



Universidad Técnica del Norte

Facultad de Educación Ciencia y Tecnología

Ingeniería en Mantenimiento Automotriz

Tema:

Adaptación de Suspensiones Independientes en las Cuatro

Ruedas en un Toyota Land Cruiser

Trabajo de grado previo a la obtención del título de ingenieros en la especialidad de
Mantenimiento Automotriz

Autores:

Chimbolema Cepeda Edgar Samuel

Molina Serrano Aníbal Javier

Director:

Ing. Miguel Aguirre

Ibarra, 2015

...plan de trabajo de grado, previo a la obtención de título de ingeniería en
...nombrado por el Honorable Concejo Directivo de la Facultad
...Ciencia y Tecnología.

...se analizó el plan de grado cuyo título es "Adaptación de suspensiones
...en las cuatro ruedas en un Toyota Land Cruiser" presentado por los
...Cepeda Edgar Samuel con número de cedula 100350926-0 y Molina
...con número de cedula 100330386-2, doy fe que dicho trabajo reúne
...suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación
...integrantes del jurado examinados que se designe.

...Barra, a los 20 días del mes de Julio del 2015



Ing. Miguel Aguirre

DIRECTOR TRABAJO GRADO

DEDICATORIA

A Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el período de estudio.

A mis padres, por darme la vida, quererme mucho, creer en mí y porque siempre me apoyaron. Gracias por darme una carrera para mi futuro, todo esto se lo debo a ustedes.

A mis hermanos, primas y amigos por estar conmigo y apoyarme siempre, los quiero mucho ya que juntos compartimos buenos y malos momentos.

Chimbolema Cepeda Edgar Samuel

AGRADECIMIENTO

Primeramente agradezco a Dios por permitirme estar con vida y por tener a los seres que más quiero junto a mí, y por guiarme por el camino de felicidad hasta ahora.

En segundo lugar a los que forman una parte esencial en mi familia a mis Padres y a mi segunda Madre mi Abuelita.

Finalmente, a la Universidad Técnica del Norte y los Ingenieros Luis Tejada y Miguel Aguirre, quienes guiaron mi carrera profesional aportado con un granito de arena a mi formación.

Chimbolema Cepeda Edgar Samuel

DEDICATORIA

A Dios por haberme guiado y darme las fuerzas para poder cumplir una meta más en mi vida, a mi Madrecita María Isabel Serrano que gracias a sus consejos, a su afecto y apoyo incondicional en todo momento, he logrado salir adelante poniendo en práctica los valores que me ha inculcado, a mi hermano que me ha brindado todo su ayuda desde el inicio de mi estudio universitario apoyándome en todo para poder culminar mis estudios, a mi hija y novia que me han llenado de alegría y aliento para poder seguir y poder culminar mi carrera.

Molina Serrano Aníbal Javier

AGRADECIMIENTO

A toda mi Familia por Apoyarme en el transcurso de mis estudios, A la Universidad Técnica del Norte y a los docentes que tras el transcurso de mi estudio universitario supieron guiarnos por medio de sus conocimientos para seguir progresando y avanzando.

A los Ing. Geovanny Guevara, Ing. Luis Tejada e Ing. Miguel Aguirre que nos brindaron sus conocimientos y fueron de guía para dar culminación al proyecto de investigación.

Molina Serrano Aníbal Javier

ÍNDICE

Índice de figuras	x
Índice de tablas	xiv
Índice de ecuaciones	xiv
Introducción.....	xix
Capítulo I.....	1
1. Problema de Investigación.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Planteamiento del problema	1
1.3 Formulación del problema.....	2
1.4 Delimitación del problema	2
1.4.1 Temporal.....	2
1.4.2 Espacial.....	2
1.5 Objetivos.....	2

1.5.1 General.....	2
1.5.2 Específicos.....	2
1.6 Justificación	2
Capítulo II.....	4
2. Marco Teórico	4
2.1 Suspensión.....	4
2.1.1 Historia.	4
2.2 Sistema de suspensión	5
2.3 Componentes del Sistema de Suspensión.....	5
2.3.1 Resortes helicoidales.	6
2.3.2 Amortiguadores.-	7
2.3.3 Barra de torsión.	9
2.4 Tipos de suspensión.....	10
2.4.1 Suspensión rígida.....	10
2.4.2 Suspensión semirígida.....	12

2.4.3 Suspensión independiente.....	13
2.5 Glosario de Términos	18
Capítulo III	20
3. Metodología de la investigación.....	20
3.1 Tipo de investigación	20
3.1.1 Bibliográfico y tecnológico	20
3.2 Métodos	20
3.2.1 Método analítico-sintético	20
3.2.2 Método del diseño mecánico.....	20
3.3 Técnicas	21
Capítulo IV	22
4. Propuesta Alternativa	22
4.1 Diagnóstico.....	22
4.2 Análisis de cargas del sistema de suspensión.....	25
4.3 Materiales de la suspensión	43

4.3.1 Plancha	44
4.3.2 Barra de acero (Eje).....	44
4.3.3 Acero perforado.....	45
4.3.4 Perfil	45
4.4 Esquema del sistema de suspensión independiente.....	45
4.5 Desmontaje	48
4.6 Construcción estructura sistema paralelogramo deformable.....	49
4.6.1 Planchas de acero al carbón.....	49
4.6.2 (Eje) Barra de acero.....	50
4.6.3 Barra de acero perforado (Buje).....	51
4.6.4 UPN (Perfiles U)	54
4.7 Ensamblaje de la estructura	54
4.8 Montaje y reglaje.....	59
Capítulo V	64
5. Conclusiones y Recomendaciones	64

5.1. Conclusiones.....	64
5.2 Recomendaciones	65
Bibliografía.....	66

Índice de figuras

Figura 1: Suspensión Antigua	4
Figura 2: Tipos de resorte.....	7
Figura 3: Partes de un amortiguador.....	7
Figura 4 Curvas de comportamiento.....	8
Figura 5 Diagrama fuerza y velocidad.....	9
Figura 6: Suspensión rígida con sistema de muelle.....	11
Figura 7: Suspensión rígida de barra tirante.....	11
Figura 8: Suspensión semirígida.	12
Figura 9: Suspensión de eje torsional.....	13
Figura 10: Suspensión independiente	14
Figura 12: Suspensión Independiente de Brazos Tirados.....	15
Figura13: Suspensión Independiente Multibrazo.....	15
Figura 14: Suspensión Independiente de Paralelogramo Deformable.....	16
Figura 15: Partes sistema paralelogramo deformable.....	17

Figura16: Vehículo Toyota Land Cruiser.....	22
Figura 17: Punto de equilibrio.....	25
Figura 18: Análisis de fuerzas	28
Figura 19 :Choque con obstáculo:.....	30
Figura 20: Análisis de fuerzas en movimiento.....	31
Figura 21:Fuerza en el templador:.....	34
Figura 22: Fuerzas en la columna.....	34
Figura 23: Cálculo en los brazos de la suspensión:.....	37
Figura 24: Fuerza de corte.	39
Figura 25: Templador.....	41
Figura 26: Estructura general, sistema de suspensión paralelogramo deformable.....	45
Figura 27: Vista frontal sistema paralelogramo	46
Figura 28: Vista posterior sistema paralelogramo.....	46
Figura 29: Bases delantera del resorte.....	46
Figura 30: Ejes, bujes, planchas, perfiles.	47

Figura 31: Sistema paralelogramo de suspensión.....	47
Figura 32: Sistema paralelogramo de suspensión.....	48
Figura 33: Eje y buje acoplados.....	48
Figura 34: Desmontaje sistema de suspensión.	48
Figura 35: Planchas de acero de 30 x 30cm.	49
Figura 36: Perforación de planchas..	50
Figura 37: Barra de acero (eje).....	50
Figura 38: Bujes..	51
Figura 39: Acero perforado piezas de 2.5 cm.....	51
Figura 40: Acero perforado piezas de 5 cm.....	52
Figura 41: Acero perforado piezas de 10 cm.....	52
Figura 42: Aumento de diámetro de los bujes.....	53
Figura 43: Secciones de perfiles.....	53
Figura 44: : Medición de planchas.	54
Figura 45 Medición en planchas para la perforacion.	54

Figura 46: Bujes fijos.	55
Figura 47: Montaje y soldadura de perfiles UPN.	55
Figura 48: Mecanismo paralelogramo deformable de suspensión.	56
Figura 49: Dimensionamiento del chasis.	56
Figura 50: Base posterior y delantera.	57
Figura 51: Bases de sujeción de la manzana de disco.	58
Figura 52: Montaje de bases de la suspensión y conjunto diferencial.....	58
Figura 53: Montaje estructura sistema independiente.	59
Figura 54: Montaje manzanas de disco.	59
Figura 55: Montaje amortiguador.....	60
Figura 56: Colocación de barra de torsión.	60
Figura 57: Colocación de graseros.	61
Figura 58: Toyota FJ40 tipo arenero con suspensiones independientes.....	61

(11) Reemplazando (10) en (9) F_A	32
(12) Reemplazando (10) y (11) en (8) F_B	32
(13) Fuerza en el templador P.....	34
(14) Área sección de la plancha.....	34
(15) Momento Inercia.....	35
(16) Radio de giro.....	35
(17) Longitud efectiva.....	35
(18) Relación de esbeltez.....	36
(19) Fórmula carga excéntrica.....	36
(20) Constante de la columna brazos.....	38
(21) Punto crítico brazos.....	38
(22) Esfuerzo de corte.....	40
(23) Factor de seguridad.....	40
(24) Fuerza de aplastamiento eje.....	40
(25) Área del Templador.....	41
(26) Momento inercia del templador.....	41
(27) Radio de giro del templador.....	42

(28)Factor seguridad.....42

Resumen

El presente trabajo nació como una necesidad de transformar el Toyota Land Cruiser FJ 40, utilizado para trabajo en caminos difíciles, que tenía suspensión rígida, tanto adelante como en su parte posterior, en uno tipo arenoso; es decir, capaz de moverse en caminos con mayores obstáculos que los mencionados anteriormente, brindando a la vez mayor estabilidad, seguridad y confort. Este objetivo se logró realizando el diseño del sistema de suspensión independiente por paralelogramo deformable, realizando además las adaptaciones necesarias, de las bases tanto para el muelle como para el amortiguador y diseñando además un brazo soporte para las cargas axiales en la rueda. Lo novedoso de esta investigación está en la conversión del sistema rígido e independiente, utilizando perfiles de construcción industriales, para cuyo dimensionamiento se impuso un factor de seguridad de 5. Los planos se elaboraron en el programa Solid Works. El trabajo constructivo se realizó mediante procesos de torneado, aserrado y soldado. Las soldaduras se realizaron con el proceso MIG. Finalizado el trabajo práctico se realizaron pruebas de campo en la pista de cuatro por cuatro en Yahuarcocha y en la Universidad Técnica del Norte, encontrando que los objetivos se lograron satisfactoriamente, pues se logró que el vehículo trabaje bien ante obstáculos considerables, con una buena estabilidad. Como conclusiones se tienen que es necesario factores de seguridad altos, pues los obstáculos con que se puede encontrar el vehículo pueden ser mucho mayores que los supuestos, por ejemplo, para el diseño se supuso obstáculos de altura 20 cm; la barra soporte de las cargas longitudinales fue necesaria porque no existe en el sistema actual la barra de torsión, que era la que absorbía estas cargas. Las recomendaciones más importantes son la de realizar una simulación de todo el sistema y probar con otro sistema de suspensión para ver cuál es mejor.

Abstract

This work began as a need to transform the Toyota Land Cruiser FJ40, used to work in difficult roads that had stiffer suspension, both front and in the rear, on a sandy type, being able to move on roads with major obstacles as mentioned above, while providing greater stability, security and comfort. This objective was achieved by designing the system of independent unshaped parallelogram suspension and also making the necessary adaptations, of the basis for both the spring and the damper, besides designing a support arm for axial loads on the wheel. The novelty of this research is focused in the conversion of rigid system independently, using profiles of industrial construction, for which dimensioning a safety factor of 5 was placed.

The plans were developed in the Solid Works program. The construction work was carried out through processes of turning, sawing and welding. The welds were performed using the MIG process. Once the practical final task has been finished, some work field tests were conducted on the 4x4 car race track in Yahuarcocha and the Northern Technical University, discovering that the objectives were satisfactorily achieved, thus, it was possible the vehicle worked out well against significant obstacles, with good stability.

Concluding, We can say that there are factors that need high security, because the obstacles that the vehicle might have are much higher than the assumptions, for example the obstacles to the design of a height about 20 cm was assumed; the support bar of the longitudinal loads was necessary because the torsion bar doesn't exist in the current system, which was absorbing these charges. The main recommendations are to carry out a simulation of the entire system and try another suspension system to see which one is better.

Introducción

La presente investigación tuvo como objetivo principal, diseñar un vehículo tipo arenero a partir de un Toyota Land Cruiser, con un sistema de suspensión independiente a las cuatro ruedas. El vehículo antes mencionado tenía problemas en lo que se refiere a estabilidad y confort, debido a que contaba con un sistema de suspensión rígida en sus cuatro ruedas, para reducir este inconveniente se empleó un sistema de suspensión de paralelogramo deformable, que permite absorber las irregularidades del camino de forma individual, mejorando notablemente al momento de conducir.

Para la carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad Técnica del Norte es importante este tipo de investigaciones ya que servirá como material didáctico para los estudiantes, para que puedan poner en práctica los conocimientos, habilidades y destrezas adquiridas en las aulas permitiendo crear, diseñar e innovar nuevos sistemas en un vehículo.

Con la ayuda de este proyecto se llegará a potenciar los conocimientos tecnológicos en innovaciones de sistemas automotrices, capaces de resolver cualquier tipo de trabajo que se presente y a la vez ser competitivos dentro del mundo automotriz.

Capítulo I

1. Problema de Investigación

1.1 Antecedentes

A partir de los años 70 se conformaron clubes de autos areneros para competir en playas sobre superficies blandas, planas y montañas arenosas tipo dunas, fueron modificándose los chasis, carrocerías tubulares al estilo jaula, se implementaron llantas grandes y amortiguadores robustos.

En 1975, en Europa aparecieron modelos más modificados con motor de Volkswagen Beetle que se popularizaron en todo el mundo como vehículos de aventura y de uso diario los cuales siguen siendo fabricados en Estados Unidos por empresas especializadas mediante pedido, son vehículos con motores potentes y suspensiones de largo recorrido que pueden circular libremente y saltar entre las numerosas dunas, si se proporciona una suspensión reforzada pueden ser empleados para trabajar en el campo.

1.2 Planteamiento del problema

El vehículo es un jeep Toyota Land Cruiser, posee suspensiones rígidas en la parte delantera y trasera, las cuales en caminos irregulares causan problemas, en lo que se refiere a estabilidad y confort que pueden disminuir adaptando un sistema de suspensión independiente que permita absorber las irregularidades de forma individual, sin afectar a todo el vehículo.

1.3 Formulación del problema

¿Cómo adaptar suspensiones independientes a las cuatro ruedas de un Toyota Land Cruiser?

1.4 Delimitación del problema

1.4.1 Temporal. Esta investigación se realizó durante los meses de agosto de 2013 hasta enero de 2015.

1.4.2 Espacial. Esta investigación se realizó en el taller de servicios mecánicos del Sr. Flavio Guevara, casa 2-74 vía a Selva Alegre junto a fábrica Pinto, provincia de Imbabura, cantón Otavalo, ciudad Otavalo.

1.5 Objetivos

1.5.1 General. Adaptar suspensiones independientes en las cuatro ruedas de un vehículo Toyota Land Cruiser.

1.5.2 Específicos

1. Investigar datos bibliográficos sobre los sistemas de suspensión independientes.
2. Realizar cálculos previos para las adecuaciones y montaje de la suspensión independiente.
3. Realizar pruebas de campo y puesta a punto de la suspensión.

1.6 Justificación

La presente investigación se enfocó en la construcción de un sistema de suspensión independiente a las cuatro ruedas basándose en un mecanismo de paralelogramo

deformable, dicho proyecto servirá como material didáctico para los estudiantes de la carrera, estos trabajos permiten incentivar a los estudiantes a poner en práctica los conocimientos adquiridos en las aulas para que puedan crear e innovar nuevos sistemas en los automotores.

Con el nuevo sistema se sustituyen los movimientos que producían su antiguo sistema rígido, que en vehículos a todo terreno trabajan a compresión reemplazando esta condición a rebote que se produce al funcionar con un sistema independiente y que dará estabilidad y seguridad.

Con el montaje y puesta a punto del sistema independiente de paralelogramo deformable, se logrará mejorar la conducción y confort de los ocupantes, dando más estabilidad, al momento de transitar por cualquier tipo de camino.

Capítulo II

2. Marco Teórico

2.1 Suspensión

2.1.1 Historia. En la antigüedad las primeras suspensiones estaban formadas por un eje rígido, en tiempo de los carruajes se sentía gran incomodidad al viajar en ellos ya que las irregularidades del camino eran molestosas (agujeros, piedras), para reducir esto se emplearon unas correas sujetas a unos soportes que salían desde los ejes, con esto se redujo los impactos del camino pero contrajo que los ocupantes se marearan ya que no se mantenía la cabina fija sino que se bamboleaba, aquí apareció el concepto de suspensión la cual tiene por objeto disminuir las vibraciones del camino por medio de elementos elásticos.



Figura1: Suspensión Antigua

Fuente: (Automovil, 2008)

Con el pasar del tiempo las suspensiones se han ido mejorando hasta el día de hoy optimizando y disminuyendo el diámetro de las ruedas de radios a metal estampado a las de hule macizo, y a las radiales, empleando elementos elásticos como muelles, amortiguadores, entre otros.

Con el pasar del tiempo los sistemas de suspensión se han ido haciendo mucho más eficientes adaptándose a las necesidades del usuario para todo tipo de camino.

2.2 Sistema de suspensión

Denominamos suspensión al grupo de elementos elásticos que se encuentran entre los sistemas suspendidos: bastidor, motopropulsor, carrocería, pasajeros, carga, etc. Y los sistemas que no están suspendidos: los neumáticos, los frenos y los puentes rígidos. Es un medio elástico compuesto por diferentes componentes de acuerdo al tipo de suspensión, su función es suspender absorber los impactos bruscos del camino, de los ocupantes, proporcionando una mejor marcha y conducción suave y segura mejorando la estabilidad y dando confort al pasajero.

El sistema de suspensión en los automóviles está formado por (amortiguadores, ballestas, resortes) las cuales suspenden la masa rígida motor, chasis, carrocería, etc. Y están ubicadas entre las ruedas y el chasis.

2.3 Componentes del Sistema de Suspensión

Todo tipo de suspensión está conformada por dos elementos elásticos como: resorte o muelle y el amortiguador, cumpliendo cada uno con diferente función pero los dos sistemas trabajan entre sí, al circular por caminos irregulares, el resorte provoca una absorción del impacto y el amortiguador reduce la fuerza del resorte.

2.3.1 Resortes helicoidales. Tienen la misión que las ballestas, de absorber las vibraciones, además poseen la gran ventaja de tener elasticidad blanda y ocupar menos espacio con un peso relativamente bajo, está constituido por un hilo de acero con diámetro entre 10 y 15 mm.

Son elementos elásticos básicos en los sistemas de suspensión suelen ubicarse entre el chasis y el sistema de suspensión, son utilizados tanto en suspensiones rígidas como en independientes que junto a los amortiguadores realizan su función de amortiguar, soportan todo el peso del vehículo, son capaces de almacenar energía y dejarla libre al absorber los golpes, se deforman al aplicarles una carga o fuerza y posteriormente recuperar su forma, muy utilizados debido a que son fácil colocación y ocupan lugares reducidos.

La flexibilidad de un muelle, está comprendida del hilo utilizado, número de espiras, ángulo de inclinación de las mismas, diámetro del muelle y calidad del acero, todo esto bajo el efecto de carga. La fórmula para el cálculo de resorte es:

$$Kte = \frac{d^4 G}{8nDm^3}$$

Cte.= Constante de elasticidad del resorte

d = Diámetro del hilo del resorte

G = Material

Dm = Diámetro medio de la espira

n = Número de espiras

Existen diferentes tipos de muelles que se muestra a continuación.

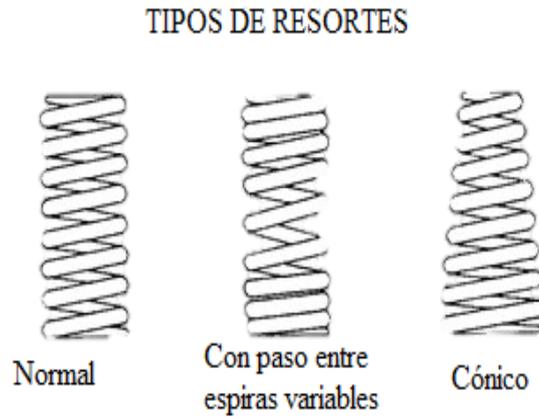


Figura2: Tipos de resorte

Fuente: (meganeboy, 2014)

2.3.2 Amortiguadores.- Su función principal es de regular las vibraciones y la oscilación de los elementos elásticos, es decir, eliminan los efectos del resorte, principalmente en vías en mal estado, dando como resultado un buen confort para los ocupantes. Existen dos tipos de amortiguadores, hidráulicos y a gas.

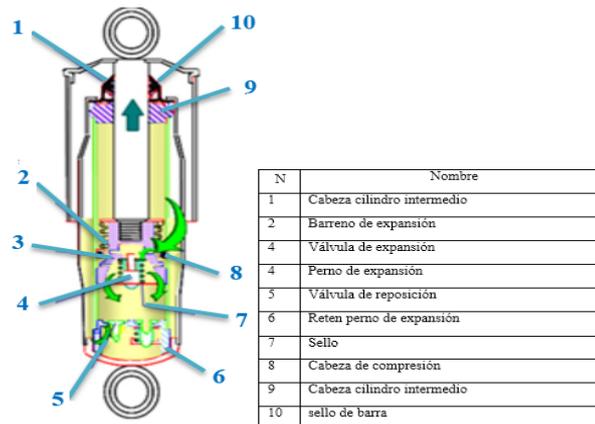


Figura 3: Partes de un amortiguador.

Fuente: (Mexico, 2015)

Los amortiguadores son una parte muy importante como uno de los componentes de la suspensión por eso su diseño y ajuste debe ser cuidadosamente ajustado al máximo sobre todo cuando se los utiliza en vehículos de competición.

Para el análisis del comportamiento de los amortiguadores se debe realizar un diagrama de esfuerzos ya que el comportamiento del amortiguador cambia de acuerdo a la velocidad que se encuentre el vehículo

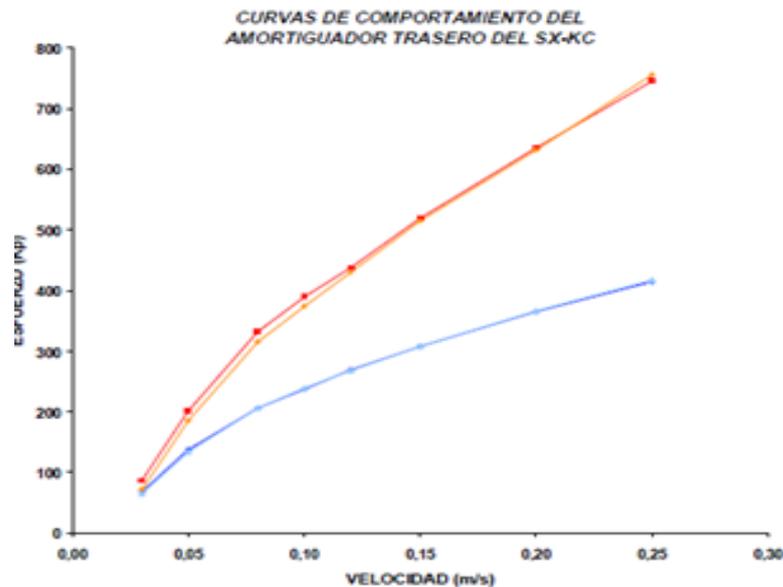


Figura4: Curvas de comportamiento

EL amortiguador es básicamente una bomba de aceite, ya que se encuentra un pistón que funciona mediante un fluido hidráulico o un gas dentro de un tubo interior, dicho elemento transforma en calor la energía potencial almacenada del muelle, cuando este se encuentra trabajando bajo condiciones de funcionamiento del automotor. La relación de un amortiguador depende de la velocidad del sistema de suspensión y es inversa a la velocidad, cuanto más rápido se mueva, mayor resistencia suministra el amortiguador con esto tanto la velocidad alta como la baja afectan en el sistema del amortiguador.

Si este efecto se pasa al gráfico de diagrama de esfuerzos donde enfrente esfuerzos y la velocidad de desplazamiento se obtiene lo siguiente:

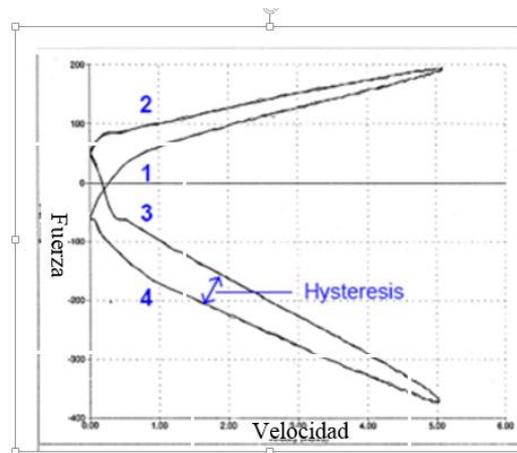


Figura 5: Diagrama fuerza y velocidad

2.3.2.1 Funciones de un amortiguador

- Establece el movimiento del muelle y de la suspensión.
- Brinda una conducción y frenado consistentes.
- Permite mantener las ruedas en contacto con el piso.
- Mantiene un desgaste y equilibrado de los neumáticos
- Ayuda al confort de los ocupantes.

2.3.3 Barra de torsión. Se ubicada longitudinalmente al chasis o transversalmente, tiene la función de volver a su forma inicial después de retirar una fuerza de torsión debido a la elasticidad que posee, estas barras tienen en sus extremos un estriado el cual se copla en el brazo de la suspensión y en el soporte fijo de la carrocería, con la finalidad de mantener la geometría del vehículo asegurando así su estabilidad.

2.4 Tipos de suspensión

Existen tres tipos de suspensión: rígida, semirrígida, e independiente.

2.4.1 Suspensión rígida. La suspensión está conformada por un eje rígido que al extremo se conecta con los neumáticos, por esta razón su diseño es mucho más simple.

La suspensión rígida se sostiene en el bastidor mediante ballestas o resortes, en este sistema las ruedas se encuentran unidas mediante un eje rígido y como consecuencia se tiene que transmiten las vibraciones de una rueda a la otra.

El principal uso de esta suspensión se realiza sobre los vehículos de gran tamaño, es decir vehículos industriales, autobuses, camiones, entre otros. Estas pueden ser de ballestas y barras tirantes, las cuales se describen a continuación:

2.4.1.1 De ballestas. Están cuidadosamente distribuidos longitudinalmente, se monta en ambos lados del eje, para esto se conectan los muelles a la carrocería, la cual absorbe todas las irregularidades.

Este sistema es más común utilizarlo en la parte trasera, a través de los muelles, absorbe las vibraciones que recibe la rueda y soporta el peso de la carga, especialmente en los vehículos todo terreno y de maquinaria pesada, están formados por varias hojas de acero unidos por un perno capuchino y una abrazadera, el número de hojas se define de acuerdo al peso que va a soportar.

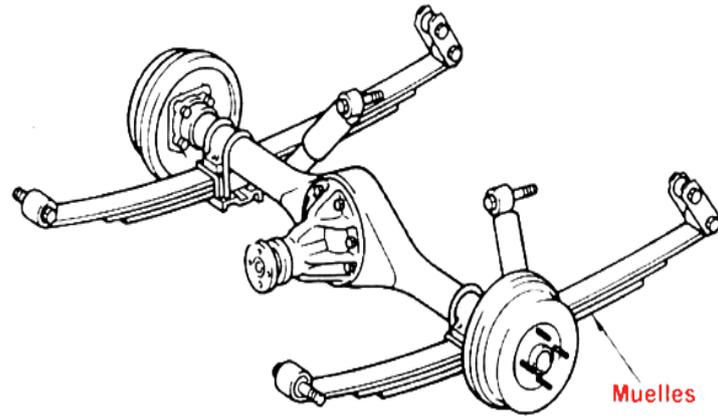


Figura 6: Suspensión rígida con sistema de muelle.

Fuente: (GUTIERREZ, 2013)

2.4.1.2 De Barra Tirante. Es instalada en la mayoría de vehículos que son a tracción delantera, se compone por un eje en forma de viga, dos brazos tirantes, resortes y amortiguadores.

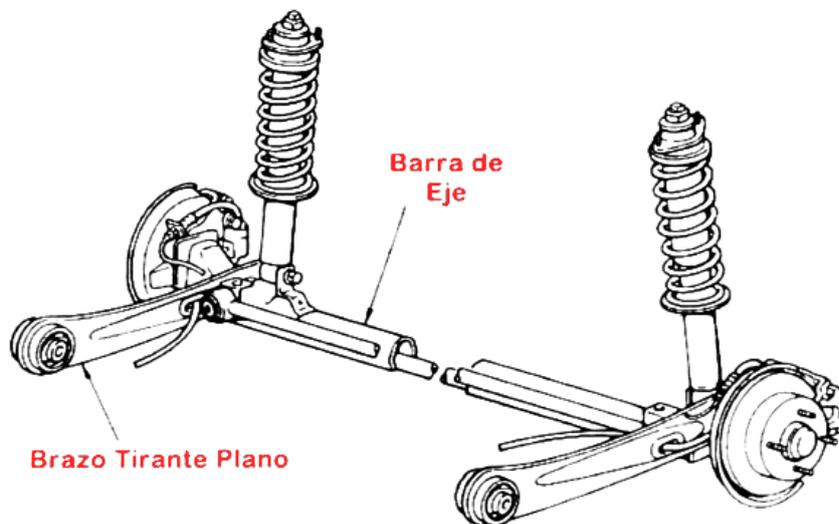


Figura 7: Suspensión rígida de barra tirante.

Fuente: (Acosta, 2013)

2.4.2 Suspensión semirrígida. A simple vista la suspensión semirrígida es similar a la suspensión de eje rígido, se diferencian ya que las ruedas están unidas entre ellas, pero transmitiendo de forma semi-independiente los movimientos irregulares del camino.

Se ubica en el eje trasero debido a su sencillez de construcción, además cuenta con una barra torsional al interior de la columna de dicha suspensión mejorando así la elasticidad y recuperación de la suspensión.

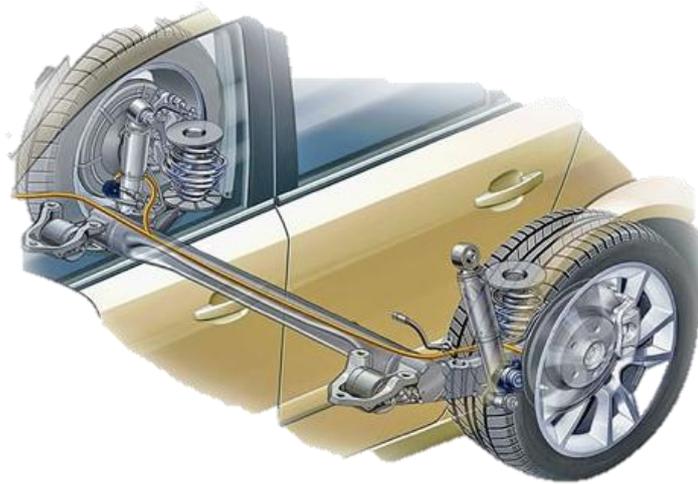


Figura 8: Suspensión semi rígida.

Fuente: (Meganeboy D. , Aficionados a la Mecanica, 2014)

2.4.2.1 Suspensión de eje torsional. Está formado por barra de torsión, sujeta al que gira al producirse un movimiento y gira individualmente, es un diseño sencillo, por eso se emplea en carros 4X2 y 4X4 ya que reciben golpes fuertes en los neumáticos, es de fácil regulación.



Figura 9: Suspensión de eje torsional.

Fuente: (Meganeboy D. , Aficionados a la Mecanica, 2014)

2.4.3 Suspensión independiente. La suspensión independiente es la más utilizada, consiste en que las ruedas están conectadas en el automóvil de forma separada tanto en los ejes delanteros como en los ejes traseros, esto permite mayor estabilidad y confort, esta suspensión se usa en los autos de alta gama, la mayor ventaja de esta suspensión es que puede desarrollar sin afectar a las demás ruedas, se clasifican en McPherson, Brazos Tirados, Multibrazo, paralelo deformable.

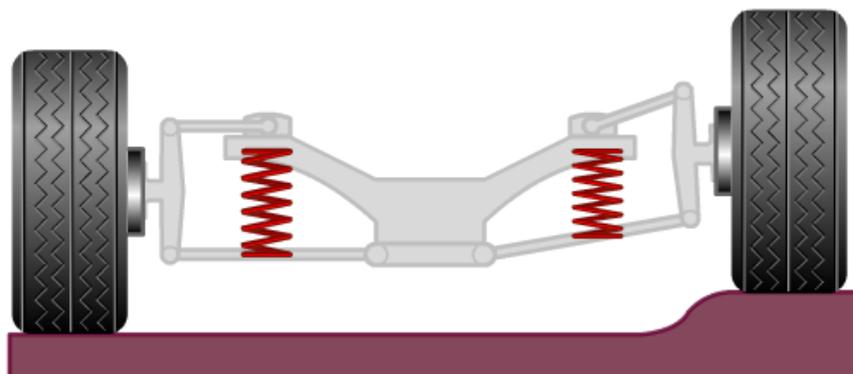


Figura 10: Suspensión independiente

Fuente: (Acosta, 2013)

2.4.3.1 Suspensión Independiente McPherson. Generalmente constituida en el tren delantero, pocas veces se puede usar en el tren trasero, su construcción es sencilla y con bajo costo de mantenimiento.

El funcionamiento consiste en que la mangueta está unida en la columna telescópica que es el amortiguador. La sujeción de la columna se ubica con un seguro en la carrocería en la parte superior llamada torreta que coloca una chumacera axial para admitir el giro de la columna.

El muelle está ubicado en la parte baja del amortiguador, este y la mangueta están unidos por tornillos o abrazaderas.

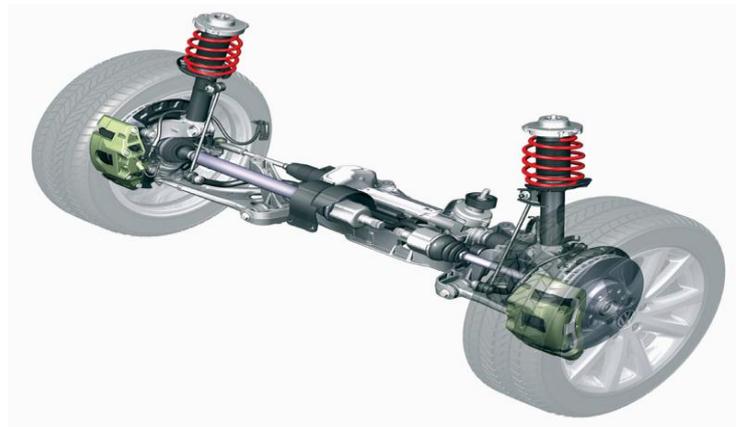


Figura 11: Suspensión Independiente McPherson.

Fuente: (km77.com, 2013)

2.4.3.2 Suspensión Independiente de Brazos Tirados. Este sistema es utilizado en los vehículos de transporte público, localizadas en la parte frontal, para colocarlos en la parte posterior de los vehículos primeramente se deben hacer algunas modificaciones como reforzar los tirantes ya que soportarán todo el peso del vehículo.



Figura 12: Suspensión Independiente de Brazos Tirados.

Fuente: (km77.com, 2013)

2.4.3.3 Suspensión Independiente Multibrazo. Esta suspensión suministra una flexibilidad geométrica total del neumático con un control transversal y longitudinal del mismo.

La masa no suspendida es relativamente baja, por lo que su uso en vehículos de competencia es muy generalizado.



Figura 13: Suspensión Independiente Multibrazo.

Fuente: (km77.com, 2013)

2.4.3.4 Suspensión independiente de paralelo deformable. La unión de la carrocería con el neumático son elementos transversales colocados en diferentes planos, al moverse el neumático con relación a la carrocería, el paralelogramo se deforma.

Este sistema de paralelogramo hace que las caídas sean proporcionales al movimiento de balanceo, esta suspensión utiliza trapecios unidos con elementos elásticos, barra estabilizadora que garantiza la firmeza del vehículo, barra de torsión, muelles entre otros.



Figura 14: Suspensión Independiente de Paralelogramo Deformable.

Fuente: (km77.com, 2013)

El paralelogramo deformable está constituido por brazos superiores e inferiores (1-2) unidos al chasis mediante unos pivotes, cerrando en un lado el propio chasis y en el otro una mangueta (7) de la rueda, esta mangueta está articulada mediante rótulas (4). Los elementos elásticos y amortiguadores (5) son de tipo helicoidal y están unidos al brazo inferior y al chasis. El sistema se completa con unos topes (6) para evitar sobrepasar el límite elástico del muelle y un estabilizador (8) en cada lado.

2.5 Glosario de Términos

Bamboleaba.- Hacer que alguien o algo oscilen de forma compasada con un movimiento de vaivén.

Tirantes.- Pieza, generalmente de hierro o acero, destinada a soportar un esfuerzo de tensión

Perno capuchino.- Es el tornillo pasador que mantiene la alineación de las ballestas

Oscilación.- Cada uno de los vaivenes de un movimiento oscilatorio

Mangueta.- En algunos vehículos automóviles, extremo del eje de dirección, que soporta la rueda y sus rodamientos.

Telescópica.- Construidos de forma semejante a la del telescopio de mano, es decir, formados por piezas longitudinalmente sucesivas que pueden recogerse encajando cada una en la anterior, con lo cual se reduce su largura para facilitar su transporte.

Torreta.- En un buque de guerra o en un tanque, torre acorazada.

Axial.- Perteneiente o relativo al eje.

Trapecios.- Cuadrilátero irregular que tiene paralelos solamente dos de sus lados.

Tren delantero.- Incluye todos los elementos que se encuentran en la parte delantera del vehículo, tales como el sistema de suspensión, el sistema de frenos y el mecanismo de dirección.

Masa Suspendida.- son los elementos ubicados sobre el sistema de suspensión como son carrocería, chasis, pasajeros entre otros.

Barra torsional.- Actúa también como un resorte de torsión, donde los impactos son absorbidos al torcerse la barra de acero sobre su eje longitudinal.

AISI / SAE.- Clasificación de aceros no ferrosos

ASTM.- Asociación para el ensayo de materiales

Moto-propulsor.-Conjunto de motor, cambio, diferencial y de los respectivos órganos de unión

Elasticidad blanda.-Tiene probidad de estirarse y volver a su forma original

Excéntrica.- Pieza circular de una máquina, cuyo eje de rotación no ocupa el centro geométrico y que está destinada a transformar un movimiento de rotación en uno de otra clase, especialmente rectilíneo

Chumacera.- Pieza de metal o madera con una muesca en que descansa y gira un eje de una maquinaria.

Bastidor.- Armazón de metal que soporta el motor y la carrocería de un vehículo

Capítulo III

3. Metodología de la investigación

3.1 Tipo de investigación

3.1.1 Bibliográfico y tecnológico.- Hace referencia a elementos empleados para la adaptación y montaje de un nuevo sistema de suspensión independiente en las cuatro ruedas a un vehículo tipo todo terreno.

La investigación bibliográfica se realizó empleando toda fuente de carácter documental, libros, sitios web, los cuales permitieron recopilar información acerca de los sistemas de suspensiones independientes empleados en los vehículos.

Es tecnológico porque se trata de un problema práctico a desarrollar, mediante las alternativas de sistemas técnicos y prácticos que cumplen los requerimientos de adaptación en suspensiones.

3.2 Métodos

3.2.1 Método analítico-sintético. Se utilizó este método debido al manejo de información de manuales y libros referentes a sistemas de suspensión independiente en la elaboración del marco teórico.

3.2.2 Método del diseño mecánico. Este método permitió determinar la respuesta estructural bajo el comportamiento de acciones determinadas, mediante un análisis matemático de esfuerzos y reacciones en los diferentes puntos del sistema antes mencionado.

3.3 Técnicas

1. Gráficos de planos en Solid Works, de la estructura del sistema a implementar.
2. Dimensión de partes como bases, resortes, chasis y barras de soporte.
3. Adaptación y montaje de los elementos que conforman el nuevo sistema independiente.
4. Pruebas de campo en la pista 4x4 y carretera, verificación de estabilidad y confort del nuevo sistema empleado.

Capítulo IV

4. Propuesta Alternativa

4.1 Diagnóstico

Se trabajó con un vehículo Toyota Land Cruiser FJ 40 del año 1980 con un motor de 4230cc 6 cilindros en línea, peso de 1755 kg, sistema de dirección hidráulica, sistema de suspensión rígida, conformada por ballestas tanto en la parte delantera así como en la parte posterior, ubicadas en forma longitudinal.



Figura16: Vehículo Toyota Land Cruiser.

A continuación se detallan algunas especificaciones técnicas Toyota Land Cruiser FJ40.

Tabla 1:
Especificaciones generales

Modelo	FJ 40
Fabricante	Toyota/ TLC
Año	1980
Motor	4 x 4 6 en línea
Sistema combustible	Carburador
Suspensión	Rígida ballestas, 4 ruedas
Caballos de fuerza	3600 rpm
Transmisión	Mecánica 4 velocidades

A continuación se detalle el estado del vehículo

Tabla 2:

Especificaciones y diagnóstico del sistema de suspensión

Maquina	Sistema	Parte	Estado
Jeep Toyota	Suspensión delantera	Ballestas	Regular
		Amortiguadores	Regular
	Suspensión trasera	Ballestas	Regular
		Amortiguadores	Regular
Land Cruiser	Distancia de ejes (largo)	230 cm	
	Ancho entre ejes	177 cm	
	Altura del piso al chasis	52 cm	
	Peso total	1755 Kg	

De acuerdo a las especificaciones antes mencionadas, el vehículo es apto para la adaptación de un sistema de suspensión independiente a las cuatro ruedas debido a que cumple con los parámetros de diseño y los requerimientos del arenero. A continuación se detallan los cálculos realizados.

4.2 Análisis de cargas del sistema de suspensión

A continuación se detallan las fuerzas en los puntos críticos del nuevo sistema de suspensión diseñado.

Análisis de fuerzas en la mesa de suspensión.

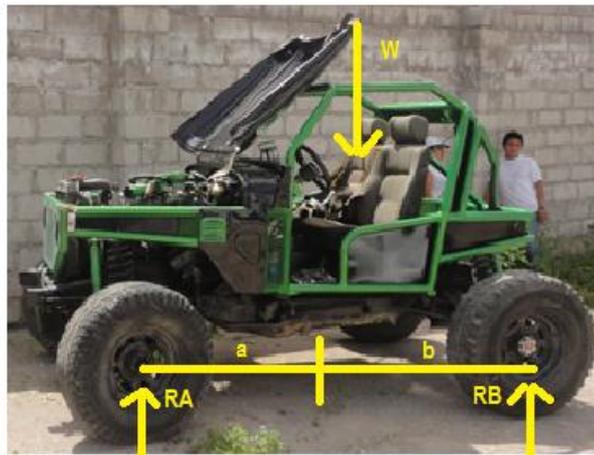


Figura 17: Punto de equilibrio.

Datos

$$RA = 848Kg \text{ (pesado con 2 personas)}$$

$$RB = 752Kg \text{ (pesado con 2 personas)}$$

$$a + b = 214.4 \text{ cm}$$

$$W = 1600Kg$$

$$\sum MA = 0 + \infty$$

$$-Wa + RB(a + b) = 0$$

$$a = \frac{RB(a + b)}{W}$$

$$a = \frac{752 * 214.4}{1600}$$

$$a = 100.8 \text{ cm}$$

$$a + b = 122$$

$$b = 214.4 - a$$

$$b = 113.6 \text{ cm}$$

Cálculo de la constante del resorte

$$Kte = \frac{d^4 * G}{8n Dm^3} \quad (1)$$

Datos

$Kte = ?$ Constante de elasticidad

$$d = 20\text{mm}$$

$G = 787.19 \text{kg/mm}^2$ Tabla 19-4 (Mott, Diseño de elementos de máquina, 2006), especificaciones de material del resorte **tabla 3**.

$$n = 8$$

$$Dm = 120$$

$$Kte = \frac{d^4 * G}{8n Dm^3}$$

$$Kte = \frac{20^4 * 787.19}{8 * 8 * 120^3}$$

$$Kte = 11.12 \text{ N/mm}$$

Fuerzas en el paralelogramo. Carga estática

Datos:

Peso total = 1470 con carga de dos ocupantes con peso promedio de $65 \text{kg} = 1600$

Peso lado trasero en una llanta = 376Kg (coincide con el valor pesado)

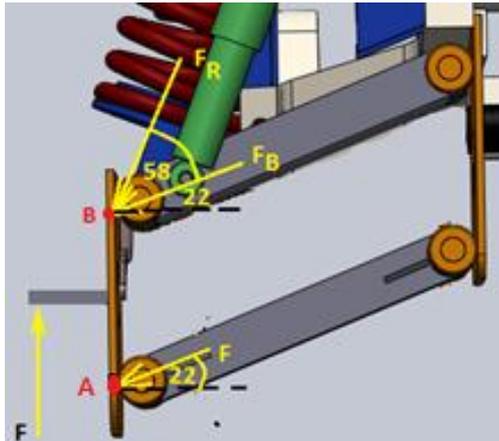


Figura 18: Análisis de fuerzas.

$$\sum F_x = 0$$

$$-F_R \cos 80 - F_B \cos 22 - F_A \cos 22 = 0$$

$$F_B = \frac{F_R \cos 80 + F_A \cos 22}{\cos 22} \quad (2)$$

$$\sum F_y = 0$$

$$-F_A \text{ sen } 22 - F_B \text{ sen } 22 - F_R \text{ sen } 80 + F = 0$$

$$F_B = \frac{F_A \text{ sen } 22 + F_R \text{ sen } 80 - F}{\text{sen } 22} \quad (3)$$

$$\sum M_B = 0$$

$$-F \times 0.16 + F \cos 22 \times 0.24 = 0$$

$$F_A = \frac{F \times 0.16}{0.24 \cos 22}$$

$$F_A = \frac{376 \times 0.16}{0.24 \cos 22}$$

$$F_A = 270.4 \text{ Kgf} = 2649.9 \text{ N} \quad (4)$$

Iguualamos (2) y (3)

$$\frac{F_R \cos 80 + F_A \cos 22}{\cos 22} = \frac{F_A \sin 22 + F_R \sin 80}{\sin 22}$$

$$F_R \cos 80 \times \sin 22 + F_A \cos 22 \times \sin 22 = F_A \sin 22 \times \cos 22 + F_R \sin 80 \times \cos 22 - F \cos 22$$

$$0.07 F_R - 0.9 F_R = -95.2 + 93.9 - 348.6$$

$$0.83 F_R = 399.9$$

$$F_R = 421.7 \text{ Kgf} = 4132.7 \text{ N} \quad (5)$$

Reemplazando (3) y (4) en (2)

$$F_B = \frac{F_A \sin 22 + F_R \sin 80 - F}{\sin 22}$$

$$F_B = \frac{270.4 \sin 22 + 421.7 \sin 80 - 376}{\sin 22}$$

$$F_B = 375.3 \text{ Kgf} = 3677.9 \text{ N} \quad (6)$$

Fuerza dinámica al chocar contra un obstáculo pequeño



Figura 19: Choque con obstáculo.

Datos:

$$h \text{ del obstáculo} = 20 \text{ cm}$$

$$K \text{ te del resorte} = 1.13 \text{ Kg/mm} = 11.3 \text{ kg/cm}$$

Suponiendo que el resorte se comprime al impacto con el obstáculo una altura de 20 cm, se desea encontrar la fuerza ejercida en el resorte F_R

$$X = \frac{20}{\text{sen}80}$$

$$X = 20.3 \text{ cm} \text{ Compresión del resorte}$$

$$F_R = K \times X$$

$$F_R = 11.3 \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}} \times 20.3 \text{ cm}$$

$$F_R = 229.39 \text{ Kgf} = 2248,02 \text{ N} \Rightarrow \text{Fuerza sobre el resorte}$$

Una vez obtenidas las fuerzas con carga estática se realiza un cálculo en movimiento y empleando la $F= 229\text{Kgf}$ fuerza en el resorte frente a un obstáculo.

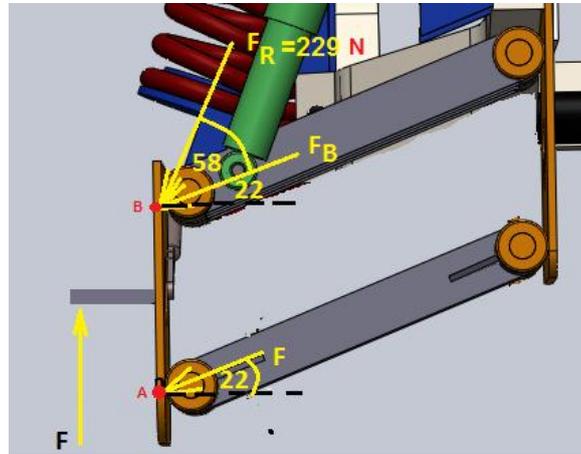


Figura 20: Análisis de fuerzas en movimiento

$$\sum F_x = 0 \quad (1)$$

$$F_B \cos 22 - 229 \cos 80 - F_A \cos 22 = 0$$

$$F_A = \frac{F_B \cos 22 - 229 \cos 80}{\cos 22} \quad (7)$$

$$\sum F_y = 0$$

$$F_B \cos 22 - 229 \cos 80 - F_A \cos 22 = 0$$

$$F_A = \frac{-229 \text{ Sen } 80 - F_B \text{ Sen } 22 + F}{\text{Sen } 22} \quad (8)$$

$$\sum M_A = 0$$

$$F(0.16) + F_A \cos 22 * 0.24 = 0 \quad (9)$$

Se iguala (7) y (8)

$$-F_B \cos 22 \sin 22 - 229 \cos 80 \sin 22 + 229 \sin 80 \cos 22 + F_B \sin 22 \cos 22 - F \cos 22 = 0$$

$$F = \frac{-229 \cos 80 \sin 22 + 229 \sin 80 \cos 22}{\cos 22}$$

$$F = \frac{194.2}{0.9}$$

$$F = 215.8 \text{Kgf} = 2114,8 \text{N} \quad (10)$$

Reemplazando (10) en (9)

$$F(0.16) + F_A \cos 22 * 0.24 = 0$$

$$F_A = \frac{-F(0.16)}{\cos 22 * 0.24} = 0$$

$$F_A = 154.59 \text{Kgf} = 1514,98 \text{N} \quad (11)$$

Reemplazando (10) y (11) en (8)

$$F_A = \frac{-229 \text{ Sen } 80 - F_B \text{ Sen } 22 + F}{\text{Sen } 22}$$

$$F_B \text{ Sen } 22 = F_A \text{ Sen } 22 + 229 \text{ sen } 80 - F$$

$$F_B = \frac{F_A \text{ Sen } 22 + 229 \text{ sen } 80 - F}{\text{Sen } 22}$$

$$F_B = \frac{154.59 \text{ Sen } 22 + 229 \text{ sen } 80 - 215.8}{\text{Sen } 22}$$

$$F_B = 180,53 \text{ Kgf} = 1769,19 \text{ N} \Rightarrow \text{En movimiento} \quad (12)$$

Fuerza que se transmite al templador = P

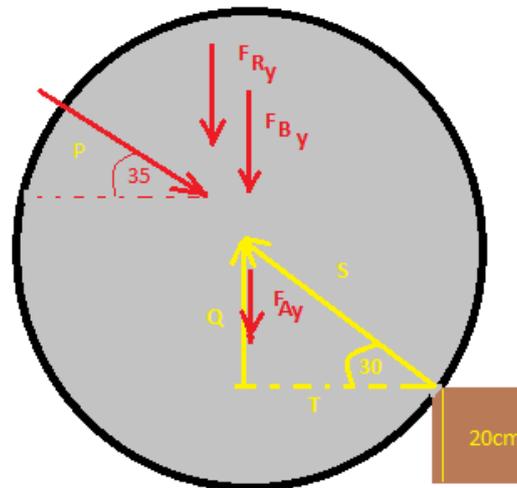


Figura 21: Fuerza en el templador.

Datos

$$F = 215.8$$

$$F_{yR} = 229.39 * \text{sen } 80 = 225,9$$

$$F_{By} = 180.53 * \text{sen } 22 = 67,6$$

$$F_{Ay} = 154.59 = 57,9$$

$$Q = F + F_{Ry} + F_{By} + F_{Ay}$$

$$Q = 215.8 + 225,9050505 + 67.6 + 57.9$$

$$Q = 567.24\text{kg}$$

$$\tan 30^\circ = \frac{Q}{T}$$

$$T = \frac{Q}{\tan 30^\circ}$$

$$T = \frac{567.24\text{kg}}{\tan 30}$$

$$T = 982.5\text{Kg} = 9628,5 \text{ N}$$

$$P \cos 35 = T$$

$$P = \frac{T}{\cos 35}$$

$$P = 1199.41 \text{ Fuerza en el templador} \quad (13)$$

Diseño de la plancha del paralelogramo

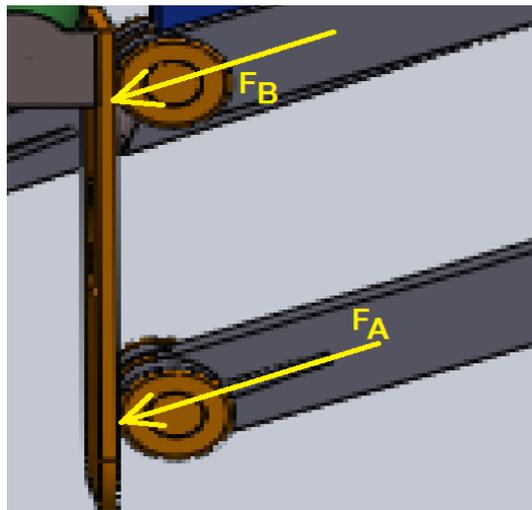


Figura 22: Fuerzas en la columna.

Sección plancha:

$$A = bxh \quad (14)$$

$$A = 30 \text{ cm} * 2.4\text{cm}$$

$$A = 72 \text{ cm}^2$$

$I =$ Momento de inercia

$$I = \frac{bh^3}{12} \quad (15)$$

$$I = \frac{30 \times 2.4^3}{12}$$

$$I = 34.56 \text{ cm}^4$$

Radio giro

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} \quad (16)$$

$$r = \sqrt{\frac{34.56 \text{ cm}^4}{72 \text{ cm}^2}}$$

$$r = 0.69 \text{ cm}$$

Longitud efectiva $K = 1.0$ articulado- articulado. P. 234 Mott

$$Le = KL \quad (17)$$

$$Le = 1.0 * 12 \text{ cm}$$

$$Le = 12 \text{ cm}$$

Relación de esbeltez

$$\frac{KL}{r} = \frac{12 \text{ cm}}{0.69 \text{ cm}} = 17.4 \quad (18)$$

La fórmula de la secante para columnas con carga excéntrica es:

$$\sigma = \frac{P}{A} \left[1 + \frac{ec}{r^2} \sec \left(\frac{kl}{2r} \sqrt{\frac{P}{AE}} \right) \right] \quad (19)$$

Reemplazando los valores antes calculados y tomando en cuenta que la carga es la suma de los componentes en **Y** de las fuerzas F_B y F_R

$$F_{By} = (375,3 + 180,53) \text{ sen } 22 = 1199 = P$$

$$\sigma = \frac{1199.4}{72} \left[1 + \frac{17.2}{0.69^2} \sec \left(\frac{17.4}{2} \sqrt{\frac{1199.4}{72 \times 2000000}} \right) \right]$$

$$\sigma = 8149.9 \text{ kg/cm}^2 = 79869,02 \text{ N/cm}^2 = (8170.2 \text{ psi})$$

$$n = 36000 / 8149.9 = 4.4$$

Cálculo al pandeo en los brazos de la suspensión.



Figura 23: Calculo en los brazos de la suspensión

Sección de los brazos. Datos tomados de la tabla de propiedades del perfil (Anexos)

$$A = 11 \text{ cm}^2$$

$$I = 106 \text{ cm}^4$$

$$r = 3.10$$

Longitud efectiva $K = 1.0$ articulado- articulado. P. 234 Mott

$$Le = KL \text{ Utilizando la ecuación (17)}$$

$$Le = 1 \times 26 \text{ cm}$$

$$Le = 26 \text{ cm}$$

Relación de esbeltez Ecuación (18)

$$\frac{KL}{r} = \frac{26 \text{ cm}}{3.10 \text{ cm}}$$

$$\frac{KL}{r} = 8.4$$

Constante de la columna

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{S_y}} \quad (20)$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 (28387040 \text{ psi})}{36000 \text{ Psi}}}$$

$$C_c = 124.8$$

Como KL/r es menor que C_c , la columna es corta, se emplea la fórmula de J.B. Johnson, sección 6-7 (Mott, Diseño de elementos de máquina, 2006)

$$S_y = 250 \text{ MP}_a = 250 \times 10^6 \text{ Pa}$$

$$E = 200 \times 10^9 \text{ Pa}$$

$$P_{cr} = A S_y \left(1 - \frac{S_y \left(\frac{KL}{r} \right)^2}{4 \pi^2 E} \right) \quad (21)$$

$$P_{cr} = 11 \text{ cm}^2 \left(25000 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} \right) \left(1 - \left(\frac{250 \times 10^6 \text{ Pa} (8.4)^2}{4 \pi^2 \times 200 \times 10^9 \text{ Pa}} \right) \right)$$

$$P_{cr} = 274385,614 \text{ N } (27998,532\text{kg} = 397397,724 \text{ lb})$$

Esfuerzos en los brazos crítico $\sigma = 2545.3 \text{ kg/cm}^2$ (36127.1 psi)

$$\text{Esfuerzo permisible} = \frac{\text{esfuerzo crit}}{n} = \frac{36127.1\text{psi}}{10} = 3612.07 \text{ psi}$$

$$F_{BY} = 375.30 + 180.53 = 555.8$$

$$\text{Esfuerzo aplicado } \sigma = \frac{P}{A} = \frac{555.8}{11} = 50.53 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = 719.04 \text{ psi}$$

Para obtener el valor de fuerza cortante se emplean los datos de F_B tanto en movimiento. Como en estático y se realiza una suma de dichas fuerzas.

$$F_{B_{estatico}} + F_{B_{movimiento}} = V \ 375.3 + 180.53 = V$$

$$V = 555.83 \text{ Kgf} = 5447,13 \text{ N}$$

Esfuerzo de corte en la articulación superior del paralelogramo en el eje.

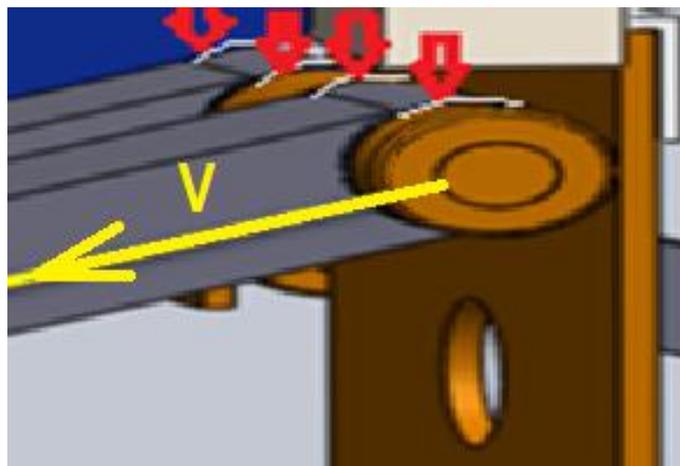


Figura 24: Fuerza de corte.

$$\frac{V}{A \times 4} = \tau \quad (22)$$

$$\frac{V}{\left(\frac{\pi d^2}{4}\right) \times 4} = \tau$$

$$\frac{555.83}{\left(\frac{\pi(0.025)^2}{4}\right) \times 4} = \tau$$

$$\tau = 2774202.56 \text{ N/m}^2$$

$$\tau = 402.4 \text{ Psi}$$

Factor de seguridad Ssy tabla de Mott A – 6 Especificación material tabla 3

$$n = \frac{S_{sy}}{\tau} \quad (23)$$

$$n = \frac{3876}{402.4}$$

$$n = 9.6$$

Fuerza de aplastamiento eje - bujes

$$\frac{V}{d \times l \times \#b} \quad (24)$$

$$\sigma_B = \frac{555.83}{0.025 \times 0.1 \times 2} = 1089426.8 \text{ N/m}^2$$

$$\sigma_B = 9628psi$$

Diseño Templador



Figura 25: Templador.

Sección del templador

$$A = \frac{\pi d^2}{4} \quad (25)$$

$$A = \frac{\pi (1.8cm)^2}{4}$$

$$A = 2.5 \text{ cm}^2$$

Momento de Inercia

$$I = \frac{\pi d^4}{64} \quad (26)$$

$$I = \frac{\pi (1.8)^4}{64}$$

$$I = 0.51$$

Radio de giro

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} \quad (27)$$

$$r = \sqrt{\frac{0.51}{2.5}}$$

$$r = 0.45$$

Longitud efectiva $K = 1.0$ articulado- articulado. P. 234 Mott

$$Le = KL$$

$$Le = 1 \times 56 \text{ cm}$$

$$Le = 56 \text{ cm}$$

Relación de esbeltez de un eje

$$\frac{KL}{r} = \frac{56 \text{ cm}}{0.45 \text{ cm}}$$

$$\frac{KL}{r} = 124$$

Constante de la columna AISI 43.40

$$Cc = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{S_y}} \quad (28)$$

$$Cc = \sqrt{\frac{2\pi^2(28387040psi)}{36000Psi}}$$

$$Cc = 124.8$$

$$\frac{P}{A} = \frac{1121.97}{2.5} = 254.99 \text{ kg/cm}^2 = 3628.6 \text{ psi esfuerzo compresión}$$

$$n = 36000/3628.6 = 9.9$$

4.3 Materiales de la suspensión

Para poder diseñar el sistema de suspensión independiente a las cuatro ruedas del Toyota Land Cruiser FJ 40 y con la finalidad de obtener la modelización exacta del espacio y estructura, en colocar todos los elementos de dicho sistema, se recurrió a un programa de diseño por ordenador, Solid Works para modelado mecánico en 3D, el cual permitió dibujar y construir todo el mecanismo y componentes de la nueva suspensión.

Para llevar a cabo el diseño de la suspensión, se utilizaron materiales que son muy utilizados en estructuras y que soportan grandes esfuerzos, tracción, tensión, entre otros.

A continuación se detalla en la siguiente tabla los elementos empleados.

Tabla 3:
Materiales empleados

Elemento	Material	Dimensiones
Plancha	Acero al carbón ASTM A-36	<i>8mm espesor</i>
Eje	Acero AISI/SAE 4340	<i>D = 25.4mm</i>
Acero perforado	Acero AISI 316	<i>De = 50.8mm</i> <i>Di = 25.4mm</i>
Perfil UPN	Acero al carbón SAE 1010	
Resortes	ASTM- A231	<i>Ford f – 150</i>
Amortiguadores	ASTM A229	<i>Omni 5</i>

4.3.1 Plancha. El material acero al carbón ASTM A-36 es muy resistente también denominado como acero estructural, es muy utilizado para soldados en la construcción de puentes, edificios, presenta gran facilidad para la soldadura.

4.3.2 Barra de acero (Eje) El acero AISI/SAE 4340 posee gran templabilidad y resistencia a la fatiga, se utiliza en piezas que están sometidas a grandes exigencias de resistencia mecánica, dureza y tenacidad muy utilizados en materiales como ejes de transmisión, cigüeñal, barras de torsión, engranajes, pernos de alta resistencia, rotores, levas bridas de alta presión, entre otros.

4.3.3 Acero perforado El acero AISI 316 presenta gran resistencia al desgaste, tenacidad, a la fatiga, resistencia mecánica, dureza, etc. Suelen ser utilizados como bocines, ejes estriados, columnas de taladro

4.3.4 Perfil El acero al carbón SAE 1010 es utilizado en construcciones ya que soporta gran cantidad de carga y muy resistente a la flexión.

4.4 Esquema del sistema de suspensión independiente

Se diseñó un prototipo de suspensión independiente paralelogramo deformable, el cual está compuesto por dos elementos ubicados o superpuestos en forma paralela, forman la figura de un paralelogramo, que al momento de moverse, este se deforma dando así su nombre.

A continuación se presentan las imágenes de la estructura general.

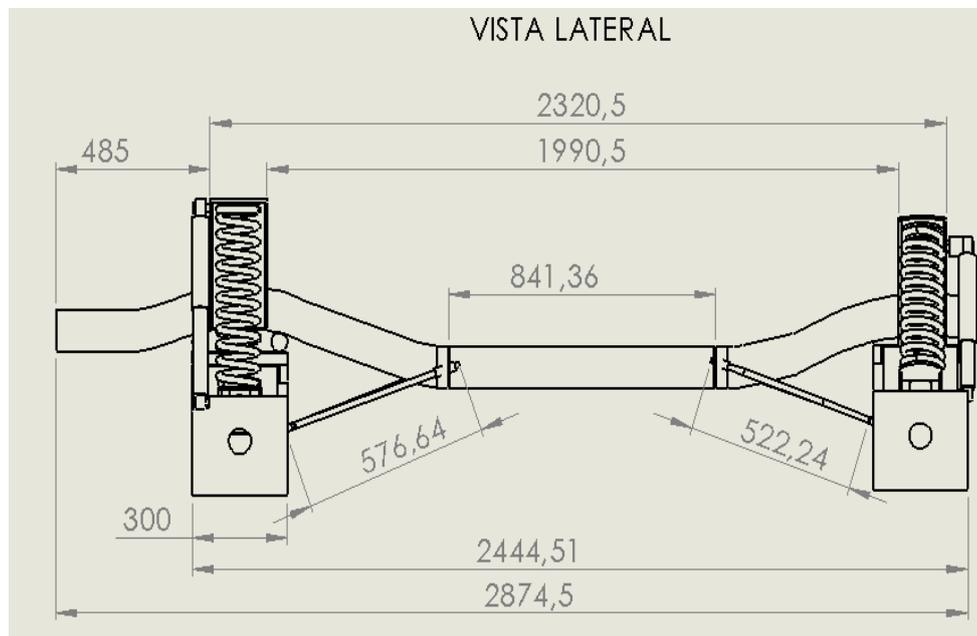


Figura 26: Estructura general, sistema de suspensión paralelogramo deformable.

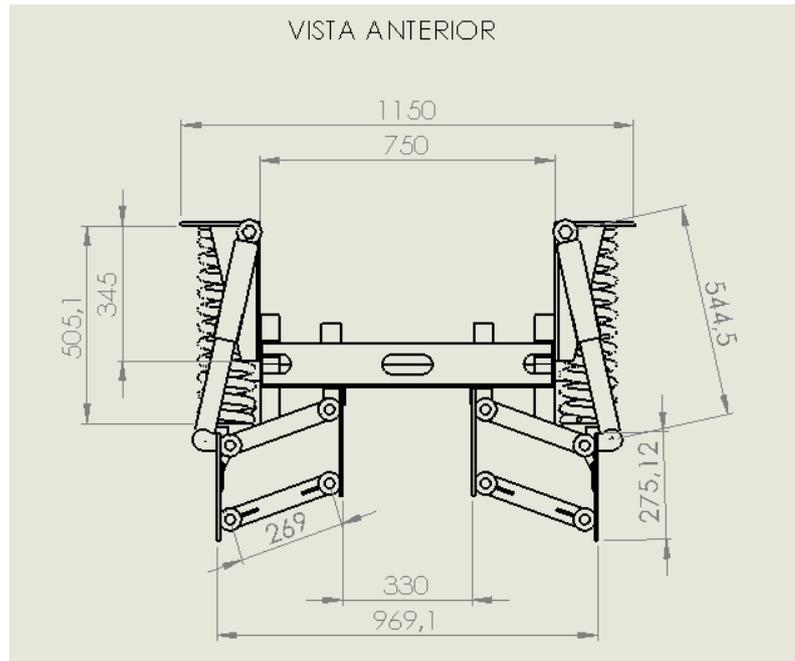


Figura 27: Vista frontal sistema paralelogramo.

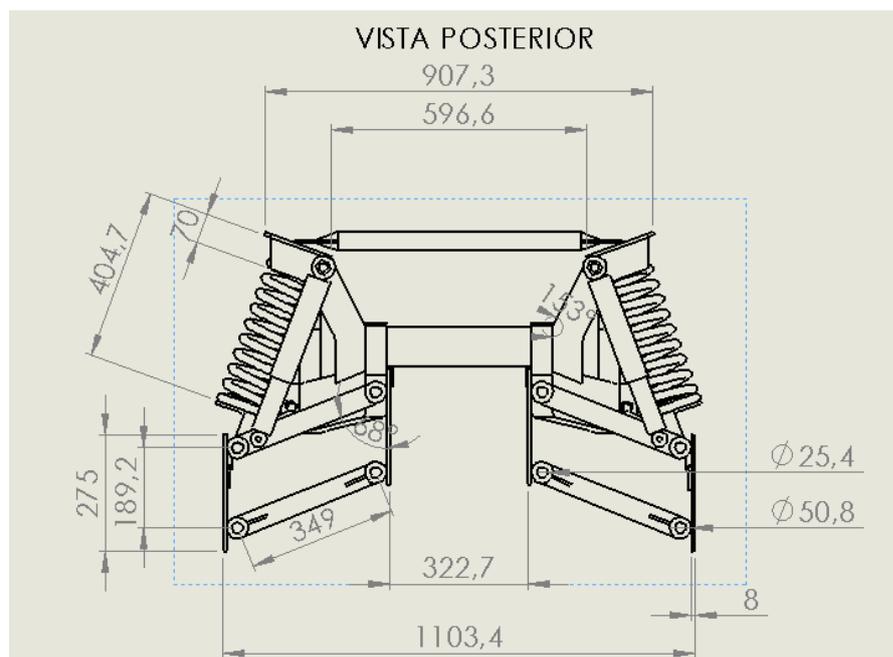


Figura 28: Vista posterior sistema paralelogramo.

A continuación se detallan las imágenes en 3D de todos los elementos estrictamente diseñados, para poder adaptar al sistema de suspensión paralelogramo deformable como son ejes, bujes, planchas, perfiles.

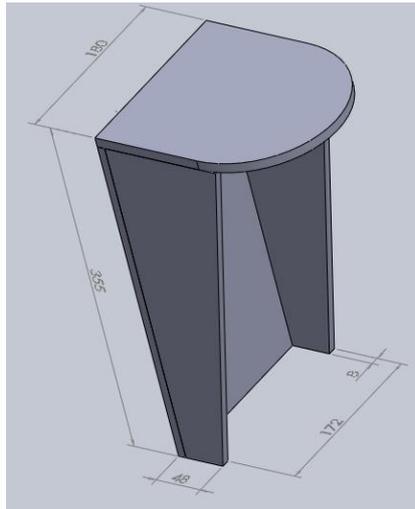


Figura 29: Base delantera del resorte.

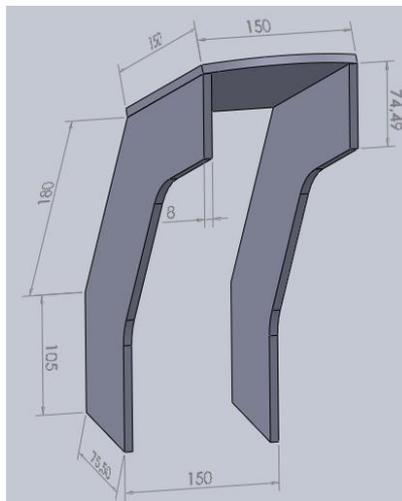


Figura 30: Base posterior resorte.

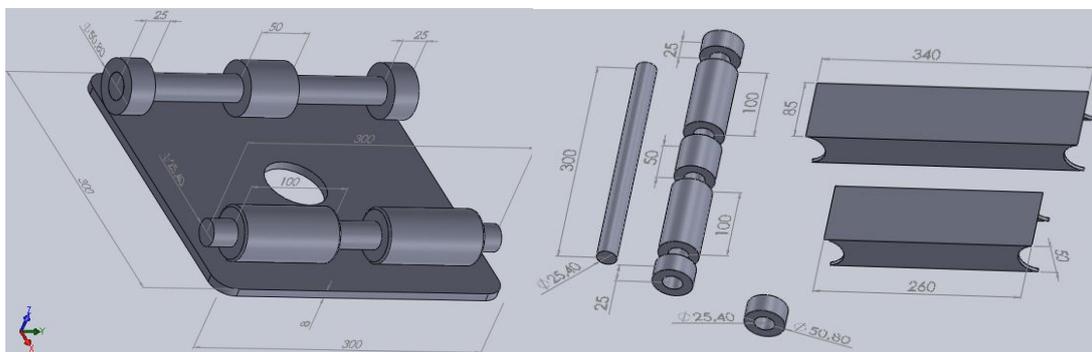


Figura 31: Ejes, bujes, planchas, perfiles.

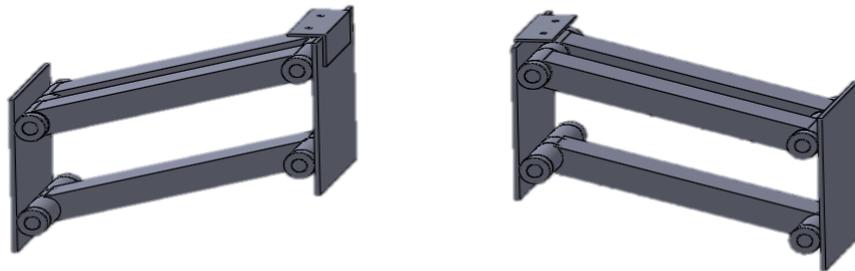


Figura 32: Sistema paralelogramo de suspensión.

Eje y bujes del sistema independiente paralelogramo

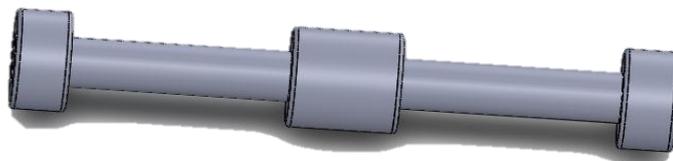


Figura 33: Eje y buje acoplados.

4.5 Desmontaje

Culminado el diseño de la estructura, se procedió al desmontaje del sistema de suspensión que conformaba el vehículo, primero se retiró el sistema de dirección. Luego se elevó el automotor a una altura prudente para continuar con el trabajo de retirar los elementos ballestas amortiguadores sistema de frenos, entre otros.



Figura 34: Desmontaje sistema de suspensión.

4.6 Construcción estructura sistema paralelogramo deformable

Una vez realizado el diseño de la estructura en el programa por ordenador Solid Works y elaborado el análisis de esfuerzos y cargas se procedió a la construcción de los elementos que conforman dicho sistema. Cabe mencionar que tiene relación el proyecto macro con la carrocería y un sistema de transmisión independiente en las cuatro ruedas.

4.6.1 Planchas de acero al carbón. Se procedió a cortar las planchas de 30cm x 30cm de acuerdo al diseño del mecanismo. Se realizó un trabajo de corte por plasma debido al espesor de la plancha de 8mm. Un total de ocho planchas de dimensiones iguales.



Figura 35: Planchas de acero de 30 x 30cm.

Además se realizó perforaciones en su punto medio con un diámetro de 140mm en c/u, este trabajo se realizó en un torno.



Figura 36: Perforación de planchas.

4.6.2 (Eje) Barra de acero Se emplearon dieciséis barras de acero con medidas de 300 mm de longitud. El trabajo de corte se realizó empleando amoladora. Especificaciones de material Tabla 3.



Figura 37: Barra de acero (eje).

4.6.3 Barra de acero perforado (Buje) Se emplearon 80 bujes de barra de acero perforada, especificaciones Tabla 3. Los bujes son de diferentes dimensiones e igual diámetro.



Figura 38: Bujes.

Se realizó el corte de 32 bujes con dimensiones de 25mm (Fig. 39), 16 bujes con dimensión de 50mm (Fig. 40) y 32 piezas con dimensión de 100mm. (Fig. 41). El trabajo de corte se realizó en un torno, para lograr exactitud en las medidas y a la vez empleando una sierra.



Figura 39: Acero perforado piezas de 2.5 cm.



Figura 40: Acero perforado piezas de 5 cm.



Figura 41: Acero perforado piezas de 10 cm.

Una vez finalizado el corte, se procedió al aumento de diámetro empleando broca de 28mm de diámetro en un inicio y para finalizar el aumento de diámetro a 30mm se empleó cuchilla, el proceso de perforación y aumento de diámetro se trabajó en un torno.



Figura 42: Aumento de diámetro de los bujes.

4.6.4 UPN (Perfiles U) Se utilizaron 12 perfiles en dos diferentes dimensiones: seis de 260mm para la parte delantera y seis de 340mm para la parte posterior, el trabajo de corte se realizó utilizando una tronzadora.



Figura 43: Secciones de perfiles.

4.7 Ensamblaje de la estructura

Se procedió a la medición de las planchas, con lo establecido en la geometría del diseño para la ubicación de los bujes a 30mm de los extremos de las planchas.



Figura 44: Medición de planchas.

En estas planchas se alojaron los elementos fijos y móviles de la estructura deformable, y de la misma manera a la perforación del centro de la plancha a un diámetro de 140mm, ya que ahí atravesará el sistema de transmisión independiente.



Figura 45: Medición en planchas.

De acuerdo al diseño en cada plancha se ubicaron seis bujes de diferentes dimensiones quedando así fijos, los bujes de los extremos son de 25mm y del medio de 50mm. Para unir estos elementos se utilizó suelda MIG.



Figura 46: Bujes fijos.

Una vez fijados los bujes se colocó el eje y la parte móvil para el acople de los perfiles (UPN) la unión de estos elementos está dado mediante soldadura MIG.



Figura 47: Montaje y soldadura de perfiles UPN.

El mecanismo desarrollado quedó en forma de bisagra como se detalla a continuación.



Figura 48: Mecanismo paralelogramo deformable de suspensión.

Para fijar todo el mecanismo y de acuerdo al diseño se realizó la redimensión de la parte posterior del chasis del vehículo de 75mm de ancho a 45mm, además se reforzó con una plancha de 9 cm x 30 cm y 4 mm de espesor.

También se colocó un tubo de 45 cm de longitud con diámetro 4.9 cm al chasis y para montar el nuevo sistema se realizaron dos perforaciones en el mismo con un diámetro de 12mm.



Figura 49: Dimensionamiento del chasis.

Para la elaboración de las bases de los resortes se utilizó planchas de 8mm de espesor y se fijaron al chasis, tanto en la parte delantera como posterior cabe mencionar que el diseño de las planchas está dadas en los planos de diseño.



Figura 50: Base posterior y delantera.

Para colocar el conjunto manzana de discos de freno en la parte posterior del vehículo se elaboraron bases tanto para la parte superior como inferior de la plancha, unida mediante suelda eléctrica con material de aporte 7018, y además se realizaron cuatro perforaciones de diámetro 12.7mm.



Figura 51: Bases de sujeción de la manzana de disco.

4.8 Montaje y reglaje

Ya finalizado el ensamblaje de la estructura, se procedió al montaje del nuevo sistema de suspensión, tomando en cuenta las condiciones de seguridad que se debe tomar para el mismo.

A continuación se detallan paso a paso las etapas de montaje.

Primero colocar las planchas, en las que se encuentra alojado el mecanismo del conjunto diferencial al chasis y fijar mediante cuatro pernos al mismo, realizar un apriete de los pernos en forma de X para obtener un montaje alineado. Tanto en la parte delantera como posterior.



Figura 52: Montaje de bases de la suspensión y conjunto diferencial.

Verificar mediante un nivel la estructura montada. Este procedimiento se dio para que no exista una sobre carga o un desequilibrio indebido y para que la estructura trabaje en condiciones óptimas.

Enseguida lubricar los bujes fijos con el fin de evitar un agrietamiento de las partes móviles y después colocar la estructura general ejes, perfiles-bujes. Tanto en la parte delantera como posterior.



Figura 53: Montaje estructura sistema independiente.

Poner los resortes y el conjunto manzana de disco en las bases de la suspensión. Y fijar mediante pernos 12.5mm de diámetro. Y después colocar las llantas.



Figura 54: Montaje manzanas de disco.

Colocar los amortiguadores utilizando arandelas para tener una alineación exacta con el fin de evitar desgaste del cilindro. Y enseguida ajustar empleando tuercas de seguridad todo esto tanto en la parte delantera como posterior.



Figura 55: Montaje amortiguador.

Poner las barras de torsión, dos en la parte delantera y dos en la parte posterior tal como se muestra en la figura y a la vez regular. Dicho elemento está fijado en la plancha de la suspensión y el chasis. Estas barras permiten mantener la estabilidad del automotor ya que trabajan como un resorte de torsión.



Figura 56: Colocación de barra de torsión.

Enseguida proceder a realizar perforaciones en los bujes móviles para colocar graseros.



Figura 57: Colocación de graseros.

Una vez ya montados todos los sistemas en el vehículo, proceder a la verificación y comprobación del estado de funcionamiento de cada uno de los elementos ya modificados.



Figura 58: Toyota FJ40 tipo arenero con suspensiones independientes.

Tabla 4:

Especificaciones sistema de suspensión modificada

Máquina	Sistema	tipo	Medidas
Jeep	Suspensión independiente a las cuatro ruedas	Paralelogramo deformable	Eje a eje: 214.4 cm (largo)
Toyota			Ancho delantero: 190cm
Land Cruiser			Ancho posterior: 180 cm
		Amortiguadores	Gas
Peso	1470 kg		

Capítulo V

5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1. Conclusiones

Con la implementación del nuevo sistema de suspensión independiente, la distancia original de los semi-ejes del Toyota FJ 40 de 1710 mm, aumentó para la parte delantera 200 mm su longitud y en su parte posterior tuvo un aumento de 50 mm en cada lado. El hecho de tener un sistema paralelogramo deformable con resortes y amortiguadores a gas, mejoró considerablemente la seguridad y confort del vehículo en carretera y fuera de ella.

Se obtuvieron con éxito los resultados en la suspensión. Los cálculos de fuerzas y factores de seguridad en todos los puntos críticos del sistema, funcionaron perfectamente en las pruebas de campo, dando estabilidad y funcionalidad al nuevo sistema.

Se obtuvieron conocimientos de los diferentes tipos de sistemas de suspensión tanto rígidas como independientes, se consiguió conocimiento del tipo de materia de algunas de las piezas empleadas para la construcción del sistema independiente que se empleó.

Al finalizar la investigación, se pasó de trabajar de un sistema rígido de compresión, a un sistema de suspensión independiente por rebote, lo que favorece al momento de caer sobre un bache, cada sistema trabaja independientemente, mejorando la fuerza de tracción.

5.2 Recomendaciones

Realizar una modelización del sistema y comprobar con un programa de simulación con el software “Lotus Racing” o “SAP 2000”.

Elaborar un plan de mantenimiento mecánico, para conservar los sistemas que conforman el proyecto del vehículo arenero en su totalidad.

Realizar un estudio de los diagramas de fuerzas de los amortiguadores, para determinar el tipo más adecuado de amortiguador en relación al terreno a desplazarse.

Bibliografía

Acosta, E. M. (2013). *Conocimientos basicos del automovil*. Obtenido de Conocimientos basicos del automovil: <http://www.automotriz.net/tecnica/conocimientos-basicos-37.html>

alex. (s.f.).

Autoescuela.tv. (2014). *Autoescuela.tv*. Obtenido de Autoescuela.tv: http://www.autoescuela.tv/mecanica-23_61_28-Chasis-Suspension-suspension_independiente

Automotriz, M. (2012). *Multiservicio Automotriz 3H*. Obtenido de Multiservicio Automotriz 3H: <http://multiservicioautomotriz3h.blogspot.com/2011/02/sistema-de-suspension-delantera.html>

Automovil, E. d. (2008). *Evolucion del Automovil*. Obtenido de Evolucion del Automovil: <http://questgarden.com/05/46/9/051112220250/process.htm>

automovil, M. d. (2012). *Mecanica del automovil*. Obtenido de Mecanica del automovil: <http://mecanicayautomocion.blogspot.com/2009/03/sistema-de-suspension.html>

BMW, E. m. (2012). *El mundo BMW*. Obtenido de El mundo BMW: http://www.bmw.com.mx/mx/es/newvehicles/1series/3door/2007/allfacts/engine/multi_rearaxle.html

Conceptos.com, D. (2014). *De Conceptos.com*. Obtenido de De Conceptos.com: <http://deconceptos.com/ciencias-naturales/suspension>

Cultural, C. (2012). *Manual Práctico del Automóvil*. Madrid-España: Cultural,S.A.

ELTIEMPO.COM, R. (2013). *El tiempo*. Obtenido de El tiempo:
http://www.motor.com.co/mecanica/ARTICULO-WEB-NEW_NOTA_INTERIOR-13431956.html

Guanoluisa L, R. (2015). *Adaptación del sistema de transmisión independiente a las cuatro ruedas del Toyota Land Cruiser*. Ibarra.

GUTIERREZ, C. (2013). *El Aula del Profesor Gutierrez*. Obtenido de El Aula del Profesor Gutierrez: <http://elauladelprofesorgutierrez.blogspot.com/2012/04/suspension-rigida.html>

km77.com. (2013). *km77.com*. Obtenido de km77.com:
<http://www.km77.com/glosario/p/paradefo.asp>

Macias, N. (2012). *Mecanica Automotriz*. Obtenido de Mecanica Automotriz:
<http://suspensionautomotriz1993.blogspot.com/2012/09/tipos-de-suspension.html>

Meganeboy, D. (2014). *Aficionados a la mecanica*. Recuperado el 10 de 05 de 2015, de Suspensión: <http://www.aficionadosalamecanica.net/suspension2.htm>

Meganeboy, D. (24 de 08 de 2014). *Aficionados a la Mecanica*. Obtenido de Aficionados a la Mecanica: <http://www.aficionadosalamecanica.net/suspension3.htm>

Meganeboy, D. (2014). *Aficionados a la Mecanica*. Obtenido de Aficionados a la Mecanica: <http://www.aficionadosalamecanica.net/suspension3.htm>

Meganeboy, D. (2014). *Aficionados a la Mecánica*. Obtenido de Suspensión : <http://www.aficionadosalamecanica.net/suspension3.htm>

Mexico, G. (Marzo de 2015). *Gabriel amortiguadores*. Obtenido de Gabriel amortiguadores:

<http://www.gabriel.com.mx/ES/Asesoriatecnica/Paginas/Funcionamientodelamortiguador.aspx>

Mott, R. L. (2006). *Diseño de elementos de máquina*. Mexico: Prentice Hall.

Mott, R. L. (2006). *Diseño de elementos de máquina*. México: PEARSON Educación Cod. 621/M68 Dis.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100350926-0		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Chimbolema Cepeda Edgar Samuel		
DIRECCIÓN:	Ibarra		
EMAIL:	edgar_chimbolema@hotmail.com		
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL:	0995260375

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	“ADAPTACIÓN DE SUSPENSIONES INDEPENDIENTES EN LAS CUATRO RUEDAS EN UN TOYOTA LAND CRUISER”
AUTOR (ES):	Chimbolema Cepeda Edgar Samuel Molina Serrano Aníbal Javier
FECHA: AAAAMMDD	2015-07-20
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniería en Mantenimiento Automotriz
ASESOR /DIRECTOR:	Ing Miguel Aguirre

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Chimbolema Cepeda Edgar Samuel con cédula de identidad Nro. 100350926-0 en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

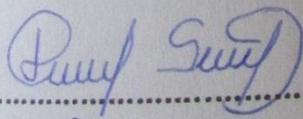
3. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original es el titular del derecho patrimonial, por lo que asume la responsabilidad por el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamos por parte de terceros.

Ibarra, a los 20 días del mes de Julio del 2015

EL AUTOR:

ACEPTACIÓN



Nombre: Chimbolema Cepeda Edgar Samuel
C.I.: 100350926-0

24/07/2015 13:43



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Chimbolema Cepeda Edgar Samuel, con cédula de identidad Nro. 100350926-0 pongo en manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado **"ADAPTACION DE SUSPENSIONES INDEPENDIENTES EN LAS CUATRO RUEDAS EN UN TOYOTA LAND CRUISER"**, que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniería en Turismo, en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En nuestra condición de autores reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Nombre: Chimbolema Cepeda Edgar Samuel
C.I.: 100350926-0

Ibarra, a los 20 días del mes de Julio del 2015

24/07/2015 13:43



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

2. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100330386-2		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Molina Serrano Aníbal Javier		
DIRECCIÓN:	Ibarra		
EMAIL:	afanibal@hotmail.com		
TELÉFONO FIJO:	2533309	TELÉFONO MÓVIL:	0994250681

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	"ADAPTACION DE SUSPENSIONES INDEPENDIENTES EN LAS CUATRO RUEDAS EN UN TOYOTA LAND CRUISER"
AUTOR (ES):	Chimbolema Cepeda Edgar Samuel Molina Serrano Aníbal Javier
FECHA: AAAAMMDD	2015-07-20
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniería en Mantenimiento Automotriz
ASESOR /DIRECTOR:	Ing Miguel Aguirre

5. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Molina Serrano Aníbal Javier, con cédula de identidad Nro. 100330386-2; y, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en trabajo de grado autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

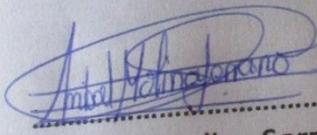
6. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que son titulares del derecho patrimonial, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 20 días del mes de Julio del 2015

EL AUTOR:

ACEPTACIÓN:



Nombre: Molina Serrano Aníbal Javier

C.I.: 100330386-2

24/07/2015 13:44

facultado por resolución de Consejo Universitario



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Molina Serrano Aníbal Javier, con cédula de identidad Nro. 100330386-2; pongo en manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor (es) de la obra o trabajo de grado denominado: "ADAPTACION DE SUSPENSIONES INDEPENDIENTES EN LAS CUATRO RUEDAS EN UN TOYOTA LAND CRUISER.", que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Nombre: Molina Serrano Aníbal Javier
C.I.: 100330386-2

Ibarra, a los 20 días del mes de Julio del 2015

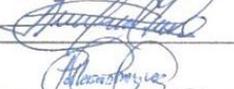
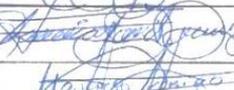
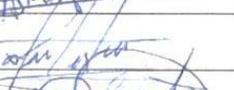
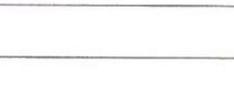
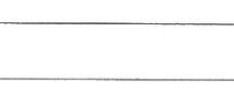
24/07/2015 13:44

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE EDUCACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRÍZ

Socialización de trabajo de grado: Adaptación de suspensiones independientes en las
cuatro ruedas en un Toyota Land Cruiser .

Nómina de estudiantes del décimo semestre

N	Nombre y Apellido	Cedula	Firma
1	Robinson Ayala	100354489-5	
2	Andrés Moreno	100323317-6	
3	Jefferson Enríquez	100365596-3	
4	Francisco Omeza	1003483896	
5	Uuricio Acuña	100297973-8	
6	Yonny Chicaiza	100302263-7	
7	César Morales	100351001-1	
8	Andrés Arévalo	100552440-0	
9	Jefferson Pérez	040161602-4	
10	FRANCISCO QUITAMA	040178210-4	
11	Andrés Torres	100348784-8	
12	Daniel Villaveal	100369609-1	
13	Hugo Tulcán	040177131-6	
14	Pablo Espin	100391319-4	
15			
16			
17			
18			
19			

Anexos

1.- Socialización

Explicación y demostración del trabajo práctico desarrollado a los estudiantes de 8vo semestre de la Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz en los exteriores del taller IMA y pista 4x4.



2.-Trabajo práctico



Reducción de diámetro del eje



Dimensionamiento de la parte posterior del chasis.



Montaje sistema independiente.



Comprobación del montaje del sistema independiente

Pruebas de funcionamiento

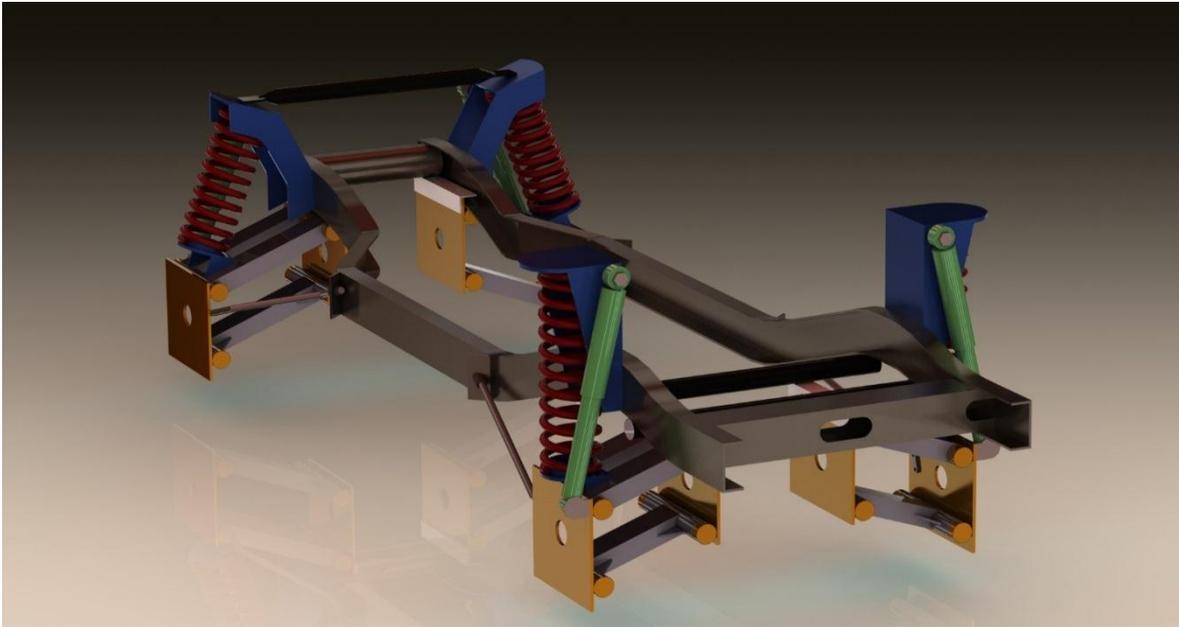


Comprobación de estabilidad y trabajo de resortes.



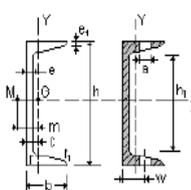
Demostración de adherencia en pista 4x4

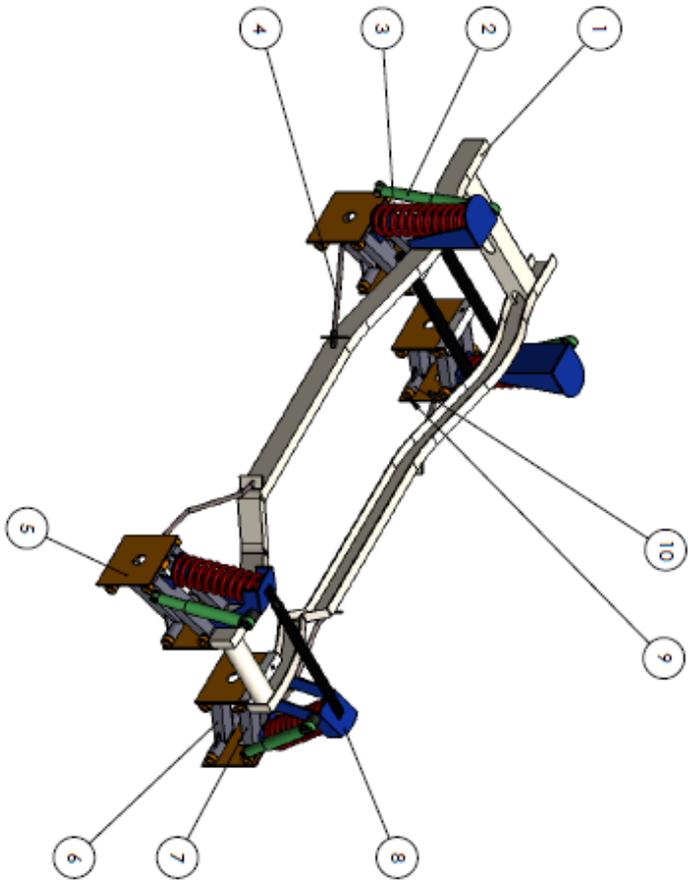
4.-Elaboración de planos en Solid Works



Diseño completo en Solid Works

5. Tabla especificaciones de Perfiles

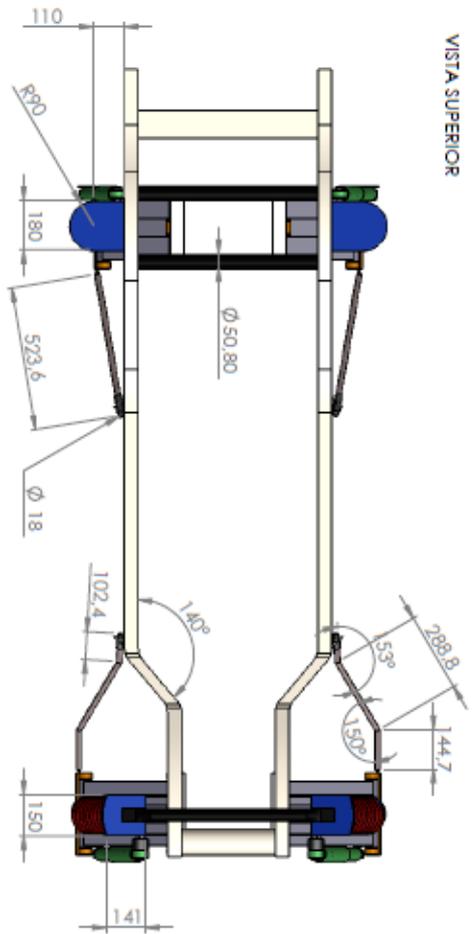
Perfiles UPN																					
	Dimensiones							Términos de la sección							Agujeros		Peso				
	Perfil	h mm	b mm	e mm	e1 mm	r1 mm	h1 mm	u mm	A cm²	S _x cm³	I _x cm⁴	W _x cm³	i _x cm	I _y cm⁴	W _y cm³	i _y cm	c cm	m cm	w mm	a mm	p kg/m
UPN 80	80	45	6,0	8,0	4,0	48	312	11,0	15,9	106	26,5	3,10	19,4	6,36	1,33	2,24	1,45	2,87	25	13	8,84
UPN 100	100	50	6,0	8,5	4,5	64	372	13,5	24,5	206	41,2	3,91	29,3	8,49	1,47	2,96	1,55	2,93	30	13	10,60
UPN 120	120	55	7,0	9,0	4,5	82	434	17,0	36,3	364	60,7	4,62	43,2	11,1	1,59	4,3	1,60	3,03	30	17	13,40
UPN 140	140	60	7,0	10,0	5,0	98	489	20,4	51,4	605	86,4	5,45	62,7	14,8	1,75	6,02	1,75	3,37	35	17	16,00
UPN 160	160	65	7,5	10,5	5,5	115	546	24,0	68,8	825	116	6,21	85,3	18,3	1,89	7,81	1,84	3,56	35	21	18,80
UPN 180	180	70	8,0	11,0	5,5	133	611	28,0	89,6	1350	150	6,95	114	22,4	2,02	9,88	1,92	3,75	40	21	22,00
UPN 200	200	75	8,5	11,5	6,0	151	661	32,2	114	1910	191	7,70	148	27,0	2,14	12,6	2,01	3,94	40	23	25,30
UPN 220	220	80	9,0	12,5	6,5	167	718	37,4	146	2690	245	8,48	197	33,6	2,30	17,0	2,14	4,20	45	23	29,40
UPN 240	240	85	9,5	13,0	6,5	184	776	42,3	179	3600	300	9,22	248	39,6	2,42	20,8	2,23	4,36	45	25	33,20
UPN 260	260	90	10	14,0	7,0	200	834	48,3	221	4820	371	9,99	317	47,7	2,56	23,7	2,36	4,66	50	25	37,90
UPN 280	280	95	10	15,0	7,5	216	890	53,3	266	6280	448	10,9	399	57,2	2,74	33,2	2,53	5,02	50	25	41,80
UPN 300	300	100	10	16,0	8,0	232	950	58,8	316	8030	535	11,7	495	67,8	2,90	40,8	2,70	5,41	55	25	46,20



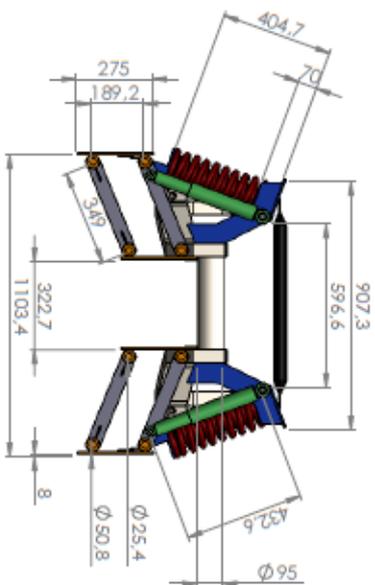
Lista de piezas

Nº	NOMBRE	MATERIAL	CANT
1	Chasis	ASTM A36	1
2	Amortiguador	ASTM 1817	4
3	Resorte	ASTM A229	4
4	Templadores	ASTI 4340	4
5	Base muelas	ASTM A36	8
6	Brzo inferior	acero al carbon SAE 1010	4
7	Brzo superior	acero al carbon SAE 1010	4
8	Base del resorte	ASTM A36	4
9	Eje bocin	ASTI/ SAE 4340	16
10	Bocin	ASTM A316	80

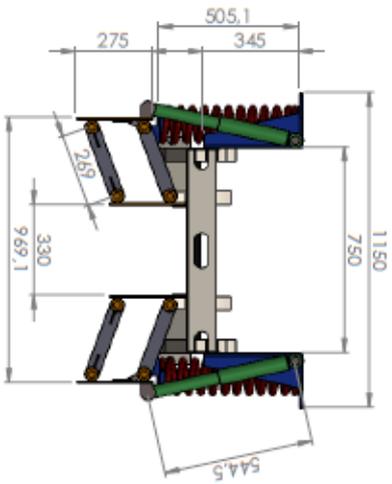
NOMBRE	FIRMA	FECHA	título	
Christobalino Cepeda Edgar Sarmuel		20/07/2015	Suspensión Independiente Plano principal	
Medino Santiago Arbol Jovier		20/07/2015		
MATERIAL			Nº DE DIBUJO	
ACERO AL CARBON			Plano principal	
MEDI: 1/470 Esc			HOJA 1 DE 1	
			A3	



VISTA POSTERIOR



VISTA ANTERIOR



NOMBRE		FIRMA		FECHA		REVISION	
TITULO:							
Charalberto Cepeda Edgar Serrueli				20-07-2015		Suspension Independiente	
Molina Serrano Arbaldo Izquier				20-07-2015			
MATERIAL: ACERO AL CARBONO		Nº DE DIBUJO: Vistas		Nº DE OBRERO:		A3	
PROY: 147114		ESCALA: 1:1		ESCALA: 1:1		ESCALA: 1:1	