



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE EDUCACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

TEMA:

SIMULACIÓN Y MODIFICACIÓN DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN DE UN VEHÍCULO CORSA WIND 1.4 PARA COMPETENCIAS DE RALLY MEDIANTE SOFTWARE

Trabajo de grado previo a la obtención del Título de Ingeniería en la Especialización de Mantenimiento Automotriz

AUTORES:

JACOME DIAZ WILLIAM ARTURO

VILLOTA HERNANDEZ ALVARO ONOFRE

DIRECTOR:

Ing. Carlos Mafla

Ibarra, 2014

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

Luego de haber sido designado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Educación, Ciencia y Tecnología de la Universidad Técnica del Norte de la ciudad de Ibarra, he aceptado con satisfacción participar como director de la Tesis titulada **“MODIFICACIÓN Y SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN DE UN VEHÍCULO CORSA WIND 1.4 PARA COMPETENCIAS DE RALLY MEDIANTE SOFTWARE”**, de los señores egresados: Jácome Díaz William Arturo y Villota Hernández Álvaro Onofre, previo a la obtención del Título de Ingenieros en la especialidad Mantenimiento Automotriz

A ser testigo presencial, y corresponsable directo del desarrollo del presente trabajo de investigación, afirmo que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sustentado públicamente ante el tribunal que sea designado oportunamente.

Esto es lo que puede certificar por ser justo y legal.

Atentamente,



Ing. Carlos Mafla
DIRECTOR DE TESIS

DEDICATORIA

Se la dedico a Dios por darme la sabiduría y la fuerza para culminar una etapa muy importante de mi vida.

A mis padres que siempre me supieron brindar su apoyo y tiempo en los momentos más difíciles también a todas las personas que de una u otra manera supieron brindar una palabra de aliento.

A mi madre que siempre con su gran amor y esperanza se convirtió en pilar fundamental para alcanzar una de mis metas

A todos mis seres queridos que jamás dudaron que lo lograría.

William Jácome

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico primeramente a Dios por siempre darme fuerzas y ganas de seguir adelante.

A mis padres que siempre me han apoyado de una manera incondicional a mi familia que a pesar de todos los obstáculos supieron ayudarme y brindarme fuerzas.

A mis seres queridos por haberme acompañado en este largo camino de aprendizaje sacrificio y esperanza.

Álvaro Villota

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a nuestros padres por guiarnos por un buen camino, por habernos apoyado económica y moralmente en toda nuestra vida estudiantil.

A nuestras madres que siempre nos apoyaron con una sonrisa en los momentos más difíciles por ayudarnos a superar todos nuestros problemas, a nuestros hermanos y hermanas, amigos y personas cercanas que de una o mil maneras supieron guiarnos y aconsejarnos.

También agradecemos al Ingeniero Carlos Mafla tutor de este trabajo por sus consejos a la hora de la realización del mismo, al maestro Armando Palacios el cual fue pilar fundamental a la hora de preparar el vehículo.

William Jácome y Álvaro Villota

ÍNDICE DE CONTENIDO

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDO	vi
RESUMEN	xv
SUMARY	xvi
INTRODUCCIÓN.....	xvii
CAPÍTULO I.....	1
1. Contextualización del problema	1
1.1 Antecedentes.	1
1.2 Planteamiento del problema.....	1
1.3 Formulación del problema.....	2
1.4 Delimitación.	2
1.4.1 Delimitación espacial.	2
1.4.2 Delimitación temporal.....	3
1.5 Objetivos.	3
1.5.1 Objetivo general.....	3
1.5.2 Objetivos Específicos.....	3
1.6 Justificación.	3
CAPÍTULO II.....	6
2. MARCO TEÓRICO	6
2.1.- Suspensión.....	6
2.1.1.- Concepto de suspensión.	6
2.1.2.- Clasificación de la suspensión del vehículo según su posición. 6	
2.1.2.1.- Suspensión delantera.	7
2.1.2.2.- Suspensión trasera.	7
2.1.3.- Clasificación de la Suspensión.	8
2.1.3.1.- Suspensión independiente.....	8
2.1.3.1.1.- Tipos de suspensión independiente	9
2.1.3.2.- Suspensión Semirrígida.....	11

2.1.3.2.1.-	Tipos de suspensión Semirrígida.....	12
2.1.3.3.-	Suspensión rígida.	12
2.1.3.3.1.-	Tipos de suspensión Rígida.....	13
2.1.4.-	Componentes del sistema de suspensión.	15
2.1.4.1.-	Resorte o helicoidales.....	15
2.1.4.1.1	Tipos de resortes de competencia.	16
2.1.4.2.-	Amortiguador.	18
2.1.4.2.1.-	Tipos de amortiguadores según sus componentes	19
2.1.4.2.2.-	Tipos de amortiguadores de competencia.	21
2.2.-	Avances tecnológicos.	23
2.2.1.-	Suspensión eléctrica.....	23
2.2.2.-	Suspensión activa.....	24
2.3.-	Diseño y Simulación	24
2.3.1.-	SolidWorks.....	24
2.3.2.-	Matlab	26
2.4.	Glosario de términos.....	27
CAPÍTULO III.....		29
3.-	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	29
3.1	Tipo de investigación	29
3.1.1	Investigación bibliográfica.....	29
3.1.2	Investigación tecnológica.....	29
3.2.-	Métodos.....	30
3.2.1	Analítico sintético	30
3.2.2	Método diseño	30
CAPÍTULO IV.....		31
4.	PROPUESTA	31
4.1.-	Simulación y modificación y del sistema de suspensión de un vehículo Corsa Wind 1.4 para competencias de rally mediante software.	31
4.1.1.-	Especificaciones del sistema de suspensión estándar.	32
4.1.2.-	Proceso- Cálculos- Diagramas	32
4.2	Diseño en SolidWorks y simulación en Matlab	33
4.2.1	Diseño del sistema de suspensión en SolidWorks.....	33

4.3.-	SIMULACIÓN Y DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN DEL CORSA WIND 2001 EN MATLAB.	54
4.3.1.-	Parámetros mecánicos del vehículo	55
4.3.2.-	FUNCIONES DE TRANSFERENCIA.....	55
4.3.3.-	COMANDOS QUE SE UTILIZARÁN EN LA SIMULACIÓN ..	56
4.3.4.-	PARÁMETROS DE SIMULACIÓN.....	57
4.3.5.-	ANIMACIÓN A PARTIR DE LA SIMULACIÓN REALIZADA.	57
4.3.6.-	EN OTRA FIGURA DIBUJAMOS LAS GRÁFICAS DE LA EVOLUCIÓN TEMPORAL DE CADA VARIABLE	64
4.4.-	Desmontaje, modificación, adaptación y ensamblaje de la suspensión delantera del vehículo.....	73
4.4.1	Desmontaje del sistema de suspensión MacPherson del vehículo Corsa Wind 1.4.....	73
4.4.2.	Modificación y adaptación de los espirales y amortiguadores en el sistema de suspensión Mac Pherson.....	77
4.4.3	Ensamblaje de los espirales y amortiguadores en el sistema de suspensión Mac Pherson.....	80
4.5	Desmontaje, modificación, adaptación y ensamblaje del sistema de suspensión trasera semirrígido:.....	85
4.5.1	Desmontaje de la suspensión trasera semirrígida.	85
4.5.2.	Modificación y adaptación del sistema de suspensión trasera semirrígido.	87
4.5.3.	Ensamblaje del sistema de suspensión trasera semirrígido.	89
4.6.	Puesta a punto del vehículo luego del funcionamiento en pista.....	91
	CAPÍTULO V.....	92
5.-	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	92
5.1.	Conclusiones	92
5.2.	Recomendaciones	93
	Bibliografía.....	94
	Anexos.....	100

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Suspensión Delantera.....	7
Figura 2.2. Suspensión Trasera.....	8
Figura 2.3. Suspensión Independiente	9
Figura 2.4. Suspensión Macpherson.	10
Figura 2.5. Suspensión De Tirantes.....	10
Figura 2.6. Suspensión Semirrígida.....	11
Figura 2.7. Suspensión De Eje Torsional.....	12
Figura 2.8. Suspensión Rígida Con Sistema De Barra Tirante.....	14
Figura 2.9. Suspensión Rígida Con Sistema De Muelle.	15
Figura 2.10. Resorte O Muelles Helicoidales.....	16
Figura 2.11. Resorte Rm.....	17
Figura 2.12. Amortiguador.	18
Figura 2.13. Amortiguador Hidráulico.	19
Figura 2.14. Amortiguador De Gas.	20
Figura 2.15. Amortiguador Magnético.....	21
Figura 2.16. Amortiguadores De Competencia Tipo Jorsa.	22
Figura 2.17. Amortiguadores De Competencia Tipo Bilstein.	22
Figura 2.18. Suspensión Eléctrica	23
Figura 2.19. Suspensión Activa	24
Figura 2.20. Solidworks	25
Figura 2.21. Matlab.....	27
Figura 4.1 Creación De Un Plano	33
Figura 4.2 Dibujo Circunferencia.....	33
Figura 4.3 Generar El Espiral.....	34
Figura 4.4 Segunda Circunferencia	34
Figura 4.5 Uso De La Herramienta Saliente Barrido.....	34
Figura 4.6 Creación De Un Rectángulo	35
Figura 4.7 Realización Del Corte	35
Figura 4.8 Espiral Terminado.....	35
Figura 4.9 Hacer Dos Circunferencias.....	36

Figura 4.10 Dibujo De Un Rectángulo	36
Figura 4.11 Duplicado De Los Rectángulos.....	36
Figura 4.12 Extrucción	36
Figura 4.13 Pieza Terminada.....	37
Figura 4.14 Duplicado De La Pieza	37
Figura 4.15 Extrucción De La Pieza.....	37
Figura 4.16 Creación Circunferencia Interna	38
Figura 4.17 Observar La Figura Interna.....	38
Figura 4.18 Extrucción	38
Figura 4.19 Pieza Terminada.....	39
Figura 4.20 Construcción De Dos Circunferencias	39
Figura 4.21 Dibujo De Dos Rectángulos.....	40
Figura 4.22 Extrucción Del Dibujo.....	40
Figura 4.23 Diseño De La Horquilla	41
Figura 4.24 Usar Extruir Corte	41
Figura 4.25 Pieza Extruida.....	41
Figura 4.26 Circunferencia Interna.....	42
Figura 4.27 Extrucción De La Circunferencia	42
Figura 4.28 Perforación En El Cilindro.....	42
Figura4.29 Segundo Plano	42
Figura 4.30 Dibujar El Plano De La Tapa	43
Figura 4.31 Redondear La Pieza	43
Figura 4.32 Creación De Dos Circunferencias.....	43
Figura 4.33 Extrucción De Dicho Dibujo	43
Figura 4.34 Pieza Terminada.....	44
Figura 4.35 Creación De Dos Circunferencias.....	44
Figura 4.36 Extruir Pieza	44
Figura 4.37 Se Creó Un Segundo Plano	45
Figura 4.38 Dibujo De Una Circunferencia	45
Figura 4.39 Uso De Elipses Y Espiral	45
Figura 4.40 Dibujo De Un Rectángulo	45
Figura 4.41 Usar Saliente Base Barrido.....	46

Figura 4.42 Creación De Un Rectángulo	46
Figura 4.43 Construir Un Rectángulo.....	46
Figura 4.44 Extruir Corte, Eliminar Material	46
Figura 4.45 Pieza Terminada.....	47
Figura 4.46 Línea De Referencia	47
Figura 4.47 Diseño De Tope Superior	47
Figura 4.48 Uso De La Herramienta De Revolución.....	48
Figura 4.49 Pieza Terminada.....	48
Figura 4.50 Construcción De Un Rectángulo.....	49
Figura 4.51 Uso De La Herramienta Revolución.....	49
Figura 4.52 Pieza Terminada.....	50
Figura 4.53 Dibujar Con Líneas Al Vástago.....	50
Figura 4.54 Uso De La Herramienta De Revolución.....	51
Figura 4.55 Pieza Terminada.....	51
Figura 4.56 Vástago Dentro Del Cilindro	52
Figura 4.57 Vástago Y Coilover	52
Figura 4.58 Colocación De Los Anillos En El Coilover.....	53
Figura 4.59 Unión Del Resorte Y El Coilover.....	53
Figura 4.60 Se Añade El Tope Superior	54
Figura 4.61. Segundo Tope Superior.....	54
Figura 4.3.1 Dibujo Del Chasis	58
Figura 4.3.2 Colocación De Nombre.....	58
Figura 4.3.3 Punto De Gravedad Chasis	59
Figura 4.3.4 Dibujo De La Rueda.....	59
Figura 4.3.5 Situar El Nombre.....	60
Figura 4.3.6 Punto De Gravedad Chasis	60
Figura 4.3.7 Diseño Del Amortiguador.....	61
Figura 4.3.8 Nombrar El Amortiguador	61
Figura 4.3.9 Esquema Del Camino	62
Figura 4.3.10 Esquema Del Recorrido Del Chasis.....	62
Figura 4.3.11 Diseño Del Recorrido De La Rueda.....	63
Figura 4.3.12 Uso Del Comando Axis.....	63

Figura 4.3.13 Creación De La Cuadrícula.....	64
Figura 4.3.14 División De Resultados.....	65
Figura 4.3.15 Resultados Del Camino	65
Figura 4.3.16 Colocación Del Nombre	66
Figura 4.3.17 Segunda División	66
Figura 4.3.18 Resultado De La Rueda.....	67
Figura 4.3.19 Nombrar El Gráfico	67
Figura 4.3.20 Tercera División	68
Figura 4.3.21 Resultados Del Chasis.....	68
Figura 4.3.22 Colocar El Nombre.....	69
Figura 4.3.23 Simulación Completa	72
Figura 4.3.24 Resultados Obtenidos.....	72
Figura 4.4.1 Desmontaje Rueda	73
Figura 4.4.2 Aflojar Las Tuercas De Fijación Inferior	74
Figura 4.4.3 Aflojar Los Pernos De Sujeción De La Parte Superior	74
Figura 4.4.4 Retirar El Amortiguador	75
Figura 4.4.5 Compresión De Los Resortes.....	75
Figura 4.4.6 Aflojar La Trueca Del Vástago	76
Figura 4.4.7 Separar El Resorte Del Amortiguador.....	76
Figura 4.4.8 Reemplazar Amortiguadores	77
Figura 4.4.9 Adaptación De La Horquilla	77
Figura 4.4.10 Cambio De Brocas Para Las Perforaciones	78
Figura 4.4.11 Corte De Soportes De Las Bases De Los Resortes	78
Figura 4.4.12 Base Circular	79
Figura 4.4.13 Adaptación De Las Bases Superiores Para Los Coilovers	79
Figura 4.4.14 Acoplamiento De Los Coilovers	80
Figura 4.4.15 Acoplamiento De La Sujeción Superior	80
Figura 4.4.16 Ajuste De Los Pernos De Sujeción Superior	81
Figura 4.4.17 Acoplamiento De Los Coilovers	81
Figura 4.4.18 Regulación De Los Coilovers.....	82
Figura 4.4.19 Colocación De Sensores Para La Alineación	82
Figura 4.4.20 Alineación En Computadora	83

Figura 4.4.21 Coilovers Colocados	83
Figura 4.4.22 Desmontaje De La Rueda Posterior	85
Figura 4.4.23 Aflojar Los Pernos De La Torreta Posterior	86
Figura 4.4.24 Retirar El Resorte Posterior	86
Figura 4.4.25 Aflojar El Perno De Sujeción Inferior.....	87
Figura 4.4.26 Sustitución Del Amortiguador Estándar Por Uno Más Rígido	87
Figura 4.4.27 Resorte Estándar Del Vehículo.....	88
Figura 4.4.28 Resorte De Marca Rm Para Competencia.....	88
Figura 4.4.29 Adaptación De Un Buje En La Parte Inferior Del Amortiguador	89
Figura 4.4.30 Colocación Amortiguador.....	89
Figura 4.4.31 Compresión Del Amortiguador.....	89
Figura 4.4.32 Fijación Del Amortiguador Posterior	90
Figura 4.4.32 Cambio de amortiguador y llantas	901

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Diagnóstico	32
Tabla 2 Datos Técnicos Del Vehículo	55
Tabla 3 Comandos Y Función.....	56
Tabla 4 Parámetros	57
Tabla 5. Cambio Del Resorte Según El Coilover	84
Tabla 6 Diagnóstico De La Suspensión Modificada.....	90

INDICE DE GRAFICOS

Grafico 1 Esquema Variables Del Resorte	84
---	----

RESUMEN

Este trabajo consiste en preparar la suspensión de un vehículo Corsa Wind 1.4 para competencias de rally, adaptando y reemplazando sus amortiguadores por unos más rígidos, se debe acoplar un sistema llamado coilover para que dicha suspensión sea regulable tanto en altura como en dureza, sirviendo como material didáctico para los estudiantes y aficionados a las competencias de rally, se pudo estudiar las diferentes partes que posee la suspensión delantera y posterior, los tipos de suspensión que existen, su clasificación por posición y en lo que se puede emplear según su diseño o trabajo que realice, en el caso de competencia se recomienda usar una suspensión delantera MacPherson, la cual es ideal para la adaptación del sistema de coilovers ya que el amortiguador queda libre haciendo así un acople casi perfecto con el sistema, este vehículo posee una suspensión trasera semirrígida en la cual se sustituyó los amortiguadores estándar por unos de competencia Bilstein, y los resortes por unos de competencia marca RM quedando de esta manera más rígido y estable ofreciendo así una pronta recuperación al momento de dar una curva cerrada, también se puede observar paso a paso la modificación que sufrió la suspensión, para poder visualizar el coilover se diseñó el amortiguador delantero en el programa Solidworks, el cual brinda la facilidad de poder dibujar y diseñar cualquier pieza siempre y cuando se tenga las medidas exactas y una idea clara de cómo quedaría nuestro trabajo, se detalló los pasos para que este diseño quede expresado de la mejor manera, tratando de conseguir de esta manera que el lector pueda recrear dicho sistema, también se detalló los pasos a seguir para la realización de la simulación en el programa de Matlab, el cual permite insertar los datos conseguidos y poder aplicarlos en fórmulas para así tener un resultado claro a la hora de realizar la simulación, se mostró cómo funciona la suspensión del vehículo cambiando los datos de simulación de un vehículo estándar y uno de competencia culminado con éxito este trabajo de grado.

SUMMARY

This work consists of preparing the suspension of a Wind 1.4 Corsa car for rally competition, adapting and replacing your shocks for a stiffer, should be to couple a system called coilover for such suspension is adjustable in both height and hardness, serving as teaching material for students and fans of rally competition, was able to study the different parts that hold the front and rear suspension, suspension types that exist, their classification position and what can be used as designed or work done in the case of competition is recommended to use a Mac Pherson front suspension, which is ideal for system adaptation coilovers since the damper is open and doing an almost perfect match with the system, this vehicle has a suspension rear rigid standards in which shock was replaced by a competition Bilstein and springs for a competition of this brand RM being more rigid and stable offering a speedy recovery when giving a sharp turn, can also be observed stepwise modification suffered suspension, to display the front coilover damper was designed in Solidworks program, which gives us the facility to draw and design any piece provided we have accurate measurements and a clear idea of how to stay our work, the steps for this design remains expressed in the best way, trying to get in this way that the reader can recreate the system is explained, also detailed the steps to follow to perform the simulation program Matlab, which allows us to insert the obtained data and fórmulas to apply in order to have a light when the simulation result, it was shown how the vehicle suspension works by changing the simulation data of a standard vehicle and one of competition successfully completed this degree work.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo se lo realizó con la finalidad de brindar una herramienta de aprendizaje a los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, ya que en la actualidad no se imparte una materia de trucaje de vehículos, además de poder ayudar en las prácticas pudiendo así fortalecer el conocimiento de los estudiantes.

Al no contar con personal capacitado para el trucaje de vehículos de competencia, se está encareciendo la mano de obra en Ibarra, por ende la realización de este trabajo contando con las herramientas adecuadas, tanto en los talleres de la universidad como en talleres afines a esta rama.

Especificar los datos de varios sistemas de suspensión, sus clasificaciones para la futura modificación o sustitución de los elementos que la componen, el vehículo Corsa Wind cuenta con una suspensión delantera independiente MacPherson y una suspensión posterior semirrígida, para la competencia se recomienda usar la suspensiones independiente MacPherson, debido a su gran comercialización se puede encontrar piezas para realizar modificaciones o adaptaciones de una manera más sencilla y práctica, el programa de diseño Solidworks cuenta con herramientas para realizar un diseño óptimo y claro de la suspensión delantera, la cual estará con la modificación regulable que ofrece el coilover, en dicho programa se puede ver la variedad de herramientas en vistas para realizar el diseño más detallado, Matlab es un software matemático de programación, diseño y simulación, que permite graficar y simular un amortiguador, carrocería y llanta para un posterior estudio, este programa cuenta con aplicaciones únicas las cuales permite realizar

cálculos específicos, implementar fórmulas, siempre y cuando se pueda utilizar el programa de una manera óptima.

Se cuenta con una investigación bibliográfica y de campo, ya que se realizó de una manera teórica en fuentes como libros, revistas, catálogos, internet. De campo ya que se realizó pruebas en pista para poder observar el funcionamiento de la suspensión y de esta manera verificar que partes se debe modificar, llegando a la conclusión que se debe cambiar los amortiguadores y adaptar coilovers.

Se puede observar claramente cómo se adaptó y sustituyó los elementos de la suspensión del vehículo, se detalla los pasos para realizar el diseño y la simulación, se pudo crear un diseño claro y preciso en Solidworks, el cual da una vista panorámica de cómo están colocados los elementos de dicha suspensión, los datos más importantes a la hora de realizar la simulación en Matlab es el coeficiente de amortiguación de los amortiguadores Bilstein, el cual genera un tiempo de recuperación claro con una variable de 2 a 4 segundos en una curva, también se pudo poner en práctica la fórmula específica para calcular la funcionabilidad de la suspensión.

Para poder realizar un trabajo de adaptación, diseño y simulación se debe elegir los mejores materiales y piezas para lograr un diseño exacto y una simulación técnica y precisa la cual permita recabar datos técnicos y observar si hay o no mejoras sin necesidad de tener una prueba física.

CAPÍTULO I

1. Contextualización del problema

1.1 Antecedentes.

El rally se refiere a una espectacular competencia automovilística que se lleva a cabo fuera de las pistas habituales que se utilizan para los certámenes más tradicionales no se corre en un circuito, sino que las carreras son de un punto a otro en el mapa.

Los trayectos para esta modalidad tienen dificultades que ponen a prueba la destreza del piloto y copiloto, al igual que la preparación del vehículo, en especial la suspensión que juega un papel primordial a la hora de competir.

Las distancias a recorrer suelen ser bastante largas y complicadas frecuentemente incluyen barro, asfalto, arena y material que requiere de una suspensión más dura y resistente.

1.2 Planteamiento del problema.

La Universidad Técnica del Norte, en una de sus facultades posee la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, donde la adaptación y repotenciación de vehículos para competencias de rally no se lo considera

como una especialidad, por parte de la carrera IMA de la UTN, por lo cual sería importante responder a las expectativas de este sector.

El no poder contar con personas especializadas en el trucaje de autos para competencia, encarece la mano de obra de los pocos que se han dedicado a este trabajo, no obstante multiplicar esta destreza en otras personas sería adecuado para ofrecer estos servicios abaratando los costos y brindando una mejor atención.

Preparar un auto para competencia implica el uso de ciertos equipos que no se encuentran en las mecánicas tradicionales, la transferencia de esta tecnología a estas mecánicas podría mejorar el nivel de atención a los autos de uso común y optimizar el rendimiento.

1.3 Formulación del problema.

¿Cómo simular y modificar el sistema de suspensión de un vehículo Corsa Wind 1.4 para competencias de rally mediante software?

1.4 Delimitación.

1.4.1 Delimitación espacial.

Este proyecto se lo realizará en los talleres de la Universidad Técnica del Norte al igual que en algunas mecánicas familiarizadas con este tema.

1.4.2 Delimitación temporal.

Este proyecto se lo realizará desde mayo de 2013 hasta Noviembre de 2014

1.5 Objetivos.

1.5.1 Objetivo general.

Simular y modificar el sistema de suspensión de un vehículo Corsa Wind 1.4 para competencias de rally mediante software.

1.5.2 Objetivos Específicos.

- Realizar una investigación bibliográfica acerca de las suspensiones rally
- Simular una suspensión ideal para el vehículo utilizando el programa Matlab
- Implementación y montaje de la suspensión ideal en el vehículo
- Cumplir con pruebas de funcionamiento en pista
- Puesta en funcionamiento del vehículo en pista

1.6 Justificación.

El estudiante podrá prever todos los materiales, equipos de medición, repuestos y demás elementos complementarios para sostener un sistema de suspensión en condiciones extremas, tal como son las competencias automovilísticas.

El presente estudio será un aporte técnico - teórico – práctico, que permitirá organizar y conocer más sobre este tema, se podrá observar cómo está relacionada la suspensión con los demás componentes a la hora de andar en asfalto o cemento.

Conociendo la importancia que se debe dar a los componentes de una suspensión, se debe buscar siempre los materiales de mejor rendimiento y calidad, también se debe realizar las adaptaciones necesarias tomando en cuenta siempre la seguridad del piloto y copiloto.

Si un estudiante puede conocer a través de este trabajo investigativo, todos los detalles necesarios para establecer un nivel competitivo de un automotor, esto le permitirá tener muchos más conocimientos para sobrellevar con más eficiencia sus actividades cotidianas en un taller de reparación de autos que no son de competencia, los cuales presentarán menos complejidad para resolver los problemas mecánicos o eléctricos.

Este trabajo permite ampliar los conocimientos básicos adquiridos al estudiar la carrera de Mantenimiento Automotriz a la hora de adaptar un sistema de suspensión de un vehículo convencional y transformarlo en uno de competencia, a pesar que esta parte de la mecánica automotriz no es una asignatura en nuestra carrera. El reto es demostrar habilidades y destrezas para preparar un auto para una competencia tan exigida y de altos márgenes de complejidad como lo es el rally que no permite que existan fallas.

Teniendo en cuenta la exigencia de esta competencia, no se puede realizar una prueba en pista sin haber pasado por una simulación previa

en un programa relacionado con este tema, puesto que si un componente llegara a fallar, se puede afectar a la vida de los ocupantes del automotor, por este motivo que también se capacitará con este trabajo el manejo de software.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1.- Suspensión.

2.1.1.- Concepto de suspensión.

La suspensión es el conjunto de elementos encargados de absorber las irregularidades del terreno transitado, acciones de masa giratoria y aerodinámica. Se encarga de suspender la masa rígida (motor, chasis, carrocería, etc.) y mantener en el suelo la masa no suspendida (ejes y ruedas).

La Suspensión tiene la misión de adherir en todo momento las ruedas al suelo, mejorando el guiado del neumático, este sistema es el encargado de disipar el movimiento y soportar el peso del vehículo, y de filtrar las fuerzas que se producen durante la marcha, mejorando la estabilidad y comodidad del pasajero.

2.1.2.- Clasificación de la suspensión del vehículo según su posición.

La suspensión según su posición se clasifica en dos tipos: trasera y delantera.

2.1.2.1.- Suspensión delantera.

La suspensión delantera es más compleja ya que realiza un trabajo mayor que la trasera, debido a que debe de ofrecer un mejoramiento en el confort y en el manejo del vehículo, para ello se acostumbra usar suspensiones independientes para que la dirección no se vea afectada al momento de una irregularidad en el camino.



Figura 2.1. Suspensión Delantera.

Fuente. (Elmers, 2013)

2.1.2.2.- Suspensión trasera.

La suspensión trasera es más simple en su diseño, se encarga de absorber golpes e irregularidades pero no está ligado a la dirección, por ende no afecta mucho al conductor por eso es más común usar suspensiones de eje rígido, además su función es de mantener las dos ruedas sobre un eje, está diseñado para absorber las fuerzas del frenado y la torsión que ejerce el vehículo



Figura 2.2. Suspensión Trasera

Fuente: (Nejers, 2013)

2.1.3.- Clasificación de la Suspensión.

Se clasifica en suspensión independiente, semirrígida y rígida.

2.1.3.1.- Suspensión independiente.

La suspensión independiente es la más utilizada, permite a las ruedas de un mismo eje oscilar independientemente tanto en los ejes delanteros y traseros, permitiendo mayor confort y estabilidad, se utiliza en los autos de alta gama y deportivos, una de las ventajas es que su trabajo se puede desarrollar sin afectar a las demás ruedas.

El diseño permite separar las ruedas permitiendo que cada una de ellas se mueva independientemente sin afectar a la rueda del lado opuesto, este sistema es capaz de emplearse en las cuatro ruedas.



Figura 2.3. Suspensión Independiente

Fuente (Montilla, 2011)

2.1.3.1.1.-Tipos de suspensión independiente

➤ Suspensión MacPherson.

Este sistema es el más utilizado en el tren delantero, se lo puede utilizar en el tren trasero pero con poca frecuencia, posee la ventaja de una sencillez constructiva y un bajo costo en su construcción y mantenimiento, además constituye un fácil guiado de oscilación en su eje delantero.

La mangueta está unida en la columna telescópica que es el propio amortiguador. La fijación de la columna se encuentra asegurada con la carrocería en la parte superior llamada torreta en la que dispone un rodamiento axial para permitir el giro de la columna.

El muelle se encuentra alojado en la parte inferior del amortiguador en forma concéntrica, la unión del amortiguador con la mangueta se encuentra mediante una pareja de tornillos o mediante una abrazadera.



Figura 2.4. Suspensión MacPherson.

Fuente. (Iglesias, 2012)

➤ **Suspensión de Tirantes.**

Este sistema es muy común en los vehículos de pasajeros y de turismo utilizado generalmente en la suspensión delantera, al instalar este sistema en la parte posterior se debe hacer modificaciones principalmente en los tirantes los cuales se debe reforzar para soportar el peso y carga.

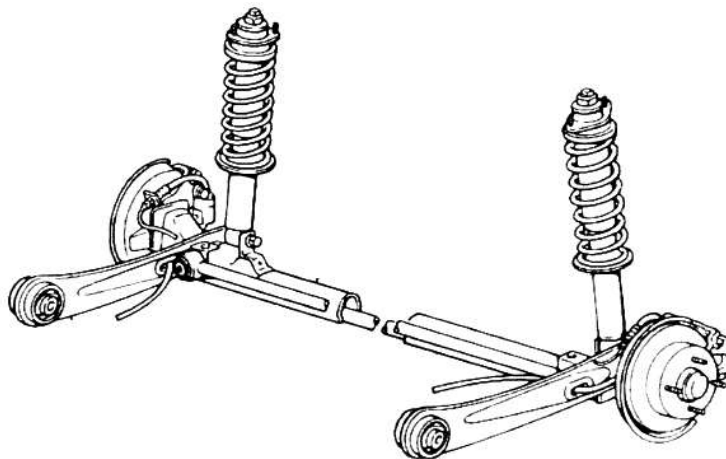


Figura 2.5. Suspensión de Tirantes.

Fuente. (Britos, 2008)

2.1.3.2.- Suspensión Semirrígida

Esta suspensión tiene un gran parentesco a la rígida a simple vista, se puede llegar a confundir entre sí ya que entre el eje rígido tiene una barra torsional la cual absorbe los movimientos bruscos de las irregularidades del camino y así se realiza un movimiento semindependiente, siempre se lo utiliza en el eje trasero debido a la sencillez de construcción se recomienda usar helicoidales para así tener una mayor elasticidad, además cuenta con una barra torsional al interior de la columna de dicha suspensión mejorando así la elasticidad y recuperación de la suspensión, su uso es de gama media- baja.

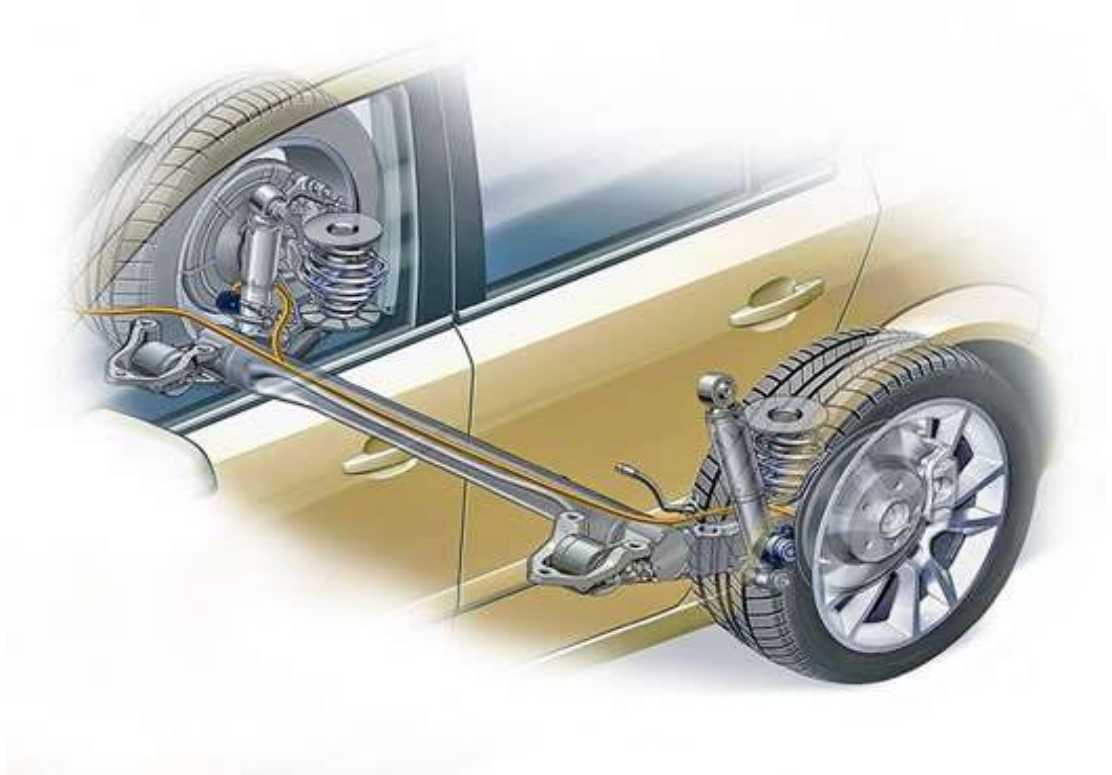


Figura 2.6. Suspensión Semirrígida.

Fuente. (Meganevoy, 2014)

2.1.3.2.1.-Tipos de suspensión Semirrígida

➤ Suspensión de eje torsional.

Está constituido de una barra de torsión, una parte está fijada al chasis y cuando se realiza un movimiento la barra gira individualmente es un diseño muy sencillo pero poco confiable, por eso se lo utiliza en carros todo terreno o con tracción delantera o a las cuatro ruedas, por el fuerte impacto que reciben las llantas, esta suspensión es muy fácil de regular, solo se debe de ajustar ciertos tornillos y tuercas para elevar o bajar la carrocería.



Figura 2.7. Suspensión de eje torsional.

Fuente. (Dominguez, 2011)

2.1.3.3.- Suspensión rígida.

En este sistema de suspensión se puede observar que es un eje sólido, que al final de cada punta se conectan las ruedas, de esta manera se hace más simple su diseño, hay que tomar en cuenta que si se usa ballestas como parte elástica, estas actúan como guías en las llantas,

caso contrario si se usa helicoidales se debe de usar brazos o soportes que sirvan como guías.

Este sistema trabaja de manera unida al chasis, esto quiere decir, si hay una imperfección en el terreno el vehículo completo sentirá el impulso a diferencia del independiente, también posee un guiado casi perfecto es decir mayor adaptación al camino, pero se vuelve menos cómodo, se pierde adherencia y es más riesgoso.

Estos son los motivos por los que se usa en maquinaria pesada o en vehículos todo terreno.

2.1.3.3.1.-Tipos de suspensión Rígida

➤ Suspensión rígida con sistema de barra tirante.

Esta suspensión se utiliza en la parte trasera del vehículo y que tengan tracción delantera de esta manera los tirantes absorben gran parte de las irregularidades del camino, previniendo que los brazos de la suspensión se muevan hacia atrás.

Su diseño es simple consta de un eje, brazos, resorte y amortiguador este sistema absorbe y previene movimientos de esta manera la suspensión posee sus guías en casi una perfecta alineación.

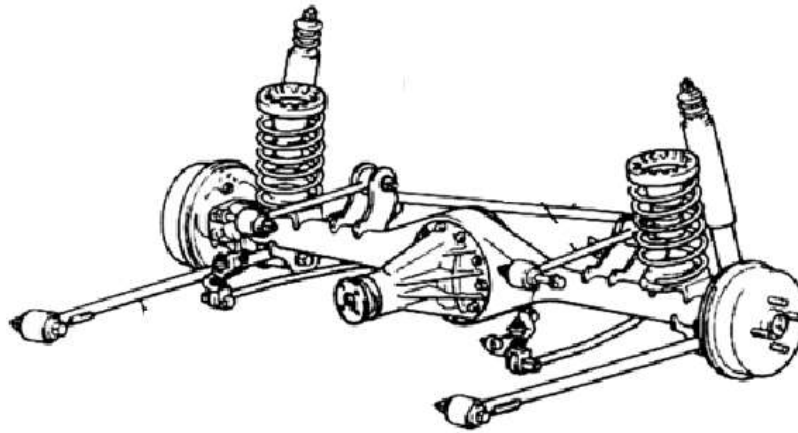


Figura 2.8. Suspensión rígida con sistema de barra tirante

Fuente. (Mayz, 2013)

➤ **Suspensión rígida con sistema de muelle.**

En este sistema de suspensión se localiza a los muelles colocados de adelante hacia atrás respectivamente con relación al eje, estos se encuentran ajustados a la carrocería. Los muelles constituyen una parte fundamental en la suspensión además están constituidos con bujes, gomas y pernos los cuales sufren desgaste.

Este sistema de suspensión es muy utilizado en la parte trasera, mediante estos muelles absorbe los golpes que recibe la rueda y permite el soporte de la carga de los vehículos especialmente en maquinaria pesada, por esto es fundamental el mantenimiento de este sistema ya que con el uso diario se pierde vigor y altura en los vehículos debido a la carga soportada.

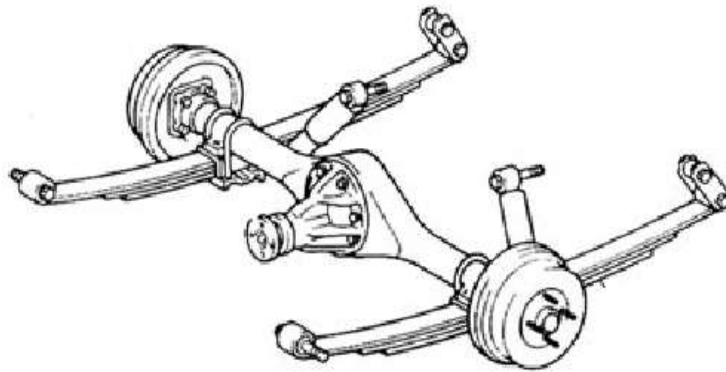


Figura 2.9. Suspensión rígida con sistema de muelle.

Fuente. (Acosta, 2013)

2.1.4.- Componentes del sistema de suspensión.

Toda suspensión está constituida por dos partes una elástica como un resorte o muelle y el amortiguador, cada uno realiza un trabajo por separado pero al mismo tiempo funcionan entre sí, cuando el vehículo transita por una irregularidad que exista en el camino el resorte provoca una absorción del golpe y el amortiguador disminuye la fuerza progresiva del resorte al impacto.

2.1.4.1.- Resorte o helicoidales.

Estos resortes están formados por arrollamientos helicoidales de acero elástico están fabricados con un grosor de varilla adecuados a la rigidez así considerando el número de vueltas su espacio y el diámetro de arrollamiento.

Los resortes pueden soportar grandes deformaciones dependiendo de la carga exigida sin ningún efecto, pueden transformarse en

indestructibles o flexibles de esta forma estas cargas pueden trabajar con alto grado de resiliencia.

Los resortes de competencia para rally tienen una gran variación en comparación a los muelles que se usa para vehículos de gama normal o que buscan confort, por lo general son más duros y resistentes, hay fabricantes que someten a los resortes a diversos procesos para así maximizar sus capacidades y poder soportar la competencia



Figura 2.10. Resorte o muelles helicoidales
Fuente. (Marina, 2012)

2.1.4.1.1 Tipos de resortes de competencia.

1.-Resortes marca RM

- 1.- Mejor adherencia en los giros bruscos.
- 2.- Mayor seguridad al reducir en gran parte la distancia de frenado.
- 3.- Mejora la conducción original del vehículo.

- 4.-Aumenta la estética y realza la línea deportiva del vehículo.

- **Características de los Resortes Deportivos RM**

Al bajar la altura de un vehículo se mejora la conducción, pero se afecta al factor de seguridad ya que las llantas pueden rosar con la carrocería produciendo un movimiento brusco al manejar, por esta razón cada vehículo debe de ser tratado de una manera distinta dependiendo de cada conductor.

Los resortes de competencia rally están diseñados para reducir la altura entre 40 y 60 mm, esto se hace para mejorar el manejo y adquirir mayor potencia, muchas veces no es necesario modificar los soportes.



Figura 2.11. Resorte RM

Fuente. (Enrique, 2012)

- **Se recomienda lo siguiente:**

1. Se debe sustituir los resortes de la suspensión al efectuarse máximo dos cambios de amortiguadores.

2. Por mayor seguridad es recomendable llevar un control de los resortes, se debe realizar un control cada 50.000 km.
3. Se debe reemplazarse los resortes máximo cada 80.000km, sin importar su grado de deterioro.

2.1.4.2.-Amortiguador.

El amortiguador está formado por un pistón dentro del cilindro, el amortiguador es un elemento principal para el sistema de suspensión, la función de los amortiguadores es de atenuar las oscilaciones de la carrocería, disminuir las variaciones de carga dinámica al neumático y controlar las fuerzas axiales, radiales y centrífugas. Cuyo funcionamiento principal se basa en la transferencia de un fluido viscoso de una cámara a otra mediante orificios o válvulas.

La fuerza de oposición a fluir mantiene en equilibrio al vehículo absorbiendo las fuerzas a la carga y también actúa la fuerza centrífuga al conducir por una curva, de igual manera los amortiguadores de competencia son especiales ya que su forma de creación es más detallada y su ciencia es más estudiada que uno que solo brinda comodidad, son más duros más rígidos, para este estudio se tomará los amortiguadores más comunes.



Figura 2.12. Amortiguador.

Fuente. (WILLIAM , 2011)

2.1.4.2.1.- Tipos de amortiguadores según sus componentes

➤ Amortiguador hidráulico.

El amortiguador hidráulico está formado por una cámara llena de líquido y un pistón con orificios o válvulas las cuales permiten el paso de dicho líquido al ser comprimido. La suavidad o rigidez de un amortiguador se la elige dependiendo de la seguridad y el confort que el conductor desee.

En la actualidad se puede observar que se ha implementado de la asistencia eléctrica ya que este sistema permite emitir energía al líquido del amortiguador para así cambiar su viscosidad y por ende la dureza del amortiguador.

El problema más frecuente con este tipo de amortiguadores es la pérdida de aceite en el amortiguador debido a pequeñas fugas continuas en los retenes del amortiguador por ello si hay una fuga constante a largo plazo se puede observar que el amortiguador hidráulico sufre descarga.

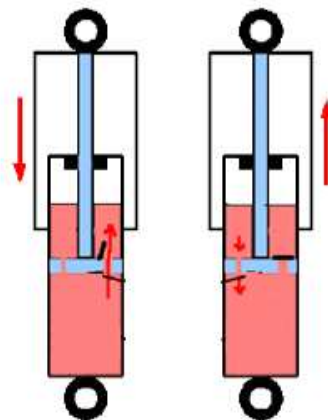


Figura 2.13. Amortiguador Hidráulico.

Fuente. (Meganeboy, 2014)

➤ **Amortiguador a gas.**

De igual manera el amortiguador a gas posee un pistón y una cámara la cual está llena de nitrógeno a presión, el cual impulsa el vástago hacia afuera para que el amortiguador funcione de la mejor manera, se debe tener mucho cuidado con el almacenamiento ya que deben ser guardados al revés para que se mantengan lubricados, además hay que cuidar el vástago que no sufra daño alguno ya que puede existir una fuga.

Las características del amortiguador a gas son:

Más adaptable al camino se puede regular de mejor manera pero es más difícil detectar una fuga, cuenta con una resistencia a la presión menor que el hidráulico.

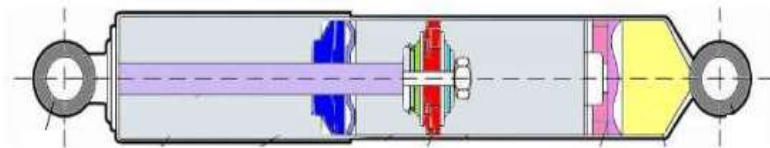


Figura 2.14. Amortiguador de Gas.

Fuente. (Gabriel, 2012)

➤ **Amortiguador magnético**

Este tipo de amortiguador es uno de los más avanzados, es un amortiguador nanotubo que en vez de aceite lleva un fluido magnético – reológico, el cual está constituido en un 40% de fracciones metálicas, las cuales al aumentar o disminuir su magnetismo se regula la dureza o suavidad de los amortiguadores, si no está magnetizado los

amortiguadores se vuelven suaves, caso contrario se endurecen debido a la variación de viscosidad.



Figura 2.15. Amortiguador Magnético.

Fuente. (Schmedling , 2011)

2.1.4.2.2.- Tipos de amortiguadores de competencia.

1. Jorsa

Este amortiguador está establecido en el diseño de competencia, el funcionamiento de este amortiguador está diseñado por flexión de láminas con pistones de grandes perforaciones las cuales permiten una mayor afluencia de líquido de la cámara de compresión a la de expansión.

Se reemplaza el aire dentro del sistema por nitrógeno comprimido para poder realizar la regulación del mismo, el nitrógeno evita el efecto de emulsión, mejora la disipación de calor y trabaja en iguales condiciones sea en altas temperaturas o bajas ya que fueron diseñados para condiciones extremas.

Al ser un gas cuyo compartimiento es más cercano a los gases ideales del aire, evita la oxidación del fluido y hace que la respuesta de las válvulas sea más rápida que en los sistemas no presurizados.



Figura 2.16. Amortiguadores de competencia tipo Jorsa.

Fuente. (Perez, 2008)

2.- Bilstein

Los conductores de competencia de rally desean una maniobrabilidad superior, estos amortiguadores proporcionan los niveles más altos de control, una adición excelente para vehículos con resortes más bajos o barras estabilizadoras, la serie de amortiguadores (struts) Sport, ofrecen gran rendimiento para una competencia.



Figura 2.17. Amortiguadores de competencia tipo Bilstein.

Fuente. (Schmeding, 2011)

2.2.- Avances tecnológicos.

2.2.1.- Suspensión eléctrica

La suspensión eléctrica presentada por Michelin en París, es un prototipo de una rueda que en su interior se encuentra un motor eléctrico, capaz de producir una potencia de 30kw (40.789Hp), instalado en las cuatro ruedas, entregando una potencia de 120kw (163.155Hp), este motor además de propulsar al vehículo ayuda en la frenada, recuperando de esta manera su energía.

En el sistema de suspensión está incorporado un motor eléctrico que permite endurecer o ablandar el sistema, dependiendo de las condiciones del terreno, además posee una pinza y disco de frenado convencional, cabe recalcar que el frenado es completamente eléctrico, de esta manera no se utiliza el contaminante líquido de frenos.

Este prototipo no necesita otro sistema de suspensión, tampoco un motor para su uso, ni transmisión. Con este diseño se muestra más firme el vehículo ya que todo el sistema es controlado electrónicamente, asiendo al vehículo más confortable al momento de absorber impactos.



Figura 2.18. Suspensión Eléctrica

Fuente. (Mariano, 2009)

2.2.2.- Suspensión activa

Está compuesta de un tipo de suspensión hidráulica o también neumático, este sistema es capaz de generar fuerzas para así compensar el balanceo y el cabeceo en un vehículo durante la marcha en carretera.

El computador es el encargado de recoger los datos tomados por un sensor distribuyéndolos estratégicamente para así poder enviar las señales a los actuadores estos actúan cuando se mantiene un nivel máximo de estabilidad.



Figura 2.19. Suspensión activa

Fuente. (Fernandez, 2008)

2.3.- Diseño y Simulación

2.3.1.- SolidWorks

Es un programa de diseño en 3D asistido por un computador para lograr desarrollar modelos mecánicos que utiliza un entorno gráfico basado en un sistema operativo generalmente Microsoft Windows.

El programa permite modelar piezas, conjuntos y extraer de ellos tanto planos técnicos como otro tipo de información necesaria para la producción, es un programa que funciona con base en las nuevas técnicas de modelado con sistemas CAD (Diseño Asistido por Ordenador)

Además utiliza el gestor de diseño (Feature Manager desplegable transparente en piezas/ensamblajes) que facilita enormemente la modificación rápida de operaciones tridimensionales y de croquis de operación sin tener que rehacer los diseños ya plasmados en el resto de sus documentos asociados.

El proceso consiste en trasladar la idea mental del diseñador al sistema CAD, "construyendo virtualmente" la pieza o conjunto. Posteriormente todas las extracciones (planos y ficheros de intercambio) se realizan de manera bastante automatizada.

Con las eficaces herramientas de simulación, lo hacen uno de los mejores programas de diseño mecánico más competitivo, próximamente contará con las herramientas para diseñar en menos tiempo y a un costo más bajo.



Figura 2.20.- Solidworks

Fuente: (Rodrigues, 2014)

2.3.2.- Matlab

Es un software de cálculo el cual interactúa con el uso matemático y lenguaje de programación, además cuenta con funciones específicas como derivar, integrar etc. se puede generar imágenes y simular algún complemento mecánico, es un software completo a la hora de interactuar con argumentos matemáticos.

Este programa está disponible para todos los sistemas operativos como son Unix, Windows, Mac Os y Gnu/Linux, por lo general se lo utiliza para generar matrices y algoritmos también se compone de dos herramientas básicas como es el Simulink (Plataforma de simulación multidominio) y el Guide (Editor de interfaces de usuario). Se ha conseguido interactuar con las herramientas que ofrece el (Toolboxes) la cual ofrece imágenes y datos prediseñados.

Es usado por lo general en universidades, y lugares de diseño especial, es un programa command-driven es decir se tiene la necesidad de escribir o añadir datos uno a uno a continuación de cada parámetro o símbolo, incluso para una suma simple se debe dar espacios y seguir las instrucciones del programa sin descuidar el orden y los comandos a usar.

```
»2+2
```

```
ans =
```

```
4
```

En el presente trabajo se utilizará herramienta de Simulink el cual permitirá generar un sistema de suspensión y dar movimiento para su posterior estudio, generando tabla para su análisis en modo estándar y de competencia.

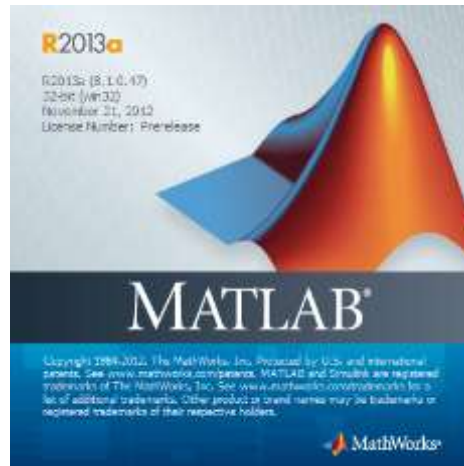


Figura 2.21. Matlab

Fuente: (Queffurust , 2012)

2.4. Glosario de términos

Emulsión.- Líquido que contiene, sin disolverse y en suspensión, pequeñas gotas de otro líquido: el agua y el aceite no se mezclan, sino que forman una emulsión.

Resiliencia.- Capacidad de un material para absorber energía en la zona elástica.

Arrollamientos.- Es el tejido o guiado que se le da a uno o varios alambres para conseguir una forma de cordón, cadenas, elípticos, etc.

Mangueta.- Es el elemento que soporta directamente a la rueda, a través del buje y los rodamientos que le permite su rodadura. A la vez sirve de unión entre la rueda y los elementos oscilantes y de guiado de la suspensión.

Centrifuga.- Fuerza ficticia que se introduce en la descripción dinámica del movimiento circular uniforme.

Kit.- Conjunto de piezas que se utiliza para sustituir o mejorar algunas partes o elementos del vehículo.

Vástago.- Barra que unida al centro de dos caras del embolo sirve para moverlo o transmitir este movimiento a otro dispositivo

Pivote.- Extremo inferior de árbol vertical sobre el que gira en sí mismo apoyándose en un tejuelo.

Alabes.- Cada uno de los dientes de la rueda que sucesivamente levantan y abandonan su propio peso de un mecanismo análogo.

Inhibidores.- Impedir o reprimir el ejercicio de facultades o hábitos

CAPÍTULO III

3.-METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Tipo de investigación

Esta investigación será de tipo bibliográfica y tecnológica porque se refiere a elementos empleados en la elaboración y preparación de un carro de rally.

3.1.1 Investigación bibliográfica

Es una investigación bibliográfica ya que en nuestro documento se utilizará libros y fuentes bibliográficas para la investigación de los diferentes tipos de suspensiones, al igual que las mejoras que se debe dar a dicha suspensión para la competencia de rally, también las fórmulas para encontrar la estabilidad y mejora de la suspensión.

3.1.2 Investigación tecnológica

Esta investigación se denomina tecnológica debido a que se realizaran pruebas en la parte actual del carro (estándar) para encontrar una base a la investigación a realizar se ejecutaran pruebas en la estabilidad de la suspensión de esta forma se puede investigar de una manera real cuales pueden ser las fallas y mejorarlas para una competencia.

3.2.- Métodos

3.2.1 Analítico sintético

En este trabajo se realizará la recolección de información mediante los manuales de reparación y libros correspondientes a mecánica automotriz al igual que el internet, lo cual servirá para una investigación satisfactoria para mejorar el conocimiento de las suspensiones especializadas en rally.

3.2.2 Método diseño

En este trabajo se realizará la implementación de un programa de simulación para elegir de una mejor manera la suspensión adecuada para la competencia de rally.

CAPÍTULO IV

4. Propuesta

4.1.- Simulación y modificación y del sistema de suspensión de un vehículo Corsa Wind 1.4 para competencias de rally mediante software.

Este vehículo cuenta con la suspensión independiente MacPherson delantera y una suspensión semirrígida trasera, las dos cuentan con resortes y amortiguadores estándar.

La suspensión MacPherson cuenta con normas de confort y rendimiento basado en la comodidad del conductor en condiciones normales, al momento de una competencia esta suspensión debe ser exigida a su máximo rendimiento y para ello se debe realizar modificaciones y adaptaciones en todo el sistema y reemplazar componentes.

4.1.1.- Especificaciones del sistema de suspensión estándar.

Tabla 1 Diagnóstico

Nº	Sistema	Parte	Estado	Medidas/características
1	Suspensión Corsa Wind	Amortiguador delantero	Estándar sin comprimir	540 mm
			Estándar comprimido	380 mm
		Amortiguador posterior	Estándar sin comprimir	520 mm
			Estándar comprimido	340 mm
5	Carrocería	Peso	Estándar	845 kilogramos
6	Suspensión Corsa Wind	Resorte posterior	Estándar	235 mm
		Resorte delantero	Estándar	320 mm
8	Neumáticos	Llantas	Estándar	165/80 R13
9	Altura del vehículo	Delantera	Estándar	250 mm
		Posterior	Estándar	325 mm
11	Ejes	Distancia entre Ejes	Estándar	2440 mm

Fuente: Autores

4.1.2.- Proceso- Cálculos- Diagramas

De los dos amortiguadores de competencia descritos anteriormente se tomó para su estudio y la modificación del vehículo Corsa Wind en la parte trasera el amortiguador Bilstein, en la parte delantera se utilizó el amortiguador con más diámetro, mayor dureza y resistencia a las altas exigencias que se da en las competencias, se reemplazó los resortes delanteros por coilovers y los traseros por unos de marca RM.

Los coilovers son resortes que poseen regulación en la parte inferior, están conformados por dos roscas las cuales sujetan el resorte a la distancia que se desee comprimiendo y descomprimiendo el resorte dependiendo de la necesidad del conductor.

4.2 Diseño en SolidWorks y simulación en Matlab

4.2.1 Diseño del sistema de suspensión en SolidWorks

Resorte

1.- Crear un plano frontal para tener una base donde realizar el diseño, se realiza una circunferencia de 76 mm de diámetro la cual servirá para crear el centro del espiral.



Figura 4.1 Creación de un plano

Fuente: Autores

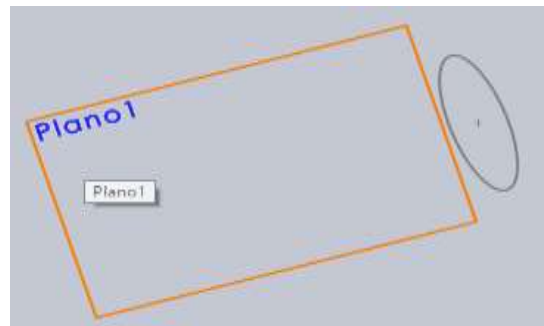


Figura 4.2 Dibujo circunferencia

Fuente: Autores

2.-Usar la herramienta Curvas: Hélice y espiral, usando de referencia la circunferencia y el largo del resorte 184 mm, se procede a crear un croquis 3D en el plano (y; z) el cual permite crear una circunferencia de 12 mm de diámetro para darle el grosor al espiral.

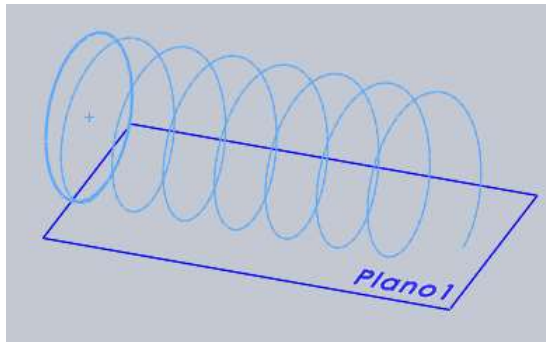


Figura 4.3 Generar el espiral

Fuente: Autores

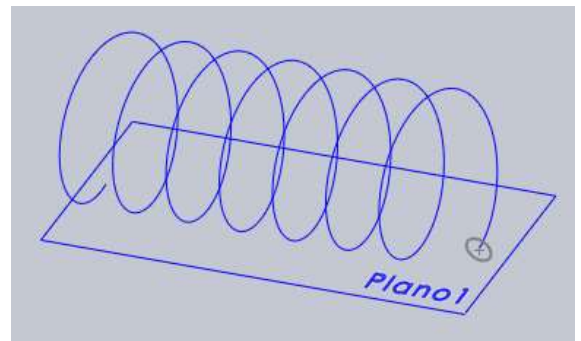


Figura 4.4 Segunda Circunferencia

Fuente: Autores

3.- Utilizar la herramienta Saliente Base Barrido para darle forma al espiral.

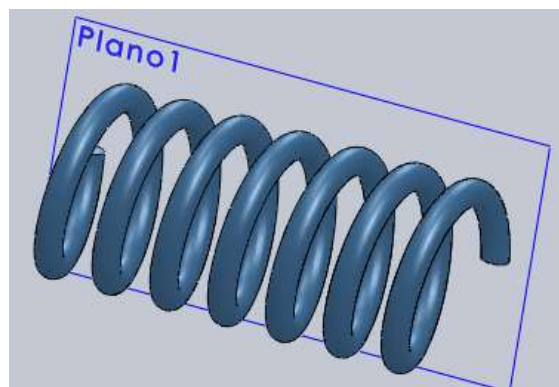


Figura 4.5 Uso de la herramienta Saliente Barrido

Fuente. Autores

4.- Por último en la parte inferior se realizó un corte con un rectángulo de 16mm de ancho y 65mm de largo, este proceso se lo realizó para darle una base plana al resorte, se lo hace en los dos lados.

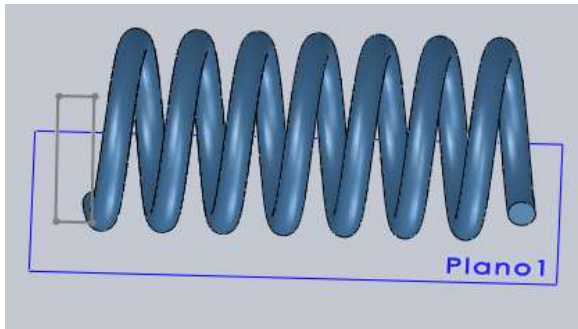


Figura 4.6 Creación de un rectángulo

Fuente: Autores

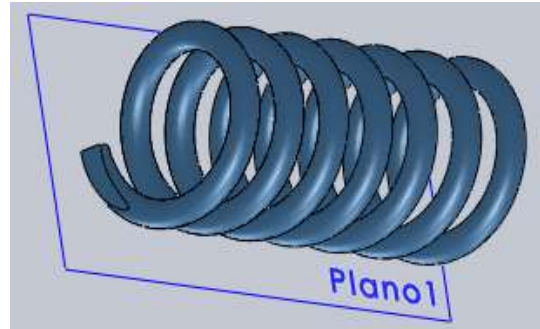


Figura 4.7 Realización del corte

Fuente: Autores

Resorte



Figura 4.8 Espiral terminado

Fuente. Autores

Anillo de retención Inferior

1. Realizar un plano frontal y crear dos circunferencias una de 54mm y otra de 84mm, en la circunferencia de 84 mm de diámetro se introdujo un cuadrado de 8mm de largo y 8mm de ancho.

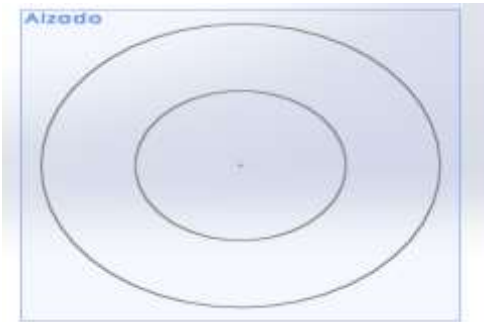


Figura 4.9 Hacer dos circunferencias

Fuente: Autores

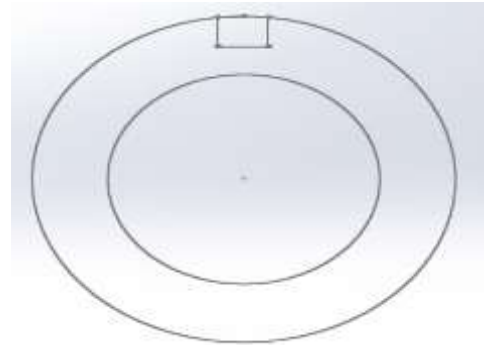


Figura 4.10 Dibujo de un rectángulo

Fuente: Autores

2.- Implantar un eje para ser tomado como referencia para poder realizar la opción Simetría y así reproducir 6 veces dicho cuadrado para crear la pieza, se utiliza la herramienta Extruir: saliente/base con un espesor de 16mm.

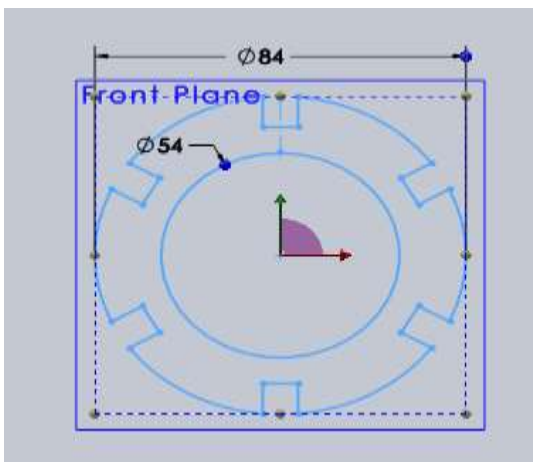


Figura 4.11 Duplicado de los rectángulos

Fuente: Autores

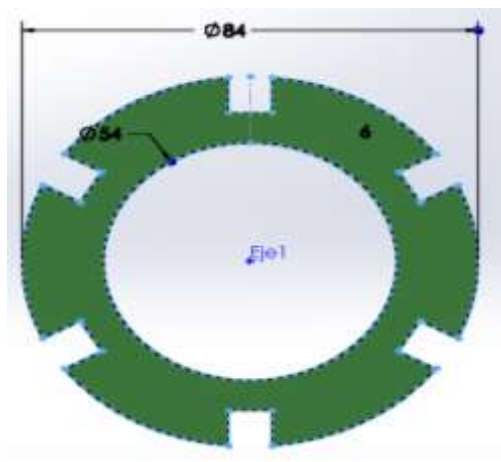


Figura 4.12 Extrucción

Fuente: Autores

Anillo de retención inferior

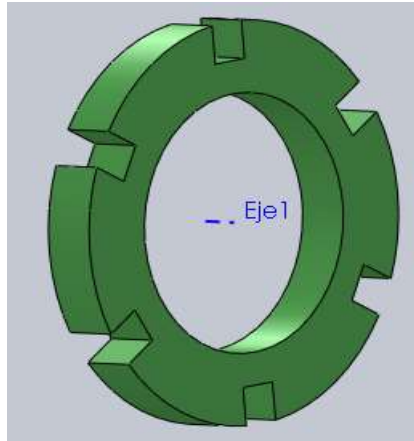


Figura 4.13 Pieza terminada

Fuente. Autores

Anillo de retención Superior

1.- Posteriormente se crea un plano frontal para luego dibujar dos circunferencias de 54mm y 84mm respectivamente, se dio forma al anillo, se usó la herramienta Extruir: saliente/base con un espesor de 8mm.

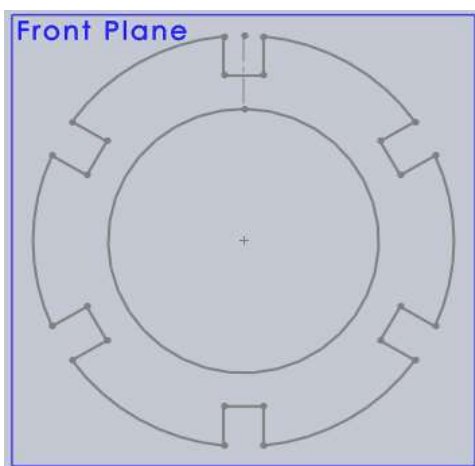


Figura 4.14 Duplicado de la pieza

Fuente: Autores

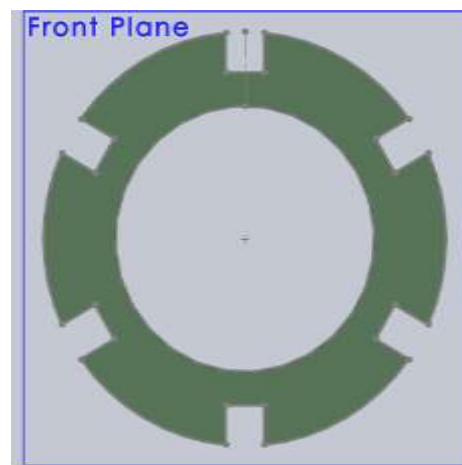


Figura 4.15 Extrucción de la pieza

Fuente: Autores

2.- Crear dos circunferencias una de 54 mm y otra de 48 mm se creó en la parte interna del anillo.

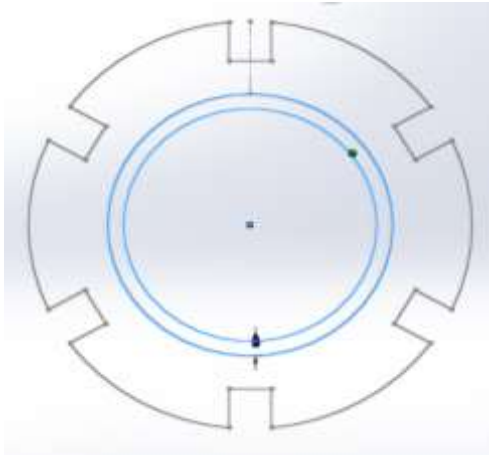
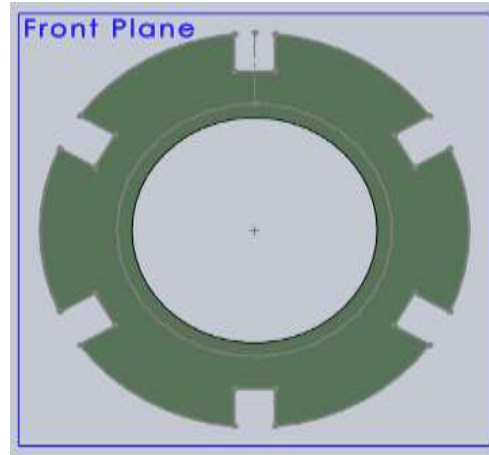


Figura 4.16 Creación circunferencia interna Fuente: Autores



Fuente: Autores

3.- Finalmente se usó la herramienta Extruir: saliente/base con un espesor de 16mm.

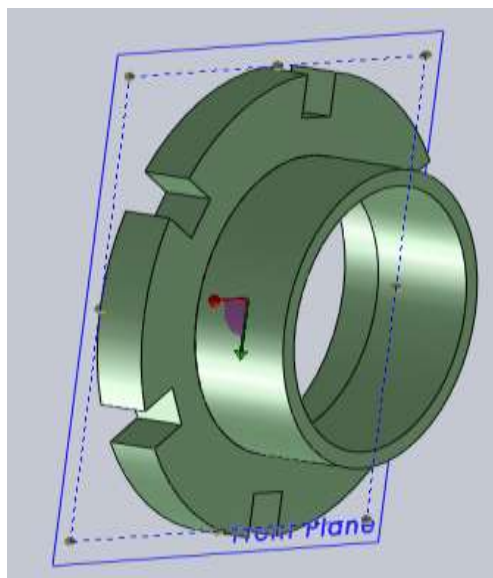


Figura 4.18 Extrucción

Fuente. Autores

Anillo de retención Superior

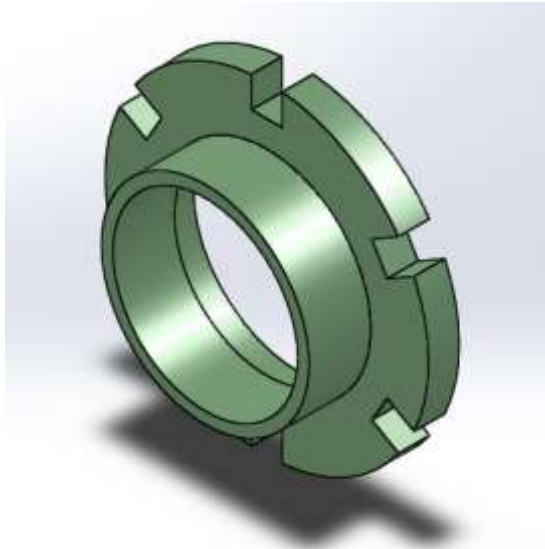


Figura 4.19 Pieza terminada

Fuente. Autores

Base del amortiguador

1.- Dibujar un plano frontal para construir dos circunferencias de 51.5 mm y 58.5 mm respectivamente.

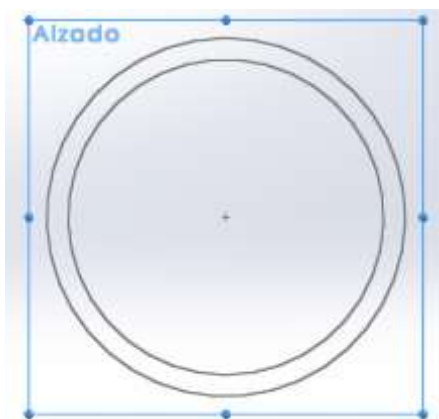


Figura 4.20 Construcción de dos circunferencias

Fuente. Autores

2.- Construir dos rectángulos en la parte inferior de 42.3 mm de largo y 4.5 mm de ancho a una distancia de 32 mm cada uno, se utilizó la herramienta Extruir: saliente/base con una Extrucción de 118mm.

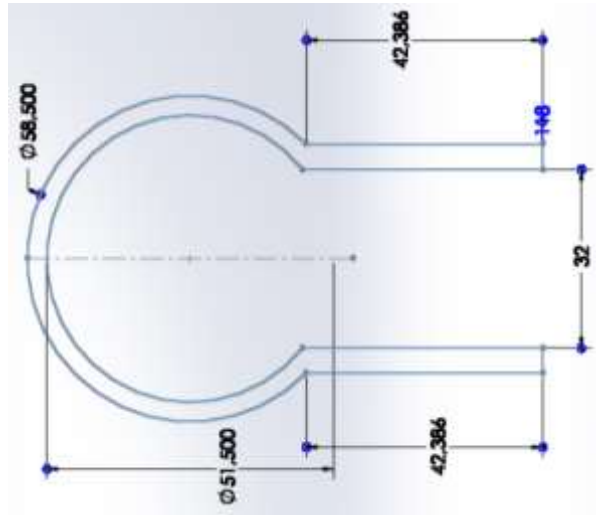


Figura 4.21 Dibujo de dos rectángulos

Fuente: Autores

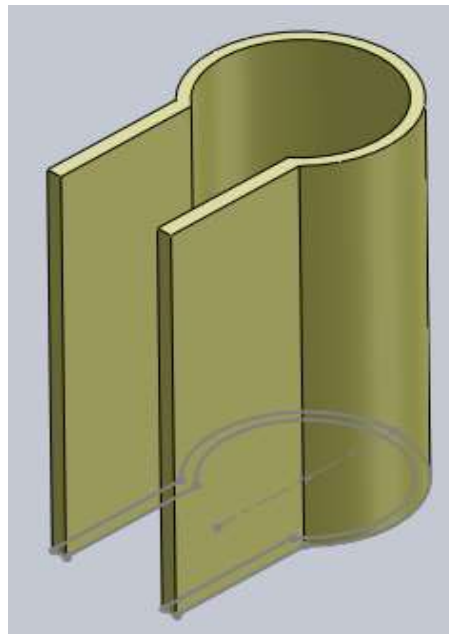


Figura 4.22 Extrucción del dibujo

Fuente: Autores

3.- Se procede a colocar la base del amortiguador en forma horizontal para diseñar la horquilla, se dibujó dos circunferencias pequeñas de 12 mm de diámetro y una grande de 30 mm y dos a los laterales de 15mm de radio para poder dar la forma.

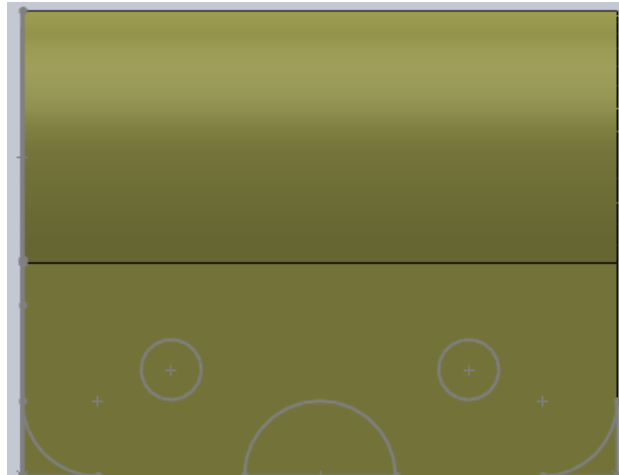


Figura 4.23 Diseño de la Horquilla

Fuente. Autores

4.- Utilizar la operación Extruir corte en el plano que se creó las circunferencias, este proceso se hace en un lado, pero al usar la operación Extruir Corte se determina la distancia de corte de 100mm perforando así los dos lados.

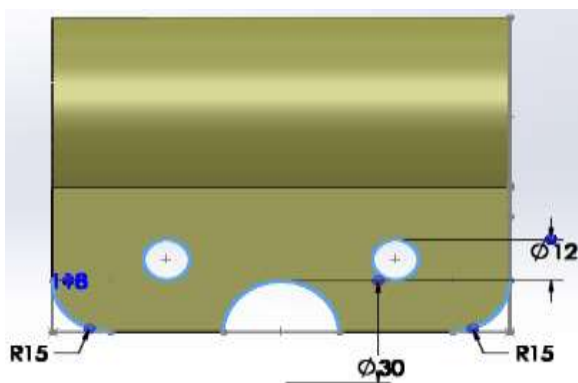


Figura 4.24 Usar extruir corte

Fuente: Autores

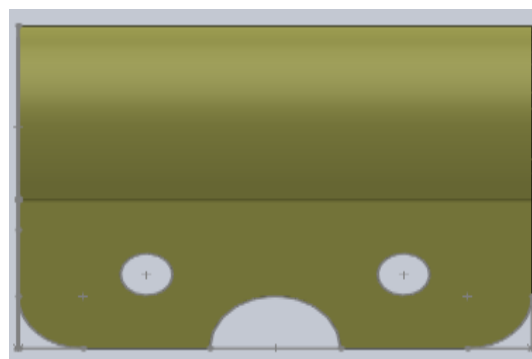


Figura 4.25 Pieza extruida

Fuente: Autores

5.- Se gira la pieza a una vista inferior para poder crear una circunferencia de 50 mm de diámetro en la base del amortiguador para dar forma al cilindro del amortiguador, se extruyó dicha circunferencia a una distancia de 245mm

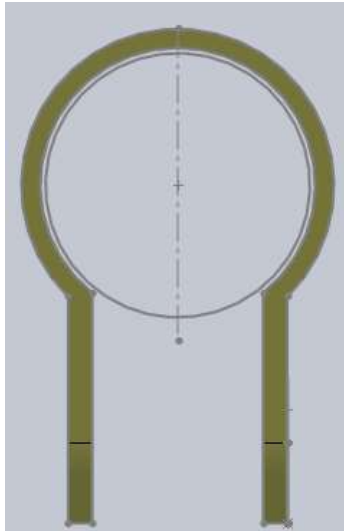


Figura 4.26 Circunferencia interna

Fuente: Autores

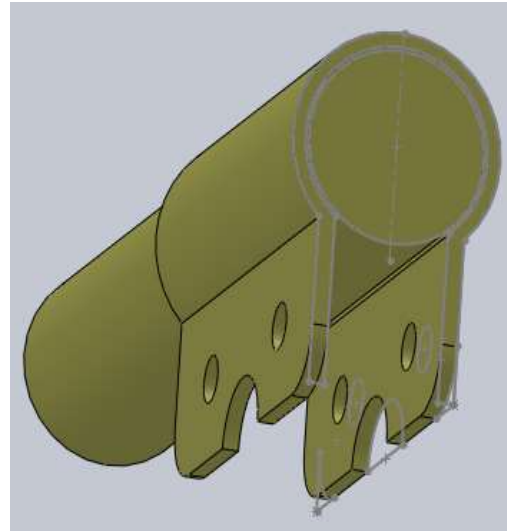


Figura 4.27 Extrucción de la circunferencia

Fuente: Autores

6.- Implementar la operación de vacío a una distancia de 2 mm de la cara interna en la parte de arriba del cilindro, se crea un plano en la mitad de la base del amortiguador para poder diseñar la tapa del cilindro.

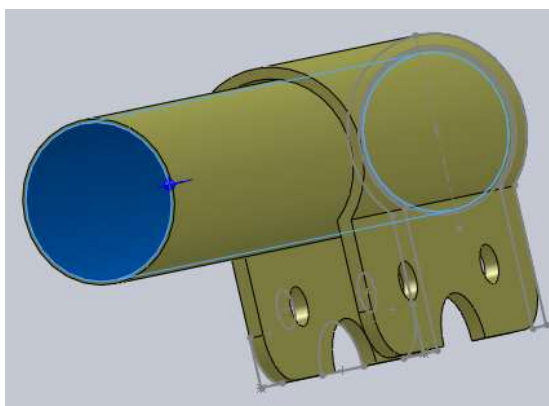


Figura 4.28 Perforación en el cilindro

Fuente: Autores

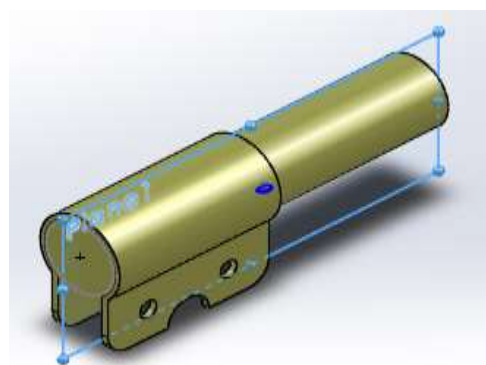


Figura 4.29 Segundo plano

Fuente: Autores

7.- Usar el plano intermedio para crear una línea de referencia la cual se usa para dar una distancia de 5 mm de radio y conservar el agujero del cilindro, posteriormente se hizo dos líneas paralelas a una distancia de 1mm para dar el grosor de la tapa y se construyó a una distancia de 10 mm, por último se utiliza la operación de revolución tomando como referencia la línea creada a una distancia de 5 mm.

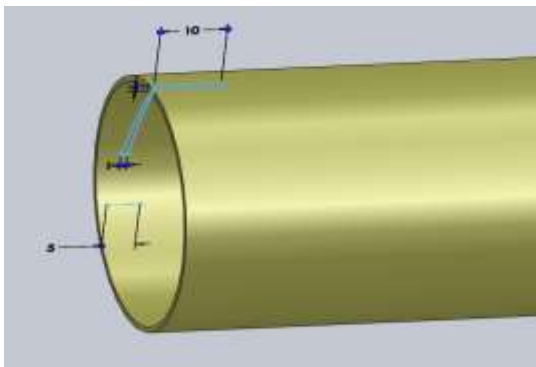


Figura 4.30 Dibujar el plano de la tapa

Fuente: Autores

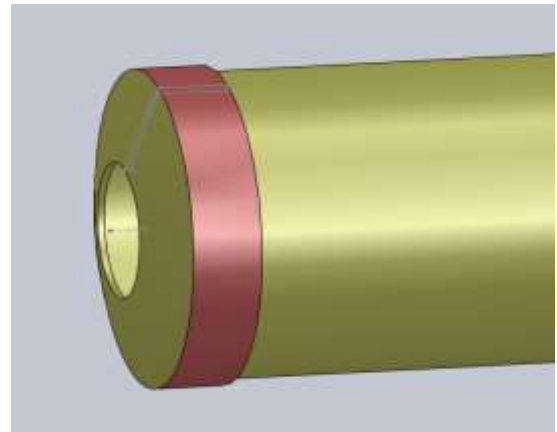


Figura 4.31 Redondear la pieza

Fuente: Autores

8.- Crear otro plano en la mitad para poder diseñar el alza la cual servirá para apoyar el coilover, en este plano se creó dos circunferencias de 51.5mm y 59.5 respectivamente en la parte media del amortiguador, se utilizó la herramienta Extruir: saliente/base con un largo de 78mm y un espesor de 8 mm.

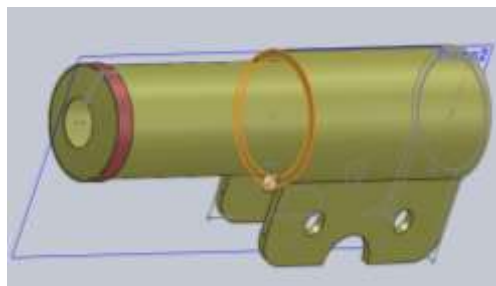


Figura 4.32 Creación de dos circunferencias

Fuente: Autores

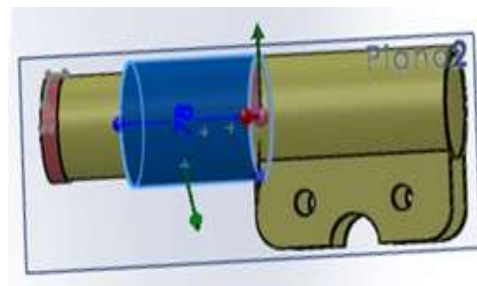


Figura 4.33 Extrucción de dicho dibujo

Fuente: Autores

Base del amortiguador

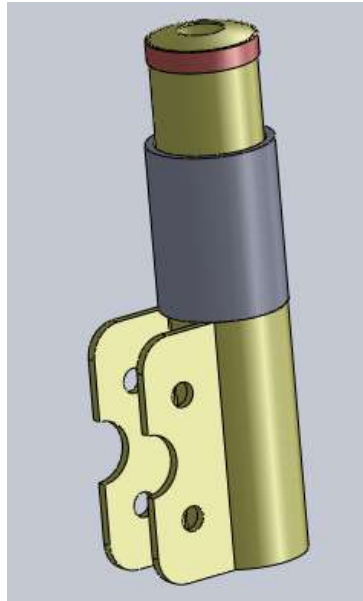


Figura 4.34 Pieza terminada

Fuente: Autores

Coilovers

1.- Primeramente se inserta un plano en el cual se dibuja 2 circunferencias de 51mm y 64mm respectivamente, se usa la operación Extruir: saliente/base con una distancia de 123mm.

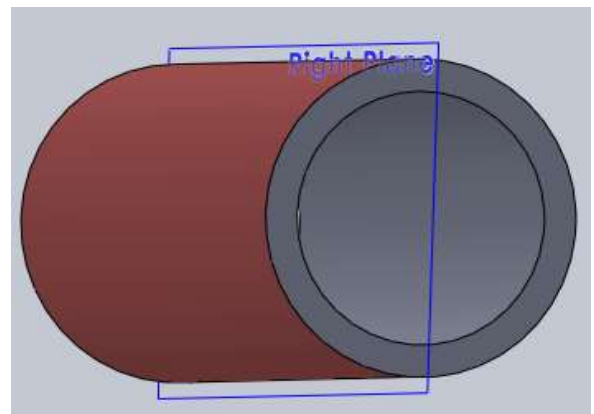
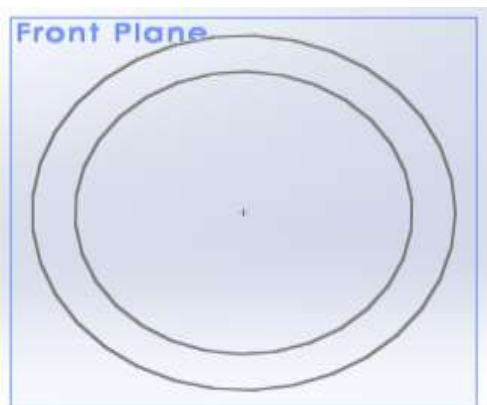


Figura 4.35 Creación de dos circunferencias Figura 4.36 Extruir pieza

Fuente: Autores

Fuente: Autores

2.- Diseñar un segundo plano en la mitad del coilover y se construyó una circunferencia de 61mm en la mitad de las anteriores circunferencias.

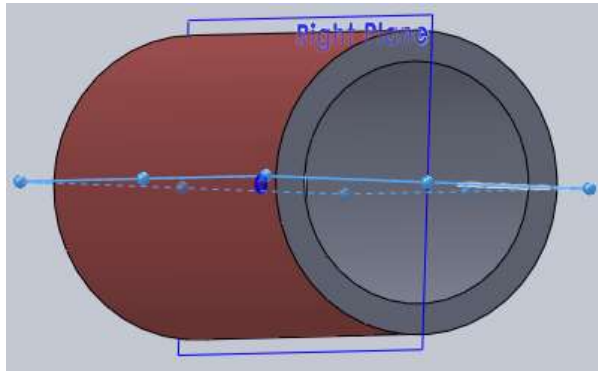


Figura 4.37 Se creó un segundo plano
Fuente: Autores

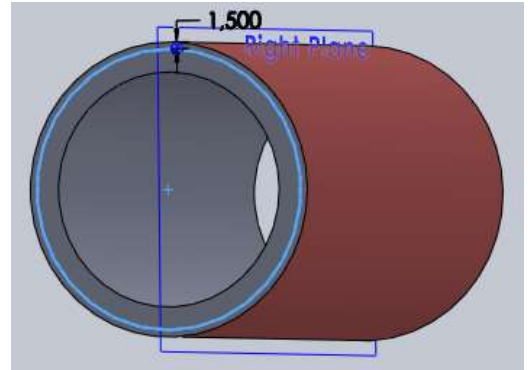


Figura 4.38 Dibujo de una circunferencia
Fuente: Autores

3.- Utilizando la circunferencia anteriormente creada como base para la operación Curvas: Hélice y espiral, a una distancia de 110 mm y 23 revoluciones se creó el espiral del coilover, se diseñó un croquis 3D para poder crear un rectángulo de 6mm de largo y 1.5mm de ancho al final del espiral para crear la rosca del coilover.

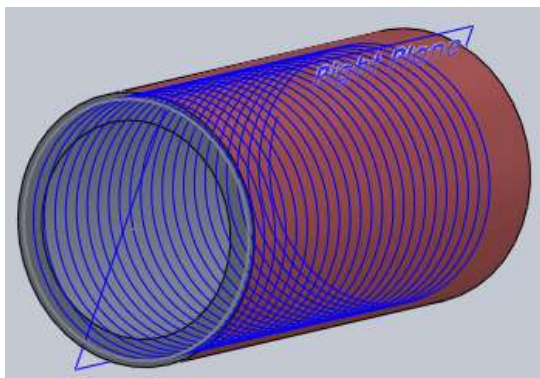


Figura 4.39 Uso de Elipses y espiral
Fuente: Autores

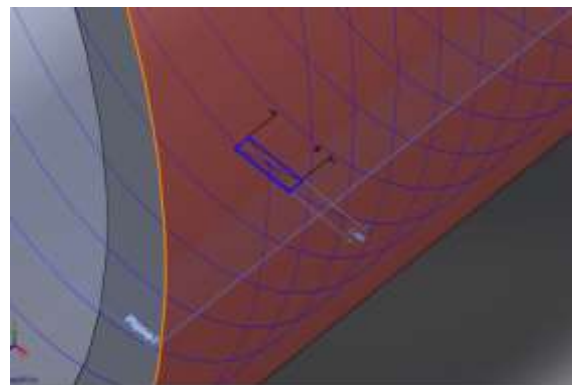


Figura 4.40 Dibujo de un rectángulo
Fuente: Autores

4.- Con operación Saliente/Base barrido se toma como referencia el espiral y como grosor el rectángulo se procedió a dar la forma a la rosca del coilover, se montó un plano adicional en la mitad del coilover para implantar un rectángulo de 50mm de largo y 20mm de ancho.

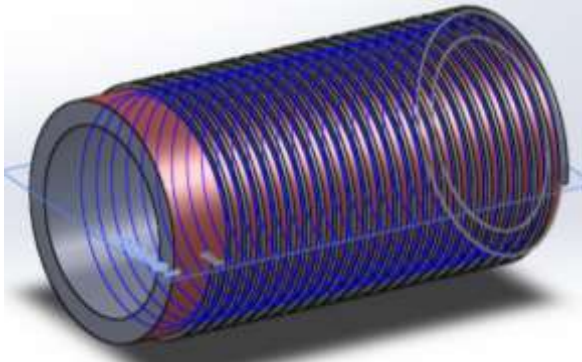


Figura 4.41 Usar Saliente base barrido

Fuente: Autores

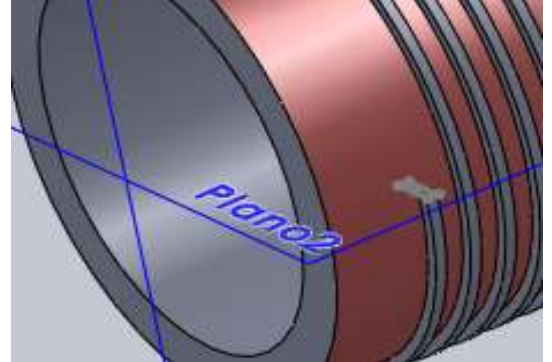


Figura 4.42 Creación de un rectángulo

Fuente: Autores

7.- En dicho plano se construye un rectángulo de 84mm de largo y 20mm de ancho para tomarlo como referencia para usar la operación Extruir corte y eliminar el material excedente.

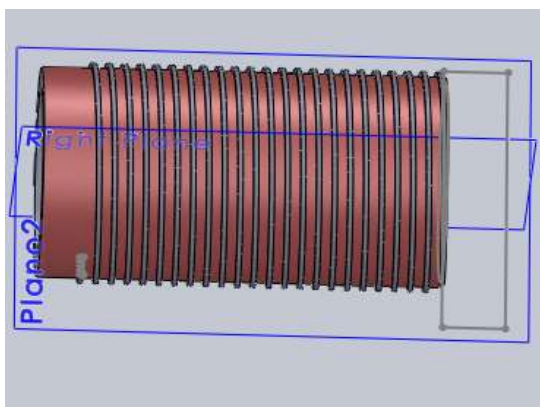


Figura 4.43 Construir un rectángulo

Fuente: Autores

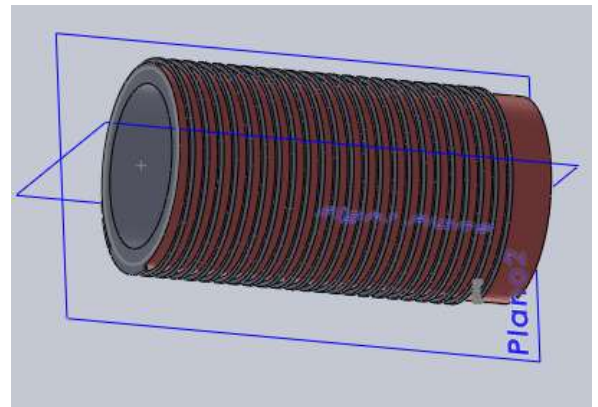


Figura 4.44 Extruir corte, eliminar material

Fuente: Autores

Coilover

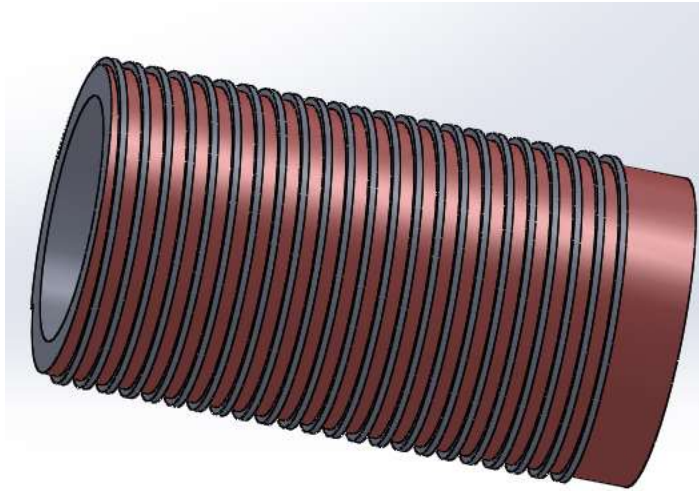


Figura 4.45 Pieza terminada

Fuente. Autores

Tope superior

1.- Se crea un plano frontal y se construye una línea de referencia de 28.5mm de largo, en este mismo plano se crean líneas con medidas del tope superior a una distancia de 11mm de la línea de referencia se deja esta distancia porque será el radio del agujero interno del tope superior.

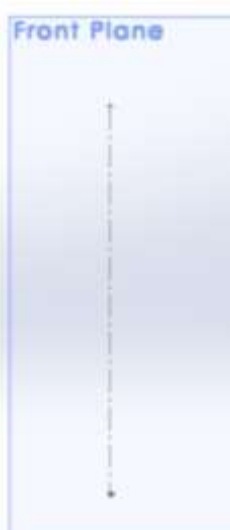


Figura 4.46 Línea de referencia

Fuente: Autores

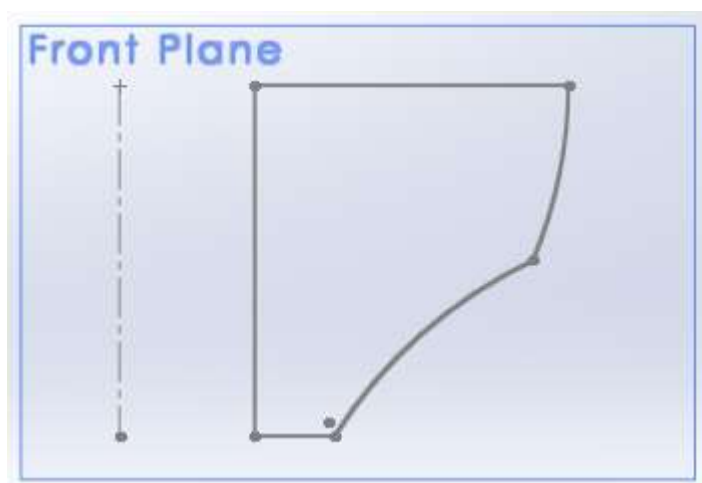


Figura 4.47 Diseño de tope superior

Fuente: Autores

3.- Con la operación de revolución se toma como punto de referencia la línea entrecortada y la parte a redondear en el croquis que se realizó con las medidas exactas quedando así el agujero interno.

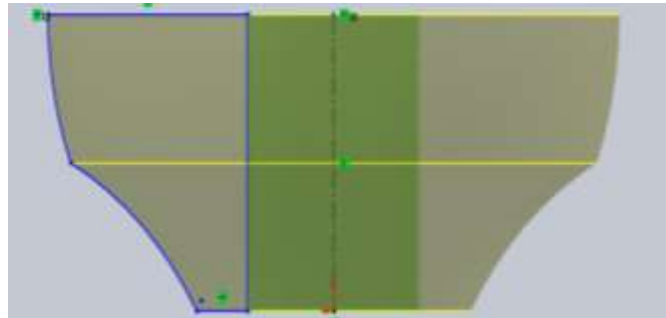


Figura 4.48 Uso de la herramienta de revolución.

Fuente. Autores

Tope superior

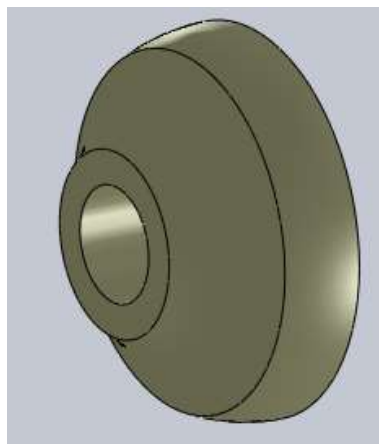


Figura 4.49 Pieza terminada.

Fuente. Autores

Segundo tope superior

1.-Primero se crea un plano frontal y se realiza un rectángulo de 41.5mm de largo y 19 de ancho y se le da la forma deseada usando las medidas del segundo tope superior.

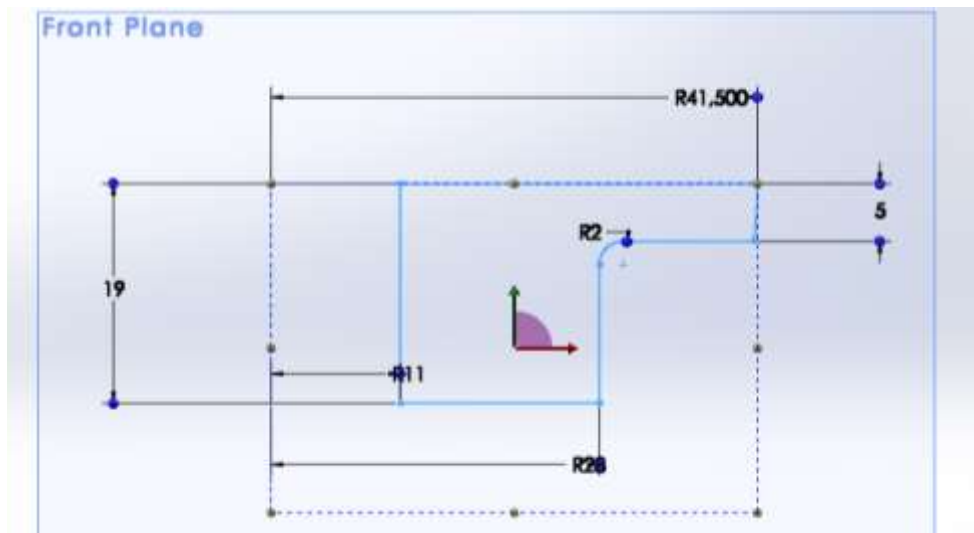


Figura 4.50 Construcción de un rectángulo.

Fuente. Autores

2.- De igual manera se realiza una línea de referencia a una distancia de 11mm para dar la forma de la circunferencia y de esta manera entre el vástago, se utiliza la opción revolución usando como base los dos croquis.

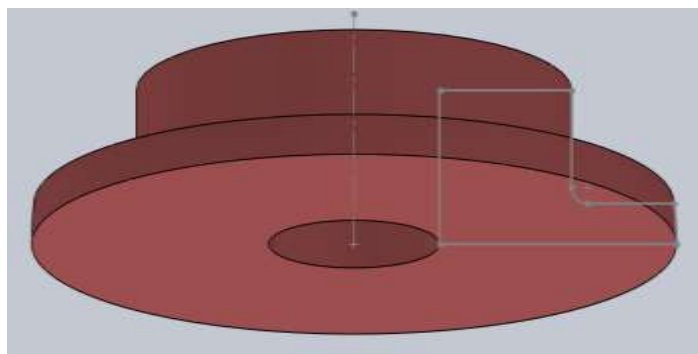


Figura 4.51 Uso de la herramienta revolución.

Fuente. Autores

Segundo tope superior

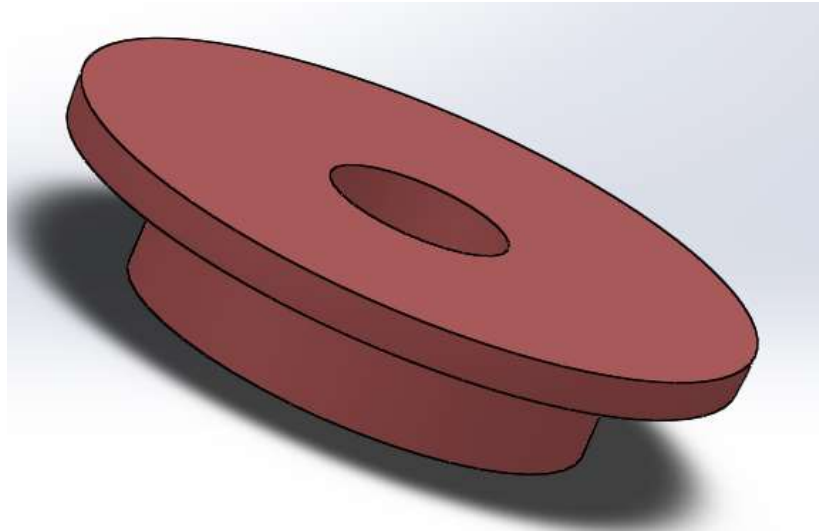


Figura 4.52 Pieza terminada.

Fuente. Autores

Vástago

1.- Dibujar una línea de referencia y proceder a dar la forma al vástago en dos dimensiones con las medidas exactas.

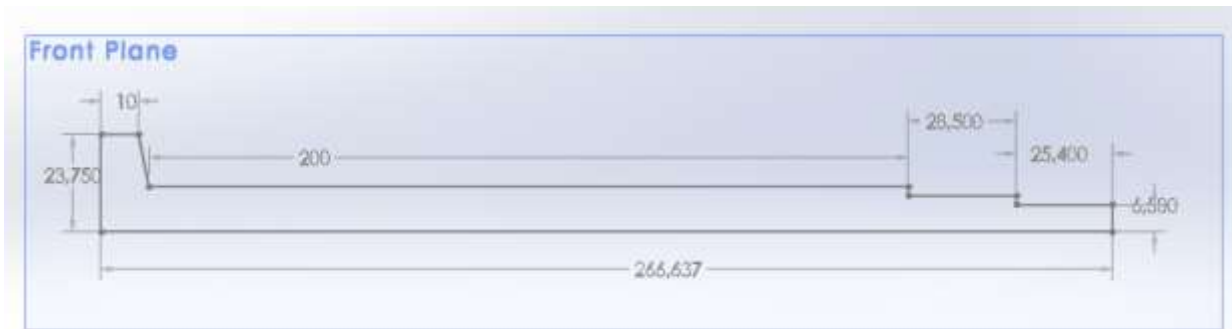


Figura 4.53 Dibujar con líneas al vástago.

Fuente. Autores

2.- Proceder a usar la opción de revolución tomando como referencia la línea más grande y así se consigue dar la forma al vástago.

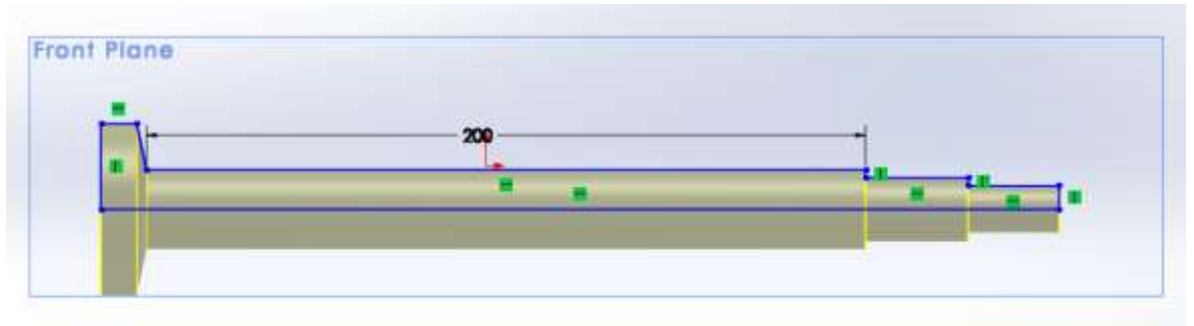


Figura 4.54 Uso de la herramienta de revolución.

Fuente. Autores

Vástago



Figura 4.55 Pieza terminada

Fuente. Autores

Ensamblaje de las piezas

1.- Añadir el vástago usando los comandos de referencia, se usa concéntrica para ubicar el vástago dentro del cilindro, luego paralelas para que no se salga el vástago y por último un punto como tope superior e inferior. Se realiza los mismos puntos de referencia para el coilover.

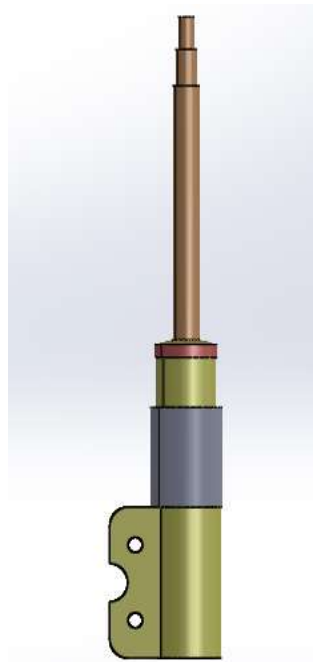


Figura 4.56 Vástago dentro del cilindro

Fuente: Autores



Figura 4.57 Vástago y coilover

Fuente: Autores

2.- Agregar los anillos de regulación para ello se usa las referencias concéntricas con el coilover, y se delimita hasta el punto más bajo y el punto más alto del coilover. Para añadir el amortiguador se utilizó la opción paralela con la parte superior del vástago y coincidente con los anillos de regulación delimitando así su movimiento.

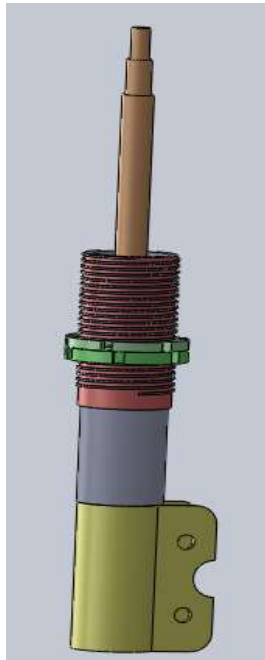


Figura 4.58 Colocación de los anillos en el coilover.

Fuente: Autores

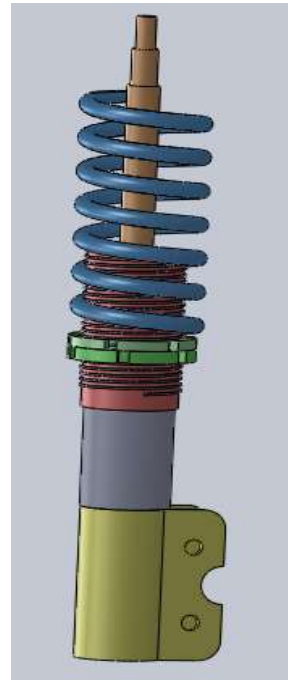


Figura 4.59 Unión del resorte y el coilover.

Fuente: Autores

3.- Colocar el primer tope superior delimitándolo con concéntrico en el vástago, coincidente con la cara superior del resorte y coincidente con la cara superior del vástago. Por último se añade el segundo tope utilizando concéntrica con el vástago y coincidente con la cara superior del primer tope.

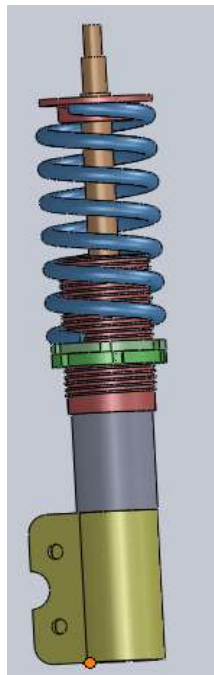


Figura 4.60 Se añade el tope superior

Fuente: Autores



Figura 4.61. Segundo tope superior

Fuente: Autores

4.3.- SIMULACIÓN Y DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN DEL CORSA WIND 2001 EN MATLAB.

Este trabajo se lo realiza con la finalidad de mostrar cómo funciona un sistema de suspensión de un vehículo de competencia en rally, tomando en cuenta los datos reales como la masa, el coeficiente de amortiguación del amortiguador Bilstein de competencia, la gravedad, y el coeficiente de elasticidad del resorte de competencia.

4.3.1.- Parámetros mecánicos del vehículo

Tabla 2 Datos técnicos del vehículo

Especificaciones	Datos
Masa total del vehículo (incluidas las 4 ruedas)	845 Kg.
Masa de cada rueda	20 kg
Masa del vehículo que le corresponde a cada rueda (m2)	(m coche - 4*m rueda)/4
Masa de la rueda (m1)	m rueda unidades
Coefficiente de amortiguación (ks)	210000; N/m
Coefficiente de elasticidad del resorte (kw)	1000000; N/m
Gravedad (b)	9800;

Fuente: Autores

Para calcular el coeficiente del resorte se debe de tomar en cuenta el material a usar como es el acero inoxidable con una constante de $G=79,28 \times 10^9$ (N/m²), se debe de obtener los siguientes datos: d= 12 (mm) Diámetro del alambre, D=76 (mm) Diámetro medio, De=88 (mm) Diámetro externo, N=5 Número de espirales activas, Ll=184 Longitud libre

$$K=(G*(d^4))/(8*(D^3)*N) \quad \gg \quad K = 9.8636e+007 \text{ (N/m)}$$

4.3.2.- FUNCIONES DE TRANSFERENCIA

Para esta simulación se toma como referencia la fórmula encontrada en el libro de Franklin en el cual se puede apreciar que:

$$\text{num} = \frac{(kw \times b)}{(m1 \times m2) \times (1 - \frac{ks}{b})} \quad (4.1)$$

Vendría a ser el numerador

$$\text{den} = \left[1, \left(\frac{b}{m_1} + \frac{b}{m_2} \right), \left(\frac{k_s}{m_1} + \frac{k_s}{m_2} + \frac{k_w}{m_1} \right), \left(\frac{(k_w \times b)}{m_1 \times m_2} \right), \left(\frac{(k_w \times k_s)}{m_1 \times m_2} \right) \right] \quad (4.2)$$

Se lo toma como denominador

$G_{yr} = \text{tf}(\text{num}, \text{den})$ (4.3) fdt entre la elevación de la carretera y la posición del chasis.

$G_{xr} = G_{yr} \times \text{tf}[(m_2 b k_s), (b k_s)]$ (4.4) fdt entre la elevación de la carretera y la posición de la rueda.

4.3.3.- COMANDOS QUE SE UTILIZARÁN EN LA SIMULACIÓN

Tabla 3 Comandos y función

Comando	Descripción
Linspace	Genera un vector desde n1 a n2 de longitud n.
Zeros	Genera un vector en la posición cero
Ones	Genera un vector en la posición uno
Plot	Dibuja un gráfico
Axis	Corrige la escala del gráfico actual
Grid	Dibuja la grilla en el gráfico actual
Drawnow	Para la animación
Clf	Borra la figura
For	Lazo For-Next (cercano)
Title	Agrega un título al gráfico actual
Subplot	Divide la ventana gráfico en secciones
N	Número de muestras
Length	Largo de un vector
Text	Agrega texto al gráfico actual
Grid on	Cuadrícula la hoja
hold on	Mantiene el gráfico actual
End	Fin del trabajo
Length	Largo de un vector
Zeros	Cero en español determina posiciones
Ones	Uno en español determina posiciones
Markersize	Determina espesor de una figura
Linewidth	Da el grosor a una línea

Fuente: Autores

4.3.4.- PARÁMETROS DE SIMULACIÓN

Tabla 4 Parámetros

Especificaciones	Parámetros de diseño
Número de muestras (N)	700
Parámetros de limitación de simulación (t)	Linspace (0,2,N)
Diseño de la carretera (r)	[zeros(1,N*0.1) -ones(1,N*0.5) zeros(1,N*0.4)]
Posición relativa del chasis (y)	lsim(G_yr,r,t)
posición relativa de la rueda (x)	lsim(G_xr,r,t)

Fuente: Autores

4.3.5.- ANIMACIÓN A PARTIR DE LA SIMULACIÓN REALIZADA

- 1.-Lazo For-Next (cercano) **For** k = 1: **length** (t)
- 2.-Borrar la figura con **Clf** esto se hace con el fin de borrar cualquier otro trabajo y evitarse complicaciones posteriormente.
- 3.-Diseñar el chasis con el comando **Plot** este comando es específico para dibujar, posteriormente se delimita con (K) y el punto t quedando así [t (k)], luego se procede a delimitar en las coordenadas (y), sumando tres para determinar la distancia de esta manera [y (k)+3], se usa la letra 's' para dar la forma en este caso la forma cuadrada, finalmente se utiliza '**markersize**', 30); para dar el espesor de la figura en este caso de 30 quedando de esta manera, **Plot** (t (k), y (k)+3,'s','**markersize**',30);
- 4.-Usar la función **hold on** para especificar el inicio de los parámetros de simulación.

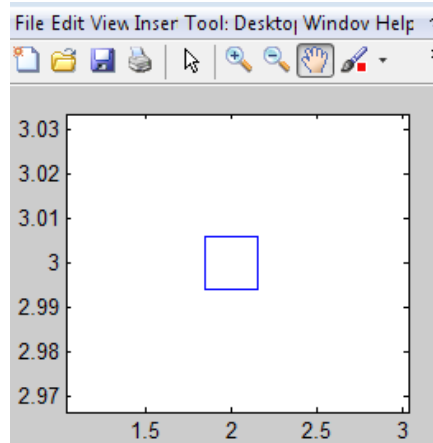


Figura 4.3.1 Dibujo del chasis

Fuente: Autores

5.- Proceder a dar un nombre a nuestra figura usando la operación de **Text** [t (k)+.1, y (k)+3,'chasis']; delimitando con la constante [t (k)], para dar la guía a nuestra figura pero esta vez se suma uno para centraR y poder ver sin inconvenientes posteriormente se delimita en (y) con la constante (k) pero más tres para dar la altura deseada y en comillas se escribe el nombre de nuestro diseño.

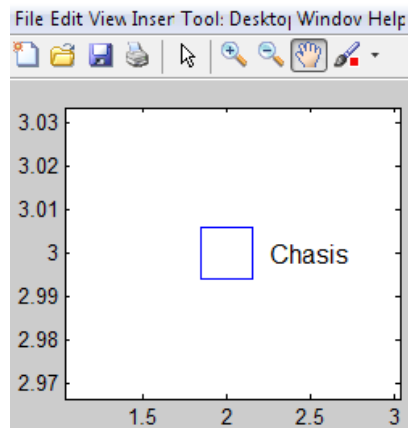


Figura 4.3.2 Colocación de nombre

Fuente: Autores

6.- Dibujar un punto con la función **Plot** ($t(k)$, $y(k)+3$, '+'), esto se hace para dar un punto de gravedad al diseño del chasis, como ya se sabe **plot** es el comando inicial para un gráfico, luego se da el recorrido inicial con [$t(k)$], seguidamente se da el vector posición en (y) sumando tres a la constante (k) y por último para dar la forma se usa el comando '+' que será lo mismo en el dibujo.

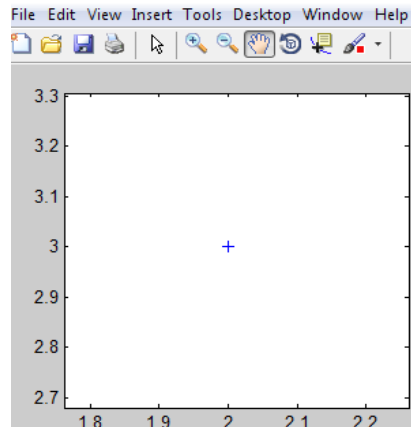


Figura 4.3.3 Punto de gravedad chasis

Fuente: Autores

7.- Dibujar la rueda usando **Plot** ($t(k)$, $x(k)+0$, 'o', 'markersize', 30); como se sabe se delimita con la constante [$t(K)$] en este caso se conservará siempre en el punto cero, posteriormente se da la forma al dibujo para ello se usa en comillas 'o' para la forma redonda, por último **markersize** 30 para dar el espesor a dicho dibujo.

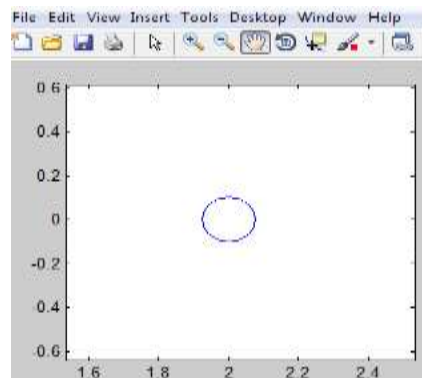


Figura 4.3.4 Dibujo de la Rueda

Fuente: Autores

8.- Para agregar el nombre se usa una vez más la función **Text** ($t(k)+1$, $x(k)+0.2$, 'rueda'); se delimita con $[t(k) + 1]$ pero se suma uno para que la posición sea visible, esta vez se toma como vector (x) ya que la rueda siempre debe de estar en el suelo y se suma 0.2 para que la rueda en el diseño se pueda desplazar sin rozamiento, se escribe el nombre en comillas quedando 'rueda'.

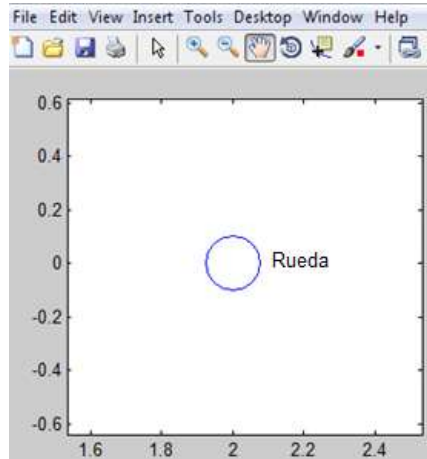


Figura 4.3.5 Situar el nombre

Fuente: Autores

9.- Implementar **Plot** ($t(k)$, $x(k)+0$, '+'); siendo (k) el limitador y se procede a dar el punto de gravedad del dibujo para ello se usa '+' en el punto cero para que se mantenga siempre en el centro del dibujo.

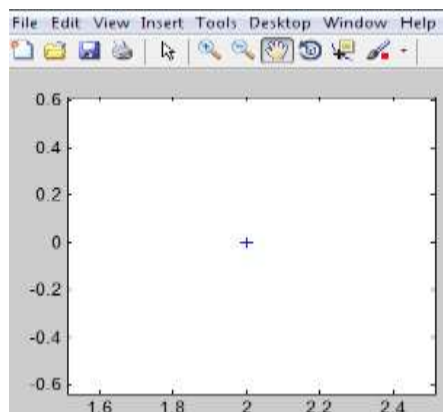


Figura 4.3.6 Punto de gravedad chasis

Fuente: Autores

10.- El amortiguador es el diseño más complicado de todos, tiene que realizar un trabajo de estiramiento y de amortiguación. Se dibuja con **Plot** (`[t (k) t (k)], [x (k), y (k)+3], 'linewidth',5)`; se tiene que dar dos delimitaciones para cada movimiento para ello se delimita dos veces con las constantes (`[t (k) t (k)]`) y doble delimitación para x, y x se mantiene con dato constante y (y) se aumenta el largo del amortiguador en dicho caso +3, y se procede a dar el espesor con el comando `'linewidth',5)`;

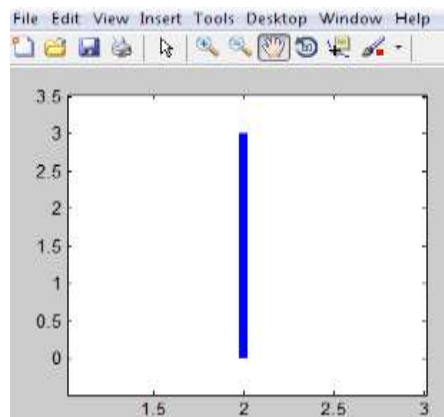


Figura 4.3.7 Diseño del amortiguador

Fuente: Autores

11.- **Text** (`t (k)+.1, (y (k)+3+x (k))/2, 'amortiguador'`) se suma una cantidad (ej. 3) para establecer la posición absoluta del chasis.

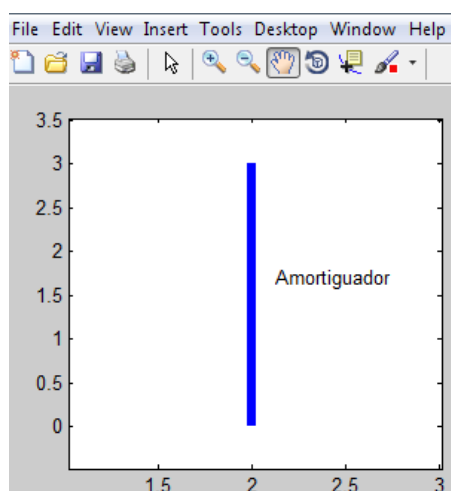


Figura 4.3.8 Nombrar el amortiguador

Fuente: Autores

12.- Graficar el camino con **Plot** (t, r,'k','linewidth',2) se delimita con el comando t, r, 'k', se usa los tres parámetros ya que (r) es el encargado de dar forma al camino m, (t, k) darían la limitación a la simulación de igual manera se usa 'linewidth',2 para dar el grosor a las líneas que representan el camino.

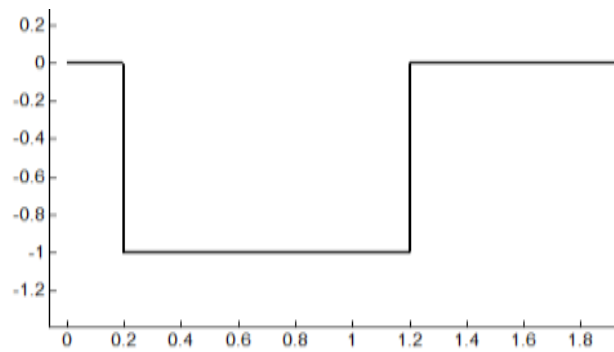


Figura 4.3.9 Esquema del camino

Fuente: Autores

13.- Seguidamente se buscará representar el movimiento del chasis para ello se utiliza la función de **Plot** (t (1: k), y (1: k)+3,'g--') se da como referencia el punto t(k) pero para poder crear una línea imaginaria se antepone la función 1: quedando así diseñada una línea pero para dar color se usa al final la letra 'g' de green en español verde y queda señalada la línea.

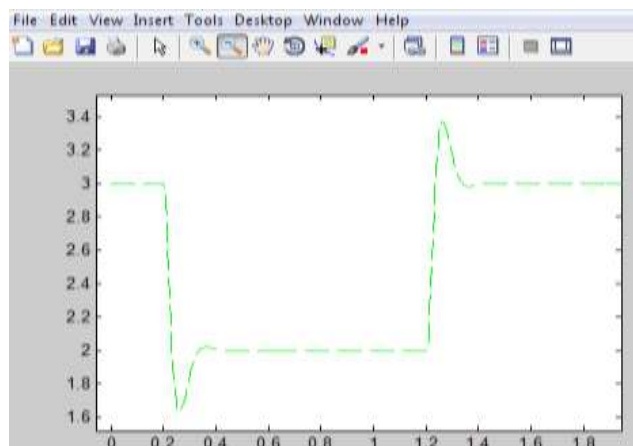


Figura 4.3.10 Esquema del recorrido del chasis

Fuente: Autores

14.- De igual manera se utiliza el mismo comando pero con la diferencia que se suma +0 para que se mantenga al margen de la llanta **Plot** (t (1: k), x (1: k)+0,'r--') por último se usa 'r' que significa red para dar la tonalidad a las líneas.

15.- Para finalizar la sección de simulación se utiliza el comando **hold off**.

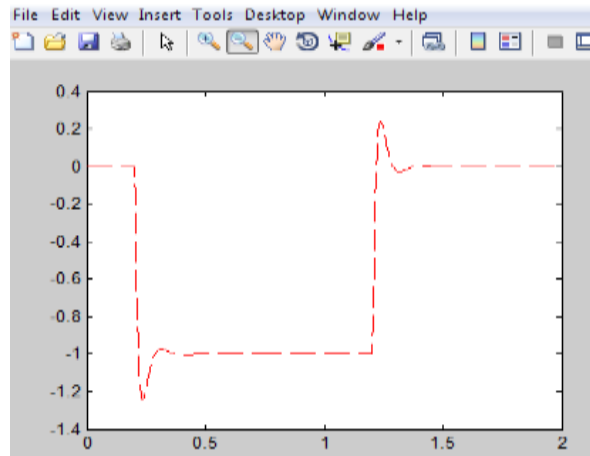


Figura 4.3.11 Diseño del recorrido de la rueda

Fuente: Autores

16.- Corregir la escala del gráfico actual usando **axis** ([-0.1, t (end)+0.1, -2, 4]); para usar axis se toma el (-0.1) como margen del lado izquierdo, se usa la constante (t) para dar el camino a seguir y (end + 0.1) como margen del lado derecho, el (-2) como margen inferior y (4) como margen superior para poder ver la animación adecuadamente.

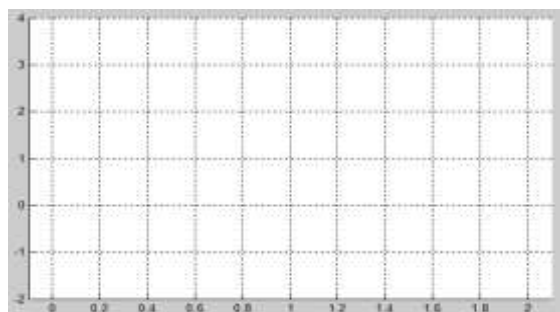


Figura 4.3.12 Uso del comando axis

Fuente: Autores

17.- Para poder observar de una manera más clara el desempeño del amortiguador se debe mostrar en una tabla a cuadros para ellos se utiliza **Grid on**.

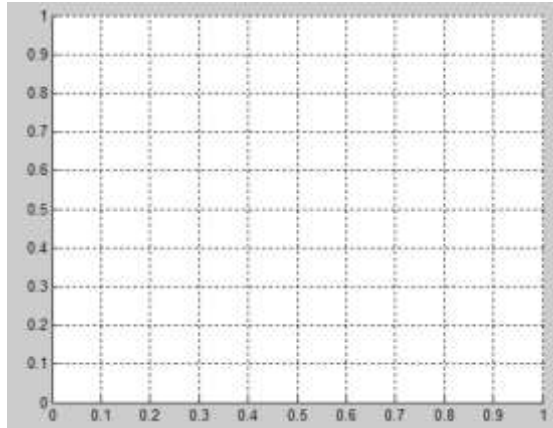


Figura 4.3.13 Creación de la cuadrícula

Fuente: Autores

18.- Para la animación se usa **Drawnow** y se procede a forzar el refresco de la figura en cada bucle.

19.- Por último se usa el comando **End** para finalizar la simulación.

4.3.6.- EN OTRA FIGURA DIBUJAMOS LAS GRÁFICAS DE LA EVOLUCIÓN TEMPORAL DE CADA VARIABLE

Una vez dados y terminados los parámetros de simulación y animación se procede a representar los datos obtenidos en gráficas.

Se divide la gráfica en 3 secciones cada una con una figura por mostrar, la primera es la elevación de la carretera, la segunda con la del chasis y tercera con la rueda.

Para realizar esta acción se usa la función **Subplot** (x, x, x) esta función toma como primer dato las partes en las que se dividirá la gráfica, el segundo dato es la delimitante desde donde irá la gráfica y la tercera es la posición que toma la gráfica.

1.- La pantalla con **Subplot** (3, 1,1) esto quiere decir que la gráfica está dividida en 3 partes, el segundo dato delimita la gráfica en las coordenadas (1x, 1y) y está en primera posición de las tres partes.

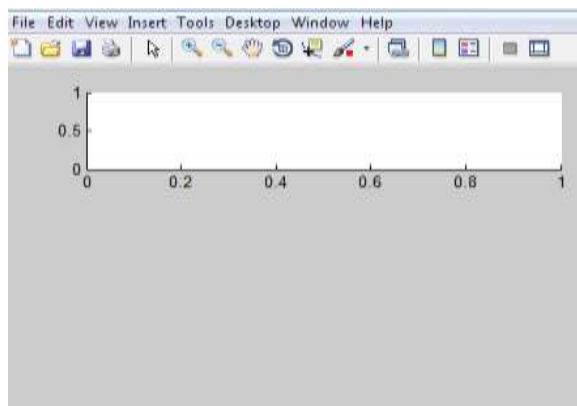


Figura 4.3.14 División de resultados

Fuente: Autores

2.- Ahora realizar el gráfico con la función **Plot** (t, r) siendo (t) el guiado de la ecuación y (r) es el camino que se ha diseñado con anterioridad.

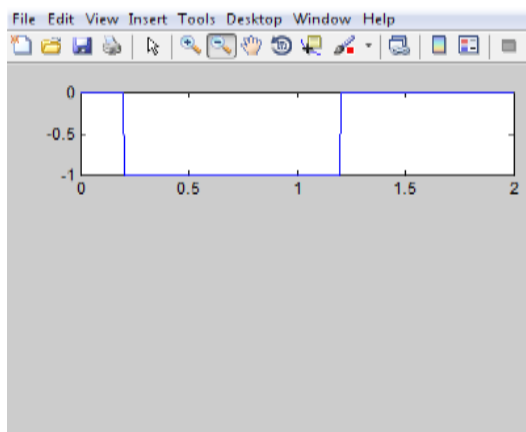


Figura 4.3.15 Resultados del camino

Fuente: Autores

3.- Agregar el título de la gráfica a representar con la función **Title** (elevación de la carretera).

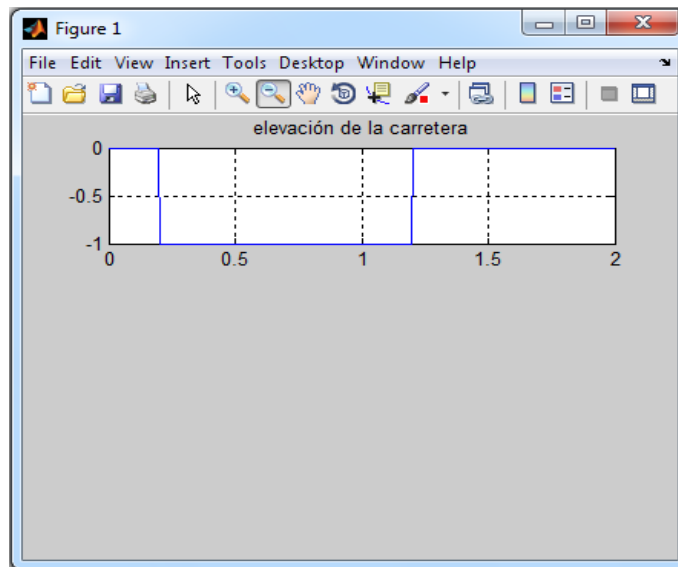


Figura 4.3.16 Colocación del nombre

Fuente: Autores

Dividir la pantalla Gráfica en sesiones **Subplot** (3,1, 2) ocupando el segundo puesto.

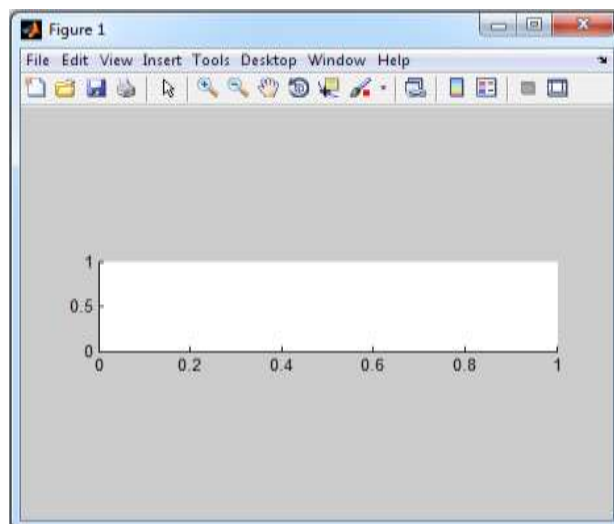


Figura 4.3.17 Segunda división

Fuente: Autores

Dibujar un gráfico **Plot** (t, x) siendo (t) las delimitantes y (x) el camino que recorre la rueda.

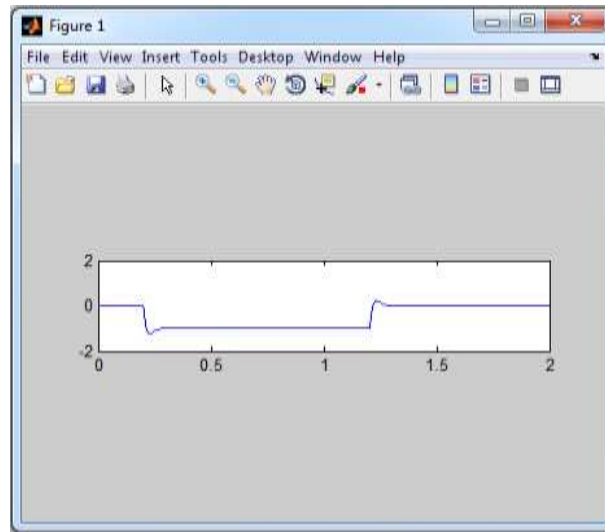


Figura 4.3.18 Resultado de la rueda

Fuente: Autores

Agregar un título al gráfico actual **Title** (posición de la rueda).

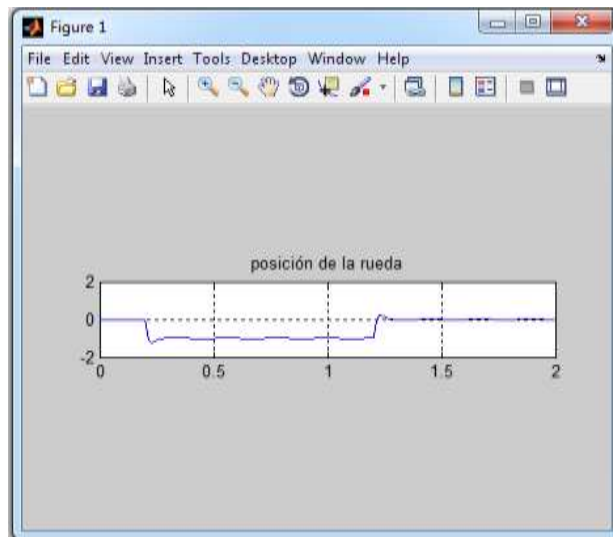


Figura 4.3.19 Nombrar el gráfico

Fuente: Autores

Dividir la pantalla Gráfica en sesiones **Subplot** (3, 1,3) tomando la tercera posición.

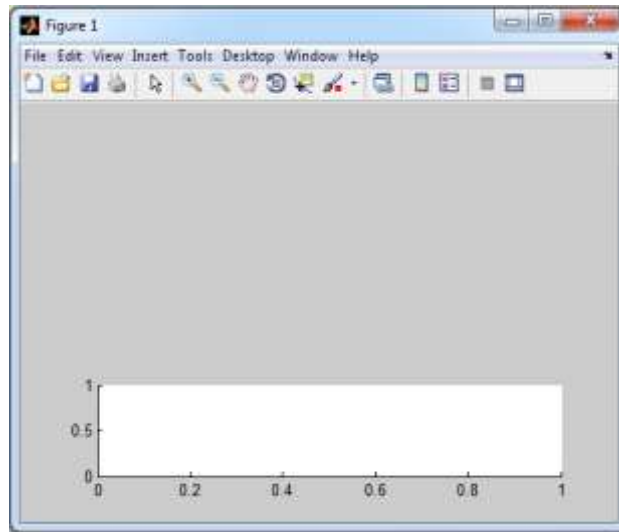


Figura 4.3.20 Tercera división

Fuente: Autores

Diseñar un gráfico **Plot** (t, y) Siendo (t) la delimitante y (y) el comportamiento del chasis.

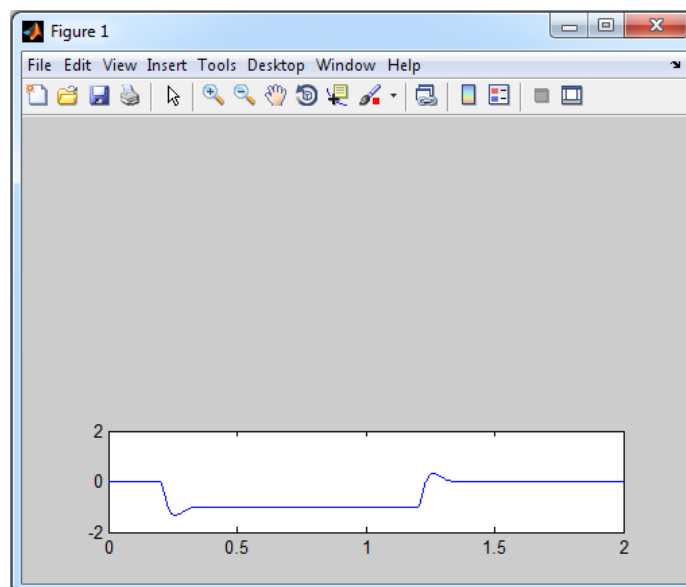


Figura 4.3.21 Resultados del chasis

Fuente: Autores

Adicionar un título al gráfico actual **Title** (posición del chasis)

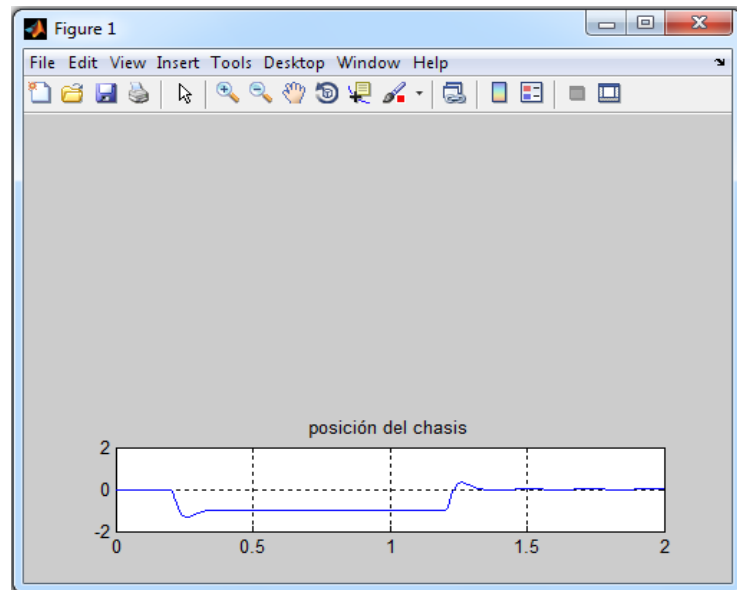


Figura 4.3.22 Colocar el nombre

Fuente: Autores

4.3.6.- Introducción de los comandos y parametros en en matlab

```
% SIMULACIÓN Y ANIMACIÓN DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN DEL  
VEHICULO CORSA WIND  
% 1.4 ESTANDAR
```

```
% PARAMETROS MECÁNICOS DEL VEHÍCULO  
% PARAMETROS MECÁNICOS DEL VEHÍCULO  
clc  
m_coche = 800           % Masa total del vehículo  
(incluidas las 4 ruedas)  
m_rueda = 20;          % Masa de cada  
rueda  
m2      = (m_coche - 4*m_rueda)/4; % masa del chasis  
que le corresponde a cada rueda  
m1      = m_rueda;      % masa de la rueda  
ks=input('Ingrese el valor de ks ')  
kw=input('Ingrese el valor de kw ')  
b= 9800;
```

```

% FUNCIONES DE TRANSFERENCIA
num = (kw*b)/(m1*m2)*[1 ks/b]
den = [1, (b/m1 + b/m2), (ks/m1 + ks/m2 + kw/m1),
(kw*b)/(m1*m2), (kw*ks)/(m1*m2)]

G_yr = tf(num,den) % fdt entre la
elevación de la carretera y la posición del chasis
G_xr = G_yr*tf([m2 b ks],[b ks]) % fdt entre la
elevación de la carretera y la posición de la rueda

% PARAMETROS DE SIMULACION
N = 600; % Número de
muestras (más muestras permiten un análisis más fino,
% pero más lento,
ajustar esto según la % potencia del
ordenador
t = linspace(0,2,N);
r = [zeros(1,N*0.1) -ones(1,N*0.5) zeros(1,N*0.4)]; %
elevación de la carretera
y = lsim(G_yr,r,t); %
posición relativa del chasis
x = lsim(G_xr,r,t); %
posición relativa de la rueda

% ANIMACIÓN A PARTIR DE LA SIMULACIÓN REALIZADA
for k = 1:length(t)
    clf;
    plot(t(k),y(k)+3,'s','markersize',30); hold on;
    text(t(k)+.1,y(k)+3,'chasis');
    text(t(k)+.1,(y(k)+3+x(k))/2,'amortiguador');
% sumamos una cantidad (ej. 3) para establecer la
posición absoluta del chasis
    plot(t(k),y(k)+3,'+');
    plot(t(k),x(k)+0,'o','markersize',30);
    plot(t(k),x(k)+0,'+');
    text(t(k)+.1,x(k)+0.2,'rueda');
    plot([t(k) t(k)], [x(k),y(k)+3], 'linewidth',5);
    plot(t,r,'k','linewidth',2);
    plot(t(1:k),y(1:k)+3,'g--');
    plot(t(1:k),x(1:k)+0,'r--'); hold off;
    axis([-0.1,t(end)+0.1,-2,5]); % izquierda ,
derecha , inferior , superior,
    grid on;

```



```

        drawnow;                                % Para la
animación, forzamos el refresco de la figura en cada
bucle
end

% EN OTRA FIGURA DIBUJAMOS LAS GRÁFICAS DE LA EVOLUCIÓN
TEMPORAL DE CADA VARIABLE
figure(2);
subplot(3,1,1);
plot(t,r)
grid on;
title('elevación de la carretera');
subplot(3,1,2);
plot(t,x);
grid on;
title('posición de la rueda');
subplot(3,1,3);
plot(t,y);
grid on;
title('posición del chasis');

```

Valores estándares (ks,kw)

Ingrese el valor de ks 140000

ks =

140000

Valores modificados (ks,kw)

Ingrese el valor de ks 210000

ks =

210000

Ingrese el valor de kw 800000

kw =

800000

Ingrese el valor de kw 1000000

kw =

1000000

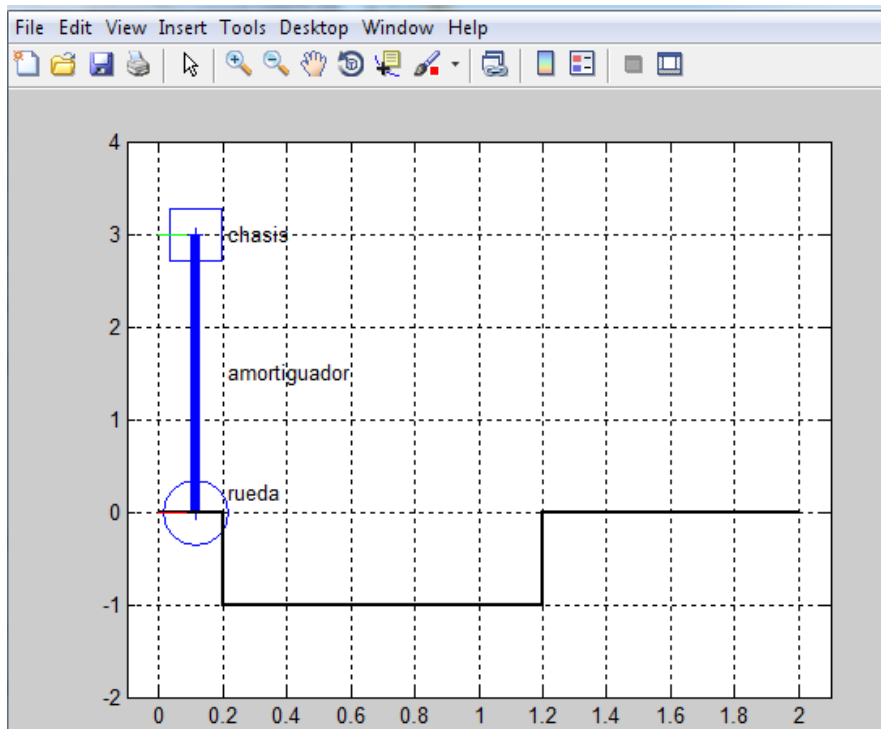


Figura 4.3.23 Simulación completa

Fuente: Autores

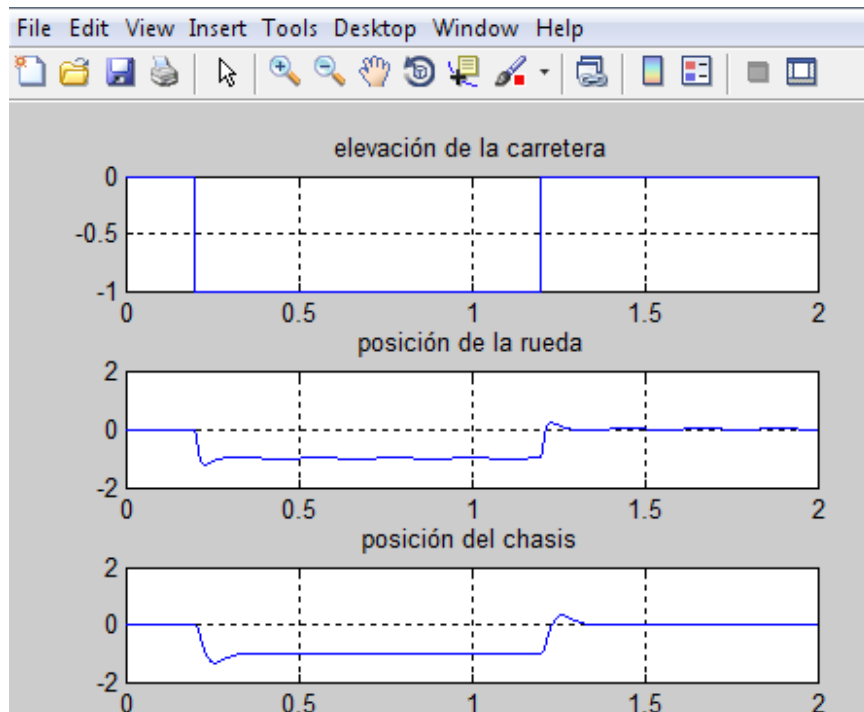


Figura 4.3.24 Resultados obtenidos

Fuente: Autores

4.4.- Desmontaje, modificación, adaptación y ensamblaje de la suspensión delantera del vehículo

4.4.1 Desmontaje del sistema de suspensión MacPherson del vehículo Corsa Wind 1.4

- Suspender el vehículo con un gato hidráulico desmontando la rueda del lado en cuestión.



Figura 4.4.1 Desmontaje rueda

Fuente. Autores

- Se aflojan las tuercas de fijación de las mesas del amortiguador con una llave 17 y una racha 19.



Figura 4.4.2 Aflojar las tuercas de fijación inferior

Fuente. Autores

- Aflojar la tuerca del vástago y los pernos de sujeción de la parte superior del amortiguador.



Figura 4.4.3 Aflojar los pernos de sujeción de la parte superior

Fuente. Autores

- Retirar el amortiguador.



Figura 4.4.4 Retirar el amortiguador

Fuente. Autores

- Ahora se procede a comprimir el resorte con el compresor de espirales garantizando la seguridad del operador.



Figura 4.4.5 Compresión de los resortes

Fuente. Autores

- Aflojar la tuerca del vástago que une el resorte con la fijación de la parte superior del amortiguador.



Figura 4.4.6 Aflojar la tuerca del vástago

Fuente. Autores

- Separar el amortiguador y el resorte.



Figura 4.4.7 Separar el resorte del amortiguador

Fuente. Autores

4.4.2. Modificación y adaptación de los espirales y amortiguadores en el sistema de suspensión Mac Pherson

- Reemplazar el amortiguador estándar del Corsa Wind por un amortiguador hidráulico de diámetro mayor y dureza superior para competencia.



Figura 4.4.8 Reemplazar amortiguadores

Fuente. Autores

- Se modificó y adaptó los soportes de horquilla de los amortiguadores ya que las dimensiones de la fijación de la parte inferior del nuevo amortiguador eran diferentes impidiendo su acople.



Figura 4.4.9 Adaptación de la horquilla

Fuente. Autores

- Se utilizó un taladro y tres brocas con medidas ($\frac{1}{4}$; $\frac{1}{2}$; $\frac{11}{16}$) para realizar las perforaciones requeridas en los soportes de horquillas del amortiguador.



Figura 4.4.10 Cambio de brocas para las perforaciones

Fuente. Autores

- Cortar los soportes de la base de los resortes en su totalidad ya que no permitía acoplar el coilovers.



→ Soportes

Figura 4.4.11 Corte de soportes de las bases de los resortes

Fuente. Autores

- Acoplar una base circular de hierro de 78 mm de largo la cual servirá para afirmar los coilovers en el amortiguador.



Figura 4.4.12 Base circular

Fuente. Autores

- Modificar el diámetro interno de 13 mm a 22mm de las bases superiores de los coilovers, para acoplarlos al vástago del amortiguador y así permitir el montaje de la sujeción superior del amortiguador.



Figura 4.4.13 Adaptación de las bases superiores para los coilovers

Fuente. Autores

4.4.3 Ensamblaje de los espirales y amortiguadores en el sistema de suspensión Mac Pherson

- Seguidamente se acopla los coilovers y los resortes en el amortiguador.



Figura 4.4.14 Acoplamiento de los coilovers

Fuente. Autores

- Adjuntar la fijación de la parte superior del amortiguador ajustando la tuerca del vástago para así afirmar el resorte y los coilovers.



Figura 4.4.15 Acoplamiento de la sujeción superior

Fuente. Autores

- Se procedió al montaje de la suspensión.
- Colocar primero la fijación de la parte superior del amortiguador en la torreta, luego se procede a ajustar los dos pernos para asegurar el amortiguador con la carrocería.



Figura 4.4.16 Ajuste de los pernos de sujeción superior

Fuente. Autores

- Se preocede a ajustar el soporte de horquilla del amortiguador con el mango de la dirección, para un mejor ajuste, se adaptó dos rodela en ambos pernos para tener un mejor afianzamiento.



Figura 4.4.17 Acoplamiento de los coilovers

Fuente. Autores

- Se regula los coilovers haciendo la carrocería más cercana al piso o alejándola se puede realizar esta acción dependiendo del camino a tomar, en la competencia de rally se recomienda usar una pequeña separación para lograr una suspensión rígida y obtener una mayor estabilidad en la pista.



Figura 4.4.18 Regulación de los coilovers

Fuente. Autores

- Una vez realizado el montaje de la suspensión se procedió a la alineación electrónica de las ruedas.



Figura 4.4.19 Colocación de sensores para la alineación

Fuente. Autores



Figura 4.4.20 Alineación en computadora
Fuente. Autores

El objetivo de este procedimiento es bajar los centros de gravedad para incrementar la estabilidad, la calidad de manejo, reducir los cabeceos al acelerar o frenar, balancear la transferencia de pesos en curvas y aumentar la seguridad sobre todo a altas velocidades. Además se logra que el vehículo tenga un "look" más deportivo y agresivo, la reducción de altura varía entre los 40 y 60 mm máximo.



Figura 4.4.21 Coilovers colocados
Fuente. Autores

Tabla 5. Cambio del resorte según el coilover

1	193
2	191
3	189
4	187
5	185
6	183
7	181
8	179
9	177
10	175
11	173
12	171
13	169
14	167
15	165
16	163
17	161
18	159
19	157
20	155
21	153
22	151
23	149
24	147
25	145

Fuente: Autores

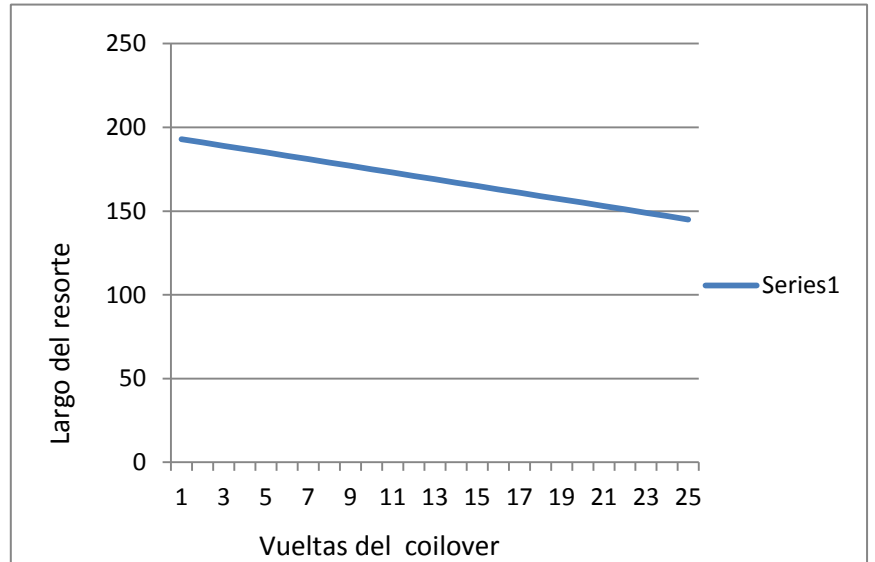


Grafico 1 Esquema variables del resorte

Fuente: Autores

4.5 Desmontaje, modificación, adaptación y ensamblaje del sistema de suspensión trasera semirrígido:

4.5.1 Desmontaje de la suspensión trasera semirrígida.

- Utilizar una gata hidráulica para suspender el vehículo y desmontar la rueda del lado en cuestión.



Figura 4.4.22 Desmontaje de la rueda posterior

Fuente. Autores

- Aflojar lentamente los pernos de la torreta para que no se desmonten de una forma brusca los resortes y amortiguadores.



Figura 4.4.23 Aflojar los pernos de la torreta posterior

Fuente. Autores

- Se retira el resorte ya que es el primero en quedar libre, se debe tener cuidado de no perder los cauchos que sirven para el ajuste en la torreta.



Figura 4.4.24 Retirar el resorte posterior

Fuente. Autores

- Posteriormente se procede a aflojar el perno de sujeción de la parte inferior del amortiguador y se procede a retirar todo el sistema.



Figura 4.4.25 Aflojar el perno de sujeción inferior

Fuente. Autores

4.5.2. Modificación y adaptación del sistema de suspensión trasera semirrígido.

- Cambiar el amortiguador normal por un deportivo Bilstein para competencia.



Figura 4.4.26 Sustitución del amortiguador estándar por uno más rígido

Fuente. Autores

- Sustituir el resorte convencional por un resorte de marca RM, si no se dispone de dichos resortes se puede recortar los convencionales para disminuir la distancia del suelo a la carrocería para lograr una mejor estabilidad.



Figura 4.4.27 Resorte estándar del vehículo

Fuente. Autores



Figura 4.4.28 Resorte de marca RM para competencia

Fuente. Autores

- En la parte inferior del amortiguador se adaptó un buje para poder realizar el ajuste correspondiente.



Figura 4.4.29 Adaptación de un buje en la parte inferior del amortiguador

Fuente. Autores

4.5.3. Ensamblaje del sistema de suspensión trasera semirrígido.

- Colocar el amortiguador



Figura 4.4.30 Colocación amortiguador

Fuente: Autores



Figura 4.4.31 Compresión del amortiguador

Fuente: Autores

- Una vez colocada se procede a apretar la sujeción inferior del amortiguador ya instalado el buje que se acopló en los soportes inferiores.



Figura 4.4.32 Fijación del amortiguador posterior

Fuente. Autores

Tabla 6 Diagnóstico de la suspensión modificada

Nº	Sistema	Parte	Estado	Medidas/ características
1	Sistema de suspensión	Amortiguador delantero	Competencia sin comprimir	620mm
			Competencia comprimido	440mm
		Amortiguador posterior	Competencia sin comprimir	650mm
			Competencia comprimido	450mm
2	Sistema de suspensión	Resorte delantero	Competencia coilover	184 mm
		Resorte posterior	Competencia	280
7	Neumáticos	Llantas	Estándar	175/70 R13
8	Carrocería	Peso	Modificado	800 kilogramos

Fuente: Autores

4.6. Puesta a punto del vehículo luego del funcionamiento en pista.

Se procedió a probar el vehículo en la pista de Yahuarcocha con la presencia de las autoridades competentes y estudiantes de la carrera de Ingeniería Automotriz, este evento se lo realizó con la finalidad de encontrar fallas en el vehículo y mejorarlas, también para dar a conocer cómo funciona nuestro vehículo una vez realizadas las preparaciones para la competencia en rally.

Una vez realizado el recorrido en pista, se tomó como decisión cambiar los amortiguadores posteriores bilstein por unos amortiguadores nuevos, por la estética y mejoramiento de adherencia del vehículo al tomar una curva cerrada.

De igual manera se optó por el cambio de las 4 llantas usadas, por unas nuevas para asegurar que en un futuro no se tenga inconvenientes o fallos inesperados en la suspensión del vehículo, además se tuvo que realizar una alineación y balanceo de las llantas nuevas.



Figura 4.4.33 Cambio de amortiguador y llantas

Fuente. Autores

CAPÍTULO V

5.-Conclusiones y Recomendaciones

5.1. Conclusiones

- Mientras el vehículo incrementa su altura en 1.5mm, el resorte se comprime en 2mm por cada vuelta que realizan los ajustes del coilover, esto se debe al peso del vehículo que hunde el amortiguador por cada vuelta pero también incrementa la altura debido a la distancia que recorre el coilover.
- El tiempo de recuperación que toma la suspensión en regresar a un punto cero depende del coeficiente de elasticidad (ks) variando de 4 a 6 segundos dependiendo si el $ks=210000$ (competencia) o $ks=140000$ (estándar), estos datos son medidas estándares que ofrece cada amortiguador dependiendo del vehículo a utilizar.
- En la pista se pudo verificar que al aumentar el (ks) se disminuye el tiempo de recuperación de la suspensión, mejorando la estabilidad, potencia y maniobrabilidad a la hora de conducir el vehículo en curvas y huecos.

5.2. Recomendaciones

- Reforzar la suspensión para adquirir un mayor nivel de seguridad y funcionamiento.
- Adquirir la licencia del programa Lotus Racing Studios Suspensión, el cual es un programa eficaz a la hora de simular una suspensión.
- Modificar la suspensión trasera y hacerla independiente para adquirir más estabilidad y mejorar la conducción.

Bibliografía

- Acosta, E. (2013). Obtenido de Conocimientos Básicos:
www.google.com.ec/search?q=%EF%83%98%09Suspensi%C3%B3n+r%C3%ADgida+con+sistema+de+barra+tirante.&tbm=isch&source=iu&imgil
- Acosta, E. (2014). *Conocimientos Básicos*. Obtenido de
www.google.com.ec/search?q=%EF%83%98%09Suspensi%C3%B3n+r%C3%ADgida+con+sistema+de+barra+tirante.&tbm=isch&source=iu&imgil
- Aficionados a la mecánica*. (2009). Obtenido de
<http://www.aficionadosalamecanica.net/suspension4.htm>
- Águeda, E. (2010). *ELEMENTOS AUTOMOVILES* . Paranunfo S.A .
- Almuro. (2008). *Al muro* . Obtenido de
<http://www.almuro.net/sitios/Mecanica/suspension.asp?sw12=1>
- Andes, U. d. (2010). *Universidad de los Andes*. Obtenido de
<http://www2.ula.ve/dsiportal/dmdocuments/elementos/RESORTES.pdf>
- Arteta, L. (2009). *Scribd.com*. Obtenido de
<http://es.scribd.com/doc/14232636/Amortiguadores-hidraulicos>
- Arteta, L. (2013). *Scribd*. Obtenido de
<http://es.scribd.com/doc/14232636/Amortiguadores-hidraulicos>
- Britos, G. (2008). Obtenido de
[/www.google.com.ec/search?q=imagenes%2Bde%2Bsuspension%2Btrasera+%26source%3Dinms%26tbm&source=inms&tbm=isch&sa=X&ei=djrhUvvlBpOtsASF4YCoBg&ved=0CAcQ_AUoAQ&biw=1025&bih=466#q=https:%2F%2Fwww.google.com.ec%2Fsearch%3Fq%3Dimagenes%2Bde%2Bsuspension%2Btraser](http://www.google.com.ec/search?q=imagenes%2Bde%2Bsuspension%2Btrasera+%26source%3Dinms%26tbm&source=inms&tbm=isch&sa=X&ei=djrhUvvlBpOtsASF4YCoBg&ved=0CAcQ_AUoAQ&biw=1025&bih=466#q=https:%2F%2Fwww.google.com.ec%2Fsearch%3Fq%3Dimagenes%2Bde%2Bsuspension%2Btraser)

- Calvo, J. (2005). *Mecánica del automóvil actualizada*. INO Reproducciones S.A.
- Cabanillas, A. (2010). *Tecnoauto*. Obtenido de http://www.tecnomat.com/adj_productos/250.pdf
- Delicado, B. (2009). *Manual de Introducción al Tratamiento de Señales con SCILAB para usuarios de MATLAB*. Obtenido de <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ingenieria/2001619/lecciones/descargas/senal.pdf>
- Dominguez, A. (2011). *molotovcoketail*. Obtenido de www.google.com.ec/search?q=%EF%83%98%09Suspensi%C3%B3n+de+eje+torsional.
- Elmers, L. (2013). Obtenido de <http://www.google.com.ec/imgres?imgurl=&imgrefurl=http%3A%2F%2Felmerscar.com%2Findex.php%2Ftips-cuidado-automotriz%2F24-guia&h=0&w=0&sz>
- Enrique. (2012). *TodoAutos*. Obtenido de www.google.com.ec/search?q=los+Resortes+Deportivos+RM&source=lnms&tbm
- Enrique. (s.f.). *TodoAutos*. Obtenido de www.google.com.ec/search?q=los+Resortes+Deportivos+RM&source=lnms&tbm
- Escanta, M. (2005). *GUIAS DE PRACTICA SOBRE EL SISTEMA DE SUSPENSION Y EL SISTEMA DE FRENOS DE UN VEHICULO WIANCHI MODELO 78* . codigo: FECYT. 158.
- Fernandez, J. (2008). *joseluisautomocion*. Obtenido de www.google.com.ec/search?q=amortiguador+de+gas&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=tibYUoyCKum

- Farah, G. (2013). *WebAcademia* . Obtenido de http://centrodeartigos.com/articulos-noticias-consejos/article_142438.html
- Gabriel. (2012). *servicio.clientesgrcautopartes@gabriel.com*. Obtenido de amortiguador+de+gas+de+un+vehiculo&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ei=wmrhUvnaBuHgsASL4ILIDg&ved=0CAcQ_AUoAQ&biw=1025&bih=466#facrc=_&imgdii=_&imgrc=5gdwJko4Lf_w5M%253A%3B4jOOe8_EOkaYyM%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.grcautopartes.com.mx%2
- Garcia , J. (2006). ELEMENTOS DEL AUTOMOVIL. Paraninfo .
- Garcimartin, A. (2013). *Fisica.unav*. Obtenido de <http://fisica.unav.es/~angel/matlab/matlab0.html>
- Gil, H. (2013). *MANUAL PRACTICO DEL AUTOMOVIL* .Codigo: 629.287.G55.Man: Cultural, S.A.
- Gil, M. (2012). Manual practico del automovil . Casa editora cultural .
- Gutierrez, C. (2012). *El aula del profesor Gutierrez*. Obtenido de <http://elauladelprofesorgutierrez.blogspot.com/2012/04/suspension-rigida.html>
- Iglesias, T. (2012). *Taller Virtual*. Obtenido de www.google.com.ec/imgres?imgurl=&imgrefurl=http%3A%2F%2Fwww.tallervirtual.com
- Jurado, J. (2003). *D.R. Conalep*. Obtenido de Colegio Nacional de Educacion Profecional Técnica : http://www.conalepslp.edu.mx/biblioteca/manual_02/automotriz-17.pdf.
- Lupe, P. (2006). Ingeniería del automóvil. España: Barcelona.

- Labarga, D. (2010). *Multiservicios Automotrices 3HCA*. Obtenido de <http://multiservicioautomotriz3h.blogspot.com/>
- Mariano, J. (2009). *Avances tecnológicos*. Obtenido de www.google.com.ec/search?q=amortiguador+de+gas&tbm=isch&tb o=u&source=univ&sa
- Marina. (2012). *SURISA*. Obtenido de www.google.com.ec/?gws_rd=cr&ei=l5qnUvG8JK_LsQT2zoDQDA #q
- MARTINEZ, J. (2009). *Diseño y Análisis de un Sistema de Suspensión*. Mexico : Mexico df.
- Mayz, E. (2013). *conosimientos basico del automovil*. Obtenido de www.google.com.ec/search?q=%EF%83%98%09Suspensi%C3%B 3n+r%C3%ADgida+con+sistema+de+barra+tirante.&tbm=isch&sou rce
- Megameboy, D. (2014). *Aficionados por la Mecánica*. Obtenido de www.google.com.ec/search?q=amortiguador+de+gas&tbm=isch&tb o=u&source=univ&sa
- Montilla, P. (2011). *Multiservicio Automotriz 3H*. Obtenido de www.google.com.ec/search?q=suspension+independiente&source =lnms&tbm=isch&s
- Mora , H. (2002). *slidechare*. Obtenido de <http://www.slideshare.net/guest55fd0/manual-scilab>
- Muños , M. (2012). *MECANICA AUTOMOTRIZ*. Obtenido de <http://suspensionautomotriz1993.blogspot.com/2012/09/tipos-de-suspension.html>

- Nejers, M. (2013). Obtenido de www.google.com.ec/search?q=suspensiones+de+eje+r%C3%ADgido+trasera&source
- Perez, J. (2008). *BuenAcuerdo.com* . Obtenido de [://www.buenacuerdo.com.ar/capital_federal_y_gba/respuestas_y_accesorios/Amortiguadores_competicion_117596.htm](http://www.buenacuerdo.com.ar/capital_federal_y_gba/respuestas_y_accesorios/Amortiguadores_competicion_117596.htm)
- Perez, M. (2008). *CIRCUITOS DE FLUIDOS, SUSPENSION Y DIRECCION*. codigo: 629.244.P47.Cir: Cengage Learning Parainfo S.A.
- Queffurust , A. (2012). *eveloppez*. Obtenido de <http://blog.developpez.com/matlab4geek/?paged=2>
- Quispelaya, C. (2012). *google drive* . Obtenido de <https://docs.google.com/document/d/1xYgVns88vcP-FM-2inRiK3w7ZpUasl4px2Yh57Dt12s/edit>
- Rodrigues, R. (2014). *Axiscadsution*. Obtenido de <http://www.axiscadsolutions.com/wp-content/uploads/2014/01/SWW14-2.png>
- Salgado, F. (2008). Obtenido de <http://www.taringa.net/posts/ciencia-educacion/13572769/Amortiguadores-lo-que-siempre-quisiste-saber.html>
- Saavedra, B. (2009). Obtenido de <http://www.gabriel.com.mx/ES/Asesoriatecnica/Paginas/Funcionamiento-del-amortiguador.aspx>
- Salazar, M. (2011). Obtenido de <http://efamoratalaz.com/recursos/1%C2%BAEI-Fluidos-T6.pdf>
- Schmeding, J. (2011). *TuCopiloto.com*. Obtenido de [://www.google.com.ec/search?q=amortiguador+de+gas&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=tibYUoyCKum](http://www.google.com.ec/search?q=amortiguador+de+gas&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=tibYUoyCKum)

Stailus , M. (2014). *Mathworks*. Obtenido de
<http://www.mathworks.com/products/matlab/>

Torres, A. (2007). *Peatom*. Obtenido de
www.peatom.info/3y3/motor/114577/avances-tecnologicos/
















VALBUENA, O. (2008). *MANUAL DE MANTENIMIENTO Y REPARACION DE VEHICULOS* . codigo: 629.287. V35. MAN: MAD, S.L.

viejto, E. (2011). *el viejito* . Obtenido de
<http://www.elviejito.com/muelles.html>

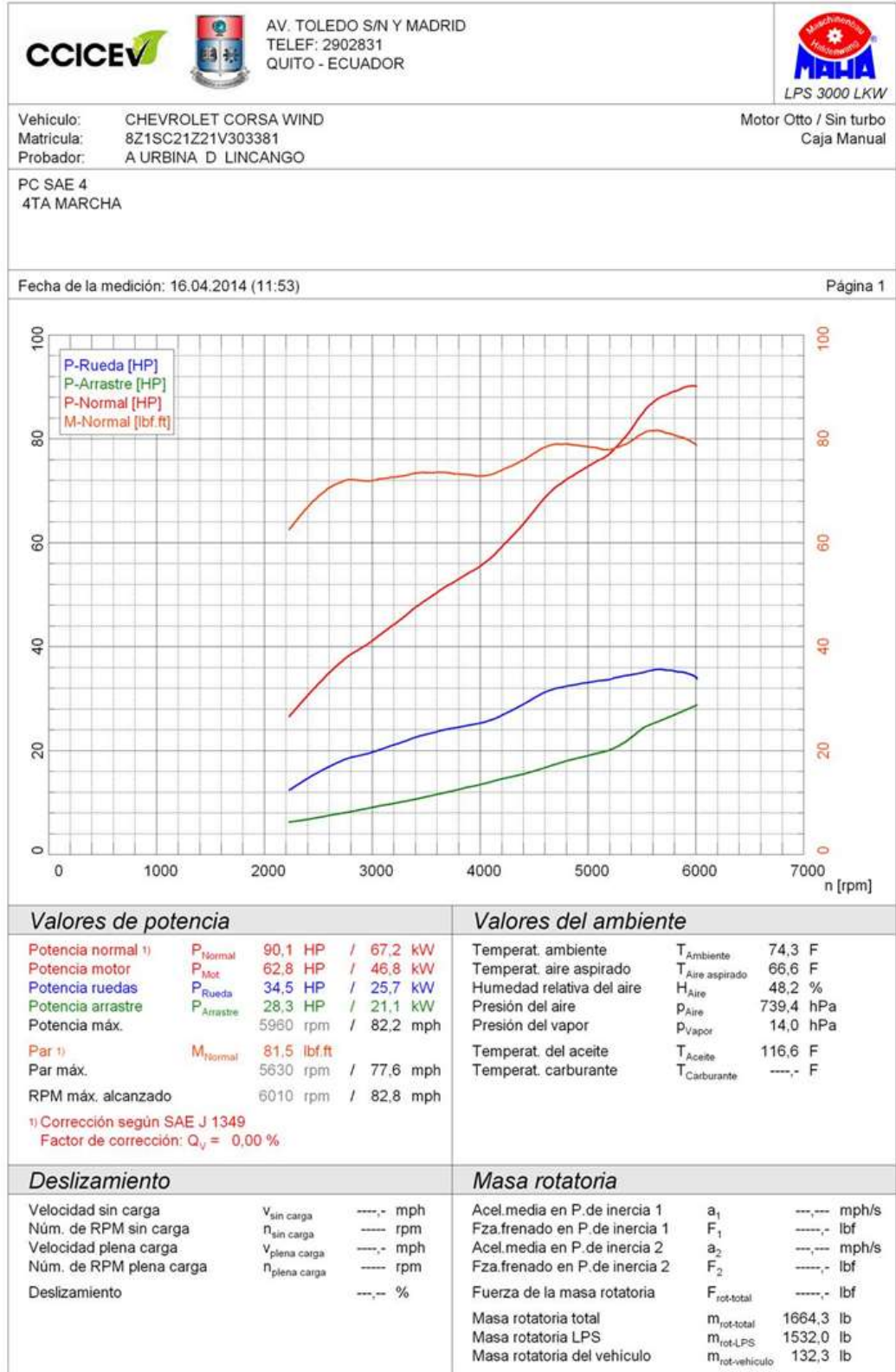
William . (2011). *PatioTuerca*. Obtenido de
www.google.com.ec/search?q=amortiguador+de+gas&tbm=isch&tbid=1&source=univ&sa

Anexos

Anexo 1 Buscador de amortiguadores Bilstein resumen de todos los productos.

			
PORSCHE			
PORSCHE BOXSTER (987)			
B6 2.7, 2.9 S 3.2, S 3.4 11/04 - 176 -228 kW	35-122180 	35-122197 	para vehículos sin PASM
B6 DTC 2.7, 2.9, S 3.2, S 3.4 11/04 - 176 -228 kW	31-122139 	31-122146 	para vehículos con PASM
B8 2.7, 2.9, S 3.2, S 3.4 11/04 - 176 -228 kW	35-122203 	35-122210 	para vehículos sin PASM
Programa de productos	Referencia o número de artículo	Eje delantero	Tipo de fijación
Fabricante del vehículo			Eje trasero
Tipo de vehículo y modelo			Indicaciones
Año de fabricación			
Motor			
			
OPEL			
OPEL CORSA B (73_, 78_, 79_)			
B3 1.2 i, 1.2 i 16V, 1.4, 1.4 i, 1.4 i 16V, 1.4 Si 03/93 - 09/00 33 -67 kW	36-130337	38-130342	para vehículos con chasis estándar
B3 1.2 i, 1.2 i 16V, 1.4, 1.4 i, 1.4 i 16V, 1.5 D, 1.7 D 03/93 - 09/00 33 -67 kW	36-130108	38-130403	Versión reforzada .
B3 1.6 GSI 16V 03/93 - 09/00 80 kW	36-161447	38-161162	para vehículos con chasis estándar
B3 1.5 D, 1.7 D 03/93 - 09/00 37 -44 kW	36-133949	38-130342	para vehículos con chasis estándar
B3 1.5 TD 03/93 - 09/00 49 kW	36-130108	38-130342	para vehículos con chasis estándar
B3 1.5 TD, 1.6 GSI 16V 03/93 - 09/00 49 -80 kW		38-130403	Versión reforzada .
B4 1.0 i 12V, 1.2 i, 1.2 i 16V, 1.4, 1.4 i, 1.4 i 16V, 1.4 Si, 1.5 D, 1.5 TD, 1.6 GSI 16V, 1.6 i 16V, 1.7 D 02/96 - 09/00 33 -80 kW	22-040909  11-101314 	19-126395 	para vehículos con chasis estándar

Anexo 2 Prueba de potencia



Anexo 3 Prueba de gases

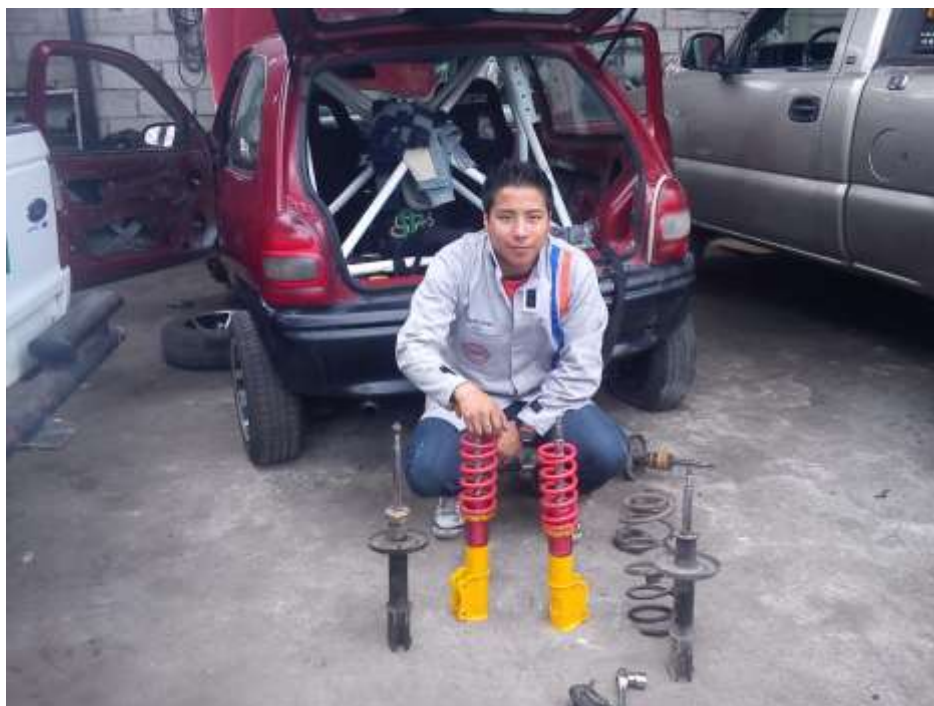
VALORES MEDIDOS	VALORES MEDIDOS
Temp. : 104 [°C]	Temp. : 96 [°C]
RPM : 1870 [1/min]	RPM : 1780 [1/min]
CO : 0.14 [%Vol]	CO : 0.22 [%Vol]
CO2 : 5.2 [%Vol]	CO2 : 6.3 [%Vol]
HC : 1211 [ppmVol]	HC : 2340 [ppmVol]
O2 : 12.79 [%Vol]	O2 : 13.60 [%Vol]
Lambda : 2.352 [-]	Lambda : 2.017 [-]
Fecha y hora 22.05.2014 17:51	Fecha y hora 22.05.2014 17:42
Sello	Sello
Examinador GRUP01	Examinador GRUP01
Firma	Firma
α	α
ANAL. GASES DE ESCAPE	ANAL. GASES DE ESCAPE
BRAIN BEE	BRAIN BEE
Tipo: AG5-688	Tipo: AG5-688
Version Software: 1.300	Version Software: 1.300
No. Serie: 110907001146	No. Serie: 110907001146
No. Aprobacion: T10133	No. Aprobacion: T10133
yyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyy yyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyy yyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyy yyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyy yyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyy	yyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyy yyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyy yyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyy yyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyy yyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyyy
Placa: PXC0104	Placa: PXC0104
Tipo combustible: GASOLINA	Tipo combustible: GASOLINA

Anexo 4 Fotografías

Header



Amortiguadores



Anexo 5 Socialización



Universidad Técnica del Norte
Facultad de Educación, Ciencia y Tecnología
Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz

Ibarra, 03 de Julio del 2014

CERTIFICADO

Yo Ing. Carlos Mafía certifico:

Que los señores estudiantes egresados **JÁCOME DIAZ WILLIAM ARTURO Y ALVARO ONOFRE VILLOTA HERNANDEZ** de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz cumplieron con la socialización del tema de Trabajo de Grado "**MODIFICACIÓN Y SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN DE UN VEHÍCULO CORSA WIND 1.4 PARA COMPETENCIAS DE RALLY MEDIANTE SOFTWARE**", con los estudiantes de Décimo Semestre de la carrera en mención el día 10 de junio del 2014 a las 15h00.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

Atentamente,



Ing. Carlos Mafía

DIRECTOR DE TESIS

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

F.E.C.Y.T.

CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ.

Nómina de alumnos de décimo semestre que recibieron la socialización del tema: Modificación y simulación del sistema de suspensión de un vehículo Corsa Wind 1.4 para competencias de rally mediante software.

NOMBRE	C.I	FIRMA
Leonato Feinmal	040177105-9	
Santiago F. N. Villanueva	100318556-6	
Diego Portogona	100330381-4	
Florencia Mauricio	100330956-2	
Wagner Cuevas	100335545-7	
Cristian Moran	100329196-8	
Shenny Morales	100377888-1	
Dennis Leiva	1120117174-0	
Sandy Silva	1004283519	
Jonathan Cevallos	100362680-9	
David Velasco	200763426-0	
Geismari Boucias	040161371-5	

Lenin Jasso	040157641-8	
Carlos Castillo	1003124300	
Darwin Estrada	100385621-6	
EDUARD PABLO	040163499-3	
Cristian Maldonado	400435602-6	
DAVID GONZALEZ	100351472-4	
Cristian Mejia	1003707807	
ROLANDO LAOANA	040103766-8	
Jimmy Ruano	040122193-2	
Andrés Teyueta	100252458-3	
Jipson Villanueva	003618640	
David Charón	1003122193	
David Noguera	100334136-1	
CARLOS CUEVAL	040178326-1	
Fernando Zúñiga	040183911-3	

SOCIALIZADORES

William Jácome



Álvaro Villota



DOCENTE

Ing. Carlos Maffa





**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, 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:	1003122759		
APELLIDOS Y NOMBRES:	JACOME DIAZ WILLIAM ARTURO		
DIRECCIÓN:	Atuntaqui – Hugo Solano de la Sala y Gonzales Suarez		
EMAIL:	www.wilis@hotmail.com		
TELÉFONO FIJO:	2908901	TELÉFONO MÓVIL	0988887006

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	"SIMULACION Y MODIFICACION DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN DE UN VEHICULO CORSA WIND 1.4 PARA COMPETENCIA DE RALLY MEDIANTE SOFTWARE"
AUTOR (ES):	JACOME DIAZ WILLIAM ARTURO, VILLOTA HERNADEZ ALVARO ONOFRE
FECHA: AAAAMMDD	2015/01/30
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Título de Ingeniero Mantenimiento Automotriz .
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Carlos Mafla

3. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD


Yo, JACOME DIAZ WILLIAM ARTURO, con cédula de identidad Nro. 100312275-9, en calidad de autor (es) y titular (es) 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.

4. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) 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 es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 30 días del mes de enero de 2015

EL AUTORES:

(Firma) 
Nombre: JACOME DIAZ WILLIAM ARTURO
C.C. 100312275-9



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

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

Yo, JACOME DIAZ WILLIAM ARTURO, con cédula de identidad Nro. 100312275-9, 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 titulado: "SIMULACION Y MODIFICACION DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN DE UN VEHICULO CORSA WIND 1.4 PARA COMPETENCIA DE RALLY MEDIANTE SOFTWARE", que ha sido desarrollada para optar por el Título de Ingeniero en Mantenimiento Automotriz en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En condición de autor me reservo 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.

Ibarra, a los 30 días del mes de enero de 2015

(Firma).....
Nombre: JACOME DIAZ WILLIAM ARTURO
C.C.-100312275-9



**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, 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:	040163301-1		
APELLIDOS Y NOMBRES:	VILLOTA HERNADEZ ALVARO ONOFRE		
DIRECCIÓN:	Huaca		
EMAIL:	ktm450v@hotmail.com		
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL	0990998804

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	"SIMULACION Y MODIFICACION DEL SISTEMA DE SUSPENSION DE UN VEHICULO CORSA WIND 1.4 PARA COMPETENCIA DE RALLY MEDIANTE SOFTWARE"
AUTOR (ES):	JACOME DIAZ WILLIAM ARTURO, VILLOTA HERNADEZ ALVARO ONOFRE
FECHA: AAAAMMDD	2015/01/30
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Título de Ingeniero Mantenimiento Automotriz .
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Carlos Maña

5. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, VILLOTA HERNANDEZ ALVARO ONOFRE, con cédula de identidad Nro. 040163301-1, en calidad de autor (es) y titular (es) 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.

6. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) 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 es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 30 días del mes de enero de 2015

EL AUTORES:



(Firma)
Nombre: VILLOTA HERNANDEZ ALVARO ONOFRE
C.C. 040163301-1



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

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

Yo, VILLOTA HERNANDEZ ALVARO ONOFRE, con cédula de identidad Nro. 040163301-1 respectivamente, 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 titulado: "SIMULACION Y MODIFICACION DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN DE UN VEHICULO CORSA WIND 1.4 PARA COMPETENCIA DE RALLY MEDIANTE SOFTWARE", que ha sido desarrollada para optar por el Título de Ingeniero en Mantenimiento Automotriz en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En condición de autor me reservo 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.

Ibarra, a los 30 días del mes de enero de 2015

(Firma) 
Nombre: VILLOTA HERNANDEZ ALVARO ONOFRE
C.C. 040163301-1