



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AUTOMOTRIZ**

TEMA:

**“DISEÑO DE SISTEMAS AUXILIARES Y DE TRACCIÓN PARA UN
VEHÍCULO TIPO GO-KART”**



AUTOR: ERICK ALEXANDER NAGUAÑA ULCUANGO
DIRECTOR: ING. VICTOR JAVIER MONTENEGRO SIMANCAS, MCS.

Ibarra-Ecuador

2025



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	DE	1728160274	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Y	NAGUAÑA ULCUANGO ERICK ALEXANDER	
DIRECCIÓN:	TABACUNDO – PEDRO MONCAYO		
EMAIL:	eanaguanau@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	022112296	TELF. MOVIL	0959438468

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	DISEÑO DE SISTEMAS AUXILIARES Y DE TRACCIÓN PARA UN VEHÍCULO TIPO GO-KART.
AUTOR:	NAGUAÑA ULCUANGO ERICK ALEXANDER
FECHA: AAAAMMDD	25/11/2025
SOLO PARA TRABAJOS DE TITULACIÓN	
CARRERA/PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> GRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERÍA AUTOMOTRIZ
DIRECTOR:	ING. VICTOR JAVIER MONTENEGRO SIMANCAS, MSC.



CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 25 días, del mes de noviembre de 2025

EL AUTOR:

.....
NAGUAÑA ULCUANGO ERICK ALEXANDER



CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Ibarra, 25 de noviembre de 2025

**ING. VICTOR JAVIER MONTENEGRO SIMANCAS, MSC.
DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final del trabajo de Integración Curricular, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.



Firmado electrónicamente por:
**VICTOR JAVIER
MONTENEGRO SIMANCAS**
Validar únicamente con FirmatEC

(f)

ING. VICTOR JAVIER MONTENEGRO SIMANCAS, MSC.



APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificado del trabajo de Integración Curricular “DISEÑO DE SISTEMAS AUXILIARES Y DE TRACCIÓN PARA UN VEHÍCULO TIPO GO-KART” elaborado por NAGUAÑA ULCUANGO ERICK ALEXANDER, previo a la obtención del título de **INGENIERO AUTOMOTRIZ**, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:



(f):.....

ING. VICTOR JAVIER MONTENEGRO SIMANCAS, MSC.

C.C.: 1717035149



(f):.....

ING. CARLOS NOLASCO MAFLA YEPEZ, PHD.

C.C.: 0401447826



DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación, con todo mi corazón, primero a Dios, por ser mi guía, mi fortaleza y la luz que ha iluminado cada paso de este camino. A Él, por concederme la sabiduría para superar los momentos difíciles, la serenidad para aceptar los retos y la esperanza para seguir avanzando cuando las fuerzas flaqueaban.

A mis padres, pilares fundamentales de mi vida y ejemplo de esfuerzo, amor y dedicación. A mi madre, Nelly Ulcuango, por su amor incondicional y por estar siempre presente con una palabra de aliento y una fe inquebrantable en mí. Tu amor y tu fe firme me dieron fuerza para seguir adelante incluso en los momentos más exigentes. A mi padre, Roberto Naguaña, por sus sabios consejos y su ejemplo de responsabilidad, disciplina y trabajo constante. Tus enseñanzas han sido la base sobre la cual he construido mis metas y mi manera de comprender el valor del esfuerzo.

A mis hermanos y familiares, por su apoyo incondicional en los momentos de duda y por recordarme, con su compañía y cariño, que la familia es el refugio donde todo cobra sentido. Han sido una fuente constante de motivación y alegría.

A mis amigos, esa familia que uno escoge en el camino, por estar presentes en los momentos más significativos, por su comprensión, su apoyo y su lealtad. Cada conversación, cada gesto y cada risa compartida hicieron más llevadero este trayecto y enriquecieron mi vida no solo académica, sino también personal.



AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a Dios, por concederme la fortaleza, la sabiduría y la perseverancia necesarias para culminar exitosamente esta etapa tan significativa de mi vida académica y personal.

A mis padres, Nelly Ulcuango y Roberto Naguaña, les debo todo lo que soy. Agradezco profundamente su amor incondicional, su esfuerzo constante y los valores que me inculcaron desde la infancia. Su apoyo, comprensión y sacrificio han sido el pilar fundamental que me impulsó a alcanzar esta meta. Gracias por sus enseñanzas, por su ejemplo de humildad y por demostrarme que con dedicación y perseverancia se pueden alcanzar los objetivos más desafiantes.

A mis hermanos, por su cariño, comprensión y respaldo incondicional, que fueron un sostén esencial durante los momentos más exigentes. A mis amigos, por su amistad sincera, su motivación constante y por los momentos compartidos que aportaron equilibrio entre la dedicación académica y el bienestar personal.

Extiendo mi más profundo agradecimiento a la Universidad Técnica del Norte, por abrirme las puertas y brindarme las herramientas necesarias para mi formación integral. Asimismo, a la Carrera de Ingeniería Automotriz, por el conocimiento impartido a lo largo de estos años, que sentó las bases para el desarrollo de este trabajo de investigación.

De manera especial, expreso mi reconocimiento al Dr. Carlos Mafla y al Ing. Víctor Montenegro, tutores de este proyecto, por su valiosa guía, compromiso, paciencia y conocimientos compartidos. Sus acertadas observaciones y constante acompañamiento académico fueron determinantes para la conclusión exitosa de este estudio.

Finalmente, me permito un agradecimiento profundamente personal: a la persona que fui, por no rendirse ante la duda y por transformar la incertidumbre en aprendizaje; y a la que soy hoy, por la determinación inquebrantable de perseverar hasta hacerlo realidad.



RESUMEN EJECUTIVO

El estudio se fundamenta en la necesidad de mejorar el rendimiento y la seguridad de los vehículos tipo Go-Kart, cuya maniobrabilidad y fiabilidad suelen verse comprometidas en modelos artesanales por deficiencias en los sistemas auxiliares y de tracción; por ello, el objetivo general fue diseñar y validar componentes auxiliares y una matriz de ensamblaje para un Go-Kart tomando como referencia la normativa CIK-FIA y FEDAK, empleando escaneo 3D, desarrollo y fabricación de modelos CAD, corte CNC y simulaciones estructurales, así como la caracterización experimental en pista; la metodología incluyó etapas de digitalización tridimensional, modelado en SolidWorks, manufactura con acero A36, montaje y validación experimental para establecer una línea base comparativa de rendimiento; como resultados sobresalen la obtención de modelos CAD precisos, la creación de una matriz que permite la futura fabricación del chasis de un Go-Kart, datos de referencia en pista como tiempos, velocidades y comportamiento estructural bajo diferentes escenarios; se concluye que la integración de tecnologías de escaneo, modelado y manufactura digital no solo optimiza los procesos de diseño y validación, sino que proporciona una base técnica sólida para el desarrollo de futuros vehículos de competencia bajo estándares internacionales, mejorando la seguridad y competitividad.

Palabras clave: Go-Kart, escaneo 3D, sistemas auxiliares, matriz de fabricación, validación experimental.



ABSTRACT

The study is based on the need to improve the performance and safety of Go-Kart vehicles, whose maneuverability and reliability are often compromised in artisanal models due to deficiencies in auxiliary and traction systems; therefore, the general objective was to design and validate auxiliary components and an assembly matrix for a Go-Kart using CIK-FIA and FEDAK regulations as reference, employing 3D scanning, CAD model development and manufacturing, CNC cutting and structural simulations, as well as experimental characterization on track; the methodology included stages of three-dimensional digitization, SolidWorks modeling, manufacturing with A36 steel, assembly and experimental validation to establish a comparative performance baseline; notable results include obtaining precise CAD models, creating a matrix that enables future Go-Kart chassis manufacturing, track reference data such as times, speeds and structural behavior under different scenarios; it is concluded that the integration of scanning, modeling and digital manufacturing technologies not only optimizes design and validation processes, but also provides a solid technical foundation for the development of future competition vehicles under international standards, improving safety and competitiveness.

Keywords: Go-Kart, 3D scanning, auxiliary systems, manufacturing matrix, experimental validation.



LISTA DE SIGLAS

ASTM. American Society for Testing and Materials (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales)

CIK-FIA. Comisión Internacional del Karting - Federación Internacional del Automóvil

FEDAK. Federación Ecuatoriana de Automovilismo y Kartismo

FIA. Federación Internacional del Automóvil

ISO. International Organization for Standardization (Organización Internacional de Normalización)

CAD. Computer-Aided Design (Diseño Asistido por Computadora)

CNC. Computer Numerical Control (Control Numérico por Computadora)

FEM. Finite Element Method (Método de Elementos Finitos)

FOV. Field of View (Campo de Visión)

HDR. High Dynamic Range (Alto Rango Dinámico)

RGB. Red, Green, Blue (Rojo, Verde, Azul)

USB. Universal Serial Bus (Bus Serie Universal)

VCSEL. Vertical-Cavity Surface-Emitting Laser (Láser de Emisión Superficial de Cavidad Vertical)

3MF. 3D Manufacturing Format (Formato de Fabricación 3D)

ASC. ASCII File Format (Formato de Archivo ASCII)

DXF. Drawing Exchange Format (Formato de Intercambio de Dibujos)

OBJ. Object File Format (Formato de Archivo de Objeto)

P3. Point Cloud Format (Formato de Nube de Puntos)

PLY. Polygon File Format (Formato de Archivo de Polígono)

STL. Standard Tessellation Language (Lenguaje de Teselación Estándar)



ÍNDICE DE CONTENIDOS

LISTA DE SIGLAS9

ÍNDICE DE CONTENIDOS.....10

ÍNDICE DE TABLAS.....15

ÍNDICE DE FIGURAS.....16

CAPÍTULO I.....19

INTRODUCCIÓN19

 1.1. Problemática a investigar19

 1.2. Objetivos20

 1.2.1. Objetivo general20

 1.2.2. Objetivos específicos.....20

 1.3. Alcance.....20

 1.4. Justificación.....21

CAPÍTULO II22

MARCO TEÓRICO22

 2.1. Antecedentes22

 2.2. Karting.....23

 2.3. Motores de Combustión Interna.....24

 2.3.1. Motores 2 tiempos24

 2.3.2. Motor de cuatro tiempos.....25

 2.4. Chasis26

 2.5. Elementos auxiliares de un karting27

 2.5.1. Sistema de transmisión27

 2.5.2. Sistema de freno28

 2.5.3. Sistema de dirección y componentes que lo conforman.....28

 2.5.3.1. Volante de dirección29

 2.5.3.2. Columna de Dirección29

 2.5.3.3. Barras de Dirección.....30

 2.5.3.4. Rótulas31

 2.5.3.5. Neumáticos31

 2.6. Dinámica de un Go-Kart32



2.6.1. Dinámica longitudinal y lateral	32
2.6.2. Distribución longitudinal	33
2.6.3. Fuerzas Laterales	33
2.7. Principio Ackerman.....	34
2.7.1. Geometría Ackerman.....	34
2.8. Métodos de Diseño.....	36
2.9. Normativas técnicas para karting competitivo	37
2.9.1. CIK-FIA.....	37
2.9.2. FEDAK.....	38
CAPÍTULO III.....	39
MATERIALES Y MÉTODOS	39
3.1. MATERIALES	39
3.1.1. Chasis de karting COMPKART COVERT 3.0	39
3.1.2. Escáner 3D Einstar Shining.....	39
3.1.3. Cortadora CNC HC8000 CUT80NP	40
3.1.4. SOLIDWORKS	41
3.1.5. Soldadora POWER MIG 210 MP	42
3.2. METODOLOGÍA	43
3.2.1. Requisitos técnicos aplicables del Reglamento CIK-FIA 2025	43
3.2.1.1. Requisitos del Chasis y Estructura Principal	44
3.2.1.2. Requisitos del Eje Trasero	44
3.2.1.3. Requisitos del Sistema de Dirección.....	45
3.2.1.4. Requisitos de Manguetas y Pivotes de Dirección	46
3.2.1.5. Requisitos de Ruedas y Llantas	47
3.2.1.6. Requisitos del Sistema de Frenos	47
3.2.1.7. Requisitos del Sistema de Transmisión	48
3.2.2. Validación experimental de componentes	49
3.2.2.1. Selección de componentes conformes con requisitos normativos.....	49
3.2.2.2. Implementación Física en Chasis Homologado.....	49
3.2.2.3. Validación Funcional en Pista	49
3.2.3. Escaneo 3D.....	50



3.2.3.1. Preparación del Escaneo	50
3.2.3.2. Preparación del Objeto (Chasis del Go-Kart)	51
3.2.3.3. Adquisición de Datos (Proceso de Escaneo)	52
3.2.3.4. Procesamiento de la nube y generación de malla	53
3.2.3.5. Exportación y conversión a formato CAD.....	54
3.2.4. Modelado 3D	55
3.2.5. Creación de la matriz.....	56
3.2.5.1. Chapa metálica.....	57
3.2.5.2. Corte CNC	58
3.2.5.3. Programación y configuración del corte CNC.....	58
3.2.5.4. Selección del material para la fabricación de la matriz del chasis del Go-kart	58
CAPÍTULO IV	60
RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	60
4.1. Escaneo del chasis de Go-Kart.....	60
4.2. Digitalización del chasis de Go-Kart	62
4.3. Procesamiento del Modelo en Software EXstar.....	63
4.4. Transición al Entorno CAD.....	64
4.5. Diseño de la matriz del Go-Kart	69
4.6. Exportación y Corte CNC	73
4.6.1. Preparación de los Diseños.....	73
4.6.2. Importación y Configuración en SheeCAM.....	74
4.6.3. Generación del Código G	76
4.6.4. Ejecución en Máquina CNC	77
4.7. Ensamble de las piezas cortadas.....	78
4.7.1. Preparación de las Piezas para el Ensamble	78
4.7.2. Implementación de guías replica en la matriz	80
4.8. Implementación y Validación de componentes	82
4.8.1 Componentes seleccionados	82
4.8.1.1. Implementación del brazo de dirección	82
4.8.1.2. Implementación de la columna de dirección	83
4.8.1.3. Implementación de la mangueta	84



4.8.1.4. Implementación de las manzanas conjunto con los neumáticos delanteros y traseros	84
4.8.1.5. Implementación del disco de freno	85
4.8.1.6. Implementación del sistema de transmisión y eje trasero.....	85
4.8.1.8. Componentes complementarios para validación integral	86
4.8.2 Validación experimental en pista	87
4.9. Diseño de los sistemas auxiliares del Go-Kart.....	89
4.9.1. Proceso de diseño de las partes auxiliares de un Go-Kart.....	89
4.9.2. Diseño del brazo de dirección	89
4.9.3. Diseño de la columna de dirección.....	91
4.9.4. Diseño de la mangueta.....	94
4.9.5. Diseño de manzana delantera	96
4.9.6. Diseño de la manzana posterior.....	98
4.9.7. Diseño de la rueda delantera.....	100
4.9.8. Diseño de la rueda posterior	102
4.9.9. Diseño del Sistema Trasero (Piñón, Eje y Disco de Freno)	103
4.10. Análisis del bastidor	110
4.10.1. Análisis de colisión frontal	111
4.10.1.1. Tensiones en impacto frontal	112
4.10.1.2. Deformaciones en impacto frontal.....	113
4.10.1.3. Factor de seguridad en impacto frontal.....	114
4.10.2. Análisis de colisión lateral.....	115
4.10.2.1. Tensiones en impacto lateral izquierdo.....	116
4.10.2.2. Desplazamientos en colisión lateral izquierda.....	117
4.10.2.3. Factor de seguridad para colisión lateral izquierda.....	118
4.10.2.4. Tensiones en impacto lateral derecho	119
4.10.2.5. Desplazamientos en impacto lateral derecho	120
4.10.2.6. Factor de seguridad para impacto lateral derecho.....	121
4.10.3. Análisis de rigidez torsional	122
4.10.3.1. Tensión del análisis de rigidez torsional	122
4.10.3.2. Desplazamiento del análisis torsional	124



4.10.3.3. Factor de seguridad en análisis de torsión	125
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	126
5.1 Conclusiones	126
5.2. Recomendaciones.....	128
BIBLIOGRAFÍA.....	129
ANEXOS.....	134
Anexo 1	134
Anexo 2	134
Anexo 3	135
Anexo 4	135
Anexo 5	136
Anexo 4	136
Anexo 5	136
Anexo 6	137
Anexo 7	137
Anexo 8	137
Anexo 9	138
Anexo 10	138
Anexo 11	139
Anexo 12	139
Anexo 13	139
Anexo 14	140
Anexo 15	140



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ejes de posición.	32
Tabla 2. Movimientos del vehículo.....	33
Tabla 3. Software de diseño y simulación.	36
Tabla 4. Categorías.	37
Tabla 5. Ficha Técnica - COMPKART Covert 3.0.....	39
Tabla 6. Ficha Técnica - Escáner 3D Einstar Shining	40
Tabla 7. Ficha Técnica - Cortadora CNC HC8000 CUT80NP.....	41
Tabla 8. Ficha Técnica Soldadora POWER MIG® 210 MP.	43
Tabla 9. Comparación de materiales.....	59
Tabla 10. Datos obtenidos de la vuelta a la pista.	88
Tabla 11. Comparación (brazo de dirección).....	91
Tabla 12. Comparación (columna de dirección).....	94
Tabla 13. Comparación (Manzana delantera).	98
Tabla 14. Comparación (Manzana posterior).	100
Tabla 15. Comparación (Rueda delantera).	102
Tabla 16. Comparación (Rueda posterior).	103
Tabla 17. Comparación (Eje trasero).	106
Tabla 18. Comparación (Disco de freno).....	108
Tabla 19. Peso del Go-Kart.....	111



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Go-Kart.....23
Figura 2. Motor dos tiempos.....25
Figura 3. Motor cuatro tiempos.26
Figura 4. Chasis.27
Figura 5. Sistema de Transmisión.....27
Figura 6. Sistema de Frenos.....28
Figura 7. Sistema de dirección.....29
Figura 8. Volante de dirección.....29
Figura 9. Columna de Dirección.....30
Figura 10. Barra de Dirección.....30
Figura 11. Rótulas.....31
Figura 12. Neumáticos.....31
Figura 13. Sistema de referencia.....32
Figura 14. Principio Ackerman.....34
Figura 15. Geometría Ackerman.35
Figura 16. SolidWorks.....42
Figura 17. Flujograma.....50
Figura 18. Programa de escaneo.51
Figura 19. Escaneo del objeto.....52
Figura 20. Objeto digitalizado54
Figura 21. Modelado 3D.....56
Figura 22. Modelado y creación de la matriz.56
Figura 23. Componentes del objeto.57
Figura 24. Configuración del escáner.....60
Figura 25. Escaneo del chasis.62
Figura 26. Recolección de datos.....62
Figura 27. Resultado del escaneo.64
Figura 28. Referencia visual del chasis escaneado.65
Figura 29. Malla del chasis escaneado.....66
Figura 30. Dibujo de los perfiles 2D.....67
Figura 31. Simetría tubular.....67
Figura 32. Superposición entre el modelo CAD y archivo STL.....68
Figura 33. Modelado 3D del chasis de Go-Kart68
Figura 34. Creación de componentes de la matriz.....69
Figura 35. Selección de parámetros de chapa metálica.70
Figura 36. Forma de la chapa metálica transformada.....70
Figura 37. Diseño de soportes en U.....72
Figura 38. Diseño final de la matriz junto con el chasis de Go-Kart.....72
Figura 39. Visualización de todos los componentes de la chapa metálica.73
Figura 40. Exportación a archivo DxF.....74
Figura 41. Importación de archivo en SheeCAM.....74
Figura 42. Parámetros de Corte.75
Figura 43. Geometría del diseño de la pieza.....76
Figura 44. Código G.76
Figura 45. Controlador Mach 3.....77



Figura 46. Lamina cortada.....	78
Figura 47. Posicionamiento de las piezas.....	78
Figura 48. Montaje de las piezas diseñadas y el chasis de Go-Kart.....	79
Figura 49. Planos del chasis.....	80
Figura 50. Matriz terminada.....	82
Figura 51. Implementación del brazo de dirección.....	83
Figura 52. Implementación de la columna de dirección.....	83
Figura 53. Implementación de la mangueta.....	84
Figura 54. Implementación de las ruedas.....	85
Figura 55. Implementación del disco de freno.....	85
Figura 56. Implementación del sistema de transmisión y eje trasero.....	86
Figura 57. Componentes complementarios para validación integral.....	87
Figura 58. Tramo seleccionado.....	87
Figura 59. Comportamiento en pista.....	88
Figura 60. Diseño del brazo de dirección.....	90
Figura 61. Cotas del brazo de dirección.....	91
Figura 62. Diseño de la columna de dirección.....	93
Figura 63. Cotas de la columna de dirección.....	93
Figura 64. Diseño de la mangueta.....	95
Figura 65. Cotas de la mangueta.....	95
Figura 66. Diseño de la manzana delantera.....	97
Figura 67. Cotas manzana delantera.....	97
Figura 68. Diseño de la manzana posterior.....	99
Figura 69. Cotas manzana posterior.....	100
Figura 70. Diseño de la rueda delantera.....	101
Figura 71. Cotas rueda delantera.....	101
Figura 72. Diseño de la rueda posterior.....	102
Figura 73. Cotas rueda posterior.....	103
Figura 74. Diseño del sistema de transmisión.....	104
Figura 75. Cotas retenedor del piñón.....	105
Figura 76. Diseño del eje trasero.....	106
Figura 77. Diseño del sistema de freno.....	107
Figura 78. Cotas del disco de freno.....	107
Figura 79. Cotas del retenedor del disco.....	108
Figura 80. Diseño del retenedor.....	109
Figura 81. Diseño de los sistemas del eje trasero.....	109
Figura 82. Ensamble final.....	110
Figura 83. Tensiones en colisión frontal.....	113
Figura 84. Deformaciones en colisión frontal.....	114
Figura 85. Factor seguridad en impacto frontal.....	115
Figura 86. Tensiones en colisión lateral izquierda.....	116
Figura 87. Desplazamientos en colisión lateral izquierda.....	117
Figura 88. Factor de seguridad para colisión lateral izquierda.....	118
Figura 89. Tensiones en impacto lateral derecho.....	119
Figura 90. Desplazamientos en impacto lateral derecho.....	120
Figura 91. Factor de seguridad para impacto lateral derecho.....	121
Figura 92. Tensión del análisis de rigidez torsional.....	123



Figura 93. Desplazamiento del análisis torsional.	125
Figura 94. Factor de seguridad en análisis de torción.....	125
Figura 95. Escaneo 3D.....	134
Figura 96. Digitalización del objeto. (Malla)	134
Figura 97. Diseño 3D. (Matriz del chasis).....	135
Figura 98. Programación de corte CNC.....	135
Figura 99. Implementación de sistemas auxiliares del Go-Kart.....	136
Figura 100. Sistema integral completo del Go-Kart.	136
Figura 101. Pruebas en pista.	136
Figura 102. Escaneo 3D y diseño del brazo de dirección.....	137
Figura 103. Escaneo 3D y diseño de la columna de dirección.	137
Figura 104. Escaneo 3D y diseño de la mangueta.	137
Figura 105. Escaneo 3D y diseño de la manzana delantera y posterior.....	138
Figura 106. Escaneo 3D y diseño de la rueda delantera y posterior.....	138
Figura 107. Diseño del sistema de piñonera.	139
Figura 108. Diseño del sistema del disco de freno.	139
Figura 109. Simulación de colisión frontal.....	139
Figura 110. Simulación de colisión lateral.	140
Figura 111. Simulación de rigidez torsional.....	140



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Problemática a investigar

Los vehículos de competición Go-Kart representan una categoría especializada que demandan diseños precisos y eficiencia para garantizar el rendimiento óptimo y la seguridad de los pilotos a la hora de la competencia. Entre los diversos componentes críticos de un Go-Kart los elementos auxiliares juegan un papel fundamental en la capacidad de maniobra y control del vehículo, factores determinantes para el éxito en las competencias. Sin embargo, en los Go-Kart elaborados de manera artesanal o de forma casera presentan problemas en el sistema de dirección, puesto que este a menudo tiende a presentar fallas, lo que resulta en una incapacidad para girar adecuadamente el vehículo.

Los elementos auxiliares de vehículos Go-Kart artesanales frecuentemente presentan defectos que impiden un giro efectivo y control preciso del vehículo. Esto se debe a un diseño rudimentario, falta de precisión en el ensamblaje y la utilización de materiales inadecuados y de baja calidad. Estas fallas no solo afectan la maniobrabilidad de un vehículo Go-Kart, sino que también representan un riesgo significativo para la seguridad del piloto, especialmente en situaciones de alta velocidad o maniobras complejas.

Un factor crucial en el diseño y fabricación de los elementos auxiliares para Go-Kart es la implementación de normativas establecidas por organizaciones como la Comisión Internacional del Karting - Federación Internacional del Automóvil (CIK FIA) y la Federación Ecuatoriana de Automovilismo y Kartismo (FEDAK). Estas regulaciones aseguran que los vehículos cumplan con estándares de seguridad y rendimiento lo que proporciona un marco para la construcción de sistemas de dirección fiables y seguros. Sin embargo, la falta de implementación de estas regulaciones puede resultar en elementos auxiliares que no garanticen la seguridad y la igualdad de condiciones necesarias para las competencias.

La selección incorrecta de materiales en la fabricación de vehículos Go-Kart caseros puede comprometer la resistencia y durabilidad de los sistemas auxiliares. La utilización de materiales inapropiados no solo afecta el rendimiento, sino que también aumenta el riesgo de fallos mecánicos durante el uso lo que puede conllevar a accidentes.



1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Diseñar los sistemas auxiliares y de tracción para un vehículo tipo Go-Kart cumpliendo las normativas de la Comisión Internacional del Karting (CIK- FIA) y Federación Ecuatoriana de Automovilismo y Kartismo (FEDAK).

1.2.2. Objetivos específicos

- Investigar las normativas vigentes sobre los sistemas auxiliares y de tracción para vehículos Go-Karts de competencia.
- Implementar los sistemas auxiliares y de tracción en un prototipo funcional de Go-Kart asegurando su compatibilidad.
- Realizar una evaluación de los sistemas auxiliares y de tracción mediante pruebas prácticas para asegurar su desempeño.
- Diseñar los diferentes sistemas auxiliares y de tracción siguiendo las normas establecidas por la CIK-FIA y FEDAK criterios de óptimos de ingeniería.
- Seleccionar los materiales más apropiados para la matriz del chasis.

1.3. Alcance

El proyecto se centra en desarrollar los elementos auxiliares para un vehículo tipo Go-Kart implementando normativas reguladas por organismos como CIK FIA y FEDAK. El desarrollo de este proyecto se lo establecerá en 4 fases.

Para la primera fase, se realizará una investigación de las normativas vigentes para la elaboración de un vehículo de competencia Go-Kart, con datos que proporcionen los organismos internacionales como nacionales como lo son CIK-FIA y FEDAK.

Para la segunda fase, se procederá al montaje e implementación física de los elementos auxiliares en un chasis existente, seguido de pruebas de desempeño en pista para validar el funcionamiento y recopilar datos sobre el comportamiento dinámico del vehículo.

En la tercera fase, se elaborará bocetos iniciales y se desarrollarán diseños asistidos por computadora (CAD) de los componentes de los sistemas auxiliares. Finalmente, se realizará la selección de materiales óptimos y se desarrollará la matriz definitiva del chasis del Go-Kart, integrando todos los componentes diseñados y validados.



1.4. Justificación

En el presente trabajo se busca realizar el diseño de los elementos auxiliares de un vehículo Go-Kart, que cumpla con normativas de organismos como CIK-FIA y FEDAK, con el objetivo de mejorar la maniobrabilidad, el control y la capacidad de respuesta en la pista, en condiciones de competición, mediante la selección adecuada de materiales y mantener un equilibrio entre rendimiento y durabilidad del sistema [1].

Es importante conocer que los elementos auxiliares mal diseñados o fabricados con materiales inadecuados pueden presentar fallos significativos que afectan negativamente al conductor en la capacidad del vehículo para competir de forma efectiva y lo que aumenta el riesgo de que se presenten posibles accidentes durante las competiciones.

Las altas probabilidades de fallos mecánicos y de ensamble son altas en vehículos que fueron construidos de manera artesanal y que no hayan implementado normativas y regulaciones para su construcción, debido a esto no se tiene certeza de que el vehículo funcionara adecuadamente durante las competiciones lo que los hace menos confiables y de cierta manera afecta a conductores como espectadores.

La importancia de realizar un buen diseño y la implementación efectiva de los elementos auxiliares pueden marcar una diferencia en el desempeño competitivo. Un diseño bien realizado no solo optimiza la maniobrabilidad y el control del vehículo en la pista, sino que también mejora la capacidad de respuesta ante condiciones variables de carrera. La correcta selección de materiales asegura un rendimiento consistente lo que contribuyen a la fiabilidad y durabilidad del vehículo durante las exigencias de una competición [2].

La importancia de enfocarse en el diseño y promover la adopción de normativas y estándares internacionales asegura que los vehículos Go-Karts cumplan con los requisitos necesarios para participar en competencias lo que promueve un entorno competitivo más seguro. La implementación de dichas normas nos asegura que el vehículo tipo Go-Kart sea confiable y apto para la competencia.



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

La elaboración de un vehículo Go-Kart, al pasar de los años, ha ido de cierta manera cambiando tanto en términos de diseño y de tecnología y su popularidad ha ido aumentando significativamente, debido a eso se establecieron organismos que regularizan y estandarizan normativas para este tipo de vehículos como lo es la Comisión Internacional del Karting (CIK-FIA) [3].

Un proyecto realizó un prototipo Go-Kart en donde se implementó normativas CIK-FIA, para la realización de todos los componentes del vehículo entre ellas el sistema de dirección donde se explicó que este dispositivo permite llevar la trayectoria del vehículo a voluntad del conductor, bien sea en línea recta, a la derecha o a la izquierda mediante el manejo del volante [4].

El sistema de dirección debe incorporar diversas cualidades que proporcionen al conductor confort, precisión, facilidad de operación y estabilidad. Estos aspectos son influenciados por factores como el peso del vehículo, la superficie de los neumáticos, la posición del volante en relación al conductor, los materiales utilizados en su fabricación, el método de ajuste, entre otros [5].

El sistema de dirección, compuesto por engranajes y varillas, es crucial para la maniobrabilidad del vehículo, convirtiendo el movimiento del volante en dirección de las ruedas. Debe ser seguro, fiable y bien mantenido. La suavidad y precisión se logran con un montaje preciso y buen engrase. En Go-Karts, la transmisión por cadena determina torque y velocidad, transmitiendo potencia a las ruedas [6].

En una investigación se concluye que es esencial comprender los requisitos y exigencias del reglamento de la FIA para el karting. Esto garantiza que los Go-Karts cumplan con las normativas y operen sin inconvenientes, resultando en vehículos útiles para competencia [7].

Las uniones desarmables son aquellas que permiten ensamblar varias piezas de diferentes materiales de manera sólida, formando una sola unidad, pero que pueden ser separadas fácilmente sin dañar los componentes. Este es el sistema de unión más comúnmente utilizado.



Entre los métodos más frecuentes se encuentran los pernos y tuercas, además de otros como las vinchas, las roscas hélice y los pernos patrón [8].

Para abordar el diseño y análisis de un vehículo tipo Go-Kart, se considerando un margen de seguridad para soportar impactos y de igual manera optimizado el sistema de dirección para cumplir con la condición de Ackermann permitiendo giros adecuados [9].

El desarrollo de técnicas de investigación permite la obtención de información para realizar diversos análisis, construcción y simulaciones. La construcción del modelo del Go-Kart en in software CAD facilita la comprensión en modelado 3D y permite realizar simulaciones de esfuerzos y deformaciones.

La simulación sistemática y la determinación de las condiciones de funcionamiento del vehículo tipo Go-Kart, mejoraron la distribución geométrica de los elementos auxiliares y realizando un estudio de resistencia de las estructuras mediante la simulación de cargas críticas, garantizando la seguridad y eficiencia [10].

La elección de los neumáticos de estos vehículos puede variar según el tipo de pista, generalmente cuando la pista esta mojada o seca se debe recurrir al cambio de neumáticos si es necesario y dependiendo de los compuestos del neumático tendrá más agarre ya sea en curvas o cuando se realice un frenado.

2.2. Karting

Un karting es un vehículo fabricado sin suspensión y sin diferencial, utilizado por personas centradas en el deporte de carreras que se asemejan a la fórmula 1 [11]. Al ser un vehículo compacto es conducido en pequeñas pistas con fines de entretenimiento deportivo [12]. La simplicidad del diseño de estos vehículos, facilita que tanto niños como adultos puedan participar en esta disciplina, lo que a su vez contribuye de gran manera a su popularidad [13].

En el chasis de un karting se encuentran ensamblados todos sus componentes electrónicos, mecánicos e hidráulicos [14]. Este proporciona la rigidez necesaria para soportar las fuerzas generadas en las curvas y colisiones, como se muestra en la **Figura 1**. Los motores utilizados en los karts varían desde pequeños motores de dos tiempos hasta motores de cuatro tiempos, e incluso motores eléctricos en modelos más recientes [15].

Figura 1. Go-Kart



Tomado de: Cristian, Go-Kart CRG, 2021

2.3. Motores de Combustión Interna

Los motores de combustión interna (MCI) en Go-Karts son esenciales para el buen rendimiento en la pista. Los Go-Karts utilizan comúnmente los motores dos tiempos y cuatro tiempos [16]. Los motores dos tiempos son conocidos por su alta potencia y bajo peso, siendo estos ideales para competiciones de karting donde la velocidad y la aceleración son cruciales [17].

El motor MCI transforma la energía térmica en mecánica, debido al conjunto de mecanismos y sistemas perfectamente sincronizados logrando la combustión dentro del motor [18]. Estos motores se clasifican de según el tipo de combustible que utilicen y de acuerdo a su ciclo de trabajo que pueden ser 2 o 4 tiempos, también por su número y disposición de cilindros, su posición y ubicación en el vehículo que puede ser transversal o longitudinal y según el tipo de sistema de alimentación [19].

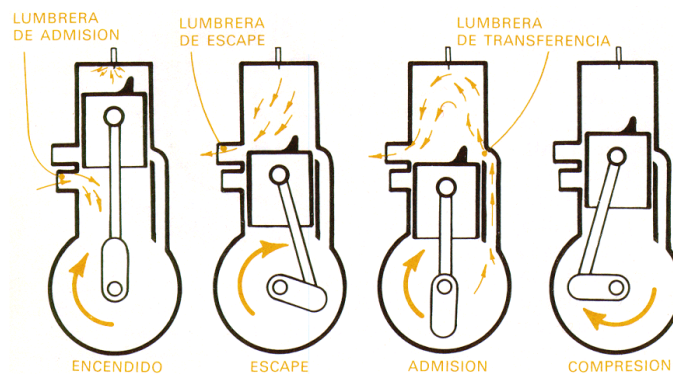
Cada tipo de motor tiene su propio modo de funcionamiento. Los motores que se encienden por chispa son conocidos como "Motores de Otto", mientras que los motores que se encienden por compresión se denominan "Motores Diesel", independientemente del número de tiempos [20].

2.3.1. Motores 2 tiempos

El motor de dos tiempos realiza un ciclo de potencia en dos movimientos del pistón (una revolución del cigüeñal). Durante la primera carrera, el pistón desciende, mezclando y comprimiendo la mezcla de aire-combustible, y enciende la chispa para provocar la combustión [21]. Al ascender, el pistón expulsa los gases de escape mientras la nueva mezcla entra en el cilindro, tal se muestra en la **Figura 2**.



Figura 2. Motor dos tiempos.



Tomado de: Surgarden, Funcionamiento de un motor dos tiempos, 2024.

En la configuración de estos motores (tipo Otto y Diesel), se utilizan lumbreras en lugar de válvulas, los motores de dos tiempos son producidos en menores cantidades a diferencia de los motores cuatro tiempos, por las pérdidas altas de combustible en el proceso de escape [22].

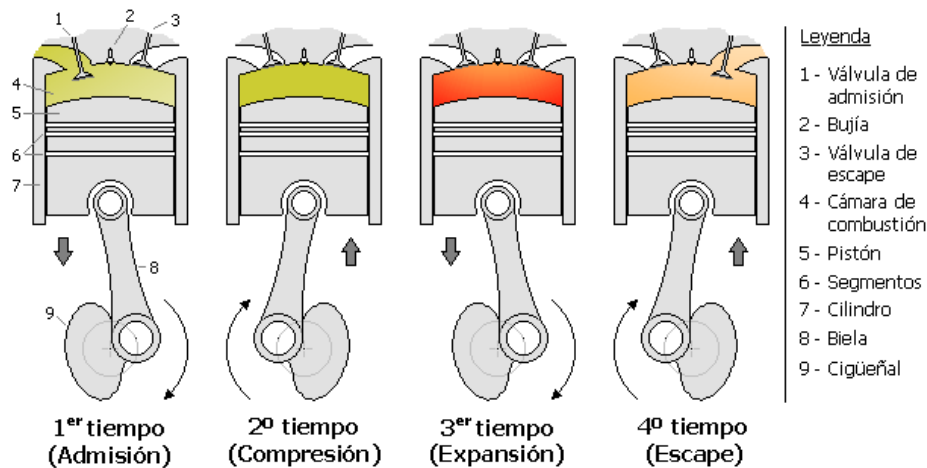
2.3.2. Motor de cuatro tiempos

El motor de cuatro tiempos completa un ciclo de potencia en cuatro movimientos del pistón (dos revoluciones del cigüeñal). Los cuatro pasos son: admisión, compresión, combustión y escape [23]. Primero, el pistón desciende para admitir la mezcla de aire-combustible, luego, el pistón sube para comprimir la mezcla y a continuación, la chispa enciende la mezcla, empujando el pistón hacia abajo en el tiempo de potencia y finalmente, el pistón sube nuevamente para expulsar los gases de escape [24].

En la **Figura 3** se muestra los esquemas de funcionamiento de estos motores de cuatro tiempos, enfocándose en un motor de tipo Otto, aunque el motor Diesel opera de manera similar, diferenciándose principalmente en el método de encendido del combustible [25].



Figura 3. Motor cuatro tiempos.



Tomado de: Wikipedia, Motor de cuatro tiempos, 2025

2.4. Chasis

En la **Figura 4**, el chasis representa el elemento estructural principal en un Go-Kart, funcionando como el componente integrador que articula todos los sistemas mecánicos y la carrocería del vehículo. Su diseño ingenieril debe lograr un equilibrio preciso entre resistencia estructural y flexibilidad controlada, características esenciales para responder a las exigentes demandas dinámicas propias de las competencias de karting. La configuración del chasis influye directamente en el comportamiento del vehículo, afectando aspectos críticos como la maniobrabilidad, la tracción y la respuesta en curvas [26].

Los chasis se fabrican predominantemente con tubos de acero al carbono SAE 1010/1020, con diámetros que oscilan entre 30 y 35 mm. Esta selección de materiales responde a la necesidad de obtener una óptima relación entre resistencia mecánica y peso estructural. El acero ofrece dos propiedades fundamentales: una rigidez torsional suficiente para mantener la geometría del vehículo durante las exigentes maniobras en curva, y una flexibilidad axial controlada que permite absorber las vibraciones e impactos, compensando así la ausencia de un sistema de suspensión convencional.

La particular dinámica de los Go-Karts, carentes de sistemas de suspensión tradicionales, impone requisitos especiales al diseño del chasis. Este componente debe ser capaz de distribuir eficientemente las fuerzas laterales generadas en las curvas, evitando deformaciones permanentes que podrían comprometer el rendimiento. Además, debe optimizar la



transferencia de peso durante las fases de aceleración y frenado, y permitir micro torsiones controladas que ayuden al vehículo a adaptarse a las irregularidades de la superficie de la pista. Estas características son esenciales para mantener un contacto óptimo de los neumáticos con el pavimento [27].

Figura 4. Chasis.



Tomado de: Mondokart, Chasis, 2020

2.5. Elementos auxiliares de un karting

Los sistemas auxiliares de un Go-Kart son componentes esenciales para su funcionamiento, seguridad y manejo eficiente. Estos sistemas abarcan una variedad de subsistemas y componentes que garantizan el rendimiento óptimo y la seguridad del vehículo en diversas condiciones de operación [28].

2.5.1. Sistema de transmisión

La mayoría de los karts utilizan un sistema de tracción trasera directa, donde la potencia se transmite directamente a las ruedas traseras sin la intervención de mecanismos complejos como diferenciales [29].

La cadena de transmisión, conocida como línea motriz, se encarga de transmitir el par desde el motor hacia las ruedas del vehículo. Permitiendo la transmisión de potencia desde el piñón de la salida del cigüeñal hasta una corona dentada en el eje trasero [30]. En la *Figura 5* observa los componentes de este sistema.

Figura 5. Sistema de Transmisión.



Tomado de: Amazon, Kit eje trasero, 2025

2.5.2. Sistema de freno

Este el sistema se encarga reducir progresivamente la velocidad del vehículo, lo cual se consigue dispersando la energía cinética almacenada durante la trayectoria en forma de calor a través de un rozamiento [31]. La mayoría de los karts están equipados con frenos de disco en las ruedas traseras, que proporcionan una fuerza de frenado eficiente y consistente como se observa en la **Figura 6**.

Los frenos deben ser capaces de disipar el calor generado durante las frenadas intensas sin perder eficacia. Los pilotos y equipos deben inspeccionar los discos, las pastillas y el sistema hidráulico para garantizar que estén en condiciones óptimas [32].

Figura 6. Sistema de Frenos.



Tomado de: DCM Racing Team, Purgado / Sangrado de frenos, 2025.

2.5.3. Sistema de dirección y componentes que lo conforman

La dirección se realiza a través de un sistema de barra y engranajes que permite un control directo del vehículo. Este sistema permite dar direccionalidad al karting, con lo que se consigue



realizar el correcto trazado en las curvas, maniobras como adelantamiento y la evadir obstáculos, así como se muestra en la **Figura 7**. Esta configuración es esencial para la maniobrabilidad de los karts, especialmente en circuitos con muchas curvas y cambios rápidos de dirección [33].

Figura 7. Sistema de dirección.



Tomado de: D. Mecánico and D. S. De, “Diseño mecánico del sistema de dirección para un vehículo de competencia para Shell eco Marathon en Lima, Perú,” 2020

2.5.3.1. Volante de dirección

Permite al conductor controlar la dirección del vehículo. Generalmente, el volante de un Go-Kart es pequeño y ligero para facilitar maniobras rápidas y precisas como se muestra en la

Figura 8.

Figura 8. Volante de dirección



Tomado de: M. Arif, I. Upletawala, and A. R. Nafees, “Go Kart Steering Design and analysis,” 2017

2.5.3.2. Columna de Dirección

Es el que conecta el volante al mecanismo de dirección. Es un eje que transmite los movimientos del volante a las barras de dirección como se muestra en la **Figura 9**.



Figura 9. Columna de Dirección.



Tomado de: Dmkracing, “Sistema de Dirección de un Kart.”, 2025.

2.5.3.3. Barras de Dirección

En la

Figura 10, se muestra el componente que es quien transmite el movimiento de la columna de dirección a las ruedas delanteras. Son ajustables para permitir la alineación precisa de las ruedas.

Figura 10. Barra de Dirección.



Tomado de: B. A. Ordoñez Garrido and D. S. Sánchez Guerrero, “Análisis del desgaste de los neumáticos de un karting del grupo ASU UPS RACING TEAM bajo parámetros de presión y temperatura”, 2024



2.5.3.4. Rótulas

En la **Figura 11** se muestra el sistema que permite que las barras de dirección se muevan en múltiples direcciones mientras conectan la columna de dirección a las ruedas. Son esferas que permiten movimiento en todas direcciones, proporcionando flexibilidad y precisión.

Figura 11. Rótulas.



Tomado de: L. Ernesto Muñoz Camargo, “Diseño banco de pruebas para llantas de vehículos”, 2022.

2.5.3.5. Neumáticos

Es un elemento de caucho colocado sobre las ruedas de los vehículos y pueden contener una cámara de aire en su parte interna [34].

La rueda se compone de una pieza de metal en el centro recibiendo el nombre de llanta, sobre la cual va montado el neumático como se muestra en la

Figura 12. Este sistema garantiza un contacto adecuado con la superficie para tener una buena adherencia con la calzada [35].

Figura 12. Neumáticos.



Tomado de: L. Ernesto Muñoz Camargo, “Diseño banco de pruebas para llantas de vehículos”, 2022



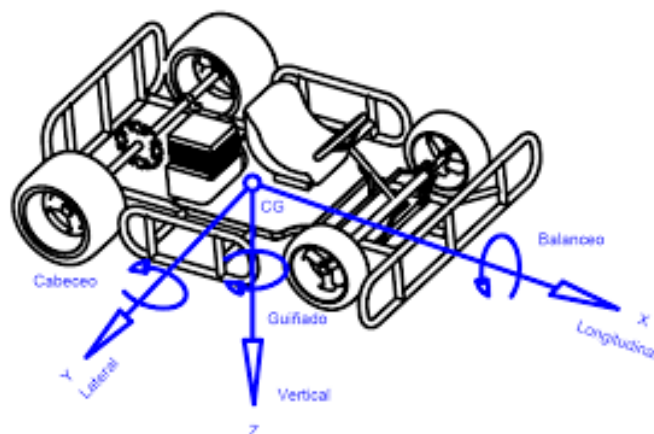
2.6. Dinámica de un Go-Kart

La dinámica de un kart es influenciada por varios factores que determinan su comportamiento en pista. Estos factores incluyen la distribución de peso, la aerodinámica, y el comportamiento en diferentes tipos de pistas [36].

2.6.1. Dinámica longitudinal y lateral

La dinámica longitudinal y lateral se refiere a cómo se comporta el vehículo en términos de aceleración, frenado y manejo en curvas, en la **Figura 13** se muestra un sistema de referencia del vehículo, también las direcciones y movimientos que el vehículo puede tener mostradas en la **Figura 13** y **Tabla 2**.

Figura 13. Sistema de referencia.



Tomado de Santiago Ávila Niño, Efecto de la variación del centro de gravedad en el comportamiento dinámico de un vehículo sin suspensión (kart), 2008

Tabla 1. Ejes de posición.



<i>Tres traslaciones.</i>		
<i>x</i>	<i>Dirección en x</i>	<i>Drive - Manejo</i>
<i>y</i>	<i>Dirección en y</i>	<i>Slide - Desplazamiento</i>
<i>z</i>	<i>Dirección en z</i>	<i>Lift - Levantamiento</i>
<i>Tres Rotaciones.</i>		
<i>Phi (ϕ)</i>	<i>Alrededor de x</i>	<i>Roll - Balanceo</i>
<i>Theta (θ)</i>	<i>Alrededor de y</i>	<i>Pitch - Cabeceo</i>
<i>Psi (ψ)</i>	<i>Alrededor de z</i>	<i>Yaw - Guiñada</i>

Tomado de: Daniel Cordero Moreno, dinámica vehicular, 2025.

Tabla 2. Movimientos del vehículo.

<i>Movimientos</i>	<i>Dirección</i>	<i>Criterios</i>
<i>Longitudinal</i>	<i>Dirección en x</i>	<i>Conducción, frenada, capacidad de ascenso.</i>
<i>Vertical</i>	<i>Dirección en y, Guiñada ψ</i>	<i>Manteniendo una ruta, volcamientos.</i>
<i>Estabilidad</i>	<i>Dirección en z, balanceo ϕ, cabeceo θ</i>	<i>Confort en la conducción, seguridad.</i>

Tomado de: Daniel Cordero Moreno, dinámica vehicular, 2025.

2.6.2. Distribución longitudinal

Un mayor peso en el eje delantero puede mejorar el agarre de las ruedas delanteras, beneficiando la dirección. Sin embargo, si el peso es excesivo, puede provocar subviraje, haciendo que el kart tienda a seguir recto en las curvas [37].

Un mayor peso en el eje trasero puede mejorar la tracción, especialmente durante la aceleración. No obstante, un exceso de peso puede causar sobreviraje, donde la parte trasera del kart pierde agarre y derrapa [38].

2.6.3. Fuerzas Laterales

El balance lateral, que se refiere a la distribución equilibrada del peso entre el lado izquierdo y derecho del kart, juega un papel fundamental en mantener un comportamiento predecible tanto en curvas como en rectas [39].

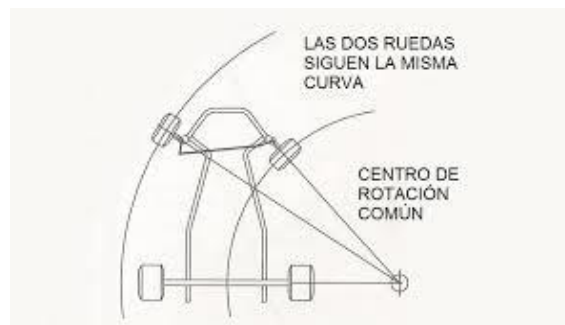


Para lograr un desempeño óptimo, es esencial mantener un equilibrio adecuado entre la velocidad y el agarre. Esto implica ajustar la inclinación del chasis, rigidez de la suspensión y la presión de los neumáticos de manera precisa [40].

2.7. Principio Ackerman

El principio de Ackerman en los sistemas de dirección se enfoca en optimizar la capacidad de maniobra y disminuir el desgaste de los neumáticos al optimizar el ángulo de las ruedas durante un giro [41].

Figura 14. Principio Ackerman.



Tomado de: F. De, C. De, and L. A. Computación, “Desarrollo de vehículo eléctrico no tripulado con geometría de direccionamiento Ackerman”, 2022

Durante un giro, las ruedas delanteras deben girar en ángulos diferentes para mantener trayectorias concéntricas, lo que significa que ambas ruedas seguirán círculos con un punto central común como se muestra en la **Figura 14**. Este ajuste es crucial porque la rueda interior necesita recorrer un círculo más pequeño que la rueda exterior. Si ambas ruedas giraran con el mismo ángulo, la rueda interior podría deslizarse lateralmente, resultando en pérdida de tracción y un mayor desgaste de los neumáticos [42].

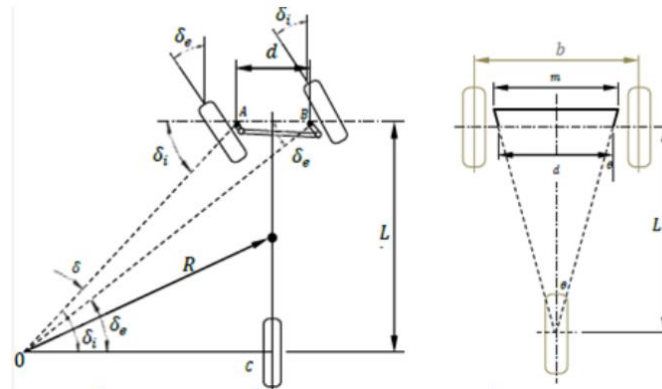
2.7.1. Geometría Ackerman

La geometría Ackerman se logra mediante el diseño del sistema de dirección de manera que los ejes de las ruedas se crucen en el punto central del radio de giro del vehículo, así como se muestra en la



Figura 15. Para lograr esto en un Go-Kart, se utilizan brazos de dirección y tirantes configurados con un ángulo específico. Este ángulo asegura que la rueda interior gire más que la rueda exterior al tomar una curva [43].

Figura 15. Geometría Ackerman.



Tomado de: F. De, C. De, and L. A. Computación, “Desarrollo de vehículo eléctrico no tripulado con geometría de direccionamiento Ackerman”, 2022

Dónde:

- d = distancia entre los ejes de los pivotes de la dirección.
- L = distancia entre ejes.
- b = ancho de trocha
- δ_i = ángulo interno
- δ_e = ángulo externo
- δ = Ángulo de Ackerman
- Θ = Ángulo del trapecio

El efecto Ackerman optimiza el agarre en las curvas al asegurar que ambas ruedas delanteras sigan trayectorias ideales, mejorando así el control del vehículo. Esto ayuda a evitar el deslizamiento lateral de las ruedas, lo cual reduce significativamente el desgaste de los neumáticos, ofreciendo beneficios económicos y de rendimiento [44].



2.8. Métodos de Diseño

El diseño asistido por computadora CAD es fundamental en la ingeniería y el diseño de vehículos, incluyendo los Go-Karts. Los métodos CAD capacitan a ingenieros y diseñadores para desarrollar modelos precisos en 3D, realizar simulaciones y perfeccionar diseños antes de la producción [45].

El diseño de Go-Karts mediante modelado 3D y CAD es fundamental en ingeniería contemporánea. Utilizando herramientas avanzadas como SolidWorks, AutoCAD, CATIA, Siemens NX y Fusion 360, se desarrollan modelos detallados de cada parte del vehículo, como chasis, sistema de dirección, motor, frenos y carrocería [46].

Tabla 3. Software de diseño y simulación.

Programa	Descripción
CalculiX	Trabaja en el análisis de elementos finitos, es gratuito y reconoce figuras de origen CAD. Se utiliza en estudios de cargas estáticas, etapas térmicas y de diseño.
Openfoam	Permite estudiar el comportamiento de los fluidos, turbulencias, reacciones químicas, electromagnetismo y transferencias de calor
Blender	Está enfocado en el modelado, iluminación, renderizado, animación y creación de gráficos tridimensionales. Es de fácil acceso, no necesita memoria amplia y se puede realizar simulaciones de cualquier nivel.
Flow	Permite diseñar diferentes artículos y reduce el tiempo de comercialización, es un software de precisión elevada y también permite la simulación de comportamiento de líquidos y gases en aplicaciones industriales
AnyLogic	Es un programa que permite la simulación de eventos discretos, con diferentes funcionalidades como la de imágenes en 3D. Realiza diseño modelado dinámico, continuo, estocástico entre otros.
FlexSim	Es una herramienta con un amplio campo para realizar diferentes funciones como la de modelar en 3D, realizar el análisis del diseño, visualizar y optimizar el tiempo en diferentes procesos.
Ansys	Este programa de simulación desarrolla simulaciones por medio de la teoría de elementos finitos para estructuras y volúmenes de fluidos.
SolidWorks	Es un software de diseño asistido por computadora (CAD), para la fabricación de piezas, la creación de planos en 2D y ensambles en 3D. Entre las opciones más importantes tenemos las de crear, diseñar, simular, fabricar, publicar y gestionar los datos del proceso de diseño.



AutoCAD	Es un software de diseño asistido por computadora (CAD) desarrollado por Autodesk, utilizado principalmente para crear planos técnicos en 2D y modelado 3D. Es una de las herramientas más populares en ingeniería, arquitectura, diseño industrial y construcción.
---------	---

Tomado de: Cerpa Jonathan, Diseño y construcción de un vehículo tipo Go-Kart inclusivo para personas con discapacidad (paraplejia), 2022

2.9. Normativas técnicas para karting competitivo

A nivel mundial existen múltiples organismos reguladores que establecen normativas técnicas para karting competitivo, entre los cuales destacan: la CIK-FIA (Commission Internationale de Karting) con alcance en más de 140 países afiliados, la WKA (World Karting Association) y la IKF (International Kart Federation) en Estados Unidos, la SKUSA (SuperKarting USA) para categorías de alto rendimiento norteamericanas, y federaciones nacionales como FEDAK en Ecuador, ASN en Francia, MSA en Sudáfrica y Motorsport Australia.

2.9.1. CIK-FIA

La CIK-FIA (Comisión Internacional de Karting - Federación Internacional del Automóvil) es la autoridad principal en el ámbito internacional del karting. Establece normativas técnicas para los karts, que abarcan dimensiones, peso, motores y otros componentes técnicos. Las modificaciones en los karts están rigurosamente reguladas por la CIK-FIA. Cada componente del kart debe ser homologado y cumplir con las normativas técnicas establecidas [47].

Las categorías de karting de la CIK se dividen principalmente en OK y OKJ, que sustituyen a las antiguas categorías KF, la categoría prominente es la KZ, dividida en KZ1 y KZ2, que emplea motores de 125cc con cambio de marchas manual, siendo KZ1 reservada para competiciones internacionales de alto nivel. Por último, los SuperKarts destacan por sus motores de 2T con potencias significativas y carrocerías aerodinámicas, diseñados para altas velocidades en pistas específicas como se muestra en la **Tabla 4**.

Tabla 4. Categorías.

Categoría	Edad	Peso Mínimo	Motor
OKJ	A partir de 12 años	140 kg	2T 125cc – 14.000 rpm máx.



OK	A partir de 14 años	145 kg	2T 125cc – 16.000 rpm máx.
OKN-J	A partir de 12 años	145 kg	2T 125cc 35CV sin válvula de escape – Carburador 24mm – Silenciador de escape de 300mm – Limitador de escape 26mm – 15.000 rpm máx.
OKN	A partir de 14 años	155 kg	2T 125cc 35CV sin válvula de escape – Carburador 24mm – Silenciador de escape de 300mm
KZ2	15 años o más	175 kg	2T 125cc – 6 velocidades
KZ1	15 años o más	170 kg	2T 125cc – 6 velocidades
Superkarts	18 años o más	205-215 kg	2T 250cc – 6 velocidades

Tomado de: “Categorías del karting CIK – Blog Faluga Racing.”, 2025.

2.9.2. FEDAK

La Federación Ecuatoriana de Automovilismo y Kartismo (FEDAK) es el organismo oficial que regula y administra el deporte del automovilismo y karting en Ecuador, reconocido como la ASN (Autoridad Deportiva Nacional) por la FIA (Federación Internacional del Automóvil) desde su afiliación en 1957. FEDAK tiene la responsabilidad exclusiva de organizar, supervisar y sancionar todas las competencias oficiales de karting a nivel nacional, incluyendo el Campeonato Nacional de Karting, la Copa Ecuador y eventos regionales, garantizando que estas se desarrollen bajo estándares técnicos y de seguridad internacionalmente reconocidos.

Como miembro afiliado de FIA y parte de la FEDELATOR (Confederación Latinoamericana de Automovilismo Deportivo), FEDAK adopta integralmente el Reglamento Técnico CIK-FIA como base normativa para las especificaciones técnicas de vehículos, componentes y sistemas de seguridad, realizando únicamente adaptaciones menores para el contexto local ecuatoriano, tales como la aceptación de marcas alternativas de neumáticos no disponibles internacionalmente y flexibilidades en certificaciones de equipamiento de seguridad del piloto.



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES

3.1.1. Chasis de karting COMPKART COVERT 3.0

El COMPKART Covert 3.0 es un chasis de karting homologado por la CIK-FIA, desarrollado para competir en categorías como OK y Rotax. Su diseño prioriza el equilibrio entre rigidez estructural y flexibilidad controlada, gracias al uso de acero al molibdeno en su bastidor, un material seleccionado por su capacidad para absorber vibraciones sin comprometer la respuesta dinámica [48].

Tabla 5. Ficha Técnica - COMPKART Covert 3.0

Especificación	Detalle
Homologación	CIK-FIA
Distancia entre ejes	1045 mm
Diámetro de los tubos	30 mm
Material del chasis	Acero al molibdeno
Altura trasera ajustable	Dos posiciones con nuevas bridas de rodamientos
Ejes excéntricos de rótula	10 mm
Eje delantero	25 mm con geometría refinada y posiciones ajustables
Eje trasero	50 mm x 2 mm x 1020 mm, tipo C3.2
Sistema de frenos	Autoadaptable y ventilado
Parachoques delantero	Montaje renovado
Bloque de dirección	4 posiciones con cojinete de PTFE
Bandeja de suelo	Aerodinámica y con rigidez mejorada
Porta ruedas dentadas	Magnesio

Tomado de: J3 Competition, Inc., Documentos Técnicos, 2024

3.1.2. Escáner 3D Einstar Shining

El Einstar Shining 3D es un escáner 3D portátil y accesible, diseñado para ofrecer una captura de datos tridimensionales de alta calidad de manera sencilla. Su tecnología avanzada, que integra sensores y cámaras de última generación, permite obtener escaneos estables, rápidos y



altamente detallados, con texturas de color realistas. Gracias a su versatilidad en cuanto a formatos de salida, es una herramienta ideal tanto para la impresión 3D como para su integración en procesos de diseño asistido por computadora (CAD).

Este escáner está equipado con tres proyectores VCSEL infrarrojos, dos cámaras de profundidad estéreo y una cámara en color RGB, lo que garantiza una experiencia de escaneo precisa y fluida. Su rendimiento lo convierte en una opción excelente para profesionales y aficionados al mundo de la digitalización en 3D, brindando resultados confiables en una variedad de aplicaciones [49].

Tabla 6. Ficha Técnica - Escáner 3D Einstar Shining

Especificación	Detalle
Fuente de luz	Luz estructurada VCSEL infrarroja
Distancia entre puntos	0.1 mm ~ 3 mm
Distancia de trabajo efectiva	160 mm ~ 1400 mm
Distancia de trabajo óptima	400 mm
Campo de visión (FOV)	434 mm x 379 mm (a distancia óptima)
Velocidad de escaneo	Hasta 14 fps
Modos de alineación	Textura / Característica / Híbrido / Marcadores globales
Escaneo a color completo	Sí
Escaneo en exteriores	Sí
Formatos de salida	OBJ, STL, PLY, ASC, 3MF, P3
Peso del escáner	0.5 kg
Dimensiones del escáner	220 mm x 46 mm x 55 mm
Dimensiones del estuche	245 mm x 245 mm x 90 mm
Interfaz	USB 2.0 o superior
Sistemas operativos compatibles	Windows 10/11 64-bit

Tomado de: SHINING 3D, Escáneres 3D, 2025

3.1.3. Cortadora CNC HC8000 CUT80NP

La HC8000 CUT80NP es una cortadora por plasma CNC de alto rendimiento desarrollada por HeroCut. Diseñada para cortar una amplia variedad de metales, su puerto CNC la hacen compatible con sistemas de automatización. Es ideal para aplicaciones en la industria



metalmecánica, ofreciendo cortes precisos en acero al carbono, acero inoxidable, aluminio y otros metales no ferrosos [50].

El diseño de pódico de esta máquina permite cortes de alta calidad tanto en láminas delgadas como en placas gruesas, con un alto grado de automatización y facilidad de mantenimiento. Su interfaz intuitiva y la capacidad de programar cortes mediante archivos CAD la hacen una herramienta eficiente para cualquier entorno de producción.

Tabla 7. Ficha Técnica - Cortadora CNC HC8000 CUT80NP

Especificación	Detalle
Voltaje de entrada	AC220V y 380V \pm 15%
Capacidad nominal de potencia	7.5 KVA
Frecuencia de voltaje de entrada	50/60Hz
Voltaje sin carga	232 V
Rango de corriente de salida	20-80 V
Tensión nominal de salida	110 V
Ciclo de trabajo (35°C)	60%
Pérdida sin carga	50 W
Eficiencia	85%
Clase de aislamiento	B
Arranque de arco	No HF
Clase de protección	IP21S
Dimensiones	630 x 350 x 450 mm
Peso	18 kg
Espesor máximo de corte	30 mm
Flujo de aire	0.17 m ³ /min

Tomado de: Rendo, Cortadoras Plasma, 2025

3.1.4. SOLIDWORKS

SolidWorks es un software de diseño asistido por computadora (CAD) ampliamente utilizado en ingeniería y diseño. Se basa en la creación de modelos tridimensionales de piezas y ensamblajes, lo que permite a los usuarios crear y modificar diseños de manera eficiente y precisa. Este software está diseñado para facilitar la creación de piezas individuales,



ensamblajes completos y planos en 2D, mejorando la productividad en el proceso de desarrollo de productos y reduciendo los errores en las fases de fabricación [51].

En SOLIDWORKS, los modelos se estructuran en geometría 3D que define sus aristas, caras y superficies. Esta geometría se organiza en dos elementos principales: piezas y ensamblajes. Las piezas son los bloques de construcción fundamentales dentro del software; representan unidades individuales que se pueden diseñar y modificar de manera independiente. Por otro lado, los ensamblajes son combinaciones de varias piezas o sub ensamblajes, que permiten crear modelos más complejos. En los ensamblajes, las relaciones de posición entre las piezas se definen para asegurar que los componentes se ensamblen correctamente, replicando así su comportamiento en un entorno real.

Figura 16. SolidWorks



Tomado de: SolidWorks Corporation, CAD 3D, 2025

3.1.5. Soldadora POWER MIG 210 MP

La POWER MIG 210 MP es una soldadora multiproceso avanzada, diseñada para satisfacer las necesidades tanto de aficionados como de profesionales en pequeñas empresas. Este equipo destaca por su versatilidad, permitiendo realizar hasta cuatro tipos de soldadura diferentes: MIG, electrodo revestido (Stick), TIG en corriente continua (DC) y alambre tubular (Flux-Cored). Su capacidad para adaptarse a distintos procesos la convierte en una excelente opción para quienes desean un equipo que crezca junto con su experiencia y exigencias [52].



Equipada con un sistema de control digital intuitivo, la POWER MIG 210 MP presenta una pantalla a color y perillas giratorias push-and-turn que facilitan la configuración y el ajuste de los parámetros. Su construcción robusta, que incluye un mecanismo de alimentación metálico de alta resistencia, garantiza un rendimiento constante y duradero en una variedad de entornos, desde el hogar hasta pequeños talleres. Además, incorpora la tecnología CC/CV (corriente constante/voltaje constante) y polaridad DC, asegurando un arco estable y de alta calidad en todos los procesos de soldadura.

Tabla 8. Ficha Técnica Soldadora POWER MIG® 210 MP.

Característica	Especificación
Procesos Disponibles	MIG, Flux-Cored, DC Stick, DC TIG
Alimentación Eléctrica	115/230V, monofásica, 60Hz
Consumo Eléctrico	115V: 15A 230V: 14.7A
Modos de Operación	CC (Corriente Constante) /CV (Voltaje Constante)
Polaridad	DC
Rango de Salida	115V: 20-140A (OCV 56V) 230V: 20-220A (OCV 56V)
Salida Nominal	115V: 100A@19V (40% ciclo) 230V: 200A@24V (25% ciclo)
Diámetro de Alambre	Tubular: 0.9-1.2mm (0.035-0.045") Sólido: 0.6-0.9mm (0.025-0.035")
Velocidad Alimentación	1.3-12.7 m/min (50-500 ipm)
Dimensiones	273 x 356 x 483 mm (10.75" x 14" x 19")
Peso	18.14 kg (40 lbs)

Tomado de: The Lincoln Electric Company, Soldadora Multiprocesos, 2025

3.2. METODOLOGÍA

3.2.1. Requisitos técnicos aplicables del Reglamento CIK-FIA 2025

El Reglamento Técnico CIK-FIA 2025, establece especificaciones técnicas para todas las categorías de karting competitivo internacional. Se realizó un análisis de cada artículo para extraer los requisitos específicamente aplicables a los componentes auxiliares del chasis COMPKART Covert 3.0 (categoría OK/KZ, homologación 34CH20).



3.2.1.1. Requisitos del Chasis y Estructura Principal

Según el Artículo 4.1 del Reglamento Técnico CIK-FIA 2025, el chasis debe cumplir con especificaciones dimensionales y de materiales estrictas:

Materiales obligatorios: El marco del chasis debe construirse exclusivamente con tubería de acero magnético, permitiéndose aceros al carbono (SAE 1010-1020) o aceros aleados (acero al molibdeno, acero cromo-molibdeno). La verificación del material se realiza mediante prueba magnética según Anexo 4 de la normativa.

Especificaciones dimensionales de tubería: Diámetro exterior mínimo debe ser de 27 mm en tubos principales estructurales; se recomienda el uso de tubería de 30 mm de diámetro exterior para mayor rigidez estructural. Espesor de pared mínimo de 2.0 mm en zonas estructurales sometidas a cargas críticas; se admite reducción a 1.5 mm en zonas no críticas bajo criterio del fabricante.

Dimensiones máximas del vehículo (Artículo 4.1.2):

- Longitud total máxima: 2100 mm
- Ancho total máximo: 1450 mm
- Altura mínima: 650 mm
- Trocha delantera mínima: 700 mm
- Trocha trasera mínima: 700 mm
- Distancia entre ejes: Libre

Requisitos de construcción (Artículo 4.2.2): Todas las piezas principales del chasis deben estar firmemente fijadas entre sí o al marco mediante soldadura. Una construcción rígida es obligatoria; no se permiten articulaciones ni juntas flexibles, excepto en el sistema de dirección a través del pivote de acoplamiento (king pin) según lo especificado en el Artículo 4.2.2.

3.2.1.2. Requisitos del Eje Trasero

El Artículo 4.3 del Reglamento CIK-FIA 2025 establece requisitos para el eje trasero:



Material obligatorio (Artículo 4.3.0): El eje trasero debe fabricarse exclusivamente en acero magnético. Materiales como aluminio, titanio o composites están prohibidos.

Dimensiones obligatorias (Artículo 4.3.1): El reglamento establece una tabla que relaciona diámetro exterior máximo permitido con espesor de pared mínimo requerido.

Para el diámetro estándar utilizado en categorías OK y KZ:

- Diámetro exterior: 50.0 mm
- Longitud típica: 1020 mm \pm 10 mm

Ranuras de chaveta (Artículo 4.3.4): En categorías KZ/KZ2 con transmisión por caja de cambios, el eje debe tener exactamente cuatro ranuras de chaveta: una para manzana izquierda, una para manzana derecha, una para disco de freno y una para piñón de transmisión.

3.2.1.3. Requisitos del Sistema de Dirección

El Artículo 4.5 del Reglamento CIK-FIA 2025 regula exhaustivamente el sistema de dirección:

Componentes obligatorios del sistema (Artículo 4.5.0):

- Volante con aro continuo
- Maza de volante fijada con tornillo M6 grado 8.8 mínimo
- Columna de dirección
- Soporte de columna con sistema de clip de seguridad
- Dos brazos de dirección conectados a manguetas

Especificaciones de la columna de dirección (Artículo 4.5.2):

- Material obligatorio: Acero magnético
- Diámetro exterior mínimo: 18.0 mm
- Espesor de pared mínimo: 1.8 mm
- Fijación al chasis: Mediante soporte rígido con mínimo dos puntos de sujeción (abrazaderas o sistema equivalente)



Especificaciones de los brazos de dirección (Artículo 4.5.3):

- Materiales permitidos: Aluminio o acero aleado
- Configuración: Se permite el uso de rótulas esféricas en ambos extremos para ajustes de geometría
- Fijación: Mediante tuercas autoblocantes y pernos de grado mínimo 8.8
- Geometría Ackerman: Aunque no se especifica un ángulo exacto, el sistema debe permitir que las ruedas delanteras giren en ángulos diferentes durante curvas, garantizando funcionamiento efectivo de la geometría Ackerman.

3.2.1.4. Requisitos de Manguetas y Pivotes de Dirección

Según el Artículo 4.2.1, las manguetas de dirección y pivotes son piezas principales del chasis:

Material obligatorio (Artículo 4.3): Las manguetas deben fabricarse en acero templado y revenido con dureza mínima de 45 HRC. Aceros recomendados: AISI 4140, AISI 4340 o equivalentes.

Especificaciones del pivote (king pin) (Artículo 4.5):

- Diámetro mínimo del eje pivote: 12.0 mm
- Rodamientos: Deben ser sellados (tipo 2RS) y de calidad industrial. Rodamientos típicos: 6001-2RS (diámetro interior 12 mm, exterior 28 mm)

Requisitos de construcción:

- Las manguetas deben permitir conexiones articuladas únicamente a través del king pin. Todas las demás fijaciones deben ser rígidas.
- Espesor de pared en alojamientos de rodamientos: mínimo 2.5 mm para garantizar resistencia estructural



3.2.1.5. Requisitos de Ruedas y Llantas

Fijación obligatoria (Artículo 4.13.0.2): La fijación de ruedas a manzanas y ejes debe realizarse mediante tuercas autoblocantes y pernos M8 exclusivamente.

Dimensiones máximas por categoría (Artículo 4.13.1): Para categorías OK y KZ (Grupo 2).

Ruedas delanteras:

- Ancho máximo: 135.0 mm (medido con neumático montado a 1.0 bar)
- Diámetro exterior mínimo: 136.2 mm
- Fijación estándar: 3 pernos M8 en círculo de 100 mm de diámetro

Ruedas traseras:

- Ancho máximo: 215.0 mm (medido con neumático montado a 1.0 bar)
- Diámetro exterior mínimo: 136.2 mm
- Fijación estándar: 3 pernos M8 en círculo de 140 mm de diámetro

Tipo obligatorio (Artículo 4.14.0): En categorías OK y KZ (Grupos 1 y 2), solo se permiten llantas de 5 pulgadas conformes con Documento Técnico N°1.1

Material permitido: Aleaciones de aluminio (ejemplo: 6061-T6) o magnesio

Retención de talón (Artículo 4.14.1): Las llantas delanteras y traseras deben incorporar sistema de retención de talón del neumático con mínimo tres espigas en la parte exterior de la llanta, para evitar desmontaje del neumático bajo cargas laterales extremas en curvas.

3.2.1.6. Requisitos del Sistema de Frenos

El Artículo 4.12 del Reglamento CIK-FIA 2025 establece requisitos estrictos para el sistema de frenado:

Configuración obligatoria (Artículo 4.12.1):



- En categorías OK y OK-Junior (transmisión directa), el freno debe actuar únicamente sobre el eje trasero, actuando simultáneamente sobre ambas ruedas traseras.
- Prohibición explícita: Los frenos delanteros NO están permitidos en categorías OK/KZ.

Discos de freno (Artículo 4.12.3):

- Materiales permitidos: Acero al carbono, acero inoxidable o hierro fundido
- Dimensiones: El reglamento no especifica dimensiones absolutas mínimas; estas se definen en las Fichas de Homologación (HF) individuales de cada fabricante de chasis.

Dimensiones típicas homologadas:

- Diámetro: 180-220 mm
- Espesor mínimo: 4.0 mm
- Fijación: Mínimo 3 pernos M8

Modificaciones permitidas: La superficie del disco puede modificarse mediante rectificado, perforado o ranurado, únicamente por el fabricante y bajo su responsabilidad.

3.2.1.7. Requisitos del Sistema de Transmisión

El Artículo 9.18.2 del Reglamento CIK-FIA 2025 regula específicamente la transmisión para categoría OK:

Tipo de cadena obligatorio (Artículo 9.18.2.0): En todas las clases OK (transmisión directa sin caja de cambios), la cadena y los piñones deben ser del tipo 219, correspondiente a un paso de 8.5 mm según norma ANSI.

Dentado permitido:

- Piñón motor: Mínimo 10 dientes
- Corona trasera: Máximo 90 dientes
- Relaciones de transmisión típicas para circuitos técnicos: 6.5:1 a 7.5:1



Material: Aunque no especificado explícitamente en la normativa, la práctica estándar de fabricantes homologados utiliza acero endurecido para piñón y corona, garantizando resistencia al desgaste.

3.2.2. Validación experimental de componentes

Se verificará la funcionalidad de los componentes de forma práctica antes de proceder con su digitalización y fabricación. Esta estrategia invierte el proceso tradicional, priorizando la validación experimental de elementos ya existentes en el mercado. Este enfoque permite minimizar riesgos técnicos, aprovechar el conocimiento especializado integrado en productos comerciales y establecer una base de referencia confiable mediante datos experimentales concretos.

3.2.2.1. Selección de componentes conformes con requisitos normativos

La selección de componentes auxiliares comerciales se realizará mediante protocolo estructurado fundamentado en los requisitos técnicos normativos extraídos en la sección 3.2.1. Los criterios de selección aplicados incluirán: conformidad dimensional con normativas CIK-FIA y FEDAK (diámetros, espesores, longitudes, materiales especificados), compatibilidad geométrica con puntos de montaje del chasis COMPKART Covert 3.0.

3.2.2.2. Implementación Física en Chasis Homologado

Para la adaptación de los sistemas auxiliares, se procederá a montar los componentes seleccionados en el chasis homologado COMPKART Covert 3.0 (código CIK-FIA 34CH20). El proceso se centrará en verificar la compatibilidad de cada componente con la estructura, asegurando que no existan interferencias espaciales y que las fijaciones sean seguras y cumplan con las especificaciones técnicas requeridas. El objetivo final es garantizar una integración funcional y segura de todos los sistemas en el conjunto.

3.2.2.3. Validación Funcional en Pista

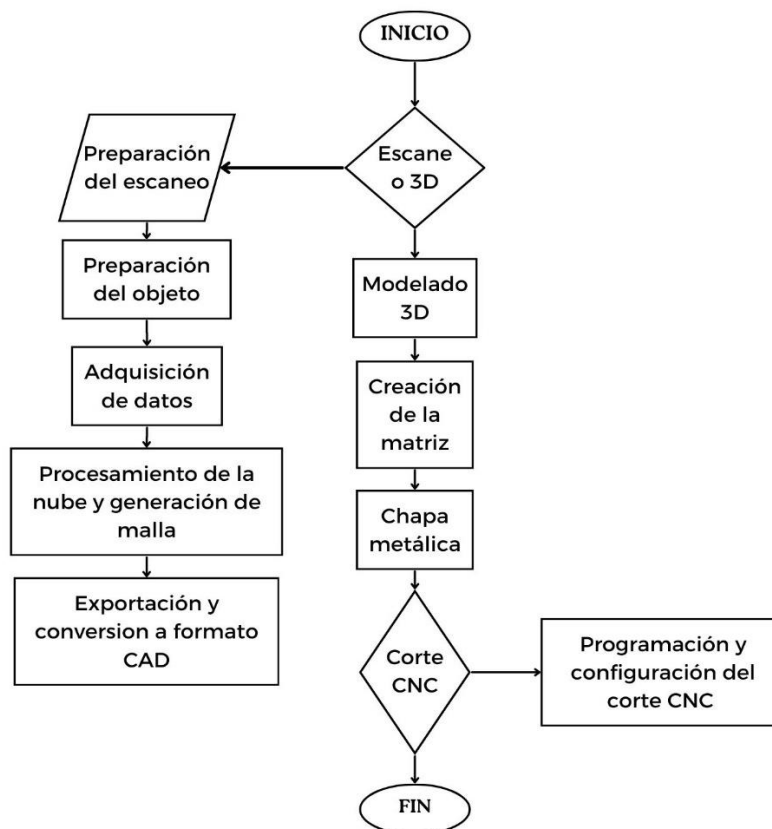
La validación funcional de los componentes implementados se realizará en el Autódromo Internacional José Tobar (Yahuarcocha, Ecuador), circuito permanente con longitud de 1.27



km, superficie de asfalto y configuración con 12 curvas de diferentes radios que proporcionan escenario representativo para evaluar comportamiento dinámico del vehículo. Las pruebas se ejecutarán en condición de pista seca, registrando temperatura ambiente al inicio de cada sesión.

3.2.3. Escaneo 3D

Figura 17. Flujoograma



3.2.3.1. Preparación del Escaneo

El proceso de digitalización de la pieza a modelar se llevará a cabo mediante el uso del escáner 3D Shining Einstar, en conjunto con el software EXStar. Estas herramientas han sido diseñadas específicamente para la captura de objetos de tamaño mediano a grande con alta precisión, lo que las convierte en una opción ideal para proyectos de ingeniería inversa o análisis estructural.

Para garantizar un resultado óptimo, el escáner será configurado con parámetros adaptados a las características del objeto. Se empleará el modo de alineación híbrida, que combina el reconocimiento de características geométricas naturales del objeto con marcadores adhesivos

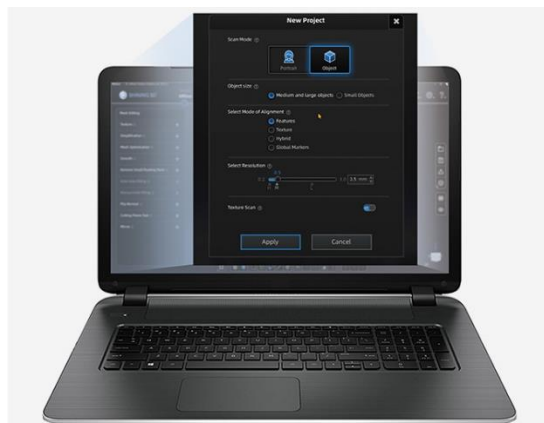


ubicados estratégicamente. Este método permite mejorar significativamente la precisión en la unión de múltiples tomas, evitando errores de superposición o distorsión.

La resolución será ajustada a 1,0 mm, un equilibrio cuidadosamente calculado entre el nivel de detalle requerido y la eficiencia en el procesamiento. Esta configuración permite evitar la generación de archivos excesivamente pesados sin comprometer la calidad de la malla 3D. Asimismo, se activará el modo Alto Rango Dinámico (HDR) para gestionar posibles variaciones de iluminación o reflejos en superficies metálicas, garantizando una textura uniforme en el modelo digital.

Los marcadores tendrán un papel fundamental en el proceso, ya que serán distribuidos alrededor de la pieza en patrones específicos para facilitar el registro automático de cada escaneo parcial. De manera paralela, el rango de trabajo del escáner será calibrado conforme a las dimensiones reales de la pieza, manteniendo una distancia constante entre el dispositivo y el objeto.

Figura 18. Programa de escaneo.



Tomado de: SHINING 3D, Escáneres 3D, 2025

3.2.3.2. Preparación del Objeto (Chasis del Go-Kart)

Para garantizar una captura óptima de datos durante el proceso de escaneo, se llevará a cabo una preparación minuciosa de las superficies del objeto a modelar, prestando especial atención a las zonas metálicas o brillantes, ya que estas pueden generar reflejos que afecten la calidad del escaneo.



Asimismo, se pondrá especial cuidado en el posicionamiento de la pieza dentro del espacio de trabajo, orientándola estratégicamente para evitar la aparición de sombras profundas o áreas ocultas que pudieran quedar fuera del alcance del escáner. De forma paralela, se verificarán las condiciones de iluminación del entorno, ajustando tanto la intensidad como la dirección de la luz con el fin de minimizar reflejos no deseados sin comprometer la visibilidad de los detalles superficiales.

Figura 19. Escaneo del objeto.



Tomado de: Rediseño y manufactura de una autoparte aplicando Ingeniería Inversa y Metodologías CAD/CA, 2024

3.2.3.3. Adquisición de Datos (Proceso de Escaneo)

El escaneo de la pieza se llevará a cabo mediante un meticuloso proceso que garantice la captura completa y precisa de toda su geometría. Durante esta fase, se debe ajustar constantemente la orientación del escáner para optimizar la calidad de la captura y minimizar la aparición de valores atípicos en los datos obtenidos.



Para asegurar una perfecta alineación de todas las tomas, se empleará el modo de alineación híbrida que combina el reconocimiento de características geométricas naturales del objeto con marcadores adhesivos colocados estratégicamente en puntos de referencia clave. Esta técnica permite un registro preciso de cada segmento escaneado, facilitando la posterior unión de todas las capturas en un modelo 3D coherente. El procedimiento incluirá múltiples pasadas alrededor de toda la estructura de la pieza, realizando escaneos desde diversos ángulos para cubrir completamente todas sus superficies.

En áreas de mayor complejidad como estructuras internas, componentes con geometrías intrincadas o zonas de difícil acceso, se realizarán escaneos adicionales con ángulos específicamente adaptados a cada particularidad. Estas tomas complementarias asegurarán que ningún detalle estructural quede fuera del modelo digital final, manteniendo la fidelidad absoluta con la pieza física original.

3.2.3.4. Procesamiento de la nube y generación de malla

Una vez completado el escaneo, se procederá al procesamiento de los datos con el fin de obtener un modelo digital limpio y optimizado. El primer paso consistirá en la fusión de todas las nubes de puntos generadas durante las diferentes pasadas de escaneo, integrando los datos parciales en un único modelo coherente dentro del software EXStar. Durante este proceso, se aplicarán herramientas de optimización global que corregirán automáticamente cualquier discrepancia entre los diferentes escaneos.

Con el modelo unificado, se llevará a cabo un filtrado avanzado para eliminar ruido digital y valores atípicos que puedan afectar la calidad de la representación. El software empleará algoritmos inteligentes capaces de distinguir entre información relevante y artefactos no deseados, preservando en todo momento la geometría original del objeto a modelar. En aquellas zonas donde se detecten vacíos o información faltante, el sistema aplicará métodos de reconstrucción automática que completarán las superficies de manera lógica y consistente con el diseño general.

La etapa final del posprocesamiento contemplará una cuidadosa simplificación de la malla tridimensional, ajustando el nivel de detalle conforme a los requerimientos específicos del



proyecto. Mientras se garantizará una alta precisión en áreas críticas como uniones estructurales o componentes mecánicos, otras zonas menos relevantes podrán ser optimizadas para reducir la complejidad del modelo. Este equilibrio permitirá una manipulación más fluida en software CAD sin comprometer la integridad de la información esencial, dejando el modelo preparado para su aplicación en diseño, análisis o ingeniería inversa.

Figura 20. Objeto digitalizado



Tomado de: Rediseño y manufactura de una autoparte aplicando Ingeniería Inversa y Metodologías CAD/CA, 2024

3.2.3.5. Exportación y conversión a formato CAD

Una vez finalizado el proceso de optimización de la malla, el modelo quedará listo para su exportación en formato (.STL), compatible con la mayoría de software CAD, incluido SolidWorks. Antes de proceder con la exportación, se verificará minuciosamente que la malla esté completamente cerrada y libre de errores geométricos que puedan afectar su posterior manipulación.



El proceso de importación en SolidWorks comenzará mediante la herramienta “Importar” del software, seleccionando el archivo generado previamente. Como buena práctica, se establecerán los milímetros (mm) como unidad de medida predeterminada con el fin de mantener la coherencia dimensional respecto al escaneo original. En el caso de archivos especialmente pesados, se evaluará la posibilidad de reducir la densidad de puntos durante la importación, logrando así un equilibrio adecuado entre el nivel de detalle y el rendimiento del sistema.

3.2.4. Modelado 3D

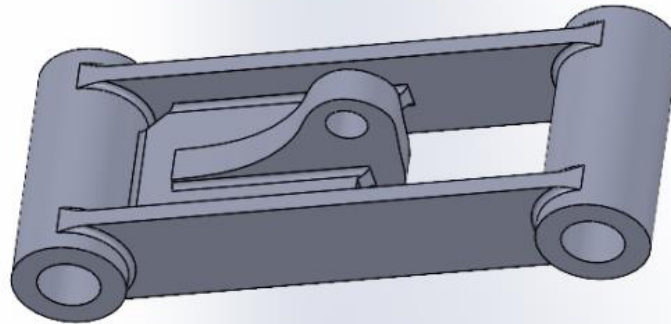
Para el proceso de modelado 3D del objeto, será necesario importar el archivo STL obtenido del escaneo tridimensional, el cual servirá como referencia precisa durante todo el desarrollo. Este modelo de malla, que reproduce fielmente la geometría del objeto real, se utilizará como base para la reconstrucción digital de la estructura y características del objeto.

Con el fin de reconstruir la estructura tubular, se trazará un croquis siguiendo los ejes centrales de cada tubo visible en el modelo escaneado. Sobre estos planos de referencia se aplicarán perfiles tubulares estándar con diámetros comprendidos entre 25 y 35 mm, ajustando los espesores de pared entre 1,5 y 3 mm de acuerdo con las zonas de mayor esfuerzo previamente identificadas.

Asimismo, se llevarán a cabo extensiones controladas para ajustar la longitud de componentes como los brazos oscilantes, y se duplicarán simétricamente los elementos en el lado opuesto del chasis, garantizando así una geometría balanceada.



Figura 21. Modelado 3D.

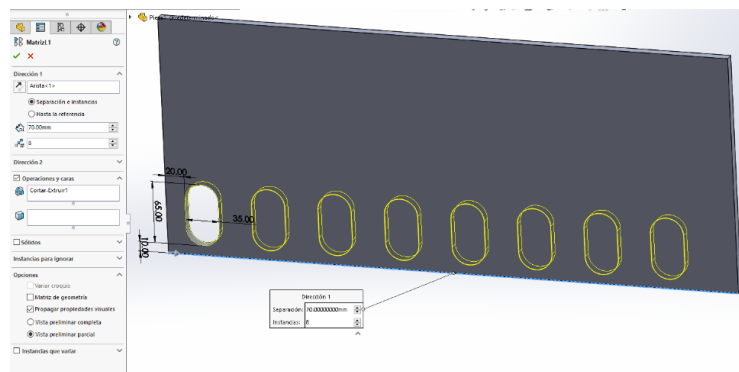


Tomado de: Rediseño y manufactura de una autoparte aplicando Ingeniería Inversa y Metodologías CAD/CA, 2024

3.2.5. Creación de la matriz

El proceso de creación de la matriz comienza una vez finalizado el modelado 3D de la pieza modelada. Esta matriz de ensamblaje se configura como un entorno de trabajo especializado que permitirá la producción precisa de todas las piezas componentes. La matriz se diseña específicamente para garantizar que cada elemento se integre perfectamente con la estructura base de la pieza, creando un sistema de referencia unificado para todo el conjunto.

Figura 22. Modelado y creación de la matriz.



Tomado de: SolidWorks Corporation, CAD 3D, 2025



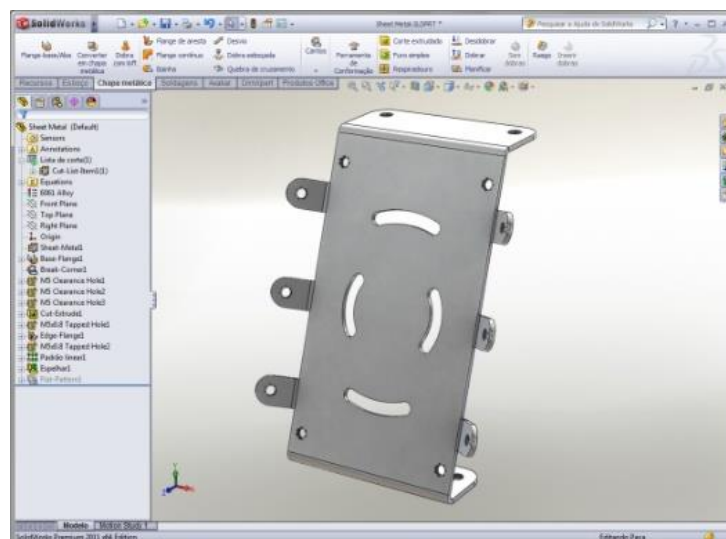
La fase de ensamblaje implica la inserción cuidadosa de la matriz dentro del modelo completo de la pieza modelada. Durante este proceso, se establecen relaciones de posición exactas que definen cómo cada componente se ubicará respecto a la estructura principal.

Estas relaciones incluyen restricciones geométricas, alineaciones específicas y márgenes de tolerancia calculados, asegurando que el ensamblaje final mantenga la precisión requerida para el rendimiento de la pieza. Se verifican meticulosamente todas las interfaces entre componentes para detectar posibles conflictos de espacio o geometría.

3.2.5.1. Chapa metálica

Una vez definida la geometría de las piezas en 3D, se procede a su conversión a chapa metálica, para adaptar el diseño a los procesos de fabricación real. Cada componente sólido se transforma en un desarrollo de chapa, especificando espesores diferenciados según los requerimientos estructurales: 2 mm para elementos secundarios y 2,7 mm para zonas críticas que soportarán mayores esfuerzos.

Figura 23. Componentes del objeto.



Tomado de: SolidWorks Corporation, Chapa Metálica, 2025



3.2.5.2. Corte CNC

El proceso comienza con la transformación del diseño 3D de la matriz del chasis en desarrollos planos 2D de cada pieza. Estos diseños planos se exportan en formato DXF, el cual representa el estándar industrial para sistemas de corte automatizado.

Este archivo contiene toda la información geométrica necesaria, incluyendo los contornos de corte exactos, líneas de dobléz y marcas de referencia que guiarán el proceso de fabricación posterior.

3.2.5.3. Programación y configuración del corte CNC

El archivo DXF se importa al software especializado SheetCam, donde se programa minuciosamente la ruta de corte. En esta fase se definen parámetros críticos como el tipo de material, espesores específicos (2 mm para zonas menos críticas y 2,7 mm para áreas estructurales), velocidad de avance y potencia requerida. SheetCam procesa esta información y genera el código G correspondiente, que contiene las instrucciones detalladas que la máquina CNC seguirá para realizar el corte con precisión milimétrica.

El código G generado se transfiere al controlador Mach3, que gestiona directamente la máquina de corte por plasma. Este software interpreta las instrucciones ISO y coordina todos los aspectos de la operación: desde el movimiento preciso del cabezal de corte hasta la regulación del soplete de plasma. Mach3 permite además realizar simulaciones virtuales para verificar que no existan errores en la programación antes de iniciar el corte real.

3.2.5.4. Selección del material para la fabricación de la matriz del chasis del Go-kart

La elección del material para la fabricación de la matriz del Go-Kart constituye una decisión crítica que impacta directamente en la viabilidad técnica, económica y funcional del proyecto. En el mercado ecuatoriano existen diversas alternativas de materiales estructurales, siendo los más relevantes para aplicaciones automotrices el acero al carbono ASTM A36, el acero inoxidable AISI 304 y el aluminio 6061-T6. A continuación en la **Tabla 9** se presenta una comparación técnico-económica de los materiales propuestos.



Tabla 9. Comparación de materiales.

Criterio	ASTM A36	AISI 304 (Inoxidable)	Aluminio 6061-T6	Acero Galvanizado
Límite elástico (MPa)	250	215	276	220
Densidad (g/cm ³)	7.85	8.00	2.70	7.85
Precio promedio (USD/kg)	1.99	5.50	3.60	2.10
Disponibilidad	Muy alta	Alta	Media	Muy alta
Soldabilidad	Excelente	Buena	Buena	Media
Mecanizado	Bueno	Medio	Excelente	Bueno
Resistencia a corrosión	Baja	Muy alta	Alta	Alta
Ventajas	Bajo costo, excelente soldabilidad, disponible	Muy alta resistencia a corrosión	Bajísimo peso, excelente mecanizado	Bajo costo, excelente resistencia a corrosión, disponible
Desventajas	Baja resistencia a corrosión, requiere pintura	Costo elevado, mecanizado más complejo	Menor resistencia absoluta a flexión, costo moderado	Soldadura más difícil (vapores tóxicos de zinc), retoque post-soldadura

Tomado de: Autoría propia.

Se seleccionó el acero ASTM A36 como material óptimo para la matriz principalmente por su ventaja económica, con un costo de USD \$1.99/kg que representa ahorros sustanciales comparado con el acero inoxidable y el aluminio, sumado a su disponibilidad inmediata en el mercado local.

Técnicamente, sus propiedades mecánicas superan los requerimientos para componentes de Go-Kart, ofrece excelente soldabilidad y facilidad de mecanizado sin requerir procesos especiales, y su susceptibilidad a la corrosión es una desventaja controlable mediante la aplicación de recubrimientos anticorrosivos de bajo costo.



CAPÍTULO IV

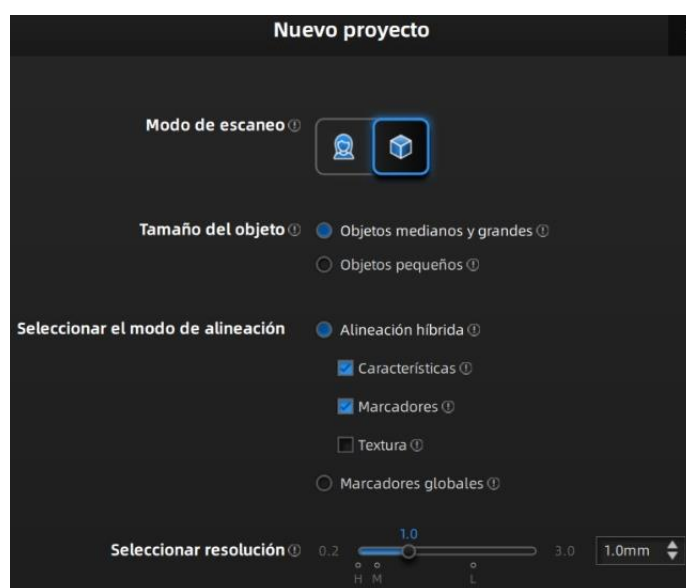
RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1. Escaneo del chasis de Go-Kart

Para el proceso de digitalización se eligió el chasis Convert 3.0, un modelo de Go-Kart ampliamente utilizado en competencias de karting debido a su diseño optimizado y cumplimiento de normativas internacionales. Este chasis sirvió como referencia geométrica para el desarrollo de los diseños CAD de los sistemas auxiliares y de tracción.

El proceso de digitalización del chasis Convert 3.0 se realizó mediante el escáner 3D Shining Einstar en combinación con el software EXStar. La configuración seleccionada para el escaneo incluyó tamaño de objeto mediano a grande, resolución de 1.0 mm y modo de alineación híbrida (características y marcadores), tal como se muestra en la **Figura 24;Error! No se encuentra el origen de la referencia..** Esta configuración permitió capturar con alta fidelidad la geometría del chasis del Go-Kart. La activación del del control de calidad fue clave para manejar los reflejos en las superficies metálicas, evitando distorsiones en áreas críticas como los soportes estructurales y las soldaduras.

Figura 24. Configuración del escáner.



Tomado de: Autoría propia.



Se identificaron algunas limitaciones, como pequeñas zonas de sombra cerca del eje trasero, donde la geometría compleja dificultó la captura completa. Estas áreas requirieron un reprocesado manual en EXStar, aplicando herramientas de interpolación para cerrar vacíos menores sin afectar la integridad del modelo.

Antes de realizar el escaneo 3D del chasis del Go-Kart, fue necesario colocar marcadores de referencia en su superficie. Estos marcadores permitieron que el escáner se orientara con mayor rapidez y precisión, optimizando el proceso de digitalización. Esta preparación es clave para evitar errores y garantizar que la geometría compleja del chasis se capture con fidelidad.

Mediante el uso del escáner 3D Einstar, se obtuvo la geometría completa del chasis, incluyendo sus dimensiones principales, ángulos de los tubos, radios de curvatura y detalles estructurales. A diferencia de los métodos tradicionales de medición manual, esta tecnología permitió generar un modelo CAD preciso en menos tiempo, minimizando errores y conservando el diseño original del Go-Kart. Además, al escanear desde múltiples vistas, se aseguró que no quedaran zonas sin capturar, lo que es fundamental para un posterior análisis estructural o modificaciones de diseño.

El proceso de escaneo siguió una secuencia ordenada: primero, se preparó el chasis, asegurándose de que no hubiera componentes sueltos u obstrucciones que afectaran la digitalización. Luego, se realizó el escaneo manteniendo una distancia óptima de 200 a 300 mm entre el escáner y la superficie, lo que permitió una reconstrucción tridimensional más detallada. Como se observa en la **Figura 25**, los marcadores mejoraron el contraste y evitaron problemas de saturación en el software, facilitando la generación de un modelo 3D.



Figura 25. Escaneo del chasis.

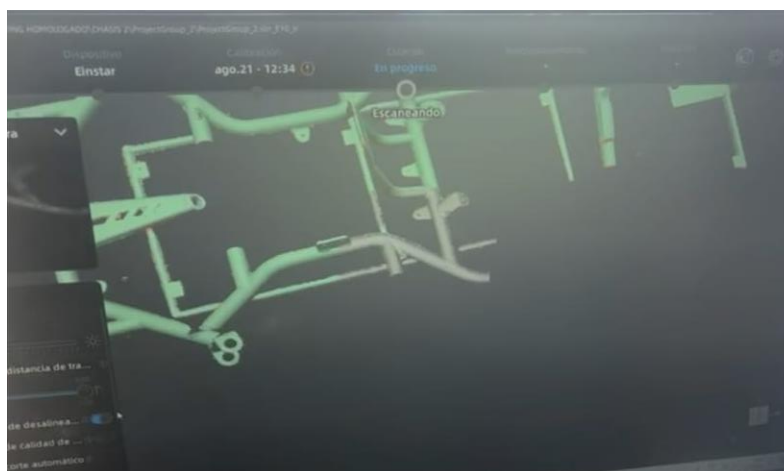


Tomado de: Autoría propia.

4.2. Digitalización del chasis de Go-Kart

En cuanto a la eficiencia del proceso, el uso estratégico de marcadores adhesivos optimizó el tiempo de escaneo, completando la digitalización en 60 - 80 minutos. La malla 3D resultante, con un peso de 26,2 MB en formato STL, como se muestra en la **Figura 26**, mantuvo un equilibrio adecuado entre detalle y manejabilidad para su posterior edición en software CAD.

Figura 26. Recolección de datos.



Tomado de: Autoría propia.

Una vez obtenidos los datos del escaneo 3D del chasis, se procedió a refinar la geometría capturada, eliminando imperfecciones y optimizando el diseño para su posterior uso.



4.3. Procesamiento del Modelo en Software EXstar

Para convertir los datos del escaneo en un modelo 3D funcional, se utilizó el software EXstar, siguiendo un flujo de trabajo estructurado:

Posprocesamiento y limpieza del modelo.

- Eliminación de trazos y aristas innecesarias que no forman parte del chasis.
- Corrección de irregularidades generadas durante el escaneo.
- Filtrado de ruido y artefactos para mantener solo la geometría relevante.

Generación del archivo en formato STL.

- Exportación del modelo procesado a STL, un formato estándar para fabricación digital.
- Preparación del archivo para su posterior edición en software CAD.

El chasis escaneado pasó por una etapa de preprocesamiento, donde se eliminaron elementos no deseados como soportes temporales o interferencias. Luego, se aplicó un mallado superficial para definir con precisión la estructura del Go-Kart, garantizando que el modelo fuera manejable en herramientas de simulación y diseño.

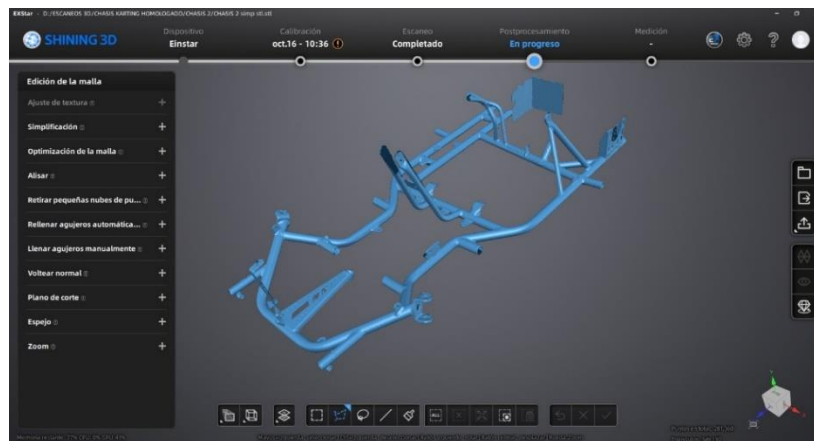
Este proceso aseguró que el modelo CAD final fuera fiel al chasis real, conservando sus dimensiones críticas, ángulos de los tubos y puntos de unión. La ventaja de este método sobre el modelado manual es la reducción de errores y la mayor eficiencia, permitiendo iteraciones rápidas en el diseño para optimización aerodinámica, resistencia estructural o personalización.

Uno de los aspectos más destacables fue la capacidad del sistema para manejar superficies irregulares, como las soldaduras, aunque en algunos casos se observó una ligera rugosidad en el modelo digital.

Como se muestra en la **Figura 27**, con el archivo STL generado, el modelo está listo para ser importado a software de ingeniería como SolidWorks para análisis de esfuerzos, simulaciones o modificaciones, facilitando futuras mejoras en el rendimiento del Go-Kart.



Figura 27. Resultado del escaneo.



Tomado de: Autoría propia.

Durante el procesamiento de la malla en el software, se corrigieron vacíos y solapamientos mediante herramientas de relleno automático y suavizado de superficies. La malla final conservó la geometría original, con pérdidas mínimas en áreas de difícil acceso, como la parte inferior del chasis. La exportación a formato STEP permitió una transición fluida a SolidWorks, aunque se requirieron ajustes manuales en las uniones complejas para garantizar superficies continuas.

4.4. Transición al Entorno CAD

Para la reconstrucción del chasis en SolidWorks se transformó una malla STL estática en un modelo CAD completamente editable y optimizable. Este proceso requirió un enfoque meticuloso, ya que el archivo STL, al estar compuesto por una nube de puntos, no permitía modificaciones directas. Para solucionar esto, fue necesario utilizar el modelo escaneado como referencia visual, así como se observa en la **Figura 28**, y a partir de eso recrear manualmente cada elemento del chasis mediante herramientas que nos ofrece el programa de SolidWorks.



Figura 28. Referencia visual del chasis escaneado.



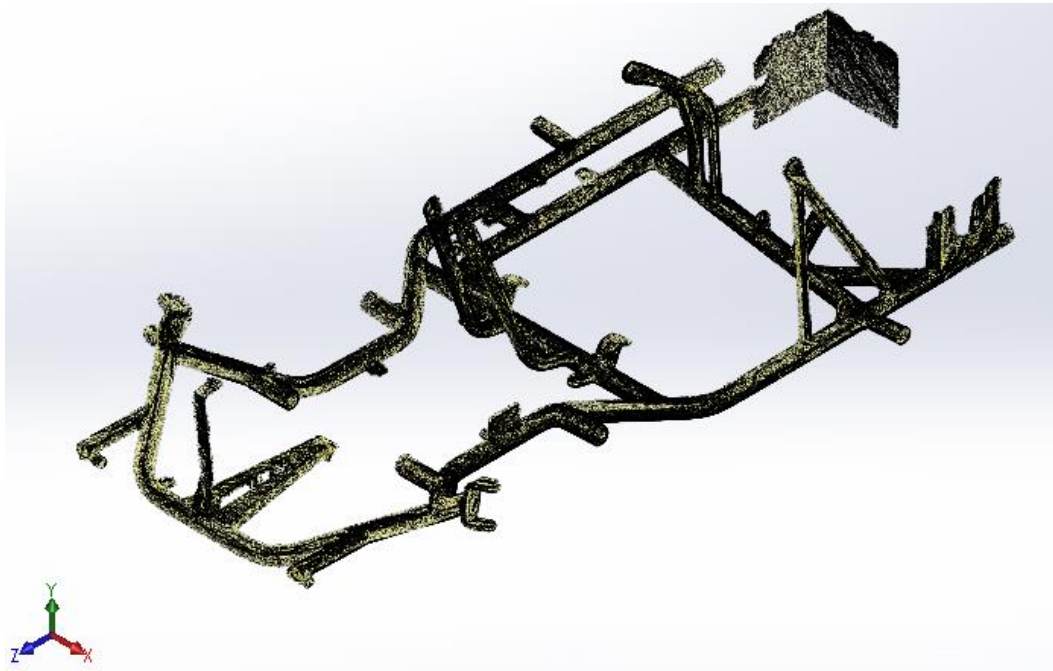
Tomado de: Autoría propia.

El primer paso consistió en importar y preparar el archivo STL en SolidWorks. Dado que estos archivos suelen ser pesados y con irregularidades, fue fundamental optimizar la malla antes de trabajar con ella. Se redujo la densidad de triángulos en zonas menos críticas para mejorar el rendimiento del software, manteniendo una alta precisión en áreas clave como las uniones estructurales tal como se muestra en la **Figura 29**.

Además, se alineó el modelo con los planos de referencia de SolidWorks para facilitar el dibujo de bocetos en las vistas ortogonales. Sin embargo, esta etapa presentó limitaciones, ya que SolidWorks no puede convertir automáticamente una malla en superficies o sólidos sin intervención manual. Por ello, la calidad del escaneo fue determinante: zonas con ruido, vacíos o distorsiones requirieron ajustes adicionales durante la reconstrucción.



Figura 29. Malla del chasis escaneado.



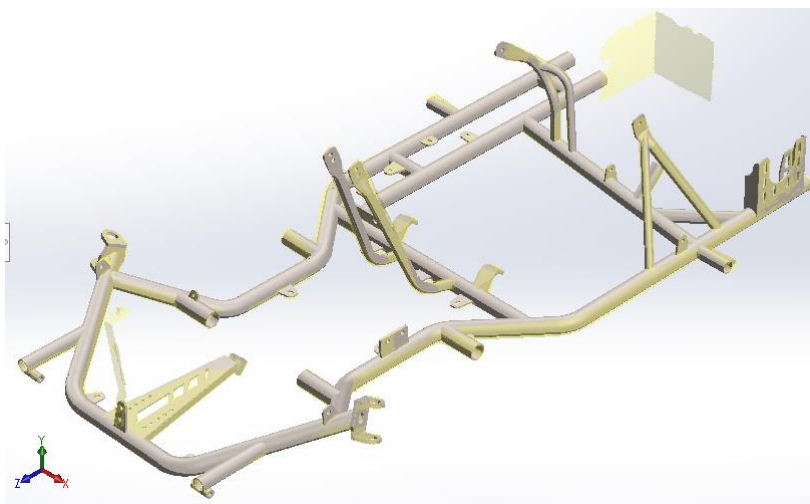
Tomado de: Autoría propia.

Para recrear el chasis se tuvo que recurrir al uso de bocetos sobre la malla, donde se trazaron perfiles 2D directamente sobre las vistas del archivo STL. Esto permitió definir las dimensiones clave de los tubos y estructuras, utilizando herramientas como líneas, elementos de croquis y cotas inteligentes para garantizar precisión. Se definió un esqueleto con líneas 3D que representaban los ejes centrales de los tubos, y luego se utilizaron perfiles tubulares estándar con diámetros entre 25-31 mm y espesores de pared que variaban entre 1,5 y 2 mm según requerimientos estructurales como se muestra en la **Figura 30**. Dibujo de los perfiles 2**Figura 30**.



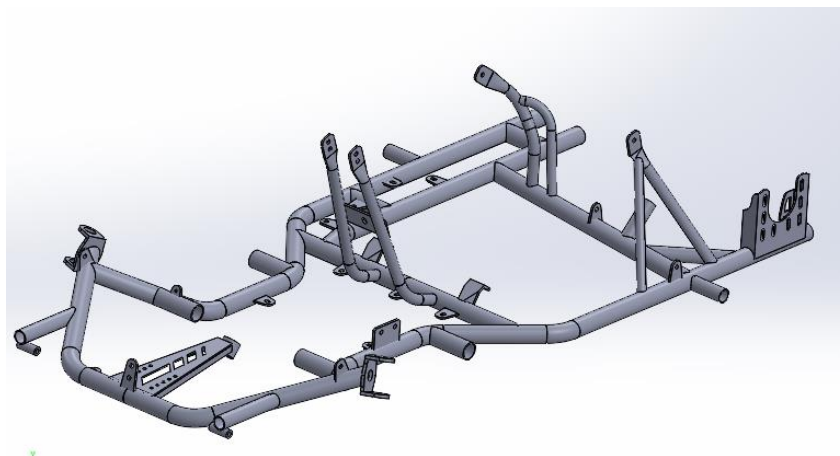
Para validar la precisión del modelo reconstruido, se realizó una superposición entre el CAD y el STL original como se muestra en la **Figura 32**, identificando desviaciones pequeñas desviaciones. También se verificaron cotas críticas, como la distancia entre ejes o el ancho del chasis, mediante mediciones físicas con calibradores. En la **Figura 33**, se observa el modelo 3D del chasis del Go-Kart fiel al original y listo para las etapas de optimización y simulación.

Figura 32. Superposición entre el modelo CAD y archivo STL.



Tomado de: Autoría propia.

Figura 33. Modelado 3D del chasis de Go-Kart



Tomado de: Autoría propia.

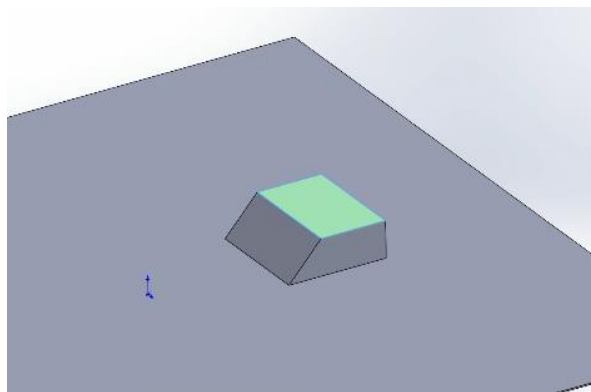


4.5. Diseño de la matriz del Go-Kart

El desarrollo de la matriz se requirió un enfoque integral que combinó estructuras tubulares con componentes de chapa metálica para lograr un sistema robusto y versátil. En SolidWorks, se utilizó la herramienta Chapa Metálica para diseñar elementos clave de la matriz que demandaban precisión en pliegues y resistencia estructural.

La base de la matriz se construyó a partir de una placa de acero de (2 mm) de espesor y de igual forma para componentes como las guías ajustables y los soportes de fijación. Esta elección permitió crear piezas ligeras pero rígidas, con dobleces precisos que optimizaron el espacio y facilitaron el ensamblaje. Se crearon piezas independientes a partir de la base para que dichas piezas después las convirtiéramos en chapa metálica como se muestra en **Figura 34**.

Figura 34. Creación de componentes de la matriz.

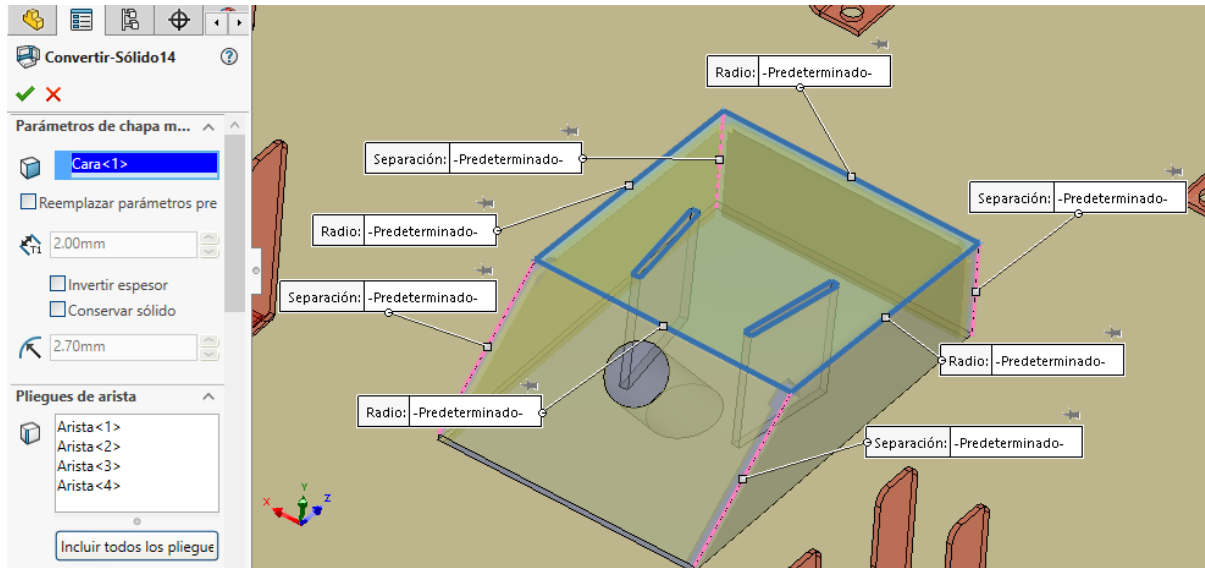


Tomado de: Autoría propia.

Una vez creadas las piezas que darán soporte a el chasis procedemos a convertir cada una de las piezas diseñadas a chapa metálica con la opción que nos ofrece SolidWorks (convertir a chapa metálica), en donde seleccionamos los parámetros adecuados según lo necesitemos en este caso se optó por el espesor del material de 2 mm y un radio de dobles de 2,7 mm, y seleccionaremos una cara principal y después seleccionar las aristas donde se realizarán los despliegues o dobleces tal como se observa en **Figura 35**.



Figura 35. Selección de parámetros de chapa metálica.

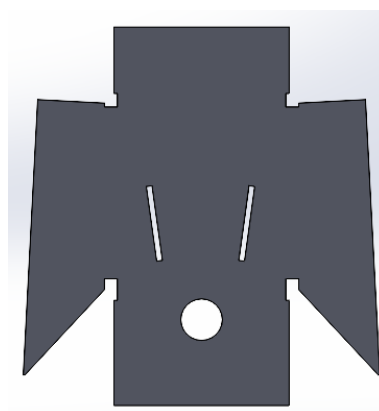


Tomado de: Autoría propia.

Mediante la función doblar, desdoblar y desplegar, se puede observar las formas que tomarán cada una de las piezas diseñadas y posteriormente transformadas a chapa metálica tal como se observa en la **Figura 36**.

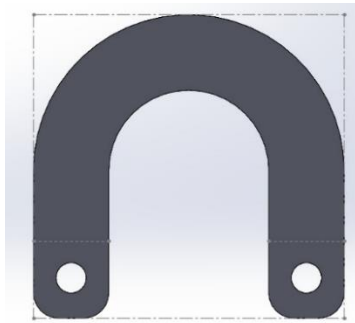
Figura 36. Forma de la chapa metálica transformada.

A). Base de la dirección.

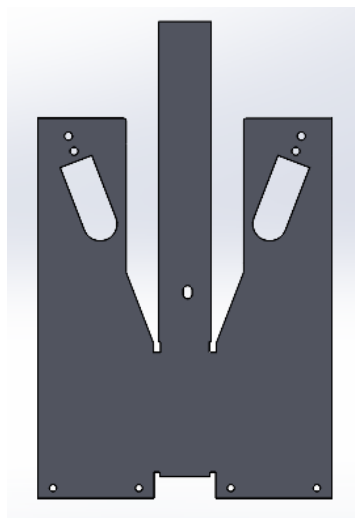




B). Soportes en forma de U.



C). Conjunto de la base de la dirección.

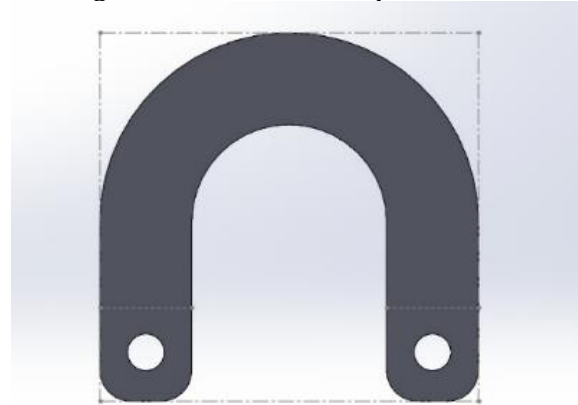


Tomado de: Autoría propia.

De esta manera, se puede observar cómo quedarán las piezas diseñadas, definiendo parámetros como el radio de curvatura y el espesor del material para garantizar que los pliegues sean precisos y repetibles. Para las guías de posicionamiento de los tubos que conforman el chasis del Go-Kart, se diseñaron soportes en U, permitiendo así transformar este diseño en chapa metálica, tal como se muestra en la **Figura 37**.



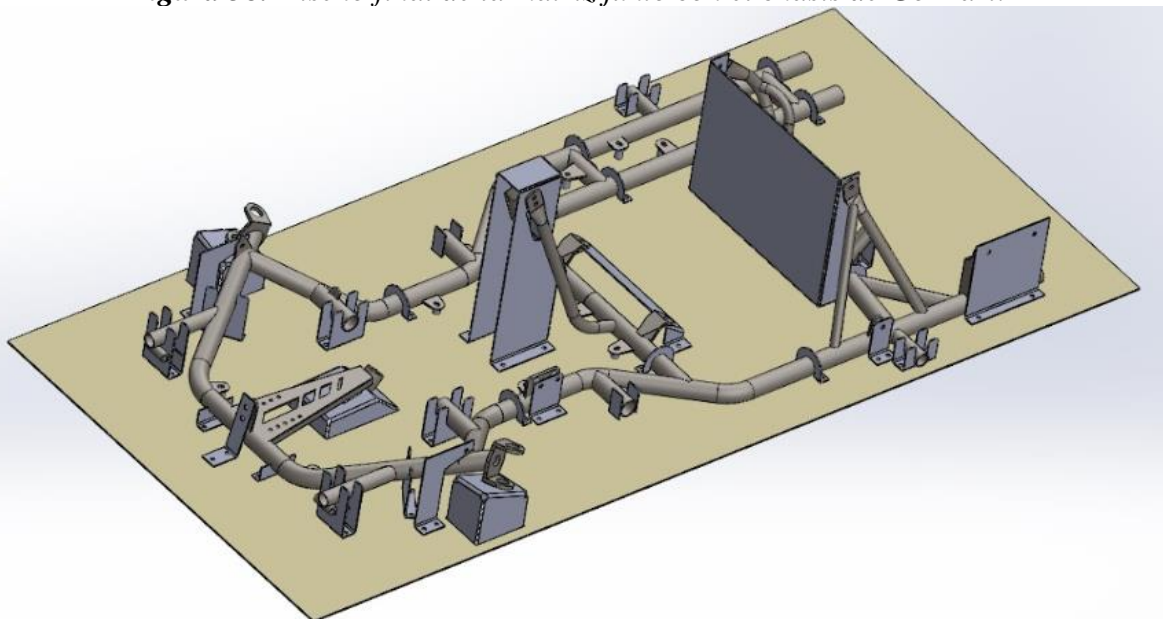
Figura 37. Diseño de soportes en U.



Tomado de: Autoría propia.

Una vez diseñadas todas las piezas necesarias para la matriz, cada componente se fue integrando al conjunto del diseño del chasis del Go-Kart con el fin de determinar si los diseños encajan correctamente. Finalmente, en la **Figura 38**, se muestra, mediante SolidWorks, cómo las partes diseñadas se unirían a la base de acero y cómo se fijarían al chasis. De esta manera, se realiza una validación del diseño, asegurando que las piezas de chapa metálica puedan fabricarse sin errores en el doblado.

Figura 38. Diseño final de la matriz junto con el chasis de Go-Kart.

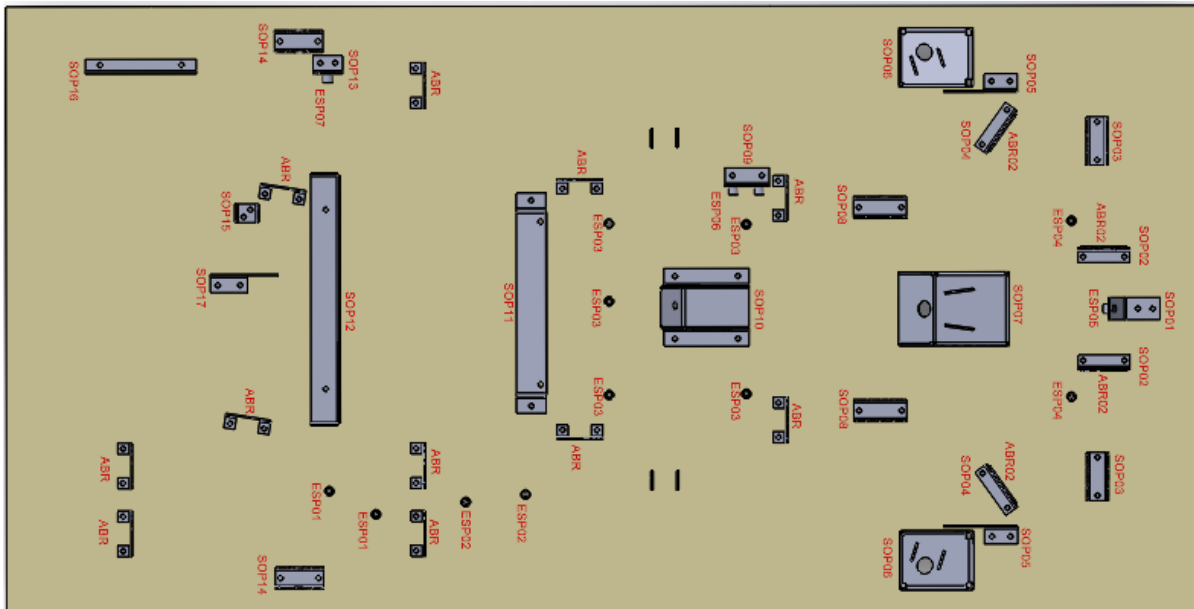


Tomado de: Autoría propia.



La combinación de estructuras tubulares y componentes de chapa metálica en la matriz permitió agilizar su fabricación. En la **Figura 39**, se observa cómo quedó finalmente la matriz diseñada, lista para su exportación y posterior fabricación.

Figura 39. Visualización de todos los componentes de la chapa metálica.



Tomado de: Autoría propia.

4.6. Exportación y Corte CNC

4.6.1. Preparación de los Diseños

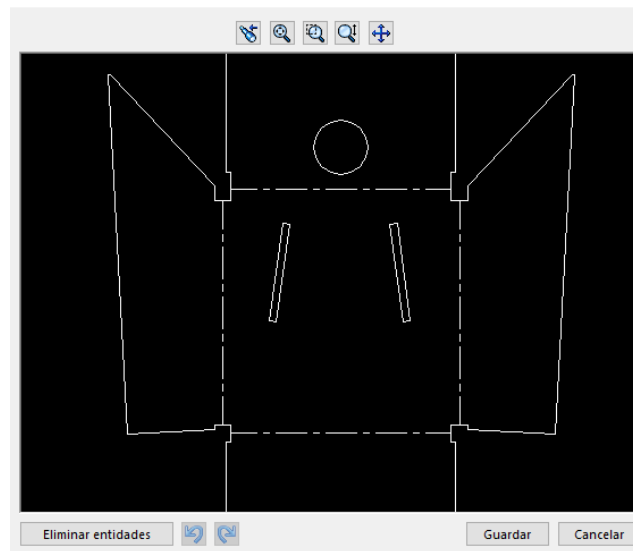
Para el proceso de corte se debe tener los diseños listos y convertidos a chapa metálica, una vez realizado este proceso, seleccionamos cada parte y procedemos a guardar el archivo en formato Dxf, después seleccionamos los parámetros en los cuales se va a guardar en este caso las opciones son: Chapa metálica, geometría y líneas de pliegue.

Las líneas de pliegue representan de forma clara las zonas donde se realizarán dobleces posteriores. Después procederemos a revisar si el diseño está realizado correctamente viendo si las líneas están correctamente definidas o de lo contrario modificar tal y como se ve en la **Figura 40**.



Figura 40. Exportación a archivo DxF.

Limpieza de DXF/DWG - Chapa desplegada110

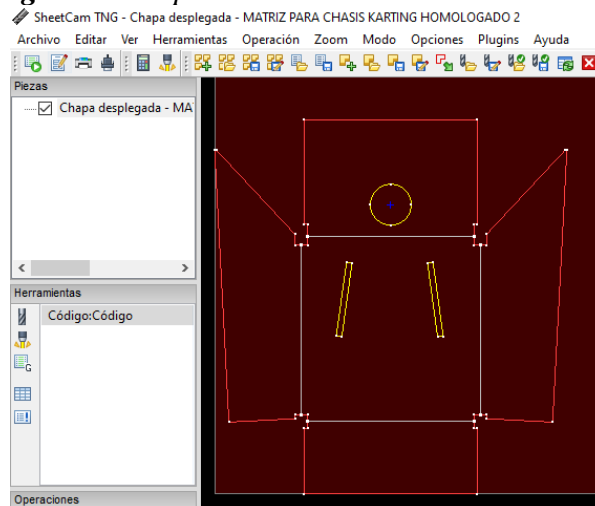


Tomado de: Autoría propia

4.6.2. Importación y Configuración en SheeCAM

Una vez verificados y almacenados todos los archivos en formato DXF, se procede a importar dichos archivos en el software SheetCAM, el cual está diseñado para generar trayectorias de corte específicas. Es importante configurar correctamente las unidades de medida dentro del programa, que en este caso son milímetros (mm), para asegurar que las dimensiones del diseño se mantengan fieles al original, así como se observa en la **Figura 41**.

Figura 41. Importación de archivo en SheeCAM.



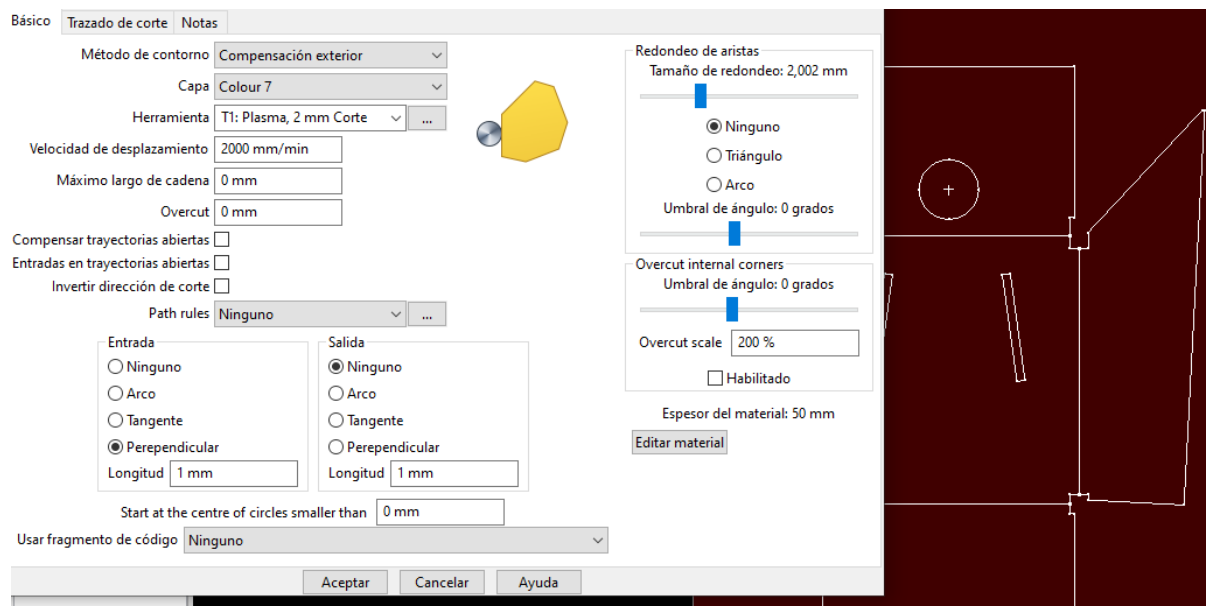
Tomado de: Autoría propia.



Con la geometría ya reconocida por el software, se procederá a aplicar los diferentes parámetros necesarios para que la máquina realice el corte requerido. Para ello, se utilizará la opción denominada “Contornos”, donde se creará una nueva capa y se ejecutarán las operaciones de corte.

En este caso, se seleccionará un corte externo, lo que significa que la máquina cortará el contorno exterior siguiendo la geometría de la pieza. Además, se definirá el espesor del material con el que se está trabajando, en este caso 2 mm, tal como se muestra en la **Figura 42**.

Figura 42. Parámetros de Corte.

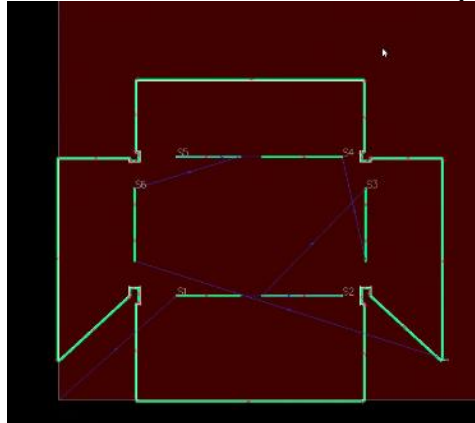


Tomado de: Autoría propia.

Con estos parámetros el programa crea líneas de corte del lado exterior que seguirán la geometría del diseño de pieza para que no exista fallas a la hora de realizar el corte y no tener pérdidas de material o errores dimensionales en las piezas diseñadas tal como se ve en **Figura 43**.



Figura 43. Geometría del diseño de la pieza.



Tomado de: Autoría propia.

4.6.3. Generación del Código G

Una vez definidas las trayectorias de corte, se genera el archivo de instrucciones en formato de código G. Para ello, se accede a las opciones del programa SheeCam y se selecciona el apartado denominado “Posprocesado”, lo que permite guardar el archivo como código G. Este código contendrá las instrucciones necesarias para el movimiento de corte de la máquina, tal como se observa en la **Figura 44**.

Figura 44. Código G.

```

← → ∨ ↑ ↓ > En equipo > Descargas

A)chivo ejemplo Erick.tap Ayuda

N0020 (Filename: ejemplo Erick.k.tup)
N0030 (Post processor: Mach3 plasma no Z_cleareanance_delay.scpost)
N0040 (Date: 20/03/7025)
N0030 (D1 (Units: Metric)
N0060 G01 (G00 0.24 )
N0070 S00
N0080 V031
N0090 ( Start: <ejemplo Erick)
N0090 (Configuracion: Sin compremisión, 0, T102: A36 - 2 mm - plasma)
N0100 (45 Amperios)
N0110 (Tipo Inicial C: 113)
N0120 ( Programaci total) B: 20)
N0150 (Altuna Total:) C: 200.
N0140 G01
N0150 G01 X115.1430 F220.
N0160 G00
N0170 G00 Zn
N0180 M07
N0210 M00 (Start)
N0230 G39
N0250 G00 D1

```

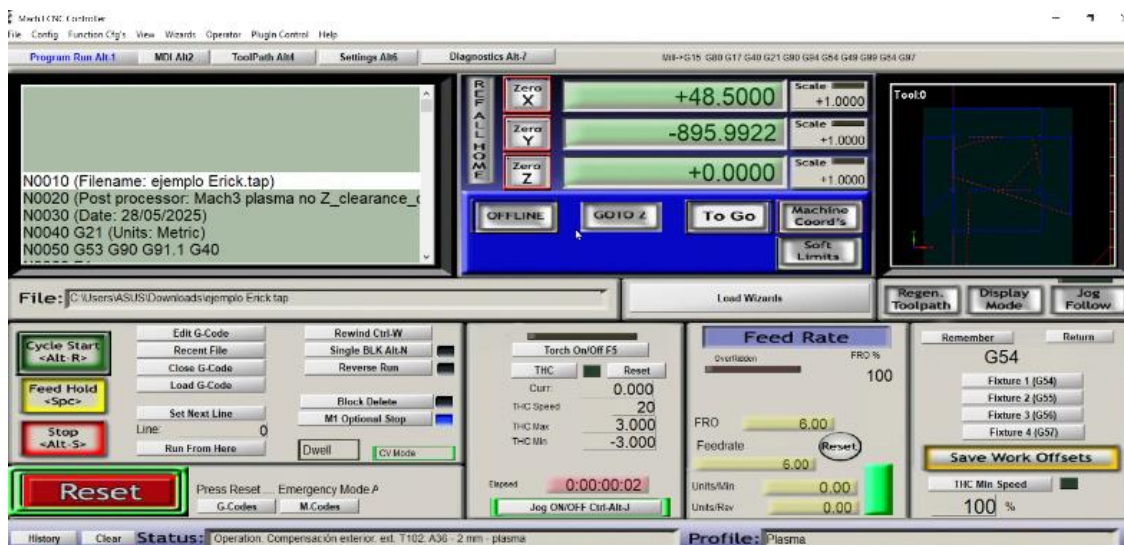
Tomado de: Autoría propia.



4.6.4. Ejecución en Máquina CNC

Una vez generado el código G de las partes diseñadas, se procede a abrir el controlador o software con el que opera la máquina CNC; en este caso, el software utilizado es Mach 3. Este programa permite leer el código G y cargar las instrucciones a la máquina de corte CNC. Para ello, dentro de Mach 3 se selecciona la opción “Cargar código G”, introduciendo el archivo generado para que el sistema interprete y ejecute las instrucciones. Este procedimiento garantiza que el corte se realice conforme a los parámetros establecidos, tal como se muestra en la **Figura 45**.

Figura 45. Controlador Mach 3.



Tomado de: Autoría propia.

El material utilizado para el corte fue el acero ASTM A36 donde los parámetros utilizados en la máquina CNC para el corte fueron:

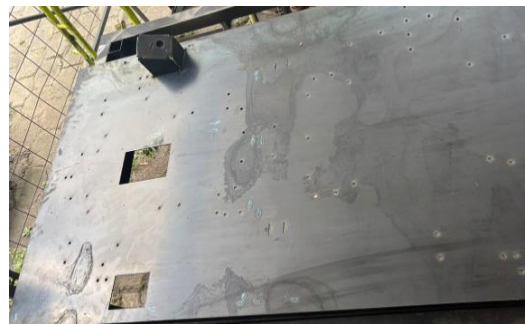
- Debido al espesor del material que fue 2 mm se utilizó 45A.
- La presión a la que se trabajó fue de 90 psi.
- La velocidad de corte fue de 2600 mm/min.



4.7. Ensamble de las piezas cortadas

Como se puede observar en la **Figura 46**, una vez obtenidas las piezas mediante el corte CNC, se procede al ensamble mecánico, en el cual cada componente debe ser posicionado y fijado de acuerdo con el diseño original. Este proceso requiere precisión para garantizar la correcta alineación entre las láminas y el chasis, asegurando tanto la funcionalidad como la resistencia estructural del conjunto.

Figura 46. Lamina cortada.



Tomado de: Autoría propia.

4.7.1. Preparación de las Piezas para el Ensamble

Antes de iniciar el montaje, se realiza una inspección dimensional de las láminas cortadas, verificando que cumplan con las tolerancias. Se eliminan posibles rebabas o imperfecciones generadas durante el corte mediante el uso de herramientas como limas o rectificadores manuales. Además, se identifican las zonas de unión (solapes, bordes de soldadura o puntos de atornillado) para garantizar un ajuste óptimo tal como se observa en la **Figura 47**.

Figura 47. Posicionamiento de las piezas.



Tomado de: Autoría propia.



Dado que esta matriz está diseñada para desarrollar trabajos en serie, en su diseño se consideró la creación de piezas desmontables que puedan ajustarse mediante tornillos y pernos, por lo que no fue necesaria la aplicación de soldadura.

Una vez cortadas y preparadas todas las piezas, se procede al ensamble final. Este proceso sigue estrictamente el diseño preestablecido, asegurando que cada componente encaje correctamente con los demás y con la estructura del chasis, al posicionarse las piezas en sus ubicaciones designadas, tal como se observa en la **Figura 48**.

Figura 48. Montaje de las piezas diseñadas y el chasis de Go-Kart.



Tomado de: Autoría propia.

Dado que esta matriz está diseñada exclusivamente para fijar los componentes durante el proceso de soldadura, es necesario incorporar los ángulos de inclinación que el chasis posee a lo largo de su estructura.

Para esto, se implementó un sistema de guías que replica la geometría original del bastidor. En este sistema se aprecian las distintas inclinaciones, de modo que la matriz queda completa y se pueden realizar los trabajos pertinentes.



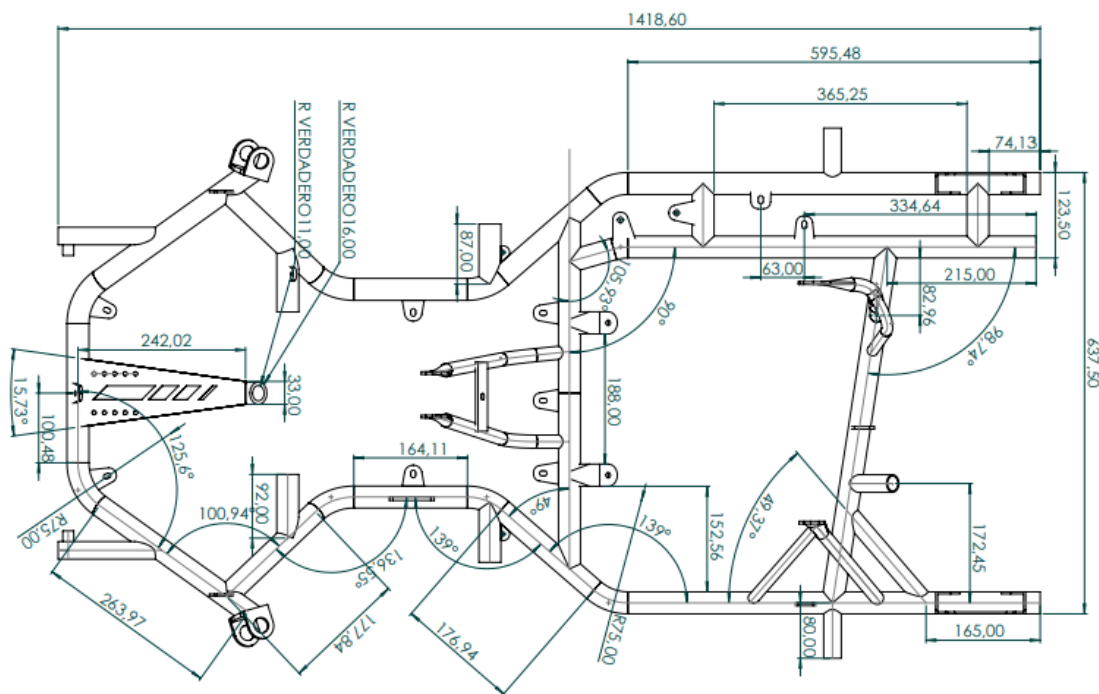
4.7.2. Implementación de guías replica en la matriz

Para determinar los ángulos de inclinación, se tomará como referencia el diseño del chasis de Go-Kart previamente elaborado. De esta manera, se podrán generar los diferentes planos que permiten visualizar la geometría del chasis, así como sus valores, lo cual facilita la implementación de las guías en la matriz.

En la **Figura 49** se muestran las distintas vistas obtenidas a partir del diseño, las cuales permiten apreciar de manera más clara los valores necesarios para la elaboración de las guías.

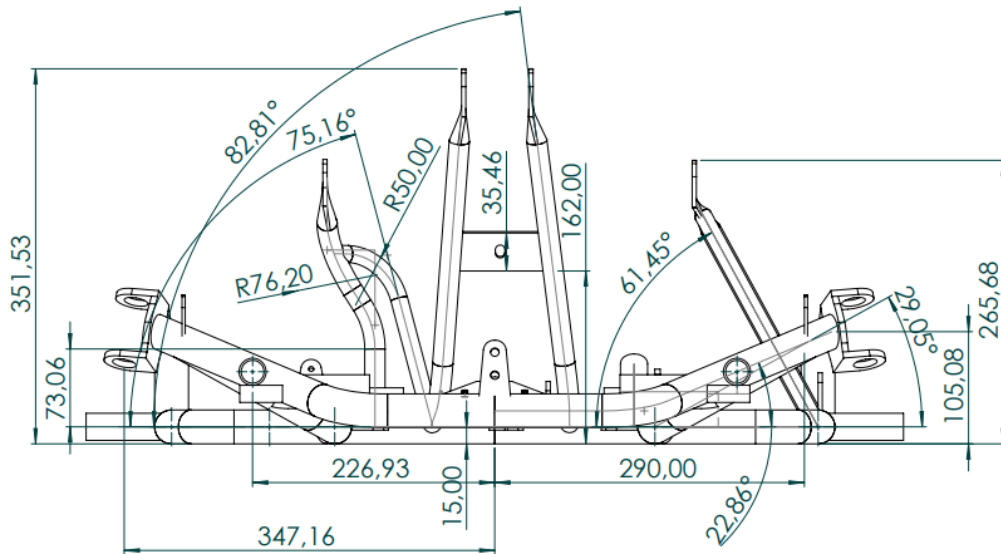
Figura 49. Planos del chasis.

A). Vista alzada.

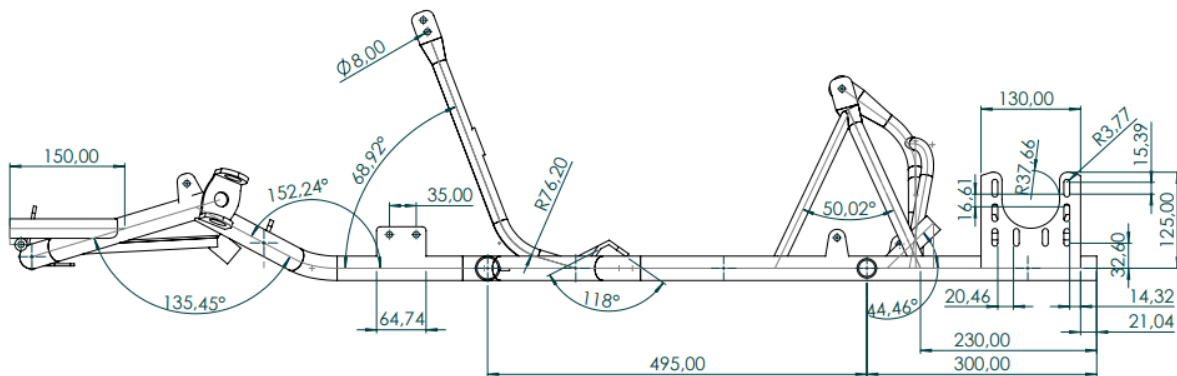




B). Vista frontal.



C). Vista lateral.

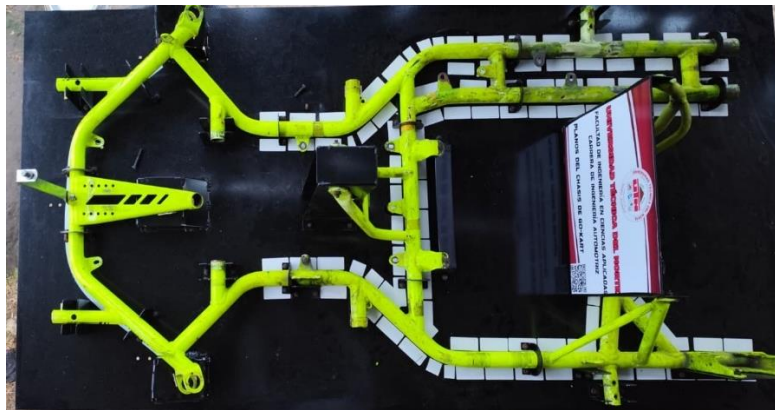


Tomado de: Autoría propia.

Para garantizar un posicionamiento preciso y repetible de los componentes durante el ensamblaje del Go-Kart, se desarrolló un sistema de guías basado en pegatinas adhesivas de alta precisión, las cuales se incorporarán directamente sobre la superficie de la matriz.



Figura 50. Matriz terminada.



Tomado de: Autoría propia.

4.8. Implementación y Validación de componentes

Los componentes auxiliares y de tracción diseñados en este proyecto fueron seleccionados estratégicamente de un modelo de referencia. Sin embargo, la validación definitiva de estos elementos requiere su implementación y evaluación en un entorno controlado que permita verificar su cumplimiento con las normativas CIK-FIA y FEDAK, así como su adaptabilidad a chasis homologados para uso competitivo.

Para tal fin, se utilizó el chasis COMPKART Covert 3.0, un modelo homologado internacionalmente bajo la normativa CIK-FIA (34/CH/20) y disponible en el mercado ecuatoriano. Este chasis sirvió como plataforma de prueba para demostrar que los componentes diseñados no solo cumplen con las especificaciones técnicas y funcionales establecidas en el reglamento, sino que también son mecánicamente compatibles y operacionalmente viables en un sistema real de competencia.

4.8.1 Componentes seleccionados

4.8.1.1. Implementación del brazo de dirección

El brazo de dirección seleccionado fue instalado en el chasis Covert 3.0 para verificar la compatibilidad en los puntos de articulación, las longitudes y los ángulos de montaje. Las



pruebas realizadas en pista confirmaron que el sistema proporciona una respuesta precisa y ofrece estabilidad en curvas de alta velocidad.

Figura 51. Implementación del brazo de dirección.



Tomado de: Autoría propia.

4.8.1.2. Implementación de la columna de dirección

La columna de dirección elegida se integró al Covert 3.0, verificando alineación con el bloque de dirección, rigidez torsional y ausencia de vibraciones. Se comprobó también la transmisión eficiente de las fuerzas desde el volante hacia el brazo de dirección, asegurando un control preciso y seguro en todas las condiciones de manejo.

Figura 52. Implementación de la columna de dirección.



Tomado de: Autoría propia.



4.8.1.3. Implementación de la mangueta

Las manguetas seleccionadas fueron sometidas a pruebas en el Covert 3.0, recorriendo curvas a alta velocidad (45-55 km/h) y realizando frenadas bruscas. No se observaron deformaciones, vibraciones ni desgaste prematuro en los rodamientos o en los puntos de articulación, confirmando su desempeño satisfactorio.

Figura 53. Implementación de la mangueta.



Tomado de: Autoría propia.

4.8.1.4. Implementación de las manzanas conjunto con los neumáticos delanteros y traseros

Las manzanas instaladas permitieron verificar la compatibilidad con ejes de 25 mm para las delanteras y de 50 mm para las traseras. Se constató el centrado preciso de las ruedas y la transmisión correcta de las cargas de frenado y aceleración, sin aparición de aflojamientos o desalineaciones durante el uso intensivo.

Se utilizaron ruedas y neumáticos, calibrados a presiones de 1.0 bar (delantero) y 1.2 bar (trasero). Durante todas las pruebas, se constató una adherencia consistente, desgaste uniforme y comportamiento estable del conjunto rodante en el circuito.



Figura 54. Implementación de las ruedas.



A) Rueda delantera.



B) Rueda posterior.

Tomado de: Autoría propia.

4.8.1.5. Implementación del disco de freno

Únicamente el disco de freno fue seleccionado para la validación en el sistema de frenos del Covert 3.0. Se realizó una serie de pruebas de frenado que incluyeron detenimientos desde 70 km/h, obteniendo distancias entre 18 y 22 metros sin sobrecalentamiento ni pérdida de eficacia, y sin señales de desgaste excesivo.

Figura 55. Implementación del disco de freno.



Tomado de: Autoría propia.

4.8.1.6. Implementación del sistema de transmisión y eje trasero

La validación del eje trasero se realizó comprobando la compatibilidad con el sistema de transmisión por cadena y la alineación adecuada con el motor. Las pruebas evidenciaron



transmisión eficiente del par motor y ausencia de deformaciones torsionales bajo cargas dinámicas en pista.

Figura 56. Implementación del sistema de transmisión y eje trasero.



Tomado de: Autoría propia.

4.8.1.8. Componentes complementarios para validación integral

Para realizar las pruebas experimentales completas del vehículo, se integraron componentes adicionales estándar que, aunque no formaron parte del alcance de diseño de esta tesis, fueron esenciales para cerrar el sistema y permitir la operación segura en pista:

- Asiento del piloto homologado (categoría OK)
- Volante estándar (Ø 280mm)
- Motor de estacionario.
- Pedales de acelerador comerciales
- Cadena
- Protecciones laterales y parachoques homologados del Covert 3.0

Estos componentes permitieron poner en funcionamiento el vehículo completo y evaluar el comportamiento integral de los sistemas validados bajo condiciones reales de competencia.



Figura 57. Componentes complementarios para validación integral.



A) Plataforma de Pruebas: Chasis COMPKART.

B) Integración de Sistema Completo.

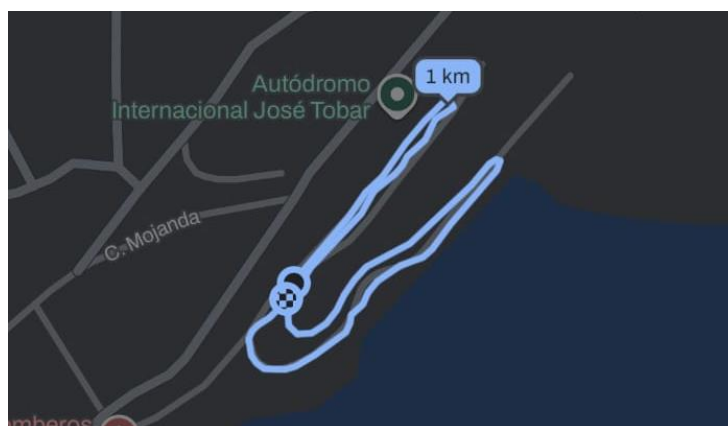
Tomado de: Autoría propia.

4.8.2 Validación experimental en pista

Con el objetivo de caracterizar el comportamiento dinámico real del go-kart y establecer una línea base cuantitativa para la futura validación de componentes diseñados, se llevó a cabo una campaña de pruebas en el Autódromo Internacional José Tobar, en Yahuarcocha, Ibarra.

Las pruebas se realizaron con el go-kart en un tramo del circuito de 1.27 km de longitud, seleccionado estratégicamente por presentar una combinación de rectas y curvas. Este diseño de pista, mostrado en la **Figura 58**, permitió evaluar el vehículo en diversas condiciones de operación y obtener una medición integral de su desempeño.

Figura 58. Tramo seleccionado.



Tomado de: Autoría propia.



La caracterización consistió en dos series consecutivas de ocho vueltas cada una. Los datos obtenidos, que constituyen la referencia de rendimiento para comparaciones futuras, se resumen a continuación:

Tabla 10. Datos obtenidos de la vuelta a la pista.

Parámetro	Primera Serie (8 vueltas)	Segunda Serie (8 vueltas)
Tiempo total	9.05 min (9:03)	8.95 min (8:57)
Tiempo promedio por vuelta	68.1 s	67.1 s
Velocidad promedio	67.2 km/h	68.0 km/h

Tomado de: Autoría propia.

El sistema de frenos demostró una respuesta consistente y confiable durante todo el recorrido, sin evidencia de sobrecalentamiento. Se estimó una distancia de frenado de 18 a 22 metros para una desaceleración de 70 a 60 km/h.

En el sistema de dirección y neumáticos se observó un comportamiento estable y preciso en curvas de alta velocidad (45-55 km/h), manteniendo la trazada deseada sin pérdidas de control. Este desempeño es resultado de la sinergia entre un chasis estable y los neumáticos, los cuales se calibraron con presiones de 1.0 bar (delantero) y 1.2 bar (trasero), ofreciendo una adherencia consistente.

Figura 59. Comportamiento en pista.



Tomado de: Autoría propia.



4.9. Diseño de los sistemas auxiliares del Go-Kart

Este apartado está dedicado al diseño de los componentes auxiliares para un vehículo tipo Go-Kart, con el objetivo de facilitar su futura implementación en el chasis previamente modelado y presentado en el capítulo 4.4 (“Transición al entorno CAD”). El proceso de diseño se fundamenta en la selección y validación experimental de componentes descrita en el apartado 4.8 (“Validación y experimentación”), donde se comprobó su adaptación y funcionamiento en el chasis homologado COMPKART Covert 3.0.

Los elementos seleccionados fueron primero evaluados físicamente para asegurar su compatibilidad dimensional y funcional con el chasis de referencia. Posteriormente, se procedió a su digitalización y modelado en CAD, considerando todas las exigencias técnicas y normativas establecidas por la reglamentación internacional CIK-FIA. De esta manera, el diseño de estos componentes no solo responde a criterios de ingeniería y funcionamiento real, sino que también sienta las bases para su posible fabricación futura mediante técnicas como impresión 3D, fundición o mecanizado CNC.

4.9.1. Proceso de diseño de las partes auxiliares de un Go-Kart

Para el diseño de estos componentes se empleará la misma metodología utilizada en el diseño del chasis del Go-Kart, como se muestra en la sección de metodología. Este enfoque garantiza que los nuevos elementos a diseñar mantengan la precisión, funcionalidad y puedan ser replicados adecuadamente.

4.9.2. Diseño del brazo de dirección

Tras completar el escaneo 3D de la pieza, se procedió a realizar una superposición para llevar a cabo el modelado en el software SolidWorks. En la **Figura 60**, sección A, se presenta el resultado del escaneo del brazo de dirección; mientras que en la sección B se observa el diseño digital reconstruido en SolidWorks. Durante este proceso se identificó una torsión no intencional, evidenciada en la sección C, donde se aprecia la superposición entre el modelo escaneado y el diseño corregido en 3D. Esta deformación se atribuye, probablemente, a



fenómenos de fatiga mecánica, a la acción de cargas cíclicas durante su vida útil y a posibles impactos no registrados.

En la fase de reconstrucción CAD con SolidWorks, se implementó un proceso meticuloso de corrección geométrica. A partir del modelo escaneado, se establecieron nuevos planos de referencia basados en los puntos críticos no afectados por la torsión, específicamente los ejes de los orificios para rótulas. Mediante herramientas de superficie y operaciones de barrido controlado, se reconstruyó la geometría ideal, manteniendo las dimensiones fundamentales entre centros y conservando los espesores originales del material.

El Reglamento Técnico CIK-FIA 2025 establece requisitos mínimos para el brazo de dirección en el Artículo 4.5.3:

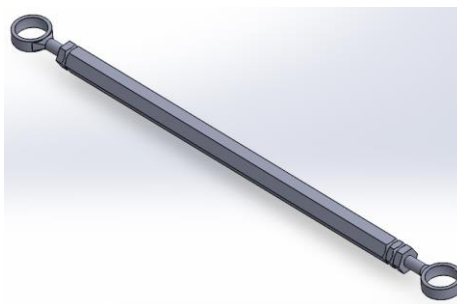
- Material permitido: Aluminio o acero
- Elementos de conexión: Rótulas (rotules) obligatorias en cada extremo
- Sistema de fijación: Tuercas autoblocantes en todas las conexiones
- Geometría: Libre diseño, sin restricciones dimensionales específicas

Este enfoque normativo permite flexibilidad en el diseño geométrico mientras garantiza la seguridad mediante materiales adecuados y sistemas de fijación confiables.

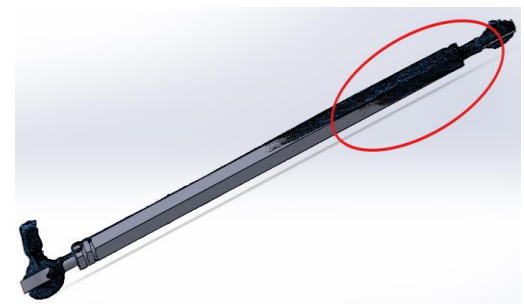
Figura 60. Diseño del brazo de dirección.



A). Pieza escaneada (Malla).



B). Pieza diseñada en SolidWorks



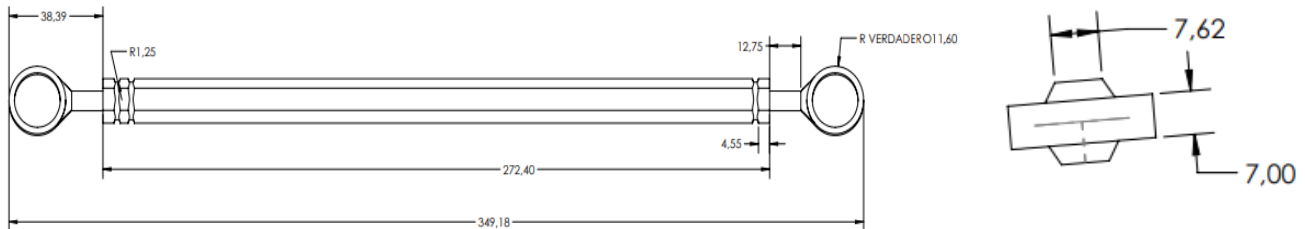
C). Superposición entre el diseño 3D y el escaneo.

Tomado de: Autoría propia.



En la **Figura 61** se muestran las distintas vistas del brazo de dirección, donde se aprecian las cotas críticas de sus puntos de anclaje y la geometría general que define su función dentro del conjunto de la dirección.

Figura 61. Cotas del brazo de dirección.



A) Vista lateral.

B) Vista frontal.

Tabla 11. Comparación (brazo de dirección).

Parámetro	Requisito CIK-FIA Art. 4.5.3	Valor Diseñado
Material	Aluminio o acero aleado	-
Elementos de conexión	Rótulas esféricas obligatorias en cada extremo	Rótulas esféricas en ambos extremos
Sistema de fijación	Tuercas autoblocantes	Tuercas autoblocantes y pernos

Tomado de: Autoría propia.

4.9.3. Diseño de la columna de dirección

Para el diseño de la columna de dirección y el volante se aplicó el mismo enfoque metodológico descrito en capítulos anteriores. En la **Figura 62**, sección A, se presenta el escaneo de la pieza original; posteriormente, en la sección B, se muestra el modelo reconstruido en SolidWorks, y en la sección C se observa la superposición entre ambos.

El análisis inicial mediante escaneo 3D de la columna de dirección existente evidenció irregularidades significativas, entre ellas una desalineación de aproximadamente 1,47° en su



eje principal. Esta alteración geométrica se atribuye al uso intensivo en condiciones de competición, lo que afecta de manera directa la precisión del sistema de dirección y, en consecuencia, la respuesta dinámica del vehículo en curvas cerradas.

Para la reconstrucción digital en SolidWorks, se implementó un riguroso proceso de corrección geométrica. Partiendo del modelo escaneado, se estableció el eje central teórico como referencia primaria, lo que permitió rectificar progresivamente las superficies internas y externas mediante operaciones de revolución controlada.

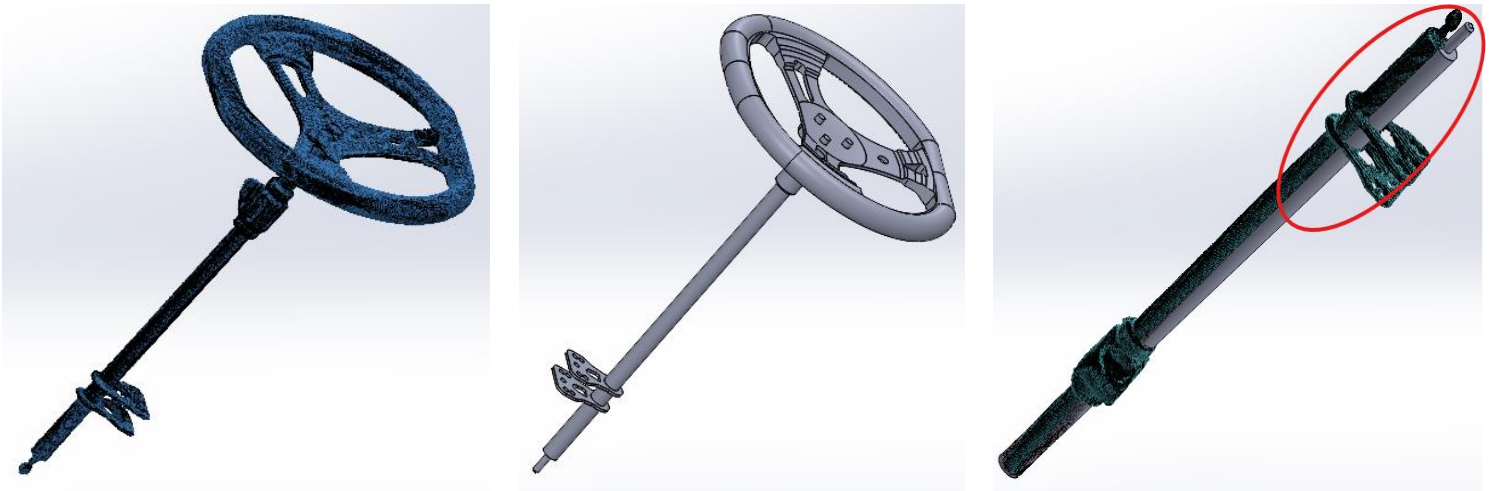
El diseño de la columna de dirección cumple con los requisitos técnicos específicos establecidos en el Artículo 4.5.2 del Reglamento Técnico CIK-FIA 2025, el cual establece parámetros dimensionales y de material más estrictos que otros componentes del sistema de dirección:

Requisitos normativos obligatorios:

- Diámetro mínimo: ≥ 18 mm
- Espesor de pared mínimo: ≥ 1.8 mm
- Material: Acero magnético
- Montaje: Conexión articulada (articulado) permitida solo para la columna de dirección según Artículo 4.2.2



Figura 62. Diseño de la columna de dirección.



A). Escaneo 3D de la pieza. (Malla)

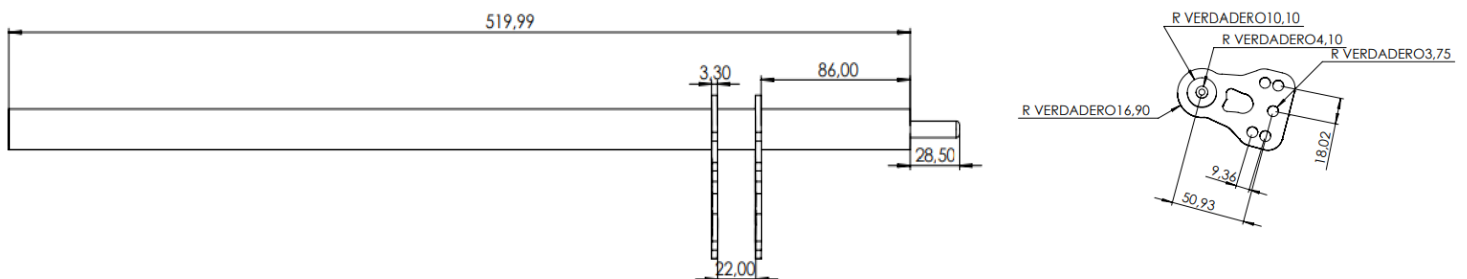
B). Diseño 3D de la pieza.

C). Superposición entre el diseño 3D y el escaneo.

Tomado de: Autoría propia.

En la **Figura 63** se muestran las distintas vistas de la columna de dirección, en las que se pueden apreciar las cotas esenciales de sus componentes principales, como la longitud del tubo principal, la ubicación de los soportes de sujeción y la geometría del acoplamiento con el volante.

Figura 63. Cotas de la columna de dirección.



A) Vista lateral.

B) Vista frontal.



Tabla 12. Comparación (columna de dirección).

Parámetro	Valor Diseñado	Requisito Art. 4.5.2	CIK-FIA
Diámetro exterior	20.2 mm	≥18 mm	
Espesor de pared	1.8 mm	≥1.8 mm	
Longitud total	519.99 mm	Sin restricción	
Material	Acero (no especificado)		-
Número de puntos de sujeción	2 (mínimo)	≥2 puntos	

Tomado de: Autoría propia.

4.9.4. Diseño de la mangueta

La mangueta es uno de los componentes principales del chasis según el Artículo 4.2.1 y debe cumplir con requisitos generales de construcción rígida:

Requisitos normativos:

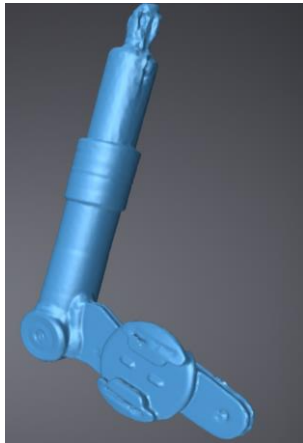
- Clasificación: Componente principal del chasis (Art. 4.2.1)
- Conexión permitida: Solo articulación a través del eje pivote (king pin) y sistema de dirección (Art. 4.2.2)
- Restricción: NO se permiten articulaciones o uniones flexibles en otros puntos
- Geometría y dimensiones: Libre diseño - el reglamento NO especifica forma, material ni dimensiones exactas

Durante el proceso de escaneo y modelado 3D de la mangueta, el primer paso consistió en la obtención de la nube de puntos de la pieza real, tal como se muestra en la **Figura 64**, sección A. A partir de esta información, en la sección B se desarrolló el modelo digital en SolidWorks, iniciando con la creación de superficies planas de referencia que sirvieron como base para generar las formas cilíndricas y curvas características de la mangueta. Este procedimiento progresivo garantizó un control preciso de cada elemento geométrico, asegurando la fidelidad dimensional del modelo en comparación con la pieza original.

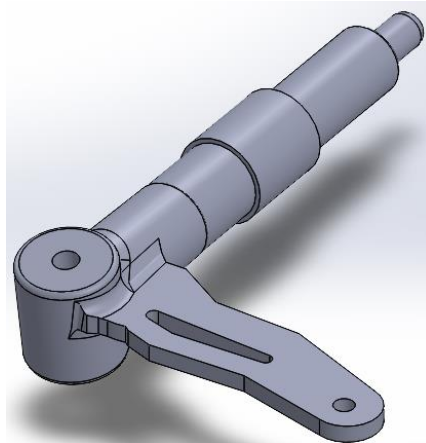


Finalmente, en la sección C se expone la exclusión deliberada de un componente plástico situado en la zona del brazo. Este elemento, aunque presente en la pieza física, no fue incorporado en el modelo CAD por no constituir un componente estructural crítico dentro de la mangueta.

Figura 64. Diseño de la mangueta.



A). Escaneo 3D



B). Diseño 3D en SolidWorks

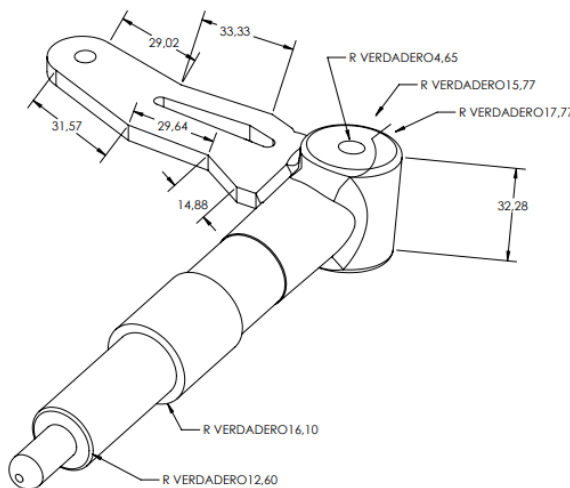


C). Superposición entre el diseño 3D y el escaneo.

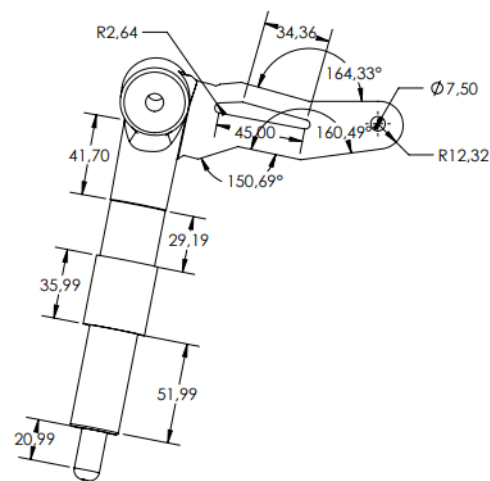
Tomado de: Autoría propia.

En la **Figura 65** se presentan las vistas principales de la mangueta del Go-Kart, donde se distinguen las cotas fundamentales de su estructura.

Figura 65. Cotas de la mangueta.



A) Vista Isométrica.



B) Vista lateral.



4.9.5. Diseño de manzana delantera

La manzana delantera es un componente principal del chasis que aloja los rodamientos de la rueda delantera según el Artículo 4.13. Aunque el reglamento CIK-FIA no especifica geometría exacta ni dimensiones particulares, establece que debe formar parte de la construcción rígida del chasis.

Requisitos normativos aplicables:

- Clasificación: Componente principal del chasis
- Conexión: Fijación rígida a la mangueta delantera
- Geometría: Libre diseño - sin especificaciones dimensionales exactas
- Material: Libre selección - acero, aluminio o aleaciones permitidas

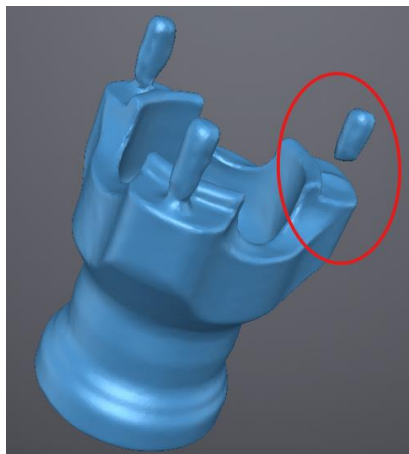
El análisis inicial mediante escaneo 3D de la manzana delantera evidenció que el escaneo había sido deficiente en una zona de la pieza, tal como se aprecia en la **Figura 66**, sección A. No obstante, esta limitación no representó un inconveniente significativo, ya que el área afectada podía ser reconstruida durante el proceso de modelado en SolidWorks.

En la sección B se presenta la reconstrucción digital de la pieza, donde se definieron los planos de referencia y centros geométricos. Posteriormente, se construyeron las formas cilíndricas y perfiles complejos característicos de la manzana delantera.

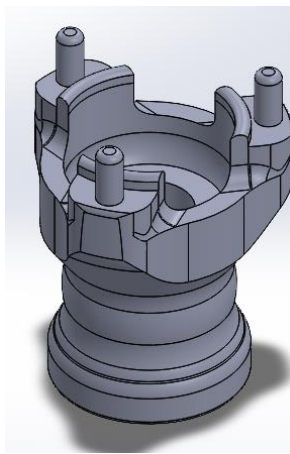
Finalmente, en la sección C se evidencia la etapa de depuración y ajustes finales del modelo. En esta fase se llevaron a cabo correcciones locales en las zonas donde el escaneo presentó fallas, asegurando continuidad en las superficies y una topología limpia para futuras simulaciones.



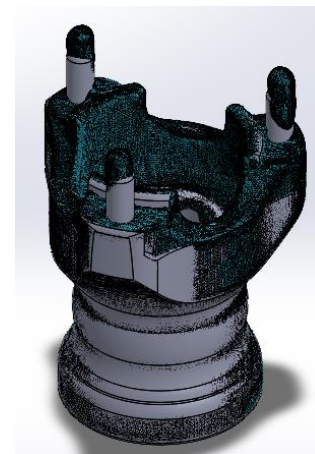
Figura 66. Diseño de la manzana delantera.



A). Escaneo 3D



B). Diseño 3D en SolidWorks

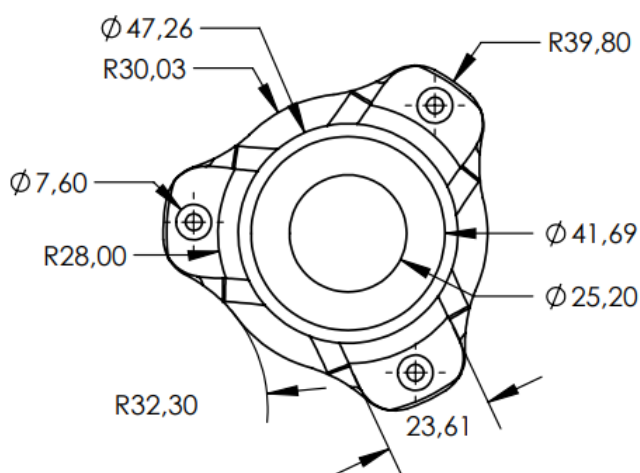


C). Superposición.

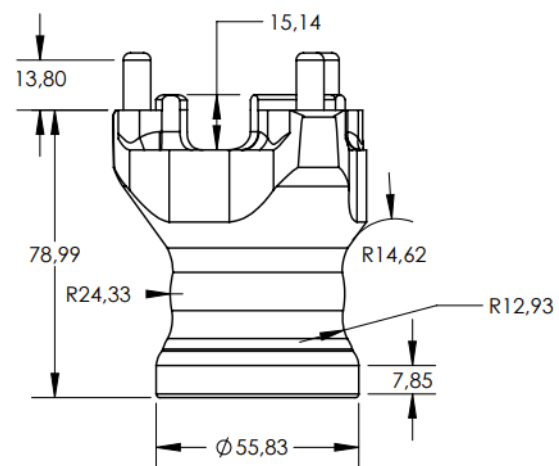
Tomado de: Autoría propia.

En la **Figura 67**, se presentan las cotas que definen la geometría de la manzana delantera del Go-Kart.

Figura 67. Cotas manzana delantera.



A) Vista Isométrica.



B) Vista lateral.



Tabla 13. Comparación (Manzana delantera).

Parámetro	Requisito CIK-FIA Art. 4.13.1	Valor Diseñado
Material	Libre selección (acero o aluminio)	-
Geometría	Libre diseño - sin especificaciones	Libre - según escaneo
Alojamiento de rodamientos	Mínimo 3	3
Compatibilidad eje delantero	Compatible con eje delantero del chasis	25 mm de diámetro

Tomado de: Autoría propia.

4.9.6. Diseño de la manzana posterior

La manzana posterior aloja los rodamientos de la rueda trasera e incorpora el sistema de transmisión (conexión con eje trasero y piñón) según Artículo 4.13. Es un componente crítico que integra múltiples funciones estructurales.

Requisitos normativos:

- Clasificación: Componente principal del chasis (Art. 4.2.1)
- Función integrada: Alojamiento de rodamientos + transmisión de potencia
- Material: Acero con prueba magnética (Art. 4.3) o aluminio (libre diseño)
- Geometría: Libre diseño, sin restricciones dimensionales específicas
- Acoplamiento con piñón: Compatibilidad con eje trasero máximo Ø50mm (Art. 9.2)
- Sistema de fijación: Clavija de seguridad, tuercas autoblocantes (Art. 4.3)

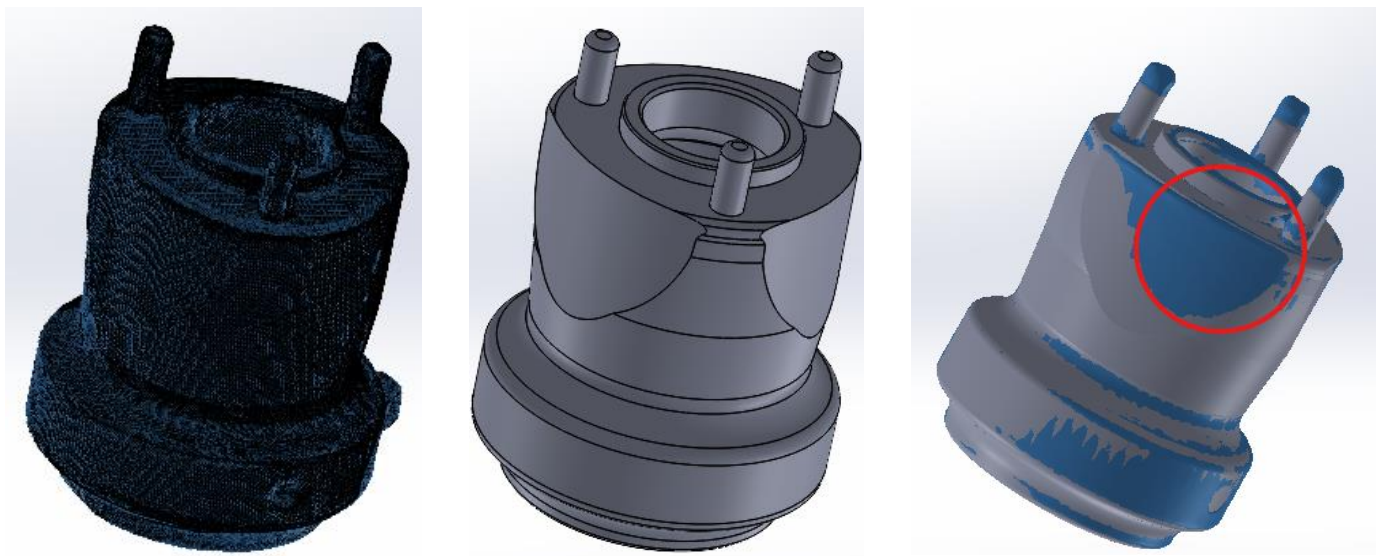
El enfoque aplicado a la manzana delantera se utilizó como base para el diseño de la manzana posterior. El escaneo 3D detallado generó una nube de puntos extremadamente precisa que capturó los detalles geométricos más pequeños de la pieza original. Este análisis inicial mostró que la manzana posterior estaba en condiciones óptimas, sin deformaciones o desgaste significativos que se encontraron en otras piezas.



El proceso de modelado en SolidWorks se realizó estableciendo los planos de referencia basados en los ejes geométricos principales, lo que nos permitió reconstruir progresivamente cada sección de la pieza, siguiendo fielmente las curvas capturadas en el escaneo.

Tal como se observa en la **Figura 68**, al superponer el escaneo con el modelado, se puede apreciar que las desviaciones son mínimas y el diseño resultante es fiel a la pieza original.

Figura 68. Diseño de la manzana posterior.



A). Escaneo 3D. (Malla)

B). Diseño 3D en SolidWorks

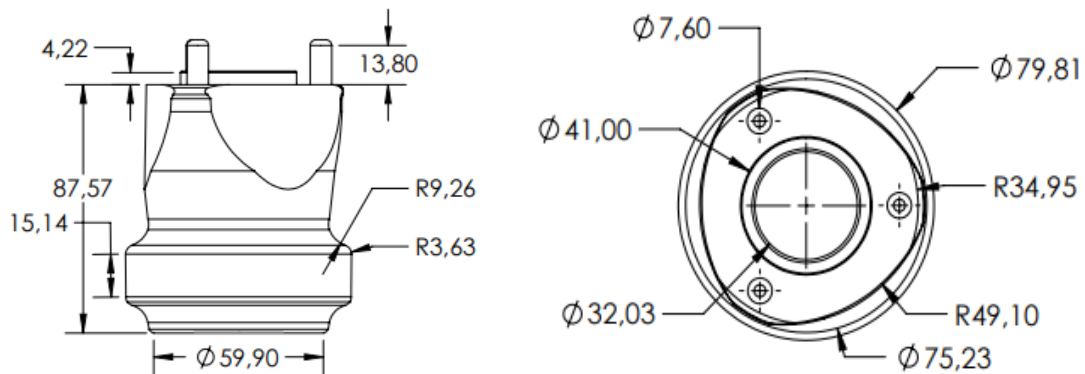
C). Superposición entre el diseño 3D y el escaneo.

Tomado de: Autoría propia.

En la **Figura 69**, se presentan las cotas que definen la geometría de la manzana posterior del Go-Kart.



Figura 69. Cotas manzana posterior.



A) Vista lateral.

B) Vista frontal.

Tabla 14. Comparación (Manzana posterior).

Parámetro	Requisito CIK-FIA Art. 4.2.1 / 4.3	Valor Diseñado
Material	Acero magnético o aluminio.	-
Alojamiento de rodamientos	Mínimo 3	3
Acoplamiento con el eje trasero	Máximo 50 mm	Compatible con eje 50 mm
Geometría	Libre diseño sin restricciones específicas	Libre diseño - basada en ingeniería inversa

4.9.7. Diseño de la rueda delantera

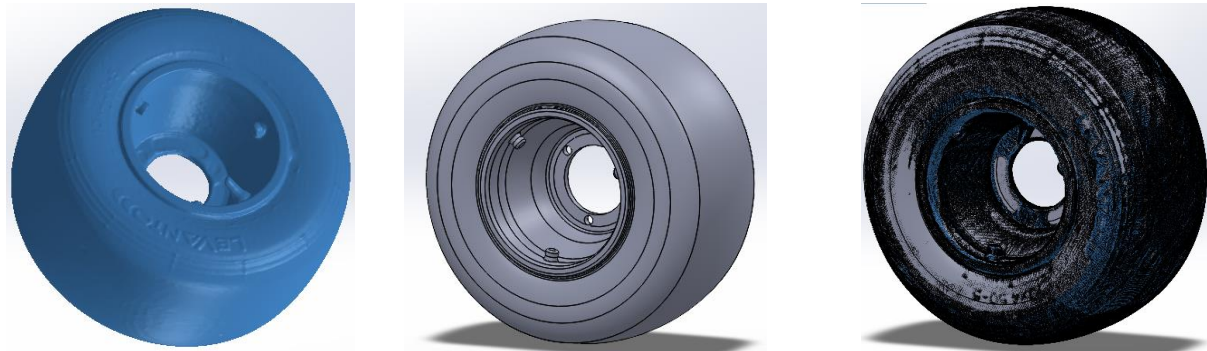
Para el desarrollo de la rueda delantera se aplicó la misma metodología empleada en los componentes previos. En la sección A de la **Figura 70** se muestra el resultado del escaneo 3D de alta precisión, el cual proporcionó una representación digital detallada de la pieza original, capturando desde su geometría general hasta los elementos estructurales más pequeños.

Posteriormente, en la sección B, se presenta el proceso de modelado en SolidWorks, el cual se llevó a cabo con especial atención en los aspectos críticos de la rueda. Se definieron los planos de referencia tomando como base el eje central y los puntos de montaje, lo que permitió



reconstruir de forma progresiva toda la geometría. Finalmente, en la sección C, se ilustran los detalles específicos del modelo final, tales como el perfil de la llanta, los radios de curvatura y los agujeros de fijación, todos ellos recreados con absoluta fidelidad para garantizar que las características originales de la pieza aseguren el óptimo desempeño del vehículo en pista.

Figura 70. Diseño de la rueda delantera.



A). Escaneo 3D. (Malla)

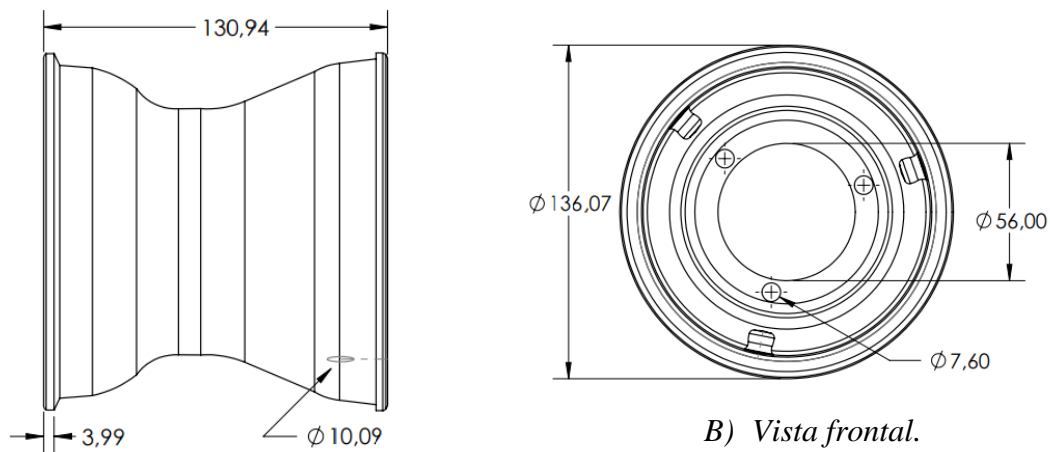
B). Diseño 3D en SolidWorks

C). Superposición entre el diseño 3D y el escaneo.

Tomado de: Autoría propia.

En la **Figura 71**, se presentan las cotas que definen la geometría del aro del Go-Kart, incluyendo el diámetro exterior, la anchura de la llanta y los detalles que aseguran el montaje y la sujeción con la manzana delantera.

Figura 71. Cotas rueda delantera.



A) Vista lateral.

B) Vista frontal.



Tabla 15. Comparación (Rueda delantera).

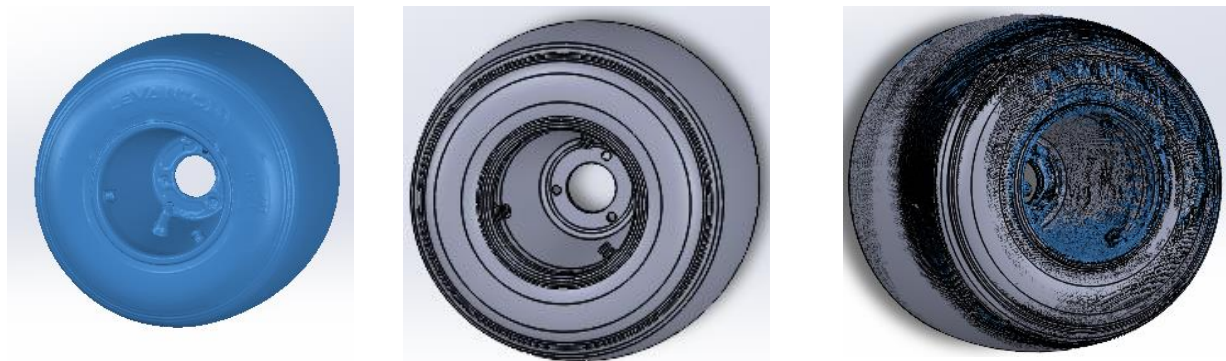
Parámetro	Requisito CIK-FIA Art. 4.14	Valor Diseñado
Material	Aluminio o magnesios permitidos	-
Ancho	135.0 mm	130.94 mm
Acoplamiento	Mínimo 3 orificios de acoplamiento	3 orificios de acoplamiento
Diámetro exterior mínimo	Mínimo 136.2 mm	136.07 mm (medido)

Tomado de: Autoría propia.

4.9.8. Diseño de la rueda posterior

El diseño de la rueda posterior siguió la misma metodología presenta en la rueda delantera, pues gracias al escaneo 3D y su precisión en los detalles nos permitió conseguir un diseño fielmente igual al original, conservando sus dimensiones y geometría tal como lo vemos la **Figura 72.**

Figura 72. Diseño de la rueda posterior.



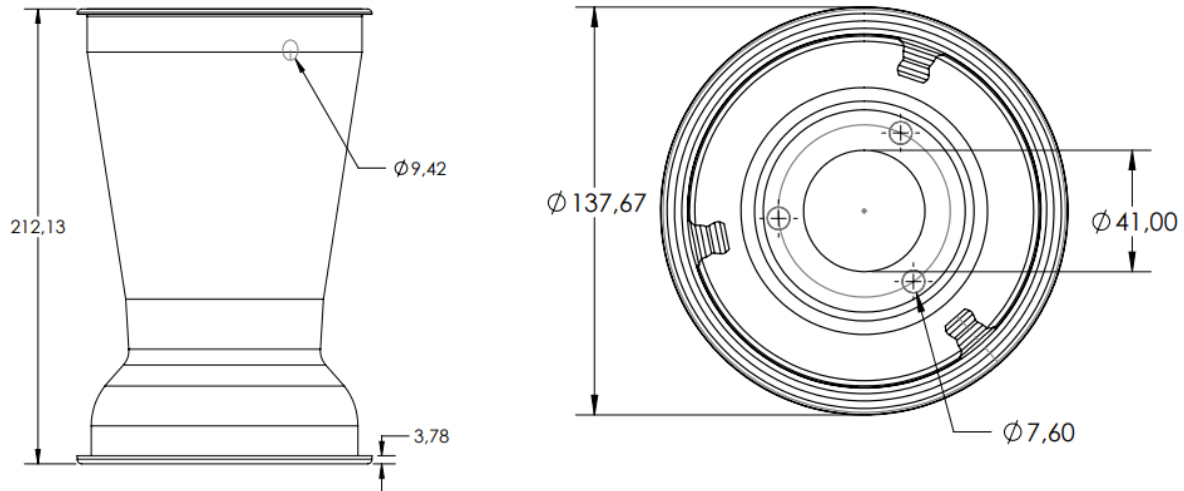
A). Escaneo 3D. (Malla) B). Diseño 3D en SolidWorks C). Superposición entre el diseño 3D y el escaneo.

Tomado de: Autoría propia.



En la **Figura 73**, se presentan las cotas que definen la geometría del aro posterior del Go-Kart, incluyendo el diámetro exterior, la anchura de la llanta y los detalles que aseguran el montaje y la sujeción con la manzana posterior.

Figura 73. Cotas rueda posterior.



A) Vista lateral.

B) Vista frontal.

Tabla 16. Comparación (Rueda posterior).

Parámetro	Requisito CIK-FIA Art. 4.14	Valor Diseñado
Material	Aluminio o magnesios permitidos.	-
Ancho	215 mm	212.13 mm
Acoplamiento	Mínimo 3 orificios de acoplamiento	3 orificios de acoplamiento
Diámetro exterior mínimo	Mínimo 136.2 mm	137.67 mm (medido)

Tomado de: Autoría propia.

4.9.9. Diseño del Sistema Trasero (Piñón, Eje y Disco de Freno)

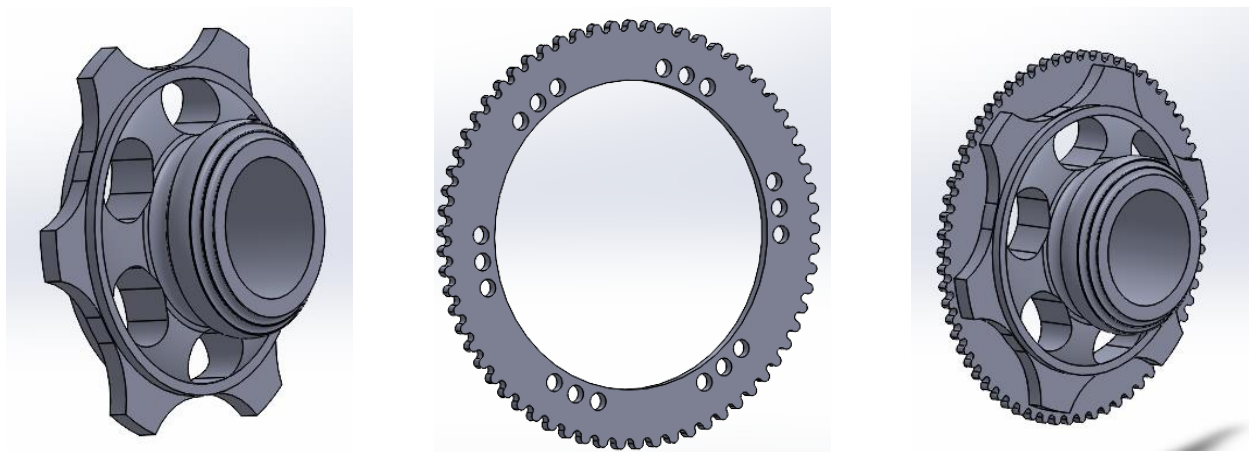
Para el conjunto trasero del Go-Kart, se adoptó un enfoque de diseño basado en mediciones directas realizadas con instrumentos convencionales. Mediante el uso de calibradores pie de



rey y cintas métricas, se recopilaban con precisión las dimensiones clave de los componentes existentes, lo que permitió reconstruir sus geometrías en el entorno CAD sin la necesidad de recurrir al escaneo 3D.

Para el sistema de transmisión, se desarrolló un diseño de dos componentes que replica fielmente la configuración original del Go-Kart: el piñón y su retenedor específico. Se realizaron mediciones detalladas del piñón original, registrando su diámetro exterior en múltiples puntos, el número exacto de dientes, así como la profundidad y el ángulo de cada uno. Esto permitió recrear con precisión su geometría de engranaje. Paralelamente, se diseñó el retenedor para garantizar un ajuste perfecto del piñón, manteniendo su correcta alineación con la corona, tal como se ilustra en la **Figura 74**. Diseño del sistema de transmisión. **Figura 74**.

Figura 74. Diseño del sistema de transmisión.



A). Retenedor del piñón

B). Piñón

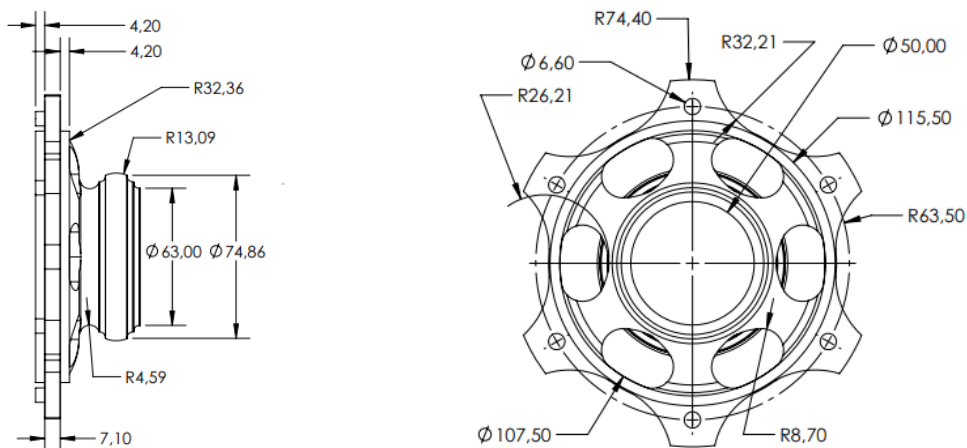
C). Ensamble.

Tomado de: Autoría propia.

En la **Figura 75**, se presentan las cotas que definen la geometría del retenedor del piñón, incluyendo su diámetro exterior, espesor y características de su pestaña de fijación, esenciales para asegurar el correcto posicionamiento y retención del piñón en su alojamiento.



Figura 75. Cotas retenedor del piñón.



A) Vista lateral.

B) Vista frontal.

Diseño del eje trasero.

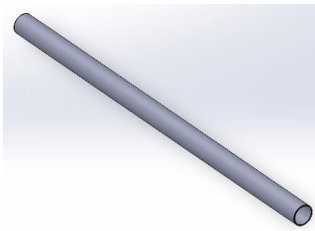
Para el eje trasero, se llevó a cabo un proceso de medición y documentación meticuloso. Aunque su diseño resultó relativamente sencillo en comparación con otros componentes del sistema, la geometría cilíndrica básica y simétrica permitió replicar la pieza con alta precisión sin necesidad de un análisis exhaustivo. El modelo final reproduce fielmente las dimensiones y características del eje original, tal como se observa en la **Figura 76**.

Requisitos normativos específicos (Artículo 4.3):

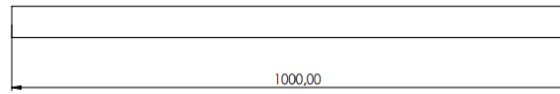
- Diámetro exterior: Máximo 50.0 mm (límite estricto)
- Longitud total: Según geometría del Go-Kart (típicamente 1000-1100 mm)
- Material: Acero estructural con verificación obligatoria de fuerza magnética (Art. 4.3)
- Acabado: Bordes redondeados, sin aristas agudas (Art. 4.3)



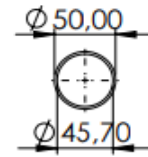
Figura 76. Diseño del eje trasero.



A) *Vista Isométrica.*



B) *Vista lateral.*



C) *Vista Frontal.*

Tomado de: Autoría propia.

Tabla 17. Comparación (Eje trasero).

Parámetro	Requisito CIK-FIA Art. 4.3	Valor Diseñado
Dinámetro exterior máximo	≤50 mm	50 mm
Longitud total	1000-1100 mm	1000 mm
Material	Acero magnético obligatorio	-
Número de ranuras chaveta	4 ranuras	4 ranuras

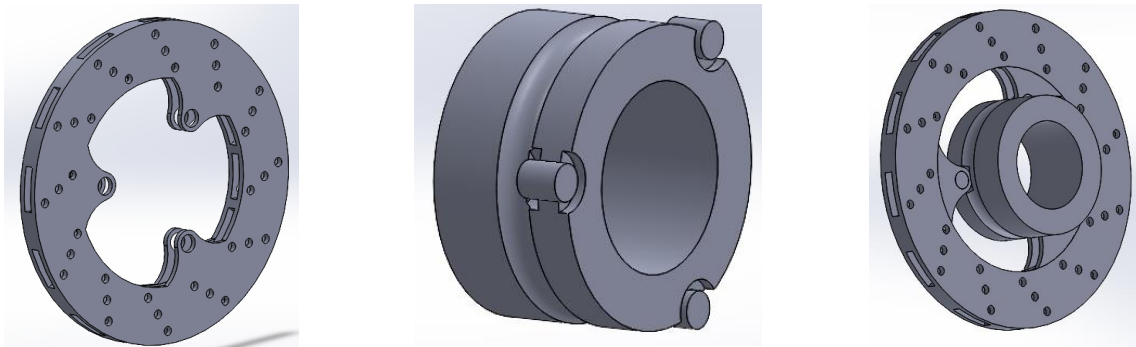
Tomado de: Autoría propia.

Diseño del sistema de freno (Disco).

Para el sistema de frenos, se replicó el diseño original, compuesto por dos componentes: el disco principal y su soporte de montaje. Se llevaron a cabo mediciones precisas del disco, considerando su diámetro total, el espesor en las zonas de fricción y los canales de ventilación. En cuanto al soporte, se documentaron detalladamente el diámetro central y los puntos de fijación del disco, asegurando que el modelo CAD mantuviera la correcta interfaz entre ambas piezas, tal como se observa en la **Figura 77**.



Figura 77. Diseño del sistema de freno.



A). Disco de freno.

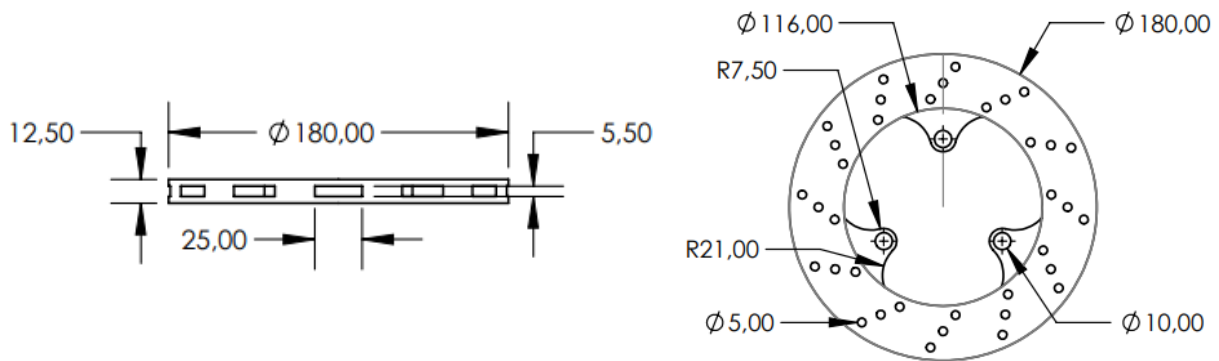
B). Retenedor del disco.

C). Ensamble.

Tomado de: Autoría propia.

En la **Figura 78**, se presentan las cotas que definen la geometría del disco de freno, incluyendo su diámetro exterior, espesor, altura del cubo, patrón de los orificios de montaje y características de la superficie de frenado, esenciales para garantizar la disipación de calor y la eficiencia del sistema de frenado.

Figura 78. Cotas del disco de freno.



A) Vista lateral.

B) Vista frontal.

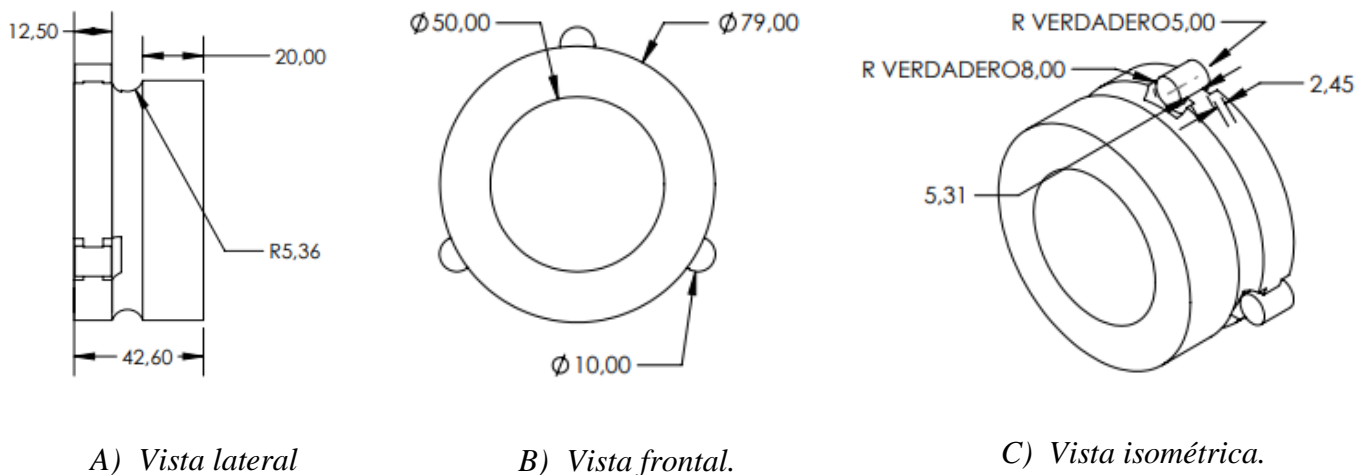


Tabla 18. Comparación (Disco de freno).

Parámetro	Requisito CIK-FIA Art. 4.12.3	Valor Diseñado
Material	Acero al carbono, inoxidable o hierro fundido	-
Dinámetro típico	180-220 mm	180 mm
Espesor mínimo	≥ 4.0 mm	12.5 mm
Sistema de fijación	Mínimo 3 pernos	3 pernos
Accionamiento	Eje trasero únicamente	Solo eje trasero

Tomado de: Autoría propia.

Figura 79. Cotas del retenedor del disco.

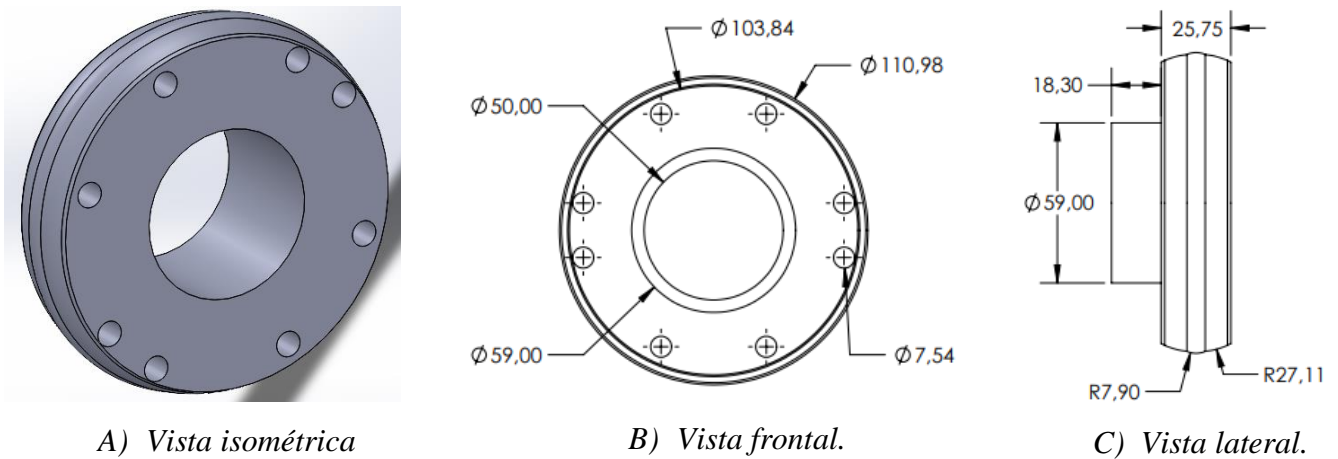


Tomado de: Autoría propia.

El diseño del retenedor del eje se desarrolló tomando en cuenta las dimensiones del chasis previamente diseñado. Se partió de mediciones precisas del diámetro interno necesario para lograr un ajuste exacto con el eje trasero. Además, el sistema de fijación fue diseñado para ser compatible con los puntos de montaje existentes en la estructura del chasis, garantizando una correcta integración de los componentes, tal como se observa en la **Figura 80**.



Figura 80. Diseño del retenedor.

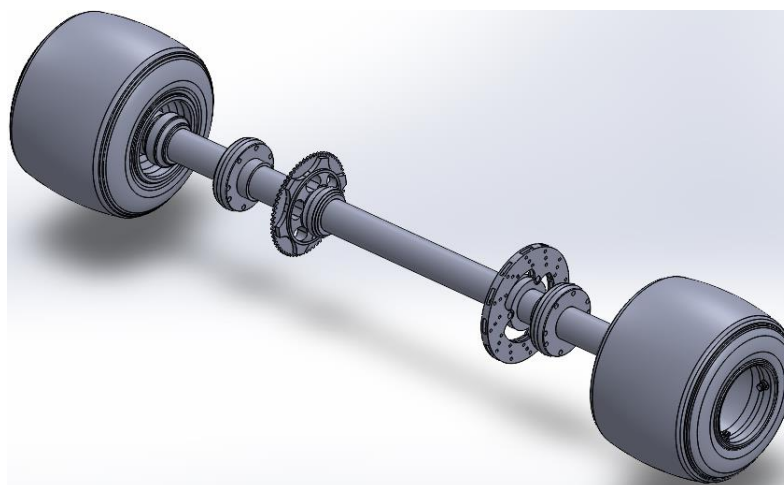


Tomado de: Autoría propia.

Estas mediciones manuales, aunque más laboriosas que un escaneo digital, demostraron ser igualmente efectivas para componentes con geometrías regulares y simétricas. El modelado en CAD se realizó mediante la interpretación de estas medidas, recreando progresivamente cada elemento a partir de croquis dimensionales.

El diseño final fue validado mediante comparación física con las piezas originales, asegurando que la réplica digital conservara todas las características funcionales necesarias, tal como se observa en la **Figura 81**.

Figura 81. Diseño de los sistemas del eje trasero.

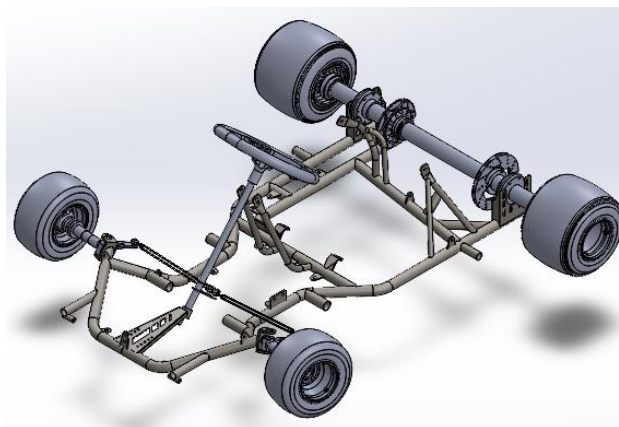


Tomado de: Autoría propia.



A continuación, se procedió al ensamblaje virtual de todos los componentes diseñados, con el objetivo de verificar su correcta adaptabilidad dentro del conjunto. Esta etapa permitió confirmar que cada pieza encajara en su ubicación designada sin generar interferencias, asegurando la coherencia funcional del sistema, tal como se observa en la **Figura 82**.

Figura 82. Ensamble final.



Tomado de: Autoría propia.

4.10. Análisis del bastidor

Para la validación estructural mediante elementos finitos, se identificó que las normativas CIK-FIA y FEDAK establecen requisitos dimensionales y constructivos del chasis (dimensiones máximas, materiales permitidos, diámetros de tubería), pero no especifican metodologías de análisis estructural por elementos finitos ni condiciones de carga estandarizadas para pruebas de impacto.

Ante la ausencia de normas específicas para pruebas estructurales de Go-Karts de competición en el Reglamento Técnico CIK-FIA 2025, se adoptó una metodología de análisis estructural basada en principios de ingeniería vehicular y literatura técnica especializada en diseño de go-karts de competición.



Se utilizó la metodología G-Force (Segunda Ley de Newton: $F = m \cdot a$), estándar en análisis de impacto vehicular, donde la fuerza resultante se calcula como:

$$F. Impacto = m * (n * g) \quad (\text{Ec. 1})$$

Siendo:

- m = Masa total del sistema (Go-Kart + piloto)
- n = Factor de aceleración (múltiplo de gravedad)
- $g = 9.81 \text{ m/s}^2$

El análisis tuvo en cuenta el peso total del conjunto (Go-Kart + piloto), junto con las propiedades mecánicas del material empleado (acero al molibdeno), para determinar su capacidad de absorción de energía y deformación bajo cargas extremas.

Tabla 19. Peso del Go-Kart.

Elemento	Masa (Kg)
Chasis	12,91
Motor	17
Piloto	72
Sistema de transmisión	8,5
Ruedas	10
Sistema de freno	3
Depósito de combustible	2
Asiento y accesorios	13,2
Total	138,61

Tomado de: Autoría propia.

4.10.1. Análisis de colisión frontal

Para evaluar la resistencia estructural del chasis ante impacto frontal, se aplicó la metodología G-Force basada en la Segunda Ley de Newton ($F = m \cdot a$), donde la fuerza de impacto se define como:



$$F.Impacto = m * (n * g) \quad (\text{Ec. 2})$$

$$F.Impacto = 138,61kg * 4 * 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$F.Impacto = 5439,05 N$$

Esta metodología es estándar en análisis de impacto vehicular, permitiendo simular colisiones frontales mediante cargas estáticas equivalentes. Se seleccionó 4G como factor de aceleración, correspondiente a un impacto frontal moderado-severo a velocidades típicas de competición de go-karts (30-50 km/h).

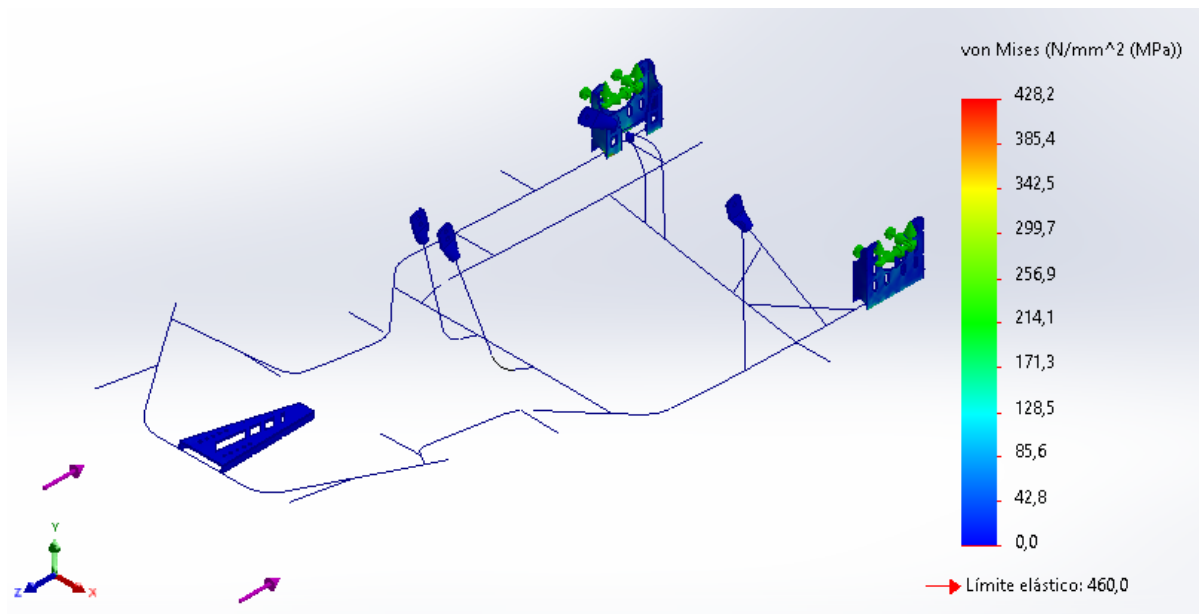
Para la simulación del impacto frontal, se aplicaron restricciones en los soportes correspondientes al eje trasero, mientras que el eje delantero se dejó sin restricciones para permitir su desplazamiento. La fuerza calculada se aplicó de forma vertical sobre la zona del parachoques, replicando las condiciones de un impacto frontal conforme a lo establecido en la normativa.

4.10.1.1. Tensiones en impacto frontal

En la **Figura 83**, la simulación muestra una tensión máxima de 428,2 MPa, valor que se sitúa por debajo del límite elástico del material (460 MPa). Este resultado indica que, bajo un impacto frontal de 5439,05 N, el chasis sería capaz de soportar la carga sin sufrir una deformación plástica permanente, manteniéndose en el régimen elástico.



Figura 83. Tensiones en colisión frontal.



Tomado de: Autoría propia.

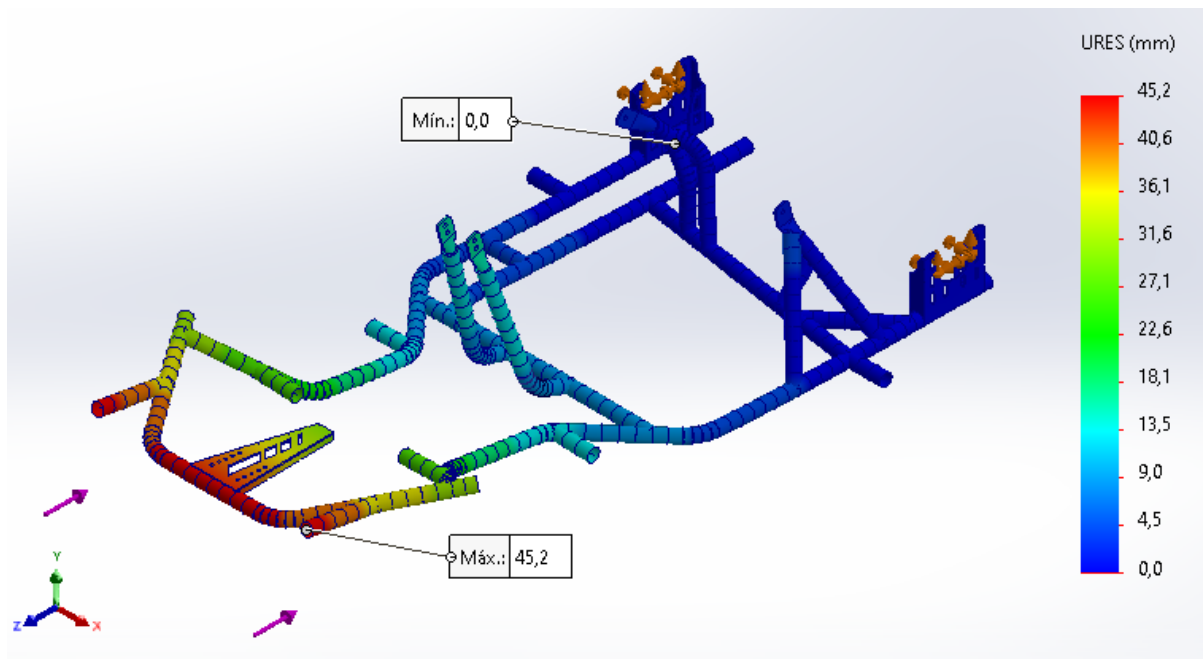
4.10.1.2. Deformaciones en impacto frontal

Los resultados en la **Figura 84** muestra un análisis de desplazamiento estático para la carga de impacto frontal. El modelo muestra un desplazamiento máximo de 45,2 mm localizado en la zona delantera del chasis. Dicho desplazamiento aparece resaltado en colores cálidos (rojo y naranja), indicando las regiones con mayor deformación y evidenciando que la parte frontal concentra la flexión del conjunto bajo la carga aplicada.

Este nivel de desplazamiento, aun sin llegar a la ruptura, puede comprometer la integridad o el desempeño estructural del chasis, ya que puede generar desalineación de componentes, fatiga prematura en soldaduras y pérdida de precisión en la dirección. Por lo tanto, sería recomendable analizar y reforzar las regiones críticas identificadas, principalmente en la zona frontal, para reducir la deformación máxima, incrementar la rigidez y asegurar una mayor estabilidad y seguridad del sistema en condiciones reales de uso.



Figura 84. Deformaciones en colisión frontal.



Tomado de: Autoría propia.

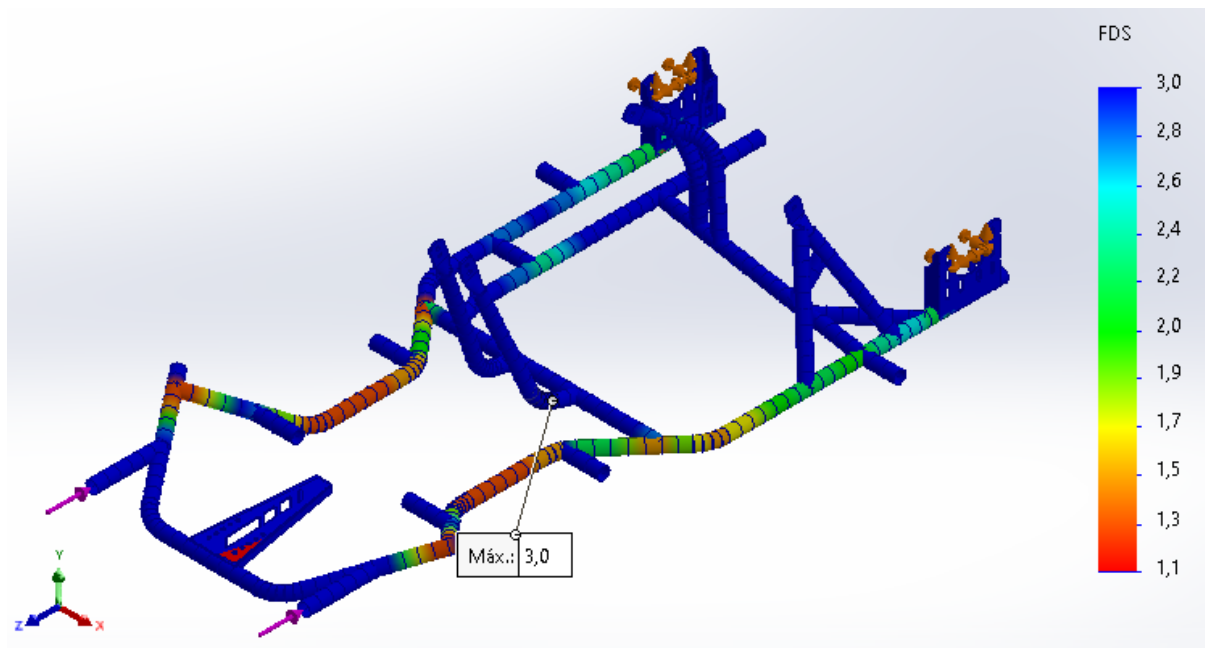
4.10.1.3. Factor de seguridad en impacto frontal

Los resultados de la simulación muestran un factor de seguridad mínimo de 1.1, tal como se evidencia en la **Figura 85**. Este valor confirma que, incluso en las zonas de mayor esfuerzo, el material se mantiene dentro de los límites seguros de trabajo del acero al molibdeno empleado, sin superar su capacidad de resistencia ante la carga aplicada.

En consecuencia, el chasis cumple con los requisitos mínimos de seguridad estructural para un impacto frontal bajo las condiciones evaluadas. Un factor de seguridad mayor a 1 garantiza que la estructura no alcanzará su límite elástico, evitando así deformaciones permanentes. No obstante, dado que el valor obtenido es cercano a la unidad, se recomienda monitorear las zonas críticas identificadas y considerar mejoras en el diseño que permitan incrementar este margen de seguridad, asegurando un comportamiento más robusto ante posibles variaciones en las condiciones de operación.



Figura 85. Factor seguridad en impacto frontal.



Tomado de: Autoría propia.

4.10.2. Análisis de colisión lateral

De igual forma para evaluar la resistencia estructural del chasis ante impacto lateral, se aplicó la metodología G-Force basada en la Segunda Ley de Newton ($F = m \cdot a$), donde la fuerza de impacto lateral se define como:

$$F. Impacto = m * (n * g) \tag{Ec. 3}$$

$$F. Impacto = 138,61kg * 2 * 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$F. Impacto = 2719,52 N$$

Para la simulación, se aplicará la fuerza obtenida en los soportes de los parachoques y en los ejes transversales del lado izquierdo. Las fijaciones se colocarán en los soportes del lado contrario del chasis.

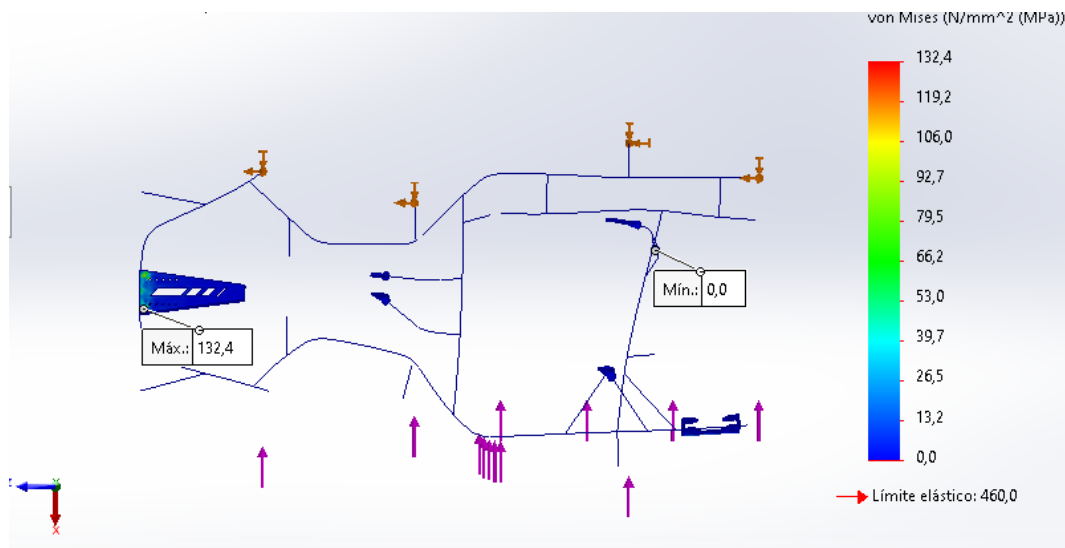


4.10.2.1. Tensiones en impacto lateral izquierdo

El resultado de la simulación muestra que se aplicaron fuerzas de 2719,52 N en varios puntos, mientras que otra zona del chasis fue fijada para representar condiciones reales de carga. El resultado principal es la distribución de tensiones Von Mises, con un valor máximo de 132,4 MPa, muy por debajo del límite elástico del material que es de 460 MPa, lo que indica que el chasis no sufrirá deformación plástica bajo estas condiciones.

Las zonas con mayor tensión aparecen en colores cálidos (amarillo/rojo), mientras que las de menor esfuerzo están en azul, y la deformación ha sido exagerada visualmente para facilitar su análisis tal como lo muestra la **Figura 86**.

Figura 86. Tensiones en colisión lateral izquierda.



Tomado de: Autoría propia.

En el impacto lateral izquierdo, las tensiones máximas obtenidas (132,4 MPa, según el criterio de Von Mises) están muy por debajo del límite elástico del material (460 MPa), lo que confirma que el chasis opera dentro del rango elástico. Esto significa que, bajo las fuerzas aplicadas (2719,52 N) y las condiciones de restricción simuladas, el material no alcanzará su límite plástico y, por tanto, no sufrirá deformación permanente.



Las zonas con mayores tensiones (visualizadas en colores cálidos como amarillo y rojo) indican áreas donde los esfuerzos se concentran, pero al no superar el umbral elástico, el chasis recuperará su forma original una vez eliminada la carga.

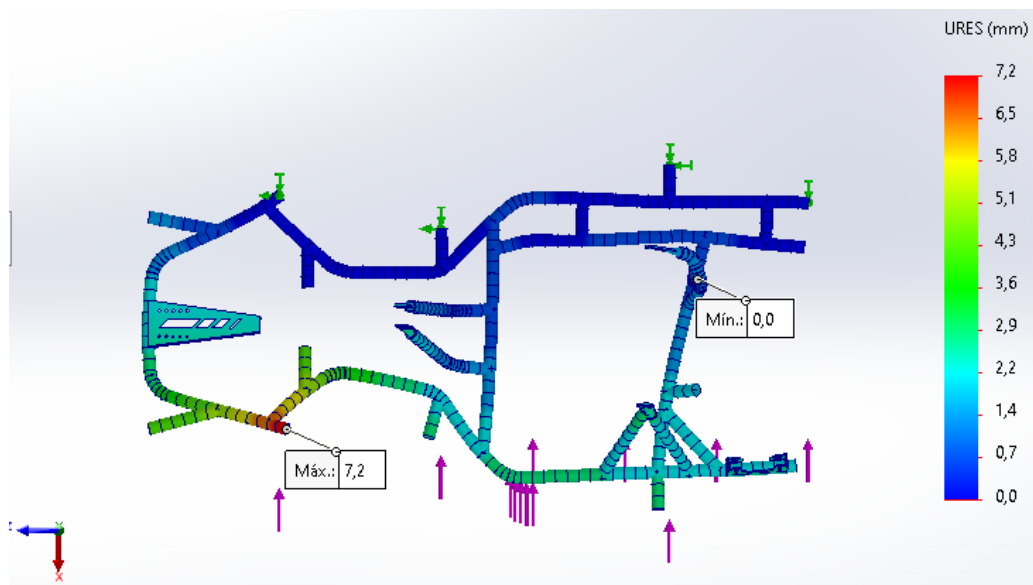
4.10.2.2. Desplazamientos en colisión lateral izquierda

En esta simulación del chasis se analiza el desplazamiento estático total que sufre la estructura bajo las mismas condiciones de carga (fuerzas de 2719,52 N y un punto fijo). El resultado muestra que el desplazamiento máximo es de 7,2 mm, ubicado en una zona con menor rigidez estructural.

El valor mínimo de desplazamiento es 0 mm, correspondiente al punto fijo. La deformación se presenta exagerada visualmente para facilitar su interpretación. El chasis sigue considerándose funcional y estructuralmente estable ante las cargas aplicadas como se muestra en la **Figura 87**.

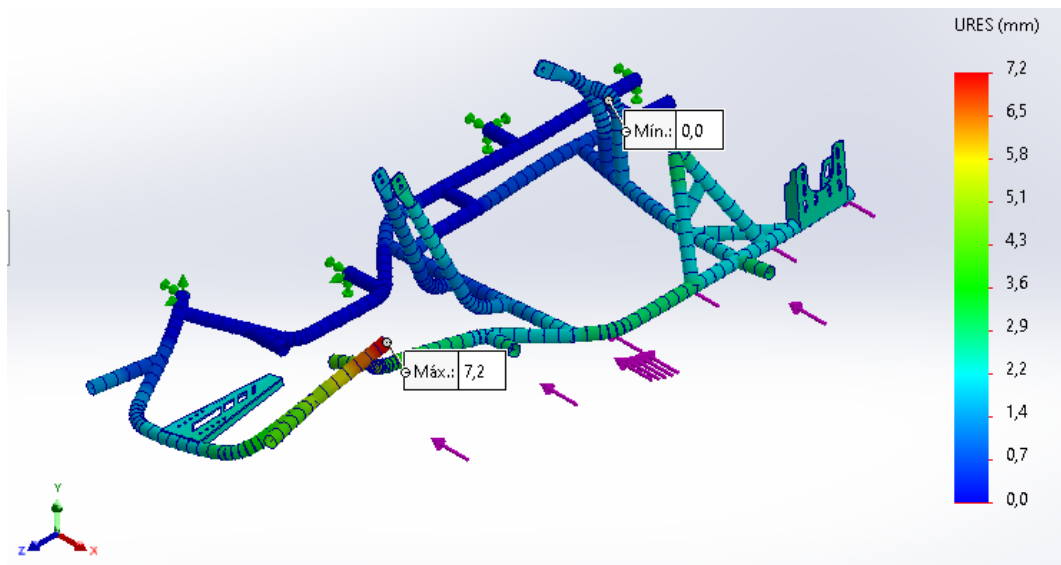
Figura 87. Desplazamientos en colisión lateral izquierda.

A) Vista Superior.





B) Vista Isométrica.



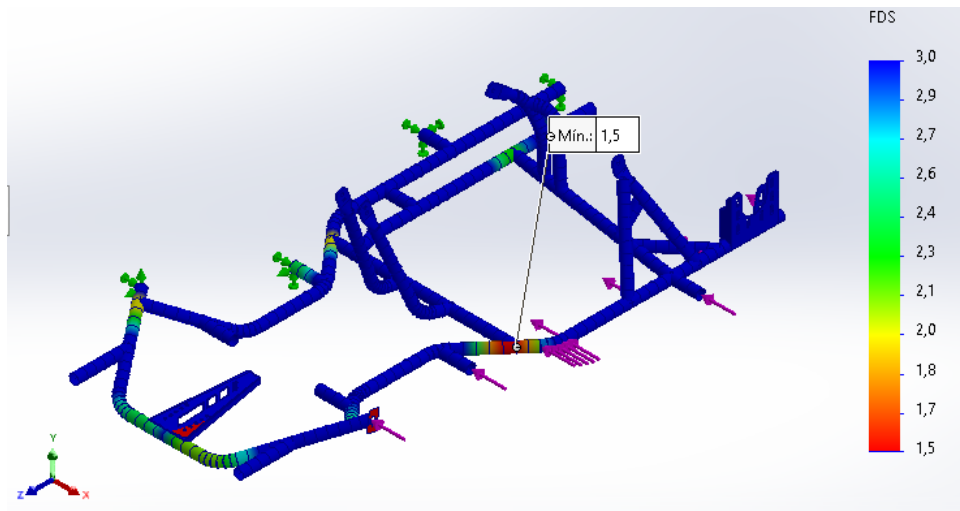
Tomado de: Autoría propia.

4.10.2.3. Factor de seguridad para colisión lateral izquierda

En la

Figura 88 se muestra que el valor mínimo del factor de seguridad es 1,5 lo cual indica que en la zona más crítica el material puede soportar 1,5 veces la carga aplicada antes de llegar a su límite de falla. Visualmente, las zonas en rojo y naranja representan las regiones más comprometidas, aunque aún dentro de un rango aceptable.

Figura 88. Factor de seguridad para colisión lateral izquierda.

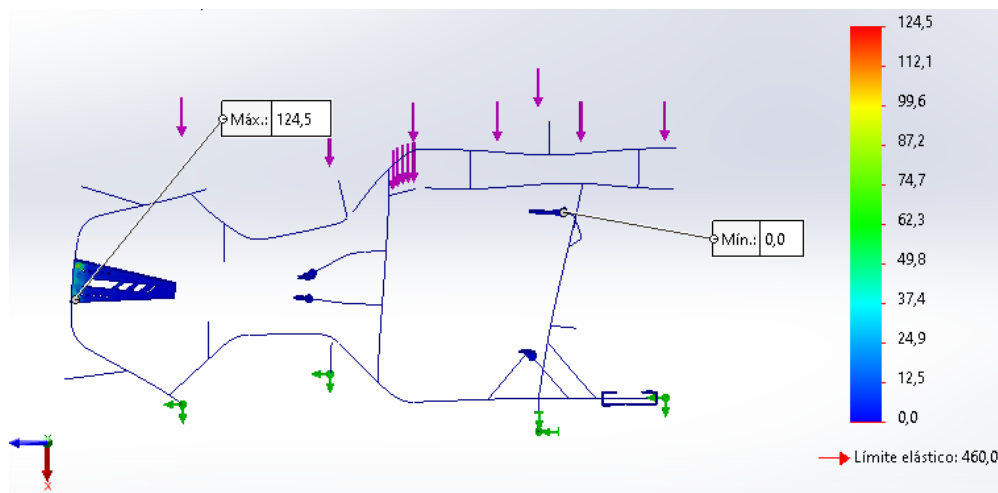


Tomado de: Autoría propia.

4.10.2.4. Tensiones en impacto lateral derecho

En esta simulación se evalúan las tensiones de Von Mises bajo una carga de aproximadamente 2719,59 N aplicada en varias zonas. El resultado indica una tensión máxima de 124,5 MPa, muy por debajo del límite elástico del material (460 MPa), lo que significa que el diseño no presenta riesgo de deformación plástica bajo estas condiciones. Las zonas más comprometidas aparecen en colores cálidos (rojo/naranja), pero aún están dentro del rango seguro tal como se ve en la **Figura 89**.

Figura 89. Tensiones en impacto lateral derecho.



Tomado de: Autoría propia.



En el análisis de impacto lateral derecho, los resultados demuestran un comportamiento estructural favorable del chasis. La tensión máxima registrada de 124,5 MPa (según el criterio de Von Mises) se sitúa significativamente por debajo del límite elástico del material (460 MPa), lo que indica claramente que el componente permanece dentro de su rango elástico de deformación.

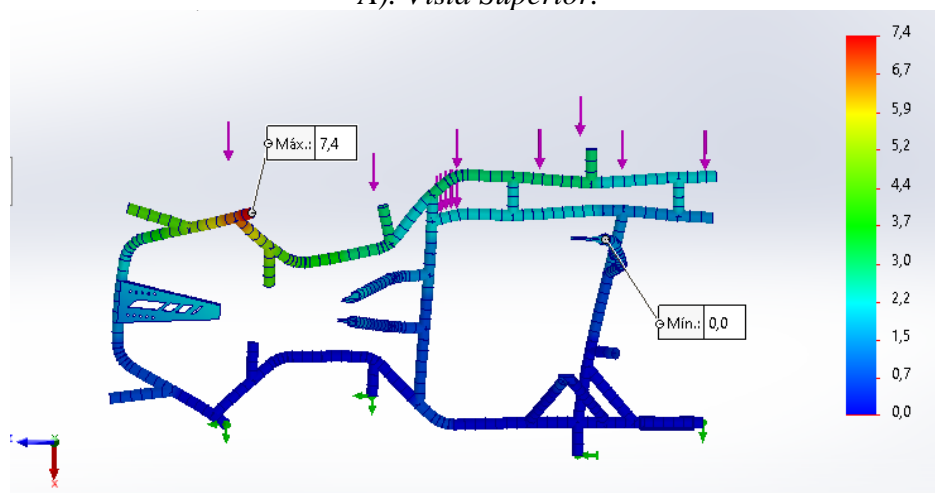
Esto implica que, bajo la carga aplicada de 2719,59 N y las condiciones de restricción establecidas, el material mantendrá su integridad estructural sin sufrir deformaciones permanentes. Las áreas con mayores concentraciones de tensión, representadas en la escala cromática por tonos rojos y naranjas en la Figura 74, aunque muestran los puntos críticos del diseño, confirman que todas las zonas se mantienen dentro de los márgenes de seguridad establecidos.

4.10.2.5. Desplazamientos en impacto lateral derecho

El desplazamiento estático del chasis de karting bajo una carga externa de 2719,59 N muestra un desplazamiento máximo de 7,4 mm en una zona frontal del chasis, indicada en color rojo, lo que sugiere una flexión significativa en ese punto. Aunque el resto de la estructura presenta desplazamientos menores (zonas en azul y verde), este valor máximo podría afectar la estabilidad o precisión del vehículo si ocurre en una zona crítica tal como se muestra en la **Figura 90**.

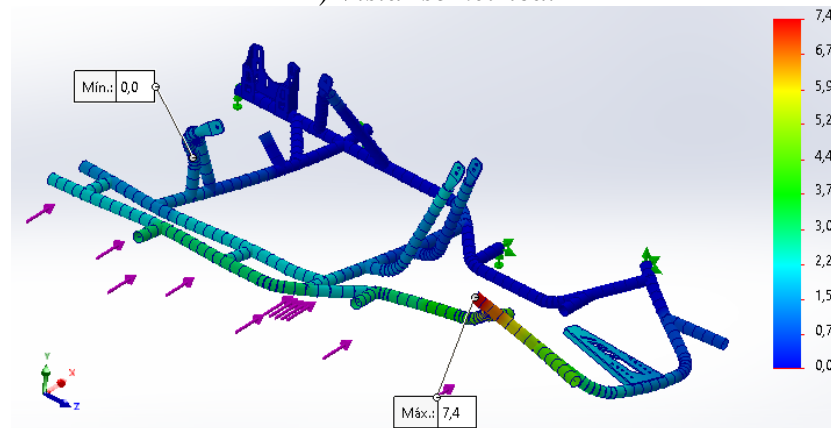
Figura 90. Desplazamientos en impacto lateral derecho.

A). Vista Superior.





B) Vista Isométrica.

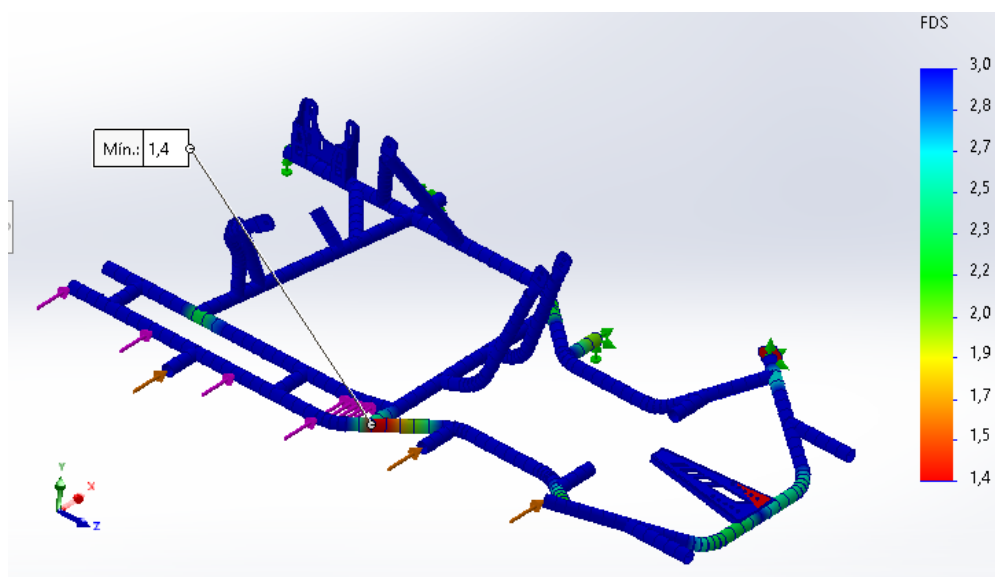


Tomado de: Autoría propia.

4.10.2.6. Factor de seguridad para impacto lateral derecho

El factor de seguridad del chasis sometido a dos fuerzas externas de 2719,59 N muestra un mínimo factor de seguridad es de 1,4 lo cual indica que el punto más crítico del diseño está justo en el límite de lo aceptable para condiciones normales. Las zonas en azul muestran áreas con mayor seguridad estructural, mientras que las áreas en verde, amarillo y rojo están más comprometidas tal como se muestra en la **Figura 91**.

Figura 91. Factor de seguridad para impacto lateral derecho.



Tomado de: Autoría propia.



4.10.3. Análisis de rigidez torsional

Para evaluar la rigidez torsional del chasis, se aplicó un par torsional calculado en el eje delantero mientras se restringió completamente el eje posterior. El momento tensor (T) se determinó mediante la ecuación 3 fundamental:

$$T = F * d (N * m) \quad (\text{Ec. 4})$$

La fuerza normal máxima en cada neumático es de 250 N, según referencia de Quezada Poma en su estudio sobre diseño de chasis para kart KF4 bajo normativa CIK/FIA.

Se pueden realizar los cálculos con la distancia obtenida en el diseño del chasis del Go-Kart que es de 0,70328 m donde podemos obtener un momento tensor de:

$$T = F * d (N * m)$$

$$T = 250 N * 0,70328 m$$

$$T = 175,82 Nm$$

Para realizar la simulación, se debe fijar en dos puntos del chasis mismo que serán en los anclajes de trasero, y se aplicará la fuerza de 250 N a las manguetas del chasis perpendiculares al eje de forma opuesta.

4.10.3.1. Tensión del análisis de rigidez torsional

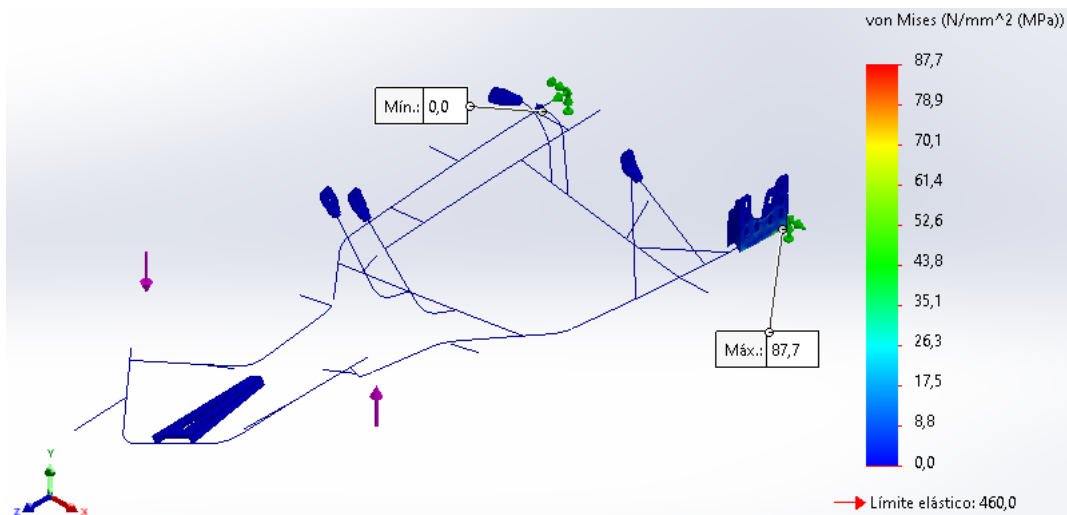
El análisis de tensiones realizado sobre el chasis indica que los esfuerzos máximos generados bajo las condiciones de carga simuladas muestra una tensión máxima de 87,7 MPa, la cual sigue siendo muy inferior al límite elástico del material (460 MPa). Esto indica que el chasis opera con un margen de seguridad amplio bajo estas condiciones de carga, sin riesgo de deformación permanente.



La escala de deformación (30,877) sugiere una amplificación visual para observar mejor las zonas de tensión, pero estructuralmente el diseño se comporta de forma segura y eficiente como se muestra en la

Figura 92.

Figura 92. Tensión del análisis de rigidez torsional.



Tomado de: Autoría propia.

El análisis de rigidez torsional del chasis muestra que las tensiones máximas alcanzan 87,7 MPa, un valor considerablemente inferior al límite elástico del material (460 MPa). Esto



confirma que la estructura opera dentro de su rango elástico, evitando deformaciones permanentes bajo las condiciones de carga evaluadas.

Los resultados demuestran que el diseño responde de manera segura y eficiente. Como se observa en la

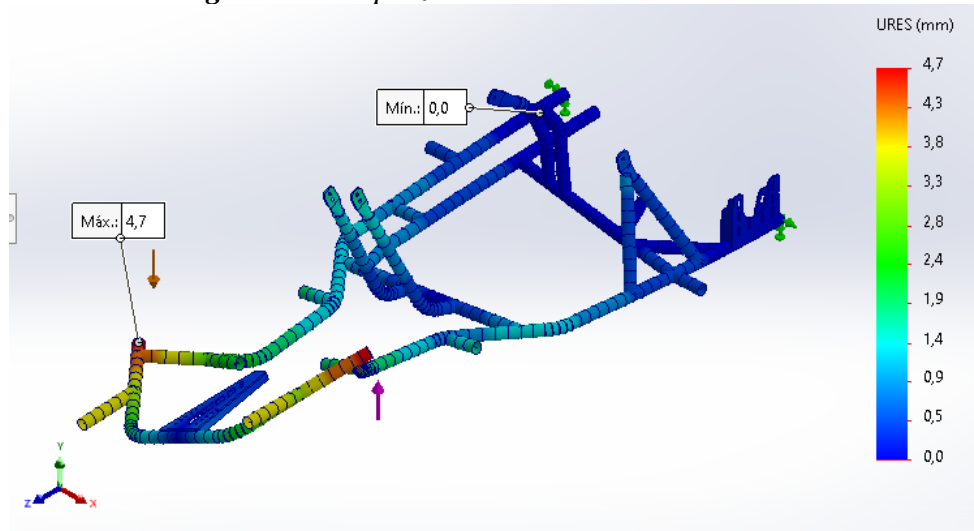
Figura 92, la distribución de tensiones se mantiene controlada, con márgenes adecuados frente al límite elástico, lo que garantiza la integridad estructural del chasis ante solicitaciones torsionales.

4.10.3.2. Desplazamiento del análisis torsional

El análisis muestra un desplazamiento máximo de 4,7 mm en una zona localizada, mientras que el resto de la estructura presenta valores significativamente menores, lo que se refleja en la distribución de colores (del azul al rojo). Este desplazamiento se encuentra dentro de un rango razonable, considerando la flexibilidad natural del chasis en ciertas áreas y el tipo de carga aplicada como se muestra en la **Figura 93**.



Figura 93. Desplazamiento del análisis torsional.



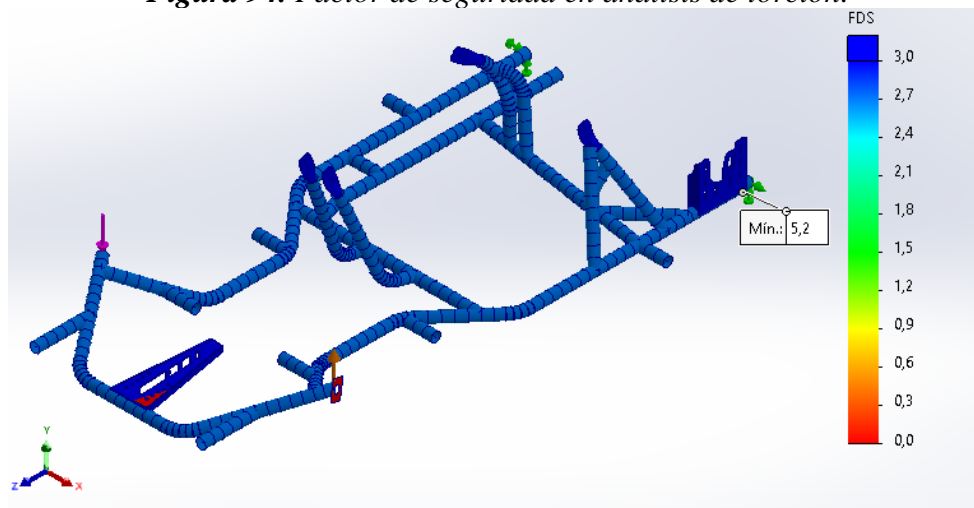
Tomado de: Autoría propia.

4.10.3.3. Factor de seguridad en análisis de torsión

Los resultados muestran un factor de seguridad mínimo de 5,2 lo cual es un valor muy alto y positivo, indicando que el chasis puede soportar más de cinco veces la carga aplicada antes de alcanzar el límite de falla del material como se muestra en la **Figura 94**.

La distribución de colores, predominantemente en tonos azules, refuerza que las tensiones generadas son muy bajas respecto a la resistencia del material.

Figura 94. Factor de seguridad en análisis de torsión.



Tomado de: Autoría propia



5.1 Conclusiones

- El proceso de digitalización del chasis del Go-Kart mediante escaneo 3D con el escáner Shining Einstar y el software EXStar permitió obtener una representación tridimensional fiel del modelo original COMPKART Covert 3.0. La configuración de resolución de 1.0 mm, junto con el uso estratégico de marcadores adhesivos para superficies metálicas reflectivas, optimizó el tiempo de escaneo (60-80 minutos) y garantizó la captura precisa de geometrías complejas. El modelo digital final, exportado en formato STL con un tamaño de 26.2 MB, demostró un equilibrio óptimo entre alta fidelidad geométrica y manejabilidad para su posterior procesamiento en software CAD.
- La metodología de diseño y fabricación de la matriz del chasis, que integró modelado paramétrico en SolidWorks con manufactura CNC, demostró ser una solución eficaz, precisa y reproducible. El uso de la herramienta de chapa metálica permitió establecer parámetros críticos como espesor de material (acero ASTM A36 de 2 mm) y radio de pliegue (2,7 mm), garantizando rigidez estructural con peso optimizado. La transición digital desde archivos DXF a código G en SheetCAM, ejecutado en la cortadora CNC Mach 3 con parámetros de corte optimizados (intensidad 45 A, presión 90 psi, velocidad 2600 mm/min), aseguró cortes limpios y precisos que facilitaron el ensamble final. Esta matriz constituye una herramienta versátil que permite la producción flexible de chasis mediante fundición o impresión 3D, cumpliendo con el objetivo de seleccionar materiales apropiados y generar un sistema de fabricación replicable.
- La metodología aplicada en el diseño de los sistemas auxiliares del Go-Kart, basada en escaneo 3D, modelado CAD en SolidWorks y verificación dimensional, permitió obtener modelos digitales precisos que corrigieron deformaciones producto de la fatiga mecánica y el uso intensivo. Los componentes diseñados como el brazo de dirección, columna de dirección, mangueta, manzanas delanteras y traseras, ruedas, sistema de tracción (piñón, eje trasero) y disco de freno, cumplen con los requisitos técnicos establecidos en el Reglamento CIK-FIA 2025, garantizando fidelidad geométrica, funcionalidad operativa y viabilidad de replicación mediante procesos de manufactura



como impresión 3D, fundición en molde o mecanizado CNC. Estos diseños constituyen una base técnica sólida para futuras investigaciones en tolerancias de fundición, experimentación con materiales alternativos y optimización de procesos de manufactura.

- La implementación de los componentes seleccionados (brazo de dirección, columna de dirección, mangueta, manzanas, ruedas, disco de freno y eje trasero) en el chasis homologado COMPKART Covert 3.0 confirmó su compatibilidad dimensional y funcional. Las pruebas experimentales realizadas en el Autódromo Internacional José Tobar de Yahuarcocha, en un tramo de 1,27 km, permitieron establecer una línea base cuantitativa de rendimiento: tiempo promedio por vuelta de 67,1 s en la segunda serie, velocidad promedio de 68,0 km/h, distancia de frenado estimada de 18 a 22 metros desde 70 km/h, radio mínimo de giro efectivo de aproximadamente 4,5 metros, y comportamiento estable en curvas de alta velocidad (45-55 km/h) con presiones de neumáticos de 1,0 bar (delantero) y 1,2 bar (trasero). Estos datos proporcionan una referencia inicial de desempeño que valida la funcionalidad de los sistemas auxiliares bajo condiciones reales de operación.
- El análisis estructural del chasis mediante simulaciones de elementos finitos (FEA) reveló un comportamiento mixto frente a cargas extremas. En el análisis de impacto lateral (fuerza de 2719.52 N, equivalente a 2G), la tensión máxima de 132.4 MPa se mantuvo significativamente por debajo del límite elástico del material (460 MPa), con un factor de seguridad mínimo de 1.5, confirmando que el chasis puede soportar la carga sin deformación permanente. Similarmente, en la prueba de rigidez torsional (momento torsor de 175.82 N·m), el chasis exhibió un rendimiento excepcional con tensión máxima de 87.7 MPa y factor de seguridad de 5.2, indicando alta resistencia estructural. Sin embargo, el análisis de impacto frontal (fuerza de 5439.05 N, equivalente a 4G) identificó la principal vulnerabilidad del diseño: tensión máxima de 428.2 MPa que se acerca al límite elástico del material, factor de seguridad de 1.1 y deformación de 45.2 mm, lo que indica riesgo potencial de deformación plástica en condiciones de impacto frontal severo.



5.2. Recomendaciones

- Para optimizar el proceso de digitalización, se recomienda realizar una calibración exhaustiva del escáner 3D antes de cada sesión de trabajo, especialmente cuando se trate de piezas con geometrías complejas. Esto garantizará una mayor precisión en la captura de datos. Es fundamental priorizar el escaneo de zonas críticas como uniones y soportes, utilizando configuraciones de mayor resolución para capturar todos los detalles relevantes que puedan afectar el diseño final.
- Dado que el análisis en impacto frontal identificó un factor de seguridad de 1.1 con deformación de 45.2 mm, se recomienda prioritariamente rediseñar la geometría de la zona frontal del chasis para eliminar concentradores de tensión mediante: incremento de espesor de tubería en los travesaños delanteros (de 1.5 mm a 2.0 mm), incorporación de refuerzos diagonales adicionales que distribuyan las cargas de impacto, uso de radios de curvatura mayores en las esquinas (≥ 50 mm), y consideración de tubería de mayor diámetro en elementos críticos. Estas modificaciones incrementarían el factor de seguridad a valores superiores a 1.5, garantizando comportamiento completamente elástico bajo impactos frontales severos.
- Se recomienda que futuras investigaciones se aborde el desarrollo de procesos de manufactura mediante fundición en arena o a la cera perdida utilizando la matriz CAD como modelo maestro, con caracterización de tolerancias dimensionales y propiedades mecánicas del material fundido; implementación de impresión 3D para componentes complejos con análisis comparativo de costo, tiempo de fabricación y propiedades mecánicas respecto a procesos convencionales.
- Para garantizar la utilidad práctica de los desarrollos, es esencial elaborar manuales técnicos detallados que incluyan especificaciones de diseño, parámetros de fabricación y estándares de calidad. Los archivos CAD deben exportarse en formatos universales (STEP, IGES) para asegurar compatibilidad con diferentes plataformas de software. La creación de un repositorio digital organizado facilitará el acceso y la colaboración en futuros proyectos.



BIBLIOGRAFÍA

- [1] D. A. P. Enríquez, L. F. G. Bedoya, M. A. Correa, J. P. J. Ramírez, N. A. V. Molina, and G. L. G. Monsalve, “Propuesta metodológica para la construcción y ensamble de un prototipo de chasis Go Kart bajo la norma CIK/FIA utilizando uniones híbridas,” no. 15, pp. 127–135, 2020, Accessed: Apr. 19, 2025. [Online]. Available: <https://www.mendeley.com/catalogue/6e6aa43f-cae5-3277-95d9-0ee583cfea92/>
- [2] J. F. Morejon Aguirre and L. M. Rodriguez Lema, “Diseño de un modelo de carrocería para karting ‘TOP-KART VIPER’ mediante simulación computacional, según el reglamento técnico categoría prototipos fedak 2022,” 2024. Accessed: Apr. 19, 2025. [Online]. Available: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/22693>
- [3] R. E. Gonza Valle, “Diseño y construcción de un vehículo tipo GO – KART con estructura tubular,” 2023. Accessed: Apr. 19, 2025. [Online]. Available: <http://dspace.istvidanueva.edu.ec/handle/123456789/300>
- [4] D. Sampayo, P. Luque, D. A. Mantaras, and E. Rodriguez, “Go-Kart chassis design using finite element analysis and multibody dynamic simulation,” *Scopus*, vol. 20, no. 2, pp. 267–278, Jun. 2021, doi: 10.2507/IJSIMM20-2-555.
- [5] M. Lanchimba Masache, “Implementación un sistema de dirección para un Go-Kart eléctrico,” Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Latacunga, 2021. Accessed: Apr. 19, 2025. [Online]. Available: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/27331/1/M-ESPEL-MAT-0144.pdf>
- [6] J. Samuel *et al.*, “Desarrollo de un sistema de telemetría para la supervisión de parámetros operativos en un Go Kart homologado por la CIK-FIA,” *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, vol. 9, no. 1, pp. 11328–11343, Mar. 2025, doi: 10.37811/CL_RCM.V9I1.16702.
- [7] K. Jubany Ruíz, “Diseño de un kart,” Universitat Politècnica de Catalunya, Jul. 2020. Accessed: Apr. 19, 2025. [Online]. Available: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/331857>
- [8] K. Morocho, D. Patiño, E. Siguencia, T. Vásquez, and F. Villacís, “Desarrollo de técnicas de investigación para la optimización de un Go-Kart de competencia,” Jul. 2019, Accessed: Apr. 19, 2025. [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18058>
- [9] C. De and I. Automotriz, “Construcción de un chasis de karting KF4 bajo la normativa CIK FIA 2023 para el grupo ASU automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana en el Distrito Metropolitano de Quito,” 2024. Accessed: Apr. 19, 2025. [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/27064>
- [10] J. F. Morejon Aguirre and L. M. Rodriguez Lema, “Diseño de un modelo de carrocería para karting ‘TOP-KART VIPER’ mediante simulación computacional, según el reglamento técnico categoría prototipos fedak 2022,” 2024. Accessed: Apr. 19, 2025. [Online]. Available: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/22693>
- [11] S. Krishnamoorthi, L. Prabhu, M. D. Shadan, H. Raj, and N. Akram, “Design and analysis of electric Go-Kart,” *Mater Today Proc*, vol. 45, pp. 5997–6005, Jan. 2021, doi: 10.1016/J.MATPR.2020.09.413.
- [12] J. P. Srivastava *et al.*, “Numerical study on strength optimization of Go-Kart roll-cage using different materials and pipe thickness,” *Mater Today Proc*, vol. 39, pp. 488–492, Jan. 2021, doi: 10.1016/J.MATPR.2020.08.217.



- [13] “DISEÑO CONCEPTUAL Y DE DETALLE DE UN GO-KART ELÉCTRICO CON SISTEMA DE SEGURIDAD.” Accessed: Apr. 19, 2025. [Online]. Available: <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/12078>
- [14] T. E. Ordoñez Ochoa and J. V. Sarmiento Correa, “Elaboración de guías metodológicas de aprendizaje aplicadas al banco dinamométrico Soft Engine 120 con motores de karting de 125cc para el laboratorio MEP - KART,” 2022. Accessed: Apr. 19, 2025. [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23668>
- [15] J. J. Narváez Piure and K. X. Sanchez Quituisaca, “Construcción de un Go-Kart con un motor estacionario,” 2024. Accessed: Apr. 19, 2025. [Online]. Available: <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/15333>
- [16] P. R. Alulema and P. I. A. Proaño, “Estrategias de aprendizaje aplicadas a la asignatura motores de combustión interna para cumplimiento de logros de aprendizaje,” *Revista Científica UISRAEL*, vol. 7, no. 3, pp. 65–80, Sep. 2020, doi: 10.35290/RCUI.V7N3.2020.309.
- [17] A. Sánchez, “EL MOTOR DE 2 TIEMPOS (a gasolina) 1,” p. undefined-undefined, 2019, Accessed: Apr. 19, 2025. [Online]. Available: <https://www.mendeley.com/catalogue/26e1186a-0d06-3173-8e6e-82cbf9f76e2a/>
- [18] V. A. Taípe-Defaz, E. A. Llanes-Cedeño, C. F. Morales-Bayetero, and A. E. Checa-Ramírez, “Evaluación experimental de un motor de encendido provocado bajo diferentes gasolinas,” *Ingenius*, vol. 2021, no. 26, pp. 17–29, Jul. 2021, doi: 10.17163/INGS.N26.2021.02.
- [19] V. D. B. Morocho, E. P. A. Pérez, S. A. L. Ortiz, and J. J. F. Bravo, “Manufactura de un prototipo cabezote de motor de dos tiempos mono cilíndrico 100 cc aplicando ingeniería inversa y el método CAD/CAM,” *ConcienciaDigital*, vol. 4, no. 3.1, pp. 190–206, Aug. 2021, doi: 10.33262/CONCIENCIADIGITAL.V4I3.1.1823.
- [20] B. Nicolás, N. Suárez, M. Darío, and O. López, “Diagramas termodinámicos interactivos de los ciclos de potencia Otto y Diesel: diagramas termodinámicos interactivos del ciclo de potencia Otto.” 2022. Accessed: Apr. 19, 2025. [Online]. Available: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/23188>
- [21] V. D. B. Morocho, E. P. A. Pérez, and A. D. C. Valencia, “Análisis de emisiones contaminantes y consumo de combustible a diferentes proporciones y marcas de aceites lubricantes para motores de dos tiempos empleando gasolina extra y super,” *AlfaPublicaciones*, vol. 3, no. 3.1, pp. 275–289, Aug. 2021, doi: 10.33262/AP.V3I3.1.93.
- [22] A. Hideo *et al.*, “Análise das tecnologias em motores Ciclo Otto,” Dec. 2021, Accessed: Apr. 19, 2025. [Online]. Available: <https://ric.cps.sp.gov.br/handle/123456789/13536>
- [23] C. I. Abad Padilla-Padilla, L. I. Fernando Buenaño-Moyano, B. Alejandro Cuaical-Angulo III, and D. I. Armando Tacle-Humanante, “Análisis del torque y potencia de un motor de combustión interna con mezcla de etanol-gasolina en diferentes concentraciones y la influencia en el sistema de inyección,” 2021. doi: 10.23857/dc.v7i3.2070.
- [24] J. G. Ballesteros-López, J. G. Ballesteros-López, O. V. Miranda-Reyes, D. H. Punina-Poveda, and J. M. Solís-Santamaria, “La importancia de un banco de ensayos para mejorar el rendimiento de un motor de 4 tiempos,” *Polo del Conocimiento*, vol. 7, no. 1, pp. 598–614, Jan. 2022, doi: 10.23857/pc.v7i1.3497.



- [25] S. Kovalov, “DESIGNING THE SHAPE OF THE COMBUSTION CHAMBERS FOR GAS ENGINES CONVERTED ON THE BASIS OF THE DIESEL ENGINES,” *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, vol. 2, no. 1–104, pp. 23–31, 2020, doi: 10.15587/1729-4061.2020.198700.
- [26] E. Miguel and A. Andrade, “ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN Materia Integradora Previo la obtención del Título de: INGENIERO MECÁNICO.”
- [27] M. G. I. D. CERPA FLORES JONATHAN ARTURO, “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN VEHÍCULO TIPO GO- KART INCLUSIVO PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD (PARAPLEJIA),” 2022.
- [28] V. K. Mejía Bolaños, “Diseño de soportes para la implementación de un tren de potencia eléctrico sobre un chasis de karting homologado bajo la Norma CIK – FIA 30/CA/14 y análisis estructural mediante elementos finitos,” 2023. Accessed: Apr. 19, 2025. [Online]. Available: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/21434>
- [29] J. F. aime Carlos Borja and y José Seco de Herrera, “Sistema De Transmision y Frenado,” *Academia Quantum*, vol. 2, no. 1, Mar. 2025, doi: 10.20935/ACADQUANT7587.
- [30] J. P. Srivastava, G. G. Readdy, M. Moizuddin, K. S. Theja, and N. Sambasiva Rao, “Case Study on Different Go Kart Engine Transmission Systems,” 2020. doi: 10.1088/1757-899X/981/4/042026.
- [31] J. A. Cerpa Flores and I. D. Martínez Guerra, “Diseño y construcción de un vehículo tipo Go-Kart inclusivo para personas con discapacidad (paraplejia).,” 2022. Accessed: Apr. 19, 2025. [Online]. Available: <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/12519>
- [32] C. Salazar Marco Alejandro, I. Mario Alberto Cesén Arteaga, M. Alejandro Carrión Salazar, and M. Alejandro Carrión Salazar iii, “Diseño y construcción de Go-Kart para personas con discapacidad física en sus extremidades inferiores,” 2019. Accessed: Apr. 19, 2025. [Online]. Available: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20209>
- [33] D. Mecánico and D. S. De, “Diseño mecánico del sistema de dirección para un vehículo de competencia para Shell eco Marathon en Lima, Perú,” 2020. Accessed: Apr. 19, 2025. [Online]. Available: <http://repositorio.utec.edu.pe/handle/20.500.12815/189>
- [34] B. A. Ordoñez Garrido and D. S. Sánchez Guerrero, “Análisis del desgaste de los neumáticos de un karting del grupo ASU UPS RACING TEAM bajo parámetros de presión y temperatura,” 2024. Accessed: Apr. 19, 2025. [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/27309>
- [35] L. Ernesto Muñoz Camargo, “Diseño banco de pruebas para llantas de vehículos,” 2022. Accessed: Apr. 19, 2025. [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/1992/59486>
- [36] L. Fernando Benítez Martínez, A. : Andrés, and L. G. Mancera, “Desarrollo de un modelo computacional de dinámica vehicular de un e-kart con énfasis en el desempeño del tren de potencia,” 2020. Accessed: Apr. 19, 2025. [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/1992/49089>
- [37] E. Beltramo, J. E. Stuardi, and G. Chiappero, “Influencia de la rigidez torsional del chasis en el comportamiento dinámico de un vehículo Súper TC 2000,” *Revista de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, vol. 4, no. 1, pp. 31–31, Mar. 2017, Accessed: Apr. 19, 2025. [Online]. Available: <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/FCEFYN/article/view/14491>



- [38] Y. Hwang, N. M. Watanabe, and M. Nagel, “Effects of in-game brand congruity on esports consumers’ implicit and explicit memory,” *International Journal of Sports Marketing and Sponsorship*, vol. 24, no. 1, pp. 108–128, Jan. 2023, doi: 10.1108/IJSMS-03-2022-0085.
- [39] L. A. Amante Santana, “Diseño de chasis de un vehículo monoplace para la competencia internacional formula SAE empleando un análisis dinámico,” *Repositorio Institucional UTEC*, 2021, Accessed: Apr. 19, 2025. [Online]. Available: <http://repositorio.utec.edu.pe/handle/20.500.12815/257>
- [40] Maciej Serda *et al.*, “Influencia de los ángulos de deriva en el desempeño de un auto fórmula electrón,” 2007. doi: 10.2/JQUERY.MIN.JS.
- [41] F. De, C. De, and L. A. Computación, “Desarrollo de vehículo eléctrico no tripulado con geometría de direccionamiento Ackerman,” 2022. Accessed: Apr. 19, 2025. [Online]. Available: <https://hdl.handle.net/20.500.12371/17489>
- [42] P. Gautam, S. Sahai, S. S. Kelkar, P. S. Agrawal, and M. R. D, “Designing Variable Ackerman Steering Geometry for Formula Student Race Car,” *International Journal of Analytical, Experimental and Finite Element Analysis (IJAEEFA)*, vol. 8, no. 1, p. undefined-undefined, Feb. 2021, doi: 10.26706/IJAEEFA.1.8.20210101.
- [43] S. Cova-Rocamora, “Navegación y conducción autónoma de vehículos con geometría Ackermann,” Jul. 2019, Accessed: Apr. 19, 2025. [Online]. Available: <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/94755>
- [44] V. A. Erazo-Arteaga and V. A. Erazo-Arteaga, “El diseño, la manufactura y análisis asistido por computadora (CAD/CAM/CAE) y otras técnicas de fabricación digital en el desarrollo de productos en América Latina,” *Información tecnológica*, vol. 33, no. 2, pp. 297–308, Apr. 2022, doi: 10.4067/S0718-07642022000200297.
- [45] P. Kyratsis, K. Kakoulis, and A. P. Markopoulos, “Advances in CAD/CAM/CAE technologies,” *Machines*, vol. 8, no. 1, 2020, doi: 10.3390/MACHINES8010013.
- [46] P. Kyratsis, K. Kakoulis, and A. P. Markopoulos, “Advances in CAD/CAM/CAE Technologies,” *Machines 2020, Vol. 8, Page 13*, vol. 8, no. 1, p. 13, Mar. 2020, doi: 10.3390/MACHINES8010013.
- [47] “FIA Karting - Reglamento deportivo.” Accessed: Apr. 19, 2025. [Online]. Available: <https://www.fiakarting.com/page/sporting-regulations>
- [48] “Documentos técnicos - COMPKART.” Accessed: Apr. 20, 2025. [Online]. Available: https://compkart.co/technical-documents/?utm_source
- [49] “Escáner 3D Shining 3D EinStar | Tienda Sicnova.” Accessed: Apr. 20, 2025. [Online]. Available: https://tienda.sicnova3d.com/escaner-3d/17711-6467-einstar-escaner-3d-shining-#/738-cursos_shining-sin_curso_solo_quiero_adquirir_el_equipo_se_instalarlo_y_manejarlo_sin_ayuda
- [50] “Cortador de plasma 80 Amper de arco piloto.” Accessed: Apr. 20, 2025. [Online]. Available: <http://rendo.com.mx/cortadoras-plasma/65-herocut-cortador-de-plasma-de-arco-piloto-80a.html>
- [51] “La solución para CAD 3D, diseño y desarrollo de productos | SOLIDWORKS.” Accessed: Apr. 20, 2025. [Online]. Available: <https://www.solidworks.com/>
- [52] “POWER MIG® 210MP Soldadora Multiprocesos.” Accessed: Apr. 20, 2025. [Online]. Available: <https://www.lincolnelectric.com/es-mx/products/k3963-1>



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ





ANEXOS

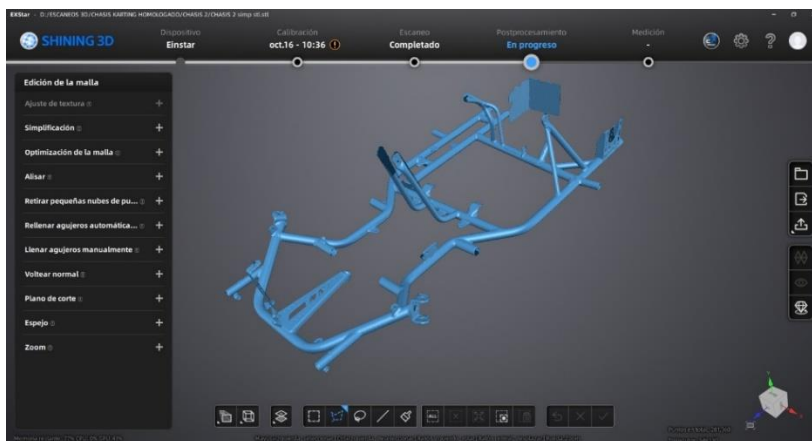
Anexo 1

Figura 95. Escaneo 3D.



Anexo 2

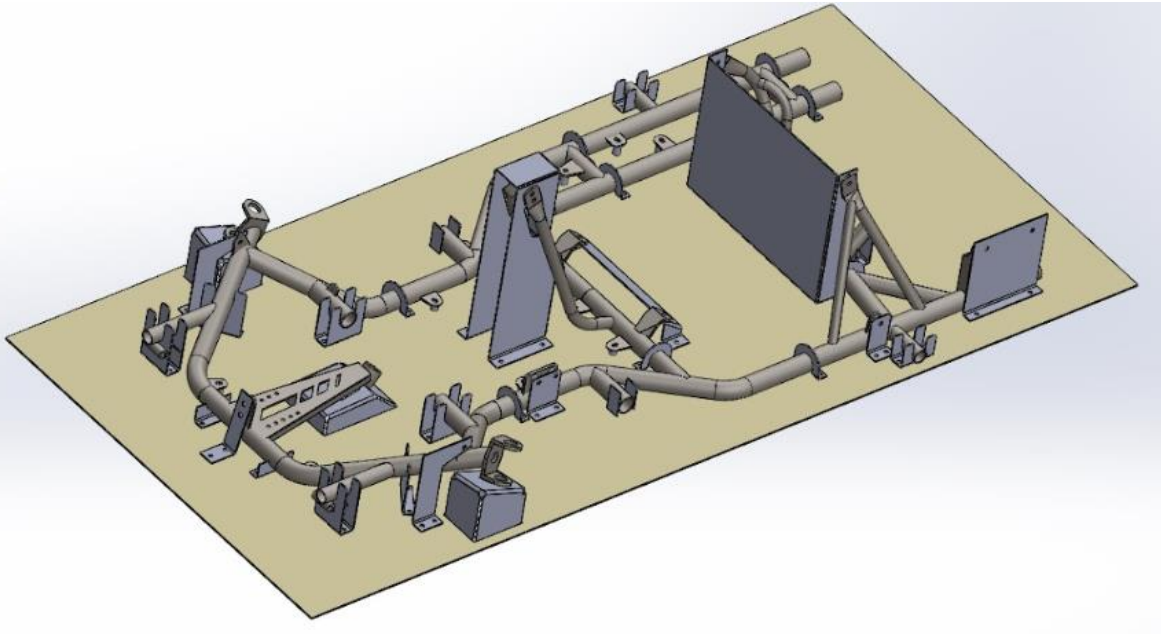
Figura 96. Digitalización del objeto. (Malla)





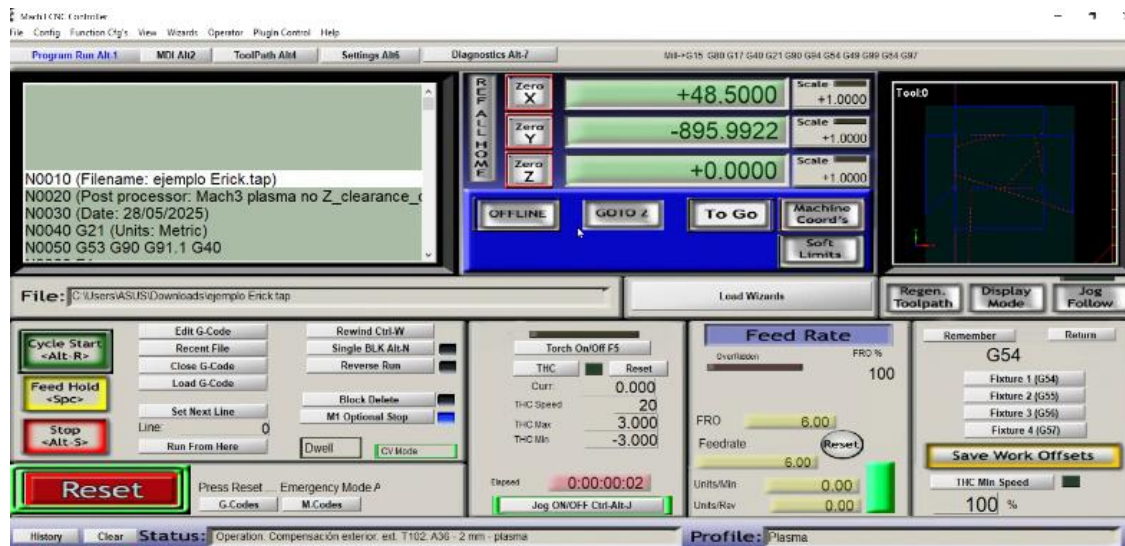
Anexo 3

Figura 97. Diseño 3D. (Matriz del chasis)



Anexo 4

Figura 98. Programación de corte CNC.





Anexo 5

Figura 99. *Implementación de sistemas auxiliares del Go-Kart.*



Anexo 4

Figura 100. *Sistema integral completo del Go-Kart.*



Anexo 5

Figura 101. *Pruebas en pista.*





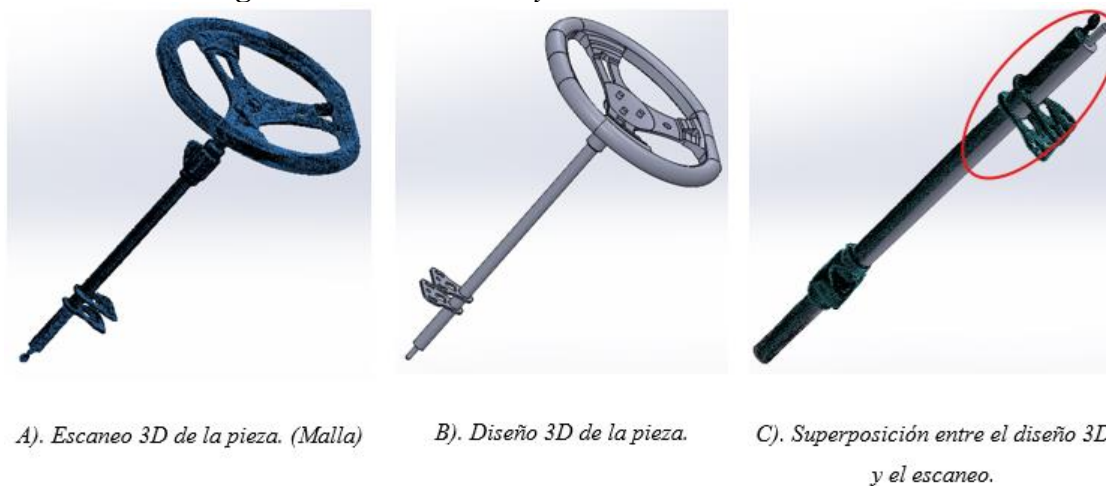
Anexo 6

Figura 102. Escaneo 3D y diseño del brazo de dirección.



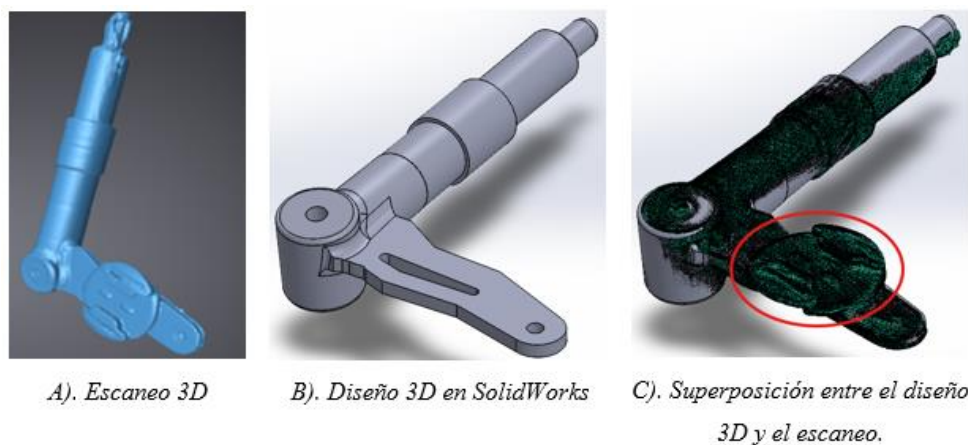
Anexo 7

Figura 103. Escaneo 3D y diseño de la columna de dirección.



Anexo 8

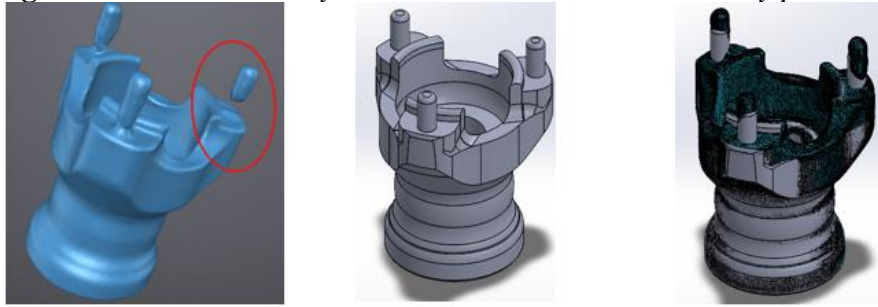
Figura 104. Escaneo 3D y diseño de la mangueta.





Anexo 9

Figura 105. Escaneo 3D y diseño de la manzana delantera y posterior.



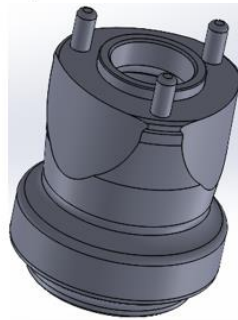
A). Escaneo 3D

B). Diseño 3D en SolidWorks

C). Superposición.



A). Escaneo 3D. (Malla)



B). Diseño 3D en SolidWorks



C). Superposición entre el diseño 3D y el escaneo.

Anexo 10

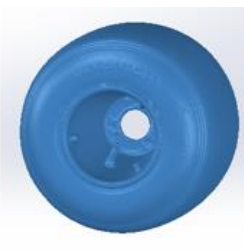
Figura 106. Escaneo 3D y diseño de la rueda delantera y posterior.



A). Escaneo 3D. (Malla)

B). Diseño 3D en SolidWorks

C). Superposición entre el diseño 3D y el escaneo.



A). Escaneo 3D. (Malla)



B). Diseño 3D en SolidWorks

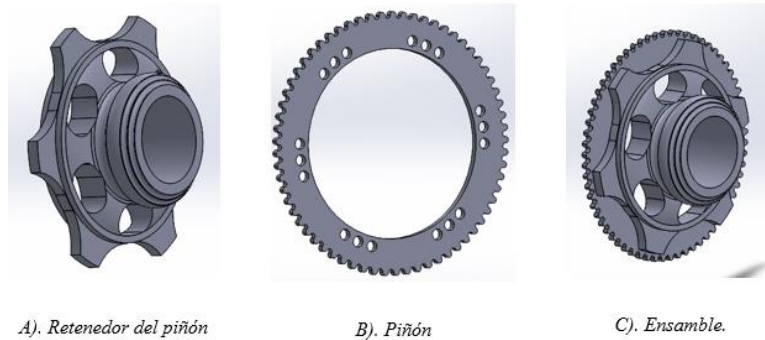


C). Superposición entre el diseño 3D y el escaneo.



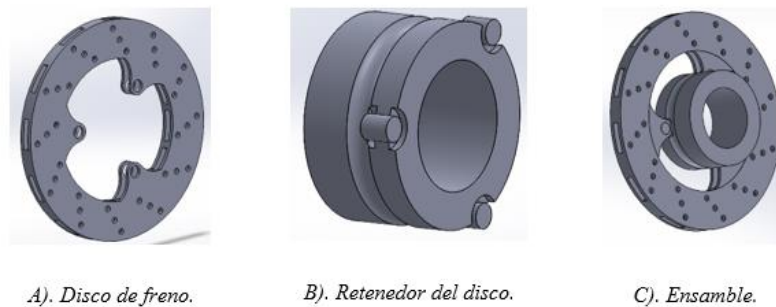
Anexo 11

Figura 107. *Diseño del sistema de piñonera.*



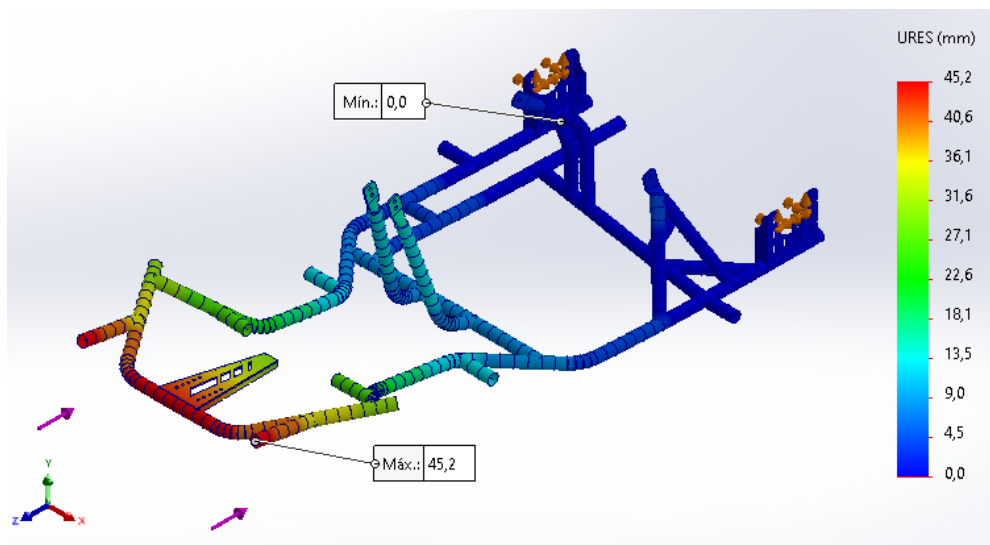
Anexo 12

Figura 108. *Diseño del sistema del disco de freno.*



Anexo 13

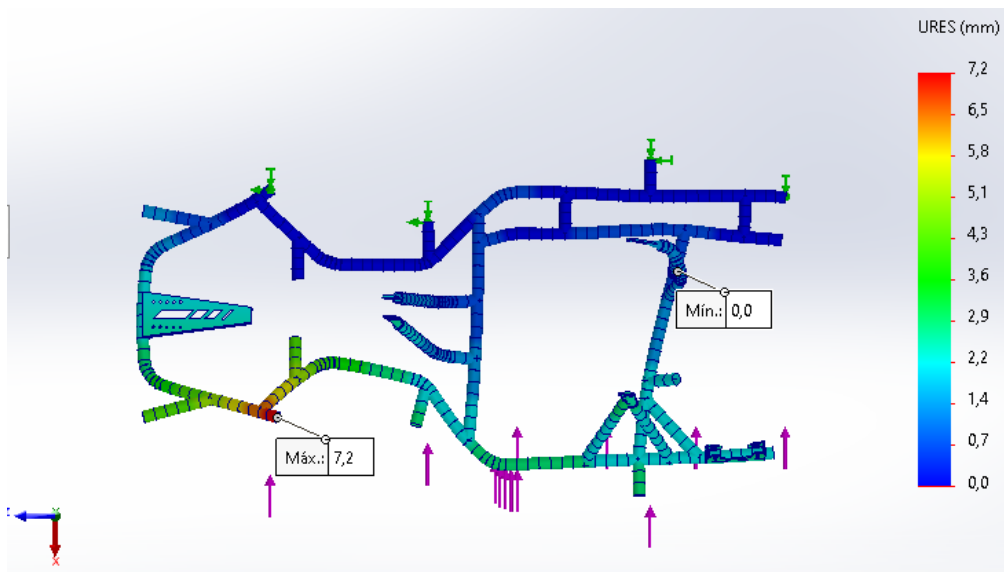
Figura 109. *Simulación de colisión frontal.*





Anexo 14

Figura 110. Simulación de colisión lateral.



Anexo 15

Figura 111. Simulación de rigidez torsional.

