

Optimización del sistema de dirección, suspensión y frenos para aplicación en un supercrosscar

Optimization of Steering, Suspension, and Braking System for Application in a Supercrosscar

Edwin P. Palma¹, Cándido M. Blacio¹.

¹ Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE /Energía y Mecánica

Correspondencia Autores: edpalma@espe.edu.ec, cmbblacio@espe.edu.ec

Recibido: 18 de julio 2022, Publicado: 8 de diciembre de 2022

Resumen— Este proyecto se enfoca en mejorar el rendimiento y las características de un vehículo Suzuki G10 SOCH para competir en circuitos, de acuerdo con las regulaciones de la normativa FEDAK. Se realizaron adaptaciones en tres sistemas clave: dirección, frenos y suspensión.

Para el sistema de dirección, se llevó a cabo una inspección completa, reemplazando piezas desgastadas y mejorando componentes para lograr un radio de giro más reducido. En cuanto a la suspensión, se realizó un reacondicionamiento completo y una optimización del sistema, incluyendo una nueva base de regulación de CAMBER y CASTER para mejorar la estabilidad y maniobrabilidad del vehículo. Se añadieron bases para facilitar la regulación de la rigidez y la altura de la suspensión.

En el sistema de frenos, se implementaron mejoras en los frenos delanteros y se reacondicionaron los frenos posteriores. Se sustituyeron los discos tradicionales por discos perforados y ranurados en la parte delantera para aumentar la eficiencia de frenado sin comprometer la maniobrabilidad del vehículo, se utilizó líquido de frenos resistente a presiones y temperaturas elevadas.

Palabras clave— Sistema de dirección, Sistema de suspensión, Sistema de frenos, Supercrosscar, transferencia de calor y masa.

Abstract— This project focuses on improving the performance and characteristics of a Suzuki G10 SOCH vehicle for competition on circuits, in accordance with FEDAK regulations. Adaptations were made to three key systems: steering, brakes, and suspension.

For the steering system, a complete inspection was conducted, replacing worn parts and improving components to achieve a reduced turning radius. Regarding the suspension, a comprehensive refurbishment and optimization of the system were carried out, including a new CAMBER and CASTER regulation base to enhance the stability and maneuverability of

the vehicle. Bases were added to facilitate the regulation of suspension stiffness and height.

In the brake system, enhancements were implemented on the front brakes, and the rear brakes were refurbished. Traditional discs were replaced with perforated and grooved discs at the front to increase braking efficiency without compromising vehicle maneuverability. Additionally, brake fluid resistant to high pressures and temperatures.

Keywords— Steering system, Suspension system, Brake system, Supercrosscar, heat and mass transfer.

I INTRODUCCIÓN

La problemática radica en la ausencia de un modelo definido para las mejoras que pueden implementarse en un vehículo, con el fin de garantizar un rendimiento óptimo. En este sentido, se han identificado áreas como la mejora de la suspensión, la optimización del sistema de frenado y el mantenimiento del sistema de dirección. Este enfoque se sustenta en el fundamento teórico que describe las distintas partes que componen cada sistema, además de estar alineado con la normativa actual de la FEDAK.

El proyecto surge como respuesta a las limitaciones de los sistemas de dirección, suspensión y frenos estándar del vehículo Suzuki Forza 1, los cuales no aseguran un desempeño adecuado. Por consiguiente, se busca implementar mejoras personalizadas en vehículos de competencia, con el objetivo de potenciar su rendimiento. Gracias a los avances tecnológicos actuales, es posible optimizar estos sistemas de manera conjunta para obtener resultados óptimos. En este contexto, se considera la realización de un prototipo que exhiba las mejoras aplicables al vehículo Suzuki Forza 1 mediante las nuevas tecnologías, cumpliendo con las normativas vigentes en Ecuador.

Para llevar a cabo este proyecto, se utilizan los fundamentos de ingeniería en cada sistema, incluyendo

capacidades, dimensiones, tolerancias, especificaciones y el posicionamiento adecuado antes de la construcción e instalación de los elementos a reemplazar. Una vez completado el análisis preliminar, se realizarán ensayos no destructivos utilizando líquidos penetrantes para identificar posibles imperfecciones en las superficies. Esto garantizará un nivel de calidad óptimo para el rendimiento de las piezas.

Los resultados obtenidos permiten desarrollar un vehículo que cumpla y supere los estándares establecidos por la Federación Ecuatoriana de Automovilismo y Kartismo, para participar en circuitos de competición dentro de Ecuador.

Los laminados de fibra de carbono son ampliamente utilizados en la fabricación de elementos estructurales primarios especialmente críticas para los materiales compuestos laminados debido a que estos daños no suelen ser visibles a simple vista y podrían modificar en gran medida el comportamiento de la estructura. [1] [2], y desde hace unos años se está evaluando su uso en la fabricación de vehículos comerciales, obteniéndose reducciones de peso de los vehículos. [3]

No obstante, el empleo de estos laminados conlleva ciertos desafíos debido a su propensión a la fractura frágil, siendo este aspecto particularmente crítico en el diseño de elementos destinados a la absorción de energía. Con la reducción en el costo de los materiales de carbono/epoxi y la introducción de nuevos métodos de fabricación orientados a la producción en serie, el análisis del comportamiento de los tubos fabricados con estos materiales frente a impactos ha adquirido una relevancia significativa en la actualidad. [4]

El método más apropiado para analizar la respuesta de estos elementos es el ensayo de flexión en tres o cuatro puntos, ya que proporciona una representación fiel de su estado de carga. Durante una colisión, la estructura experimenta cargas dinámicas, lo que demanda la realización de ensayos de impacto para comprender adecuadamente este fenómeno. La evaluación del impacto implica el uso de dispositivos experimentales específicos, como pistolas de gas y torres de caída, así como de equipos de medición sofisticados, como cámaras de alta velocidad.

Si bien algunos autores han investigado la capacidad de absorción de energía de elementos tubulares sometidos a cargas de flexión, estos estudios suelen considerar únicamente las cargas estáticas. Palmer et al. [5] Lim y Lee llevaron a cabo un análisis de los elementos tubulares de sección cuadrada ubicados en la puerta de un vehículo, los cuales fueron fabricados con diferentes laminados de

vidrio/epoxi. Su estudio implicó tanto ensayos estáticos como simulaciones numéricas, centrándose en el fallo progresivo que se manifiesta en un tubo de sección cuadrada sometido a cargas estáticas durante un ensayo de flexión en tres puntos. Los resultados revelaron que el fallo comienza en las esquinas de la sección. En este trabajo, se evaluó la capacidad de absorción de energía de estos elementos tubulares de sección cuadrada cuando se someten a impactos de baja intensidad. [6]

II MÉTODOS Y MATERIALES

Método de selección del disco de freno delantero: Se plantearon las condiciones bajo las cuales el disco de freno operará, utilizando propiedades del material hierro fundido para su análisis.

El aire ambiente a 20 grados centígrados fluye sobre la superficie exterior de un disco de freno de 215 mm de diámetro, alcanzando una temperatura de 73 grados centígrados y una velocidad de 16.66 m/s. Se busca determinar la fuerza total de resistencia al movimiento y la tasa de transferencia de calor por unidad de ancho de la placa para el disco completo.

El flujo de aire sobre la placa plana exige calcular tanto la fuerza total de resistencia al movimiento como la tasa de transferencia de calor por unidad de ancho de la placa. Se asume que el flujo es estacionario.

Se considera que el número de Reynolds crítico es $RE=5 \times 10^5$, y que el flujo es estacionario e incompresible [7]

Las propiedades del aire a la temperatura de película son:

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

$$T_f = \frac{73 + 20}{2}$$

$$T_f = 46.5^\circ\text{C}$$

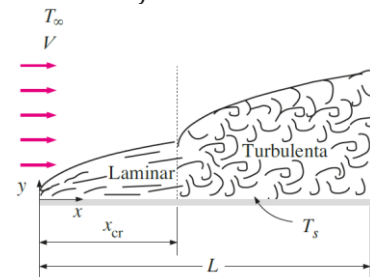


Figura 1. Regiones de análisis para flujo en una placa plana

Cálculo de propiedades del disco y fluido circundante

Se utiliza los valores del apéndice A-15 del libro de transferencia de calor y masa de Yunes y Cengel para conocer las propiedades del aire a la temperatura necesaria para nuestro análisis. [8]

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 ⁻⁵	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

Figura 2. Apéndice de propiedades del aire

De la tabla se utiliza el valor calculado de temperatura de película para obtener los valores necesarios para el cálculo del índice de transferencia de calor y la potencia

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

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

$$Pr = 0.7309$$

$$v = \frac{1.825 * 10^{-5}m^2}{s^2}$$

Para el cálculo de numero de Reynolds para el final de la placa se tiene:

$$Re = \frac{V * l}{V} \rightarrow Re = \frac{\frac{16.66m}{s} * 0.215m}{1.825 * \frac{10^5 m^2}{s^2}}$$

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

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

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

$$cf = 3.20x10^{-3}$$

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

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

$$FD = 3.20 * 10^{-3} * (\pi * 0.215m^2)$$

$$* \frac{1.204Kg}{m^3} * \left(\frac{16.66m}{s}\right)^2 * \left(\frac{1N}{1kg * \frac{m}{s^2}}\right)$$

$$FD = 0.077N$$

Calculado el número de Nusselt para el flujo turbulento, calculó del coeficiente de transferencia de calor por convección

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

$$\frac{0.02476w^\circ\text{C}}{m}$$

$$h = \frac{m}{0.215} * 516.017$$

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

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

$$Q = h * As(T_\infty - T_s)$$

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

$$Q = 6683.294W$$

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 indica cual es el comportamiento del disco de freno en estas condiciones.

La simulación se realizará en ambos discos de frenos para demostrar su comportamiento al análisis

Valores típicos del coeficiente de transferencia de calor por convección	
Tipo de convección	h, W/m ² · °C*
Convección libre de gases	2-5
Convección libre de líquidos	10-1 000
Convección forzada de gases	25-250
Convección forzada de líquidos	50-20 000
Ebullición y condensación	2 500-100 000

Figura 3. Valores típicos del coeficiente de transferencia de calor por convección

Para justificar los valores obtenidos podemos verificar en los valores típicos del coeficiente de transferencia de calor por convección y nuestro resultado está dentro de los parámetros de la convección forzada de gases siendo correcto

Estos valores sirven para realizar la simulación de tipo térmica para ver las zonas de temperatura que ha adquirido el disco en su funcionamiento y que tan bueno es el

Artículo Científico / Scientific Paper

uno con respecto al otro disipando el calor

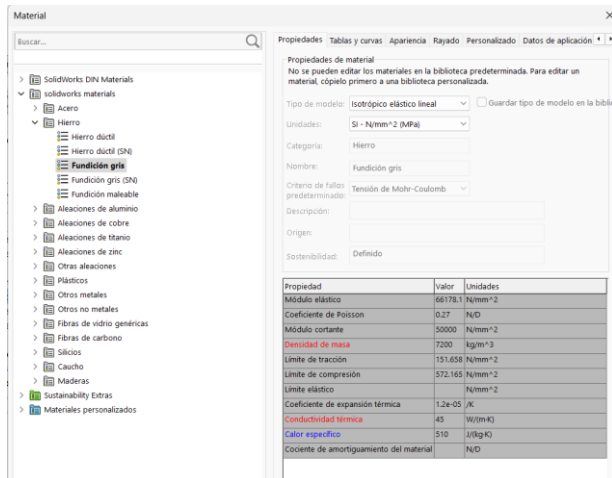


Figura 4. Introducción de parámetros para simulación

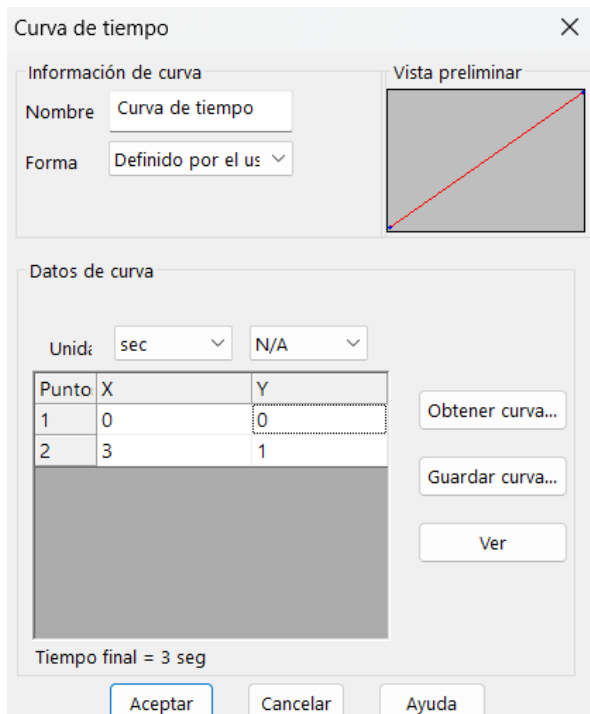


Figura 5. Curva de tiempo asignada 3s

Aplicación de las cargas térmicas en las superficies del disco de freno

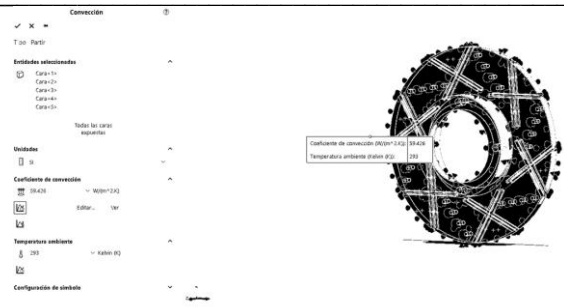


Figura 6. Aplicación de la temperatura ambiente y el coeficiente de transferencia de calor para el disco perforado y ranurado

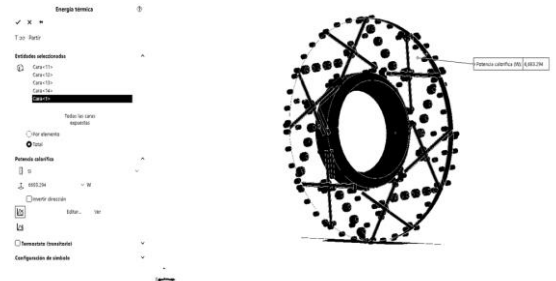


Figura 7. Aplicación de la potencia calorífica aplicada en las zonas de contacto con las pastillas de freno

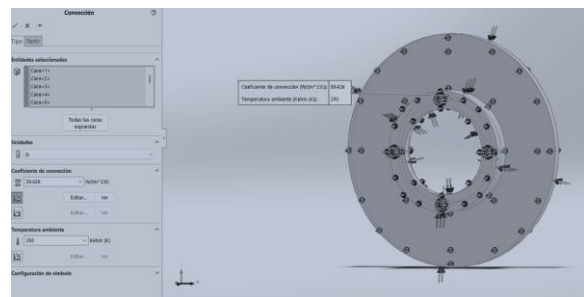


Figura 8. Aplicación de la temperatura ambiente y el coeficiente de transferencia de calor para el disco sólido

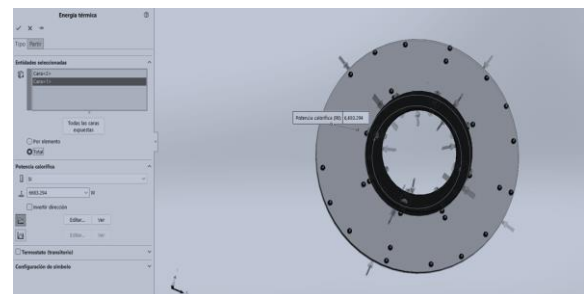


Figura 9. Aplicación de la potencia calorífica aplicada en las zonas de contacto con las pastillas de freno

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 las cuales arrojaron un valor de peso en cada rueda como se muestra en la Tabla 1.



Figura 10. Cálculo de peso

Tabla 1. Pesos correspondientes a cada rueda

Rueda	Peso
Delantera Izquierda	209.5 kg
Delantera Derecha	185.5 kg
Trasera Izquierda	128 kg
Trasera Derecha	115.5kg
Peso total	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

$$W_T = W_F + W_P$$

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

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

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

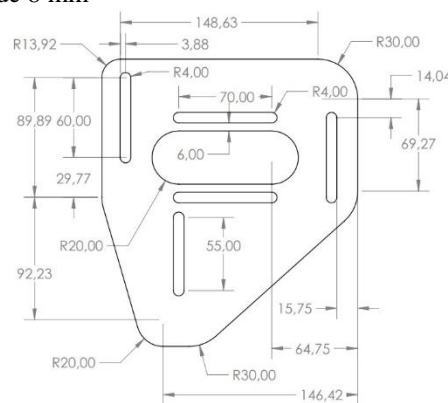


Figura 11. Plano en 2D

Diseño 3D de la base está en la figura 12, con el fin de posteriormente realizar el análisis de cargas que soporta la base.



Figura 12. Diseño 3D

Artículo Científico / Scientific Paper

Se verifica 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.

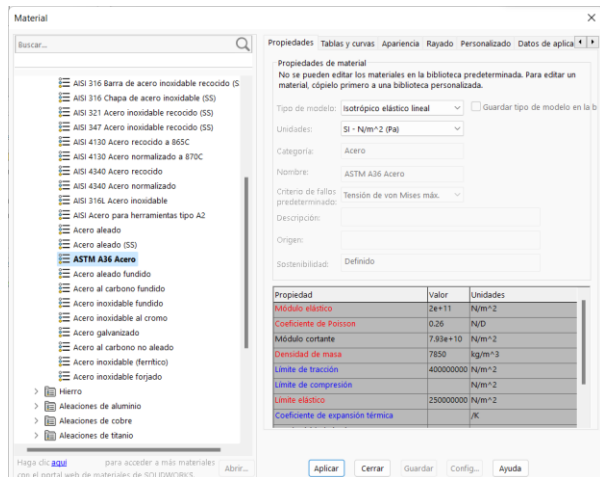


Figura 13. Estudio de Pieza

La base tendrá sujeciones fijas las cuales estarán unidas mediante pernos en la carrocería del vehículo

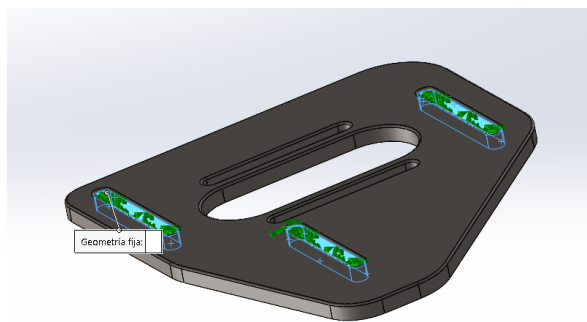


Figura 14. Sujeciones modeladas

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.

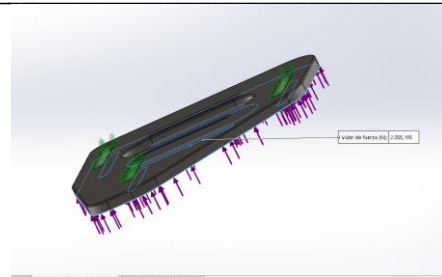


Figura 15. Soporte suspensión

III. PRUEBAS Y RESULTADOS

Los discos de frenos rayados y perforados instalados presentan una mejor ventilación y disipación de calor teniendo en los discos solidos una temperatura de la superficie externa de contacto un temperatura de 103 °C y en el disco perforado y rayado una temperatura de 90.6°C siendo este un claro ejemplo de la mejora en la 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.

Tenemos una mejora de un 12 % en la disipación de calor eliminando puntos calientes en el disco

	Discos Solidos	Discos perforados y rayados
Coeficiente de transferencia de calor por convección	59.426W/m²°C	59.426W/m²°C
Temperatura máxima	103°C	90.6°C
Temperatura mínima	35.4°C	35.9°C

Figura 16. Resultado de la simulación en el disco solido

Simulación de esfuerzos de la base delantera de suspensión variable.

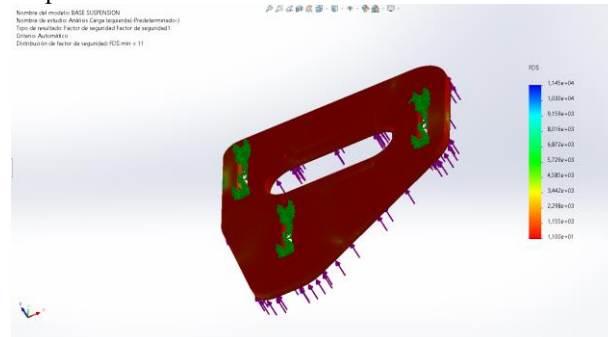


Figura 17. Factor de seguridad

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 realiza 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.

Modificaciones de los elementos del sistema de suspensión

Se realiza 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 disminuyeron la altura del vehículo y mejoraron el radio de giro del vehículo, además de tener una suspensión con mayor rigidez y regulable. [9]. 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 a altas velocidades [10].

Cambio de espiral y colocación base regulable

Primero se modificó el sistema de suspensión posterior del vehículo los cuales se realizó el reemplazo de algunos elementos



Figura 18. Modificación de la 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



Figura 19. Altura inicial

La altura del vehículo con suspensión modificada disminuyó [10] 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 20. Altura final

IV. 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

-----Artículo Científico / Scientific Paper-----

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.

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 a 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.

REFERENCIAS

- [1] M. D. Stefano, «Fibra de carbono,» Motor Racing, 04 Septiembre 2018. [En línea]. Available: <https://www.motoryracing.com/pruebas/noticias/lo-nuevo-en-piezas-de-fibra-de-carbono-en-la-industria-automotriz/>. [Último acceso: 18 Marzo 2024].
- [2] KNAUF INDUSTRIES, «Fibra de carbono en la industria,» KNAUFINDUSTRIES, 25 Noviembre 2022. [En línea]. Available: <https://knaufautomotive.com/es/fibra-de-carbono-kevlar-grafeno/>. [Último acceso: 18 Marzo 2022].
- [3] B. Basco, «Así se utiliza la fibra de carbono en el automóvil,» Automotive, 03 Enero 2019. [En línea]. Available: <https://noticias-renting.aldautomotive.es/utiliza-fibra-carbono-automovil/>. [Último acceso: 18 Marzo 2022].

[4] A. J. Suárez, «Materiales compuestos de fibra de carbono con matrices base EPOXI modificadas con nanoestructuras de carbono,» Universidad Rey Juan Carlos, 2012. [En línea]. Available: <http://hdl.handle.net/10115/11350>. [Último acceso: 03 Marzo 2022].

[5] D. Gutierrez, «Estudio sobre la capacidad de absorción de energía,» Universidad de los Andes, 2019. [En línea]. Available: <https://repositorio.uniandes.edu.co/flip/?pdf=https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstream/s/65b2ff0b-52fc-44f6-a889-b133e7d989fd/content>. [Último acceso: 18 Marzo 2022].

[6] JAB, «Laminados en Tejido de Vidrio-Epoxi,» JAB AISLANTES, 2022. [En línea]. Available: <https://aislantesjab.com/producto/laminados-en-tejido-de-vidrio-epoxi/>. [Último acceso: 03 Marzo 2024].

[7] A. Martín, «Apuntes de Mecánica de Fluidos,» Mayo 2011. [En línea]. Available: <http://oa.upm.es/6934/1/amd-apuntes-fluidos.pdf>. [Último acceso: 18 Marzo 2022].

[8] Y. A. Cengel, Mecanica de Fluidos, McGraw-Hill Interamericana, 2007.

[9] Globaltech Ecuador, «Camber y Caster,» LinkedIn, 01 Noviembre 2022. [En línea]. Available: <https://www.linkedin.com/pulse/la-importancia-de-corregir-el-camber-y-caster-globaltechecuador-e3wze/?originalSubdomain=es>.

[10] Matamoros, B., Stalin, C., & Palma Corrales, E. D. Análisis y optimización de los sistemas de dirección, suspensión y frenos de un Suzuki G10 SOCH para aplicación en un Supercrosscar.