



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**Análisis y optimización de los sistemas de dirección, suspensión y frenos de un
Suzuki G10 SOCH para aplicación en un Supercrosscar**

Blacio Matamoros, Cándido Stalin y Palma Corrales, Edwin David

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería en Automotriz

Trabajo de Unidad de Integración Curricular, previo a la obtención del Título de Ingeniero

Automotriz

Ing. Cevallos Carvajal, Alex Santiago, Mgtr

08 de junio del 2022

Latacunga

Reporte de verificación de contenido



TESIS PALMA - BLACIO.pdf

Scanned on: 18:47 August 10, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	579
Words with Minor Changes	231
Paraphrased Words	675
Omitted Words	0





Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Certificación

Certifico que el trabajo de integración curricular: **“ANÁLISIS Y OPTIMIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE DIRECCIÓN, SUSPENSIÓN Y FRENOS DE UN SUZUKI G10 SOCH PARA APLICACIÓN EN UN SUPERCROSSCAR”** fue realizado por los señores **Blacio Matamoros, Cándido Stalin y Palma Corrales, Edwin David**, el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Latacunga, 15 de agosto del 2022


Ing. Cevallos Carvajal, Alex Santiago, Mgtr.
C.C.: 0502530447



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Autorización de Publicación

Nosotros **Blacio Matamoros, Cándido Stalin y Palma Corrales, Edwin David**, con cédula/cédulas de ciudadanía n°**0705633675** y **0503032377**, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **Título: ANÁLISIS Y OPTIMIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE DIRECCIÓN, SUSPENSIÓN Y FRENOS DE UN SUZUKI G10 SOCH PARA APLICACIÓN EN UN SUPERCROSSCAR** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi/nuestra responsabilidad.

Latacunga, 15 de agosto del 2022

Blacio Matamoros, Cándido Stalin
C.C.: 0705633675

Palma Corrales, Edwin David
C.C.: 0503032377



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Responsabilidad de Autoría

Nosotros, **Blacio Matamoros, Cándido Stalin y Palma Corrales, Edwin David**, con cédulas de ciudadanía n° **0705633675** y **0503032377**, declaro/declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **ANÁLISIS Y OPTIMIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE DIRECCIÓN, SUSPENSIÓN Y FRENOS DE UN SUZUKI G10 SOCH PARA APLICACIÓN EN UN SUPERCROSSCAR** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 15 de agosto del 2022



Blacio Matamoros, Cándido Stalin
C.C.: 0705633675



Palma Corrales, Edwin David
C.C.: 0503032377

Dedicatoria

El presente trabajo investigativo lo dedicamos principalmente a Dios, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia además de darnos fuerza y esperanza para seguir adelante cumpliendo con nuestras metas deseadas en la vida.

A mis padres Cándido y Melania por los valores que me inculcaron dentro y fuera de casa, además su confianza, trabajo y sacrificio a lo largo de estos años lo cual me ha permitido a continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis hermanos Kevin, Kerly y Valentín que siempre me apoyaron en todo este proceso por estar conmigo en todo momento gracias. A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

Cándido Stalin Blacio Matamoros

Dedicatoria

Ha sido un placer realizar este trabajo de titulación y lo dedico a todas las personas las cuales me apoyaron, vieron la capacidad y el potencial para cumplir mis objetivos para crecer y mejorar durante la carrera .

A mi padre porque a pesar de que nuestras opiniones sean diferentes nunca me negó su apoyo incondicional en todos mis proyectos y trabajos, a mi madre que me ha presionado siempre a ser mejor y destacar en mis trabajos un paso a la vez.

Edwin David Palma Corrales

Agradecimiento

Mi más sincero agradecimiento a las Autoridades y personas por el ayuda que me han prestado durante el proceso redacción de este trabajo de titulación. De igual forma, agradezco a mi director de Tesis Alex Cevallos, que gracias a sus consejos y correcciones hoy puedo culminar este trabajo. A los Profesores que me han visto crecer como persona, y gracias a sus conocimientos hoy puedo sentirme dichoso y contento.

Agradezco a mis padres por haberme dado la oportunidad de formarme en esta prestigiosa universidad y haber sido mi apoyo durante todo este tiempo. A mis hermanos que han sido el apoyo fundamental para lograr los objetivos propuestos, ya que, con su ejemplo y amor profundo, me encaminaron a seguir con la propuesta investigativa quienes, siempre me dieron esperanzas y tuvieron fe en mí.

Finalmente, mis más sinceros agradecimientos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, especialmente a toda la carrera de Ingeniería Automotriz.

Cándido Stalin Blacio Matamoros

Agradecimiento

Mi más sincero agradecimiento a las personas la cuales me acompañaron en el transcurso de la carrera y mi formación profesional ya que todas las personas han sido importantes para ser el profesional que soy ahora

Un agradecimiento especial referido a mi madre Francisca Corrales y a mi padre Edwin Palma los cuales me han concedido su apoyo y han me han ayudado a corregir mis fallas y defectos para convertirme en un profesional y cumplir sus estándares de cómo es un profesional el ingeniero.

Un agradecimiento especial a un amigo el cual me a acompañado durante toda la carrera Andrés Vizuite , cumplimos el sueño de terminar la carrera y ser ingenieros .

Edwin David Palma Corrales

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Caratula.....	1
Reporte de verificación de contenido.....	2
Certificación.....	2
Autorización de publicación.....	3
Responsabilidad de autoría.....	5
Dedicatoria.....	6
Dedicatoria.....	7
Agradecimiento.....	8
Agradecimiento.....	9
Índice de contenidos.....	10
Índice de tablas.....	15
Índice de figuras.....	16
Resumen.....	19
Abstract.....	20
Capítulo I: Presentación del Problema.....	21
Planteamiento y Formulación del Problema.....	21
Justificación e Importancia.....	21
<i>Objetivos</i>	22
Objetivo General.....	22
Objetivos Específicos.....	23

Hipótesis.....	23
Variables de la Investigación.....	23
<i>Variable Dependiente</i>	23
<i>Variable Independiente</i>	23
Capítulo II: Marco Teórico.....	24
Introducción.....	24
Competencias automovilísticas.....	24
Suzuki G10 SOCH.....	25
Generalidades del sistema de dirección.....	26
<i>Estructura de la dirección</i>	27
<i>Condición de Ackerman</i>	28
Convergencia y Divergencia.....	29
Subviraje.....	30
Sobreviraje.....	31
Generalidades del sistema de suspensión.....	32
<i>Masas suspendidas y no suspendidas</i>	33
<i>Funciones del sistema de suspensión</i>	34
<i>Tipologías del sistema de suspensión</i>	35
<i>Suspensión rígida</i>	35
<i>Suspensión independiente</i>	36
<i>Elementos del sistema de suspensión</i>	37
Muelles.....	38
Amortiguador.....	38
Brazos.....	40

<i>Rótula.....</i>	40
<i>Fuerzas del sistema de suspensión.....</i>	40
<i>Centro de gravedad del vehículo.....</i>	42
<i>Angulo de caída o CAMBER.....</i>	43
Generalidades del sistema de frenos.....	44
<i>Mecanismo físico de la convección.....</i>	45
<i>Resistencia al movimiento debido a la fricción y a la presión.....</i>	46
<i>Tipos de frenos.....</i>	47
<i>Sistema de frenos de tambor.....</i>	47
<i>Sistemas de frenos de disco.....</i>	49
<i>Componentes del sistema de frenos.....</i>	51
Pedal de freno.....	52
Bomba maestra de freno.....	52
Depósito de líquido de frenos.....	53
Cañerías.....	54
Líquido de frenos.....	55
Capítulo III : Desarrollo de la propuesta.....	57
Introducción del Capítulo.....	57
Datos y pesaje del vehículo.....	57
<i>Ancho de vía.....</i>	58
<i>Batalla.....</i>	58
<i>Cargas en el sistema de suspensión.....</i>	59
Cálculo de los ángulos de giro.....	60
Modificaciones en la geometría del vehículo.....	62

Cálculo de los ángulos de giro modificados.....	62
Método de selección del disco de frenado delantero.....	63
<i>Análisis de transferencia de calor.....</i>	66
Diseño del sistema para determinar las cargas ejercidas.....	76
<i>Cargas en la suspensión frontal.....</i>	77
<i>Cargas en la suspensión posterior.....</i>	78
<i>Carga total.....</i>	79
Capítulo IV : Análisis de Resultados.....	80
Análisis de discos de frenado.....	80
Selección de discos de frenado.....	89
Sustitución de los discos de frenado.....	90
Sustitución de las pastillas de freno para discos.....	91
Sustitución de las zapatas de freno traseras.....	92
Diseño de base delantera de suspensión variable.....	93
<i>Simulación de cargas que soportara la base.....</i>	96
Modificaciones de los elementos del sistema de suspensión.....	100
Cambio de Muelles y colocación de base regulable.....	100
Cambio de espiral y colocación base regulable.....	100
<i>Modificación de la altura del vehículo.....</i>	103
<i>Construcción y colocación de base regulable.....</i>	104
<i>Regulación de Camber y Caster.....</i>	105
<i>Divergencia.....</i>	105
<i>Valores base para las regulaciones.....</i>	105

Capítulo V : Conclusiones y Recomendaciones.....	109
Conclusiones.....	109
Recomendaciones.....	111
Bibliografía.....	113
Anexos.....	118

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Elementos comunes del vehículo</i>	27
Tabla 2 <i>Datos del vehículo</i>	60
Tabla 3 <i>Tipos de Discos</i>	64
Tabla 4 <i>Especificaciones de discos de frenos rayado</i>	69
Tabla 5 <i>Especificaciones de discos de frenos sólido</i>	73
Tabla 6 <i>Pesos correspondientes a cada rueda</i>	77
Tabla 7 <i>Resultados finales</i>	89
Tabla 8 <i>Comparativa de discos de frenado</i>	89
Tabla 9 <i>Características específicas de la pieza</i>	95
Tabla 10 <i>Valores iniciales</i>	103
Tabla 11 <i>Regulación Final</i>	106
Tabla 12 <i>Datos bases para la optimización</i>	119

Índice de figuras

Figura 1 <i>Suzuki Forza 1</i>	25
Figura 2 <i>Suzuki Forza 1 modelo Japonés 1983</i>	26
Figura 3 <i>Mecanismo de dirección</i>	28
Figura 4 <i>Condición de Ackerman</i>	29
Figura 5 <i>Convergencias</i>	30
Figura 6 <i>Subviraje</i>	31
Figura 7 <i>Sobreviraje</i>	32
Figura 8 <i>Sistema delantero de suspensión</i>	32
Figura 9 <i>Masas suspendidas y no suspendidas</i>	34
Figura 10 <i>Suspensión independiente y rígida</i>	35
Figura 11 <i>Suspensión rígida</i>	36
Figura 12 <i>Suspensión de tipo independiente</i>	37
Figura 13 <i>Muelles</i>	38
Figura 14 <i>Amortiguador de un vehículo</i>	39
Figura 15 <i>Rótula de la suspensión del vehículo</i>	40
Figura 16 <i>Fuerzas del sistema de suspensión</i>	41
Figura 17 <i>CASTER</i>	43
Figura 18 <i>CAMBER positivo</i>	44
Figura 19 <i>Suspensión de tipo independiente</i>	45
Figura 20 <i>Transferencia de calor por convección</i>	46
Figura 21 <i>Tambor de freno</i>	48
Figura 22 <i>Componentes freno de tambor</i>	49
Figura 23 <i>Disco de freno</i>	50
Figura 24 <i>Componentes freno de disco</i>	51

Figura 25 <i>Pedal de freno</i>	52
Figura 26 <i>Bomba maestra de frenos</i>	53
Figura 27 <i>Reservorio de líquido de frenos</i>	54
Figura 28 <i>Sistema de cañerías de líquido de frenos</i>	55
Figura 29 <i>Balanzas de pesaje</i>	57
Figura 30 <i>Ancho de vía</i>	58
Figura 31 <i>Batalla</i>	59
Figura 32 <i>Obtención del giro del vehículo</i>	62
Figura 33 <i>Propiedades del aire a 1 atm</i>	67
Figura 34 <i>Cálculo de peso</i>	77
Figura 35 <i>Aplicación del material del disco de freno</i>	80
Figura 36 <i>Asignación de la curva de tiempo</i>	81
Figura 37 <i>Aplicación de potencia calorífica en superficies de fricción</i>	81
Figura 38 <i>Ingreso de parámetros coeficiente de transferencia de calor a 20°C</i>	82
Figura 39 <i>Curva de tiempo en 3s</i>	83
Figura 40 <i>Superficies para la aplicación de la temperatura ambiente</i>	83
Figura 41 <i>Resultado de la simulación análisis térmico de la simulación</i>	84
Figura 42 <i>Aplicación de material para el disco de freno</i>	85
Figura 43 <i>Curva de tiempo en base a 3s</i>	86
Figura 44 <i>Ingreso de parámetros coeficiente de transferencia de calor a 20°C</i>	86
Figura 45 <i>Aplicación de potencia calorífica en superficies de fricción</i>	87
Figura 46 <i>Asignación de la curva de tiempo en base a 3s</i>	87
Figura 47 <i>Superficies para la aplicación de la temperatura ambiente</i>	87
Figura 48 <i>Resultado de la simulación análisis térmico de la superficie</i>	88
Figura 49 <i>Proceso de cambio</i>	91

Figura 50 <i>Pastillas seleccionadas</i>	92
Figura 51 <i>Sustitución de zapatas</i>	93
Figura 52 <i>Planchas de acero</i>	94
Figura 53 <i>Plano en 2D realizado en el programa AutoCAD</i>	94
Figura 54 <i>Diseño 3D</i>	95
Figura 55 <i>Estudio de pieza</i>	97
Figura 56 <i>Sujeciones modeladas</i>	97
Figura 57 <i>Soporte de suspensión</i>	98
Figura 58 <i>Factor de seguridad</i>	98
Figura 59 <i>Interacción de la fuerza</i>	99
Figura 60 <i>Factor de seguridad</i>	99
Figura 61 <i>Modificación de la suspensión</i>	101
Figura 62 <i>Regulación de camber y Caster</i>	102
Figura 63 <i>Altura inicial</i>	103
Figura 64 <i>Altura final del vehículo</i>	104
Figura 65 <i>Mediante el diseño, se construye la base</i>	104
Figura 66 <i>Colocación de base regulable</i>	105
Figura 67 <i>Alineación Inicial</i>	106
Figura 68 <i>Alienación Final</i>	106

Resumen

El presente proyecto tiene como objetivo realizar adaptaciones en tres sistemas importantes del vehículo, los cuales son el sistema de dirección, frenos y suspensión, en este caso del vehículo Suzuki G10 SOCH, esto con el fin de mejorar sus características y desempeño en circunstancias de competencia en circuitos el cual es respaldado por la normativa FEDAK. - En el sistema de dirección se realizó la inspección total reemplazando piezas con desgaste y mejorando sus componentes, se realizó mejoras con el fin de tener un menor radio de giro. Por parte de la suspensión, se realizó el reacondicionamiento y optimización en todo el sistema, realizando una nueva base de regulación de CAMBER y el CASTER esto con el fin de mejorar su desempeño al tener mayor estabilidad y maniobrabilidad del vehículo, además de agregar bases que ayudan a las regulaciones de rigidez de la suspensión y altura del vehículo. En el sistema de frenos se realizará la adaptación de mejoras en frenos delanteros y un reacondicionamiento de los posteriores. En la parte delantera se cambiará el disco tradicional por unos discos perforados y ranurados los cuales mayor eficiencia en el frenado sin afectar su la maniobrabilidad del vehículo. Se utilizará líquido de frenos resistente a presiones y temperaturas elevadas como el Motul Racing RBF 700 .

Palabras Clave: Sistema de dirección, Sistema de suspensión, Sistema de frenos, Supercrosscar , transferencia de calor y masa

Abstract

The objective of this project is to make adaptations in three important vehicle systems, which are the steering system, brakes and suspension, in this case the Suzuki G10 SOCH vehicle, this in order to improve its characteristics and performance in competition circumstances. in circuits which is backed by the FEDAK regulations. - In the steering system, a total inspection was carried out, replacing worn parts and improving its components, improvements were made in order to have a smaller turning radius. On the part of the suspension, the reconditioning and optimization of the entire system was carried out, making a new regulation base for CAMBER and CASTER in order to improve its performance by having greater stability and maneuverability of the vehicle, in addition to adding bases that They help to regulate the stiffness of the suspension and the height of the vehicle. In the brake system, the adaptation of improvements in the front brakes and a reconditioning of the rear ones will be carried out. At the front, the traditional disc will be replaced by perforated and slotted discs which provide greater braking efficiency without affecting the vehicle's maneuverability. Brake fluid resistant to high pressures and temperatures, such as Motul Racing RBF 700, is discarded.

Keywords: Direction system, Suspension system, Braking system, Supercrosscar , heat and mass transfer

Capítulo I

Presentación del Problema

Planteamiento y Formulación del Problema

En el mercado actual no existe una guía predefinida para poder realizar mejoras a un vehículo Suzuki Forza del año 88 las cuales nos permitan que el vehículo pueda ser utilizado en competencias para las cuales los componentes del vehículo no han sido diseñados. En el Ecuador no se tiene un manual el cual nos sirva de referencia para tener una optimización del sistema de frenos, suspensión y dirección lo cual es parte fundamental para el desempeño de un vehículo de competencia

La problemática nace en torno a que no se tiene un modelo definido de las mejoras que se pueden realizar a un vehículo para que de esta manera se pueda garantizar su rendimiento y este sea lo más óptimo posible, es por ello que se han definido temáticas como la mejora de la suspensión, optimización del sistema de freno, mantenimiento del sistema de dirección, en lo cual se explica el fundamento teórico explicando las partes que conforman cada sistema además de explicar en base a la normativa vigente a la FEDAK.

La finalidad del proyecto será la creación de un modelo el cual tendrá las modificaciones antes mencionadas para un vehículo Chevrolet Suzuki Forza 1 el cual cumplirá las normas de la federación ecuatoriana de automovilismo y kartismo para competir en circuitos dentro del Ecuador además de utilizar estándares de fabricación basados en la norma INEN 034:2010 y ensayos no destructivos para la verificación de las soldaduras del mismo.

Justificación e Importancia |

El proyecto surge debido a que los sistemas de dirección, suspensión y frenos estándar del vehículo Suzuki Forza 1 no garantizan un desempeño correcto

por lo que se requiere tener una mejora personalizada en vehículos de competencia los cuales aumentan el performance y rendimiento de nuestro vehículo, debido a los avances tecnológicos presentes hoy en día se pueden optimizar conjuntamente para obtener resultados óptimos; frente a esto se ha tomado en consideración realizar un prototipo el cual muestre las mejoras que se pueden realizar al vehículo Suzuki fuerza 1 con las nuevas tecnologías actuales cumpliendo las normativas vigentes para el Ecuador .

Para el desarrollo del proyecto se utilizarán como base los fundamentos para cada sistema como son capacidades, medidas, tolerancias, especificaciones, posicionamiento previo a la construcción e instalación de los elementos a sustituir. después del análisis previo a la construcción se obtendrán ensayos no destructivos mediante líquidos penetrantes para la determinación de imperfectos en las superficies para de esta manera tener un nivel de calidad óptimo para el desempeño de las partes

Los resultados de este trabajo nos permitirán obtener un vehículo el cual cumpla y exceda con la normativa de la federación ecuatoriana de automovilismo y kartismo la cual nos permitirá competir en circuitos dentro del ecuador, el siguiente proyecto permitirá a los estudiantes poner en práctica los conocimientos impartidos a lo largo de la carrera teniendo como resultado la aplicación de fundamentos teóricos y prácticos en la formación de profesionales

Objetivos

Objetivo General

Analizar y optimizar los sistemas de dirección, suspensión y frenos de un Suzuki G10 SOCH para aplicación SUPERCROSSCAR.

Objetivos Específicos

- Estudio de las características y reacondicionamiento del sistema de dirección y componentes.
- Análisis e implementación de un sistema de suspensión de geometría variable para el vehículo Suzuki G10 SOCH.
- Reacondicionamiento y repotenciación del sistema de frenos del vehículo.

Hipótesis

¿Se conseguirá optimizar los sistemas de dirección, suspensión y frenos de un Suzuki G10 SOCH para la aplicación en un SUPERCROSSCAR a partir de modificación y mejoras, usando softwares de análisis mecánicos y piezas optimizadas?

Variables de la Investigación

Variable Dependiente

Comportamiento de los sistemas de dirección, suspensión y frenos en competencia.

Variable Independiente

Optimización de los sistemas de dirección, suspensión y frenos del vehículo Suzuki G10 SOCH.

Capítulo II

Marco Teórico

Introducción

El presente capítulo presenta la investigación bibliográfica realizada, referente a antecedentes históricos, conceptuales y referenciales, necesarios para cumplir con los objetivos presentes.

Competencias automovilísticas

Actualmente, en las competencias de circuito de automovilismo existen reglas establecidas por la Federación Ecuatoriana de Automovilismo y Kartismo, FEDAK, para determinar si un auto es apto para participar en competencias nacionales. Los estándares FEDAK se relacionan con los sistemas de dirección, frenado y suspensión, en los que se deben cumplir los estándares que usted especifique.

Un sistema de frenos en el vehículo es un sistema importante para el rendimiento óptimo del vehículo en cualquier forma de competencia y es un componente clave de la seguridad en las carreras. Los coches de competición tienen unas exigencias muy altas, sus sistemas deben ser eficientes en todo momento de competición, y esta eficiencia se consigue mediante la modificación de las piezas. (Euromaster, 2021)

Las modificaciones que cuentan los automóviles de competencia de modalidad circuito se enfocan en el motor y la transmisión, sin embargo, en realidad, existen sistemas tan importantes como la suspensión, donde se pueden realizar mejoras, y por ende tener un mejor desempeño para acortar el tiempo en el circuito, y así obtener resultados extraordinarios en el buen camino. Los resultados satisfactorios no solo se consiguen consiguiendo un poco de potencia, en una

competición el manejo del coche en curvas y rectas será fundamental para un resultado placentero, y aquí es donde entra en juego el sistema, y la suspensión juega un papel importante. (Fierro & Ordóñez, 2018)

Otra función que debe realizar el sistema de suspensión es transferir la fuerza de frenado y aceleración entre los ejes y el chasis o tren de rodaje, para contrarrestar el par motor y de frenado, así como los efectos de flexión, para mantener el ángulo de dirección durante el viaje y para mantener el eje paralelo y perpendicular al bastidor. (Central de repuesto TR, 2016)

Suzuki G10 SOCH

Suzuki Forza 1 también conocido como Suzuki Swift o Sprint es uno de los modelos más vendidos en Sudamérica. Este vehículo se introdujo por primera vez en Japón en 1983 como Suzuki Cultus en Japón.

Los modelos de producción del Suzuki Forza 1 varían según el año de fabricación, desde 1985 hasta 1988, el auto se presentó como un auto familiar, económico, con características y modernidad unificadas en el Suzuki Forza.

Figura 1

Suzuki Forza 1



Nota. Vehículo adquirido para el desarrollo del proyecto.

A lo largo de los años, el auto ha sufrido muchas modificaciones y mejoras, siendo la más importante el sistema de inyección electrónica debido a las nuevas regulaciones aplicadas en el mercado colombiano.

El diseño de este auto compacto es especialmente funcional y estéticamente agradable, General Motors decidió ensamblarlo o comercializarlo en una gran cantidad de países, entre ellos Estados Unidos y Canadá. Recibió varios nombres, entre ellos Chevrolet Swift (Colombia), Suzuki Swift, Suzuki Forza, Holden Barina (Australia), mientras que internamente era conocido como "SA310". (Carros y clasicos, 2021)

Figura 2

Suzuki Forza 1 modelo Japonés 1983



Nota. Imagen tomada de: (CarrosyClasicos, 2022).

Generalidades del sistema de dirección

Se considera al sistema de dirección como un sistema de alta importancia para el buen funcionamiento del automóvil ya que es un conjunto de mecanismos y elementos que ayudan a orientar las ruedas delanteras de un vehículo. Este sistema de dirección trabajara cuando el conductor desee girar el volante del vehículo, y así poder trasladarse de un punto a otro. (RODES, 2022)

Los vehículos de competencia necesitan de un sistema de dirección eficiente, por lo cual los sistemas de dirección más habituales para este tipo de vehículos son de sistema mecánico los cuales los componentes consisten en un volante de desconexión rápida, columna de dirección, cremallera de dirección, brazos de dirección y rotulas

Estructura de la dirección

Para transferir el movimiento a las ruedas mediante el giro del volante es necesario diversos elementos los cuales pueden variar dependiendo del diseño del vehículo.

Los elementos comunes son:

Tabla 1

Elementos comunes del vehículo

Elemento	Descripción
Volante	El volante es el punto de partida en la cabina y la pieza de control donde se colocan las manos del conductor para dirigir la trayectoria del vehículo.
Columna de la dirección	Conecta el volante a la caja de dirección, que antes era un monobloque, y ahora como mecanismo para proteger al conductor en caso de colisión, está formado por pequeñas piezas que se pueden doblar para evitar lesiones.
Cajetín o mecanismo de dirección	Recibe el movimiento de la palanca a través del eje y lo distribuye a las ruedas mediante los movimientos que realizan los engranajes. Puede ser tipo bola redonda o tipo cremallera
Barra de dirección	Recibe el movimiento de la caja de dirección y lo transmite a los terminales de dirección.
Terminales de dirección	Son uniones (tipo rótula) que tienen cierta flexibilidad para absorber las irregularidades del terreno, y su función principal es la de engranar cada volante.

Además, podemos observar de mejor manera el mecanismo de dirección mediante la ilustración presente en la Figura 3.

Figura 3

Mecanismo de dirección



Nota. Imagen tomada de: (Autolab, 2021).

Condición de Ackerman

El automóvil de pasajeros tiene una geometría de dirección entre la dirección paralela y la dirección Ackermann. Cuando se utiliza la dirección Ackermann en automóviles de pasajeros u otros vehículos con baja aceleración lateral, es probable que las ruedas giren libremente y se dirijan para seguir una curva común. (Loayza & Vidal , 2022)

Para ello se utilizará la siguiente formula:

$$\text{Cot}\delta_o - \text{Cot}\delta_i = \frac{A_v}{B}$$

Donde:

δ_o = Ángulo de Guiado Derecho

δ_i = Ángulo de Guiado Izquierdo

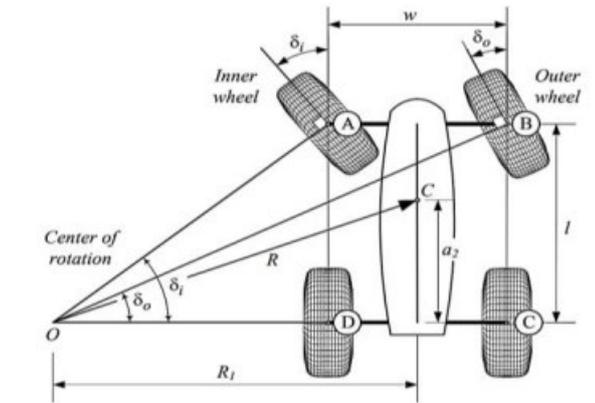
$A_v = w$ = ancho de vía trasero

$B = l =$ batalla o ancho entre ejes

Como se muestra en la Figura 4

Figura 4

Condición de Ackerman



Expresando la fórmula para cada ángulo de la siguiente manera:

$$\delta_i = \arctan\left(\frac{B}{R1 - \frac{A_v}{2}}\right)$$

$$\delta_o = \arctan\left(\frac{B}{R1 + \frac{A_v}{2}}\right)$$

Donde:

$R1 =$ radio de giro

Convergencia y Divergencia

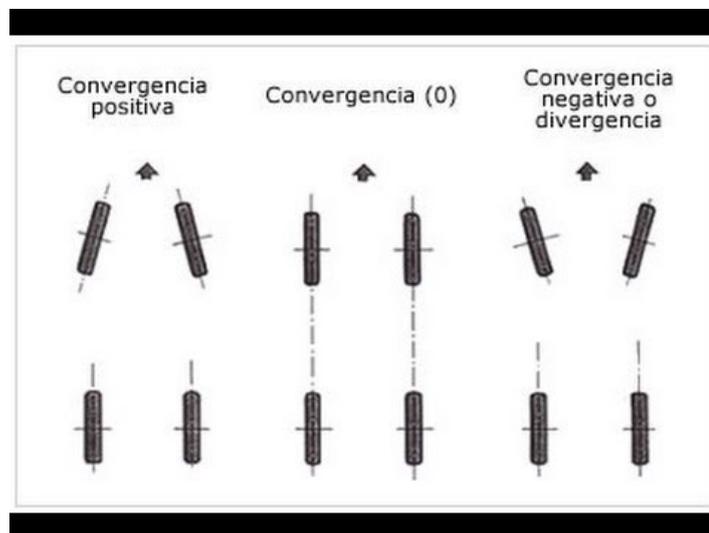
En ingeniería automotriz, el toe representa el ángulo simétrico de cada rueda con el eje longitudinal del vehículo. Esto se puede contrastar con la dirección, que es un ángulo asimétrico, lo que significa que ambas ruedas apuntan hacia la izquierda o hacia la derecha, paralelas (aproximadamente).

Toe o convergencia se refiere al hecho de que la parte delantera de la rueda está apuntando en la dirección del eje longitudinal del vehículo. Toe out o divergencia hacia afuera indica que la parte delantera de la rueda se ha alejado de la línea central del vehículo. (Hmong, 2022).

La convergencia se puede medir en unidades lineales, delante del neumático o con desviación angular. Se requiere una convergencia firme mínima para reducir la resistencia a la rodadura, el calentamiento de los neumáticos y el desgaste excesivo de los neumáticos. La convergencia siempre se puede ajustar en los autos viejos, pero la inclinación y el ángulo de inclinación generalmente no se pueden ajustar, como se muestra en la Figura 5.

Figura 5

Convergencias



Subviraje

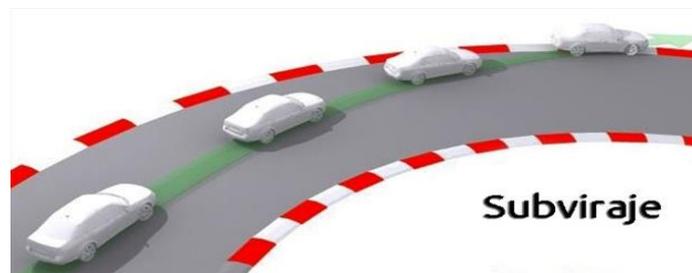
En la práctica, al conducir, la rueda girará teóricamente menos de lo que debería al tomar una curva, esto se denomina giro. La parte delantera del automóvil tiende a salirse de la curva debido a la pérdida de tracción en la

parte delantera, lo que hace que se sienta aireado cuando está en la curva, como se muestra en la Figura 20. Los automóviles comprados tienden a ser lentos porque, en teoría, la rueda delantera gira en un ángulo más bajo, la tracción delantera contribuye a este problema y, en la práctica, es más eficiente y más fácil de controlar. El coche tiene un conductor debajo, así que deja de acelerar para controlar. (Autonocion, 2020)

El empuje más pequeño es más común en los vehículos con tracción delantera debido a la distribución del peso entre los ejes. También se presenta por el hecho de que los timones deben transmitir fuerza longitudinal y fuerza longitudinal al mismo tiempo, ya que son los encargados de brindar tracción, como se muestra en la Figura 6.

Figura 6

Subviraje



Sobreviraje

Este es un fenómeno en el que el vehículo está excesivamente doblado debido al deslizamiento del eje trasero, lo que se denomina cresta. La parte trasera del vehículo está desplazada hacia el exterior de la curva, la cual es más grande que la parte delantera de la parte trasera como se muestra en la figura 21. Los vehículos con tracción trasera tienen más probabilidades de ser rebasados, como se muestra en la Figura 7. (Autonocion, 2020)

Figura 7

Sobreviraje



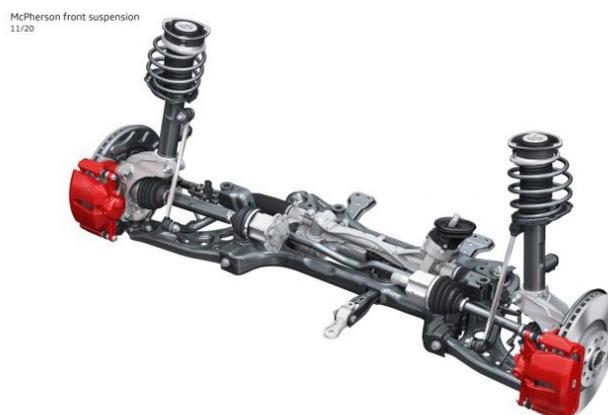
Generalidades del sistema de suspensión

La suspensión realiza un excelente trabajo en el automóvil, que evita en gran medida carreteras o autopistas irregulares. La suspensión es un conjunto de elementos y componentes que se encargan de absorber los baches y así brindar una buena tracción y un buen control del auto. (Inge mecanica , 2022)

Los componentes y componentes de la suspensión deben ser lo suficientemente duraderos y resistentes para soportar las cargas a las que están sometidos, esto no provoca deformaciones permanentes, y además evita que los neumáticos pierdan el contacto con la superficie.

Figura 8

Sistema delantero de suspensión



Nota. El sistema de suspensión es la que ayuda a mantener el contacto de las ruedas con el suelo cuando hay terrenos irregulares. Tomado de (Gómez, 2020)

Además del factor que conforma la suspensión de un auto son los neumáticos, otro factor que ayuda a combatir las irregularidades del terreno. El material de construcción del cuadro es goma, lo que ayuda al sistema de suspensión a absorber los baches que se producen en la carretera.

Los componentes que componen el sistema de suspensión deben ser lo más fuertes posible para que puedan soportar las fuerzas a las que se ven sometidos cuando el vehículo se mueve de lado a lado, sin deformaciones permanentes.

Masas suspendidas y no suspendidas

Las masas suspendidas son los elementos que componen al chasis y hacen de intermediarios con el suelo como, por ejemplo: (Garaje21, 2022)

- Motor
- Asientos
- Sistema de transmisión
- Carrocería
- Ocupantes, etc.

Por otro lado, las masas no suspendidas son los elementos que se utilizan reducir el impacto de las irregularidades del camino como, por ejemplo:

- Neumáticos
- Muelles
- Amortiguadores
- Disco de freno

- Barras de estabilización, etc.

Presentadas de mejor manera mediante la Figura 9:

Figura 9

Masas suspendidas y no suspendidas



Nota. Imagen tomada de: (Garaje21, 2022).

Funciones del sistema de suspensión

El sistema de suspensión es un conjunto de elementos que mantiene el contacto entre el suelo y el marco, y este sistema tiene una serie de funciones que se describen a continuación: (FUSO, 2020)

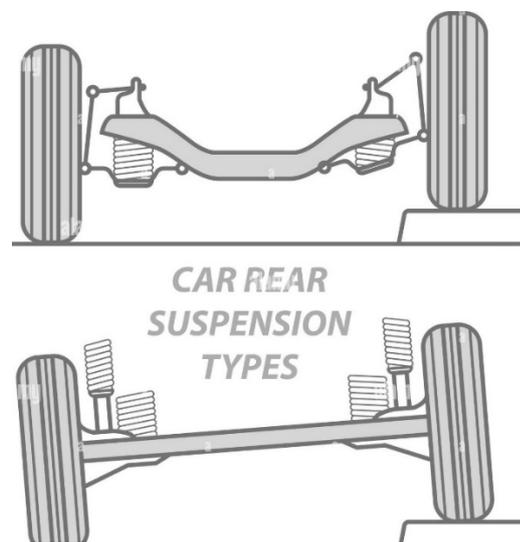
- Mantener la comodidad y seguridad del conductor.
- Mantenga el vehículo estable mientras conduce.
- Soportar la carga de frenado del vehículo.
- Soportar el peso del vehículo.
- Mantenga el contacto entre el neumático y la superficie de la carretera.
- Carga anti aceleración.
- Mantener el control direccional.

Tipologías del sistema de suspensión

La tipología de la suspensión dependerá del uso y las necesidades de vehículo. El sistema de suspensión se puede clasificar en dos tipos muy importantes los cuales son: suspensión rígida y suspensión independiente, como se observa en la Figura 10.

Figura 10

Suspensión independiente y rígida



Nota. En la parte superior de la imagen se tiene la suspensión independiente, mientras en la parte inferior la suspensión rígida. Tomado de (alamy, 2020).

Suspensión rígida

La suspensión rígida es un sistema básico que consiste en tener un eje rígido unido a las ruedas, haciéndolas perpendiculares al eje. El eje de acero se fija al chasis mediante un resorte o ballesta que actúa como elemento elástico. Este tipo de suspensión se utiliza para vehículos todoterreno de trabajo, como camiones, furgonetas, etc. (Leon, 2021)

Tal suspensión rígida del eje permite mantener siempre una distancia entre el eje y el suelo, además, el eje actúa como una palanca, porque

cuando una de las ruedas tiene cierto movimiento, la otra lo estará, como se muestra en la figura 11

Figura 11

Suspensión rígida



Nota. El vehículo que se observa es un todo terreno el cual cuenta con una suspensión rígida en la parte posterior. Tomado de (Artes, 2020).

Suspensión independiente

El sistema de suspensión independiente se caracteriza por la ausencia de un eje rígido que conecte la rueda izquierda con la rueda derecha, ya que cada rueda de acoplamiento deja el diferencial fijo con la carrocería y se separa de la suspensión.

La comodidad de un sistema de suspensión independiente es mejor que la de un sistema de eje sólido. El sistema tiene una perilla sin resorte más pequeña, lo que significa que la rueda tiene mejor contacto con el suelo y está en ángulo recto, como se muestra en la Figura 12. (Artes, 2020).

Figura 12

Suspensión de tipo independiente



Nota. Se observa el sistema de suspensión independiente en la parte delantera del vehículo. Tomado de (Epifanio, 2020).

El sistema de suspensión independiente cuenta con varios montajes posibles lo cuales son los siguientes:

- Sistema de suspensión Mac Pherson
- Sistema de suspensión multienlace
- Sistema de suspensión de brazos oscilantes
- Sistema de suspensión triángulos superpuestos

Elementos del sistema de suspensión

El sistema de suspensión está compuesto por varios componentes que ayudan a absorber los impactos del terreno accidentado y mantienen la estabilidad del vehículo en todo momento. El sistema consta de elementos elásticos, así como de dispositivos, los elementos que componen la suspensión son:

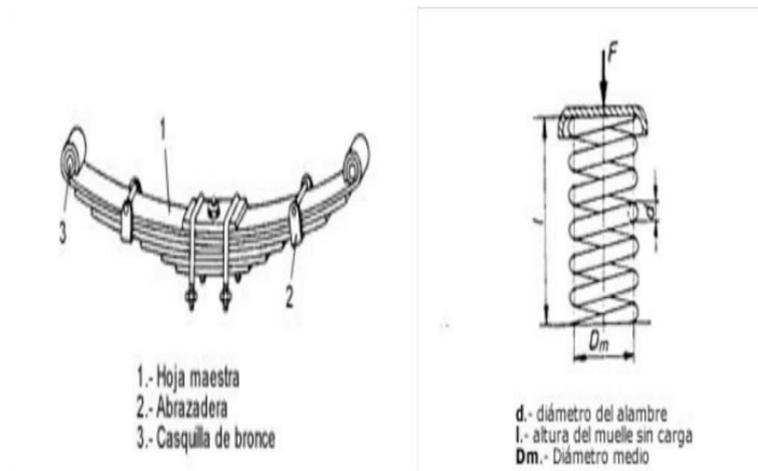
Muelles

Existen diferentes tipos de resortes, los más utilizados en vehículos livianos son los resortes helicoidales y ballestas. Los resortes helicoidales están formados por bobinado helicoidal y fabricados en material de acero flexible, dependiendo el número de espiras y la rigidez del uso al que se destine, un claro ejemplo se muestra en la Figura 13.

Los resortes de hojas, por otro lado, tienen forma de hoja, son flexibles y tienen un orificio en cada extremo, así como un orificio en el centro. Este tipo de estante tiene varios paneles apilados y asegurados con un perno cruzado en el orificio central. Este conjunto de hojas se llama paquete. (KIA, 2021)

Figura 13

Muelles



Amortiguador

Los amortiguadores son esenciales para la seguridad y el confort de los pasajeros del vehículo, ya que además de mitigar las irregularidades del terreno, también aseguran que los neumáticos estén en contacto constante

con la superficie de la carretera, mejorando su estabilidad. (Mundo del motor, 2022)

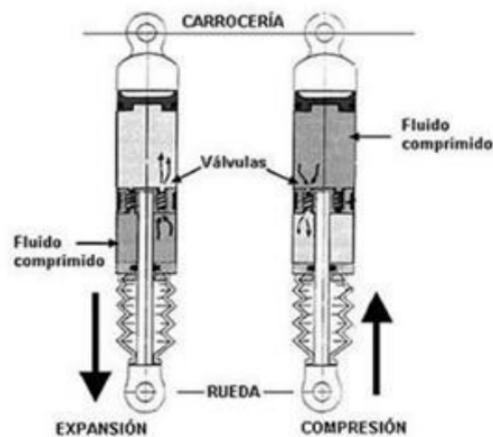
El amortiguador forma parte del sistema de suspensión junto con los resortes o cables, el brazo articulado y la rótula, entre otros elementos. Tuning o sus características son necesarias para el correcto funcionamiento del coche, debe existir un amortiguador adecuado a sus características o con el comportamiento esperado por el conductor. El amortiguador tiene la función de convertir la energía cinética en energía térmica, la cual se va a disipar a través del aceite.

Existen varios tipos de amortiguadores los cuales son de diferentes compuestos en el interior de estos como, por ejemplo:

- Amortiguador hidráulico.
- Amortiguadores de Gas.
- Amortiguadores reológicos.

Figura 14

Amortiguador de un vehículo



Brazos

Es un elemento diseñado para soportar fuerzas de presión o tracción. El brazo de suspensión no está diseñado para soportar fuerzas laterales. Puede ser recto, curvo, flexible o rígido, y también puede ser de aluminio, chapa o hierro. (Stein, 2017)

Rótula

La rótula es parte de la transmisión del vehículo y ayuda al vehículo a mantener un funcionamiento estable, este elemento es una de las partes más importantes del sistema de suspensión. Desde un punto de vista mecánico, permite el movimiento en todas las direcciones (arriba, abajo y giro de las ruedas). (Rodríguez, 2021)

La rótula también es la parte que combina la porta manillar y los brazos de control, además, también es la parte que más se desgasta por ser la que más se mueve. Hay dos tipos de rótulas; rotulas de compresión y tensión según soporten el peso del vehículo.

Figura 15

Rótula de la suspensión del vehículo



Fuerzas del sistema de suspensión

El sistema de suspensión contrarresta las diversas fuerzas generadas por el vehículo, ya sea que el vehículo esté en movimiento o en reposo. Los

diferentes movimientos de vehículos en el tráfico se generan en el centro de gravedad y se distribuyen en diferentes direcciones. Por lo tanto, el sistema de suspensión debe estar diseñado para soportar todas las cargas posibles. (Gómez, 2020)

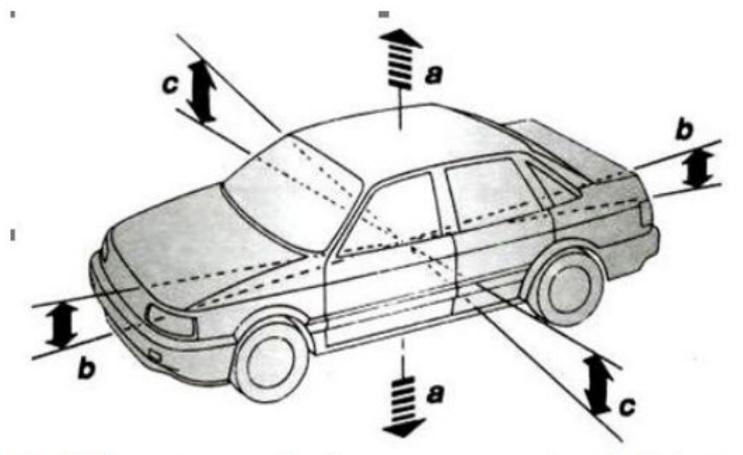
El sistema de suspensión en el que se monta cada rueda debe contrarrestar y controlar eficazmente las vibraciones experimentadas por el vehículo cuando se conduce en carreteras irregulares o cuando el vehículo toma curvas, de modo que las llantas permanezcan en contacto con la superficie de la carretera o la calzada, como se muestra en la figura. 16

Los tres tipos de oscilaciones existentes son los siguientes:

- Empuje: se produce al pasar por terreno ondulado (a).
- Cabeceo: se produce por frenadas bruscas (b).
- Bamboleo: se genera al tomar curvas a alta velocidad (c).

Figura 16

Fuerzas del sistema de suspensión



En los autos de carrera, la suspensión es necesaria para ayudar al auto a mantener su estabilidad para tener más contacto con el suelo con las ruedas y así ser más eficiente en la pista, y la distancia desde el centro de gravedad del auto debe ser menor que el límite original. altura de suspensión.

Centro de gravedad del vehículo

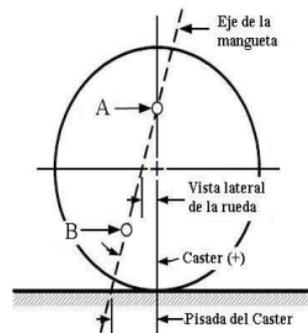
El centro de gravedad se define como el punto de equilibrio, lo que implica encontrar dónde la fuerza neta es cero sin momento. Esto no siempre coincide con la geometría del coche. (Medina, 2015)

El comportamiento del centro de masa puede simplificar el análisis del movimiento de un objeto complejo tratándolo como una partícula. En el estudio del comportamiento dinámico de los automóviles, diversas condiciones de conducción provocan el efecto de diversas cargas sobre el centro de gravedad, entre las que se encuentran:

- El peso del vehículo (W)
- Fuerza de rozamiento o rodadura (F_r)
- Carga aerodinámica (F_a)
- Fuerzas laterales (F_l) provocadas por ráfagas de viento y/o desplazamiento en curva.

Angulo de avance o CASTER

El ángulo de avance es el desplazamiento angular del eje de rotación respecto al eje vertical de una rueda destinada a girar un vehículo. Se expresa en grados y se compara con una línea que pasa por la parte superior e inferior del pivote de dirección con una línea perpendicular a la carretera. Para los vehículos de tracción delantera, el ángulo de avance tiene un valor entre 0 y 3 grados, mientras que, para los vehículos de tracción trasera, la cifra de avance está entre 5 y 10 grados (RentinFinders, 2022).

Figura 17**CASTER****Angulo de caída o CAMBER**

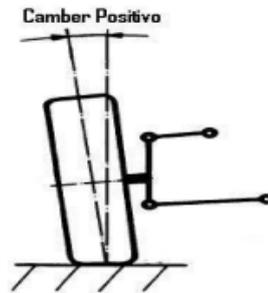
Camber, también conocido como caída del neumático, se refiere al ángulo que toman las llantas en relación con el suelo cuando se mira directamente al vehículo. Su inclinación es relativa a la vertical del vehículo. (Herraiz, 2013)

Así hay 3 tipos de camber. por un lado, no hay inclinación, perfecta alineación con respecto a la vertical, lo que se traduce en un camber neutro. Por otro lado, existen dos opciones de inclinación: camber positivo y negativo.

Camber negativo significa que la parte inferior de la llanta, en contacto con el asfalto, se inclina hacia afuera, mientras que camber positiva significa la disposición opuesta, con la parte inferior de la llanta inclinada hacia adentro, hacia el eje central del vehículo. (Herraiz, 2013)

Figura 18

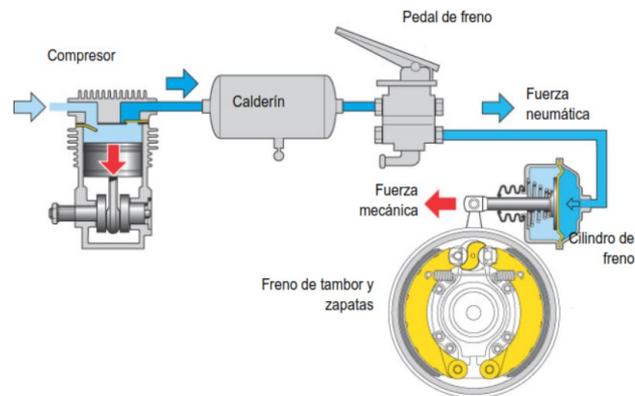
CAMBER positivo

**Generalidades del sistema de frenos**

El sistema de frenos es claramente uno de los sistemas más importantes de un automóvil ya que es responsable de reducir la velocidad del automóvil y detenerlo por completo si es necesario, por lo que debe estar diseñado para disipar el calor de manera adecuada. Al frenar, toda la energía cinética se convierte en calor, y este calor puede causar mucho daño. (Getauto, 2017)

A medida que los vehículos se vuelven más potentes con los años, se necesita un frenado más eficiente y rápido. El automóvil se puede frenar con precisión, sin desmayarse, y permite realizar ciertas operaciones durante el frenado.

También tendrá un sistema adicional que ayudará a parar el vehículo si se daña parte del circuito como se muestra en la Figura 18

Figura 19*Suspensión de tipo independiente*

Nota. Esquema básico del sistema de frenos de un vehículo en particular.

Mecanismo físico de la convección

La conducción y la convección son similares en que requieren la presencia de un medio físico, pero se diferencian en que la convección requiere la presencia de un movimiento fluido. La transferencia de calor a través de un sólido siempre ocurre por conducción, en la que las partículas del sólido permanecen en posiciones relativamente fijas. (Connor, 2020)

Sin embargo, la transferencia de calor a través de un líquido o gas puede realizarse por conducción o convección, dependiendo de la presencia de algún movimiento de masa del fluido. La convección es un método de transferencia de energía entre una superficie sólida y un líquido o gas en movimiento adyacente e involucra los efectos combinados de conducción y movimiento de fluidos.

El calor se transfiere a través del fluido por convección cuando hay un movimiento significativo del fluido y por conducción cuando no hay tal movimiento. Por tanto, la conducción en un líquido puede considerarse como

un estado finito de convección, correspondiente al estado del líquido en reposo. (Connor, 2020)

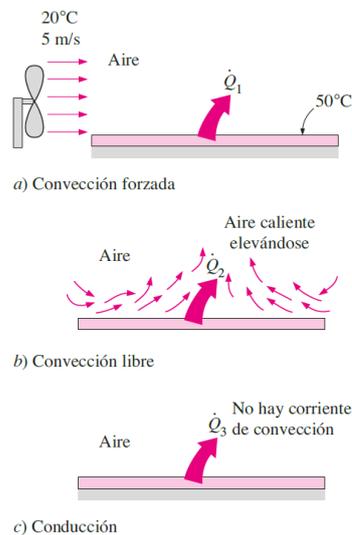
Resistencia al movimiento debido a la fricción y a la presión

Al moverse, el vehículo debe transferir una gran cantidad de aire a medida que avanza y, lo que es más importante, también debe asegurarse de que el espacio "vacío" creado detrás de él se llene con la mayor cantidad de aire posible, y cuanto más rápido mejor. (Blog Mecanicos, 2018)

La fuerza en la dirección del flujo que ejerce un fluido cuando se desplaza sobre un objeto se denomina arrastre, para entender este fenómeno de resistencia, se sabe que un fluido en reposo ejerce únicamente una fuerza perpendicular a la superficie del objeto a sumergirse. en. Como se muestra en la Figura 19.

Figura 20

Transferencia de calor por convección



Nota. La imagen presenta la transferencia de calor de una superficie caliente hacia el fluido circundante

La transferencia de calor por convección se complica por el hecho de que implica movimiento de fluidos además de conducción térmica. El

movimiento del fluido mejora la transferencia de calor al poner en contacto las partes más calientes y más frías del fluido, lo que da como resultado tasas de conducción más altas en una gran cantidad de ubicaciones.

Por lo tanto, la tasa de transferencia de calor a través del líquido por convección es mucho mayor que la tasa de transferencia. De hecho, cuanto más rápido sea el fluido, mayor será la tasa de transferencia de calor determinada por el coeficiente de Nusselt.

$$Nu = \frac{hLc}{k}$$

Donde:

K= conductividad térmica del fluido

Lc= longitud característica

Nu= número de Nusselt

H = coeficiente de transferencia de calor

Tipos de frenos

Los tipos de frenos que se tiene será según las piezas móviles y fijas que tendrá el conjunto, los tipos de frenos que existen son los siguientes:

- Frenos de tambor
- Frenos de disco

Sistema de frenos de tambor

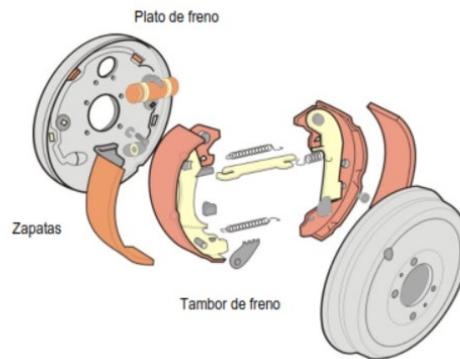
Los frenos de los automóviles son un equipo muy importante para la seguridad en la conducción y un verdadero extractor de energía. (MIDAS , 2017)

También es conocido como freno de campana, este tipo de freno consiste en un tambor giratorio con ruedas que componen el sistema. Además,

consta de dos zapatas, que se frotan cuando se aplica el conducto de aire al pedal del freno, como se muestra en la Figura 20.

Figura 21

Tambor de freno



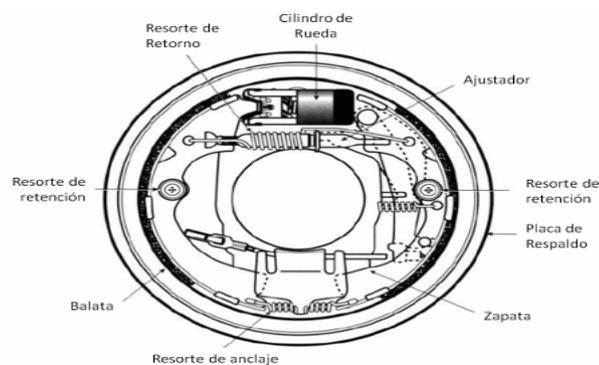
Al pisar el pedal del freno, se activará el mecanismo del sistema de freno, empujando las zapatas hasta que entren en contacto con el tambor. El contacto de las zapatas con el tambor en movimiento provoca una fricción que reduce la velocidad del tambor y por tanto del vehículo. Cuando deje de pisar el pedal del freno, las zapatas volverán a su posición original con la ayuda de unos muelles, para que el tambor pueda volver a girar libremente, cuyos componentes son los que se indican en la Figura 21. (Loctite teroson, 2022)

- Tambor: Es la parte exterior que cubre el mecanismo de acción de las zapatas de freno. La producción de esta pieza requiere un procesamiento interno y externo muy preciso. Esta precisión es necesaria para que el zapato calce perfectamente sin cordones. El desgaste del cilindro se puede reparar siempre que se mantenga dentro de las tolerancias especificadas por el fabricante.
- Plato: Se instala las zapatas, el bombín, los resortes, etc.

- Zapatas o Balatas: Es una pieza metálica instalada, remachada o encolada, que es un escudo responsable del rozamiento con el cilindro. El desgaste de este elemento debe ser monitoreado durante el mantenimiento de rutina
- Bombín: Es un cilindro hidráulico, alimentado por líquido de frenos, que impulsa dos pistones internos para mover la zapata contra el tambor.
- Dispositivo de ajuste o regulador: Es un elemento mecánico que se utiliza para ajustar el recorrido de las pastillas para evitar que el desgaste aumente el recorrido del pedal de freno.
- Resorte o muelle: Se encarga de restaurar la posición original de las zapatas cuando no se pisa el pedal del freno.

Figura 22

Componentes freno de tambor



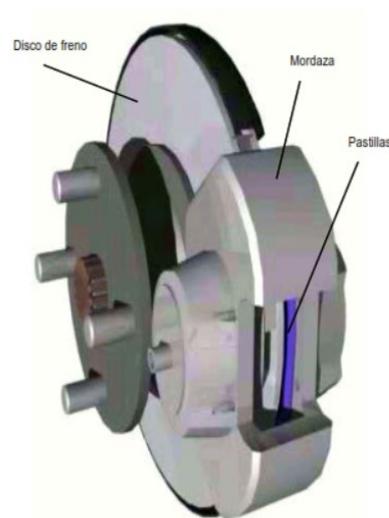
Sistemas de frenos de disco

Los frenos de disco consisten en un rotor de metal, cuya presión es generada por las pinzas de freno. deben estar equipados con juntas de material de fricción, la presión generada por las pinzas de freno generalmente la logra el sistema hidráulico. Estas pastillas presionan contra la superficie del disco y crean fuerza de frenado. Es importante que el material de fricción esté en buen estado y de buena calidad para que las pinzas se deslicen limpia y suavemente dentro de sus guías. (Redondo, 2015)

El sistema de frenos de disco es el más utilizado en la actualidad debido a su eficiencia a la hora de frenar. Este tipo de freno está diseñado con un disco que gira con la rueda y se sujeta con un cilindro hidráulico que empuja las pastillas de freno. La abrazadera repara y cubre parte del plato giratorio, como se puede ver en la Figura 22.

Figura 23

Disco de freno



Nota. El disco de freno con la mordaza y pastillas

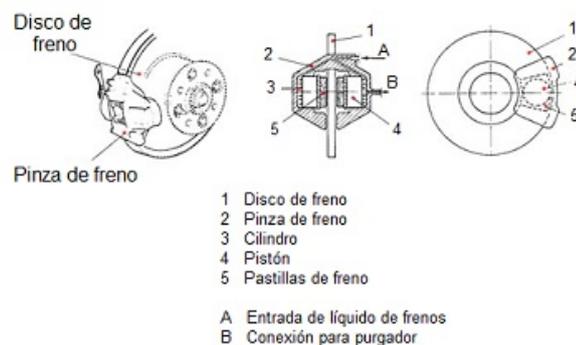
El funcionamiento de este tipo de freno es similar al funcionamiento del freno de tambor, para reducir la velocidad o detener el automóvil se requiere una mordaza móvil (disco) que roce contra las partes fijas (pastillas de freno), y la fricción genera fricción. Reduzca la velocidad del disco.

Como ya se mencionó, el disco es movido por ruedas y la mordaza ocupa 1/5 de la superficie del disco sin tocarlo, esta mordaza tiene forma de U, con una estructura metálica que se mueve dentro de los discos, los pistones y estos pistones se mueven. Las pastillas para que contacten con el disco y reduzcan su velocidad, y sus componentes son los que se muestran en el listado y en la Figura 23. (Redondo, 2015)

- Pinza o mordaza: Una pieza, generalmente de hierro fundido o aleación de aluminio, que cubre el revestimiento del freno.
- Pistón de freno: Por lo general, hecho de acero, se encuentra en las pinzas de freno. Es responsable de empujar las pastillas hacia el disco para el rendimiento de frenado
- Disco de freno: Es una pieza circular, generalmente de carbono, manganeso, cromo, etc., que gira integrada a la rueda, ayudando en la acción de frenado de las pastillas de freno.
- Pastilla o ferodo de freno: Es un componente construido sobre una base metálica, sobre la que se fija o pega una barandilla.

Figura 24

Componentes freno de disco



Componentes del sistema de frenos

El sistema de frenos está constituido por varios componentes los cuales son los siguientes:

- Pedal de frenos
- Bomba maestra de frenos
- Depósito de líquido de frenos
- Cañerías
- Líquido de frenos

- Tipo de freno de disco o tambor

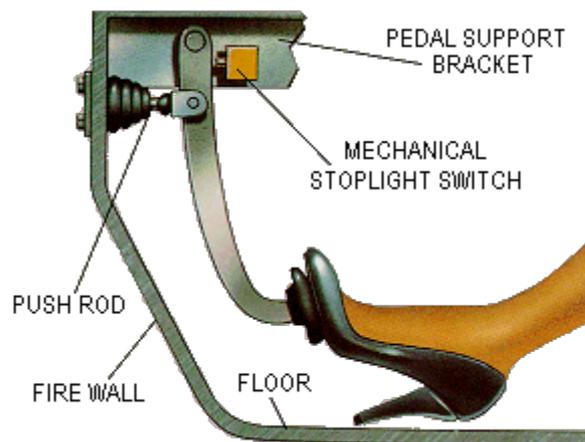
Pedal de freno

El pedal del freno es la primera parte del sistema de frenado de un vehículo que entra en contacto con el conductor y controla o activa el resto de la plataforma de conducción segura. (Onroad, 2022)

El pedal de freno se encuentra en la zona media debajo del volante, quedando el pedal del acelerador a la derecha y el del embrague a la izquierda. Por su forma, es el pedal más accesible, diseñado para evitar problemas en frenadas bruscas de emergencia, este elemento tiene la función de transmitir fuerza al cilindro maestro cuando el conductor desea frenar, como se muestra en la Figura 24.

Figura 25

Pedal de freno



Nota. Accionamiento del pedal de freno del vehículo.

Bomba maestra de freno

La función de la bomba de freno es convertir la presión ejercida por el motorista sobre el pedal del freno o convertirla mecánicamente en presión hidráulica (impulsada o no por el

servofreno). A través del tubo, esta presión se transmite a los cilindros de la rueda de freno activo. (García, 2018)

La comba maestra de freno principal del automóvil es responsable de convertir la fuerza mecánica ejercida por el conductor cuando se activa el pedal del freno, y esta fuerza convierte la fuerza aplicada en presión hidráulica utilizada para frenar los frenos, como se muestra en la Figura 25.

Figura 26

Bomba maestra de frenos



Depósito de líquido de frenos

Un aspecto importante para mantener la seguridad del vehículo es mantener el líquido de frenos en el nivel correcto, ya que este es esencialmente un fluido hidráulico que transmite la fuerza ejercida sobre el pedal del freno a los cilindros de freno de la rueda es decir que permite frenar cuando tienes el control de tu auto. (Toyota costa , 2022)

El pedal del freno está ubicado dentro del automóvil, debajo del volante. Este elemento cumple la función de enviar fuerza al cilindro maestro cuando el conductor quiere frenar. Suele ser un pequeño depósito que se utiliza para almacenar líquido de frenos en el cilindro. Este depósito de frenos nos ayuda a revisar el nivel de líquido de frenos con indicadores de que el nivel de aceite está alto o

bajo para mantener su condición y usarlo correctamente, como se muestra en la Figura 26.

Figura 27

Reservorio de líquido de frenos



Cañerías

Las conexiones del sistema de frenos se realizan mediante cañerías las cuales son de cobre galvanizado sin costuras de simple arrollamiento, para el sistema de frenos empleado se utilizan cañerías las cuales tienen diámetros exteriores de 6 mm 8 mm. (Standards, 2022)

Las conexiones del sistema de cañerías tienen dobleces y curvaturas las cuales están acopladas al chasis de manera que estas no sufran ningún tipo de daño al momento de estar circulando

A través de las canalizaciones o cañerías la presión se transmite hacia los frenos mediante los postones que a su vez desplazan las pastillas de freno contra el disco transformando la energía cinética en energía térmica la cual ayuda a detener y disminuir la velocidad del vehículo como se observa en la Figura 27.

Figura 28

Sistema de cañerías de líquido de frenos



Líquido de frenos

Líquido de frenos a través del cual se transmite la fuerza que ejerce el pedal del freno a los distintos sistemas de frenos, y de esta forma se obtiene la fuerza necesaria en cada componente de la frenada de nuestro vehículo. (Road House, 2020)

El líquido de frenos se usa de acuerdo con las especificaciones del fabricante y se debe tener en cuenta que, si el líquido de frenos se usó sin desarrollar el sistema, causando daños graves al sistema, entonces habrá indicadores diferentes a la cantidad.

Teniendo en cuenta su aplicación y el año de fabricación del vehículo, existen diferentes tipos de líquido de frenos, y cada vehículo debe utilizar el aceite recomendado por el fabricante en su manual. Al utilizar líquido de frenos debemos procurar reponerlo cada vez que el aceite pierda sus propiedades, esto depende del tipo de uso y de la calidad y tiempo de uso del líquido de frenos.

Los tipos de líquido de frenos para los vehículos son:

- DOT 3: Se utiliza en sistemas de frenos de disco, tambor y ABS; Está hecho de glicol. Debe alcanzar un punto de

ebullición de al menos 205 °C; Es el más popular porque es el más popular en el mercado.

- DOT 4: Se utiliza en sistemas de freno sujetos a duras condiciones de funcionamiento, en particular ABS; Su fórmula se basa en el uso de glicol. Su punto de ebullición mínimo debe ser de 230 °C. Ofrece mejores prestaciones que el anterior
- DOT 5: Tiene un punto de ebullición de 260°C. Nunca debe mezclarse con DOT 3, DOT 4 o DOT 5.1; Porque esto está hecho de silicona
- DOT 5.1: El punto de ebullición mínimo es de 270°C, es de glicol, por lo que se puede mezclar con DOT 3 y DOT 4.

Capítulo III

Desarrollo de la propuesta

Introducción del Capítulo

En el presente capítulo referencia el análisis y desarrollo de la propuesta, aplicando los cambios establecidos a fin de conseguir la optimización de un Suzuki G10 SOCH.

Datos y pesaje del vehículo

Para el pesaje del vehículo, se utilizará balanzas marca Proform® (Figura 29), las mismas que son exclusivamente de uso automotriz, al momento de realizar el pesaje propone el uso de rampas que permitan colocar el vehículo progresivamente sobre las mismas. La pantalla de control del sistema, entrega la información tanto en Sistema Internacional, como en unidades americanas; de cada uno de los neumáticos individuales así registramos la información (W1, W2, W3, W4).

Figura 29

Balanzas de pesaje



Adicionalmente, se debe verificar que la superficie este nivelada, lo que permite exactitud en la medición. Antes de tomar los valores esperamos a que alcance un equilibrio estático, luego registramos el valor de peso de cada uno de los

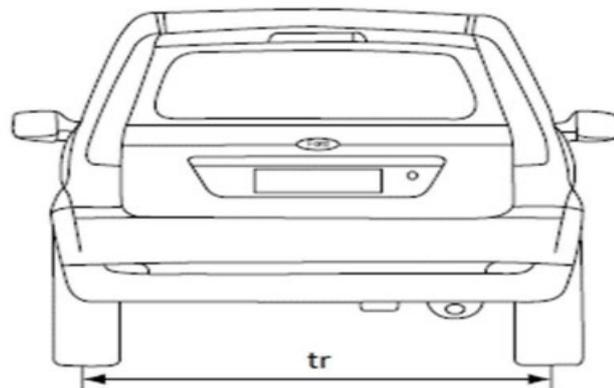
neumáticos y en que condición se toma la medición (tanque lleno, vacío, número de pasajeros, etc.). Posterior, se realiza las mediciones en el vehículo para obtener la siguiente información:

Ancho de vía

Este puede variar de eje delantero a eje posterior en algunos vehículos de competencia, por eso en este caso se utilizará ambos valores por lo que el programa requerirá el ingreso de dos datos, ancho de vía de eje frontal (tF) y ancho de vía del eje posterior (tR). Este valor debe medirse desde la línea central de ambos neumáticos, presenta en la Figura 29.

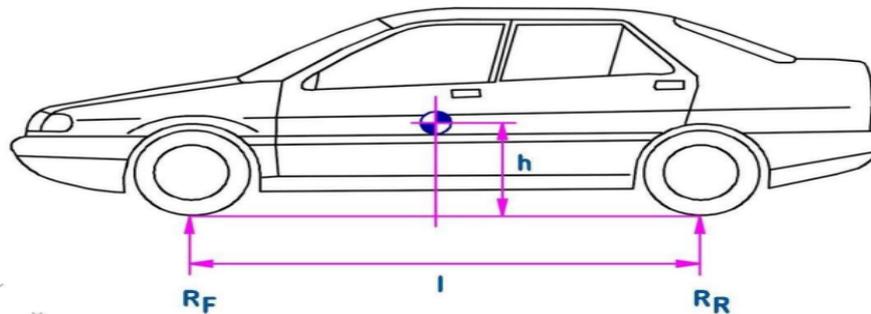
Figura 30

Ancho de vía



Batalla

El ultimo valor a conocer es la batalla del vehículo (ℓ), medida desde el centro de la rueda delantera a la posterior, como se presenta en la Figura 30.

Figura 31*Batalla*

Se debe considerar que las unidades de medida deben ser iguales y estar en el mismo sistema de medición, es decir si se elige metros, todas las unidades deben ser iguales.

Cargas en el sistema de suspensión

Basándose en el teorema de superposición, en el cual el peso total del vehículo será la suma de cada uno de los pesos individuales, así:

$$W_T = W_1 + W_2 + W_3 + W_4$$

Donde

$W_T =$ Carga Total del vehículo

$W_1 =$ Carga en la suspensión delantera izquierda

$W_2 =$ Carga en la suspensión delantera derecha

$W_3 =$ Carga en la suspensión posterior izquierda

$W_4 =$ Carga en la suspensión posterior derecha

Así mismo el peso individual de cada eje, será igual al peso de cada uno de los neumáticos.

$$W_F = W_1 + W_2$$

$$W_P = W_3 + W_4$$

Donde

$W_F = \text{Carga Frontal}$

$W_P = \text{Carga Posterior}$

Para determinar la altura del centro de gravedad se requiere de nuevas mediciones luego de generar un ángulo del vehículo con el piso. Elevamos dos de las ruedas ambas deben mantener la misma distancia al piso y las dos que no estén elevadas deben estar igualmente niveladas entre ellas. Se debe tener mucha precaución al momento de elevar el vehículo para que este no se desplace. La suspensión debe ser lo más rígida posible idealmente los amortiguadores deben ser reemplazados por elementos rígidos.

Por último, se presentan en la siguiente tabla la geometría original del vehículo lo cual se necesitará para el cálculo y comparación con la geometría modificada presente en la Tabla 2.

Tabla 2

Datos del vehículo

Datos	Valor de pesaje
Ancho de vía	1350mm (1.35 m)
Batalla	2245mm (2.245 m)
Radio de giro	4600 mm (4.6 m)

Cálculo de los ángulos de giro

Primer artefacto requerido para desarrollar el sistema de digitalización de procedimientos de planificación y mantenimiento aeronáutico, propuesto en el presente proyecto de investigación, aspecto crucial para la identificación de los

componentes macro que permiten manejar y clasificar la información recopilada en la etapa 1, 2 y 3 anteriormente expuestas.

Se calculará los ángulos de rueda exterior e interior con el fin de comparar con los ángulos de giro del vehículo ya modificado.

Ángulo de rueda exterior

$$\delta_o = \arctan\left(\frac{B}{R1 + \frac{A_v}{2}}\right)$$

Donde:

$A_v = w$ = ancho de vía trasero

$B = l$ = batalla o ancho entre ejes

$R1$ = Radio de giro

$$\delta_o = \arctan\left(\frac{2.245 \text{ m}}{4.6 \text{ m} + \frac{1.35 \text{ m}}{2}}\right)$$

$$\delta_o = 23.05^\circ$$

Ángulo de rueda interior

$$\delta_i = \arctan\left(\frac{B}{R1 - \frac{A_v}{2}}\right)$$

Donde:

$A_v = w$ = ancho de vía trasero

$B = l$ = batalla o ancho entre ejes

$R1$ = Radio de giro

$$\delta_i = \arctan\left(\frac{2.245 \text{ m}}{4.6 \text{ m} - \frac{1.35 \text{ m}}{2}}\right)$$

$$\delta_i = 29.77^\circ$$

Modificaciones en la geometría del vehículo

Para obtener el radio de giro del vehículo modificado, se realizará de manera práctica en donde se usó una cuerda para obtener el valor. (1) Se colocó la cuerda en la parte posterior del vehículo y (2) luego curvo el vehículo haciendo un círculo, como se muestra en la Figura 32.

Figura 32

Obtención del giro del vehículo



El vehículo giró a la derecha e izquierda, lo cual se obtuvo un valor similar el cual es de 3.225 m.

Cálculo de los ángulos de giro modificados

Se calculará los ángulos de rueda exterior e interior a fin de comparar con los ángulos de giro del vehículo no modificado.

Ángulo de rueda exterior

$$\delta_o = \arctan\left(\frac{B}{R1 + \frac{A_v}{2}}\right)$$

Donde:

$A_v = w$ = ancho de vía trasero

$B = l$ = batalla o ancho entre ejes

R_1 = Radio de giro

$$\delta_o = \arctan\left(\frac{2.245 \text{ m}}{3.225 \text{ m} + \frac{1.35 \text{ m}}{2}}\right)$$

$$\delta_o = 29.93^\circ$$

Ángulo de rueda interior

$$\delta_i = \arctan\left(\frac{B}{R_1 - \frac{A_v}{2}}\right)$$

Donde:

$A_v = w$ = ancho de vía trasero

$B = l$ = batalla o ancho entre ejes

R_1 = Radio de giro

$$\delta_i = \arctan\left(\frac{2.245 \text{ m}}{3.225 \text{ m} - \frac{1.35 \text{ m}}{2}}\right)$$

$$\delta_i = 41.36^\circ$$

Con los cálculos obtenidos se puede notar que se tuvo un menor radio de giro con el vehículo ya modificado en comparación del radio de giro del vehículo sin modificaciones.

Método de selección del disco de frenado delantero

Para poder seleccionar el mejor disco de frenado se debe analizar las alternativas propuestas, presentes en la Tabla 3:

Tabla 3*Tipos de Discos*

Tipo de disco	Descripción
Disco de frenado Ventilado	<p>Los discos de freno ventilados están en realidad compuestos por dos discos. Estos van separados por medio de unos canales radiales para permitir que se ventilen. Así, cuando giran consiguen un efecto ventilador que sirve para disipar el calor con mayor eficiencia.</p> <p>Estos discos de freno ventilados se suelen instalar en el eje delantero principalmente. La razón es que es en este eje donde se genera una mayor fuerza de frenada se y, por lo tanto, se calienta más. En algunos vehículos pesados, los discos de freno ventilados pueden ir instalados en los dos ejes.</p> <p>Existen distintos diseños de los discos de freno ventilados, que se diferencian por la forma de los canales. Por otra parte, una de sus principales ventajas es que sirven para aumentar la vida útil de las pastillas de freno.</p>
Disco de Frenado Rayado	<p>El tipo de discos de freno rayado viene a dar respuesta al mismo problema de los gases generados que se ha comentado anteriormente sobre los discos de freno perforados. Esta es otra solución para el problema de los gases de escape, pero, además, los discos de freno rayados realizan otra función más.</p> <p>Las propias ranuras que lleva el disco sirven para realizar una limpieza de las pastillas de freno por raspado, por lo que se mejora la fricción y el agarre de estas. Sin embargo, esto también tiene la desventaja de que causan un desgaste más rápido de las pastillas de freno.</p> <p>Los discos de freno perforados funcionan mejor para evacuar el agua cuando se circula bajo la lluvia. Esto es porque los agujeros son más grandes que las ranuras.</p> <p>Los discos perforados están mejor ventilados, por lo que se enfrían más rápido. No obstante, al tener menor superficie, también se calientan antes.</p> <p>El agarre inicial de los discos perforados es mejor que el de los discos de freno rayados.</p>
Disco de Freno Perforado	<p>El uso intensivo de los frenos produce un gran calor, pero también se producen partículas y gases procedentes de las pastillas de freno. Esto termina ensuciando la pastilla de freno,</p>

Tipo de disco	Descripción
Disco de Freno Rayado	<p>formando una película sobre el disco, de manera que se pierde eficiencia de frenada (fundido de freno).</p> <p>El diseño de los discos de freno perforados ayuda a disipar los gases generados y a evitar el problema de fundido de freno. Además, los discos de freno perforados pesan menos. Por contra, al tener agujeros, se pierde eficiencia disipando el calor y pueden agrietarse cuando se frena de fuertemente.</p> <p>Para evitar estos problemas se hacen de materiales especiales, como hierro fundido rico en carbono, que sirve para mejorar su resistencia termo mecánica y prevenir esos riesgos. Hay que tener en cuenta que las pastillas modernas no producen tantos gases, por lo que su uso no es tan necesario como antaño.</p> <p>El tipo de discos de freno rayado viene a dar respuesta al mismo problema de los gases generados que se ha comentado anteriormente sobre los discos de freno perforados. Esta es otra solución para el problema de los gases de escape, pero, además, los discos de freno rayados realizan otra función más.</p> <p>Las propias ranuras que lleva el disco sirven para realizar una limpieza de las pastillas de freno por raspado, por lo que se mejora la fricción y el agarre de estas. Sin embargo, esto también tiene la desventaja de que causan un desgaste más rápido de las pastillas de freno.</p> <p>Los discos de freno perforados funcionan mejor para evacuar el agua cuando se circula bajo la lluvia. Esto es porque los agujeros son más grandes que las ranuras.</p> <p>Los discos perforados están mejor ventilados, por lo que se enfrían más rápido. No obstante, al tener menor superficie, también se calientan antes.</p> <p>El agarre inicial de los discos perforados es mejor que el de los discos de freno rayados.</p>

Tipo de disco	Descripción
Disco de freno perforados y rayados	<p>Otra vuelta de tuerca en el diseño de los discos de freno son los discos de freno perforados y rayados. Se trata de una combinación de los dos tipos: en su superficie presentan unos pequeños orificios a la vez que cuentan con unos surcos para mejorar la capacidad de drenaje de agua.</p> <p>Su principal ventaja es que tienen una igual superficie de fricción que los perforados (entre el 80 y el 91%) de su superficie y que son ligeros. Esto hace una buena opción para disfrutar las ventajas combinadas de los dos tipos, a la vez que se reducen sus inconvenientes, como la mayor fragilidad de los perforados.</p>

Análisis de transferencia de calor

Uno de los factores que puede determinar el rendimiento del disco de frenado es el aire el mismo que en condiciones ambientales está a 20 grados centígrados, fluye sobre la superficie exterior del disco de freno de 215mm de diámetro y su temperatura es de 73 grados centígrados, con una velocidad de 16.66m/s. Determinar para el disco completo, la fuerza total de la resistencia del movimiento y la razón de la transferencia de calor por unidad de ancho de placa.

Donde, el aire fluye sobre la placa plana, se deben determinar la fuerza total de resistencia al movimiento y la razón de la transferencia de calor por unidad de ancho de la placa:

1 el flujo es estacionario

El número de reynols critico es de $RE = 5 \times 10^5$, el flujo es estacionario e incompresible

Las propiedades del aire a la temperatura de película son

$$T_f = \frac{t_s + t_\infty}{2}$$

$$T_f = \frac{20 + 20}{2}$$

$$T_f = 40$$

Figura 33

Propiedades del aire a 1 atm

TABLA A-15							
Propiedades del aire a la presión de 1 atm							
Temp., T, °C	Densidad, ρ , kg/m ³	Calor específico, c_p , J/kg · K	Conductividad térmica, k, W/m · K	Difusividad térmica, α , m ² /s ²	Viscosidad dinámica, μ , kg/m · s	Viscosidad cinemática, ν , m ² /s	Número de Prandtl, Pr
-150	2.866	983	0.01171	4.158×10^{-6}	8.636×10^{-6}	3.013×10^{-6}	0.7246
-100	2.038	966	0.01582	8.036×10^{-6}	1.189×10^{-5}	5.837×10^{-6}	0.7263
-50	1.582	999	0.01979	1.252×10^{-5}	1.474×10^{-5}	9.319×10^{-6}	0.7440
-40	1.514	1002	0.02057	1.356×10^{-5}	1.527×10^{-5}	1.008×10^{-5}	0.7436
-30	1.451	1004	0.02134	1.465×10^{-5}	1.579×10^{-5}	1.087×10^{-5}	0.7425
-20	1.394	1005	0.02211	1.578×10^{-5}	1.630×10^{-5}	1.169×10^{-5}	0.7408
-10	1.341	1006	0.02288	1.696×10^{-5}	1.680×10^{-5}	1.252×10^{-5}	0.7387
0	1.292	1006	0.02364	1.818×10^{-5}	1.729×10^{-5}	1.338×10^{-5}	0.7362
5	1.269	1006	0.02401	1.880×10^{-5}	1.754×10^{-5}	1.382×10^{-5}	0.7350
10	1.246	1006	0.02439	1.944×10^{-5}	1.778×10^{-5}	1.426×10^{-5}	0.7336
15	1.225	1007	0.02476	2.009×10^{-5}	1.802×10^{-5}	1.470×10^{-5}	0.7323
20	1.204	1007	0.02514	2.074×10^{-5}	1.825×10^{-5}	1.516×10^{-5}	0.7309
25	1.184	1007	0.02551	2.141×10^{-5}	1.849×10^{-5}	1.562×10^{-5}	0.7296
30	1.164	1007	0.02588	2.208×10^{-5}	1.872×10^{-5}	1.608×10^{-5}	0.7282
35	1.145	1007	0.02625	2.277×10^{-5}	1.895×10^{-5}	1.655×10^{-5}	0.7268
40	1.127	1007	0.02662	2.346×10^{-5}	1.918×10^{-5}	1.702×10^{-5}	0.7255
45	1.109	1007	0.02699	2.416×10^{-5}	1.941×10^{-5}	1.750×10^{-5}	0.7241
50	1.092	1007	0.02735	2.487×10^{-5}	1.963×10^{-5}	1.798×10^{-5}	0.7228
60	1.059	1007	0.02808	2.632×10^{-5}	2.008×10^{-5}	1.896×10^{-5}	0.7202
70	1.028	1007	0.02881	2.780×10^{-5}	2.052×10^{-5}	1.995×10^{-5}	0.7177
80	0.9994	1008	0.02953	2.931×10^{-5}	2.096×10^{-5}	2.097×10^{-5}	0.7154
90	0.9718	1008	0.03024	3.086×10^{-5}	2.139×10^{-5}	2.201×10^{-5}	0.7132

$$\rho = \frac{1.204 \text{ kg}}{\text{m}^3}$$

$$k = \frac{0.02476 \text{ W}}{\text{m}} \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Pr = 0.7309$$

$$\nu = \frac{2.074 * 10^{-5} \text{ m}^2}{\text{s}^2}$$

Para el cálculo de número de Reynolds para el final de la placa tenemos

$$Re = \frac{V * l}{\nu}$$

$$Re = \frac{\frac{16.66 \text{ m}}{\text{s}} * 0.215 \text{ m}}{2.074 * \frac{10^{-5} \text{ m}^2}{\text{s}^2}}$$

$$Re = 172704.9180$$

El número es mayor al número de Reynolds crítico, por consiguiente, se tiene que el flujo sobre el disco de freno es turbulento y el coeficiente de fricción promedio es de

$$Cf = 1.33Re^{-0.5}$$

$$Cf = 1.33 * (172704.9180)^{-0.5}$$

$$cf = 3.20 \times 10^{-3}$$

Para el cálculo de la fuerza de arrastre que actúa por unidad de ancho tenemos

$$FD = Cf * A * \frac{\rho * V^2}{2}$$

$$FD = 3.20 * 10^3 * (\pi * 0.215m^2) * \frac{\frac{1.204Kg}{m^3} * \left(\frac{16.66m}{s}\right)^2}{2} * \left(\frac{1N}{1kg * \frac{m}{s^2}}\right)$$

$$FD = 0.077N$$

Para determinar el número de Nusselt podemos utilizar relaciones de flujo turbulento para una placa plana

$$Nu = 0.037 * Re^{0.8} * Pr^{\frac{1}{3}}$$

$$Nu = 0.037 * 172704.9180^{0.8} * 0.7309^{\frac{1}{3}}$$

$$Nu = 516.017$$

Calculado el número de Nusselt para el flujo turbulento continuamos con el cálculo del coeficiente de transferencia de calor por convección

$$h = \frac{k}{L}$$

$$h = \frac{0.02476w^{\circ}C}{0.215} * 516.017$$

$$h = \frac{59.4260w}{m^2} * ^{\circ}C$$

Para realizar el cálculo de la potencia disipada partimos del valor obtenido del coeficiente de transferencia de calor por convección del disco

$$Q = h * A_s(T^\infty - T_s)$$

$$Q = 59.4260 * (0.215 * \pi^2) * (73 - 20)$$

$$Q = 6683.294$$

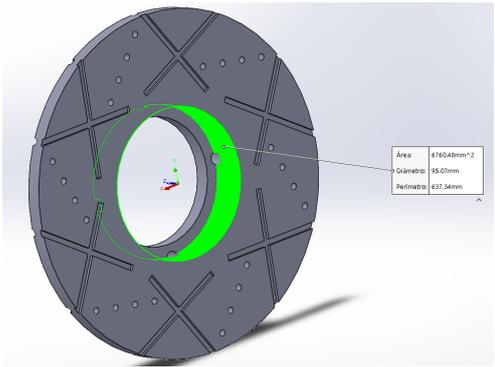
Partiendo de estos datos obtenidos en relación al tiempo real promedio en el cual se acciona el pedal de freno de 3s se realiza una simulación la cual nos indica cual sería el comportamiento del disco de freno en estas condiciones. La simulación se realizará en ambos discos de frenos para demostrar su comportamiento al análisis

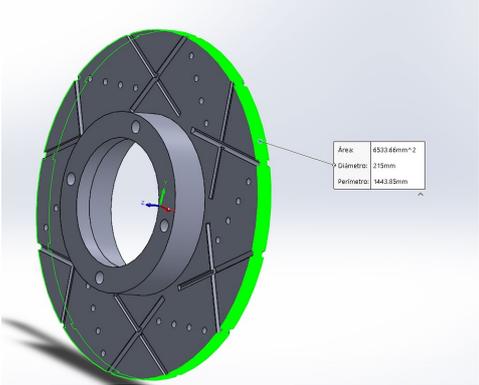
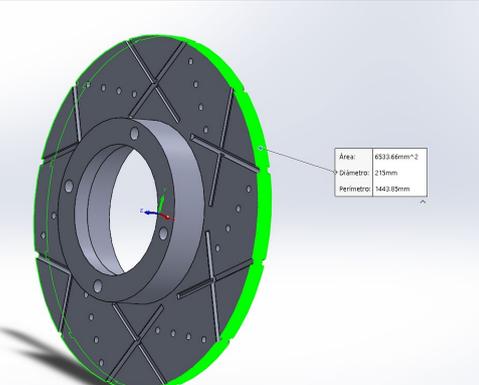
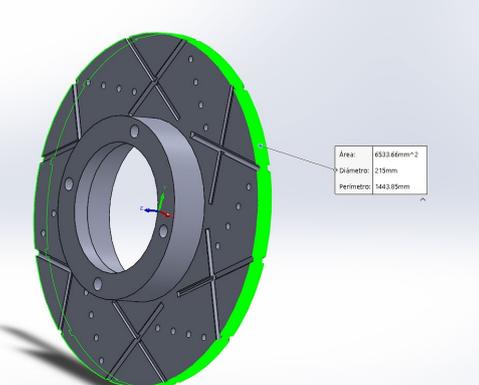
Para la simulación partimos de las medidas iniciales de los discos de frenos como se muestra en la Tabla 4

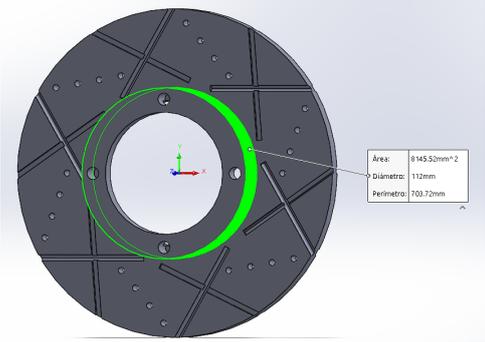
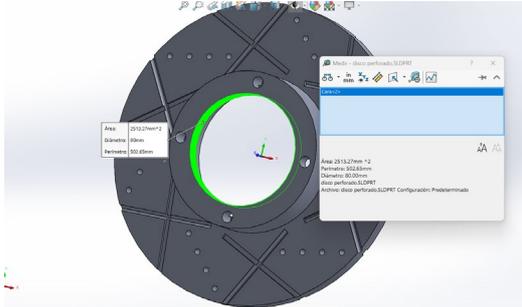
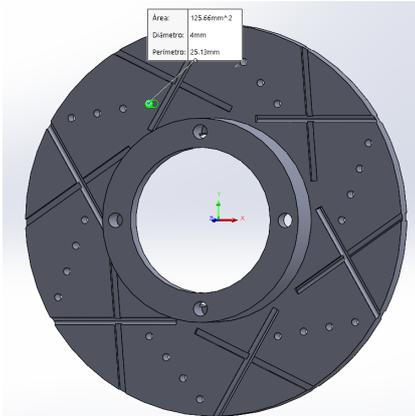
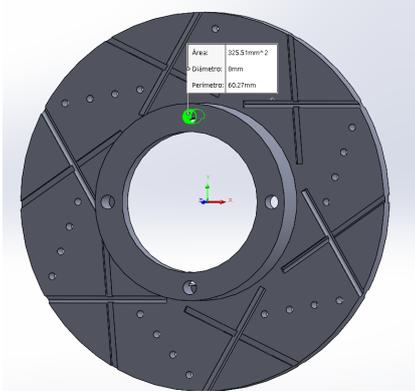
- Fabricante: Raybestos
- Posición: Discos delanteros
- Categoría: Discos de freno

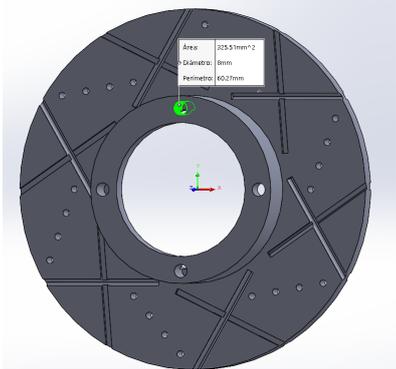
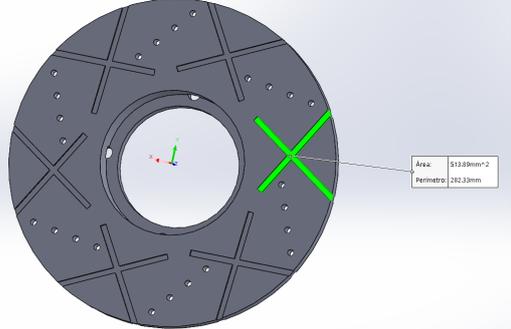
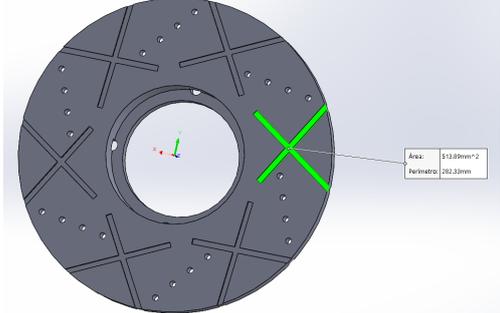
Tabla 4

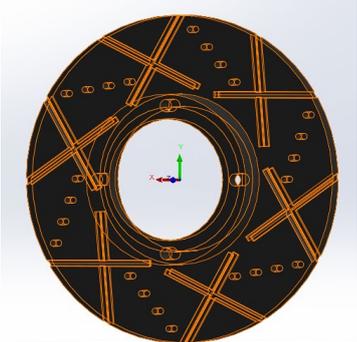
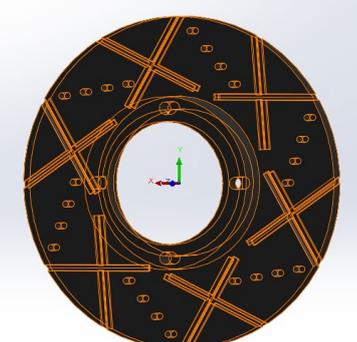
Especificaciones de discos de frenos rayado

Especificaciones	Magnitud	Imagen de referencia
Diámetro interior (Parte posterior)	95.07mm	
Diámetro exterior	215mm	

Especificaciones	Magnitud	Imagen de referencia
Espesor del disco	10mm	
Perímetro Total del disco	1443.85mm	
Diámetro de los orificios del disco (ventilación)	4mm	

Especificaciones	Magnitud	Imagen de referencia
Diámetro de la junta externa	112mm	
Diámetro de la junta interna (Conexión a la mordaza)		
Cantidad de orificios para ventilación	24	
Diámetro de orificios de instalación	8mm	
Cantidad de orificios de instalación	4	

Especificaciones	Magnitud	Imagen de referencia
Área de superficie de Rayaduras para el disco	513.89mm ²	
Cantidad de acanaladuras en forma de cruz	de 6	
Área de superficie de contacto por lado	23056.24 milímetros ²	
Volumen total del disco	358037.06 milímetros cúbicos	

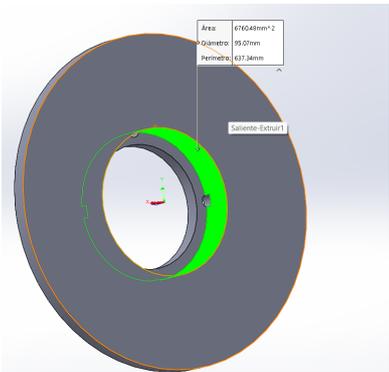
Especificaciones	Magnitud	Imagen de referencia
		
Peso del disco	7.16Kg	

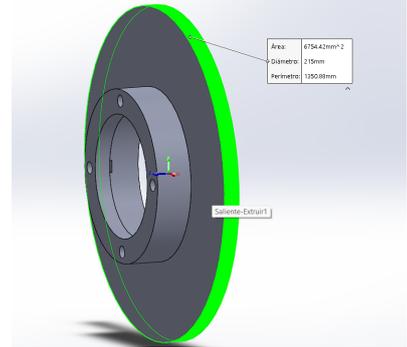
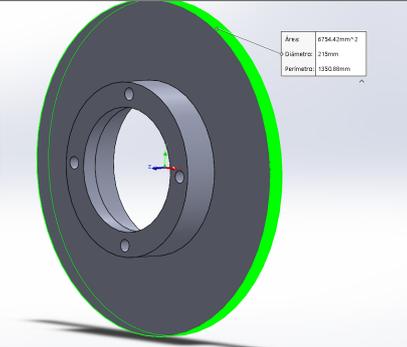
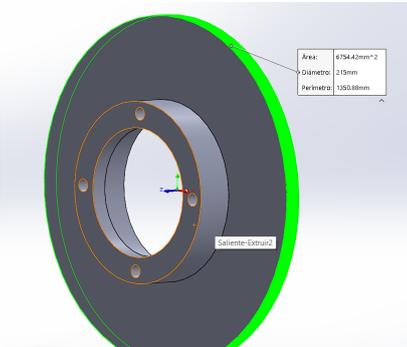
Especificaciones para el disco de freno Solido

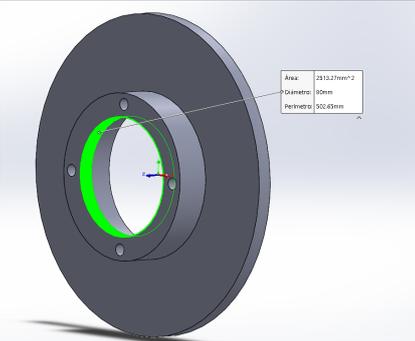
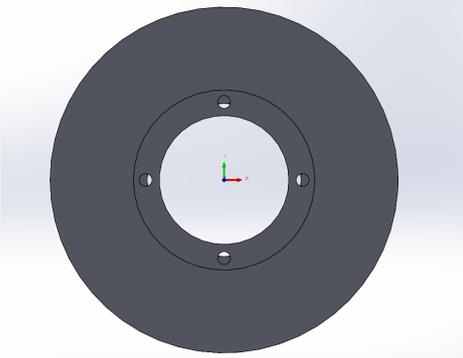
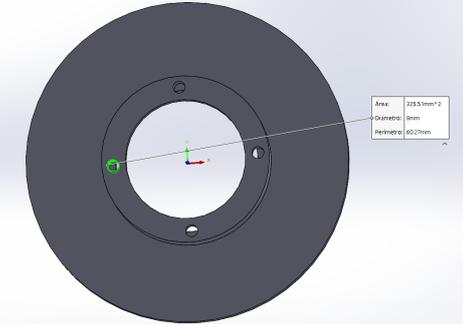
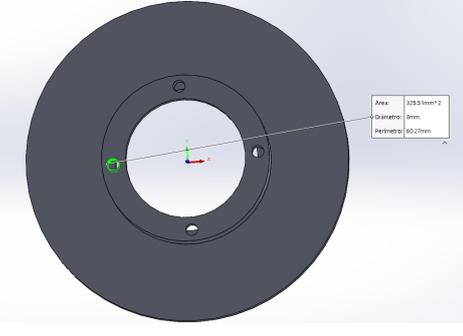
- Fabricante: Raybestos
- Posición: Discos delanteros
- Categoría: Discos de freno

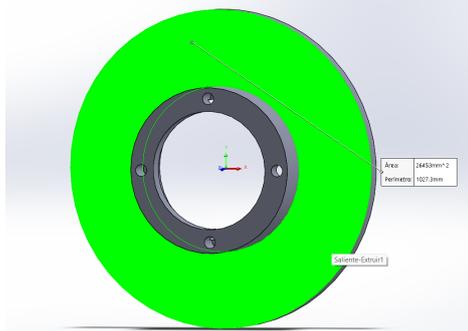
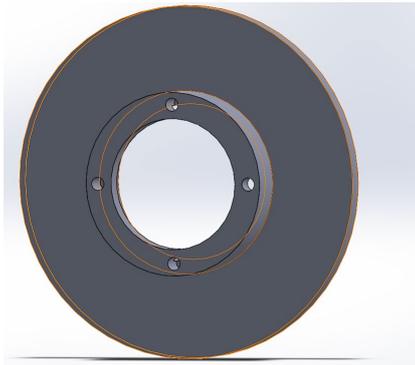
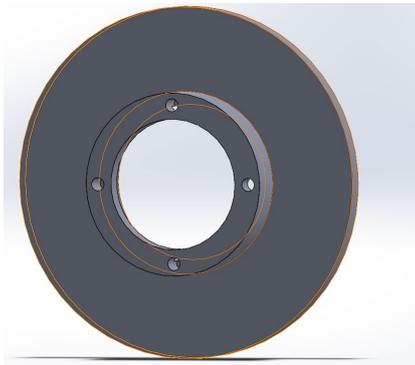
Tabla 5

Especificaciones de discos de frenos sólido

Especificaciones	Magnitud	Imagen de referencia
Diámetro interior (Parte posterior)	95.07mm	
Diámetro exterior	215mm	

Especificaciones	Magnitud	Imagen de referencia
Espesor del disco	10mm	
Perímetro Total del disco	1350.88mm	
Diámetro de la junta externa	112mm	

Especificaciones	Magnitud	Imagen de referencia
Diámetro de la junta interna (Conexión a la mordaza)	80.00mm	
Cantidad de orificios para ventilación	0	
Diámetro de orificios de instalación	8mm	
Cantidad de orificios de instalación	4	

Especificaciones	Magnitud	Imagen de referencia
Área de superficie de contacto por lado	26453.00mm ²	
Volumen total del disco	373851.01 milímetros cúbicos	
Peso del disco	7.46Kg	

Diseño del sistema para determinar las cargas ejercidas en la suspensión

Etapa que detalla la implementación del sistema web desarrollado para trabajo de titulación.

Desarrollo del sistema web para la digitalización de procedimientos de planificación y mantenimiento aeronáutico: 1) Configuración de herramientas 2) Codificación del sistema web

Para determinar la carga que soportara el sistema de suspensión en cada rueda o en la parte posterior o delantera. Se usará los pesos obtenidos a través del uso de las balanzas de la marca Proform® (Figura 33), las cuales arrojaron un valor de peso en cada rueda como se muestra en la Tabla 6.

Figura 34

Cálculo de peso



Tabla 6

Pesos correspondientes a cada rueda

Rueda		Peso
Delantera Izquierda	m1	209.5 kg
Delantera Derecha	m2	185.5 kg
Trasera Izquierda	m3	128 kg
Trasera Derecha	m4	115.5kg
Peso total	mt	638.5 kg

Cargas en la suspensión frontal

Para obtener la carga en la parte frontal del vehículo se sumarán los valores las llantas delanteras antes de elevarlo o se los valores de W_1 y W_2 .

$$W_F = W_1 + W_2$$

$$W_F = m_1 * g + m_2 * g$$

$$W_1 = 209.5 \text{ kg} * 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$W_1 = 2055.195 \text{ N}$$

$$W_2 = 185.5 \text{ kg} * 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$W_2 = 1819.755 \text{ N}$$

$$W_F = 2055.195 \text{ N} + 1819.755 \text{ N}$$

$$W_F = 3874.95 \text{ N}$$

Cargas en la suspensión posterior

De igual manera que en la parte frontal se usara el peso del vehículo en las ruedas posteriores del mismo con el fin de obtener la fuerza en la suspensión posterior del vehículo.

$$W_P = W_3 + W_4$$

$$W_P = m_3 * g + m_4 * g$$

$$W_3 = 128 \text{ kg} * 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$W_3 = 1255.68 \text{ N}$$

$$W_4 = 115.5 \text{ kg} * 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$W_4 = 1133.055 \text{ N}$$

$$W_P = 1255.68 \text{ N} + 1133.055 \text{ N}$$

$$W_P = 2388.735 \text{ N}$$

Carga total

$$W_T = W_F + W_P$$

$$W_T = 3874.95 \text{ N} + 2388.735 \text{ N}$$

$$W_T = 6263.685 \text{ N}$$

Capítulo IV

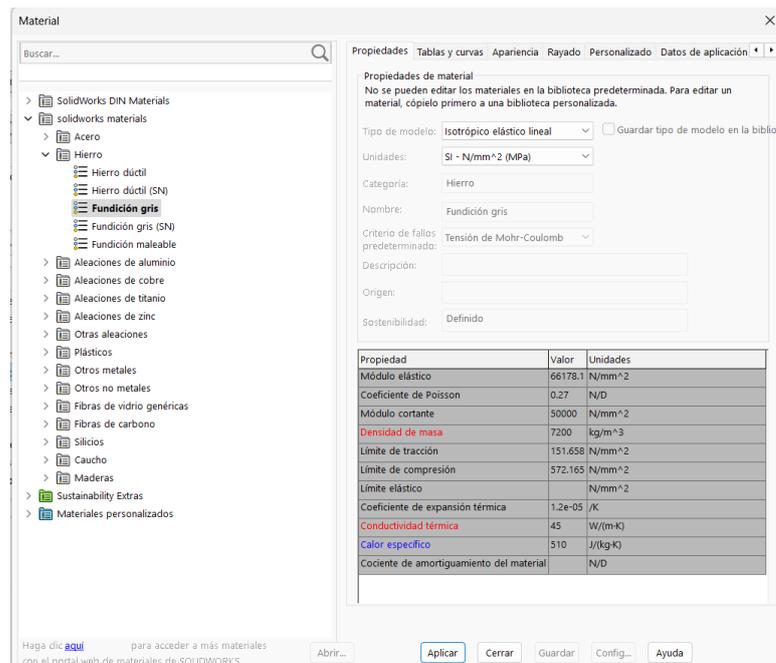
Análisis de Resultados

Análisis de discos de frenado

Con las respectivas magnitudes detalladas e identificado las dimensiones del disco procedemos a la aplicación del material y propiedades termodinámicas, se procederá a la creación de la simulación para el disco rayado, como se muestra en la Figura 35.

Figura 35

Aplicación de material para el disco de freno



Nota. Los discos de freno son fabricados de hierro de fundición gris (Autoría propia).

Para el análisis se debe ingresar las cargas térmicas que han sido calculadas anteriormente, comenzando con el coeficiente de transferencia de calor por convección

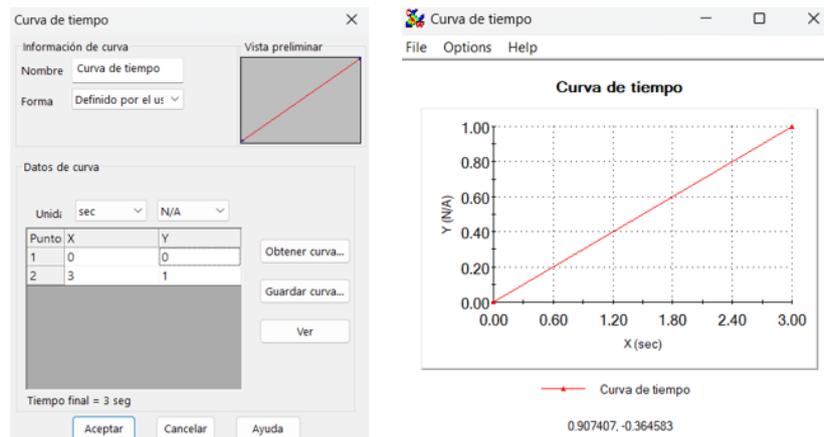
$$\text{Con un valor de } 59.426 \frac{W}{m^2} * K$$

La temperatura asignada ha sido el promedio de la ciudad de Latacunga 20°C lo que equivale a 293.15 grados kelvin

La curva de tiempo asignada ha sido en función al análisis transitorio de la transferencia de calor en un tiempo de 3 segundos como se muestra en la Figura 36.

Figura 36

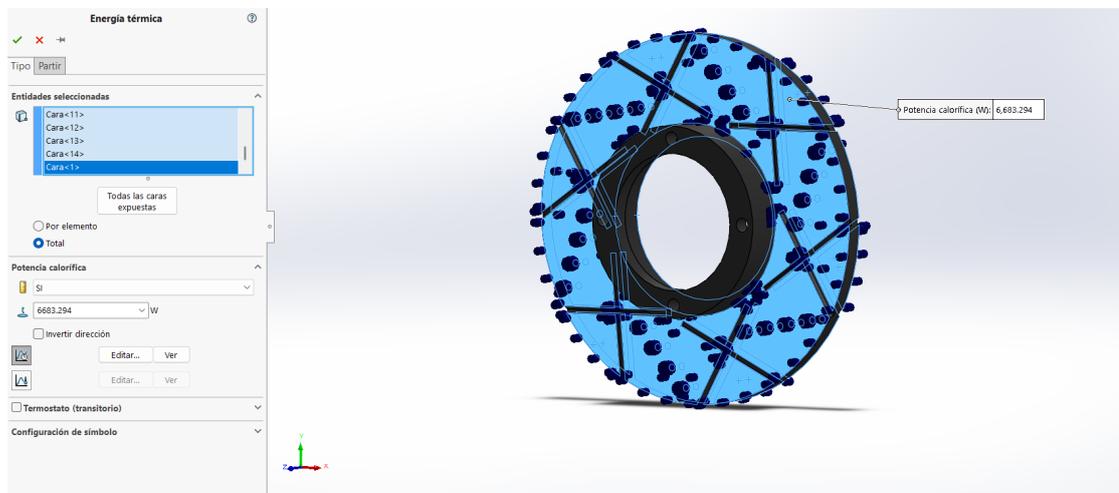
Asignación de la curva de tiempo



Aplicando el coeficiente obtenido se observa que la transferencia de calor por convección se da en todo el disco como se muestra en la Figura 31

Figura 37

Aplicación de potencia calorífica en superficies de fricción

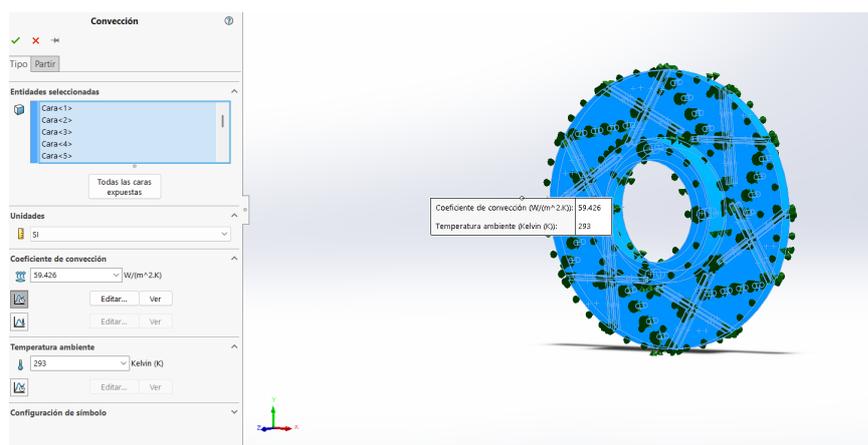


Ingresamos el valor de la potencia calorífica a ser disipada por los discos, la potencia calorífica va directamente aplicada en la superficie de contacto con las pastillas de freno.

El valor total de la potencia calculada es de 6683.294W La cual será aplicada en las dos superficies de contacto con las pastillas (parte frontal del disco y parte posterior), como se muestra en la Figura 37.

Figura 38

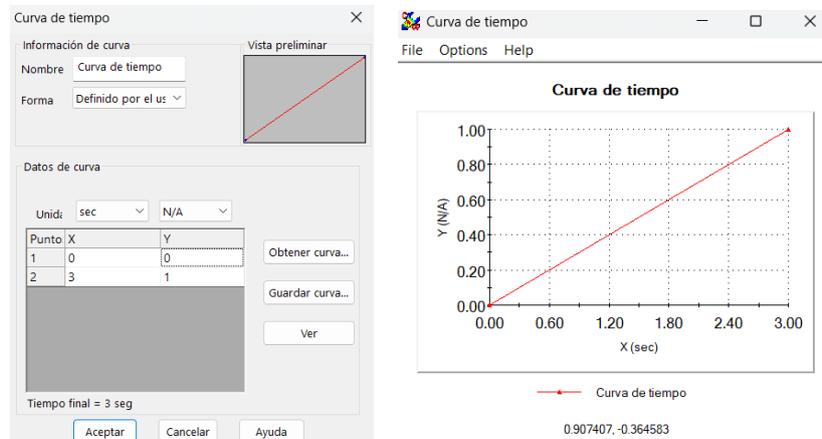
Ingreso de parámetros Coeficiente de transferencia de calor por convección a 20°C



La curva de tiempo asignada ha sido en función al análisis transitorio de la transferencia de calor en un tiempo de 3 segundos presente en la Figura 39.

Figura 39

Curva de tiempo en 3s.

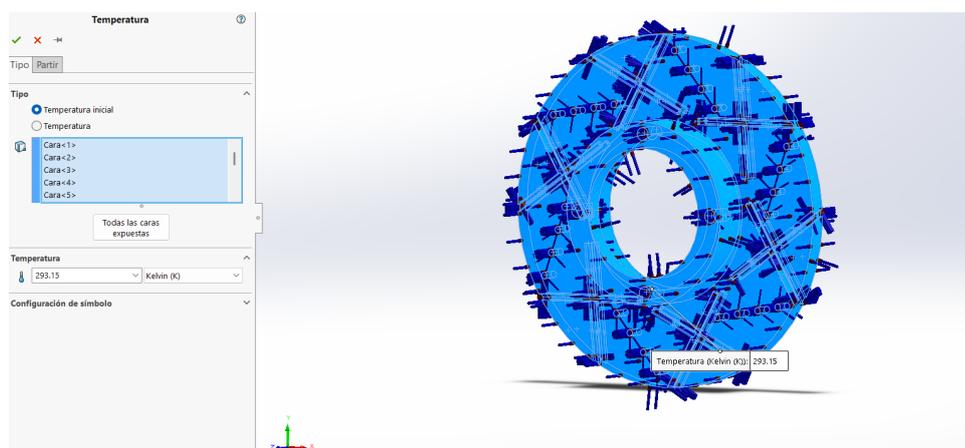


Para el valor de la temperatura a la cual se encuentra el disco de freno utilizamos el promedio de la temperatura ambiente en la ciudad de Latacunga la cual es de 20 °C o 293.15 grados kelvin.

El valor de la temperatura ambiente es aplicado directamente en todas las superficies del disco, debido a que están en contacto directo con el aire del medio ambiente como se muestra en la Figura 39.

Figura 40

Superficies para la aplicación de la temperatura ambiente



Las caras seleccionadas son las superficies que están en contacto continuamente con el medio circundante y tiene la temperatura ambiente

Una vez aplicada las propiedades necesarias para dar inicio al estudio se procede a ejecutar el mismo dentro del aplicativo de SolidWorks.

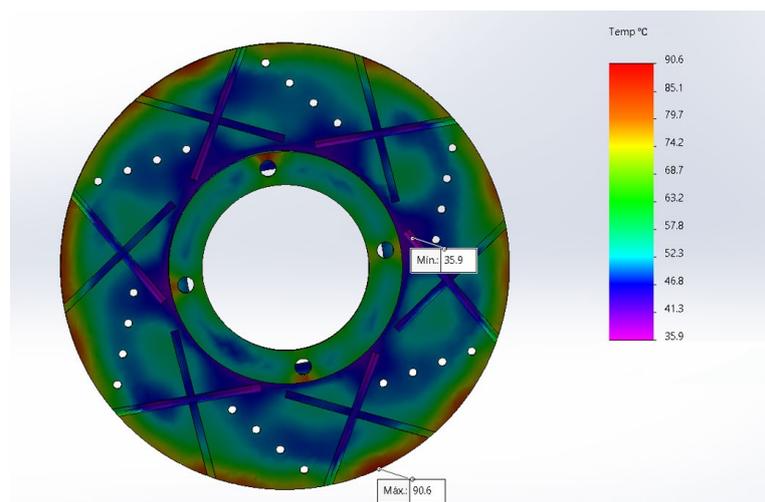
En el resultado podemos ver el flujo de temperatura en el disco la cual se ha determinado en los 3 segundos de simulación

Podemos observar las diferentes zonas y las temperaturas las cuales ha absorbido el disco

°C

Figura 41

Resultado de la simulación análisis térmico de la superficie del disco

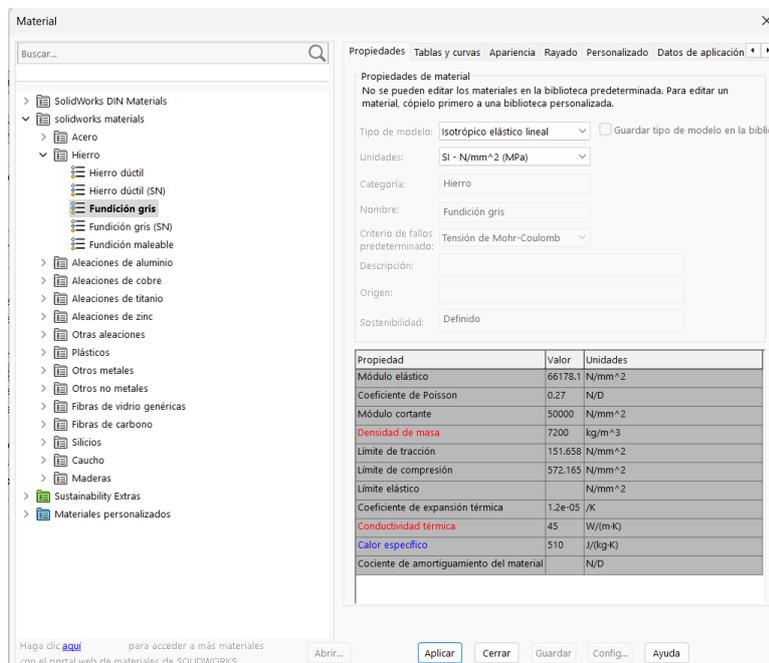


EL disco presenta un punto de caliente máximo de 92 °C y un mínimo de 36 °C lo cual nos representa la temperatura al aplicar la misma fuerza durante el mismo tiempo de frenado. Esto representa un aumento en la temperatura total del disco ya que este presenta una menor superficie de fricción en base al disco sólido, además se puede observar una mejora al sistema ya al permanecer el disco en una temperatura baja el coeficiente de fricción del disco no varía permitiendo así mantener la eficiencia del sistema de frenos.

Para el análisis del disco sólido, se procede de manera similar, de tal manera que con las magnitudes e identificado las dimensiones del disco procedemos a la aplicación del material y propiedades termodinámicas.

Figura 42

Aplicación de material para el disco de freno



Para el análisis tenemos que ingresar las cargas térmicas que han sido calculadas anteriormente, comenzando con el coeficiente de transferencia de calor por convección.

El mismo tiene un valor de $59.426 \frac{W}{m^2} * K$

La temperatura asignada ha sido el promedio de la ciudad de Latacunga 20°C lo que equivale a 293.15 grados kelvin, la curva de tiempo asignada ha sido en función al análisis transitorio de la transferencia de calor en un tiempo de 3 segundos como se muestra en las Figuras 42 y 43.

Figura 43

Curva de tiempo en base a 3s

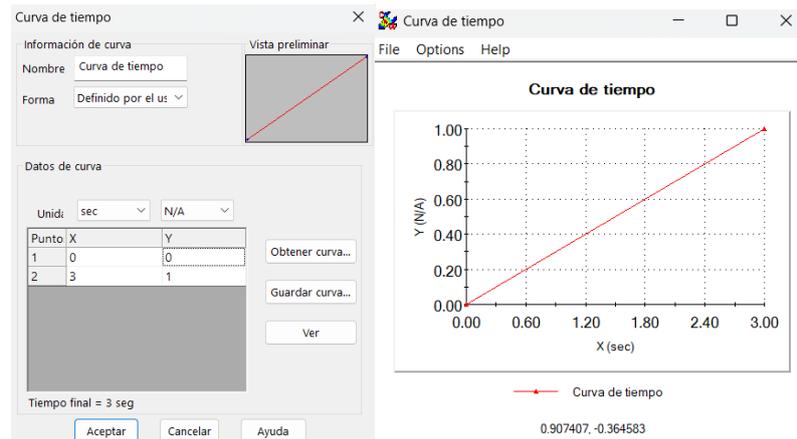
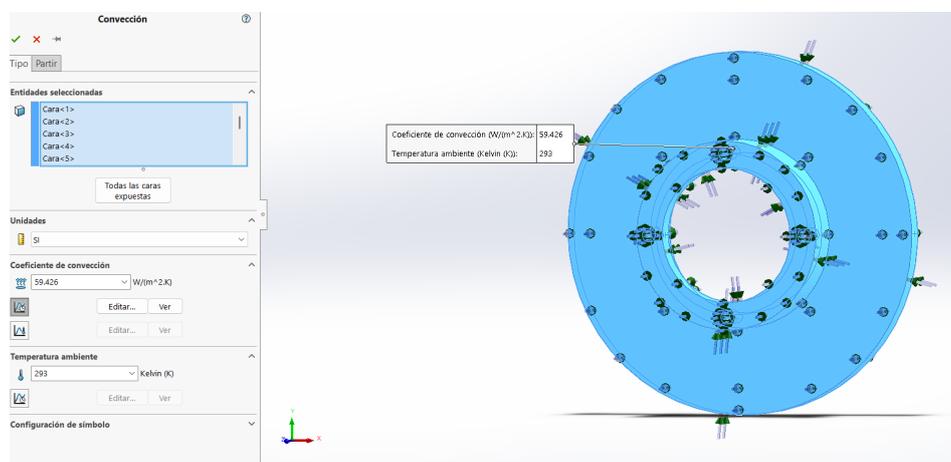


Figura 44

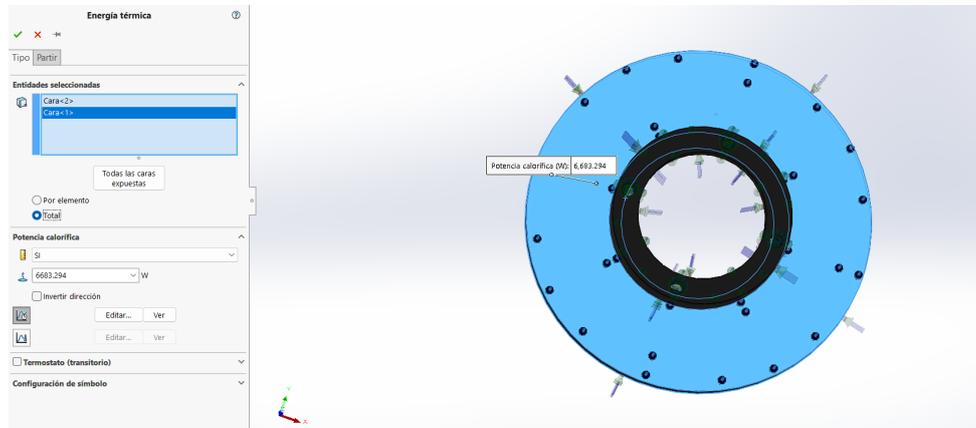
Ingreso de parámetros Coeficiente de transferencia de calor por convección a 20°C



Se ingresará el valor de la potencia calorífica a ser disipada por los discos, la potencia calorífica va directamente aplicada en la superficie de contacto con las pastillas de freno. El valor total de la potencia calculada es de 6683.294W La cual será aplicada en las dos superficies de contacto con las pastillas (parte frontal del disco y parte posterior).

Figura 45

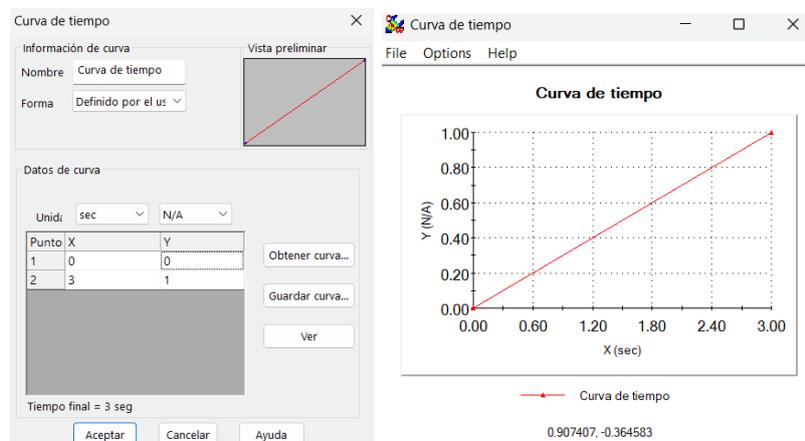
Aplicación de potencia calorífica en superficies de fricción



La curva de tiempo asignada ha sido en función al análisis transitorio de la transferencia de calor en un tiempo de 3 segundos.

Figura 46

Asignación de la curva de tiempo en base a 3s

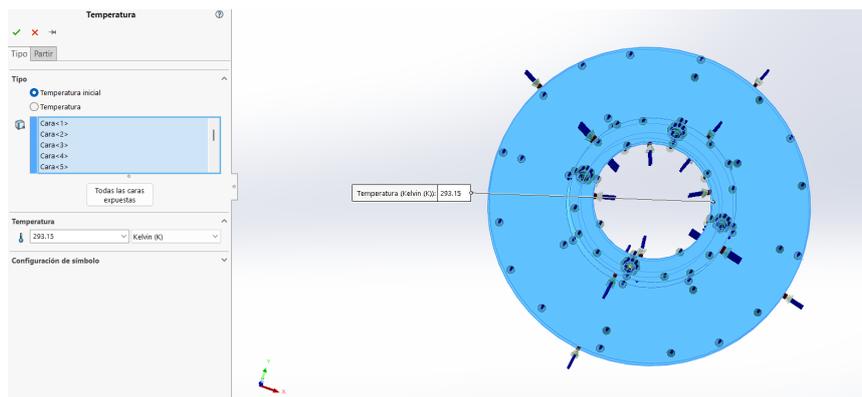


El valor de la temperatura a la cual se encuentra el disco de freno utilizamos el promedio de la temperatura ambiente en la ciudad de Latacunga la cual es de 20 °C o 293.15 grados kelvin.

El valor de la temperatura ambiente es aplicado directamente en toda la superficie del disco ya que están en contacto directo con el aire del medio ambiente.

Figura 47

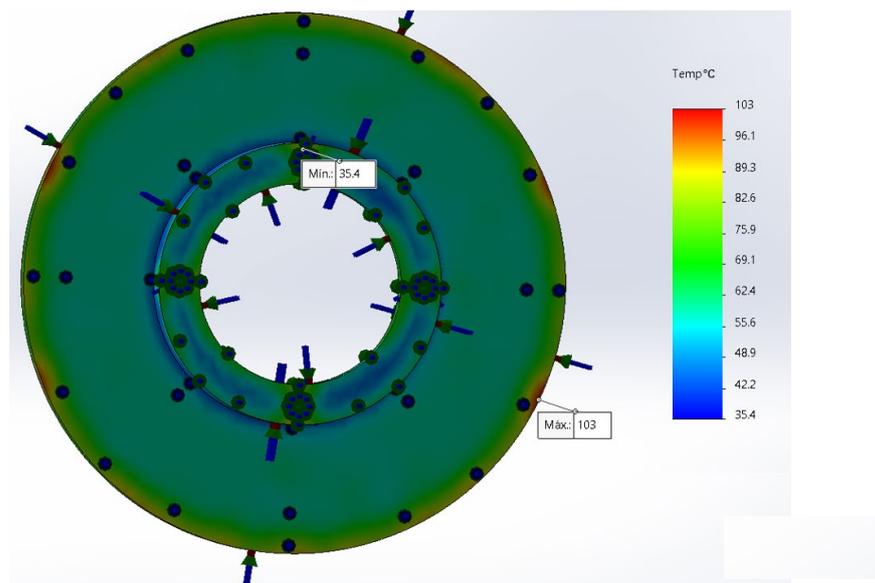
Superficies para la aplicación de la temperatura ambiente



Para la aplicación de la temperatura ambiente se ha seleccionado todas las caras expuestas del modelo en la Figura 47.

Figura 48

Resultado de la simulación análisis térmico de la superficie del disco



EL disco presenta un punto de caliente máximo de 103 °C y un mínimo de 35.4 °C lo cual nos representa la temperatura al aplicar la misma fuerza durante el mismo tiempo de frenado. Esto representa una disminución en la temperatura total del disco ya que este presenta una mayor superficie de fricción en base al disco perforado, además se puede observar una disipación del calor uniforme la cual nos indica que el calor se encuentra concentrado en toda la superficie de contacto con

las pastillas, esto significa que el calor se encuentra almacenado en la parte interna del disco y una retención de calor lo cual es perjudicial para el sistema de frenos.

Tabla 7

Resultados finales

	Discos Solidos	Discos perforados y rayados
Coefficiente de transferencia de calor por convección	59.426W/m ² *°C	59.426W/m ² *°C
Temperatura máxima	86°C	92°C
Temperatura mínima	39.3°C	36.7°C

Selección de discos de frenado

Para la selección de los discos de frenos delanteros, se ha creado una tabla que servirá para demostrar las ventajas de utilizar en diferentes condiciones y duración los discos de frenos sólidos y disco de frenos perforados como se muestra en la tabla 8.

Tabla 8

Comparativa de discos de frenado

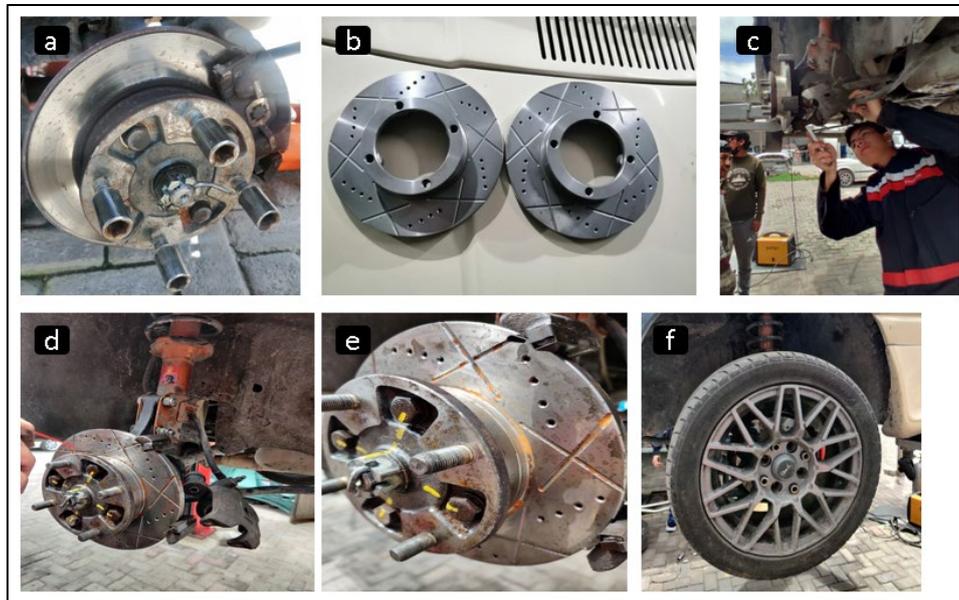
Tipo de disco Ventajas	Discos solidos	Discos Perforados y rayados
Duración	★★★★★	★★★
Precio	★★	★★★★★
Disipación del calor	★★★	★★★★★
Ventilación	★★★	★★★★★
Facilidad de cambio	★★★	★★★
autolimpieza	★★★	★★★★★
Drenaje de agua de lluvia	★	★★★★★
Duración del disco	★★★★★	★★★

Tipo de disco Ventajas	Discos solidos	Discos Perforados y rayados
Duración de la pastilla de freno	★★★★★	★★★
Potencia de frenado en lluvia	★★★	★★★★★

Nota. Siendo la escala de medición ★ la calificación más baja y ★★★★★ la más alta.

Sustitución de los discos de frenado

Con el análisis realizado, se procederá a cambiar los discos de frenado como se muestra en la Figura 42, donde: a) discos de freno solidos (originales del vehículo). b) Discos de freno adquiridos para la sustitución en el vehículo, c) Ambos discos de frenos son OEM de la marca Raybestos d) Sustitución de los discos de freno, ensamblaje de sistema de freno delantero e) sustitución del disco de freno solido por el disco de freno perforado y rayado, f) Señalado de los pernos de sujeción del disco para detectar posibles fallos.

Figura 49*Proceso de cambio***Sustitución de las pastillas de freno para discos**

Se sustituye las pastillas de freno originales por astillas de freno de cerámica con un coeficiente de fricción y resistencia a la temperatura más altos a las originales para tener un mayor frenado y eficiencia en el sistema como se muestra en la Figura 49.

Figura 50

Pastillas seleccionadas

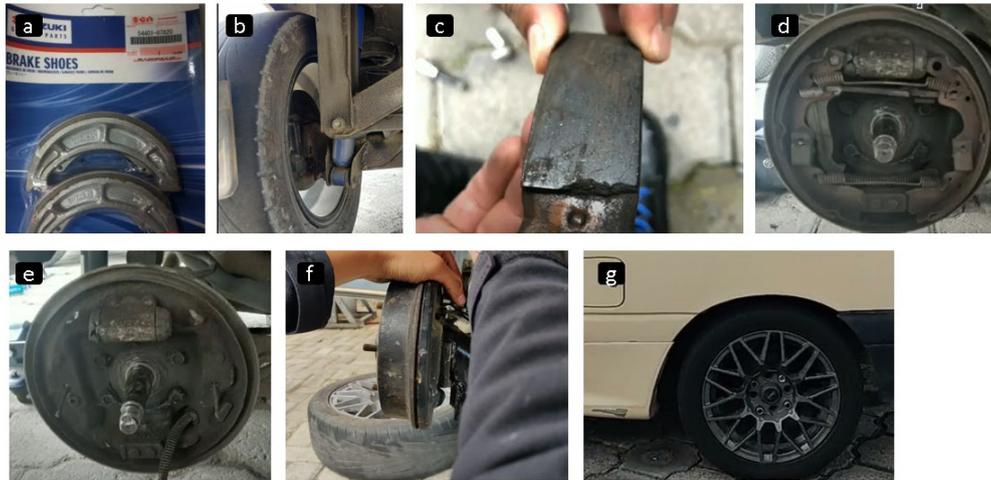


Sustitución de las zapatas de freno traseras

Para los frenos traseros se utiliza zapatas de freno originales de la marca suzuki a) Se realiza la inspección de las pastillas de freno y el sistema de freno de tambor para realizar su diagnóstico b) inspección visual c) pastilla de freno con desgaste y ruptura en la parte inicial d) Sistema de freno de tambor e) Sistema de freno de tambor desarmado f) rearmado del sistema de freno de tambor g) freno de tambor finalizado.

Figura 51

Sustitución de zapatas



Para el sistema de freno Se realizo el cambio de líquido de freno a uno de mayores características como es el motul RBF 700 FACTORY LINE.

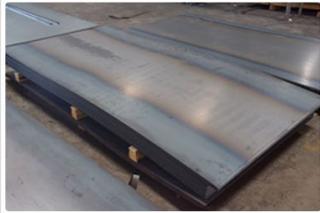
MOTUL RBF 700 FACTORY LINE es un fluido de frenos de alta prestaciones desarrollado para ofrecer una frenada sólida, sin pérdida de eficacia incluso en condiciones de fuertes y repetidas frenadas con muy alta temperatura, para frenadas con componentes de freno de disco y frenos de tambor empleados en vehículos de alta competición.

Diseño de base delantera de suspensión variable

Se usará de material base la plancha de acero 1220x2440, la cual tiene la calidad de ASTM A36 y un espeso de 8 mm como se muestra en la Figura 51.

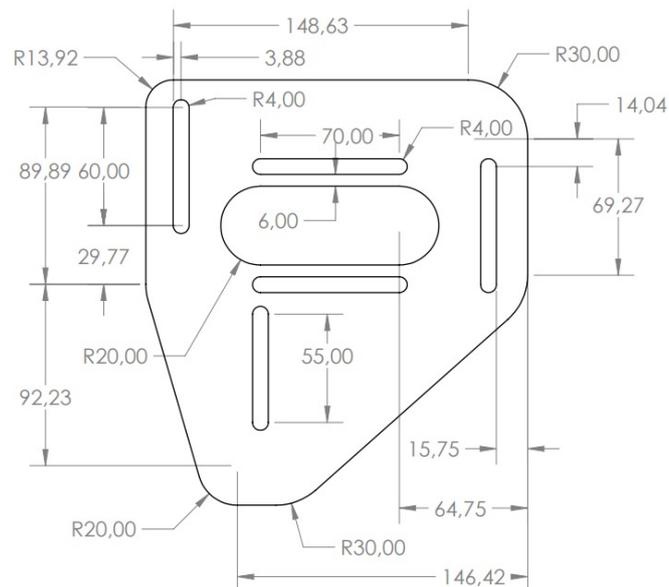
Figura 52*Planchas de acero*

PLANCHAS DE ACERO 1220 x 2440



CALIDAD: ASTM A36
 OTRAS CALIDADES: PREVIA CONSULTA
 FORMATO: 1220 x 2244
 ACABADOS: NATURAL

ESPESOR	DIMENSIONES		PESO
	ancho	largo	
mm	mm	mm	kg.
2	1220	2440	46.74
3	1220	2440	70.11
4	1220	2440	93.48
5	1220	2440	116.85
6	1220	2440	140.22
8	1220	2440	186.96

Figura 53*Plano en 2D realizado en el programa AutoCAD*

Diseño 3D de la base en el programa de SolidWorks mostrado en la Figura 53 con el fin de posteriormente realizar el análisis de cargas que soportara la base.

Figura 54

Diseño 3D

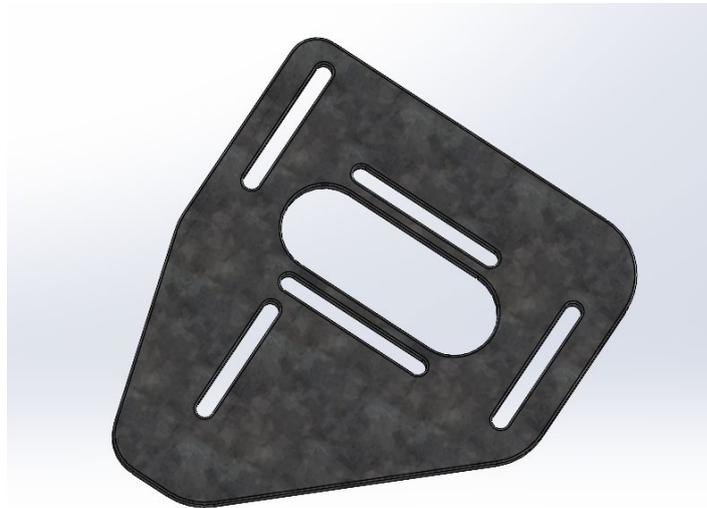
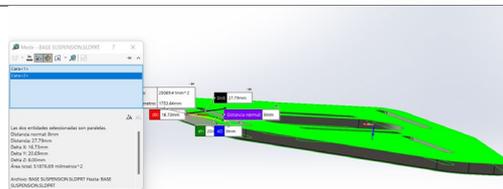
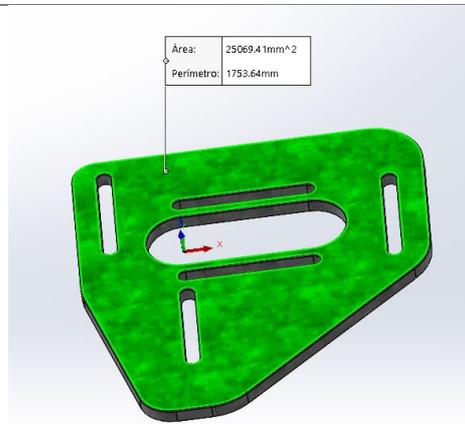


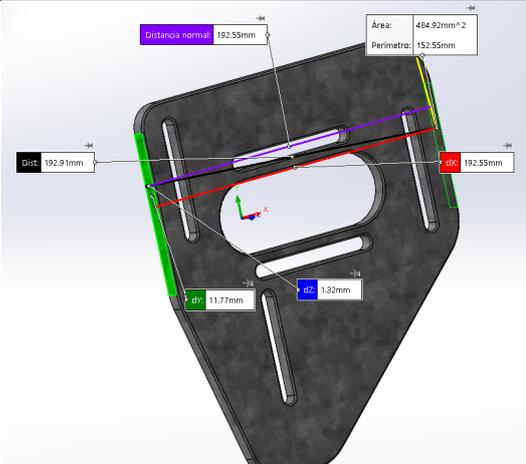
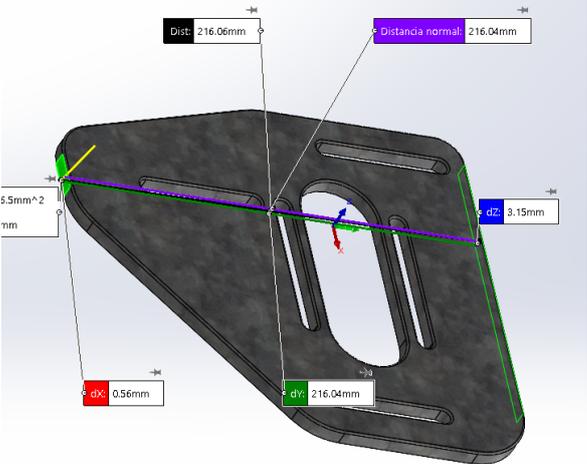
Tabla 9

Características específicas de la pieza

Valores	Pieza
Área	25069.41 mm ²
Perímetro	1753.64 mm
Espesor	8 mm
Material	ASTM A36



Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	2e+11	N/m ²
Coefficiente de Poisson	0.26	N/D
Módulo cortante	7.93e+10	N/m ²
Densidad de masa	7850	kg/m ³
Límite de tracción	400000000	N/m ²
Límite de compresión		N/m ²
Límite elástico	250000000	N/m ²
Coefficiente de expansión térmica		/K

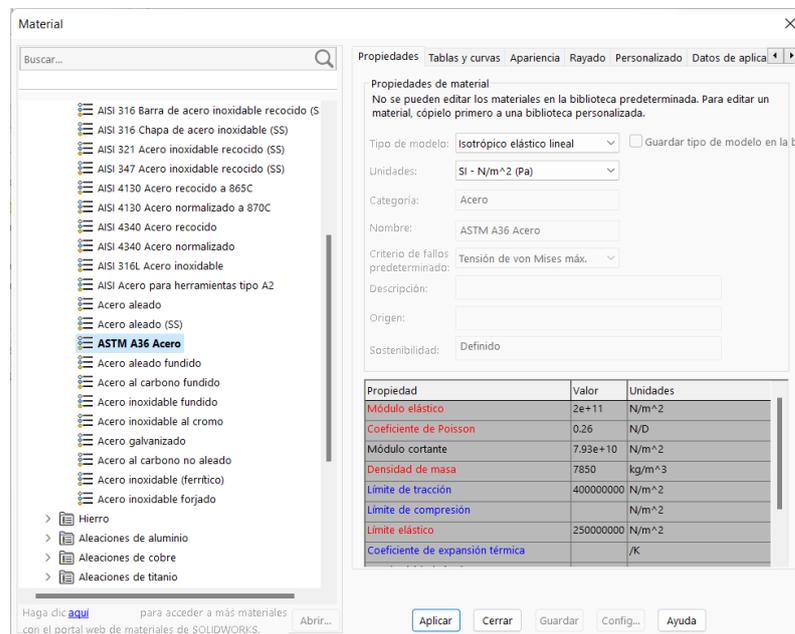
Valores	Pieza
Ancho 192.55 mm	
Largo 216.04 mm	
Masa 1680.58 g	Propiedades de masa de BASE SUSPENSION Configuración: Predeterminado Sistema de coordenadas: -- predeterminado -- Densidad = 0.01 gramos por milímetro cúbico Masa = 1680.58 gramos Volumen = 214087.14 milímetros cúbicos
Volumen 214087.14 mm ³	

Simulación de cargas que soportara la base

Primero se realizará el comportamiento de la base regulable de la suspensión en la rueda izquierda del vehículo, ya que en cada rueda se tiene diferentes cargas. Antes de ejecutar estudio se debe aplicar el material de la base regulable de la suspensión para poder tener valores reales como se muestra en la Figura 54.

Figura 55

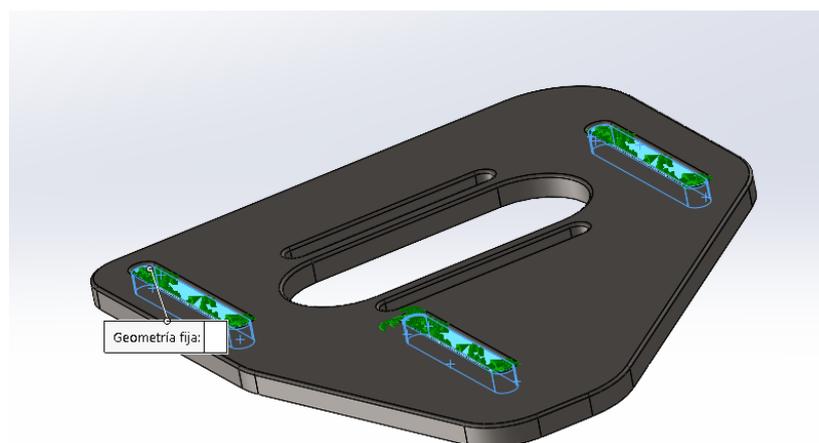
Estudio de pieza



La base tendrá sujeciones fijas las cuales estarán unidas mediante pernos en la carrocería del vehículo como se muestra en la figura 55.

Figura 56

Sujeciones modeladas



- Cargas en la base rueda izquierda

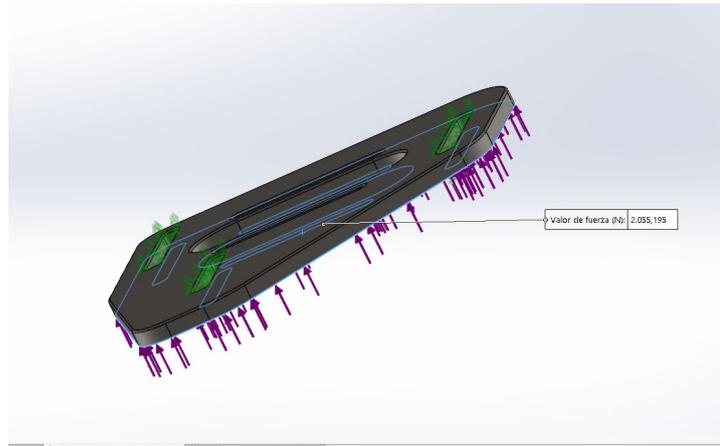
Se aplica las cargas las cuales ya se calculó anteriormente mediante fórmulas y el peso del vehículo en cada rueda.

$$W_1 = 2055.195 \text{ N}$$

Se coloca en el programa la carga de 2055.195 N que soporta la suspensión en la parte delantera izquierda.

Figura 57

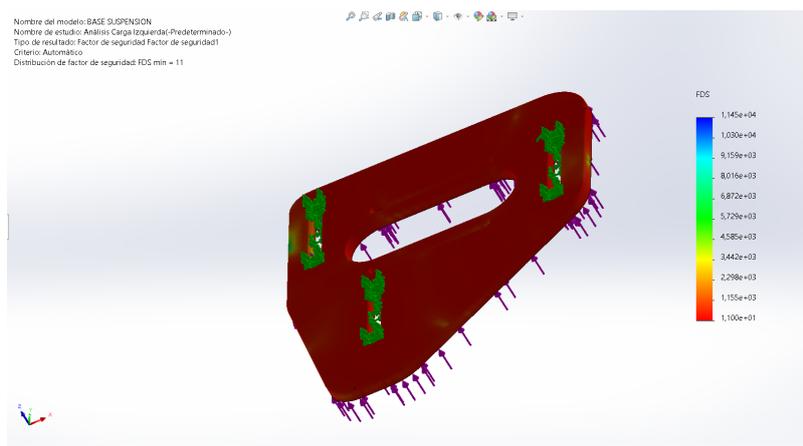
Soporte de suspensión



A continuación, se tendrá los resultados del análisis estático de carga en la base regulable de la suspensión en la parte delantera izquierda como se muestra en la figura 57.

Figura 58

Factor de seguridad



El factor de seguridad es de gran importancia para el diseño de elementos que trabajaran bajo cargas, en este caso la base regulable de la suspensión de la rueda izquierda tiene un factor de seguridad de 11.

- Cargas en la base rueda derecha

Se realizará el análisis en la base regulable de la suspensión de la rueda derecha del vehículo, en el cual se tomará el dato calculado de la carga que tiene esta rueda.

$$W_2 = 1819.755 \text{ N}$$

Se coloca en el programa el valor de la fuerza que actuara sobre la base regulable de la suspensión como se muestra en las Figura 58 y 59.

Figura 59

Interacción de la fuerza

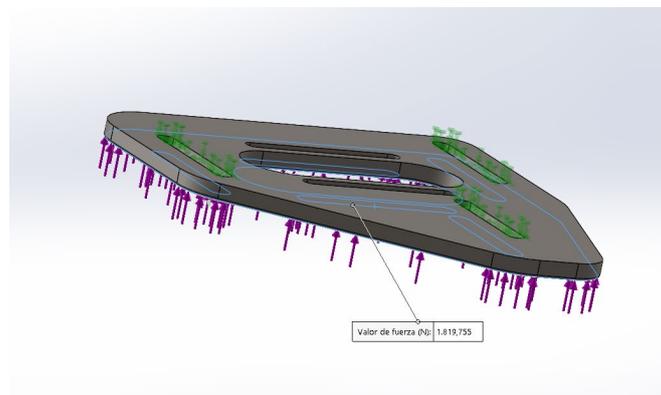
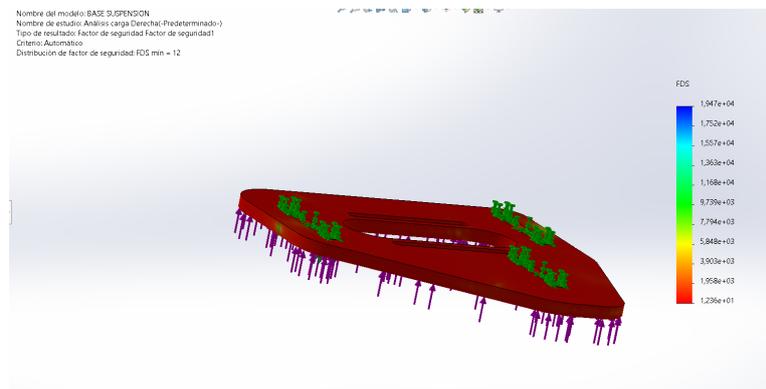


Figura 60

Factor de seguridad



Mediante el análisis en el programa se pudo obtener como resultado un factor de seguridad de 12 en la base de la suspensión de la rueda delantera derecha, donde se puede decir que la base regulable de la suspensión se puede ajustar dependiendo de la competencia su Caster o Camber.

Modificaciones de los elementos del sistema de suspensión

Se realizará el reemplazo de elementos de la suspensión original del vehículo por elementos de alto rendimiento, los cuales ayudaran a mejorar la estabilidad y el rendimiento del vehículo cuando este participe en una competencia de circuitos, además se realizaron varias modificaciones las cuales disminuyo la altura del vehículo y mejoro el radio de giro del vehículo, además de tener una suspensión can mayor rigidez y regulable. Las modificaciones en el sistema de suspensión son las siguientes:

- Muelles helicoidales en las cuatro ruedas
- Recorte del vástago del amortiguador
- Colocación de una base regulable de la espiral
- Colocación de una base regulable de Camber y Caster en la suspensión frontal

Cambio de Muelles y colocación de base regulable

Se cambio los muelles helicoidales o espirales de la suspensión de las cuatro ruedas por unos espirales de alto rendimiento. Estos espirales ayudaran a soportar las fuerzas que se producen cuando el vehículo se desplace altas velocidades.

Cambio de espiral y colocación base regulable

Primero se modificó el sistema de suspensión posterior del vehículo los cuales se realizó el remplazo de algunos elementos como se muestra en la figura 60.

Figura 61*Modificación de la suspensión*

Luego de haber reemplazado la suspensión de la parte posterior del vehículo, se reemplazó la suspensión delantera la cual se cambió los mulles y se colocó una base que regula al melle helicoidal y otra base en la parte superior que ayudara a regular el Camber y Caster de las ruedas delanteras como se muestra en la Figura 60.

Figura 62*Sustitución de suspensión*

Al reemplazar los muelles helicoidales por unos muelles de alta resistencia y mayor rigidez y colocar las bases regulables en el amortiguador, se pudo tener mayor rigidez en la suspensión y también un menor recorrido del vástago del amortiguador y esto favorece al vehículo, ya que su fin es para competencias de circuito donde las estas son de pavimento. Al tener un menor recorrido y una mayor compresión del muelle se puede tener un mayor control del vehículo y también menores fuerzas de empuje, cabeceo y bamboleo. Esto es de gran beneficio para el vehículo al momento de competir.

Modificación de la altura del vehículo

Mediante la modificación de la suspensión también se realizó la disminución de la altura del vehículo y con esto también su centro de gravedad como se puede ver en las figuras 62 y 63.

Figura 63

Altura inicial



Como se observa en la Tabla 10 se presentará los valores correspondientes a la altura inicial y final del vehículo en cada rueda

Tabla 10

Valores iniciales y finales

	FL	FR	RL	RR
Altura Inicial	34.5 cm	34.5 cm	33 cm	33 cm
Altura Final	29.5 cm	29 cm	31 cm	31 cm

La altura del vehículo con suspensión modificada disminuyó en comparación a la altura inicial, esta disminución ayuda a que el vehículo sea más estable en curvas y una velocidad óptima en rectas.

Figura 64

Altura final del vehículo



Construcción y colocación de base regulable de Camber y Caster

Se realizó dos bases a las que se usarán para la regulación del Camber y Caster, estas bases se ubicarán en la parte superior de la suspensión delantera del vehículo como se ve en las Figuras 64 y 65.

Figura 65

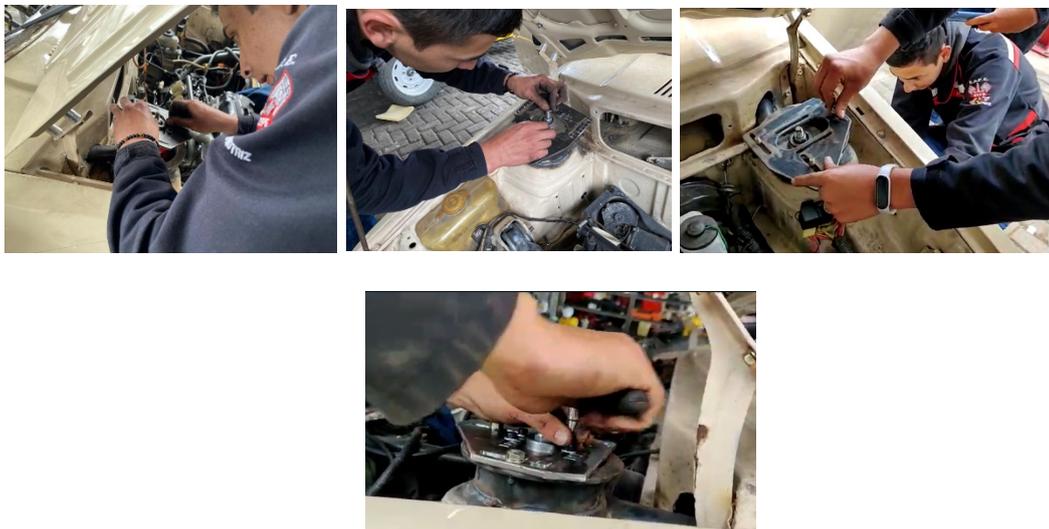
Mediante el diseño, se construye la base





Figura 66

Colocación de base regulable



Regulación de Camber y Caster

Se realizó la alineación del vehículo y también se reguló el Camber y Caster como se muestra en la Figura 66.

Figura 67*Alineación Inicial*

Se regulo mediante la base regulable de la parte superior de la suspensión delantera el Camber y Caster como se puede ver en la Figura 67 y Tabla 11.

Figura 68*Alienación Final***Tabla 11***Regulación Final*

	Posición Inicial		Posición Final	
	Rueda derecha	Rueda izquierda	Rueda derecha	Rueda izquierda
Camber	-2.0 °	-1.2°	-2.9°	-2.9°
Caster	2.7°	1.9°	3.07°	3.07°

Al tener una base regulable de Camber y Caster en el sistema de suspensión, se puede realizar una regulación apropiada para que el vehículo sea óptimo en competencia. El vehículo se lo regulo con Camber negativo ya que genera mayor contacto entre la rueda y la superficie de la pista o vía esto en curvas.

La regulación de un Caster positivo es en base a que ayuda a tener un mejor control del vehículo y de la dirección.

Divergencia

Al vehículo se le dejó con una alineación de divergencia la cual es de 2 mm, se le realizó divergencia ya que, en base a datos, el vehículo con tracción delantera debe tener divergencia y no convergencia porque al desplazarse hacia adelante las ruedas tienden a ir hacia el centro.

Valores base para las regulaciones

En base a estos valores se pudo realizar la alineación del vehículo, donde, se regulo el Camber a un Angulo negativo y el Caster a un Angulo positivo como lo referencia la Tabla 12 con el fin de tener un mayor desempeño del vehículo en una carrera automovilística. Por su parte se dejó con 2 mm de divergencia ya que el Suzuki Forza 1 es de tracción delantera.

Tabla 12

Datos bases para la optimización

Parámetros	Dato	Referencia	Descripción
Angulo de caída (Camber)	-2° a - 7°	Theander, A. (2004, sf). Design of a Suspension for a Formula Student Race Car. Retrieved from Royal Institute of Technology: http://users.telenet.be/AudiR8/Design%20of%20a%20Suspension%20for%20a%2	Este rango de valores es para vehículos de competencia en circuitos.

Parámetros	Dato	Referencia	Descripción
		0Formula%20Student %20Race%20Car%20 - %20Adam%20Thean der.pdf	
Angulo de avance (Caster)	Positivo	(PATRICIO, 2022)	Tener un Caster positivo para mejor maniobrabilidad del vehículo al curvar.
Divergencia	1 a 6 mm	(Victor, 2014)	Se tiene divergencia para vehículos con tracción delantera

Además, en base a pruebas de rutas se pudo determinar que el vehículo tuvo mejoras en la estabilidad y manejo.

Capítulo V

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- Al reemplazar los muelles helicoidales y colocar bases regulables de estos mismos, la altura del vehículo disminuyó en la parte posterior de 33 cm a 31 cm y en la parte delantera de 34.5 cm a 29.5 cm y por lo cual se tiene un centro de gravedad menor y así mejorar la estabilidad del vehículo cuando participe en competencia de circuito.
- Se reguló el Camber y Caster del vehículo en donde se dejó un ángulo Camber negativo de 2.9° con el fin de favorecer la adherencia de los neumáticos en las curvas a la superficie de la pista y un ángulo de Caster positivo de 3.07° con el fin de estabilizar al vehículo cuando este se desplace a altas velocidades.
- Se construyó y reemplazó las bases superiores de la suspensión del vehículo por unas bases regulables que ayudan a regular el Camber y Caster de las ruedas delanteras del vehículo.
- Mediante las modificaciones en la parte del sistema de dirección se obtuvo una reducción en el radio de giro del vehículo de 4.6 m a 3.225 m el cual aumentó el ángulo de giro de las ruedas delanteras en comparación a los ángulos originales del vehículo.
- Al diseñar y analizar en el software CAE la base regulable de CAMBER Y CASTER se obtuvo un factor de seguridad de 11 a la izquierda y 12 en la derecha el cual es favorable para que soporte las fuerzas del vehículo en carreras de circuitos.
- Los discos de frenos rayados y perforados instalados presentan una mejor ventilación y disipación de calor teniendo en los discos sólidos una

temperatura de la superficie externa de contacto un temperatura media de 60 °C y en el disco perforado y rayado una temperatura de 42°C siendo este un claro ejemplo de la mejora en a disipación de calor y el coeficiente de fricción pero también tienen la tendencia a calentarse más rápido ya que tienen menos superficie y volumen siendo la temperatura mínima de 35.9 °C en el disco perforado y 35.4°C en el disco sólido.

- Se ha implementado el disco de freno perforado en el sistema de frenos en el vehículo ya que presenta una mejor disipación del calor para mantener un frenado óptimo durante la conducción y una mejor disipación de los gases por la combustión de las resinas de las pastillas y el disco de freno gracias a la presencia de orificios y ranuras los cuales nos permiten expulsar rápidamente estos gases restableciendo todo el tiempo las condiciones de frenado óptimo con su uso.
- Para el correcto funcionamiento del sistema de frenos se ha realizado un reglaje del sistema de suspensión, dirección y presión de neumáticos para que el frenado sea eficiente y presente un desempeño correcto en condiciones extremas de funcionamiento.

Recomendaciones

- Se recomienda reemplazar los mulles helicoidales del vehículo por unos muelles de alta competencia los cuales son más rígidos, además de colocar bases regulables del mismo con el fin de tener una mejor estabilidad y maniobrabilidad del vehículo cuando este participe en competencias de circuitos.
- Se recomienda regular el ángulo de Camber en un valor negativo de 2° a 7° ya que permite una mejor adherencia de los neumáticos del vehículo en curvas y un Caster positivo para la mejor maniobrabilidad del vehículo en competencia.
- Se recomienda colocar una base la cual ayude a regular los ángulos de Camber y Caster del vehículo con la finalidad de regular rápidamente estos ángulos dependiendo el circuito el cual vaya a competir el vehículo.
- Se recomienda usar un material diferente al acero ASTM A36 con el fin de disminuir el peso del vehículo en la parte delantera, ya que la placa que se diseñó y se construyó tiene un alto factor de seguridad.
- Se recomienda realizar un análisis de los sistemas de frenos que van a ser utilizados en el vehículo ya que dependiendo de las necesidades y las temperaturas a la cuales va a funcionar el sistema se realizara la selección del sistema a utilizar.
- Se recomienda utilizar discos de freno ranurados y perforados en el vehículo ya que los cuales tiene un mejor desempeño en lluvia, también los discos de freno perforados y ranurados tienen una mejor disipación del calor lo cual los hace apropiados para utilizar en carreras y lugares en los cuales se necesiten prestaciones de alto desempeño.
- Se recomienda realizar un análisis de los sistemas de frenos que van a ser utilizados en el vehículo ya que dependiendo de las necesidades y las

temperaturas a la cuales va a funcionar el sistema se realizara la selección del sistema a utilizar.

Bibliografía

- alamy. (2020). *goMixer*. Obtenido de <https://www.alamy.com/difference-between-car-rear-suspension-types-solid-axle-beam-and-rear-independent-suspension-rear-wheel-axle-principle-of-operation-image352503506.html>
- Artes, D. (2020). *DIARIOMOTOR*. Obtenido de <https://www.diariomotor.com/ques/mecanica/suspension-eje-rigido-vs-independiente-ventajas-inconvenientes-video/>
- Autonocion. (23 de diciembre de 2020). *¿Qué son el subviraje y el sobreviraje?: Cómo debes actuar si pierdes el control del coche*. Obtenido de <https://www.autonocion.com/que-son-subviraje-y-sobreviraje-como-actuar/>
- Blog Mecanicos. (10 de enero de 2018). *La resistencia aerodinámica y el coeficiente Cx en el automóvil*. Obtenido de http://www.blogmecanicos.com/2018/01/la-resistencia-aerodinamica-y-el_10.html
- Carros y clasicos. (2021). *Suzuki Forsa Turbo 1987-1988: un Sprint deportivo*. Obtenido de <https://www.carrosyclasicos.com/historia/item/3341-suzuki-forsa-turbo-1987-1988-un-sprint-deportivo>
- CarrosyClasicos. (2022). Obtenido de <https://www.carrosyclasicos.com/historia/item/3341-suzuki-forsa-turbo-1987-1988-un-sprint-deportivo>
- Central de repuesto TR. (2016). *Sistema de Suspensión – Parte I*. Obtenido de <http://centralderepuestostr.com/sistema-suspension-i/>
- Connor, N. (07 de enero de 2020). *¿Qué es la convección? Transferencia de calor por convección: definición*. Obtenido de <https://www.thermal-engineering.org/es/que-es-la-conveccion-transferencia-de-calor-por-conveccion-definicion/>
- Epifanio, S. (2020). *TOPMOTOR*. Obtenido de <https://topmotor.com.ar/index.php/2020/10/11/la-suspension-independiente/>
- Escobar, M. (2015). *Modelo formal de pruebas funcionales de software para alcanzar el Nivel de Madurez Integrado 2*. Obtenido de

https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=es&user=jFURWtAA AAAJ&citation_for_view=jFURWtAAAAAJ:u-x6o8ySG0sC

Esparza, D., & Gallegos, D. (2022). *Desarrollo de un sistema software para automatizar los Procesos de contratación por procedimiento al exterior en la Comandancia de la Fuerza Aérea Ecuatoriana haciendo uso de un motor BPM Open Source y su validación por medio de firma electrónica*. Departamento de Ciencias de la Computación. Obtenido de

<http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/bitstream/21000/29647/1/T-ESPEL-SOF-0058.pdf>

Euromaster. (01 de mayo de 2021). *La importancia del sistema de frenos: Tipos de frenos y tips básicos*. Obtenido de <https://www.euromaster-neumaticos.es/blog/la-importancia-del-sistema-de-frenos>

Fierro, R., & Ordóñez, A. (2018). *La Ingeniería Automotriz clave para el desarrollo sostenible de Ecuador*. Editorial Universitaria Abya-Yala. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17060/1/La%20ingenieri%CC%81a%20automotriz.pdf>

FUSO. (23 de octubre de 2020). *¿Cuáles Son Las Funciones Del Sistema De Suspensión De Tu Camión?* Obtenido de <https://www.fuso.com.pe/blog/funciones-sistema-suspension-camion/#:~:text=Las%20funciones%20principales%20del%20sistema,el%20motor%20y%20la%20carrocer%C3%ADa>).

Garaje21. (2022). Obtenido de <https://www.garaje21.com/consejos-y-nociones-basicas/quieres-cambiar-llantas-aqui-tienes-toda-la-informacion-necesaria/>

García, G. (2018). *Bomba de frenos o cilindro maestro*. Obtenido de <https://www.pruebaderuta.com/bomba-de-frenos-o-cilindro-maestro.php>

Getauto. (2017). *Sistema de frenado del coche*. Obtenido de <https://getauto.es/sistema-de-frenos/>

- Gómez, J. (06 de diciembre de 2020). *Sistema de suspensión: definición, tipos de suspensiones y principales elementos*. Obtenido de <https://www.diariomotor.com/que-es/mecanica/tipos-esquemas-suspension/>
- Herraiz, M. (30 de junio de 2013). *Camber: ¿qué hay tras el ángulo de inclinación del neumático?* Obtenido de <https://www.diariomotor.com/tecmovia/2013/06/30/camber-que-hay-tras-el-angulo-de-inclinacion-del-neumatico/>
- Hmong. (2022). *Dedo del pie (automotriz)*. Obtenido de <https://hmong.es/wiki/Toe-in>
- Inge mecanica . (2022). *Sistema de Suspensión en los Vehículos*. Obtenido de <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn73.html>
- KIA. (17 de agosto de 2021). *¿Qué son los muelles de un vehículo?* Obtenido de <https://www.kia.com/pe/util/news/-que-son-los-muelles-de-un-vehiculo-.html#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20son%20los%20muelles%20de%20un%20auto%3F,ruedas%20plantadas%20en%20el%20suelo.>
- Leon, A. (13 de octubre de 2021). *Tipos de suspensiones de coches y sus principales ventajas*. Obtenido de <https://carnovo.com/es/guias/suspension-neumatica-coche/>
- Loayza , E., & Vidal , D. (2022). *Análisis cinemático del sistema de frenos y dirección del vehículo Jeep Willys CJ3A*. Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica. Obtenido de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/29295/1/T-ESPEL-MAI-0733.pdf>
- Loctite teroson. (2022). *Diferencias entre los frenos de disco y de tambor*. Obtenido de <https://blog.reparacion-vehiculos.es/diferencias-frenos-de-tambor-y-frenos-de-disco>
- Medina, C. (17 de septiembre de 2015). *Centro de gravedad de los vehículos*. Obtenido de <https://www.motorydominio.com.mx/investigaciones/centro-de-gravedad-de-los-vehiculo#.YvHmXbMLIU>
- MIDAS . (18 de enero de 2017). *Tipos de frenos de coche* . Obtenido de <https://blog.midas.es/consejos-y-mantenimiento/frenos-coche-tipos/>

- Mundo del motor. (2022). *Amortiguador, Descripción, Características, Tipos, Fallas Comunes*. Obtenido de <https://www.mundodelmotor.net/amortiguador-tipos-fallas-comunes/>
- Onroad. (2022). *¿Qué debes saber sobre el pedal de freno?* Obtenido de <https://www.onroad.to/teorico/clases-autoescuela/mecanica/pedal-coche/freno-pie>
- PATRICIO, E. (2022). *ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE*. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/938/1/65T00008.pdf>
- Plaza, D. (2022). *Amortiguadores: tipos, averías y cuándo cambiarlos*. Obtenido de <https://www.motor.es/que-es/amortiguador>
- Redondo, M. (02 de noviembre de 2015). *¿Cómo funcionan los frenos de disco?* Obtenido de <https://www.autobild.es/noticias/como-funcionan-los-frenos-disco-271149>
- RentinFinders. (2022). *Caster o ángulo de avance*. Obtenido de <https://rentingfinders.com/glosario/caster-angulo-de-avance/>
- Road House. (03 de diciembre de 2020). *Características del líquido de frenos y su importancia en un buen frenado del vehículo*. Obtenido de <https://www.fmgbrakes.com/roadhouse/caracteristicas-del-liquido-de-frenos-y-su-importancia-en-un-buen-frenado-del-vehiculo/>
- RODES. (2022). *¿En qué consiste el sistema de dirección?* Obtenido de <https://www.rodes.com/mecanica/sistema-de-direccion-que-es/>
- Rodriguez, A. (27 de febrero de 2021). *Qué función tienen las rótulas en un auto*. Obtenido de <https://siempreauto.com/que-funcion-tienen-las-rotulas-en-un-auto/>
- Standards. (2022). *¿Cómo saber si su tubería de combustible está obstruida?* Obtenido de <https://www.mangueradegoma.com/como-saber-si-su-tuberia-de-combustible-esta-obstruida.html>

Stein, A. (21 de julio de 2017). *Qué es un brazo de control de un automóvil*. Obtenido de <https://www.puromotores.com/13073024/que-es-un-brazo-de-control-de-un-automovil>

Toyota costa . (2022). *Líquido de frenos: lo básico que debes saber* . Obtenido de <http://www.toyocosta.com/blog/liquido-de-frenos/#:~:text=Para%20revisar%20el%20nivel%20del,de%20frenos%20en%20el%20cilindro.>

Victor, L. (2014). *Diseño del Sistema de Dirección para el Prototipo Fórmula SAE USFQ*. Obtenido de <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/4745/1/112345.pdf>

Anexos