



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Pachuca

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE PACHUCA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

DISEÑO DE UN VEHÍCULO BIPLAZA IMPULSADO POR FUERZA MOTRIZ HUMANA

TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA MECÁNICA
PRESENTA

ING. SAMUEL RUIZ AVILÉS

DIRECTOR

Dr. MARIO EMIGDIO RODRÍGUEZ CASTILLO

SINODALES

DR. LUIS MANUEL PALACIOS PINEDA

DR. IGNACIO RAMIREZ VARGAS

Pachuca de Soto, Hidalgo Agosto del 2021



Carretera México-Pachuca Km. 87.5, Col. Venta Prieta,
Pachuca, Hidalgo. C.P. 42080 A.P. 276
Tels.: (771) 7105251, 170 0301, 170 0345 y 170 0687
tecnm.mx | pachuca.tecnm.mx





Instituto Tecnológico de Pachuca
Pachuca, Hidalgo, 24/Agosto/2021
OFICIO No. DEPI-81-21

**C. ING. SAMUEL RUIZ AVILÉS
PRESENTE**

La que suscribe, jefa de la División de Estudios de Posgrado e Investigación, le comunica que los miembros de la Comisión Revisora, designada por el Consejo de Posgrado de la Maestría en Ingeniería Mecánica para examinar su Tesis:

Diseño de un Vehículo Biplaza Impulsado por
Fuerza Motriz Humana

se han reunido, y después de intercambiar opiniones manifiestan su aprobación de la Tesis, en virtud que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes y, en consecuencia, se autoriza su impresión.

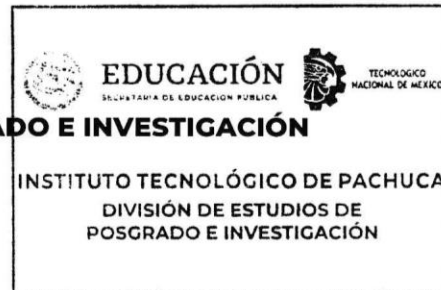
Sin otro particular por el momento, quedo de Usted.

ATENTAMENTE

El Hombre Alimenta el Ingenio en Contacto con la Ciencia

M. A. C. ELODIA CLAUDIA GUERRERO ORTIZ
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

C.p. Archivo
ECGO/LMPP





Instituto Tecnológico de Pachuca
División de Estudios de Posgrado e Investigación

Consejo de Posgrado de la Maestría en Ingeniería
Mecánica A C T A

Siendo las 13:00 horas del 19 de febrero de 2020, reunidos a distancia, el Consejo de Posgrado de la Maestría en Ingeniería Mecánica manifiesta la APROBACIÓN del tema de Tesis: *Diseño de un Vehículo Biplaza Impulsado por Fuerza Motriz Humana*, con el siguiente contenido:

- Resumen/Abstract
- Nomenclatura
- Contenido
- Índice de cuadros, gráficas y figuras.
- 1- Introducción
- 2- Estado del arte
- 3- Marco teórico
- 4- Materiales y métodos
- 5- Resultados
- Conclusiones
- Bibliografía
- Apéndices

Para cubrir el requisito correspondiente a la Tesis para que el Ing. Samuel Ruiz Avilés obtenga el grado de Maestro en Ingeniería Mecánica, bajo la dirección del Dr. Mario Emigdio Rodríguez Castillo.

ATENTAMENTE

El Hombre Alimenta el Ingenio en Contacto con la Ciencia
EL CONSEJO DE POSGRADO

Dr. Hugo Francisco Abundis Fong

Dr. Armando Irvin Martínez Pérez

Dr. Luis Manuel Palacios Pineda

Dra. Erika Osiris Ávila Dávila

Dr. Ignacio Ramírez Vargas

Dr. Edgar Ernesto Vera Cárdenas

Dra. Marisa Moreno Ríos

Dr. Juan Serrano Arellano

Dr. Valente Hernández Pérez



DEDICATORIAS

El presente trabajo investigativo quiero dedicarlo principalmente a Dios, por ser el inspirador y la fuerza para continuar en este proceso de obtener el grado.

A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio durante estos años, gracias a ellos he logrado llegar hasta aquí y me he convertido en lo que soy. Ha sido un orgullo y privilegio ser su hijo, son los mejores padres. Mi padre que estuvo en cada proceso de fabricación del prototipo, por aportarme sus conocimientos avanzados de soldadura y ensamblaje de estructuras con las que se generó la construcción del proyecto.

A todas las personas que me dieron su apoyo moral y estuvieron junto a mí en este proceso de maestría, mi hija, mis hermanos y mi novia, muchas gracias a todos por el apoyo incondicional.

Por último, quiero agradecer a todos los docentes del Tecnológico de Pachuca por sus valiosas enseñanzas que fueron parte vital para que este trabajo se realizara con éxito, en especial a aquellos que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

AGRADECIMIENTOS

A través de estas líneas quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que con su soporte científico y humano han colaborado en la elaboración de este trabajo de investigación.

Quiero agradecer en primer lugar a las instituciones que han hecho posible la realización del trabajo presentado en esta memoria de tesis, por el apoyo económico brindado, por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT, México), al Instituto Tecnológico de Pachuca por las instalaciones y el asesoramiento de sus docentes, gracias por la ayuda y confianza en mi depositada.

Muy especialmente a mi asesor y director de tesis el Dr. Mario Emigdio Rodríguez Castillo, por su acertada orientación, el soporte y discusión crítica que me permitió un buen aprovechamiento en el trabajo realizado, y que esta tesis llegara a buen término.

A los profesores del departamento de división de estudios de posgrado e investigación por su inestimable apoyo y colaboración durante mi estancia en las instalaciones del Tecnológico de Pachuca, así como la asesoría y constante atención del Coordinador del programa de Maestría en Ingeniería Mecánica, Dr. Luis Manuel Palacios Pineda.

INDICE GENERAL

Contenido

DEDICATORIAS.....	I
AGRADECIMIENTOS.....	II
INDICE GENERAL.....	III
INDICE DE FIGURAS.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
RESUMEN.....	VIII
ABSTRACT.....	VIII
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES O ESTADO DEL ARTE.....	3
2.1 Patentes que anteceden al proyecto.....	3
2.3.1 Bicicleta de seguridad Rover (ROVER SAFETY BICYCLE) FR86705.....	3
2.3.2 Vehículo propulsado por los pies (FOOT PROPELLED VEHICLE) US1799947. .	4
2.3.3 Tren de Transmisión para Triciclo y Freno de Pedal (TRICYCLE DRIVE TRAIN WITH COASTER BRAKE) US3843145.....	4
2.3.4 Triciclo reclinado (RECUMBENT TRIKE) US4497502.....	5
2.3.5 Vehículo propulsado por humanos y sistema de conducción humana (POWERED VEHICLE AND DRIVE SYSTEM) US5280936.....	5
2.3.6 Cuadriciclo velocípedo propulsado por las manos (HAND PROPELLED VELOCIPEDE QUADRICYCLE) US5713590.....	5
2.3.7 Vehículo reclinado y aparato de la misma forma (RECUMBENT VEHICLE AND APPARATUS FOR FORMING SAME) US6554308.....	6
2.3.8 Vehículo propulsado por humanos (HUMAN POWERED VEHICLE) US20050093270A1.....	6
2.3.9 Vehículo de pedales (PEDAL CAR) US7775538.....	7
2.3.10 Cuadriciclo de pedales (PEDALED QUADRICYCLE) USD637116.....	7
2.3.11 Vehículo terrestre propulsado por humanos (HUMAN POWERED LAND VEHICLE) US20150329173A1.....	8
2.3.12 Tricicleta deportiva (SPORT TRICYCLE) WO2017158212A1.....	8
2.3.13 Vehículo propulsado por humanos (HUMAN-POWERED VEHICLE) US20180162484A1.....	9
2.4 Artículos de interés.....	10

2.4.1	Diseño y análisis de elemento finito de un triciclo reclinado (Design and FEA of a recumbent trike)	10
2.4.2	Diseño completo y análisis de elementos finitos de un vehículo todo terreno (Complete Design and finite element analysis of an all-terrain vehicle)	10
2.5	Normas de interés	11
2.5.1	Formula SAE® baja roules 2020.....	11
2.5.2	ASME® Human Powered Vehicle Challenge (HPVC)	11
3.	MARCO TEORICO.....	13
3.1	Diseño Mecánico	13
3.1.1	Diseño en software CAD (Diseño Asistido por Computadora)	13
3.1.2	Fases de diseño en ingeniería	13
3.1.3	Responsabilidades profesionales del ingeniero de diseño.....	14
3.1.4	Diseño conceptual.....	14
3.2	Sistemas de suspensión.....	14
3.2.1	Tipos de Suspensión.....	15
3.3	Transmisión	15
3.3.1	Tipos de transmisión.....	16
3.4	Sistema de frenado.....	17
3.4.1	Tipos de frenos	17
3.5	Sistema de dirección	18
3.5.1	Volante	18
3.5.2	Columna de dirección.....	19
3.5.3	Varillas de dirección.....	19
3.5.4	Manguetas.....	19
3.6	Jaula antivuelco (Roll Cage).....	19
3.6.1	Bastidor.....	19
3.7	Elementos Accesorios.....	20
3.7.1	Rueda de bicicleta.....	20
3.7.2	Pedal	20
3.7.3	Asiento.....	20
3.8	Elementos de seguridad	20
3.8.1	Seguridad activa	20
3.8.2	Seguridad Pasiva	21
4.	METODOLOGIA	22

4.1	Diseño conceptual.....	22
4.2	Análisis cinemático de diferentes sistemas de transmisión	22
4.2.1	Análisis cinemático	23
4.3	Diseño del sistema de dirección.....	23
4.3.1	Características que deben reunir todo sistema dirección.....	24
4.4	Selección del sistema de suspensión.....	25
4.4.1	Elementos elásticos de la suspensión	25
4.5	Selección del sistema de frenos	25
4.5.1	Frenos de disco mecánicos para bicicleta.....	26
4.5.2	Frenos de disco hidráulicos para bicicleta.....	26
4.6	Diseño del bastidor en solid works 2019	27
4.7	Selección de los elementos accesorios de confort y de seguridad.....	27
4.8	Análisis del bastidor y del sistema de dirección en el software ANSYS 2019.	27
4.9	Síntesis del Diseño final en Solid Works 2019.....	28
5.	RESULTADOS.....	29
5.1	Bastidor.....	29
5.2	Análisis de elemento finito del bastidor aplicado a diferentes materiales	31
5.3	Estudio antropométrico del mexicano promedio	32
5.4	Sistema de suspensión	35
5.5	Análisis estático de las horquillas frontal y trasera.....	36
5.6	Sistema de transmisión	38
5.7	Sistema de dirección	40
5.8	Ensamblaje del Vehículo	42
6.	PROTOTIPO.....	47
7.	CONCLUSIONES	51
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	52
9.	ANEXOS.....	54
9.1	ANEXO “A” PLANOS	54
9.3	ANEXO “B” CONGRESO INTERNACIONAL ANUAL DE LA SOMIM 2021	70

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de barras que muestra la evolución de ventas de autos eléctricos a nivel mundial	1
Figura 2. Primera bicicleta con cadena y piñón denominada ROVER SAFETY BICYCLE [29] .	3
Figura 3. Sistema de pedales unidos con manivelas. [2]	4
Figura 4. Tren de transmisión con engranaje diferencial. [3].....	4
Figura 5. Triciclo de pedales con asiento y dirección en los costados. [4]	5
Figura 6. Bicicleta impulsada por manos y pies simultáneamente. [5]	5
Figura 7. Cuadriciclo propulsado por las manos. [6]	6
Figura 8. Vehículo que incluye dos bicicletas reclinadas unidas paralelamente. [7]	6
Figura 9. Triciclo desmontable con asiento reclinado y armazón de bicicleta. [8]	7
Figura 10. Vehículo de pedales para dos o más personas. [9].....	7
Figura 11. Cuadriciclo de pedales de uso infantil. [10].....	7
Figura 12. Triciclo de pedales con cubierta frontal y asiento de posiciones. [11]	8
Figura 13. Diseños de horquilla frontal de un triciclo. [12].	8
Figura 14. Triciclo reclinado impulsado por pies y manos. [13].....	9
Figura 15. Diagrama 2D de distribución de los resortes. [21].....	15
Figura 16. Transmisión convencional para bicicleta de cadena.	16
Figura 17. Transmisión de correa con caja de cambios [22]	16
Figura 18. Transmisión de eje ceramic speed. [30].....	17
Figura 19. Sistema de frenado de disco y caliper. [21].	18
Figura 20. Vista en perspectiva de la jaula antivuelco [24].....	19
Figura 21. Diagrama de bloques de la metodología.	22
Figura 22. Sistema de dirección piñón-cremayera	23
Figura 23. Geometría de giro propuesta por Ackermann [31]	25
Figura 24. Sistema de frenos mecánicos de disco para bicicleta.....	26
Figura 25. Sistema de frenos mecánicos de disco para bicicleta.....	27
Figura 26. Desplazamiento durante el impacto frontal [14].....	28
Figura 27. Ejemplo de un vehículo ensamblado por completo [14].....	28
Figura 28. Primer diseño conceptual del bastidor	29
Figura 29. Segundo diseño conceptual del bastidor	30
Figura 30. Análisis del bastidor en acero galvanizado	31
Figura 31. Análisis del bastidor en aluminio 6063 T5	31
Figura 32. Análisis del bastidor en acero inoxidable T304	32
Figura 33. Imagen guía de medidas de un mexicano de pie [28]	32
Figura 34. Tabla de medidas de un mexicano de pie [28].....	33
Figura 35. Imagen guía de medidas de un mexicano en posición sentado [28]	33
Figura 36. Tabla de medidas de un mexicano en posición sentado [28]	33
Figura 37. Medidas insertadas en el chasis anterior	34
Figura 38. Medidas optimización del bastidor y el asiento [28]	34
Figura 39. Nuevo chasis con medidas corregidas.....	34
Figura 40. Sistema de suspensión completo.....	35
Figura 41. Horquillas y amortiguador frontales	35

Figura 42. Suspensión trasera en vista isométrica.....	36
Figura 43. Suspensión trasera y delantera en vista isométrica	36
Figura 44. Análisis estático de la horquilla antes de modificar.....	37
Figura 45. Análisis estático de la nueva horquilla trasera independiente.....	37
Figura 46. Análisis de la horquilla frontal.....	37
Figura 47. Sistema de transmisión de 0.9 m de separación entre piñones	38
Figura 48. Sistema de transmisión de 0.9 m de separación entre piñones	38
Figura 49. Sistema de dirección de cuatro barras.....	39
Figura 50. Sistema de dirección de cuatro barras.....	40
Figura 51. Sistema de dirección de cuatro barras ya ensamblado en el bastidor	40
Figura 52. Sistema de dirección de tipo piñon-cremayera	41
Figura 53. Cálculo de ángulos de giro del vehículo	41
Figura 54 Sistema de dirección seccionado.....	42
Figura 55. Vista frontal del ensamblaje completo.....	43
Figura 56. Vista trasera del ensamblaje completo.....	43
Figura 57. Vista lateral del ensamblaje completo.....	44
Figura 58. Vista lateral del ensamblaje completo.....	44
Figura 59 Bastidor Construido	47
Figura 60 Sistema frontal de suspensión	47
Figura 61 Sistema de suspensión trasera	48
Figura 62 Sistema de transmisión.....	48
Figura 63 Sistema de dirección ensamblado en el bastidor.....	49
Figura 64 Vehículo ensamblado.....	49
Figura 65. Vista frontal del vehículo biplaza	50
Figura 66. Vista posterior del vehículo biplaza.....	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Patentes relacionadas que anteceden con el proyecto a realizar.....	10
Tabla 2. Artículos de interés.....	11
Tabla 3. Normas internacionales de competencias estudiantiles.....	12
Tabla 4. Tabla de costos aproximados para la creación del bastidor.	29
Tabla 5. Tabla de costos aproximados para la creación del bastidor.	30
Tabla 6. Tabla de cálculo de giro máximo.	42
Tabla 7. Tabla de costos de elementos usados para la construcción del vehículo.	45
Tabla 8. Tabla de pesos en kilogramos de los elementos del vehículo.	46

RESUMEN

En el desarrollo de la presente tesis se presenta el diseño de un velocípedo que puede transportar a dos personas eficazmente, y que a su vez sea un medio de convivencia familiar. Se diseñaron bastidor y los subsistemas: transmisión, suspensión, dirección, y se evaluaron por análisis del elemento finito, todo esto en el programa de CAD SolidWorks®.

Diseñar un Vehículo biplaza impulsado por fuerza motriz humana no solo aporta un beneficio al sector de sustentabilidad, sino que también es benéfico para la salud ya que este, puede ser usado con fines recreativos o como medio de transporte, la finalidad de este proyecto es diseñar un prototipo que tenga buenas especificaciones y que cumpla con las necesidades del público en general para su uso cotidiano.

ABSTRACT

In the development of this thesis, the design of a velocipede is presented that can transport two people efficiently, and which in turn is a means of family coexistence. Frame and subsystems were designed: transmission, suspension, steering, and evaluated by finite element analysis, all this in the SolidWorks® CAD program.

That is why Designing a two-seater vehicle powered by human motive power not only provides a benefit to the sustainability sector, but is also beneficial to health since it can be used for recreational purposes or as a means of transport, the purpose of This project is to design a prototype that has good specifications and that meets the needs of the general public for daily use.

1. INTRODUCCIÓN

Derivado de la necesidad del ser humano que tiene para transportarse de un lugar a otro, la creación de más vehículos ha sido necesaria con el incremento de la población a nivel mundial, siendo el automóvil el medio de transporte más usado y que más energía de tracción consume por persona transportada y kilómetro recorrido, ya sea para tasas de ocupación máximas o tasas de ocupación reales. En años recientes, las compañías automotrices han buscado introducir vehículos más ecológicos (Eléctricos e Híbridos) al mercado, sin embargo, un nuevo informe de Greenpeace Alemania y East Asia revela una realidad distinta, de acuerdo con el estudio las emisiones de gases efecto invernadero de este sector equivalen al 9% del total a nivel mundial. Un estudio realizado por la Agencia Internacional de la Energía (IEA por sus siglas en inglés) titulado Global EV Outlook 2018 se analizó la situación actual de vehículos eléctricos e híbridos en el mercado internacional dando como resultado que hasta el año 2018 se han vendido más de 3 millones de este tipo de vehículos enchufables a nivel mundial, siendo china el país donde más de estos vehículos hay y Noruega el que mayor cuota de mercado firma.

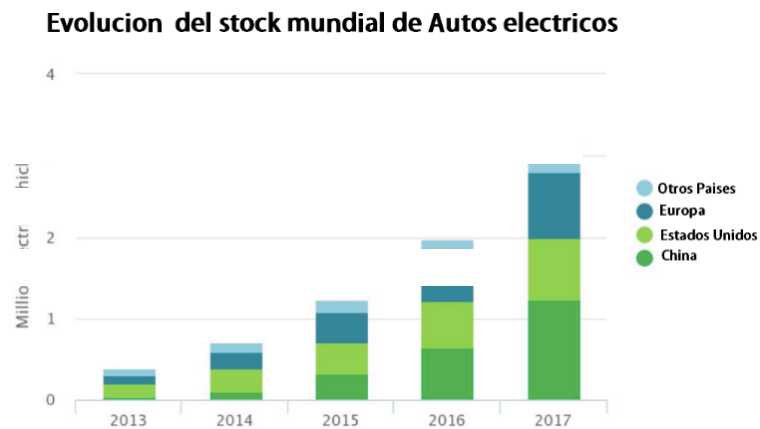


Figura 1. Diagrama de barras que muestra la evolución de ventas de autos eléctricos a nivel mundial

Las ciudades mexicanas padecen serios problemas de contaminación ambiental, y el sector transporte es una de sus principales causas al contribuir con el 20.4% de la emisión de GEI (Gases Efecto Invernadero), de los cuales el 16.2% proviene del subsector automotor, en su mayoría, por viajes en transporte individual motorizado.

Como resultado, estas ciudades entraron en crisis de contaminación ambiental, congestionamientos viales, millones de horas/hombre perdidas en el tráfico, afectación de la convivencia familiar y social y cuestiones que, en síntesis, tuvieron un deterioro generalizado en la calidad de vida de la población, lo que hace latente la necesidad de hacer un cambio en las políticas de movilidad sustentable. [1].

Existen vehículos de impulso motriz humano de tres ruedas denominados (trike's) y de cuatro ruedas (Quadricycle), el principal problema es que los costos de estos son excesivos y que la mayoría de estos velocípedos son de importación, algunos de estos vehículos no presentan diseños muy estéticos y tampoco un sistema adecuado de seguridad y confortabilidad, el objetivo de este

proyecto es que el costo del prototipo sea accesible y que cuente con un diseño adecuado en todos los subsistemas inmersos.

El problema de obesidad es preocupante ya que los niños y en general toda la población, en la actualidad pasan más tiempo estáticos haciendo uso de aparatos electrónicos que en actividades físicas al aire libre, por eso el uso de un medio de transporte que utiliza energía motriz humana no solo nos aporta cero emisiones contaminantes, sino que también es un modo de convivencia para padres e hijos y una excelente herramienta de cardio.

Diseñar un Vehículo biplaza impulsado por fuerza motriz humana, que cumpla con las condiciones suficientes de seguridad y de confortabilidad, para que pueda ser operado por un adulto o un menor con supervisión y que a su vez permita el uso recreativo y de enseñanza de manejo.

Objetivos específicos:

- Diseñar los siguientes subsistemas: bastidor y dirección, por diseño tradicional y con software, tomando en consideración que la seguridad activa y pasiva del vehículo es primordial.
- Analizar cinemáticamente diferentes sistemas de transmisión.
- Seleccionar elementos como: suspensión, frenos, llantas, rines, pedales, transmisión, y demás componentes que puedan formar parte de la seguridad pasiva del vehículo.
- Realizar el Análisis de Elemento Finito del Bastidor y dirección, así como pruebas virtuales de manejo.
- Realizar un análisis de proceso de fabricación de cada subsistema, así como de costos.

Tomando en cuenta las circunstancias de los efectos climáticos en la actualidad, un vehículo biplaza impulsado por fuerza humana será aceptado en el mercado. El diseño del vehículo se hará de forma digital con el uso de software Solid Works, siendo esta la forma más utilizada en la industria para la creación de diseños, ensamblajes, simulaciones, entre otros. Haciendo uso de estas herramientas de análisis y simulación se pretende obtener los parámetros más importantes a considerar para que el prototipo deseado tenga las características necesarias para su fabricación.

2. ANTECEDENTES O ESTADO DEL ARTE

La necesidad del ser humano de transportarse más rápido de un lugar a otro distancias largas y cortas ha estado presente desde tiempos muy remotos y esta necesidad ha llevado al hombre a crear diferentes vehículos simples que puedan realizar este trabajo desde el año 1800 se creó el primer velocípedo denominado draisiana que no tenía pedales, se impulsaba con los pies haciendo tracción en el piso y con esto dio lugar a que más inventores se dieran a la tarea de mejorar este velocípedo que hasta el día de hoy conocemos como bicicleta y que ha sido utilizada en todo el mundo.

2.1 Patentes que anteceden al proyecto

2.3.1 Bicicleta de seguridad Rover (ROVER SAFETY BICYCLE) FR86705

En los años 80 los límites técnicos del velocípedo dieron un giro con una innovación que llegó con una nueva máquina y no fue sino hasta 1885 que el inglés John Starley solicitó la patente para la “*ROVER SAFETY BICYCLE*” (Pilar Irureta-Goyena Sánchez (2016). *Inventión e innovación tecnológica en el ciclismo en España a través de la documentación de patentes: 1826-1929* (Tesis Doctoral). Universidad Politécnica de Madrid.)

El Primer Vehículo De Pedales Impulsado Por Fuerza Motriz Humana (Bicicleta). El diccionario etimológico español e hispanico define bicicleta como “*velocípedo de dos ruedas*”. Esta invención se refiere a un tipo de velocípedo que facilita la movilidad del hombre y que cuenta con dos pedales los cuales son propulsados a través de los pies generando así energía motriz desde un engrane o Catarina hacia un piñón que va montado en la rueda trasera, la energía motriz es impulsada primeramente al hacer girar los pedales y paralelamente una cadena mueve el piñón trasero para impulsar el vehículo (Figura 1).

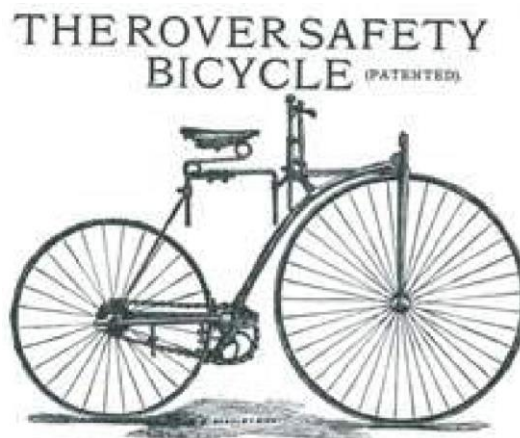


Figura 2. Primera bicicleta con cadena y piñón denominada ROVER SAFETY BICYCLE [29]

2.3.2 Vehículo propulsado por los pies (FOOT PROPELLED VEHICLE) US1799947.

Esta invención se refiere a un vehículo para niños propulsado por ambos pies, consiste en un cuerpo en forma de caja abierto en la parte superior y que tiene un par de cigüeñales transversales en las paredes laterales del cuerpo y provistos de porciones de manivela en el interior del cuerpo y con el exterior Extensiones con ruedas (Figura 2), [2].

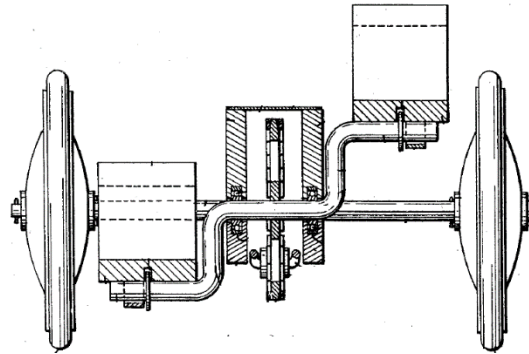


Figura 3. Sistema de pedales unidos con manivelas. [2]

2.3.3 Tren de Transmisión para Triciclo y Freno de Pedal (TRICYCLE DRIVE TRAIN WITH COASTER BRAKE) US3843145

Esta patente hace una innovación al tren de transmisión para un triciclo que tiene un volante delantero y dos ruedas motrices traseras, la mejora comprende en combinación cooperativa un engranaje diferencial para aplicar la potencia motriz por igual a cada una de dichas ruedas motrices y freno de pedal para transmitir selectivamente la potencia motriz a las ruedas motrices (Figura 3), [3].

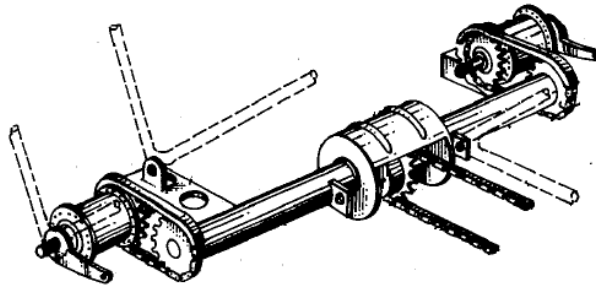


Figura 4. Tren de transmisión con engranaje diferencial. [3]

2.3.4 Triciclo reclinado (RECUMBENT TRIKE) US4497502

La patente hace referencia a un triciclo reclinado que incluye un cuadro, ruedas traseras gemelas montadas de forma pivotante en el cuadro y orientables mediante un par de palancas montadas de forma pivotante en el cuadro a cada lado del asiento del pasajero, la rueda delantera individual está impulsada preferiblemente por un conjunto de manivela de pedal montado hacia atrás de la rueda delantera y hacia delante del asiento del pasajero. (Figura 4), [4].

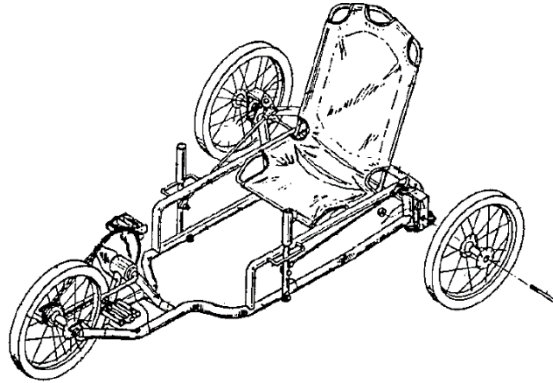


Figura 5. Triciclo de pedales con asiento y dirección en los costados. [4]

2.3.5 Vehículo propulsado por humanos y sistema de conducción humana (POWERED VEHICLE AND DRIVE SYSTEM) US5280936

Esta invención muestra un vehículo de dos ruedas propulsado por humanos, que tiene un marco con una disposición de asientos que se asemeja a una bicicleta reclinada de larga distancia entre ejes, el mecanismo de accionamiento incluye dos brazos de palanca de operación paralelos que soportan un conjunto de dirección en su extremo superior (Figura 5), [5].

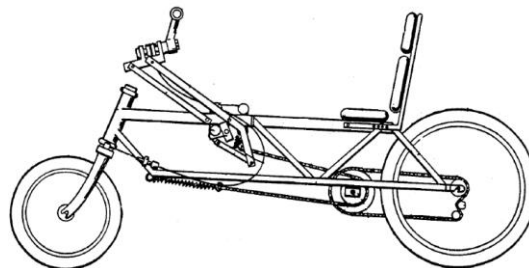


Figura 6. Bicicleta impulsada por manos y pies simultáneamente. [5]

2.3.6 Cuadriciclo velocípedo propulsado por las manos (HAND PROPELLED VELOCIPEDE QUADRICYCLE) US5713590

La siguiente invención trata de un vehículo con dos ruedas delanteras orientables y dos ruedas traseras que son impulsadas por el movimiento hacia adelante y hacia atrás de un manillar sobre un conjunto de columna pivotante. (Figura 6), [6]

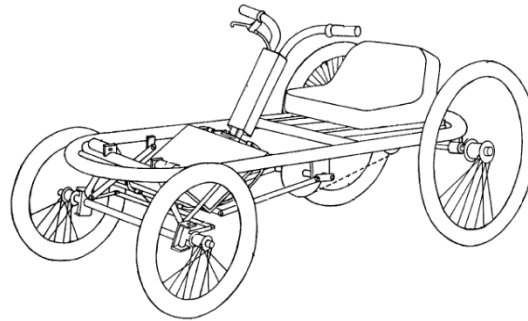


Figura 7. Cuadriciclo propulsado por las manos. [6]

2.3.7 Vehículo reclinado y aparato de la misma forma (RECUMBENT VEHICLE AND APPARATUS FOR FORMING SAME) US6554308

Existe un vehículo que une dos bicicletas con asientos de forma reclinada paralelamente, cada una con su propio mecanismo de propela, en la patente se puede observar gráficamente que el sistema de dirección es separado al igual que el sistema que da tracción a las ruedas traseras. (Figura 7), [7]

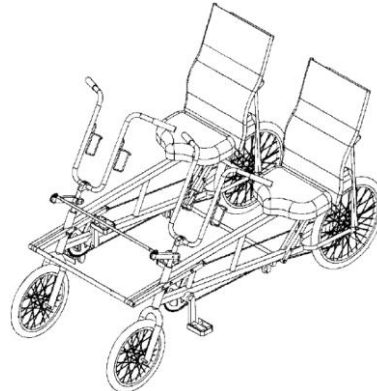


Figura 8. Vehículo que incluye dos bicicletas reclinadas unidas paralelamente. [7]

2.3.8 Vehículo propulsado por humanos (HUMAN POWERED VEHICLE) US20050093270A1

La presente invención se refiere a un vehículo estable que se puede plegar o desmontar, cuenta dos ruedas delanteras y horquillas orientables en combinación con un bastidor principal, el asiento del vehículo es de forma reclinada y es impulsado por pedales de manivela. (Figura 8), [8].

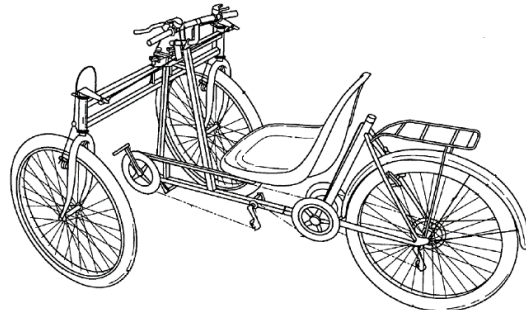


Figura 9. Triciclo desmontable con asiento reclinado y armazón de bicicleta. [8]

2.3.9 Vehículo de pedales (PEDAL CAR) US7775538

La patente nos muestra un automóvil de pedales diseñado para servir como transporte propulsado por el pie para dos o más personas. El carro de pedales tiene un recinto protegido que está diseñado para ser alimentado por la potencia de las piernas de los dos pasajeros del asiento delantero, con estos pasajeros operando un sistema de pedaleo. Cada uno de estos dos pasajeros de los asientos delanteros tiene un sistema de dos pedales que les permite compartir la responsabilidad de proporcionar potencia al carro de pedales. (Figura 9), [9].

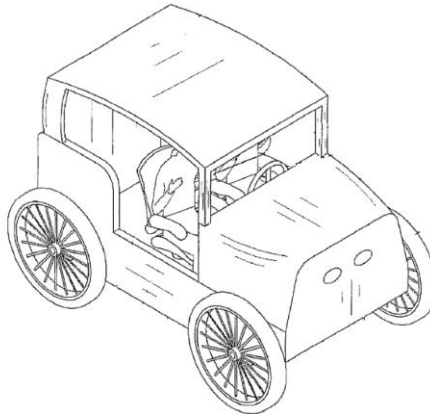


Figura 10. Vehículo de pedales para dos o más personas. [9]

2.3.10 Cuadriciclo de pedales (PEDALED QUADRICYCLE) USD637116

La patente hace referencia a un vehículo de pedales específicamente para uso infantil, que cuenta con cuatro ruedas, un volante, un freno de palanca y dos pedales de manivela a través de los cuales se impulsa la fuerza motriz hacia las ruedas traseras. (Figura 10), [10]

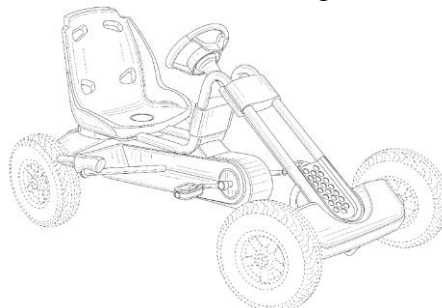


Figura 11. Cuadriciclo de pedales de uso infantil. [10]

2.3.11 Vehículo terrestre propulsado por humanos (HUMAN POWERED LAND VEHICLE) US20150329173A1

En la patente se describe un vehículo impulsado por fuerza motriz humana que cuenta con un asiento reclinado, un volante rectangular, este vehículo también incorpora el uso de una cubierta frontal que evita las salpicaduras de las llantas delanteras y los obstáculos que pudieran presentarse en el camino, tiene dos ruedas delanteras dirigidas y una rueda trasera impulsada por un tren de transmisión (Figura 11) [11]

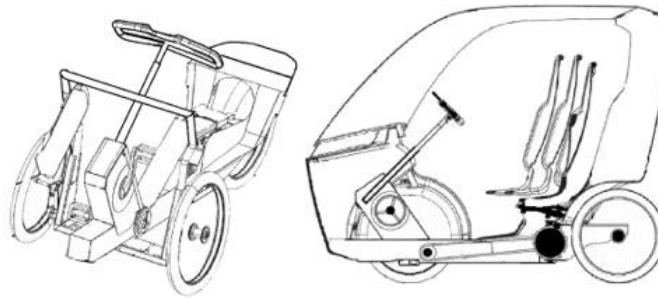


Figura 12. Triciclo de pedales con cubierta frontal y asiento de posiciones. [11]

2.3.12 Tricicleta deportiva (SPORT TRICYCLE) WO2017158212A1

La presente patente hace referencia a la creación de un tipo de triciclo que es capaz de hacer que el conductor sienta que está conduciendo una bicicleta y no un velocípedo de tres ruedas, hace referencia a que la mayoría de los triciclos para adultos son demasiado pesados y por lo tanto necesitan más tracción, la invención nos muestra una horquilla frontal de bicicleta convencional con un diseño que incorpora dos ruedas en la misma horquilla, con diferentes estilos de presentación y que es capaz de dar confortabilidad, estabilidad y seguridad al conductor de dicho vehículo (Figura 12), [12].

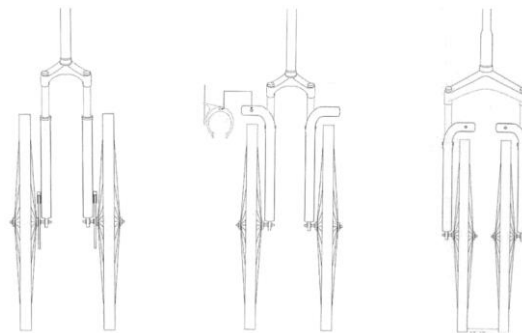


Figura 13. Diseños de horquilla frontal de un triciclo. [12].

2.3.13 Vehículo propulsado por humanos (HUMAN-POWERED VEHICLE) US20180162484A1

La patente nos muestra un vehículo capaz de ser impulsado por pies y manos y que a partir de un manubrio se manipula la rueda delantera que al observarla podemos deducir que es más pequeña que las traseras, utiliza un asiento en forma reclinada y una horquilla delantera en la parte superior de la rueda (Figura 13) [13]

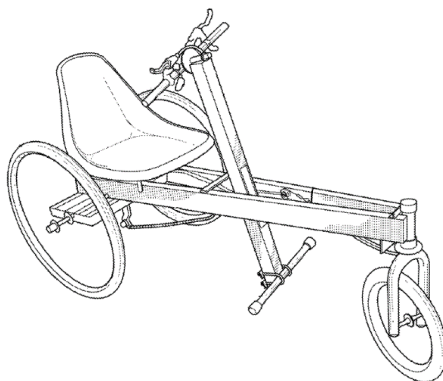


Figura 14. Triciclo reclinado impulsado por pies y manos. [13]

A continuación, se muestra una tabla con las 13 patentes antes descritas donde se indica en Numero de Patente, la Fecha de Publicación Oficial, el Autor(es) y una breve descripción de cada una, (Tabla 1):

No.	Numero de Patente	Fecha	Autor	Descripción
1	FR86705	1885-1886	John Kemp Starley	Primera bicicleta con cadena y piñón denominada "Rover Safety Bicycle"
2	US1799947	7-abril-1931	Walter R. Benjamín	Sistema de pedales unidos con manivelas.
3	US3843145	22-octubre-1974	Raymond E. Templeton	Tren de transmisión con engranaje diferencial.
4	US4497502	5-febrero-1985	Robert C. Forbes, John Vanderkam	Triciclo de pedales con asiento y dirección en los costados.
5	US5280936	25-enero-1994	Dennis Schmidlin	Bicicleta Impulsada por Manos y Pies simultáneamente.
6	US5713590	3-febrero-1998	Thomas S. Clark	Cuadriciclo Propulsado por las manos.
7	US6554308	29-abril-2003	James G. Black	Vehículo que incluye dos bicicletas reclinadas unidas paralelamente.
8	US20050093270A1	5-mayo-2005	Rolland Wilcox, Christopher Knapp	Triciclo desmontable con Asiento Reclinado y armazón de Bicicleta.
9	US7775538	17-agosto-2010	James D. Hertz, Cindy Hertz	Vehículo de pedales para dos o más personas.

10	USD637116	3-mayo-2011	Joachim Kettler	Cuadriciclo de pedales de uso infantil.
11	US20150329173A1	19-noviembre-2015	Hugo de Winter, Kris Bracke, Michel Vermeulen	Triciclo de pedales con cubierta frontal y asiento de posiciones.
12	WO2017158212A1	21-septiembre-2017	Emilio Aranda Donoso	Diseños de Horquilla Frontal de un Triciclo.
13	US20180162484A1	14-junio-2018	Rodney L. Bleifuss	Triciclo Reclinado Impulsado por Pies y Manos.

Tabla 1. Patentes relacionadas que anteceden con el proyecto a realizar.

2.4 Artículos de interés

2.4.1 Diseño y análisis de elemento finito de un triciclo reclinado (Design and FEA of a recumbent trike)

Este documento presenta el diseño de un vehículo ecológico propulsado por humanos con un sistema de accionamiento eléctrico compuesto. El enfoque se ha puesto en la simplicidad en el diseño, alto rendimiento, fácil mantenimiento y seguridad a precios muy razonables. La mayoría de los componentes han sido elegidos teniendo en cuenta la fácil disponibilidad y fiabilidad. Este documento proporciona los detalles de los componentes utilizados y los parámetros de rendimiento que se tienen en cuenta al diseñar el vehículo. Este triciclo híbrido propulsado por humanos es muy eficiente, está diseñado ergonómicamente y puede probarse como un mejor reemplazo del vehículo alimentado que contribuye a la sostenibilidad del medio ambiente. [14].

2.4.2 Diseño completo y análisis de elementos finitos de un vehículo todo terreno (Complete Design and finite element analysis of an all-terrain vehicle)

Este documento presenta el diseño de un vehículo todo terreno con el objetivo de que cumpla con los estándares internacionales y que también sea rentable al mismo tiempo, no obstante, este vehículo puede navegar a través de casi todo terreno, que en última instancia es el objetivo detrás de la fabricación de cualquier vehículo todo terreno, se basó en un diagrama de función cualitativa (QFD) para determinar qué parámetros fueron los más críticos. [15].

La siguiente tabla contiene los datos de estos dos artículos, la revista en la que fueron publicados y una breve descripción de cada uno, (Tabla 2):

No.	Artículo	Revista	Descripción
1	Design and FEA of a Recumbent Trike	International Journal of Mechanical and Industrial Engineering (IJMIE)	<i>Este Artículo hace un estudio detallado del diseño de un triciclo reclinado para dos personas impulsado por Fuerza Motriz Humana y el Análisis de Elemento Finito a la estructura (Roll Cage).</i>
2	Complete Design and Finite Element Analysis of an all-Terrain Vehicle	International Journal of Mechanical and Industrial Engineering (IJMIE)	<i>Este Artículo presenta el diseño y Análisis de elemento finito para un vehículo todo terreno parecido a un Go Kart y evalúa 3 diferentes tipos de tubo para la creación del Roll Cage de aceros (1018, 1020 DOM, y 4130).</i>

Tabla 2. Artículos de interés

2.5 Normas de interés

2.5.1 Formula SAE® baja roules 2020

Es una competencia intercolegial de diseño automotriz organizada por Society of Automotive Engineers (SAE). En México este evento se realiza desde 1995 y actualmente reúne a 50 equipos de las mejores universidades del país, los participantes de esta prueba deben de diseñar, fabricar y poner a prueba su vehículo todo terreno en distintas pruebas como aceleración, maniobrabilidad, ascenso de colina, arrastre y durabilidad. Es un evento dónde no sólo se prueban los autos sino también a los participantes, ya que deben trabajar en equipo, superar las dificultades, trabajar bajo presión y emplear al máximo su creatividad para la solución de problemas. El uso de esta norma nos evidencia que más personas en el mundo están interesadas en diseñar y ensamblar este tipo de vehículos con uso recreativo, en la competencia se especifica el uso de un motor de combustión interna contrario al proyecto que se pretende desarrollar en este protocolo donde se implementara el uso de energía motriz humana. [16].

2.5.2 ASME® Human Powered Vehicle Challenge (HPVC)

Los E-Fests son eventos regionales de tres días y dos noches basados en tecnologías de diseño, fabricación avanzada y robótica, el desafío internacional de vehículos impulsados por humanos (HPVC, por sus siglas en inglés) de ASME brinda a los estudiantes la oportunidad de demostrar la aplicación de principios sólidos de diseño de ingeniería en el desarrollo de alternativas de transporte prácticas y sostenibles. En HPVC, los estudiantes trabajan en equipos para diseñar y construir vehículos eficientes y de alta ingeniería. para uso diario, desde desplazamientos al trabajo, hasta llevar productos al mercado. [17].

No.	Norma Internacional	Fecha de Actualización	Descripción Abstracta
1	Formula SAE® Baja Roules 2020	30-junio-2019	<i>Es una competencia organizada por SAE, la cual promueve anualmente el diseño y construcción de un vehículo tipo Go Kart de competencia impulsado por motor de combustión interna, y que es promovido principalmente para estudiantes de nivel licenciatura del área de ingeniería.</i>
2	ASME® HPVC (Human Powered Vehicle Challenge)	1-mayo-2019	<i>Es una competencia organizada por ASME, la cual promueve anualmente el diseño y construcción de vehículos de tracción humana por parte de las secciones estudiantiles de ASME.</i>

La siguiente tabla de contenido muestra el nombre de la norma la fecha de actualización y una breve descripción de lo que representa, (Tabla 3):

Tabla 3. Normas internacionales de competencias estudiantiles

3. MARCO TEORICO

3.1 Diseño Mecánico

Diseñar es formular un plan para satisfacer una necesidad específica o resolver un problema.

El diseño mecánico es una tarea compleja que requiere de muchas habilidades. Es necesario subdividir grandes relaciones en una serie de tareas simples. La complejidad del tema requiere una secuencia en la que las ideas se presentan y se revisan. Primero se aborda la naturaleza del diseño en general, luego el diseño en la ingeniería mecánica en particular.

El diseño es un proceso iterativo con muchas fases interactivas. Existen muchos recursos para apoyar al diseñador, entre los que se incluyen muchas fuentes de información y una gran abundancia de herramientas de diseño por computadora. Los ingenieros mecánicos están relacionados con la producción y el procesamiento de energía y con el suministro de los medios de producción, las herramientas de transporte y las técnicas de automatización. Las bases de su capacidad y conocimiento son extensas. [18].

3.1.1 Diseño en software CAD (Diseño Asistido por Computadora)

El diseño asistido por computadora (CAD) consiste en el uso de programas de ordenador para crear, modificar, analizar y documentar representaciones gráficas bidimensionales o tridimensionales (2D o 3D) de objetos físicos como una alternativa a los borradores manuales y a los prototipos de producto. El CAD se utiliza mucho en los efectos especiales en los medios y en la animación por ordenador, así como en el diseño industrial y de productos.

El CAD se utiliza a lo largo de todo el proceso de ingeniería, desde el diseño de productos conceptual y la estructura pasando por el análisis de ensambles hasta la definición del método de fabricación. El CAD permite a los ingenieros probar de forma interactiva las variantes de diseño con el número mínimo de prototipos físicos, con el objetivo de:

- Reducir los costos de desarrollo de productos
- Ganar velocidad
- Mejorar la productividad
- Asegurar la calidad
- Reducir el tiempo de lanzamiento al mercado [19]

3.1.2 Fases de diseño en ingeniería

¿Qué es el proceso de diseño? ¿Cómo comienza? ¿El ingeniero simplemente se sienta en la silla de su escritorio con una hoja de papel en blanco y anota algunas ideas? ¿Qué sucede después? ¿Qué factores influyen o controlan las decisiones que deben tomarse? Por último,

¿cómo termina el proceso de diseño? [18]

Las Fases del proceso de diseño se podrían sintetizar de la siguiente manera:

- Reconocimiento de la necesidad
- Definición del Problema
- Síntesis
- Análisis y Optimización
- Evaluación
- Presentación

3.1.3 Responsabilidades profesionales del ingeniero de diseño

En general, el ingeniero de diseño debe satisfacer las necesidades de los usuarios (la administración, clientes, consumidores, etc.) y se espera que lo haga de una manera competente, responsable, ética y profesional. [18].

3.1.4 Diseño conceptual

En los diseños conceptuales se sientan las bases de cómo va a ser el producto, esta es la parte más creativa del desarrollo, generalmente en esta fase se trabaja teniendo siempre muy en cuenta que especificaciones tenemos que cumplir. Es decir, que requisitos nos han dado para el producto, es la parte más creativa porque un problema se puede resolver de muchas maneras y aquí, es donde la mente creativa piensa en distintas soluciones, y se plantean múltiples propuestas, en esta fase de Diseño Conceptual se pueden definir cosas como materiales, el concepto de los mecanismos que lo hacen funcionar, cómo lo va a utilizar el usuario. [20].

3.2 Sistemas de suspensión

Los enganches de muelles están suspendidos por dos tipos diferentes de muelles: barras de torsión o muelles helicoidales. La forma tradicional (histórica) de suspensión, especialmente en tierra, es la barra de torsión. La razón siempre dada para esto es que la suspensión de la barra de torsión proporciona una base de resorte más larga. Pero, ¿qué significa esto y cómo afecta al auto de carreras? Para comprender el efecto de la base del resorte y de qué se trata, primero debe comprender cómo el chasis genera reacciones de fuerza en los resortes. Hay dos tipos diferentes de fuerzas aplicadas sobre los resortes: velocidad de desplazamiento y velocidad de balanceo. La velocidad de desplazamiento es la velocidad de resorte necesaria para sostener el peso del carro. La velocidad de balanceo es la velocidad de resorte adicional requerida para resistir las fuerzas que cargan el exterior del chasis al girar. Durante las curvas, la fuerza centrífuga actúa contra el centro de gravedad (CG) y hace que gire alrededor del eje de balanceo del automóvil (que es una línea imaginaria que conecta los centros de balanceo delantero y trasero). Se requiere rigidez adicional

del resorte para resistir estas fuerzas. El grado de rigidez de los resortes depende de la distancia entre los resortes internos y externos.

La separación de los muelles de lado a lado afecta la cantidad de balanceo que experimenta el automóvil durante la formación y cómo se resiste este rollo. (Figura 15) [21].

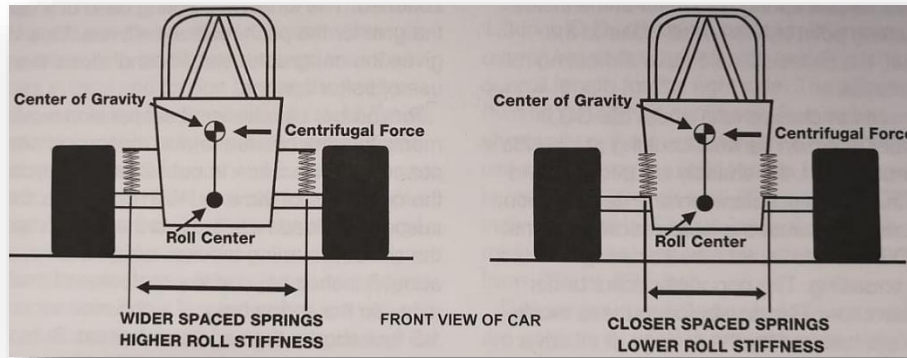


Figura 15. Diagrama 2D de distribución de los resortes. [21]

3.2.1 Tipos de Suspensión

3.2.1.1 Barras de torsión

Las barras de torsión proporcionan acción de resorte a través del movimiento de torsión, la barra se monta dentro de un chasis de tubo (Bujes) que está abierto en ambos extremos.

3.2.1.2 Muelles helicoidales en autos de tierra

Los muelles helicoidales en un chasis enano reaccionan mucho más rápido porque un resorte en espiral reacciona más rápido que una barra de torsión.

3.2.1.3 Sistema de enrollamiento de dos pasos

El propósito del sistema de enrollamiento de dos pasos es proporcionar una tasa de resorte en la compresión y una tasa de resorte diferente en la extensión de la unidad de enrollamiento.

3.3 Transmisión

Se denomina transmisión mecánica a un mecanismo encargado de transmitir potencia entre dos o más elementos dentro de una máquina. En la generalidad, estas transmisiones se realizan a través de elementos rotantes, ya que la transmisión de energía por rotación ocupa menos espacio que aquella por traslación.

3.3.1 Tipos de transmisión

3.3.1.1 Cadena de transmisión

Las transmisiones por cadena trabajan de acuerdo con el principio de engranaje que carecen de nombre platos de estrella o simplemente estrella. En estas transmisiones el engranaje tiene lugar entre los dientes de la estrella y los eslabones de la cadena. (Figura 16).

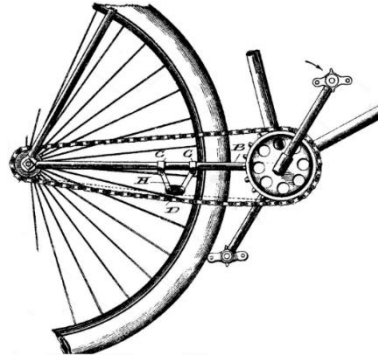


Figura 16. Transmisión convencional para bicicleta de cadena.

3.3.1.2 Correa de transmisión

La transmisión por correa (*belt drive*) trabaja de acuerdo con el principio de poleas dentadas y en vez de cadena tenemos una cinta flexible o correa. La correa está fabricada en fibra de Kevlar lo que le confiere unas altas prestaciones en durabilidad y tensión. El sistema se postula por su excelencia y por estar libre de grasa, fácil de limpiar y cómodo. Este tipo de transmisión es casi un estándar en las modernas bicicletas estáticas o para ejercicio. [22]



Figura 17. Transmisión de correa con caja de cambios [22]

3.3.1.3 Eje de transmisión

Una bicicleta con eje de transmisión (*shaft drive*) es una bicicleta que utiliza un eje en lugar de una cadena para transmitir potencia desde los pedales a la rueda. Las bicicletas con eje de transmisión se introdujeron hace más de un siglo, pero fueron en su mayoría suplantados por las bicicletas accionadas mediante cadenas debido a los rangos posibles de cambios de velocidades con piñones y desviadores. Recientemente, debido a los avances en la tecnología de cambios internos, se ha introducido un pequeño número de modernas bicicletas accionadas con eje de transmisión.



Figura 18. Transmisión de eje ceramic speed. [30]

3.4 Sistema de frenado

El sistema de frenado no tiene solo como propósito principal disminuir la velocidad de cualquier vehículo, además de esta función los frenos ayudan a girar el automóvil, evitan choques y evitan la pérdida de tracción, siendo este sistema uno de los más importantes analizándolo desde el lado de seguridad. [21].

3.4.1 Tipos de frenos

El sistema de freno más utilizado en la actualidad es el de disco y caliper y en las competencias de vehículos motorizados y no motorizados es reglamentario contar con este tipo de frenado.

3.4.1.1 Sistema de frenos de disco

Los frenos de disco son el sistema de frenado más eficaz, consta de un disco rotor metálico sobre el que se ejerce presión a través de las pinzas de freno (que tienen montadas unas pastillas de

material de fricción) mediante un sistema hidráulico, normalmente. Estas pastillas son las que se aplican contra la superficie del disco para generar fuerza de frenado. (Figura 19) [23]



Figura 19. Sistema de frenado de disco y caliper. [21].

3.4.1.2 Sistema de frenos de llanta

Los frenos de llanta (también llamados frenos de aro) se llaman así porque la fuerza de frenado se aplica por la fricción de las almohadillas (pastillas) en la llanta de la rueda giratoria, frenando así la bicicleta. Las almohadillas de freno pueden ser de cuero o de goma y se montan en zapatas de metal. Los frenos de llanta son normalmente activados al apretar una palanca montada en el manillar por el conductor. Los siguientes son algunos de los muchos subtipos de frenos de llanta:

- Frenos de Caliper
- Frenos de Cantiléver
- Frenos V-brake

3.5 Sistema de dirección

El sistema de dirección es un conjunto de mecanismos cuya finalidad consiste en orientar las ruedas delanteras (o directrices) para que el conductor, sin esfuerzo, pueda guiar el vehículo. Este sistema al igual que el de frenos es de suma importancia ya que es el encargado de que a través de un piloto el vehículo tome un rumbo determinado se compone de tres principales elementos:

3.5.1 Volante

Es el elemento que nos permite maniobrar sobre la dirección que va a tomar el vehículo, existen diferentes geometrías para este elemento, pero la más utilizada es la de forma circular, hay diferentes diámetros que dependen de la ergonomía y maniobrabilidad del piloto, teniendo en cuenta que es la parte fundamental en el manejo de la dirección

3.5.2 Columna de dirección

Las Columnas de Dirección se componen de acero (acero de carbono SAE 1045, aceros bonificados SAE 4340 o de cementación SAE 3115) junto con elementos como el cromo, el níquel, molibdeno con descomposición térmica. Todos ellos, materiales de alta resistencia para dar máxima seguridad al sistema de dirección, ejes, cigüeñales o siguiendo con más ejemplos, ejes diferenciales, la Columna de Dirección, se une al volante mediante el buje y a las varillas de dirección mediante rótulas, efectuando un movimiento rotativo que permite desplazar las varillas en conjunto con las manguetas delanteras, dando así giro a las ruedas delanteras.

3.5.3 Varillas de dirección

Las varillas de dirección van acopladas a la columna de dirección, permitiendo dar movimiento a las ruedas, las varillas posibilitan ser graduadas en el plano longitudinal gracias a las rótulas de los extremos.

3.5.4 Manguetas

Las manguetas de las ruedas se acoplan a los soportes del bastidor y a las varillas de dirección, junto a ellas se encajan las ruedas delanteras.

3.6 Jaula antivuelco (Roll Cage)

La jaula antivuelco es una de las partes más cruciales de cualquier automóvil y está diseñada para soportar otros sistemas de control, como el motor, los sistemas de suspensión delantera y trasera, etc. y para resistir golpes y proteger al conductor. [24].

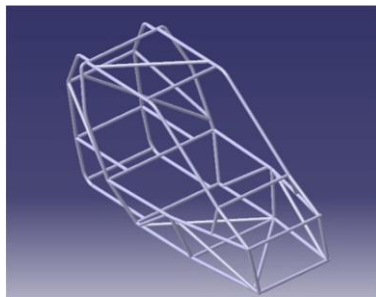


Figura 20. Vista en perspectiva de la jaula antivuelco [24]

3.6.1 Bastidor

Se define como bastidor o cuadro a la estructura compuesta por largueros o vigas longitudinales y travesaños que de una forma tienen como tarea específica fijar y sostener los elementos mecánicos que conforman un vehículo.

3.7 Elementos Accesorios

Son aquellos elementos que conforman el vehículo desde las ruedas hasta los elementos de seguridad pasiva y activa y que complementan el vehículo.

3.7.1 Rueda de bicicleta

Este elemento fue creado para la bicicleta en específico y se ha utilizado en varios velocípedos tales como triciclos, cuadriciclos, entre otros, está compuesta de un neumático de caucho en cuyo interior va una cámara de aire, montado sobre un marco circular principalmente de aluminio que cuenta con un buje central y que esta soportado por radios que también sirven como unión de ambos elementos. La elección principal de este elemento para otro tipo de vehículo suele ser su bajo costo y también su utilidad ya que estas suelen ser delgadas y muy ligeras.

3.7.2 Pedal

Es un componente de apoyo sobre el que se aplica el esfuerzo, el cual se transmite a las ruedas por medio de la cadena, los pedales giran sobre un eje anclado a una biela y están compuestos básicamente por dos partes, la parte de apoyo y el eje que encaja en la biela o en algunos casos un buje con rodamiento, los principales materiales en que estos son fabricados en polímeros de alta resistencia y metales ligeros.

3.7.3 Asiento

Se denomina asiento al lugar establecido para que el conductor y los pasajeros se aposenten.

3.8 Elementos de seguridad

La principal función de estos elementos es evitar cualquier percance y en dado caso de haberlo proteger al conductor y a los pasajeros en caso de colisión o vuelco, existen dos tipos de seguridad, la seguridad activa y la seguridad pasiva.

3.8.1 Seguridad activa

Es el conjunto de todos aquellos elementos y sistemas que contribuyen a proporcionar una mayor eficacia y estabilidad al vehículo en marcha, y en la medida de lo posible, evitar un accidente, en esto se ven inmersos algunos de los siguientes sistemas y elementos:

- Sistema de frenado
- Sistema de dirección
- Sistema de suspensión
- Los neumáticos y su adherencia al suelo
- La iluminación

3.8.2 Seguridad Pasiva

Son los elementos que reducen al mínimo los daños que se pueden producir cuando el accidente es inevitable, algunos ejemplos son los siguientes:

- Los cinturones de seguridad
- Jaula Antivuelco (Roll Cage)
- Reposacabezas
- Casco

4. METODOLOGIA



Figura 21. Diagrama de bloques de la metodología.

4.1 Diseño conceptual

Analizando este proceso desde un punto de vista metodológico, este proceso da lugar a la creatividad, el razonamiento, una lluvia de ideas e incluso la resolución de ciertos problemas que se presentan al desarrollar un proyecto, este proceso es la primera parte de un desarrollo evolutivo a lo largo de varios pasos a seguir con el fin de crear o innovar. Con lo antes dicho se usará esta herramienta de metodología para realizar diseños conceptuales que tomen en cuenta las necesidades, requisitos y especificaciones planteados, en este apartado se pretende obtener el conocimiento de todos los elementos que se van a utilizar para la creación del vehículo biplaza.

Las necesidades en la actualidad son la disminución de agentes contaminantes en el medio ambiente así como el reforzamiento de la convivencia entre padre e hijos por lo que el enfoque de este proyecto es crear un vehículo que cubra por completo las necesidades antes dichas, La creación de un vehículo que sea ligero fácil de operar y que tenga una buena maniobrabilidad, además de contar con algún compartimento que haga la función de una cajuela es esencial, además de la elección de la mejor transmisión para que con poco esfuerzo se pueda impulsar.

4.2 Análisis cinemático de diferentes sistemas de transmisión

Se pretende obtener un vehículo que sea impulsado por la menor energía motriz posible, este proceso es uno de los más importantes ya que la transmisión que se elija debe adaptarse a las necesidades del diseñador y cumplir con el requerimiento de ser óptimo para mover de su equilibrio estático al vehículo. Se debe considerar el uso obligatorio de un diferencial que pueda evitar que el vehículo subvire o sobrevire al girar.

4.2.1 Análisis cinemático

El análisis cinemático se utiliza para evaluar el movimiento del mecanismo gobernado por motores cinemáticos. Se puede utilizar cualquier motor cinemático de eje de movimiento con un perfil, lo que producirá una aceleración finita.

La cinemática es una rama de la dinámica que se ocupa de aspectos del movimiento aparte de considerar masa y fuerza. Un análisis cinemático simula el movimiento del mecanismo, por lo que cumple los requisitos de los perfiles de los motores cinemáticos y de cualquier conexión de unión, por leva, en ranura o por engranajes. Este tipo de análisis no tiene en cuenta las fuerzas. Por tanto, no se pueden utilizar motores dinámicos y tampoco es necesario especificar propiedades de masa para el mecanismo. Las entidades dinámicas del modelo, como muelles, amortiguadores, gravedad, fuerzas/torsiones y motores dinámicos no afectan al análisis cinemático.

Los análisis cinemáticos se pueden utilizar para obtener información sobre:

- La posición, velocidad y aceleración de entidades geométricas y conexiones
- La interferencia entre componentes
- Las curvas trazadas del movimiento del mecanismo
- Los envolventes de movimiento que capturan el movimiento del mecanismo como una pieza

4.3 Diseño del sistema de dirección

En la mayoría de los vehículos el sistema más popular es el de piñón-cremayera ya que este es uno de los más seguros y seguros, también tiene que ver la simplicidad con la que operan ya que su forma de operación es relativamente sencilla.



Figura 22. Sistema de dirección piñón-cremayera

4.3.1 Características que deben reunir todo sistema dirección

Siendo la dirección uno de los órganos más importantes en el vehículo junto con el sistema de frenos, ya que de estos elementos depende la seguridad de las personas; debe reunir una serie de cualidades que proporcionan al conductor, la seguridad y comodidad necesaria en la conducción.

Estas cualidades son las siguientes:

- **Seguridad:** depende de la fiabilidad del mecanismo, de la calidad de los materiales empleados y del entretenimiento adecuado.
- **Suavidad:** se consigue con un montaje preciso, una desmultiplicación adecuada y un perfecto engrase. La dureza en la conducción hace que ésta sea desagradable, a veces difícil y siempre fatigosa. Puede producirse por colocar unos neumáticos inadecuados o mal inflados, por un "avance" o "salida" exagerados, por carga excesiva sobre las ruedas directrices y por estar el eje o el chasis deformado.
- **Precisión:** se consigue haciendo que la dirección no sea muy dura ni muy suave. Si la dirección es muy dura por un excesivo ataque (mal reglaje) o pequeña desmultiplicación (inadecuada), la conducción se hace fatigosa e imprecisa; por el contrario, si es muy suave, por causa de una desmultiplicación grande, el conductor no siente la dirección y el vehículo sigue una trayectoria imprecisa. La falta de precisión puede ser debida a las siguientes causas:
 - Por excesivo juego en los órganos de dirección.
 - Por alabeo de las ruedas, que implica una modificación periódica en las cotas de reglaje y que no debe de exceder de 2 a 3 mm.
 - Por un desgaste desigual en los neumáticos (falso redondeo), que hace ascender a la mangueta en cada vuelta, modificando por tanto las cotas de reglaje.
 - El desequilibrio de las ruedas, que es el principal causante del shimmy, consiste en una serie de movimientos oscilatorios de las ruedas alrededor de su eje, que se transmite a la dirección, produciendo reacciones de vibración en el volante.
 - Por la presión inadecuada en los neumáticos, que modifica las cotas de reglaje y que, si no es igual en las dos ruedas, hace que el vehículo se desvíe a un lado.
- **Irreversibilidad:** consiste en que el volante debe mandar el giro a las, pero, por el contrario, las oscilaciones que toman estas, debido a las incidencias del terreno, no deben ser transmitidas al volante. Esto se consigue dando a los filetes del sin fin la inclinación adecuada, que debe ser relativamente pequeña.

Como las trayectorias a recorrer por la ruedas directrices son distintas en una curva (la rueda exterior ha de recorrer un camino más largo por ser mayor su radio de giro, como se ve en la figura inferior), la orientación que debe darse a cada una distinta también (la exterior debe abrirse más), y para que ambas sigan la trayectoria deseada, debe cumplirse la condición de que todas las ruedas del vehículo, en cualquier momento de su orientación, sigan trayectorias curvas de un mismo centro O (concéntricas), situado en la prolongación del eje de las ruedas traseras. Para conseguirlo se disponen los brazos de acoplamiento A y B que mandan la orientación de las ruedas, de manera

que, en la posición en línea recta, sus prolongaciones se corten en el centro C del puente trasero o muy cerca de este.

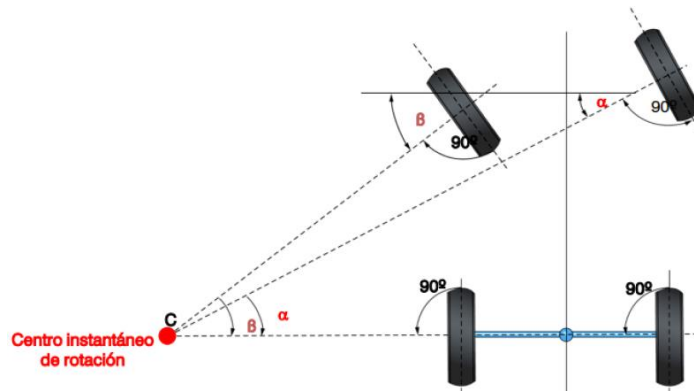


Figura 23. Geometría de giro propuesta por Ackermann [31]

4.4 Selección del sistema de suspensión

Un sistema de suspensión en el automóvil cumple con generar la confortabilidad necesaria durante la marcha a los pasajeros, evitando que las oscilaciones del terreno se transmitan a la carrocería. Además, contribuye a la estabilidad del vehículo, manteniendo en contacto las ruedas con el terreno, mejorando la adherencia y la respuesta de la dirección.

4.4.1 Elementos elásticos de la suspensión

En la actualidad, se utilizan cuatro tipos de elementos elásticos en sistema de suspensión:

- Ballestas.
- Muelles helicoidales.
- Barras de torsión.
- Suspensión hidráulica (de Citroën).

Se buscará cual es el mejor sistema de transmisión, que tenga las características y que se acople a las necesidades impuestas por el diseñador, tomando en cuenta que la seguridad de operación es lo más importante.

4.5 Selección del sistema de frenos

El sistema de frenos es uno de los elementos de seguridad más importantes de un automóvil. Este mecanismo ofrece protección, ya que permite detener un vehículo en movimiento. Implica un proceso de transformación, donde la energía mecánica del movimiento se convierte en calor, generado por la fricción al accionar el pedal de frenos. La mayor parte de la presión de freno es ejercida en las llantas delanteras.

4.5.1 Frenos de disco mecánicos para bicicleta

Los frenos de disco mecánicos son operados por un cable, al igual que la gran mayoría de los frenos de llanta, suelen ser más efectivos a la hora de frenar por completo el vehículo y tienen un costo accesible donde incluso se pueden utilizar las palancas de un sistema de freno de llanta convencional.

Las partes principales de este sistema son:

- Palanca de Accionamiento
- Chicote
- Caliper o pinza
- Almohadillas o pastillas
- Disco



Figura 24. Sistema de frenos mecánicos de disco para bicicleta

4.5.2 Frenos de disco hidráulicos para bicicleta

Al tirar de la palanca de freno en un sistema hidráulico mueve un pistón dentro del cilindro maestro que fuerza el líquido de frenos hacia la pinza de freno. Este actúa sobre los pistones, en la pinza de freno, para empujar las pastillas de freno contra el rotor de disco. Los sistemas hidráulicos son más eficientes que los frenos de disco mecánicos por lo que se necesita aplicar menos presión en la palanca para el mismo nivel de potencia de frenado. Esto significa que usted puede obtener una mejor modulación.



Figura 25. Sistema de frenos mecánicos de disco para bicicleta

4.6 Diseño del bastidor en solid works 2019

Lo que se pretende realizar en este apartado es diseñar un tipo de bastidor que cumpla con la función principal de ser la base de todos los elementos de acoplamiento del vehículo y así mismo que soporte todos los diferentes subsistemas antes descritos, se determinara el material que se acople a los estándares impuestos, teniendo en cuenta que el peso y la distribución de espacios son lo principal a considerar. El diseño de este elemento se realizará por diseño tradicional y en el software CAD Solid Works 2019 en su versión Estudiantil.

4.7 Selección de los elementos accesorios de confort y de seguridad

Este tipo de elementos tienen como función específica complementar los diferentes subsistemas y dar una seguridad y confortabilidad al conductor y pasajero.

Algunos de los elementos que se seleccionaran son:

- Llantas
- Rines
- Asientos
- Elementos de Iluminación
- Guantes de manejo
- Viseras
- Reposacabezas
- Cinturones de Seguridad
- Espejos Retrovisores

4.8 Análisis del bastidor y del sistema de dirección en el software ANSYS 2019.

Con el uso de la herramienta de Software CAE ANSYS 2019 en su versión Estudiantil se pretende obtener datos como concentración de esfuerzos en distintos puntos del bastidor y también en el mecanismo de dirección con el fin de evaluar la geometría y si el uso del material propuesto es el adecuado, este Software hace el análisis con el uso de un método conocido como Método del Elemento Finito (FEM por sus siglas en inglés).

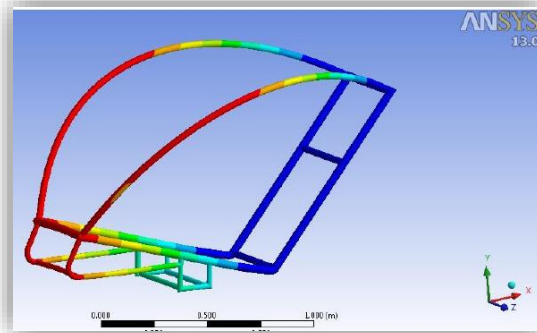


Figura 26. Desplazamiento durante el impacto frontal [14]

4.9 Síntesis del Diseño final en Solid Works 2019.

Esta es una de las etapas finales del proyecto donde se pretende ya tener diseñadas y seleccionadas cada una de las partes que van a formar parte del vehículo, esta etapa demostrara por completo el vehículo ya con todos los subsistemas y elementos accesorios y de seguridad, se llevara a cabo con la ayuda del software CAD SolidWorks® 2019 en su versión Estudiantil.



Figura 27. Ejemplo de un vehículo ensamblado por completo [14]

5. RESULTADOS

El diseño conceptual de las partes que conforman el proyecto es la parte más importante, puesto que en este paso se diseñaron todas las partes que conforman el vehículo sin ningún tipo de estudio.

5.1 Bastidor

Este fue el primer diseño del bastidor, para el cual se consideró un tubo cuadrado de 2 * 2 pulg, 1.3 m de largo y 1 m de ancho, con una distancia entre pasajeros de 0.24 m.

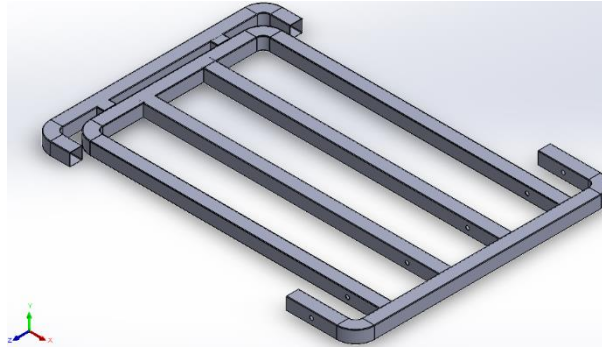


Figura 28. Primer diseño conceptual del bastidor

De acuerdo a un análisis de costos tabla 4, se pudo determinar que la mejor opción económica es, usar PTR Galvanizado de 1 ½ pulg, la forma del bastidor cambio en distancias y en componentes, pues ya se consideró el sistema de suspensión, logrando así dar una distancia total de largo de 1.6 m y 0.540 m de ancho. [25] [26] [27].

Tipo de Material	Sección (mm)	Espesor (mm)	Peso (Kg/m)	Costo Aproximado (6.10m)	Costo Total
Acero P.T.R. Galvanizado	38.1*38.1	1.20	3.17	\$500	\$1000
Perfil de Aluminio 6063	38*38	2	0.816	\$1400	\$2800
Perfil Ornamental de Acero Inoxidable T304	38.1*38.1	1.20	3.0	\$1300	\$2600

Tabla 4. Tabla de costos aproximados para la creación del bastidor.

Con el apoyo de esta tabla se obtuvo el siguiente diseño conceptual del bastidor, donde se disminuyó la medida del tubo de 0.381 mm (1 ½ pulgada) a 0.254mm (1 pulgada), también se considera una división en el bastidor para la creación del sistema de suspensión.

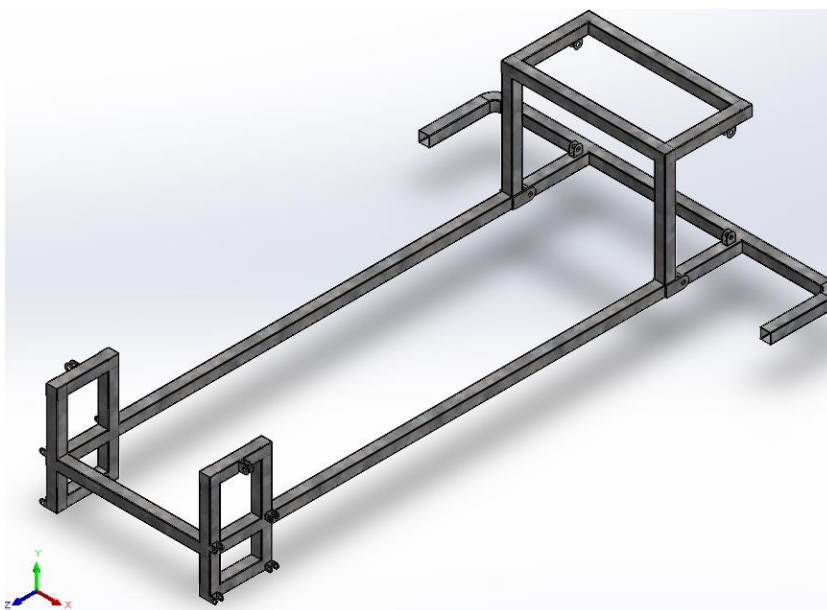


Figura 29. Segundo diseño conceptual del bastidor

Para el diseño a detalle del bastidor se consideraron algunas variables de diseño, para comenzar un estudio de antropometría del mexicano promedio, un análisis de esfuerzo, se consideró también esta vez el tipo de material, el costo y el peso de cada uno como se muestra en la tabla 5.

<i>Tipo de Material</i>	<i>Sección (mm)</i>	<i>Espesor (mm)</i>	<i>Peso (Kg/m)</i>	<i>Costo Aproximado (6.10m)</i>	<i>Peso Total (Kg)</i>
<i>Acero P.T.R. Galvanizado</i>	25.4 * 25.4	1.2	1.6	\$1500	25.45
<i>Perfil de Aluminio 6063</i>	38*38	2	0.816	\$4200	15.75
<i>Perfil Ornamental de Acero Inoxidable T304</i>	38*38	2	1.75	\$3600	27.2

Tabla 5. Tabla de costos aproximados para la creación del bastidor.

5.2 Análisis de elemento finito del bastidor aplicado a diferentes materiales

En el análisis de esfuerzos del bastidor, se utilizó la herramienta SolidWorks® y los resultados que se obtuvieron nos muestran que los tres tipos de material son capaces de cumplir con el trabajo necesario para la operación del vehículo, el bastidor fue sometido a una carga de 1962 N considerando que este, va a soportar a dos personas de 100 kg cada una.

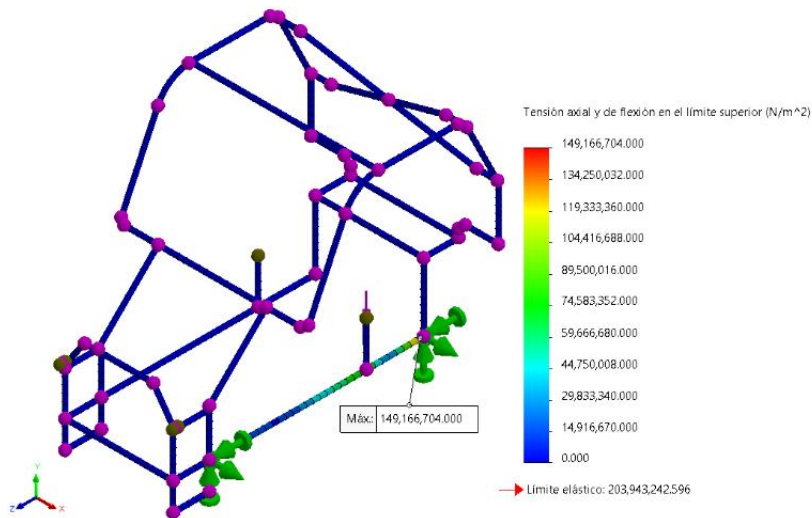


Figura 30. Análisis del bastidor en acero galvanizado

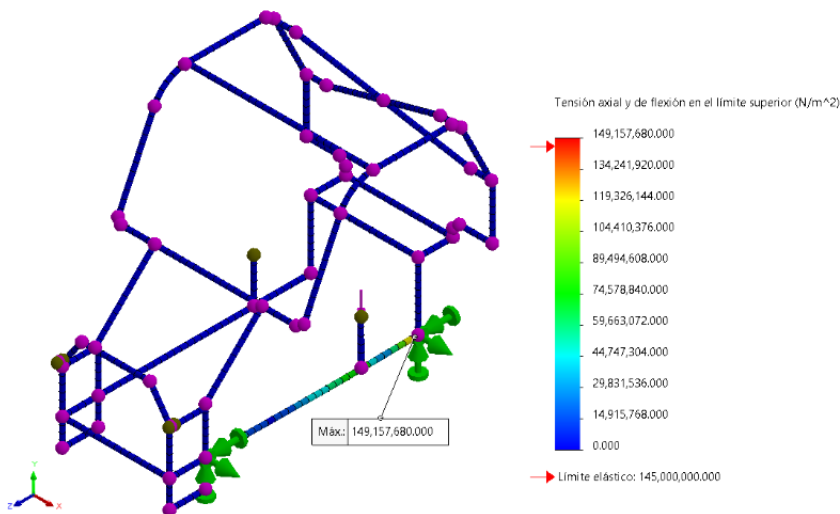


Figura 31. Análisis del bastidor en aluminio 6063 T5

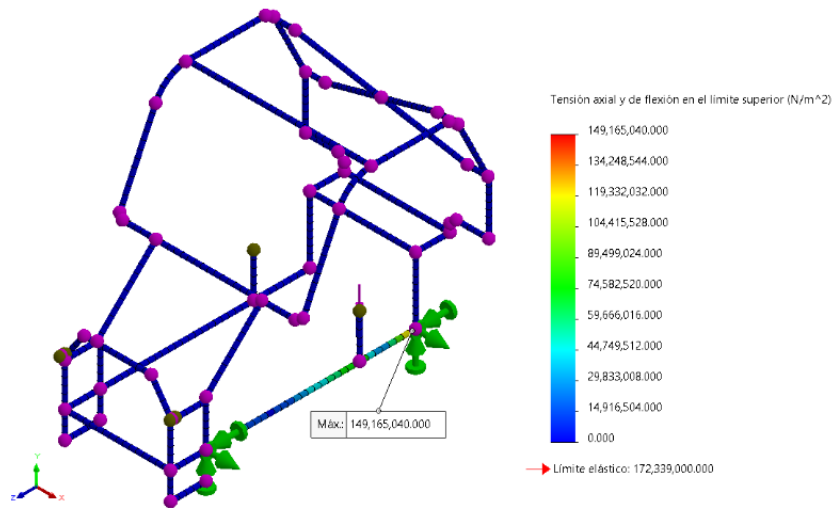


Figura 32. Análisis del bastidor en acero inoxidable T304

5.3 Estudio antropométrico del mexicano promedio

La implementación de un estudio antropométrico del mexicano promedio nos llevó a obtener las medidas exactas para la correcta operación del vehículo, a través de esto se pudo determinar que las medidas del asiento, la posición del volante y de separación entre las dos personas.

En las siguientes imágenes se muestran las medidas de una persona de entre 18 y 65 años de edad de pie y sentada, destacando que la altura promedio del mexicano es de 1.67 m.

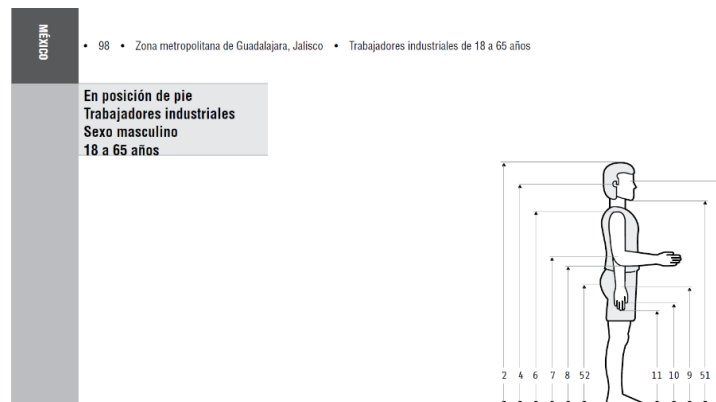


Figura 33. Imagen guía de medidas de un mexicano de pie [28]

Dimensiones	18 - 65 años (n=396)				
	̄	D.E.	Percentiles		
			5	50	95
1 Peso (Kg)	73	12.33	55.31	72.10	97.30
2 Estatura	1675	62.80	1576	1668	1780
3 Altura de ojos	1550	61.80	1447	1546	1651
4 Altura oído	1538	63.70	1439	1534	1635
6 Altura hombro	1380	58.49	1281	1377	1477
7 Altura codo	1068	55.02	988	1065	1145
8 Altura codo flexionado	969	40.81	906	969	1046
9 Altura muñeca	825	39.49	757	822	919
10 Altura nudillo	740	43.56	680	740	800
11 Altura dedo medio	639	35.31	584	638	697
33 Diámetro a-p cabeza	198	8.98	182	194	205
51 Altura mentón	1442	61.20	1337	1440	1544
52 Altura trocánter may.	873	44.61	810	872	940

Figura 34. Tabla de medidas de un mexicano de pie [28]

En las siguientes imágenes se muestran la guía de medidas y la tabla de medidas en posición sentado, la cual es la forma principal que tomara el cuerpo una vez que se esté operando el velocípedo.

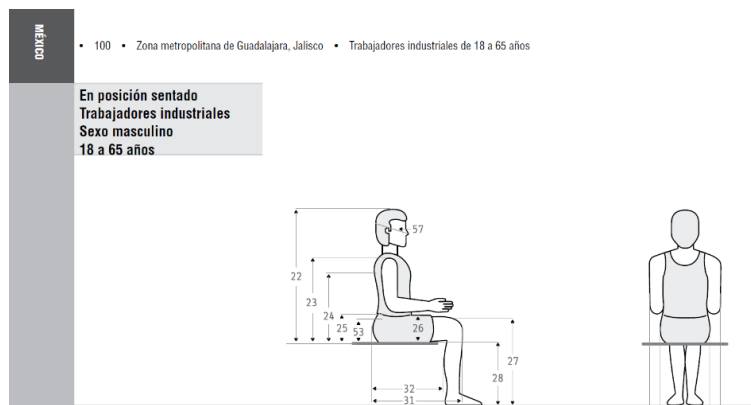


Figura 35. Imagen guía de medidas de un mexicano en posición sentado [28]

Dimensiones	18 - 65 años (n=396)				
	̄	D.E.	Percentiles		
			5	50	95
22 Altura normal sentado	876	31.17	825	877	927
23 Altura hombro sentado	581	27.63	535	582	638
24 Altura omoplato	442	27.66	396	443	486
25 Altura codo sentado	246	28.36	201	245	290
53 Altura cresta ilíaca	195	19.19	158	198	223
26 Altura máx. muslo	152	18.09	127	150	178
27 Altura rodilla	513	25.79	473	512	556
28 Altura poplitea	412	25.65	374	412	453
29 Anchura codos	531	54.90	443	529	620
30 Anchura cadera sentado	374	31.26	328	372	423
31 Longitud nalga-rodilla	583	33.41	537	582	640
32 Longitud nalga-popliteo	476	28.92	432	475	526
57 Diámetro a-p cara	222	8.27	207	222	235

Figura 36. Tabla de medidas de un mexicano en posición sentado [28]

Con la finalidad de Optimizar las medidas de longitud del bastidor, se utilizaron las figuras antes mencionadas, como resultado se obtuvo la siguiente imagen, donde se insertaron las medidas y se obtuvo una disminución de 0.3 m.

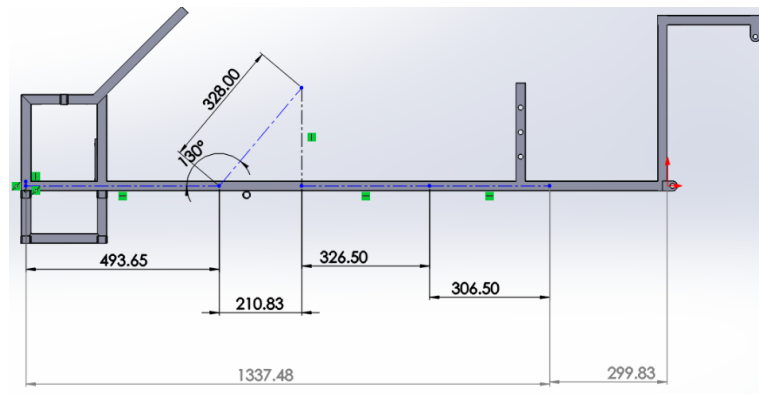


Figura 37. Medidas insertadas en el chasis anterior

A continuación, se muestra una imagen de las medidas consideradas para la optimización del bastidor, mismas que fueron tomadas del libro [28].

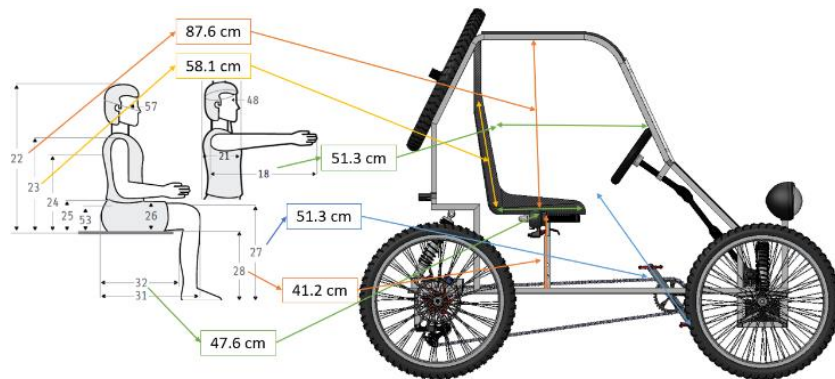


Figura 38. Medidas optimización del bastidor y el asiento [28]

El diseño preliminar del bastidor completo se muestra en la siguiente figura, donde ya fueron corregidas las medidas de longitud y también ya se consideró la parte de la jaula antivuelco.

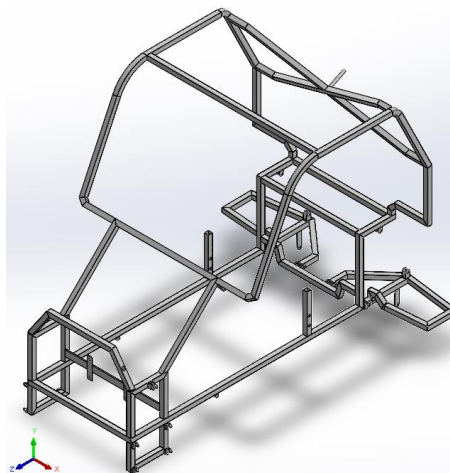


Figura 39. Nuevo chasis con medidas corregidas

5.4 Sistema de suspensión

El diseño de la suspensión fue inspirado en el sistema para vehículos todo terreno, tales como los de la competencia [16], no obstante, solo la parte de la suspensión frontal es de horquillas independientes, la parte de la suspensión trasera es creado a partir de algunos sistemas que ya existen, sin embargo, no consta de ser igual. En la imagen posterior se muestra la parte de la suspensión delantera del vehículo ya ensamblado con los amortiguadores.

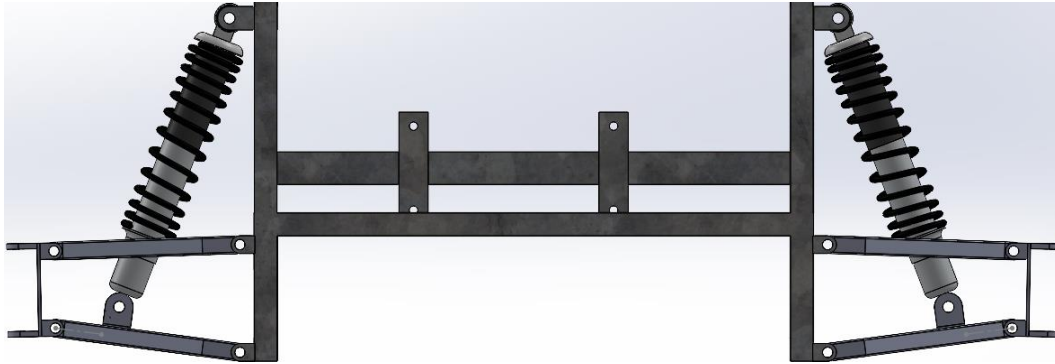


Figura 40. Sistema de suspensión completo.

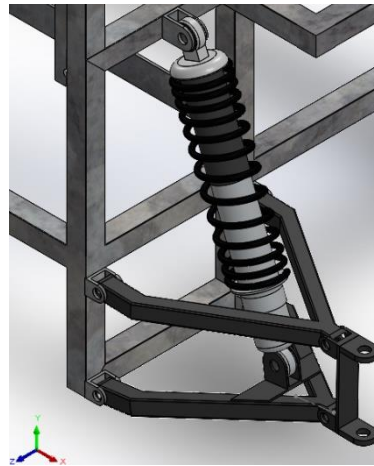


Figura 41. Horquillas y amortiguador frontales

En la siguiente figura se muestra el sistema de suspensión trasera, donde no se utilizan horquillas independientes, sino que todo el bastidor pasa a ser una horquilla.

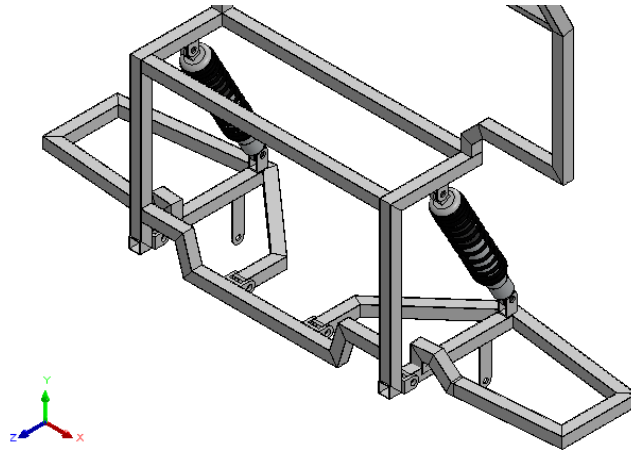


Figura 42. Suspensión trasera en vista isométrica

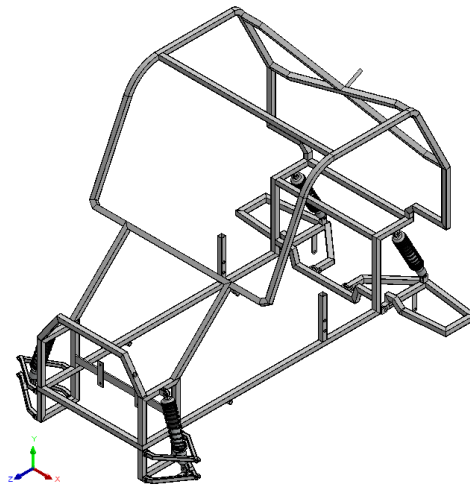


Figura 43. Suspensión trasera y delantera en vista isométrica

5.5 Análisis estático de las horquillas frontal y trasera

El diseño de las horquillas traseras sufrió un cambio importante, al realizar el análisis de elemento finito con la carga distribuida en las cuatro ruedas donde se determinó que considerando dos personas de 100 kg más los 50.4 kg de peso del vehículo, se obtiene una fuerza de 2462.31 N.

El sistema de suspensión trasero se sometió a un análisis de esfuerzos, se constató que no soportaría la carga, como se muestra la figura 44, donde se observa que el esfuerzo en la curva sobrepasa el límite elástico de 203 Mpa, siendo el valor máximo de 367 Mpa en ese punto.

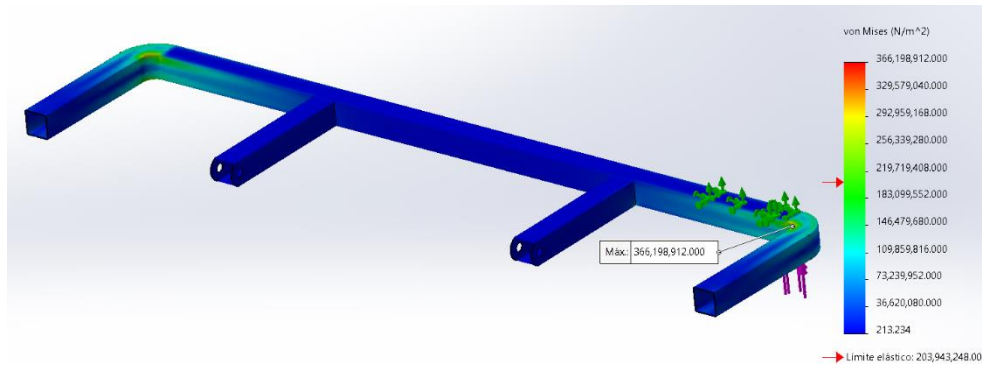


Figura 44. Análisis estático de la horquilla antes de modificar

En la figura 45, se muestra el resultado del análisis estático al que fue sometido el nuevo diseño de la suspensión trasera, donde esta se modificó para que fuese independiente, el valor máximo que alcanzó el esfuerzo de deformación es de 141Mpa, es viable el uso de este diseño en el vehículo.

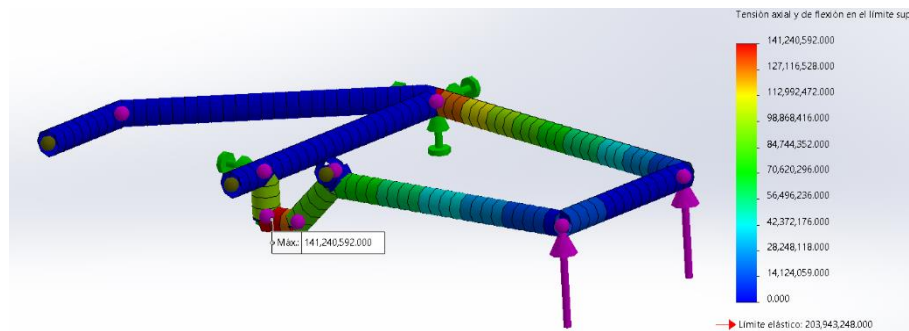


Figura 45. Análisis estático de la nueva horquilla trasera independiente.

Es importante no solo analizar las horquillas traseras del velocípedo, sino que también se analizó una de las horquillas frontales puesto que todas tienen el mismo material y medidas, el resultado de este análisis estático evidencia su correcto diseño, y con esto la fiabilidad para la fabricación de la suspensión frontal y trasera.

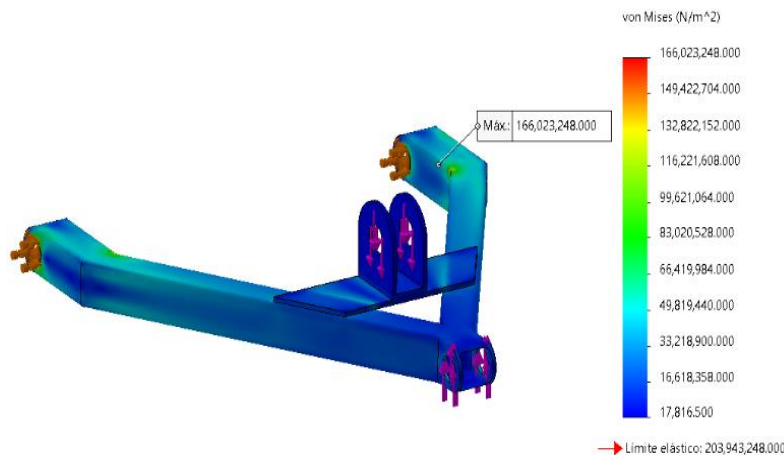


Figura 46. Análisis de la horquilla frontal

5.6 Sistema de transmisión

El sistema tipo Catarina-Piñón es el más utilizado y también el más económico, además presenta un alto rendimiento y también un bajo índice de fallas, de lo antes mencionado se determinó que el uso de una transmisión que sea (1*6) es lo más conveniente ya que la relación sería de, un plato de 48 dientes y 197 mm de diámetro, a un Piñón trasero de 6 velocidades con un plato de diámetro máximo de 115 mm.



Figura 47. Sistema de transmisión de 0.9 m de separación entre piñones

Con la unión de los dos componentes, un desviador y la cadena formamos la transmisión tal como se muestra en la siguiente figura donde se aprecian en paralelo, cada una de las transmisiones son totalmente independientes y proporcionan energía a cada una de las ruedas traseras del vehículo.

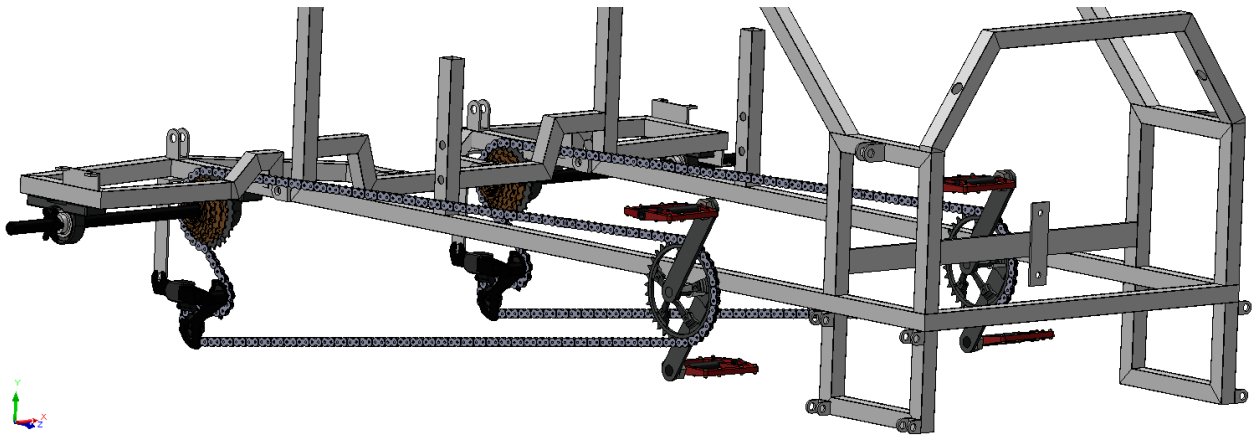


Figura 48. Sistema de transmisión de 0.9 m de separación entre piñones

Con la aportación de una segunda persona en el vehículo a una de las ruedas traseras se busca que este velocípedo pueda alcanzar una velocidad promedio de 28 km/h y ser un vehículo que requiera poco impulso.

Se realizó un análisis estático de elemento finito al piñón frontal, con la finalidad de demostrar que el material con el que este tipo de componentes se fabrica, es apto para el trabajo requerido, tomando como referencia el torque calculado de una persona promedio. Para la obtención del torque se realizó un análisis de impulso humano el cual se obtuvo a partir de un artículo indexado [29], donde se indica que una persona promedio puede impulsar ¼ de caballo de potencia, también se necesitó las revoluciones por minuto que impulsa una persona promedio mexicana y arrojó que aproximadamente son 70 rpm.

$$T = \frac{P}{W} = \frac{Hp(745.7) = W}{\frac{Rad}{s}}$$

$$P = \frac{1}{4} * \frac{1745.7}{1} = 186.425 \text{ Watts}$$

$$1 \text{ rpm} = \frac{1 \text{ revolución}}{1 \text{ minuto}} = \frac{2\pi \text{ radianes}}{1 \text{ minuto}} = \frac{2\pi \text{ radianes}}{60 \text{ segundos}} = \frac{\pi}{30} \frac{rad}{s}$$

$$\text{Velocidad en rpm} \times \frac{\pi}{30} = \text{Velocidad en } \frac{rad}{s}$$

$$W = (70Rpm) * \frac{\pi}{30} = 7.330382 \frac{rad}{s}$$

$$T = \frac{186.425 \text{ W}}{7.330382 \frac{rad}{s}} = 25.43 \text{ N} * m$$

Con los datos obtenidos en la operación anterior el torque de 25.43 N*m se calculó el esfuerzo y la deformación unitaria en uno de los piñones de la estrella frontal del vehículo mostrado en la figura 46.

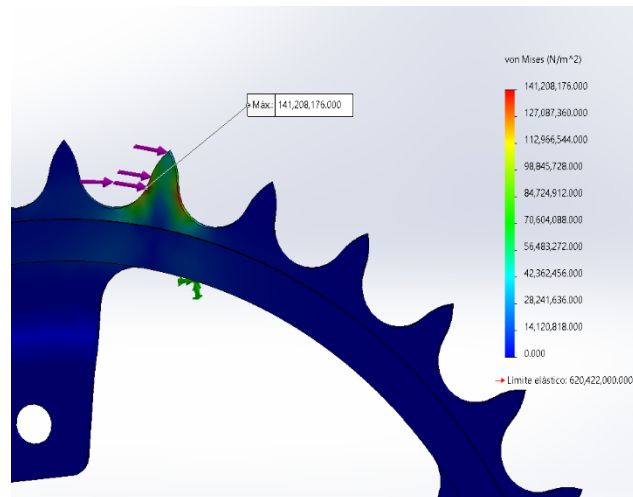


Figura 49. Sistema de dirección de cuatro barras

5.7 Sistema de dirección

Para la selección del sistema de dirección se evaluaron dos tipos de sistemas distintos, uno que corresponde al conocido sistema de cuatro barras y el otro es el sistema convencional para uso automotriz el cual es el de piñon-cremayera, a continuación, en la figura se muestra la primera opción de sistema de dirección.



Figura 50. Sistema de dirección de cuatro barras

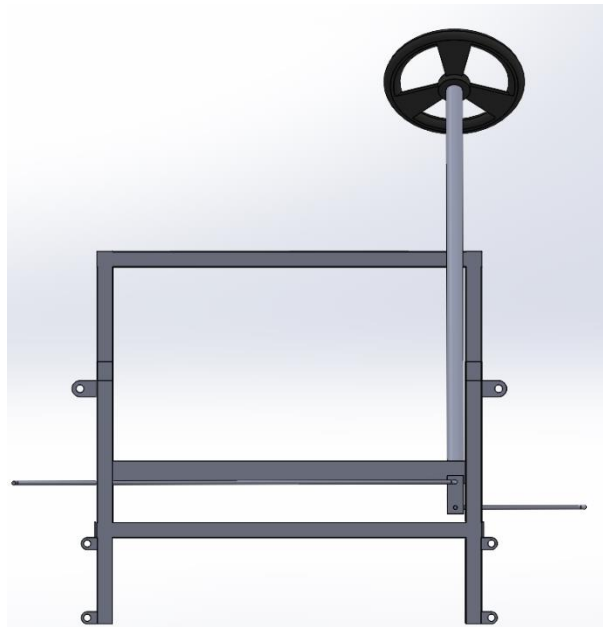


Figura 51. Sistema de dirección de cuatro barras ya ensamblado en el bastidor

El sistema de dirección de piñon-cremayera es el más usado en el sector automotriz y por lo consiguiente la selección de este tipo de sistema es la mejor opción, ya que el índice de falla es mucho menor que el de cuatro barras.

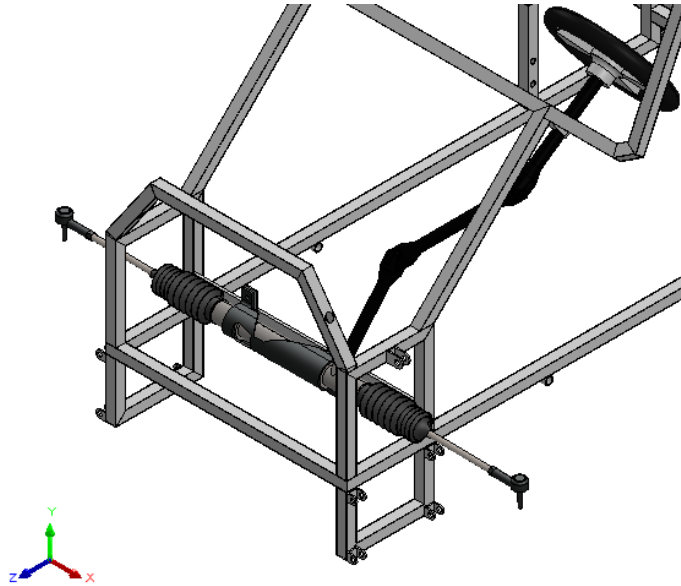


Figura 52. Sistema de dirección de tipo piñon-cremayera

El radio de giro máximo del vehículo se calculó de acuerdo al principio de Ackermann, donde se enuncia que cuando un vehículo gira en una curva, los ejes de todas las ruedas deben concurrir en un punto, el centro instantáneo de rotación. La mangueta de la rueda interior debe de girar un ángulo mayor que la de la rueda exterior, luego se precisa una divergencia de las ruedas delanteras cuando se toman las curvas para evitar el desgaste de las cubiertas y evitar el deslizamiento.

En la figura 45 se muestra el cálculo de radio máximo, de acuerdo al modelo diseñado en CAD, donde se puede observar claramente que de acuerdo a tres medidas del vehículo se obtienen, el ángulo de giro de la rueda interior y exterior, demostrando que cumple con el principio de Ackermann.

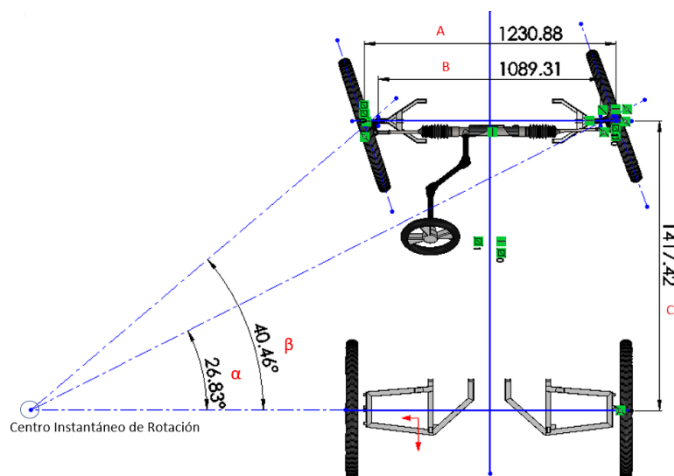


Figura 53. Cálculo de ángulos de giro del vehículo

En la siguiente tabla, se muestran los valores para el radio de giro máximo que se calcularon a partir de la formula mostrada en la tabla 6.

Radio de Giro (R)	Formula	Valor
Rueda Delantera Interior	$R = \frac{a}{\sin(\alpha)} * \left(\frac{c-b}{2}\right)$	0.311 m
Rueda Delantera Exterior	$R = \frac{a}{\sin(\beta)} + \left(\frac{c-b}{2}\right)$	2.89 m

Tabla 6. Tabla de cálculo de giro máximo.

Se muestra en la siguiente figura 54 el sistema de dirección, está compuesto de una caja de dirección con diámetro de entrada del eje de 0.021 m, una distancia entre agujeros de montaje de 0.215 m, la cremallera tiene una longitud de 0.462 m y una longitud de rosca de 0.033 m.

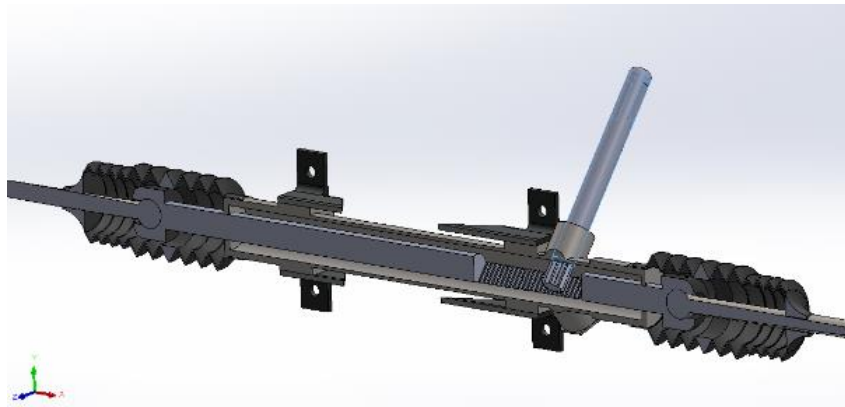


Figura 54 Sistema de dirección seccionado

5.8 Ensamblaje del Vehículo

El ensamblaje de cada uno de los subsistemas se realizó en el programa SolidWorks® 2019 en su versión estudiantil, cabe resaltar que el diseño cuenta con el movimiento total de todas sus partes, siendo esta una oportunidad de mostrar el funcionamiento simulado, a continuación, se muestran las imágenes renderizadas del velocípedo en su vista frontal, trasera, de costado e isométrica.

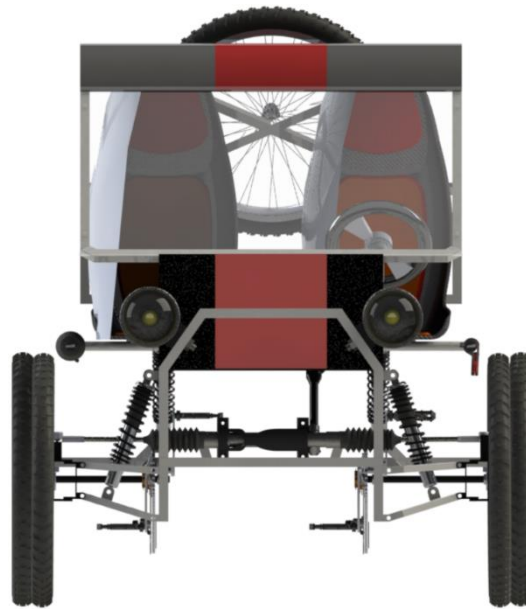


Figura 55. Vista frontal del ensamblaje completo



Figura 56. Vista trasera del ensamblaje completo



Figura 57. Vista lateral del ensamblaje completo



Figura 58. Vista lateral del ensamblaje completo

Los precios de las refacciones requeridas en la creación de este vehículo se presentan a continuación, son un total de 24 piezas y el costo total es de 15,910.00 pesos mexicanos, esta tabla solo contiene los costos aproximados y no incluye la mano de obra.

No.	Cantidad	Descripción	Costo P/U	Costo Total
1	4	Tramos de 6 metros	\$ 500.00	\$ 2,000.00
2	2	Rines de bicicleta rodada 26	\$ 290.00	\$ 580.00
3	2	Rines de Bicicleta rodada 24	\$ 290.00	\$ 580.00

4	2	Llantas de Bicicleta rodada 26	\$ 300.00	\$ 600.00
5	2	Llantas de bicicleta rodada 24	\$ 300.00	\$ 600.00
6	2	Desviadores Traseros	\$ 200.00	\$ 400.00
7	1	Juego de Gatillos para frenos	\$ 400.00	\$ 400.00
8	2	Frenos de Disco para Bicicleta	\$ 300.00	\$ 600.00
9	2	Caliper para frenos de disco	\$ 200.00	\$ 400.00
10	2	Sprocket de llanta trasero de 7 Velocidades	\$ 200.00	\$ 400.00
11	1	Sistema de Dirección Automotriz Mecánica	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00
12	1	Volante	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00
13	2	Lonas	\$ 250.00	\$ 500.00
14	2	Faros	\$ 300.00	\$ 600.00
15	2	Pares de Pedales para Bicicleta	\$ 200.00	\$ 400.00
16	2	Mono platos de 48 dientes	\$ 150.00	\$ 300.00
17	4	Amortiguadores de Motocicleta	\$ 300.00	\$ 1,200.00
18	50	Tornillos de 2 y 3 pulgadas * 3/8 y 7/16	\$ 8.00	\$ 400.00
19	1	Tramo de Solera de 2 pulgadas	\$ 250.00	\$ 250.00
20	2	Ejes de centro para bicicleta	\$ 200.00	\$ 400.00
21	2	Asientos	\$ 500.00	\$ 1,000.00
22	4	Chumaceras de 3/4	\$ 100.00	\$ 400.00
23	1	2 Mts de Col Roll de 3/4	\$ 150.00	\$ 150.00
24	1	Parabrisas de Acrílico	\$ 750.00	\$ 750.00

Tabla 7. Tabla de costos de elementos usados para la construcción del vehículo.

Se realizó también una tabla de peso por componente que nos arroja un resultado de 50.4 kg de peso total, en comparativa con [14] que el peso total es de 65kg

No.	Cantidad	Descripción	Peso Unitario	Peso Total
1	1	Bastidor	25.4	25.4
2	2	Rines de bicicleta rodada 26	0.5	1
3	2	Rines de Bicicleta rodada 24	0.5	1
4	2	Llantas de Bicicleta rodada 26	0.5	1
5	2	Llantas de bicicleta rodada 24	0.5	1
06	2	Desviadores Traseros	0.1	0.2
7	1	Juego de Gatillos para frenos	0.1	0.1
8	2	Frenos de Disco para Bicicleta	0.05	0.1
9	2	Caliper para frenos de disco	0.1	0.2
10	2	Sprocket de llanta trasero de 7 Velocidades	0.1	0.2
11	1	Sistema de Dirección Automotriz Mecánica	2.5	2.5
12	1	Volante	0.2	0.2
13	2	Lonas	1	2
14	2	Faros	0.5	1
15	2	Pares de Pedales para Bicicleta	0.1	0.2
16	2	Mono platos de 48 dientes	0.5	1
17	4	Amortiguadores de Motocicleta	1.5	6
18	50	Tornillos de 2 y 3 pulgadas * 3/8 y 7/16	0.02	1
19	2	Ejes de centro para bicicleta	0.1	0.2
20	2	Asientos	2	4
21	4	Chumaceras de 3/4	0.2	0.8
22	1	2 Mts de Col Roll de 3/4	0.2	0.2
23	1	Parabrisas de Acrílico	1	1

Tabla 8. Tabla de pesos en kilogramos de los elementos del vehículo.

6. PROTOTIPO

Se comenzó por el bastidor, construyendo solo la parte inferior del diseño completo por practicidad y recursos, el material utilizado es acero PTR de 0.381m utilizando soldadura de arco revestido convencional, tal como se muestra en la figura 59, donde se observan los puntos de sujeción del sistema de suspensión y el sistema de dirección.



Figura 59 Bastidor Construido

El sistema de suspensión se diseñó a partir del uso de amortiguadores para motocicleta cargo de uso común, las horquillas fueron construidas exactamente iguales a las diseñadas en CAD.



Figura 60 Sistema frontal de suspensión

En la figura 61 se muestra el sistema de suspensión trasero ensamblado ya modificado de horquillas independientes.



Figura 61 Sistema de suspensión trasera

El sistema de transmisión se seleccionó de tipo piñón-cremayera, insertando un piñón frontal de un plato y un sproket trasero de 6 velocidades con desviador trasero shimano para 7 velocidades, se enlazaron dos cadenas para bicicleta de montaña convencional.



Figura 62 Sistema de transmisión

El sistema de dirección fue adaptado a nuestro vehículo poniendo un arnés de acero de sujeción en el centro, donde se colocaron 4 tornillos de 11 mm con tuercas de presión.



Figura 63 Sistema de dirección ensamblado en el bastidor

Ya ensamblados los componentes junto con las llantas y los asientos aun sin tapizar se realizaron algunas pruebas de funcionamiento, donde se pudo comprobar que el manejo es cómodo y que se impulsa con facilidad, además a esto el sistema de suspensión funciona correctamente.



Figura 64 Vehículo ensamblado.

El avance del prototipo tomo alrededor de 8 semanas y de una inversión total de 15,910 pesos mexicanos solo en las refacciones y materiales utilizados para la creación del vehículo. El funcionamiento del velocípedo es bueno, la conducción es suave, el sistema de suspensión trabaja adecuadamente y la velocidad máxima promedio es de 28 km/h con ambos impulsos.



Figura 65. Vista frontal del vehículo biplaza



Figura 66. Vista posterior del vehículo biplaza

7. CONCLUSIONES

En relación al diseño de un vehículo biplaza se diseñó el bastidor, suspensión delantera, suspensión trasera, dirección y sus soportes respectivos, utilizando el programa de CAD SOLIDWORKS®, en esta herramienta se realizaron los análisis estáticos de elemento finito.

Se seleccionaron los elementos: llantas, frenos, asientos, faros, batería, parabrisas, tomando en cuenta que la seguridad del operador y el pasajero es primordial.

Se construyó un avance del prototipo invirtiendo un total aproximado de ocho semanas de trabajo, su manejo es suave, el impulso es ligero, su masa total es de 55 Kg y sus dimensiones son 1.2m de ancho por 1.5m de largo, es importante mencionar que el bastidor del prototipo se fabricó en acero PTR de 1 y media pulgadas. El costo de materiales y elementos seleccionados fue de \$ 15,910.00 pesos mexicanos.

La importancia de crear este tipo de transporte tiene muchos beneficios para las personas y destacan: ejercicio físico contribuyendo a la estimulación cardiovascular, reducción de obesidad y estrés, así como para el medio ambiente, el contribuir a reducir los gases de efecto invernadero cada vez que se utiliza este tipo de transporte.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

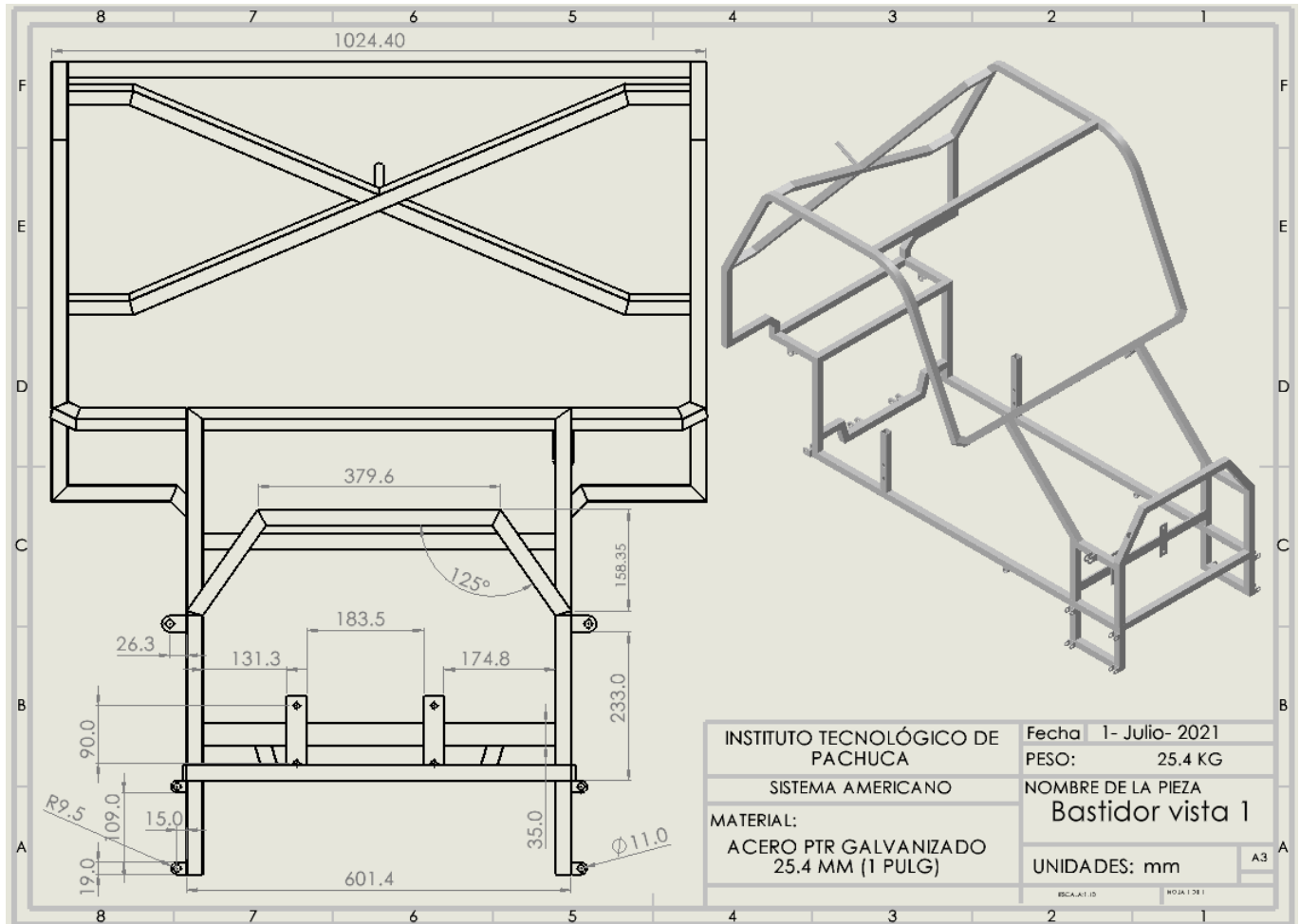
- [1] O. Habitat, «ONU Habitat,» 2016. [En línea]. Available: <https://onuhabitat.org.mx/index.php/contaminacion-automoviles-y-calidad-del-aire>.
- [2] W. R. Benjamin. United States Patente US1799947, April 7, 1931.
- [3] R. E. Templeton. United States Patente US3843145, Oct. 22, 1974.
- [4] J. V. Robert C. Forbes. United States Patente US4497502, Feb. 5, 1985.
- [5] D. Schmidlin. United States Patente US5280936, Jan. 25, 1994.
- [6] T. S.. United States Patente US5713590, Feb. 3, 1998.
- [7] J. G. Black. United States Patente US6554308, April 29, 2003.
- [8] C. K. Rolland Wilcox. United States Patente US20050093270A1, May 5, 2005.
- [9] C. H. James D. Hertz. United States Patente US7775538, Aug. 17, 2010.
- [10] J. Kettler. United States Patente USD637116, May 3, 2011.
- [11] K. B. M. V. Hugo de Winter. United States Patente US20150329173A1, Nov 19, 2015.
- [12] E. A. Donoso. Organizacion Mundial de la Propiedad Intelectual Patente Wo2017158212A1, Septiembre 21, 2017 .
- [13] R. L. Bleifuss. United States Patente US20180162484A1, Jun. 14, 2018.
- [14] E. S. M. A. K. P. Er. Vikas Gulati, «Design and FEA of a Recumbent Trike,» *International Journal of Mechanical and Industrial Engineering (IJMIE)*, 2012.
- [15] S. D. G. T. M. Amrit Om Nayak, «Complete Design and Finite Element Analysis of an all Terrain Vehicle,» *International Journal of Mechanical and Industrial Engineering (IJMIE)*, pp. Volume-1, 2012.
- [16] SAE®, *Collegiate Design Series Baja SAE® Rules*, 2019.
- [17] ASME®, (*ASME HPVC*) *Human Powered Vehicle Challenge*, 2019.
- [18] J. K. N. Richard G. Budynas, *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*, Mc Graw Hill, 2008.
- [19] SIEMENS®, «SIEMENS®,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.plm.automation.siemens.com/global/es/our-story/glossary/computer-aided-design-cad/12507>.

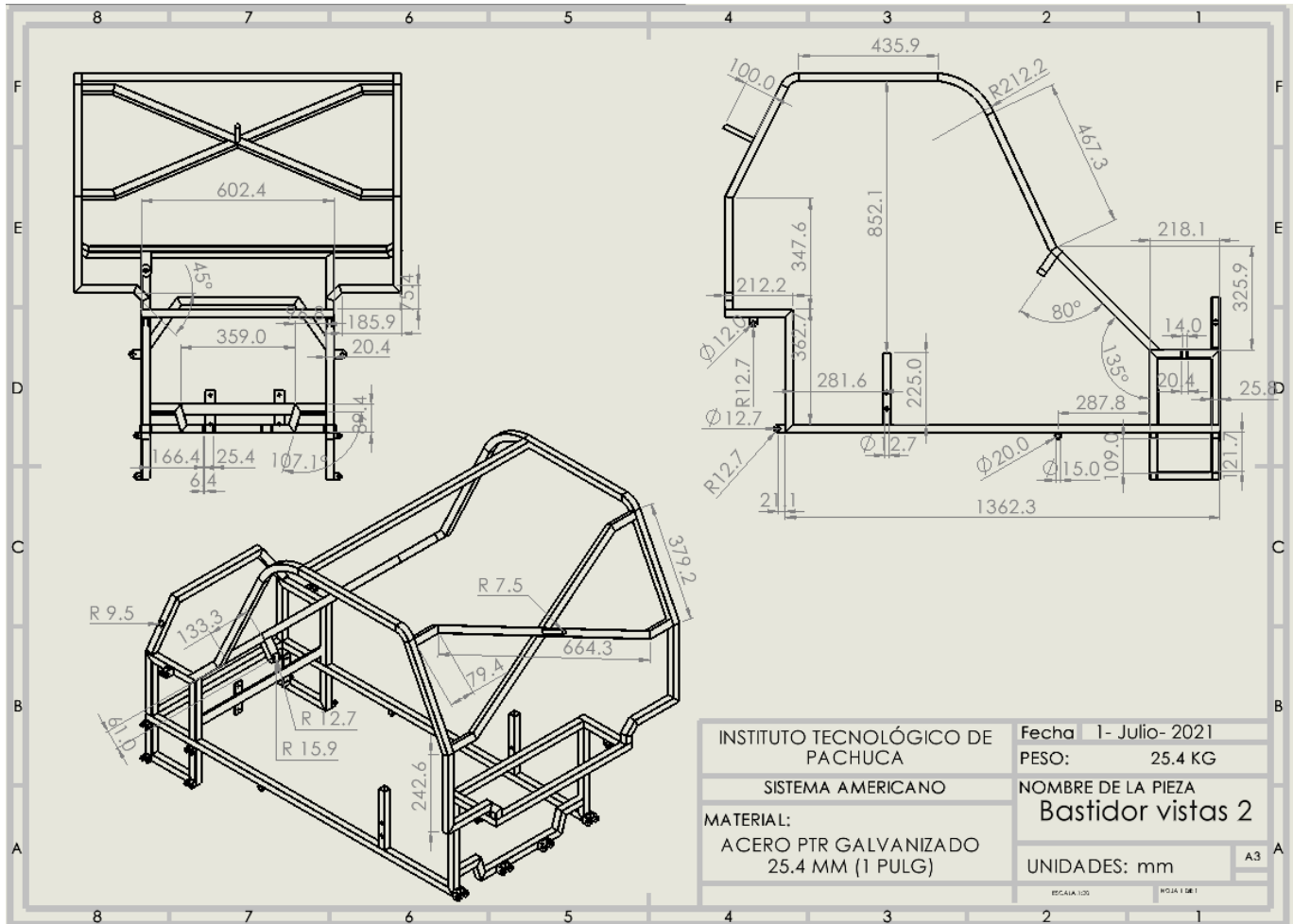
- [20] L. F. d. Inventos, «La Fabrica de Inventos,» 2018. [En línea]. Available: <https://lafabricadeinventos.com/disen-conceptual-y-disen-industrial-que-es/>.
- [21] W. P. Steve Smith, Midget Chasis Technology, STEVE SMITH AUTOSPORTS PUBLICATIONS, 2006.
- [22] J. M. Escotto, «Bikes World,» 13 Noviembre 2019. [En línea]. Available: <https://www.bikesworldrevista.es/grupos-de-transmision-alternativos/>.
- [23] R. Esquivel, «Revista Ferrepat,» 19 Febrero 2018. [En línea].
- [24] S. D. G. T. M. Amrit Om Nayak, «Complete Design and Finite Element Analysis of an all Terrain Vehicle,» *International Journal of Mechanical and Industrial Engineering (IJMIE)*, 2012.
- [25] FORTACERO, «FORTACERO S.A. DE C.V.,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.fortacero.com/ptrvid/>.
- [26] randrade, «R. ANDRADE,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.randrade.com/tubos/224-tubo-aluminio-aw-6063-t5-cuadrado.html> .
- [27] C. INOXIDABLEE, «CIMA INOXIDABLEE,» 2020. [En línea]. Available: <http://aceroinoxidablee.com/precios-ptr-acero-inoxidable> .
- [28] L. R. P. L. E. L. G. M. Rosalío Ávila Chaurand, Dimensiones antropométricas de población latinoamericana, Extremo Norte de la Calzada Independencia s/n., cp 44250, Guadalajara, Jalisco: D.R. © 2007, Universidad de Guadalajara, Segunda edición, 2007.
- [29] S. & S. P. Library, «SCIENSE & SOCIETY PICTURE LIBRARY PRINTS,» [En línea]. Available: “Rover Safety Bicycle”.
- [30] P. Barker, «Red Bull Tecnologia,» 14 Agosto 2018. [En línea]. Available: <https://www.redbull.com/es-es/ceramicspeed-driven-bici-entrevista>.
- [31] C. Marobe, *Geometría Direccional: Estudio de las Cotas*, Madrid: Fondo Social Europeo, 2012.

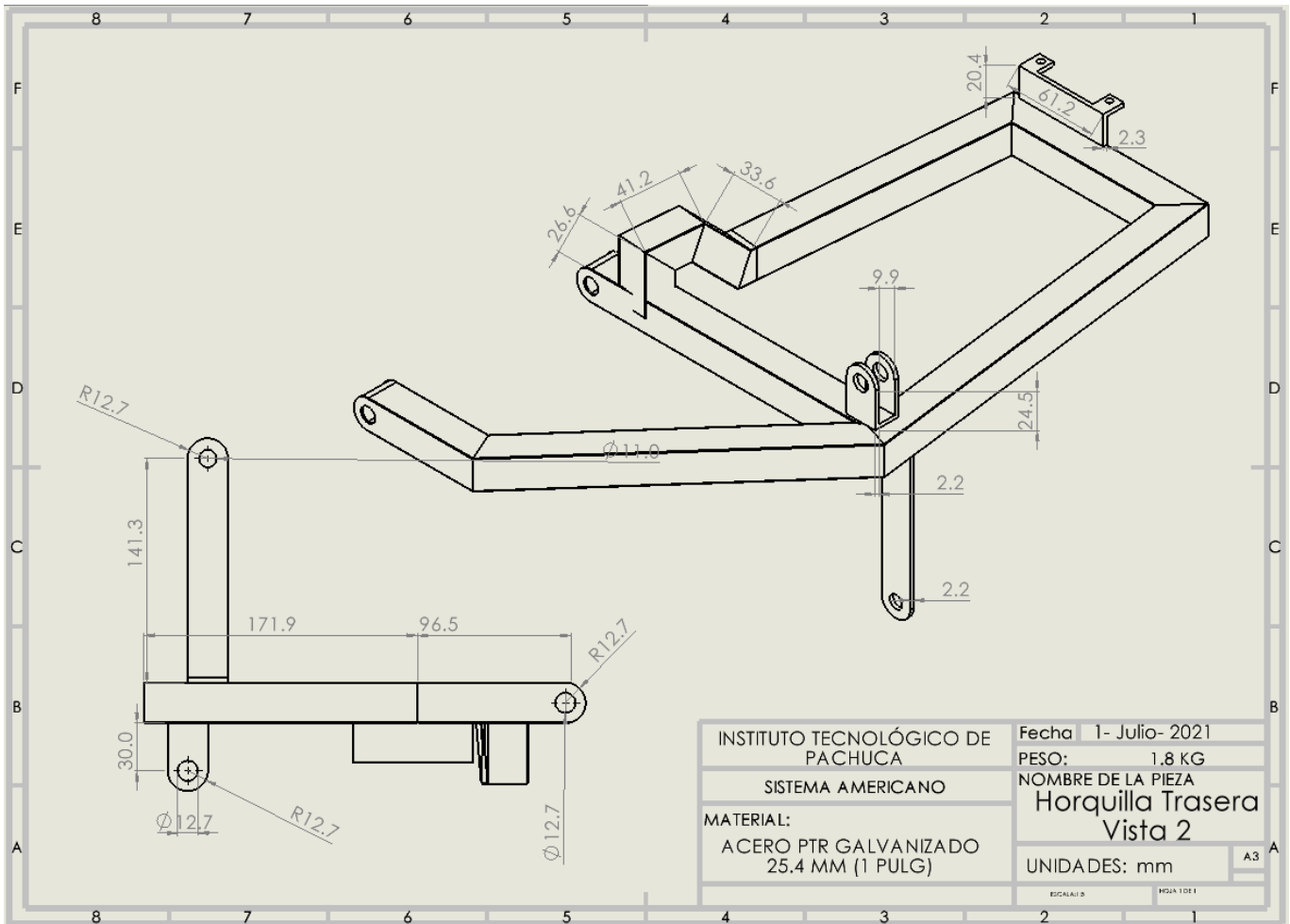
9. ANEXOS

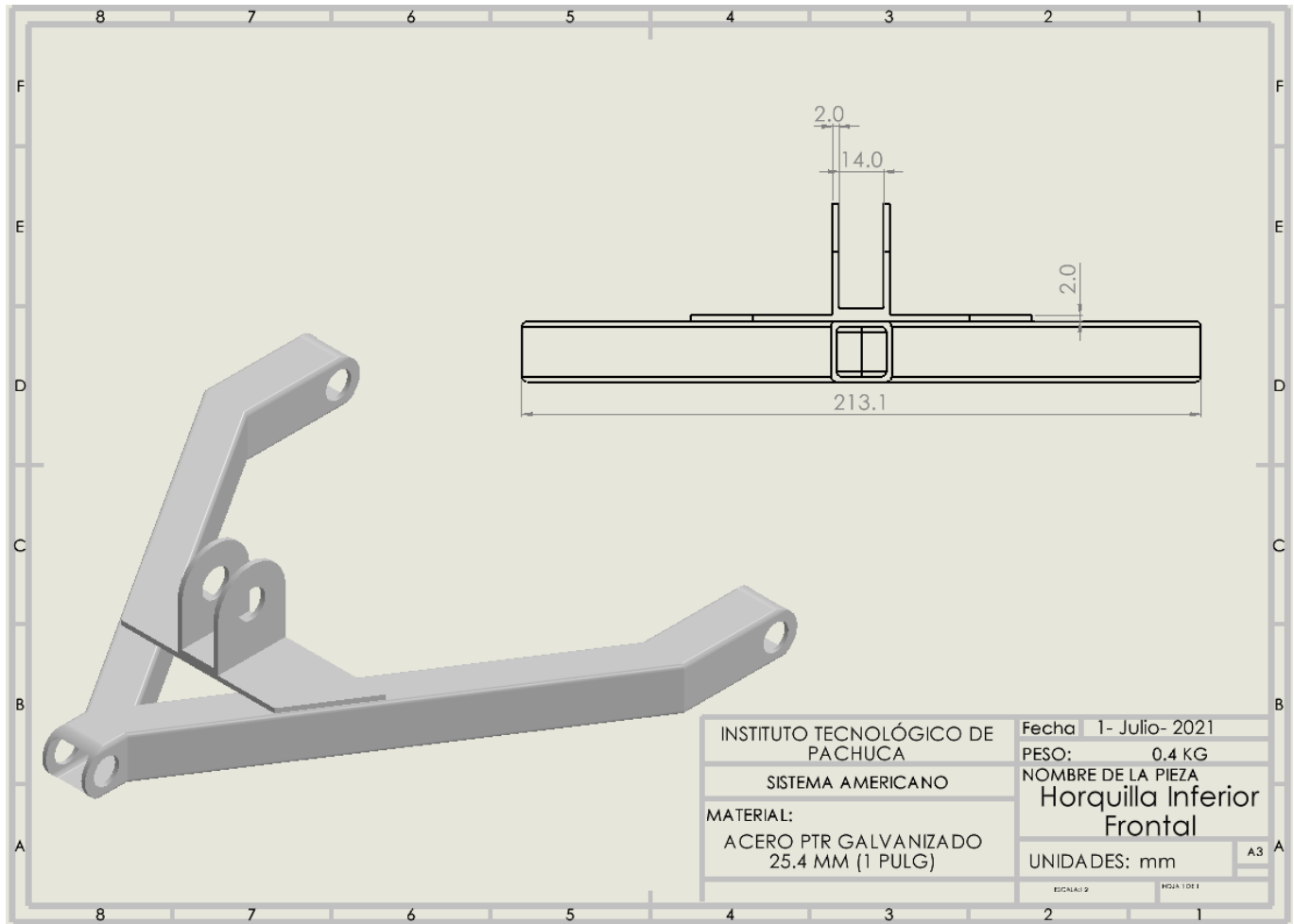
9.1 ANEXO "A" PLANOS

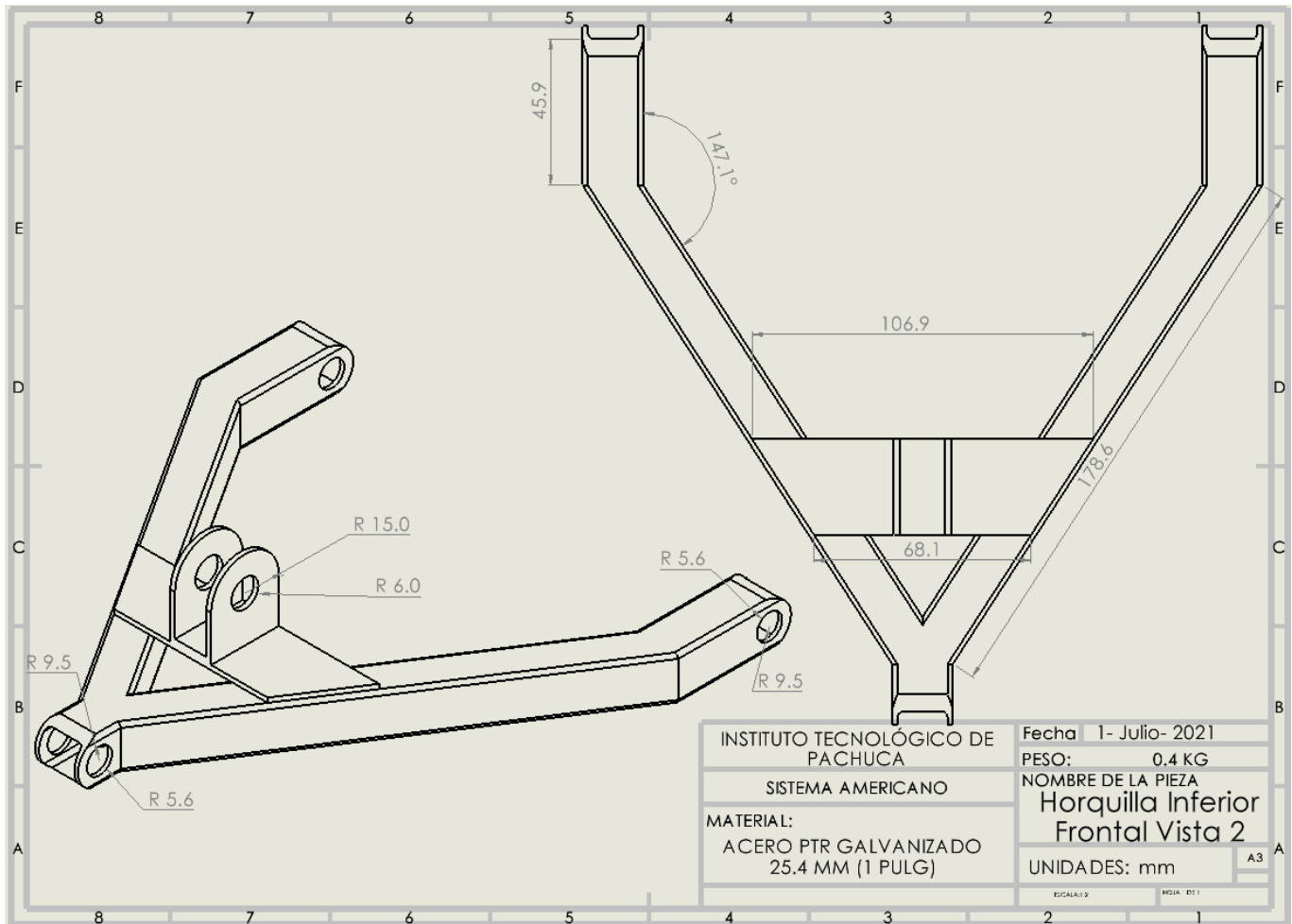
Se presentan algunos planos con acotaciones en milímetros.

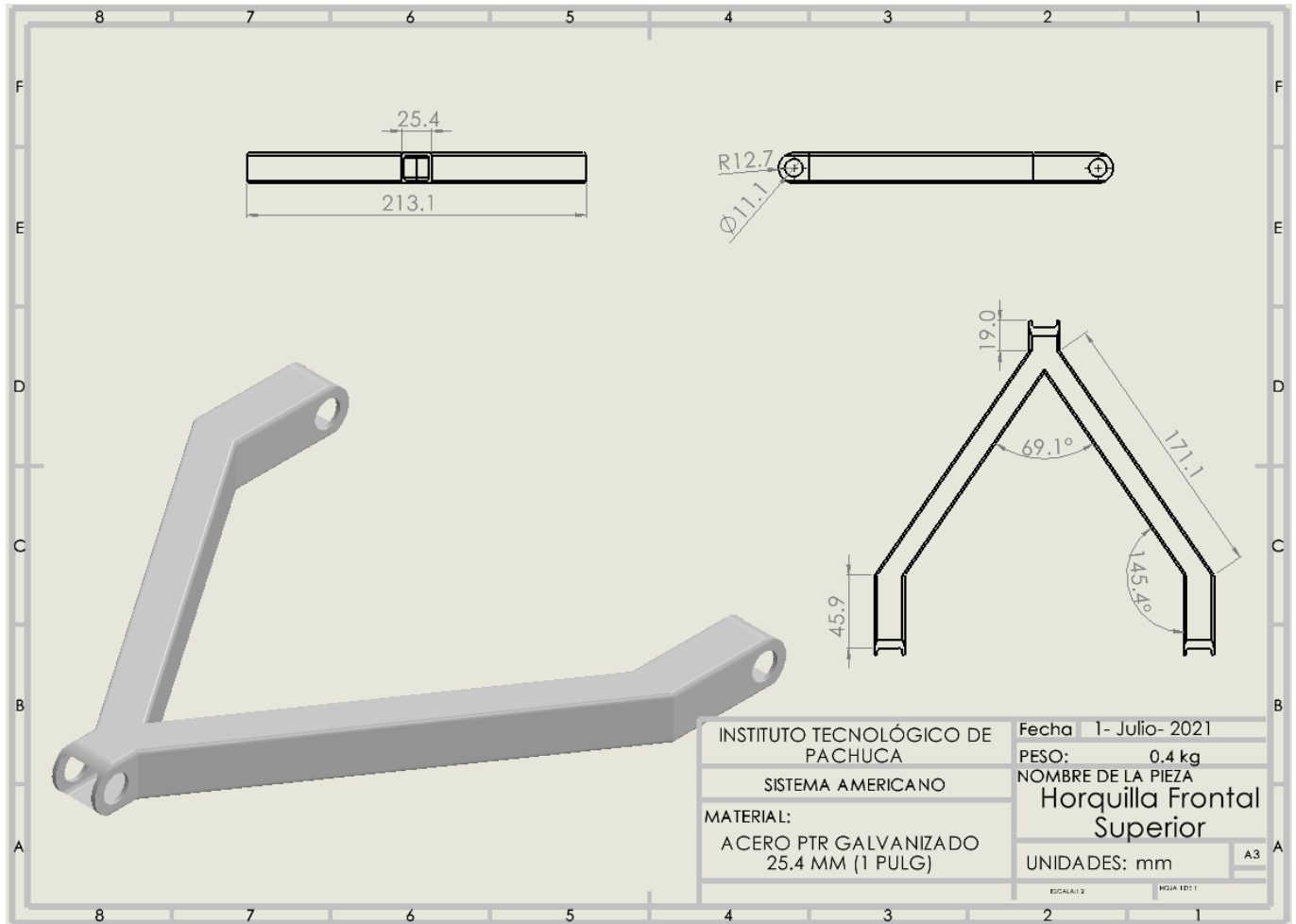


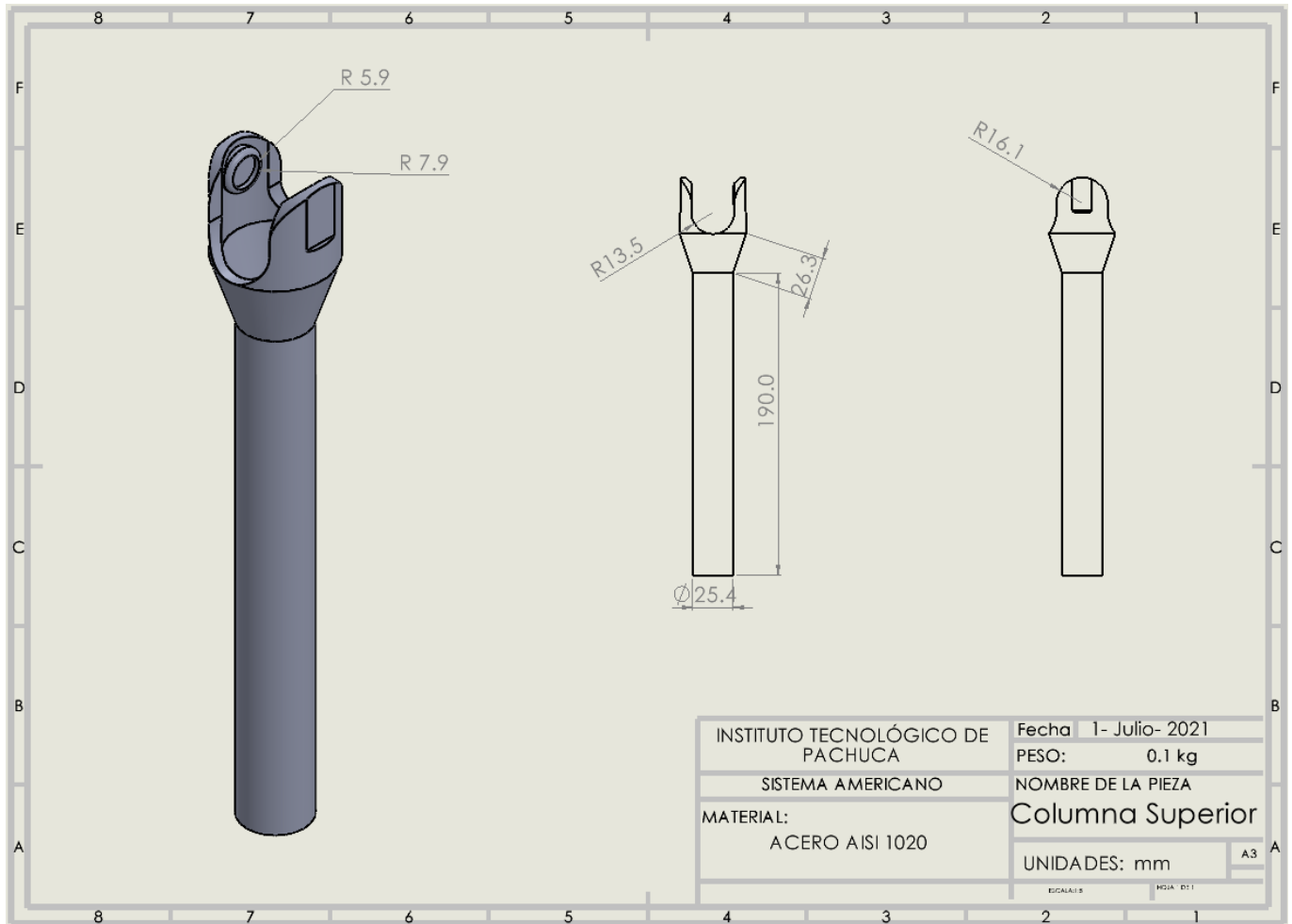


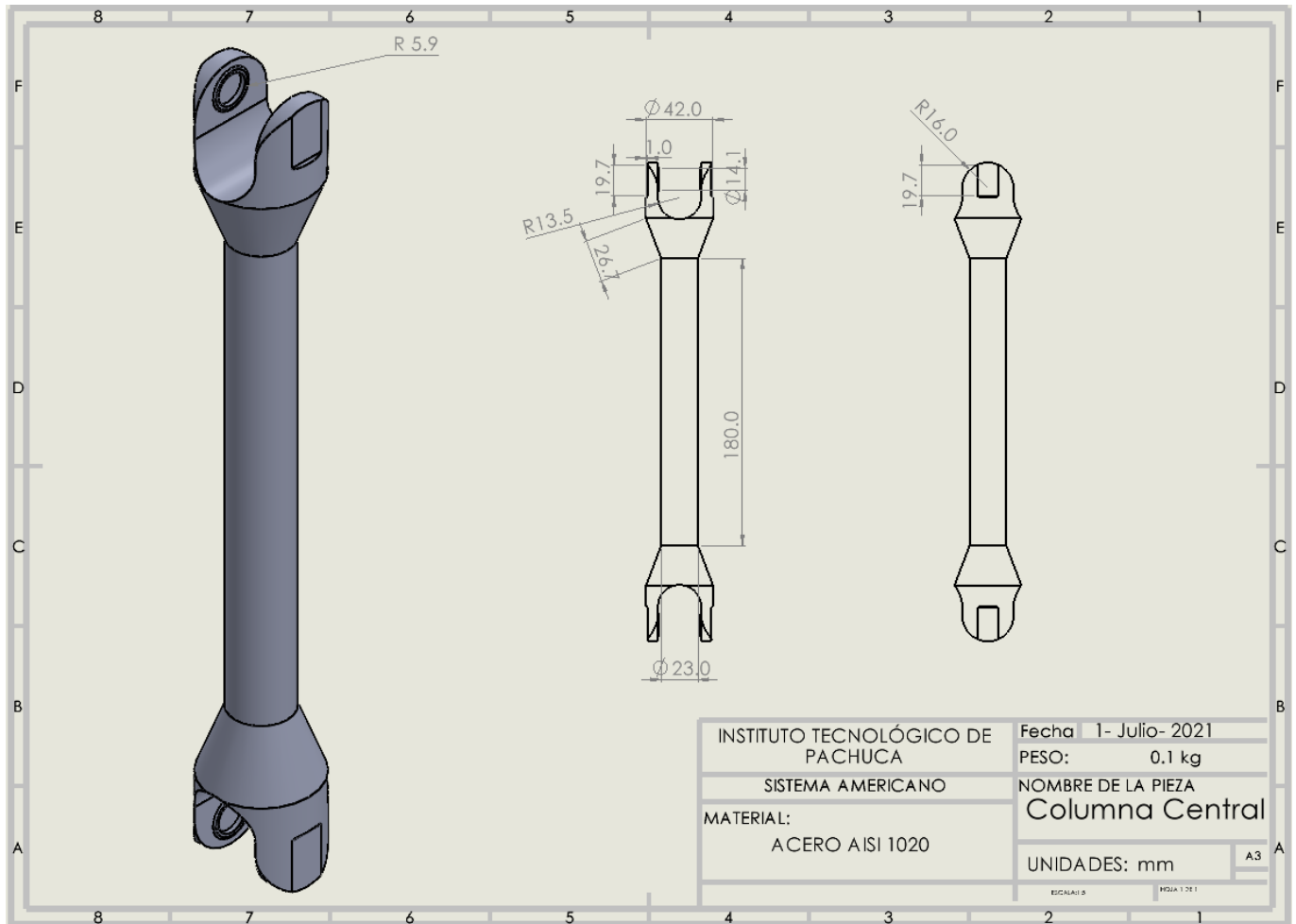


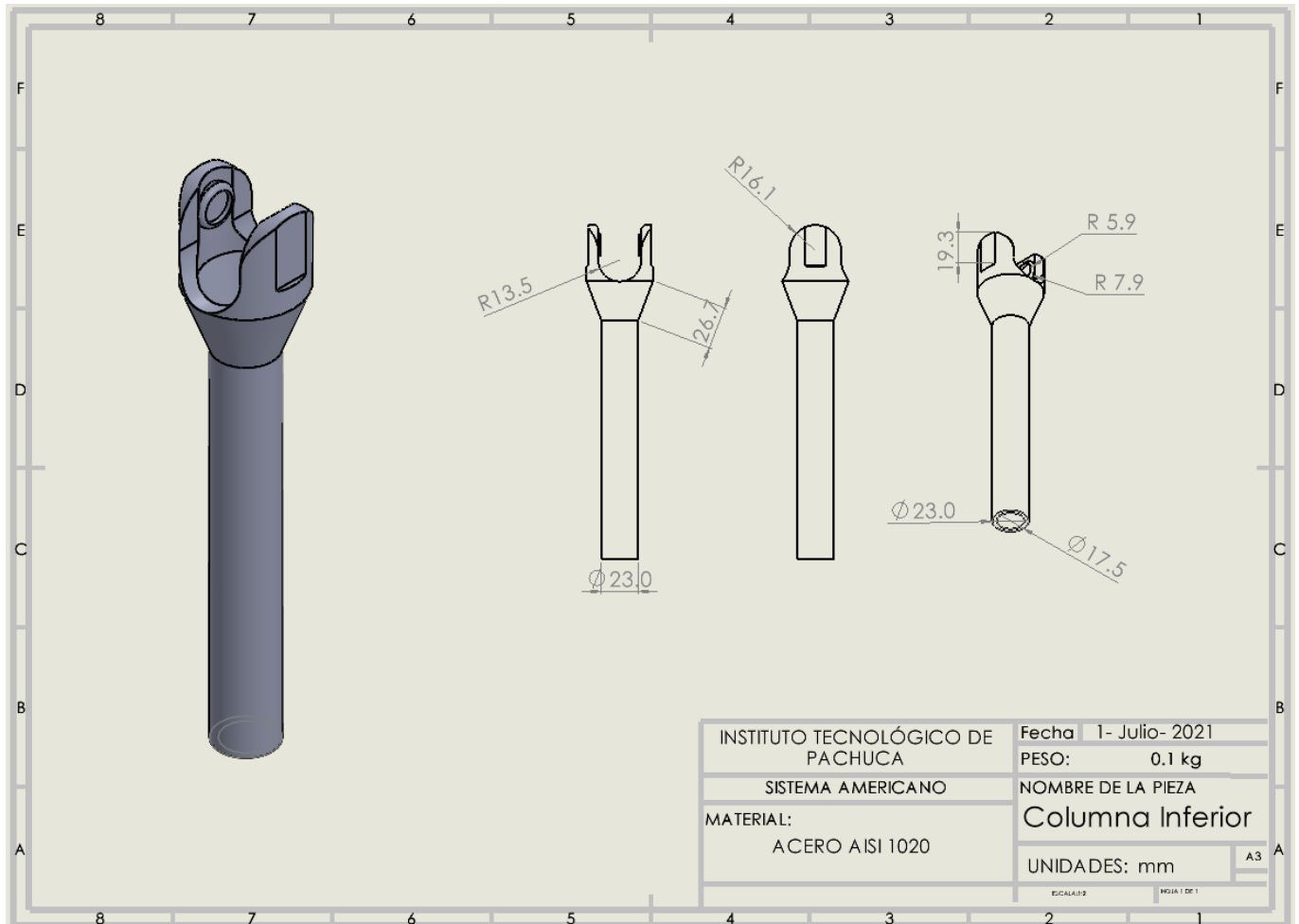


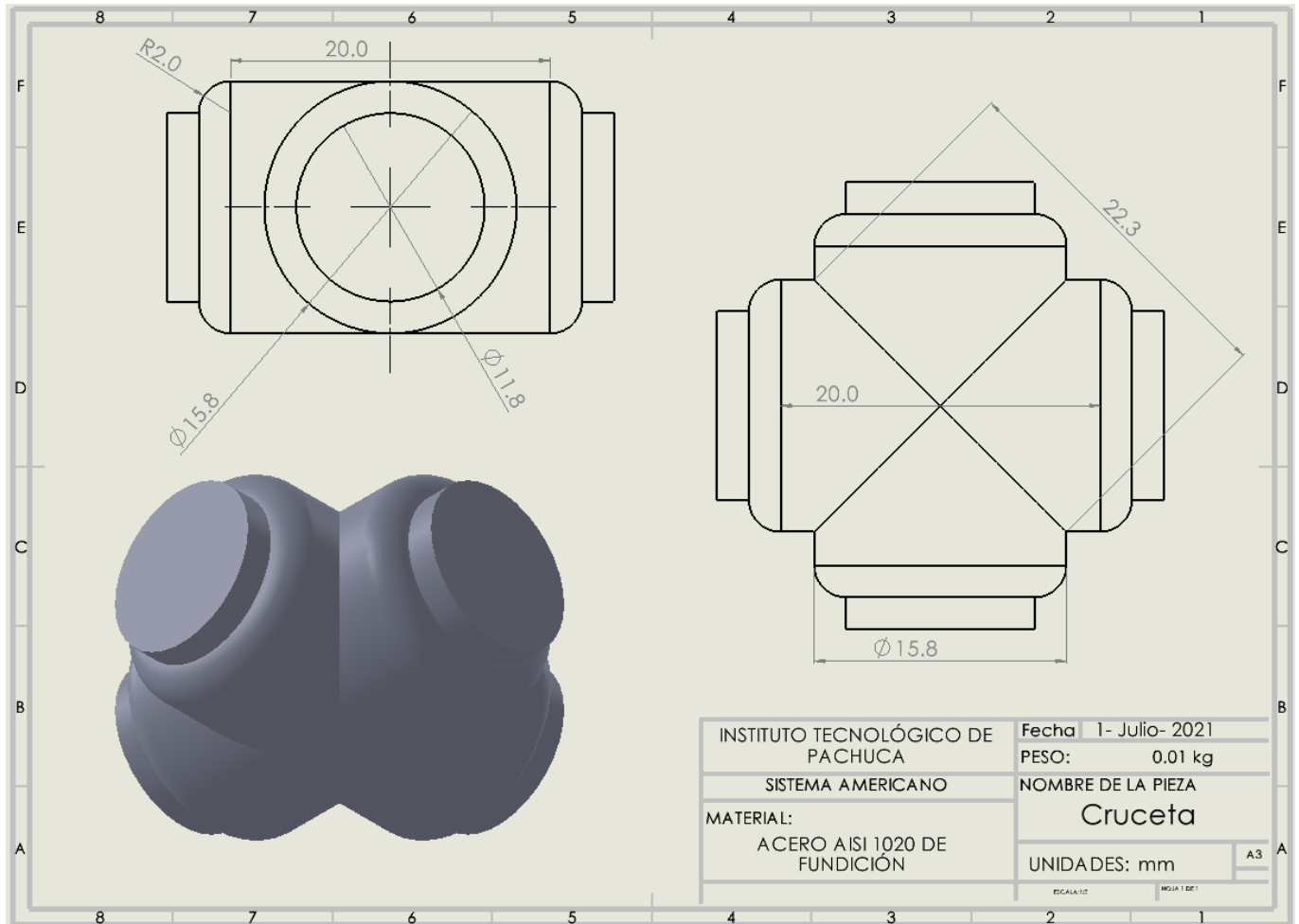


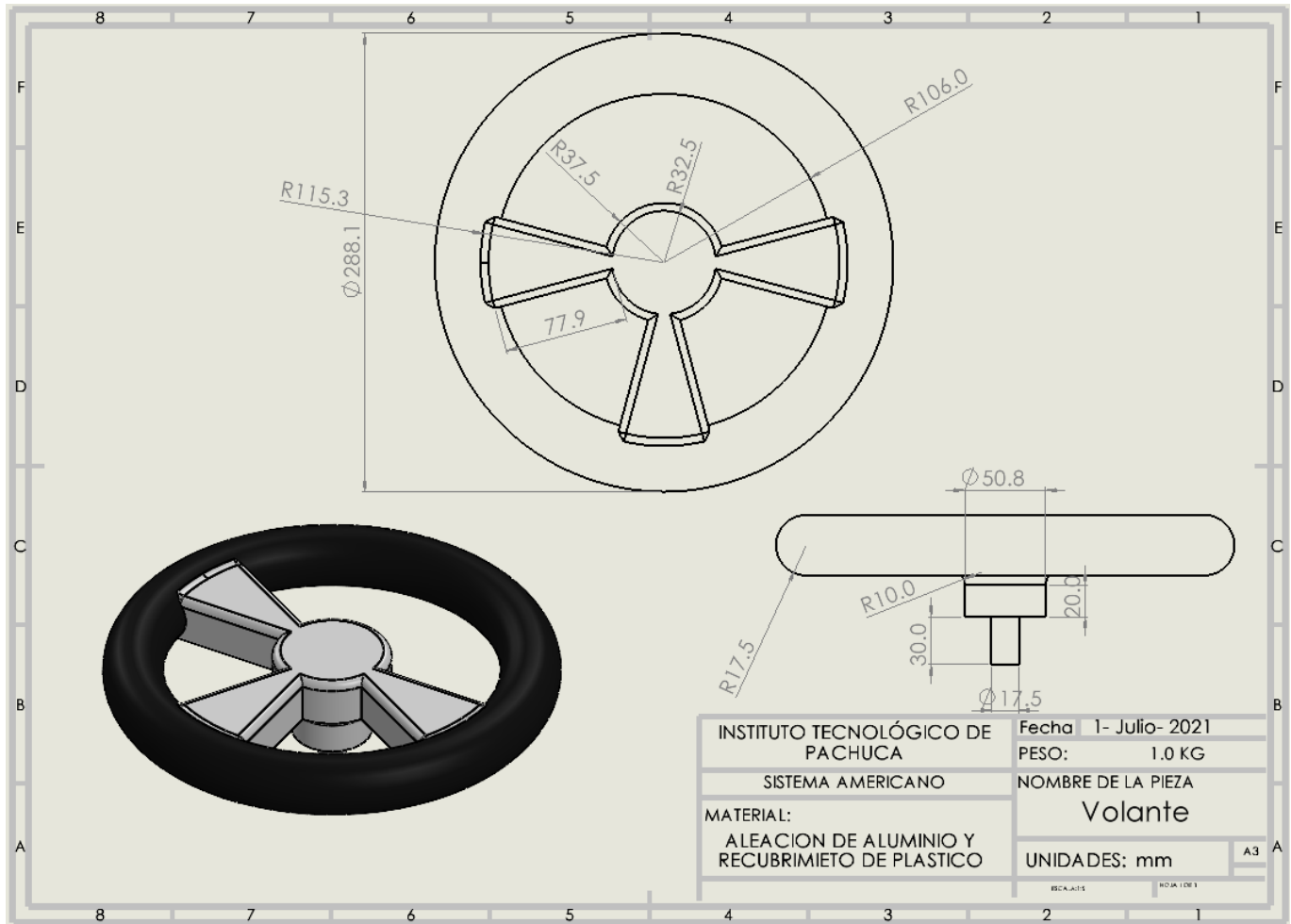


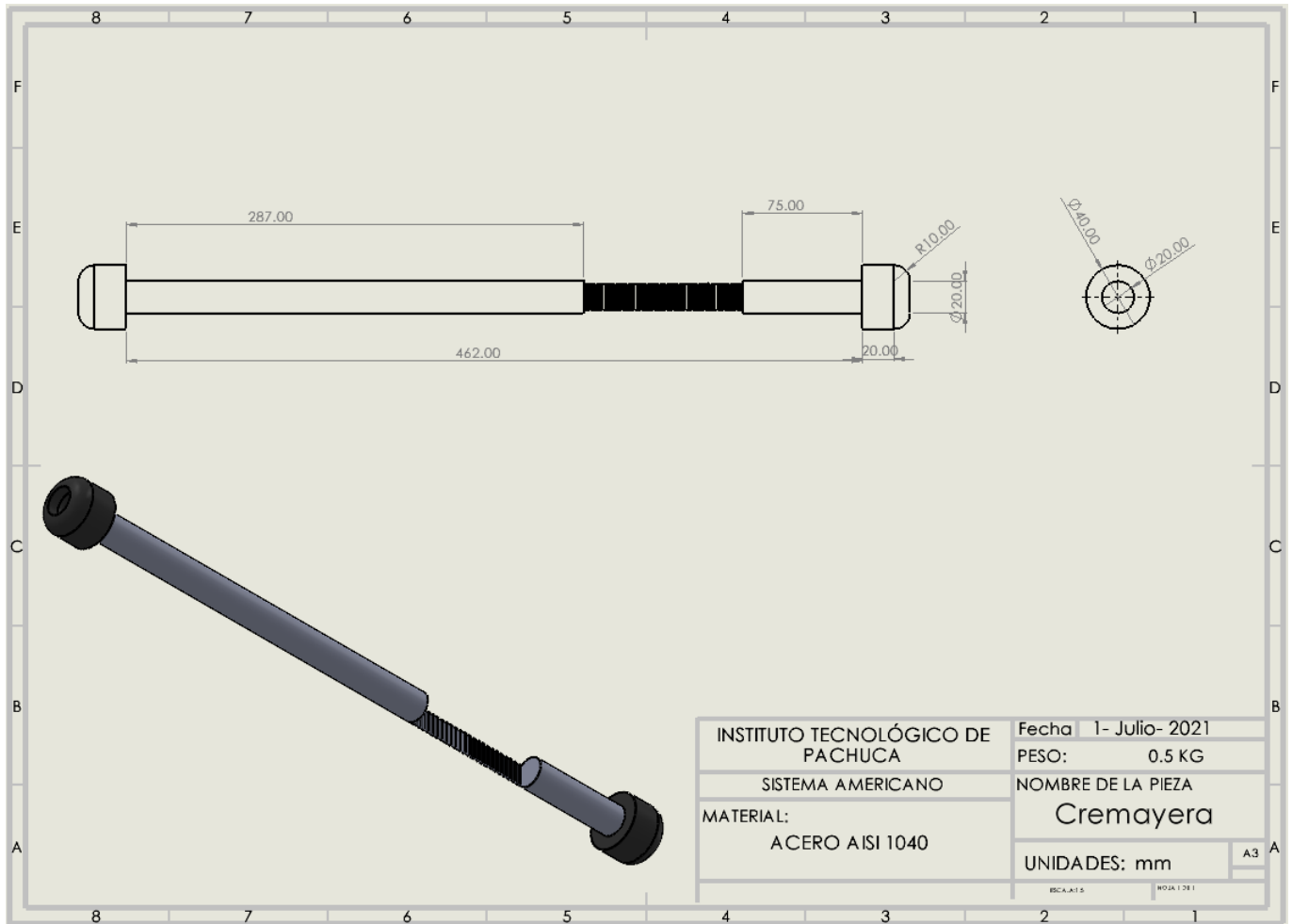


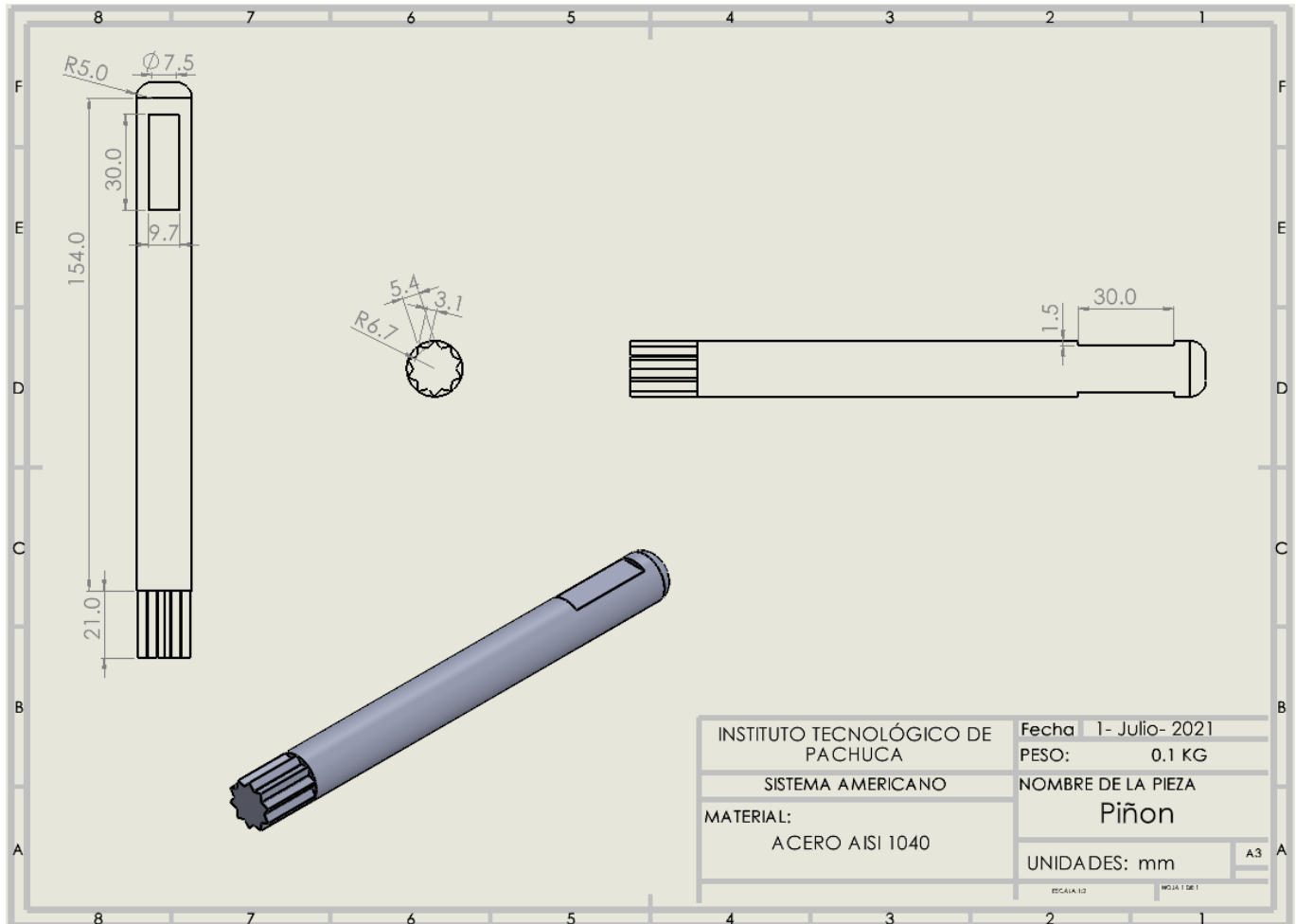


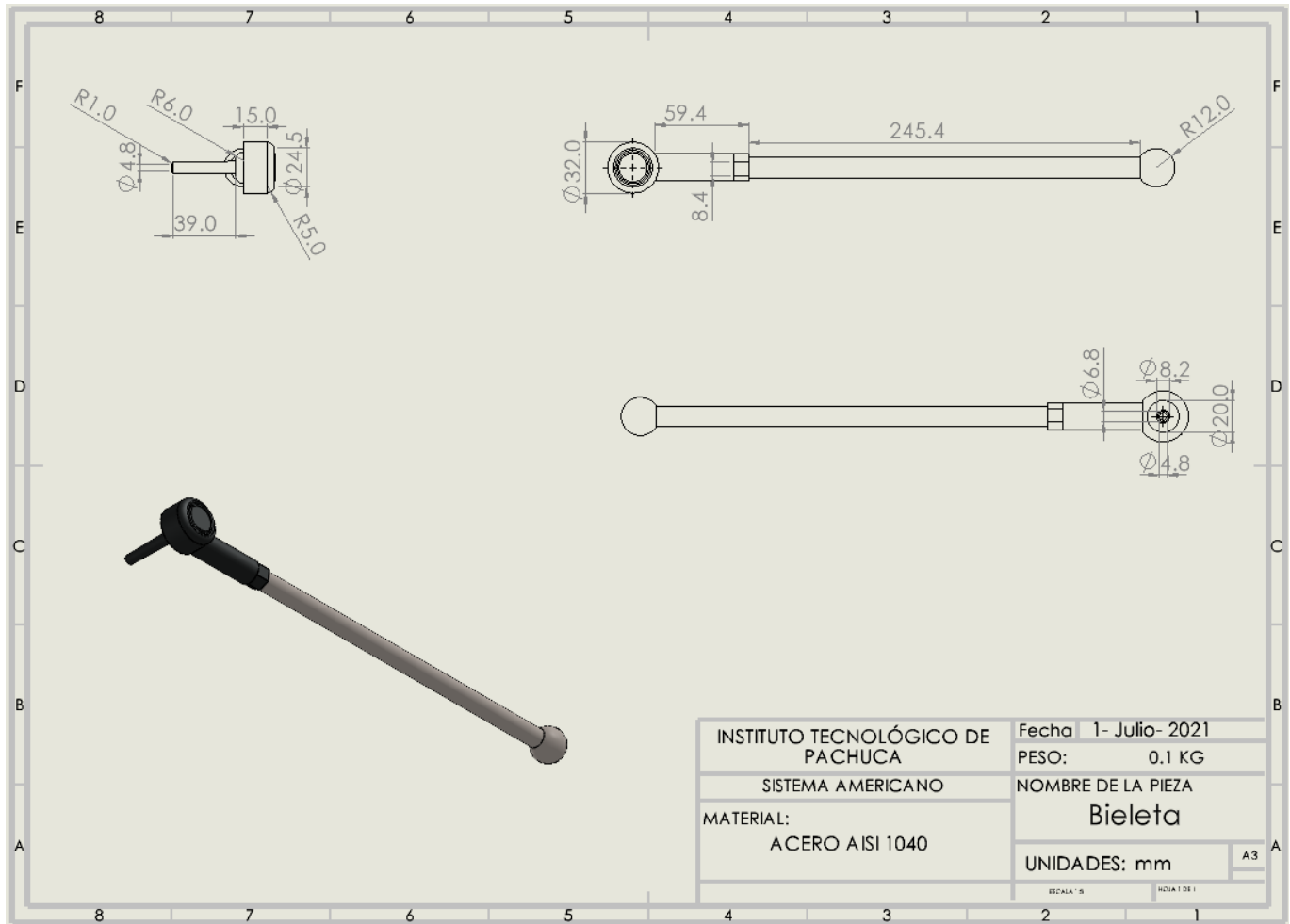


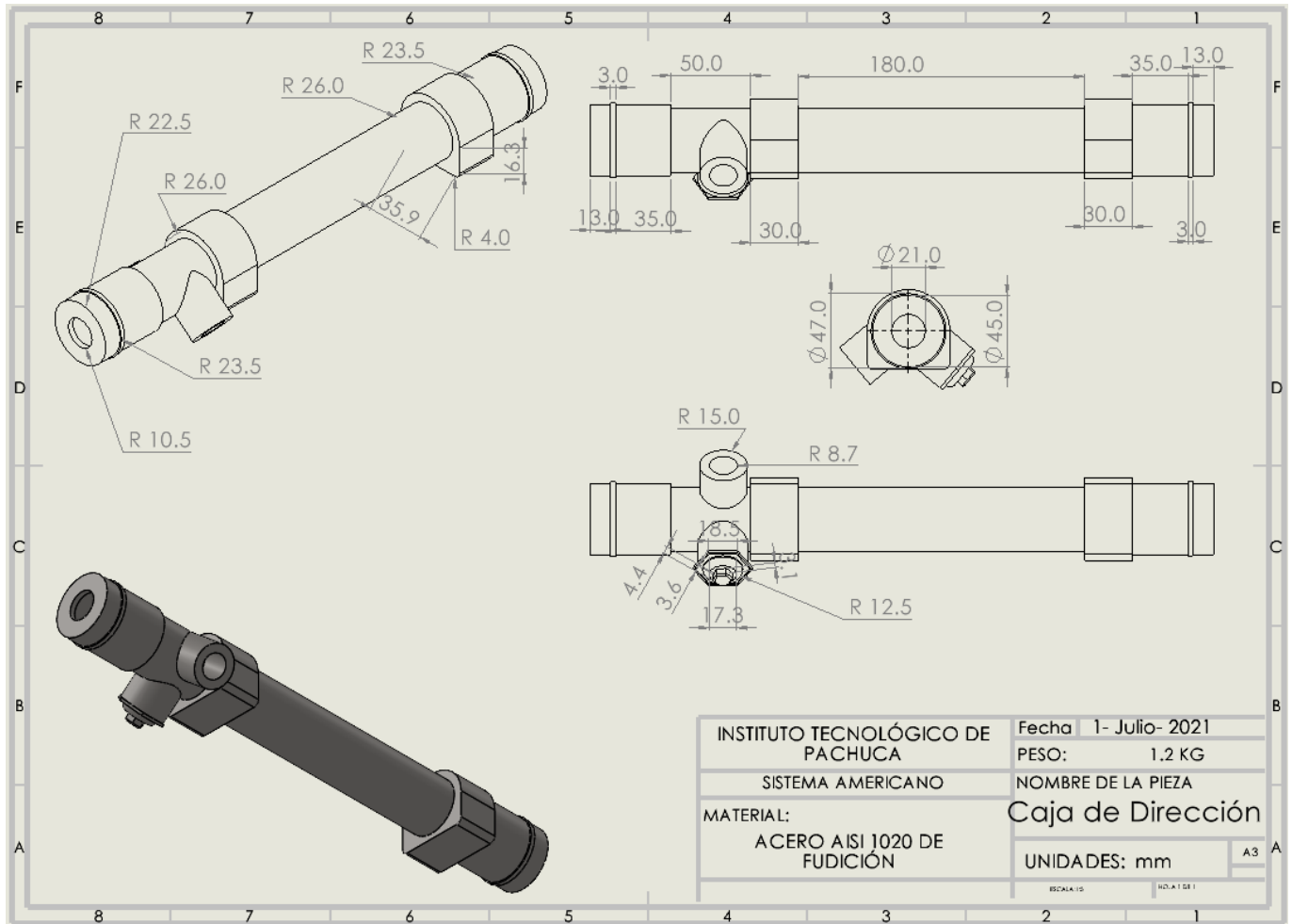












9.3 ANEXO “B” CONGRESO INTERNACIONAL ANUAL DE LA SOMIM 2021

MEMORIAS DEL XXVII CONGRESO INTERNACIONAL ANUAL DE LA SOMIM
22 al 24 DE SEPTIEMBRE DE 2021 PACHUCA, HIDALGO, MÉXICO

Tema A5 Diseño Mecánico: *Diseño de un Vehículo Biplaza Impulsado por Fuerza Motriz Humana*

“Diseño de un Vehículo Biplaza Impulsado por Fuerza Motriz Humana”

Samuel Ruiz Avilés, Mario Emigdio Rodríguez Castillo, Luis Manuel Palacios Pineda, Ignacio Ramírez Vargas

*Instituto Tecnológico de Pachuca, Felipe Angeles Km. 84.5, Venta Prieta, Pachuca de Soto, 42083, México.
Dirección de correo electrónico: sr171094@gmail.com.*

RESUMEN

En el desarrollo de este trabajo se presenta el diseño y distribución de los sistemas más importantes para la creación de un vehículo que es impulsado por Fuerza Motriz Humana. Diseñando así el bastidor, sistema de suspensión y el sistema de dirección, aunado a esto, se presenta la selección de un sistema de transmisión. El software de diseño asistido por computadora (CAD-Computer-Aided-Desing) SOLIDWORKS® se empleó en la creación de los diferentes mecanismos y piezas que conforman los sistemas antes mencionados. para terminar, se presenta la síntesis final de diseño del bastidor y el análisis de elemento finito, así como también el prototipo.

Palabras Clave: Vehículo Impulsado por Fuerza Motriz Humana, Diseño de sistemas mecánicos.

ABSTRACT

In the development of this work, the design and distribution of the most important systems for the creation of a vehicle that is powered by Human Motive Force is presented. The frame, suspension system and steering system were designed in a conceptual way, coupled with this, the selection of a type of transmission system is presented. The computer-aided design software (CAD-Computer-Aided-Desing) SOLIDWORKS® was used for the creation of the different mechanisms and parts that make up the different aforementioned systems, to finish, the design and finite element analysis are presented.

Keywords: Vehicle Powered by Human Motive Force, Mechanical systems design.