

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE CUENCA**

**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

*Trabajo de titulación  
previo a la obtención de título de  
Ingeniero Mecánico Automotriz*

**PROYECTO TÉCNICO:**

**“ELABORACIÓN DE PROTOCOLO PARA COMPETENCIAS  
ESTUDIANTILES DE VEHÍCULOS TIPO BAJA S.A.E. ESCALA 1:12  
DENTRO DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA”**

**AUTORES:**

GABRIEL EMMANUEL AYALA GUICHAY

SANTIAGO ISRAEL MAHAUAD FERNÁNDEZ

**TUTOR:**

ING. JORGE FAJARDO MERCHÁN, MSc.

CUENCA - ECUADOR

2021

## CESIÓN DE DERECHO DE AUTOR

Nosotros, Gabriel Emmanuel Ayala Guichay con documento de identificación N° 0106552870 y Santiago Israel Mahauad Fernández con documento de identificación N° 1103842371, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación: **“ELABORACIÓN DE PROTOCOLO PARA COMPETENCIAS ESTUDIANTILES DE VEHÍCULOS TIPO BAJA S.A.E. ESCALA 1:12 DENTRO DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA”**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: *Ingeniero Mecánico Automotriz*, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

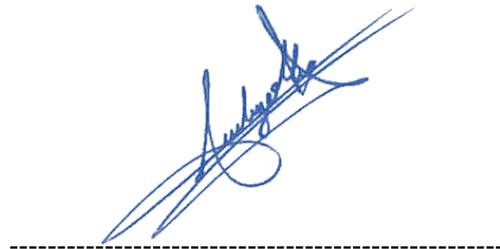
En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, enero del 2021



-----  
Gabriel Emmanuel Ayala Guichay

C.I. 0106552870



-----  
Santiago Israel Mahauad Fernández

C.I. 110384237

## CERTIFICACIÓN

Yo, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **“ELABORACIÓN DE PROTOCOLO PARA COMPETENCIAS ESTUDIANTILES DE VEHÍCULOS TIPO BAJA S.A.E. ESCALA 1:12 DENTRO DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA”**, realizado por Gabriel Emmanuel Ayala Guichay y Santiago Israel Mahauad Fernández, obteniendo el *Proyecto Técnico* que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, enero del 2021

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Jorge Fajardo Merchán', written over a horizontal dashed line.

Ing. Jorge Fajardo Merchán

C.I. 0103496386

## DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Gabriel Emmanuel Ayala Guichay con documento de identificación N° 0106552870 y Santiago Israel Mahauad Fernández con documento de identificación N° 1103842371, autores del trabajo de titulación: **“ELABORACIÓN DE PROTOCOLO PARA COMPETENCIAS ESTUDIANTILES DE VEHÍCULOS TIPO BAJA S.A.E. ESCALA 1:12 DENTRO DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA”**, certificamos que el total contenido del *Proyecto Técnico* es de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, enero del 2021



-----  
Gabriel Emmanuel Ayala Guichay

C.I. 0106552870



-----  
Santiago Israel Mahauad Fernández

C.I. 110384237

## **AGRADECIMIENTO**

En primero lugar quiero agradecer a nuestro tutor, el Ing. Jorge Esteban Fajardo Merchán, quien con sus instrucciones y apoyo me guio a través de cada una de las etapas del presente proyecto de titulación para alcanzar los resultados que se buscaba.

También quiero agradecer a la Carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz por brindarme todos sus conocimientos y herramientas que fueron necesarias para llevar a cabo el proceso del presente proyecto de titulación. No hubiese podido arribar a estos resultados de no haber sido por su incondicional ayuda.

Por último, quiero agradecer a mi familia y compañeros, por apoyarme aun cuando mis ánimos decaían. En especial, quiero hacer mención de mis padres, que siempre estuvieron ahí para darme palabras de apoyo y un abrazo reconfortante para renovar energías.

Muchas gracias a todos.

*Santiago Israel Mahauad Fernández*

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mis padres quienes me apoyaron todo el tiempo, que me alentaron para continuar, cuando parecía que me iba a rendir.

A mis maestros quienes nunca desistieron al enseñarme, a ellos que continuaron depositando su esperanza en mí y a mi compañero de proyecto de titulación, porque sin el equipo que formamos, no habiéramos logrado esta meta.

*Santiago Israel Mahauad Fernández*

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, agradecer a Dios por hacer posible esta meta y guiarme hasta el final. Agradezco encarecidamente al tutor Ing. Jorge Esteban Fajardo Merchán, quien con sus conocimientos y consejos conseguimos alcanzar los objetivos de este proyecto. También agradecer a mis padres Zoila y Edgar por nunca dejarme recaer en los momentos más complicados además de estar ahí apoyándome a seguir en adelante, brindándome de algunos de sus consejos que me hacían poner énfasis en lograr mis objetivos. Por último, a amigos y familiares que estaban ahí brindándome una ayuda o consejo para poder sobrellevar alguna dificultad que se presentaba a lo largo de todo este camino.

*Gabriel Emmanuel Ayala Guichay*

## **DEDICATORIA**

Este trabajo va dedicado a Dios por haberme brindado la vida y permitir culminar una etapa más de mi formación profesional. A mis padres Zoila y Edgar que siempre estuvieron ahí apoyándome, demostrando su cariño de manera incondicional sin importar nuestras diferencias y opiniones. A mi abuelita Bertha Parra por siempre aconsejarme en cada momento de mi vida y las enseñanzas que me brinda. Sin ustedes nada de esto sería posible  
es un triunfo nuestro.

Al tutor Ing. Jorge Esteban Fajardo Merchán por brindar de su tiempo y paciencia en cada etapa de este trabajo para poderlo llevar en adelante.

Gracias amigos y familiares que estuvieron ahí apoyándome, aconsejándome para alcanzar una meta más en esta etapa de mi vida este triunfo también es para ustedes.

*Gabriel Emmanuel Ayala Guichay*

## **Resumen**

La finalidad del presente proyecto técnico es elaborar un protocolo para competencias estudiantiles de vehículos tipo Baja SAE escala 1:12 dentro de la Universidad Politécnica Salesiana.

En el presente trabajo técnico se inicia la fase 1 con la investigación bibliográfica sobre la sociedad de ingenieros automotrices (S.A.E.), las competencias de vehículos Mini Baja SAE existentes a nivel mundial, la evolución de las competencias de vehículos a escala, los sistemas que conforman un vehículo con las diferentes fuerzas y ángulos que actúan sobre cada uno de ellos, los programas de apoyo mediante computador y los materiales existentes para impresión 3D.

Una vez culminada la fase 1 sobre la investigación bibliográfica se inicia la fase 2 con el diseño de un vehículo Baja SAE a escala 1:12 en donde se ejecuta primero la selección de cada uno de los sistemas del vehículo con su respectivo material de diseño, cálculos y análisis. El primer sistema es el de neumáticos, que cuenta con diferentes tipos de labrado y materiales de diseño, el segundo sistema es el de transmisión que es el que permite la transferencia del torque del motor a las ruedas, el tercer sistema es el de dirección, el mismo que permitió que las ruedas cuenten con un sistema Ackerman comandado por un servo motor, el cuarto sistema es el de suspensión, este sistema es muy complejo e importante en el vehículo, cuenta con dos puntos de apoyo, el punto de apoyo superior es en el chasis y el punto de apoyo inferior es en la parte superior de la mangueta, se realizó un análisis mediante Adams Car de la factibilidad de funcionamiento del mismo, el quinto y último sistema es el sistema de chasis, el cual es una estructura tubular que cuenta con figuras en forma de triángulo para contar con mayor resistencia estructural.

En la fase 3 se procede a realizar la pista por la cual el vehículo va a competir y se construye cada uno de los diferentes sistemas del vehículo antes diseñado mediante impresión 3D, los materiales usados para los diferentes elementos de cada uno de los sistemas son: PLA, PLA+ y TPE, los únicos elementos que no fueron construidos son: dos ejes de transmisión, dos motores eléctricos, un servo motor, cuatro bujes y cuatro resortes del sistema de suspensión.

Esta fase también cuenta con la programación del vehículo para el funcionamiento de los motores eléctricos y el servo motor mediante control remoto.

En la fase 4 se determina el protocolo que consiste en tres puntos, el primero es el diseño del vehículo tipo Baja SAE a escala 1:12 que cuenta con el análisis de la fase 2, como segundo punto es la construcción del vehículo tipo Baja SAE a escala 1:12 realizado en la fase 3 y como último punto es la ejecución de pruebas al vehículo en la pista de competencias de vehículos tipo Baja SAE.

## **Summary**

The purpose of this technical project is to develop a protocol for student competitions of Baja SAE 1:12 scale vehicles within the Salesian Polytechnic University.

In this technical work, phase 1 begins with the bibliographic research on the society of automotive engineers (SAE), the competencies of Mini Baja SAE vehicles that exist worldwide, the evolution of the competencies of scale vehicles, the systems that make up a vehicle with the different forces and angles that act on each of them, the computer support programs and the existing materials for 3D printing.

Once phase 1 on the bibliographic research is completed, phase 2 begins with the design of a Baja SAE vehicle at 1:12 scale, where the selection of each of the vehicle systems with their respective design material is first executed. calculations and analysis. The first system is the tire system, which has different types of styling and design materials, the second system is the transmission system, which is the one that allows the transfer of torque from the engine to the wheels, the third system is the steering system. the same that allowed the wheels to have an Ackerman system commanded by a servo motor, the fourth system is the suspension system, this system is very complex and important in the vehicle, it has two support points, the upper support point is in the chassis and the lower support point is in the upper part of the spindle, an analysis was carried out by Adams Car of the feasibility of its operation, the fifth and last system is the chassis system, which is a tubular structure It has triangle-shaped figures for greater structural strength.

In phase 3, the track on which the vehicle is going to compete is carried out and each of the different systems of the previously designed vehicle is built using 3D printing, the materials used for the different elements of each of the systems are: PLA, PLA + and TPE, the only elements that were not built are: two transmission shafts, two electric motors, a servo motor,

four bushings and four springs of the suspension system.

This phase also includes the programming of the vehicle for the operation of the electric motors and the servo motor by remote control.

In phase 4 the protocol consisting of three points is determined, the first is the design of the Baja SAE type vehicle at 1:12 scale that has the analysis of phase 2, as the second point is the construction of the Baja SAE type vehicle at 1:12 scale carried out in phase 3 and as the last point is the execution of vehicle tests on the Baja SAE type vehicle competition track.

## INDICE DE CONTENIDO

### Contenido

1	INTRODUCCIÓN .....	1
2	PROBLEMA .....	2
3	JUSTIFICACION DEL PROYECTO .....	3
4	OBJETIVOS .....	3
4.1	Objetivo general .....	3
4.2	Objetivos específicos .....	3
5	ANTECEDENTES GENERALES .....	4
5.1	S.A.E (Society of Automotive Engineers).....	4
5.2	Competencias estudiantiles.....	6
5.3	SAE Mini Baja Competition.....	6
5.4	Automovilismo a escala.....	8
5.5	Materiales para impresión 3D.....	10
5.5.1	Nylon.....	10
5.5.2	POM.....	11
5.5.3	ASA.....	12
5.5.4	HIPS (High Impact Polystyrene Sheet) .....	13
5.5.5	ABS.....	13
5.5.6	TPE .....	14
5.5.7	PLA.....	15

5.5.8	PLA+.....	15
5.6	Técnicas de diseño e ingeniería asistida por computador.....	15
5.6.1	C.A.D.....	15
5.6.2	C.A.E (Ingeniería asistida computacional) .....	16
5.6.3	Método de elementos finitos (M.E.F) .....	16
5.6.4	Conceptos generales del método.....	17
5.6.5	Metodología de análisis .....	18
5.7	Sistemas que componen un vehículo.....	18
5.8	Fuerzas que intervienen en el desplazamiento del vehículo.....	19
5.8.1	Resistencia aerodinámica.....	19
5.8.2	Resistencia a la rodadura .....	23
5.8.3	Resistencia de la pendiente .....	24
5.8.4	Resistencia por inercia .....	25
5.9	Importancia de los neumáticos. ....	26
5.9.1	Parámetros cinemáticos .....	26
5.9.2	Influencia del Estado de los Neumáticos en el Sistema de Dirección. ....	28
6	DISEÑO BASICO Y DETALLADO DEL VEHICULO TIPO MINI BAJA SAE ESCALA 1:12.....	29
6.1	Selección de Escala .....	29
6.2	Selección de Vehículo .....	31
6.3	Diseño detallado vehículo Mini Baja SAE a escala 1:12 .....	34

6.3.1	Aplicación del reglamento vehículo Mini Baja SAE 2020 para escala 1:12. ....	34
6.3.2	Tipo de pista.....	35
6.3.3	Neumáticos .....	35
6.3.4	Sistema de Transmisión .....	43
6.3.5	Sistema de Dirección .....	51
6.3.6	Sistema de Suspensión.....	56
6.3.7	Chasis.....	66
6.3.8	Diseño del circuito para el vehículo a escala .....	70
6.3.9	Diseño porta baterías y placa .....	72
6.3.10	Diseño del Mando .....	74
6.4	Cálculos correspondientes al diseño del vehículo .....	76
6.4.1	Resistencia a la rodadura. ....	76
6.4.2	Resistencia a la pendiente. ....	76
6.4.3	Resistencia total. ....	77
6.4.4	Relación de Engranajes.....	78
6.5	Simulaciones del modelado .....	79
6.5.1	Análisis sistema de dirección.....	80
6.5.2	Análisis del sistema de suspensión .....	82
6.5.3	Análisis del Chasis del vehículo .....	87
7	FABRICACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DEL VEHICULO TIPO MINI BAJA SAE ESCALA 1:12.....	93

7.1	Fabricación y construcción de pista.....	93
7.2	Fabricación y construcción del sistema de neumáticos .....	94
7.2.1	Fabricación y construcción de neumáticos. ....	94
7.2.2	Fabricación y construcción de rines.....	95
7.2.3	Fabricación y construcción de manguetas .....	95
7.2.4	Tabla de piezas del sistema de neumáticos.....	96
7.3	Fabricación y construcción del sistema de transmisión.....	96
7.3.1	Tabla de piezas del sistema de transmisión .....	97
7.4	Fabricación y construcción del sistema de dirección .....	98
7.4.1	Tabla de piezas del sistema de dirección .....	99
7.5	Fabricación y construcción del sistema de suspensión.....	99
7.5.1	Tabla de piezas del sistema de suspensión .....	100
7.6	Fabricación y construcción del chasis .....	101
7.7	Fabricación de la caja Porta baterías y placa.....	101
7.8	Fabricación del mando del vehículo .....	102
7.9	Resistencia del chasis .....	103
7.10	Proceso de Armado.....	104
7.11	Eficiencia del vehículo tipo Mini Baja SAE escala 1:12 en pista .....	108
7.11.1	Prueba de velocidad .....	109
7.11.2	Funcionamiento de elementos.....	109
7.12	Presupuesto de impresión 3D. ....	110

8	PROTOCOLO PARA CONSTRUCCIÓN DEL VEHICULO TIPO MINI BAJA SAE	
	ESCALA 1:12.....	112
8.1	Cronograma de Diseño del vehículo tipo Mini Baja SAE escala 1:12.....	112
8.2	Procedimiento de diseño del vehículo Baja SAE a escala 1:12 .....	113
8.3	Procedimiento de Análisis del vehículo .....	119
8.4	Construcción del vehículo .....	120
9	CONCLUSIONES .....	122
10	RECOMENDACIONES .....	123
11	BIBLIOGRAFÍA.....	124
12	ANEXOS.....	125

## INDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Competencia de automovilismo a escala 1:24 sobre pista. Fuente: (JOUR, 1964) .....	9
Imagen 2. Ejemplo del material nylon .....	11
Imagen 3. Uso del Material POM Fuente: (Impresoras3d, 2020).....	12
Imagen 4. Uso del material para instalaciones eléctricas .....	13
Imagen 5. Impresión de la Torre Eiffel con material ABS .....	14
Imagen 6. Impresión de zapatos en TPE Fuente: (LA FACTORIA 3D, 2015).....	15
Imagen 7. Representación de nodos y elementos .....	18
Imagen 8. Representación de las fuerzas Aerodinámicas .....	20
Imagen 9. Fuerzas verticales en el neumático. ....	22
Imagen 10. Efectos producidos por el ángulo de deriva y la carga transversal sobre el momento autolineante .....	23
Imagen 11. Distribución de presión y resistencia a la rodadura .....	23
Imagen 12. Resistencia a la pendiente .....	25
Imagen 13. Ángulo de Caída .....	27
Imagen 14. Representación de la presión de neumáticos.....	29
Imagen 15. Representación de una parte de pista de competencia .....	35
Imagen 16. Representación del Neumático.....	39
Imagen 17. Representación del Neumático con el Rin  .....	41
Imagen 18. Representación de la mangueta diseñada.....	43
Imagen 19. Representación del sistema 4*4 Eléctrico. Fuente: (altronics, 2020) .....	50
Imagen 20. Representación del motor con el engrane Fuente: Autores.....	51

Imagen 21. SG90 Micro Servo Motor para Vehículo a Escala 1:12 Fuente: (altronics, 2020)	54
Imagen 22. Representación del sistema de dirección	56
Imagen 23. Representación de la suspensión delantera superior Fuente: Autores	60
Imagen 24. Representación de la suspensión delantera inferior Fuente: Autores	61
Imagen 25. Representación de la suspensión trasera superior	61
Imagen 26. Representación de la suspensión trasera inferior	61
Imagen 27. Representación del sistema de suspensión sujeto en la magüeta	63
Imagen 28. Representación del sistema de suspensión sujeto en el chasis	63
Imagen 29. Representación del sistema de suspensión Fuente: Autores	66
Imagen 30. Representación de uniones en el chasis	67
Imagen 31. Jaula antivuelco, miembros primarios (rellenos de negro), marco con refuerzo frontal	67
Imagen 32. Jaula antivuelco, Miembros laterales de impacto	67
Imagen 33. Jaula antivuelco para vehículo tipo baja S.A.	70
Imagen 34. Esquema del circuito receptor Fuente: Autores	71
Imagen 35. Esquema del circuito Transmisor. Fuente: Autores	72
Imagen 36. Caja porta baterías y placa	74
Imagen 37. Pre diseño del circuito transmisor	75
Imagen 38. Diseño del mando Fuente: Autores	75
Imagen 39. Representación de la toma de ángulos	80
Imagen 40. Representación de la toma de medida de la batalla en mm	81
Imagen 41. Comprobación de Ackerman gráficamente	81
Imagen 42. Camber delantero izquierdo	82
Imagen 43. Camber delantero derecho	83

Imagen 44. Medidas obtenidas con la página web.....	83
Imagen 45. Medidas de los brazos de suspensión.....	84
Imagen 46. Vehículo exportado a Adams Car .....	85
Imagen 47. Revisión de parámetros para simulación .....	85
Imagen 48. Comparación del sistema simulado .....	86
Imagen 49. Funcionamiento de la suspensión para el vehículo tipo baja S.A.E .....	86
Imagen 50. Representación de fuerzas y puntos fijos en el chasis .....	88
Imagen 51. Representación de análisis Von Mises choque frontal.....	89
Imagen 52. Representación del desplazamiento choque frontal.....	89
Imagen 53. Preparación para la simulación impacto lateral .....	91
Imagen 54. Representación análisis Von Mises impacto lateral.....	91
Imagen 55. Representación análisis de desplazamiento impacto lateral .....	92
Imagen 56. Representación de la pista.....	93
Imagen 57. Neumáticos Traseros.....	94
Imagen 58. Neumáticos Delanteros .....	94
Imagen 59. Rines .....	95
Imagen 60. Mangueta.....	96
Imagen 61. Juego de engranes .....	97
Imagen 62. Eje de dirección.....	98
Imagen 63. Suspensión Delantera.....	100
Imagen 64. Suspensión Trasera .....	100
Imagen 65. Chasis del vehículo .....	101
Imagen 66. Caja Porta Baterías y Placa .....	102
Imagen 67. Mando .....	102
Imagen 68. Chasis sometido a prensa Fuente: Autores .....	104

Imagen 69. Chasis simulando impacto lateral Fuente: Autores.....	104
Imagen 78. Vehículo sobre la pista Fuente: Autores .....	110
Imagen 79. Tren de Engranés Fuente: Autores.....	115
Imagen 80. Crucetas para el sistema de suspensión Fuente: Autores .....	117
Imagen 82. Geometría Ackerman Fuente: Autores .....	119

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Sistemas que componen al vehículo .....	19
Tabla 2. Selección de escala para el vehículo Fuente: Autores .....	31
Tabla 3. Selección del vehículo a desarrollar. Fuente: Autores.....	33
Tabla 4. Tipos de neumáticos. Fuente: Autores.....	36
Tabla 5. Calificación de neumáticos Fuente: Autores .....	37
Tabla 6. Calificación de tipo de neumático Fuente: Autores.....	39
Tabla 7. Calificación de material neumático. Fuente: Autores.....	41
Tabla 8. Calificación de material para mangueta. Fuente: Autores .....	43
Tabla 9. Calificación de material para retenes de transmisión .....	45
Tabla 10. Ventajas y desventajas del sistema de transmisión. Fuente: Autores .....	46
Tabla 11. Calificación de material de engranes. Fuente: Autores .....	48
Tabla 12. Calificación de material de rodamientos Fuente: Autores.....	49
Tabla 13. Calificación de sistema de dirección. Fuente: Autores.....	53
Tabla 14. Calificación de material del eje de dirección. Fuente: Autores .....	55
Tabla 15. Tipos de suspensión. Fuente: Autores. ....	56
Tabla 16. Calificación de sistema de suspensión. Fuente: Autores .....	58
Tabla 17. Calificación de sistema de suspensión semi-rígida. Fuente: Autores.....	60
Tabla 18. Diseño brazos inferiores y superiores del sistema de suspensión Fuente: Autores.....	60
Tabla 19. Selección del material de brazos de suspensión. Fuente: Autores.....	62
Tabla 20. Tipos de amortiguadores para vehículos todo terreno Fuente: Autores .....	64
Tabla 21. Calificación de amortiguador. Fuente: Autores.....	65
Tabla 22. Resumen del reglamento en base a la carrocería del Mini Baja Sea. Fuente: Autores.....	67

Tabla 23. Calificación para la selección del material de impresión para el chasis Fuente: Autores.....	69
Tabla 24. Calificación para la selección del material de impresión de porta baterías y placa. Fuente: Autores.....	73
Tabla 25. Lista de piezas construidas para el sistema de neumáticos Fuente: Autores .....	96
Tabla 26. Tiempo de construcción de los elementos del sistema de transmisión Fuente: Autores.....	97
Tabla 27. Lista de piezas que constituyen el sistema de transmisión Fuente: Autores.....	98
Tabla 28. Lista de piezas que constituyen el sistema de dirección Fuente: Autores .....	99
Tabla 29. Lista de piezas que constituyen el sistema de suspensión Fuente: Autores.....	101
Tabla 30. Cronograma de diseño. Fuente: Autores.....	113

## INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 . Llanta delantera.....	126
ANEXO 2. Llanta trasera.....	127
ANEXO 3. Rin delantero .....	128
ANEXO 4. Rin trasero .....	129
ANEXO 5. Mangueta.....	130
ANEXO 6. Caja delantera.....	131
ANEXO 7. Caja Trasera .....	132
ANEXO 8. Juego de Engranés.....	133
ANEXO 9. Reten de la Mangueta.....	134
ANEXO 10. Tapa Trasera.....	135
ANEXO 11. Tapa delantera .....	136
ANEXO 12. Eje de Dirección.....	137
ANEXO 13. Acople servo motor .....	138
ANEXO 14. Brazo superior trasero .....	139
ANEXO 15. Brazo trasero inferior .....	140
ANEXO 16. Brazos Frontales.....	141
ANEXO 17. Rodamiento principal.....	142
ANEXO 18. Parte superior 1 .....	143
ANEXO 19. Parte Superior 2.....	144
ANEXO 20. Buje de suspensión.....	145
ANEXO 21. Ensamble sistema de suspensión .....	146
ANEXO 22. Chasis .....	147

ANEXO 23. Programación Receptor.....	148
ANEXO 24. Programación Transmisor.....	156
ANEXO 25. Caja porta placa y batería.....	159
ANEXO 26. Tapa caja porta placa y baterías .....	160
ANEXO 27. Tapa trasera Control.....	161
ANEXO 28. Mando .....	161
ANEXO 29. Cardán .....	163
ANEXO 30. Cruz Cardán .....	164
ANEXO 31. Ensamble Cardán .....	165
ANEXO 32. Selección del material para los elementos que componen los diferentes sistemas del vehículo. ....	166
ANEXO 33. Diseño del sistema de neumáticos. ....	173
ANEXO 34. Diseño del sistema de transmisión.....	177
ANEXO 35. Diseño del sistema de dirección.....	181
ANEXO 36. Diseño del sistema de suspensión .....	184
ANEXO 37. Diseño del sistema de chasis.....	190
ANEXO 38. Análisis sistema de dirección.....	192
ANEXO 39. Análisis sistema de suspensión. ....	197
ANEXO 40. Análisis sistema de chasis.....	206

# 1 INTRODUCCIÓN

El siguiente documento, presenta el diseño y construcción de un vehículo tipo Baja SAE a escala 1:12, esto se obtiene mediante la selección de los diferentes sistemas del vehículo, el material mediante el cual se van a construir los diferentes elementos que componen cada uno de los sistemas y los diferentes análisis y cálculos que se pueden realizar.

Para el desarrollo del proyecto la información se obtiene de la investigación bibliográfica sobre la Asociación de Ingenieros Automotrices (SAE), las competencias de vehículos Mini Baja SAE a nivel mundial, las competencias de vehículos a escala y sobre las diferentes fuerzas y ángulos que se consideran en cada uno de los sistemas del vehículo.

Para el diseño y construcción de un vehículo se debe de tener diferentes conocimientos, entre estos está el poder utilizar los programas de diseño y simulación como: Inventor, Adams Car y CAD; también se necesita conocer los diferentes sistemas que componen un vehículo, los subsistemas de cada uno de los sistemas del vehículo, las diferentes fuerzas y ángulos cinéticos que actúan en los sistemas, los cálculos de rendimiento del vehículo, los diferentes análisis de funcionamiento y la programación de Arduino.

Mediante el programa Inventor se realizará el diseño del vehículo tipo Mini Baja SAE a escala 1:12, esta herramienta es necesaria al momento de realizar los diferentes sistemas que conforman el vehículo, dado que en este software de diseño se puede seleccionar el material con el cual se procederá a construir cada uno de los elementos y también cuenta con opciones de análisis estructurales, el mismo que se realiza en el sistema de chasis.

En el sistema de suspensión cuenta con un análisis de funcionamiento que se realizará en Adams Car y el cálculo del ángulo de giro del sistema de dirección se realizará mediante CAD.

Para la construcción de los diferentes elementos de cada uno de los sistemas se utilizará

materiales de impresión 3D, existen diferentes materiales, pero los materiales a usar serán: PLA, PLA+ y TPE, estos materiales brindan las características necesarias para el funcionamiento, rendimiento y resistencia de cada uno de los sistemas.

El vehículo por ser un vehículo a escala necesita de una programación tanto para el vehículo, como para el mando de control, esta programación se realizará en el programa Arduino.

El protocolo será una herramienta muy necesaria para futuras competencias estudiantiles de vehículos tipo Baja SAE a escala 1:12, el protocolo cuenta con observaciones, recomendaciones y tiempos de diseño y construcción que se deben de considerar en cada uno de los sistemas del vehículo RC.

## **2 PROBLEMA**

En la actualidad la tecnología tiene avances vertiginosos en el diseño y construcción de partes y piezas automotrices, sobre todo por la introducción de nuevos materiales y nuevos procesos más especializados; esto ha ido generando una necesidad de que los estudiantes de la rama automotriz cada vez amplíen su conocimiento en el diseño y construcción de estructuras para vehículos, procesos de ensamblaje, análisis estructural, análisis aerodinámico, resistencia de materiales, entre otros.

En la carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz se estudia diferentes materias de diseño y práctico teórico, pero no existe proyectos ni ámbitos de práctica de diseño. En tal virtud, al momento en la Carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz de la UPS, se requiere como herramienta básica un protocolo para desarrollo de procesos en el campo de construcción de un vehículo tipo BAJA SAE a escala 1:12 para realizar competencias estudiantiles.

### **Delimitación**

El presente proyecto de titulación va enfocado a los estudiantes de Ingeniería Mecánica

Automotriz, provincia de Azuay, sede Cuenca, ubicada en las calles “Calle Vieja” y Avenida “Elia Liut”; sin embargo, puede ser un referente para cualquier persona o empresa que tengan interés en automovilismo a escala utilizando el método de impresión 3D para la creación del vehículo.

### **3 JUSTIFICACION DEL PROYECTO**

Este proyecto pretende brindar la herramienta de proceso que se refiere a un protocolo donde especifique los parámetros necesarios para el diseño y construcción de un vehículo tipo Baja SAE a escala 1:12 para competencias estudiantiles en la Universidad Politécnica Salesiana. De esta manera se buscará poner en práctica los diferentes conocimientos teóricos-prácticos obtenidos a lo largo de la carrera de ingeniería automotriz dado que para el diseño de un vehículo se necesita el programa Inventor, el mismo que permite realizar procesos de ensamblaje, análisis estructural, resistencia de materiales, entre otros, con el fin de que los estudiantes obtengan mayor conocimiento sobre diseño de piezas y materiales de impresión 3D que a lo largo de los años se han ido introduciendo en la construcción de piezas y vehículos a escala por sus características estructurales.

### **4 OBJETIVOS**

#### **4.1 Objetivo general**

Elaborar un protocolo para competencias estudiantiles de vehículos tipo BAJA S.A.E. escala 1:12 dentro de la Universidad Politécnica Salesiana

#### **4.2 Objetivos específicos**

- Diseñar el chasis del vehículo tipo Baja SAE escala 1:12 con ayuda del software de

diseño para efectuar pruebas y análisis estructurales.

- Evaluar el prototipo de la estructura del chasis construida simulando choques frontales y laterales con ayuda de una prensa hidráulica.
- Construir el vehículo tipo Baja SAE escala 1:12 con todos sus componentes requeridos para su valoración de eficiencia dentro de una pista.
- Realizar un protocolo de la construcción del vehículo tipo Baja SAE a escala 1:12 para futuras competencias estudiantiles dentro de la Universidad Politécnica Salesiana.

## **5 ANTECEDENTES GENERALES**

### **5.1 S.A.E (Society of Automotive Engineers)**

En el año 1900 la mayoría de las compañías fabricantes de automóviles en EEUU y muchas compañías fabricantes de piezas de automóviles se sumaron a grupos comerciales para crear una nueva forma de transporte. Con el transcurso de los años esta unión se convirtió en una organización encargada de la industria automotriz los cuales regulan: diseño, construcción, mantenimiento y operación de vehículos autopropulsados.

En la década de 1900, la revista *The Automobile* con su autor Horace Swetland y la revista *The Horseless* de Peter Heldt formaron la creación de la Sociedad de Ingenieros Automotrices más conocido como SAE. En junio de 1902 Heldt en su revista escribió una editorial donde explicaba que existe una notable tendencia de los fabricantes de automóviles a seguir ciertos lineamientos de construcción, a partir de la cooperación técnica de los hombres relacionados con la industria. Estas preguntas podrían ser tratadas por la sociedad. El campo de actividad de esta sociedad sería la parte técnica de los automóviles.

De la misma manera Horace Swetland utilizó su revista para convertirse en el ingeniero de automóvil en esos días, convirtiéndose en un verdadero oficial de la SAE. Después de 27 meses

que se publicó la editorial de Heldt, la ciudad de New York fue la sede donde nació la Sociedad de Ingenieros Automotrices.

La reunión se realizó en 1916 donde los presentes fueron: representantes de la Sociedad Americana de Ingenieros Aeronáuticos, Sociedad de Ingenieros de Tractor y los representantes de la industria de los botes de motor propusieron a la SAE para que supervise e inspeccione las normas técnicas en sus industrias. Después de esta importante reunión surgieron nuevos horizontes, ya que no solo tenía en cuenta el automóvil, sino todos los medios de transporte como: aeronaves, botes, trenes y todo tipo de vehículo motorizado.

En la segunda guerra mundial, la SAE desempeñó un papel muy importante en las tropas militares aliadas, participaron en avances tecnológicos muy importantes en automóviles y aviones militares, la SAE fue una parte vital en el servicio a la humanidad y a las diferentes industrias. Tras la segunda guerra mundial esta sociedad se centró en la organización e intercambio de diferentes normas y parámetros.

En 1947 se inauguró la primera reunión anual de SAE la cual con el transcurso de tiempo fue evolucionando hasta convertirse en un importante evento de educación y exhibición, conociéndose hoy en día como el Congreso Mundial SAE, donde en 1950 se encontraban ya superando los 18000 profesionales.

En 1980 los miembros de la SAE aumentaron a un nuevo de 35000. Durante la década del mismo año crearon publicaciones electrónicas que hoy en día son productos que se encuentran en la web, y ofrece descargas de miles de normas y documentos técnicos que permiten a los usuarios de todo el mundo el acceso a documentos técnicos importantes.

Al pasar dos décadas la SAE ahora crea y gestiona más terreno aeroespacial y de normas relativas a los vehículos que ninguna otra entidad del mundo.

SAE Internacional sirve a sus integrantes de muchas maneras, como a través de sus revistas reconocidas mundialmente, Automotive Engineering International, Aerospace Engineering &

Manufacturing, y Off Highway Engineering, SAE mantiene así a su comunidad informada sobre los últimos acontecimientos sobre el campo industrial.

Durante el decenio de 1990, la SAE International anunció la formación de SAE Brasil con más de 1500 miembros y un Congreso Mundial anual propio; también creó cuatro secciones en el subcontinente indio y estableció secciones en China, Rumania y Egipto, entre otros países. En 2002 la SAE India se convertiría en un funcionario afiliado de SAE International.

Una de las claves de la sociedad es fomentar y apoyar el desarrollo de las capacidades profesionales en el campo de automoción, garantiza que las diferentes industrias tengan una potencial fuerza de trabajo más calificada; la SAE recauda fondos para diferentes proyectos como lo es el desarrollo y distribución de planes de estudio para niños de 4 a 8 años de edad.

En la actualidad la SAE cuenta con más de 9000 miembros entre profesionales y estudiantes, los cuales son los encargados de desarrollar la información técnica sobre las formas de vehículos automotores incluyendo: coches, camiones, autobuses, aviones, aeronaves y sistemas de tránsito y ferrocarril (SAE, s.f.).

## **5.2 Competencias estudiantiles.**

Las competencias organizadas por la SAE buscan el desarrollo de habilidades en estudiantes para resolver problemas de ingeniería buscando complementar su proceso de educación y a su vez fomentar nuevas ideas que puedan convertirse y aplicarse en tecnologías e industrias al servicio de la humanidad.

## **5.3 SAE Mini Baja Competition.**

En 1976 con el Profesor F. J. Stevens de la Universidad de Carolina del Sur inició la competencia Mini Baja SAE, la cual con el transcurso de los años pasó a obtener el apoyo de la SAE.

Esta competencia estudiantil les da a los estudiantes un proyecto que involucre las tareas de planeamiento y manufactura que surgen al querer introducir un nuevo producto al mercado. Los equipos compiten entre sí para que su el mejor diseño sea aceptado y sea fabricado por una firma ficticia. Los estudiantes deben de formar equipos para realizar las diferentes actividades como son: diseño, construcción, testear, promover y conducir el vehículo dentro de los límites del reglamento, sino también deben de conseguir apoyo financiero para sus proyectos y administrar sus prioridades educativas.

Todos los vehículos están equipados con un motor Briggs & Stratton 10 hp OHV Intek Model 205432 donado por Briggs & Stratton Corporation. Por más de veinticinco años, la generosidad de Briggs & Stratton permitió que SAE entregue a cada equipo un motor sin cargo. El uso del mismo motor para todos los equipos hace más competitivo el diseño del vehículo.

Mini-Baja SAE organiza anualmente competencias en diferentes Universidades del mundo, para el año 2008 se han organizado y realizado siete competencias con diferentes modalidades de carrera.

- Baja SAE Tennessee
- Baja SAE Brasil
- Baja SAE Korea
- Baja SAE South África
- Baja SAE Montreal
- Baja SAE Illinois

En Baja S.A.E México Generalmente la competencia se desarrolla en un período de 4 días y consta de diferentes pruebas:

- Evento estático
  1. Reporte de diseño

2. Diseño
  3. Reporte de costos
  4. Costos de prototipo
- Evento dinámico
    1. Aceleración
    2. Tracción
    3. Evento de maniobrabilidad
  - Evento especial
    1. Carrera

Cada año se presentan nuevas reglas establecidas por la SAE.

#### **5.4 Automovilismo a escala**

El automovilismo a escala tuvo sus inicios en Estados Unidos donde hasta la fecha es considerado un deporte a nivel mundial porque desplaza a varias personas a un punto en concreto para observar cómo se efectúan las carreras que se dan en un circuito cerrado o abierto en el menor tiempo posible ya sea por el tipo de carrera y número de vueltas asignadas.

Por lo cual existen varios tipos de carreras relacionadas a este ámbito que se lo puede destacar como un deporte ya que se muestra las destrezas, cualidades y conocimientos al momento de manejar uno de estos por diferentes tipos de carreras. En un principio las mismas empresas que fabricaban este tipo de vehículos eran las encargadas de realizar dichas competencias, pero hasta la fecha ya existen diversos grupos a nivel mundial en efectuar las mismas, tal como en Ecuador existe la empresa “Open RC”. (OpenRC, 2020)

Desde ese momento se han llegado a realizar varias competiciones automovilísticas a escala donde son utilizadas en su mayoría escalas 1:10 y 1:12 porque se logra obtener un mejor detalle del vehículo a cuál se está representando. Para la elaboración de vehículos a escala se toma en

cuenta modelos que muestren varias cualidades dentro de la pista o carretera para sacar una réplica del mismo. Tal y como se muestra en la imagen 1.

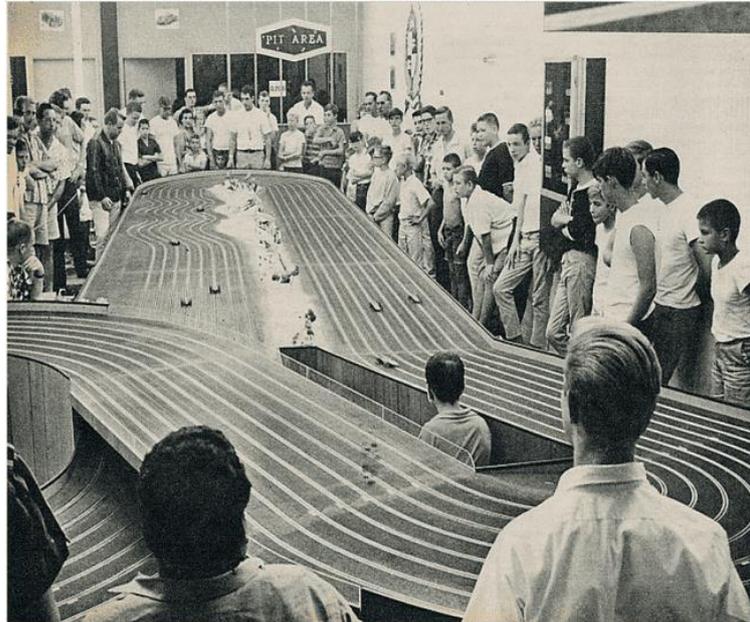


Imagen 1. Competencia de automovilismo a escala 1:24 sobre pista.  
Fuente: (JOUR, 1964)

Si el vehículo a ser diseñado no va ser tomado de algún ya existente o guiarse en uno, se debe de tener en cuenta el tipo de pista donde puede ser de dos tipos: con una serie de obstáculos o una pista tipo circuito; según el tipo de pista se tomará en cuenta los siguientes aspectos:

1. Neumáticos: Según el tipo de terreno se escogerá los neumáticos correspondientes, los cuales en su fabricación deben tener una capa de rodadura similar al original para que no pierda las cualidades y características del mismo.
2. Suspensión: La suspensión también se escoge mediante los parámetros de terreno y al mismo tiempo mediante las características de la llanta para que no afecte en su desempeño como por ejemplo la presión de inflado de los neumáticos.
3. Dirección: De igual manera mediante el terreno, pero se incluye la suspensión y neumáticos para que tenga un óptimo desempeño y se dé una maniobrabilidad fácil sin presentar complicación al tomar una curva, por ejemplo.

4. Motor: Será el indispensable para poder trasladar al vehículo de un lugar a otro transformando energía eléctrica o térmica en energía mecánica.
5. Chasis: Este se lo deja al final porque con los tres elementos anteriormente escogidos se diseñará el chasis en base a estos para que el acople sea de mejor calidad y de forma rápida sin presentar riesgos cuando este dentro de la pista.

Todos los modelos a escala pueden estar hechos en plástico, resina, o composites que es una mezcla de polímeros, metal, presentándose ya sea en kits de montaje, también conocidos para armar los que vienen en plástico ya armados de fábrica. Pero con el avance de la tecnología se han presentado nuevas herramientas tal como la impresión 3D que parte de un diseño realizado en el programa de diseño Inventor. para luego imprimirlo obteniendo una réplica exacta del dibujo de forma tangible por ende los automóviles diseñados a escala vienen ya piezas diseñadas mediante impresión 3D tales como la suspensión, dirección, chasis entre otras.

## **5.5 Materiales para impresión 3D**

La técnica de impresión 3d es una técnica nueva prácticamente no tiene muchos años en el mercado y las facilidades que presentan son varias puesto que tiene varias funciones desde realizar prototipos de órganos, prótesis de huesos, estructuras sólidas hasta la creación de piel.

Por ende, en el mercado existen varios tipos de materiales para la impresión; los más usados para la ingeniería por sus características como: dureza, resistencia, peso, entre otras, son los que se presentan a continuación:

### **5.5.1 Nylon**

El nylon o igualmente denominado poliamida (PA) es un plástico simplificado muy popular en el mercado de productos. Se trata de una fibra sintética que tiene gran notación de usos y

proporcionará muy buenos acabados en 3D. Dentro de este tipo de filamentos, se localiza una gran clase, desde rígidos y duros hasta nylon enormemente más blandos y flexibles. Una de sus grandes características es su gran resistencia y durabilidad.

Algunas de sus características son:

- Temperatura fusión: 240-280°
- Temperatura plataforma: Temperatura ambiente.
- No Biodegradable.
- Reciclable.
- Tiende a encogerse, problemas de curvado, aunque algunas marcas han conseguido reducir el grado de warping (pandeo) con sus compuestos.

En la imagen 2, se observa un elemento de material nylon.



Imagen 2. Ejemplo del material nylon

Fuente: (Impresoras3d, 2020)

### 5.5.2 POM

El Polioximetileno (POM) también conocido como Acetal, es un termoplástico cristalino de alta rigidez, usado en piezas de precisión que requieren una gran rigidez, baja fricción y una excelente estabilidad dimensional.

Sus características son:

- Temperatura fusión: 230-280°

- Se recomienda una base porosa (cartón, madera)
- No biodegradable
- Reciclable
- Gran resistencia al impacto y a la abrasión, ideal para piezas industriales.

Las aplicaciones típicas para este material incluyen componentes de ingeniería de alto rendimiento, como por ejemplo ruedas de engranaje pequeño, rodamientos de bolas, fijaciones de esquís, cinturones, mangos de cuchillos, y sistemas de seguridad. Como se observa en la imagen 3.

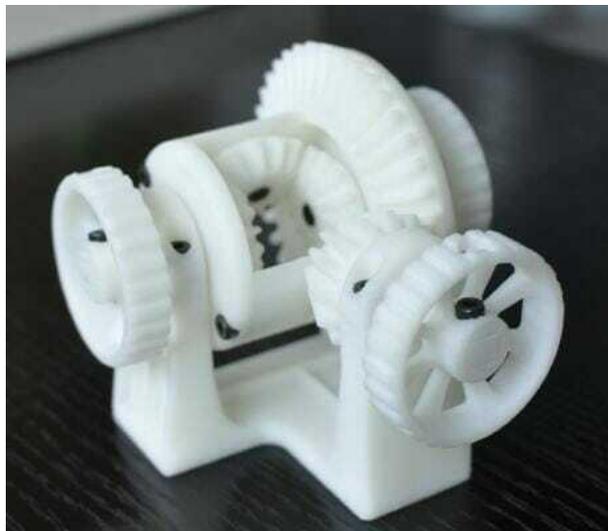


Imagen 3. Uso del Material POM  
Fuente: (Impresoras3d, 2020)

### 5.5.3 ASA

El filamento ASA (Acrilonitrilo Estireno Acrilato) se trata de un termoplástico que fue creado con la intención de asemejarse al ABS. Sus características principales surgen de una combinación de gran robustez mecánica, resistencia a los rayos UV, la resistencia al agua y un gran acabado que no “amarillea” con el paso del tiempo. Su uso se representa en la imagen 4.



Imagen 4. Uso del material para instalaciones eléctricas

Fuente: (Impresoras3d, 2020)

#### 5.5.4 HIPS (High Impact Polystyrene Sheet)

La lámina de poliestireno de alto impacto es un material muy parecido al ABS por sus características higiénicas, su fuerza y su resistencia al frío y al calor. El poliestireno es uno de los termoplásticos más utilizados en distintas industrias, tales como la de envasado de alimentos. EL HIPS tiene una gran capacidad de impresión 3D, es muy resistente al impacto y posee una gran rigidez.

#### 5.5.5 ABS

El material ABS se hace acreedor a este nombre porque tiene los siguientes compuestos: acrilonitrilo, butadieno y estireno donde cada uno de ellos nos aporta unas características distintas.

Este derivado del petróleo goza de especial popularidad gracias a la gran resistencia ante los impactos y una dureza que le dan estos compuestos. Además de esto algunas de sus características más destacadas son la rigidez, estabilidad ante altas temperaturas y la fortaleza ante ataques químicos que le aporta el acrilonitrilo. El butadieno le proporciona gran resistencia ante los impactos y el estireno le aporta la resistencia mecánica y el brillo, entre otras, es un

material muy completo, que se puede pulir, lijar, limar, taladrar, pintar, pegar y someter a toda una serie de procesos industriales.

En la imagen 5 se representa una sección de la Torre Eiffel mediante impresión 3D con material ABS.

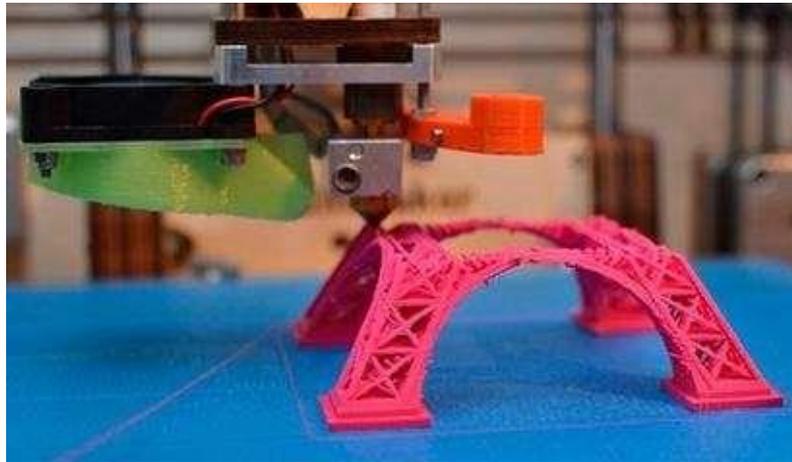


Imagen 5. Impresión de la Torre Eiffel con material ABS

Fuente: (Impresoras3d, 2020)

#### 5.5.6 TPE

Conocido como elastómeros termoplásticos, con propiedades elásticas, lo que hace que sea flexible y duradero. Se usa este filamento 3D cuando se desee objetos que se encontrarán sujetos a gran desgaste.

Las ventajas de este filamento es que es extremadamente flexible, pero cuenta con la desventaja de que para su impresión necesita un conducto para el filamento estrecho y una velocidad lenta de impresión.

En la imagen 6, se demuestra el uso del material TPE.



Imagen 6. Impresión de zapatos en TPE  
Fuente: (LA FACTORIA 3D, 2015)

### 5.5.7 PLA

Es uno de los materiales más usados en el campo de la impresión 3D, presenta facilidad de impresión en comparación con distintos materiales. La característica de este material es que no es tóxico en su impresión y es biodegradable; es decir, se descompone bajo ciertas condiciones anaeróbicas, su descomposición se demora conlleva pocos días o pocos meses a una temperatura por encima de 55 a 70 °C.

### 5.5.8 PLA+

Es una versión mejorada del material PLA, es un material que se imprime entre los 205 a 220 °C, ofrece mejores propiedades mecánicas que el PLA, no es tóxico y se puede imprimir en temperatura ambiente. El filamento es perfectamente liso y presenta un diámetro constante, sus acabados son bien definidos.

## 5.6 Técnicas de diseño e ingeniería asistida por computador

### 5.6.1 C.A.D

El avance tecnológico CAD (Diseño asistido por computadora), permite la elaboración y visualización de figuras complejas, sin la necesidad de generar prototipos físicos.

### **5.6.1.1 Beneficios del C.A.D**

- Determina la apariencia detallada de las piezas finales sin haberlas construido.
- Reducir los tiempos de diseño de las piezas.
- Identificar problemas de acople y espaciamento.
- Manejar integralmente la información a lo largo de la investigación.

### **5.6.2 C.A.E (Ingeniería asistida computacional)**

La tecnología CAE permite elaborar prototipos virtuales e identificar el comportamiento conjunto de las piezas y modelos ante diferentes tipos de circunstancias, tales como: estructurales, térmicos, electromagnéticos y campo acoplado.

Los programas CAE están contruidos en aproximaciones a la realidad, análisis matemáticos, solución de ecuaciones diferenciales parciales y método de los Elementos Finitos para poder obtener un mejor resultado de la pieza a analizar o construir.

### **5.6.3 Método de elementos finitos (M.E.F)**

El método de los elementos finitos se elabora por la gran importancia en la solución de problemas ingenieriles, físicos, etc., puesto que permite resolver casos que por los métodos matemáticos tradicionales sería muy complejos de resolver y era obligado a realizar ensayos y pruebas en prototipos elaborados ya sea a escala o en su tamaño 1:1, lo que generaba elevados costos económicos y tiempo en la optimización del producto final.

El M.E.F permite realizar y visualizar un modelo matemático de cálculo del sistema real, más fácil y económico de modificar que un prototipo. Sin embargo, mantiene las características de un método aproximado debido a las hipótesis básicas del método. Los prototipos siguen

siendo necesarios, pero en menor número, ya que esta herramienta puede acercarse al diseño óptimo sin las complicaciones que sugieren el ensayo y error en prototipos experimentales.

#### 5.6.4 Conceptos generales del método.

El orden general del método de los elementos finitos es la división de un continuo en un conjunto de pequeños elementos interconectados por una serie de puntos llamados nodos que a la final se le conoce como enmallado. De esta forma se logra pasar de un sistema continuo, que es regido por una ecuación diferencial o un sistema de ecuaciones diferenciales, a un sistema con un número de grados de libertad finito cuyo comportamiento se modela por un sistema de ecuaciones, lineales o no.

En cualquier sistema a analizar se puede distinguir entre:

- Dominio: Espacio geométrico donde se va a analizar el sistema.
- Condiciones de contorno: Variables conocidas y que condicionan el cambio del sistema: cargas, desplazamientos, temperaturas, voltaje, focos de calor, etc.
- Incógnitas: Variables del sistema que se desean conocer después de que las condiciones de contorno han actuado sobre el sistema: desplazamientos, tensiones, temperaturas, etc.

El Dominó se divide mediante puntos, líneas o superficies para poder obtener los nodos que sirven para conectar cada punto del elemento, con la ayuda de los nodos se logra estructurar las incógnitas para el problema.

Cuando se llega a plantear una ecuación diferencial que rige el comportamiento en cada nodo los cuales son: Desplazamiento en X, Desplazamiento en Y, Giró alrededor de Z además de su temperatura, se llega a fórmulas que podrán relacionar el comportamiento de dichos nodos a través de un método llamado interpolación que determinan el valor de la variable nodal del elemento.

En la imagen 7, se observa la representación de nodos de un elemento.

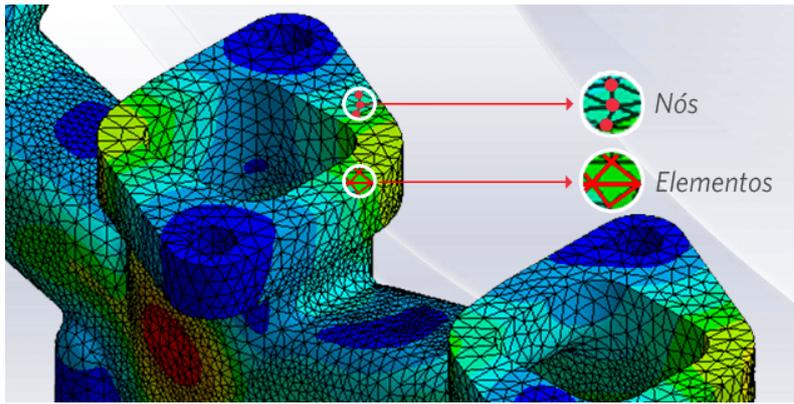


Imagen 7. Representación de nodos y elementos

Fuente: ( Giuseppe , 2016)

### 5.6.5 Metodología de análisis

Para cualquier tipo de análisis se tendrá que llevar a cabo tres pasos fundamentales ( Giuseppe , 2016):

- Pre Proceso
  1. Se crea o se importa el elemento
  2. Enmallar la geometría
- Solución
  1. Aplicar cargas
  2. Solucionar
- Post Proceso
  1. Analizar resultados

### 5.7 Sistemas que componen un vehículo.

En la tabla 1, se describe cada uno de los sistemas que conforman el vehículo con su función principal y sus diferentes tipos.

Tabla 1. Sistemas que componen al vehículo

Fuente: Autores

<b>Sistema</b>	<b>Función</b>	<b>Tipos</b>
<b>Neumáticos</b>	Su función es permitir el contacto adecuado por la adherencia y fricción con el terreno, permitiendo el arranque, frenado y la guía del vehículo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para automóvil</li> <li>• 4x4</li> <li>• Moto</li> <li>• Según la estación climática</li> <li>• 4 estaciones</li> <li>• Neumáticos tubeless</li> <li>• Neumáticos runflat</li> </ul>
<b>Suspensión</b>	Absorbe las desigualdades del terreno sobre el que se desplaza el vehículo con el fin de que no llegue a la carrocería o lo haga lo más amortiguado posible, para que así exista ganancia tanto en la estabilidad como en el confort.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mc Pherson</li> <li>• Paralelogramo deformable</li> <li>• Rueda tirada</li> <li>• Brazo oscilante</li> </ul>
<b>Dirección</b>	Posiciona las ruedas delanteras con el fin de orientar el vehículo en la dirección deseada, así como realizar las distintas maniobras que su conducción exige.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cremallera</li> <li>• Tornillo sinfín cilíndrico con tuerca</li> <li>• Tornillo sinfín cilíndrico con sector dentado</li> <li>• Dirección asistida eléctrica DELPHI</li> </ul>
<b>Transmisión</b>	Transmite la potencia entregada por el motor a las ruedas del vehículo. Estas fuerzas son generadas por la combustión interna del motor en energía cinética o en motores eléctricos, la energía eléctrica en energía cinética.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Motor delantero y tracción</li> <li>• Motor delantero y propulsión</li> <li>• Motor trasero y propulsión</li> <li>• Propulsión doble</li> <li>• Transmisión total</li> </ul>
<b>Carrocería y chasis</b>	Soporte básico de los diferentes componentes del automóvil; también protegen no solo a los pasajeros de condiciones externas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Según su construcción</li> <li>• Según número de volúmenes</li> <li>• Según forma del automóvil</li> <li>• Estilos de trasera</li> </ul>

## 5.8 Fuerzas que intervienen en el desplazamiento del vehículo

### 5.8.1 Resistencia aerodinámica

Son fuerzas que actúan en el vehículo provocando una resistencia al desplazamiento ya sea levantando o bajando el frente al vehículo además de las fuerzas laterales, golpe, ruido, cabeceo

las cuales interfieren en la maniobrabilidad y en el desempeño en marcha con el ahorro de combustible.

Las fuerzas aerodinámicas que hacen deficiente al desempeño durante la conducción se presentan cuando el flujo de aire hace contacto con las superficies provocando así una disminución de potencia.

En la imagen 8, se observa como el viento influye en la aerodinámica del vehículo.

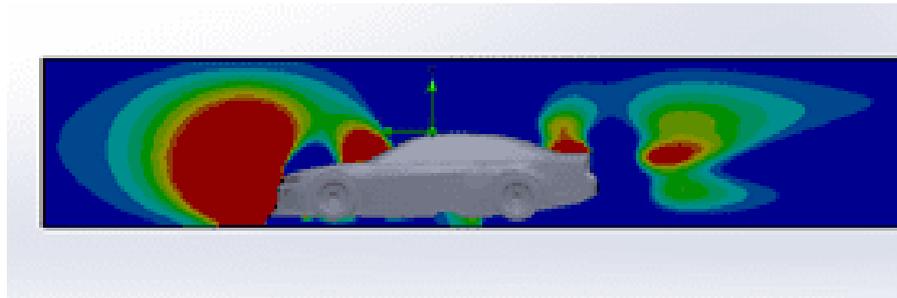


Imagen 8. Representación de las fuerzas Aerodinámicas

Fuente: Autores

### 5.8.1.1 Mecánica de flujo de aire alrededor del vehículo

El flujo de aire que está sobre el vehículo será comandado por la relación entre velocidad y presión, expresada en la ecuación de Bernoulli.

$$p_t = p_s + \frac{(\rho V^2)}{2} \quad (1)$$

Donde

- $\rho$ = Densidad del aire ( $\frac{Kg}{m^3}$ )
- $V$ = Velocidad del aire ( $\frac{m}{s}$ )
- $p_s$ = Presión del sistema ( $\frac{N}{m^2}$ )
- $p_t$ = Presión total ( $\frac{N}{m^2}$ )

La presión estática (mm.d.c.a.) es simplemente la atmósfera y la dinámica. La presión dinámica es producida por la velocidad relativa del vehículo, luego la  $P_t$  es la misma en igualdad de condiciones.

### **5.8.1.2 Fuerza lateral**

Esta fuerza va a depender tanto del vehículo como del viento producido por la naturaleza, puesto que, si se llega a dar vientos cruzados, la fuerza de costado será mucho más fuerte a la resistencia al avance.

$$F_c = \frac{(mV^2)}{r} \quad (2)$$

Donde:

- $F_c$  = fuerza lateral (N).
- $m$  = masa (Kg).
- $V$  = velocidad ( $\frac{m}{s}$ ).
- $r$  = radio de trayectoria de giro (m)

### **5.8.1.3 Fuerzas transversales**

En el estudio dinámico del automóvil existen diferentes fuerzas que actúan durante su funcionamiento, como son las fuerzas verticales y longitudinales en dirección del eje X contenido en el plano medio del neumático; estas fuerzas se muestran en la imagen 9.

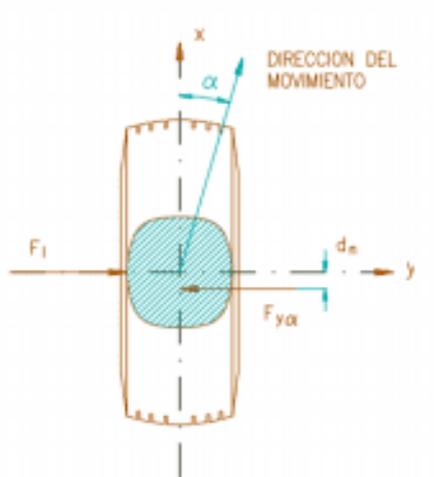


Imagen 9. Fuerzas verticales en el neumático.

Fuente: (Aparicio, 2001)

En el movimiento se crea una fuerza lateral llamada  $F_1$ , que resulta de la aceleración centrífuga en curvas; como se observa en la imagen 9 la fuerza  $F_1$  se encuentra perpendicular en el plano de la rueda. Durante el movimiento de la rueda esta sigue una dirección y crea un ángulo  $\alpha$  (ángulo de deriva), se forma este ángulo entre el eje X y la dirección del movimiento.

Existe un instante en que al ingresar a una curva la trayectoria del neumático sufre una desviación, genera así un momento con respecto al eje vertical, este ayuda al neumático a volver a su posición original cuando se termina el recorrido de la curva, a esto se conoce como movimiento autolineante.

#### 5.8.1.4 Momento autolineante

Este momento es el resultado de la suma de todas las fuerzas transversales, fuerza de deriva y caída que actúan en el neumático. Para obtener un momento autolineante bajo, la zona de deslizamiento del neumático sufrirá un incremento.

En la imagen 10 se observa el efecto del ángulo de deriva y la fuerza lateral sobre el momento autolineante.

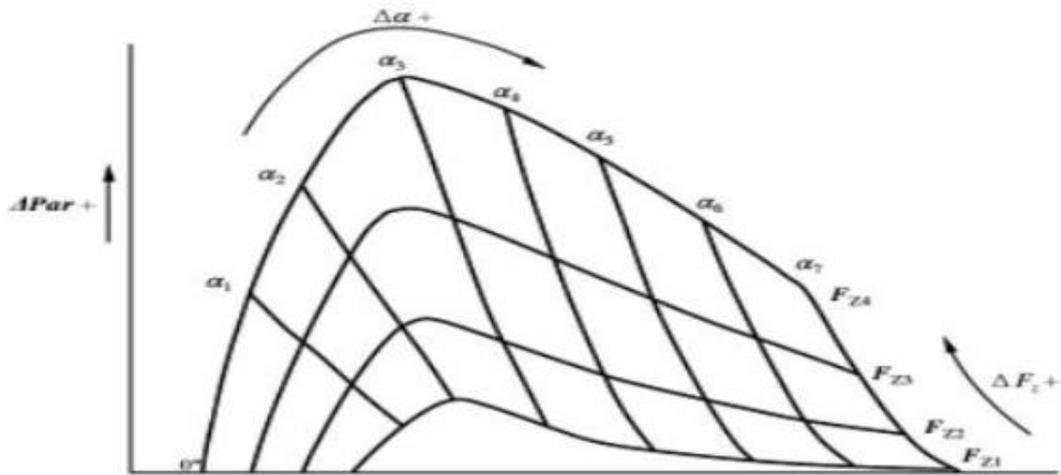


Imagen 10. Efectos producidos por el ángulo de deriva y la carga transversal sobre el momento autolineante

Fuente: (Luque, Àlvares, & Vera, 2005)

Cuando el momento autolineante es positivo se tiene como efecto que el neumático regresa a su posición normal al finalizar la curva, pero si es negativo el efecto será contrario; es decir, el ángulo de giro aumentará produciendo así una conducción inestable.

### 5.8.2 Resistencia a la rodadura

Se produce cuando un cuerpo se desliza sobre otro y se provoca una deformación. Esto es debido a las altas presiones que se localizan en los diferentes puntos de contacto del cuerpo con la superficie. En la imagen 11 se puede observar de mejor manera la distribución de las presiones en la superficie de contacto, la cual no es simétrica con el eje Y.

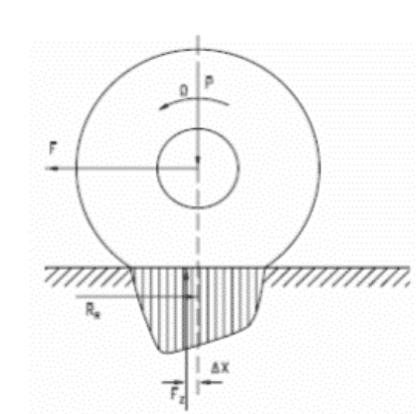


Imagen 11. Distribución de presión y resistencia a la rodadura

Fuente: (Aparicio, 2001)

Existen varias causas responsables de la resistencia a la rodadura:

- Pérdida de energía debido a la deflexión de la pared de la llanta en la zona de contacto.
- Pérdida de energía debido a los elementos de unión.
- Desplazamiento de las llantas en dirección longitudinal y lateral.
- Resistencia al avance del aire sobre el lado interno y externo de las llantas.
- Energía perdida en los saltos.

En el neumático existen fuerzas iguales y contrarias aplicadas en la zona de contacto entre el neumático y el suelo.

$$f_r = \frac{R_r}{P} \quad (3)$$

Donde:

- $R_r$  = resistencia a la rodadura (N).
- $f_r$  = coeficiente de fricción.
- $P$  = peso (Kg)

### 5.8.3 Resistencia de la pendiente

Esta depende no solo del perfil de la calzada, sino también de la masa del vehículo; el automóvil debe de disponer de una fuerza mayor de propulsión para vencer la resistencia de la pendiente.

La fuerza de resistencia de la pendiente se calcula de la siguiente manera:

$$R_s = m \cdot g \cdot \text{sen} \alpha \quad (4)$$

Donde:

- $R_s$  = resistencia de la pendiente (N).
- $M$  = masa del vehículo (kg).
- $g$  = gravedad ( $\frac{m}{s^2}$ ).
- $\alpha$  = ángulo de pendiente (grados)

En la imagen 12 se observa las fuerzas de la resistencia a la pendiente.

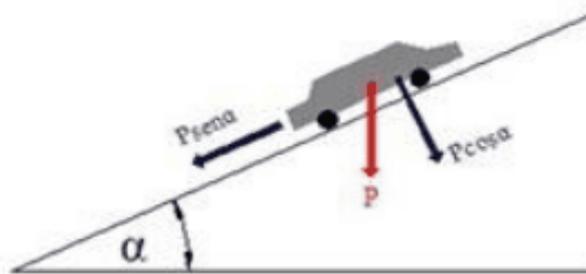


Imagen 12. Resistencia a la pendiente

Fuente: (Escobar Villanueva, 2014)

#### 5.8.4 Resistencia por inercia

Resistencia por inercia es la fuerza que actúa sobre el vehículo cuando se produce una variación de velocidad; es decir, cuando existe una aceleración.

Esta fuerza de inercia es la que se opone a que exista un cambio de velocidad e influye por tanto en la capacidad de aceleración y frenado del vehículo.

Para calcular la fuerza de inercia se utiliza la siguiente fórmula:

$$F = m \cdot a \quad (5)$$

Donde:

$m$  = masa del vehículo (Kg).

$a$  = aceleración ( $\frac{m}{s^2}$ )

## **5.9 Importancia de los neumáticos.**

### **5.9.1 Parámetros cinemáticos**

Logran que las ruedas obedezcan fácilmente al volante de la dirección y no se altere su orientación por las irregularidades del terreno o al efectuar una frenada, y da, así como resultado una dirección segura y de suave manejo.

Las cotas que determinan la geometría del sistema de dirección son:

- Ángulo de salida
- Ángulo de caída
- Ángulo de avance
- Convergencia de las ruedas

#### ***5.9.1.1 Ángulo de salida***

Es el ángulo que forma, la prolongación del eje del pivote sobre el que gira la rueda para orientarse con la prolongación del eje vertical que pasa por el centro de apoyo de la rueda. Este ángulo suele estar comprometido entre 5 y 10°, siendo en la mayoría de los vehículos de 6 a 7 grados.

De la inclinación del eje del pivote resultan fuerzas de retroceso, las cuales, después del paso de una curva, hacen volver las ruedas a la posición en línea recta en sentido de la marcha.

#### ***5.9.1.2 Ángulo de caída***

Es el ángulo que forma la prolongación del eje de simetría de la rueda con la vertical que pasa por el centro de apoyo de la rueda. Este ángulo se consigue por medio de la inclinación de la mangueta con respecto a la horizontal, tal como se muestra en la imagen 13 se consigue el ángulo negativo o el positivo de caída.

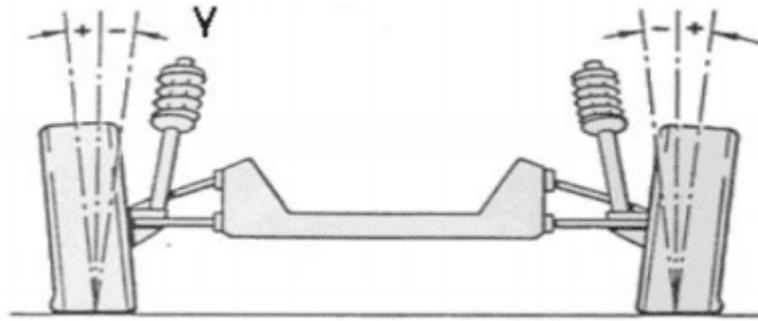


Imagen 13. Ángulo de Caída

Fuente: (Muñoz Ega, 2010)

Existe efecto de desgaste sobre el neumático con este ángulo, puesto que si la caída es más positiva el desgaste será en la zona exterior, en cambio si es más negativa el desgaste será en la zona interior

### ***5.9.1.3 Ángulo de avance***

Se llama ángulo de avance, al formado por prolongación del eje del pivote con el eje vertical que pasa por el centro de la rueda y en el sentido de avance de la misma. Cuando el empuje del vehículo se realiza desde las ruedas traseras (propulsión), el eje delantero es arrastrado desde atrás, lo que supone una inestabilidad en la dirección.

El avance debe ser tal, que cumpla la misión encomendada sin perturbar otras condiciones direccionales. Si este ángulo es grande, el par creado también lo es, provocando que las ruedas se orienten violentamente. Si el ángulo es pequeño o insuficiente, el par de orientación también lo es, y como resulta da una dirección inestable.

#### **5.9.1.4 *Convergencia y divergencia de las ruedas***

La convergencia tiene dos objetivos muy claros, que son: asegurar que las ruedas giren paralelas, con convergencia 0 cuando el automóvil se encuentra circulando y compensar las deformaciones que se producen por las articulaciones elásticas.

La divergencia tiene que ver con vehículos con tracción delantera, las ruedas están abiertas, puesto que por la inercia de la tracción tienden las ruedas a cerrarse compensando así la apertura inicial y rodando de forma paralela con convergencia 0.

#### **5.9.2 *Influencia del Estado de los Neumáticos en el Sistema de Dirección.***

Cuando un neumático se encuentra con presión baja es el peor defecto que se puede permitir, debido a su desgaste desigual de los bordes de la banda de rodadura, también hay que tener en cuenta la deformación al rodar por las cubiertas porque se produce tensiones y deformaciones con roces en los flancos que elevan su temperatura, y provoca el corte de los tejidos que sirven para formar la goma.

En cambio, cuando existe sobrepresión en el neumático, la dirección se vuelve más suave, pero fatiga de manera excesiva las articulaciones, y provoca desgaste en el centro de la banda de rodadura.

En la imagen 14 se observa la presión: excesiva, baja y adecuada.

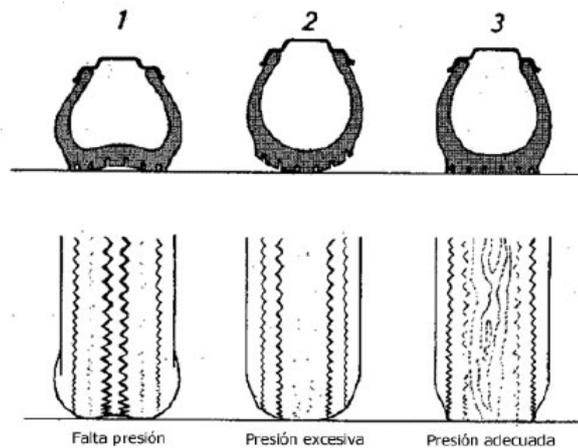


Imagen 14. Representación de la presión de neumáticos

Fuente: (PATIÑO CASTILLO, CALDERON ACUÑA, ORTIZ LIEVANO, & RODRIGUEZ PICO, 2008)

La alineación influye mucho en el desgaste de los neumáticos, con solo observar la zona donde existe mayor desgaste, se puede deducir la cota o las cotas que han dado lugar al desgaste anormal del neumático.

## 6 DISEÑO BASICO Y DETALLADO DEL VEHICULO TIPO MINI BAJA SAE ESCALA 1:12

### 6.1 Selección de Escala

El automovilismo a escala es una atracción que tiene una gran cantidad de aficionados que van desde chicos hasta grandes, donde los vehículos más utilizados en esta rama van desde la escala 1:8 hasta la 1:24. También se ve el tipo de vehículo a representarlo a escala los cuales pueden ser todo terreno, de pista, clásicos, deportivos, drift entre otros.

Las escalas expuestas a continuación sirven para ver el tamaño ideal del vehículo, estas son las más utilizadas en el mundo del automovilismo a escala, ya que cada uno se diferencia por su armado o la cantidad de piezas que disponga y para su tipo de aplicación. Las escalas son:

- 1/8
- 1/10

- 1/12
- 1/16
- 1/24

Se realizará una tabla de ponderación (Contreras Urgilés & Fajardo Merchán, 2015) para la selección de la escala a construir y se consideran las características primordiales que son las siguientes:

- Maniobrabilidad variable 1.
- Resistencia variable 2.
- Elaboración de piezas variable 3.
- Peso variable 4.
- Costo variable 5.

Las variables anterior mente mencionadas hacen referencia a lo siguiente:

- **Maniobrabilidad:** Que sea de fácil manejo, tanto para la pista como para la instalación de sus diversos componentes.
- **Resistencia:** Que en base a su escala tenga mejores características y tenacidad en caso de una caída o golpe dando garantía en cualquier circunstancia.
- **Elaboración de piezas:** Tiempo de fabricación y cantidad de material usado.
- **Peso:** Tiene que ser ligero para una fácil transportación, además que mientras más ligero sea menos esfuerzo tendrá que desarrollar el motor para transportar el vehículo de un lugar a otro.
- **Costo:** En base al tamaño existirá más material, por lo cual variará mucho el costo en cada escala.

Las variables presentadas anteriormente serán calificadas en la tabla 2, en una escala de 1 a 5, donde 1= muy malo, 2= malo, 3= regular, 4=bueno y 5 = muy bueno.

Tabla 2. Selección de escala para el vehículo  
Fuente: Autores

<b>Variable</b> \ <b>Escala</b>	<b>PONDERACION</b>	<b>1/8</b>	<i>Calculo</i>	<b>1/1 0</b>	<i>Calculo</i>	<b>1/1 2</b>	<i>Calculo</i>	<b>1/1 6</b>	<i>Calculo</i>	<b>1/2 4</b>	<i>Calculo</i>
<b>Maniobrabilidad</b>	<b>20%</b>	3	0.6	3	0.6	4	0.8	3	0.6	1	0.2
<b>Resistencia</b>	<b>30%</b>	3	0.9	3	0.9	3	0.9	2	0.6	2	0.6
<b>Elb. Piezas</b>	<b>20%</b>	4	0.8	3	0.6	5	1.6	3	0.6	2	0.4
<b>Peso</b>	<b>10%</b>	2	0.2	2	0.2	2	0.2	4	0.4	3	0.3
<b>Costo</b>	<b>20%</b>	1	0.2	2	0.4	2	0.4	5	1	3	0.6
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>		<i>2.7</i>		<i>2.7</i>		<i>3.3</i>		<i>3.2</i>		<i>2.1</i>

Con la Tabla 2, se analiza cada variable en referencia a la escala con la ayuda de una ponderación se obtiene un promedio directo del mejor tipo de escala a usar para desarrollar el proyecto. Como indica la tabla 2, es óptimo usar la escala 1:12 porque muestra las mejores prestaciones para su elaboración teniendo en cuenta las variables utilizadas.

## 6.2 Selección de Vehículo

Con respecto al vehículo será una elección en el campo de todo terreno puesto que en estas competencias se pone a prueba toda la parte teórica y práctica de los diferentes sistemas que componen el vehículo para que este brinde el mejor rendimiento en la competencia.

Para seleccionar el tipo de vehículo a escala 1:12, se procede a realizar una tabla donde se compare algunos tipos de vehículos, los vehículos a utilizar serán tomados en cuenta su agilidad y rendimiento en un terreno con una serie de obstáculos por lo que se utilizaron vehículos 4x4 o todo terreno en sus diversas presentaciones, camioneta, jeep entre otros como se presenta a continuación:

- Tipo Baja S.A.E.
- Jeep

- Buggy
- Polaris
- Camioneta 4x4

Como en la vida real cada vehículo se lo realiza en base a una serie de parámetros, los cuales pueden ir desde rendimiento, costo, mantenimiento entre otros. Para el caso de un vehículo a escala los parámetros no varían mucho puesto que es igual que construir un vehículo a escala 1:1, donde las variables a ser analizadas como punto fuerte serán las siguientes:

- Costo variable 1.
- Elaboración del vehículo variable 2.
- Tiempo de construcción variable 3.
- Peso variable 4.
- Rendimiento en el terreno variable 5.

Cada una tiene una aportación diferente al momento de obtener el producto final, donde cada variable significa lo siguiente:

- **Costo:** Implica el costo final del vehículo ya terminado por la estructura que lo conforma y sus accesorios
- **Elaboración del vehículo:** La facilidad para poder imprimirlo en menor tiempo, gracias al uso de menor de material.
- **Tiempo de construcción:** El armado final del vehículo por su complejidad o facilidad para poner cada sistema en el chasis.
- **Peso:** Es un factor importante puesto que si es pesado se necesitará de más fuerza para moverlo, pero si es más liviano será más complejo controlarlo y no podrá pasar los obstáculos correspondientes.

- **Rendimiento en el terreno:** La facilidad que le brinde con los sistemas ya instalados para que se desplace de un lugar por otro en un terreno con una serie de obstáculos.

Las variables presentadas anteriormente serán calificadas mediante ponderación en la tabla 3, en una escala de 1 a 5, donde 1= muy malo, 2= malo, 3= regular, 4=bueno y 5 = muy bueno

Tabla 3. Selección del vehículo a desarrollar.  
Fuente: Autores

<b>Variable</b>	<b>Vehículo</b>	<b>PONDERACION</b>	<b>TIPO MINI BAJA S.A.E.</b>	<i>Calculo</i>	<b>JEEP</b>	<i>Calculo</i>	<b>BUGGY</b>	<i>Calculo</i>	<b>POLARIS</b>	<i>Calculo</i>	<b>CAMIONETA 4X4</b>	<i>Calculo</i>
<b>Costo</b>	<b>10%</b>	4	0,4	3	0,3	4	0,4	3	0,3	3	0,3	
<b>Elb. del vehículo</b>	<b>25%</b>	5	1,2 5	4	1	3	0,7 5	5	1,2 5	3	0,7 5	
<b>T. de Construcción</b>	<b>25%</b>	4	1	2	0,5	5	1,2 5	4	1	2	0,5	
<b>Peso</b>	<b>10%</b>	4	0,4	3	0,3	2	0,2	4	0,4	3	0,3	
<b>Rendimiento en Terreno</b>	<b>30%</b>	4	1,2	4	1,2	2	0,6	4	1,2	5	1,5	
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	<b>4,25</b>		<b>3,3</b>		<b>3,2</b>		<b>4,15</b>		<b>3,35</b>		

Como se observa en la Tabla 3, el mejor vehículo que da mejores prestaciones es el Tipo Mini Baja S.A.E por su alta calificación en los diferentes parámetros.

El vehículo tipo Mini Baja S.A.E. a escala 1:12 será construido y detallado de la siguiente manera:

- Pista
- Neumáticos

- Transmisión
- Dirección
- Suspensión
- Chasis

Al tener en cuenta este orden de fabricación facilita el resultado de la construcción, dado que se debe de iniciar desde la pista para así proceder con cada sistema del vehículo, ya que cada sistema se va a complementar del sistema anterior antes realizado, así los sistemas encajarán sin presentar inconvenientes al momento de ensamblarlo.

### **6.3 Diseño detallado vehículo Mini Baja SAE a escala 1:12**

#### **6.3.1 Aplicación del reglamento vehículo Mini Baja SAE 2020 para escala 1:12.**

Principalmente la creación y construcción de un vehículo Mini Baja SAE debe de ser únicamente realizado por miembros del equipo sin ayuda directa o participación de ingenieros profesionales.

En esta competencia se espera que todos los vehículos se diseñen, fabriquen y construyan de acuerdo con las prácticas de ingeniería y construcción.

El reglamento Mini Baja SAE 2020 indica: “El vehículo debe de contar con un ancho de 162 cm (64 in) de rueda a rueda con dirección hacia delante. El largo del vehículo es de 274 cm (108 in) y altura mínima de 104.14 cm (41 in)”.

En escala 1:12 las medidas del vehículo serán: ancho = 13,5 cm (5,33 in) de rueda a rueda, largo = 22,83 cm (9 in) y altura mínima = 8,67 cm (3,41 in)

El reglamento especifica solamente las medidas del vehículo, no define reglas para los diferentes sistemas que lo componen; por lo tanto, se procede según el tipo de pista a escoger el prototipo óptimo para cada uno de los sistemas del vehículo

### 6.3.2 Tipo de pista.

Se debe de tener en cuenta que el vehículo será sometido a la competencia en una pista todo terreno; es decir, debe de ser capaz de operar de manera óptima sobre terreno que presente obstáculos como: rocas, arena, troncos, pendientes pronunciadas, aguas poco profundas o inclusive en cualquier clima.

En la imagen 15 se presenta un prototipo de pista.



Imagen 15. Representación de una parte de pista de competencia

Fuente: (Rodamos Juntos, 2017)

### 6.3.3 Neumáticos

Los neumáticos son una parte esencial del vehículo, sus funciones básicas son:

- Soportar y transmitir al terreno la carga vertical.
- Desarrollar los esfuerzos longitudinales necesarios para la tracción y frenado.
- Proporcionar los esfuerzos laterales precisos para lograr el control y estabilidad de la trayectoria.
- Actuar como "colchón" amortiguador de las acciones dinámicas originadas por las irregularidades de la pista.

En el mercado automotriz existe una gran variedad de neumáticos, dado que existe para todos los tipos de calzada, carga del vehículo, dimensiones, velocidad, clima, tipos de calzada, entre otros.

Como la pista de competencia para vehículos Mini Baja S.A.E. es todo terreno, se procede a tomar en cuenta los tipos de neumáticos que existen dependiendo del tipo de terreno, los cuales se presentan en la tabla 4.

Tabla 4. Tipos de neumáticos.  
Fuente: Autores

TIPO DE NEUMÁTICO	CARACTERÍSTICAS
Neumáticos asimétricos	Presentan diferente dibujo en la parte interior y la parte exterior del neumático, una parte es para el drenaje de agua y la otra para mejorar el agarre en seco.
Neumáticos direccionales	Suelen tener un labrado de rodadura en forma de V o de flecha para una eficiente evacuación de agua y solo tienen un solo sentido.
Neumáticos de rodadura mixta	El patrón de rodadura es mixto, combinación de los dos patrones, con ranuras perpendiculares y paralelas al eje de la calzada.
Neumáticos de rodadura repetitiva	El patrón de rodadura es de surcos perpendiculares al eje de conducción

Para seleccionar el tipo de neumático óptimo para nuestro sistema, primero se debe de seleccionar el material con el que se va a fabricar el neumático, puesto que dependiendo del material se pueden encontrar pros y contras de diseño.

Cuando se habla de la fabricación de neumáticos en vehículos a escala se habla de que se los puede realizar en diferentes materiales, los más usados son: madera, impresión 3D y goma.

Las variables a considerar para la selección del neumático son:

- Resistencia al impacto variable 1.
- Durabilidad variable 2.
- Encogimiento variable 3.
- Acabado variable 4.
- Costo variable 5.

Donde cada variable indica lo siguiente:

- **Resistencia al impacto:** En caso de choque o caída resista el impacto sin llegar a producir una ruptura.
- **Durabilidad:** Que su envejecimiento sea paulatino y no de manera brusca.
- **Encogimiento:** Que el material en diferentes condiciones como temperatura o humedad no se deforme.
- **Acabado:** Cuando se finalice el trabajo de impresión sea algo parejo sin grumos.
- **Costo:** El costo de producción en base al material y tiempo de impresión sea el adecuado.

En la siguiente tabla se calificará cada una de las variables antes presentadas para poder seleccionar el material que mejores prestaciones brinda. Las variables consideradas valoradas entre 1 y 5, donde 1= muy malo, 2= malo, 3= regular, 4=bueno y 5= muy bueno.

Tabla 5. Calificación de neumáticos  
Fuente: Autores

Material Variable	PONDERACION	Madera	Calculo	Impresión 3D (TPE)	Calculo	Goma	Calculo
<b>Resistencia al impacto</b>	<b>15%</b>	4	0.6	5	0.75	4	0.6
<b>Durabilidad</b>	<b>20%</b>	5	1	5	1	4	0.8
<b>Encogimiento</b>	<b>20%</b>	4	0.8	5	1	4	0.8
<b>Acabado</b>	<b>15%</b>	2	0.3	4	0.6	3	0.45
<b>Costo</b>	<b>30%</b>	2	0.6	3	0.9	3	0.9
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	<b>3.3</b>		<b>4.25</b>		<b>3.55</b>	

Los neumáticos serán fabricados mediante impresión 3D con material TPE.

Después de seleccionar el material para la fabricación del neumático, se procede a seleccionar el diseño de rodadura del mismo.

Se toma en cuenta algunas variables para la selección de rodadura, las cuales son las siguientes:

- Resistencia a la rodadura variable 1.
- Adherencia en superficie mojada variable 2.
- Adherencia en superficie de tierra variable 3.
- Labrado variable 4.
- Evacuación de agua variable 5.

Donde cada variable significa:

- **Resistencia a la rodadura:** Deformación de la banda de rodadura y flancos del neumático en contacto con el suelo.
- **Adherencia en superficie mojada:** Mayor seguridad en agarre del neumático en piso mojado o durante lluvia.
- **Adherencia en superficie de tierra:** Mayor seguridad en agarre del neumático en todo terreno.
- **Labrado:** Forma y diseño de la banda de rodadura determinado por el tipo de terreno.
- **Evacuación de agua:** La profundidad del dibujo es crucial para así evitar lo que se conoce como “aquaplaning”, que no es más que el deslizamiento sin control del automotor que es producido por la inherencia del neumático con el terreno a causa de la película de agua que cubre el suelo.

Las variables consideradas serán valoradas en la tabla 6, en una escala entre 1 y 5, donde 1= muy malo, 2= malo, 3= regular, 4=bueno y 5= muy bueno.

Tabla 6. Calificación de tipo de neumático  
Fuente: Autores

Variable \ Neumático	PONDERACION	Asimétricos	<i>Calculo</i>	Direccionales	<i>Calculo</i>	Rodadura mixta	<i>Calculo</i>	Rodadura repetitiva	<i>Calculo</i>
<b>Resistencia a la rodadura</b>	<b>15%</b>	3	0.45	4	0.6	4	0.6	4	0.6
<b>Adherencia en superficie mojada</b>	<b>20%</b>	3	0.6	4	0.8	3	0.6	3	0.6
<b>Adherencia en superficie de tierra</b>	<b>20%</b>	3	0.6	4	0.8	3	0.6	4	0.8
<b>Labrado</b>	<b>15%</b>	3	0.45	4	0.6	4	0.6	3	0.45
<b>Evacuación de agua</b>	<b>30%</b>	3	0.9	4	1.2	3	0.9	3	0.9
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	<b>3</b>		<b>4</b>		<b>3.3</b>		<b>3.35</b>	

El diseño de labrado de rodadura del neumático será de tipo direccional, puesto que este tipo de diseño es el de mayor calificación según la Tabla 6.

El diseño del neumático se presenta en la imagen 16.



Imagen 16. Representación del Neumático

Fuente: Autores

### 6.3.3.1 Selección de rin

El sistema de neumáticos también viene constituido por el rin, puesto que en el rin va apoyado el neumático y va fijo en el mismo, existen varios materiales con los cuales se fabrican

los rines en vehículos a escala, que son los siguientes: madera, impresión 3D material PLA, tubo PVC y rin de metal.

Las variables a considerar para la selección del material de fabricación del rin son los siguientes:

- Resistencia al impacto variable 1.
- Durabilidad variable 2.
- Encogimiento variable 3.
- Acabado variable 4.
- Costo variable 5.

Donde cada variable indica lo siguiente:

- **Resistencia al impacto:** En caso de choque o caída resista el impacto sin llegar a producir una ruptura.
- **Durabilidad:** Que su envejecimiento sea paulatino y no de manera brusca.
- **Encogimiento:** Que el material en diferentes condiciones como temperatura o humedad no se deforme.
- **Acabado:** Cuando se finalice el trabajo de impresión sea algo parejo sin grumos.
- **Costo:** El costo de producción en base al material y tiempo de impresión sea el adecuado.

En la siguiente tabla se calificará cada una de las variables antes presentadas para poder seleccionar el material que mejores prestaciones brinda. Las variables consideradas valoradas entre 1 y 5, donde 1= muy malo, 2= malo, 3= regular, 4=bueno y 5= muy bueno.

Tabla 7. Calificación de material neumático.  
Fuente: Autores

Material Variable	PONDERACION	Madera	Calculo	Impresión 3D (PLA)	Calculo	Tubo PVC	Calculo	Metal	Calculo
<b>Resistencia al impacto</b>	<b>15%</b>	4	0.6	5	0.75	4	0.6	5	0.75
<b>Durabilidad</b>	<b>20%</b>	4	1	5	1	4	0.8	5	1
<b>Encogimiento</b>	<b>20%</b>	4	0.8	5	1	4	0.8	5	1
<b>Acabado</b>	<b>15%</b>	3	0.45	4	0.6	2	0.3	1	0.15
<b>Costo</b>	<b>30%</b>	2	0.6	3	0.9	3	0.9	2	0.6
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	<b>3.45</b>		<b>4.25</b>		<b>3.4</b>		<b>3.5</b>	

El material con mejores características de fabricación para la construcción del rin es PLA mediante impresión 3D y el diseño se observa en la imagen 17.



Imagen 17. Representación del Neumático con el Rin

Fuente: Autores

### 6.3.3.2 Selección de la mangueta

Las manguetas son los elementos que sirven de enlace entre el sistema de suspensión, el sistema de dirección y el sistema de transmisión con los neumáticos.

Las manguetas tienen diversas funciones, que entre las más importantes están las siguientes:

- Resistir la fuerza provocada por el amortiguador y el muelle.
- Transferir la dirección a las ruedas delanteras de manera precisa.
- Resistir las imperfecciones que se encuentran en el terreno.
- Soportar momentos de flexión en curva.
- La transmisión de tracción del motor hacia las ruedas sea eficiente.

Existen algunas características que debe de brindar el material a seleccionar para la construcción de las manguetas, las características son las siguientes:

- |                          |             |
|--------------------------|-------------|
| • Resistencia al impacto | variable 1. |
| • Durabilidad            | variable 2. |
| • Encogimiento           | variable 3. |
| • Acabado                | variable 4. |
| • Costo                  | variable 5. |

Donde cada variable indica lo siguiente:

- **Resistencia al impacto:** En caso de choque o caída resista el impacto sin llegar a producir una ruptura.
- **Durabilidad:** Que su envejecimiento sea paulatino y no de manera brusca.
- **Encogimiento:** Que el material en diferentes condiciones como temperatura o humedad no se deforme.
- **Acabado:** Cuando se finalice el trabajo de impresión sea algo parejo sin grumos.
- **Costo:** El costo de producción en base al material y tiempo de impresión sea el adecuado.

En la siguiente tabla se calificará cada una de las variables antes presentadas para poder seleccionar el material que mejores prestaciones brinda. Las variables consideradas valoradas entre 1 y 5, donde 1= muy malo, 2= malo, 3= regular, 4=bueno y 5= muy bueno.

Tabla 8. Calificación de material para mangueta.  
Fuente: Autores

Material Variable	PONDERACION	Madera	Calculo	Impresión 3D (PLA+)	Calculo	Goma	Calculo	Metal	Calculo
		<b>Resistencia al impacto</b>	<b>15%</b>	4	0.6	5	0.75	4	0.6
<b>Durabilidad</b>	<b>20%</b>	4	1	5	1	4	0.8	5	1
<b>Encogimiento</b>	<b>20%</b>	4	0.8	5	1	2	0.4	5	1
<b>Acabado</b>	<b>15%</b>	3	0.45	4	0.6	2	0.3	1	0.15
<b>Costo</b>	<b>30%</b>	2	0.6	3	0.9	3	0.9	2	0.6
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	<b>3.45</b>		<b>4.25</b>		<b>3</b>		<b>3.5</b>	

La Tabla 8 nos da como resultado que la mangueta será construida mediante impresión 3D con material de PLA+ Que brinda la mejor calificación de las características antes enunciadas.

El diseño de la mangueta se presenta en la imagen 18:



Imagen 18. Representación de la mangueta diseñada

Fuente: Autores

Vea del anexo 1 al 5 para poder obtener las medidas de las piezas ya modeladas.

### 6.3.4 Sistema de Transmisión

Es importante conocer las especificaciones del motor que se utilizará, ya que desde aquí se consideran valores a tomar en cuenta para los cálculos de la relación de transmisión que vaya a tener el vehículo a escala.

El motor a usar es: Motor eléctrico DS-775, es un motor de alto torque y alta potencia.

- Voltaje nominal: 12V---24V.
- Alcanza Rpm sin carga: 3000---7000, rpm a trabajar (7000).
- Potencia de: 7.7W---102.6 W.
- Peso 350 g.

El sistema de transmisión en vehículos a escala está conformado por varios elementos, estos son: motor eléctrico, juego de engranes, eje de transmisión, retenes de transmisión y rodamientos.

#### ***6.3.4.1 Material para construcción de retenes de transmisión.***

El retén de transmisión es el elemento que va encajado en el centro de la mangueta y ubicado en el aro del sistema de neumáticos, este retén es el que permite el movimiento del eje de transmisión hacia las ruedas sin problema alguno.

Para seleccionar el material de diseño de este elemento se debe de considerar las siguientes características:

- Resistencia al impacto variable 1.
- Durabilidad variable 2.
- Encogimiento variable 3.
- Acabado variable 4.
- Costo variable 5.

Donde cada variable indica lo siguiente:

- **Resistencia al impacto:** En caso de choque o caída resista el impacto sin llegar a producir una ruptura.
- **Durabilidad:** Que su envejecimiento sea paulatino y no de manera brusca.

- **Encogimiento:** Que el material en diferentes condiciones como temperatura o humedad no se deforme.
- **Acabado:** Cuando se finalice el trabajo de impresión sea algo parejo sin grumos.
- **Costo:** El costo de producción en base al material y tiempo de impresión sea el adecuado.

En la siguiente tabla se calificará cada una de las variables antes presentadas para poder seleccionar el material que mejores prestaciones brinda. Las variables consideradas valoradas entre 1 y 5, donde 1= muy malo, 2= malo, 3= regular, 4=bueno y 5= muy bueno.

Fuente: Autores

Tabla 9. Calificación de material para retenes de transmisión

<b>Neumático</b>	<b>PONDERACION</b>	<b>Madera</b>	<b>Calculo</b>	<b>Impresión 3D (PLA+)</b>	<b>Calculo</b>	<b>Goma</b>	<b>Calculo</b>	<b>Metal</b>	<b>Calculo</b>
<b>Resistencia al impacto</b>	<b>15%</b>	4	0.6	5	0.75	4	0.6	5	0.75
<b>Durabilidad</b>	<b>20%</b>	4	1	5	1	4	0.8	5	1
<b>Encogimiento</b>	<b>20%</b>	4	0.8	5	1	2	0.4	5	1
<b>Acabado</b>	<b>15%</b>	3	0.45	4	0.6	2	0.3	1	0.15
<b>Costo</b>	<b>30%</b>	2	0.6	3	0.9	3	0.9	2	0.6
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	<b>3.45</b>		<b>4.25</b>		<b>3</b>		<b>3.5</b>	

En la tabla 9 se observa que los cuatro retenes serán realizados mediante PLA+, este material presta las mejores calificaciones en las diferentes características antes enunciadas.

#### 6.3.4.2 Método de Transmisión

Con en el motor ya especificado se escogerá entre dos sistemas de trasmisión, los cuales son por poleas y por engranes. En la tabla 10, se conoce las ventajas y desventajas de estos dos sistemas de transmisión.

Tabla 10. Ventajas y desventajas del sistema de transmisión.  
Fuente: Autores

SISTEMA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<b>POLEAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Posibilidad de unir el árbol conductor al conducido a distancias relativamente grandes.</li> <li>• Funcionamiento suave, sin choques.</li> <li>• Diseño sencillo.</li> <li>• Costo inicial de adquisición relativamente bajo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grandes dimensiones exteriores.</li> <li>• Grandes cargas sobre los ejes y apoyos, y por consiguiente considerables pérdidas de potencia por fricción.</li> <li>• Vida útil de la correa relativamente baja.</li> </ul>
<b>ENGRANES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dimensiones exteriores pequeñas, para transmitir esfuerzos. Rendimiento alto.</li> <li>• Gran duración y fiabilidad de funcionamiento.</li> <li>• Constancia de la relación de transmisión, por ausencia de patinaje</li> <li>• Fácil mantenimiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ruido durante su funcionamiento a grandes velocidades.</li> <li>• Desgaste abrasivo en la superficie de los dientes.</li> </ul>

Como se observa en la tabla 10, el que mejores prestaciones presenta en cuanto a ventajas y desventajas es el sistema de engranes puesto que es equilibrado y no va a presentar un mayor mantenimiento como es en el sistema de poleas; además de ser un vehículo a escala se lo podrá trabajar de mejor manera ya que necesitan menos espacio por ende se consigue un mejor aprovechamiento de energía.

Los tipos de piñones a usar serán rectos puesto que ofrecen mejor eficiencia al transmitir el movimiento y son fáciles de fabricar además de presentar las siguientes características:

Pueden ser utilizados para transmitir gran cantidad de potencia.

- Son muy confiables para este tipo de trabajos
- Son los más sencillos de diseñar y fabricar.
- Ofrecen una relación de velocidad constante y estable.
- Un engranaje de dientes rectos tiende a ser más eficiente si se compara con un helicoidal del mismo tamaño.
- Al tener los dientes paralelos a su eje, no se produce empuje axial.

#### ***6.3.4.3 Material para la construcción de engranes***

El sistema engranes también viene constituido en el sistema de transmisión, puesto que va ubicado uno en el motor y otro en el eje donde transmitirá el movimiento del motor al neumático, existen varios materiales con los cuales se fabrican los engranes en vehículos a escala, que son los siguientes: Impresión 3D (PLA), tubo PVC y engrane de metal

Las variables a considerar para la selección del material de fabricación del rin son los siguientes:

- Resistencia a la velocidad variable 1.
- Durabilidad variable 2.
- Encogimiento variable 3.
- Acabado variable 4.
- Costo variable 5.

Donde cada variable indica lo siguiente:

- **Resistencia a la velocidad:** Nos indicara que tan resistentes serán al momento de trabajar a velocidades altas.
- **Durabilidad:** Que su deterioro sea conforme al trabajo que está sometido y no sea de un solo uso.
- **Encogimiento:** Que el material en diferentes condiciones como temperatura o humedad no se deforme.
- **Acabado:** Cuando se finalice el trabajo de impresión sea algo parejo sin grumos.
- **Costo:** El costo de producción en base al material y tiempo de impresión sea el adecuado.

Las variables consideradas serán calificadas en tabla 11, en una escala entre 1 y 5, donde 1= muy malo, 2= malo, 3= regular, 4=bueno y 5= muy bueno.

Tabla 11. Calificación de material de engranes.  
Fuente: Autores

Material Variable	PONDERACION	Impresión 3D (PLA)	Calculo	Metal	Calculo	Tubo PVC	Calculo
<b>Resistencia al impacto</b>	<b>15%</b>	4	0.6	5	0.75	4	0.6
<b>Durabilidad</b>	<b>20%</b>	5	1	4	0.8	5	1
<b>Encogimiento</b>	<b>20%</b>	5	1	4	0.8	5	1
<b>Acabado</b>	<b>15%</b>	4	0.6	2	0.3	1	0.15
<b>Costo</b>	<b>30%</b>	3	0.9	3	0.9	2	0.6
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	<b>4.15</b>		<b>3.4</b>		<b>3.5</b>	

#### 6.3.4.4 Selección de material de rodamientos

Los rodamientos en vehículos a escala son los encargados de permitir el libre movimiento del eje de transmisión a las ruedas y ayudan al eje de transmisión para que se encuentre estable.

Para seleccionar el material de los rodamientos se debe de considerar las siguientes características:

- Resistencia a la velocidad variable 1.
- Durabilidad variable 2.
- Encogimiento variable 3.
- Acabado variable 4.
- Costo variable 5.

Donde cada variable indica lo siguiente:

- **Resistencia a la velocidad:** Nos indicara que tan resistentes serán al momento de trabajar a velocidades altas, y brinda una seguridad de completar la competencia sin presentar inconvenientes.
- **Durabilidad:** Que su deterioro sea conforme al trabajo que está sometido y no sea de un solo uso.
- **Encogimiento:** Que el material en diferentes condiciones como temperatura o humedad no se deforme.
- **Acabado:** Cuando se finalice el trabajo de impresión sea algo parejo sin grumos.
- **Costo:** El costo de producción en base al material y tiempo de impresión sea el adecuado.

En la siguiente tabla se calificará cada una de las variables antes presentadas para poder seleccionar el material que mejores prestaciones brinda. Las variables consideradas valoradas entre 1 y 5, donde 1= muy malo, 2= malo, 3= regular, 4=bueno y 5= muy bueno.

Tabla 12. Calificación de material de rodamientos  
Fuente: Autores

<b>Material</b>	<b>PONDERACION</b>	<b>Impresión 3D (PLA+)</b>	<i>Calculo</i>	<b>Metal</b>	<i>Calculo</i>	<b>Tubo PVC</b>	<i>Calculo</i>
<b>Variable</b>							

<b>Resistencia al impacto</b>	<b>15%</b>	4	0.6	5	0.75	4	0.6
<b>Durabilidad</b>	<b>20%</b>	5	1	4	0.8	5	1
<b>Encogimiento</b>	<b>20%</b>	5	1	4	0.8	5	1
<b>Acabado</b>	<b>15%</b>	4	0.6	2	0.3	1	0.15
<b>Costo</b>	<b>30%</b>	3	0.9	3	0.9	2	0.6
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	4.15		3.4		3.5	

El material seleccionado según la tabla 12 es el material PLA+.

#### 6.3.4.5 Tipo de transmisión

Según la BAJA SAE indica que pueden ser vehículos 4x2 o 4x4, pero para este caso que sea todoterreno se adapta una transmisión 4x4, lo que quiere decir que dispondrá un cardán, pero al ser a escala realizar este tipo de mecanismo se acompleja el diseño por ende para hacerlo similar se instalara 2 motores tanto adelante como atrás para que tenga una mejor potencia.



Imagen 19. Representación del sistema 4\*4 Eléctrico.  
Fuente: (altronics, 2020)

Las ventajas de este tipo de sistema son:

- Se mejora el sistema de tracción debido a que las ruedas pueden recibir simultáneamente la potencia del motor dispuesto en cada eje.
- Se desarrolla un buen reparto del par a cada eje en función del terreno, y reparto de peso.
- Se obtiene una buena estabilidad.

- Los dos ejes del vehículo son motrices, con esta transmisión pueden, a voluntad del conductor o en este caso al conducirlo desde el mando remoto.
- Menor patinaje.
- Montaje más fácil debido a que cada rueda tiene que transmitir menos potencia al suelo.

El modelado para el vehículo queda de la siguiente forma como se indica en la imagen 20, de tal forma que, en base a eso se procederá a realizar los siguientes sistemas que conformaran al vehículo.

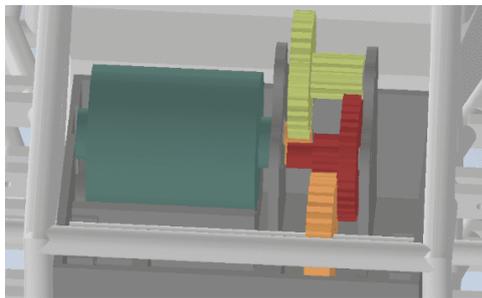


Imagen 20. Representación del motor con el engrane  
Fuente: Autores

Vea del anexo 6 al 11 para poder obtener las medidas de las piezas ya modeladas.

### 6.3.5 Sistema de Dirección

La historia del sistema de dirección da a conocer la evolución de la tecnología que se ha dado en este sistema, desde lograr un eje de rotación del eje delantero completo alrededor de un pivote hasta el sistema de dirección Ackerman, que es el más usado hoy en día por los vehículos.

De este principio se puede hacer cuatro observaciones:

- Los radios de giro de todas las ruedas son distintos.
- Todas las ruedas tienen el mismo punto de rotación.
- La llanta interna tiene un ángulo mayor que la llanta exterior.

Para seleccionar el sistema óptimo para el vehículo Mini Baja SAE se debe también de tener en cuenta los parámetros cinemáticos antes explicados en el capítulo 5 punto 5.9.

Las características a considerar en la selección del sistema de dirección son las siguientes:

- Suavidad Variable 1.
- Seguridad Variable 2.
- Precisión Variable 3.
- Irreversibilidad Variable 4.
- Cuadrilátero de dirección Variable 5.
- Estabilidad Variable 6.
- Mecanismo de Ackerman Variable 7.

Donde cada variable significa:

- **Suavidad:** Poco esfuerzo realizado por el conductor en el volante para obtener la dirección requerida en el vehículo.
- **Seguridad:** Fiabilidad del mecanismo de dirección.
- **Precisión:** Efectividad al momento de una maniobra del vehículo.
- **Irreversibilidad:** Control absoluto en control de giro del vehículo.
- **Cuadrilátero de dirección:** Consiste en conseguir la dirección adecuada para la maniobrabilidad del vehículo.
- **Estabilidad:** Proporciona seguridad a los ocupantes, equilibrio al vehículo y un mejor rendimiento.
- **Mecanismo de Ackerman:** Consiste en que, en una curva la rueda interior tenga un ángulo mayor de giro que la rueda exterior, consiguiendo así una geometría óptima para el sistema de dirección.

Las variables presentadas anteriormente serán calificadas en la tabla 13, en una escala de 1 a 5, donde 1= muy malo, 2= malo, 3= regular, 4=bueno y 5= muy bueno.

Tabla 13. Calificación de sistema de dirección.  
Fuente: Autores

<b>Dirección</b>  <b>Variable</b>	<b>PONDERACION</b>	<b>Sinfín cilíndrico con sector dentado</b>	<i>Calculo</i>	<b>Cremallera</b>	<i>Calculo</i>	<b>Asistida EPS</b>	<i>Calculo</i>
<b>Suavidad</b>	<b>10%</b>	3	0.3	4	0.4	5	0.5
<b>Seguridad</b>	<b>15%</b>	3	0.45	5	0.75	5	0.75
<b>Precisión</b>	<b>15%</b>		0.3	4	0.6	5	0.75
<b>Irreversibilidad</b>	<b>10%</b>	3	0.3	4	0.4	4	0.4
<b>Cuadrilátero de dirección</b>	<b>10%</b>	3	0.3	4	0.4	4	0.4
<b>Estabilidad</b>	<b>20%</b>	4	0.8	4	0.8	5	1
<b>Mecanismo de Ackerman</b>	<b>20%</b>	3	0.6	4	0.8	5	1
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	<b>3.05</b>		<b>4.15</b>		<b>4.8</b>	

La Tabla 13. nos da a conocer que el sistema que mejores características presenta es el sistema de dirección asistida EPS.

Para el sistema de dirección asistida EPS, encontramos al servomotor “SG90 Micro servo motor”, que es utilizado en vehículos a control remoto todo terreno, que será el encargado de beneficiar al vehículo Mini Baja SAE a escala 1:12 con todas las características reunidas para el óptimo funcionamiento del mismo.

Las características de este servomotor encontramos:

- Dimensiones (L x W x H) = 22.0 x 11.5 x 27 mm (0.86 x 0.45 x 1.0 pulgadas)
- Peso: 9 gramos.

- Torque a 4.8 volts: 16.7 oz/in o 1.2 kg/cm.
- Voltaje de operación: 4.0 a 7.2 volts.
- Velocidad de giro a 4.8 volts: 0.12 seg / 60 °.
- Conector universal para la mayoría de los receptores de radio control.
- Compatible con tarjetas como Arduino y microcontroladores que funcionan a 5 volts.

El servomotor se presenta en la imagen 21.



Imagen 21. SG90 Micro Servo Motor para Vehículo a Escala 1:12  
Fuente: (altronics, 2020)

### ***6.3.5.1 Material para eje de dirección.***

Como el sistema de dirección es conformado por un eje que es el encargado de brindar el giro a las ruedas después del accionamiento del servo-motor, este eje de dirección debe de ser construido mediante un material que cuente con las siguientes características:

- Resistencia al impacto variable 1.
- Durabilidad variable 2.
- Encogimiento variable 3.
- Acabado variable 4.
- Costo variable 5.

Donde cada variable indica lo siguiente:

- **Resistencia al impacto:** En caso de choque o caída resista el impacto sin llegar a producir una ruptura.
- **Durabilidad:** Que su envejecimiento sea paulatino y no de manera brusca.
- **Encogimiento:** Que el material en diferentes condiciones como temperatura o humedad no se deforme.
- **Acabado:** Cuando se finalice el trabajo de impresión sea algo parejo sin grumos.
- **Costo:** El costo de producción en base al material y tiempo de impresión sea el adecuado.

En la siguiente tabla se calificará cada una de las variables antes presentadas para poder seleccionar el material que mejores prestaciones brinda. Las variables consideradas valoradas entre 1 y 5, donde 1= muy malo, 2= malo, 3= regular, 4=bueno y 5= muy bueno.

Tabla 14. Calificación de material del eje de dirección.  
Fuente: Autores

<b>Material</b> <b>Variable</b>	<b>PONDERACION</b>	<b>Impresión 3D (PLA+)</b>	<b>Calculo</b>	<b>Metal</b>	<b>Calculo</b>	<b>Tubo PVC</b>	<b>Calculo</b>
<b>Resistencia al impacto</b>	<b>15%</b>	4	0.6	5	0.75	4	0.6
<b>Durabilidad</b>	<b>20%</b>	5	1	4	0.8	5	1
<b>Encogimiento</b>	<b>20%</b>	5	1	4	0.8	5	1
<b>Acabado</b>	<b>15%</b>	4	0.6	2	0.3	1	0.15
<b>Costo</b>	<b>30%</b>	3	0.9	3	0.9	2	0.6
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	<b>4.15</b>		<b>3.4</b>		<b>3.5</b>	

El material seleccionado es el PLA+ y el diseño del sistema de dirección del vehículo tipo Mini Baja S.A.E. a escala 1:12 se observa en la imagen 22.

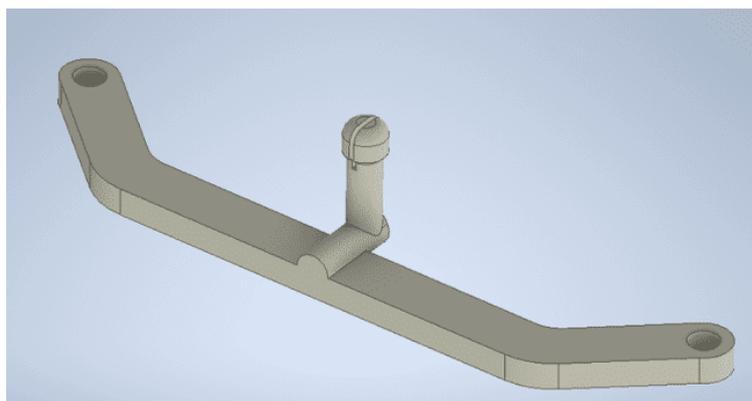


Imagen 22. Representación del sistema de dirección

Fuente: Autores

En la Imagen 22 se observa los puntos de encaje del eje de dirección en la mangueta, donde la barra roja es el eje de dirección y el servo motor está representado por el color azul justo delante del motor

Vea del anexo 12 al 13 para poder obtener las medidas de las piezas ya modeladas.

### 6.3.6 Sistema de Suspensión

Existen tres tipos de sistemas de suspensión, los mismos que se definen en la tabla 15.

Tabla 15. Tipos de suspensión.  
Fuente: Autores.

Suspensión	Definición
Suspensión Rígida	Fue la primera geometría de suspensión utilizada en vehículos
Suspensión Semirrígida	Similar a la anterior, se diferencia debido a que minimiza la transmisión de vibraciones con la incorporación de un brazo adicional y un grupo cónico-diferencial
Suspensión independiente	Es el más utilizado en la actualidad y beneficia al vehículo en confort y a nivel de estabilidad frente a vibraciones.

Para perfeccionar el desempeño del sistema de suspensión, este debe de cumplir una serie de requisitos, los cuales son:

- Proveer una operación vertical, para que las ruedas sigan el camino desigual y que aísle la crudeza del camino en el chasis.

- Mantener una correcta alineación de las ruedas.
- Mantenimiento de la altura óptima del vehículo.
- Permitir el control de la dirección del vehículo con facilidad.
- Tener la resistencia y durabilidad para un vehículo todo terreno.
- Presentar facilidad en montaje, desmontaje del mismo.

Para la selección del sistema de suspensión se debe de tomar en cuenta los parámetros cinemáticos, puesto que estos parámetros influyen en el funcionamiento tanto de la dirección como de la suspensión.

Las variables a considerar para la selección del sistema de suspensión son las siguientes:

- Resistencia a la inclinación del chasis variable 1.
- Aislamiento del chasis con las variaciones del terreno variable 2.
- Facilidad de montaje variable 3.
- Peso variable 4.
- Costo variable 5.
- Influencia en la maniobrabilidad variable 6.

Donde cada variable significa:

- **Resistencia a la inclinación del chasis:** Absorbe la fuerza producida por la inclinación del vehículo
- **Aislamiento del chasis con las variaciones del terreno:** Amortiguamiento de las variaciones del suelo para que no existan movimientos bruscos en el chasis.
- **Facilidad de montaje:** Fácil acoplamiento gracias a sus características de diseño.
- **Peso:** Medida en kilogramos (kg) del peso de la suspensión.
- **Costo:** Precio de la suspensión.

- **Influencia en la maniobrabilidad:** Funcionamiento óptimo del sistema de suspensión en todo terreno para que todas las condiciones de marcha sean eficientes.

En la siguiente tabla de ponderación se seleccionará el sistema óptimo de suspensión para el vehículo Mini Baja S.A.E. a escala, las variables anteriormente presentadas serán calificadas en una escala de 1-5, donde 1= muy malo, 2= malo, 3= regular, 4=bueno y 5= muy bueno.

Tabla 16. Calificación de sistema de suspensión.  
Fuente: Autores

<b>Suspensión</b> <b>Variable</b>	<b>PONDERACION</b>	<b>Rígido</b>	<i>Calculo</i>	<b>Semi-rígido</b>	<i>Calculo</i>	<b>Independiente</b>	<i>Calculo</i>
<b>Resistencia a la inclinación del chasis</b>	<b>15%</b>	3	0.45	4	0.6	4	0.6
<b>Aislamiento del chasis con las variaciones del terreno</b>	<b>15%</b>	3	0.45	4	0.6	4	0.6
<b>Facilidad de montaje</b>	<b>20%</b>	4	0.8	5	1	3	0.6
<b>Peso</b>	<b>15%</b>	4	0.6	5	0.75	3	0.45
<b>Costo</b>	<b>15%</b>	2	0.3	4	0.6	3	0.45
<b>Influencia en la maniobrabilidad</b>	<b>20%</b>	2	0.4	4	0.8	4	0.8
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	<i>2.7</i>		<i>4.4</i>		<i>3.5</i>	

El resultado de la Tabla 16. es que el sistema seleccionado es el sistema de suspensión semi-rígido, este sistema tiene mayor calificación en las diferentes variables enunciadas anteriormente, disminuye la masa no suspendida y mantiene los parámetros del neumático constante

### 6.3.6.1 Selección del tipo de sistema semi-rígido.

Existe una variedad de sistemas semi-rígidos, los más usados en vehículos a control remoto son los siguientes: dos brazos transversales paralelos con mangueta acoplada y brazo transversal con mangueta acoplada.

Para poder seleccionar el sistema semi-rígido para el vehículo se debe de tomar en cuenta varias características que este debe de presentar, que son las siguientes:

- Facilidad de montaje variable 1.
- Costo variable 2.
- Peso variable 3.
- Espacio disponible variable 4.
- Eficiencia estructural variable 5.

Donde cada variable significa lo siguiente:

- **Facilidad de montaje:** Fácil acoplamiento gracias a sus características de diseño.
- **Costo:** Precio de la suspensión.
- **Peso:** Medida en kilogramos (kg) del peso de la suspensión.
- **Espacio disponible:** Espacio que se encuentra entre el chasis y la mangueta del neumático.
- **Eficiencia estructural:** Resistencia ante fuerzas del sistema de suspensión.

En la siguiente tabla de ponderación se seleccionará el sistema óptimo de suspensión semi-rígido para el vehículo Mini Baja S.A.E. a escala calificando las variables anteriormente presentadas, las mismas que serán calificadas en una escala de 1-5, donde 1= muy malo, 2= malo, 3= regular, 4=bueno y 5= muy bueno.

Tabla 17. Calificación de sistema de suspensión semi-rígida.  
Fuente: Autores

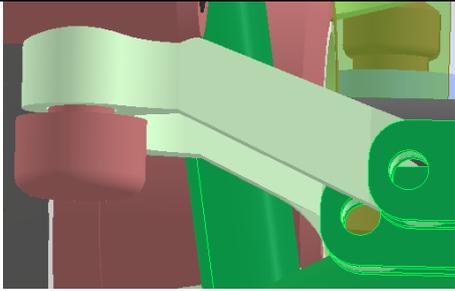
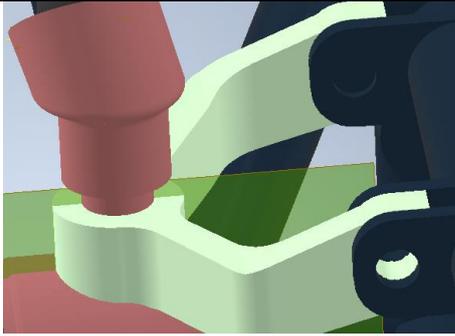
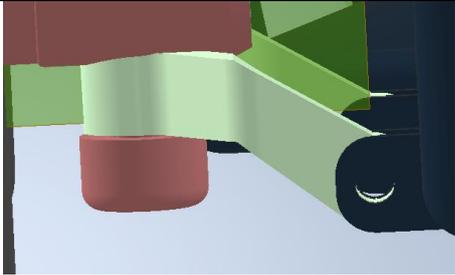
<b>Suspensión</b> <b>Variable</b>	<b>PONDERACION</b>	<b>Brazo transversal con mangueta acoplada</b>	<i>Calculo</i>	<b>Dos brazos transversales con mangueta acoplada</b>	<i>Calculo</i>
<b>Facilidad de montaje</b>	<b>25%</b>	4	1	4	1
<b>Costo</b>	<b>15%</b>	3	0.4 5	4	0.6
<b>Peso</b>	<b>20%</b>	3	0.6	4	0.8
<b>Espacio disponible</b>	<b>20%</b>	3	0.6	5	1
<b>Eficiencia estructural</b>	<b>20%</b>	3	0.6	4	0.8
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	<b>3.25</b>		<b>4.2</b>	

El sistema de dos brazos transversales con mangueta acoplada será el que se vaya a construir puesto que nos brinda la mayor facilidad de montaje y cumple con el espacio disponible en el vehículo.

En la tabla 18 se presentan los diferentes brazos de suspensión diseñados, tanto para la parte trasera como para la delantera.

Tabla 18. Diseño brazos inferiores y superiores del sistema de suspensión  
Fuente: Autores

<b>Paralelogramo Deformable</b>	<b>Imagen</b>
<b>Superior delantera</b>	 <p>Imagen 23. Representación de la suspensión delantera superior Fuente: Autores</p>

<p style="text-align: center;"><b>Inferior delantero</b></p>	 <p style="text-align: center;">Imagen 24. Representación de la suspensión delantera inferior Fuente: Autores</p>
<p style="text-align: center;"><b>Superior trasero</b></p>	 <p style="text-align: center;">Imagen 25. Representación de la suspensión trasera superior Fuente: Autores</p>
<p style="text-align: center;"><b>Inferior trasero</b></p>	 <p style="text-align: center;">Imagen 26. Representación de la suspensión trasera inferior Fuente: Autores</p>

### ***6.3.6.2 Selección del material para brazos de suspensión.***

Los brazos de suspensión en vehículos a escala suelen ser diseñados mediante materiales como: PLA que es un material de impresión 3D, metal y de madera.

Para seleccionar el material de estos elementos se debe de considerar las siguientes características:

- Facilidad de construcción variable 1.

- Peso variable 2.
- Acabado variable 3.
- Resistencia variable 4.
- Costo variable 5.

Donde cada variable indica lo siguiente:

- **Facilidad de construcción.** – Tiempo de construcción.
- **Peso.** - Medida en kilogramos (kg) del peso del amortiguador
- **Acabado.** - Cuando se finalice el trabajo sea algo parejo, sin grumos, que sea estético y agradable a la vista.
- **Resistencia.** - Que el material brinde las características de dureza y tenacidad para la fabricación.
- **Costo.** - El costo de producción en base al material y tiempo de impresión sea el adecuado.

Las variables presentadas anteriormente serán calificadas mediante ponderación en la siguiente tabla, en una escala de 1 a 5, donde 1= muy malo, 2= malo, 3= regular, 4=bueno y 5= muy bueno.

Tabla 19. Selección del material de brazos de suspensión.  
Fuente: Autores

Variable \ Material	PONDERACION	Impresión 3D (PLA)	Calculo	Madera	Calculo	Metal	Calculo
Resistencia al impacto	15%	4	0.6	5	0.75	4	0.6
Durabilidad	20%	5	1	4	0.8	5	1
Encogimiento	20%	5	1	4	0.8	5	1
Acabado	15%	4	0.6	2	0.3	1	0.15
Costo	30%	3	0.9	3	0.9	2	0.6
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>		<b>4.15</b>		<b>3.4</b>		<b>3.5</b>

La tabla 19 nos da a conocer que el material de impresión de los brazos de suspensión es el PLA, un material resistente, buen acabado y es un material degradable.

### **6.3.6.3 Selección de amortiguador**

Después de elegir el sistema de suspensión, se procede a escoger el amortiguador adecuado para un vehículo Mini Baja S.A.E., lo primero que se debe de tener en cuenta es el accionamiento del muelle, el mismo que será directo; es decir, el amortiguador en su parte inferior va encajado en la parte superior de la mangueta como se muestra en la imagen 27.



Imagen 27. Representación del sistema de suspensión sujeto en la mangueta

Fuente: Autores

Y la parte superior del amortiguador va encajada en el chasis como se muestra en la imagen 28.



Imagen 28. Representación del sistema de suspensión sujeto en el chasis

Fuente: Autores

Las cualidades de un amortiguador son:

- **Elasticidad.** - sirve para evitar golpes secos de las irregularidades del terreno.
- **Amortiguación.** - impide oscilaciones excesivas de la suspensión.

Para seleccionar un amortiguador primero se debe de conocer los tipos de amortiguadores utilizados en vehículos todo terreno, que son los que se enuncian en la tabla 20.

Tabla 20. Tipos de amortiguadores para vehículos todo terreno  
Fuente: Autores

<b>Amortiguador</b>	<b>Definición</b>
<b>Hidráulico</b>	<p>Su funcionamiento se basa en el paso de aceite (medio amortiguador) por una serie de agujeros de una cámara a otra.</p> <p>Este amortiguador se une por un extremo al bastidor y por el otro al eje de la rueda.</p>
<b>Neumático</b>	<p>Su funcionamiento se basa en el paso de gas que además de amortiguar también trabaja como resorte elástico, por ello que estos amortiguadores vuelven a su posición normal cuando se deja de actuar sobre ellos.</p>

Los amortiguadores neumáticos son los más utilizados en vehículos a control remoto por las prestaciones que brindan, estos amortiguadores se pueden construir de diferentes materiales, que son: artesanalmente de jeringas con resorte, impresión 3D con resorte y metal con resorte.

Las características a tener en cuenta para elegir el material de impresión son:

- Facilidad de construcción variable 1.
- Peso variable 2.
- Acabado variable 3.
- Resistencia variable 4.
- Costo variable 5.

Donde cada variable indica lo siguiente:

- **Facilidad de construcción.** – Tiempo de construcción.
- **Peso.** - Medida en kilogramos (kg) del peso del amortiguador

- **Acabado.** - Cuando se finalice el trabajo sea algo parejo, sin grumos, que sea estético y agradable a la vista.
- **Resistencia.** - Que el material brinde las características de dureza y tenacidad para la fabricación.
- **Costo.** - El costo de producción en base al material y tiempo de impresión sea el adecuado.

Las variables presentadas anteriormente serán calificadas mediante ponderación en la siguiente tabla, en una escala de 1 a 5, donde 1= muy malo, 2= malo, 3= regular, 4=bueno y 5= muy bueno.

Tabla 21. Calificación de amortiguador.  
Fuente: Autores

<b>Material</b> <b>Variable</b>	<b>PONDERACION</b>	<b>Jeringas con resorte</b>	<i>Calculo</i>	<b>Impresión 3D (PLA) con resorte</b>	<i>Calculo</i>	<b>Metal con resorte</b>	<i>Calculo</i>
<b>Facilidad de construcción</b>	<b>25%</b>	4	1	4	1	2	0.5
<b>Peso</b>	<b>15%</b>	4	0.6	4	0.6	3	0.45
<b>Acabado</b>	<b>20%</b>	1	0.2	4	0.8	3	0.6
<b>Resistencia</b>	<b>20%</b>	2	0.4	4	0.8	4	0.8
<b>Costo</b>	<b>20%</b>	5	1	4	0.8	2	0.4
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	<b>3.2</b>		<b>4</b>		<b>2.75</b>	

Los amortiguadores serán fabricados mediante impresión 3D, el material es PLA con resortes, los mismos cuentan con la calificación más alta en cada una de las diferentes variables.

A continuación, se presenta la imagen 29, que es el sistema de suspensión del vehículo.



Imagen 29. Representación del sistema de suspensión  
Fuente: Autores

Vea del anexo 13 al 21 para poder obtener las medidas de las piezas ya modeladas.

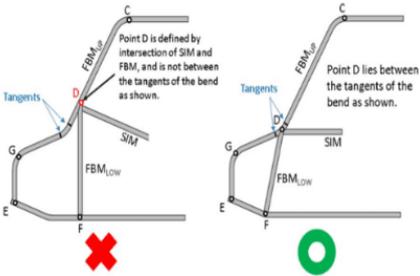
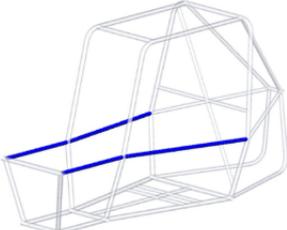
### 6.3.7 Chasis

Para comenzar a realizar el chasis se debe de tener en cuenta todos los sistemas anteriores y se toma también en cuenta el reglamento de la BAJA S.A.E, donde hace referencia al chasis o carrocería para poder aplicarlo de la misma forma en el diseño del vehículo.

#### ***6.3.7.1 Reglamento según Baja Rules 2020 de la carrocería***

En la tabla 22, se representa lo fundamental y más resumido de lo que compone para la elaboración del chasis del vehículo, los mismos serán utilizados para tener una idea de donde partir para diseñar al mismo.

Tabla 22. Resumen del reglamento en base a la carrocería del Mini Baja Sea.  
Fuente: Autores

<p><b>Jaula Antivuelco:</b></p> <p>El reglamento de Competencia Mini Baja SAE 2020 indica que la jaula debe de ser hecha acero tubular donde las uniones deben de ser soldadas completamente no debe de haber modificaciones en la misma, que no se presenten rupturas o torceduras en el acero y que cada punto coincida en una unión o dobles y que no esté separada como indica la imagen 18.</p>	 <p>Imagen 30. Representación de uniones en el chasis</p> <p>Fuente: (BAJA RULES 2020, 2020)</p>
<p><b>Miembros principales:</b></p> <p>Los miembros requeridos de la jaula antivuelco se ilustran en la imagen 19.</p> <p>La rigidez y la resistencia a la flexión deben calcularse sobre un eje neutro que proporcione los valores mínimos.</p>	 <p>Imagen 31. Jaula antivuelco, miembros primarios (reellenos de negro), marco con refuerzo frontal</p> <p>Fuente: (BAJA RULES 2020, 2020)</p>
<p><b>Miembros laterales de impacto:</b></p> <p>Se encuentran dentro de la jaula antivuelco, estos miembros deben de estar entre 203 mm (8 in) y 356 mm (14 in) (escala 1:12 esta entre 16.91 mm y 29.66 mm), va ubicado entre el roll hoop y la parte superior de la “nariz” de la jaula antivuelco.</p>	 <p>Imagen 32. Jaula antivuelco, Miembros laterales de impacto</p> <p>Fuente: (BAJA RULES 2020, 2020)</p>

### 6.3.7.2 *Material para elaboración de chasis*

Existe una gran gama de materiales para la impresión 3D, pero solo muy pocos de estos son resistentes o tienen cualidades que faciliten el trabajo que se va a realizar con el producto final. Los materiales planteados son:

- Nylon
- ABS (acrilonitrilo butadieno estireno)
- PLA
- PLA+

Las características a tener en cuenta serán las siguientes:

- Resistencia al impacto variable 1.
- Durabilidad variable 2.
- Encogimiento variable 3.
- Acabado variable 4.
- Resistencia a procesos industriales variable 5.
- Costo variable 6.

Donde cada variable indica lo siguiente:

- **Resistencia al impacto:** En caso de choque o caída resista el impacto sin llegar a producir una ruptura.
- **Durabilidad:** Que su envejecimiento sea paulatino y no de manera brusca.
- **Encogimiento:** Que el material en diferentes condiciones como temperatura o humedad no se deforme.
- **Acabado:** Cuando se finalice el trabajo de impresión sea algo parejo sin grumos.
- **Resistencia a procesos industriales:** Que se le pueda perforar, ligar, cortar entre otros.
- **Costo:** El costo de producción en base al material y tiempo de impresión sea el adecuado.

Las variables presentadas anteriormente serán calificadas mediante ponderación en la siguiente tabla, en una escala de 1 a 5, donde 1= muy malo, 2= malo, 3= regular, 4=bueno y 5= muy bueno.

Tabla 23. Calificación para la selección del material de impresión para el chasis  
Fuente: Autores.

<b>Material</b>	<b>PONDERACION</b>	<b>ABS</b>	<b>Calculo</b>	<b>NYLON</b>	<b>Calculo</b>	<b>PLA</b>	<b>Calculo</b>	<b>PLA+</b>	<b>Calculo</b>
<b>Variables</b>									
<b>R. al Impacto</b>	<b>25%</b>	4	1	3	0,75	4	1	5	1,25
<b>Durabilidad</b>	<b>25%</b>	4	1	3	0,75	4,5	1,13	5	1,25
<b>Encogimiento</b>	<b>5%</b>	2	0,1	2	0,1	1	0,05	5	0,25
<b>Acabado</b>	<b>15%</b>	2	0,3	3	0,45	4	0,6	4,5	0,68
<b>R. a procesos industriales</b>	<b>20%</b>	2	0,4	3	0,6	3	0,6	5	1
<b>Costo</b>	<b>10%</b>	4	0,4	4	0,4	3	0,3	3	0,3
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	<b>3,2</b>		<b>3,05</b>		<b>3,675</b>		<b>4,725</b>	

En la Tabla 23, se observa el análisis para poder obtener el material adecuado para la fabricación del chasis o carrocería para el vehículo, donde el material adecuado es el PLA+ ya que tiene mejores prestaciones para el trabajo y esfuerzo que va ser sometido uno de ellos los procesos industriales tales como lijar, taladrar etc.

### 6.3.7.3 Modelado del vehículo

El mejor diseño de carrocería que encaja con los diferentes sistemas del vehículo y presenta una resistencia estructural óptima ya que cuenta con formaciones de triángulos en puntos estratégicos para una mayor rigidez es el que se indica en la imagen 33.

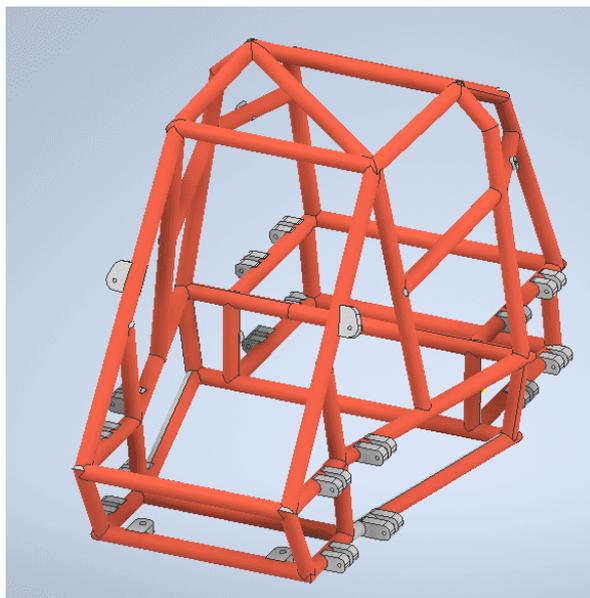


Imagen 33. Jaula antivuelco para vehículo tipo baja S.A.

Fuente: Autores

Vea del anexo 22 para poder obtener las medidas de las piezas ya modeladas.

### 6.3.8 Diseño del circuito para el vehículo a escala

Para poder desarrollar la placa tanto del vehículo como para el mando se pensó en un lugar donde existirá el espacio requerido para poder instalarlo sin dañar la estética del vehículo y así poder acoplarnos a las medidas que se tienen, la forma más factible de desarrollar el proyecto es mediante Arduino ya que existen varios artículos donde indican como desarrollar este tipo de proyectos donde los materiales son mínimos para efectuarlo. Los materiales a utilizar son:

1. 2 Arduino nano
2. Dos Joystick
3. Un receptor de señal
4. Un emisor de señal
5. Un puente H
6. Un switch de 4 canales
7. 2 reguladores 7805

8. 3 baterías
9. Borneras
10. Interruptores.

Una vez realizado se procede a realizar dicho circuito para este caso se usó el programa Eagle el cual nos facilitó a desarrollar el mismo la imagen que se muestra a continuación corresponde al circuito del receptor el que va instalado en el vehículo.

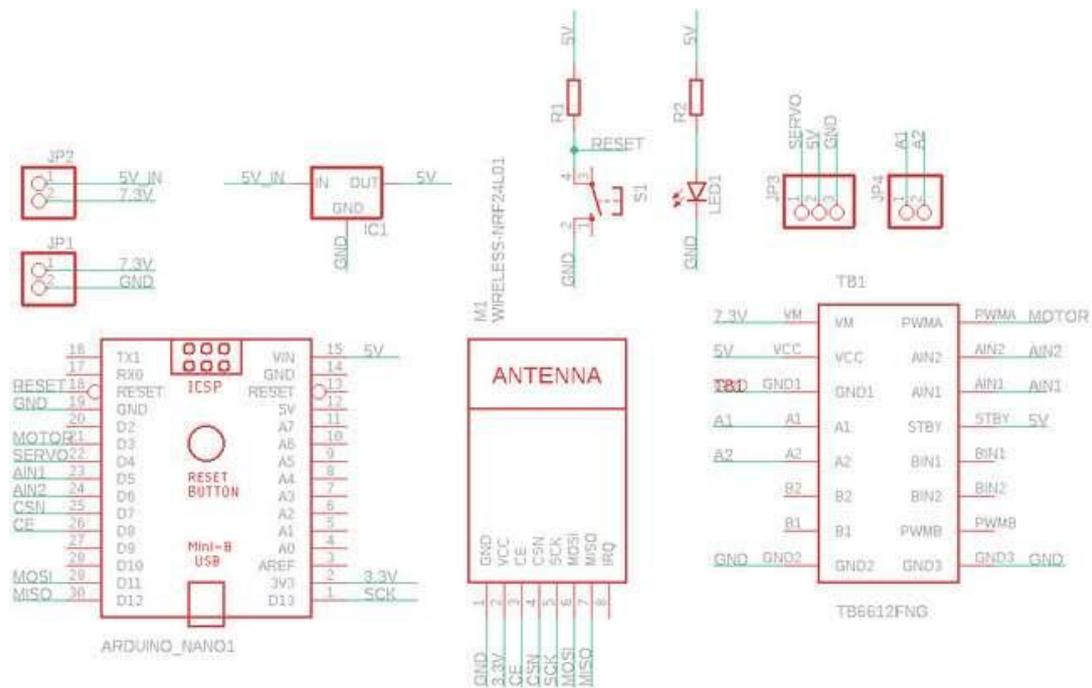


Imagen 34. Esquema del circuito receptor  
Fuente: Autores

Para el circuito del transmisor se tomó unas consideraciones en agregarle un switch para que el vehículo tenga algunas cualidades tales como:

1. Si se enciende el primer interruptor solo funcionarán las ruedas delanteras, haciéndolo de tracción delantera.
2. Si se enciende el tercer interruptor y se apaga el primero, solo funcionarán las ruedas traseras, haciéndolo tracción trasera.
3. Si se enciende el segundo interruptor y el primero y segundo se encuentran apagados el vehículo funcionará con tracción a las 4 ruedas, siendo así 4x4.

El circuito del transmisor se adjunta en la siguiente imagen

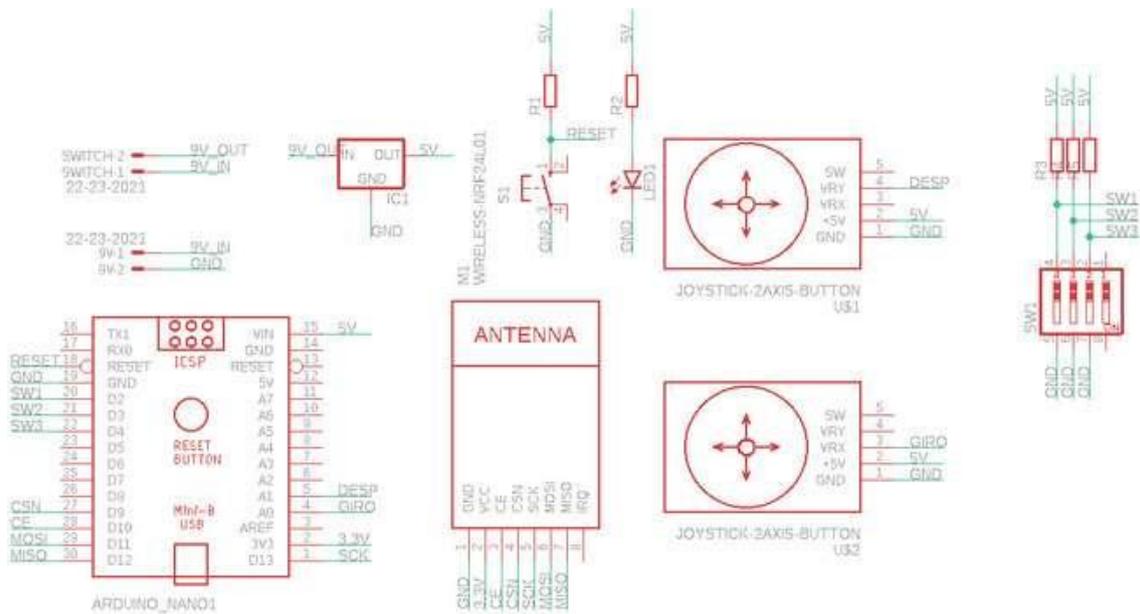


Imagen 35. Esquema del circuito Transmisor.  
Fuente: Autores

La programación del Arduino se podrá observar en el Anexo 23 y 24

### 6.3.9 Diseño porta baterías y placa

Para el diseño del mando se optó completamente realizarlo en impresión 3d puesto que todas las partes anteriormente explicadas son hechas en el mismo material, de esta forma lo que se va a poner en práctica es la selección del material de impresión.

PLA

PLA+

Las características a tener en cuenta serán las siguientes:

- Resistencia al impacto variable 1.
- Durabilidad variable 2.
- Encogimiento variable 3.
- Acabado variable 4.

- Resistencia a procesos industriales variable 5.
- Costo variable 6.

Donde cada variable indica lo siguiente:

- **Resistencia al impacto:** En caso de choque o caída resista el impacto sin llegar a producir una ruptura.
- **Durabilidad:** Que su envejecimiento sea paulatino y no de manera brusca.
- **Encogimiento:** Que el material en diferentes condiciones como temperatura o humedad no se deforme.
- **Acabado:** Cuando se finalice el trabajo de impresión sea algo parejo sin grumos.
- **Resistencia a procesos industriales:** Que se le pueda perforar, lijar, cortar entre otros.
- **Costo:** El costo de producción en base al material y tiempo de impresión sea el adecuado.

Las variables presentadas anteriormente serán calificadas mediante ponderación en la siguiente tabla, en una escala de 1 a 5, donde 1= muy malo, 2= malo, 3= regular, 4=bueno y 5= muy bueno.

Tabla 24. Calificación para la selección del material de impresión de porta baterías y placa.  
Fuente: Autores

<b>Material</b> <b>Variables</b>	<b>PONDERACION</b>	<b>PLA</b>	<b>Calculo</b>	<b>PLA+</b>	<b>Calculo</b>
<b>R. al Impacto</b>	25%	4.5	1.19	5	1,25
<b>Durabilidad</b>	25%	4.75	1,19	5	1,25
<b>Encogimiento</b>	5%	5	0,25	5	0,25
<b>Acabado</b>	15%	5	0,75	5	0,75
<b>R. a procesos industriales</b>	20%	5	1	5	1
<b>Costo</b>	10%	5	0,5	2	0,2
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	<b>4.88</b>		<b>4.7</b>	

En la Tabla 24, se observa el análisis para poder obtener el material adecuado para la fabricación de la porta palca y baterías para el vehículo, donde el material adecuado es el PLA ya que tiene las mismas cualidades del PLA PLUS con la diferencia que es más económico y también soporta el esfuerzo que va ser sometido uno de ellos los procesos industriales tales como lijar, taladrar etc.

En la imagen 36 se presenta la caja porta baterías, que va ubicada en el centro del vehículo en forma de asiento.

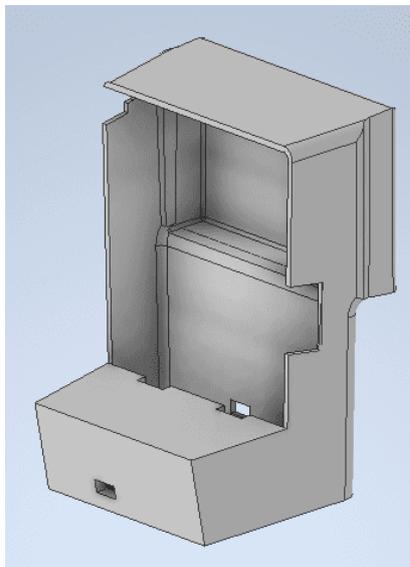


Imagen 36. Caja porta baterías y placa

Fuente: Autores

Vea del anexo 25 al 26 para poder obtener las medidas de las piezas ya modeladas.

#### 6.3.10 **Diseño del Mando**

El diseño del mando se lo hizo de acorde a como se deseaba la placa del transmisor para ello se tuvo que realizar un dibujo del circuito en el programa para de ahí partir y poder diseñar el mando del vehículo.

En la imagen 37 se indica el circuito transmisor prediseñado.

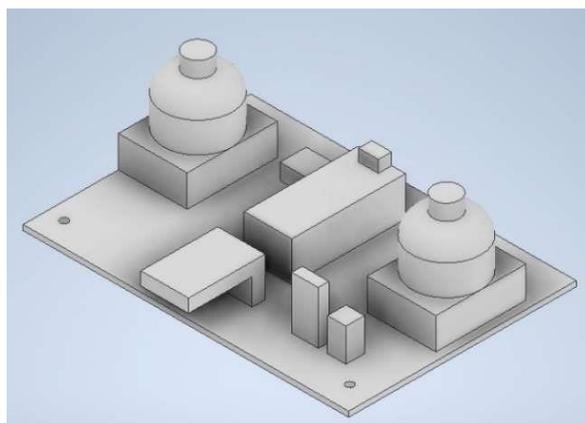


Imagen 37. Pre diseño del circuito transmisor

Fuente: Autores

Ya con el circuito diseñado se procedió a modelar el mando, en donde se lo trato de hacer lo más ergonómico posible y que sea de uso fácil además de familiar con otros controles existentes en el mercado. El material de impresión para este fue el PLA PLUS ya que brinda mejores cualidades y tiene una mejor resistencia puesto que el mismo puede estar sometido a caídas o golpes más frecuentes por lo que llega a ser el ideal para este elemento.

El mando diseñado se observa en la imagen 38.



Imagen 38. Diseño del mando

Fuente: Autores

Vea del anexo 27 al 28 para poder obtener las medidas de las piezas ya modelas.

## 6.4 Cálculos correspondientes al diseño del vehículo

Los cálculos a continuación mostrados nos ayudarán a tener una mejor idea del rendimiento que tendrá el vehículo.

### 6.4.1 Resistencia a la rodadura.

$$R_r = f_r \times P \quad (5)$$

Donde:

$f_r$  = coeficiente de fricción.

P = peso total del vehículo (Kg).

**Cálculo:**

Se toma el coeficiente de fricción dependiendo del tipo de suelo, en este caso será arena suelta seca o grava y arena húmeda, que tiene un coeficiente de 0.3.

El peso del vehículo total es de 2.2 lb, que es igual a 9.78 N.

$$R_r = 0.3 \times 9.78 \text{ N}$$

$$R_r = 2.934 \text{ N.}$$

### 6.4.2 Resistencia a la pendiente.

$$R_p = P \times \text{sen}(\alpha) \quad (6)$$

Donde:

P = peso total del vehículo (Kg).

$\alpha$  = ángulo de pendiente (grados).

**Cálculo:**

Se toma el ángulo a considerar en pendiente, que es de 45 grados y el peso del vehículo es de 9.78 N.

$$R_p = 9.78 N \times \text{sen}(45)$$

$$R_p = 6.91 N.$$

#### 6.4.3 Resistencia total.

$$R_T = R_r + R_p + R_a \quad (7)$$

##### Cálculo:

Se toma los resultados de cada una de las resistencias antes nombradas que son la resistencia a la rodadura y resistencia a la pendiente y a este se le suma la resistencia a la aceleración, donde esta última va a ser 0.

$$R_T = R_r + R_p + R_a$$

$$R_T = 2.934 N + 6.91 N + 0$$

$$R_T = 9.844 N.$$

##### 6.4.3.1 Par resistente en la rueda

$$R_T = \frac{C_r}{r} \quad (8)$$

Donde:

r= radio del neumático (cm).

##### Cálculo:

Primero realizamos el cálculo de las ruedas delanteras, donde el radio es la mitad del diámetro total del neumático; es decir, como el diámetro es 5.5 cm, el radio es de 2.75 cm:

$$R_T = \frac{C_r}{r}$$

$$9.844 N = \frac{C_r}{0.0221 m}$$

$$C_r = 9.844 \text{ N} \times 0.0275 \text{ m}$$

$$C_r = 0.27071 \text{ Nm}$$

#### 6.4.4 Relación de Engranés

**Engrane del motor:** 8 Dientes

**Primer engrane compuesto:** 31 y 13 dientes

**Segundo engrane Compuesto:** 36 y 9 dientes

**Engrane del eje:** 34 dientes

**Rpm máximos:** 7000rpm

$$Z1 \times N1 = Z2 \times N2 \quad (9)$$

Donde Z1 es # de dientes del engrane motriz

Donde Z2 es # de dientes del engrane conducido

Donde N1 son las Rpm iniciales

Donde N2 es son las Rpm finales

##### 1. Primera relación

$$Z1 \times N1 = Z2 \times N2$$

$$N2 = \frac{8 * 7000}{31}$$

$$N2 = 1806.45 \text{ RPM}$$

##### 2. Segunda Relación

$$Z1 \times N1 = Z2 \times N2$$

$$N2 = \frac{13 * 1806.45}{36}$$

$$N2 = 652.3297 \text{ RPM}$$

##### 3. Tercera Relación

$$Z1 \times N1 = Z2 \times N2$$

78

$$N2 = \frac{9 * 279.56}{34}$$

$$N2 = 172.6755 \text{ RPM}$$

Ahora se procede a transformar las revoluciones por minuto en m/s para ver cuál es la velocidad del vehículo con los motores instalados, para ello se utiliza una simple regla de tres donde:

$$1 \text{ revolución} = 2\pi \text{ radián}$$

$$1 \text{ minuto} = 60 \text{ segundos}$$

Se considera que va a funcionar a 23040 RPM (máximas RPM) y el diámetro del engrane que trasmite el movimiento en el eje es de 0.029 m.; entonces el primer paso es transformar a una velocidad angular, dando como resultado:

$$172.6755 \text{ RPM} * \frac{2\pi \text{ rad}}{60 \text{ segundos}} = \text{Velocidad angular} \quad (12)$$

$$\text{Velocidad angular} = 18.082 \text{ rad/s}$$

Ahora se procede a multiplicar la velocidad angular por el radio del elemento para obtener una velocidad lineal.

$$V = 18.082 \text{ rad/s} * 0.029 \quad (13)$$

$$V = 0.5243 \frac{m}{s} \text{ ó } 1.8877 \frac{km}{h}$$

## 6.5 Simulaciones del modelado

A continuación, se realizará análisis de del sistema de suspensión con el programa de Adams Car y para el análisis del chasis y dirección se usará el programa de inventor para hacer un análisis estático del vehículo.

### 6.5.1 Análisis sistema de dirección

El cambio de dirección se produce sin que exista deslizamiento de las ruedas sobre el suelo en el eje delantero ya que el neumático interno gira más que el externo los ángulos obtenidos son los siguientes:

Rueda Interna:  $35.19^\circ$ .

Rueda Externa:  $27.41^\circ$ .

Longitud entre ejes o batalla: 0.11595m o 11.595 (cm).

Para poder obtener estas medidas se utilizó el programa de AutoCAD, ya que representa de mejor manera las vistas del vehículo, la vista usada es la inferior para poder tener una mejor apreciación de los ejes así mismo para poder obtener la cota real de la distancia de batalla además de los ángulos de inclinación de las ruedas delanteras. En la imagen 39 y la imagen 40 se observan las medidas anteriormente mencionadas

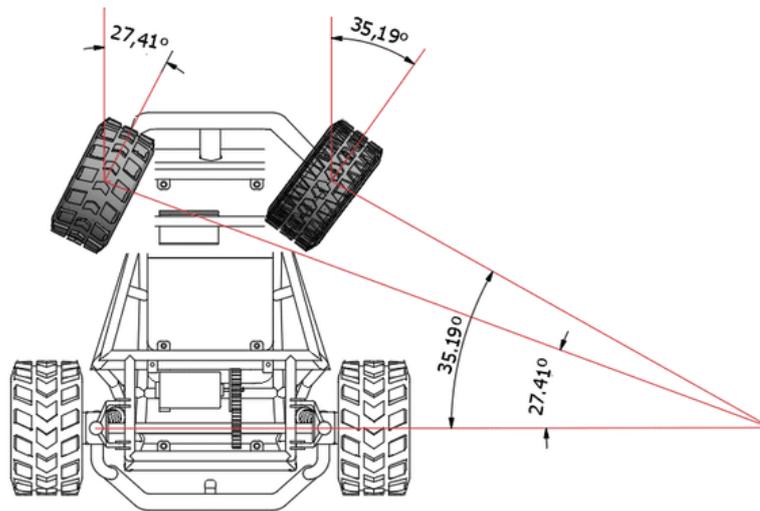


Imagen 39. Representación de la toma de ángulos

Fuente: Autores

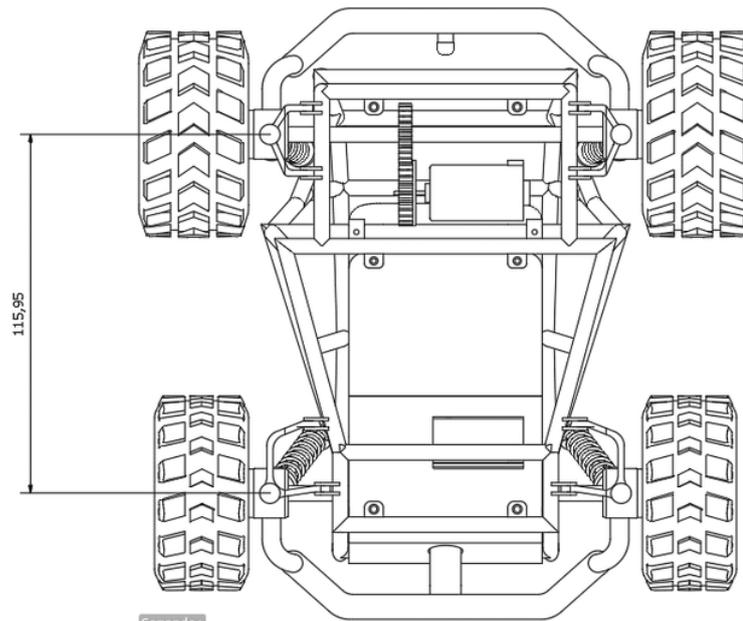


Imagen 40. Representación de la toma de medida de la batalla en mm

Fuente: Autores

Según Ackermann se tendrá una relación 100% de Ackermann cuando las prolongaciones de del centro de la magüeta delantera lleguen a interceptar justo en el centro del eje trasero como se indica en la imagen 41, teóricamente cuando la rueda interior gira más que la exterior como se mostró en la imagen 39, la cual hace relación a los ángulos obtenidos.

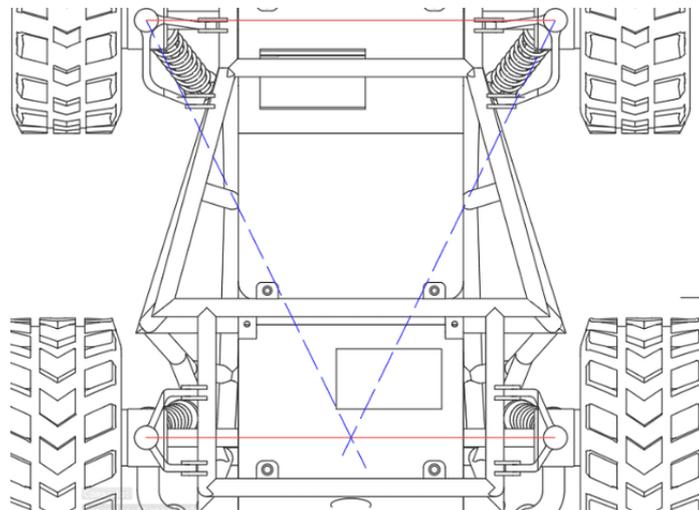


Imagen 41. Comprobación de Ackerman gráficamente

Fuente: Autores

## 6.5.2 Análisis del sistema de suspensión

Se usará la página “vsusp”, para poder encontrar los diferentes parámetros del vehículo

- Angulo Camber delantero izquierdo

Una vez expuestas las medidas correspondientes en dicha página web que es gratuita se puede obtener un valor de:  $2.475^\circ$ , como se muestra en la imagen 42.

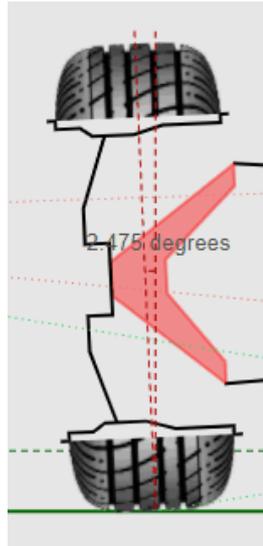


Imagen 42. Camber delantero izquierdo

Fuente: Autores

- Angulo Camber delantero derecho

De la misma forma anterior se establece las medidas del neumático se puede obtener un valor de:  $1.591^\circ$ , como se muestra en la imagen 43.



Imagen 43. Camber delantero derecho

Fuente: Autores

Los ángulos son positivos para que al momento de maniobrar la dirección sea mucho más fácil, ya que será un terreno con varias irregularidades por lo que se recomienda usar este tipo de ángulo ya que se tendrá un mejor desempeño.

Results		
Right tire camber	1.591	degrees
Left tire camber	2.475	degrees

Imagen 44. Medidas obtenidas con la página web

Fuente: Autores

- Cálculos parámetros de diseño de suspensión

General con una aproximación de brazos, superior e inferior de 1, se logra que los centros de rodillo estén quietos sin ninguna variación de Camber importante

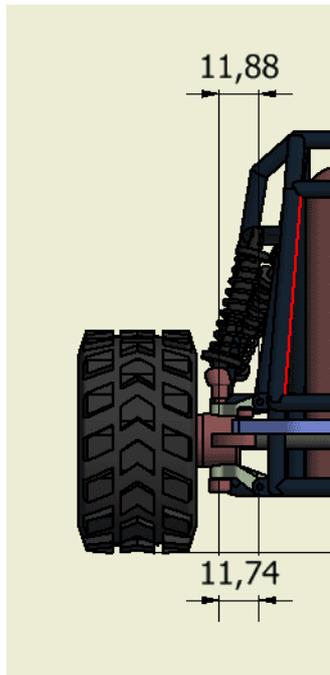


Imagen 45. Medidas de los brazos de suspensión

Fuente: Autores

Distancia brazo superior 11.88 mm.

Distancia brazo inferior 11.57 mm.

$$\frac{RT}{RS} = \frac{11.88}{11.57} = 1.0008643 \text{ mm.} \quad (14)$$

Con este resultado damos una confianza que la suspensión se mantendrá fija y sin muchas vibraciones.

### 6.5.2.1 *Análisis en ADAMS CAR*

Para poder realizar el análisis de la suspensión se debe de tomar en cuenta el resorte a utilizar y la longitud del eje interior con referencia a lo que puede contraer y expender según la necesidad en este caso al ser un vehículo a escala está diseñado para que sea de 1.45cm de recorrido en las 4 ruedas del mismo. El programa a utilizar es Adams Car ya que se puede exportar el diseño a dicho programa y hacer el análisis en el mismo vehículo como se muestra en la imagen 46.

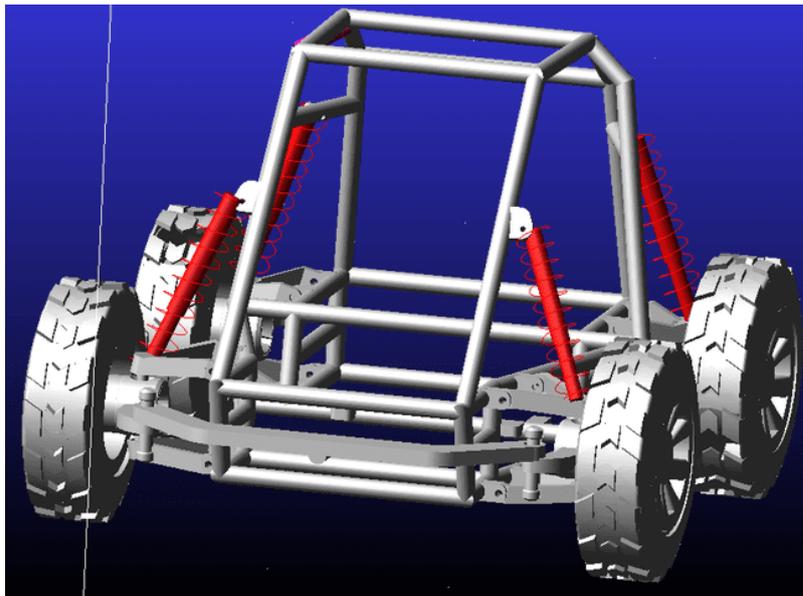


Imagen 46. Vehículo exportado a Adams Car

Fuente: Autores

Luego de establecer los puntos fijos, móviles y de rotación se hace un check, de los parámetros aplicados para poder correr la simulación y obtener los datos pertinentes como se muestra en la imagen 47.

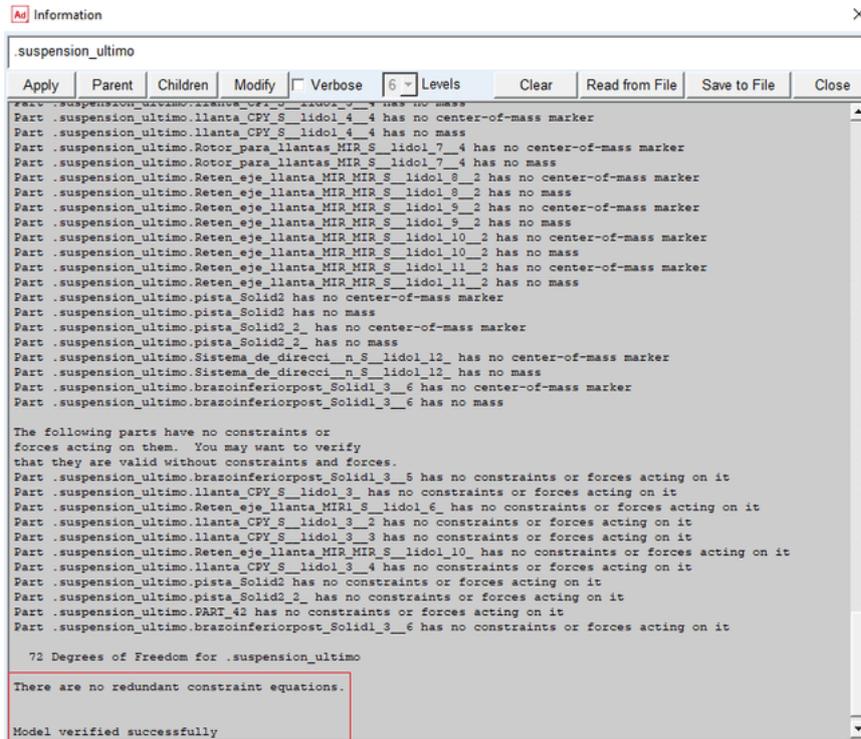


Imagen 47. Revisión de parámetros para simulación

Fuente: Autores

Ahora se pone a correr la simulación donde se verá una comparativa del antes y después de la funcionalidad del sistema de suspensión

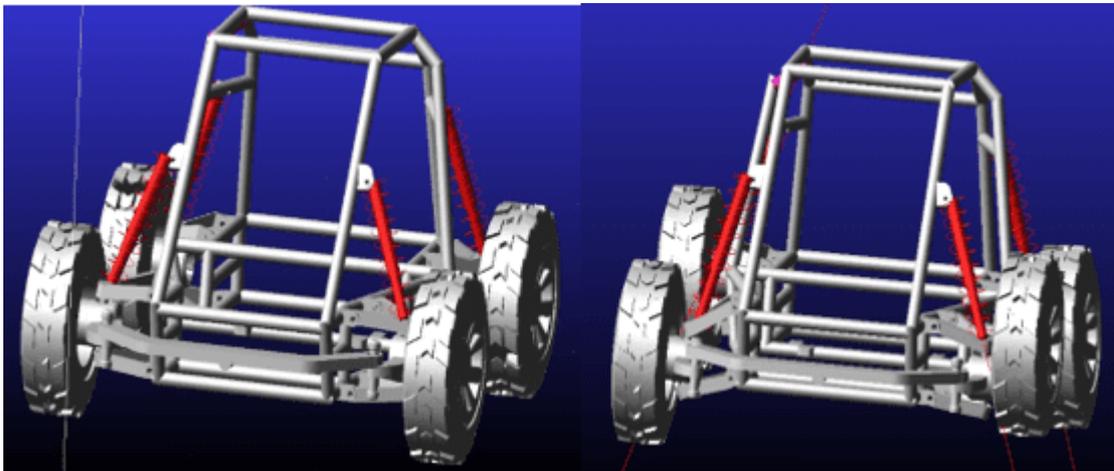


Imagen 48. Comparación del sistema simulado

Fuente: Autores

Como se observa en la imagen 48 se nota claramente cómo trabaja la suspensión en las 4 ruedas de forma semi-rígido ya que un lado compensa al otro para dar una mejor estabilidad al sistema. Luego se procedió a sacar la gráfica correspondiente de dicho sistema para ver hasta dónde llega el recorrido de la misma en las 4 ruedas como se indica en la imagen 49.

Fuente: Autores

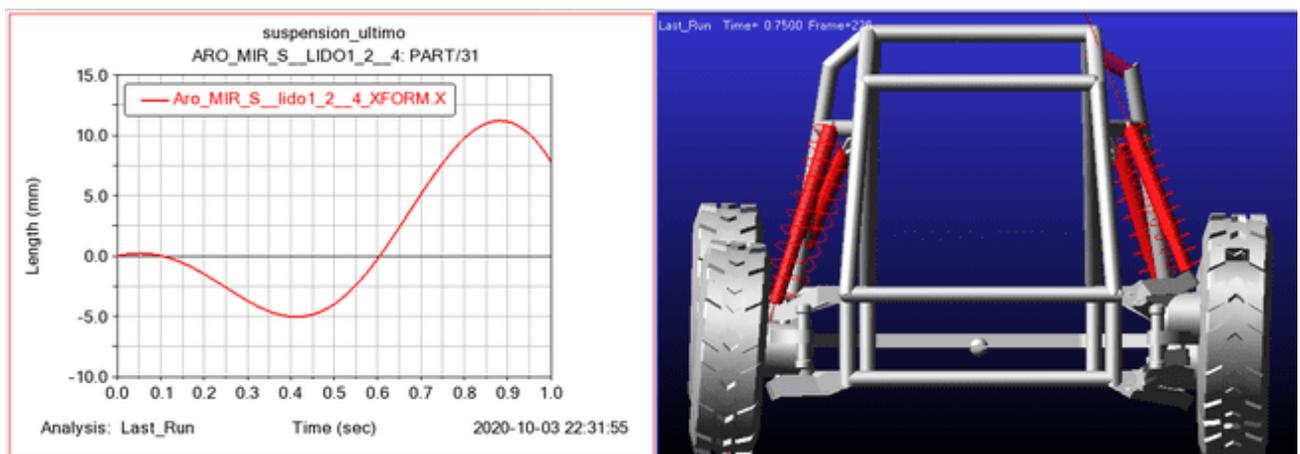


Imagen 49. Funcionamiento de la suspensión para el vehículo tipo baja S.A.E

En la imagen 49 se observa que el recorrido llega a ser de 1.25cm aproximadamente por lo que la suspensión trabaja dentro de lo planificado anteriormente en el modelado, el sistema es eficiente para ser armado y el lugar donde está ubicado no interfiere para nada en su desempeño.

### 6.5.3 Análisis del Chasis del vehículo

El diseño del chasis debe basarse en algunos factores básicos, entre estos se encuentran:

- Resistencia Estructural
- Fácil acople de los complementos
- Peso en tara

#### 6.5.3.1 Simulación de impacto frontal

Para poder desarrollar este análisis, se debe de realizar una serie de cálculos para encontrar una fuerza final de impacto la misma que servirá para su respectiva simulación, donde se obtienen los siguientes datos del vehículo. Para ello se va a utilizar motores que tengan un máximo de 18000 rpm que se usan comúnmente para este tipo de vehículo, el impacto será simulado con los dos motores que funcionen con una velocidad de 0.5243 m/s

- Masa = 1Kg
- Velocidad = 0.5243 m/s
- Distancia antes del impacto = 0.25m

La fórmula utilizada es:

$$F = \frac{0.5 * m * V^2}{d} \quad (15)$$

Donde:

- m = Masa
- V = Velocidad del objeto
- d = Distancia

Se reemplazan los valores en la fórmula, se plantea una fuerza de impacto de 137.4452N para el vehículo a escala.

Ahora se procede a realizar su respectiva simulación donde se usará el programa de Inventor por motivo de licencias de software, el primer paso es definir el material en este caso la estructura va ser realiza en un material denominado plástico ABS, puesto que va ser realizada en impresión 3D, como se mostraba en el punto 2.3.7.

Posterior a eso se señala los puntos fijos de la carrocería conjuntamente con la fuerza anteriormente calculada como se muestra en la imagen 50.

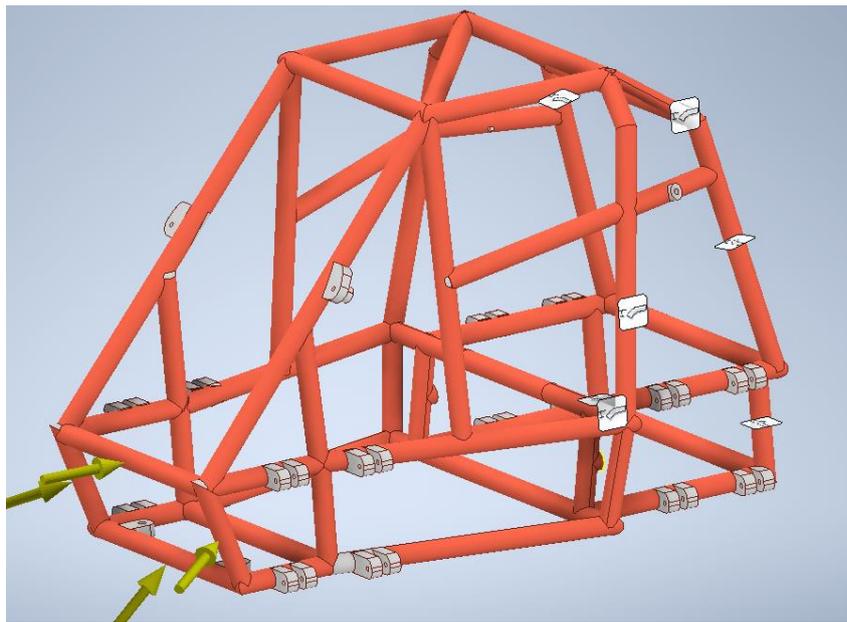


Imagen 50. Representación de fuerzas y puntos fijos en el chasis

Fuente: Autores

Posterior a eso se procede a iniciar la simulación, en donde el programa trabaja con una serie de algoritmos que utiliza las fórmulas de tensión de Von Mises, ya se estas fórmulas analizan a la estructura, en los tres ejes como si estuviera en la vida real, se demuestra un aproximado por no decirlo real a lo que está sujeta a sufrir la estructura en dichas situaciones. Por lo que se obtiene lo siguiente

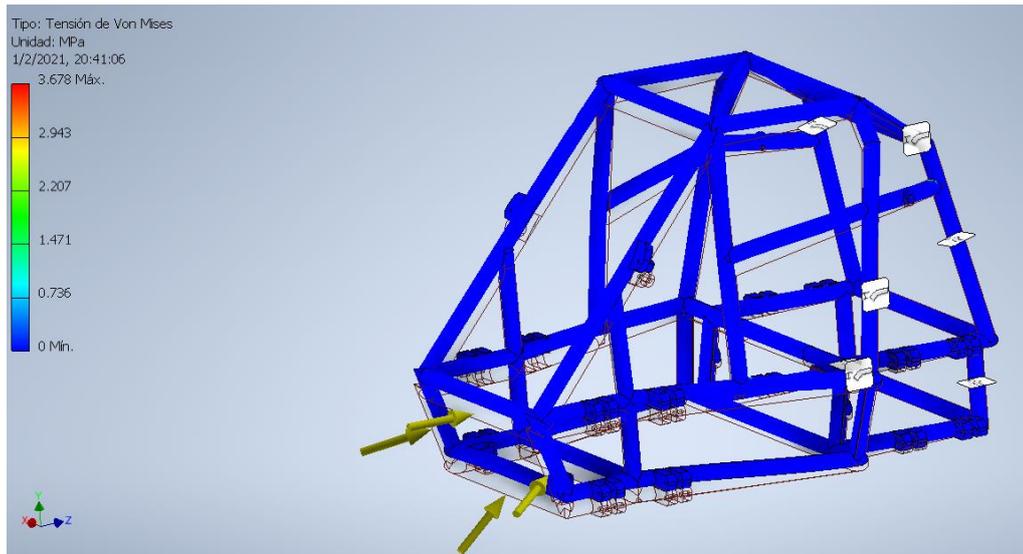


Imagen 51. Representación de análisis Von Mises choque frontal

Fuente: Autores

Con la escala RGB que se presenta al costado derecho del chasis se puede observar lo mínimo y máximo en tensiones a sufrir la carrocería siendo 3.678MPa lo máximo, pero con lo que se observa en la imagen 51, se concluye que la estructura en el material seleccionado resistirá de forma perfecta sin presentar inconvenientes. Las líneas que se presenta de la estructura llegan a ser el desplazamiento.

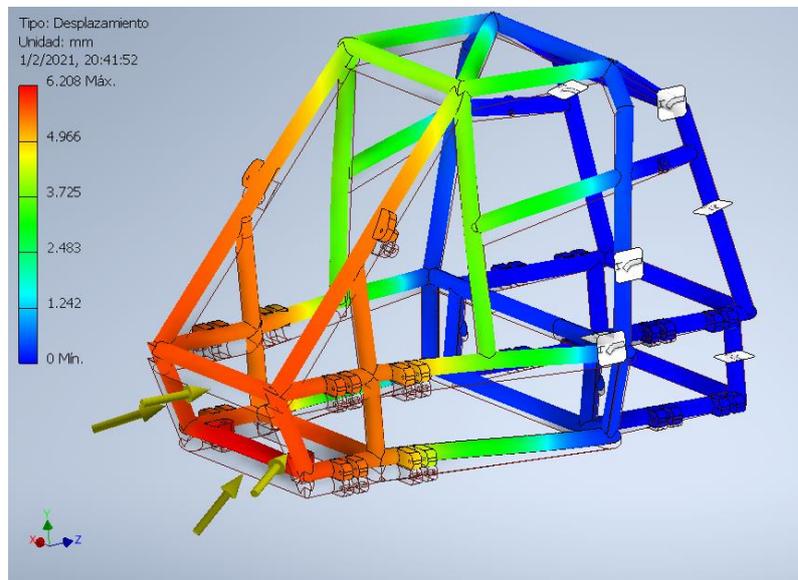


Imagen 52. Representación del desplazamiento choque frontal

Fuente: Autores

En la imagen 52 se observa el desplazamiento en el chasis al efectuarse el impacto frontal, donde en la escala RGB, se puede observar que lo máximo a deformarse es 6.208mm y se llega a dar en la parte central del vehículo, afectando hasta la zona central del mismo, si se aplica otra fuerza de una magnitud más elevada la deformación será de mayor consideración por lo que llegará a romperse la estructura. La resistencia extra que tiene el chasis se da gracias a las estructuras en triángulo que existen en el mismo.

### 6.5.3.2 Simulación de impacto lateral

- Masa = 1 K
- Altura = 0.5 m
- Gravedad = 9.81 m/s<sup>2</sup>

Para calcular la velocidad se emplea la siguiente fórmula:

$$V = \sqrt{2gh} \quad (16)$$

Donde:

- g = Gravedad
- h = Altura

Luego de reemplazar las variables, se obtiene:

$$V = \sqrt{2(9.81\text{m/s}^2)(0.5\text{ m})}$$

$$V = 3.1320\text{ m/s}$$

Para calcular la fuerza del impacto la fórmula empleada es:

$$Ec = \frac{1}{2} * m * v^2 \quad (17)$$

Se sustituyen los valores en la ecuación y se obtiene una fuerza de 54.44J que equivale a 54.44N para los cálculos en las simulaciones. Donde se usará el chasis ya diseñado para realizar sus respectivas simulaciones.

Como ya se tiene definido el material, se procede a realizar la simulación y se ubican las fuerzas a un costado del vehículo, como se indica en la imagen 53, los puntos fijos se mantienen lo que cambia de ubicación son las fuerzas.

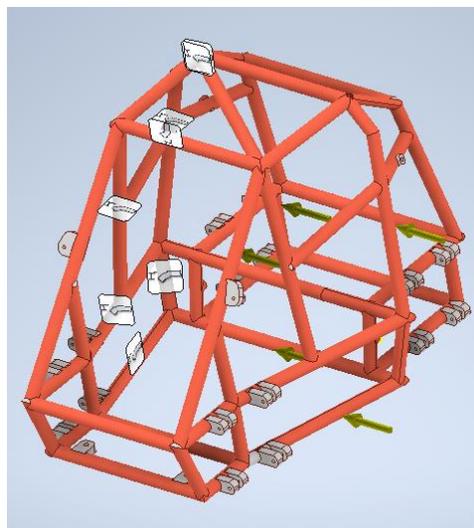


Imagen 53. Preparación para la simulación impacto lateral

Fuente: Autores

El análisis de Von Mises que se muestra en la imagen 54, indica que la tensión máxima es de 17.54MPa según la escala RGB, pero a lo máximo que llega en el chasis es alrededor de 0 ya que cuenta con una buena estructuración y formación de triángulos. Pero la tensión máxima se llega a dar en las uniones que existen en la estructura.

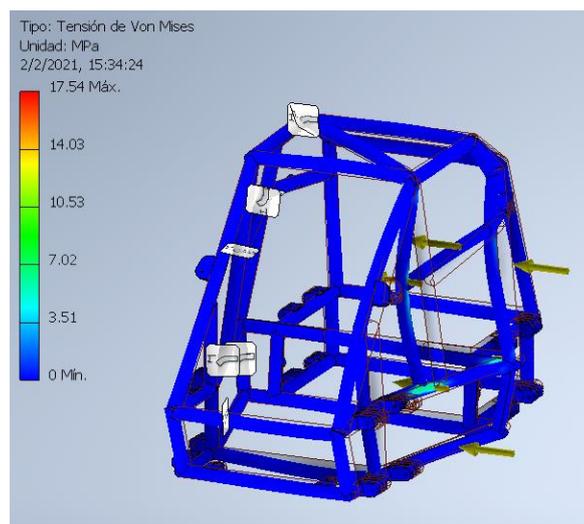


Imagen 54. Representación análisis Von Mises impacto lateral

Fuente: Autores

En la imagen 55, se muestra el desplazamiento que tiene el chasis en donde la escala RGB indica que el desplazamiento máximo es de 4.433 mm el mismo se da en la parte central igual de análisis de tensiones, esto se da ya que no existe una barra paralela en ese tramo que ayude a reforzar el chasis. Pero de igual forma el chasis sigue siendo funcional.

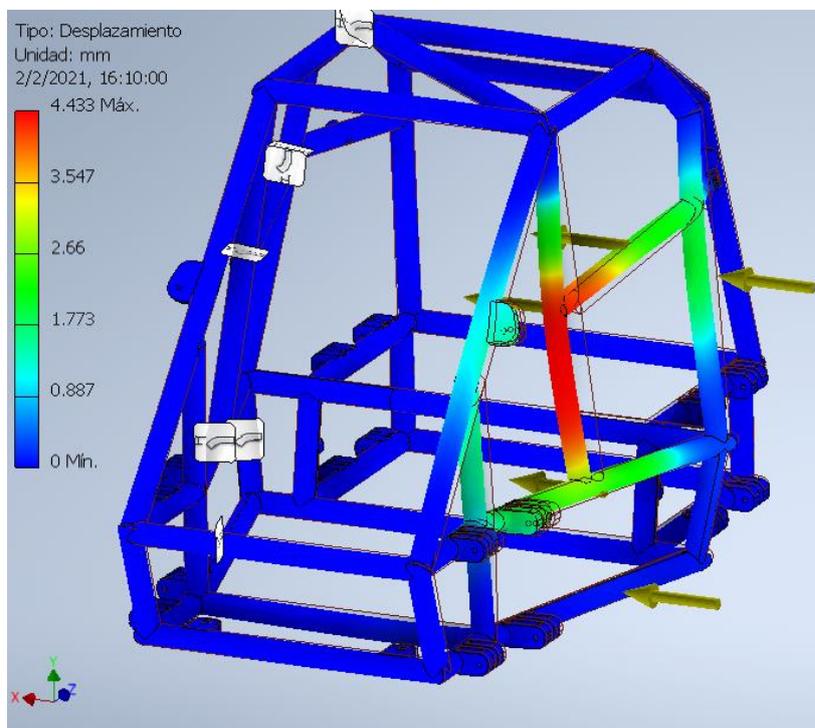


Imagen 55. Representación análisis de desplazamiento impacto lateral

Fuente: Autores

## 7 FABRICACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DEL VEHICULO TIPO MINI BAJA SAE ESCALA 1:12

### 7.1 Fabricación y construcción de pista.

Los vehículos de tipo Mini Baja SAE deben de transitar y competir por una pista todo terreno, esta pista cuenta con obstáculos realizados por los autores del presente trabajo de titulación, en donde se usará una base de madera con soportes para que tenga una altura de 15cm respecto al piso, además de contar con arena en la parte superior seguida de obstáculos.

Cabe recalcar que la pista va ser diseñada con el fin de demostrar que el vehículo es lo suficientemente resistente para este tipo de caminos sin presentar rupturas en ninguna pieza impresa. La pista para la sección de obstáculos posee las medidas de 2m x 1,20 m y la sección de recta es de 10 metros antes de la sección de obstáculos y 10 metros después de la sección de obstáculos.

La pista se presenta a continuación, en la imagen 56.



Imagen 56. Representación de la pista

Fuente: Autores

## 7.2 Fabricación y construcción del sistema de neumáticos

### 7.2.1 Fabricación y construcción de neumáticos.

Para la construcción de los neumáticos se utilizó el material TPE mediante impresión 3D, este material brinda las mejores características estructurales para un rendimiento eficiente del sistema de neumáticos.

Las medidas de los neumáticos traseros son: 3 cm de ancho y 3.33 cm de radio, se presenta en la siguiente imagen.



Imagen 57. Neumáticos Traseros

Fuente: Autores

El tiempo de fabricación del neumático trasero es de 16 Horas

Las medidas de los neumáticos delanteros son: 3cm de ancho y 3cm de radio, se presenta en la siguiente imagen.



Imagen 58. Neumáticos Delanteros

Fuente: Autores

El tiempo de fabricación del neumático delantero es de 13 Horas

### 7.2.2 Fabricación y construcción de rines

Para la construcción de los rines se utilizó el material PLA mediante impresión 3D, este material brinda resistencia y dureza ante las irregularidades del terreno, el funcionamiento del sistema de suspensión, dirección, transmisión y permite el movimiento de los neumáticos.

Se presenta el rin en la siguiente imagen:



Imagen 59. Rines

Fuente: Autores

El tiempo de fabricación de cada uno de los rines es de 4 horas y 30 minutos.

### 7.2.3 Fabricación y construcción de manguetas

Las manguetas son construidas mediante impresión 3D con material ABS, se utilizó el mismo material que los rines por sus características estructurales, dado que en la mangueta van acoplados los dos brazos transversales del sistema de suspensión en un extremo con su respectivo amortiguador, acopla el eje de dirección y en el centro de la mangueta va encajado el eje de transmisión que permite la tracción del motor hacia las ruedas.

La mangueta se presenta en la imagen 60.



Imagen 60. Mangueta

Fuente: Autores

El tiempo de construcción de cada mangueta es de 1 Hora.

#### 7.2.4 Tabla de piezas del sistema de neumáticos

En la siguiente tabla se enuncian los diferentes elementos que constituyen el sistema de neumáticos.

Tabla 25. Lista de piezas construidas para el sistema de neumáticos  
Fuente: Autores

ELEMENTO	NÚMERO	TIEMPO DE IMPRESION
Neumáticos	4	Delanteros: 13 horas Traseros: 16 horas
Rines	4	4 horas
Manguetas	4	1 hora

### 7.3 Fabricación y construcción del sistema de transmisión

El sistema de transmisión va ubicado dentro de una caja fabricada mediante impresión 3D con material PLA, el encapsulado consta con espacio para el motor eléctrico, cuatro engranes (realizados con material PLA), el primer engrane va ubicado en el motor, dos engranes en el medio que permiten la transmisión de la fuerza del motor y el cuarto engrane va ubicado en el eje de transmisión que es el encargado de transferir el movimiento del motor hacia las ruedas

En la siguiente imagen se presenta el sistema de transmisión:



Imagen 61. Juego de engranes

Fuente: Autores

Existen diferentes tiempos de construcción de los elementos del sistema de transmisión, los mismos que serán enunciados en la tabla 26:

Tabla 26. Tiempo de construcción de los elementos del sistema de transmisión

Fuente: Autores

<b>ELEMENTO</b>	<b>TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN</b>
Engrane del motor eléctrico	20 minutos
Engrane 1	50 minutos
Engrane 2	45 minutos
Engrane del eje de transmisión	20 minutos
Encapsulado	1 hora 15 minutos
Rodamientos	15 minutos
Retenes	38 minutos

### 7.3.1 **Tabla de piezas del sistema de transmisión**

En la tabla 27 se enuncian los diferentes elementos que constituyen el sistema de transmisión.

Tabla 27. Lista de piezas que constituyen el sistema de transmisión  
Fuente: Autores

<b>ELEMENTO</b>	<b>NÚMERO</b>
Motor eléctrico	2
Engrane motor eléctrico ( 8 dientes)	2
Juego de engranes 1 ( 31 y 13 dientes)	2
Juego de engranes 2 ( 36 y 9 dientes)	2
Engrane eje de transmisión ( 34 dientes)	2
Eje de transmisión	2
Retenes	4
Rodamientos	4

#### **7.4 Fabricación y construcción del sistema de dirección**

El sistema de dirección consta de un servo motor, el mismo que va ubicado en el encapsulado donde se encaja el sistema de transmisión, el servo motor consta de un adaptador que se articula en el eje de dirección, este eje va ubicado delante del sistema de transmisión y se ensambla en la parte delantera de las dos manguetas.

En la parte trasera también va ensamblado un eje de dirección dado que este eje en la parte trasera permitirá que las ruedas traseras permanezcan rectas.

En la imagen 62, se presenta el eje de dirección:



Imagen 62. Eje de dirección

Fuente: Autores

El tiempo de construcción del eje de dirección es de 1 hora y 4 minutos.

#### 7.4.1 Tabla de piezas del sistema de dirección

En la tabla 28 se presentan los elementos que componen el sistema de dirección:

Tabla 28. Lista de piezas que constituyen el sistema de dirección  
Fuente: Autores

<b>ELEMENTO</b>	<b>NÚMERO</b>
Servo motor	1
Eje de dirección	2
Adaptador	1

#### 7.5 Fabricación y construcción del sistema de suspensión

El sistema de suspensión es el sistema más complejo que presenta un vehículo RC, dado que presenta varios elementos, los cuales cada uno de ellos es construido con un material diferente.

Se utiliza el material PLA para la construcción de los brazos superiores mediante impresión 3D, con un tiempo de impresión de 30 Min

Para la construcción de los brazos inferiores se utilizó filamento mediante impresión 3D, con un tiempo de impresión de 35 Min

El amortiguador es construido mediante impresión 3D con material PLA, con un tiempo de impresión de 45 Minutos, en el centro se encuentra un buje que es el encargado de controlar el movimiento del amortiguador y el resorte.

El sistema de suspensión delantero se presenta a continuación:



Imagen 63. Suspensión Delantera

Fuente: Autores

El sistema de suspensión trasero se presenta en la siguiente imagen:



Imagen 64. Suspensión Trasera

Fuente: Autores

### 7.5.1 **Tabla de piezas del sistema de suspensión**

En la tabla 29 se enuncian los diferentes elementos que componen el sistema de suspensión.

Tabla 29. Lista de piezas que constituyen el sistema de suspensión  
Fuente: Autores

ELEMENTO	NÚMERO
Brazos superiores	4
Brazos inferiores	4
Amortiguadores	4
Resortes	4
Bujes	4

## 7.6 Fabricación y construcción del chasis

Para la construcción del chasis se utilizó el mejor material que existe en el mercado para piezas con resistencia estructural, que es el material PLA PLUS mediante impresión 3D, en el chasis se encuentran puntos exactos donde van a ir atornilladas las cajas de los sistemas de transmisión, la caja de batería del vehículo y la caja donde va a ir ubicada la placa programada.

El tiempo de impresión del chasis es de 23 Horas y se representa en la imagen 65.



Imagen 65. Chasis del vehículo

Fuente: Autores

## 7.7 Fabricación de la caja Porta baterías y placa

Para la construcción de la caja porta baterías y placa se utilizó un material que proporciona una buena resistencia además de que soporta procesos de manufactura, que es el material PLA mediante impresión 3D, la caja porta baterías cuenta los espacios necesarios para albergar los componentes de la palca conjuntamente con sus cables y baterías para su correcto funcionamiento.

El tiempo de impresión de la caja porta baterías y placa es de 8 Horas, misma representada en la imagen 66.



Imagen 66. Caja Porta Baterías y Placa

Fuente: Autores

## 7.8 Fabricación del mando del vehículo

Para la construcción del mando se utilizó el mismo material que del chasis que proporciona una buena resistencia que es el material PLA PLUS mediante impresión 3D, el mando está diseñado de la manera más ergonómica posible para que no se sienta incomodo al momento de manejarlo.

El tiempo de impresión del mando es de 16 Horas, se representa en la imagen 67



Imagen 67. Mando

Fuente: Autores

## 7.9 Resistencia del chasis

Para este punto se utilizó lo que es una prensa hidráulica, la cual da un valor en Psi. Para poder calcular la fuerza se realiza una conversión usando la siguiente fórmula:

$$F = P * A$$

Donde:

F= Fuerza (N)

P= Presión Ejercida por la prensa ( $\frac{N}{m^2}$ )

A= Área (Cilindro de la prensa) (m.)

La presión en Psi es de 18 por lo que si pasamos a (n/m<sup>2</sup>) se obtiene una equivalencia de 124105.406859, mismo que ayudara a efectuar los cálculos.

El diámetro del cilindro que va a transmitir la fuerza es de 0.037 por lo que su área llega a ser de:

$$A = \left(\frac{\pi}{4}\right) * d^2 = \frac{\pi}{4} * (0.037)^2 = 0.00034225 \pi m^2 \approx 0.001074665 m^2$$

Con el cálculo de la fuerza del área se obtiene:

$$F = \mathbf{133.3717 N}$$

Es lo que soporta el vehículo cuando se usa una fuerza de compresión desde la parte superior puesto que el otro lado llega a estar fijo, en la siguiente imagen se muestra dicha explicación.



Imagen 68. Chasis sometido a prensa  
Fuente: Autores

Cabe recalcar que, si la presión del mismo llega sobrepasar estos parámetros, el mismo comenzara a tener rupturas a lo largo de la estructura. En los 25 psi se llega a deformar, pero vuelve a su forma ya que no ha sobrepasado su zona de elasticidad.

En la imagen 69, se observa el impacto lateral sobre el chasis.



Imagen 69. Chasis simulando impacto lateral  
Fuente: Autores

## 7.10 Proceso de Armado

Para poder armar el vehículo de la forma más eficiente y sin muchos inconvenientes es recomendable usar los siguientes pasos:

- a) Comenzar por colocar los brazos articulados en la parte designada del chasis y luego proceder a asegurarlas para que queden fijas, tal como se muestran en la imagen 70.



Imagen 70. Colocación de brazos articulados

Fuente: Autores

- b) Luego se procede a colocar las cajas que portan los motores tanto delantera como trasera, esto se observa en la imagen 71.

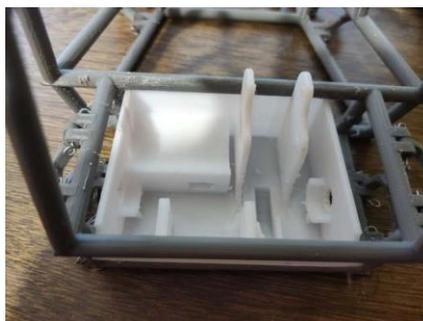


Imagen 71. Instalación de cajas para motores y engranes

Fuente: Autores

- c) Ahora se procede a colocar el motor con su respectivo juego de engranes y de más partes que componen al sistema de transmisión. Y en la parte delantera conjuntamente con el servo motor.

En la imagen 72 se indica el sistema de transmisión ensamblado.

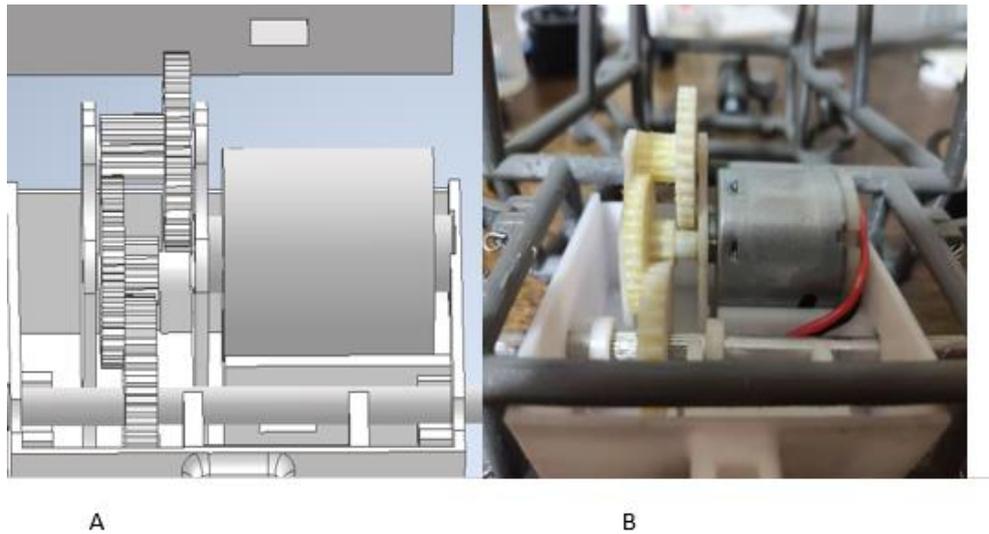


Imagen 72. Ensamblaje del sistema de transmisión A) Diseñado; B) Construido

Fuente: Autores

- d) Posterior se coloca la mangueta con el encapsulado interior para poder instalar las ruedas y de la misma forma centrar el eje de transmisión ya sea delantero o trasera. En la imagen 73 se indica la instalación de la mangueta.



Imagen 73. Instalación de la Mangueta

Fuente: Autores

- e) Posterior se procede a colocar los amortiguadores en sus puntos ya designados como se adjunta en la imagen 74.

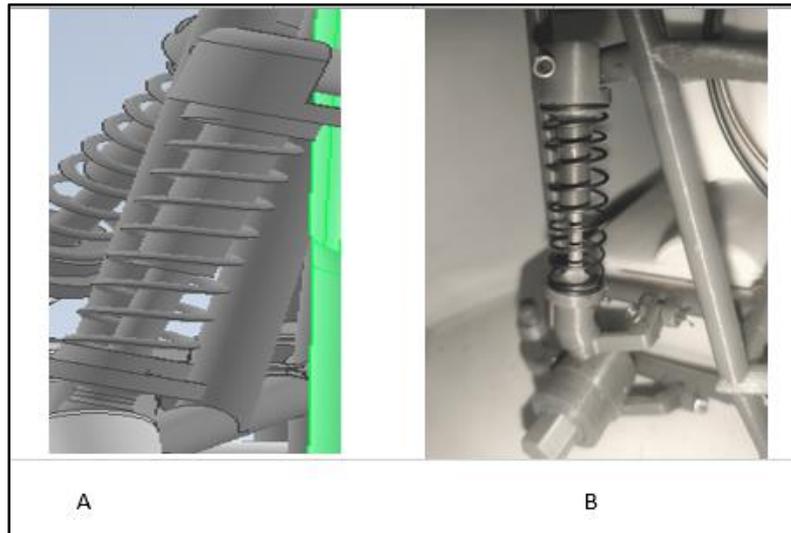


Imagen 74. Instalación del sistema de suspensión A) Diseñado; B) Construido

Fuente: Autores

- f) Luego se procede insertar la placa y baterías en la caja designada para poder ensamblarlo dentro del chasis, como se muestra en la imagen 75.

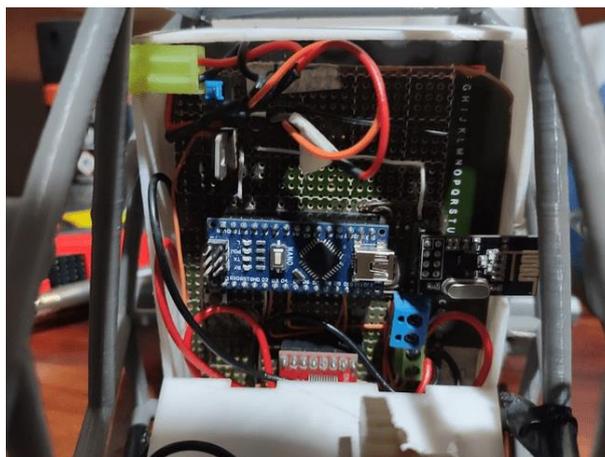


Imagen 75. Colocación de la caja porta baterías y placas

Fuente: Autores

- g) Se procede a conectar los cables provenientes de los motores y servos para finalmente poder colocar las ruedas con sus respectivas tapas del sistema de transmisión, y se obtiene así el vehículo completamente armado y funcional, tal como se muestra en la imagen 76.

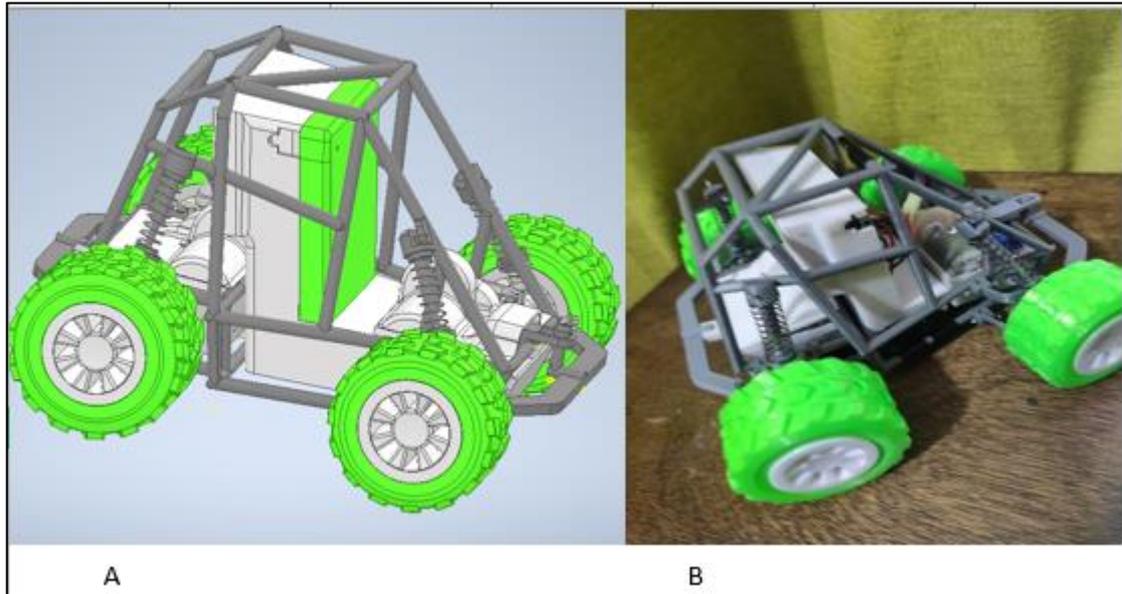


Imagen 76. Vehiculó finalizado; A) Diseñado; B) Construido

Fuente: Autores

- h) Con el vehículo ya armado completamente ahora se procede a armar el control remoto donde lo primero será colocar la placa y posterior a eso, se colocará el armazón, y dar como resultado la imagen 77.

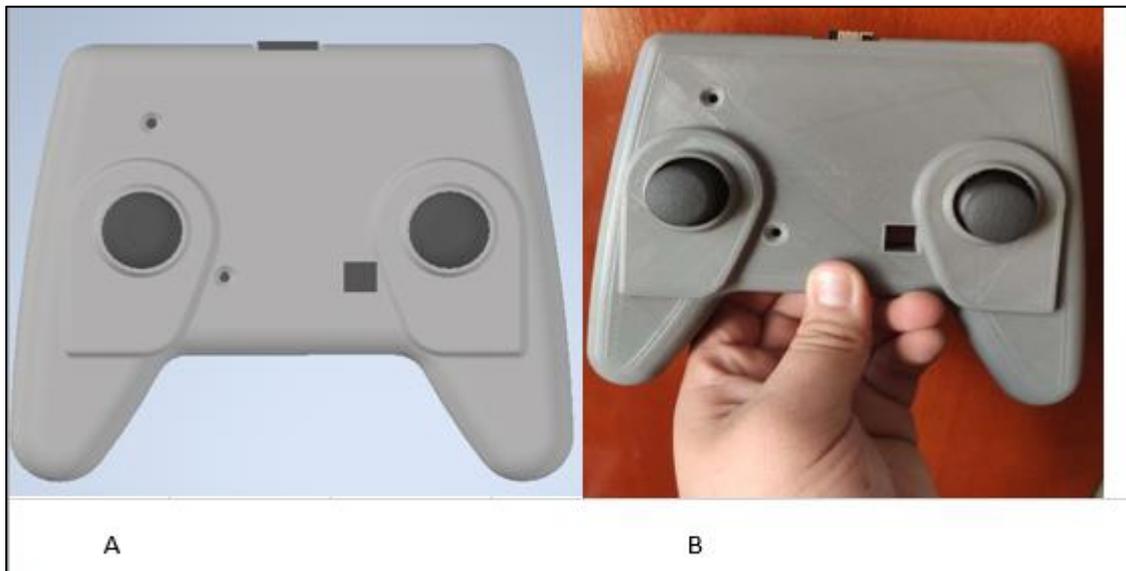


Imagen 77. Control Ensamblado A) Diseñado; B) Construido

Fuente: Autores

### 7.11 Eficiencia del vehículo tipo Mini Baja SAE escala 1:12 en pista

Con la pista anteriormente mencionada se procedió a realizar algunas pruebas en la misma, tales como prueba de velocidad y funcionalidad de los elementos.

#### **7.11.1 Prueba de velocidad**

En esta prueba consistió en efectuar la relación de la velocidad del vehículo con lo que se calculó anteriormente en donde el vehículo recorrió dicha distancia ya calculada que es de aproximadamente 0.5243 m/s no se llega a efectuar del todo por la fuerza de rozamiento y la pérdida de energía, el vehículo tenía una velocidad de 0.45 m/s.

Por otro lado, el vehículo al realizar la prueba de velocidad en la misma le tomaba un tiempo de un minuto aproximadamente.

#### **7.11.2 Funcionamiento de elementos**

Todos los elementos fabricados mediante impresión 3D resultaron eficientes, ninguno de estos presentó rupturas o frisaduras, por otro lado, la programación del vehículo funcionó tal cual estaba lo planificado, esto quiere decir en las 3 condiciones que tiene de funcionamiento.

Un problema notorio fue la altura del vehículo referente al suelo, ya que la parte baja del vehículo llegaba a rozar en algunas partes de los obstáculos, por lo tanto, los neumáticos deben de ser más altos.

Otro problema evidente fue el funcionamiento del sistema de suspensión, este diseño de suspensión no fue funcional, puesto que el vehículo al contar con eje de dirección y eje de transmisión, estos no permitían el movimiento de los amortiguadores, pero la solución a este diseño es el incorporar crucetas a los extremos de los ejes de transmisión, así el movimiento del amortiguador será libre en las irregularidades del terreno.

Las crucetas para futuros vehículos Rc se encuentran desde el anexo 29 al 31

En la imagen 78 se encuentra el vehículo y la pista construidos en su totalidad.



Imagen 708. Vehículo sobre la pista  
Fuente: Autores

Este sistema de crucetas no fue adaptado al vehículo, dado que el material que se utilizó para este sistema de crucetas es Resina Ultravioleta y este material no se encuentra con facilidad en el país, motivo por el cual es traído desde Estados Unidos. Este material presenta mejores características estructurales que los materiales ABS, PLA Y PLA+.

### **7.12 Presupuesto de impresión 3D.**

El presupuesto de un vehículo Rc construido mediante impresión 3D varía mucho, depende de los siguientes factores:

- Material a imprimir.
- Color del material.
- Tiempo de impresión.

El presupuesto requerido para el vehículo tipo Mini Baja SAE escala 1:12 realizado en el presente trabajo de titulación es:

- Sistema de neumáticos: \$73.
- Sistema de transmisión: \$15.
- Sistema de dirección: \$20.
- Sistema de suspensión: \$25.
- Sistema de chasis: \$40.
- Encapsulados (caja delantera, trasera y caja de baterías): \$35.
- Otros (servo-motor, motor eléctrico, placa, etc): \$50.

El presupuesto total es de \$ 258 (Dos cientos cincuenta y ocho dólares).

## **8 PROTOCOLO PARA CONSTRUCCIÓN DEL VEHICULO TIPO MINI BAJA SAE ESCALA 1:12**

Un protocolo es un conjunto de reglas o una serie de instrucciones que brinda la información sobre cómo se debe de realizar algunos procedimientos.

El principal resultado del presente protocolo es el procedimiento para llevar a cabo la construcción de un vehículo tipo Mini Baja SAE escala 1:12. Esta es una propuesta para solucionar los problemas que se presentan en la construcción de un vehículo a escala, la misma representa el comienzo de un cambio y una valiosa fuente de información necesaria para todo el campo de diseño y construcción de Ingeniería Mecánica Automotriz.

Los resultados se dividen según la etapa del proyecto los cuales son:

1. Diseño del vehículo tipo Mini Baja SAE escala 1:12: elaboración del vehículo tipo Mini Baja SAE a escala 1:12 en software de diseño Inventor y procedimientos de análisis del sistema de dirección, suspensión y análisis estructural del chasis.
2. Construcción del vehículo tipo Mini Baja SAE escala 1:12: consiste en la construcción del vehículo tipo Mini Baja SAE escala 1:12 con sus diferentes sistemas fabricados con su respectivo material de diseño.

### **8.1 Cronograma de Diseño del vehículo tipo Mini Baja SAE escala 1:12**

Para el diseño del vehículo se debe de tomar en cuenta:

Los sistemas que conforman el vehículo que son: neumáticos, transmisión, dirección, suspensión y el chasis.

Se consideran las normas que se presentan en el reglamento de competencia de vehículos Mini Baja SAE, dado que existen dimensiones que el vehículo debe de respetar, como el alto y ancho.

Como es un vehículo a escala algunas normas del reglamento no serán consideradas, normas como: tipo de motor, tanque de combustible, circulación del combustible, pedales de aceleración y frenado, ubicación del asiento del conductor, distancias alrededor del asiento del conductor con el chasis, gomas de protección en el sistema de transmisión.

Para un buen diseño del vehículo se debe de considerar el tiempo que cada sistema toma realizar en el software de diseño Inventor, por lo que en la tabla 30 se presentan los tiempos de diseño:

Tabla 30. Cronograma de diseño.  
Fuente: Autores

<b>CRONOGRAMA</b>						
<b>MES</b>	<b>1</b>				<b>2</b>	
<b>SEMANA</b>	1	2	3	4	1	2
<b>DÍAS</b>	5	7	7	7	6	7
<b>HORAS</b>	3	4	4	4	4	4
Neumáticos	X					
Transmisión		X				
Dirección			X			
Suspensión				X	X	
Chasis						X

## 8.2 Procedimiento de diseño del vehículo Baja SAE a escala 1:12

El procedimiento a seguir para el diseño del vehículo Mini Baja SAE a escala 1:12 es el siguiente:

1. Se debe de conocer cuál es el tipo de terreno de la pista y el tipo de competencia a la que el vehículo será expuesto.
2. Se procede a seleccionar el tipo de material de cada uno de los elementos que componen los distintos sistemas del vehículo en función a la guía práctica colocada en el Anexo 32.
3. El sistema de neumáticos está conformado por: neumáticos, aros y manguetas; el diseño de estos elementos se debe de realizar mediante la guía práctica colocada en el Anexo 33.

En el diseño del neumático se debe de tener en cuenta:

- Los diferentes diseños de labrado que existen. Se considera el terreno en el que el vehículo se va a desempeñar para la elección del diseño de labrado.
  - El ancho y alto del neumático depende bastante del terreno y del tamaño del vehículo.
  - El aro debe de encajar perfectamente en el neumático, dado que el aro es donde se apoya el neumático. El aro debe de tener un punto de encaje con la mangueta.
  - El diseño de la mangueta es uno de los más importantes, puesto que en esta pieza encajan los sistemas de neumáticos, transmisión, dirección y suspensión.
  - Cabe recalcar que para el dibujo al momento de imprimirlo se puede llegar a reducir de 2 a 5 décimas que se debe de considerar en el diseño.
4. Se selecciona el diseño del sistema de transmisión, el mismo consta de: motor eléctrico, retenes de transmisión, juego de engranes, eje de transmisión y los rodamientos de movimiento del eje de transmisión, el diseño de este sistema se lo realiza mediante la guía práctica presentada en el Anexo 34.

En el diseño del sistema de transmisión se considera:

- Para el sistema de transmisión se necesita conocer las características del motor eléctrico.
- Se debe de considerar si el vehículo debe de ser 4x4 o 4x2. Si el vehículo es 4x4 se puede realizar el sistema de transmisión mediante un cardán, si se diseña un cardán hay que tener en cuenta que la transmisión del motor eléctrico hacia las ruedas será del 25% de funcionamiento del motor en cada una.
- Se puede realizar un vehículo 4x4 mediante dos motores eléctricos; es decir, un motor eléctrico en cada eje de transmisión, se debe de considerar los tipos de

engranes. Donde lo recomendable es realizar un tren de engranes con engranes compuestos como se indica en la imagen 79.

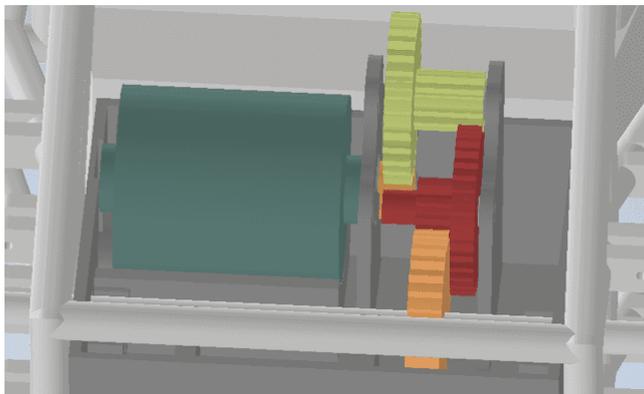


Imagen 719. Tren de Engranes  
Fuente: Autores

- El tren de engranes es obligatorio realizarlo para poder tener un trabajo eficiente del vehículo, donde la velocidad final dependerá netamente del motor a usar y sus RPM máximos que presente para saber cuál será la velocidad final.
  - El tren de engranes puede ser a elección del diseñador con el número de dientes que desee, en la forma que gusta el diseñador y luego mediante cálculos ver si la velocidad final que este le entrega será la adecuada o la necesaria para la competencia.
  - El tren de engranes se usará ya sea solo con un solo motor para poder multiplicar o desmultiplicar la fuerza de acorde sea la necesidad.
5. Posteriormente se procede a diseñar el sistema de dirección, este sistema se conforma por: servo motor y eje de dirección, el diseño de este sistema se lo realiza en función a la guía práctica colocada en el Anexo 35.

En el diseño de dirección se debe de tener en cuenta:

- Conocer las características que presenta el servo motor.
- El eje de dirección va encajado en las manguetas para dar la orientación necesaria a los neumáticos.

- Para el diseño de la dirección se debe de considerar los parámetros cinemáticos.
  - El servo motor cuenta con un adaptador, este adaptador va encajado en un punto del eje de dirección, para permitir el funcionamiento del sistema.
  - Se debe de diseñar un sistema de dirección Ackerman; es decir, en una curva la rueda interna tiene un ángulo mayor de giro que la rueda externa.
6. Después se diseña el sistema de suspensión, este sistema es uno de los más importantes y complejos del vehículo, puesto que se presentan 3 tipos de sistemas de suspensión y cada uno de estos se clasifican en subtipos de suspensión.

Los elementos que conforman el sistema de suspensión son: los brazos de suspensión y el amortiguador.

El diseño de este sistema se lo realiza mediante la guía práctica colocada en el Anexo 36.

En el diseño del sistema de suspensión, se considera lo siguiente:

- Este sistema es uno de los más complicados a la hora de diseño, dado que presentan bastantes inconvenientes en su funcionamiento.
- Se debe primero de conocer sobre los diferentes tipos de sistemas de suspensión y en cuáles estos se subdividen.
- Los sistemas de suspensión semi-rígido e independiente cuentan con puntos de apoyo como son los brazos transversales, los mismos que van en un extremo encajado a la mangueta y en su otro extremo al chasis.
- Se considera la ubicación de apoyo inferior del amortiguador, este puede ser directo sobre la mangueta o sobre el brazo de suspensión inferior.
- El amortiguador cuenta con un buje en el centro, el mismo que es el encargado de brindar la distancia de recorrido de amortiguación al vehículo.

- El extremo superior del amortiguador debe de ir encajado en el chasis.
- Para el diseño de la suspensión se debe de considerar los parámetros cinemáticos.
- Otro punto fundamental para que la suspensión sea funcional y de forma independiente en caso de así ser requerido se debe de implementar un diseño similar a las crucetas y colocarlas en cada extremo del eje de transmisión, el mecanismo sugerido se presenta en la imagen 80.

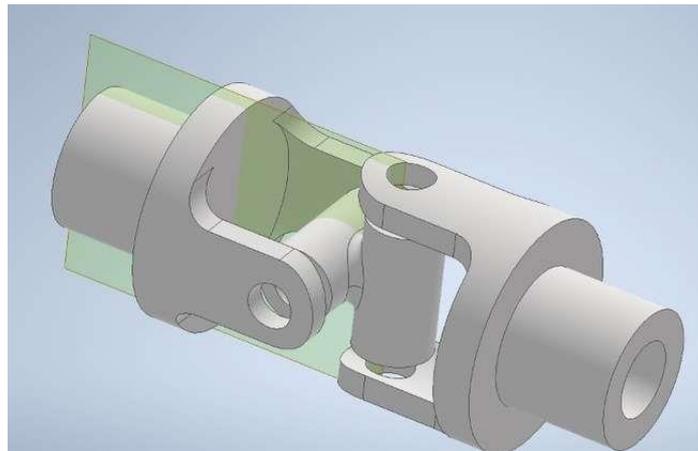


Imagen 720. Crucetas para el sistema de suspensión  
Fuente: Autores

Vea anexo 29 al 31 para obtener las medidas de dicho elemento

Dicho elemento ira a una parte del eje en los extremos, justo por debajo de la suspensión para darle funcionalidad a la misma.

7. El último diseño es el sistema de chasis, que se lo realiza mediante la guía práctica colocada en el Anexo 37.

En el diseño del chasis se considera:

- La norma de altura máxima del vehículo que se presenta en el reglamento.
- La estructura es tubular y cuenta con varios triángulos en su diseño para una mayor resistencia.
- Se debe de considerar los puntos de apoyo de los amortiguadores y los puntos donde irán los encapsulados, tanto la caja trasera que cuenta con el eje de

transmisión, la caja delantera que cuenta con el eje de transmisión y el servomotor y las cajas que van en el centro que son para baterías y placa programada para el funcionamiento del vehículo. De esta manera se lo dibuja al último para poder ubicar de mejor forma los elementos y poder diseñarlo en base a los demás sistemas ya planteados.

8. Con el chasis ya definido se procede ahora a elaborar los circuitos del mismo en función de cómo desee que funcione, en esta tesis expuesta cuenta la programación y la forma como van conectados los elementos para facilitar el trabajo en donde el valor a cambiar será solo el del servo motor ya que eso dependerá de cómo este diseñado el sistema de dirección. La programación está pensada para que el vehículo sea muy parecido a un 4x4 por lo que cuenta con un interruptor múltiple donde:

- Si se activa el primer interruptor solo funcionara el motor delantero
- Si se activa el tercer interruptor solo funcionara el motor trasero
- Si se activa solo el del medio funcionara los dos motores conjuntamente

Cabe indicar que solo debe de estar alzado uno de estos que si están activados dos al mismo tiempo o más el receptor no identificara ninguna señal.

9. Se procede a realizar la estructura del mando esto queda a libertad del usuario con la única condición de que trate de ser lo más ergonómico posible y de fácil acceso a los mandos para un mejor desempeño.

10. La caja porta baterías y placa debe de contar los espacios necesarios para el cableado, baterías, elementos, interruptores y salida del receptor. Se recomienda que la tapa del mismo sea realizada en TPE por lo que al ser flexible será de fácil acceso para desmontar si el espacio es ajustado en caso de que se requiera modificar la programación.

### 8.3 Procedimiento de Análisis del vehículo

1. El primer análisis que se realiza es de la dirección ya que se verá expuesta la funcionalidad del sistema de dirección en donde se usará los principios de Ackerman que consiste en:

- Desde los extremos donde termina el eje de dirección se haga proyecciones hacia la parte trasera las misma deberán ser intersecadas en el centro del eje trasero, si este es el caso se tendrá un Ackerman del 100%
- Medir la longitud de la batalla del vehículo y girar las llantas hacia un extremo para sacar las proyecciones de la misma hacia una recta trazada siguiendo el eje trasero el mismo será el al largo de la batalla y comprobar que los ángulos sean los mismos si él un Angulo es mayor que el otro quiere decir que se tiene un Ackerman de 100%

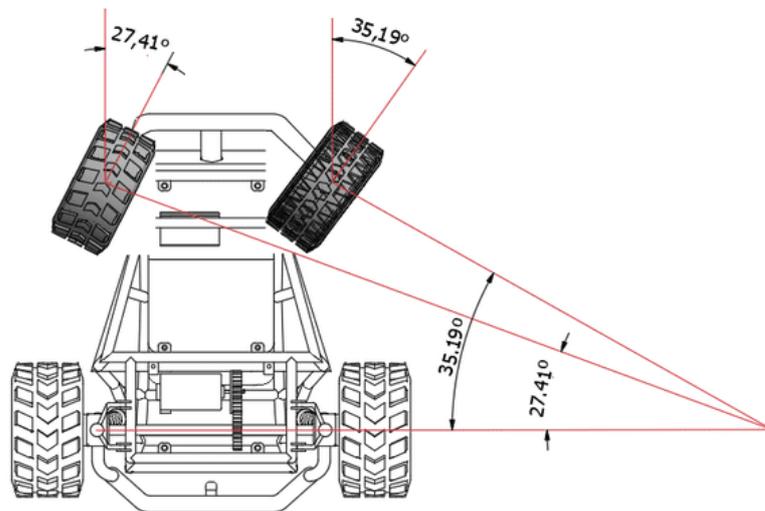


Imagen 73. Geometría Ackerman  
Fuente: Autores

- Como último punto con la página web “vsusp” se ingresará los parámetros requeridos para poder obtener el Camber del vehículo y definir así para situación está diseñada la dirección ya sea para pista o todo terreno.
  - Vea el anexo 38 para poder desarrollar de mejor manera lo anteriormente expuesto
2. El segundo factor a analizar es la suspensión el mismo se realizará con la ayuda de “ADAMS CAR”, en donde se obtendrá la funcionalidad de la suspensión según el diseño que se halla establecido. Vea anexo 36 para poder empelar la herramienta y desarrollar el análisis de la suspensión
  3. El último factor es analizar la carrocería y en base a la velocidad que tendrá el mismo cambiará, por lo que se recomienda hacer dos simulaciones una frontal y otra lateral para lograr asimilar a unos choques y o golpes y ver como resiste la carrocería. En el anexo 39 se indica cómo se debe de proceder para realizar dichas simulaciones.

#### **8.4 Construcción del vehículo**

Los pasos para construir el vehículo son los siguientes:

1. Imprimir todas las piezas del vehículo en el material ya seleccionado anteriormente
  - Se recomienda cuidar las piezas del sol o de lugares calientes puesto que al ser expuestas estas se llegan a deformar y pierden así su forma.
  - Si las piezas van a estar expuestas por varias horas al sol se recomienda pasar una capa fina de resina para brindarle una mejor protección y una mayor resistencia

- En caso de que este expuesto siempre al sol se recomienda lijar y pasar una capa fina de masilla, luego una capa de pintura y así queda una capa con una resistencia del 100% al sol o temperaturas altas.
2. Se procede a retirar todos los soportes generados en la impresión.
  3. El ensamble del vehículo dependerá mucho de cómo es diseñado el mismo, puesto que esto queda abierto a buscar una forma factible, rápida y segura de instalar los componentes ya que los pasos no serán los mismo para cada vehículo diseñado.

## 9 CONCLUSIONES

- Se realizó el diseño íntegro del vehículo tipo baja S.A.E a escala 1:12 con el software Inventor, no se utilizó SolidWorks por motivo de licencias. El programa Inventor facilitó el trabajo al poder realizar cada sistema a la escala correspondiente, al mismo tiempo de seleccionar los materiales, ensamblar, obtener planos de cada pieza realizada del vehículo; además de tener una vista general de lo que se puede obtener al momento de imprimir dicho modelado con el uso de la tecnología de impresión 3D.
- La estructura impresa en 3D con el material PLA+ demostró una gran resistencia de 18 Psi que es equivalente a  $124105.406859 \text{ (N/m}^2\text{)}$  de presión simulando el choque frontal, existe una diferencia de 4.07N con respecto a lo simulado por computadora que con la prueba efectuada en la prensa. Esta diferencia se da por las condiciones térmicas que llegan a existir en el ambiente puesto que si existe una temperatura ambiente elevada el material se tiende a debilitar perdiendo sus propiedades mecánicas y resistentes, entonces las condiciones no llegan a ser la mismas, pero aun así la estructura demostró que una gran resistencia dadas las características del material; esto se debe a la existencia de forma de triángulos en algunos lugares del chasis brindando una mejor resistencia.
- Al tener todas las piezas diseñadas el proceso de armado se vuelve mucho más fácil y accesible, puesto que, si se llega a ceder o trizar una pieza se le puede imprimir nuevamente, al momento de mandar a imprimir las piezas se debe tener una tolerancia de 2 a 3 milésimas ya que las piezas pequeñas se tienden a encoger.
- El protocolo es una herramienta elaborada clara y concisa para diseño, análisis y construcción de un vehículo tipo Mini Baja SAE escala 1:12, para alcanzar un resultado óptimo de construcción y de funcionalidad del vehículo

## 10 RECOMENDACIONES

- Para el diseño de los diferentes sistemas que conforman el vehículo se debe de considerar el material con el cual se va a realizar los mismos.
- Obtener la información necesaria de los diferentes materiales; esto quiere decir, buscar la ficha técnica de cada uno de ellos y configurar en el programa de diseño y simulación para obtener una simulación muy semejante a la realidad.
- Las dimensiones del vehículo dependen del reglamento de la competencia, en este caso de la Formula SAE.
- Cada uno de los sistemas tiene su complejidad de diseño, por lo tanto, se debe de considerar todos los puntos explicados en el capítulo 7 y 9 del presente trabajo de titulación.
- Cuando se imprime en 3D piezas pequeñas se debe de considerar que tiene una tolerancia de 2 a 3 milésimas.
- Se debe de realizar una programación adecuada para el vehículo Rc, dado que el ángulo de giro del sistema de dirección depende de la ubicación del servomotor, la distancia del eje de dirección y la distancia del eje de transmisión.

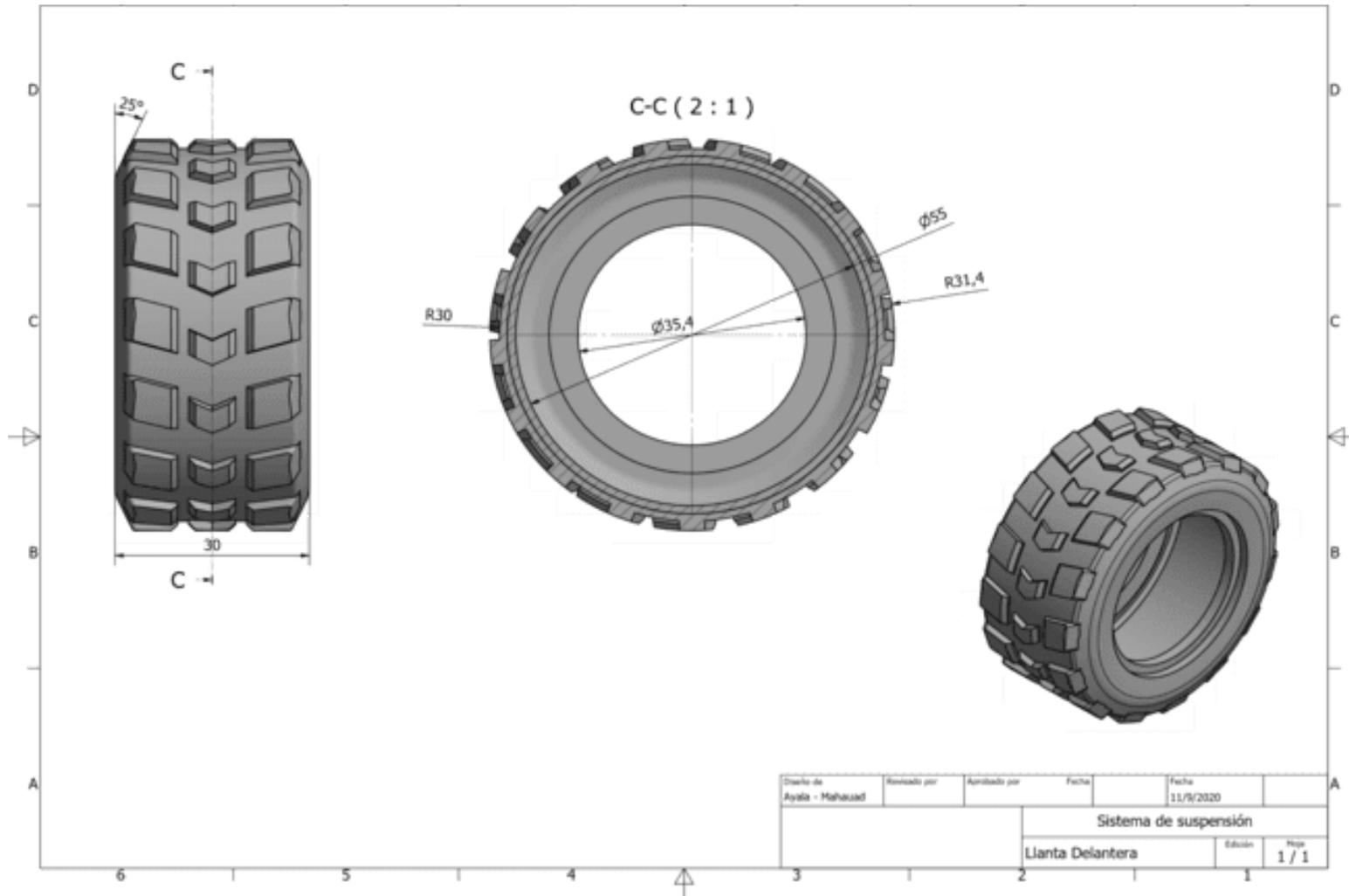
## 11 BIBLIOGRAFÍA

- Giuseppe , M. (22 de Enero de 2016). *Método de los elementos finitos: ¿qué es?* Obtenido de ESSS: <https://www.esss.co/es/blog/metodo-de-los-elementos-finitos-que-es/>
- altronics. (14 de 01 de 2020). *www.rcplanet.com*. Obtenido de <https://altronics.cl/servo-digital-ds3218-180>
- Aparicio, F. (2001). *Teoría de lo vehículos automóviles*. Madrid: Publicaciones ETSIIM.
- BAJA RULES 2020. (2020). *BAJA RULES 2020*. Estados Unidos.
- Contreras Urgilés, W. R., & Fajardo Merchán, J. E. (2015). *Diseño y construcción de un sistema prototipo para determinar la cilindrada total de un motor ciclo Otto por un método no invasivo mediante Labview*. Quito: Quito, 2015.
- Escobar Villanueva, J. (2014). *Resistencias al avance y distribución de peso*. Silao.
- Impresoras3d. (1 de Enero de 2020). *Top 5 de los mejores materiales técnicos para impresión 3D*. Obtenido de IMPRESORAS3D.COM: <https://www.impresoras3d.com/top-5-de-los-mejores-materiales-tecnicos-para-impresion-3d/>
- JOUR. (1964). Automovilismo a escala 1/24. *Triunfo. Año XIX, n.128* , 34-37.
- LA FACTORIA 3D. (2015). *LA FACTORIA 3D*. Obtenido de Flexible (TPE): <https://www.lafactoria3d.es/>
- Losada Arias, A. (2018). *DISEÑO DE LA SUSPENSIÓN TRASERA DEL VEHÍCULO FÓRMULA STUDENT ELÉCTRICO 2018*. Madrid.
- Luque, P., Àlvares, D., & Vera, C. (2005). *Ingeniería del Automóvil Sistemas y Comportamiento Dinámico*. Madrid: Parafino.
- Muñoz Ega, R. (2010). *Estudio de la influencia de los angulos de la direccion en la trasmision de fuerzas en el contacto neumatico-calzada*. Leganés.
- OpenRC. (2020). *OpenRC Ecuador*. Obtenido de <http://www.openrcecuador.com/>

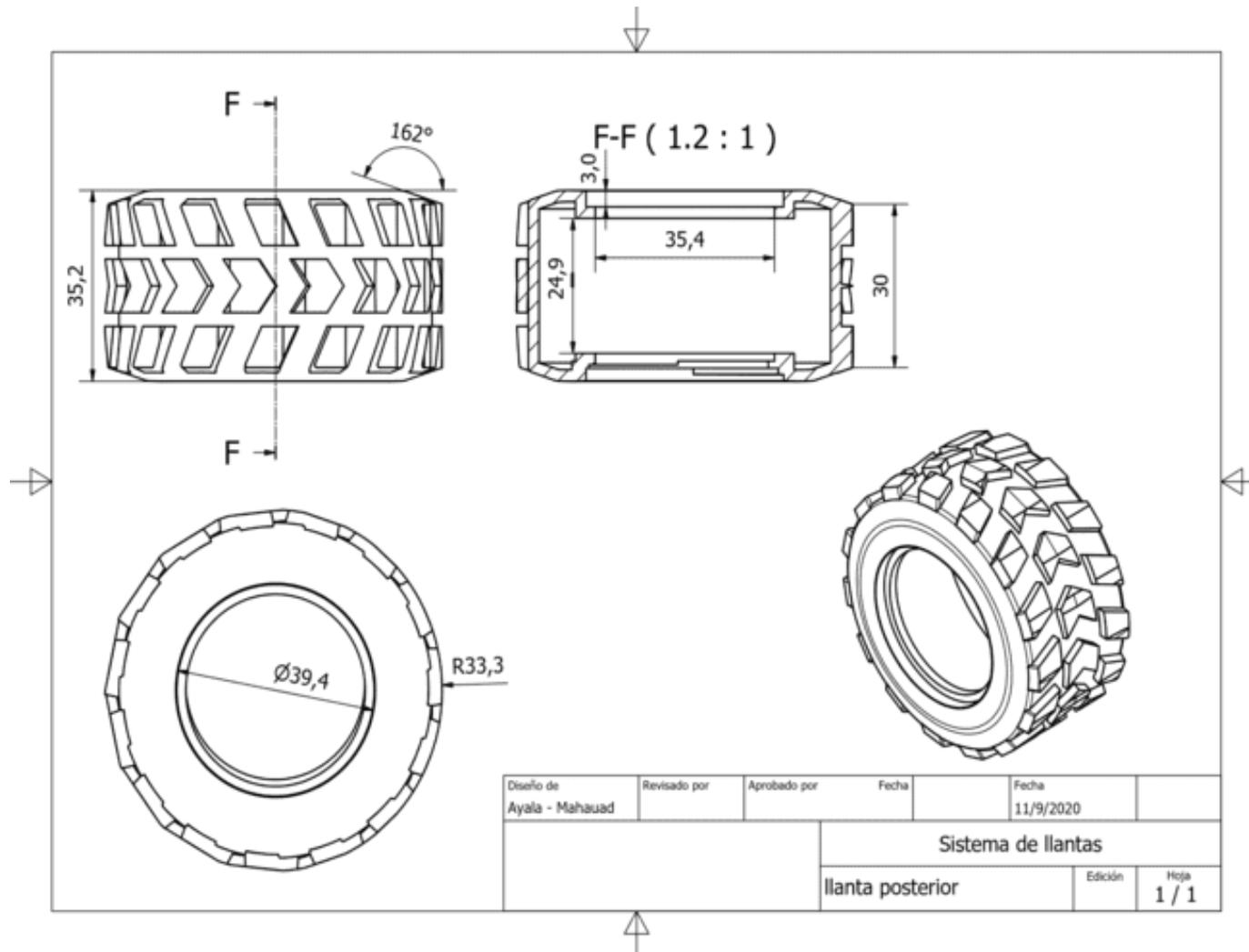
- PATIÑO CASTILLO, C., CALDERON ACUÑA, C., ORTIZ LIEVANO, J., & RODRIGUEZ PICO, O. (2008). *DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN PROTOTIPO MINI-BAJA SAE*. Bucaramanga.
- Pérez Morales, J. D. (2011). *PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO DE VEHÍCULO CATEGORÍA MINI*. Barquisimeto.
- Rodamos Juntos. (17 de Marzo de 2017). *rodamosjuntos*. Obtenido de Alquilar circuito de coches a radiocontrol RC: <https://rodamosjuntos.com>
- SAE, B. (s.f.). *bajasae*. Obtenido de <https://www.bajasae.net/>
- Vargas, J. C. (2003). *Guía práctica de mecánica automotriz*. Bogota: Intermedio Editores Ltda.

## **12 ANEXOS**

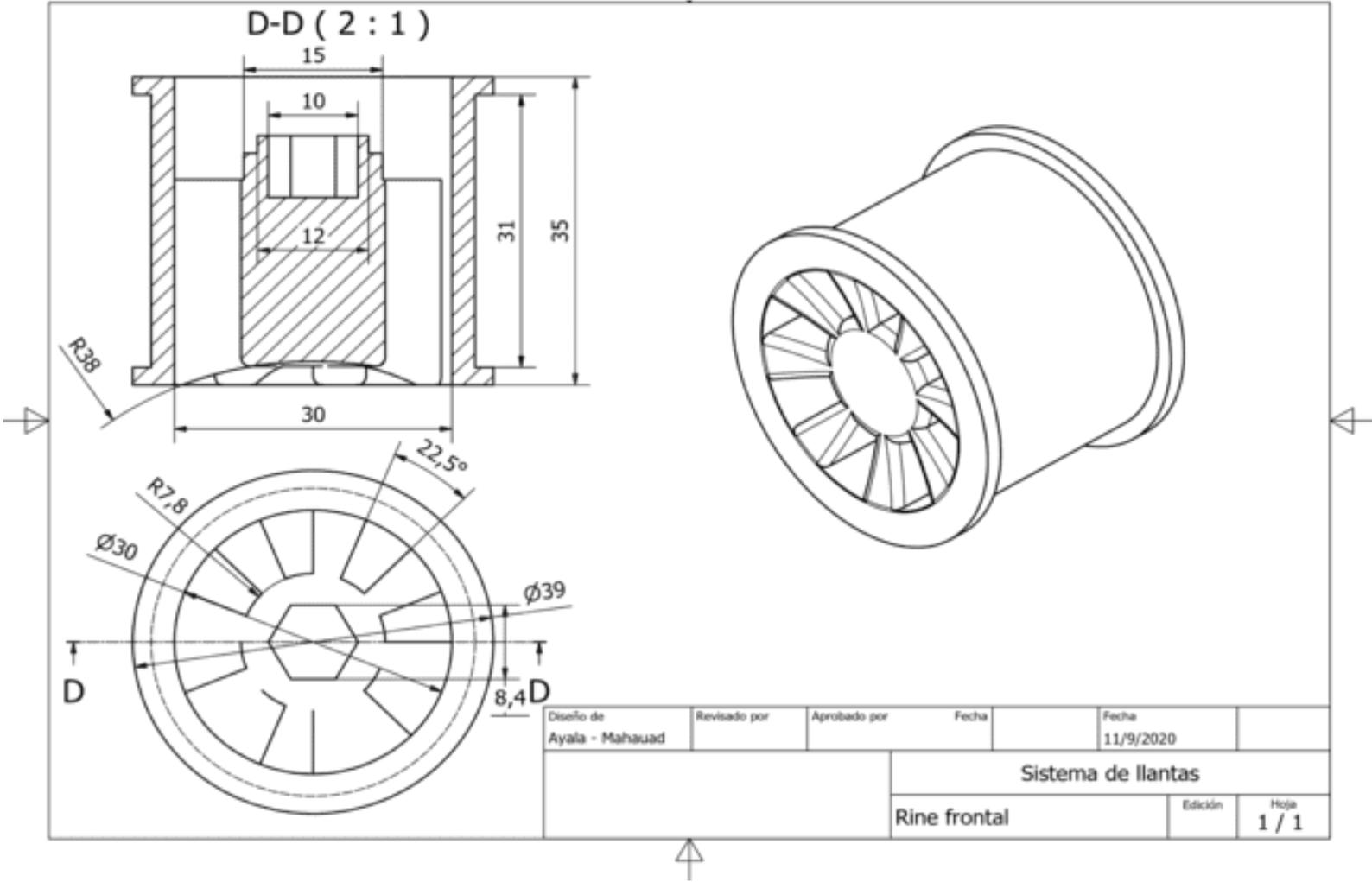
# ANEXO 1 . Llanta delantera



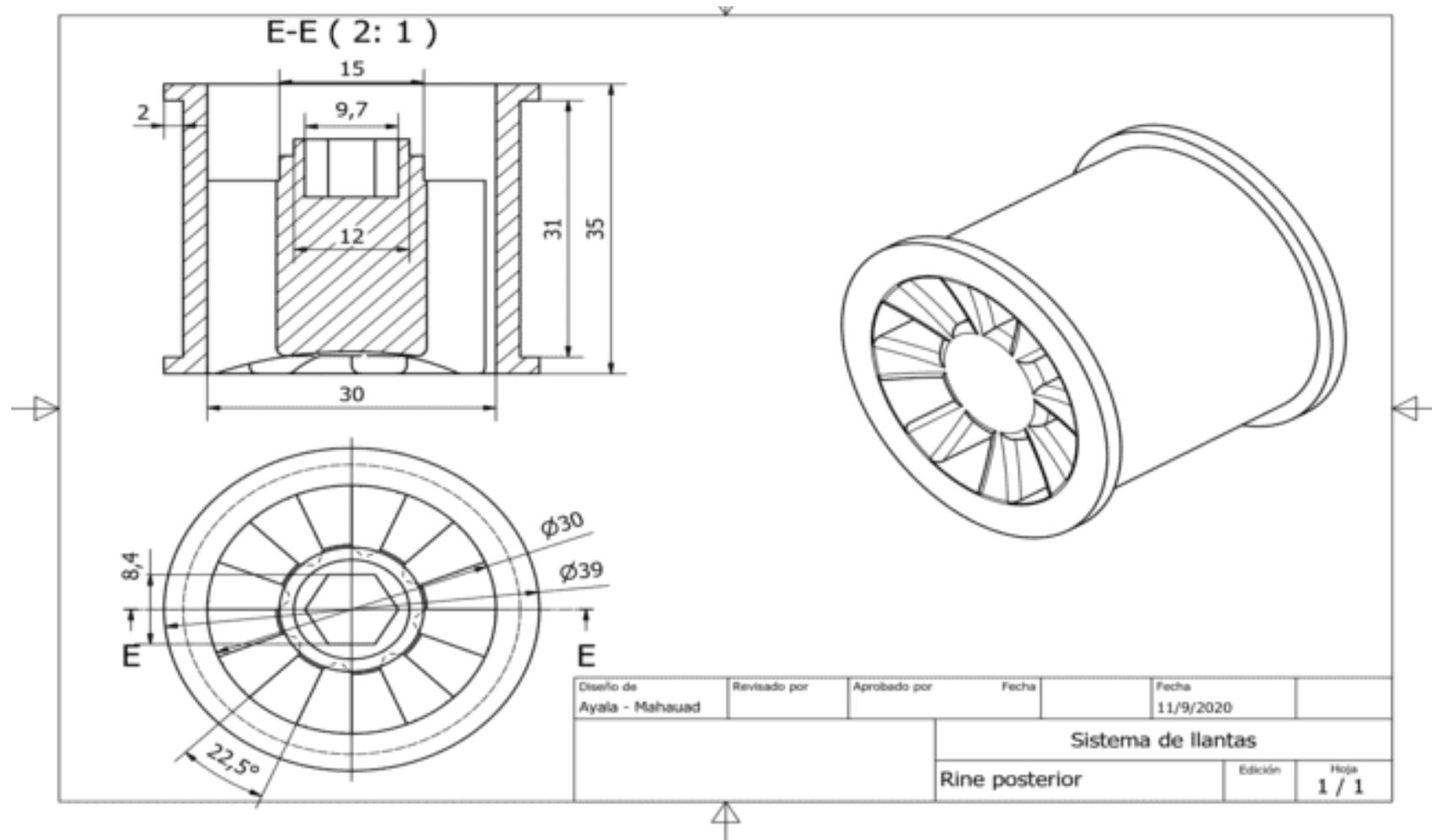
## ANEXO 2. Llanta trasera



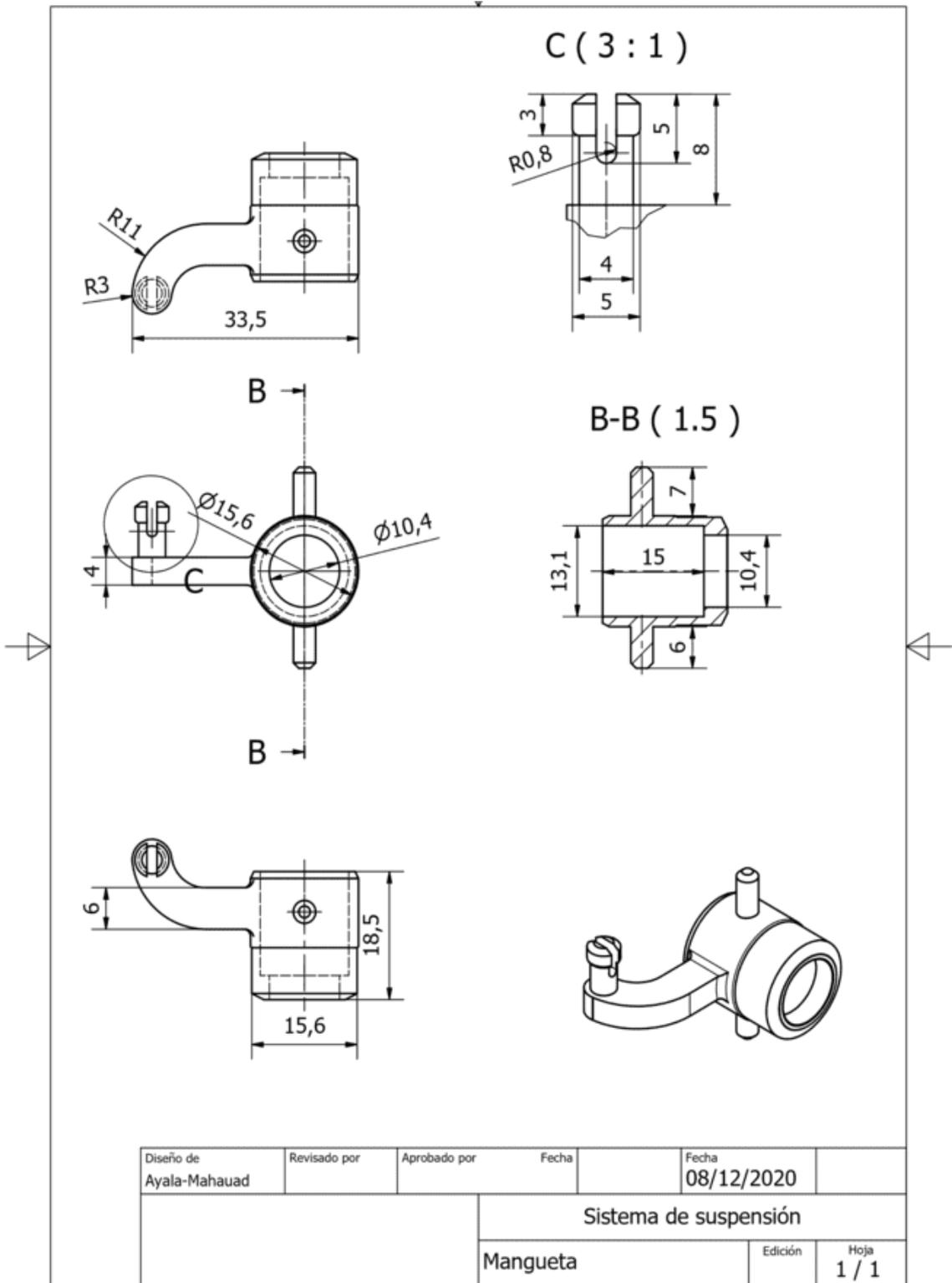
**ANEXO 3. Rin delantero**



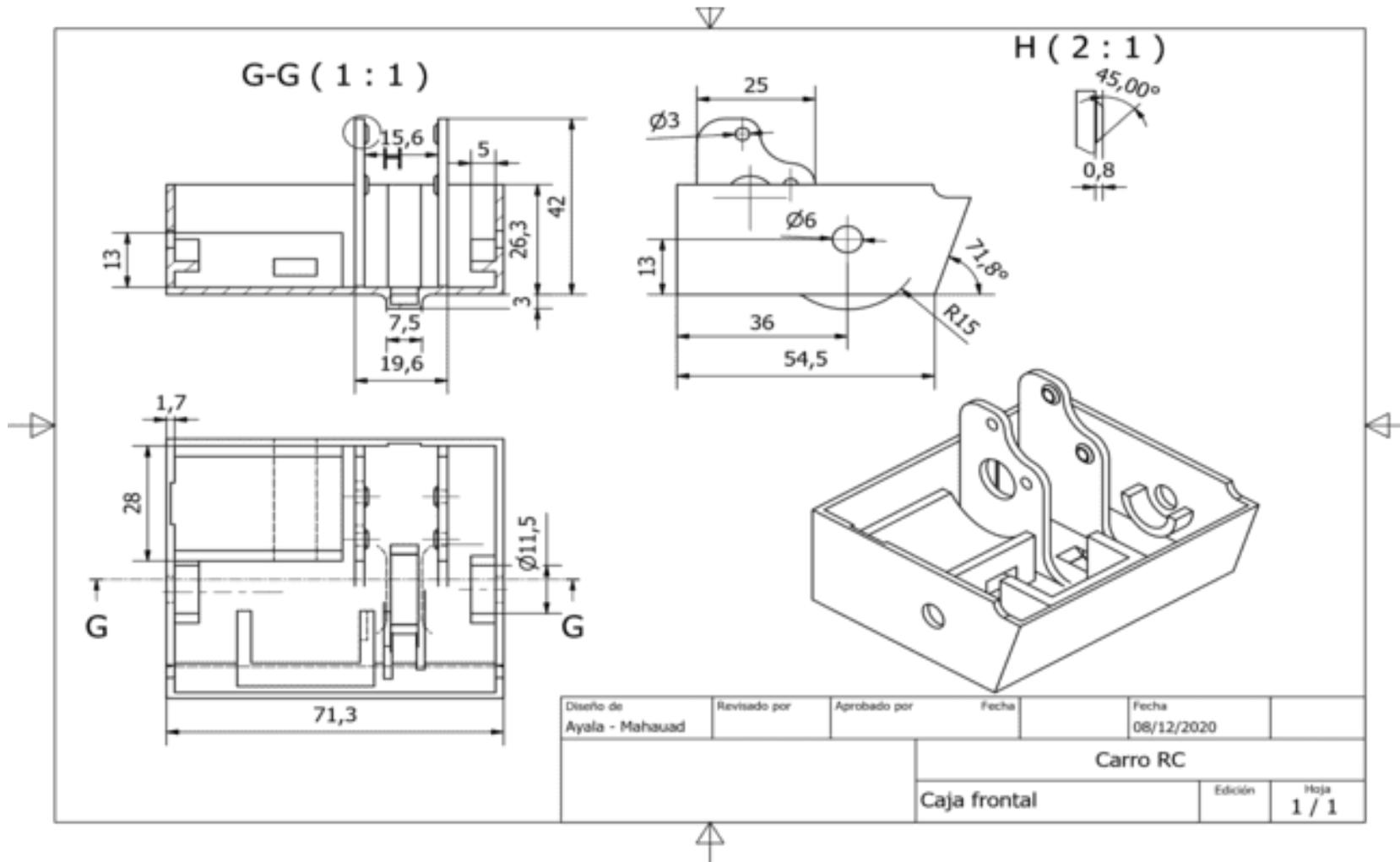
**ANEXO 4. Rin trasero**



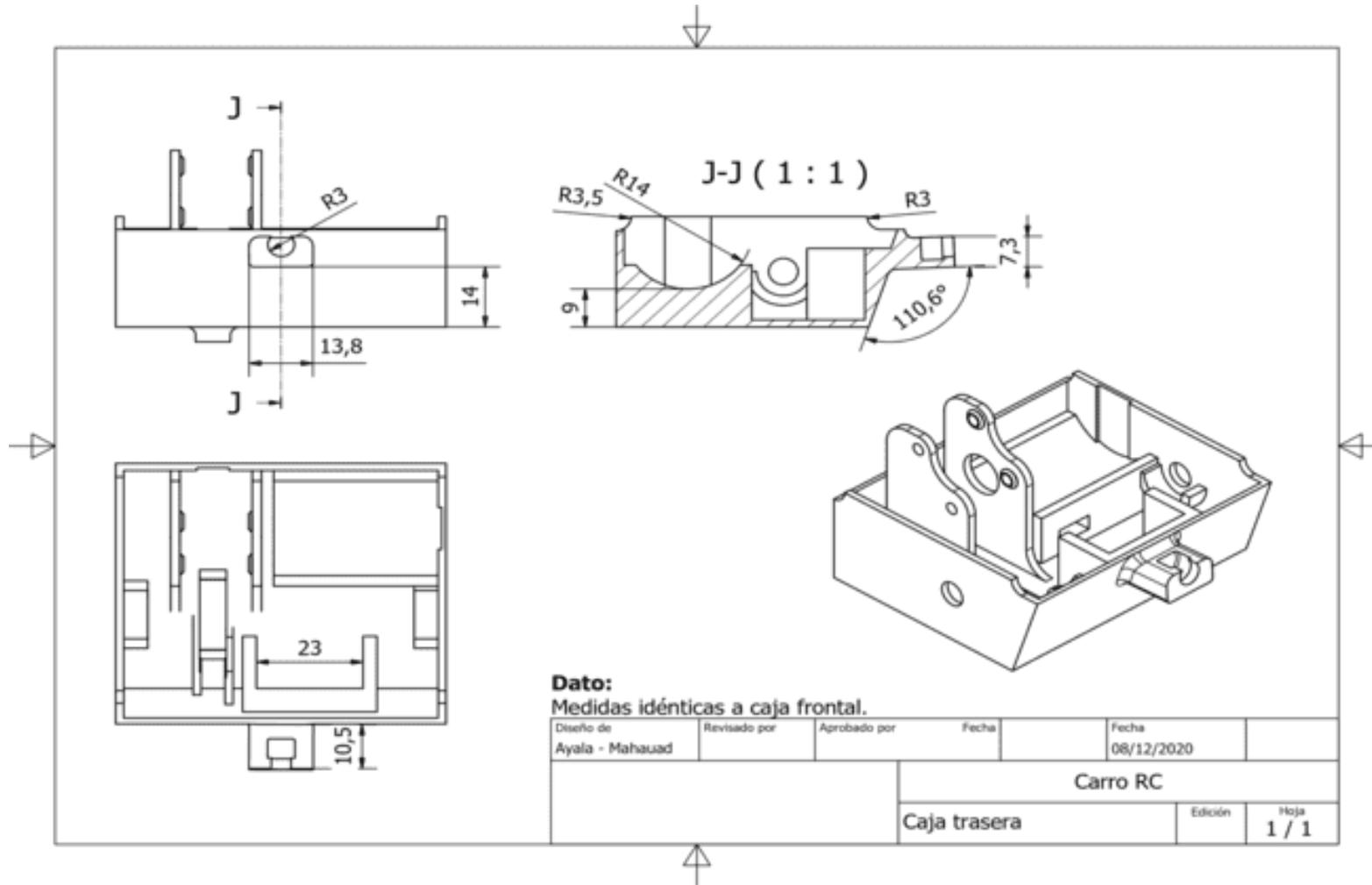
## ANEXO 5. Mangueta



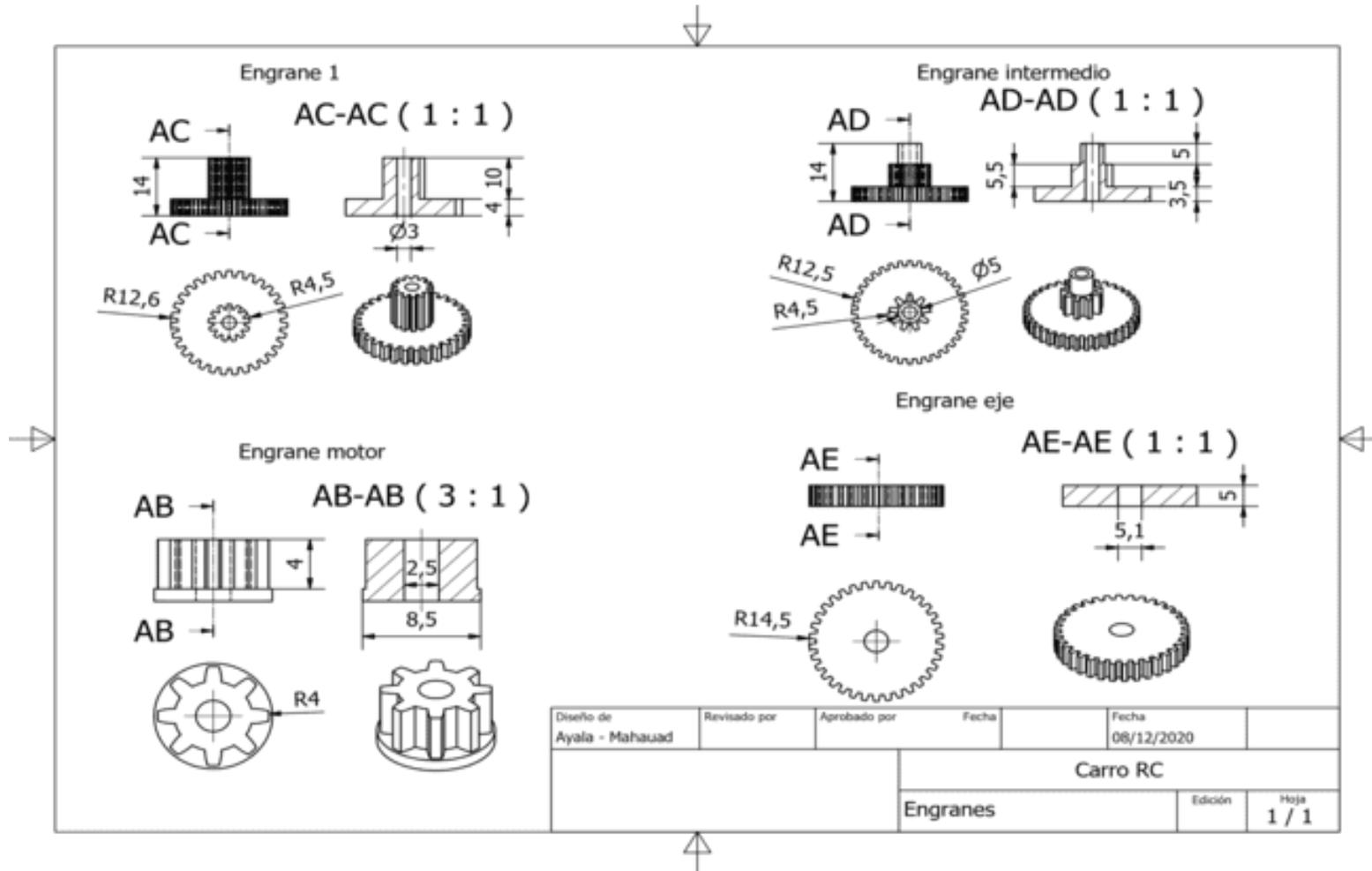
ANEXO 6. Caja delantera



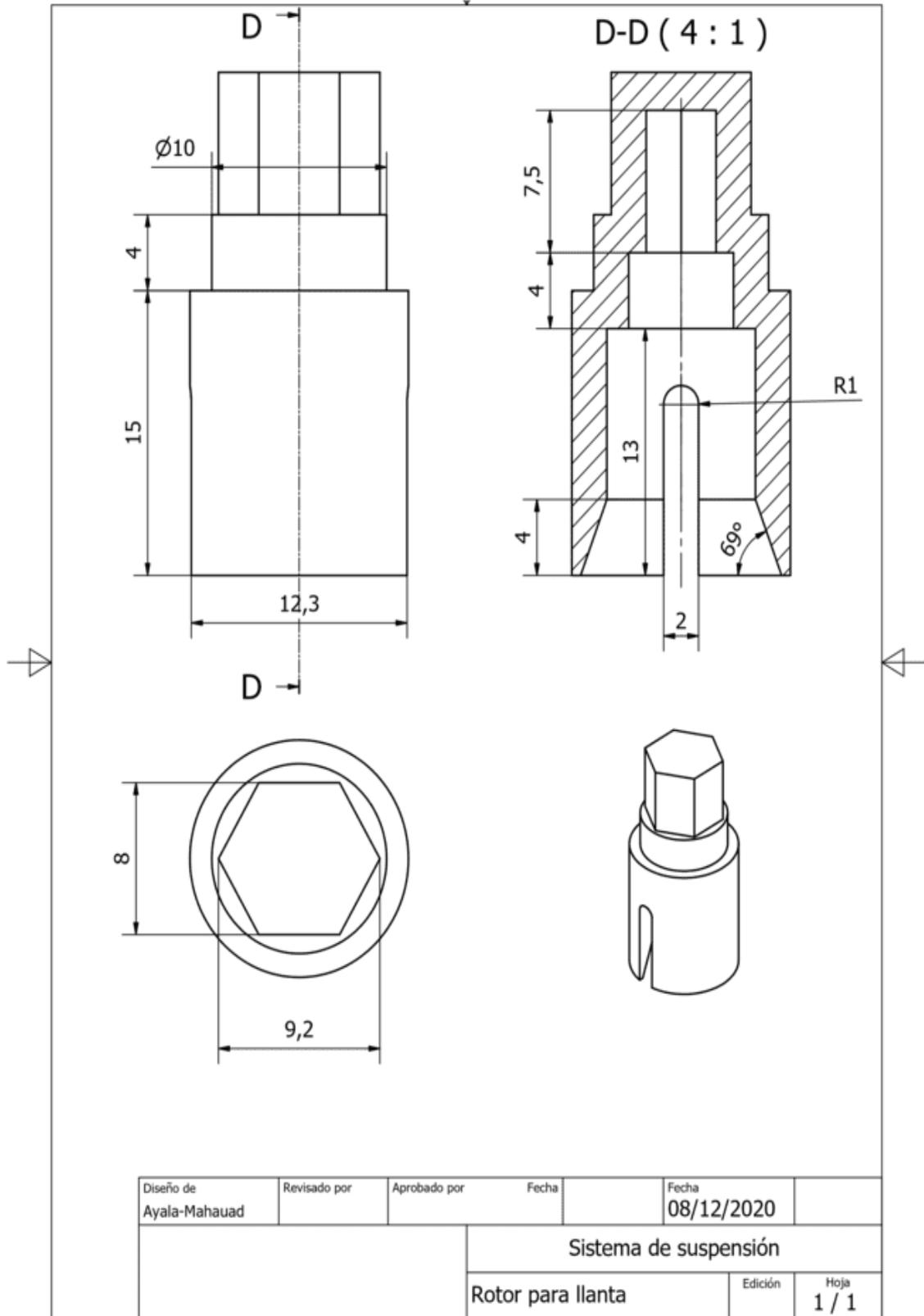
ANEXO 7. Caja Trasera



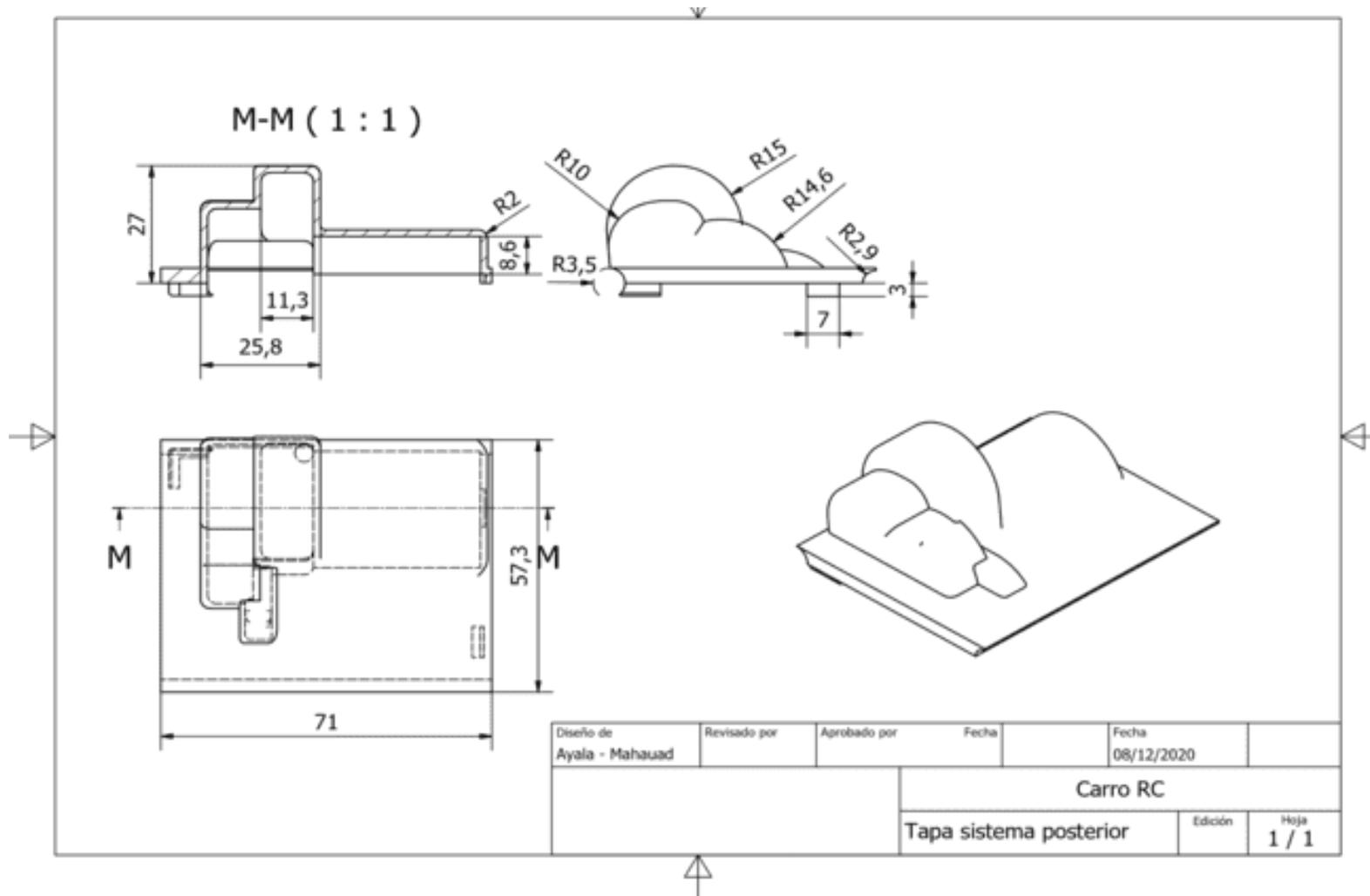
## ANEXO 8. Juego de Engranes



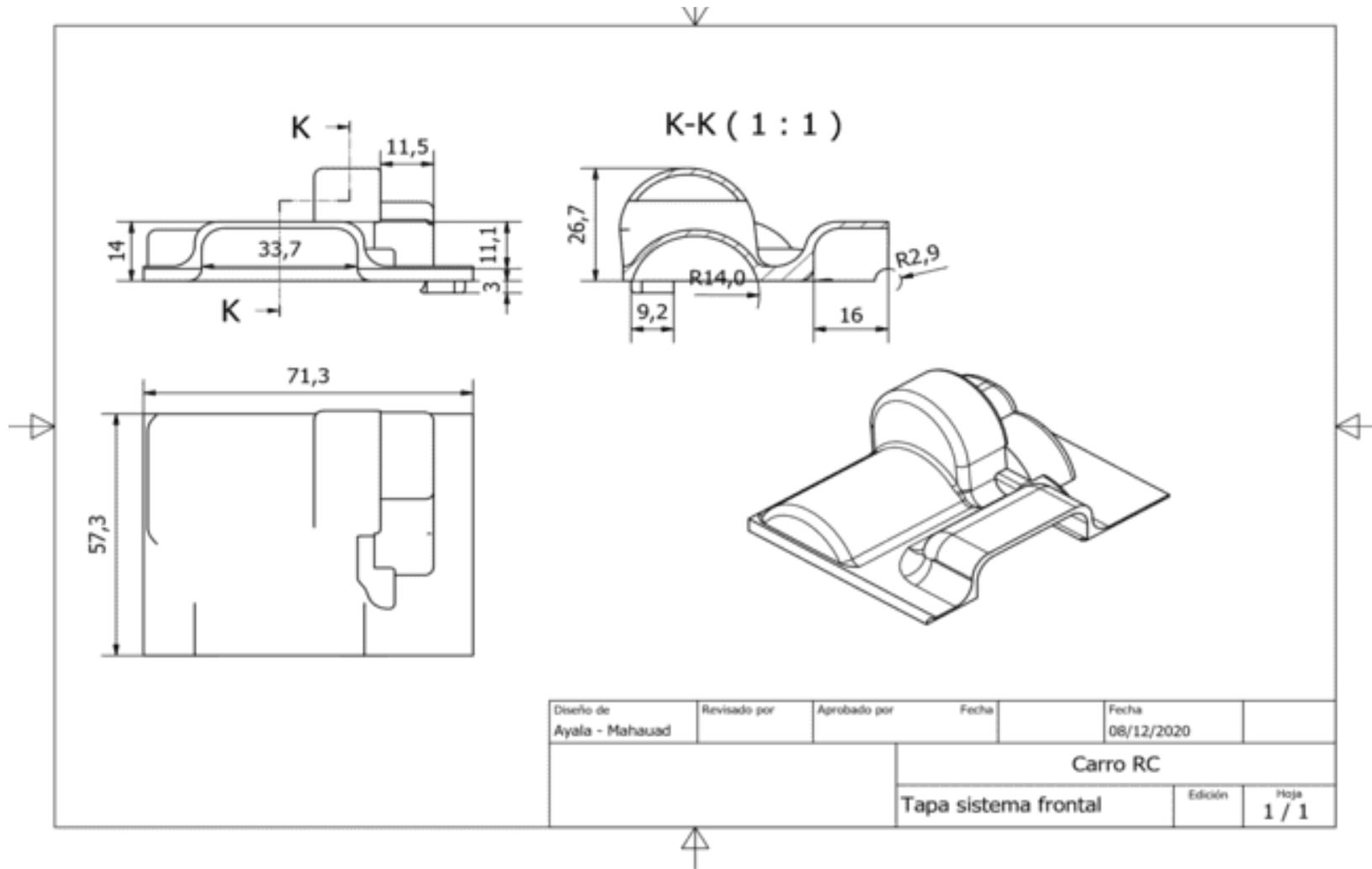
## ANEXO 9. Reten de la Mangueta



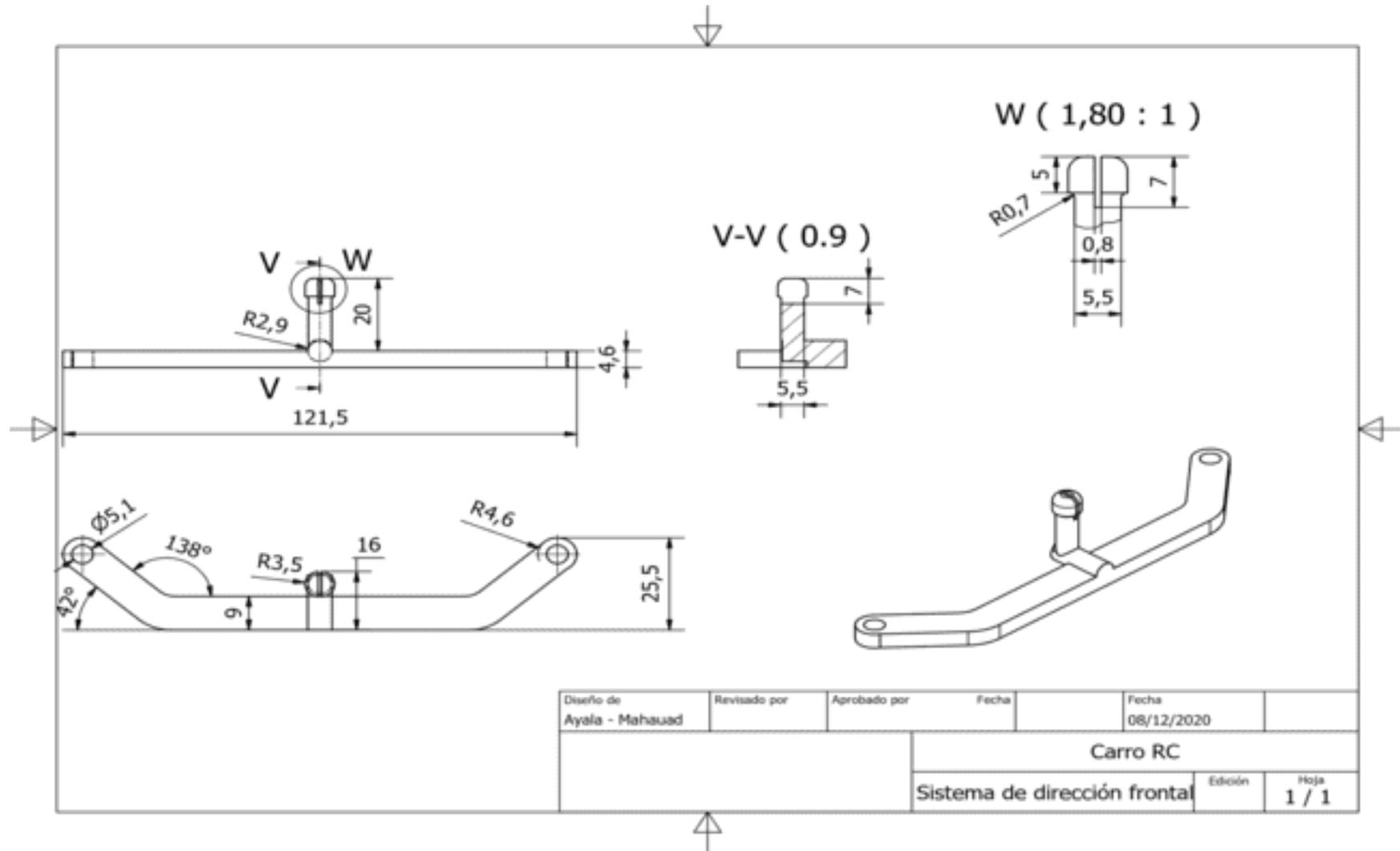
## ANEXO 10. Tapa Trasera



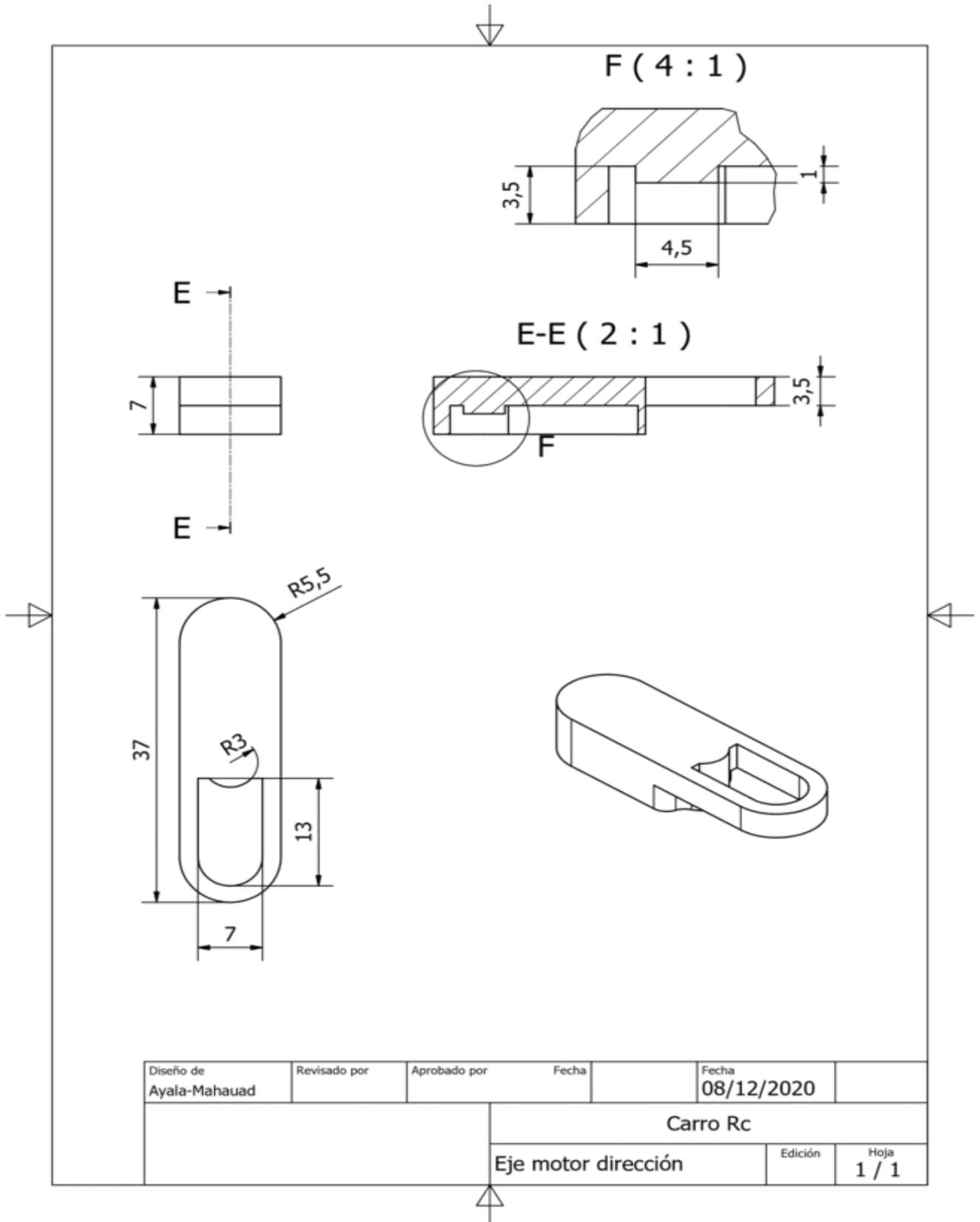
**ANEXO 11. Tapa delantera**



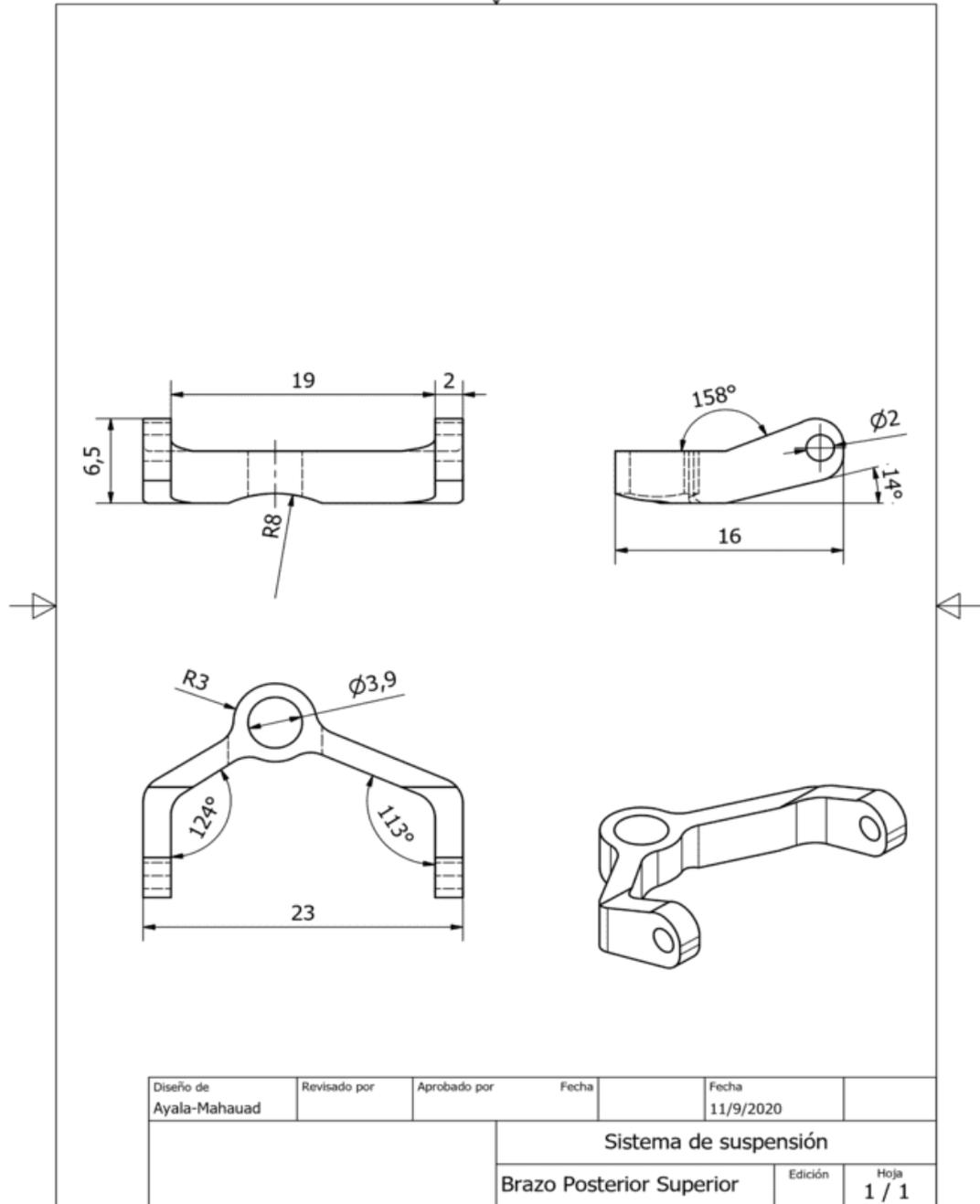
ANEXO 12. Eje de Dirección



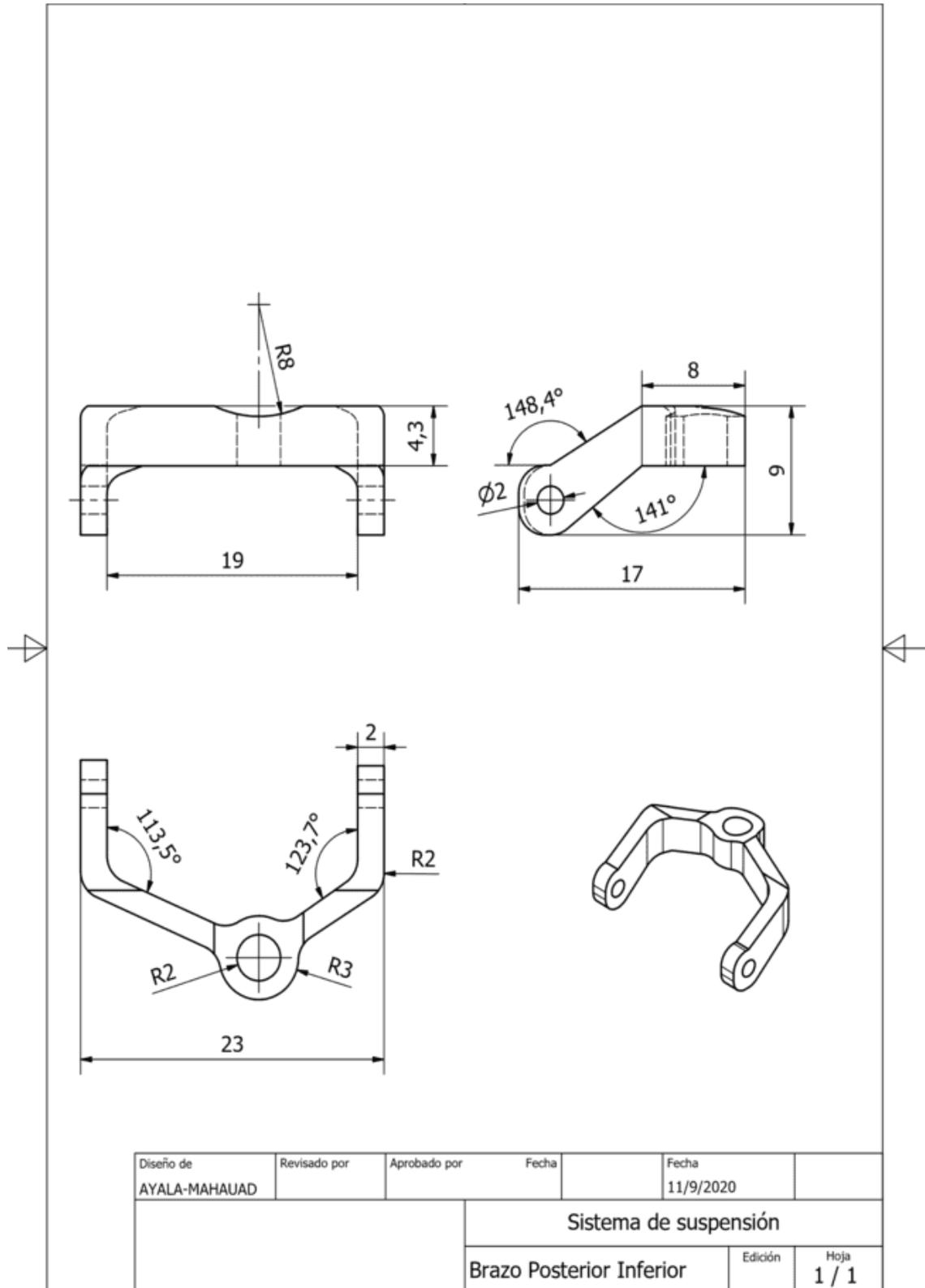
**ANEXO 13. Acople servo motor**



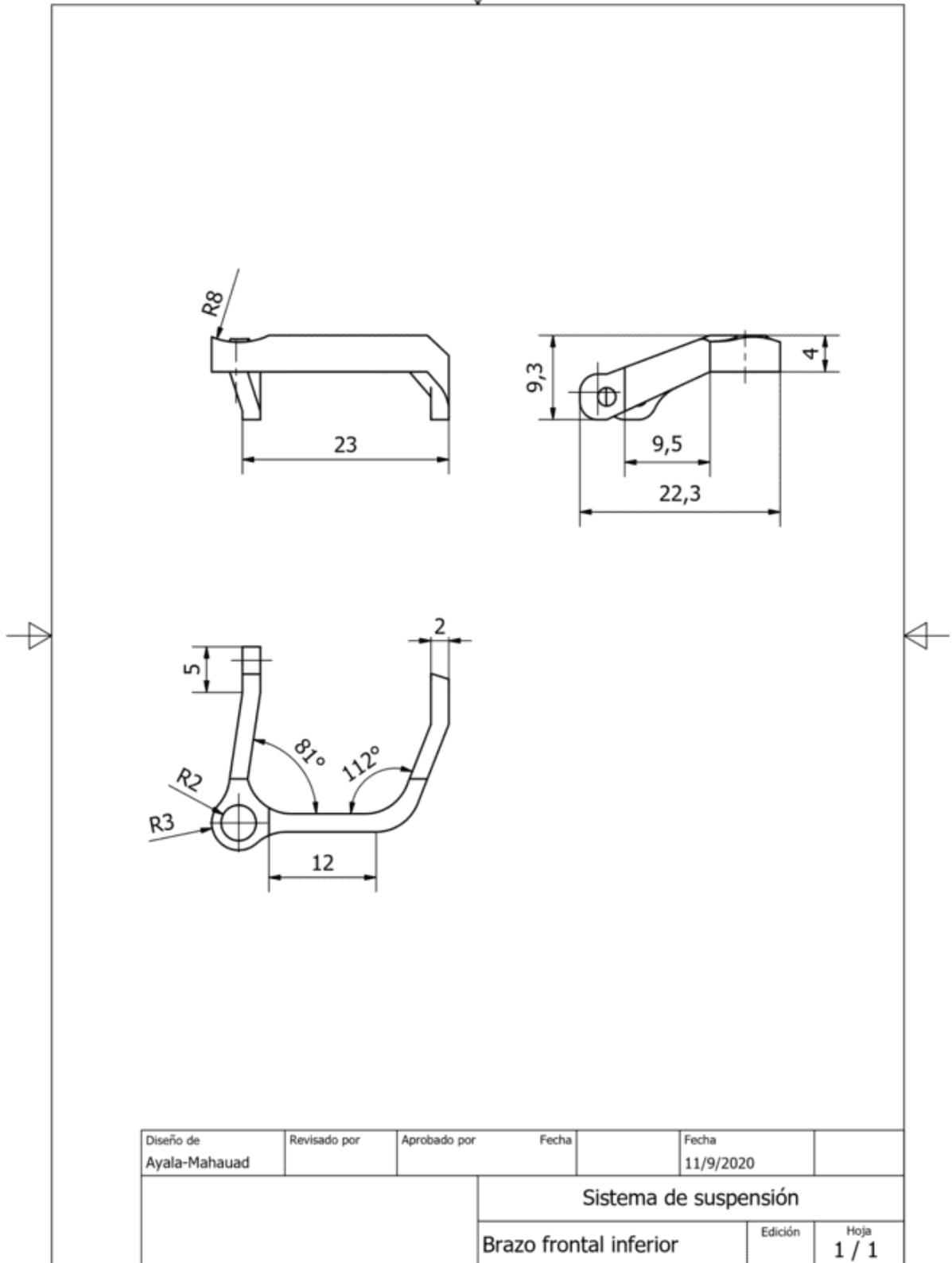
## ANEXO 14. Brazo superior trasero



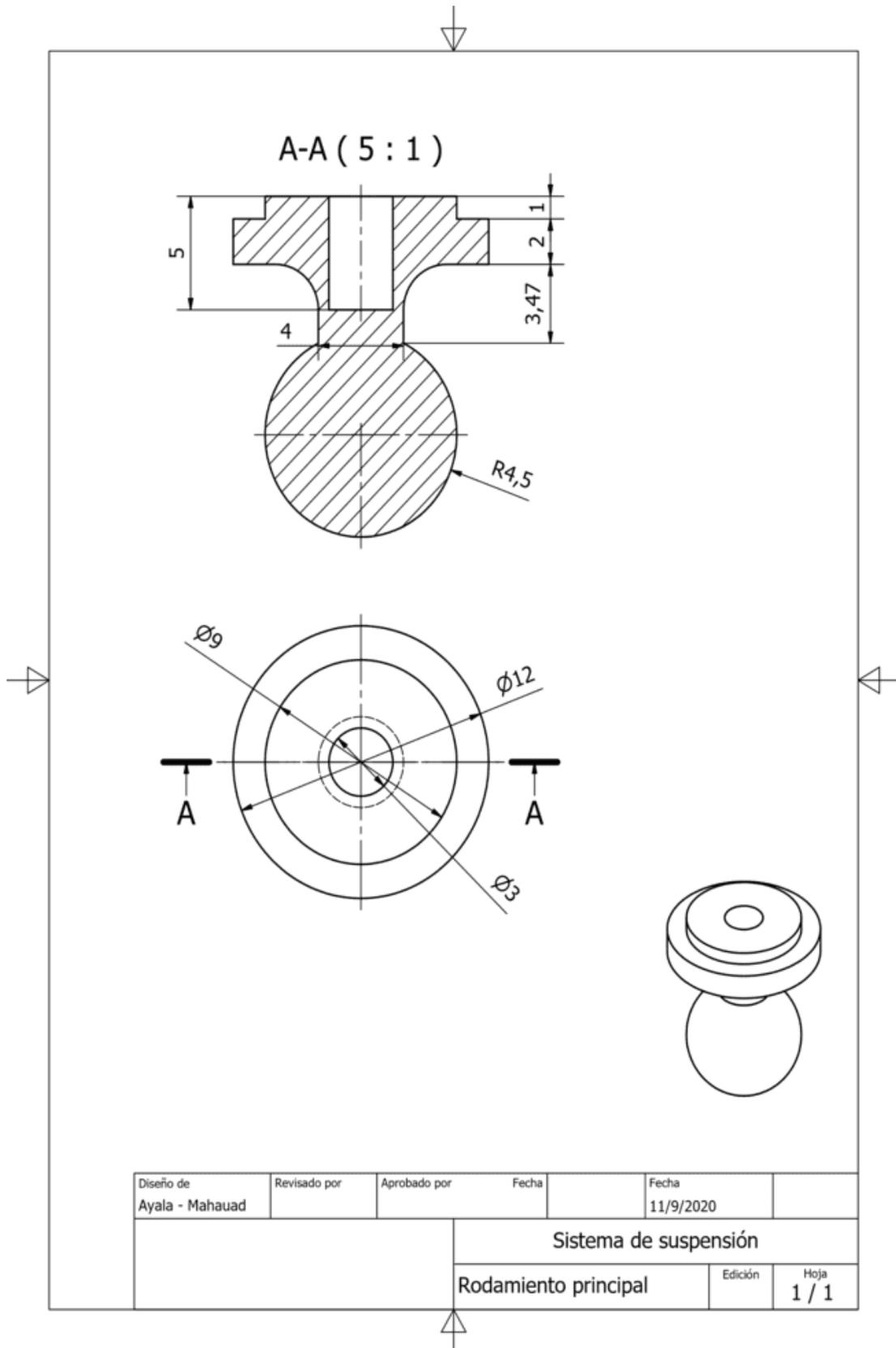
## ANEXO 15. Brazo trasero inferior



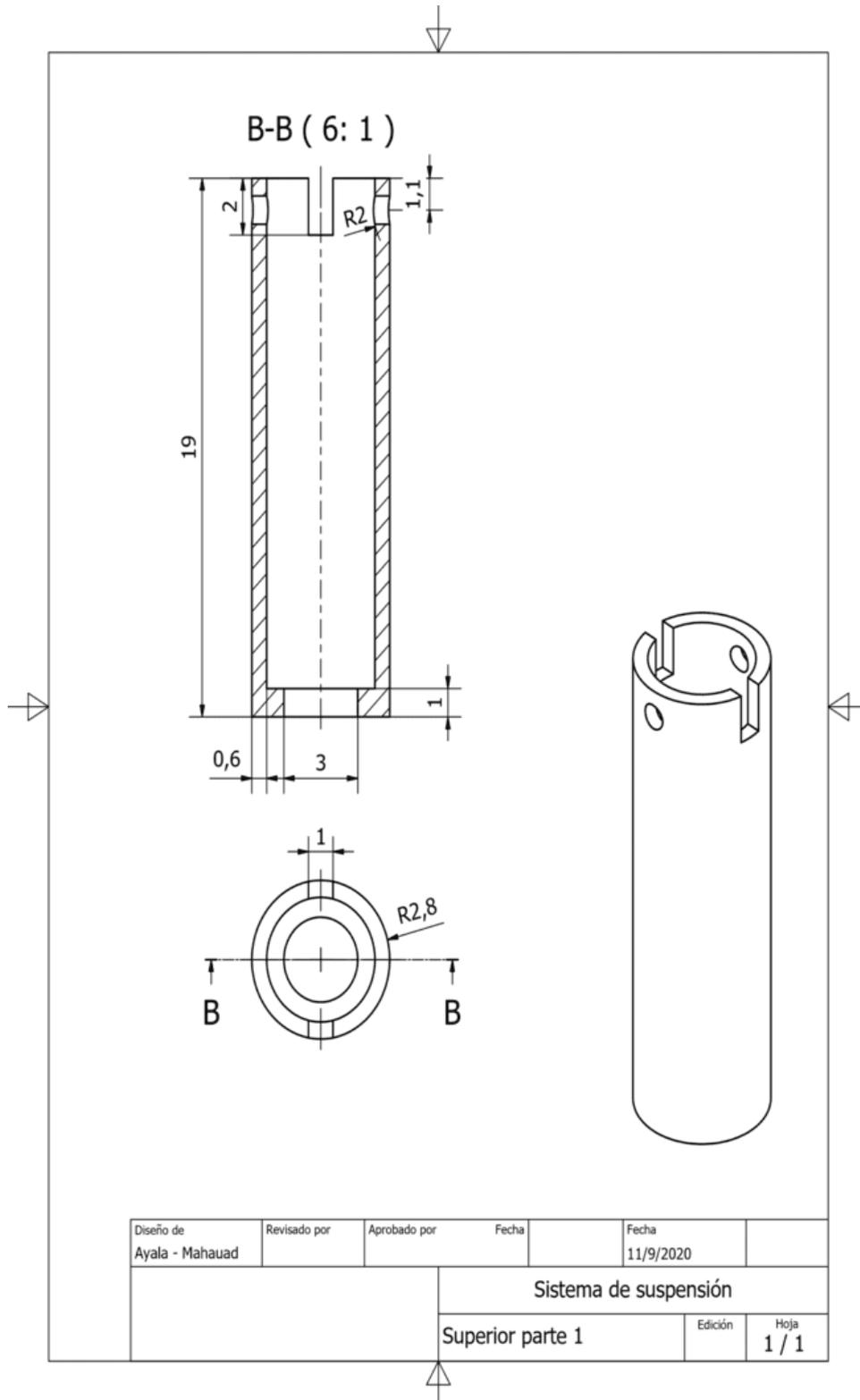
## ANEXO 16. Brazos Frontales



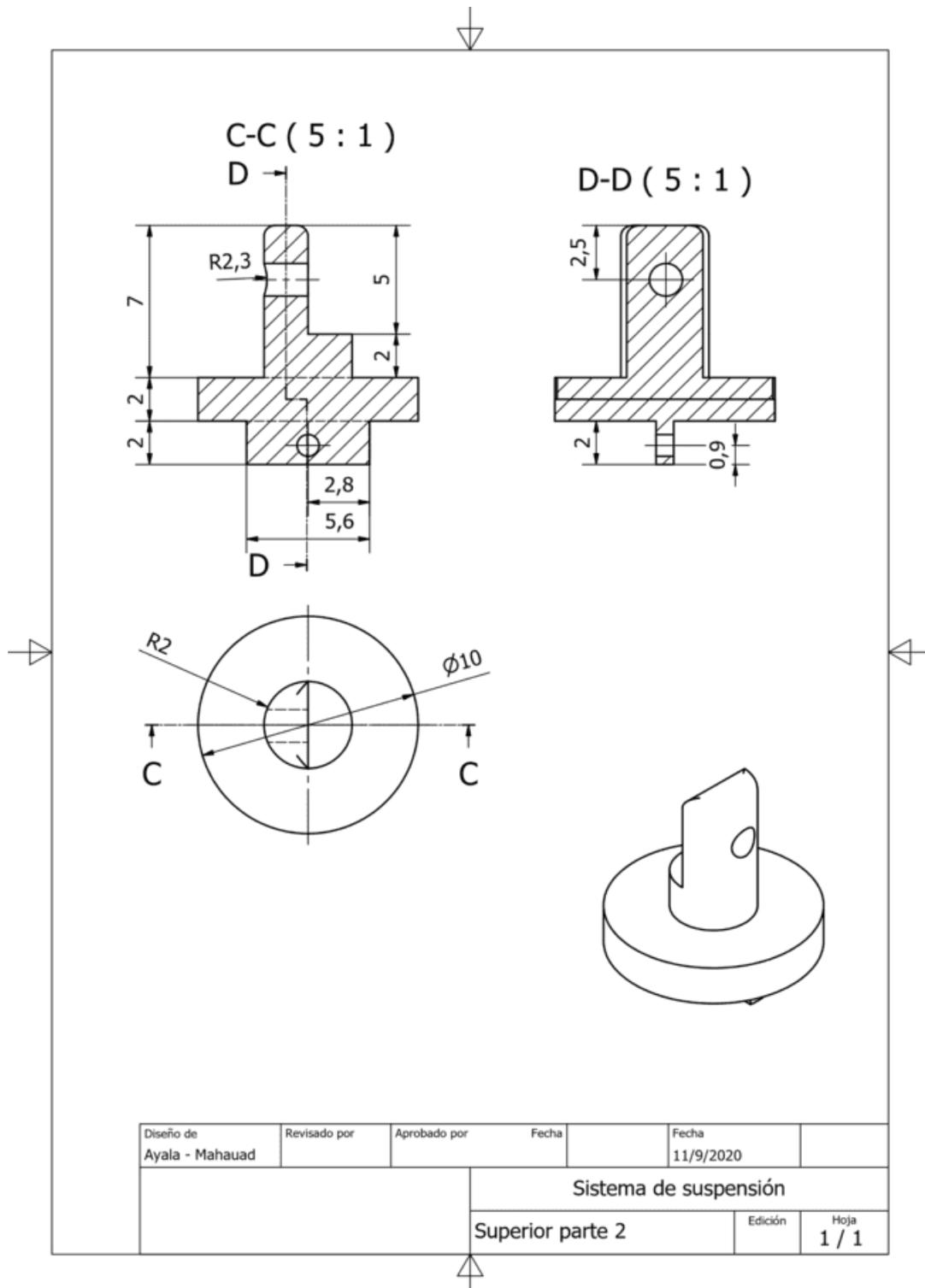
# ANEXO 17. Rodamiento principal



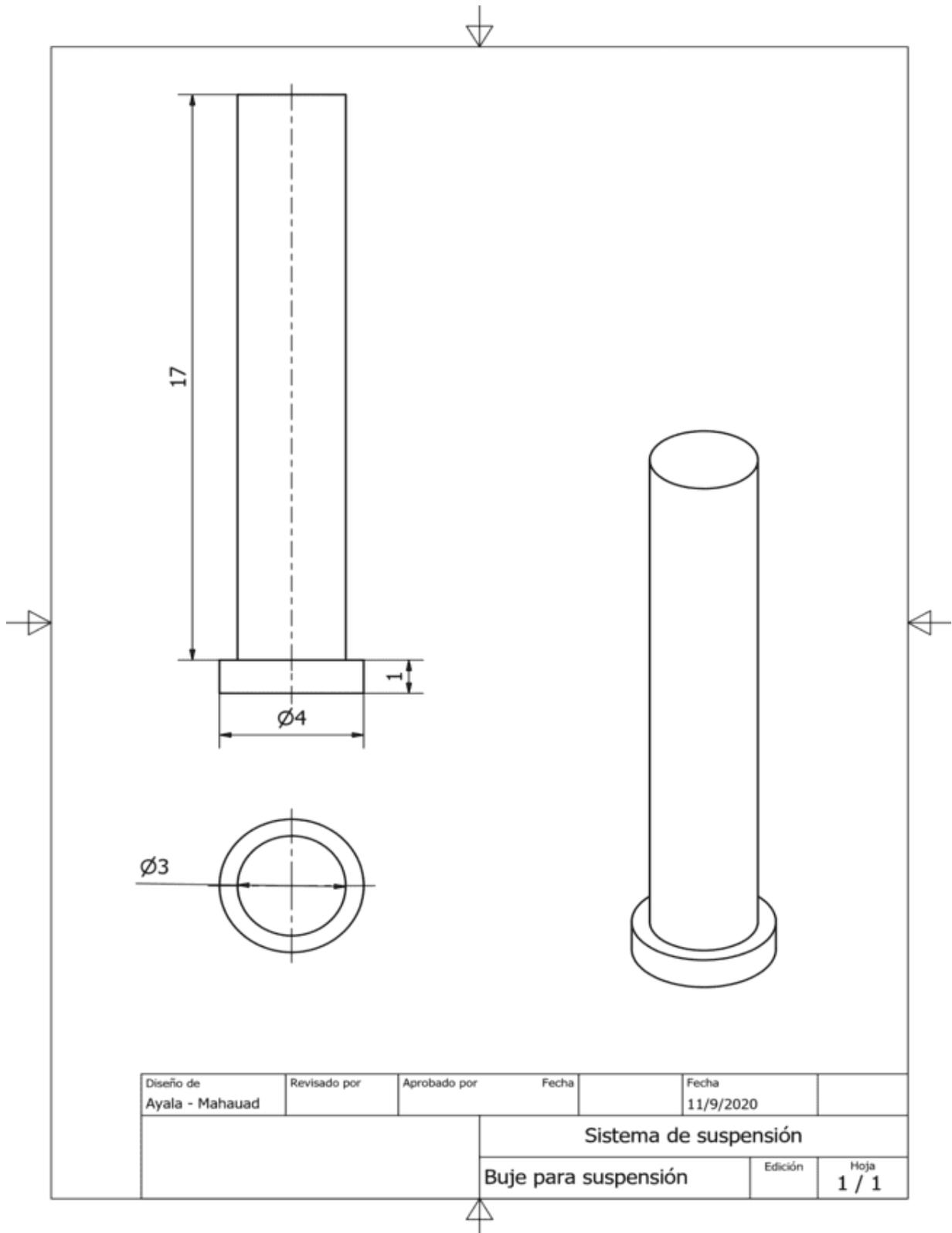
**ANEXO 18. Parte superior 1**



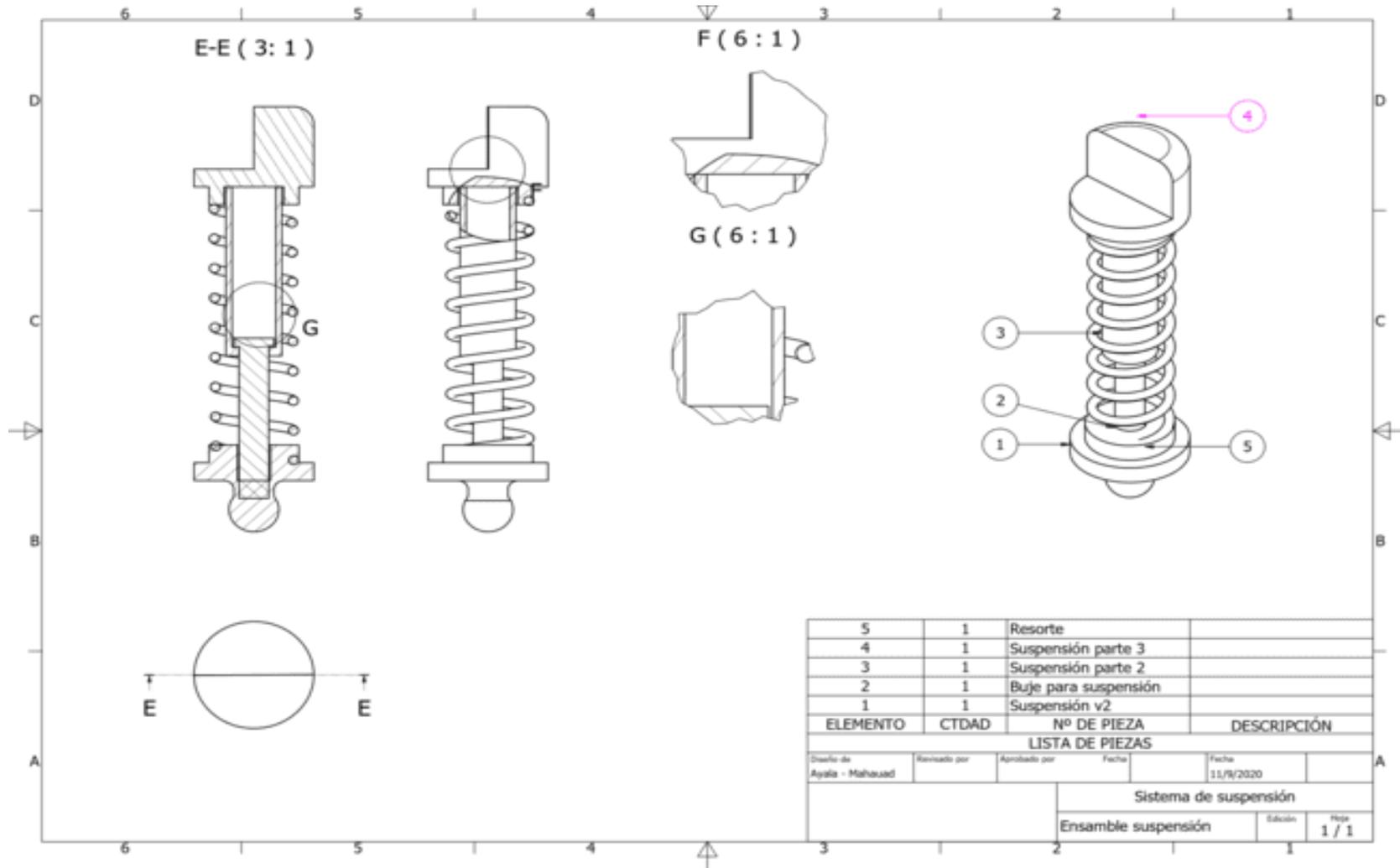
## ANEXO 19. Parte Superior 2



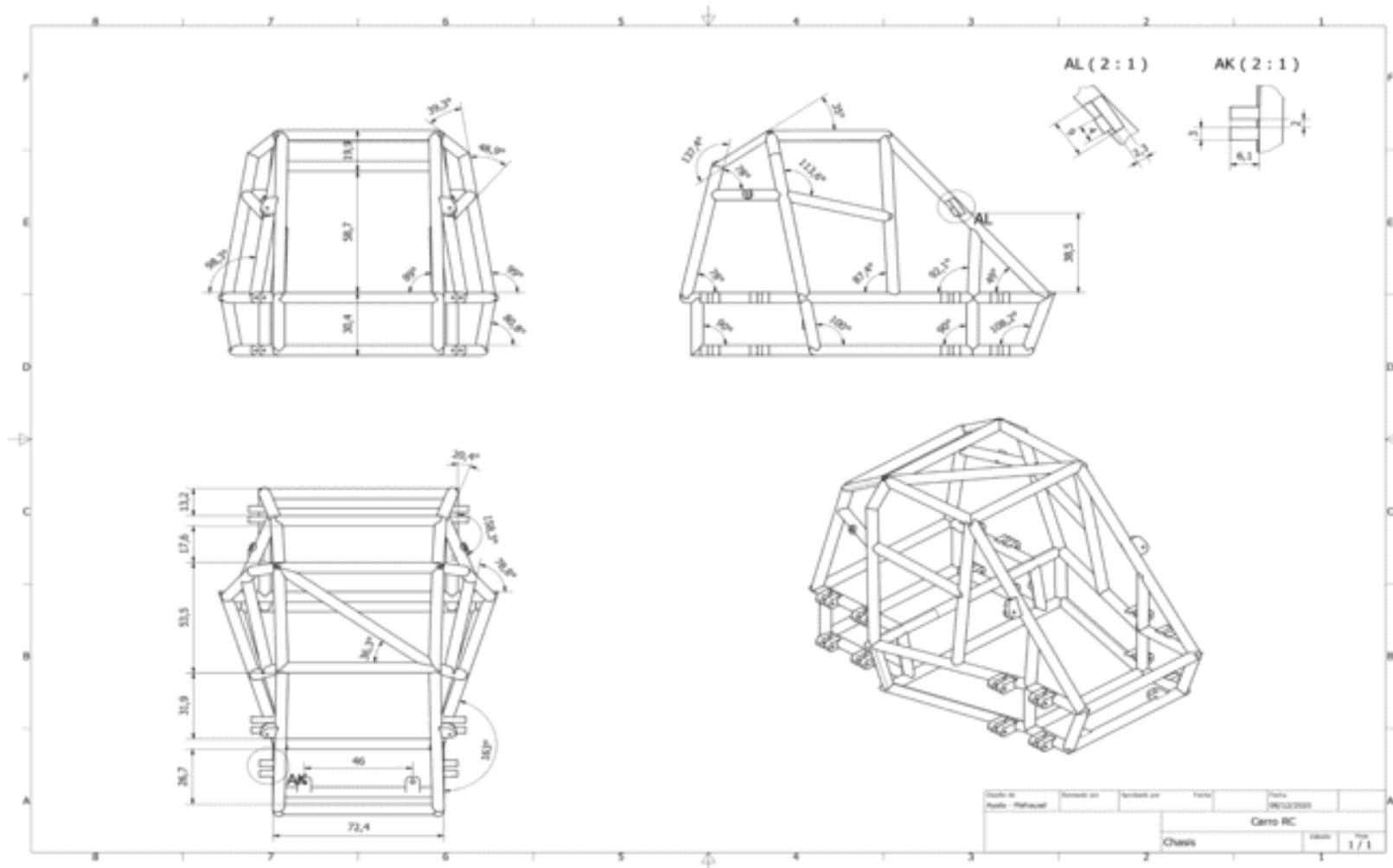
## ANEXO 20. Buje de suspensión



## ANEXO 21. Ensamble sistema de suspensión



## ANEXO 22. Chasis



## ANEXO 23. Programación Receptor

```
#include <SPI.h>

#include <nRF24L01.h>

#include <RF24.h>

const uint64_t pipeIn = 0xE8E8F0F0E1LL; //Remember that this code is the same as in the
transmitter

RF24 radio(8,7); //CSN and CE pins

// The sizeof this struct should not exceed 32 bytes
struct Received_data {
    byte ch1;
    byte ch2;
    byte ch3;
};

int ch1_value = 127;
int ch2_value = 127;
int servomotor = 4;

Received_data received_data;

// Variables Motor
```

```
int ENA = 3;

int IN1 = 5;

int IN2 = 6;

int ENB = 9;

int IN3 = 2;

int IN4 = 10;

/*****/

void setup()
{
    // the pin for the servo control

    //We reset the received values
    received_data.ch1 = 127;
    received_data.ch2 = 127;

    //Once again, begin and radio configuration
    radio.begin();

    radio.setAutoAck(false);

    radio.setDataRate(RF24_2MBPS);

    radio.openReadingPipe(1,pipeIn);

    //We start the radio communication
    radio.startListening();
```

```

pinMode (IN1, OUTPUT);

pinMode (IN2, OUTPUT);

pinMode (IN3, OUTPUT);

pinMode (IN4, OUTPUT);

}

/*****/

unsigned long last_Time = 0;

//We create the function that will read the data each certain time
void receive_the_data()
{
while ( radio.available() ) {
radio.read(&received_data, sizeof(Received_data));
last_Time = millis(); //Here we receive the data
}
}

/*****/

```

```

void loop()
{

//Receive the radio data

receive_the_data();

//move_direccion();

ch1_value = map(received_data.ch1,0,255,0,1024);

int val = ch1_value;

int ch3_value = map(received_data.ch3,0,255,0,1024);;

if( ch3_value == 0 ){

    if ( val > 800 ){

        AdelanteA();

    }

    if( val >= 200 and val <= 800 ){

        digitalWrite (IN1, LOW);

        digitalWrite (IN2, LOW);

        analogWrite (ENA, 0); //Velocidad motor A

    }

    if ( val < 200 ){

        AtrasA();

    }

}

else if( ch3_value == 1024 ){

    if ( val > 800 ){

        AdelanteB();

```

```

}

else if( val >= 200 and val <= 800 ){

digitalWrite (IN3, LOW);

digitalWrite (IN4, LOW);

analogWrite (ENB, 0); //Velocidad motor A

}

else if ( val < 200 ){

AtrasB();

}

}

else if( ch3_value > 0 && ch3_value < 1024){

if ( val > 800 ){

AdelanteA();

AdelanteB();

}

else if( val >= 200 and val <= 800 ){

digitalWrite (IN1, LOW);

digitalWrite (IN2, LOW);

analogWrite (ENA, 0); //Velocidad motor A

digitalWrite (IN3, LOW);

digitalWrite (IN4, LOW);

analogWrite (ENB, 0); //Velocidad motor B

}

else if ( val < 200 ){

AtrasA();

```

```

    AtrasB();

}

}

ch2_value = map(received_data.ch2,0,255,0,1024);

if (ch2_value < 200 ){

    movePulse(150);

}

else if (ch2_value > 800 ){

    movePulse(30);

}

else if (ch2_value >= 200 && ch2_value <= 800){

    movePulse(120);

}

} //Loop end

void movePulse(int x){

    int del = (7*x)+500;

    for(int pulseCounter = 0; pulseCounter <= 50; pulseCounter++){

        digitalWrite(4, HIGH);

        delayMicroseconds(del);

        digitalWrite(4, LOW);

    }

}

```

```
void AdelanteA ()  
{  
  //Direccion motor A  
  digitalWrite (IN1, HIGH);  
  digitalWrite (IN2, LOW);  
  analogWrite (ENA, 255); //Velocidad motor A  
}
```

```
void AtrasA ()  
{  
  //Direccion motor A  
  digitalWrite (IN1, LOW);  
  digitalWrite (IN2, HIGH);  
  analogWrite (ENA, 255); //Velocidad motor A  
}
```

```
void AdelanteB ()  
{  
  //Direccion motor A  
  digitalWrite (IN3, HIGH);  
  digitalWrite (IN4, LOW);  
  analogWrite (ENB, 255); //Velocidad motor A  
}
```

```
void AtrasB ()
```

```
{  
  //Direccion motor A  
  digitalWrite (IN3, LOW);  
  digitalWrite (IN4, HIGH);  
  analogWrite (ENB, 255); //Velocidad motor A  
}
```

## ANEXO 24. Programación Transmisor

```
#include <SPI.h>
```

```
#include <nRF24L01.h>
```

```
#include <RF24.h>
```

```
const uint64_t my_radio_pipe = 0xE8E8F0F0E1LL; //Remember that this code should be  
the same for the receiver
```

```
RF24 radio(10, 9);
```

```
int xPin = A0;
```

```
int yPin = A2;
```

```
int buttonA = 2;
```

```
int buttonB = 3;
```

```
int buttonC = 4;
```

```
int xPosition = 0;
```

```
int yPosition = 0;
```

```
// The sizeof this struct should not exceed 32 bytes
```

```
struct Data_to_be_sent {
```

```
    byte ch1;
```

```
    byte ch2;
```

```
    byte ch3;
```

```
};
```

```
Data_to_be_sent sent_data;
```

```
void setup()
```

```
{
```

```
  radio.begin();
```

```
  radio.setAutoAck(false);
```

```
  radio.setDataRate(RF24_2MBPS);
```

```
  radio.openWritingPipe(my_radio_pipe);
```

```
  sent_data.ch1 = 0;
```

```
  pinMode(xPin, INPUT);
```

```
  pinMode(yPin, INPUT);
```

```
}
```

```
void loop()
```

```
{
```

```
  if( digitalRead(buttonB) == LOW && digitalRead(buttonA) == HIGH &&  
digitalRead(buttonC) == HIGH){
```

```
    yPosition = analogRead(xPin);
```

```
    xPosition = analogRead(yPin);
```

```
    sent_data.ch1 = map(yPosition , 0, 1024, 0, 255);
```

```
    sent_data.ch2 = map(xPosition , 0, 1024, 0, 255);
```

```
    sent_data.ch3 = map(0 , 0, 1024, 0, 255);
```

```
    radio.write(&sent_data, sizeof(Data_to_be_sent));
```

```
}
```

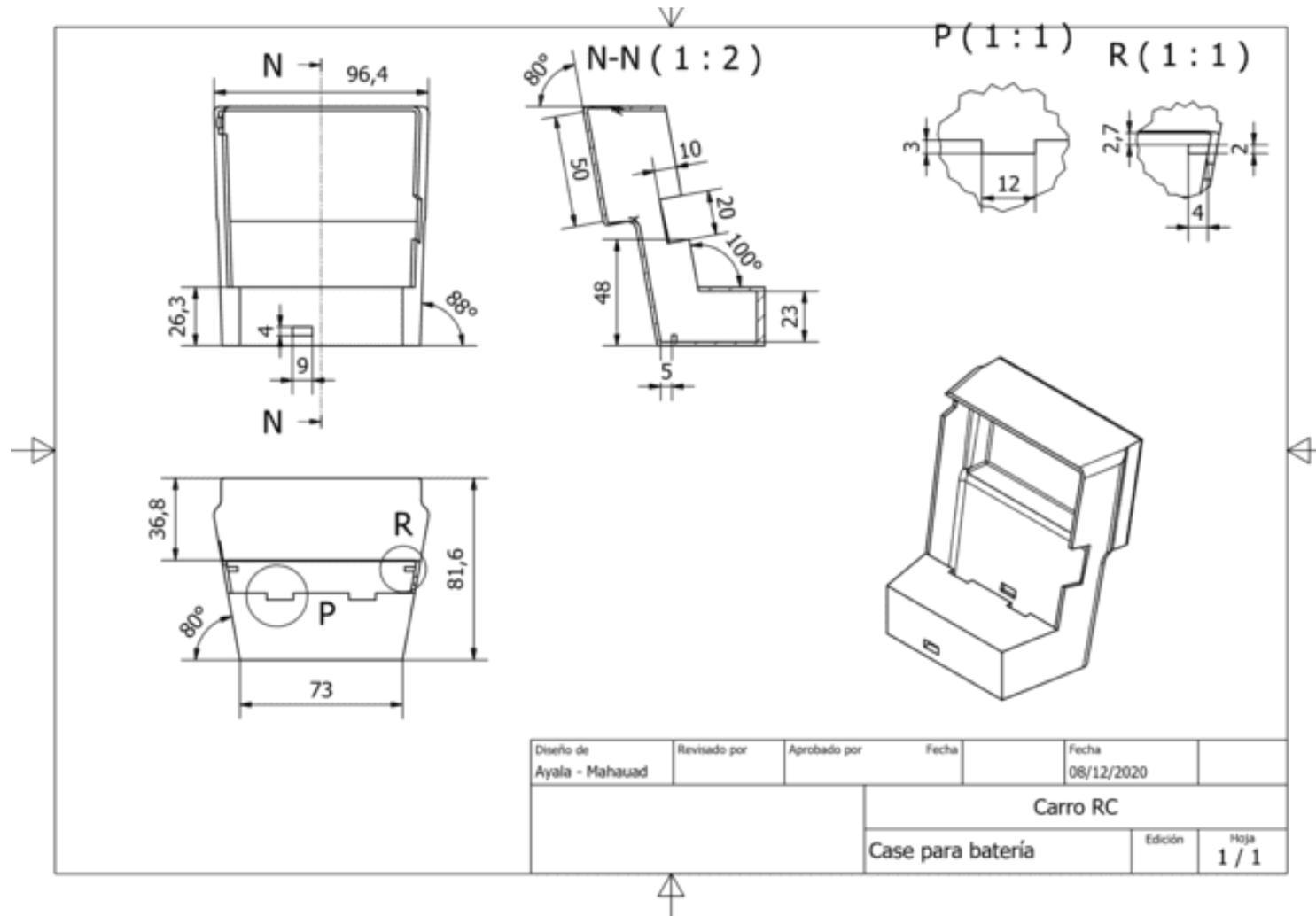
```

else if( digitalRead(buttonC) == LOW && digitalRead(buttonA) == HIGH &&
digitalRead(buttonB) == HIGH){
    yPosition = analogRead(xPin);
    xPosition = analogRead(yPin);
    sent_data.ch1 = map(yPosition , 0, 1024, 0, 255);
    sent_data.ch2 = map(xPosition , 0, 1024, 0, 255);
    sent_data.ch3 = map(1024 , 0, 1024, 0, 255);
    radio.write(&sent_data, sizeof(Data_to_be_sent));
}

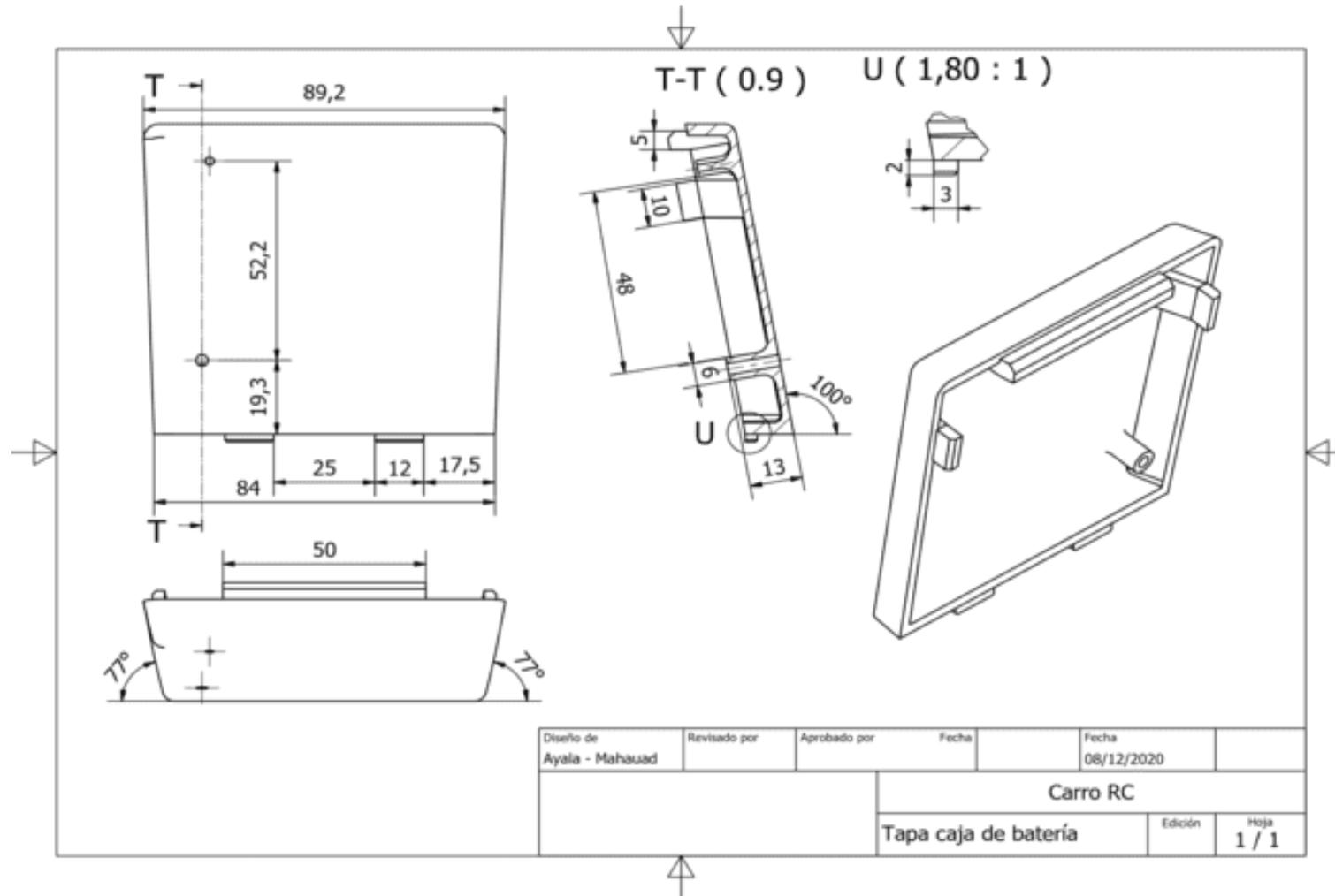
else if( digitalRead(buttonA) == LOW && digitalRead(buttonB) == HIGH &&
digitalRead(buttonC) == HIGH){
    yPosition = analogRead(xPin);
    xPosition = analogRead(yPin);
    sent_data.ch1 = map(yPosition , 0, 1024, 0, 255);
    sent_data.ch2 = map(xPosition , 0, 1024, 0, 255);
    sent_data.ch3 = map(512 , 0, 1024, 0, 255);
    radio.write(&sent_data, sizeof(Data_to_be_sent));
}
}

```

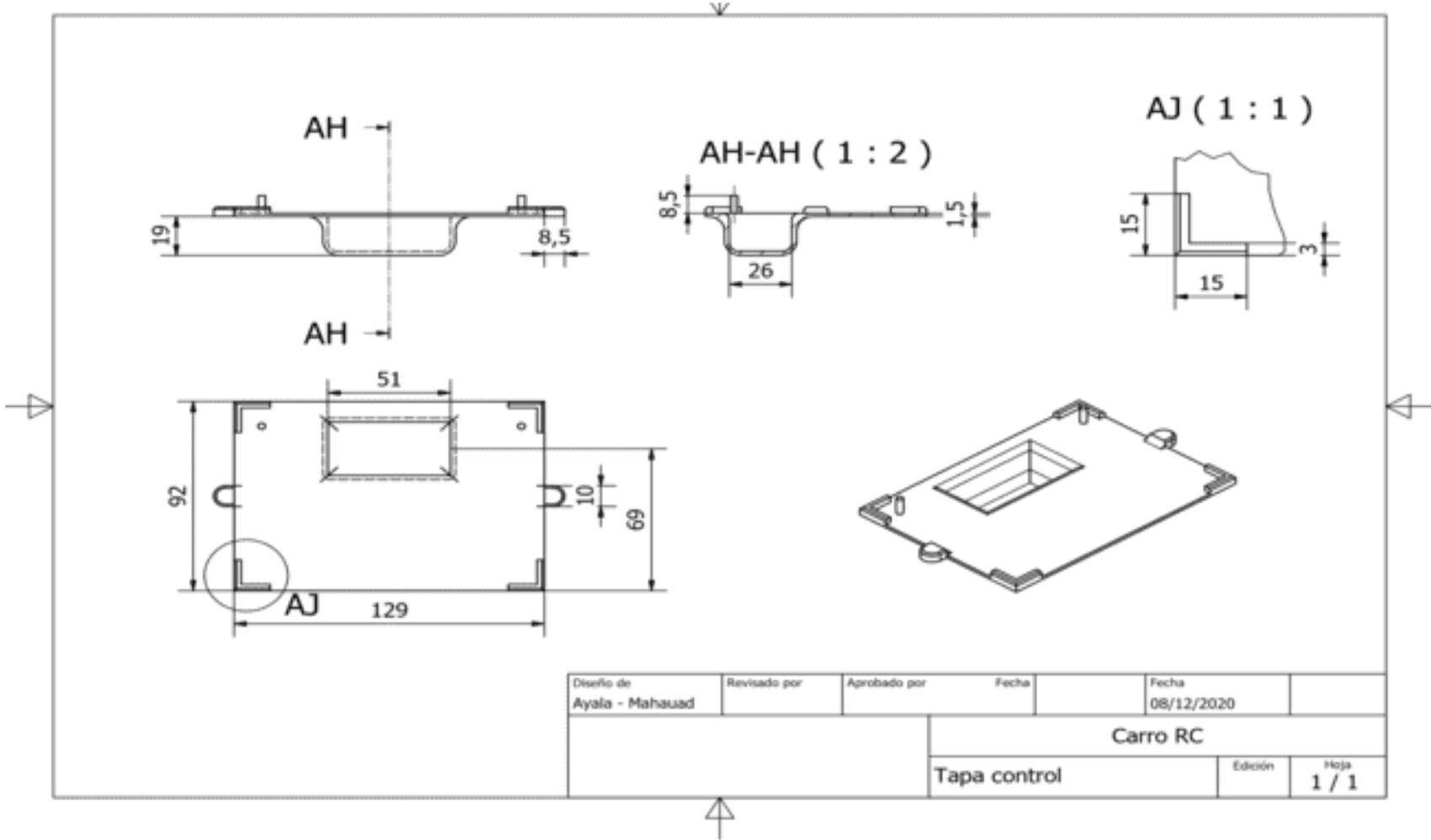
ANEXO 25. Caja porta placa y batería



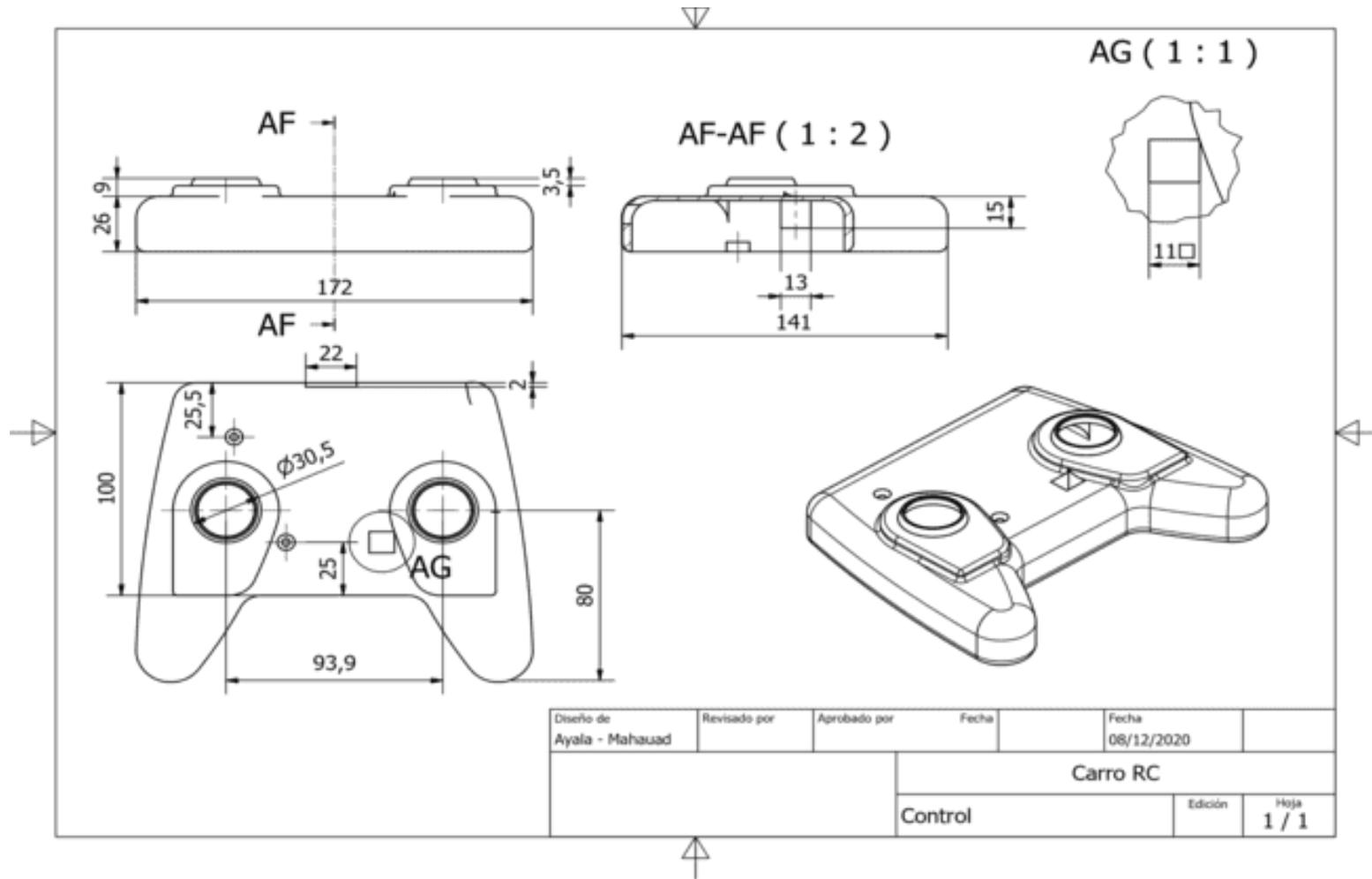
**ANEXO 26. Tapa caja porta placa y baterías**



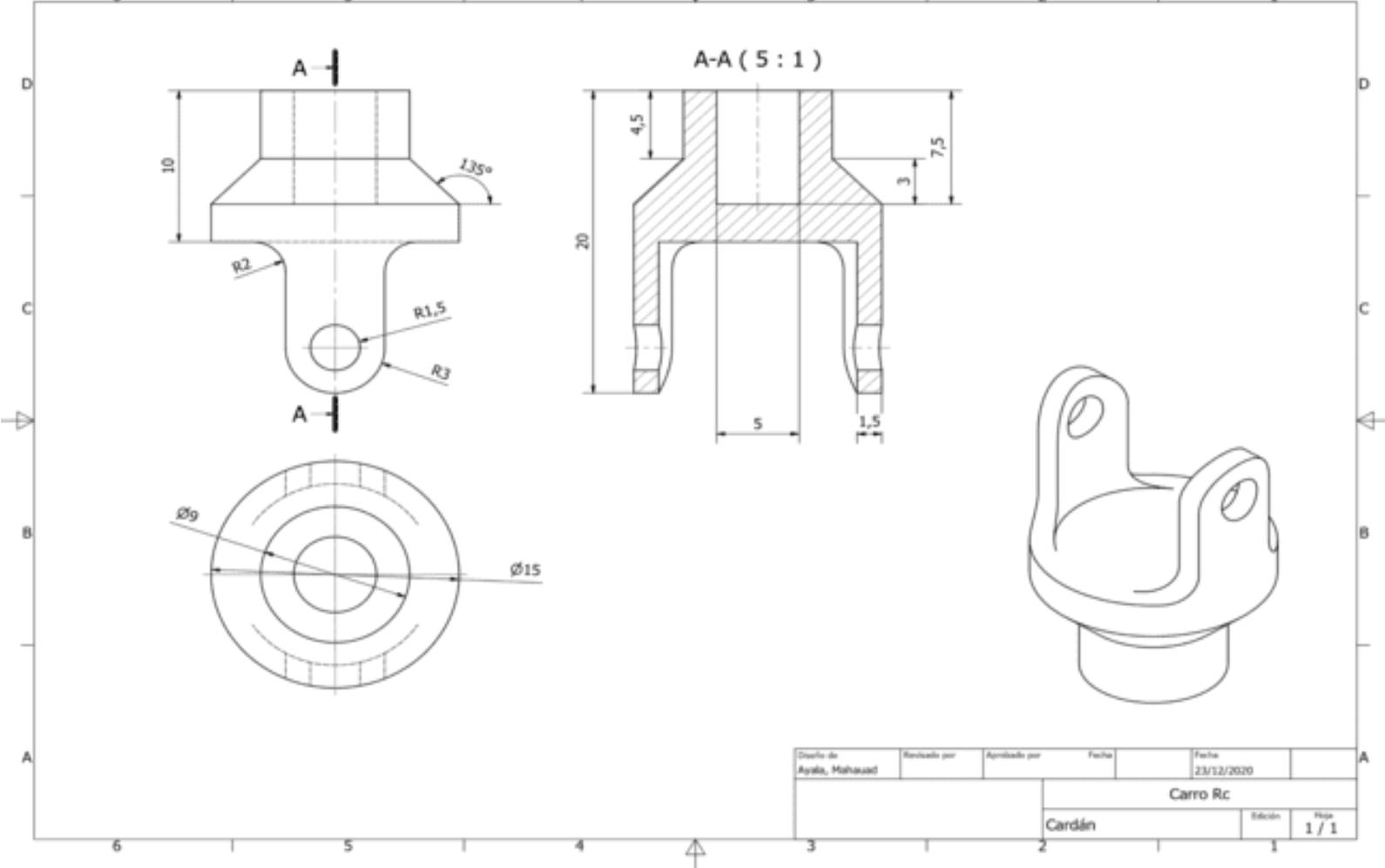
**ANEXO 27. Tapa trasera Control**



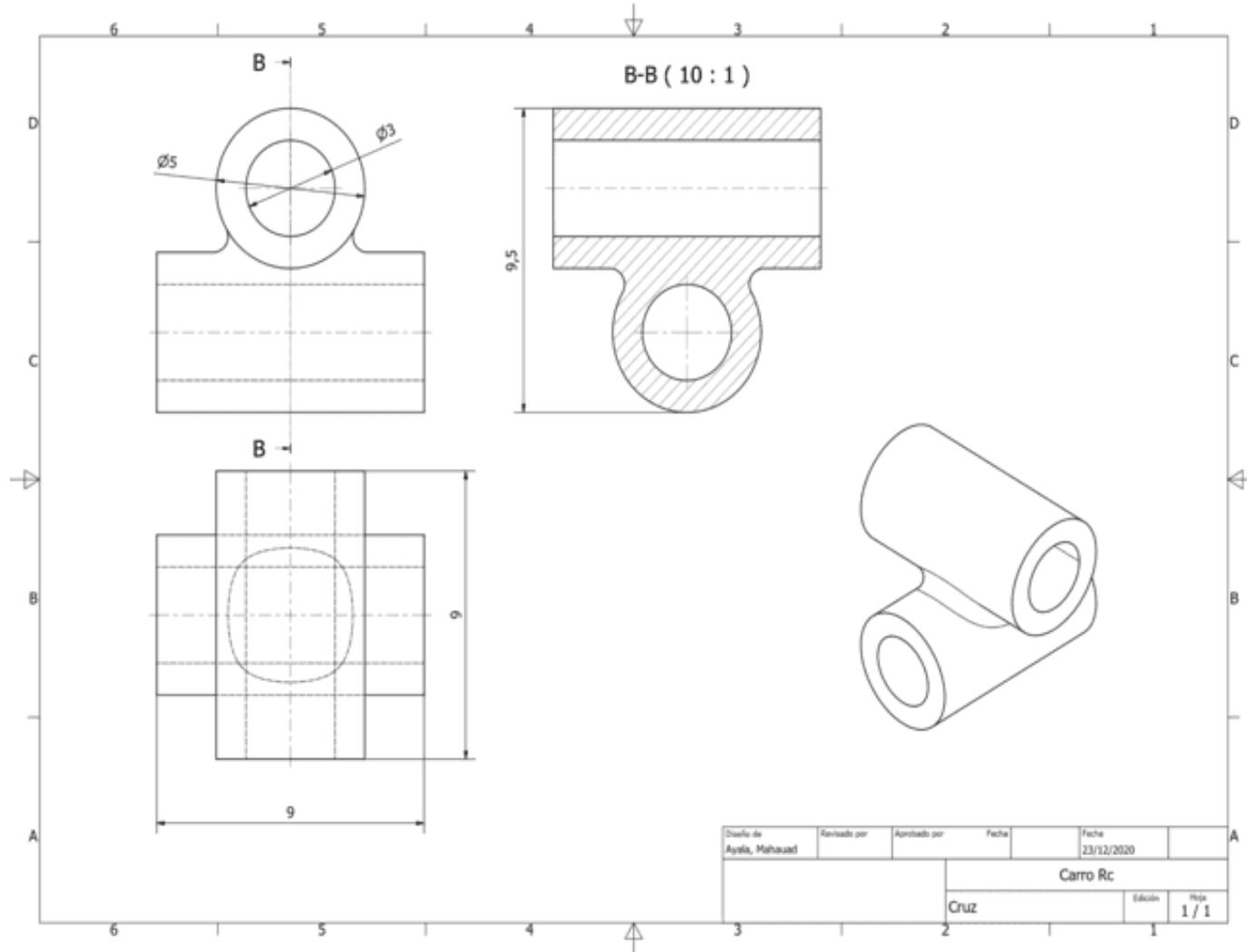
**ANEXO 28. Mando**



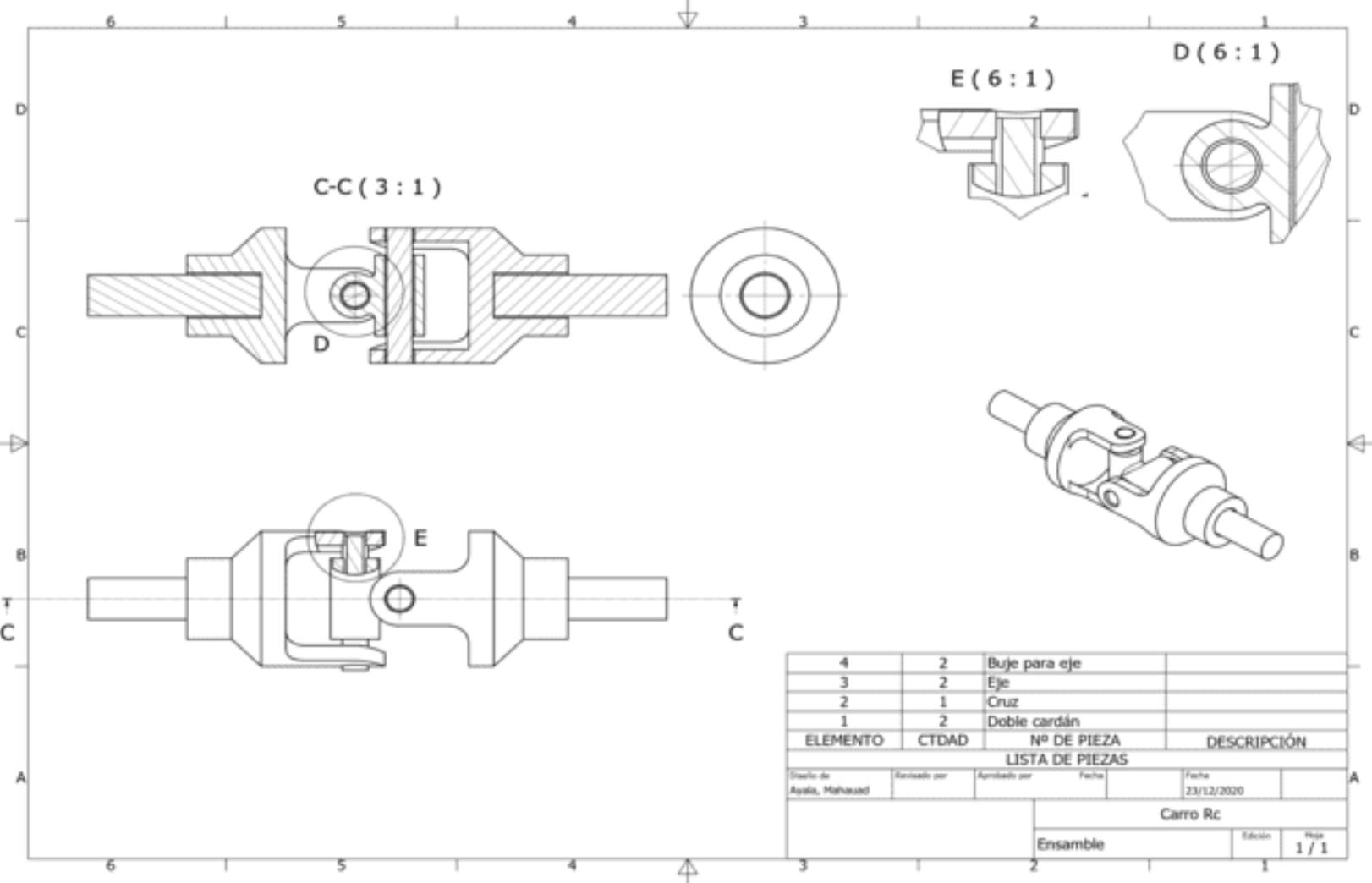
**ANEXO 28. Cardán**



## ANEXO 29. Cruz Cardán



**ANEXO 30. Ensamble Cardán**



**ANEXO 31. Selección del material para los elementos que componen los diferentes sistemas del vehículo.**

<b>SELECCIÓN DEL MATERIAL PARA LOS ELEMENTOS QUE COMPONEN LOS DIFERENTES SISTEMAS DEL VEHÍCULO.</b>	
<b>CARRERA:</b> Ingeniería Mecánica Automotriz	<b>ASIGNATURA:</b>
<b>NRO. PRÁCTICA:</b>	<b>TÍTULO PRÁCTICA:</b> Selección de materiales para los diferentes sistemas del vehículo
<p><b>OBJETIVOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Selección de material para el sistema de neumáticos</li> <li>• Selección de material para el sistema de transmisión</li> <li>• Selección de material para el sistema de dirección</li> <li>• Selección de material para el sistema de suspensión</li> <li>• Selección de material para el sistema de chasis</li> </ul>	
<p><b>Marco teórico, Herramientas y equipos necesarios para la realización de la práctica.</b></p> <p>Cuando se habla de materiales para los diferentes sistemas de un vehículo a escala o RC, hay una inmensa cantidad de estos, dado que existen varios modelos y productos de vehículos donde se usan materiales como: madera, goma, metal, tubo PVC, entre otros.</p> <p>En el mercado de vehículos a escala o Rc ha evolucionado de una manera inesperada, dado que se han encontrado productos de vehículos realizados mediante impresión 3D, en este mundo de la impresión 3D se encuentran varios materiales, los mismos que presentan diferentes características entre ellos.</p> <p>Entre los materiales más usados para los diferentes sistemas son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• TPE. - este material es conocido como un elastómero termoplástico; es decir, cuenta con propiedades elásticas, lo que permite que sea flexible y duradero. Este material es usado en neumáticos, sus propiedades permiten que la pieza se encuentre sujeta a gran desgaste.</li> <li>• ABS. – material compuesto por acrilonitrilo, butadieno y estireno, una de sus características principales es la dureza que brinda a los compuestos, también brinda rigidez y estabilidad ante temperaturas altas. Es un material el cual se puede lijar, limar, taladrar y varios procesos industriales.</li> <li>• HIPS (High Impact Polystyrene Sheet). – es un material muy parecido al ABS por sus características de resistencia al frío y al calor, este material es usado en distintas industrias de envasado de alimentos.</li> <li>• Nylon. – es un plástico simplificado que se puede encontrar con características de dureza o de flexibilidad, la desventaja de este material es que se encoge o con alto calor se lleva a torcer.</li> <li>• PLA. – presenta facilidad de impresión, es un material que no es tóxico y es biodegradable, aparte que presenta características de dureza.</li> <li>• PLA+. – es una versión mejorada del material PLA, tiene varios compuestos que mejoran la resistencia y las características del material, se imprime a 210 °C y es un filamento biodegradable.</li> </ul>	
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Selección del material</li> <li>2. Selección del material para sistema de neumáticos</li> <li>3. Selección del material para sistema de transmisión</li> <li>4. Selección del material para sistema de dirección</li> <li>5. Selección del material para sistema de suspensión</li> <li>6. Selección del material para sistema de chasis</li> </ol>
<b>ACTIVIDADES POR DESARROLLAR</b>	
<p><b>1. Selección del material</b></p> <p>Para poder seleccionar el material óptimo para los diferentes sistemas se debe de contemplar las siguientes</p>	

características:

- Resistencia de impacto
- Durabilidad
- Encogimiento
- Acabado
- Costo

Donde cada variable indica lo siguiente:

- **Resistencia a la velocidad:** Nos indicara que tan resistentes serán al momento de trabajar a velocidades altas, dando una seguridad de completar la pista sin presentar inconvenientes.
- **Durabilidad:** Que su deterioro sea conforme al trabajo que está sometido y no sea de un solo uso.
- **Encogimiento:** Que el material en diferentes condiciones como temperatura o humedad no se deforme.
- **Acabado:** Cuando se finalice el trabajo de impresión sea algo parejo sin grumos.
- **Costo:** El costo de producción en base al material y tiempo de impresión sea el adecuado.

Estas características serán calificadas mediante una matriz de ponderación, esta tabla de ponderación cuenta con una escala de calificación de 1 a 5, donde 1= muy malo, 2= malo, 3= regular, 4=bueno y 5= muy bueno.

## 2. Selección del material para sistema de neumáticos

El sistema de neumáticos es uno de los sistemas más importantes del vehículo, el sistema de neumáticos está constituido por llanta, aro y mangueta. Para cada uno de estos elementos se debe de seleccionar su material a diseñar, dado que cada pieza debe de cumplir una misión y depende de su misión las características del material.

### 2.1. Selección del material para neumáticos

Los neumáticos de carros a escala o RC son de diversos materiales, como pueden ser: de caucho, de goma, de TPE que es un material de impresión 3D, etc.

Para elegir el material del neumático se debe de considerar las características del punto 1.

Un ejemplo muy claro es el siguiente:

Variable \ Neumático	PONDERACION	Madera	Calculo	Impresión 3D (TPE)	Calculo	Goma	Calculo
Resistencia al impacto	15%	4	0.6	5	0.75	4	0.6
Durabilidad	20%	5	1	5	1	4	0.8
Encogimiento	20%	4	0.8	5	1	4	0.8
Acabado	15%	2	0.3	4	0.6	3	0.45
Costo	30%	2	0.6	3	0.9	3	0.9
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>		<b>3.3</b>		<b>4.25</b>		<b>3.55</b>

Ilustración 1. Selección de material para el neumático

### 2.2. Selección del material del rin

El sistema de neumáticos cuenta con una pieza llamada rin, la misma que brinda apoyo y resistencia al neumático, existen varios materiales con los cuales se fabrican los rines de vehículos a escala o Rc Los materiales más usados son: madera, material de impresión 3D (PLA), tuvo PVC y rin de metal.

Para poder seleccionar el material para la construcción del rin se debe de considerar las características del punto 1. Un ejemplo es:

Variable	Neumático	PONDERACION	Madera	Calculo	Impresión 3D (PLA)	Calculo	Tubo PVC	Calculo	Metal	Calculo
Resistencia al impacto	15%	4	0.6	5	0.75	4	0.6	5	0.75	
Durabilidad	20%	4	1	5	1	4	0.8	5	1	
Encogimiento	20%	4	0.8	5	1	4	0.8	5	1	
Acabado	15%	3	0.45	4	0.6	2	0.3	1	0.15	
Costo	30%	2	0.6	3	0.9	3	0.9	2	0.6	
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>		<b>3.45</b>		<b>4.25</b>		<b>3.4</b>		<b>3.5</b>	

Ilustración 2. Selección de material para el Rin

### 2.3. Selección del material de la mangueta

La mangueta es una pieza fundamental en el vehículo, este elemento es el encargado de ser enlace entre los sistemas de suspensión, dirección y transmisión con el sistema de neumáticos.

Para vehículos a escala o Rc presentan manguetas construidas de: metal, madera, goma, material impresión 3D (PLA+).

Los materiales a seleccionar para la mangueta deberán contemplar las siguientes características enunciadas en el punto 1. Un ejemplo es el siguiente:

Variable	Neumático	PONDERACION	Madera	Calculo	Impresión 3D (PLA+)	Calculo	Goma	Calculo	Metal	Calculo
Resistencia al impacto	15%	4	0.6	5	0.75	4	0.6	5	0.75	
Durabilidad	20%	4	1	5	1	4	0.8	5	1	
Encogimiento	20%	4	0.8	5	1	2	0.4	5	1	
Acabado	15%	3	0.45	4	0.6	2	0.3	1	0.15	
Costo	30%	2	0.6	3	0.9	3	0.9	2	0.6	
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>		<b>3.45</b>		<b>4.25</b>		<b>3</b>		<b>3.5</b>	

Ilustración 3. Selección de material para la mangueta

### 3. Selección del material para el sistema de transmisión

El sistema de transmisión se lo puede realizar de dos maneras, por medio de poleas o por engranes, el sistema de engranes es más utilizado en el campo de vehículos a escala o RC gracias a sus ventajas en el diseño.

#### 3.1. Selección de material para retenes de transmisión

los retenes de transmisión son muy importantes en el sistema de transmisión, son los responsables de encajar en la parte central de la mangueta y el aro para transmitir el movimiento del eje de transmisión a las ruedas.

La selección del material depende de las características propuestas en el punto 1.

Un ejemplo es:

Variable	Neumático	PONDERACION	Madera	Calculo	Impresión 3D (PLA+)	Calculo	Goma	Calculo	Metal	Calculo
Resistencia al impacto	15%	4	0.6	5	0.75	4	0.6	5	0.75	
Durabilidad	20%	4	1	5	1	4	0.8	5	1	
Encogimiento	20%	4	0.8	5	1	2	0.4	5	1	
Acabado	15%	3	0.45	4	0.6	2	0.3	1	0.15	
Costo	30%	2	0.6	3	0.9	3	0.9	2	0.6	
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	<b>3.45</b>		<b>4.25</b>		<b>3</b>		<b>3.5</b>		

Ilustración 4. Selección de material para retenes

### 3.2. Selección del material de engranes.

La selección del material depende del tipo de engrane, el tipo de engrane más recomendable por su facilidad de diseño y de construcción es de dientes rectos.

Para la selección del material de los engranes se debe de considerar las características presentadas en el punto 1.

Por ejemplo:

Variable	Neumático	PONDERACION	Impresión 3D (PLA)	Calculo	Metal	Calculo	Tubo PVC	Calculo
Resistencia al impacto	15%	4	0.6	5	0.75	6	0.6	
Durabilidad	20%	5	1	4	0.8	5	1	
Encogimiento	20%	5	1	4	0.8	5	1	
Acabado	15%	4	0.6	2	0.3	1	0.15	
Costo	30%	3	0.9	3	0.9	2	0.6	
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	<b>4.15</b>		<b>3.4</b>		<b>3.5</b>		

Ilustración 5. Selección de material para engranes

### 3.3. Selección de material para eje de transmisión

El eje de transmisión en vehículos a escala es el encargado de transmitir el movimiento generado por el motor eléctrico, en este campo los materiales más usados son barras de: metal, hierro, aluminio, madera.

El material depende mucho del diámetro del eje, dado que si el eje tiene un diámetro pequeño es difícil de conseguir en el mercado de vehículos a control remoto.

### 3.4. Selección de material de rodamientos

Los rodamientos en los vehículos a escala ayudan a estabilizar el eje de transmisión y permiten el movimiento libre del mismo para que no exista fricción entre el eje de transmisión y cualquier otro elemento.

Los rodamientos se encuentran diseñados de: madera, metal, tubo PVC y material PLA+.

Por ejemplo:

Variable \ Neumático	PONDERACION	Impresión 3D (PLA+)	Calculo	Metal	Calculo	Tubo PVC	Calculo
<b>Resistencia al impacto</b>	<b>15%</b>	4	0.6	5	0.75	4	0.6
<b>Durabilidad</b>	<b>20%</b>	5	1	4	0.8	5	1
<b>Encogimiento</b>	<b>20%</b>	5	1	4	0.8	5	1
<b>Acabado</b>	<b>15%</b>	4	0.6	2	0.3	1	0.15
<b>Costo</b>	<b>30%</b>	3	0.9	3	0.9	2	0.6
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	<b>4.15</b>		<b>3.4</b>		<b>3.5</b>	

Ilustración 6. Selección de material para rodamientos

#### 4. Selección del material para el sistema de dirección

El sistema de dirección ha tenido una gran evolución a lo largo de los años, el sistema más utilizado es el sistema Ackerman, este sistema brinda mejor estabilidad al vehículo en curvas.

El sistema de dirección en vehículos a escala es conformado mediante un eje de dirección y el servo motor que es el encargado de transmitir el movimiento de giro a las ruedas.

##### 4.1. Selección de material de eje de dirección.

Para seleccionar el material del eje de dirección, se debe de considerar las características del punto 1.

Donde la tabla de ponderación quedara de la siguiente manera:

Variable \ Neumático	PONDERACION	Impresión 3D (PLA)	Calculo	Metal	Calculo	Tubo PVC	Calculo
<b>Resistencia al impacto</b>	<b>15%</b>	4	0.6	5	0.75	6	0.6
<b>Durabilidad</b>	<b>20%</b>	5	1	4	0.8	5	1
<b>Encogimiento</b>	<b>20%</b>	5	1	4	0.8	5	1
<b>Acabado</b>	<b>15%</b>	4	0.6	2	0.3	1	0.15
<b>Costo</b>	<b>30%</b>	3	0.9	3	0.9	2	0.6
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	<b>4.15</b>		<b>3.4</b>		<b>3.5</b>	

Ilustración 7. Selección de material para eje de dirección

#### 5. Selección del material para el sistema de suspensión

El sistema de suspensión consta de brazos de suspensión y del amortiguador, los materiales se deben de seleccionar por separado.

##### 5.1. Selección de material para brazos de suspensión

Los brazos de suspensión son los elementos que ayudan al funcionamiento del sistema de suspensión, los materiales más usados son: PLA impresión 3D, madera y metal.

Para seleccionar el material de los brazos de suspensión se debe de considerar las características propuestas en el punto 1.

Por ejemplo:

<b>Variable</b> \ <b>Neumático</b>	<b>PONDERACION</b>	<b>Impresión 3D (PLA)</b>	<i>Calculo</i>	<b>Madera</b>	<i>Calculo</i>	<b>Metal</b>	<i>Calculo</i>
<b>Resistencia al impacto</b>	<b>15%</b>	4	0.6	5	0.75	4	0.6
<b>Durabilidad</b>	<b>20%</b>	5	1	4	0.8	5	1
<b>Encogimiento</b>	<b>20%</b>	5	1	4	0.8	5	1
<b>Acabado</b>	<b>15%</b>	4	0.6	2	0.3	1	0.15
<b>Costo</b>	<b>30%</b>	3	0.9	3	0.9	2	0.6
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	<b>4.15</b>		<b>3.4</b>		<b>3.5</b>	

Ilustración 8. Selección de material para brazos de suspensión

### 5.2. Selección de material para amortiguador

El amortiguador consta de dos partes: el amortiguador y el resorte, el amortiguador para vehículos a escala o RC se lo puede diseñar de varios materiales, estos materiales son: jeringas con resorte, PLA con resorte y metal con resorte.

Para seleccionar el material se debe de tener en cuenta las características del punto 1.

Ejemplo:

<b>Variable</b> \ <b>Amortiguador</b>	<b>PONDERACION</b>	<b>Jeringas con resorte</b>	<i>Calculo</i>	<b>Impresión 3D con resorte</b>	<i>Calculo</i>	<b>Metal con resorte</b>	<i>Calculo</i>
<b>Facilidad de construcción</b>	<b>25%</b>	4	1	4	1	2	0.5
<b>Peso</b>	<b>15%</b>	4	0.6	4	0.6	3	0.45
<b>Acabado</b>	<b>20%</b>	1	0.2	4	0.8	3	0.6
<b>Resistencia</b>	<b>20%</b>	2	0.4	4	0.8	4	0.8
<b>Costo</b>	<b>20%</b>	5	1	4	0.8	2	0.4
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	<b>3.2</b>		<b>4</b>		<b>2.75</b>	

Ilustración 9. Selección de material para el amortiguador

### 6. Selección del material para el sistema del chasis

En el campo de vehículos a escala o RC existen materiales de diseño de chasis como son: madera, metal, goma, pero cómo ha evolucionado el campo de estos vehículos se ha implementado el diseño de chasis mediante materiales de impresión 3D.

Los materiales de impresión 3D más usados son: NYLON, ABS, PLA y PLA+.

Para la selección del material se debe de considerar las características propuestas en el punto 1.

Por ejemplo:

<b>Material</b>	<b>PONDERACION</b>	<b>ABS</b>	<b>Calculo</b>	<b>NYLON</b>	<b>Calculo</b>	<b>PLA</b>	<b>Calculo</b>	<b>PLA+</b>	<b>Calculo</b>
<b>Variables</b>									
<b>R. al Impacto</b>	<b>25%</b>	4	1	3	0,75	4	1	5	1,25
<b>Durabilidad</b>	<b>25%</b>	4	1	3	0,75	4,5	1,13	5	1,25
<b>Encogimiento</b>	<b>5%</b>	2	0,1	2	0,1	1	0,05	5	0,25
<b>A acabado</b>	<b>15%</b>	2	0,3	3	0,45	4	0,6	4,5	0,68
<b>R. a procesos industriales</b>	<b>20%</b>	2	0,4	3	0,6	3	0,6	5	1
<b>Costo</b>	<b>10%</b>	4	0,4	4	0,4	3	0,3	3	0,3
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	<b>3,2</b>		<b>3,05</b>		<b>3,675</b>		<b>4,725</b>	

Ilustración 10. Selección de material para el chasis

#### **Desarrollo y resultados obtenidos**

- Describir las características que se consideran en la selección del material
- Seleccionar el respectivo material para cada uno de los sistemas que componen el vehículo
- Realizar un informe con el formato de la guía.

#### **Conclusiones**

#### **Recomendaciones**

## ANEXO 32. Diseño del sistema de neumáticos.

<b>GUÍA PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE NEUMÁTICOS</b>						
<b>CARRERA:</b> Ingeniería Mecánica Automotriz	<b>ASIGNATURA:</b>					
<b>NRO. PRÁCTICA:</b>	<b>TÍTULO PRÁCTICA:</b> Diseño de sistema de neumáticos					
<b>OBJETIVOS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño de neumático</li> <li>• Diseño de aro</li> <li>• Diseño de mangueta</li> </ul>						
<p style="text-align: center;"><b>Marco teórico, Herramientas y equipos necesarios para la realización de la práctica.</b></p> <p>El software de construcción Inventor es un programa paramétrico de sólidos en tercera dimensión, producido por la empresa Autodesk.</p> <p>Este software mejora el trabajo de ensamblajes, de la creación de dibujos perfectos para cualquier diseño de producto con diferentes vistas y también permite definir los materiales del objeto sólido para los diferentes análisis que se pueden realizar.</p> <p>Los estudiantes que pongan en práctica esta guía deben referirse a las normas de seguridad establecidas por la UPS para el uso de laboratorios, además, deben contar con las siguientes herramientas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Computador con Inventor</li> </ul>						
	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr><td style="text-align: center;">1. Selección del tipo de labrado</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">2. Diseño del neumático</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">3. Diseño del aro</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">4. Diseño de la mangueta</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">5. Cálculos</td></tr> </table>	1. Selección del tipo de labrado	2. Diseño del neumático	3. Diseño del aro	4. Diseño de la mangueta	5. Cálculos
1. Selección del tipo de labrado						
2. Diseño del neumático						
3. Diseño del aro						
4. Diseño de la mangueta						
5. Cálculos						
<b>ACTIVIDADES POR DESARROLLAR</b>						
<p><b>1. Selección del tipo de labrado.</b></p> <p>Existen varios tipos de neumáticos, dado que existe para todos los tipos de calzada, carga de vehículo, dimensiones, velocidad, clima, entre otros.</p> <p>Para vehículos todo terreno los tipos de neumáticos se subdividen en: asimétricos, direccionales, de rodadura mixta y de rodadura repetitiva.</p> <p>La selección del labrado depende del material en el que se va a realizar el neumático, dado que cada material tiene sus pros y contras de diseño.</p> <p>Para la selección del tipo de labrado se consideran algunas características que el diseño debe de cumplir, estas son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia a la rodadura</li> <li>• Adherencia en superficie mojada</li> <li>• Adherencia en superficie de tierra</li> <li>• Labrado</li> <li>• Evacuación de agua</li> </ul> <p>Estas características serán calificadas mediante una tabla de ponderación, con una escala de 1 a 5, donde 1= muy malo, 2= malo, 3= regular, 4=bueno y 5= muy bueno.</p>						

Variable	Neumático	PONDERACION	Asimétricos	Calculo	Direccionales	Calculo	Rodadura mixta	Calculo	Rodadura repetitiva	Calculo
Resistencia a la rodadura		15%	3	0.45	4	0.6	4	0.6	4	0.6
Adherencia en superficie mojada		20%	3	0.6	4	0.8	3	0.6	3	0.6
Adherencia en superficie de tierra		20%	3	0.6	4	0.8	3	0.6	4	0.8
Labrado		15%	3	0.45	4	0.6	4	0.6	3	0.45
Evacuación de agua		30%	3	0.9	4	1.2	3	0.9	3	0.9
<b>TOTAL</b>		<b>100%</b>		<b>3</b>	<b>4</b>		<b>3.3</b>		<b>3.35</b>	

Ilustración 11. Selección de labrado

## 2. Diseño del neumático

Según el material y el tipo de labrado que se seleccione se procede a realizar el diseño mediante el software Inventor.

Un ejemplo del diseño del neumático con tipo de labrado direccional y material TPE es el siguiente:



Ilustración 12. Diseño del neumático

## 3. Diseño del aro

El diseño depende del material seleccionado, dado que todo material consta de sus pros y contras de diseño. La dimensión del rin obedece a las dimensiones del neumático.

Un ejemplo de un rin con material PLA es el siguiente:



Ilustración 13. Representación del aro (Azul)

#### 4. Diseño de la mangueta

Existen varios diseños de mangueta en el campo de vehículos a escala o Rc, el diseño de la mangueta depende de varios factores, como son:

- El tipo de suspensión.
- El tipo de transmisión.
- El tipo de dirección.

A continuación, se presenta el diseño de la mangueta:

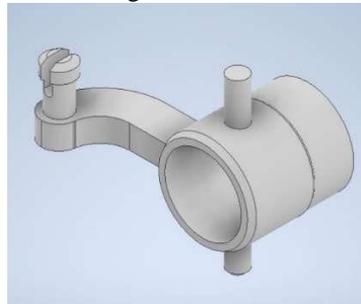


Ilustración 14. Mangueta

La mangueta presenta un pasador en la parte superior y otro pasador en la parte inferior, en estos pasadores van a ir ubicados los brazos transversales de la suspensión.

La mangueta también cuenta con un pasador en forma de curva, donde va a ir encajado el eje de dirección.

En la parte central de la mangueta se encuentra un retén, el mismo que permite que el eje de la dirección transmita el movimiento a las ruedas sin ningún problema y de manera segura.

#### 5. Cálculos

La resistencia a la rodadura es la resistencia que se provoca cuando un cuerpo rueda sobre una superficie, para calcular esta resistencia se usa la siguiente fórmula:

$$R_r = f_r \times P \quad (1)$$

Donde:

$f_r$ = coeficiente de fricción.

**P= peso total del vehículo.**

El coeficiente de fricción depende el tipo de terreno al que el vehículo esté sometido.

La resistencia a la pendiente es la resistencia que el vehículo debe de vencer generada por la inclinación de la pendiente, se usa la siguiente fórmula:

$$R_p = P \times \text{sen} (\alpha) \quad (2)$$

Donde:

**P= peso total del vehículo.**

**$\alpha$ = ángulo de pendiente**

También se presenta la resistencia total, que no es más que la sumatoria de la resistencia a la rodadura, más la resistencia de pendiente, más la resistencia a la aceleración.

La fórmula para la resistencia total es la siguiente:

$$R_T = R_r + R_p + R_a \quad (3)$$

En vehículos a control remoto se encuentra que la resistencia de aceleración va a ser 0.

El par resistente a la rueda es una fórmula muy importante, es la fuerza que se opone al movimiento del neumático.

Su fórmula es:

$$R_T = \frac{C_r}{r} \quad (4)$$

Donde:

r=

radio

del

neumático.

### **Desarrollo y resultados obtenidos**

- Seleccionar el tipo de labrado y diseño de los diferentes elementos que conforman el sistema de neumáticos.
- Realizar los cálculos correspondientes al sistema de neumáticos.
- Realizar un informe con el formato de la guía.

### **Conclusiones**

### **Recomendaciones**

**ANEXO 33. Diseño del sistema de transmisión.**

<b>GUÍA PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN</b>	
<b>CARRERA:</b> Mecánica Automotriz	<b>ASIGNATURA:</b> Ingeniería
<b>NRO. PRÁCTICA:</b>	<b>TÍTULO PRÁCTICA:</b> Diseño de sistema de transmisión
<p><b>OBJETIVOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño de retén de transmisión</li> <li>• Diseño de engranes</li> <li>• Diseño de eje de transmisión</li> <li>• Diseño de rodamientos</li> </ul>	
<p><b>Marco teórico, Herramientas y equipos necesarios para la realización de la práctica.</b></p> <p>El software de construcción Inventor es un programa paramétrico de sólidos en tercera dimensión, producido por la empresa Autodesk.</p> <p>Este software mejora el trabajo de ensamblajes, de la creación de dibujos perfectos para cualquier diseño de producto con diferentes vistas y también permite definir los materiales del objeto sólido para los diferentes análisis que se pueden realizar.</p> <p>Los estudiantes que pongan en práctica esta guía deben referirse a las normas de seguridad establecidas por la UPS para el uso de laboratorios, además, deben contar con las siguientes herramientas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Computador con Inventor</li> </ul>	
	1. Diseño de retén de transmisión
	2. Diseño de engranes
	3. Diseño de eje de transmisión
	4. Diseño de rodamientos
	5. Cálculos
<b>ACTIVIDADES POR DESARROLLAR</b>	
<p><b>1. Diseño del retén de transmisión</b></p> <p>El retén de transmisión es el elemento que encaja en la parte interna de la mangueta, es el elemento encargado de transmitir el movimiento del eje de transmisión hacia las ruedas.</p> <p>Un ejemplo muy claro del retén es el siguiente:</p>	

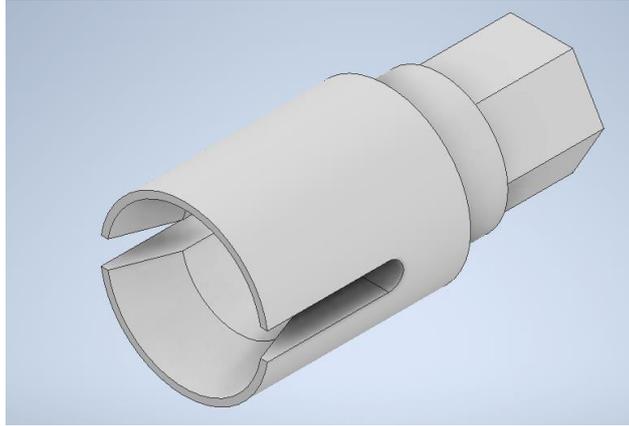


Ilustración 15. Reten

En la imagen anterior se observa el orificio que se encuentra en el retén, este orificio será complementado con un pasador ubicado a los extremos del eje de transmisión, que permitirá el libre movimiento del motor hacia las ruedas y que el eje permanezca sujeto al sistema de neumáticos.

## 2. Diseño de engranes

Los engranes son una parte primordial del sistema, dado que son los encargados de transmitir el movimiento del motor eléctrico hasta el eje de transmisión y del eje hacia el sistema de neumáticos.

Existen varios juegos de engranes, si se requiere velocidad se debe de implementar un sistema de 3 o más engranes y si se requiere fuerza se implementa un sistema de dos engranes.

El siguiente ejemplo cuenta con un juego de dos engranes:

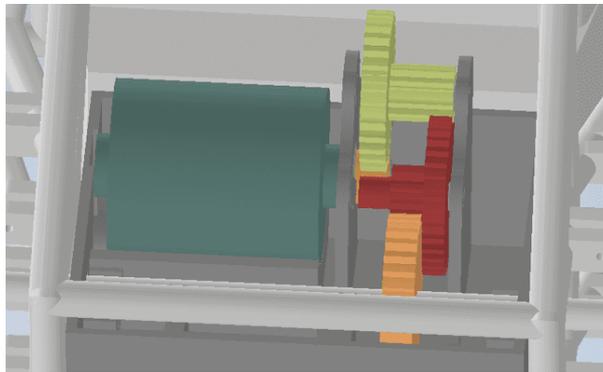


Ilustración 16. Tren de Engranes

Un engrane va ubicado en el eje del motor que cuenta con 25 dientes y diámetro de 20 mm y el segundo engrane que va ubicado en el eje de transmisión, este engrane tiene 24 dientes y un diámetro de 21 mm

## 3. Diseño de eje de transmisión.

El diseño del eje de transmisión tiene que concordar con el ancho que se permite en el vehículo, según esta medida se procede a encajar los engranes para el sistema.

Un ejemplo de eje de transmisión es el siguiente:



Ilustración 17. Eje de transmisión

Este eje cuenta con dos orificios de 2 mm, uno a cada lado, por estas aberturas se va a articular un pasador de 2 mm de diámetro que encaja de manera precisa en los orificios del retén, permitiendo el movimiento del eje de transmisión hacia las ruedas.

#### 4. Diseño de los rodamientos

Los rodamientos son una parte esencial en la transmisión de vehículos a escala, su trabajo es beneficiar a la estabilidad del eje de transmisión y permitir el libre movimiento de este.

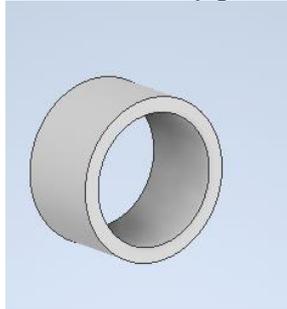


Ilustración 18. Rodamiento

Los rodamientos de la imagen anterior tienen un diámetro interno de 5 mm y un diámetro externo de 10 mm.

#### 5. Cálculos

Para realizar los cálculos de los engranes se necesita conocer el número de dientes de cada engrane, el diámetro de los engranes y lo más importante es saber cuál es el engrane conductor y cuál es el conducido para ello:

- Tener definido el motor eléctrico con sus respectivos engranes; en este caso es el siguiente:
  - Motor eléctrico DS-775, es un motor de alto torque y alta potencia.
  - Voltaje nominal: 12V---24V.
  - Alcanza Rpm sin carga: 3000---12000, rpm a trabajar (8000).
  - Potencia de: 7.7W---102.6 W.
  - Peso 350 g
- Los engranes cuentan con los siguientes diámetros y dientes
  - Engrane de Tracción: 20mm de diámetro y 25 dientes
  - Piñón: 21mm de diámetro y con 24 dientes

Para encontrar la relación de los engranes se utiliza la siguiente fórmula:

$$RT = \frac{\text{Piñon conductor}}{\text{Piñon Conducido}} \quad (1)$$

Para calcular la velocidad final se debe de dividir las revoluciones máximas del motor para la relación de transmisión de los engranes.

La fórmula es la siguiente:

$$Vf = \frac{\text{Rpm maximos}}{RT} \quad (2)$$

A este valor de velocidad final se lo puede multiplicar por dos si se usan dos motores.

$$Vf = \frac{\text{Rpm maximos}}{RT} * 2 \quad (3)$$

Como el resultado se encuentra en RPM se debe de convertir de unidad a km/h, se debe de considerar que:

1 revolución =  $2\pi$  radián

1 minuto = 60 segundos

La fórmula es la siguiente:

$$Vf \text{ RPM} * \frac{2\pi \text{ rad}}{60 \text{ segundos}} = \text{Velocidad angular} \quad (4)$$

Ahora se multiplica la velocidad angular obtenida por el radio del elemento, para así poder obtener la velocidad final.

#### **Desarrollo y resultados obtenidos**

- Diseñar los elementos que conforman el sistema de transmisión.
- Realizar los cálculos del sistema de transmisión
- Realizar un informe con el formato de la guía.

#### **Conclusiones**

#### **Recomendaciones**

**ANEXO 34. Diseño del sistema de dirección.**

<b>GUÍA PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN</b>															
<b>CARRERA:</b> Ingeniería Mecánica Automotriz	<b>ASIGNATURA:</b>														
<b>NRO. PRÁCTICA:</b>	<b>TÍTULO PRÁCTICA:</b> Diseño de sistema de dirección														
<p><b>OBJETIVOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Selección tipo de sistema de dirección.</li> <li>• Diseño del eje de dirección</li> </ul>															
<p><b>Marco teórico, Herramientas y equipos necesarios para la realización de la práctica.</b></p> <p>El software de construcción Inventor es un programa paramétrico de sólidos en tercera dimensión, producido por la empresa Autodesk.</p> <p>Este software mejora el trabajo de ensamblajes, de la creación de dibujos perfectos para cualquier diseño de producto con diferentes vistas y también permite definir los materiales del objeto sólido para los diferentes análisis que se pueden realizar.</p> <p>Los estudiantes que pongan en práctica esta guía deben referirse a las normas de seguridad establecidas por la UPS para el uso de laboratorios, además, deben contar con las siguientes herramientas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Computador con Inventor</li> </ul>															
	<p>1. Selección del tipo de sistema de dirección</p> <p>2. Diseño de eje de dirección</p>														
<b>ACTIVIDADES POR DESARROLLAR</b>															
<p><b>1. Selección del tipo de sistema de dirección.</b></p> <p>Existe una variedad de sistemas de dirección, el más usado hoy en día es el sistema de dirección de Ackerman, este sistema cuenta con características importantes como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Los radios de giro de todas las ruedas son distintos.</li> <li>• Todas las ruedas tienen el mismo punto de rotación.</li> <li>• La llanta interna tiene un ángulo mayor que la llanta exterior.</li> </ul> <p>Para seleccionar el tipo de sistema óptimo para el vehículo se debe de considerar las siguientes características:</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%;">• Suavidad</td> <td style="width: 50%;">Variable 1.</td> </tr> <tr> <td>• Seguridad</td> <td>Variable 2.</td> </tr> <tr> <td>• Precisión</td> <td>Variable 3.</td> </tr> <tr> <td>• Irreversibilidad</td> <td>Variable 4.</td> </tr> <tr> <td>• Cuadrilátero de dirección</td> <td>Variable 5.</td> </tr> <tr> <td>• Estabilidad</td> <td>Variable 6.</td> </tr> <tr> <td>• Mecanismo de Ackerman</td> <td>Variable 7.</td> </tr> </table>		• Suavidad	Variable 1.	• Seguridad	Variable 2.	• Precisión	Variable 3.	• Irreversibilidad	Variable 4.	• Cuadrilátero de dirección	Variable 5.	• Estabilidad	Variable 6.	• Mecanismo de Ackerman	Variable 7.
• Suavidad	Variable 1.														
• Seguridad	Variable 2.														
• Precisión	Variable 3.														
• Irreversibilidad	Variable 4.														
• Cuadrilátero de dirección	Variable 5.														
• Estabilidad	Variable 6.														
• Mecanismo de Ackerman	Variable 7.														

Donde cada variable significa:

- **Suavidad:** Poco esfuerzo realizado por el conductor en el volante para obtener la dirección requerida en el vehículo.
- **Seguridad:** Fiabilidad del mecanismo de dirección.
- **Precisión:** Efectividad al momento de una maniobra del vehículo.
- **Irreversibilidad:** Control absoluto en control de giro del vehículo.
- **Cuadrilátero de dirección:** Consiste en conseguir la dirección adecuada para la maniobrabilidad del vehículo.
- **Estabilidad:** Proporciona seguridad a los ocupantes, equilibrio al vehículo y un mejor rendimiento.
- **Mecanismo de Ackerman:** Consiste en que, en una curva la rueda interior tenga un ángulo mayor de giro que la rueda exterior, consiguiendo así una geometría óptima para el sistema de dirección.

Las variables presentadas anteriormente serán calificadas en una escala de 1 a 5, donde 1= muy malo, 2= malo, 3= regular, 4=bueno y 5= muy bueno.

Por ejemplo:

<b>Dirección</b> <b>Variable</b>	<b>PONDERACION</b>	<b>Sinfin cilíndrico con sector dentado</b>	<b>Calculo</b>	<b>Cremallera</b>	<b>Calculo</b>	<b>Asistida EPS</b>	<b>Calculo</b>
<b>Suavidad</b>	<b>10%</b>	3	0.3	4	0.4	5	0.5
<b>Seguridad</b>	<b>15%</b>	3	0.45	5	0.75	5	0.75
<b>Precisión</b>	<b>15%</b>		0.3	4	0.6	5	0.75
<b>Irreversibilidad</b>	<b>10%</b>	3	0.3	4	0.4	4	0.4
<b>Cuadrilátero de dirección</b>	<b>10%</b>	3	0.3	4	0.4	4	0.4
<b>Estabilidad</b>	<b>20%</b>	4	0.8	4	0.8	5	1
<b>Mecanismo de Ackerman</b>	<b>20%</b>	3	0.6	4	0.8	5	1
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>		<b>3.05</b>		<b>4.15</b>		<b>4.8</b>

Ilustración 19. Selección del tipo de sistema de dirección

El sistema EPS es un sistema asistida; es decir, el sistema de dirección será comandado por un servomotor.

## 2. Diseño del eje de dirección

El eje de dirección es el encargado de transmitir el movimiento del servo-motor hacia las llantas; es decir, es el que brinda el giro a las ruedas delanteras.

El eje de dirección debe de ir encajado en la mangueta antes diseñada.

Un ejemplo de eje de dirección es el siguiente:

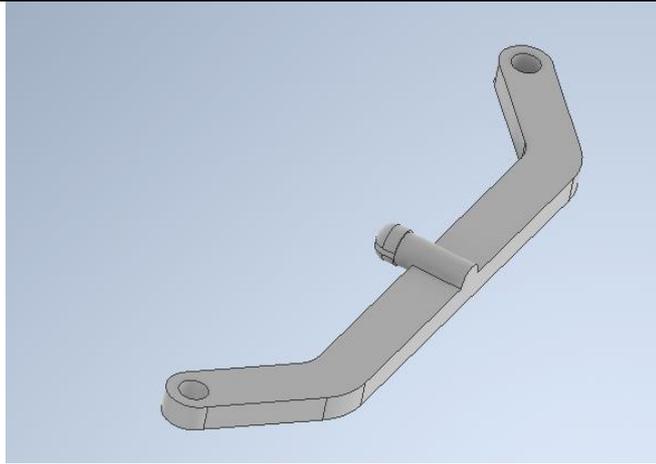


Ilustración 20. Eje de Dirección

**Desarrollo y resultados obtenidos**

- Seleccionar el tipo de sistema de dirección.
- Diseño del eje de dirección.
- Realizar un informe con el formato de la guía.

**Conclusiones**

**Recomendaciones**

## ANEXO 35. Diseño del sistema de suspensión

<b>GUÍA PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN</b>	
<b>CARRERA:</b> Ingeniería Mecánica Automotriz	<b>ASIGNATURA:</b>
<b>NRO. PRÁCTICA:</b>	<b>TÍTULO PRÁCTICA:</b> Diseño de sistema de suspensión
<p><b>OBJETIVOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Selección tipo de sistema de suspensión.</li> <li>• Selección del subtipo de sistema de suspensión.</li> <li>• Diseño de los brazos de suspensión.</li> <li>• Diseño del amortiguador</li> </ul>	
<p><b>Marco teórico, Herramientas y equipos necesarios para la realización de la práctica.</b></p> <p>El software de construcción Inventor es un programa paramétrico de sólidos en tercera dimensión, producido por la empresa Autodesk.</p> <p>Este software mejora el trabajo de ensamblajes, de la creación de dibujos perfectos para cualquier diseño de producto con diferentes vistas y también permite definir los materiales del objeto sólido para los diferentes análisis que se pueden realizar.</p> <p>Los estudiantes que pongan en práctica esta guía deben referirse a las normas de seguridad establecidas por la UPS para el uso de laboratorios, además, deben contar con las siguientes herramientas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Computador con Inventor</li> </ul>	
	1. Selección del tipo de sistema de suspensión
	2. Selección del subtipo de sistema de suspensión
	3. Diseño de los brazos de suspensión
	4. Diseño del amortiguador
<b>ACTIVIDADES POR DESARROLLAR</b>	
<p><b>1. Selección del tipo de sistema de suspensión.</b></p> <p>Existen en el mundo automotriz tres tipos de sistemas de suspensión, estos son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rígido</li> <li>• Semi-rígido</li> <li>• Independiente</li> </ul> <p>Cada uno presenta sus pros y contras, pero en vehículos a escala se debe de considerar lo siguiente para poder elegir el sistema óptimo para el vehículo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia a la inclinación del chasis <span style="float: right;">variable 1.</span></li> <li>• Aislamiento del chasis con las variaciones del terreno <span style="float: right;">variable 2.</span></li> <li>• Facilidad de montaje <span style="float: right;">variable 3.</span></li> <li>• Peso <span style="float: right;">variable 4.</span></li> </ul>	

- Costo variable 5.
- Influencia en la maniobrabilidad variable 6.

Donde cada variable significa:

- **Resistencia a la inclinación del chasis:** Absorbe la fuerza producida por la inclinación del vehículo
- **Aislamiento del chasis con las variaciones del terreno:** Amortiguamiento de las variaciones del suelo para que no existan movimientos bruscos en el chasis.
- **Facilidad de montaje:** Fácil acoplamiento gracias a sus características de diseño.
- **Peso:** Medida en kilogramos (kg) del peso de la suspensión.
- **Costo:** Precio de la suspensión.
- **Influencia en la maniobrabilidad:** Funcionamiento óptimo del sistema de suspensión en todo terreno para que todas las condiciones de marcha sean eficientes.

En una tabla de ponderación se seleccionará el sistema óptimo de suspensión para el vehículo Mini Baja S.A.E. a escala calificando las variables anteriormente presentadas, las mismas que serán calificadas en una

escala de 1-5, donde 1= muy malo, 2= malo, 3= regular, 4=bueno y 5= muy bueno.

Variable \ Suspensión	PONDERACION	Rígido	Calculo	Semi-rígido	Calculo	Independiente	Calculo
<b>Resistencia a la inclinación del chasis</b>	15%	3	0.45	4	0.6	4	0.6
<b>Aislamiento del chasis con las variaciones del terreno</b>	15%	3	0.45	4	0.6	4	0.6
<b>Facilidad de montaje</b>	20%	4	0.8	5	1	3	0.6
<b>Peso</b>	15%	4	0.6	5	0.75	3	0.45
<b>Costo</b>	15%	2	0.3	4	0.6	3	0.45
<b>Influencia en la maniobrabilidad</b>	20%	2	0.4	4	0.8	4	0.8
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>		<b>2.7</b>		<b>4.4</b>		<b>3.5</b>

Ilustración 21. Selección del sistema de suspensión

Por ejemplo, en esta imagen se muestra que el tipo de suspensión seleccionado es el semi-rígido.

## 2. Selección del subtipo de sistema de suspensión.

Dentro de cada sistema de suspensión, existen varios subtipos de sistemas.

Un ejemplo muy claro es que en el sistema de suspensión semi-rígido existen subsistemas como:

- Dos brazos transversales paralelos con mangueta acoplada
- Brazo transversal con mangueta acoplada.

Estos dos sistemas deben de cumplir una serie de características para poder elegir cuál es el más factible para el diseño del vehículo, estas características son las siguientes:

- Facilidad de montaje variable 1.
- Costo variable 2.
- Peso variable 3.
- Espacio disponible variable 4.
- Eficiencia estructural variable 5.

Donde cada variable significa lo siguiente:

- **Facilidad de montaje:** Fácil acoplamiento gracias a sus características de diseño.
- **Costo:** Precio de la suspensión.
- **Peso:** Medida en kilogramos (kg) del peso de la suspensión.
- **Espacio disponible:** Espacio que se encuentra entre el chasis y la mangueta del neumático.
- **Eficiencia estructural:** Resistencia ante fuerzas del sistema de suspensión.

Estas características serán calificadas en una escala de 1 a 5, donde 1= muy malo, 2= malo, 3= regular, 4=bueno y 5= muy bueno.

Por ejemplo:

Variable \ Suspensión	PONDERACION	Brazo transversal con mangueta acoplada	Calculo	Dos brazos transversales con mangueta acoplada	Calculo
Facilidad de montaje	25%	4	1	4	1
Costo	15%	3	0.45	4	0.6
Peso	20%	3	0.6	4	0.8
Espacio disponible	20%	3	0.6	5	1
Eficiencia estructural	20%	3	0.6	4	0.8
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>		<b>3.25</b>		<b>4.2</b>

Ilustración 22. Selección del subtipo de sistema de suspensión

### 3. Diseño de los brazos de suspensión.

Los brazos de suspensión es una parte compleja del sistema de suspensión, dado que estos elementos brindan estabilidad al vehículo, manteniendo en una posición recta el neumático y también ayuda a accionar el amortiguador y su muelle.

Un ejemplo del diseño del subsistema de suspensión de dos brazos transversales paralelos con mangueta acoplada es:

- Brazo superior delantero



Ilustración 23. Brazo superior delantero

- Brazo inferior delantero

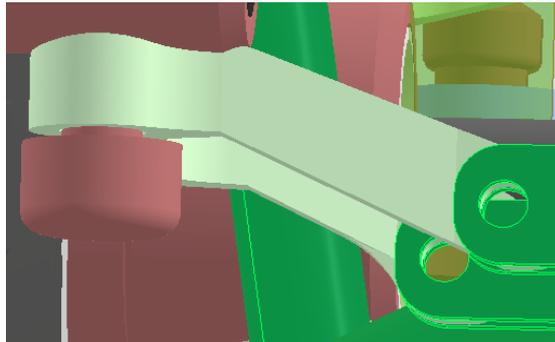


Ilustración 24. Brazo inferior delantero

- Brazo superior trasero



Ilustración 25. Brazo superior trasero

- Brazo inferior trasero

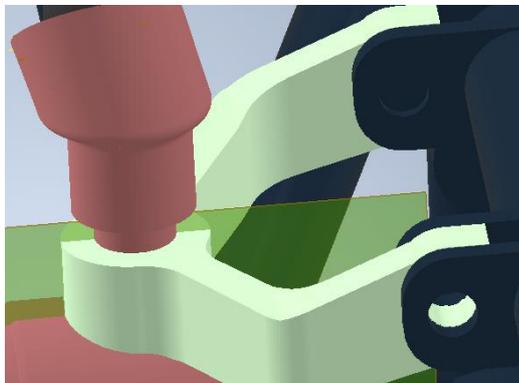


Ilustración 26. Brazo inferior trasero

#### 4. Diseño del amortiguador.

El diseño del amortiguador depende mucho de la altura del vehículo, de los parámetros cinemáticos y también de la posición donde va a ir encajado el amortiguador.

Los amortiguadores se los puede encontrar sujetos en su parte inferior al brazo inferior delantero o directamente sobre la mangueta.

Un ejemplo de un amortiguador que en su parte inferior va directamente sobre la mangueta es el siguiente:

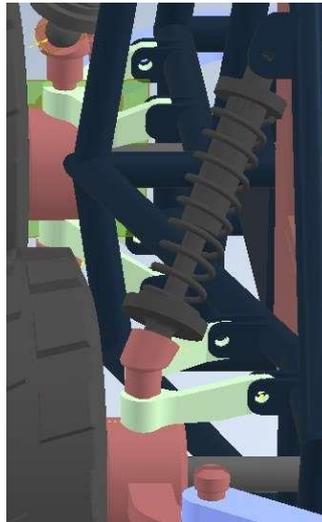


Ilustración 27. Diseño de Amortiguador

El amortiguador en la parte superior siempre va a ir encajada sobre el chasis, la siguiente imagen muestra la posición de este amortiguador:



Ilustración 28. Sujeción del amortiguador

#### Desarrollo y resultados obtenidos

- Seleccionar el tipo de sistema de suspensión y su subtipo de sistema

- de suspensión.
- Diseño de los brazos del sistema de suspensión y su amortiguador.
  - Realizar un informe con el formato de la guía.

**Conclusiones**

**Recomendaciones**

**ANEXO 36. Diseño del sistema de chasis.**

<b>GUÍA PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE CHASIS</b>	
<b>CARRERA:</b> Ingeniería Mecánica Automotriz	<b>ASIGNATURA:</b>
<b>NRO. PRÁCTICA:</b>	<b>TÍTULO PRÁCTICA:</b> Diseño de sistema de chasis
<b>OBJETIVOS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño del chasis</li> </ul>	
<p><b>Marco teórico, Herramientas y equipos necesarios para la realización de la práctica.</b></p> <p>El software de construcción Inventor es un programa paramétrico de sólidos en tercera dimensión, producido por la empresa Autodesk.</p> <p>Este software mejora el trabajo de ensamblajes, de la creación de dibujos perfectos para cualquier diseño de producto con diferentes vistas y también permite definir los materiales del objeto sólido para los diferentes análisis que se pueden realizar.</p> <p>Los estudiantes que pongan en práctica esta guía deben referirse a las normas de seguridad establecidas por la UPS para el uso de laboratorios, además, deben contar con las siguientes herramientas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Computador con Inventor</li> </ul>	
	1. Diseño del chasis
<b>ACTIVIDADES POR DESARROLLAR</b>	
<p><b>1. Diseño del chasis.</b></p> <p>El diseño del chasis es muy importante en el vehículo, este sistema es el que brinda seguridad, resistencia ante un choque y también en este sistema es donde van a ir acoplados todos los sistemas del vehículo.</p> <p>En el chasis se encuentran puntos donde van encajados los brazos de suspensión, los encapsulados para el sistema de dirección y de transmisión y también los puntos donde se ajusta la parte superior del amortiguador.</p> <p>Cuando se realiza el diseño del chasis se debe de respetar las diferentes medidas permitidas.</p> <p>Una estructura es más resistente si presenta formas de triángulo en su diseño, como se conoce el triángulo es la única figura que no se deforma cuando actúa una fuerza sobre este.</p> <p>Un ejemplo de diseño de chasis es el siguiente:</p>	

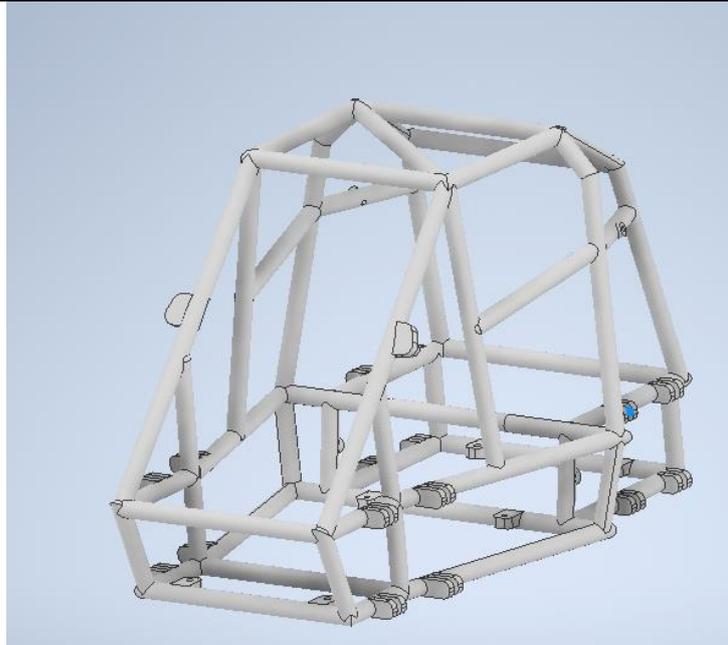


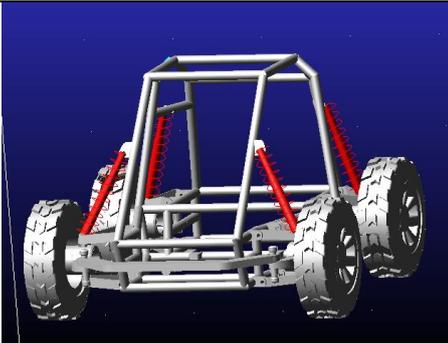
Ilustración 29. Representación del Chasis

**Desarrollo y resultados obtenidos**

- Diseño del chasis
- Realizar un informe con el formato de la guía.

**Conclusiones**

**Recomendaciones**

<b>GUÍA PARA EL ANALISIS DE DIRECCION</b>	
<b>CARRERA:</b> Ingeniería Mecánica Automotriz	<b>ASIGNATURA:</b>
<b>NRO. PRÁCTICA:</b>	<b>TÍTULO PRÁCTICA:</b> Análisis del sistema de dirección
<b>OBJETIVOS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar la exportación del modelado al software Adams Car</li> <li>• Editar los parámetros necesarios para el análisis de suspensión</li> <li>• Obtener los gráficos de la suspensión</li> </ul>	
<b>Marco teórico, Herramientas y equipos necesarios para la realización de la práctica.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Computadora con el programa Inventor y AutoCAD</li> <li>• Modelado previamente acabado del vehículo a escala 1:12</li> </ul>	
	1. Exportar el diseño a Planos
	2. Exportación del diseño a AutoCAD
	3. Uso de “vsusp”
<b>DESARROLLO DE ACTIVIADES</b>	
<p>1. Exportar el diseño a planos Ya con el modelo diseñado se procede a abrir una nueva ventana en formato “.idw” para ello cuando se abre inventor seleccionamos nuevo dibujo</p>	
	
<p>Ilustración 30. Exportación del modelado</p> <p>Una vez ya abierto le damos en “Base” y seleccionar un nuevo archivo” en donde buscaremos nuestro ensamblaje del vehículo a escala</p>	

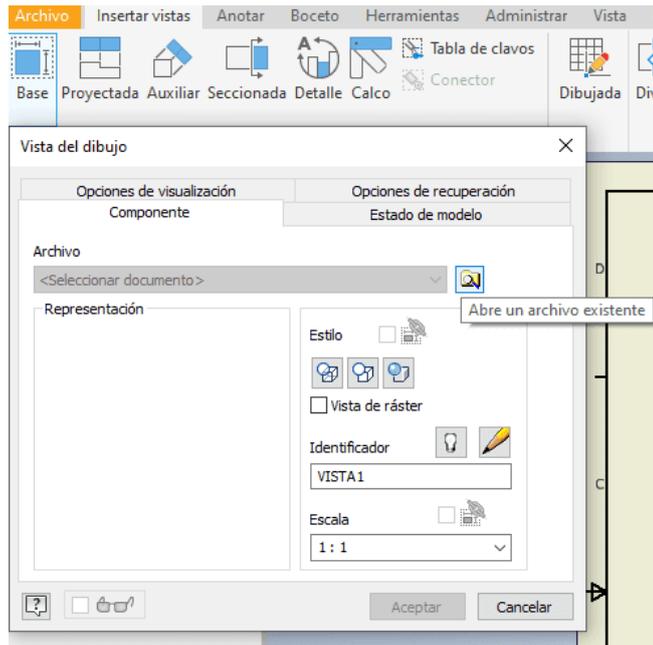


Ilustración 31. Instrucción para abrir archivo

Una vez seleccionando el archivo lo proyectaremos y obtendremos diferentes vistas para este caso se necesita la fronta o la superior y obtendremos lo siguiente

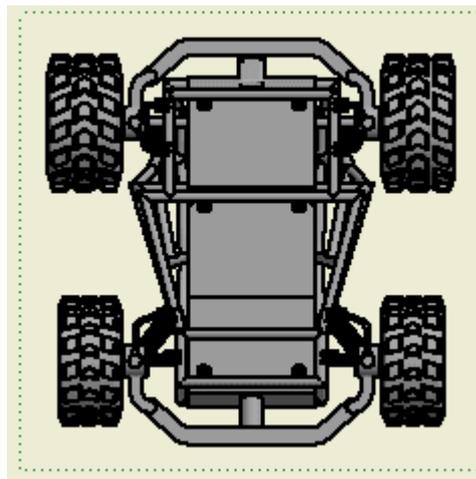


Ilustración 32. Modelo ya exportado

Ahora se procede a sacar las respectivas mediadas de la Batalla para poder calcular "Ackerman"

## 2. Exportacion a AutoCad

Ahora se exporta el documento a AutoCAD con las llantas previamente giradas con el ángulo máximo que este diseñada para poder sacar los ángulos todo esto previamente con la batalla sacada y se obtendrá lo siguiente:

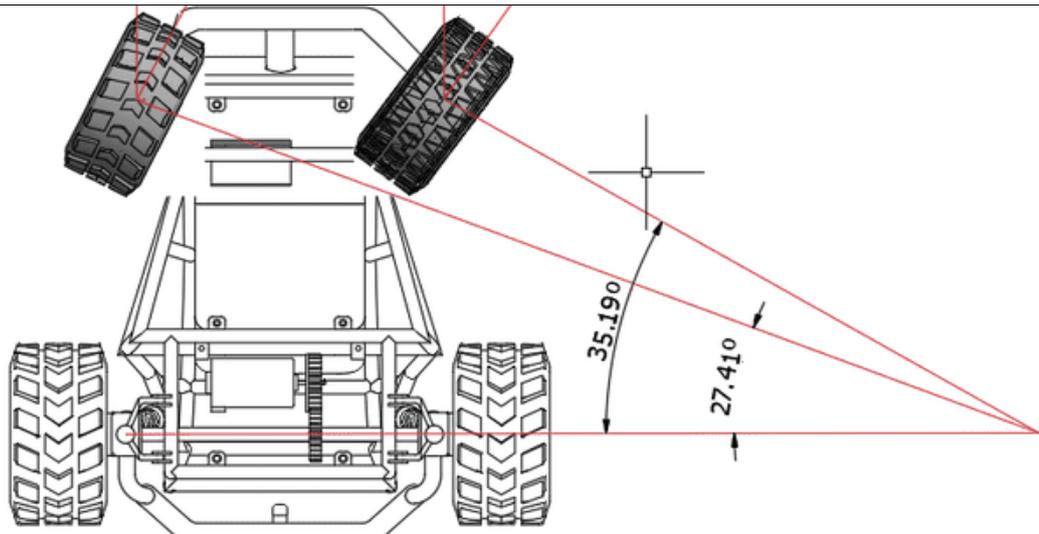


Ilustración 33. Geometría Ackerman

Luego de sacar los angulos se definira que tipo de ackerman tiene el diseño, en este metodo se lo realiza mediante angulos el otro metodo es netamente proyectado desde el centro de la mangueta con el angulo obtenido y se definira si tiene un ackerman del 100% esto se da si chocan por medio del eje trasero como se indica a continuacion.

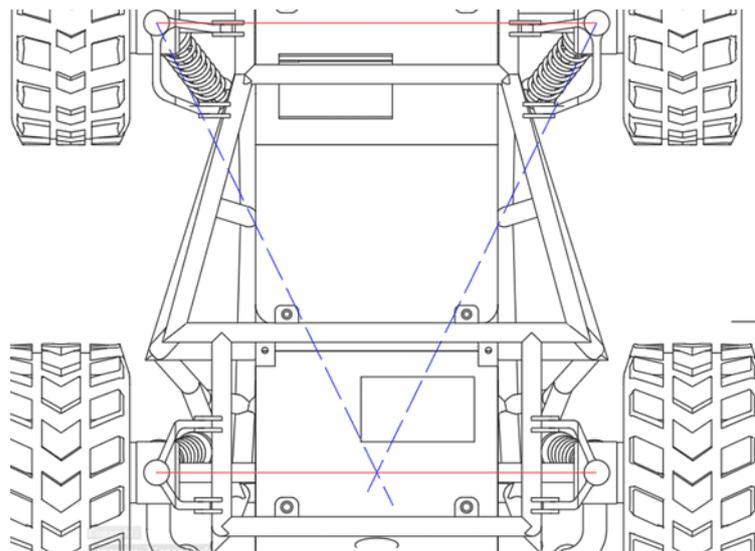


Ilustración 34. Proyección eje de dirección

### 3. Uso de “vsusp”

Lo primero será dirigimos a esta página web: [www.vsusp.com](http://www.vsusp.com) donde la ingresar nos presentara la siguiente interfaz

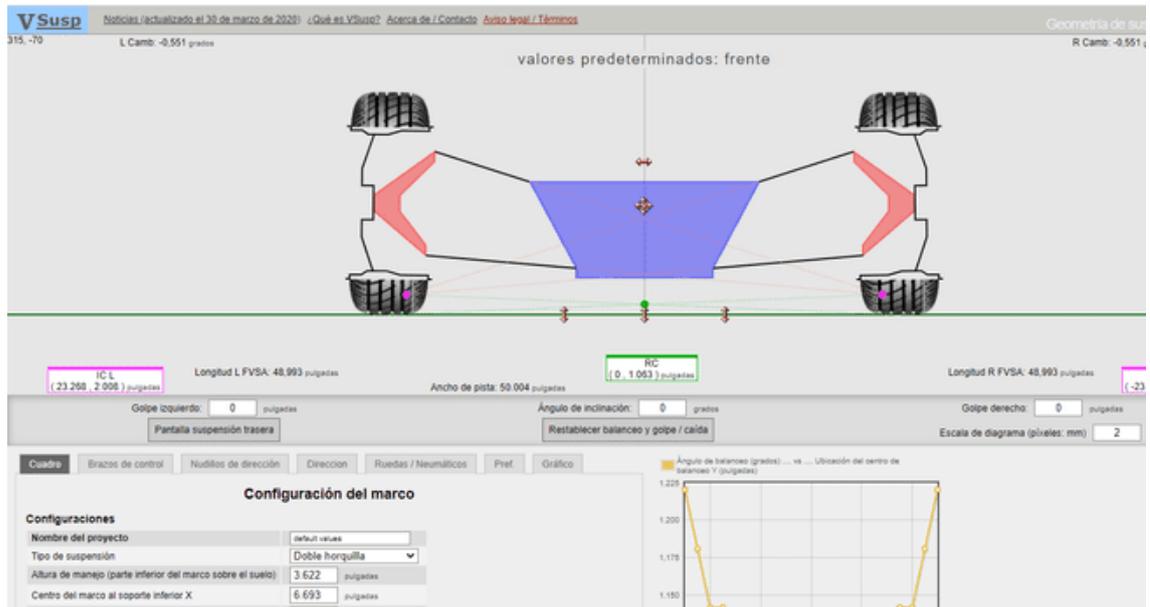


Ilustración 35. Uso de vsusp

Ahora nos dirigimos a preferencias y cambiaremos las unidades a Métrico se debe de tomar en cuenta que las medidas se pongamos en esta plataforma deben de ser escala 1 a 1 caso contrario al momento de visualizar los ángulos el tamaño de la rueda seleccionada no se encontrara en el sistema.

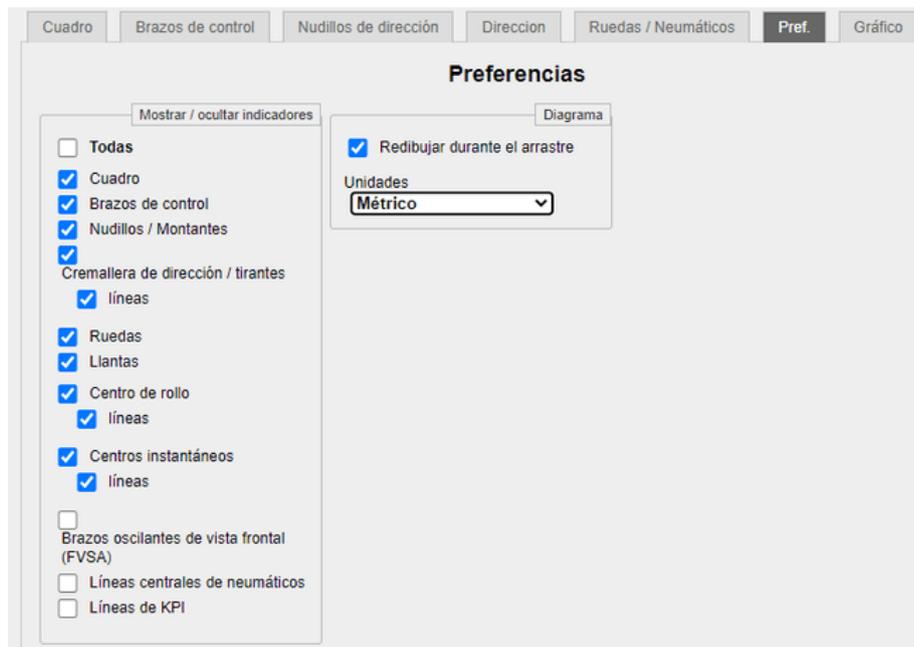


Ilustración 36. Configuración de Vsusp

Lo que resta por hacer es ir llenado los parámetros de cuadro en base a nuestro diseño ya que ahí nos dice las medidas que va a ir necesitando. Una vez se acabe de llenar los parámetros requeridos nos dirigimos a la pestaña de "Rueda/Neumáticos" en donde se escogerá el tipo de rueda que se basó para hacer la escala, cuando ya esté lleno los parámetros requeridos observaremos el ángulo cambiar que tiene nuestro diseño de vehículo.

Cuadro Brazos de control Nudillos de dirección Direccion **Ruedas / Neumáticos** Pref. Gráfico

### Ajustes de rueda / neumático

**Configuraciones**

Desplazamiento de rueda:  mm

Convención de tamaño de neumáticos: Estándar (sección / radio de )

**Tamaño de llanta estándar**

Tamaño de llanta:  /  -

**Dimensionamiento explícito de neumáticos**

Diámetro exterior del neumático:  mm

Ancho de llanta:  mm

Diámetro de la rueda:  mm

Compresión de la pared lateral del neumático:  mm

**Resultados**

Camber derecho del neumático	<input type="text" value="2.309"/>	grados
Camber del neumático izquierdo	<input type="text" value="0.313"/>	grados
Diámetro del neumático	<input type="text" value="429"/>	mm
Radio de balanceo	<input type="text" value="214.5"/>	mm
Radio de rueda	<input type="text" value="127"/>	mm
Circunferencia del neumático	<input type="text" value="1347.74"/>	mm
Altura de la sección del neumático (espesor de la pared lateral)	<input type="text" value="87.5"/>	mm
Revoluciones de neumáticos por kilómetro	<input type="text" value="741.981"/>	revoluciones
Radio de fregado izquierdo	<input type="text" value="83.394"/>	mm
Radio de fregado derecho	<input type="text" value="83.275"/>	mm
Ángulo de inclinación del IC izquierdo	<input type="text" value="5.196"/>	grados
Ángulo de inclinación del IC derecho	<input type="text" value="4.262"/>	grados

Ilustración 37. Colocación de parámetros Vsusp

Para este tipo de vehículos se recomienda tener un Camber positivo ya que para terrenos irregulares o vehículo 4x4 es más fácil maniobrar y con un Ángulo negativo es para vehículos de pista.

**Desarrollo y resultados obtenidos**

- Realizar el análisis de dirección en su vehículo ya modelado
- Obtener los ángulos de las ruedas como su Ackerman
- Realizar un informe con los pasos que empleo para el análisis de dirección con sus respectivas imágenes y explicación.

**Conclusiones**

**Recomendaciones**

**ANEXO 38. Análisis sistema de suspensión.**

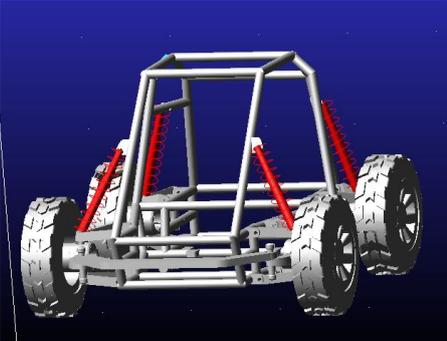
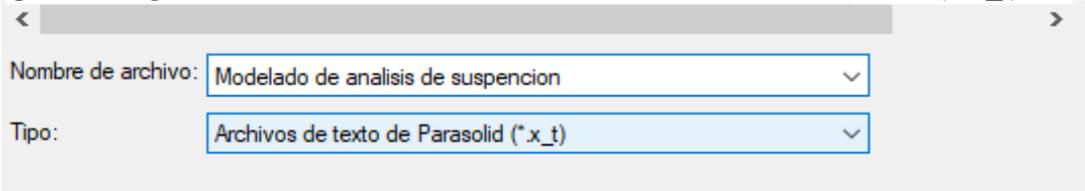
<b>GUÍA PARA EL ANALISIS DE SUSPENSION</b>	
<b>CARRERA:</b> Ingeniería Mecánica Automotriz	<b>ASIGNATURA:</b>
<b>NRO. PRÁCTICA:</b>	<b>TÍTULO PRÁCTICA:</b> Análisis del sistema de suspensión.
<p><b>OBJETIVOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar la exportación del modelado al software Adams Car</li> <li>• Editar los parámetros necesarios para el análisis de suspensión</li> <li>• Obtener los gráficos de la suspensión</li> </ul>	
<p><b>Marco teórico, Herramientas y equipos necesarios para la realización de la práctica.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Computadora con el programa Adams Car</li> <li>• Modelado previamente acabado del vehículo a escala 1:12</li> <li>• ADAMS (acrónimo de Automated Dynamic Analysis of Mechanical Systems) es un software de simulación de dinámica multi-cuerpo equipado con solucionadores numéricos Fortran y C++. MSC Software generalmente soporta los dos sistemas operativos Linux y Microsoft Windows</li> <li>• En caso de obtener más información sobre el funcionamiento o manejo de Adams Car puede consultar la Tesis “ELABORACIÓN DE GUÍAS DIDÁCTICAS PARA EL ANÁLISIS DE SUSPENSIONES EMPLEADAS EN VEHÍCULOS USANDO LA HERRAMIENTA ADAMS/CAR”</li> </ul>	
	1. Exportar el modelo a Adams Car
	2 Preparación del modelado para el análisis
	3. Obtención de Gráficas
<b>ACTIVIDADES POR DESARROLLAR</b>	
<p><b>1. Exportar el modelo a Adams Car</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se procede a guardar el modelo en el formato “Archivo de texto Parasolid (*.x_t)”.</li> </ul>	
	
<p>Ilustración 38. Exportación de Archivo</p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Posterior procedemos a abrir la extensión Admas View, en la esquina superior izquierda desplegamos la pestaña “File” y seleccionamos “Import”</li> </ul>	



Ilustración 39. Abrir archivo en Adams Car

- Posterior a eso buscamos se abre una ventana y seleccionamos el formato Parasolid, luego se procede a dar clic derecho en la sección “File to Read” y seleccionamos Browse para buscar el archivo e importarlo.

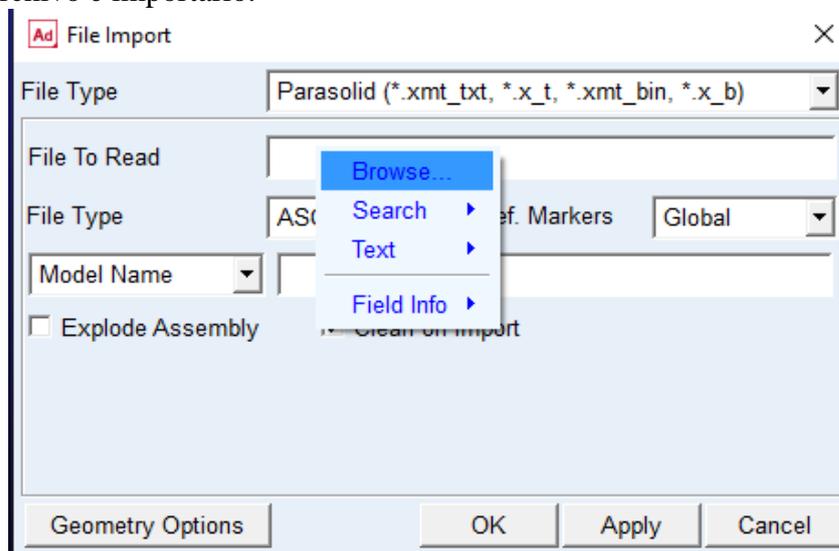


Ilustración 40. Búsqueda de archivo para trabajar

- Una vez exportado nos quedara el siguiente modelo

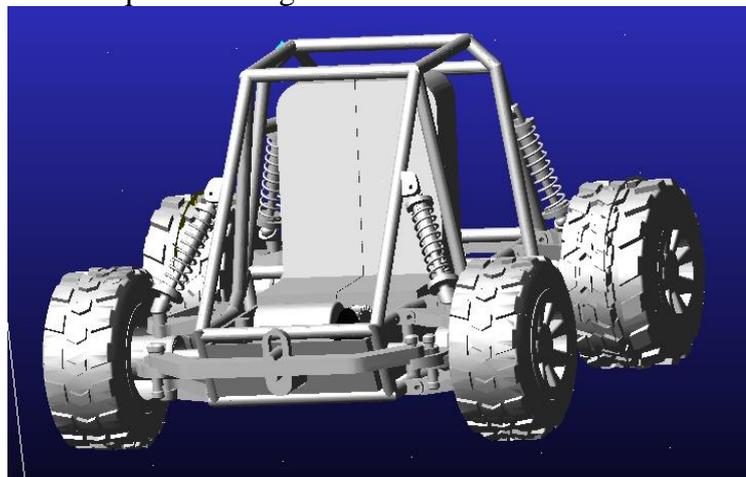


Ilustración 41. Diseño Exportado en Adams Car

## 2. Preparación del modelado para el análisis

- Lo primero en hacer es eliminar el diseño de los amortiguadores y elementos s innecesarios ya que estos serán remplazados por unos amortiguadores que nos brinda el mismo programa. Obteniendo lo siguiente

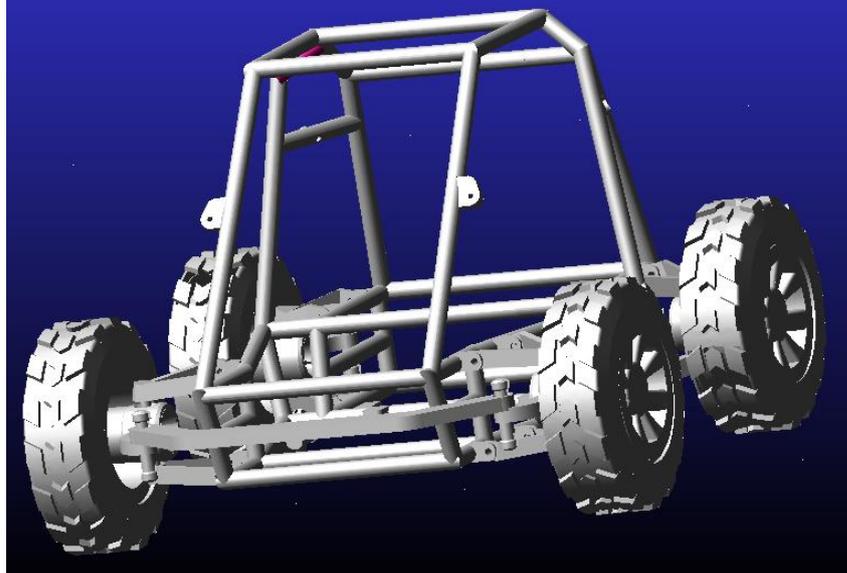


Ilustración 42. Vehículo listo para simulación

- Posterior seleccionamos el material de cada elemento que va a pertenecer a la suspensión. Para ello nos dirigimos a la parte izquierda y seleccionamos “Bodies” y damos doble clic sobre la pieza y se abrirá una pestaña en donde definiremos la masa (Define Mass by) y escogemos “Geometry and material type”

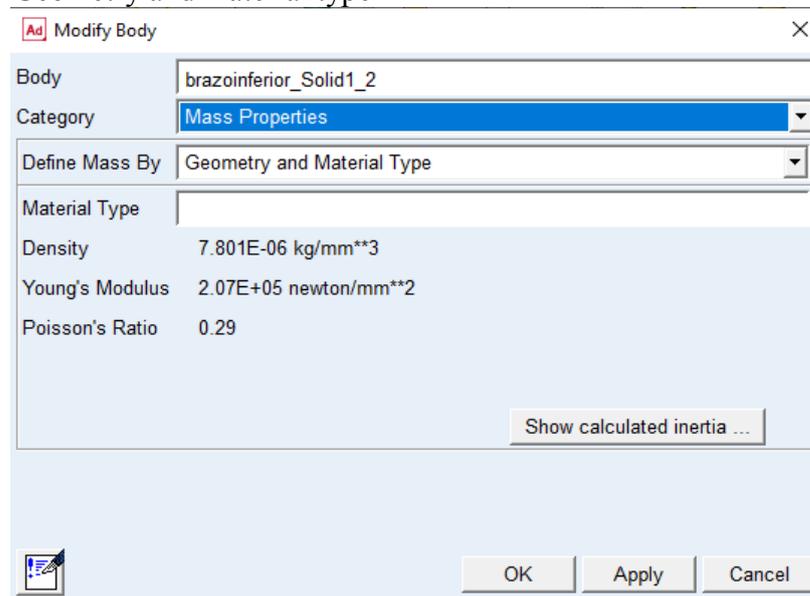


Ilustración 43. Selección de material

- Ahora se procede a escoger el material en este caso polímeros porque es en impresión 3d.

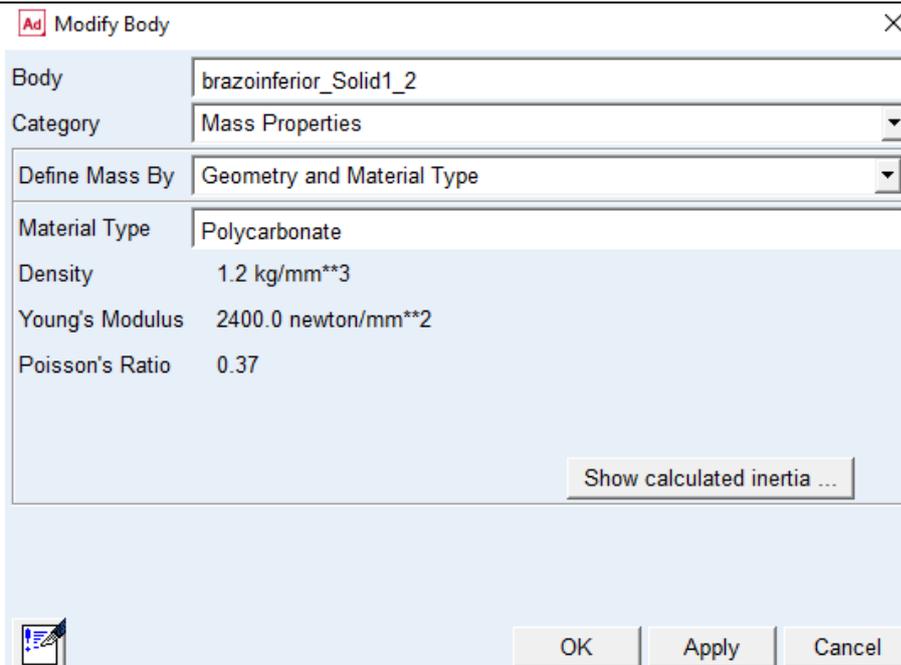


Ilustración 44. Polimeros

- Luego se selecciona el material para ello nos dirigimos a “Settings” y seleccionamos gravedad y establecemos el valor de la misma tomando en cuenta los ejes en que se posiciona nuestro modelado

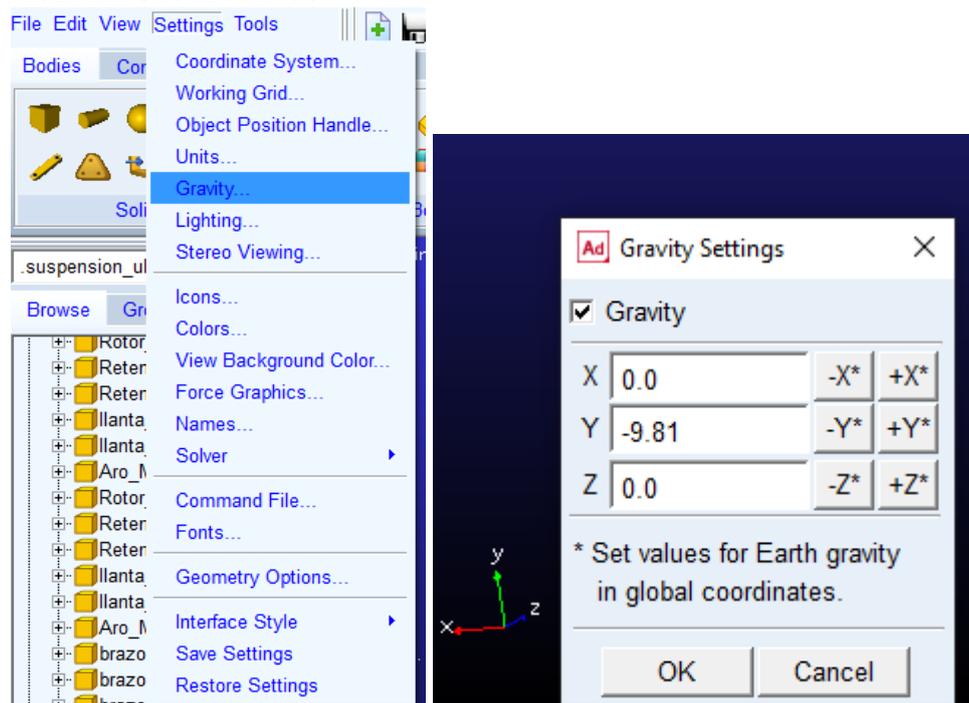


Ilustración 45. Colocación del valor de gravedad

- Posterior a eso se dirige a “Connectors” para seleccionar los puntos fijos en nuestra estructura



Ilustración 46. Puntos fijos

- Luego seleccionamos los puntos fijos en la estructura como se indica a continuación



Ilustración 47. Representación de puntos fijos

- Posterior a eso seleccionamos los puntos de giro con la Herramienta “Create a revolution joint” que por lo general serán los brazos oscilantes



Ilustración 48. Puntos de Giro

- Luego de tener todos los elementos debidamente colocados obtendremos algo como esto:

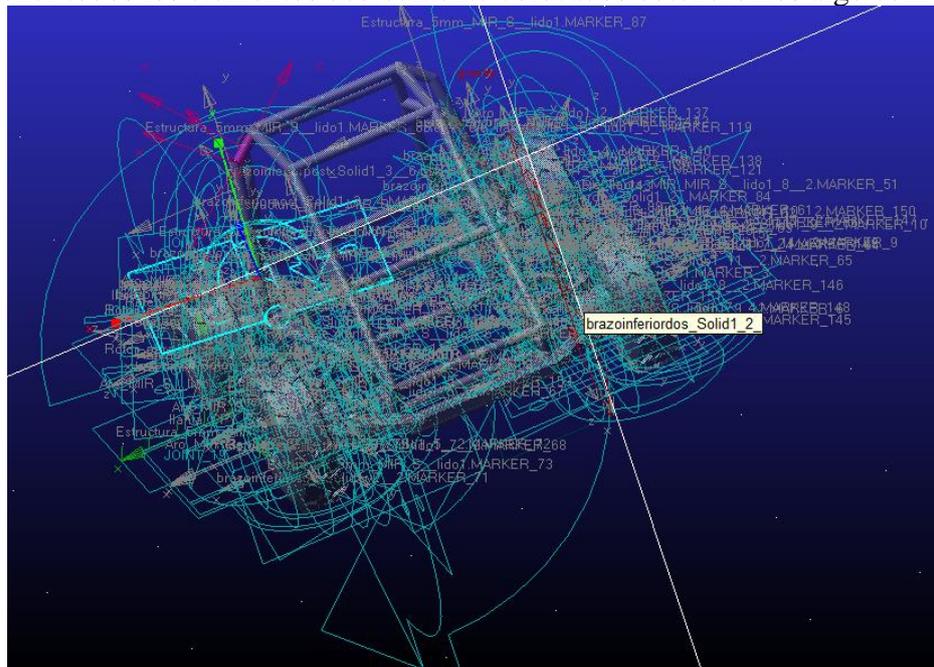


Ilustración 49. Vehículo con los parámetros designados

- Presionamos CTRL+V para ocultarlo y proceder a agregar los amortiguadores dirigiéndonos a la sección de “Forces” y seleccionando “Spring”



Ilustración 50. Colocación del resorte

- En donde se nos desplegara una ventana y introduciremos los valores de C y K correspondientes al sistema. Y luego se seleccionará los puntos donde irán colocados los amortiguadores obteniendo lo siguiente:

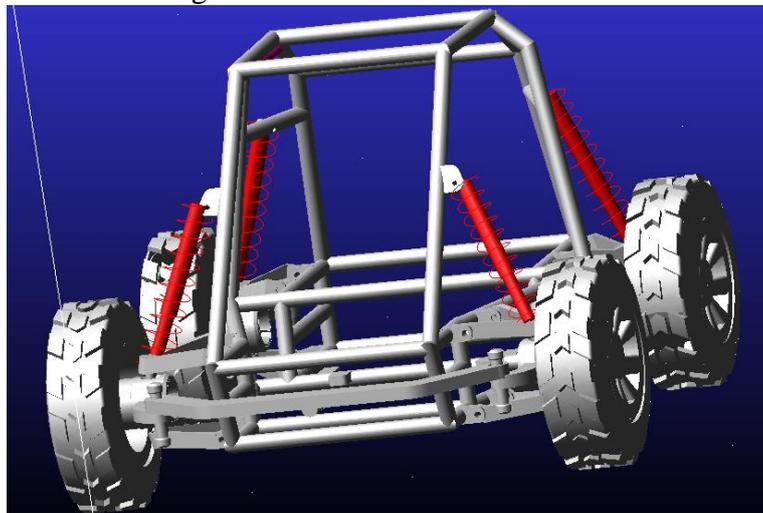


Ilustración 51. Resortes Colocados

- Con los parámetros ya establecidos se dirige a la sección de “Simulation” y abrimos “Run an Interactive Simulation”

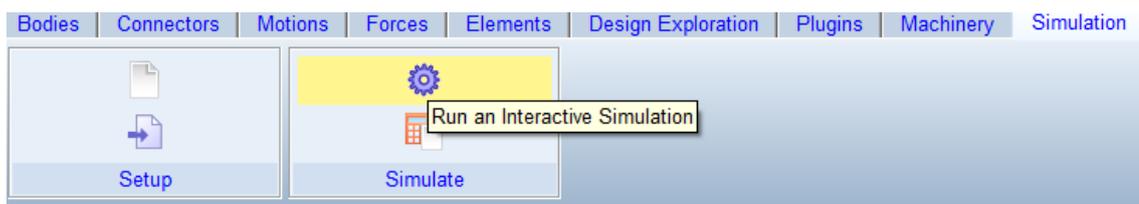


Ilustración 52. Representación de la herramienta para simulación

- Se nos abrirá la siguiente estaña donde: End time es el tiempo de la simulación y Steps son los pasos o giros que dará la rueda.

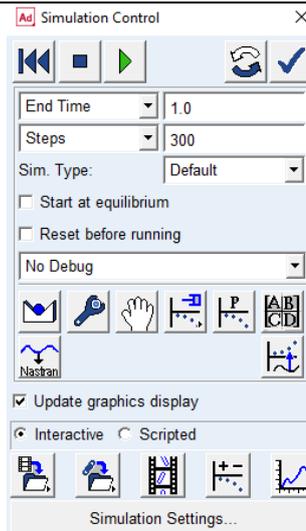


Ilustración 53. Parámetros para simulación

- Para finalizar le damos play y observaremos como interactúa la suspensión

### 3. Obtencion de Graficas

- Como primer paso abrimos la pestaña de simulación y seleccionamos "Run an Interactive Simulation" y seleccionamos "Plotting"

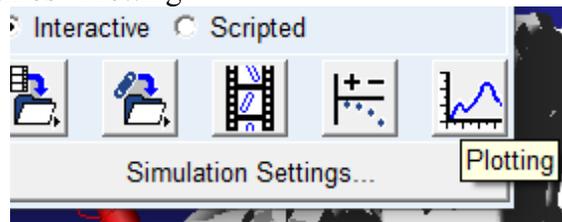


Ilustración 54. Obtención de graficas

- Se desplegará una ventana grande en donde daremos en "Create a new page"

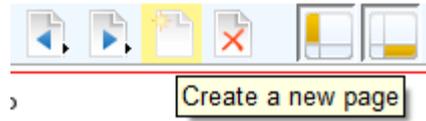


Ilustración 55. Crear nueva hoja

- Luego se dividirá ala hoja en dos secciones como se muestra a continuación

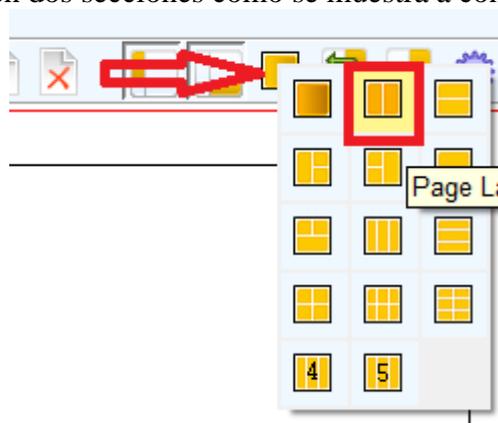


Ilustración 56. División de ventanas

- Ahora con las dos ventanas creadas se dirige al lado izquierdo y damos clic derecho para seleccionar “Load Animation”

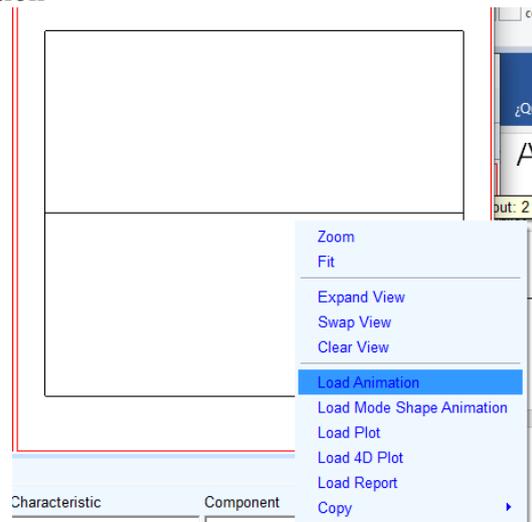


Ilustración 57. Cargar Animación

- Se cargará la animación y procedemos a ir a la ventana derecha y al dar clic se desplegará en la parte inferior una lista donde en base al grafico que deseamos obtener se ira seleccionado

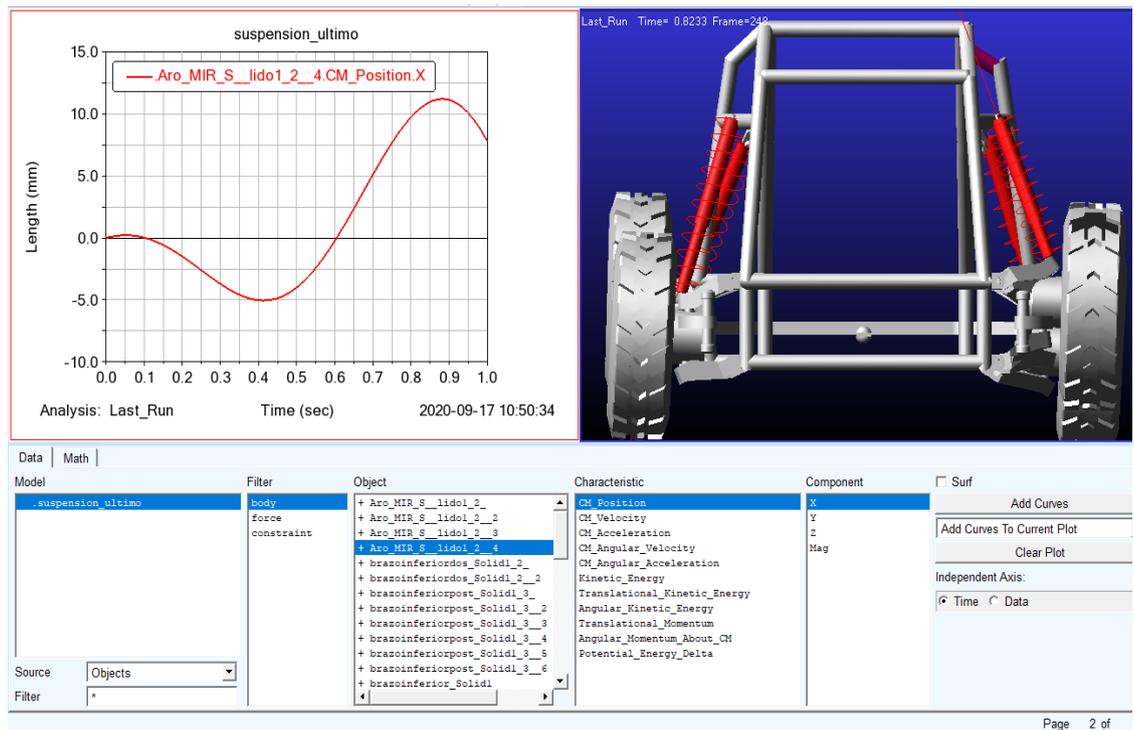


Ilustración 58. Obtención de grafica de suspensión

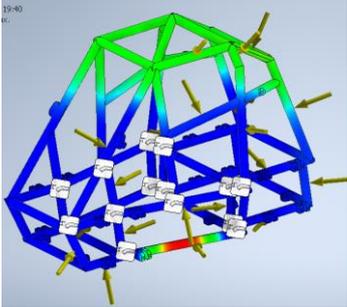
- En donde se podrá observar la máxima elevación que tendrá la suspensión en este caso es de 12.3 mm.

**Desarrollo y resultados obtenidos**

- Realizar el análisis de suspensión en su vehículo ya modelado
- Obtener las gráficas de su sistema de suspensión
- Realizar un informe con los pasos que empleo para el análisis de la suspensión con sus respectivas imágenes y explicación

**Conclusiones****Recomendaciones**

**ANEXO 39. Análisis sistema de chasis.**

<b>GUÍA PARA EL ANALISIS DEL CHASIS</b>	
<b>CARRERA:</b> Ingeniería Mecánica Automotriz	<b>ASIGNATURA:</b>
<b>NRO. PRÁCTICA:</b>	<b>TÍTULO PRÁCTICA:</b> Análisis del Chasis
<b>OBJETIVOS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar cálculos pertinentes para el respectivo análisis</li> <li>• Preparación del modelado para el análisis</li> <li>• Analizar los valores obtenidos en la escala RGB</li> </ul>	
<b>Marco teórico, Herramientas y equipos necesarios para la realización de la práctica.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Computadora con el programa Inventor Autodesk</li> <li>• Modelado previamente acabado del chasis vehicular</li> <li>• Inventor Autodesk es un software empleado para diseño de Ingeniería para elaborar y perfeccionar productos nuevos en un tiempo mínimo y realizando análisis para medir su eficiencia en la vida real seleccionando materiales y aplicando distintos parámetros de fuerza.</li> </ul>	
	1. Cálculos para el análisis del vehículo
	2. Preparación del modelado para el análisis y obtención de graficas
<b>DESARROLLO</b>	
<b>1. Cálculos para el análisis del vehículo</b> La velocidad del vehículo ya fue calculada anteriormente <b>1.1 Fuerza de impacto en caso de choque frontal.</b> Ya con la velocidad final se procede a realizar los cálculos para la simulación de choque frontal en donde se empleará la siguiente formula	
$F = \frac{0.5 * m * V^2}{d}$	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• m = Masa</li> <li>• V = Velocidad del objeto</li> <li>• d = Distancia antes del impacto</li> </ul>	
<b>1.2 Fuerza de impacto en caso de caída.</b> Ahora que se tiene esa fuerza se procede a sacar la fuerza de impacto en caso de caída con la siguiente formula:	
$V = \sqrt{2gh}$	

Para ello se debe de tener definida lo que es la altura promedio de caída, luego de obtener esa velocidad se aplica la siguiente fórmula para obtener la fuerza de impacto

$$Ec = \frac{1}{2} * m * v^2$$

Esta fórmula nos dará valores en  $\text{kg} \cdot \text{m}^2 / \text{s}^2$  debe de transformas a Newtons que prácticamente es lo mismo.

## 2. Análisis estático del chasis

Una vez ya obtenidos los valores de los cálculos procedemos con el modelado en donde primero le vamos a asignar un material, para ello seleccionamos la estructura y nos dirigimos a la parte superior y seleccionamos el pastico en donde se va a desarrollar la impresión en este caso ABS/PC.

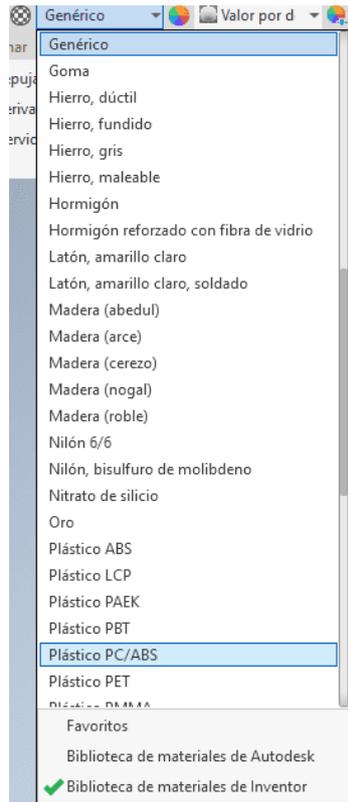


Ilustración 59. Selección de material

Una vez realizado dicho paso nos dirigimos a “Entornos” y escogemos “Análisis de tensión”

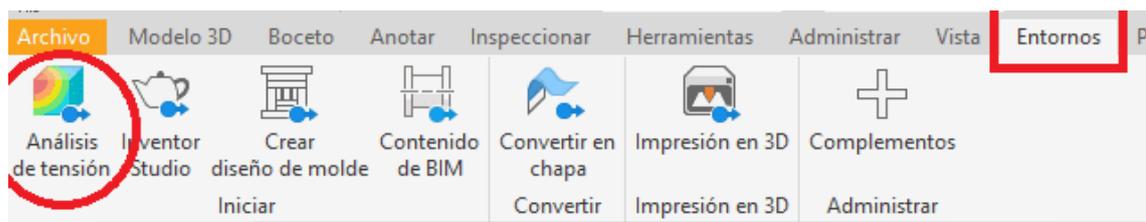


Ilustración 60. Herramienta para análisis de tensión

## 2.1 Analisis de choque frontal

**PASO 1.** Se nos abrirá otra pestaña en donde daremos clic en “Crear Estudio”. Luego se desplegará otra pestaña en donde cambiaremos el nombre para realizar nuestra simulación, debemos fijarnos que este seleccionado “Punto Único” y “Análisis Estático”

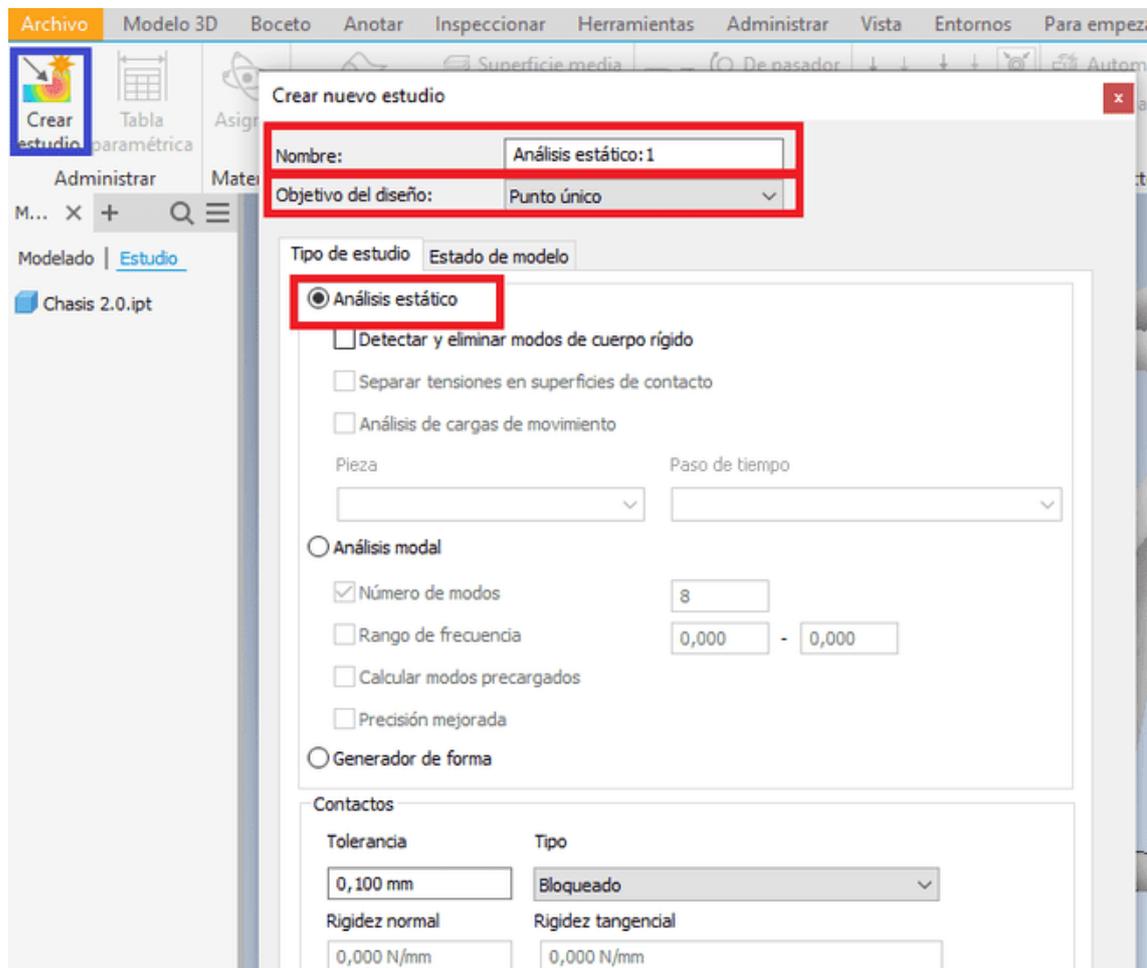


Ilustración 61. Preparación de estudio

**PASO 2.** Ahora se procede a dar clic en aceptar

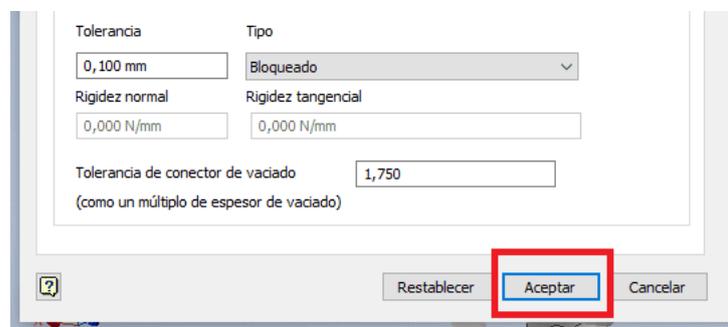


Ilustración 62. Preparación de estudio 2.

En el lado izquierdo nos aparecerá una ventana como esta:

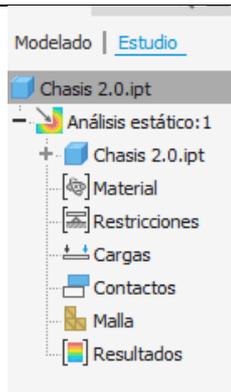


Ilustración 63. Ventana de Herramientas

**PASO 3.** Ahora se procede a dar clic en materiales y comprobamos que este seleccionado el material previamente escogido

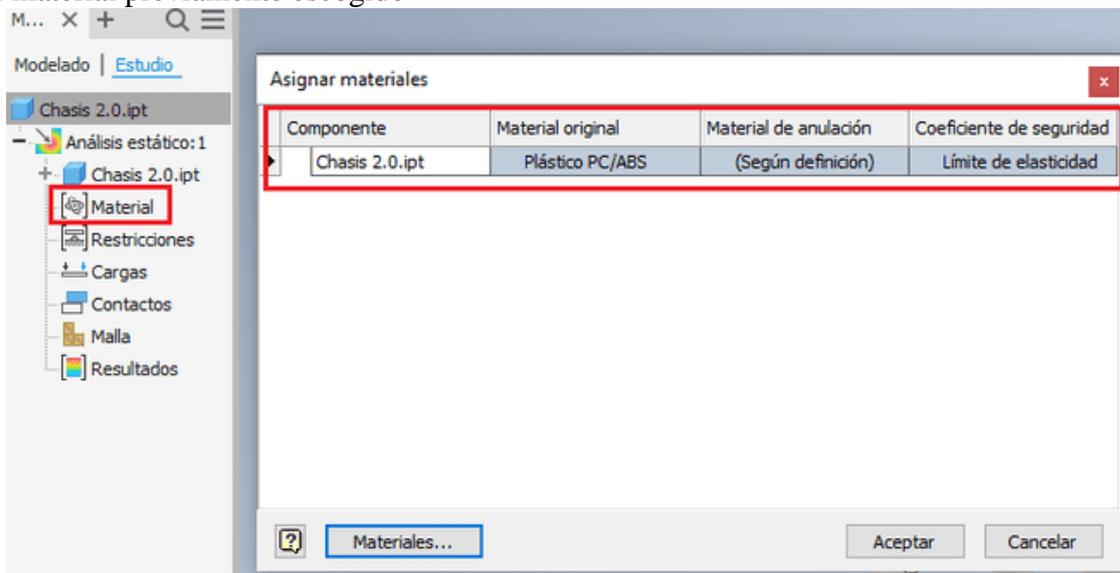


Ilustración 64. Comprobación de material asignado

**PASO 4.** Luego agregamos las restricciones fijas o puntos fijos donde va tener mayor sujeción la carrocería de la estructura para ellos nos dirigimos a “Restricciones” se da clic derecho y escogemos “Restricción fija”

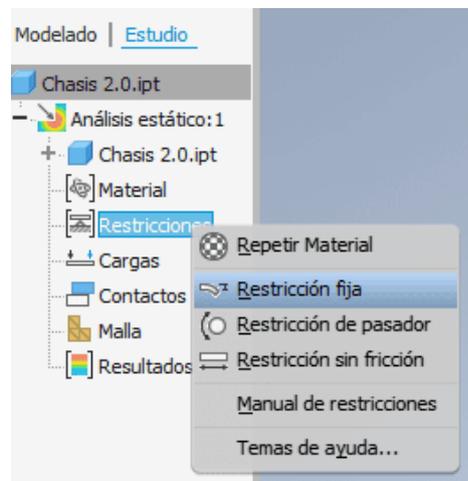


Ilustración 65. Selección de restricciones

Una vez seleccionemos las restricciones fijas nos quedara algo así, luego se dará clic en aceptar para que quede grabado.

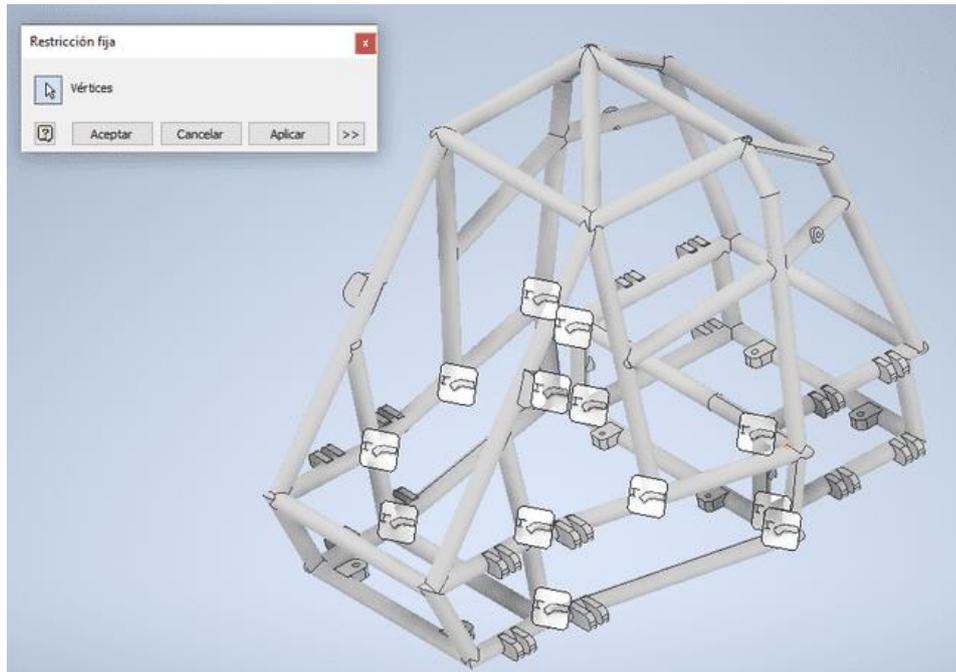


Ilustración 66. Colocacion de restricciones

**PASO 5.** Ahora seleccionamos “Cargas” y escogemos “Carga”

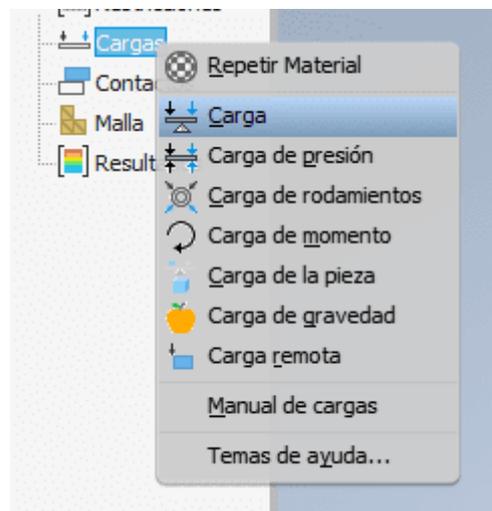


Ilustración 67. Colocacion de Cargas

Una vez realizado ese paso procedemos a darle las cargas con el valor anteriormente calculado como se indica en la imagen.

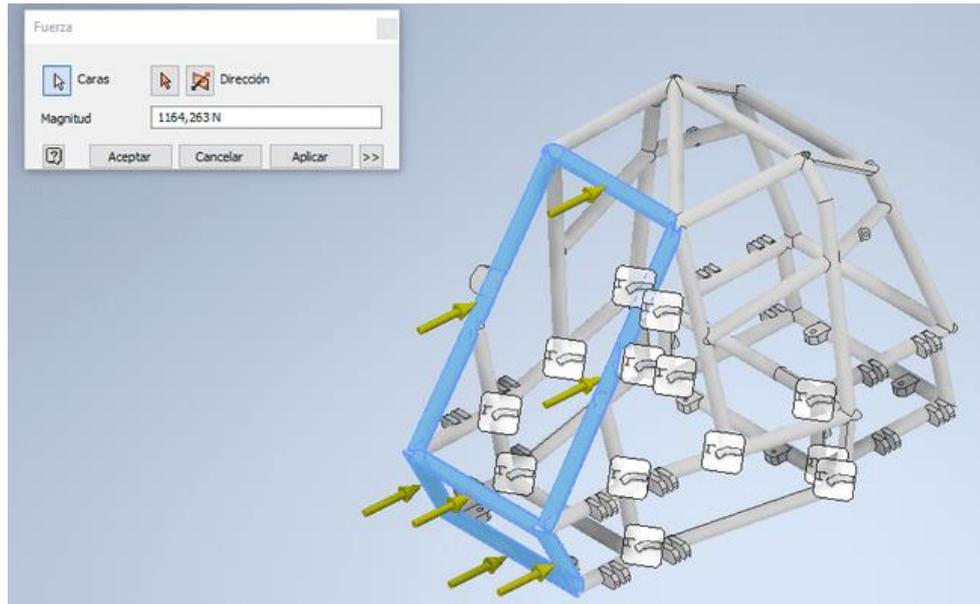


Ilustración 68. Representación de cargas

**PASO 6.** Luego de presionar aceptar nos dirigimos a la parte superior y escogemos iniciar simulación



Una vez que se dé clic ahí aparecerá una nueva ventana le damos a ejecutar y comenzará el proceso

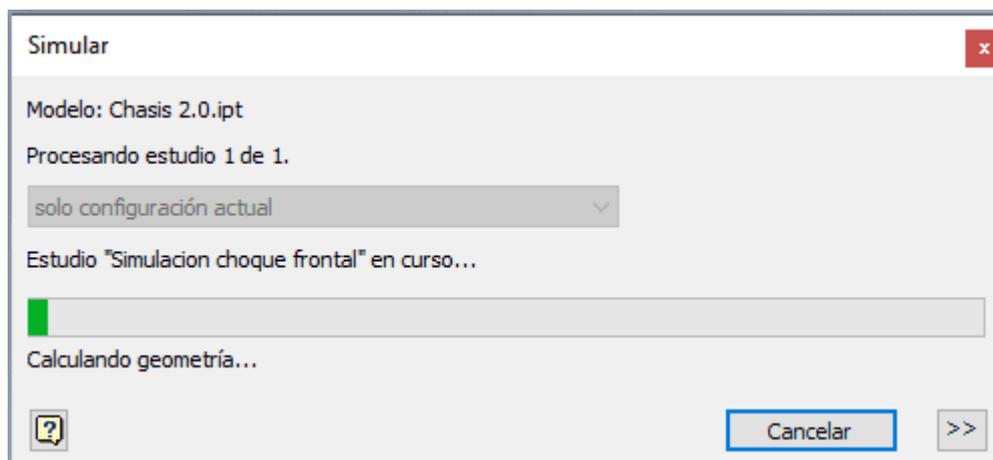
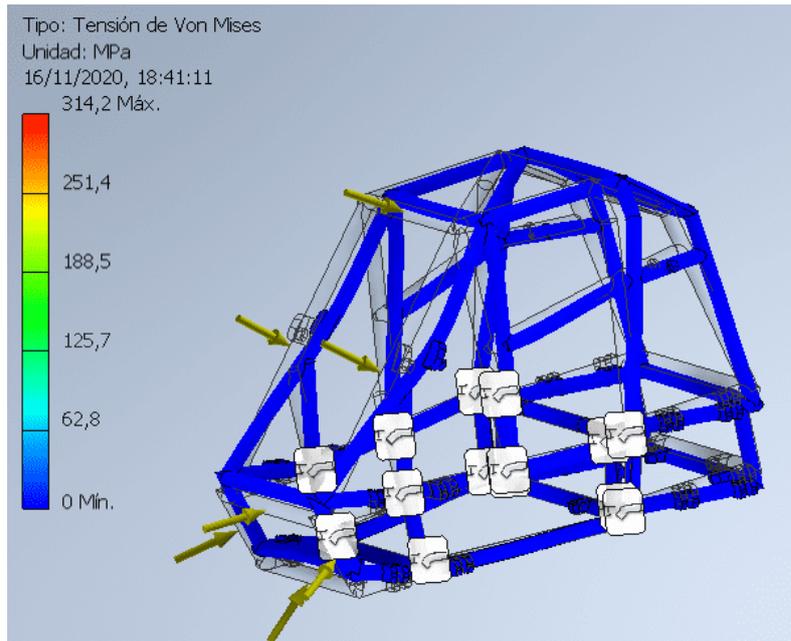


Ilustración 69. Progreso de simulación

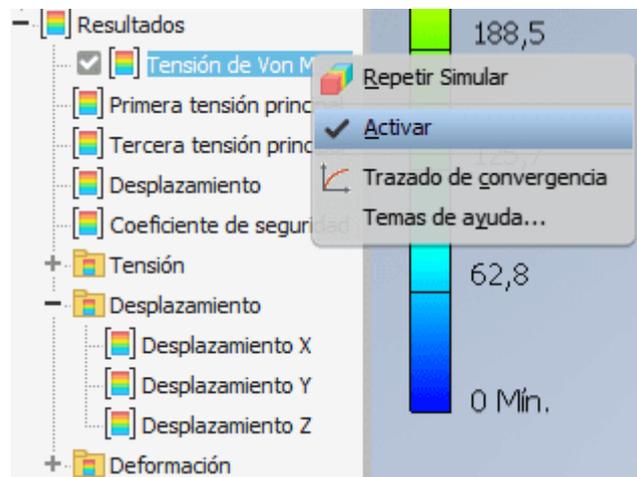
Una vez finalizado obtendremos lo siguiente



Ilustración 70. Representación finalizada la simulación

Como se observa en la ilustración anterior podemos observar una escala RGB en donde llegan a estar representadas las tensiones máximas que puede llegar a tener el vehículo, en donde para este caso lo máximo es de 314.2MPa, las líneas que estn en negro son las originales del chasis y se ve así por la deformación del vehículo.

**PASO 7.** Ahora se procede a seleccionar el desplazamiento para ellos nos dirigimos al lado izquierdo de la pantalla seleccionamos “Tensión de Von Mises” damos clic derecho y seleccionamos “Activar” para que deje de ser visible este análisis.



Ilustración 71. Desactivar tensiones

**PASO 8.** Luego nos dirigimos a “Desplazamiento” y repetimos de forma similar el paso anterior

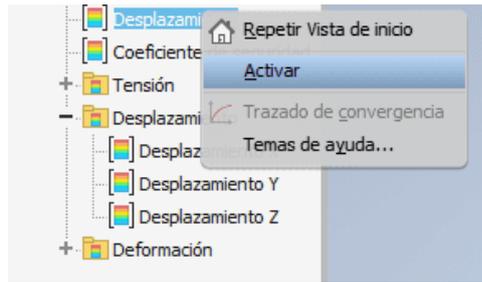
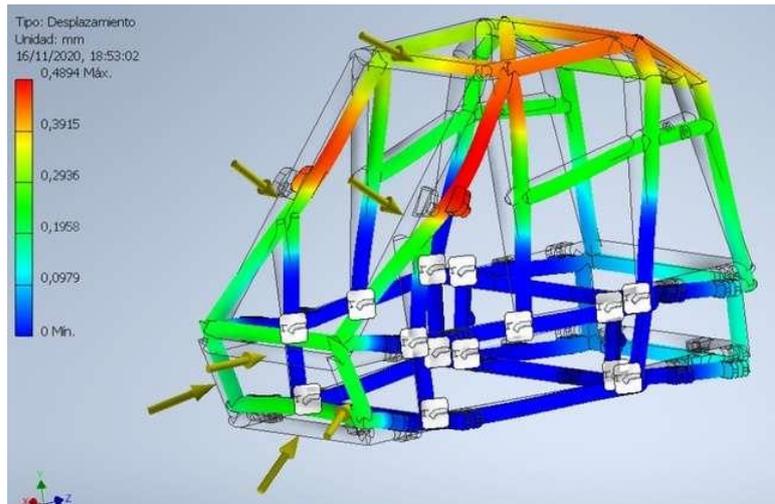


Ilustración 72. Activar Deformación

EL chasis nos quedara de la siguiente forma



**PASO 9.** Este análisis está ajustado a “X1” lo que indica que esta sobre ajustado con un poco más de fuerza por lo que no nos presenta una deformación real, para ellos no dirigimos a la parte superior derecha y buscamos donde diga “Ajustar x1” le damos clic y se desplegara una pestaña en donde escogeremos “Real”

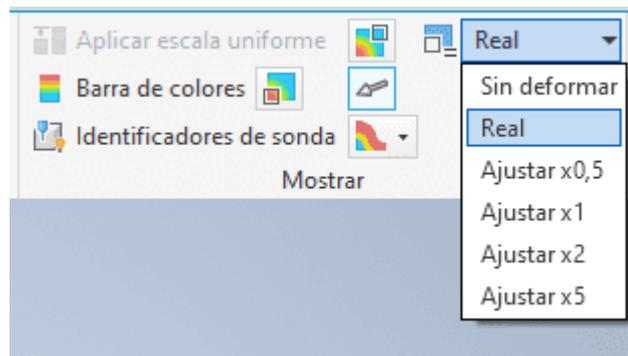


Ilustración 73. Selección de simulación real

Ahora se puede ver la deformación real que tendrá nuestro chasis y se podrá ver un cambio notorio en la simulación.

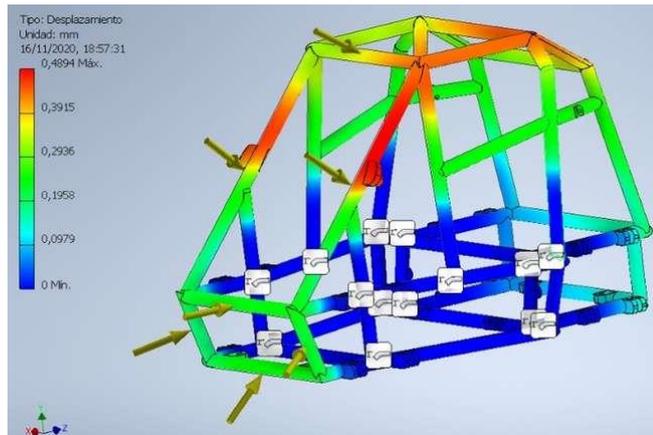


Ilustración 74. Representación real de la deformación

De igual forma como en el análisis de tensión la escala RGB nos presenta el desplazamiento máximo en este caso en milímetros donde lo máximo es de 0.4894.

### 2.1 Analisis de impacto lateral

Se procede a realizar los mismo pasos anteriores en el analisis de choque frontal repitiendo del paso 1 al paso 5. Con la consideración que se palicara la fuerza obtenida del calculo de impacto lateral y la colocacion de las fuerzas sera de sta forma

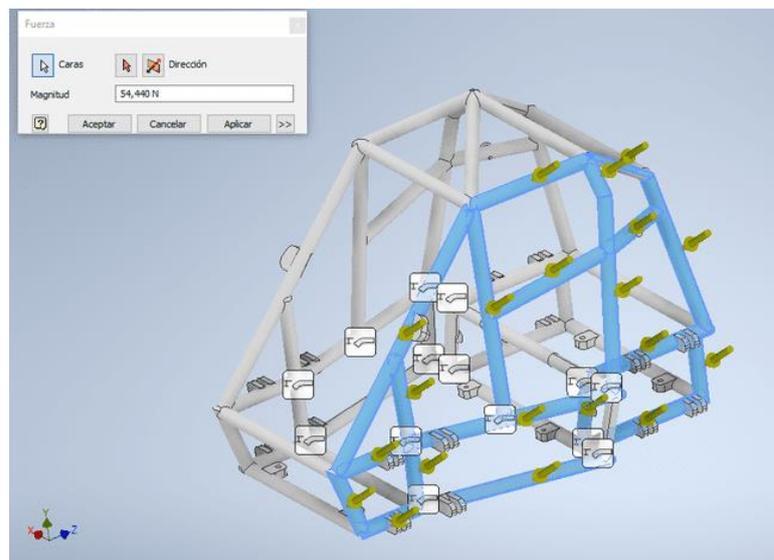


Ilustración 75. Fuerzas Laterales

**PASO 6.** Se procede a realizar la simulación de la misma forma anterior

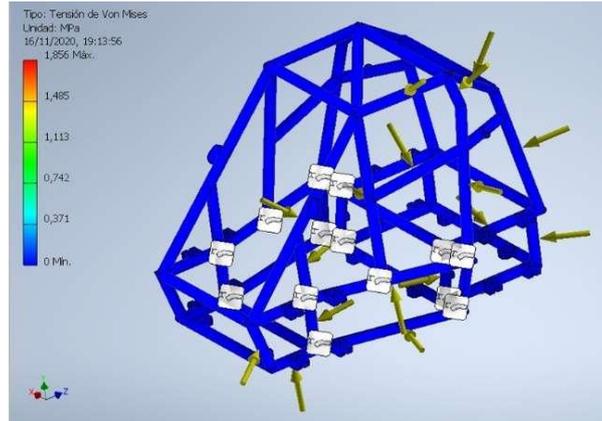


Ilustración 76. Representación de Fuerzas laterales

Como se observa en la ilustración anterior la deformación llega a ser nula por la existencia de triángulos en la estructura.

**PASO 7.** Ahora se procede a revisar el desplazamiento de la misma forma que en el anterior análisis con la excepción que ya estará ajustado en la “Escala real” del análisis y ya no estará aumentado.

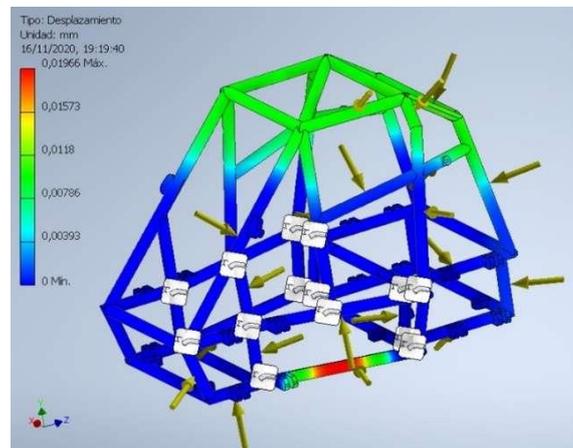


Ilustración 77. Deformación lateral

En este caso el desplazamiento máximo es de 0.01966 mm.

#### ACTIVADAES POR DESARROLLAR

- Realizar un informe detallando paso a paso como se obtuvo los diferentes valores de tensión y desplazamiento para cada situación. El informe debe de contar con imágenes adjuntas de los pasos con su respectivo chasis.

#### Conclusiones

#### Recomendaciones