



# INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**Proyecto Previo a la Obtención del Título de Ingeniero  
Automotriz**

**Autores:** Bryan Alexander Vitonera Pulecio.

Aaron Manuel Mosquera Llauca.

**Tutor:** Ing. Edgar Vera Puebla. Msc.

**Adaptación del Sistema de Dirección y Suspensión Delantera  
sobre Estructura en Prototipo Tubular Biplaza de Competencia**



### **Certificación de Autoría**

Nosotros, Bryan Alexander Vitonera Pulecio y Aaron Manuel Mosquera Llauca, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad intelectual, reglamento y leyes.

---

Bryan Alexander Vitonera Pulecio

C.I: 0707041232

---

Aaron Manuel Mosquera Llauca

C.I: 0955615067

### **Aprobación del Tutor**

Yo, Edgar Gustavo Vera Puebla certifico que conozco los autores del presente trabajo siendo responsable exclusivo tanto de su seguridad y autenticidad, como de su contenido

---

Ing. Edgar Vera Puebla Msc.

Director del Proyecto

## **Dedicatoria**

El presente proyecto es dedicado:

En primer lugar, a Dios por permitirme que todo se diera y brindarme salud y vida.

También va dedicado especialmente a mi madre que ha sido el pilar fundamental en mi vida, también a seres queridos que no me acompañan, gracias a todos he podido llegar hasta el punto donde me encuentro actualmente.

***Bryan Alexander Vitonera Pulecio.***

## **Dedicatoria**

El proyecto de titulación es dedicado:

En primer lugar, a Jehova por permitirme que todo se diera y brindarme salud y vida.

También va dedicado especialmente a mis padres han sido el pilar fundamental en mi vida y me apoyaron en todo momento, a mis familiares cercanos que también me brindaron su apoyo para llegar hasta este punto.

*Aaron Manuel Mosquera Llauca.*

## **Agradecimiento**

El presente agradecimiento es dirigido para:

Principalmente a Dios por permitirme llegar hasta este punto de mi vida y haberme brindado el regalo de la vida, darme buena salud, prosperidad, experiencias y oportunidades.

A mi madre que siempre me ha apoyado en todo y me ha permitido cumplir mis metas, también a mi padre por ayudarme en el transcurso de mis estudios.

A mis hermanos que me han demostrado que todo con responsabilidad y compromiso se puede lograr.

A mis amistades sinceras, que me han apoyado con aliento en momentos cruciales de mi carrera.

A mis compañeros, lo que estuvieron en momentos en los que los necesite.

A mi tutor el Ing. Edgar Vera Puebla quien se convirtió en un amigo y nos apoyó durante la carrera y el proyecto de titulación.

A mis docentes que me brindaron conocimiento para crecer como estudiante y persona.

A las personas que en un punto de mi vida estuvieron conmigo y por decisiones de la vida hoy no me acompañan, ya que me motivaron a no rendirme y demostrar de lo que soy capaz.

***Bryan Alexander Vitonera Pulecio.***

## Agradecimientos

Este agradecimiento va dirigido para:

Principalmente a Jehova por permitirme llegar hasta este punto de mi vida y haberme brindado el regalo de la vida, darme buena salud, prosperidad, experiencias y oportunidades.

A mi madre y mi padre por brindarme su apoyo incondicional en todas mis metas y por siempre estar a mi lado en los momentos de mi vida.

A mis abuelitos por educarme y siempre guiarme de forma correcta.

A mi hermana y mi primo por ayudarme siempre con mis estudios y brindarme su apoyo.

A mis amistades que siempre me apoyaron y me alentaron a perseguir mis metas.

A mis compañeros de clases que me brindaron apoyo y aliento en todo momento.

A mi tutor el Ing. Edgar Vera Puebla que siempre nos supo guiar de la mejor forma y nos brindó los mejores consejos para poder culminar con éxito la carrera y el proyecto de titulación.

Al resto de docentes que nos impartieron sus conocimientos y tanto académicos y éticos.

*Aaron Manuel Mosquera Llauca.*



## Índice General

Certificación de Autoría.....	iii
Aprobación del Tutor.....	iv
Dedicatoria.....	v
Dedicatoria.....	vi
Agradecimiento.....	vii
Agradecimientos.....	viii
Índice General.....	ix
Índice de Figuras.....	xiii
Índice de Tablas.....	xvi
Resumen.....	xvii
Abstract.....	xviii
Capítulo I.....	2
Problema de Investigación.....	2
1.1 Tema de Investigación.....	2
1.2 Planteamiento de Investigación.....	2
1.2.1 Formulación del Problema.....	3
1.2.2 Sistematización del Problema.....	3
1.3 Objetivos del Problema.....	3
1.3.1 Objetivo General.....	3
1.3.2 Objetivos Específicos.....	3
1.4 Justificación e Importancia de la Investigación.....	4
1.4.1 Justificación Teórica.....	4
1.4.2 Justificación Metodológica.....	4
1.4.3 Justificación Practica.....	4

1.4.4	<i>Delimitación Temporal</i> .....	4
1.4.5	<i>Delimitación Geográfica</i> .....	4
1.4.6	<i>Delimitación del Contenido</i> .....	6
1.5	Alcance .....	6
Capítulo II.....		8
Marco Teórico.....		8
2.1	Vehículos de Competencia con Chasis Tubular.....	8
2.1.1	<i>Vehículo Monoplaza de Competencia</i> .....	9
2.1.2	<i>Vehículo Biplaza de Competencia</i> .....	10
2.2	Sistema de Dirección.....	11
2.3	Elementos de un Sistema de Dirección .....	12
2.3.1	<i>Volante de Dirección</i> .....	13
2.3.2	<i>Columna de Dirección</i> .....	14
2.3.3	<i>Cremallera de Dirección</i> .....	16
2.3.4	<i>Barras y Rotulas de Dirección</i> .....	17
2.3.5	<i>Ruedas</i> .....	18
2.4	Tipos de Sistemas de Dirección .....	19
2.4.1	<i>Sistema de Dirección por Cremallera</i> .....	19
2.4.2	<i>Elementos para una Dirección Mecánica por Cremallera</i> .....	21
2.4.3	<i>Sistema de Dirección con Asistencia Hidráulica</i> .....	23
2.4.4	<i>Sistema de Dirección con Asistencia Electrohidráulica</i> .....	24
2.5	Sistema de Suspensión .....	26
2.5.1	<i>Partes del Sistema de Suspensión</i> .....	27
2.6	Procedimiento Análisis Dinámico.....	32
2.7	Procedimiento Análisis Estructural .....	33

2.8 Creación de Malla .....	34
Capítulo III.....	35
Proceso de Adaptación del Sistema de Dirección y Suspensión Delantera en un Prototipo de Chasis Tubular de Competencia .....	35
3.1 Proceso de Modelado de Sistema de Suspensión.....	35
3.1.1 Modelado de Brazos de Suspensión Inferiores.....	36
3.1.2 Modelado de Brazos de Suspensión Superior.....	37
3.1.3 Modelado de Base para Rotula del Brazo de Suspensión Superior .....	38
3.1.4 Modelado de Bases para los Brazos de Suspensión .....	39
3.2 Proceso de Análisis de Esfuerzos del Sistema de Suspensión .....	40
3.3 Procesos de Adaptación de los Sistemas Automotrices .....	42
3.3.1 Proceso de Adaptación del Sistema de Suspensión Delantera.....	42
3.3.2 Adaptación de los Amortiguadores.....	49
3.3.3 Proceso de Adaptación del Sistema de Dirección .....	54
Capítulo IV.....	55
Análisis de Resultados y Pruebas Mecánicas de los Sistemas Adaptados.....	55
4.1 Análisis de Resultados.....	55
4.1.1 Análisis Mecánico del Sistema de Suspensión.....	55
4.1.2 Análisis Mecánico del Sistema de Dirección.....	56
4.2 Análisis de Resultados del Análisis Estructural .....	57
Conclusiones .....	58
Recomendaciones .....	59
Bibliografía .....	60
Anexos 1 .....	63
Anexos 2 .....	69

Anexos 3 ..... 74

## Índice de Figuras

Figura 1 Taller Automotriz Mayorga Custom Bikes .....	5
Figura 2 Taller Automotriz .....	5
Figura 3 Modelo de Chasis Tubular de Competencia.....	9
Figura 4 Chasis Estructura Tubular Fórmula SAE .....	10
Figura 5 Coche Biplaza Ariel Atom .....	11
Figura 6 Sistema de Dirección Mecánica por Cremallera .....	12
Figura 7 Prototipo de Volante de Competencia para Vehículos de Competencia.....	14
Figura 8 Sistema de Dirección Mecánica por Cremallera .....	15
Figura 9 Sistema de Dirección de un Kart.....	16
Figura 10 Barra y Rotula de Dirección de un Vehículo.....	18
Figura 11 Elementos de una Rueda .....	19
Figura 12 Sistema de Dirección Mecánico por Cremallera y Barras de Dirección en los Extremos .....	20
Figura 13 Piñón de Ataque de una Cremallera de Dirección.....	21
Figura 14 Barra de Cremallera de un Sistema de Dirección.....	22
Figura 15 Sistema de Dirección Hidráulica .....	23
Figura 16 Sistema de Dirección con Asistencia Electrohidráulica .....	25
Figura 17 Sistema de Suspensión Independiente de un Vehículo de Competencia .....	27
Figura 18 Conjunto de Amortiguadores y Mulles Helicoidales .....	28
Figura 19 Brazos de Control de Suspensión de un Vehículo.....	29
Figura 20 Sistema de Rotulas de Suspensión en Sistema de Suspensión Independiente. ....	30
Figura 21 Bocines Metálicos .....	31
Figura 22 Representación de Análisis Dinámico.....	32
Figura 23 Demostración de Análisis Estructural por Medio Inventor PRO .....	33

Figura 24 Representación del Mallado en Análisis de Tensión.....	34
Figura 25 Modelado del sistema de suspensión.....	35
Figura 26 Dibujo y Modelado del Brazo Inferior con Bocín.....	36
Figura 27 Modelado 3D del Brazo Inferior de Suspensión .....	37
Figura 28 Modelado de Brazo Superior de Suspensión.....	38
Figura 29 Modelado de Base para Rotula de Suspensión Superior .....	39
Figura 30 Modelado de Base para Brazos Suspensión .....	40
Figura 31 Modelado de Base para Brazos Suspensión .....	41
Figura 32 Representación de Fuerzas en Simulación .....	41
Figura 33 Bases para los Brazos de Suspensión de lado Derecho e Izquierdo.....	43
Figura 34 Implementación de Bocín Metálico en el Brazo de Suspensión tanto como Derecha e Izquierda.....	44
Figura 35 Implementación de una Base para la Rótula para los Brazos de Suspensión.....	44
Figura 36 Bases para los Brazos de Suspensión tanto como Derecha e Izquierda .....	45
Figura 37 Refuerzo para los Brazos de Suspensión Inferiores y Superiores .....	46
Figura 38 Brazo Inferior de Suspensión Inicial .....	47
Figura 39 Brazo Inferior de Suspensión Inicial .....	48
Figura 40 Implementación Base para Unión de Rotula .....	49
Figura 41 Bases Superiores para los Amortiguadores .....	50
Figura 42 Bases de los Amortiguadores con Canales de Regulación.....	51
Figura 43 Bases Inferiores para los Amortiguadores.....	52
Figura 44 Sistema de Amortiguación Implementado Correctamente.....	52
Figura 45 Medición de Angulo de los Amortiguadores.....	53
Figura 46 Alargamiento de la Punta de Dirección.....	54
Figura 47 Implementacion de Base para Barra Estabilizadora.....	55

Figura 48 Refuerzo Vertical entre Bases de Suspensión .....56

**Índice de Tablas**

Tabla 1 Resumen de Resultados Estáticos.....57



## Resumen

En este presente proyecto de titulación tiene como fin de realizar adaptaciones de los sistemas automotrices de suspensión delantera y sistema de dirección, de un Suzuki Forsa 2 a un vehículo de competencia tubular. Este mismo se procedió a llevar por fases que poseen una secuencia jerárquica la cual iniciaba con la obtención de los sistemas automotrices del vehículo Suzuki Forsa 2 para luego proceder a identificar en el vehículo tubular prototipo de competencia la zona adecuada y medidas para la adaptación de los sistemas automotrices. Como es un proceso de adaptación se procedió a realizar a través de un programa computacional AutoDesk Inventor Pro se obtuvo el chasis tubular y seguidamente se realiza el boceto de las bases para la adaptación de los sistemas automotrices en el prototipo tubular, teniendo en cuenta que se procedió a realizar el boceto en modelado 3D y el análisis estructural de los sistemas automotrices. El análisis se lo realiza con 50 N en cada eje de contacto del sistema de suspensión. Consecutivamente se realiza sistemas de suspensión independiente basándonos en la Fórmula SAE, debido a que la suspensión del Suzuki Forsa 2 posee un brazo independiente. Consecutivamente se procede a la fase de adaptación teniendo en cuenta el ángulo del amortiguador y vueltas de giro del volante, se procedió instalar el muñón de dirección y consecutivamente se realizaron las pruebas mecánicas del sistema de dirección y sistema de suspensión. Los resultados obtenidos fueron satisfactorios para esta adaptación, ya que el sistema de suspensión absorbía las irregularidades y el sistema de dirección cumplía con su función principal.

**Palabras Clave:** Chasis tubular, pruebas mecánicas, irregularidades, adaptación, sistema independiente.

### **Abstract**

This project of titling aims to adapt the automotive systems for front suspension and steering system, from a Suzuki Forsa 2 to a tubular competition vehicle. The same was carried out by phases that possess a hierarchical sequence which it started with the acquisition of the Suzuki Forsa 2 vehicle and then proceed to identify the prototype competition prototype vehicle in the tubular vehicle and measures for adapting automotive systems. As an adaptation process was carried out through a computational AutoDesk Inventor Pro program, the tubular chassis were obtained and then the base sketch for adaptation of automotive systems in the tubular prototype is performed, considering the proceeding of the 3D modeling sketch and structural analysis of automotive systems. The analysis is performed with 50 N on each contact axis of the suspension system. Consecutively, independent suspension systems are carried out based on the SAE Formula, because the Suzuki Forsa 2 suspension has an independent arm. Consequently, the adaptation phase is proceeded considering the angle of the shock and turns of the wheel, the steering knuckles are installed, and the mechanical tests of the steering system and suspension system were carried out. The results obtained were satisfactory for this adaptation, as the suspension system absorbed irregularities and the management system performed its main function.

**Keywords:** Tubular chassis, mechanical tests, irregularities, adaption, independent system.

## **Introducción**

En la actualidad existen competencias universitarias y profesionales de vehículos con chasis tubular, la Asociación de Ingenieros Automotrices (Fórmula SAE) son las que determinan las dimensiones, peso y modelo para la construcción del chasis ya sea monoplaza o biplaza. Estas competencias surgen en Estados Unidos en el año 1982 con fundamentos precisos hacia los estudiantes universitarios donde estos se impliquen en la construcción, diseño y puesta a punto de un vehículo de competencia.

Los sistemas automotrices de los vehículos de competencia FSAE son sistemas fáciles de acoplar al chasis tubular, debido a que se debe reducir el peso para tener mayor velocidad en líneas rectas, teniendo en cuenta que estos sistemas deben dar mayor ventaja al vehículo de competencia. Esto se logra mediante adaptaciones que mejoran el sistema de dirección, sistema de suspensión, entre otros sistemas lo que aporta mayor ventaja y fuerza de agarre en la pista. Favoreciendo a que el piloto no tenga mucho esfuerzo y se concentre totalmente en la carrera, y a su vez permitiendo que el vehículo no falle en su trayecto.

En este tipo de competencias existen prototipos tubulares que son construidos para ver si cumplen las funciones necesarias, es decir, si los sistemas automotrices soportan la movilidad del vehículo. Cuando se habla de sistemas automotrices, se trata de; sistema de dirección, sistema de suspensión, sistema de frenado, etc. Basándonos en un chasis prototipo tubular de competencia Fórmula SAE y sus dimensiones de construcción, adaptaremos el sistema de dirección y suspensión delantera de un vehículo Suzuki Forsa 2 en este chasis prototipo para competencia, en cuanto al proceso de investigación y adaptación se detallará en el transcurso de desarrollo del documento presente para poder detallar punto a punto como se llevó a cabo las adaptaciones y las pruebas de manejo que se realizaron en una ruta específica.

## Capítulo I

### Problema de Investigación

#### 1.1 Tema de Investigación

Adaptación de sistema de dirección y suspensión delantera sobre estructura en prototipo tubular biplaza de competencia.

#### 1.2 Planteamiento de Investigación

Los vehículos de competencia tubular son diseñados desde cero para poder hacerlos menos ligeros y para colocar cada sistema automotriz en un lugar específico, estos vehículos en particular poseen reglamentos puestos por la Asociación de Ingenieros Automotrices o en su sigla La Fórmula SAE, los prototipos tubulares son diseñados para poder ver si sus características cumplen para la adaptación de sistemas automotrices que facilitan el funcionamiento mecánico y movimiento del vehículo mismo. Estos mismos al ser prototipos que sirven para exhibición y pruebas de manejo, y al realizar adaptaciones para mejoras no se rigen totalmente en los reglamentos de la FSAE.

Los sistemas de automotrices de estos vehículos son fundamentales para poder mantener el equilibrio, el sistema de dirección debe ser suave al momento de conducir. Los vehículos poseen sistema de dirección por barras, y se realizará una mejora favoreciendo la fuerza que se debe aplicar en cada giro, a su vez el sistema de suspensión será mejorado para poder tener una mayor estabilidad y fuerza de agarre.

Considerando la importancia del sistema de dirección de los vehículos de competencia tubular de la Asociación de Ingenieros Automotrices (Fórmula SAE), desde su inicio por lo que eran sistemas de dirección robustos y hasta la fecha actual se ha venido innovando con la adaptación de piezas de vehículos livianos, que posibilitan el mejoramiento de este sistema otorgando un mejor giro y eficiencia a la fuerza para giro y considerando que el sistema de dirección va a la par con el sistema de dirección delantera debido a que se unen en las

mordazas de los neumáticos delanteros y ambos funcionan al mismo tiempo, debido a esta inquietud se adaptara el sistema mencionado para poder absorber los impactos de la calzada por donde circule el prototipo, reduciendo los efectos negativos al conductor y a la cremallera de la dirección.

### *1.2.1 Formulación del Problema*

¿El proyecto de adaptación y puesta de un sistema de dirección de un Suzuki Forsa 2, además de la adaptación del sistema de suspensión delantero sobre el prototipo tubular de transportación biplaza, nos ayudara a facilitar la conducción de este mismo y soportar los déficits de la calzada?

### *1.2.2 Sistematización del Problema*

- ¿Qué beneficios trae un sistema de dirección mecánica?
- ¿Qué impacto aportaría el sistema de suspensión delantero adaptado a este prototipo tubular?

## **1.3 Objetivos del Problema**

### *1.3.1 Objetivo General*

Adaptar un sistema de dirección y suspensión delantero de un Suzuki Forsa 2 mediante el acoplamiento en la plataforma tubular de prototipo de transportación biplaza para su ejecución y exhibición.

### *1.3.2 Objetivos Específicos*

- Determinar las dimensiones del sistema de dirección del Suzuki Forsa 2, para la adaptación en una estructura tubular.
- Ensamblar las piezas de los sistemas que se acoplara al prototipo tubular para comprobar el correcto funcionamiento de estas mismas.
- Ajustar los mecanismos que soportaran el sistema de suspensión para el prototipo tubular de competencia.

## **1.4 Justificación e Importancia de la Investigación**

### *1.4.1 Justificación Teórica*

En este punto se darán los diferentes conceptos que se tienen, basados en investigaciones y trabajos previos al tema planteado, los cuales darán beneficios a resultados de un mayor grado de conocimiento sobre el desarrollo de este.

### *1.4.2 Justificación Metodológica*

La implementación de un sistema de dirección y suspensión delantera a un prototipo tubular de competencia permitirá entender cómo funcionan y observar cada uno de ellos, a través del proceso planificado para las adaptaciones correspondientes que posibilitaran el correcto funcionamiento fundamentados en conocimientos previos, visitas e investigaciones sobre estos temas.

### *1.4.3 Justificación Práctica*

Este proyecto que se llevara a cabo mediante la adaptación de un sistema de dirección y construcción de un sistema de suspensión delantera sobre el prototipo tubular de competencia nos aportara conocimientos, y posibilitara explicar el debido procedimiento de adaptación.

### *1.4.4 Delimitación Temporal*

El proyecto de adaptación se procederá a realizar en la primera semana de mayo y se culminara en las últimas semanas de agosto, lo que tendrá una duración de 16 semanas, siendo así, quedara la distribución de las semanas desde mayo 2023 hasta agosto 2023.

### *1.4.5 Delimitación Geográfica*

La realización de la adaptación del sistema de suspensión delantero y sistema de dirección se realizará en dos talleres automotrices, el primer taller está ubicado en el sector Kennedy Norte en la Av. Juan Tanca Marengo y calle 13D NO de la ciudad de Guayaquil como se muestra en la Figura 1, en cambio el segundo taller automotriz se encuentra ubicado

en el barrio Pueblo y su Reino en la Av. Guillermo Cubillo Renella y Dr. Carlos Estrada Merino de la ciudad de Guayaquil como se muestra en la Figura 2.

### Figura 1

*Taller Automotriz Mayorga Custom Bikes*



Tomado de: (Google Maps)

Teniendo como segunda ubicación la siguiente:

### Figura 2

*Taller Automotriz*



Tomado de: (Google Maps)

#### *1.4.6 Delimitación del Contenido*

El presente trabajo práctico denominado: Adaptación del sistema de dirección y suspensión delantera sobre estructura en prototipo tubular biplaza de competencia, se lo llevara a cabo mediante un proceso de investigación de campo y descriptiva específicos en el tema planteado, además de fuentes bibliográficas como proyectos de titulación, artículos científicos, páginas web y blogs especializados. Lo que nos permite fundamentar de manera correcta el alcance del proyecto y estructurarlo de una mejor manera para poder alcanzar los objetivos planteados.

Cabe mencionar que el proyecto planteado se lo presenta básicamente con cuatro secciones o capítulos como cuadro de cuerpo de texto, además de poseer sus respectivas conclusiones y recomendaciones correspondientes al proyecto.

#### **1.5 Alcance**

A través del presente proyecto práctico con el tema: Adaptación del sistema de dirección y suspensión delantera sobre estructura en prototipo tubular biplaza de competencia se enfocará solamente en la adaptación del sistema automotrices mencionados de un Suzuki Forsa 2 a la estructura prototipo tubular, para poder mejorar los sistemas convencionales de estos vehículos aplicando sistemas automotrices mejores facilitando su manejo y su agarre a la calzada. Por ende, estos vehículos poseen sistemas automotrices básicos para disminuir su peso y aumentar su velocidad.

Para mejorar estos sistemas automotrices se procede a realizar las adaptaciones mencionadas anteriormente, así mismo se lleva registro del proceso que se está realizando. Teniendo en cuenta el espacio que se tiene para la adaptación de los sistemas y a su vez se realizaran pruebas mecánicas a los sistemas adaptados una vez culminado el proyecto. Solo se procede a realizar lo que se ha propuesto en el tema de proyecto, los demás sistemas automotrices se llevarán a cabo por otros estudiantes.



En lo concerniente al desarrollo del presente proyecto práctico, se lo realiza por fases, iniciando por el retiro de las piezas a utilizar del vehículo Suzuki Forsa 2 las mismas que servirán para poder realizar la adaptación a la estructura en prototipo tubular de competencia, además servirán para poder tomar medidas y reconocer el lugar donde serán ubicadas.

Una vez teniendo las piezas solas se procede a realizar bases en la estructura tubular para poder dejar fijo el sistema de dirección y suspensión delantera, teniendo en cuenta las dimensiones de los brazos que se llevaran a expandir y la adaptación de una rótula extra para la parte superior del muñón de dirección. Posteriormente se procede a adecuar los brazos de la suspensión delantera, además se procede a realizar análisis dinámicos y de esfuerzos de este mismo sistema mencionado con anterioridad. Así mismo se procede a realizar pruebas mecánicas de ambos sistemas adaptados al chasis tubular prototipo de competencia.

Finalmente se procede a realizar los respectivos informes de los análisis generados por el programa Inventor y Fusion 360, para analizar cada valor generado y poder emitir los criterios técnicos de los resultados, los que nos ayudaran a brindar la justificación pertinente. A su vez respecto a las pruebas mecánicas se toma fotos del funcionamiento y se procede a realizar un video demostrativo del vehículo biplaza de competencia en ruta en un pequeño circuito, para demostrar el funcionamiento de los sistemas automotrices adaptados.

## Capítulo II

### Marco Teórico

Al momento de realizar el proyecto de adaptación del sistema de dirección y suspensión delantera se definieron ciertos conceptos los cuales se involucrarán con la realización del proyecto, ya que este proyecto se basó en adaptaciones de un vehículo liviano al chasis tubular en prototipo. Entonces, se debía tener en claro los conceptos de lo que se va a adaptar como los elementos y materiales que se utilizó.

#### 2.1 Vehículos de Competencia con Chasis Tubular

Los vehículos de chasis tubular como lo menciona su mismo nombre son con un chasis de tubos huecos soldados entre sí, son muy costosos en su fabricación ya que deben ser de un material que soporte la corrosión y no sea tan flexible. Estos deben tener el objetivo de alivianar el peso y de proteger al piloto, esto se logra uniendo varios tubos huecos entre si haciendo un chasis difícil de doblarse. Según (Platas, 2019) dice que “Se trata de una estructura muy estable cuyo principal objetivo es proteger la integridad física del piloto y evitar que la carrocería se deforme en caso de un accidente o colisión con los demás autos durante la competencia”.

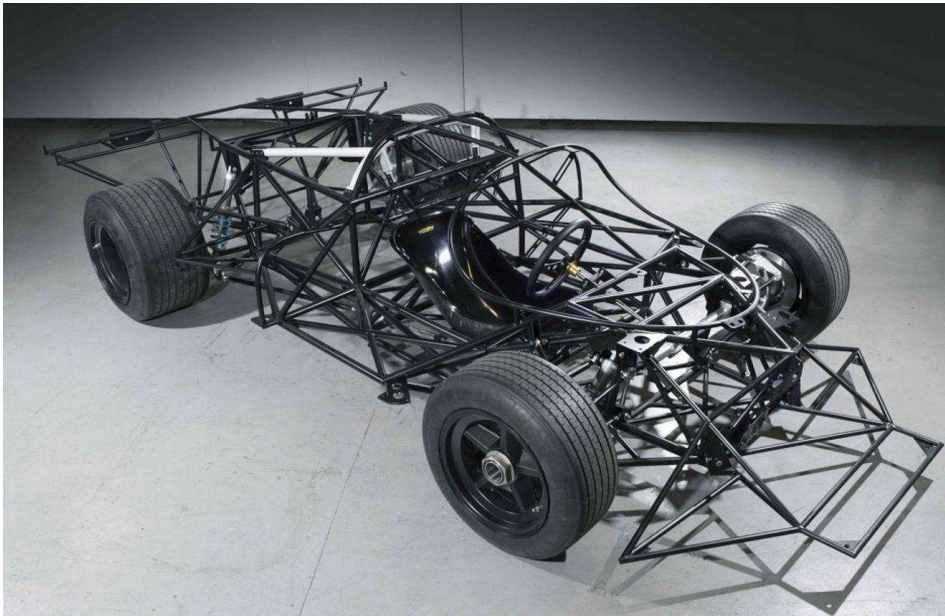
Como se muestra en la figura 3 como es el chasis tubular de un vehículo de competencia, estos vehículos son muy reforzados por tubos huecos y sus sistemas automotrices son muy sencillos para minorar peso.

Los vehículos de competencia pueden ser monoplaza o biplaza, dependiendo del modelo estructural a utilizar teniendo en cuenta el espacio y peso de este mismo. Los vehículos de competencia monoplaza son más ligeros que los biplaza, debido a que el vehículo biplaza necesita un motor de alta cilindrada para su perfecto funcionamiento ya que al contar con el peso de dos ocupantes el mismo necesita una motorización de mayor

cilindraje para poder dar el desplazamiento debido al vehículo y poder alcanzar las velocidades permitidas dentro del circuito de uso.

### **Figura 3**

#### *Modelo de Chasis Tubular de Competencia*



Tomado de: (Dominguez, 2018)

#### *2.1.1 Vehículo Monoplaza de Competencia*

Un vehículo de competencia tubular monoplaza, tal como lo indica su nombre se refiere a que posee un solo ocupante y este es solo su piloto, este diseño se basa solo pensando en la reducción de peso ya que el motor que posee estos vehículos es de baja cilindrada como: de moto, de cortadora de césped, etc. Estos vehículos son utilizados en competencias de FSAE donde se pone a prueba todas las destrezas con las que ha sido diseñado desde cero este chasis en específico. Teniendo en cuenta estos tipos de vehículos son diseñados también con aerodinámica, dinámica y con centro de gravedad para estabilidad del mismo vehículo, por lo que sus sistemas automotrices son básicos.

El chasis tubular monoplace es más reforzado que un biplace por la razón que solo tiene un ocupante y se pondrá toda la atención sobre él. Como se muestra en la figura 4 es un chasis de competencia formula SAE monoplace, este chasis siendo de tipo fórmula debe cumplir con ciertas especificaciones.

#### **Figura 4**

*Chasis Estructura Tubular Fórmula SAE*



Tomado de: (Ibañes, 2017)

#### *2.1.2 Vehículo Biplaza de Competencia*

El automóvil biplace está conformado por una estructura tubular que ofrece una mayor rigidez y seguridad como se muestra en la figura 5, esta es capaz de circular por todo tipo de superficies debido a su tamaño y modelo robusto. Como lo menciona el nombre está diseñado para dos ocupantes que es el piloto y un copiloto, por lo cual tiene un mayor peso y necesitaría un motor de mayor cilindrada que el monoplace por lo general estos vehículos utilizan motores mayores a 1.000 cc, como motores de 3, 4 o 6 cilindros en línea.

Al ser un vehículo biplace posee más espacio en el habitáculo y lo que implica que los sistemas automotrices como: sistema de suspensión delantera, sistema de dirección y sistema

de frenos, sean más complejos, es decir, poseen sistemas de suspensión independientes y a su vez un sistema de dirección por cremallera.

A su vez son excluidos sistemas auxiliares o sistemas de confort que son implementados en los vehículos tales como el sistema de calefacción o sistema de conducción asistida ya que aportan un peso mayor al vehículo.

### **Figura 5**

*Coche Biplaza Ariel Atom*



Tomado de: (Grassi, 2023)

## **2.2 Sistema de Dirección**

El sistema de dirección es la parte más fundamental del vehículo puesto que se ve reflejado en el comportamiento direccional de este mismo, según (et al Velasco, Oliva, & Lozano, 2015) dice que “El sistema de dirección es dirigir las ruedas delanteras como respuesta de las acciones del conductor con el fin de proporcionar el completo control direccional del vehículo”.

De acuerdo con el tipo de vehículo existen diferentes sistemas de dirección, a lo que se refiere a qué dificultades será sometido este sistema automotriz, los vehículos de

competencia para mejorar este sistema se le puede adaptar sistema de dirección mecánico por cremallera o un sistema de dirección hidráulica de cremallera, teniendo en cuenta que el ultimo sistema mencionado abarca que se adapte más cosas para el funcionamiento de este.

Este sistema es un conjunto de mecanismos que permiten la orientación de las ruedas delanteras, además de ayudar a que el conductor no ejerza demasiada fuerza mediante un desmultiplicador o un servomecanismo. El sistema debe cumplir con las siguientes cualidades que son: seguridad, suavidad, precisión e irreversibilidad.

### **Figura 6**

*Sistema de Dirección Mecánica por Cremallera*



Tomado de: (Vivas, 2018)

### **2.3 Elementos de un Sistema de Dirección**

El sistema de dirección de un vehículo de competencia con chasis tubular consta de diferentes componentes que favorecen a su estructura y benefician su desempeño, estos componentes son:

### 2.3.1 *Volante de Dirección*

El volante es el encargado de transmitir el movimiento de giro que realiza el piloto hacia la columna de dirección, es la parte importante de la columna de dirección. Según (Plaza, 2020) dice que “Este mismo nos permite dirigir las ruedas directrices de modo que podamos controlar la trayectoria con precisión y sin esfuerzo”.

Teniendo en cuenta que el volante es la parte del vehículo que permitirá el cambio de dirección de este, tiene que poseer características importantes como: suavidad, precisión y seguridad. En la antigüedad se fabricaban de acero y madera, al pasar el tiempo se procedió a realizar volantes de aleación de aluminio con revestimiento de plástico esto ayudaba a facilitar el agarre del conductor y evitar reflejos perjudiciales.

Los volantes más utilizados en vehículos de construcción tubular son los de competencia en la FSAE, estos son fabricados a medida del piloto y juega un papel importante en el vehículo por lo que se requiere gestionar en el mismo volante varios subequipos, lo que puede alargar el ciclo de diseño a un exceso de influencias externas. Teniendo en cuenta que debe tener una relación de giro entre la rotación del volante y las ruedas, en los carros convencionales la relación es de 18:1 para los de tracción delantera, en cambio los vehículos sport, prototipos y fórmula la relación es de 10:1, esta relación descende debido al índice que debe tener las ruedas ya que deben girar el volante a  $90^{\circ}$ .

Como se muestra en la figura 7, los volantes de los vehículos de competencia poseen una ergonomía eficiente para su agarre y a su vez tienen botones que son los subequipos necesarios para la competencia, siendo así fácil de manipular en el instante necesario debido a que estos mismos van integrados en el volante para poder facilitar al piloto accionarlos.

Es por ello los volantes de FSAE son los más usados en todo tipo de competencia de chasis tubular ya su practicidad es de las más eficientes dentro de competencias ya que cada botón y comando estas regidos a varios estudios el cual se determinó su posición y su espacio

dentro del volante, dando como resultado un sistema o un implemento muy eficaz en el uso de competencias. Además de ello el material de construcción aporta mucho en su uso ya que al tener un material con mayor agarre ayudara al piloto tener más agarre y más seguridad al usarlo y de la misma manera reduce la probabilidad de deslice que se puede tener en el volante el momento de realizar una maniobra.

### **Figura 7**

*Prototipo de Volante de Competencia para Vehículos de Competencia*



Tomado de: (Burić, 2012)

#### *2.3.2 Columna de Dirección*

Cuando hablamos de la columna de dirección es el más importante del vehículo, según (Rodríguez A. , 2014) dice que “La columna de dirección de un coche es un dispositivo destinado a conectar el volante con todo el mecanismo de dirección mediante la orden del conductor a través del volante, es decir, el giro que el conductor quiera transmitir”.

La flecha articulada de dirección es aquel que conecta la columna de dirección con la caja de dirección (cremallera), transmite el par generado del volante a la caja desmultiplicadora. Este árbol de dirección posee juntas universales (crucetas) que facilitan la dirección del movimiento, además de deformarse cuando se produzca una colisión, evitando

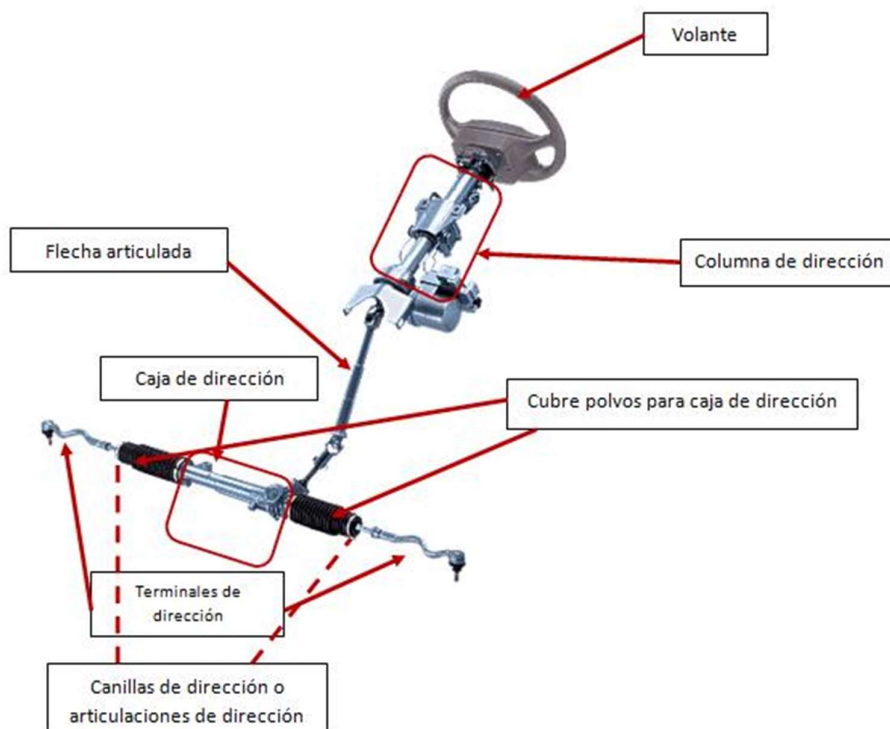


que el volante golpee directamente al conductor. Este diseño de árboles de dirección deformables funciona como un sistema de seguridad pasiva, ya que al momento de la colisión este se deforma. Como se muestra en la figura 8 es un sistema de dirección por cremallera donde se observa la flecha articulada deformable.

Los vehículos de competencia normalmente poseen sistemas de dirección pocos convencionales donde sus elementos son solo unas barras que se unen al flotante del neumático al eje del volante. Debido a que este sistema rustico le reduce el peso, si se aplican un sistema mejorado implicaría adaptar más sistemas y configurar una columna de dirección deformable. Como se muestra en la figura 9 es un sistema rustico de un vehículo de competencia con chasis tubular.

### Figura 8

#### *Sistema de Dirección Mecánica por Cremallera*

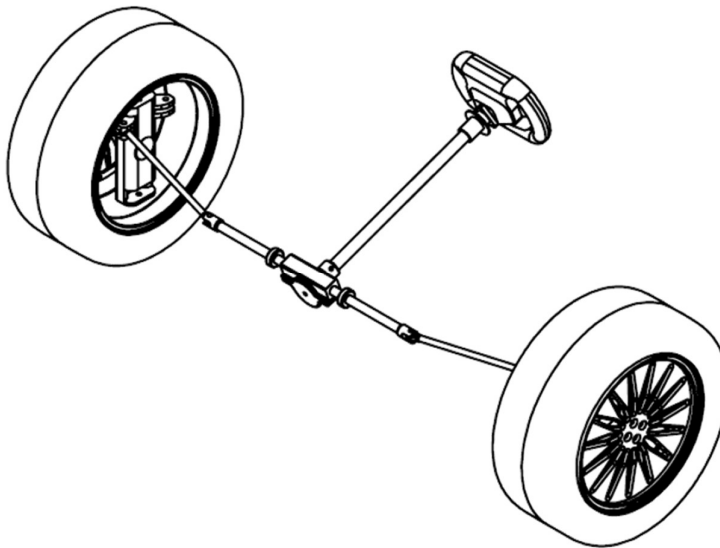


Tomado de: (Díaz, 2015)

Así como se muestra en la figura 9 se puede tener distintos tipos de ensamble más rígidos y simples para poder eliminar pesos o para poder tener una mayor seguridad como se muestra en la figura 8, la configuración dependerá del equipo de desarrollo del chasis y de su piloto.

### **Figura 9**

*Sistema de Dirección de un Kart*



Tomado de: (Lanchimba, 2021)

#### *2.3.3 Cremallera de Dirección*

La cremallera de dirección funciona en conjunto con el piñón de ataque, estos se ubican en el interior de un tubo de metal en la parte inferior del eje de la dirección del vehículo.

Otros autores han afirmado lo siguiente:

Tanto el piñón como la cremallera funciona siguiendo el principio que emplea la caja de cambio, haciendo uso del mecanismo de tipo tornillo largo y de una tuerca. El fluido por tal acción empuja a la derecha o a la izquierda en función de la dirección que se le dé al volante. (Cabrera, 2021).

La cremallera con paso del tiempo se ha ido mejorando poco a poco, actualmente los vehículos modernos poseen cremallera asistidas, es decir, tiene elementos que facilitan el par generado del volante, haciendo que el conductor no aplique demasiada fuerza al girar.

Los tipos de cremallera actualmente que existen son; cremallera asistida hidráulica, cremallera asistida eléctrica y cremallera mecánica.

Los vehículos de competencia con chasis tubular no poseen cremallera, solo poseen brazos de dirección como se observa en la figura 9, debido a que no es necesario su instalación ya que estos el giro del volante a los  $90^0$  es para girar totalmente. La adaptación de un sistema de dirección con cremallera mecánica a uno de los vehículos competición requiere espacio. Como desventaja aumentando el peso y como ventaja ayuda a facilitar la fuerza aplicada al volante.

#### *2.3.4 Barras y Rotulas de Dirección*

Para logran transmitir el movimiento lateral que realiza la cremallera, producido por el volante el piñón de ataque. Se debe acoplar con un elemento que une los extremos de la caja de dirección a él muñón de dirección.

Otros autores afirman lo siguiente:

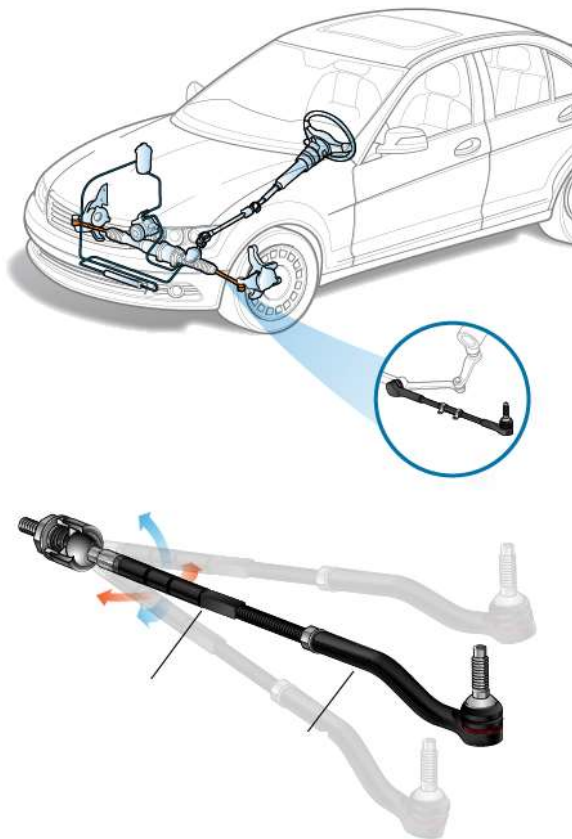
La barra de dirección es aquel que une el timón con la caja de dirección, en la antigüedad esta barra era una sola pieza, pero por seguridad para el conductor ahora es una barra con partes pequeñas que se dobla, en cambio las rotulas poseen cierta elasticidad para absorber movimientos irregulares y su función principal es unirse con cada rueda direccional. (Palomino, 2020).

Hablando en términos específicos los vehículos cuentan con estos elementos que para poder transmitir el movimiento y absorber pequeñas regularidades. Es decir, la rótula es la que se encarga del último punto mencionado, ya que en su interior posee una grasa, que es un fluido viscoso que permite disminuir el desgaste.

Como se puede apreciar en la figura 10, se observa el funcionamiento de estos elementos automotrices, la barra de dirección se acopla a la caja de dirección y la rótula se acopla a la barra.

**Figura 10**

*Barra y Rotula de Dirección de un Vehículo*



Tomado de: (Maldonado, 2022)

### 2.3.5 Ruedas

En los vehículos la parte más importante de estos son las ruedas ya que están en contacto siempre con la calzada, su dureza y presión son importantes en los automóviles de competición o de vida cotidiana. Las partes de las ruedas son; neumático que es la goma que se compone por diferentes elementos, el rin que es el elemento mecánico que sostiene el neumático para que conserve su forma al rodar, la banda de rodadura que es el caucho o

goma que se encuentra en la circunferencia total del neumático este crea el contacto con el pavimento y por último la carcasa que se compone de diferentes compuestos para poder otorgar la rigidez y la resistencia al aire comprimido, tal como se aprecia en la figura 11.

**Figura 11**

*Elementos de una Rueda*



Tomado de: (Bustillo, s.f.)

## 2.4 Tipos de Sistemas de Dirección

Como se había mencionado con anterioridad existen diferentes tipos de sistemas de dirección, de acuerdo con el modelo del vehículo y nivel de automatización. Los vehículos de competencia con chasis tubular se les adapta los sistemas de dirección mecánicos por cremallera ya que son muy eficientes en el giro del vehículo. Los tipos de sistemas son: sistemas de dirección por cremallera, sistemas de dirección con asistencia hidráulica, sistemas de dirección electro asistidas hidráulicas.

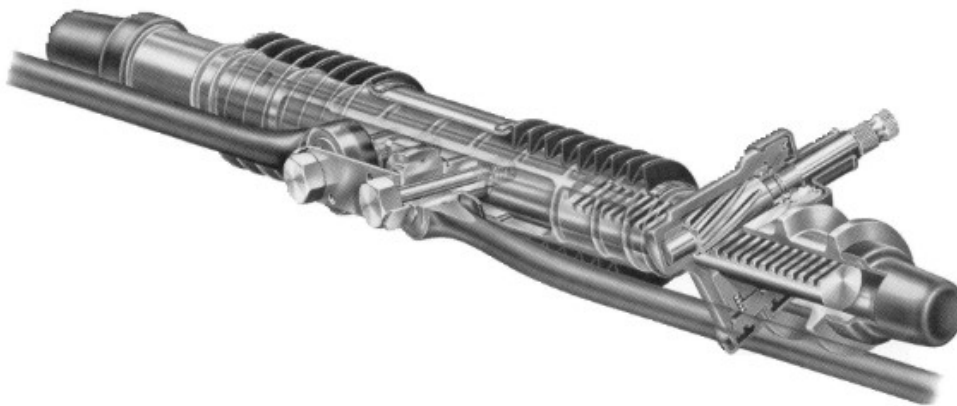
### 2.4.1 Sistema de Dirección por Cremallera

Este tipo de sistema de dirección es de función mecánica, Según (et al Velasco, Oliva, & Lozano, 2015) afirman que “Se monta en automóviles de turismo, de carreras, deportivos,

así como camiones ligeros”. La cualidad de este sistema de dirección es que es de forma plana, además la unión entre la caja de dirección y ruedas se requiere pocas piezas. Existen dos configuraciones para este tipo de sistema, donde los brazos de la cremallera se acoplan a los extremos o los brazos de la dirección se los puede ubicar en el centro. Por lo general la conexión de la columna del volante con la cremallera se acoplan en un extremo como se puede observar en la figura 12 la característica de esta es que el dentado es helicoidal y el piñón de ataque se guía con la carcasa de la dirección de los cojinetes.

**Figura 12**

*Sistema de Dirección Mecánico por Cremallera y Barras de Dirección en el Centro*



Tomado de: (et al Velasco, Oliva, & Lozano, 2015)

Este sistema de dirección en particular ocupa poco espacio y es posible de adaptarse a los vehículos de competencia tubular, debido a su forma y facilidad de manejo.

Otros autores han afirmado lo siguiente:

El giro del volante se transmite al piñón de ataque por medio del husillo de la dirección, al girar el dentado del piñón sobre la cremallera se produce un movimiento axial de la cremallera y de las barras de la dirección y por tanto un giro en las ruedas directrices. (et al Velasco, Oliva, & Lozano, 2015).

## 2.4.2 Elementos para una Dirección Mecánica por Cremallera

### 2.4.2.1 Piñón de Ataque

El piñón de ataque de la cremallera sus dientes son en forma helicoidal, como se puede observar en la figura 13. Este piñón está ubicado en la parte inferior de la flecha articulada del árbol de dirección, este mecanismo se acopla con la barra de la cremallera para poder realizar su función. El piñón de ataque realiza giros rotatorios provenientes del volante, este elemento conjunto con la cremallera desmultiplican el giro del volante para poder traspararlo a las ruedas.

#### Figura 13

*Piñón de Ataque de una Cremallera de Dirección*



Tomado de: (MotoresAuto, 2023)

#### 2.4.1.1.2 Barra de Cremallera

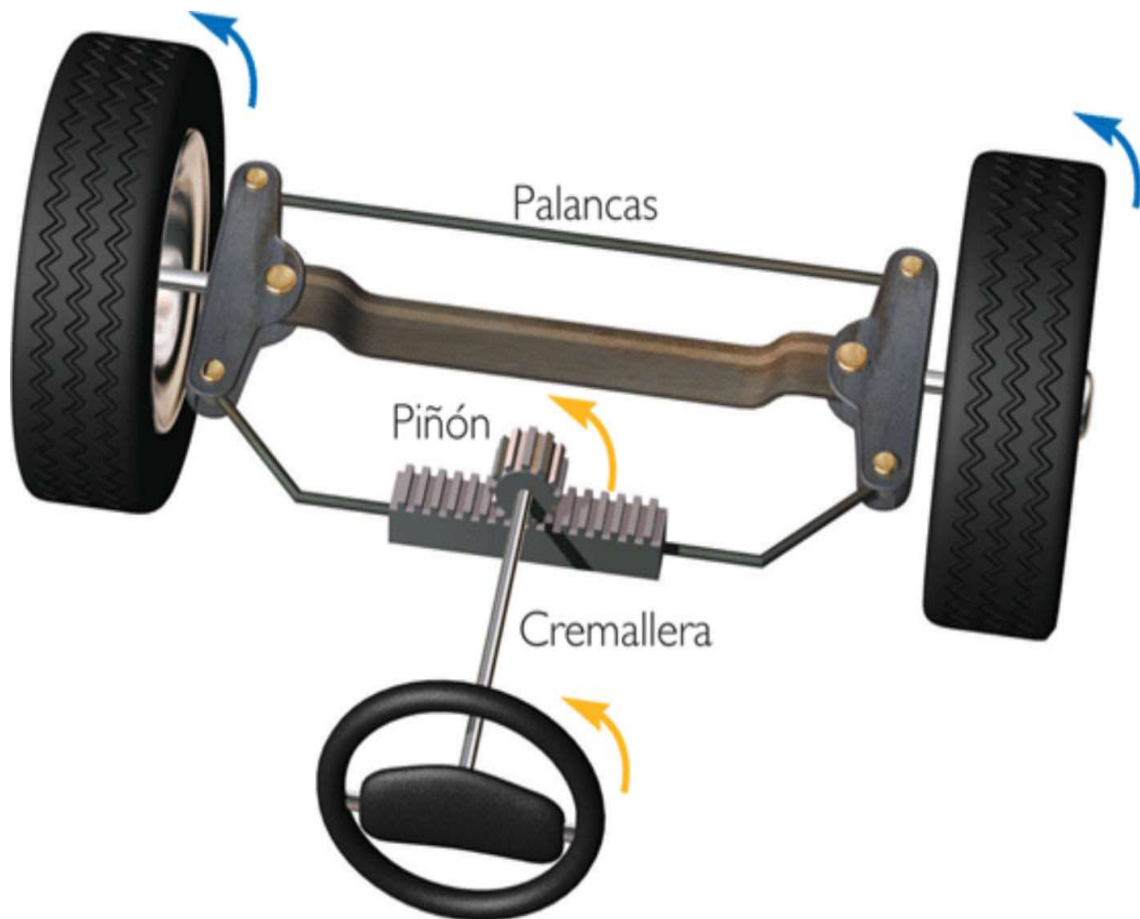
La barra de la cremallera es aquella que recibe el movimiento rotatorio del piñón de ataque y lo transforma en movimiento lineal. Esta barra en particular posee dientes en uno de

sus extremos que se acoplan con los dientes helicoidales del piñón de ataque. Esta ubica dentro de un tubo que la protege de golpes exteriores ya que si esta por alguna razón se golpea podría afectar su funcionamiento.

Estos elementos son cubiertos con un fluido viscoso para poder protegerlos del desgaste, como se aprecia en la figura 14 podemos observar los dientes de la barra de la cremallera y como se acopla los dientes del piñón de ataque a los de la cremallera, a su vez el fluido aporta menos fricción y menos desgaste.

#### Figura 14

*Barra de Cremallera de un Sistema de Dirección*



Tomado de: (Alvarado, 2020)



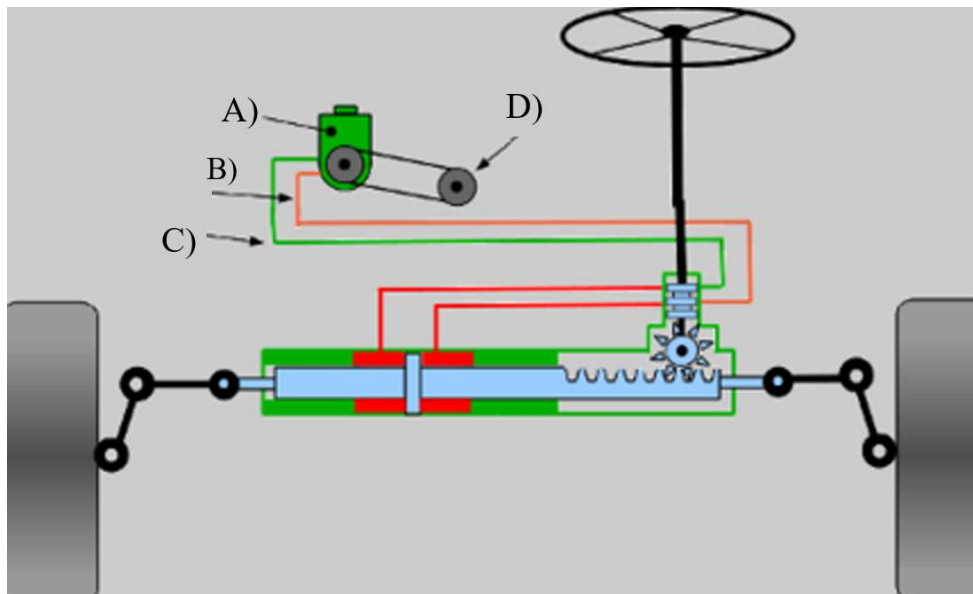
### 2.4.3 Sistema de Dirección con Asistencia Hidráulica

El sistema de dirección hidráulica es la más conocida de todas, ya que ha sido más utilizada a través de los años. Esta funciona gracias a la bomba de dirección, la cual se encuentra conectada a través de una correa de servicio al motor, para usar su potencia y poder funcionar. Su función es gracias a un fluido hidráulico que a presión hace sobresalir los pistones que se encuentran en la caja de dirección, para poder tener esta presión se acopla a la bomba una correa que va conectada directamente al cigüeñal.

En los vehículos de estructura tubular el sistema de dirección con asistencia hidráulica sería una ventaja debido a que facilitaría la fuerza de giro que aplica el conductor, estos sistemas son poco empleados en estos tipos de vehículos, debido por el espacio que necesitan los componentes hidráulicos como se muestra en la figura 15. Este sistema para su correcto funcionamiento debe tener en cuenta lo siguiente; presión de neumáticos, área de contacto con la calzada, peso del vehículo, estado de la carretera, etc.

**Figura 15**

*Sistema de Dirección Hidráulica*



Tomado de: (Buendía, 2016)

A continuación, se detalla las partes del sistema de dirección hidráulica:

- A) Bomba de Presión.
- B) Tubo de Retorno.
- C) Tubo de Presión.
- D) Polea de Cigüeñal del Motor.

#### 2.4.4 *Sistema de Dirección con Asistencia Electrohidráulica*

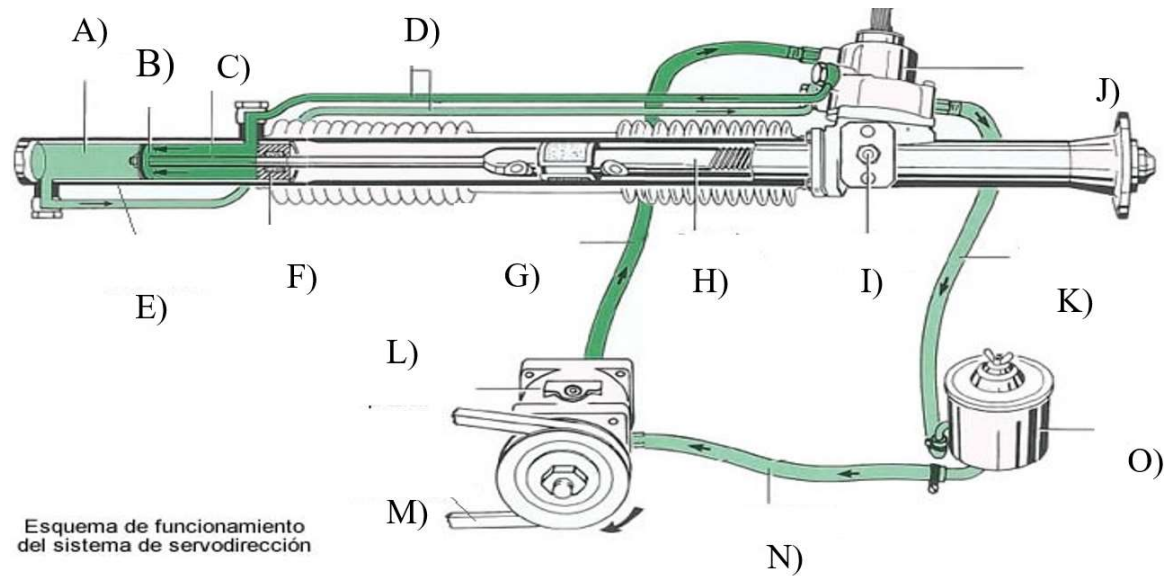
El sistema de dirección con asistencia electrohidráulica es una evolución de la dirección hidráulica, este sistema posee una asistencia electrónica que mejora las prestaciones de los vehículos mediante un motor eléctrico para hacer funcionar la bomba hidráulica como se ve en la figura 16. También es conocida como Electrical Hydraulic Power Steering (EHPS) y su principal ventaja es que al no estar conectada al motor del vehículo evita los problemas mecánicos asociados a una transmisión por correa, así mismo reduciendo el consumo de combustible.

Los vehículos de estructura tubular para competencia son muy pocos los que utilizan estos sistemas de dirección debido a que necesitan espacio y necesitan un sistema de control de unidad (ECM), por lo que se requiere más trabajo en la adaptación. En caso de poseer este sistema tiene muchas ventajas por la facilidad de giro y menos consumo de gasolina, las desventajas es que es necesario instalar un motor eléctrico sumándole peso al vehículo.

Siendo este el sistema de dirección menos usada dentro del entorno de competencia ya que tiende a aumentar el peso debido a la cantidad de componente que se utiliza generaría un aumento de peso muy equivalente para su uso, siendo así muy poco usado por los automóviles de competencia, pero a su vez siendo muy eficaz dentro del autos de usos diarios o de uso normal no empleado en circuitos de competencia donde el mínimo peso influyente dentro de la competencia además de ello depende mucho del análisis de la ECU y no permite tener el control total al piloto.

**Figura 16**

*Sistema de Dirección con Asistencia Electrohidráulica*



Tomado de: (UNANDES, 2016)

Cada parte se ve detallada de la siguiente forma:

- A) Retorno de aceite
- B) Vástago del cilindro
- C) Aceite a presión
- D) Tubería de aceite
- E) Cilindro de doble efecto
- F) Reten del cilindro
- G) Tubería de alta presión
- H) Barra de cremallera
- I) Caja de dirección
- J) Válvula distribuidora rotativa
- K) Tubería de retorno
- L) Bomba hidráulica con regulador de presión

M) Correa de accionamiento

N) Tubería de alimentación

O) Deposito

## **2.5 Sistema de Suspensión**

Los sistemas de suspensión son comúnmente usados para mantener estables al vehículo en condiciones adversas a lo ideal, es por ello estos sistemas evitan que el vehículo realice movimientos oscilantes el cual puede generar algún tipo de inconvenientes tanto a los componentes de este como a los ocupantes.

El sistema de suspensión ha tenido una gran evolución a lo largo de los años ya que su sistema inicial fue una implementación de un sistema de resorte en los asientos para que así se redujera el mayor impacto hacia los ocupantes en los carruajes es por ello que tras varios años de análisis y varias décadas de estudios se han podido recopilar todos los datos fundamentales para llegar a los sistemas que se utilizan en la actualidad, estos sistemas son de alta eficiencia y a su vez de alta practicidad y fiabilidad.

En la actualidad los sistemas implementan un sistema de suspensión independientes en las 4 ruedas es decir que cada una de sus ruedas pueden tener distintas movilidades sin afectar a la estabilidad del vehículo. Gracias a este sistema se puede tener una gran seguridad y estabilidad dentro del habitáculo y poder tener una gran confiabilidad a lo hora del uso del vehículo. (Arellano Villares & Taday Yupanqui, 2016)

Es por ello dentro del sistema de suspensión delantero a implementar en el proyecto es un sistema de suspensión independiente debido a su efectividad y funcionalidad dentro del ámbito de competencias, así como se detalla dentro de la figura 17 será implementado dentro del proyecto de competencias de chasis tubular debido a su practicidad y su facilidad de implementar dentro del mismo.

**Figura 17**

*Sistema de Suspensión Independiente de un Vehículo de Competencia*



Tomado de: (Blancarte, 2013)

### *2.5.1 Partes del Sistema de Suspensión*

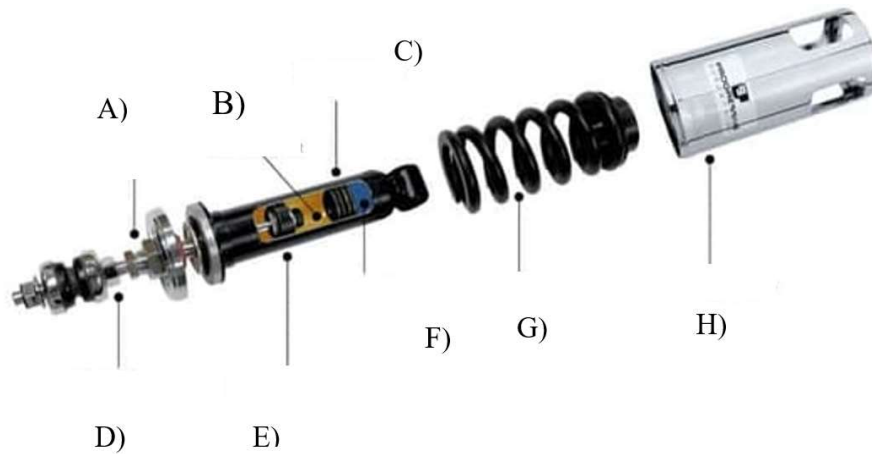
El sistema de suspensión delantera de un vehículo de competencia consta de varios componentes que ayudan a cumplir su objetivo, estos componentes son:

#### **2.5.1.1 Conjunto de Amortiguadores/Muelles Helicoidales**

El conjunto de amortiguadores es un elemento de seguridad activa que posee el vehículo, además es de importancia ya que este absorbe las irregularidades que tiene la autopista. Al mismo tiempo estos liberan la energía que se produce en el trayecto, para luego proceder a estabilizar el peso del vehículo. En la figura 18 se puede apreciar cuales son las partes de un amortiguador, este mismo puede ser hidráulico o de gas, los amortiguadores de gas poseen un cilindro adicional a un costado donde estos almacenan el gas. En cambio, los hidráulicos poseen el fluido dentro del pistón.

**Figura 18**

*Conjunto de Amortiguadores y Muelles Helicoidales*



Tomado de: (Ordoñez, 2021)

A continuación, se detalla cada parte del sistema de amortiguadores y muelles helicoidales de la figura 19:

- A) Ajuste de precarga
- B) Aceite del amortiguador
- C) Pistón flotante interior
- D) Ajuste de altura
- E) Pistón amortiguador principal
- F) Gas presurizado muelle
- G) Muelle
- H) Tapa de muelle

### **2.5.1.2 Brazos de Control Inferior/Superior**

Los brazos de control de la suspensión son importantes en el vehículo por lo que están sometidos a constantes esfuerzos por lo que debe ser asegurados firmemente al chasis del vehículo. Estos brazos por impactos se comienzan a dañar provocando que el coche comience a tirar de un lado, desgastes irregulares en los neumáticos y sonidos fuertes al girar.

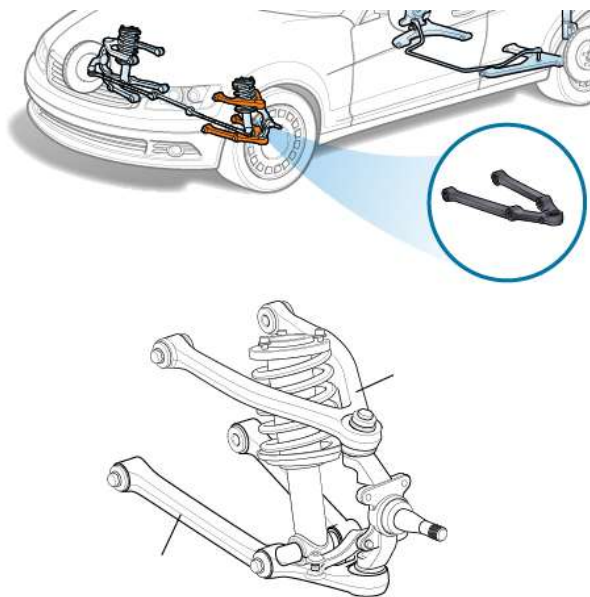
Otro autor afirma lo siguiente:

El brazo de control es un componente de suspensión que conecta cada rueda con el marco o la estructura de la carrocería de su automóvil. Se conecta al marco con bujes que permiten que el brazo de control gire hacia arriba o hacia abajo, controlando el movimiento de cada rueda. Estos pueden estar hechos de hierro, acero o aluminio. (Maldonado, 2022)

Además de ello la configuración del sistema de suspensión independiente depende mucho de los brazos de control ya que no solo se usa para acople con la rueda también cuenta como base para el sistema de amortiguación y aporta a mayor resistencia en el sistema de suspensión al contar con un sistema de doble brazo como lo es el sistema de suspensión independiente, se muestra la referencia en la figura 19. Los mismo deben contar con más elementos para poder contar con su movilidad ya que en el punto de unión se cuenta una parte móvil el cual debe se acoplada con un punto de unión móvil como lo es la rótula.

### **Figura 19**

#### *Brazos de Control de Suspensión de un Vehículo*



Tomado de: (Maldonado, 2022)

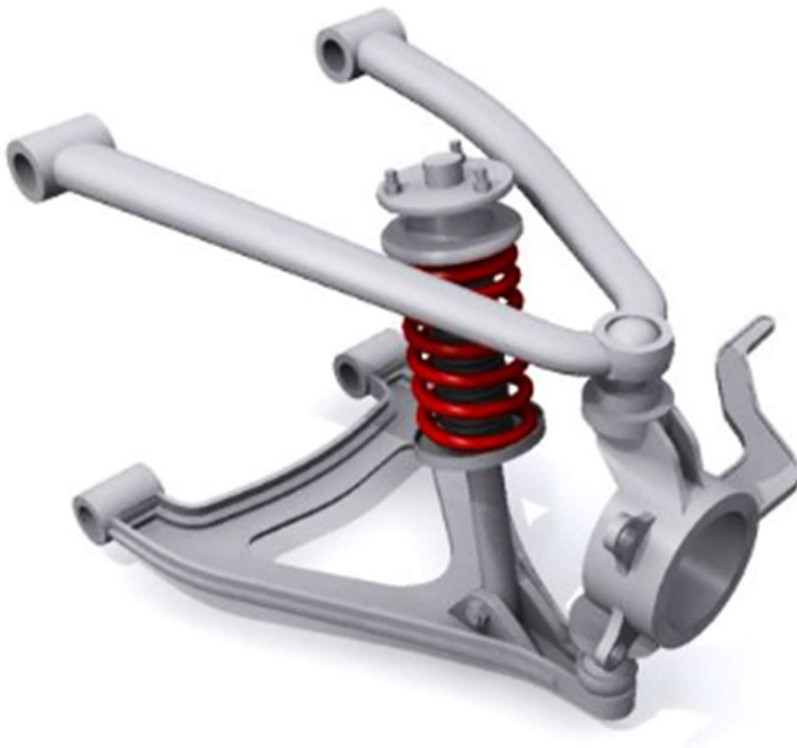
### 2.5.1.3 Rotulas de Suspensión

Dentro del sistema de suspensión se tienen diversos tipos de movimientos y el tener un eje rígido puede tener un alto impacto al desempeño del vehículo, esto se vería afectado a la estructura y a la comodidad dentro del vehículo ya que transmitiría de manera directa los impactos o movimiento hacia al habitáculo.

Por ello se implementan rotulas en el área de suspensión para poder tener una movilidad dentro de los 3 ejes de movilidad, es por ello estas rotulas son implementadas en los puntos de contactos con los neumáticos es así brindándonos unas movilidades laterales en conjunto a la dirección y movimientos transversales con los movimientos de la suspensión como se demuestra en la figura 20. (Rodríguez A. , 2023)

#### **Figura 20**

*Sistema de Rotulas de Suspensión en Sistema de Suspensión Independiente*



Tomado de: (Blancarte, 2013)



#### 2.5.1.4 Bocines o Bujes

Los bocines o también conocidos como bujes se utilizan para brindar una movilidad dentro de un sistema, además de ello minimizar la cantidad de vibraciones y ruidos en su funcionamiento como se puede ver en la figura 21.

Los bocines de la suspensión llegan a dar movilidad en el eje vertical del carro dando como resultado la movilidad de la suspensión y es comúnmente usada en los sistemas de suspensión independiente ya que nos permite esa movilidad independiente en cada neumático. Siendo también implantado en todo tipo de suspensión por su alta fiabilidad del componente y además de ello brinda al chasis y al ocupante un confort al reducir considerablemente las vibraciones del sistema de suspensión.

Dando como resultado una unión altamente resistente y con la funcionalidad para ser implementados en sistemas de movimientos en un solo eje (J., 2022).

#### Figura 21

##### *Bocines Metálicos*



Tomado de: (Fabrica de Bujes Schettino, 2021)

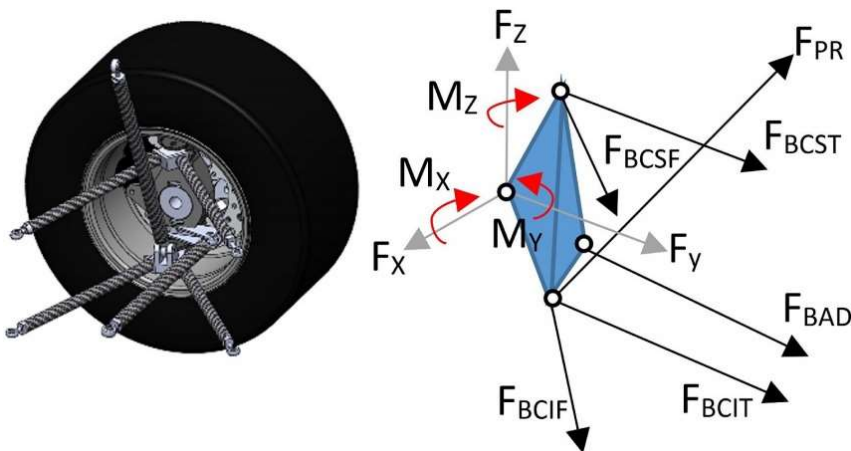
## 2.6 Procedimiento Análisis Dinámico

En el modelado 3D se puede crear una amplia variedad de piezas y a su vez las mismas se puede crear un ensamble que nos permite tener una estructura fija o móvil, el análisis dinámico nos ayuda a determinar movimientos o analizar la movilidad que tiene el ensamble y en ello determinar varios factores tales como: cambio de material, restricción de movilidad, soportes adicionales o simplemente verificar la funcionabilidad y fiabilidad del mecanismo como se demuestra en la figura 22.

Cada uno de estos factores se los puede determinar con el análisis dinámico ya que mediante de simulaciones nos permite modificar, analizar y mejorar nuestro mecanismo, también nos permite crear simulaciones con esfuerzos y cargas de entorno para obtener un análisis mucho más realista y poder tener una buena estructura antes de la implementación o creación del mecanismo (Dassault Systemes, 2021). Además, podemos determinar el factor de seguridad que se puede tener en el chasis debido a que se simula movimiento al chasis podremos determinar qué elementos móviles sufren un alto desgaste o uso y si el mismo tiene su funcionalidad correcta.

**Figura 22**

*Representación de Análisis Dinámico*



Tomado de: (Arévalo, Medina, & Valladolid, 2018)

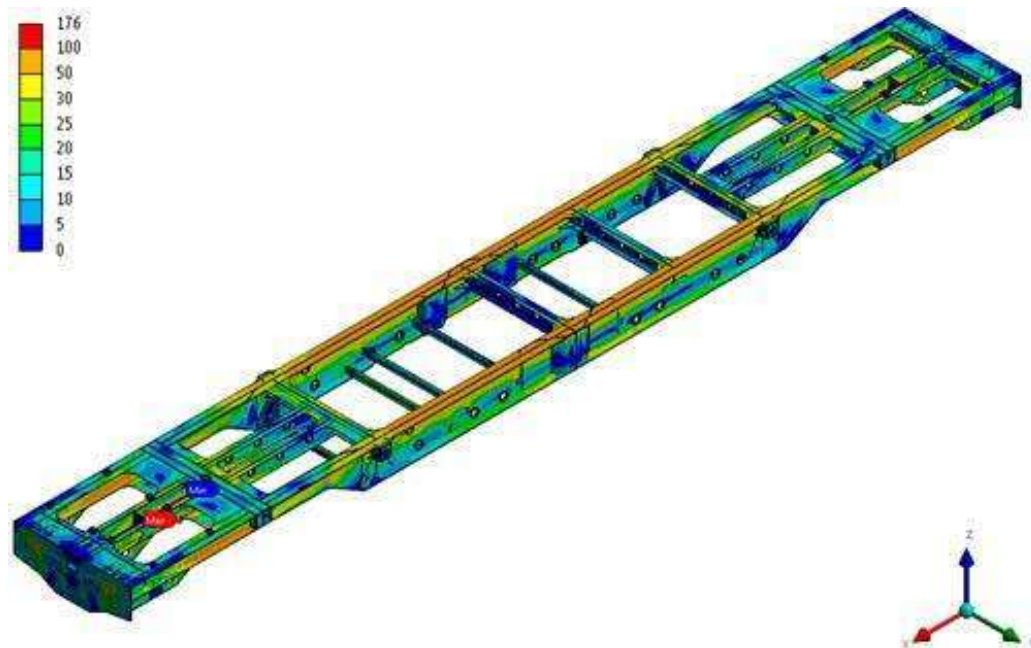
## 2.7 Procedimiento Análisis Estructural

El análisis estructural o análisis de tensión es comúnmente usado en modelados 3D siendo este un factor muy importante antes de la construcción de esta ya que nos ayuda a determinar factores como: materiales, límite de rotura, incluso los factores de seguridad dentro del mismo. Es de suma importancia realizar el análisis ya que nos ayudará a tener fiabilidad y ante todo más seguridad en la creación del sujeto de estudio, ya que con el análisis estructural se determinará un cambio de material o un refuerzo de la estructura si el caso es necesario, además brinda una mayor visualización de posibles fallos (Autodesk Inventor Profesional 2024, 2024).

El análisis de estructura de una aplicación se ve sujeto a un informe, este informe ayuda a detallar de forma más exacta para emitir un criterio analítico ya que en base de datos se puede determinar su fiabilidad como se muestra en la figura 23.

**Figura 23**

*Demostración de Análisis Estructural por Medio Inventor PRO*



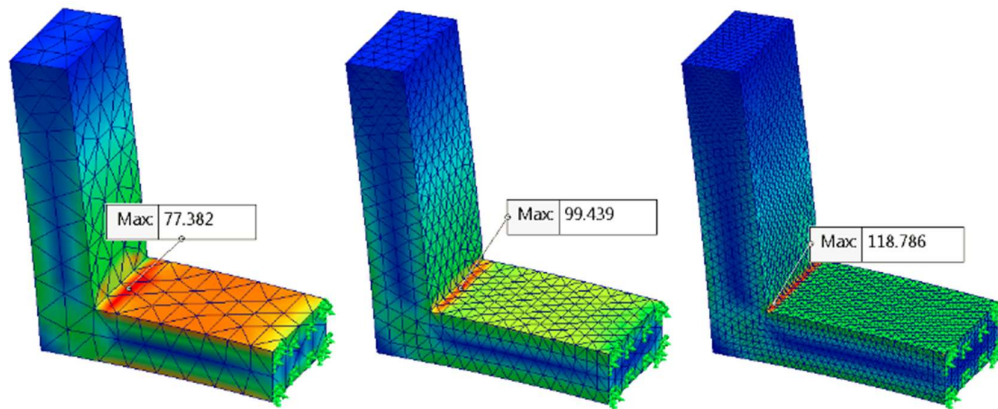
Tomado de: (Autodesk Inventor Profesional 2024, 2024)

## 2.8 Creación de Malla

La creación de malla es un paso muy fundamental para realizar análisis de tensión de los modelados 3D. Esta nos ayuda a tener un aproximado más exacto de los resultados en la pieza de análisis, es decir, el modelado a analizar se lo divide geoméricamente en partes más pequeñas y las mismas se las subdivide en secciones más pequeñas y son unidas por nodos, estas divisiones ayudan a tener un mejor resultado en el análisis ya que distribuye y ejecuta de mejores maneras las acciones a realizar y ayuda a tener un resultado más realista, además de tener un mejor análisis y determinar mejor los parámetros que se vayan a utilizar como se muestra en la figura 24. Además de ello se pueden determinar puntos de refuerzo que necesite la estructura o cambio de material de este ya que realiza un análisis con la mayor aproximación a un caso real al dividir la estructura en subpartes para tener un resultado más preciso. (Dassault Systemes, 2011)..

**Figura 24**

*Representación del Mallado en Análisis de Tensión.*



Tomado de: (Dassault Systemes, 2011)

## Capítulo III

### Proceso de Adaptación del Sistema de Dirección y Suspensión Delantera en un Prototipo de Chasis Tubular de Competencia

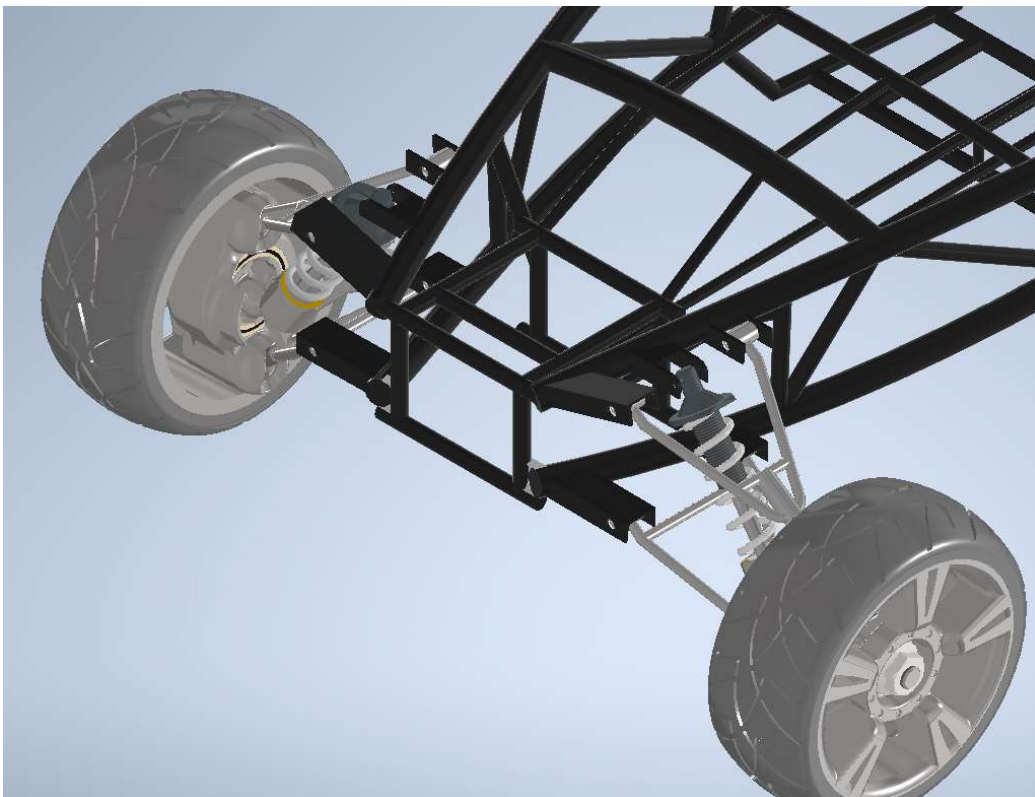
#### 3.1 Proceso de Modelado de Sistema de Suspensión

Cada uno de los sistemas deben ser analizados de tal forma que sea seguro al implementar dentro del chasis es por ello las piezas y sistemas deben pasar un proceso de modelado el cual nos ayudara a determinar de manera eficaz seleccionar el material y sobre todo la distribución que se puede tener dentro del chasis tubular de competencia.

Es por ello se seleccionó el sistema de suspensión independiente ya que es un sistema muy eficaz y de mucha ayuda, además de ello aporta ligereza al vehículo como se muestra en la figura 25.

#### Figura 25

*Modelado del sistema de suspensión*

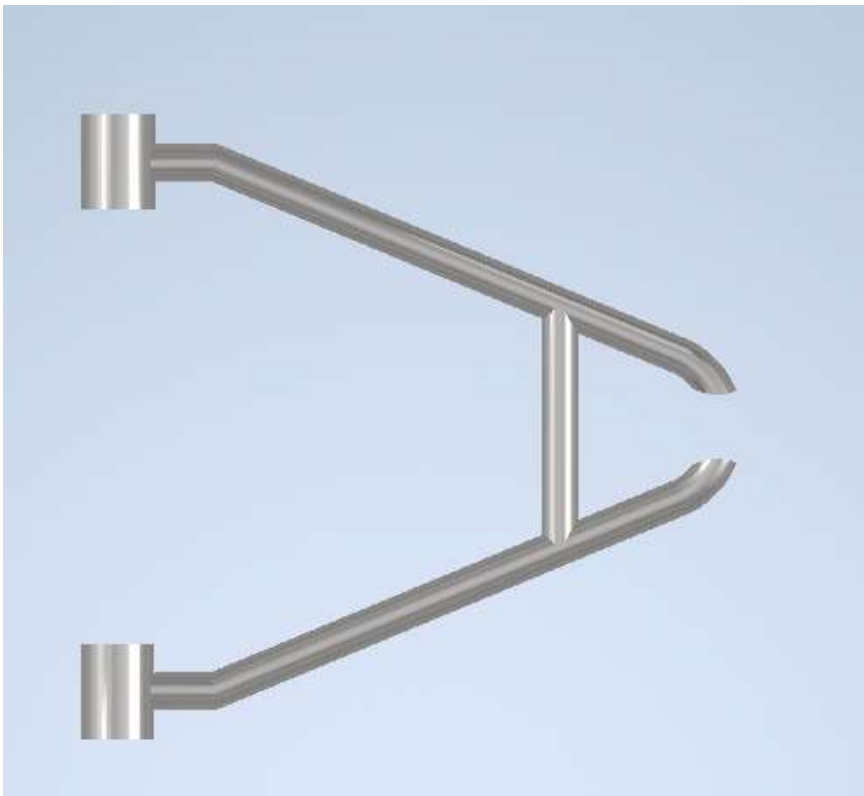


### 3.1.1 Modelado de Brazos de Suspensión Inferiores

Mediante la plataforma Inventor se dibujó una representación de los brazos de suspensión tomando en cuenta el tipo de suspensión se tenía que dibujar 2 brazos independientes de cada lado siendo estos distintos los superiores a los inferiores ya que tenían enfoques distintos. Los brazos inferiores se tienen también como bases de sujeción al sistema de amortiguación es por ello se implementó una base el cual soporte el sistema de amortiguación y sea funcional como se muestra en la figura 26.

#### **Figura 26**

*Dibujo y Modelado del Brazo Inferior con Bocín*

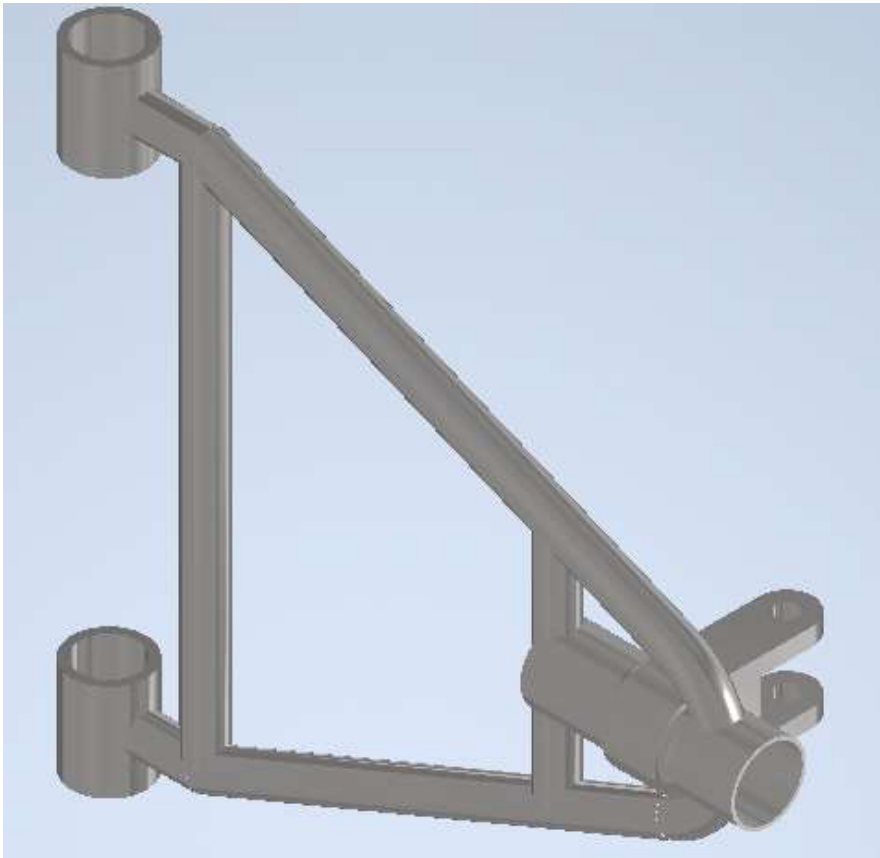


Se tomó en cuenta que el brazo inferior también debe estar sujeto al Muñón de dirección de nuestro vehículo se debe implementar un sistema de rotula para que tenga la movilidad necesaria para no comprometerse ni fracturarse además la forma original del chasis

tiene una curvatura el cual se implementó bases para poder sujetar a los brazos de forma paralela entre si, sin afectar la curva como se muestra en la figura 27.

### **Figura 27**

#### *Modelado 3D del Brazo Inferior de Suspensión*



#### *3.1.2 Modelado de Brazos de Suspensión Superior.*

Este brazo comparte la misma función que el inferior a diferencia que el superior no sujeta más elemento exceptuando al Muñón de dirección y es por ello se debe también implementar una rótula la cual nos permita tener la misma movilidad que el brazo inferior como se muestra en la figura 28 debe contar con una geometría simétrica para que no afecte la funcionalidad del sistema. además de ello la implementación de la base para colocar la rótula y poder dar movilidad el sistema de suspensión independiente. Es por ello la forma y la

distribución del brazo superior es igual a la inferior, pero con ciertas variaciones ya que no cuentan con bases múltiples solo una el cual sujeta la rótula superior.

Además, también cuenta con sus bases de unión al chasis ya que en la parte superior e inferior cuenta con la curvatura del chasis y por consecuencia necesita sus bases para implementar sus brazos de forma paralela.

### **Figura 28**

#### *Modelado de Brazo Superior de Suspensión*



#### *3.1.3 Modelado de Base para Rotula del Brazo de Suspensión Superior*

Esta base se parte de que la geometría del Muñón de dirección no cuenta con un punto de sujeción para la rótula de la parte superior se debe implementar una base que aproveche los puntos de unión del sistema de suspensión de serie del Suzuki Forsa 2 se moldea una base el cual use esos puntos de unión y genere una unión al brazo es por ello la base cuenta con

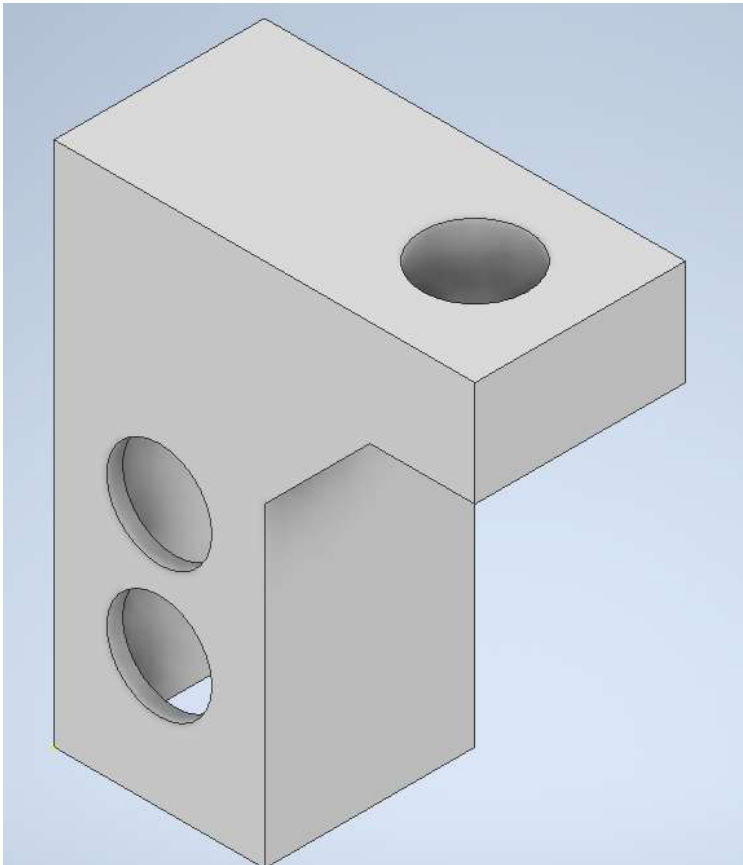


dos puntos de unión para el Muñón de dirección y uno de unión para la rótula superior figura 29.

Es por ello se moldea una base la cual soporte el peso del chasis y sea punto de unión entre los elementos de suspensión. Se aprovecha los dos orificios del sistema de suspensión para poder distribuir la carga dentro de esta base y así no tener un elemento tan frágil que pueda afectar la funcionalidad del sistema de suspensión de nuestro chasis tubular de competencia. El análisis e informe se encuentra en Anexos 3.

### **Figura 29**

#### *Modelado de Base para Rotula de Suspensión Superior*



#### *3.1.4 Modelado de Bases para los Brazos de Suspensión*

Tomando en cuenta que el chasis cuenta con bases curvas se debe implementar bases las cuales unan la suspensión con el chasis es por ello se crean las mismas para poder colocar

la suspensión de manera paralela entre sí, es decir, los brazos deben contar con su simetría para poder tener su funcionalidad como resultado se implementan bases de acople para los brazos de suspensión para poder colocarlos paralelos entre si como se muestra en la figura 30.

### **Figura 30**

*Modelado de Base para Brazos Suspensión*

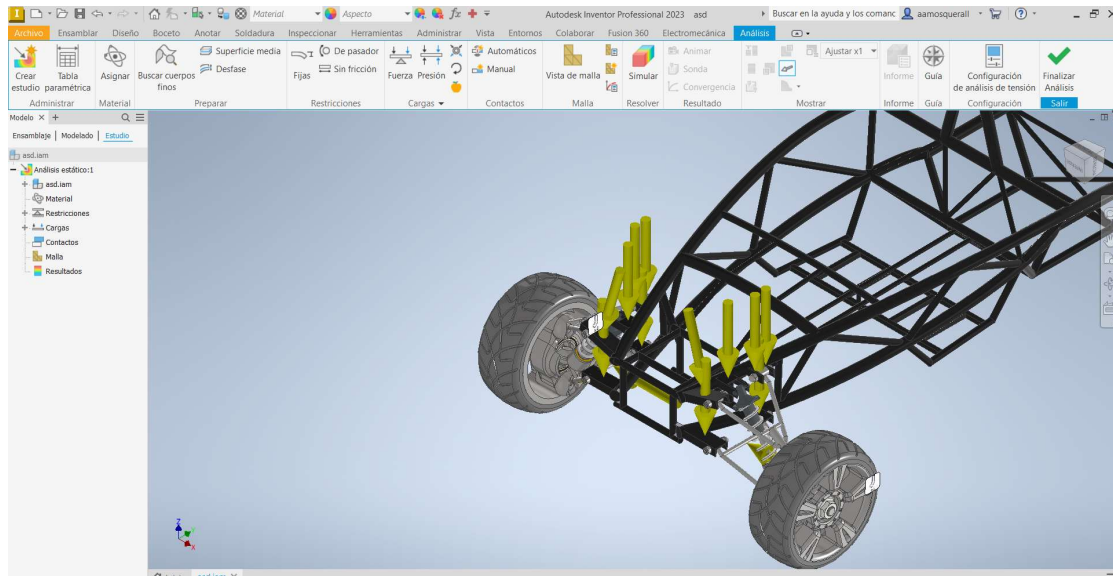


### **3.2 Proceso de Análisis de Esfuerzos del Sistema de Suspensión**

El proceso de análisis de esfuerzo es fundamental antes de la implementación de los componentes en el proyecto ya que este nos permitirá determinar si el sistema es funcional o si el sistema es seguro. Además de ello nos ayuda a determinar factores de refuerzo dentro del sistema. Se tomo en cuenta que las caras a analizar son los puntos de apoyo el cual el sistema une con el chasis como se muestra en la figura 31, además de ello se ejercerá fuerza dentro de las articulaciones del sistema para verificar la fiabilidad del sistema.

**Figura 31**

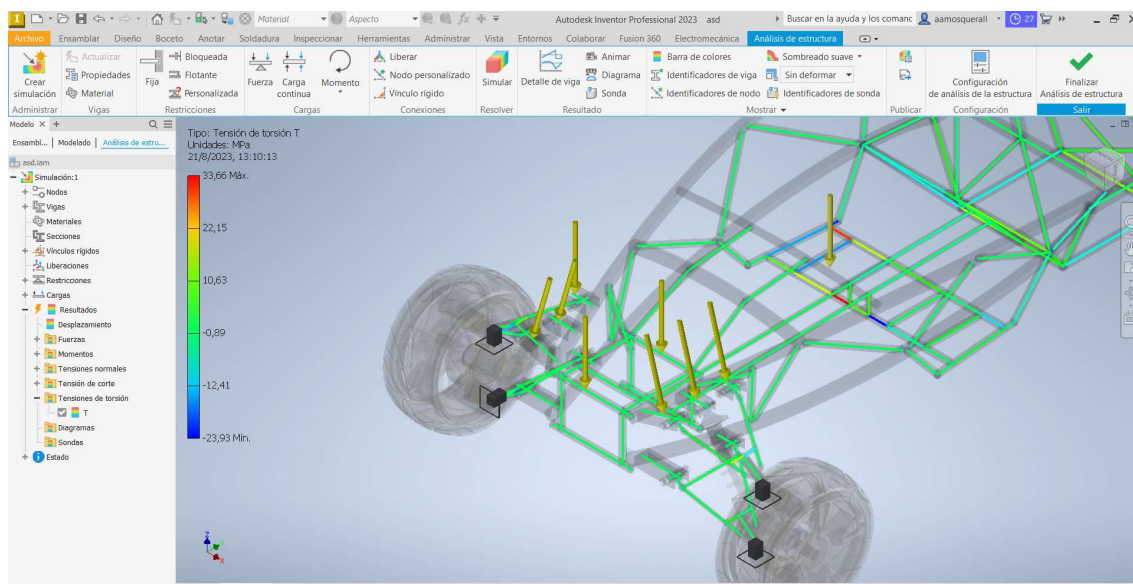
*Modelado de Base para Brazos Suspensión*



Para poder realizar los esfuerzos se colocó una fuerza de 50N en cada brazo y uniones teniendo una fuerza acumulada y distribuida de 400N para simular el funcionamiento de la suspensión y determinar su fiabilidad dando como resultado lo que se muestra en la figura 32.

**Figura 32**

*Representación de Fuerzas en Simulación*



Dando como resultado necesita un poco de refuerzo en los brazos superiores de la amortiguación, consecuentemente se puede observar la diferencia de color en la figura 32, teniendo una diferencia mínima pero tampoco omisible, es por ello se refuerza más los brazos superiores. El resto del informe de la simulación se encuentra en Anexos 1.

### **3.3 Procesos de Adaptación de los Sistemas Automotrices**

La adaptación de los sistemas automotrices se trabajó con el Acero Estructural ASTM A56 ya que es un material compuesto de carbono y dúctil, es por ello los brazos del sistema de suspensión y la mayoría de las piezas de sujeción por su alta resistencia a las cargas y su versatilidad de aplicaciones además es el material que se puede encontrar en nuestro país y es de precio razonable, también se trabajó con una platina de 2 x 5/16 pulgadas de acero A36 que eran utilizadas para las bases de los amortiguadores.

#### *3.3.1 Proceso de Adaptación del Sistema de Suspensión Delantera*

El proceso de adaptación se lo dividió en varias partes siendo estas la adaptación de los brazos superiores del sistema de suspensión, adaptación de los brazos de sistema de suspensión inferiores, adaptación bases para los brazos de dirección, adaptación bases para unión del Muñón de dirección y la adaptación de las bases de los amortiguadores.

##### **3.3.1.1 Adaptación de las Bases para los Brazos del Sistema de Suspensión**

###### **Superior Derecha e Izquierda**

Para poder realizar la adaptación de los brazos de suspensión de cada lado, primero se realizó una adaptación de bases para cada brazo superior, estas bases eran fabricadas de una platina de 2 x 5/16 pulgadas de acero A36 y de un tubo cuadrado de 2,5 pulgadas de acero A56, se procedió a realizar cortes de 7 centímetros de la platina y dejarlos en forma triangular para poder realizar las perforaciones correspondientes para perno de 1/2 pulgada de acero inoxidable. De tal manera el tubo cuadrado se lo corto de pedazos de 14 centímetros para poder realizarle las perforaciones con broca de metal con un diámetro de 10 milímetros

correspondientes. Se produce a realizar la suelda para mantener fijos estas bases, se realiza cordón con electrodo 6011 como se muestra en la figura 33. el resto de los planos se encuentra en Anexos 2.

### **Figura 33**

*Bases para los Brazos de Suspensión de lado Derecho e Izquierdo*



#### **3.3.1.2 Adaptación de los Brazos Superiores del Sistema de Suspensión Derecha e Izquierda**

Bajo el modelado 3D del sistema de suspensión se tomó en cuenta que los dos puntos de unión al Muñón de dirección de nuestro vehículo tendrían movilidad se decide implementar una rotula de suspensión de un vehículo Jetta A4 2.0 Golf para tener la movilidad respectiva en el sistema, a su vez se implementan bocines metálicos que en su interior poseen caucho para reducir el rozamiento de los brazos hacia las bases, para poder tener movimiento vertical en nuestro sistema de suspensión como se muestra en la Figura 34.

**Figura 34**

*Implementación de Bocín Metálico en el Brazo de Suspensión tanto como Derecha e Izquierda*



Como se puede apreciar en la figura 34 se distribuye de la siguiente manera:

1. Rotula del Jetta A4 2.0 Golf
2. Bocines metálicos con interior de caucho.

Como se ve la figura 35 se muestra cómo se implementa la base para colocar la rótula el cual dará unión al brazo junto al Muñón de dirección. el resto de los planos se encuentra en Anexos 2.

**Figura 35**

*Implementación de una Base para la Rótula para los Brazos de Suspensión*



### 3.3.1.3 Adaptación de las Bases para los Brazos de Suspensión Inferiores

#### Derecha e Izquierda

Este sistema de adaptación se lo realizo la misma dimensión que para los brazos superiores, teniendo en cuenta que estos deben quedar rectos para poder disminuir fallas en el sistema de suspensión. Se realizo bases de platina 2 x 5/16 pulgada de acero A36 con una longitud de 7 centímetros con perforación para el perno de ½ pulgada de acero inoxidable y del otro extremo se utilizó tubo cuadrado de acero A56 de 2,5 pulgada con una longitud de 14 centímetros y su respectiva perforación para los pernos de acero inoxidable de ½ pulgada. En la figura 36 se observa la adaptación de las bases para los brazos inferiores. el resto de los planos se encuentra en Anexos 2.

#### Figura 36

*Bases para los Brazos de Suspensión tanto como Derecha e Izquierda*



Teniendo en cuenta que el sistema de las bases del tubo cuadrado de 2,5 pulgada de acero A56 generando un sistema de palanca se procede a realizar un refuerzo con tubo

circular de ½ pulgada de acero JIS 3141 uniendo el lado superior de la base con el lado inferior tal como se muestra en la figura 37.

**Figura 37**

*Refuerzo para los Brazos de Suspensión Inferiores y Superiores*



#### **3.3.1.4 Adaptación de Brazo Inferior del Sistema de Suspensión Derecha e Izquierda**

Se tomó de base el Brazo superior, pero se le modificó ciertos aspectos, ya que el brazo inferior va a dar movilidad al amortiguador se necesitó implementar una base la cual soporte y de movilidad al amortiguador es por ello se realizó una base el cual se pueda



colocar el amortiguador y reciba el impacto y lo absorba sin afectar a la estructura o versatilidad del vehículo, tal como se muestra en la figura 38.

**Figura 38**

*Brazo Inferior de Suspensión Inicial*



Siguiendo el modelado 3D se implementó una base realizada con platina 2 x 5/16 pulgadas de acero A36 que sirvió como refuerzo y a la vez nos daría como base para los

amortiguadores que se instalarán luego al Muñón de dirección de la rueda. Teniendo en cuenta como se muestra en la figura 39 la platina soportara el esfuerzo que haga el amortiguador con la base superior del mismo, por tal motivo esta debe ser reforzada.

**Figura 39**

*Brazo Inferior de Suspensión Inicial*



### **3.3.1.5 Adaptación Bases para Unión del Muñón de Dirección**

En esta sección se tenía que realizar la adaptación del brazo de suspensión ya que contaba con movilidad al ser un sistema de suspensión independiente, es por ello se debe realizar una base el cual debe ser adaptada en los puntos de unión de la suspensión y la base agarre la rótula el cual permita la movilidad dentro del sistema. el resto de los planos se encuentra en Anexos 2.

Tomando en cuenta que el sistema va a soportar el peso de todo el sistema más el peso en general del resto de sistema debe tener la resistencia para soportar todo el peso es por ello se refuerza toda la pieza para que no se fracture la pieza, como se ve en la figura 40

**Figura 40**

*Implementación Base para Unión de Rotula*



### *3.3.2 Adaptación de los Amortiguadores*

El proceso de adaptación del amortiguador se lo procedió a realizar con amortiguadores monoshock de una moto Honda, este posee una longitud de 40 centímetros de largo. Para las bases del amortiguador se utilizó platina de 2 x 5/16 pulgadas de acero A36 y para mayor estabilidad se realizó amortiguación independiente. Teniendo en cuenta que para

un buen funcionamiento de los amortiguadores el ángulo de estos mismos debe ser de 20 grados para que este absorba las irregularidades de la calzada.

### 3.3.2.1 Proceso de Adaptación de Bases Superiores para los Amortiguadores

Esta adaptación de base se la realizo en ambos lados derecho e izquierdo donde se procedió a realizar cuatro cortes de 17 centímetros de una platina de 2 x 5/16 pulgadas para que sirvan como base superior para la horquilla del amortiguador, estos tienen en su punto superior un sentido ovalado para darle estética como se muestra en la figura 41. Estas bases para que se ajusten al chasis se le procedió a esmerilar en forma de arco en la parte baja, para poder realizar la soldadura correcta y colocación adecuada al chasis, el resto de los planos se encuentra en Anexos 2.

**Figura 41**

*Bases Superiores para los Amortiguadores*



A estos se les procedió a realizar con la fresadora espacios verticales de 5 centímetros para poder regular el ángulo del amortiguador, una vez obtenida la medida y pulido de la parte que se realizó en la fresadora se procede a realizar la soldadura de cada soporte superior al chasis. Se suelda directamente al chasis ya que el brazo inferior de la suspensión será el que haga funcionar el amortiguador de tal manera se reforzara la base del amortiguador superior, porque esta juega un papel de palanca por lo longitud que tiene, como se ve en la figura 42, el resto de los planos se encuentra en Anexos 2.

### **Figura 42**

#### *Bases de los Amortiguadores con Canales de Regulación*



#### **3.3.2.2 Proceso de Adaptación de las Bases inferiores de los Amortiguadores**

El proceso se realizó en las bases inferiores de las bases de suspensión, estas bases son hechas de platina 2 x 5/16 pulgadas de acero A36 con una longitud de seis centímetros con perforación para perno de 10 milímetros de diámetro. Se necesitaron cuatro cortes de platina, dos para cada bocín del amortiguador. Teniendo en cuenta que el bocín del amortiguador posee cuatro centímetros de largo se procedió a tomar el centro de la platina del brazo y del centro medir dos centímetros para cada lado, luego se procedió a realizar la soldadura de estas bases, se realizó cordón con soldadura MIG con alambre ER70S-3 (0.9 mm) como se puede observar en la figura 43.

**Figura 43**

*Bases Inferiores para los Amortiguadores*



### 3.3.2.3 Adaptación de los Amortiguadores

Una vez que se procedió a realizar la fijación de las bases de los amortiguadores tanto superiores como inferiores en ambos lados de la suspensión, se procede a realizar la instalación de los amortiguadores teniendo en cuenta que se decidió que estos tengan  $20^{\circ}$  de inclinación para su funcionamiento. Como se muestra en la figura 44 los amortiguadores se encuentran instalados de ambos lados estos se pueden ajustar gracias al espacio vertical que existe en cada soporte superior del amortiguador.

**Figura 44**

*Sistema de Amortiguación Implementado Correctamente*



También se procedió a comprobar que ambos amortiguadores posean los grados especificados al comienzo, como se muestra en la figura 45 se procedió a tomar la medida desde una aplicación, teniendo en cuenta que se la calibro estando el teléfono en posición vertical fija a una pared. En ambos lados se aprecia que los amortiguadores tenían  $20^{\circ}$  de inclinación y al comprobar el funcionamiento

#### **Figura 45**

*Medición de Angulo de los Amortiguadores*



### 3.3.3 *Proceso de Adaptación del Sistema de Dirección*

El sistema de dirección que usó fue el de un Suzuki Forsa 2 el cual se adaptó los brazos de la cremallera para poder acoplarlas al Muñón de dirección del Suzuki Forsa 2, es por ello se alargan 30 centímetros dichos brazos para poder tener el acople necesario para poder generar la dirección.

Esta adaptación se la hizo comprando otro brazo de dirección y con la ayuda de un torno unir las dos puntas para poder tener la distancia necesaria como se muestra en la Figura 46, además se alarga un solo brazo para no interferir en la funcionalidad del sistema de dirección ya que las crucetas del sistema de dirección podrían bloquearse si se tuviera una distribución con mucho ángulo, es por ello que se colocó la cremallera recorrida a un costado para que las crucetas que unen la cremallera con la cañería del volante no tiendan a bloquearse e interfieran dentro de la funcionalidad.

#### **Figura 46**

#### *Alargamiento de la Punta de Dirección*





## Capítulo IV

### Análisis de Resultados y Pruebas Mecánicas de los Sistemas Adaptados

#### 4.1 Análisis de Resultados

Dentro de las pruebas notamos varios factores los cuales debemos tomar en cuenta ya que cada uno de estos factores podían afectar la estructura o la funcionalidad del sistema es por ello cada uno de los análisis ayudaron a culminar el proyecto realizando los siguientes análisis:

##### 4.1.1 Análisis Mecánico del Sistema de Suspensión

Se toma en cuenta que el adaptar un sistema de suspensión independiente comprende en reforzar ciertas partes o componentes como en el caso de la base que sujeta el amortiguador ya que al ser un componente que este sujeto a mucho esfuerzo se optó por distribuir dicho esfuerzo con una barra estabilizadora ya que este además de darle rigidez al chasis aporta a distribuir o compartir de mejor manera el esfuerzo que se genera en el sistema como se ve en la figura 47.

#### Figura 47

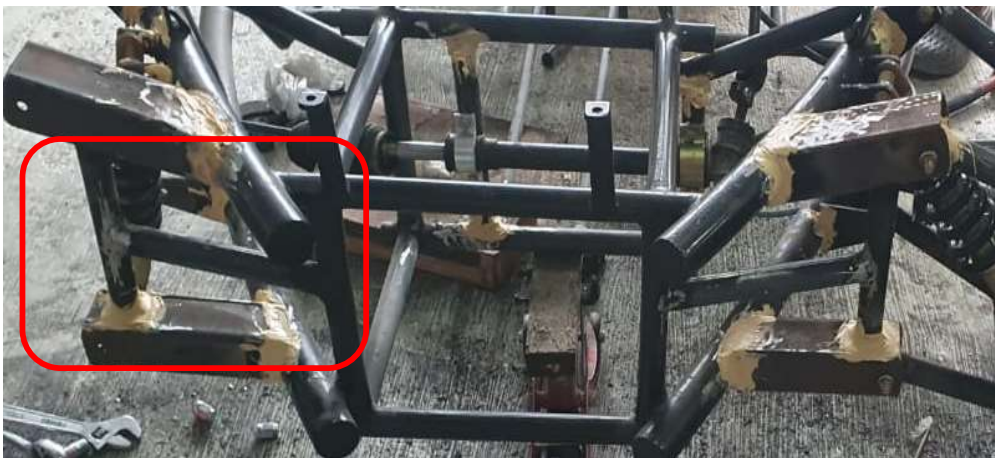
##### Implementación de Base para Barra Estabilizadora



Además de ello las bases que sujetaban un brazo de suspensión tendrían a soportar un esfuerzo mayor al resto de bases es por ello se implementó refuerzos entre si dando como resultado una mayor rigidez del sistema y distribuyendo de mejor manera la carga que se generaba siendo esta la carga vertical afectaba dicha base y se logró aligerar dicha carga como se logra apreciar en la figura 48.

### **Figura 48**

#### *Refuerzo Vertical entre Bases de Suspensión*



Dentro de las pruebas que sistema de suspensión se encontró que la rótula del brazo inferior también estaba sometida a mucho estrés de tal manera se optó por reforzar dicha unión añadiendo más rigidez y más sujeción al brazo de suspensión como se muestra en la figura 49

#### *4.1.2 Análisis Mecánico del Sistema de Dirección*

En las pruebas de dirección se encontró que el sistema presentaba un óptimo funcionamiento en el vehículo, no presentaba algún problema ya que el mismo no era un sistema creado desde cero, por el contrario, se seleccionó la cremallera de dicho vehículo para instalar ya que presentaban dimensiones similares, se encontró que el sistema de dirección presentaba un pequeño camber negativo, pero no presenta algún problema ya que dicho camber ayuda a la toma de curvas con el chasis.

## 4.2 Análisis de Resultados del Análisis Estructural

Dentro del informe que nos brinda Inventor podemos ver las fuerzas que actúan dentro del sistema de suspensión ya que el análisis estructural se aplicaron fuerzas de 50N en varios puntos y el programa nos ayuda a Resumir datos que nos ayudan a saber los límites que presenta nuestro sistema y también vemos que su resistencia al momento, Fuerzas y tensiones son altamente confiables en nuestro sistema de suspensión implementado.

**Tabla 1**

*Resumen de Resultados Estáticos*

Nombre		Mínimo	Máximo
Fuerzas	Fx	-1802,284 N	1072,103 N
	Fy	-1097,472 N	1929,390 N
	Fz	-1531,328 N	1801,262 N
Momentos	Mx	- 863883,75 2 N mm	450744,453 N mm
	My	- 271274,44 5 N mm	626710,663 N mm
	Mz	- 173235,00 1 N mm	176326,241 N mm
Tensiones normales	Smax	-2,265 MPa	229,615 MPa
	Smin	-229,980 MPa	1,613 MPa
	Smax (Mx)	-0,000 MPa	219,072 MPa
	Smin(Mx)	-219,072 MPa	0,000 MPa
	Smax (My)	0,000 MPa	99,744 MPa
Tensión de corte	Smin (My)	-99,744 MPa	0,000 MPa
	Saxial	-3,670 MPa	2,323 MPa
	Tx	-1,486 MPa	1,912 MPa
	Ty	-2,904 MPa	1,752 MPa
	T	-23,934 MPa	33,665 MPa

## Conclusiones

Se determinó que el ángulo óptimo de trabajo de los amortiguadores es de 20 grados ya que aun mayor ángulo el amortiguador recibirá más esfuerzo y consecuentemente se generaría una suspensión más rígida.

Cada uno de los componentes fue seleccionado minuciosamente ya que cada uno de ellos tenía su función específica, tomando en cuenta sistema ya creados y funcionales para poder ser implementados en el chasis tubular.

Se determinó que cada uno de los procesos realizados durante la adaptación de las bases para los sistemas automotrices, se los realizo con cordón de suelda fijo garantizo que las bases mismas no rompan a recibir demasiada tensión.

El sistema de dirección al ser un sistema mecánico debe contar con el menor ángulo en sus crucetas ya que este al contar con un ángulo muy pronunciado podría bloquearse y no tener la movilidad y el juego que es debido para su correcto funcionamiento.

### **Recomendaciones**

Cada uno de los sistemas antes de implementar se debe tomar en cuenta representarlos en un programa ya que nos ayuda a determinar la adaptación óptima para poder implementar los sistemas dentro de nuestro proyecto.

Una de los mayores inconvenientes fue que el ángulo del amortiguador juega un papel importante ya que el mismo determinara la rigidez y funcionalidad del amortiguador es por ello que se recomienda tener un ángulo menor de 20 grados si se lo implementa de forma vertical al chasis además de ello que si se colocan 2 brazos de suspensión se debe colocar un refuerzo adicional a la base que sujetaría la rótula ya que la pieza original no cuenta con esa función de movilidad debido a que esa función la determinaba el amortiguador de serie que viene implementado en el vehículo.

Cada uno de los procesos de adaptación se debe tomar en cuenta que material se usó en la representación 3D ya que nos ayuda a facilitar el proceso de este y a la comprobación de los sistemas facilita su proceso debido a que en el programa se determina valores extremos y permite determinar su fiabilidad.

## Bibliografía

- Alvarado, D. (17 de Junio de 2020). *Nitro.pe*. Obtenido de <https://www.nitro.pe/mecanico-nitro/conoce-todo-sobre-la-cremallera-de-direccion.html>
- Álvarez Rivera, A. B., Vera Puebla, E. G., Morales Neira, D. J., Ramos Rivero, V. L., Chele Sancán, D. G., Tellez Gómez, W. B., & Noroña Merchán, M. V. (16 de Noviembre de 2021). *Savez Editorial*. Obtenido de <https://savezeditorial.com/index.php/savez/article/view/46>
- Arellano Villares, J. c., & Taday Yupanqui, E. F. (18 de 08 de 2016). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE*. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/6192>
- Arévalo, C., Medina, A., & Valladolid, J. (19 de 07 de 2018). *Estudio cinemático y dinámico del sistema de suspensión de un monoplaza de competencia eléctrico Formula Student*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/5055/505555586009/html/>
- Asencio Zurita, M. B., & Vera Puebla, E. (. (2023). *Repositorio UIDE*. Obtenido de <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/5827/1/UIDE-G-TMA-2023-13.pdf>
- Autodesk Inventor Profesional 2024. (2024). *Acerca de los resultados visuales del análisis*. Obtenido de <https://help.autodesk.com/view/INVNTOR/2024/ESP/?guid=GUID-A88840EF-391B-4987-A77B-5D58F19600CA>
- Baer, A. (12 de Febrero de 2023). Obtenido de <https://cocheseCO.com/ariel-atom-elctrico-el-biplaza-ingles-tendr-un-versin-ms-ecologica/>
- Blancarte, J. (18 de 12 de 2013). *¿Cuáles son los tipos de suspensión más comunes?* Obtenido de <http://noticias.espanol.autocosmos.com/2013/12/18/cuales-son-los-tipos-de-suspension-mas-comunes>
- Buendia, R. (30 de Agosto de 2016). Obtenido de <https://www.motorpasion.com.mx/tecnologia/los-diferentes-tipos-de-direcciones-y-cual-me-conviene-mas>
- Burić, M. (20 de Abril de 2012). *Alamy*. Obtenido de <https://www.alamy.es/volante-de-go-kart-image63659006.html>
- Bustillo, E. (s.f.). Obtenido de <https://aprende.com/blog/oficios/mecanica-automotriz/tipos-de-llantas/>
- Cabrera, J. (03 de Diembre de 2021). Obtenido de <https://prezi.com/p/takc6y24wkv7/proyecto-funcionamiento-valvula-rotativa-cremallera-direccion/>
- Castro Fernández, V., & Alcalá Fazio, E. (. (Septiembre de 2016). Obtenido de [https://oa.upm.es/43436/1/TFC\\_VERONICA\\_CASTRO\\_FERNANDEZ.pdf](https://oa.upm.es/43436/1/TFC_VERONICA_CASTRO_FERNANDEZ.pdf)
- Dassault Systemes. (2021). *Análisis Dinámico*. Obtenido de [https://help.solidworks.com/2021/Spanish/SolidWorks/cworks/c\\_dynamic\\_analysis\\_oerview.htm](https://help.solidworks.com/2021/Spanish/SolidWorks/cworks/c_dynamic_analysis_oerview.htm)

- Dassault Systemes. (2011). *Mallado*. Obtenido de <https://help.solidworks.com/2011/spanish/solidworks/cworks/legacyhelp/simulation/fundamentals/Meshing.htm>
- Díaz, A. (12 de Mayo de 2015). Obtenido de <http://joseantoniodiazcfsd.blogspot.com/2015/05/partes-de-la-direccion-mecanica.html>
- Dominguez, C. (20 de Mayo de 2018). Obtenido de <https://www.momentogp.com/analisis-tecnico-de-un-chasis-tubular/>
- et al Velasco, E., Oliva, M., & Lozano, M. (06 de Octubre de 2015). Obtenido de <https://docplayer.es/13253185-El-sistema-de-direccion.html>
- Fabrica de Bujes Schettino. (22 de 01 de 2021). *¿QUÉ SON LOS BUJES DE SUSPENSIÓN?* Obtenido de <https://www.fabricadebujes.com.mx/que-son-los-bujes-de-suspension.html>
- Gonzalez, R. (2009). Obtenido de <file:///C:/Users/Portatil/Downloads/DIRECCION%20GENERAL.pdf>
- Grassi, M. (19 de 07 de 2023). *Motor 1*. Obtenido de <https://es.motor1.com/news/677417/ariel-atom-4r-2023/>
- Ibañes, A. (Septiembre de 2017). Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/110531/tfgaitor-iba-zfinal.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- J., O. (22 de 02 de 2022). *Qué son los bujes de la suspensión y para qué sirven*. Obtenido de <https://automexico.com/mantenimiento/bujes-de-suspension-que-son-para-que-sirven-datos-aid12597>
- Lanchimba, M. (02 de Septiembre de 2021). Obtenido de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/27331/1/M-ESPEL-MAT-0144.pdf>
- Maldonado, E. (12 de Mayo de 2022). Obtenido de <https://miautomovil.info/como-detectar-un-extremo-de-barra-de-acoplamiento-defectuoso-en-un-auto/>
- Maldonado, E. (27 de Marzo de 2022). Obtenido de <https://miautomovil.info/signos-y-sintomas-de-un-brazo-de-control-defectuoso-o-defectuoso/>
- MotoresAuto. (13 de Marzo de 2023). *Mecanica Automotriz*. Obtenido de <https://www.motoresauto.com/cremallera-de-direccion/>
- Neme, R., & Rubio, M. P. (Septiembre de 2016). *Revista Autopartes*. Obtenido de <https://www.calameo.com/read/004846336f13efd8d3978>
- Ordoñez, L. (07 de Diciembre de 2021). Obtenido de <https://blog.laminasyaceros.com/blog/los-amortiguadores-de-los-autom%C3%B3viles>
- Palomino, A. (17 de Junio de 2020). Obtenido de <https://www.nitro.pe/mecanico-nitro/sistema-de-direccion.html>

- Platas, M. (04 de Octubre de 2019). Obtenido de <https://autosblogmexico.com/respuestas/estos-son-los-tipos-de-chasis-ta2653>
- Plaza, D. (24 de Agosto de 2020). Obtenido de <https://www.motor.es/noticias/como-funciona-volante-direccion-coche-202070316.html>
- Rodríguez, A. (23 de Septiembre de 2014). Obtenido de <https://albroadpulf1.wordpress.com/2014/09/23/analisis-tecnico-columna-de-direccion/>
- Rodríguez, A. (26 de Noviembre de 2022). Obtenido de <https://siempreauto.com/que-es-la-barra-de-direccion-y-cuando-la-debes-de-cambiar/>
- Rodríguez, A. (13 de 04 de 2023). *Qué son las rótulas del carro y qué función tienen.* Obtenido de <https://siempreauto.com/que-funcion-tienen-las-rotulas-en-un-auto/>
- UNANDES. (2016). Obtenido de <https://www.blogunandes.com/2016/07/sistema-de-direccion.html>
- Valero, J. (29 de Noviembre de 2016). Obtenido de <https://hipertextual.com/2016/11/evolucion-volantes-formula-1>
- Vera Puebla, E. G., Morales Neira, D. J., Villavicencio Salazar, O., Maquiera Caraballo, G. d., & Rojas Bajaanás, R. A. (Agosto de 2017). INNOVA. 17. Obtenido de <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/3764/14/An%c3%a1lisis%20situacion%20de%20la%20formaci%c3%b3n%20del%20piloto%20y%20copiloto%20de%20la%20modalidad%20Rally%20sobre%20Tierra%20en%20el%20Ecuador%202016-2017.pdf>
- Vivas, J. (11 de Junio de 2018). Obtenido de <https://www.nitro.pe/mecanico-nitro/tipos-de-sistema-de-direccion.html>



## Anexos 1


como hacer un analisis de esfuer: x UPS-CT004706.pdf (PROTEGIDO) x UPS-CT006652.pdf (PROTEGIDO) x Informe de análisis de la estructu: x +

C:/Users/aaron/Documents/Inventor/v2%20suspension/Workspaces/Espacio%20de%20trabajo/asd.iam%20Informe%20de%20análisis%20de%20la%20estructu...

Aplicaciones Gmail YouTube Flip | English VI "B"... Tablero UIDE - Portal Estu... rr MyELT | Aprender e... QR Code Generator... Escritor AI gratuito... Estudio cinemático... V-rod VRSCDX Nig...

Anchura de la imagen (píxeles): [320] [400] [640] [800] [1024] [1280] [Ajustar anchura] [Original]

### Informe de análisis de la estructura 3.2



Archivo analizado:	asd.iam
Versión:	2023 (Build 270158000, 158)
Fecha de creación:	21/8/2023, 13:03
Autor de la simulación:	aaron
Resumen:	

#### Simulación:1

**Objetivo general y configuración:**

Tipo de simulación	Análisis estático
Fecha de la última modificación	21/8/2023, 11:30
Estado de modelo	[Principal]
Vista de diseño	Por defecto
Posicional	[Principal]

**iProperties**

**Resumen**

Autor | LAPTOP

**Proyecto**

Nº de pieza	asd
Diseñador	LAPTOP
Coste	60,00
Fecha de creación	2/8/2022

**Estado**

Estado del diseño | Trabajo en curso

**Estado**

Estado del diseño | Trabajo en curso

**Propiedades físicas**

Masa	651,979 kg
Área	169686,436 mm <sup>2</sup>
Volumen	138452,066 mm <sup>3</sup>
Centro de gravedad	x=0,276 mm y=-137,402 mm z=-112,295 mm

**Material(es)**

Nombre	Acero, suave
General	Densidad de masa 7,850 g/cm <sup>3</sup> Límite de elasticidad 207,000 MPa Resistencia máxima a tracción 345,000 MPa
Tensión	Módulo de Young 220,000 GPa Coeficiente de Poisson 0,275 su
	ISO 35 ISO 35 ISO 35 ISO 35 ISO 35 ISO 25x 25 ISO 25x 25 ISO 25x 25 ISO 25x 25 ISO 25x 25 ISO 25x 25 ISO 22 ISO 22 ISO 40 ISO 1035/1 40 - 557,1 ISO 1035/1 40 - 562,19 ISO 1035/1 40 - 507,89 ISO 40 ISO 1035/1 40 - 380,79 ISO 40 ISO 40 ISO 40 ISO 40 ISO 25 ISO 25



Informe de análisis de la estructu: x +

Archivo | C:/Users/aaron/Documents/Inventor/v2%20suspension/Workspaces/Espacio%20de%20trabajo/asd.iam%20Informe%20de%20análisis%20de%20la%20estructu... Actualizar

Aplicaciones | Gmail | YouTube | Flip | English VI "B"... | Tablero | UIDE - Portal Estu... | rr | MyELT | Aprender e... | QR Code Generator... | Escritor AI gratuito... | Estudio cinemático... | V-rod VRSCDX Nig...

ISO 25x 25		
Propiedades de geometría	Área de sección (a)	380,133 mm <sup>2</sup>
	Anchura de sección	22,000 mm
	Altura de sección	22,000 mm
	Centroide de sección (x)	11,000 mm
	Centroide de sección (y)	11,000 mm
Propiedades mecánicas	Momento de inercia (I <sub>x</sub> )	11499,015 mm <sup>4</sup>
	Momento de inercia (I <sub>y</sub> )	11499,015 mm <sup>4</sup>
	Módulo de rigidez de torsión (J)	22998,029 mm <sup>4</sup>
	Módulo de sección (W <sub>x</sub> )	1045,365 mm <sup>3</sup>
	Módulo de sección (W <sub>y</sub> )	1045,365 mm <sup>3</sup>
	Módulo de sección de torsión (W <sub>t</sub> )	2090,730 mm <sup>3</sup>
	Área de esfuerzo cortante reducida (A <sub>v</sub> )	285,100 mm <sup>2</sup>
Nombre(s) de pieza	ISO 22	ISO 22
ISO 22		
Propiedades de geometría	Área de sección (a)	1256,637 mm <sup>2</sup>
	Anchura de sección	40,000 mm
	Altura de sección	40,000 mm
	Centroide de sección (x)	20,000 mm
	Centroide de sección (y)	20,000 mm
Propiedades mecánicas	Momento de inercia (I <sub>x</sub> )	125663,706 mm <sup>4</sup>
	Momento de inercia (I <sub>y</sub> )	125663,706 mm <sup>4</sup>
	Módulo de rigidez de torsión (J)	251327,412 mm <sup>4</sup>
	Módulo de sección (W <sub>x</sub> )	6283,185 mm <sup>3</sup>
	Módulo de sección (W <sub>y</sub> )	6283,185 mm <sup>3</sup>
	Módulo de sección de torsión (W <sub>t</sub> )	12566,371 mm <sup>3</sup>
	Área de esfuerzo cortante reducida (A <sub>v</sub> )	942,478 mm <sup>2</sup>
Nombre(s) de pieza	ISO 40	ISO 1035/1 40 - 557,1
		ISO 1035/1 40 - 562,19
		ISO 1035/1 40 - 507,89
		ISO 40

Informe de análisis de la estructu: x +

Archivo | C:/Users/aaron/Documents/Inventor/v2%20suspension/Workspaces/Espacio%20de%20trabajo/asd.iam%20Informe%20de%20análisis%20de%20la%20estructu... Actualizar

Aplicaciones | Gmail | YouTube | Flip | English VI "B"... | Tablero | UIDE - Portal Estu... | rr | MyELT | Aprender e... | QR Code Generator... | Escritor AI gratuito... | Estudio cinemático... | V-rod VRSCDX Nig...

ISO 44		
Propiedades de geometría	Área de sección (a)	1256,637 mm <sup>2</sup>
	Anchura de sección	40,000 mm
	Altura de sección	40,000 mm
	Centroide de sección (x)	20,000 mm
	Centroide de sección (y)	20,000 mm
Propiedades mecánicas	Momento de inercia (I <sub>x</sub> )	125663,706 mm <sup>4</sup>
	Momento de inercia (I <sub>y</sub> )	125663,706 mm <sup>4</sup>
	Módulo de rigidez de torsión (J)	251327,412 mm <sup>4</sup>
	Módulo de sección (W <sub>x</sub> )	6283,185 mm <sup>3</sup>
	Módulo de sección (W <sub>y</sub> )	6283,185 mm <sup>3</sup>
	Módulo de sección de torsión (W <sub>t</sub> )	12566,371 mm <sup>3</sup>
	Área de esfuerzo cortante reducida (A <sub>v</sub> )	942,478 mm <sup>2</sup>
Nombre(s) de pieza	ISO 40	ISO 1035/1 40 - 557,1
		ISO 1035/1 40 - 562,19
		ISO 1035/1 40 - 507,89
		ISO 40
		ISO 1035/1 40 - 380,79
		ISO 40
		ISO 40
		ISO 40
		ISO 40
		ISO 40
Propiedades de geometría	Área de sección (a)	490,874 mm <sup>2</sup>
	Anchura de sección	25,000 mm
	Altura de sección	25,000 mm
	Centroide de sección (x)	12,500 mm
	Centroide de sección (y)	12,500 mm
Propiedades mecánicas	Momento de inercia (I <sub>x</sub> )	19174,760 mm <sup>4</sup>
	Momento de inercia (I <sub>y</sub> )	19174,760 mm <sup>4</sup>
	Módulo de rigidez de torsión (J)	38349,520 mm <sup>4</sup>
	Módulo de sección (W <sub>x</sub> )	1533,981 mm <sup>3</sup>
	Módulo de sección (W <sub>y</sub> )	1533,981 mm <sup>3</sup>
	Módulo de sección de torsión (W <sub>t</sub> )	3067,962 mm <sup>3</sup>
	Área de esfuerzo cortante reducida (A <sub>v</sub> )	306,796 mm <sup>2</sup>

Informe de análisis de la estruct...

C:/Users/aaron/Documents/Inventor/v2%20suspension/Workspaces/Espacio%20de%20trabajo/asd.iam%20Informe%20de%20análisis%20de%20la%20estructu...

Aplicaciones Gmail YouTube Flip | English VI "B"... Tablero UIDE - Portal Estu... rr MyELT | Aprender e... QR Code Generator... Escritor AI gratuito... Estudio cinemático... V-rod VRSCDX Nig...

Propiedades de geometría	Área de sección (a)	490,874 mm <sup>2</sup>
	Anchura de sección	25,000 mm
	Altura de sección	25,000 mm
	Centroide de sección (x)	12,500 mm
	Centroide de sección (y)	12,500 mm
	Momento de inercia (I <sub>x</sub> )	19174,760 mm <sup>4</sup>
	Momento de inercia (I <sub>y</sub> )	19174,760 mm <sup>4</sup>
	Módulo de rigidez de torsión (J)	38349,520 mm <sup>4</sup>
	Módulo de sección (W <sub>x</sub> )	1533,981 mm <sup>3</sup>
	Módulo de sección (W <sub>y</sub> )	1533,981 mm <sup>3</sup>
Propiedades mecánicas	Módulo de sección de torsión (W <sub>t</sub> )	3067,962 mm <sup>3</sup>
	Área de esfuerzo cortante reducida (A <sub>v</sub> )	368,155 mm <sup>2</sup>
	Área de esfuerzo cortante reducida (A <sub>y</sub> )	368,155 mm <sup>2</sup>
	ISO 25	
	ISO 25	
Nombre(s) de pieza	ISO 25	
	ISO 25	
	ISO 25	
	ISO 25	
	ISO 25	
	ISO 25	
	ISO 25	
	ISO 25	
	ISO 25	
	ISO 25	
	ISO 25	
	ISO 25	
Propiedades de geometría	Área de sección (a)	2827,433 mm <sup>2</sup>
	Anchura de sección	60,000 mm
	Altura de sección	60,000 mm
	Centroide de sección (x)	30,000 mm
	Centroide de sección (y)	30,000 mm
	Momento de inercia (I <sub>x</sub> )	636172,512 mm <sup>4</sup>
	Momento de inercia (I <sub>y</sub> )	636172,512 mm <sup>4</sup>
	Módulo de rigidez de torsión (J)	1272345,025 mm <sup>4</sup>
	Módulo de sección (W <sub>x</sub> )	21205,750 mm <sup>3</sup>
	Módulo de sección (W <sub>y</sub> )	21205,750 mm <sup>3</sup>
Propiedades mecánicas	Módulo de sección de torsión (W <sub>t</sub> )	42411,501 mm <sup>3</sup>
	Área de esfuerzo cortante reducida (A <sub>v</sub> )	2120,575 mm <sup>2</sup>
	Área de esfuerzo cortante reducida (A <sub>y</sub> )	2120,575 mm <sup>2</sup>
	ISO 60	
	ISO 60	
Nombre(s) de pieza	ISO 60	
	ISO 60	
	ISO 60	
	ISO 60	
	ISO 60	
Propiedades de geometría	Área de sección (a)	1048,567 mm <sup>2</sup>
	Anchura de sección	45,000 mm
	Altura de sección	80,000 mm
	Centroide de sección (x)	14,311 mm
	Centroide de sección (y)	40,000 mm
	Momento de inercia (I <sub>x</sub> )	1023735,229 mm <sup>4</sup>
	Momento de inercia (I <sub>y</sub> )	180604,339 mm <sup>4</sup>
	Módulo de rigidez de torsión (J)	19204,416 mm <sup>4</sup>
	Módulo de sección (W <sub>x</sub> )	25593,331 mm <sup>3</sup>
	Módulo de sección (W <sub>y</sub> )	5884,951 mm <sup>3</sup>
Propiedades mecánicas	Módulo de sección de torsión (W <sub>t</sub> )	1727,676 mm <sup>3</sup>
	Área de esfuerzo cortante reducida (A <sub>v</sub> )	509,942 mm <sup>2</sup>
	Área de esfuerzo cortante reducida (A <sub>y</sub> )	367,363 mm <sup>2</sup>
	ISO 657/11 CH 80 x 8 - 232,31	
	ISO 657/11 CH 80 x 8 - 232,31	
Nombre(s) de pieza	ISO 657/11 CH 80 x 8 - 216,17	
	ISO 657/11 CH 80 x 8 - 216,17	

Informe de análisis de la estruct...

C:/Users/aaron/Documents/Inventor/v2%20suspension/Workspaces/Espacio%20de%20trabajo/asd.iam%20Informe%20de%20análisis%20de%20la%20estructu...

Aplicaciones Gmail YouTube Flip | English VI "B"... Tablero UIDE - Portal Estu... rr MyELT | Aprender e... QR Code Generator... Escritor AI gratuito... Estudio cinemático... V-rod VRSCDX Nig...

Propiedades de geometría	Área de sección (a)	2827,433 mm <sup>2</sup>
	Anchura de sección	60,000 mm
	Altura de sección	60,000 mm
	Centroide de sección (x)	30,000 mm
	Centroide de sección (y)	30,000 mm
	Momento de inercia (I <sub>x</sub> )	636172,512 mm <sup>4</sup>
	Momento de inercia (I <sub>y</sub> )	636172,512 mm <sup>4</sup>
	Módulo de rigidez de torsión (J)	1272345,025 mm <sup>4</sup>
	Módulo de sección (W <sub>x</sub> )	21205,750 mm <sup>3</sup>
	Módulo de sección (W <sub>y</sub> )	21205,750 mm <sup>3</sup>
Propiedades mecánicas	Módulo de sección de torsión (W <sub>t</sub> )	42411,501 mm <sup>3</sup>
	Área de esfuerzo cortante reducida (A <sub>v</sub> )	2120,575 mm <sup>2</sup>
	Área de esfuerzo cortante reducida (A <sub>y</sub> )	2120,575 mm <sup>2</sup>
	ISO 60	
	ISO 60	
Nombre(s) de pieza	ISO 60	
	ISO 60	
	ISO 60	
	ISO 60	
	ISO 60	
Propiedades de geometría	Área de sección (a)	1048,567 mm <sup>2</sup>
	Anchura de sección	45,000 mm
	Altura de sección	80,000 mm
	Centroide de sección (x)	14,311 mm
	Centroide de sección (y)	40,000 mm
	Momento de inercia (I <sub>x</sub> )	1023735,229 mm <sup>4</sup>
	Momento de inercia (I <sub>y</sub> )	180604,339 mm <sup>4</sup>
	Módulo de rigidez de torsión (J)	19204,416 mm <sup>4</sup>
	Módulo de sección (W <sub>x</sub> )	25593,331 mm <sup>3</sup>
	Módulo de sección (W <sub>y</sub> )	5884,951 mm <sup>3</sup>
Propiedades mecánicas	Módulo de sección de torsión (W <sub>t</sub> )	1727,676 mm <sup>3</sup>
	Área de esfuerzo cortante reducida (A <sub>v</sub> )	509,942 mm <sup>2</sup>
	Área de esfuerzo cortante reducida (A <sub>y</sub> )	367,363 mm <sup>2</sup>
	ISO 657/11 CH 80 x 8 - 232,31	
	ISO 657/11 CH 80 x 8 - 232,31	
Nombre(s) de pieza	ISO 657/11 CH 80 x 8 - 216,17	
	ISO 657/11 CH 80 x 8 - 216,17	

Informe de análisis de la estructu: x +

← → C Archivo | C:/Users/aaron/Documents/Inventor/v2%20suspension/Workspaces/Espacio%20de%20trabajo/asd.iam%20Informe%20de%20análisis%20de%20la%20estructu... Actualizar

Aplicaciones Gmail YouTube Flip | English V1 "B"... Tablero UIDE - Portal Estu... rr MyELT | Aprender e... QR Code Generator... Escritor AI gratuito... Estudio cinemático... V-rod VRSCDX Nig...

Vínculo rígido:37	fijo	fijo	fijo	fijo	fijo	Nodo:260	Nodo:266, Nodo:203
Vínculo rígido:38	fijo	fijo	fijo	fijo	fijo	Nodo:164	Nodo:205
Vínculo rígido:39	fijo	fijo	fijo	fijo	fijo	Nodo:82	Nodo:81
Vínculo rígido:40	fijo	fijo	fijo	fijo	fijo	Nodo:73	Nodo:74

**Condiciones de funcionamiento**

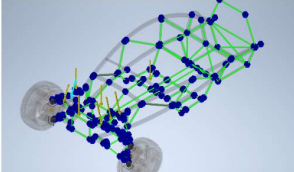
**Gravedad**

Tipo de carga	Gravedad
Magnitud	9810,000 mm/s <sup>2</sup>
Dirección	Z-

**Fuerza:1**

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	50,000 N
Sistema de coordenadas de vigas	No
Angulo de plano	180,00 gr
Angulo en plano	163,98 gr
Fx	-13,796 N
Fy	-0,000 N
Fz	-48,059 N
Desfase	91,804 mm

**Referencia o referencias seleccionadas**



Informe de análisis de la estructu: x +

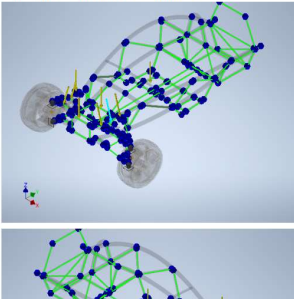
← → C Archivo | C:/Users/aaron/Documents/Inventor/v2%20suspension/Workspaces/Espacio%20de%20trabajo/asd.iam%20Informe%20de%20análisis%20de%20la%20estructu... Actualizar

Aplicaciones Gmail YouTube Flip | English V1 "B"... Tablero UIDE - Portal Estu... rr MyELT | Aprender e... QR Code Generator... Escritor AI gratuito... Estudio cinemático... V-rod VRSCDX Nig...

**Fuerza:2**

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	50,000 N
Sistema de coordenadas de vigas	No
Angulo de plano	0,00 gr
Angulo en plano	163,98 gr
Fx	13,796 N
Fy	-0,000 N
Fz	-48,059 N
Desfase	80,562 mm

**Referencia o referencias seleccionadas**



Informe de análisis de la estructu: x +

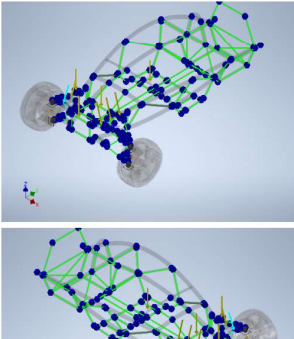
← → Archivo | C:/Users/aaron/Documents/Inventor/v2%20suspension/Workspaces/Espacio%20de%20trabajo/asd.iam%20Informe%20de%20análisis%20de%20la%20estructu... Actualizar

Aplicaciones Gmail YouTube Flip | English VI "B"... Tablero UIDE - Portal Estu... rr MyELT | Aprender e... QR Code Generator... Escritor AI gratuito... Estudio cinemático... V-rod VRSCDX Nig...

**Fuerza:3**

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	50,000 N
Sistema de coordenadas de vigas	No
Ángulo de plano	180,00 gr
Ángulo en plano	163,98 gr
Fx	-13,796 N
Fy	-0,000 N
Fz	-48,059 N
Desfase	93,593 mm

**Referencia o referencias seleccionadas**



Informe de análisis de la estructu: x +

← → Archivo | C:/Users/aaron/Documents/Inventor/v2%20suspension/Workspaces/Espacio%20de%20trabajo/asd.iam%20Informe%20de%20análisis%20de%20la%20estructu... Actualizar

Aplicaciones Gmail YouTube Flip | English VI "B"... Tablero UIDE - Portal Estu... rr MyELT | Aprender e... QR Code Generator... Escritor AI gratuito... Estudio cinemático... V-rod VRSCDX Nig...

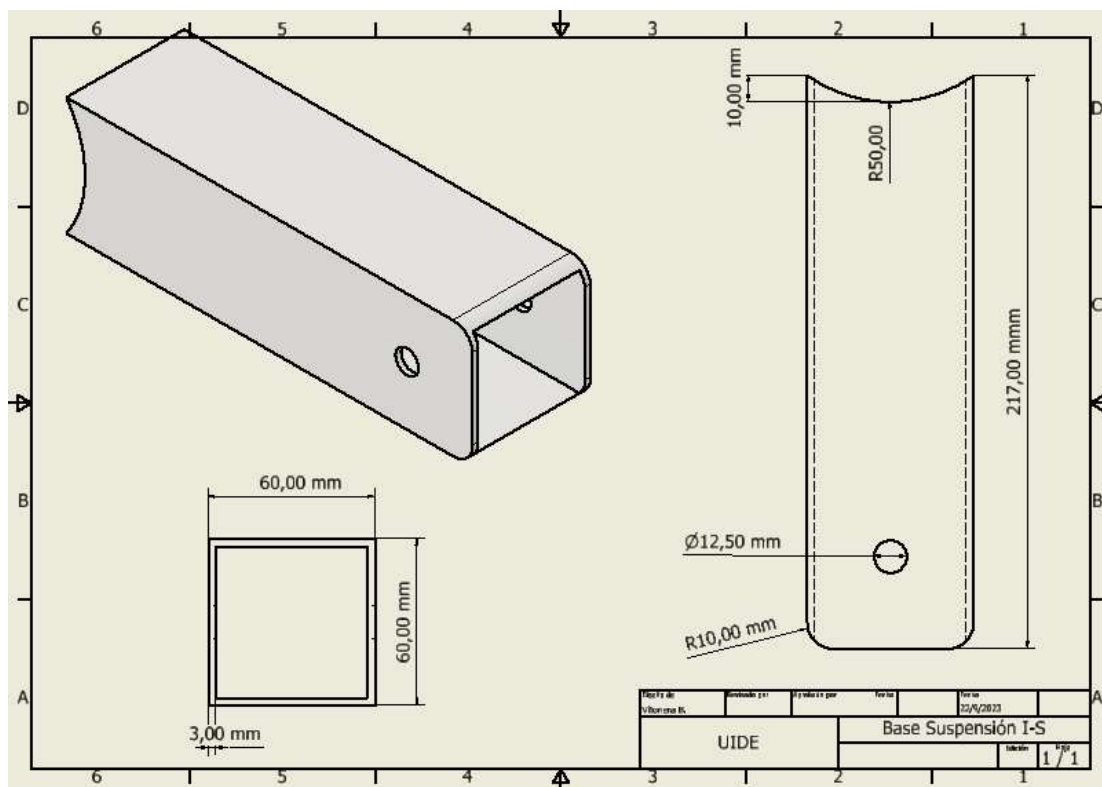
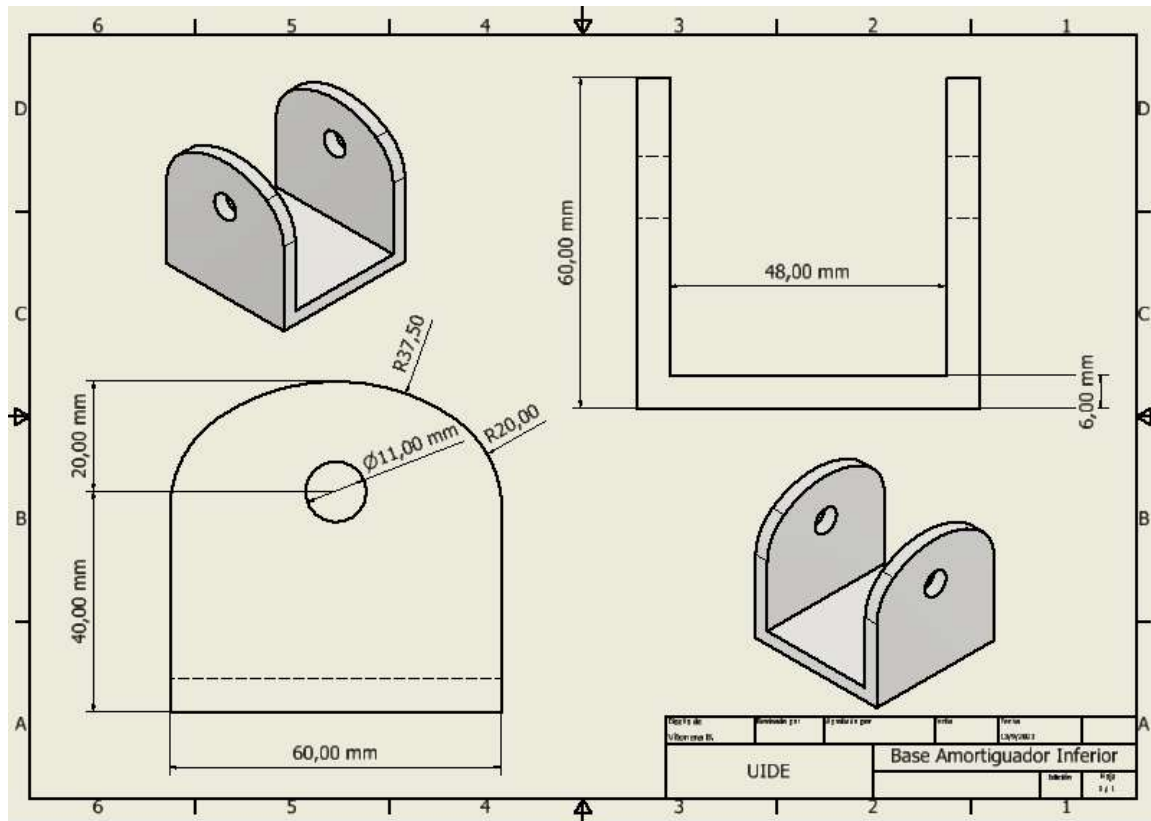
**Fuerza y pares de reacción en restricciones**

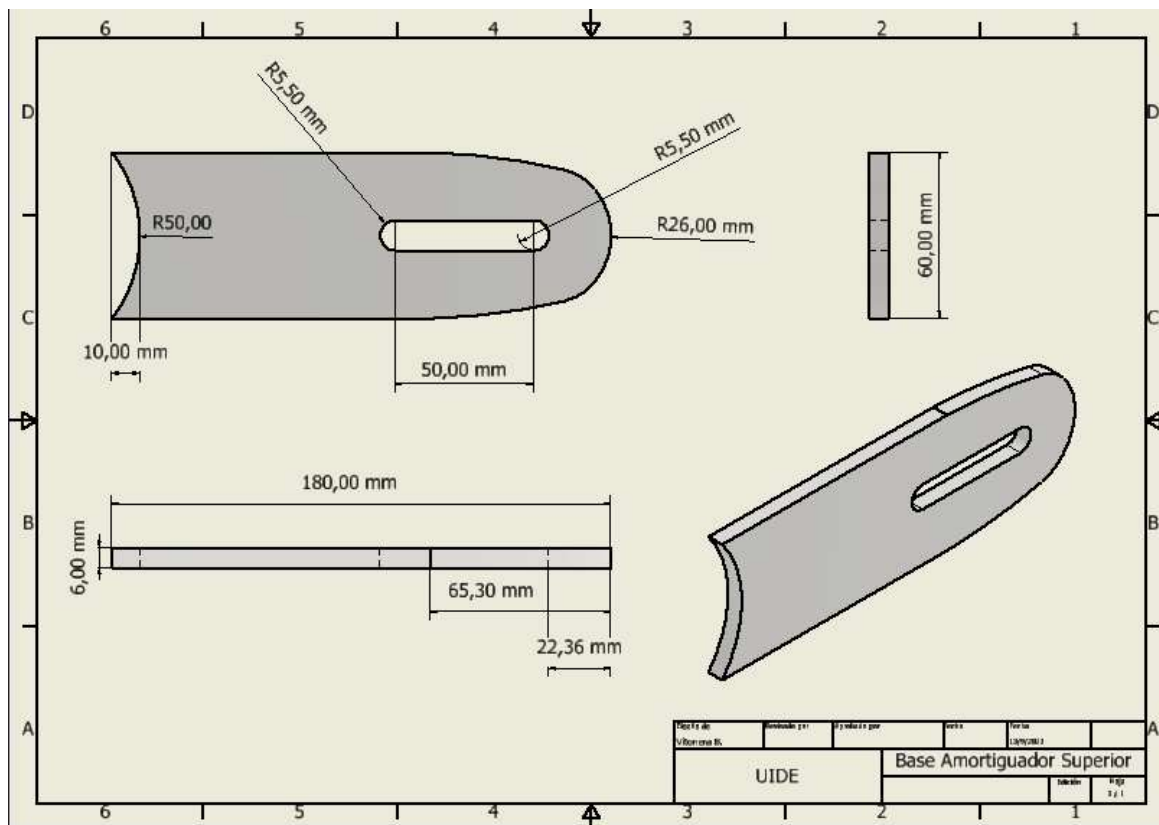
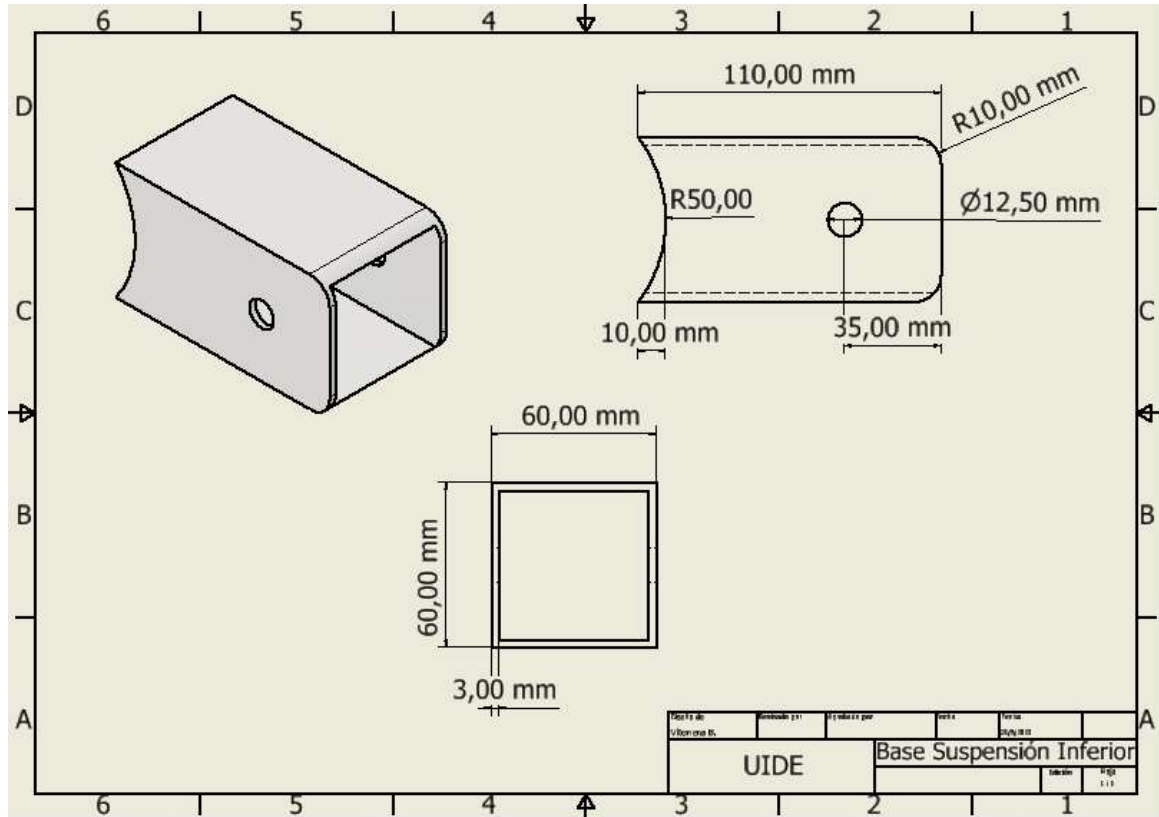
Nombre de la restricción	Fuerza de reacción		Pares de reacción	
	Magnitud	Componentes (Fx, Fy, Fz)	Magnitud	Componentes (Mx, My, Mz)
Restricción fija:4	45,955 N	0,000 N	12517,308 N mm	-1416,500 N mm
		45,955 N		12436,902 N mm
		13,796 N		-0,000 N mm
Restricción fija:2	142,928 N	-0,000 N	42635,870 N mm	-1754,140 N mm
		142,260 N		-42544,963 N mm
		-27,593 N		2160,217 N mm
Restricción fija:3	143,007 N	-0,000 N	41811,262 N mm	-2042,257 N mm
		140,319 N		41761,204 N mm
		0,000 N		-112,516 N mm
Restricción fija:1	45,955 N	0,000 N	12023,597 N mm	-1413,082 N mm
		0,000 N		-11940,272 N mm
		45,955 N		0,000 N mm

**Resumen de resultados estáticos**

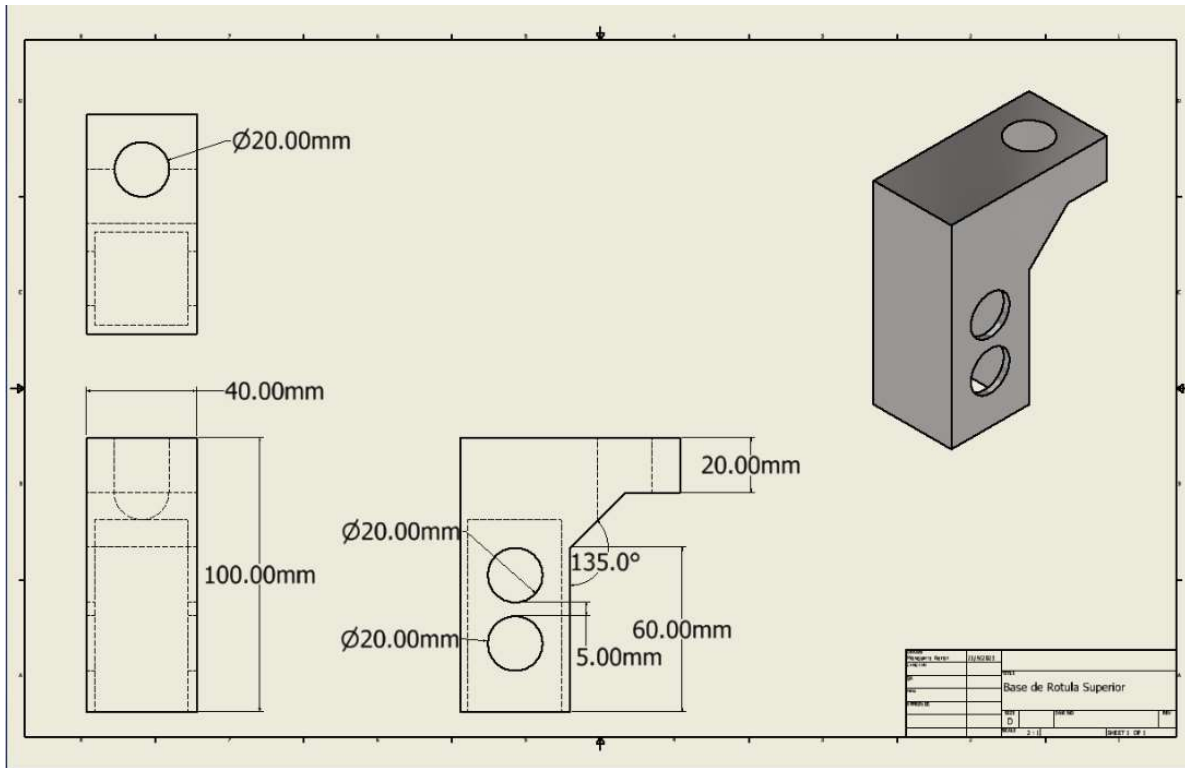
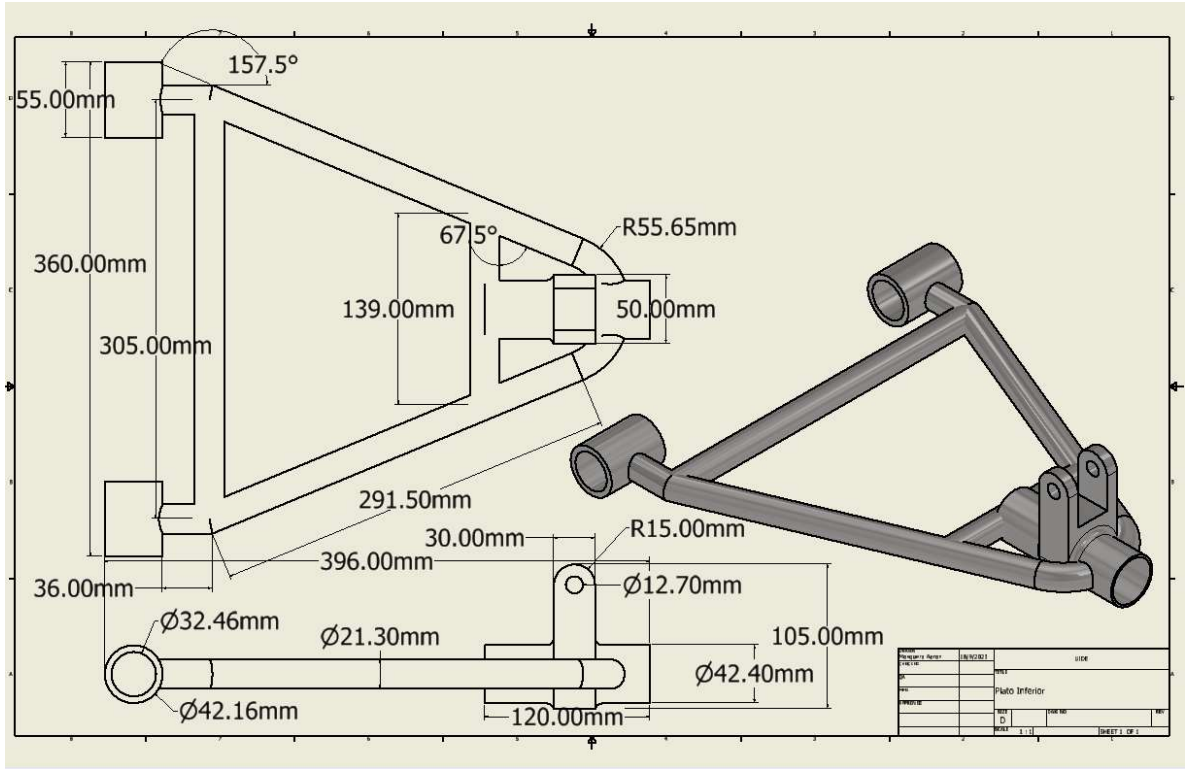
Nombre	Mínimo	Máximo	
Desplazamiento	0,000 mm	3,872006604968E+09 mm	
Fuerzas	Fx	-1802,284 N	1072,103 N
	Fy	-1097,472 N	1929,390 N
	Fz	-1531,328 N	1801,262 N
Momentos	Mx	-863883,752 N mm	450744,453 N mm
	My	-271274,445 N mm	626710,663 N mm
	Mz	-173235,001 N mm	176326,241 N mm
Tensiones normales	Smax	-2,265 MPa	229,615 MPa
	Smin	-229,980 MPa	1,613 MPa
	Smax(Mx)	-0,000 MPa	219,072 MPa
	Smin(Mx)	-219,072 MPa	0,000 MPa
	Smax(My)	0,000 MPa	99,744 MPa
	Smin(My)	-99,744 MPa	0,000 MPa
Tensión de corte	Saxial	-3,670 MPa	2,323 MPa
	Tx	-1,486 MPa	1,912 MPa
Tensiones de torsión	Ty	-2,904 MPa	1,752 MPa
	T	-23,934 MPa	33,665 MPa

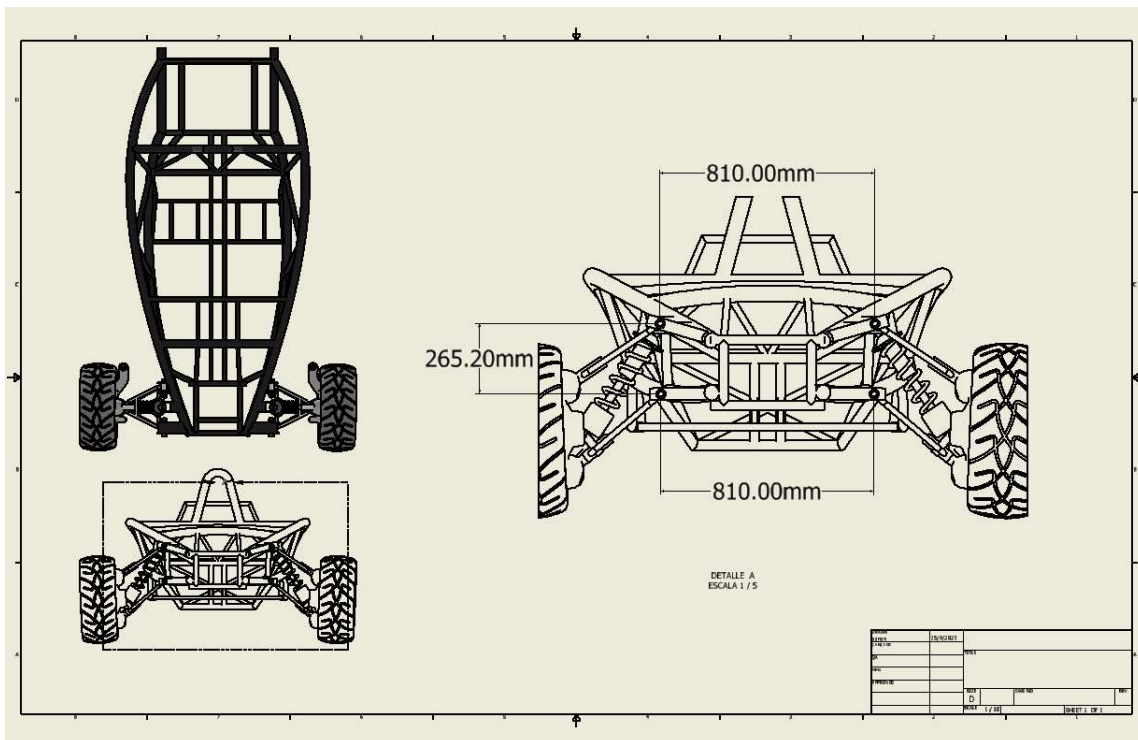
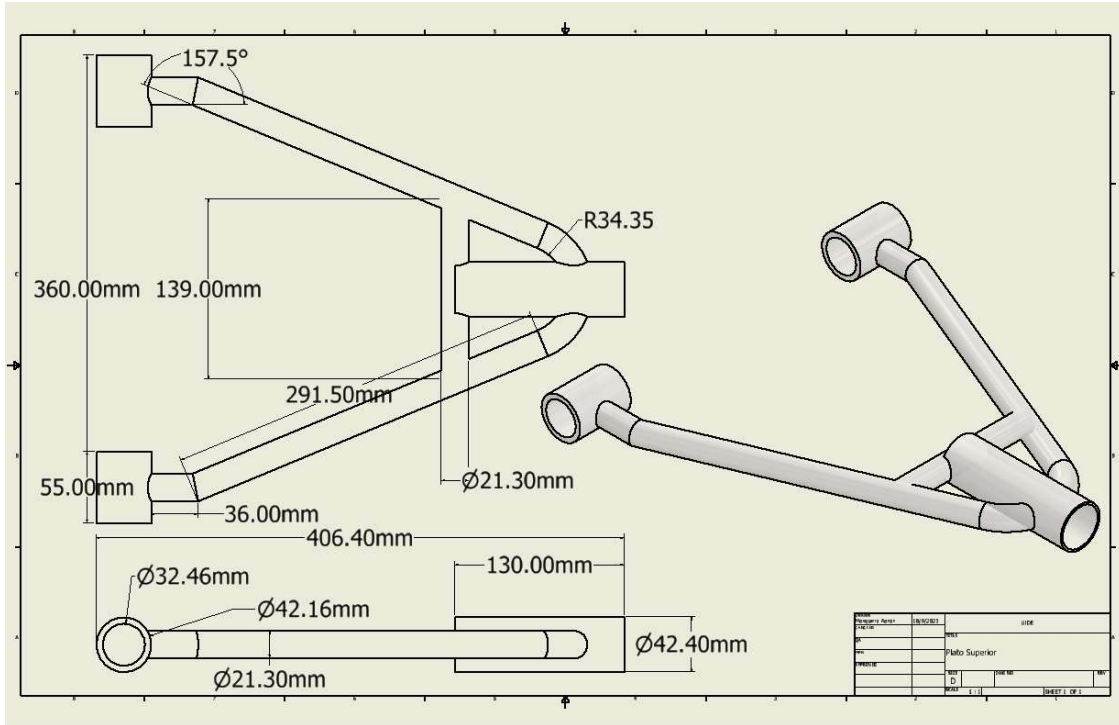
## Anexos 2





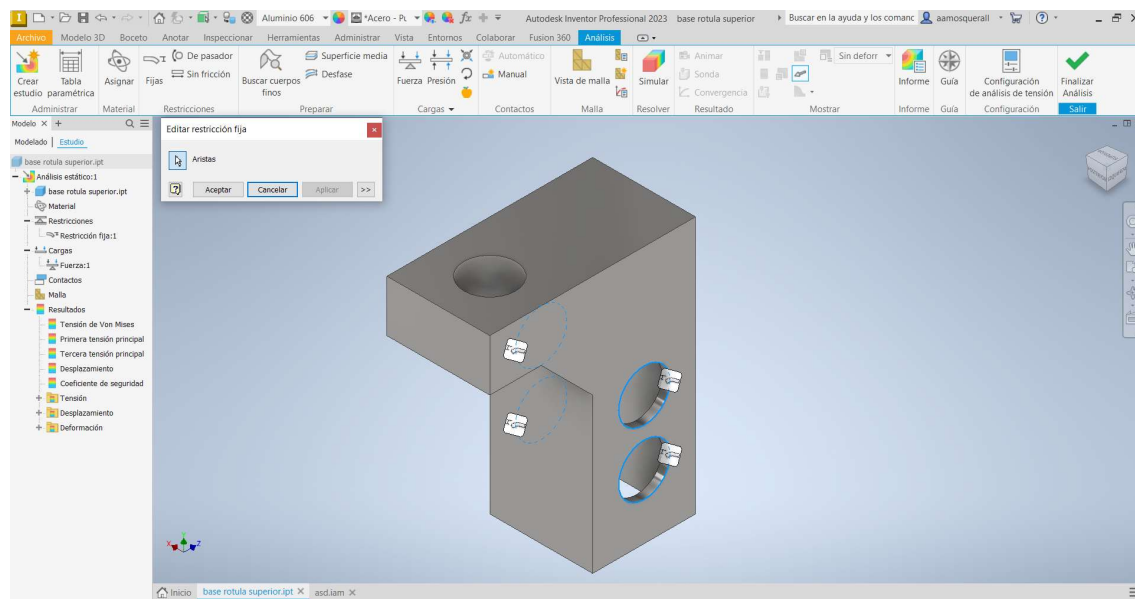
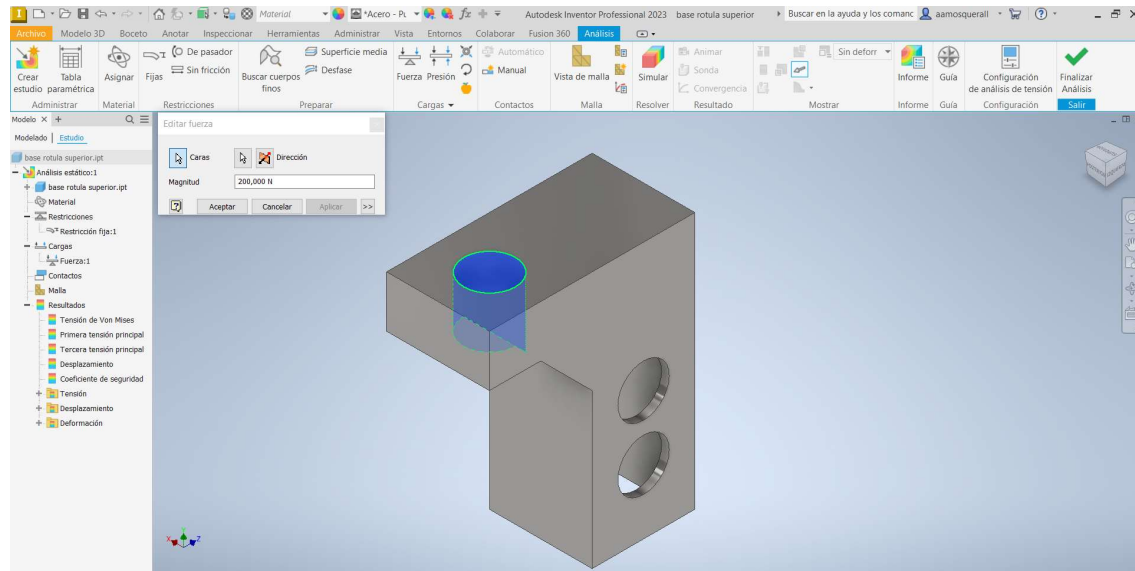








## Anexos 3



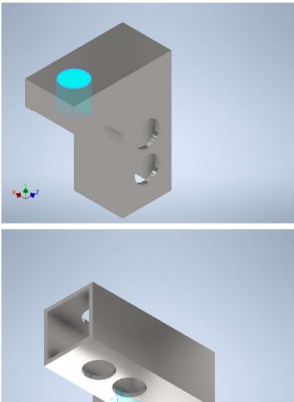
Correo: MOSQUERA LLAUCA AA | Informe de análisis de tensión b: +

Archivo | C:/Users/aaron/Documents/Inventor/base%20rotula%20superior.ipt%20Informe%20de%20análisis%20de%20tensión%2012\_9\_2023.html

**Fuerza:1**

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	200,000 N
Vector X	0,000 N
Vector Y	-200,000 N
Vector Z	0,000 N

**Car(a)s seleccionada(s)**



Correo: MOSQUERA LLAUCA AA | Informe de análisis de tensión b: +

Archivo | C:/Users/aaron/Documents/Inventor/base%20rotula%20superior.ipt%20Informe%20de%20análisis%20de%20tensión%2012\_9\_2023.html

Aplicaciones Gmail YouTube Flip | English VI "B"... Tablero UIDE - Portal Estu... rr MyELT | Aprender e... QR Code Generator... Escritor AI gratuito... Estudio cinemático...

## Resultados

### Fuerza y pares de reacción en restricciones

Nombre de la restricción	Fuerza de reacción		Pares de reacción	
	Magnitud	Componente (X, Y, Z)	Magnitud	Componente (X, Y, Z)
Restricción fija:1	200 N	0 N 200 N 0 N	7,78518 N m	7,78518 N m 0 N m 0 N m

### Resumen de resultados

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	108360 mm <sup>3</sup>	
Masa	0,292573 kg	
Tensión de Von Mises	0,0144451 MPa	13,1685 MPa
Primera tensión principal	-1,83697 MPa	7,78764 MPa
Tercera tensión principal	-10,0862 MPa	1,15024 MPa
Desplazamiento	0 mm	0,00495659 mm
Coefficiente de seguridad	4,17662 su	15 su
Tensión XX	-2,1152 MPa	1,8733 MPa
Tensión XY	-4,40642 MPa	4,75408 MPa
Tensión XZ	-3,36585 MPa	3,29411 MPa
Tensión YY	-7,52379 MPa	7,01792 MPa
Tensión YZ	-3,08986 MPa	3,56377 MPa
Tensión ZZ	-5,13124 MPa	2,81278 MPa
Desplazamiento X	-0,000102896 mm	0,00010397 mm
Desplazamiento Y	-0,00421225 mm	0,000828895 mm
Desplazamiento Z	-0,00262959 mm	0,000402215 mm
Deformación equivalente	0,00000186191 su	0,000169842 su
Primera deformación principal	0,00000190993 su	0,000123589 su
Tercera deformación principal	-0,000166271 su	-0,00000109871 su
Deformación XX	-0,0000206105 su	0,0000347911 su
Deformación XY	-0,0000850586 su	0,0000917697 su
Deformación XZ	-0,0000649722 su	0,0000635873 su
Deformación YY	-0,000121943 su	0,0000794125 su
Deformación YZ	-0,0000596446 su	0,0000687926 su
Deformación ZZ	-0,0000747854 su	0,0000646048 su

### Figuras

Correo: MOSQUERA LLAUCA AAF x Informe de análisis de tensión b x +

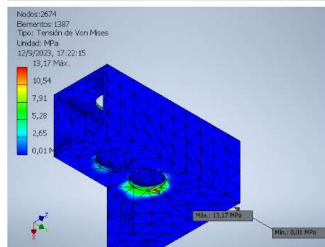
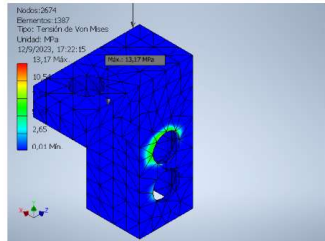
Archivo | C:/Users/aaron/Documents/Inventor/base%20rotula%20superior.ipt%20Informe%20de%20análisis%20de%20tensión%2012\_9\_2023.html

Aplicaciones Gmail YouTube Flip | English VI "B"... Tablero UIDE - Portal Estu... rr MyELT | Aprender e... QR Code Generator... Escritor AI gratuito... Estudio cinemático... V-rod VI

Deformación YY	-0,000121943 su	0,0000794125 su
Deformación YZ	-0,0000596446 su	0,0000687926 su
Deformación ZZ	-0,0000747854 su	0,0000646048 su

### Figuras

#### Tensión de Von Mises

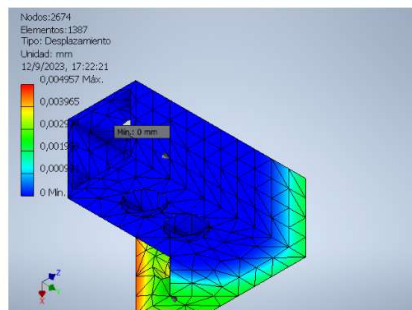
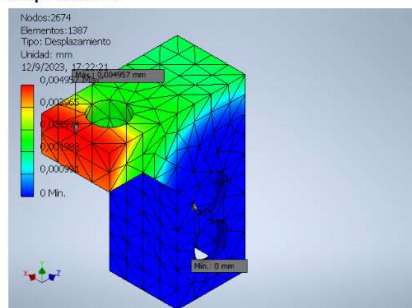


Correo: MOSQUERA LLAUCA AAF x Informe de análisis de tensión b x +

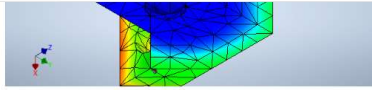
Archivo | C:/Users/aaron/Documents/Inventor/base%20rotula%20superior.ipt%20Informe%20de%20análisis%20de%20tensión%2012\_9\_2023.html

Aplicaciones Gmail YouTube Flip | English VI "B"... Tablero UIDE - Portal Estu... rr MyELT | Aprender e... QR Code Generator... Escritor AI gratuito... Estudio cinemático... V-rod VI

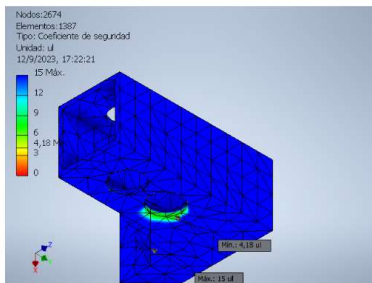
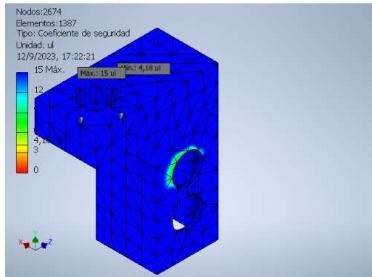
#### Desplazamiento



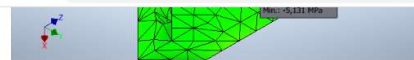
Correo: MOSQUERA LLAUCA AAI x Informe de análisis de tensión be x +  
 Archivo | C:/Users/aaron/Documents/Inventor/base%20rotula%20superior.ipt%



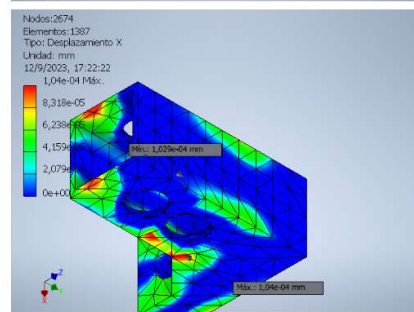
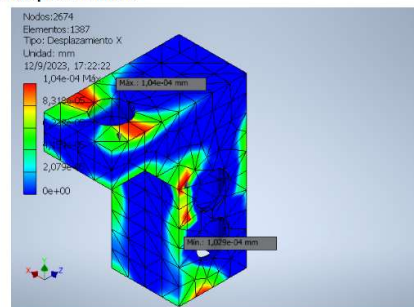
#### Coeficiente de seguridad



Correo: MOSQUERA LLAUCA AAI x Informe de análisis de tensión be x +  
 Archivo | C:/Users/aaron/Documents/Inventor/base%20rotula%20

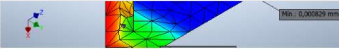
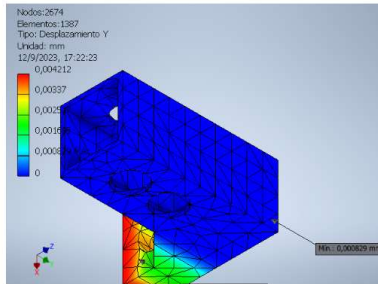
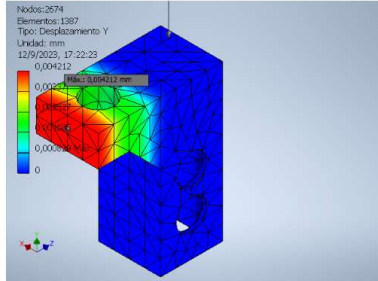


#### Desplazamiento X



#### Desplazamiento Y

Desplazamiento Y



Desplazamiento Z

