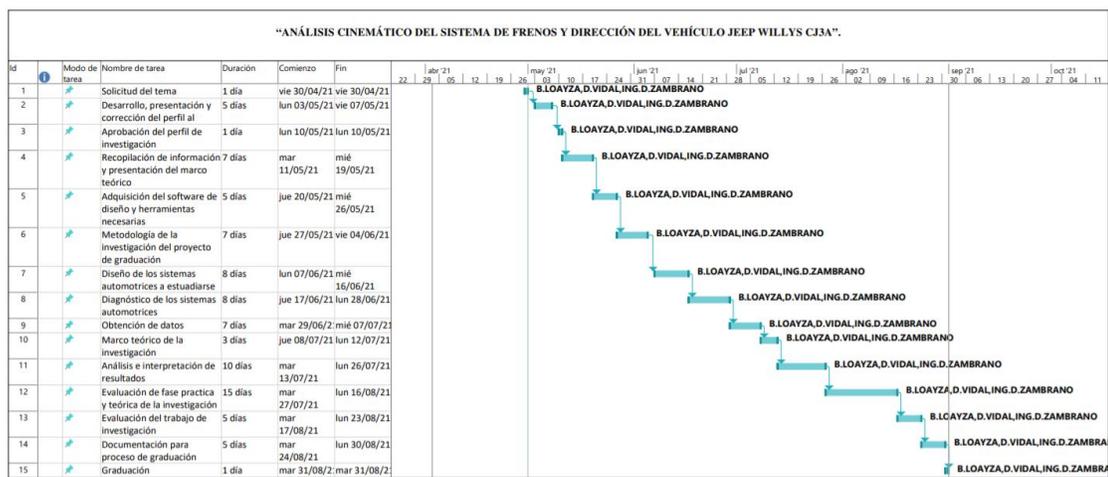
Nota. Costo total del proyecto de investigación.

5.7. Cronograma

Se detalla el desarrollo del proyecto mediante el siguiente cronograma

Figura 52.

Cronograma de actividades



Nota. En la figura se muestra el cronograma de actividades

Conclusiones

- Se determinó la eficacia del sistema de frenos, de acuerdo a los ensayos establecidos en la normativa 13-H y la normativa INEN 034, que establecen que la eficacia de frenado debe ser mínimo del 75%, en el análisis del tipo motor desembragado a 60km/h se obtuvo una distancia de frenado teórica máxima de 30.12m y real de 23.5m siendo la eficacia de frenado del 80% y cumpliendo con los parámetros de la normativa 13-H.
- Se analizaron los sistemas de frenos del vehículo Jeep Willys CJ-3A a diferentes condiciones de funcionamiento y se determinó mediante el análisis de elementos finitos que la tensión equivalente o Von Mises es de $1.723 * 10^8$ y la deformación plástica máxima en el análisis es de $3.947 * 10^2$ es decir el material analizado es esencialmente elástico y cumple con las sollicitaciones del sistema de frenos.
- Se determinó que los materiales utilizados en los elementos del sistema de frenos tienen una deformación máxima unitaria de 0mm y el desplazamiento permisible es de $5.44 * 10^{-3}$ en las zapatas obteniendo un factor de seguridad de 1.9 calculado con la fuerza máxima de frenado de 5360.184 N en el cilindro de rueda, por lo tanto, los componentes instalados en el sistema de frenos del Jeep Willys CJ3-A cumplen con los parámetros de diseño.
- Los materiales utilizados en los elementos del sistema de dirección tienen una deformación máxima unitaria de $6.314 * 10^{-18}mm$ y el desplazamiento permisible es de $3.818 * 10^2mm$ y el factor de seguridad es de 52, en la simulación realizada por software por lo que, los componentes instalados en el

sistema de dirección del Jeep Willys CJ3-A cumplen con los parámetros de diseño.

- Se determinó que el vehículo no cumple con los requisitos mínimos de acuerdo a la normativa INEN 034:2010 en los sistemas de frenos, puesto que la normativa indica que los vehículos de la categoría M tienen que tener un sistema de control electrónico ABS y el vehículo en estudio no dispone de este sistema de control, debido a su año de fabricación.
- Se determinó que el vehículo cumple con los requisitos mínimos de acuerdo a la normativa INEN 034:2010 en los sistemas de dirección, puesto que la normativa indica que los vehículos mayores a tres neumáticos deben contar con un sistema de dirección asistida, ya que este sirve para reducir lo máximo posible el esfuerzo hecho por el conductor sobre el volante para poder mover el sistema de la dirección.
- En las pruebas de ruta efectuadas con el vehículo, se verificó el correcto funcionamiento de los sistemas de frenos y dirección, los mismos que en todo momento permitieron la maniobrabilidad y control del mismo por parte del conductor en ruta de asfalto y carretera de segundo orden.

Recomendaciones

En referencia al vehículo Jeep Willys CJ3A:

- Se recomienda que si se le da un uso al vehículo con demasiadas exigencias tenga un control de mantenimiento frecuente, cada 10.000km revisar el estado del sistema de frenos mediante un ABS
- Se recomienda alinear la dirección y balancear neumáticos cada 10.000km, con el respectivo intercambio.
- Se recomienda antes de utilizar el vehículo, revisar el nivel del líquido de freno, presión de aire de neumáticos y verificar que no exista ningún tipo de fugas en cualquiera de los sistemas.
- Si se va a realizar una mejora en cualquiera de los sistemas, se recomienda primero modelar en el sistema CAD y realizar la simulación bajo los parámetros que se quiere mejorar para ver si cumple o no las exigencias a las que va a ser sometido.
- Se recomienda hacer un manejo tranquilo al momento de tomar una curva, ya que el vehículo es alto, y se verificó su tendencia sobreviradora en los cálculos.
- Se recomienda hacer un cambio en el sistema de frenos, a un sistema de disco, ya que este es más preciso y va a tener un mejor rendimiento a pruebas más exigentes.

Bibliografía

- 401, R. (2017). *¿Cómo influye la caja de dirección en el comportamiento del vehículo? LOCTITE TEROSON.*
- Acero Angamarca, I. A. (2019). *Rediseño de un disco de frenos normal a ventilado mediante mecanizado para la comparación de la eficiencia con otro disco convencional.* Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Alex de la Cruz, R. I. (2014). *Artículo Científico - Diseño y construcción de los sistemas de dirección, suspensión, frenos y plegado, en un vehículo eléctrico biplaza plegable.* Latacunga: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga. Carrera de Ingeniería Automotriz.
- ANONIMO. (2015, abril 1). *CIRCUITOS DE FLUIDOS, SUSPENSIÓN Y DIRECCIÓN.* From <http://circuitosdefluidosuspensionydireccion.blogspot.com/2015/04/direccion-mecanica.html>
- Anonymous. (2014). *columna de dirección colapsable. Seguridad activa y pasiva.*
- Aparicio, J. (2020). *Autofácil.* From <https://www.autofacil.es/tecnica/componentes-forman-sistema-frenos-vehiculo/177778.html>
- Arellano Villares, J. C. (2016). *Diseño y construcción de un sistema de suspensión para un vehículo tipo fórmula para la Escuela de Ingeniería Automotriz.* Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- BLÁZQUEZ, L. (2019). *Aprende a coger bien el volante con estos sencillos pasos. COCHES.*
- Cáceres Gavilánez, H. P., & Ruiz Solórzano, R. C. (2015). *"REDIMENSIONAMIENTO, CONSTRUCCIÓN E.* Riobamba.
- Campoverde Reinoso, I. O. (2016). *Diseño y construcción de un banco de entrenamiento para pruebas del sistema eléctrico y de alumbrado del vehículo chevrolet aveo emotion 1.6.* Guayaquil: GUAYAQUIL/UIDE/2016.
- Caranqui, M. E. (2016). *Diseño y construcción del sistema de dirección y frenos de la tricicleta impulsada por energía humana y solar para la competencia atacama solar challenger 2016 categoría híbridos.* Latacunga: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga. Carrera de Ingeniería Automotriz.
- Cargua Colcha, F. A. (2012). *Implementación de un tablero didáctico de los sistemas de seguridad de alarma, bloqueo central y accesorio de un vehículo, en la Escuela de Ingeniería Automotriz de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.* Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Carpio, D. (2018). *Diseño y Construcción del Sistema de Frenos de un Vehículo de Competencia Fórmula SAE Eléctrico.* Cuenca.
- CDRwebAdmin. (2017, MARZO 04). *CENTRAL DE REPUESTOS TR.* From <http://centralderepuestostr.com/category/formacion-tecnica/sistema-de-direccion/>
- Cedeño Marín, R. A., & Vargas Romero, S. A. (2019, noviembre 19). *Análisis, selección e implementación del sistema motriz y eléctrico para el vehículo Jeep modelo Willys del año 1952.* From <https://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/21181>

- Chaglla Criollo, E. F. (2011). *Implementación de un banco de pruebas de sistemas de alumbrado y accesorios eléctricos de un vehículo para la Escuela de Ingeniería Automotriz*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Chiluisa Calala Marco Raúl, P. R. (2009). *Diseño, adaptación y montaje de un sistema de frenos para la cargadora frontal caterpillar modelo 930*. Latacunga.
- Cristian Alvarez, R. C. (2015). *Diseño, construcción e implementación de un sistema de dirección asistida hidráulicamente a las cuatro ruedas de un vehículo automotor*. Latacunga: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga. Carrera de Ingeniería Automotriz.
- Dario Diaz, S. N. (2018). *Análisis del comportamiento en el Vehículo Chevrolet Vitara 3p 16v con suspensión Estándar y Modificada*. Quito: QUITO/UIDE/2018.
- Diego Briones, C. C. (2014). *Diseño y montaje de un sistema de dirección en las cuatro ruedas, en un prototipo mediante sistemas hidráulicos y mecánicos*. Quito: QUITO/UIDE/2014.
- Diego Galan, G. O. (2015). *Diseño y construcción de un banco de pruebas para laboratorio de electricidad y electrónica automotriz*. Quito: Quito / UIDE / 2015.
- Diego Sanmartin, M. M. (2018). *Estudio de las presiones hidráulicas en un sistema de frenos ABS*. Quito: QUITO/UIDE/2018.
- Emilio Velasco, M. O. (2008). *El sistema de direccion*.
- Encalada Tenesaca, M. G. (2012). *Implementación de un tablero de frenos ABS (Antilock Brake System) para el laboratorio de la Escuela de Ingeniería Automotriz*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Esteban Curco, J. Y. (2020). *Estudio de la Eficiencia de Frenado de una Suspensión Convencional y Suspensión Montada en un Sistema Uniball de un Vehículo*. Quito: QUITO/UIDE/2020.
- Ferrer, Á. (2021, Julio 29). *AutoNoción* . From <https://www.autonocion.com/frenos-disco-tambor-componentes-tipos-funcionamiento/>
- Fersainz, R. (2020, abril 20). *Autobild.es*. From <https://www.autobild.es/reportajes/increible-historia-jeep-willys-cumple-80-anos-625311>
- Flores Guzmán, F. E. (2014). *Reingeniería de los sistemas de dirección y de frenos del automóvil Land Rover Hard Top del año 1981 para taller móvil de la Escuela de Ingeniería Automotriz*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Gavilanez Uquillas, B. D. (2019). *Diseño y construcción del sistema de transmisión eléctrica y suspensión delantera del vehículo híbrido tipo Buggy 4x4 para la Carrera de Ingeniería Automotriz de la ESPOCH*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Gillespie, T. D. (1992). *Fundamentals of Vehicle Dynamics*. SAE.
- Gómez, J. L. (2020, diciembre 15). *¿Qué es el líquido de frenos? ¿Cuál es su función?* *DiarioMotor*.
- Guizado Chávez, M. M. (2016). *Diseño y construcción del sistema de frenos de un vehículo de competencia fórmula "SAE", para la carrera de Ingeniería Automotriz-ESPOCH*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

- Hidalgo Escudero, L. E. (2015). *Construcción e implementación de un banco didáctico del sistema diferencial, con su plan de mantenimiento para la Escuela de Ing. Automotriz*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Jairo Benitez, J. C. (2007). *Estudio para el diseño y construcción de un banco de pruebas de frenos neumáticos con aplicación ABS, para analizar los parámetros de funcionamiento*. Quito: QUITO/UIDE/2007.
- Jeep. (2020). Jeep. From <https://es.jeep.com/history.html>
- Jhonatan Bonifaz, M. T. (2019). *Diseño e implementación de un sistema electrónico para el control de accesorios de la iluminación y monitoreo de un prototipo de vehículo eléctrico*. Latacunga: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga. Carrera de Ingeniería Automotriz.
- JIMÉNEZ, J. M. (2018, 10 14). DITLAG. From Centro de Capacitación Ditlag: <https://ditlag.wordpress.com/2018/10/14/introduccion-caracteristicas-principales-e-intension-de-diseno-en-solidworks/>
- Juan Cevallos, C. V. (2016). *Diseño, análisis e implementación de los sistemas de suspensión, dirección y frenos para un prototipo de vehículo biplaza tipo Roadster*. Latacunga: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga. Carrera de Ingeniería Automotriz.
- Juan Cueva, V. J. (2013). *Diseño y construcción de una dirección asistida hidráulicamente con mando electrónico y sin columna*. Quito: QUITO/UIDE/2013.
- Julio Suarez, E. P. (2013). *Diseño y construcción de un banco de pruebas del sistema de frenos con control electrónico ABS*. Quito: QUITO/UIDE/2013.
- Jurado Calvo, R. A. (2018). *Diseño y construcción de un módulo simulador del sistema eléctrico del Kia Picanto*. Guayaquil: GUAYAQUIL/UIDE/2018.
- Marcelo Garrido, D. B. (2010). *Diseño y construcción de un banco de pruebas de amortiguadores de suspensión de vehículos livianos*. Quito: QUITO/UIDE/2010.
- Martínez Obando, M. V. (2012). *Implementación de un banco didáctico del sistema de suspensión Mcpherson con plan de mantenimiento correctivo para la Escuela de Ingeniería Automotriz*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Medina López, D. H. (2004). *Diseño, instalación y trucaje del sistema eléctrico para un vehículo de competición de rally de la marca SUZUKY FORSA 1*. Latacunga: LATACUNGA / ESPE / 2004.
- Menna. (2020, mayo 22). *Como Funciona*. From <https://como-funciona.co/un-sistema-de-frenos/>
- Morejón, J. A. (2020). *Análisis de la eficiencia del sistema de frenos en diferentes condiciones de uso en un automóvil sedan eléctrico BYD E5 300*. Latacunga: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga. Carrera de Ingeniería Automotriz.
- Nigrinis, R. (2017, marzo 10). *CarrosyClasiscos.com*. From <https://www.carrosyclasicos.com/historia/item/601-jeep-y-willys-1945-1955>
- Ocaña, E. C. (2012). *DISEÑO Y CÁLCULO DEL SISTEMA DE FRENADO PARA UN PROTOTIPO FORMULA STUDENT*. Leganés.
- Orozco, G. M. (2015). *PRUEBADERUTA*. From <https://www.pruebaderuta.com/frenos-de-tambor-partes-y-fallas.php>

- Orozco, G. M. (2018, Septiembre). *Prueba de ruta*. From <https://www.pruebaderuta.com/sistema-de-direccion-mecanica.php>
- Orozco, G. M. (n.d.). Sistema de dirección mecánica. *Prueba de ruta*.
- Pablo Ante, A. E. (2014). *Diseño y Construcción de un Sistema de Control de Frenado en las Ruedas Posteriores en un Vehículo Común sin ABS de Transmisión Manual y en Condiciones Específicas*. Quito: Quito / UIDE / 2014.
- Palomino, D. A. (2020, junio 17). *Nitro Pe*. From <https://www.nitro.pe/mecanico-nitro/7-principales-sistemas-de-un-automovil.html>
- Paredes Morales, B. M. (2021). *Determinación de la Eficacia del Frenado en un Vehículo Chevrolet Aveo Emotion utilizando Distintos Materiales de Fricción en los Elementos Frenantes*. Guayaquil: GUAYAQUIL/UIDE/2021.
- Piñaloza Haro, V. D. (2011). *Implementación de un banco didáctico con simulación de funcionamiento de un sistema de inyección electrónica Bosch Motronic para la Escuela de Automotriz*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Raffino, E. (2021, abril 03). *Concepto.de*. From <https://concepto.de/dinamica/>
- Ramos Ocaña, R. L. (2019). *Diseño y construcción de un prototipo de sistema de suspensión magnética aplicado a un vehículo a escala para la carrera de Ingeniería Automotriz de la ESPOCH*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Redín Quito, D. F. (2013). *Diseño y construcción de un banco de pruebas de cajas de dirección hidráulicas*. Quito: Quito / UIDE / 2013.
- Riera Espinoza, P. F. (2010). *Trucaje y Adaptación de un Sistema de Suspensión y Dirección para un Vehículo Tipo Buggy de la Fórmula Automovilística Universitaria FAU*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Riofrio, L. (2009). *Implementación de un sistema de freno de mano, con accionamiento hidráulico para un vehículo Suzuki Forza de competición*. Latacunga: LATACUNGA / ESPE / 2009.
- Sa, S. d. (n.d.). *THE CLASSIC TIMES.COM*. From <https://www.theclassictimes.com/classic-era/32-jeep-willys?showall=1>
- Saenz Merchan, B. J. (n.d.). *Estudio y análisis del sistema de dirección del vehículo híbrido toyota prius*.
- Saenz Merchan, B. J. (2015). *Estudio y análisis del sistema de dirección del vehículo híbrido toyota prius*. Guayaquil: GUAYAQUIL / UIDE / 2015.
- Saenz Merchan, B. J. (2015). *Estudio y análisis del sistema de dirección del vehículo híbrido toyota prius*. Guayaquil: GUAYAQUIL / UIDE / 2015.
- Sánchez León, R. D. (2019). *Diseño de un plan estratégico para la repotenciación del taller automotriz de la Carrera de Ingeniería Automotriz, en función de los mantenimientos que se deben realizar al parque automotor de la ESPOCH*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Santiago Cartagena, J. S. (2005). *Construcción de un demostrador didáctico del sistema de frenos hidráulicos con ABS*. Latacunga: LATACUNGA / ESPE / 2005.
- tuteorica. (2017). Funcionamiento y elementos de los que se compone el sistema de dirección de un vehículo. *tuteorica*.

Vaca Solis, J. P. (2014). *Banco de pruebas para el análisis y comportamiento térmico del sistema de frenos de disco y tambor en automóviles*. Latacunga: AUTOMOTRIZ / LATACUNGA / ESPE / 2014.

Zavala, I. (2012, agosto 01). *Slideshare*. From <https://es.slideshare.net/zekker/sistemas-automotrices-13830657>

Anexos